

# XST ユーザー ガイド (Virtex-6、Spartan-6、 および 7 シリーズ デバイス用)

UG687 (v 13.1) 2010 年 3 月 1 日



Xilinx is disclosing this user guide, manual, release note, and/or specification (the “Documentation”) to you solely for use in the development of designs to operate with Xilinx hardware devices. You may not reproduce, distribute, republish, download, display, post, or transmit the Documentation in any form or by any means including, but not limited to, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written consent of Xilinx. Xilinx expressly disclaims any liability arising out of your use of the Documentation. Xilinx reserves the right, at its sole discretion, to change the Documentation without notice at any time. Xilinx assumes no obligation to correct any errors contained in the Documentation, or to advise you of any corrections or updates. Xilinx expressly disclaims any liability in connection with technical support or assistance that may be provided to you in connection with the Information.

THE DOCUMENTATION IS DISCLOSED TO YOU “AS-IS” WITH NO WARRANTY OF ANY KIND. XILINX MAKES NO OTHER WARRANTIES, WHETHER EXPRESS, IMPLIED, OR STATUTORY, REGARDING THE DOCUMENTATION, INCLUDING ANY WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, OR NONINFRINGEMENT OF THIRD-PARTY RIGHTS. IN NO EVENT WILL XILINX BE LIABLE FOR ANY CONSEQUENTIAL, INDIRECT, EXEMPLARY, SPECIAL, OR INCIDENTAL DAMAGES, INCLUDING ANY LOSS OF DATA OR LOST PROFITS, ARISING FROM YOUR USE OF THE DOCUMENTATION.

© Copyright 2002–2011 Xilinx Inc. All Rights Reserved. XILINX, the Xilinx logo, the Brand Window and other designated brands included herein are trademarks of Xilinx, Inc. All other trademarks are the property of their respective owners. The PowerPC name and logo are registered trademarks of IBM Corp., and used under license. All other trademarks are the property of their respective owners.

本資料は英語版 (v.13.1) を翻訳したもので、内容に相違が生じる場合には原文を優先します。  
資料によっては英語版の更新に対応していないものがあります。  
日本語版は参考用としてご使用の上、最新情報につきましては、必ず最新英語版をご参照ください。

## 改訂履歴

次の表に、この文書の改訂履歴を示します。

日付	バージョン	
03/01/2011	13.1	<ul style="list-style-type: none"><li>・ タイトルを変更</li><li>・ 7 シリーズ FPGA ファミリの合成サポート</li><li>・ バイトライト イネーブルのブロック RAM の推論サポートを改善。推奨されるシングルプロセスの記述形式を 1 つの BRAM プリミティブだけではなく任意の数の書き込み列に適用されるように変更</li><li>・ ISE Design Suite に含まれていたメッセージ フィルタの機能がコマンド ラインでも使用可能。詳細は、「XST をスタンドアロン ツールとして実行」を参照</li><li>・ その他若干変更。</li></ul>

# 目次

---

改訂履歴 .....	3
<b>1: 概要 .....</b>	<b>11</b>
XST の概要 .....	11
略語 .....	12
<b>2: XST プロジェクトの作成および合成 .....</b>	<b>13</b>
HDL 合成プロジェクトの作成 .....	13
ISE Design Suite での XST の実行 .....	15
コマンドライン モードからの XST の実行 .....	15
XST の出力ファイル .....	23
<b>3: VHDL 言語のサポート .....</b>	<b>25</b>
VHDL の利点 .....	25
VHDL の IEEE サポート .....	25
VHDL のデータ型 .....	25
VHDL のオブジェクト .....	30
VHDL の演算子 .....	31
VHDL のエンティティとアーキテクチャの記述 .....	32
VHDL の組み合わせ回路 .....	41
VHDL の順序ロジック .....	52
VHDL の関数とプロシージャ .....	56
VHDL のアサート文 .....	59
VHDL ライブラリおよびパッケージ .....	62
VHDL のファイル タイプ サポート .....	67
VHDL 構文 .....	73
VHDL の予約語 .....	77
<b>4: Verilog のサポート .....</b>	<b>79</b>
変数による部分的ビット選択 .....	80
Verilog 構造記述 .....	80
Verilog パラメータ .....	82
Verilog パラメータと属性の競合 .....	84
Verilog の使用制限 .....	85
Verilog -2001 の属性とメタ コメント .....	88
Verilog 構文 .....	90
Verilog のタスクおよび関数 .....	92

Verilog プリミティブ .....	97
Verilog ユーザー定義プリミティブ (UDP) .....	98
Verilog の予約言語 .....	101
Verilog2001 のサポート .....	102
<b>5: Verilog ビヘイビア記述のサポート .....</b>	<b>103</b>
初期値 .....	103
配列のコード例 .....	104
多次元配列 .....	104
データ型 .....	105
使用可能な文 .....	106
論理式 .....	106
ブロック .....	109
モジュール .....	109
継続代入文 .....	111
手続き代入文 .....	112
タスクと関数 .....	120
ブロックおよびノンブロッキング手続き代入文 .....	124
定数 .....	124
マクロ .....	124
Include ファイル .....	125
コメント .....	126
generate 文 .....	126
<b>6: 混合言語のサポート .....</b>	<b>129</b>
VHDL/Verilog の境界規則 .....	130
ジェネリックのサポート .....	132
ポートのマップ .....	133
Library Search Order (LSO) ファイル .....	134
<b>7: HDL コーディング手法 .....</b>	<b>139</b>
VHDL と Verilog の利点と不利点 .....	139
マクロ推論フローの概要 .....	140
フリップフロップおよびレジスタ .....	141
ラッチ .....	146
トライステート .....	149
カウンタおよびアキュムレータ .....	155
シフトレジスタ .....	160
ダイナミックシフトレジスタ .....	171
マルチプレクサ .....	175

四則演算 .....	182
コンパレータ .....	186
除算器 .....	188
加算器、減算器、加減算器.....	190
乗算器 .....	194
乗加算と乗累算.....	200
DSP の推論 .....	205
リソース共有 .....	208
RAM .....	211
ROM .....	276
FSM のコンポーネント.....	285
ブラック ボックス.....	299
<b>8 : FPGA の最適化.....</b>	<b>303</b>
ブロック RAM へのロジックのマップ .....	303
フリップフロップのインプリメンテーション ガイドライン .....	304
フリップフロップのリタイミング .....	306
エリア制約を設定した場合のスピード最適化 .....	307
インプリメンテーション制約 .....	308
ザイリンクス デバイス プリミティブのサポート .....	309
UniMacro ライブラリの使用.....	316
コアの処理 .....	317
LUT へのロジックのマップ .....	318
デバイス上の配置の制御 .....	320
バッファの挿入 .....	322
XST での PCI フローの使用 .....	322
<b>9 : デザイン制約.....</b>	<b>325</b>
制約の指定 .....	325
制約の優先順序 .....	326
ISE® Design Suite の合成オプション .....	326
VHDL 属性 .....	327
Verilog-2001 の属性 .....	329
XCF (ザイリンクス制約ファイル) .....	333
<b>10 : 一般制約.....</b>	<b>337</b>
I/O バッファの追加 (-iobuf).....	337
ボックス タイプ (BOX_TYPE) .....	339
バスの区切り文字指定 (-bus_delimiter) .....	341
大文字/小文字の指定(-case) .....	342

Case 文のインプリメンテーション形式 (-vlgcase) .....	343
Verilog マクロ (-define).....	345
複製接尾語の設定 (-duplication_suffix) .....	347
フル ケース (FULL_CASE).....	349
RTL 回路図の生成 (-rtlview).....	351
ジェネリック (-generics) .....	352
階層区切り文字の指定 (-hierarchy_separator).....	354
I/O 規格 (IOSTANDARD) .....	355
キープ (KEEP).....	356
階層の維持 (KEEP_HIERARCHY) .....	358
ライブラリの検索順 (-lso) .....	361
LOC.....	362
ネットリスト階層 (-netlist_hierarchy) .....	363
最適化エフォートレベル (OPT_LEVEL) .....	365
最適化方法の指定 (OPT_MODE).....	367
パラレル ケース (PARALLEL_CASE) .....	369
RLOC.....	371
保存 (S または SAVE).....	371
合成制約ファイルの指定 (-uc) .....	372
変換なし (TRANSLATE_OFF) と変換あり (TRANSLATE_ON) .....	373
合成制約ファイルの無視 (-iuc).....	374
Verilog の 'include ディレクトリの指定 (-vlgincdir).....	375
HDL ライブラリ マップ ファイル (-xsthdpini).....	376
作業ディレクトリの指定 (-xsthdpdir).....	379
<b>11 : HDL 制約.....</b>	<b>381</b>
FSM 自動抽出 (FSM_EXTRACT).....	381
列挙型エンコード手法 (ENUM_ENCODING) .....	383
等価レジスタの削除 (EQUIVALENT_REGISTER_REMOVAL).....	384
FSM エンコード方法の指定 (FSM_ENCODING).....	386
MUX の最小サイズ (MUX_MIN_SIZE) .....	388
リソース共有 (RESOURCE_SHARING) .....	390
セーフ リカバリ ステート (SAFE_RECOVERY_STATE).....	392
セーフ インプリメンテーション (SAFE_IMPLEMENTATION) .....	394
<b>12 : FPGA 制約 (タイミング制約以外) .....</b>	<b>397</b>
非同期から同期への変換 (ASYNC_TO_SYNC) .....	397
自動 BRAM パッキング (AUTO_BRAM_PACKING) .....	399
BRAM 使用率 (BRAM_UTILIZATION_RATIO) .....	400

バッファ タイプ (BUFFER_TYPE) .....	402
BUFGCE の抽出 (BUFGCE).....	403
コアの検索ディレクトリ (-sd).....	404
DSP 使用率 (DSP_UTILIZATION_RATIO) .....	405
FSM スタイル (FSM_STYLE).....	407
電力削減 (POWER).....	409
コアの読み込み (READ_CORES).....	411
LUT の結合 (LC).....	413
BRAM へのロジックのマッピング (BRAM_MAP).....	414
最大ファンアウト数 (MAX_FANOUT).....	416
最初のフリップフロップ ステージの移動 (MOVE_FIRST_STAGE) .....	419
最後のフリップフロップ ステージの移動 (MOVE_LAST_STAGE).....	422
乗算器スタイル (MULT_STYLE) .....	424
グローバル クロック バッファ数 (<:imk 372>-bufg).....	426
インスタンス化されたプリミティブの最適化 (OPTIMIZE_PRIMITIVES) .....	427
I/O レジスタの IOB 内へのパック (IOB) .....	430
RAM の抽出 (RAM_EXTRACT) .....	431
RAM スタイル (RAM_STYLE).....	433
BRAM Read-First インプリメンテーション (RDADDR_COLLISION_HWCONFIG).....	436
制御セットの削減 (REDUCE_CONTROL_SETS) .....	438
レジスタの自動調整 (REGISTER_BALANCING) .....	439
レジスタの複製 (REGISTER_DUPLICATION).....	444
ROM の抽出 (ROM_EXTRACT) .....	446
ROM スタイル (ROM_STYLE).....	448
シフト レジスタの抽出 (SHREG_EXTRACT).....	450
シフト レジスタの最小サイズ (SHREG_MIN_SIZE).....	452
ロー スキュー ラインの使用 (USELOWSKEWLINES).....	453
Slice (LUT-FF Pairs) Utilization Ratio (スライス (LUT-FF ペア) 使用率) .....	454
スライス (LUT-FF ペア) 使用率の許容範囲 (SLICE_UTILIZATION_RATIO_MAXMARGIN).....	456
単一 LUT へのエンティティのマッピング (LUT_MAP).....	458
キャリーチェーンの使用 (USE_CARRY_CHAIN) .....	459
トライステートからロジックへの変換 (TRISTATE2LOGIC) .....	461
クロック イネーブルの使用 (USE_CLOCK_ENABLE) .....	463
同期セットの使用 (USE_SYNC_SET).....	465
同期リセットの使用 (USE_SYNC_RESET).....	467
DSP ブロックの使用 (USE_DSP48).....	469



13 :	タイミング制約 .....	473
	グローバル最適化目標 .....	473
	UCF (ユーザー制約ファイル) .....	474
	XCF (ザイリンクス制約ファイル) .....	474
	クロック信号 (CLOCK_SIGNAL) .....	475
	クロス クロック解析 (-cross_clock_analysis) .....	476
	From-To (FROM-TO) .....	477
	グローバルな最適化目標 (-glob_opt) .....	478
	オフセット (OFFSET) .....	480
	周期 (PERIOD) .....	481
	タイミング名 (TNM) .....	482
	ネットのタイミング名 (TNM_NET) .....	483
	タイムグループ (TIMEGRP) .....	484
	タイミング無視 (TIG) .....	485
	タイミング制約の書き込み (-write_timing_constraints) .....	486
14 :	XST でサポートされるサードパーティの制約 .....	487
15 :	XST 合成レポート .....	491
	XST 合成レポートの内容 .....	491
	XST 合成レポートのナビゲーション .....	498
	XST 合成レポートの情報 .....	499
16 :	XST の命名規則 .....	503
	XST 命名規則のコード例 .....	503
	ネットの命名規則 .....	509
	インスタンスの命名規則 .....	510
	大文字/小文字の保持 .....	510
	命名規則の制御方法 .....	511
付録	その他のリソース .....	513



## 概要

---

### XST の概要

Xilinx Synthesis Technology (XST) ソフトウェア

- ・ ザイリンクス所有のロジック合成ソリューション
- ・ 次から使用できます。
  - ISE® Design Suite
  - PlanAhead™
- ・ コマンド ライン モードで**スタンドアロン ツール**として起動可能

XST ソフトウェアには、次のような特徴があります。

1. HDL (VHDL または Verilog) の記述を認識
2. ザイリンクス特有のロジック リソースの合成ネットリストに変換  
デザインの論理記述である合成済みネットリストは
  1. デザイン インプリメンテーション ツールのフローで処理されます。
  2. 物理記述に変換されます。
  3. ザイリンクス デバイスのプログラム用ビットストリーム ファイルに変換されます。

詳細は、次を参照してください。

Xilinx Synthesis Technology (XST) – よくある質問 (FAQ)

ザイリンクスのサポート サイト (<http://japan.xilinx.com/support>) で「XST FAQ」というキーワードを入力して検索してください。

## 略語

短縮形	説明
HDL	Hardware Description Language (ハードウェア記述言語)
VHDL	VHSIC Hardware Description Language (VHSICハードウェア記述言語)
RTL	Register Transfer Level (レジスタ転送レベル)
LRM	Language Reference Manual (言語リファレンスマニュアル)
FSM	Finite State Machine (有限ステートマシン)
EDIF	Electronic Data Interchange Format (電子データ交換フォーマット)
LSO	ライブラリ検索順
XST	Xilinx® Synthesis Technology の略
XCF	XST Constraint File (XST 制約ファイル)

## XST プロジェクトの作成および合成

---

XST はほかの合成ツールとは異なり、デザインに関する情報とその処理方法に関する情報が分けて保存されます。

- ・ デザインに関する情報は HDL 合成プロジェクトに格納
- ・ 合成パラメータは XST スクリプト ファイルで提供

HDL 合成プロジェクト：

- ・ ASCII テキスト ファイルです。
- ・ デザインに使用されるさまざまな HDL ソース ファイルをリスト
- ・ 1 行ごとに 1 つの HDL ソース ファイルを指定
- ・ 拡張子は通常 .prj

構文は次のとおりです。

```
<hdl_language> <compilation_library> <source_file>
```

説明：

- ・ *hdl\_language* は、HDL ソース ファイルが VHDL か Verilog かを示します。このフィールドで、VHDL と Verilog の混合言語プロジェクトの作成を指定できます。
- ・ *compilation\_library* は、HDL をコンパイルする論理ライブラリを指定します。デフォルトの論理ライブラリは work です。
- ・ *source\_file* には、HDL ソース ファイルを指定します。パスは絶対パスでも相対パスでも使用できます。相対パスは、HDL 合成プロジェクト ファイルのディレクトリに相対的にします。

### HDL 合成プロジェクトの作成

XST はほかの合成ツールとは異なり、デザインに関する情報とその処理方法に関する情報が分けて保存されます。

- ・ デザインに関する情報は HDL 合成プロジェクトに格納
- ・ 合成パラメータは XST スクリプト ファイルで提供

HDL 合成プロジェクト：

- ・ ASCII テキスト ファイルです。
- ・ デザインに使用されるさまざまな HDL ソース ファイルをリスト
- ・ 1 行ごとに 1 つの HDL ソース ファイルを指定
- ・ 拡張子は通常 .prj

構文は次のとおりです。

```
<hdl_language> <compilation_library> <source_file>
```

説明 :

- ・ *hdl\_language* は、HDL ソース ファイルが VHDL か Verilog かを示します。このフィールドで、VHDL と Verilog の混合言語プロジェクトの作成を指定できます。
- ・ *compilation\_library* は、HDL をコンパイルする論理ライブラリを指定します。デフォルトの論理ライブラリは *work* です。
- ・ *source\_file* には、HDL ソース ファイルを指定します。パスは絶対パスでも相対パスでも使用できます。相対パスは、HDL 合成プロジェクト ファイルのディレクトリに相対的にします。

## HDL 合成プロジェクト ファイルのコード例

次の HDL 合成プロジェクト ファイルの例では、相対パスを使用しています。

```
vhdl      work      my_vhdl1.vhd
verilog   work      my_vlg1.v
vhdl      my_vhdl_lib ../my_other_srcdir/my_vhdl2.vhd
verilog   my_vlg_lib my_vlg2.v
```

XST を ISE® Design Suite から実行すると、プロジェクト ディレクトリに拡張子 *.prj* の付いた HDL 合成プロジェクト ファイルが自動的に作成されます。HDL ソース ファイルをプロジェクトに入力するたびに、新しいファイル名がプロジェクト ファイルに追加されます。

詳細は、次を参照してください。

ISE Design Suite ヘルプ

コマンド ラインから XST を起動する場合は、HDL 合成プロジェクト ファイルを手動で作成する必要があります。HDL 合成プロジェクトが XST で読み込まれるようにするには、*run* コマンドラインで入力ファイル名 (*-ifn*) オプションを使用して HDL 合成プロジェクト ファイルのディレクトリを示す必要があります。

## ISE Design Suite での XST の実行

ISE® Design Suite で XST を実行するには、次の手順に従います。

1. [File] → [New Project] でプロジェクトを新規に作成します。
2. [Project] → [Add Copy of Source] で HDL ソース ファイルをインポートします。
3. [Design] → [Hierarchy] で最上位レベルのブロックを選択します。
4. ISE Design Suite で正しいブロックが最上位レベル ブロックとして選択されていない場合は、次を実行してください。
  - a. 正しいブロックを選択します。
  - b. [Set as Top Module] をクリックします。
  - c. [Synthesize - XST] プロセスを右クリックします。
5. 使用可能な合成オプションをすべて表示するには、[Process Properties] を選択します。
6. 合成を開始するには
  - a. 右クリックします。
  - b. [Run] をクリックするか、[Synthesize - XST] をダブルクリックします。

詳細は、次を参照してください。

ISE Design Suite ヘルプ

## コマンドライン モードからの XST の実行

このセクションでは、コマンドラインで XST を起動する方法について説明します。

- ・ [XST をスタンドアロン ツールとして実行](#)
- ・ [XST をインタラクティブに実行](#)
- ・ [XST をスクリプト モードで実行](#)
- ・ [XST のスクリプト ファイル](#)
- ・ [XST のコマンド](#)
- ・ [XST スクリプト ファイルの可読性の改善](#)

### XST をスタンドアロン ツールとして実行

XST はスタンドアロン ツールとして実行できます。XST を ISE® Design Suite のグラフィカル環境を使用するのではなく、スクリプト記述されたデザイン インプリメンテーションの一部として実行する場合は、コマンドライン モードを使用します。

### 環境変数の設定

XST をコマンドライン モードで実行する前に、次の環境変数が正しいザイリンクス ソフトウェアのインストール ディレクトリを指定するように設定します。次は、64 ビット Linux の例です。

```
setenv XILINX setenv PATH $XILINX/bin/lin64:$PATH
setenv LD_LIBRARY_PATH $XILINX/lib/lin64:$LD_LIBRARY_PATH
```

## コマンドライン モードからの XST の実行

XST は、次のいずれかの方法でコマンドラインから実行できます。

- ・ Linux の場合 **xst** を実行
- ・ Windows の場合、run **xst.exe**

XST コマンドライン構文は、次のようになります。

```
xst[.exe] [-ifn in_file_name] [-ofn out_file_name] [-intstyle]  
[-filter msgfilter_file_name]
```

## XST コマンドライン オプション

XST コマンドライン オプションには、次のがあります。

- ・ **-ifn**  
実行するコマンドラインを含む XST スクリプトファイルを指定します。
  - このオプションが指定されない場合、XST はインタラクティブに実行されます。
  - 指定される場合、XST はスクリプト モードで実行されます。
- ・ **-ofn**  
XST のログ ファイルを指定したディレクトリおよびファイルに出力できます。デフォルトでは、XST のログは work ディレクトリの **.srp** ファイルに記述されます。
- ・ **-intstyle**  
標準出力のレポートを制御します。コマンドライン モードで XST を実行する場合は、「**Silent モード**」を参照してください。
- ・ **-filter**  
コマンドライン モードで制限付きのメッセージフィルタを有効にします。



## コマンドライン モードでのメッセージ フィルタの使用

コマンドライン モードで制限付きのメッセージ フィルタを有効にするには

1. メッセージ フィルタなしで 1 度デザインをコマンドライン モードで合成します。
2. ザイリンクスの xreport グラフィカル ツールを次のように実行します。

```
xreport -config example.xreport -reports_dir . -filter  
example.filter example &
```

**-reports\_dir** で定義されるディレクトリは、XST のログ ファイルが作成されるのと同じディレクトリにする必要があります。上記の例では、最初の実行で生成された XST ログ ファイルの名前が `example.srp` で、XST が起動されたのと同じディレクトリにあると仮定しています。このコマンドの詳細は、**xreports -h** を実行してコマンドライン ヘルプを参照してください。

3. [Design Overview] → [Summary] をクリックします。
4. [Design Properties] → [Enable Message Filtering] をクリックします。
5. [Design Overview] → [Synthesis Messages] をクリックし、XST ログ ファイルからのメッセージを表示します。
6. フィルタするメッセージを選択します。
7. 右クリックします。
8. [Filter All Instances of This Message] または [Filter This Instance Only] を選択します。  
このメッセージ フィルタ設定は、`example.filter` ファイルに保存されます。
9. コマンドライン モードで **-filter** オプションを使用して XST をもう 1 度実行します。

```
xst ... -filter example.filter ...
```

アドバンス フィルタを設定する場合、または前にオフにしたメッセージを再び表示されるようにするには

1. [Synthesis Messages] ペインを右クリックします。
2. [Edit Message Filters] をクリックします。

## XST をインタラクティブに実行

XST を **-ifn** オプションなしで実行した場合、XST コマンド プロンプトに命令を入力できます。インタラクティブ モードの場合、XST ログ ファイルは作成されないため、**-ifn** オプションは使用しても何の影響もありません。

## XST をスクリプト モードで実行

コマンド プロンプトにコマンドを入力したり、貼り付けたりするよりも、必要なコマンドおよびオプションを含む XST スクリプト ファイルを作成することをお勧めします。XST をスクリプト デザイン インプリメンテーション フローの一部として実行する場合、前もって XST スクリプト ファイルを手動で用意しておくか、自動的に生成させる必要があります。

## XST のスクリプト ファイル

XST のスクリプト ファイルには、次のような特徴があります。

- ・ ASCII テキスト ファイルです。
- ・ 1 つまたは複数の XST コマンドが含まれます。各コマンドには、さまざまなオプションがあります。
- ・ `-ifn` オプションで XST に渡されます。

```
xst -ifn myscript.xst
```

XST スクリプト ファイルに必ず使用しなければならないファイル拡張子はありませんが、ISE® Design Suite は拡張子 `.xst` で XST スクリプト ファイルを作成します。

## XST のコマンド

XST では、次のコマンドが認識されます。

- ・ `run` コマンド
- ・ `set` コマンド
- ・ `script` コマンド
- ・ `help` コマンド

コマンドの中にはオプションを使用して制御できるものがあります。オプションを間違えて使用すると、次のようなエラー メッセージが表示されます。

```
ERROR:Xst:1361 - Syntax error in command run for option "-ofmt" :  
parameter "EDN" is not allowed.
```

### run コマンド

run コマンド :

- ・ 主な合成コマンドです。
- ・ HDL ソース ファイルの解析から最終ネットリストの生成までの合成プロセスすべてを実行するコマンドです。
- ・ ソースコードが言語に準拠しているかどうか確認したり、HDL ファイルを前もってコンパイルしたりするために HDL 解析およびエラーレーションのみを実行する場合に使用できます。
- ・ 1 つのスクリプト ファイルで 1 度だけ使用できます。

構文は次のとおりです。

```
run option_1 value option_2 value ...
```

HDL 記述 (たとえば、デザインの最上位レベル) のエレメントに指定されるオプション値を除き、run コマンドには大文字/小文字を関係なく使用できます。オプションは小文字のみか大文字のみで指定できます。たとえば、オプションの値 `yes` と `YES` はどちらも同じように処理されます。

次の表は、run コマンドに必要な設定とオプションの設定を示しています。その他のコマンドライン オプションについては、次を参照してください。

- ・ 第 10 章「一般制約」
- ・ 第 11 章「HDL 制約」
- ・ 第 12 章「FPGA 制約 (タイミング制約以外)」
- ・ 第 13 章「タイミング制約」

### run コマンドに必要な設定

オプション	コマンドライン名	オプション値
Input File Name	<b>-ifn</b>	HDL 合成プロジェクトファイルへの相対パスまたは絶対パス
Output File Name	<b>-ofn</b>	合成後の NGC ネットリストを保存するファイルへの相対パスまたは絶対パス。拡張子 .ngc は削除できます。
Target Device	<b>-p</b>	xc6vtx240t-ff1759-1 などの特定のデバイス、または Virtex®-6 などの一般的なデバイス ファミリ
Top Module Name	<b>-top</b>	デザインの最上位レベルを記述する VHDL エンティティ または Verilog モジュール名。コンポーネント インスタンス化をデザイン エンティティおよびアーキテクチャにまとめるのに別のコンフィギュレーション宣言を使用している場合、値はそのコンフィギュレーションの名前にする必要があります。

### run コマンドのオプション設定

オプション	コマンドライン
VHDL Top Level Architecture (最上位レベルの VHDL エンティティに関連付けられた特定の VHDL アーキテクチャ名。デザインの最上位レベルが Verilog で記述されている場合は、使用不可)。	<b>-ent</b>
Optimization Goal	<b>-opt_mode</b>
Optimization Effort	<b>-opt_level</b>
Power Reduction	<b>-power</b>
Use Synthesis Constraints File	<b>-iuc</b>
Synthesis Constraints File	<b>-uc</b>
Keep Hierarchy	<b>-keep_hierarchy</b>
Netlist Hierarchy	<b>-netlist_hierarchy</b>
Global Optimization Goal	<b>-glob_opt</b>
Generate RTL Schematic	<b>-rtlview</b>
Read Cores	<b>-read_cores</b>
Cores Search Directories	<b>-sd</b>
Write Timing Constraints	<b>-write_timing_constraints</b>
Cross Clock Analysis	<b>-cross_clock_analysis</b>
Hierarchy Separator	<b>-hierarchy_separator</b>
Bus Delimiter	<b>-bus_delimiter</b>
LUT-FF Pairs Utilization Ratio	<b>-slice_utilization_ratio</b>
BRAM Utilization Ratio	<b>-bram_utilization_ratio</b>

オプション	コマンド ライン
DSP Utilization Ratio	-dsp_utilization_ratio
Case	-case
Library Search Order	-lso
Verilog Include Directories	-vlgincdir
Generics	-generics
Verilog Macros	-define
FSM Extraction	-fsm_extract
FSM Encoding Algorithm	-fsm_encoding
Safe Implementation	-safe_implementation
Case Implementation Style	-vlgcase
FSM Style	-fsm_style
RAM Extraction	-ram_extract
RAM Style	-ram_style
ROM Extraction	-rom_extract
ROM Style	--rom_style
Automatic BRAM Packing	-auto_bram_packing
Shift Register Extraction	-shreg_extract
Shift Register Minimum Size	-shreg_min_size
Resource Sharing	-resource_sharing
Use DSP Block	-use_dsp48
Asynchronous To Synchronous	-async_to_sync
Add I/O Buffers	-iobuf
Max Fanout	-max_fanout
Number of Clock Buffers	-bufg
Register Duplication	-register_duplication
Equivalent Register Removal	-equivalent_register_removal
Register Balancing	-register_balancing
Move First Flip-Flop Stage	-move_first_stage
Move Last Flip-Flop Stage	-move_last_stage
Pack I/O Registers into IOBs	-iob
LUT Combining	-lc
Reduce Control Sets	-reduce_control_sets
Use Clock Enable	-use_clock_enable
Use Synchronous Set	-use_sync_set
Use Synchronous Reset	-use_sync_reset
Optimize Instantiated Primitives	-optimize_primitives

## set コマンド

set コマンドは、run を実行する前にプリファレンスを設定するために使用します。

```
set -option_name [option_value]
```

set コマンドでは、次の表に示すオプションが使用できます。

詳細は、次を参照してください。

[第 9 章「デザイン制約」](#)

### set コマンドのオプション

オプション	説明	値
-tmpdir	現在のセッションで XST により生成された一時ファイルを格納するディレクトリへのパスを指定	ディレクトリへのパス
-xsthdpdir	作業ディレクトリ (HDL コンパイルで生成されたファイルのディレクトリ) を指定	ディレクトリへのパス
-xsthdpini	HDL ライブラリ マップ ファイル (.INI ファイル)	file_name

## script コマンド

XST をインタラクティブ モードで実行する場合、**script** コマンドで XST スクリプト ファイルを読み込んだり、実行したりできます。

構文は次のとおりです。

```
script script_file_name
```

**script** コマンドでは、XST スクリプト ファイルへのパスを絶対パスでも相対パスでも指定できます。

## help コマンド

help コマンドを使用すると、次が表示されます。

- ・ サポートされるファミリ
- ・ 特定デバイスの全コマンド
- ・ 特定デバイスの特定コマンド

### サポートされるファミリ

サポートされているファミリを表示するには、引数を指定せずに **help** と入力します。

### ヘルプ

XST では次のメッセージが表示されます。

```
--> help ERROR:Xst:1356 - Help : Missing "-arch ".
Please specify what family you want to target
available families:
spartan6
virtex6
```

### 特定デバイスの全コマンド

特定のデバイスのコマンドすべてをリストするには、次のように入力します。

```
help -arch family_name
```

説明 :

*family\_name* にはサポートされるデバイス ファミリ名を指定します。

たとえば、Virtex®-6 デバイスのコマンドをすべてリストする場合は、次のように入力します。

```
help -arch virtex6
```

### 特定デバイスの特定コマンド

特定デバイスの特定コマンドに関する情報を表示するには、次のように入力します。

```
help -arch family_name -command command_name
```

説明 :

- ・ *family\_name* にはサポートされるデバイス ファミリ名を指定します。
- ・ *command\_name* には、次のいずれかのコマンドを入力します。
  - **run**
  - **set**
  - **time**

たとえば、Virtex-6 デバイスの **run** コマンドに関する情報を表示する場合は、次のように入力します。

```
help -arch virtex6 -command run
```

## XST スクリプト ファイルの可読性の改善

合成の実行に多数のオプションを使用する場合などは、次のようにファイルを読みやすくします。

- ・ 1 つの行に 1 つのオプションと値を記述する。
- ・ 最初の行には run コマンドのみを指定する (オプションは指定しない)。
- ・ コマンドの最初の行から最後の行までの間に空行を作らない。
- ・ オプションと値の各行はダッシュ (-) で開始する。
  - **-ifn**
  - **-ifmt**
  - **-ofn**
- ・ 各オプションごとに 1 つの値を指定する
- ・ 値を省略できるオプションはなし
- ・ オプションの値は、次のいずれかになります。
  - XST で定義されている値 (**yes**、**no** など)
  - 文字列 (ファイル名、最上位のエンティティ名など)
    - vlgincdir オプションでは、複数のディレクトリを値として指定できます。
    - 各ディレクトリ名はスペースで区切り、すべてのディレクトリ名を中かっこ {...} で囲む必要があります。次に例を示します。
    - vlgincdir {c:\vlg1 c:\vlg2}
    - 詳細は、次を参照してください。
    - コマンド ライン モードでのスペースを含む名前**
  - 整数
- ・ 次のようにシャープ文字 (#) を使用すると、そのオプションをコメントアウトしたり、コメントを加えたりすることもできます。

### XST のスクリプト ファイルの例

```
run
-ifn myproject.prj
-ofn myproject.ngc
-ofmt NGC
-p virtex6
# -opt_mode area
-opt_mode speed
-opt_level 1
```

## XST の出力ファイル

このセクションでは、XST 出力ファイル、XST の一時出力ファイル、コマンド ライン モードでのスペースを含む名前など、XST 出力ファイルについて説明します。

## XST の通常の実出力ファイル

XST では、通常次の出力ファイルが生成されます。

- ・ 出力 NGC ネットリスト (.ngc)
  - ISE® Design Suite では、プロジェクト ディレクトリに NGC ファイルが作成されます。
  - コマンドライン モードでは、現在のディレクトリまたは **run -ofn** で指定したディレクトリに NGC ファイルが作成されます。
- ・ RTL Viewer 用の Register Transfer Level (RTL) ネットリスト (.ngr)
- ・ 合成ログ ファイル (.srp)
- ・ 一時ファイル

## XST の一時出力ファイル

コマンドライン モードでは、XST の temp ディレクトリに一時的なファイルが生成されます。

### デフォルトの XST の temp ディレクトリ

システム	ディレクトリ
ワークステーション	/tmp
Windows	TEMP または TMP 環境変数で指定されたディレクトリ

temp ディレクトリを変更するには、XST のプロンプトで **set -tmpdir <directory>** を実行するか、XST のスクリプト ファイルで変更します。

HDL コンパイル ファイルは、この temp ディレクトリに生成されます。デフォルトの temp ディレクトリは、現在のディレクトリの下にある xst ディレクトリの下です。

**Tip** この temp ディレクトリには、すべての XST セッションの VHDL および Verilog ファイルのコンパイルにより生成されたファイルが含まれます。temp ディレクトリに格納されるファイルの数が増えると、CPU の動作に悪影響を及ぼす場合があります。この temp ディレクトリは自動的にクリーンアップされないため、手動で定期的に削除するようにしてください。

## コマンドライン モードでのスペースを含む名前

XST のコマンドライン モードでは、スペースを含むファイル名またはディレクトリ名がサポートされます。ファイル名またはディレクトリ名にスペースが含まれる場合は、次の例のように名前を二重引用符 (") で囲む必要があります。

```
"C:\my project"
```

複数ディレクトリをサポートするオプション (-sd および -vlgindir) のコマンドライン構文も変更されています。これらのオプションで複数のディレクトリを指定する場合は、{...} でディレクトリを囲んでください。

```
-vlgindir {"C:\my project" C:\temp}
```

古いバージョンの XST では、複数のディレクトリを二重引用符 (") で囲んでいました。この命名規則は、スペースを含まないディレクトリ名に対しては、現在のバージョンの XST でもサポートされていますが、既存のスクリプトは新しい構文に変更することをお勧めします。



## VHDL 言語のサポート

詳細は、次を参照してください。

- ・ IEEE の『VHDL Language Reference Manual』(LRM)
- ・ [第 9 章「デザイン制約」](#)、特に「VHDL 属性」

### VHDL の利点

VHDL は、幅広い言語構文を持ち、複雑なロジックを簡潔に表現できるハードウェア記述言語です。VHDL では、次が実行可能です。

- ・ システムをサブシステムに分割する方法や、分割されたサブシステムを相互接続する方法など、システムの構造を記述できます。
- ・ 使い慣れたプログラミング言語形式でシステムの機能を指定できます。
- ・ インプリメンテーションおよびハードウェアへのプログラム前にシステム デザインをシミュレーションできます。
- ・ 抽象記述を合成して、デバイス特定の詳細なデザインを簡単に作成できる方法を提供します。これにより、デザインを効率的に設計でき、タイムトゥ マーケットを短縮できます。

### VHDL の IEEE サポート

XST には、VHDL IEEE 1076-1993 に完全に準拠する解析およびエラボレーション エンジンが含まれます。

XST では、次のような LRM に準拠しない構文もサポートされます。

- ・ 合成またはシミュレーション ツールのほとんどでサポートされる
- ・ コードをかなり単純化できる
- ・ 合成中に問題が発生しない
- ・ 結果に悪影響を及ぼさない

たとえば、LRM ではフォーマル ポートが **buffer** で有効なポートが **out** (またはその逆) の場合、ポート マップを使用してインスタンス化ができないことになっていますが、XST ではこのようなインスタンス化がサポートされます。

### VHDL のデータ型

このセクションでは、VHDL のデータ型について説明します。

次に説明する型には、定義済みのパッケージの一部であるものもあります。コンパイルされる箇所、およびそれらの読み込み方法については、「[VHDL の定義済みパッケージ](#)」を参照してください。

## VHDL でサポートされないデータ型

VHDL では、標準パッケージの **real** 型は、ジェネリック値などの計算を実行する目的にのみ使用できます。**real** 型の合成可能なオブジェクトタイプは定義できません。

## VHDL でサポートされるデータ型

このセクションでは、次について説明します。

- ・ [定義済み列挙型](#)
- ・ [ユーザー定義の列挙型](#)
- ・ [ビット ベクタ型](#)
- ・ [整数型](#)
- ・ [多次元配列型](#)
- ・ [VHDL のレコード型](#)

## 定義済み列挙型

次の定義済み VHDL 列挙型は、次のハードウェア記述でサポートされます。

- ・ 標準パッケージで定義される **bit** 型。  
使用できる値は、0 (ロジック 0) および 1 (ロジック 1) です。
- ・ 標準パッケージで定義される **boolean** 型。  
使用できる属性値は、**false** または **true** です。
- ・ IEEE **std\_logic\_1164** パッケージで定義される **std\_logic** 型。  
次の表は、使用可能な値と XST でどのように変換されるかをリストしています。

std\_logic に使用可能な値

値	説明	XST での変換
U	初期化なし	XSTでは使用できません
X	不明	ドント ケアとして処理されます
0	low	ロジック 0 として処理されます
1	high	ロジック 1 として処理されます
Z	ハイ インピーダンス	ハイ インピーダンスとして処理されます
W	ウィークな不明状態	XSTでは使用できません
L	ウィーク Low	<b>0</b> と同じように処理されます
H	ウィーク High	<b>1</b> と同じように処理されます
-	ドントケア	ドント ケアとして処理されます

## XST でサポートされるオーバーロード列挙型

タイプ	IEEE パッケージ での定義	サブタイプ	含まれる値
std_ulogic	std_logic_1164	なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>std_logic と同じ 9 つの値</li> <li>定義済みレゾリューション関数を含まない</li> </ul>
X01	std_logic_1164	std_ulogic	X、0、1
X01Z	std_logic_1164	std_ulogic	X、0、1、Z
UX01	std_logic_1164	std_ulogic	U、X、0、1
UX01Z	std_logic_1164	std_ulogic	U、X、0、Z

## ユーザー定義の列挙型

列挙型を独自に作成して、次の例のように有限ステートマシン (FSM) のステートを記述することができます。

## ユーザー定義の列挙型の VHDL コード例

```
type STATES is (START, IDLE, STATE1, STATE2, STATE3) ;
```

## ビットベクタ型

XST では、ハードウェア記述で次の VHDL ビットベクタ型がサポートされます。

- 標準パッケージで定義される **bit\_vector** 型はビット要素のベクタをモデリングします。
- IEEE **std\_logic\_1164** パッケージで定義される **std\_logic\_vector** 型は、**std\_logic** エLEMENT のベクタをモデリングします。

次のオーバーロード型も使用できます。

- IEEE **std\_logic\_1164** パッケージで定義される **std\_ulogic\_vector** 型
- IEEE **std\_logic\_1164** パッケージで定義される **unsigned** 型
- IEEE **std\_logic\_1164** パッケージで定義される **signed** 型

## 整数型

**integer** 型は、定義済みの VHDL 型です。デフォルトでは、integer は XST で 32 ビットにインプリメントされます。適用可能な値の範囲をはっきりと定義することで、次のようにインプリメンテーションをさらにコンパクトにできます。

```
type MSB is range 8 to 15
```

また、**integer** (整数) 型をオーバーロードすることで、この定義済みの **natural** (自然数) および **positive** (正) 型の利点を利用することもできます。

## 多次元配列型

XST では、何次元でも、次元に制限なく多次元配列型がサポートされますが、3 次元を超えないように記述することをお勧めします。記述する可能性のある多次元配列のオブジェクトは、次のとおりです。

- ・ 信号
- ・ 定数
- ・ 変数

多次元配列型のオブジェクトは、

- ・ 関数に渡されます。
- ・ コンポーネント インスタンスレーションで使用されます。

### 完全に制約が付いた配列型のコード例

配列型はすべての次元で完全に制約を付ける必要があります。

```
subtype WORD8 is STD_LOGIC_VECTOR (7 downto 0);
type TAB12 is array (11 downto 0) of WORD8;
type TAB03 is array (2 downto 0) of TAB12;
```

配列はマトリックスとして宣言することも出来ます。

```
subtype TAB13 is array (7 downto 0, 4 downto 0) of STD_LOGIC_VECTOR (8 downto 0);
```

次に、代入文における多次元配列の信号および変数の使用例を示します。

次のように宣言したとします。

```
subtype WORD8 is STD_LOGIC_VECTOR (7 downto 0);
type TAB05 is array (4 downto 0) of WORD8;
type TAB03 is array (2 downto 0) of TAB05;
signal WORD_A : WORD8;
signal TAB_A, TAB_B : TAB05;
signal TAB_C, TAB_D : TAB03;
constant CNST_A : TAB03 := (
  ("00000000", "01000001", "01000010", "10000011", "00001100"),
  ("00100000", "00100001", "00101010", "10100011", "00101100"),
  ("01000010", "01000010", "01000100", "01000111", "01000100"));
```

これで次を指定できるようになります。

- ・ 多次元配列の信号または変数

```
TAB_A <= TAB_B; TAB_C <= TAB_D; TAB_C <= CNST_A;
```

- ・ 1 配列のインデックス

```
TAB_A (5) <= WORD_A; TAB_C (1) <= TAB_A;
```

- ・ 最大の次元数のインデックス

```
TAB_A (5) (0) <= '1'; TAB_C (2) (5) (0) <= '0'
```

- ・ 最初の配列のスライス

```
TAB_A (4 downto 1) <= TAB_B (3 downto 0);
```

- ・ 高次元配列のインデックスと低次元配列のスライス

```
TAB_C (2) (5) (3 downto 0) <= TAB_B (3) (4 downto 1); TAB_D (0) (4) (2 downto 0)
\\ <= CNST_A (5 downto 3)
```

次の宣言文を追加します。

```
subtype MATRIX15 is array(4 downto 0, 2 downto 0) of STD_LOGIC_VECTOR (7 downto 0);
```

```
signal MATRIX_A : MATRIX15;
```

これで次を指定できるようになります。

- ・ 多次元配列の信号または変数

```
MATRIXA <= CNST_A
```

- ・ 1 行の配列のインデックス

```
MATRIXA (5) <= TAB_A;
```

- ・ 最大の次元数のインデックス

```
MATRIXA (5,0) (0) <= '1';
```

インデックスは、変数にできます。

## VHDL のレコード型

XST では、次のコード例のような VHDL レコード型がサポートされます。

```
type mytype is record
field1 : std_logic;
field2 : std_logic_vector (3 downto 0)
end record;
```

- ・ レコード型のフィールドは、**record** にもできます。
- ・ 定数をレコード型にできます。
- ・ レコード型に属性を含むことはできません。
- ・ レコード信号への集合代入文がサポートされます。

## VHDL のオブジェクト

このセクションでは、次について説明します。

### VHDL の信号

VHDL 信号は、次で宣言できます。

- ・ アーキテクチャ宣言部分  
そのアーキテクチャ内のどこかで VHDL 信号を使用します。
- ・ ブロック  
そのブロック内で VHDL 信号を使用します。

VHDL 信号は代入演算子「<=」を使用して代入します。

```
signal sig1 : std_logic;  
sig1 <= '1';
```

### VHDL の変数

VHDL 変数には、次の特徴があります。

- ・ process または subprogram 文で宣言します。
- ・ process または subprogram 文内で使用されます。
- ・ 代入演算子「:=」を使用して代入します。

```
variable var1 : std_logic_vector (7 downto 0); var1 := "01010011";
```

### VHDL の定数

VHDL 定数は宣言部で宣言でき、その領域内で使用できます。宣言後、その値は変更できません。

```
signal sig1 : std_logic_vector (5 downto 0); constant init0 :  
std_logic_vector (5 downto 0) := "010111"; sig1 <= init0;
```

## VHDL の演算子

サポートされる VHDL 演算子については、この章の「サポートされる VHDL 演算子」セクションに記述しています。このセクションでは、各シフト演算子の使用例を示します。

- ・ SLL (Shift Left Logic) 演算子

```
sig1 <= A(4 downto 0) sll 2
```

これは、次と同じです。

```
sig1 <= A(2 downto 0) & "00";
```

- ・ SRL (Shift Right Logic) 演算子

```
sig1 <= A(4 downto 0) srl 2
```

これは、次と同じです。

```
sig1 <= "00" & A(4 downto 2);
```

- ・ SLA (Shift Left Arithmetic) 演算子

```
sig1 <= A(4 downto 0) sla 2
```

これは、次と同じです。

```
sig1 <= A(2 downto 0) & A(0) & A(0);
```

- ・ SRA (Shift Right Arithmetic) 演算子

```
sig1 <= A(4 downto 0) sra 2
```

これは、次と同じです。

```
sig1 <= <= A(4) & A(4) & A(4 downto 2);
```

- ・ ROL (Rotate Left) 演算子

```
sig1 <= A(4 downto 0) rol 2
```

これは、次と同じです。

```
sig1 <= A(2 downto 0) & A(4 downto 3);
```

- ・ ROR (Rotate Right) 演算子

```
A(4 downto 0) ror 2
```

これは、次と同じです。

```
sig1 <= A(1 downto 0) & A(4 downto 2);
```

## VHDL のエンティティとアーキテクチャの記述

このセクションでは、次について説明します。

- ・ [VHDL の回路記述](#)
- ・ [VHDL のエンティティ宣言](#)
- ・ [VHDL のアーキテクチャ宣言](#)
- ・ [VHDL のコンポーネント インスタンス化](#)
- ・ [VHDL の再帰的なコンポーネント インスタンス化文](#)
- ・ [VHDL のコンポーネント コンフィギュレーション文](#)
- ・ [VHDL のジェネリック](#)
- ・ [VHDL のジェネリックと属性の競合](#)

### VHDL の回路記述

VHDL の回路記述は、次の 2 つの部分で構成されています。

- ・ エンティティ宣言
  - 回路の外部表示を提供
  - I/O ポートおよびジェネリックなどの回路のインターフェイスを含め、外側から見えるオブジェクトについて記述
- ・ アーキテクチャ
  - 回路の内部表示を提供
  - 回路ビヘイビアまたはストラクチャを記述

### VHDL のエンティティ宣言

回路の I/O ポートはエンティティで宣言します。各ポートには、次が含まれます。

- ・ **name**
- ・ **mode**
  - **in**
  - **out**
  - **inout**
  - **buffer**
- ・ **type**

ポートには通常制約が付きますが、エンティティ宣言で制約を付けないままにしておくこともできます。制約を付けない場合、ポートの幅はフォーマル ポートと実際の信号間が接続されるときに、インスタンス化で定義されます。制約の付いていないポートを使用すると、異なるポート幅を定義できるので、同じエンティティのさまざまなインスタンス化を作成できます。

ただし、次の事項に従ってください。

- ・ ジェネリックを使用して制約を付けたポートを定義します。
- ・ インスタンス化時にこれらのジェネリックに異なる値を適用します。
- ・ 最上位レベルのエンティティには制約の付いていないポートは含めないでください。



ポートには、1 次元以上の配列型は使用できません。

エンティティ宣言でもジェネリックを宣言できます。

詳細は、次を参照してください。

[VHDL のジェネリック](#)

### バッファ ポート モードを使用したコード例（推奨されない）

バッファ ポート モードは使用しないようにしてください。VHDL では信号が内部および出力ポートとして使用される（内部ドライバが 1 つしかない）場合にバッファ ポート モードを使用できますが、バッファ ポートは合成中にエラーになる可能性があり、シミュレーションからの合成後の結果を有効にするのが難しくなります。

```
entity alu is
    port (
        CLK : in  STD_LOGIC;
        A   : in  STD_LOGIC_VECTOR(3 downto 0);
        B   : in  STD_LOGIC_VECTOR(3 downto 0);
        C   : buffer STD_LOGIC_VECTOR(3 downto 0));
end alu;

architecture behavioral of alu is
begin
    process begin
        if rising_edge(CLK) then
            C <= UNSIGNED(A) + UNSIGNED(B) UNSIGNED(C);
        end if;
    end process;
end behavioral;
```

### バッファ ポート モードを使用しないコード例 (推奨)

上記の「バッファ モードを使用したコード例 (推奨されない)」では、内部および出力ポートとして使用される信号 C がバッファ モードでモデリングされており、C に接続可能な階層のレベルもすべてバッファとして宣言する必要がありました。この例では、次のコード例のようにダミー信号を挿入して、C ポートを出力ポートとして宣言することで、バッファ モデルを使用しないようにしています。

```
entity alu is
    port (
        CLK : in  STD_LOGIC;
        A   : in  STD_LOGIC_VECTOR(3 downto 0);
        B   : in  STD_LOGIC_VECTOR(3 downto 0);
        C   : out STD_LOGIC_VECTOR(3 downto 0));
end alu;

architecture behavioral of alu is
    -- dummy signal
    signal C_INT : STD_LOGIC_VECTOR(3 downto 0);
begin
    C <= C_INT;
    process begin
        if rising_edge(CLK) then
            C_INT <= A and B and C_INT;
        end if;
    end process;
end behavioral;
```

## VHDL のアーキテクチャ宣言

内部信号はアーキテクチャ文で宣言できます。各内部信号には、次が指定されます。

- ・ **name**
- ・ **type**

### アーキテクチャ宣言の VHDL コード例

```
library IEEE;
use IEEE.std_logic_1164.all;

entity EXAMPLE is
    port (
        A,B,C : in std_logic;
        D,E : out std_logic );
end EXAMPLE;

architecture ARCH1 of EXAMPLE is
    signal T : std_logic;
begin
    ...
end ARCH1;
```

## VHDL のコンポーネント インスタンス化

コンポーネント インスタンス化を使用すると、デザイン ユニット (コンポーネント) を別のデザイン ユニット内にインスタンス化して、階層構造のデザインを記述できます。

コンポーネント インスタンス化を実行するには

1. インスタンス化する機能を記述したデザイン ユニット (エンティティとアーキテクチャ) を作成します。
2. コンポーネントを親デザイン ユニットのアーキテクチャ文の宣言部分でインスタンス化されるように宣言します。
3. 親デザイン ユニットのアーキテクチャ本体部分でこのコンポーネントをインスタンス化して接続します。
4. コンポーネントのフォーマル ポートを実際の信号と親デザイン ユニットのポートにマップ (接続) します。

コンポーネント インスタンス化文のメイン エLEMENT は次のとおりです。

- ・ **label**  
インスタンスを識別します。
- ・ **association list**
  - 予約語の **port map** キーワードで導入されます。
  - コンポーネントのフォーマル ポートを実際の信号または親デザイン ユニットのポートに接続します。
- ・ **optional association list**
  - 予約語の **generic map** キーワードで導入されます。
  - 実際の値をコンポーネントで定義されるフォーマル ジェネリックに提供します。

XST では、コンポーネント宣言で制約が設定されていないベクタがサポートされます。

### コンポーネント インスタンス化の VHDL コード例

次は、4 つの NAND2 コンポーネントから構成される半加算器の構造記述例を示しています。

```
--
-- A simple component instantiation example
-- Involves a component declaration and the component instantiation itself
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: VHDL_Language_Support/instantiation/instantiation_simple.vhd
--
entity sub is
    generic (
        WIDTH : integer := 4);
    port (
        A,B : in  BIT_VECTOR(WIDTH-1 downto 0);
        O   : out BIT_VECTOR(2*WIDTH-1 downto 0));
end sub;

architecture archi of sub is
begin
```

```
O <= A & B;
end ARCHI;

entity top is
  generic (
    WIDTH : integer := 2);
  port (
    X, Y : in BIT_VECTOR(WIDTH-1 downto 0);
    Z     : out BIT_VECTOR(2*WIDTH-1 downto 0));
end top;

architecture ARCHI of top is

  component sub -- component declaration
    generic (
      WIDTH : integer := 2);
    port (
      A,B : in  BIT_VECTOR(WIDTH-1 downto 0);
      O   : out BIT_VECTOR(2*WIDTH-1 downto 0));
  end component;

begin

  inst_sub : sub -- component instantiation
    generic map (
      WIDTH => WIDTH
    )
  port map (
    A => X,
    B => Y,
    O => Z
  );

end ARCHI;
```

## VHDL の再帰的なコンポーネント インスタンスレーション文

XST では、再帰的なコンポーネント インスタンスレーション文がサポートされます。再帰の直接的なインスタンスレーションはサポートされません。再帰呼び出しが永久に実行されるのを防ぐために、繰り返す回数は 64 (デフォルト) で制限されます。回数を変更するには、次のコード例のように `-recursion_iteration_limit` オプションを使用します。

## 再帰的なコンポーネント インスタンスレーションの VHDL コード例

```
--
-- Recursive component instantiation
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: VHDL_Language_Support/instantiation/instantiation_recursive.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
library unisim;
use unisim.vcomponents.all;

entity single_stage is
  generic (
    sh_st: integer:=4);
  port (
    CLK : in std_logic;
    DI : in std_logic;
    DO : out std_logic );
end entity single_stage;

architecture recursive of single_stage is
  component single_stage
    generic (
      sh_st: integer);
    port (
      CLK : in std_logic;
      DI : in std_logic;
      DO : out std_logic );
  end component;
  signal tmp : std_logic;
begin
  GEN_FD_LAST: if sh_st=1 generate
    inst_fd: FD port map (D=>DI, C=>CLK, Q=>DO);
  end generate;
  GEN_FD_INTERM: if sh_st /= 1 generate
    inst_fd: FD port map (D=>DI, C=>CLK, Q=>tmp);
    inst_sstage: single_stage
      generic map (sh_st => sh_st-1)
      port map (DI=>tmp, CLK=>CLK, DO=>DO);
  end generate;
end recursive;
```

## VHDL のコンポーネント コンフィギュレーション文

コンポーネント コンフィギュレーション文を使用すると、コンポーネントを適切なモデル (エンティティ/アーキテクチャのペア) とリンクできます。XST では、アーキテクチャ宣言でのコンポーネント コンフィギュレーション文の使用がサポートされます。次の構文を使用してください。

```
for instantiation_list : component_name use
  LibName.entity_Name(Architecture_Name);
```

たとえば、次の文は、すべての NAND2 コンポーネントでエンティティ NAND2 とアーキテクチャ ARCHI が使用され、それが work ライブラリでコンパイルされることを表します。

```
For all : NAND2 use entity work.NAND2 (ARCHI);
```

コンポーネント インスタンス文にコンフィギュレーション節がない場合、XST でコンポーネントと同じ名前のエンティティに関連付けられ、選択されたアーキテクチャが最後にコンパイルされたアーキテクチャに関連付けられます。エンティティまたはアーキテクチャがない場合、合成中にブラック ボックスが生成されます。

コマンドライン モードの場合、コンポーネント インスタンスエーションをデザイン エンティティおよびアーキテクチャに関連付けるのに専用のコンフィギュレーション宣言を使用することもできます。この場合、必須の run コマンドの [Top Module Name] (-top) オプションの値は、最上位レベルのエンティティ名ではなく、コンフィギュレーション名です。

詳細は、次を参照してください。

run コマンド

## VHDL のジェネリック

VHDL のジェネリック :

- ・ Verilog のパラメータと同等
- ・ 拡張可能なデザインを記述するのに役立ちます。
- ・ バス サイズやデザイン ユニットに含まれる一部の反復エレメントの量などの機能をパラメータ化するために使用します。
- ・ コンパクトな VHDL コードを記述するために使用できます。

たとえば、同じ機能をバス サイズを変えて何度もインスタンスエーションする必要がある場合、次の「ジェネリック パラメータの VHDL コード例」のようにジェネリックを使用してデザイン ユニットの 1 つだけ記述します。

ジェネリック パラメータは、エンティティ宣言部分で宣言できます。XST では、次を含めたあらゆるタイプのジェネリック パラメータがサポートされます。

- ・ integer
- ・ boolean
- ・ string
- ・ real
- ・ std\_logic\_vector

ジェネリックはデフォルトの値で宣言します。

### ジェネリック パラメータを使用した VHDL コード例

```
--
-- VHDL generic parameters example
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: VHDL_Language_Support/generics/generics_1.vhd
```

```
--
library IEEE;
use IEEE.std_logic_1164.all;
use IEEE.std_logic_unsigned.all;

entity addern is
    generic (
        width : integer := 8);
    port (
        A,B : in std_logic_vector (width-1 downto 0);
        Y : out std_logic_vector (width-1 downto 0) );
end addern;

architecture bhv of addern is
begin
    Y <= A + B;
end bhv;

Library IEEE;
use IEEE.std_logic_1164.all;

entity top is
    port (
        X, Y, Z : in std_logic_vector (12 downto 0);
        A, B : in std_logic_vector (4 downto 0);
        S :out std_logic_vector (17 downto 0) );
end top;

architecture bhv of top is
    component addern
        generic (width : integer := 8);
        port (
            A,B : in std_logic_vector (width-1 downto 0);
            Y : out std_logic_vector (width-1 downto 0) );
    end component;
    for all : addern use entity work.addern(bhv);

    signal C1 : std_logic_vector (12 downto 0);
    signal C2, C3 : std_logic_vector (17 downto 0);
begin
    U1 : addern generic map (width=>13) port map (X,Y,C1);
    C2 <= C1 & A;
    C3 <= Z & B;
    U2 : addern generic map (width=>18) port map (C2,C3,S);
end bhv;
```

## VHDL のジェネリックと属性の競合

VHDL のジェネリックと属性間の競合の原因には、次のようなものがあります。

- ・ VHDL ジェネリックおよび属性を HDL ソース コードのインスタンスとコンポーネントの両方に適用できる
- ・ 制約を制約ファイルで指定できる

競合を回避するために、では次の優先順位の規則が使用されます。

- ・ インスタンス (下位レベル) の指定がコンポーネント (上位レベル) の指定より優先されます。
- ・ ジェネリックと属性が同じインスタンスやコンポーネントに適用できる場合、ジェネリックが指定されている箇所に関係なくその属性が考慮されます。ザイリンクスでは、同じ制約を定義するのに両方の方法を使用することはお勧めしていません。このような場合、XST でそれを示すメッセージが表示されます。
- ・ XCF (XST 制約ファイル) で指定される属性は、VHDL コードで指定される属性またはジェネリックよりも優先されます。
- ・ ブロックの定義のセキュリティ属性は、ほかのどの属性またはジェネリックよりも優先されます。



## VHDL の組み合わせ回路

XST では、次の VHDL 組み合わせ回路がサポートされます。

- ・ [VHDL の同時処理信号代入文](#)
- ・ [VHDL のジェネレート文](#)
- ・ [VHDL の組み合わせプロセス文](#)

## VHDL の同時処理信号代入文

VHDL の組み合わせロジックは、同時処理信号代入文を使用して記述されます。これは、アーキテクチャ文の本体で指定できます。

VHDL では、次の 3 種類の同時処理信号代入文があります。

- ・ シンプルな信号代入文
- ・ 選択文 (**with-select-when**)
- ・ 条件文 (**when-else**)

次の規則が適用されます。

- ・ 同時処理信号代入文は必要に応じていくつでも記述できます。
- ・ アーキテクチャ部分に記述されている順序とは関係ありません。
- ・ 文はすべて同時にアクティブになります。
- ・ 代入文の右側の信号の値が変化すると、同時処理代入文が再評価されます。
- ・ その再評価された結果が左側の信号に代入されます。

### シンプルな信号代入文の VHDL コード例

```
T <= A and B;
```

### 同時選択代入文の VHDL コード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

```
--
-- Concurrent selection assignment in VHDL
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: VHDL_Language_Support/combinatorial/concurrent_selected_assignment.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

entity concurrent_selected_assignment is
  generic (
    width: integer := 8);
  port (
    a, b, c, d : in std_logic_vector (width-1 downto 0);
    sel : in std_logic_vector (1 downto 0);
    T : out std_logic_vector (width-1 downto 0) );
end concurrent_selected_assignment;

architecture bhv of concurrent_selected_assignment is
begin
  with sel select
    T <= a when "00",
         b when "01",
         c when "10",
         d when others;
end bhv;
```

## 同時条件代入文 (when-else) の VHDL コード例

```
--
-- A concurrent conditional assignment (when-else)
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: VHDL_Language_Support/combinatorial/concurrent_conditional_assignment.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

entity concurrent_conditional_assignment is
  generic (
    width: integer := 8);
  port (
    a, b, c, d : in std_logic_vector (width-1 downto 0);
    sel : in std_logic_vector (1 downto 0);
    T : out std_logic_vector (width-1 downto 0) );
end concurrent_conditional_assignment;

architecture bhv of concurrent_conditional_assignment is
begin
  T <= a when sel = "00" else
    b when sel = "01" else
    c when sel = "10" else
    d;
end bhv;
```

## VHDL のジェネレート文

このセクションでは、次について説明します。

### VHDL の for-generate 文

反復構造を記述するには、for-generate 文を使用します。次の例では、**for-generate** 文は計算結果とこの 8 ビット加算器の各ビットのキャリーアウトを記述しています。

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

### for-generate 文の VHDL コード例

```
--
-- A for-generate example
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: VHDL_Language_Support/combinatorial/for_generate.vhd
--
entity for_generate is
    port (
        A,B : in  BIT_VECTOR (0 to 7);
        CIN : in  BIT;
        SUM : out BIT_VECTOR (0 to 7);
        COUT : out BIT );
end for_generate;

architecture archi of for_generate is
    signal C : BIT_VECTOR (0 to 8);
begin
    C(0) <= CIN;
    COUT <= C(8);
    LOOP_ADD : for I in 0 to 7 generate
        SUM(I) <= A(I) xor B(I) xor C(I);
        C(I+1) <= (A(I) and B(I)) or (A(I) and C(I)) or (B(I) and C(I));
    end generate;
end archi;
```

### VHDL の if-generate 文

**if-generate** 文は通常ジェネリック値などのテスト結果に基づいて、HDL ソースコードのデバイス特有の部分をアクティベートするために使用します。たとえば、ジェネリックはどのザイリンクス FPGA デバイス ファミリをターゲットにしているか示すことがあります。この場合、**if-generate** 文により、特定のデバイス ファミリに対するこのジェネリックの値がテストされ、このデバイス ファミリ用に記述された HDL ソースコードのセクションがアクティベートされます。

**if-generate** 文は、スタティック条件でサポートされます。

次のコード例では、ジェネリックの N ビット加算器 (ビット幅 4 ～ 32) が **if-generate** および **for-generate** 文で記述されています。

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

## if-generate 文内でネストされた for-generate 文の VHDL コード例

```
--
-- A for-generate nested in a if-generate
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: VHDL_Language_Support/combinatorial/if_for_generate.vhd
--
entity if_for_generate is
    generic (
        N : INTEGER := 8);
    port (
        A,B : in BIT_VECTOR (N downto 0);
        CIN : in BIT;
        SUM : out BIT_VECTOR (N downto 0);
        COUT : out BIT );
end if_for_generate;

architecture archi of if_for_generate is
    signal C : BIT_VECTOR (N+1 downto 0);
begin
    IF_N: if (N>=4 and N<=32) generate
        C(0) <= CIN;
        COUT <= C(N+1);
        LOOP_ADD : for I in 0 to N generate
            SUM(I) <= A(I) xor B(I) xor C(I);
            C(I+1) <= (A(I) and B(I)) or (A(I) and C(I)) or (B(I) and C(I));
        end generate;
    end generate;
end archi;
```

## VHDL の組み合わせプロセス文

このセクションでは、次について説明します。

- ・ [VHDL の組み合わせプロセスの概要](#)
- ・ [VHDL の変数および信号の代入文](#)
- ・ [VHDL の if-else 文](#)
- ・ [VHDL の case 文](#)
- ・ [VHDL の for-loop 文](#)

### VHDL の組み合わせプロセスの概要

組み合わせロジックは、プロセス文で記述できます。プロセス文は、文内で代入された信号がプロセスの実行されるたびに新しい値を代入する場合、組み合わせプロセスとなります。このような信号は、現在の値を保持しません。

組み合わせプロセスから推論されるハードウェアには、メモリ エLEMENT が含まれません。プロセス文で代入された信号すべてが、常にプロセス ブロック内のすべての可能性のあるパスで明示的に代入される場合、そのプロセスは組み合わせプロセスとなります。if 文または case 文のすべての分岐で信号が明示的に代入されていない場合は、通常ラッチが推論されます。XST で予測されないラッチが推論されたら、HDL コードを検証して、明示的に代入されていない信号を探します。

組み合わせプロセス文には、**process** の後にかっこで囲まれたセンシティビティリストがあります。センシティビティリストにある信号のいずれかに変化 (イベント) が起こると、プロセスが実行されます。組み合わせプロセスの場合、センシティビティリストには次を含める必要があります。

- ・ **if** や **case** などの条件で使用するすべての信号
- ・ 代入文の右側の信号すべて

センシティビティリストに信号が含まれていない場合、XST では次が実行されます。

- ・ 警告メッセージが表示されます。
- ・ なかった信号をセンシティビティリストに追加します。

この場合、合成結果が最初のデザイン仕様と異なることがあります。シミュレーション中の問題を回避するには、HDL ソース コードに存在しない信号すべてを追加してから、合成を再実行してください。

プロセスには、ローカル変数を含めることができます。

### VHDL の変数および信号の代入文

このセクションでは、VHDL の変数および信号の代入文のコード例を提供します。

## 変数および信号代入文の VHDL コード例 1

次のコード例は、プロセス文内で信号を代入する方法を示しています。

```
--  
-- Signal assignment in a process  
--  
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip  
-- File: VHDL_Language_Support/signals_variables/signal_in_process.vhd  
--  
entity signal_in_process is  
    port (  
        A, B : in BIT;  
        S : out BIT );  
end signal_in_process;  
  
architecture archi of signal_in_process is  
begin  
    process (A, B)  
    begin  
        S <= '0' ;  
        if ((A and B) = '1') then  
            S <= '1' ;  
        end if;  
    end process;  
end archi;
```

## 変数および信号代入文の VHDL コード例 2

プロセスには、ローカル変数も含めることができます。変数はプロセス内で宣言して使用でき、通常プロセスの外側からは見えません。

```
--
-- Variable and signal assignment in a process
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: VHDL_Language_Support/signals_variables/variable_in_process.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_arith.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;

entity variable_in_process is
    port (
        A,B      : in  std_logic_vector (3 downto 0);
        ADD_SUB  : in  std_logic;
        S        : out std_logic_vector (3 downto 0) );
end variable_in_process;

architecture archi of variable_in_process is
begin
    process (A, B, ADD_SUB)
        variable AUX : std_logic_vector (3 downto 0);
    begin
        if ADD_SUB = '1' then
            AUX := A + B ;
        else
            AUX := A - B ;
        end if;
        S <= AUX;
    end process;
end archi;
```

## VHDL の if-else 文

If-else 文および if-elsif-else 文では、真偽条件 (true=false) によって実行される文が決定されます。

- ・ 条件が真と判断された場合は **if** 文が実行されます。
- ・ 条件が偽 (または **x** か **z**) と判断された場合は **else** 文が実行されます。

キーワード **begin** と **end** を使用すると、複数文から成り立つブロックを **if** または **else** 分岐文内で実行できます。

If-else 文はネストさせることができます。



### if-else 文の VHDL コード例

```
library IEEE;
use IEEE.std_logic_1164.all;

entity mux4 is
    port (
        a, b, c, d : in std_logic_vector (7 downto 0);
        sel1, sel2 : in std_logic;
        outmux : out std_logic_vector (7 downto 0));
end mux4;

architecture behavior of mux4 is
begin
    process (a, b, c, d, sel1, sel2)
    begin
        if (sel1 = '1') then
            if (sel2 = '1') then
                outmux <= a;
            else
                outmux <= b;
            end if;
        else
            if (sel2 = '1') then
                outmux <= c;
            else
                outmux <= d;
            end if;
        end if;
    end process;
end behavior;
```

### VHDL の case 文

**case** 文は論理式を比較し、並列分岐の 1 つを実行します。分岐は記述された順に評価され、最初に **true** になった分岐から実行されます。一致する分岐が見つからない場合は、デフォルトの分岐が実行されます。

### case 文のコード例

```
library IEEE;
use IEEE.std_logic_1164.all;

entity mux4 is
  port (
    a, b, c, d : in std_logic_vector (7 downto 0);
    sel : in std_logic_vector (1 downto 0);
    outmux : out std_logic_vector (7 downto 0));
end mux4;

architecture behavior of mux4 is
begin
  process (a, b, c, d, sel)
  begin
    case sel is
      when "00" => outmux <= a;
      when "01" => outmux <= b;
      when "10" => outmux <= c;
      when others => outmux <= d; -- case statement must be complete
    end case;
  end process;
end behavior;
```

### VHDL の for-loop 文

**for** 文では、次のエレメントがサポートされます。

- ・ 定数の範囲
    - <
    - <=
    - >
    - >=
  - ・ 次の演算子を使用したテスト条件の停止
    - `var = var + step`
    - `var = var - step`
  - ・ 次のいずれかに適合する次ステップの計算
- 説明 :
- ◆ `var` はループ変数
  - ◆ `step` は定数値
- ・ **next** 文および **exit** 文

## for-loop 文の VHDL コード例

```
--
-- For-loop example
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: VHDL_Language_Support/combinatorial/for_loop.vhd
--
library IEEE;
use IEEE.std_logic_1164.all;
use IEEE.std_logic_unsigned.all;

entity countzeros is
    port (
        a : in std_logic_vector (7 downto 0);
        Count : out std_logic_vector (2 downto 0) );
end countzeros;

architecture behavior of countzeros is
    signal Count_Aux: std_logic_vector (2 downto 0);
begin
    process (a, Count_Aux)
    begin
        Count_Aux <= "000";
        for i in a'range loop
            if (a(i) = '0') then
                Count_Aux <= Count_Aux + 1;
            end if;
        end loop;
        Count <= Count_Aux;
    end process;
end behavior;
```

## VHDL の順序ロジック

このセクションでは、次について説明します。

- ・ [VHDL のセンシティビティリスト付き順次プロセス文](#)
- ・ [VHDL のセンシティビティリストのない順次プロセス文](#)
- ・ [VHDL の初期値と動作に合わせたセット/リセット](#)
- ・ [VHDL のメモリ エLEMENTのデフォルト初期値](#)

### VHDL のセンシティビティ リスト付き順次プロセス文

プロセスのある条件に対して代入されていない信号がある場合、プロセスは組み合わせプロセスではなく、順次プロセスになります。この場合、内部ステートまたはメモリ (フリップフロップまたはラッチ) が生成されます。プロセスを使用したセンシティビティリスト付き順次プロセス文には、次を記述します。

- ・ クロック信号および順次エレメントを非同期に制御するオプションの信号 (非同期セット/リセット) を含むセンシティビティリスト
- ・ クロック イベントを記述した **if** 文
- ・ 非同期制御ロジック (非同期セット/リセット) の記述がそのクロック イベント文よりも前に終了
- ・ 同期制御ロジック (データ、オプションの同期セット/リセット、オプションのクロック イネーブル) の記述がそのクロック イベントの if 分岐文よりも前に終了

構文は次のとおりです。

```
process (<sensitivity list>)
begin
    <asynchronous part>
    <clock event>
    <synchronous part>
end;
```

クロック イベント文は、次のように立ち上がりエッジ クロック用に記述できます。

```
If clk'event and clk = '1' then
```

クロック イベント文は、次のように立ち上がりエッジ クロック用に記述できます。

```
If clk'event and clk = '0' then
```

VHDL'93 IEEE 標準の **rising\_edge** および **falling\_edge** 関数を使用した方がコードはわかりやすくなります。上記の文はそれぞれ次のようになります。

```
If rising_edge(clk) then
If falling_edge(clk) then
```

XST で信号がセンシティビティリストから削除されたことが検出されなかった場合は、警告メッセージが表示されます。信号がない場合は、リストに自動的に追加されます。ない信号は HDL ソース コードに追加することをお勧めします。ソース コードに追加しないと、シミュレーションからの合成済みのソリューションを有効にしにくくなります。

順次ロジックは、センシティビティリスト ベースの記述方式で記述することをお勧めします。

詳細は、次を参照してください。

詳細は、レジスタ、カウンタなどのマクロ推論について説明した第 7 章「HDL コーディング手法」を参照してください。

## VHDL のセンシティブティリストのない順次プロセス文

XST では、**wait** 文を使用した順次ロジックの記述がサポートされます。この場合、順次プロセスはセンシティブティリストなしで記述します。

- ・ 同じプロセスにはセンシティブティリストと **wait** 文の両方を一緒に使用できません。
- ・ プロセス文に含めることのできる **wait** 文は 1 つだけです。
- ・ **wait** 文は、プロセス文の冒頭に記述します。
- ・ **wait** 文の条件で順次ロジック クロックを記述します。

### wait 文を使用した順次プロセスの VHDL コード例

```
process
begin
    wait until rising_edge(clk);
    q <= d;
end process;
```

### wait 文でクロック エッジを記述したコード例

クロック イネーブルは、クロックを使用した **wait** 文で記述できます。

```
process
begin
    wait until rising_edge(clk) and clken = '1';
    q <= d;
end process;
```

### wait 文の後にクロック エッジを記述したコード例

クロック イネーブルは、別々にも記述できます。

```
process
begin
    wait until rising_edge(clk);
    if clken = '1' then
        q <= d;
    end if;
end process;
```

このコード手法を使用すると、クロック イネーブルだけでなく、同期リセットまたはセットのような同期制御ロジックを記述できます。センシティブティリストのないプロセス文を使用した非同期制御ロジックを持つ順次エレメントは記述できません。このような機能を使用できるのは、センシティブティリスト付きのプロセス文だけです。XST では、**wait** 文に基づいたラッチの記述がサポートされません。同期ロジックを記述するには、センシティブティリスト付きプロセスを使用した方が柔軟性があるのでお勧めします。

## VHDL の初期値と動作に合わせたセット/リセット

VHDL では、レジスタを宣言する際に初期化できます。

初期値は次のようになります。

- ・ 定数値です。
- ・ 関数呼び出しから生成できます (例 : 外部データ ファイルから初期値の読み込み)。
- ・ 以前の初期値に依存できません。
- ・ レジスタに伝搬するパラメータ値にできます。

### レジスタを初期化する VHDL コード例 1

次のコード例は、パワーアップ (電源投入) 値を指定しており、順次エレメントは回路に電源が入ってグローバル リセットが適用されると、この値に初期化されます。

```
signal arb_onebit   : std_logic := '0';
signal arb_priority : std_logic_vector(3 downto 0) := "1011";
```

### レジスタを初期化する VHDL コード例 2

順次エレメントは、セット/リセット値およびローカル制御ロジックを記述すると動作に合わせて初期化できます。これには、次の例のようにレジスタのリセットラインの値に対してレジスタの値を指定します。

```
process (clk, rst)
begin
    if rst='1' then
        arb_onebit <= '0';
    end if;
end process;
```

動作に合わせたセット/リセットの詳細、非同期と同期のセット/リセットの比較については、「[フリップフロップとレジスタ](#)」を参照してください。

### レジスタを初期化する VHDL コード例 3

次のコードは、パワーアップの初期化と動作に合わせたリセットを混ぜた例です。

```
--
-- Register initialization
-- Specifying initial contents at circuit power-up
-- Specifying an operational set/reset
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: VHDL_Language_Support/initial/initial_1.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

entity initial_1 is
    Port (
        clk, rst : in std_logic;
        din : in std_logic;
        dout : out std_logic);
end initial_1;

architecture behavioral of initial_1 is
```

```

    signal arb_onebit : std_logic := '1'; -- power-up to vcc
begin

    process (clk)
    begin
        if (rising_edge(clk)) then
            if rst='1' then -- local synchronous reset
                arb_onebit <= '0';
            else
                arb_onebit <= din;
            end if;
        end if;
    end process;

    dout <= arb_onebit;

end behavioral;

```

## VHDL のメモリ エLEMENTのデフォルト初期値

ザイリンクス FPGA デバイスに含まれるすべてのメモリエLEMENTは、既知のステートになる必要があるため、XST が場合によっては IEEE 規格の初期値に従わない場合があります。たとえば、前述のコード例では、arb\_onebit 信号が 1 に初期化されない場合、XST では初期値としてデフォルトの 0 を割り当てます。この場合、XST は IEEE 規格 (std\_logic のデフォルト値は U) に従いません。このような初期化プロセスは、レジスタおよび RAM に対して行われます。

XST は信号の値を初期化する際に、できるだけ IEEE VHDL 規格に従います。初期値が VHDL コードに含まれていない場合は、次の表の XST 列のようなデフォルト値が使用されます。

VHDL の初期値

タイプ	IEEE	XST
bit	0	0
std_logic	U	0
bit_vector (3 downto 0)	0	0
std_logic_vector (3 downto 0)	0	0
integer (unconstrained)	integer'left	integer'left
integer range 7 downto 0	integer'left = 7	integer'left = 7 (コードは 111)
integer range 0 to 7	integer'left = 0	integer'left = 0 (コードは 000)
Boolean	FALSE	FALSE (コードは 0)
enum (S0,S1,S2,S3)	type'left = S0	type'left = S0 (コードは 000)

未接続の出力ポートは、デフォルトで XST 列に示されている値になります。出力ポートに初期状態がある場合は、未接続の出力ポートが定義された初期状態になるように接続されます。

IEEE VHDL 規格では、入力ポートを未接続の状態にすることはできません。このため、入力ポートが未接続の場合は必ずエラー メッセージが表示されます。入力ポートに open キーワードが付けられていても、エラー メッセージが表示されます。

## VHDL の関数とプロシージャ

VHDL の関数 (ファンクション) およびプロシージャを宣言しておく、デザインでブロックを複数回使用する場合に有益です。関数およびプロシージャは、次で宣言できます。

- ・ entity の宣言部分
- ・ architecture 文
- ・ package 文

次を含む function または procedure 文

- ・ 宣言部分
- ・ 本体

宣言部分では次が指定されます。

- ・ 入力パラメータ
- ・ 出力と入出力パラメータ (プロシージャのみ)
- ・ 出力と入出力パラメータ (プロシージャのみ)

これらのパラメータには制約を設定する必要はありません。制約を設定しないということは、パラメータが特定の範囲に制限されないということです。内容は組み合わせプロセス文に類似しています。レゾリューション関数は、IEEE **std\_logic\_1164** パッケージで定義されるもの以外は、サポートされません。

### パッケージ内で宣言された関数の VHDL コード例

次に、関数をパッケージで宣言するコード例を示します。ここで宣言されている ADD 関数は、1 ビット加算器です。この関数はアーキテクチャ内のパラメータで 4 回呼び出され、4 ビット加算器を作成します。

```
--
-- Declaration of a function in a package
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: VHDL_Language_Support/functions_procedures/function_package_1.vhd
--
package PKG is
    function ADD (A,B, CIN : BIT )
        return BIT_VECTOR;
end PKG;

package body PKG is
    function ADD (A,B, CIN : BIT )
        return BIT_VECTOR is
            variable S, COUT : BIT;
            variable RESULT : BIT_VECTOR (1 downto 0);
```



```

begin
    S := A xor B xor CIN;
    COUT := (A and B) or (A and CIN) or (B and CIN);
    RESULT := COUT & S;
    return RESULT;
end ADD;
end PKG;

use work.PKG.all;

entity EXAMPLE is
    port (
        A,B : in BIT_VECTOR (3 downto 0);
        CIN : in BIT;
        S : out BIT_VECTOR (3 downto 0);
        COUT : out BIT );
end EXAMPLE;

architecture ARCHI of EXAMPLE is
    signal S0, S1, S2, S3 : BIT_VECTOR (1 downto 0);
begin
    S0 <= ADD (A(0), B(0), CIN);
    S1 <= ADD (A(1), B(1), S0(1));
    S2 <= ADD (A(2), B(2), S1(1));
    S3 <= ADD (A(3), B(3), S2(1));
    S <= S3(0) & S2(0) & S1(0) & S0(0);
    COUT <= S3(1);
end ARCHI;

```

### パッケージ内で宣言されたプロシージャの VHDL コード例

次は、上記と同じ例ですが、プロシージャ文を使用しています。

```

--
-- Declaration of a procedure in a package
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: VHDL_Language_Support/functions_procedures/procedure_package_1.vhd
--
package PKG is
    procedure ADD (
        A, B, CIN : in BIT;
        C : out BIT_VECTOR (1 downto 0) );
end PKG;

package body PKG is
    procedure ADD (
        A, B, CIN : in BIT;
        C : out BIT_VECTOR (1 downto 0)
    ) is

```

```

        variable S, COUT : BIT;
begin
    S := A xor B xor CIN;
    COUT := (A and B) or (A and CIN) or (B and CIN);
    C := COUT & S;
end ADD;
end PKG;

use work.PKG.all;

entity EXAMPLE is
    port (
        A,B : in BIT_VECTOR (3 downto 0);
        CIN : in BIT;
        S : out BIT_VECTOR (3 downto 0);
        COUT : out BIT );
end EXAMPLE;

architecture ARCHI of EXAMPLE is
begin
    process (A,B,CIN)
        variable S0, S1, S2, S3 : BIT_VECTOR (1 downto 0);
    begin
        ADD (A(0), B(0), CIN, S0);
        ADD (A(1), B(1), S0(1), S1);
        ADD (A(2), B(2), S1(1), S2);
        ADD (A(3), B(3), S2(1), S3);
        S <= S3(0) & S2(0) & S1(0) & S0(0);
        COUT <= S3(1);
    end process;
end ARCHI;

```

### 再帰関数の VHDL コード例

XST では再帰関数もサポートされます。次の例は、n! 関数を使用しています。

```

function my_func(x : integer) return integer is
begin
    if x = 1 then
        return x;
    else
        return (x*my_func(x-1));
    end if;
end function my_func;

```

## VHDL のアサート文

XST では、VHDL のアサート文がサポートされています。アサート文を使用すると、次のような問題を検出して、デザインをデバッグできます。

- ・ ジェネリック、定数、generate 条件の不正な値
- ・ 呼び出された関数のパラメータの不正な値

アサート文で検出されたエラーは、問題のレベルに応じて次のいずれかとして表示されます。

- ・ 警告メッセージが表示されます。または
- ・ デザインは合成できず、エラーメッセージが表示されます。

XST では、スタティック条件のアサート文のみがサポートされます。

次のコード例には、シフトレジスタを記述する **SINGLE\_SRL** というブロックが含まれています。このシフトレジスタのサイズは、**SRL\_WIDTH** というジェネリック値によって決定します。assert 文により、1 つのシフトレジスタのサイズが **SRL** (Shift Register LUT) のサイズを超えていないかどうかチェックされます。

**SRL** のサイズは 16 ビットであり、シフトレジスタの最後のステージはスライスのフリップフロップを使用してインプリメントされるので、シフトレジスタの最大サイズは 17 ビットです。**SINGLE\_SRL** ブロックは **TOP** というエンティティで 2 回インスタンス化されます。1 回目の **SRL\_WIDTH** は 13、2 回目の **SRL\_WIDTH** は 18 です。

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

### デザインルール チェック用 assert 文の VHDL コード例

```
--
-- Use of an assert statement for design rule checking
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: VHDL_Language_Support/asserts/asserts_1.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

entity SINGLE_SRL is
    generic (SRL_WIDTH : integer := 24);
    port (
        clk : in std_logic;
        inp : in std_logic;
        outp : out std_logic);
end SINGLE_SRL;

architecture beh of SINGLE_SRL is
    signal shift_reg : std_logic_vector (SRL_WIDTH-1 downto 0);
begin
    assert SRL_WIDTH <= 17
    report "The size of Shift Register exceeds the size of a single SRL"
```

```
severity FAILURE;

process (clk)
begin
    if rising_edge(clk) then
        shift_reg <= shift_reg (SRL_WIDTH-2 downto 0) & inp;
    end if;
end process;

outp <= shift_reg(SRL_WIDTH-1);
end beh;

library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

entity TOP is
    port (
        clk : in std_logic;
        inp1, inp2 : in std_logic;
        outp1, outp2 : out std_logic);
end TOP;

architecture beh of TOP is
    component SINGLE_SRL is
        generic (SRL_WIDTH : integer := 16);
        port(
            clk : in std_logic;
            inp : in std_logic;
            outp : out std_logic);
    end component;
begin
    inst1: SINGLE_SRL
        generic map (SRL_WIDTH => 13)
        port map(
            clk => clk,
            inp => inp1,
            outp => outp1 );
    inst2: SINGLE_SRL
        generic map (SRL_WIDTH => 18)
        port map(
            clk => clk,
            inp => inp2,
            outp => outp2 );
end beh;
```

この場合、XST で次のようなエラー メッセージが表示されます。

```
HDL Elaboration                                     *
=====
Elaborating entity <TOP> (architecture <beh>) from library <work>.

Elaborating entity <SINGLE_SRL> (architecture <beh>) with generics from library <work>.

Elaborating entity <SINGLE_SRL> (architecture <beh>) with generics from library <work>.
ERROR:HDLCompiler:1242 - "VHDL_Language_Support/asserts/asserts_1.vhd"

Line 15: "The size of Shift Register exceeds the size of a single SRL": exiting elaboration
"VHDL_Language_Support/asserts/asserts_1.vhd"
Line 4. netlist SINGLE_SRL(18) (beh) remains a blackbox, due to errors in its contents
```

## VHDL ライブラリおよびパッケージ

このセクションでは、次の項目について説明します。

- ・ [VHDL ライブラリ](#)
- ・ [VHDL の定義済みパッケージ](#)
- ・ [独自の VHDL パッケージの定義](#)
- ・ [VHDL パッケージのアクセス](#)

### VHDL ライブラリ

ライブラリは、デザイン ユニット (エンティティ/アーキテクチャとパッケージ) をコンパイルするディレクトリです。VHDL および Verilog ソース ファイルはそれぞれ指定ライブラリにコンパイルされます。

「[HDL 合成プロジェクトの作成](#)」では、HDL 合成プロジェクト ファイルの構文を記述し、HDL ソース ファイルの内容がコンパイルされるライブラリの指定方法について説明しています。

ライブラリにコンパイルされるデザイン ユニットは、ライブラリ節を使用してそのライブラリを参照していれば、どの VHDL ソース ファイルからでも起動できます。

構文は次のとおりです。

```
library library_name;
```

デフォルトのライブラリは work ライブラリで、この場合 library 節は必要ありません。デフォルトのライブラリ名を変更するには、**run -work\_lib** を使用します。

デフォルト ライブラリの物理ディレクトリ、その他ユーザー定義のライブラリの物理ディレクトリは、[作業ディレクトリ \(-xsthdpdir\)](#) 制約で定義されるディレクトリの下にある同じ名前のサブディレクトリです。

### VHDL の定義済みパッケージ

XST では、次の VHDL の定義済みパッケージがサポートされます。

- ・ [VHDL の定義済み標準パッケージ](#)
- ・ [VHDL の定義済み IEEE パッケージ](#)
- ・ [VHDL の定義済み IEEE 実数型および IEEE math\\_real パッケージ](#)

これらのパッケージには、次の特徴があります。

- ・ std および ieee standard ライブラリで定義されます。
- ・ 既にコンパイル済みです。
- ・ ユーザーがコンパイルする必要はありません。
- ・ VHDL コードに直接含めることができます。

## VHDL の定義済み標準パッケージ

標準 (standard) パッケージには、次の基本的な VHDL 型が含まれます。

- ・ **bit**
- ・ **bit\_vector**
- ・ **integer**
- ・ **natural**
- ・ **real**
- ・ **boolean**

標準パッケージはデフォルトで含まれています。

## VHDL の定義済み IEEE パッケージ

XST では、さらに多くの共通のデータ型、関数、プロシージャを定義する次の IEEE パッケージがサポートされます。

- ・ **numeric\_bit**  
**bit**、オーバーロードされた数値演算子、変換関数、これらの型の拡張関数に基づいてベクタ型 (unsigned および signed) を定義します。
- ・ **std\_logic\_1164**  
**std\_logic**、**std\_ulogic**、**std\_logic\_vector**、**std\_ulogic\_vector** 型とこれらの型に基づいた変換関数を定義します。
- ・ **std\_logic\_arith** (Synopsys)  
**std\_logic** に基づいて **unsigned** および **signed** ベクタ型を定義します。このパッケージは、オーバーロードされた数値演算子、変換関数やこれらの型の拡張関数も定義します。
- ・ **numeric\_std**  
**std\_logic** に基づいて **unsigned** および **signed** ベクタ型を定義します。このパッケージは、オーバーロードされた数値演算子、変換関数やこれらの型の拡張関数も定義します。これは **std\_logic\_arith** と同じです。
- ・ **std\_logic\_unsigned** (Synopsys)  
**std\_logic** および **std\_logic\_vector** の符号なし数値演算子を定義します。
- ・ **std\_logic\_signed** (Synopsys)  
**std\_logic** および **std\_logic** の符号付き数値演算子を定義します。
- ・ **std\_logic\_misc** (Synopsys)  
**std\_logic\_1164** および **or\_reduce** のような **std\_logic\_1164** パッケージの補足タイプ、サブタイプ、定数、関数を定義します。

IEEE パッケージは、**ieee** ライブラリであらかじめコンパイルされています。

## VHDL の定義済み IEEE 固定および浮動小数点パッケージ

XST では、VHDL の定義済み IEEE 固定および浮動小数点ポイント パッケージがサポートされます。

- ・ fixed\_pkg パッケージ :
  - 固定小数点演算の関数が含まれます。
  - ieee\_proposed ライブラリに既にコンパイルされています。
  - 次のように起動します。
    - ◆ use ieee.std\_logic\_1164.all;
    - ◆ use ieee.numeric\_std.all;
    - ◆ library ieee\_proposed;
    - ◆ use ieee\_proposed.fixed\_pkg.all;
- ・ float\_pkg パッケージ :
  - 浮動小数点演算の関数が含まれます。
  - ieee\_proposed ライブラリに既にコンパイルされています。
  - 次のように起動します。
    - ◆ use ieee.std\_logic\_1164.all;
    - ◆ use ieee.numeric\_std.all;
    - ◆ library ieee\_proposed;
    - ◆ use ieee\_proposed.float\_pkg.all;

## VHDL の定義済み IEEE 実数型および IEEE math\_real パッケージ

標準パッケージの real 型は、IEEE math\_real パッケージの関数およびプロシージャと同様、ジェネリック値などの計算を実行する目的にのみ使用できます。合成可能な機能を記述するには、使用できません。

### VHDL の実数定数

定数	値	定数	値
math_e	e	math_log_of_2	ln2
math_1_over_e	1/e	math_log_of_10	ln10
math_pi	$\pi$	math_log2_of_e	$\log_2 e$
math_2_pi	$2\pi$	math_log10_of_e	$\log_{10} e$
math_1_over_pi	$1/\pi$	math_sqrt_2	$\sqrt{2}$
math_pi_over_2	$\pi/2$	math_1_oversqrt_2	$1/\sqrt{2}$
math_pi_over_3	$\pi/3$	math_sqrt_pi	$\sqrt{\pi}$
math_pi_over_4	$\pi/4$	math_deg_to_rad	$2\pi/360$
math_3_pi_over_2	$3\pi/2$	math_rad_to_deg	$360/2\pi$



## VHDL の実数関数

ceil(x)	realmax(x,y)	exp(x)	cos(x)	cosh(x)
floor(x)	realmin(x,y)	log(x)	tan(x)	tanh(x)
round(x)	sqrt(x)	log2(x)	arcsin(x)	arcsinh(x)
trunc(x)	cbrt(x)	log10(x)	arctan(x)	arccosh(x)
sign(x)	"**"(n,y)	log(x,y)	arctan(y,x)	arctanh(x)
"mod"(x,y)	"**"(x,y)	sin(x)	sinh(x)	

## 独自の VHDL パッケージの定義

次を定義する独自の VHDL パッケージを作成できます。

- ・ タイプおよびサブタイプ
- ・ 定数
- ・ 関数とプロシージャ
- ・ コンポーネント宣言

独自の VHDL パッケージを定義すると、ほかのパーツのプロジェクトから共通の定義およびモデルを使用できます。

VHDL パッケージを定義するには、次が必要です。

- ・ パッケージ宣言  
上記の各エレメントを宣言します。
- ・ パッケージ本体  
パッケージ宣言文で宣言された関数およびプロシージャを記述します。

## パッケージ宣言の構文

```
package mypackage is

    type mytype is
        record
            first : integer;
            second : integer;
        end record;

    constant myzero : mytype := (first => 0, second => 0);

    function getfirst (x : mytype) return integer;

end mypackage;
```

### パッケージ本体の構文

```
package body mypackage is

    function getfirst (x : mytype) return integer is
    begin
        return x.first;
    end function;

end mypackage;
```

### VHDL パッケージのアクセス

VHDL パッケージの定義にアクセスするには、次を実行する必要があります。

- ・ パッケージをコンパイルするライブラリを `library` 節で含めます。
- ・ パッケージまたはパッケージに含まれる特有の定義を `use` 節で指定します。

次の構文を使用してください。

```
library library_name;

use library_name.package_name.all;
```

これらの行は、パッケージ定義を使用するエンティティまたはアーキテクチャ文の直前に挿入する必要があります。デフォルトのライブラリは `work` なので、指定したパッケージがこのライブラリでコンパイルされる場合は、`library` 節は必要ありません。

## VHDL のファイル タイプ サポート

このセクションでは、次について説明します。

- ・ [での VHDL ファイルの読み出し/書き込み機能](#)
- ・ [外部ファイルからのメモリ内容の読み込み](#)
- ・ [デバッグ用ファイルへの書き込み](#)
- ・ [書き込み関数を使用したデバッグの規則](#)

### での VHDL ファイルの読み出し/書き込み機能

XST では、制限付きで VHDL のファイル読み出しおよび書き込みがサポートされています。たとえば、ファイル読み込み機能を使用すると、外部ファイルから RAM を初期化できます。詳細は、次を参照してください。

#### [外部データ ファイルでの初期内容の指定](#)

ファイルの書き込み機能は、次の目的に使用できます。

- ・ デバッグ
- ・ 特定の定数またはジェネリック値の外部ファイルへの書き込み

textio パッケージ：

- ・ std ライブラリから使用できます。
- ・ 基本的なテキスト ベースのファイル I/O 機能を提供します。
- ・ 次のファイル I/O 操作のプロシージャを定義します。
  - **readline**
  - **read**
  - **writeline**
  - **write**

std\_logic\_textio パッケージ：

- ・ IEEE ライブラリから使用できます。
- ・ 次の表に示すように、**read** および **write** プロシージャをオーバーロードするその他のデータ型の拡張テキスト I/O サポートを提供します。

## VHDL のファイル タイプ サポート

関 数	パッケージ
file (text タイプのみ)	standard
access (line タイプのみ)	standard
file_open (file, name, open_kind)	standard
file_close (file)	standard
endfile (file)	standard
text	std.textio
line	std.textio
width	std.textio
readline (text, line)	std.textio
readline (line, bit, boolean)	std.textio
read (line, bit)	std.textio
readline (line, bit_vector, boolean)	std.textio
read (line, bit_vector)	std.textio
read (line, boolean, boolean)	std.textio
read (line, boolean)	std.textio
read (line, character, boolean)	std.textio
read (line, character)	std.textio
read (line, string, boolean)	std.textio
read (line, string)	std.textio
write (file, line)	std.textio
write (line, bit, boolean)	std.textio
write (line, bit)	std.textio
write (line, bit_vector, boolean)	std.textio
write (line, bit_vector)	std.textio
write (line, boolean, boolean)	std.textio
write (line, boolean)	std.textio
write (line, character, boolean)	std.textio
write (line, character)	std.textio
write (line, integer, boolean)	std.textio
write (line, integer)	std.textio
write (line, string, boolean)	std.textio
write (line, string)	std.textio
read (line, std_ulogic, boolean)	ieee.std_logic_textio
read (line, std_ulogic)	ieee.std_logic_textio
read (line, std_ulogic_vector), boolean	ieee.std_logic_textio

関数	パッケージ
read (line, std_ulogic_vector)	ieee.std_logic_textio
read (line, std_logic_vector, boolean)	ieee.std_logic_textio
read (line, std_logic_vector)	ieee.std_logic_textio
write (line, std_ulogic, boolean)	ieee.std_logic_textio
write (line, std_ulogic)	ieee.std_logic_textio
write (line, std_ulogic_vector, boolean)	ieee.std_logic_textio
write (line, std_ulogic_vector)	ieee.std_logic_textio
write (line, std_logic_vector, boolean)	ieee.std_logic_textio
write (line, std_logic_vector)	ieee.std_logic_textio
hread	ieee.std_logic_textio

XST では、ファイルを開く際および閉じる際に、ファイルを暗黙的に指定する方法と、明示的に指定する方法がどちらもサポートされます。次のように宣言すると、暗黙的に指定されたファイルが開きます。

```
file myfile : text open write_mode is "myfilename.dat"; --
declaration and implicit open
```

外部ファイルを明示的に指定して開いて閉じるには、次のように記述します。

```
file myfile : text; -- declaration
variable file_status : file_open_status;
...
file_open (file_status, myfile, "myfilename.dat", write_mode); --
explicit open
...
file_close(myfile); -- explicit close
```

## 外部ファイルからのメモリ内容の読み込み

外部データ ファイルからメモリの内容を読み込む場合は、次を参照してください。

[外部データ ファイルでの初期内容の指定](#)

## デバッグ用ファイルへの書き込みコード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](http://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

### ファイルへの書き込み VHDL コード例 (明示的に開いて閉じる方法)

ファイルの書き込み機能は、デバッグによく使用されます。次のコード例では、書き込み関数が明示的に開かれたファイルに対して実行されています。

--

```

-- Writing to a file
-- Explicit open/close with the VHDL'93 FILE_OPEN and FILE_CLOSE procedures
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: VHDL_Language_Support/file_type_support/filewrite_explicitopen.vhd
--
library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_arith.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_TEXTIO.all;
use STD.TEXTIO.all;

entity filewrite_explicitopen is
    generic (data_width: integer:= 4);
    port ( clk : in std_logic;
          di  : in std_logic_vector (data_width - 1 downto 0);
          do  : out std_logic_vector (data_width - 1 downto 0));
end filewrite_explicitopen;

architecture behavioral of filewrite_explicitopen is
    file results : text;
    constant base_const: std_logic_vector(data_width - 1 downto 0) := conv_std_logic_vector(3,data_width);
    constant new_const: std_logic_vector(data_width - 1 downto 0) := base_const + "0100";
begin

    process(clk)
        variable txtline : line;
        variable file_status : file_open_status;
    begin
        file_open (file_status, results, "explicit.dat", write_mode);
        write(txtline,string'("-----"));
        writeline(results, txtline);
        write(txtline,string'("Base Const: "));
        write(txtline, base_const);
        writeline(results, txtline);
        write(txtline,string'("New Const: "));
        write(txtline,new_const);
        writeline(results, txtline);
        write(txtline,string'("-----"));
        writeline(results, txtline);
        file_close(results);

        if rising_edge(clk) then
            do <= di + new_const;
        end if;
    end process;

end behavioral;

```

## ファイルへの書き込み VHDL コード例 (暗示的に開いて閉じる方法)

次はファイルを暗黙的に指定して開いた場合の例です。

```
--
-- Writing to a file. Implicit open/close
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: VHDL_Language_Support/file_type_support/filewrite_implicitopen.vhd
--
library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_arith.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_TEXTIO.all;
use STD.TEXTIO.all;

entity filewrite_implicitopen is
    generic (data_width: integer:= 4);
    port ( clk : in  std_logic;
          di  : in  std_logic_vector (data_width - 1 downto 0);
          do  : out std_logic_vector (data_width - 1 downto 0));
end filewrite_implicitopen;

architecture behavioral of filewrite_implicitopen is
    file results : text open write_mode is "implicit.dat";
    constant base_const: std_logic_vector(data_width - 1 downto 0) := conv_std_logic_vector(3,data_width);
    constant new_const:  std_logic_vector(data_width - 1 downto 0) := base_const + "0100";
begin

    process(clk)
        variable txtline : LINE;
    begin
        write(txtline,string'("-----"));
        writeline(results, txtline);
        write(txtline,string'("Base Const: "));
        write(txtline,base_const);
        writeline(results, txtline);
        write(txtline,string'("New  Const: "));
        write(txtline,new_const);
        writeline(results, txtline);
        write(txtline,string'("-----"));
        writeline(results, txtline);

        if rising_edge(clk) then
            do <= di + new_const;
        end if;
    end process;

end behavioral;
```

## 書き込み関数を使用したデバッグ

**std\_logic read** の操作で利用できる文字は **0** および **1** のみです。**X** や **Z** のようなそれ以外の値は使用できません。**0** と **1** 以外の文字を含むファイルは XST で拒否されます。ただし、ファイル内にスペース文字が検出されると、その文字は無視されます。

別のディレクトリでも同じファイル名は使用しないでください。

read プロシージャへの条件呼び出しは使用しないでください。

```
if SEL = '1' then
    read (MY_LINE, A(3 downto 0));
else
    read (MY_LINE, A(1 downto 0));
end if;
```



## VHDL 構文

このセクションでは、次について説明します。

- ・ [VHDL のデザイン エンティティとコンフィギュレーション](#)
- ・ [VHDL の論理式](#)
- ・ [VHDL 文](#)

### VHDL のデザイン エンティティとコンフィギュレーション

XST では、次以外の VHDL デザイン エンティティとコンフィギュレーションがサポートされます。

- ・ VHDL エンティティ ヘッダ
  - ジェネリック  
サポートあり
  - ポート  
サポートあり (制約なしのポートを含む)
  - エンティティ文  
サポートなし
- ・ VHDL パッケージ
  - STANDARD
  - **TIME** タイプはサポートなし
- ・ VHDL の物理型
  - **TIME**  
無視
  - **REAL**  
サポートあり (定数計算関数でのみ)
- ・ VHDL モード  
リンケージ  
サポートなし
- ・ VHDL の宣言  
タイプ  
次がサポートされます。
  - ◆ 列挙型
  - ◆ 定数範囲の正の値の型
  - ◆ ビット ベクタ型
  - ◆ 多次元配列
- ・ VHDL のオブジェクト
  - 定数宣言  
サポートあり (ディファード定数を除く)
  - 信号宣言  
サポートあり (レジスタまたはバス タイプの信号を除く)

- 属性宣言  
一部の属性のみサポートし、ほかは無視。  
詳細は、次を参照してください。

#### 第 9 章「デザイン制約」

- ・ VHDL の詳細設定  
次のような一部の定義済み属性のみをサポート
  - ◆ HIGHLOW
  - ◆ LEFT
  - ◆ RIGHT
  - ◆ RANGE
  - ◆ REVERSE\_RANGE
  - ◆ LENGTH
  - ◆ POS
  - ◆ ASCENDING
  - ◆ EVENT
  - ◆ LAST\_VALUE
- ・ コンフィギュレーション  
インスタンスリストの all 節のみでサポート。節がない場合、デフォルトライブラリにコンパイルされているエンティティ/アーキテクチャを使用。
- ・ 接続解除  
サポートなし

オブジェクト名には、**DATA\_1** のように通常アンダースコア ( \_ ) を含めることができますが、XST では **\_DATA\_1** のように信号名の冒頭文字にアンダースコアを使用できません。

## VHDL の論理式

このセクションでは、VHDL の演算式について説明します。

### VHDL 演算子のサポート

演算子	サポートの有無
論理演算子：and、or、nand、nor、xor、xnor、not	サポートあり
比較演算子：=、/=、<、<=、>、>=	サポートあり
& (連結)	サポートあり
加算/減算演算子：+、-	サポートあり
*	サポートあり
/	右のオペランドが 2 のべき乗の定数の場合またあ両方のオペランドが定数の場合にサポート
rem	右のオペランドが 2 のべき乗の定数の場合のみサポート

演算子	サポートの有無
mod	右のオペランドが 2 のべき乗の定数の場合のみサポート
シフト演算子：sll、srl、sla、sra、rol、ror	サポートあり
abs	サポートあり
**	左のオペランドが 2 の場合のみサポート
符号演算子：+、-	サポートあり

## VHDL オペランドのサポート

オペランド	サポートの有無
抽象リテラル	整数リテラルのみサポート
物理リテラル	無視
列挙リテラル	サポートあり
文字列リテラル	サポートあり
ビット文字列リテラル	サポートあり
レコード集合	サポートあり
配列集合	サポートあり
関数呼び出し	サポートあり
条件付き論理式	定義済み属性でサポート
型変換	サポートあり
アロケータ	サポートなし
スタティックな論理式	サポートあり

## VHDL 文

### VHDL の wait 文

wait 文	サポートの有無
Boolean_expression まで sensitivity_list を待機状態にします。  詳細は、次を参照してください。 <a href="#">「VHDL の組み合わせ回路」</a> を参照してください。	センシティビティリストとブール代数式内の 1 つの信号でサポート。複数の wait 文はサポートなし。  <b>メモ：</b> XST では、ラッチの記述に wait 文はサポートされていません。
time_expression を待ちます。  詳細は、次を参照してください。 <a href="#">「VHDL の組み合わせ回路」</a> を参照してください。	サポートなし
アサート文	スタティック条件のみサポート
信号代入文	サポートあり（遅延は無視）

wait 文	サポートの有無
変数代入文	サポートあり
プロシージャ呼び出し文	サポートあり
if 文	サポートあり
case 文	サポートあり

## VHDL のループ文

ループ文	サポートの有無
for... loop... end loop	定数範囲のみサポート。disable 文はサポートされていません。
while... loop... end loop	サポートあり
loop ... end loop	複数の wait 文でのみサポート
next 文	サポートあり
exit 文	サポートあり
return 文	サポートあり
null 文	サポートあり

## VHDL の同時処理文

同時処理文	サポートの有無
プロセス文	サポートあり
同時処理プロシージャ呼び出し文	サポートあり
同時処理アサート文	無視
同時信号代入文	サポートあり (after 節、transport/guarded オプション、波形を除く)、UNAFFECTED はサポートあり
コンポーネント インスタンス文	サポートあり
for-generate	定数範囲のみサポート
if-generate	スタティック条件のみサポート

## VHDL の予約語

abs	access	after	alias
all	and	architecture	array
assert	attribute	begin	block
body	buffer	bus	case
component	configuration	constant	disconnect
downto	else	elsif	end
entity	exit	file	for
function	generate	generic	group
guarded	if	impure	in
inertial	inout	is	label
library	linkage	literal	loop
map	mod	nand	new
next	nor	not	null
of	on	open	or
others	out	package	port
postponed	procedure	process	pure
range	record	register	reject
rem	report	return	rol
ror	select	severity	signal
shared	sla	sll	sra
srl	subtype	then	to
transport	type	unaffected	units
until	use	variable	wait
when	while	with	xnor
xor			



## Verilog のサポート

---

複雑な回路は通常、トップダウン手法を使用して設計します。設計プロセスの各段階で、さまざまなレベルでの仕様が必要となります。たとえばアーキテクチャレベルでは、仕様はブロック図または ASM (Algorithmic State Machine) チャートに対応します。ブロックまたは ASM 段階では、次のような N ビットワイヤで接続されるレジスタ転送ブロックに対応します。

- ・ レジスタ
- ・ 加算器
- ・ カウンタ
- ・ マルチプレクサ
- ・ グルー ロジック
- ・ Finite State Machine (FSM)

Verilog のような HDL 言語を使用すると、ASM チャートや回路図などをコンピュータ言語で記述できます。

Verilog ではデザインのビヘイビア記述または構造記述が可能で、さまざまな抽象度でデザインオブジェクトを表現できます。Verilog のような言語を使用してハードウェアを設計すると、並列処理やオブジェクト指向プログラムなど、ソフトウェアの概念を利用できます。Verilog の構文は C 言語および Pascal に類似しており、IEEE 1364 が XST でサポートされています。

XST でサポートされる Verilog では、グローバル回路および各ブロックを効率的に記述できます。記述されたデザインは、各ブロックに最適なフローを使用して合成されます。ここで合成とは、Verilog のビヘイビア記述と構造記述を、フラット化されたゲートレベルのネットリストにコンパイルすることを指します。生成されたネットリストは、Virtex® デバイスなどのプログラマブルロジックデバイスをカスタムプログラムするために使用できます。数値演算ブロック、グルーロジック、および Finite State Machine (FSM) コンポーネントには、それぞれ異なる合成方法が使用されます。

このマニュアルは、Verilog の基礎知識を持つ技術者を対象としています。Verilog の詳細は、『IEEE Verilog HDL Reference Manual』を参照してください。

XST での Verilog 構文とメタコメントの詳細は、次を参照してください。

- ・ Verilog デザイン制約とオプション  
[第 9 章「デザイン制約」](#)
- ・ Verilog 属性の構文  
[第 4 章「Verilog のサポート」の「Verilog 2001 の属性とメタコメント」](#)
- ・ ISE® Design Suite のプロセスウィンドウで Verilog オプションを設定します。  
[第 10 章「一般制約」](#)

Verilog のビヘイビア記述については、第 5 章「Verilog ビヘイビア記述のサポート」を参照してください。

## 変数による部分的ビット選択

Verilog -2001 では、変数を使用してベクタからビットのグループを選択できます。部分的なビットを選択する変数は、2 つの明示的な値を指定するのではなく、開始位置およびベクタの幅によって定義されます。開始位置は変更できますが、幅は一定の値が維持されます。

### 変数による部分的ビット選択のためのシンボル

シンボル	説明
+ (プラス)	部分的なビットは開始位置から上方向で選択されます。
- (マイナス)	部分的なビットは開始位置から下方向に選択されます。

### 部分的なビット選択の Verilog コード例

```
reg [3:0] data;
reg [3:0] select; // a value from 0 to 7
wire [7:0] byte = data[select +: 8];
```

## Verilog 構造記述

Verilog の構造記述では、複数のブロックを組み合わせ、デザインを階層構造にできます。ハードウェア構造の基本概念は、次のとおりです。

- ・ コンポーネント
  - 基本ブロックの構築
- ・ ポート
  - コンポーネントの I/O コネクタ
- ・ 信号
  - コンポーネント間のワイヤに対応

Verilog では、コンポーネントはデザイン モジュールで表されます。

項目	表示	内容
declaration	外部	コンポーネント ポートも含めた外観
body	内部	コンポーネントのビヘイビアや構造

コンポーネント間の接続は、コンポーネント インスタンスーション文で定義されます。これらの文では、あるコンポーネントを別のコンポーネントまたは回路で使用する場合に、インスタンスを指定します。コンポーネント インスタンスーション文はそれぞれ識別子で区別されます。

コンポーネント インスタンスーション文では、ローカル コンポーネント宣言部分で宣言されたコンポーネントの名前が指定されるほか、関係リスト (かっこで囲まれたリスト) が含まれます。このリストでは、信号やポートをどのコンポーネント宣言のローカル ポートと接続するかが指定されます。



Verilog には多数の論理ゲートが組み込まれており、これらをインスタンス化して論理回路を作成できます。含まれる論理ゲートは、次のとおりです。

- ・ AND
- ・ OR
- ・ XOR
- ・ NAND
- ・ NOR
- ・ NOT

## 2 入力の XOR 関数の Verilog コード例

```
module build_xor (a, b, c);
    input a, b;
    output c;
    wire c, a_not, b_not;

    not a_inv (a_not, a);
    not b_inv (b_not, b);
    and a1 (x, a_not, b);
    and a2 (y, b_not, a);
    or out (c, x, y);
endmodule
```

組み込まれているモジュールの各インスタンスには、次のような固有のインスタンス名が指定されています。

- ・ a\_inv
- ・ b\_inv
- ・ out

## 半加算器の Verilog コード例

次は、4 つの 2 入力 NAND モジュールで構成される半加算器の構造記述です。

```
module halfadd (X, Y, C, S);
    input X, Y;
    output C, S;
    wire S1, S2, S3;

    nand NANDA (S3, X, Y);
    nand NANDB (S1, X, S3);
    nand NANDC (S2, S3, Y);
    nand NANDD (S, S1, S2);
    assign C = S3;
endmodule
```

Verilog の構造記述では、ゲートやレジスタ、CLKDLL や BUFG のようなザイリンクスのプリミティブなど、あらかじめ定義されているプリミティブをインスタンス化して、回路を記述することも可能です。これらのプリミティブは Verilog には含まれていませんが、XST Verilog ライブラリ (unisim\_comp.v) で提供されています。

## FDC と BUFG プリミティブをインスタンスシートする Verilog コード例

```
module example (sysclk, in, reset, out);
    input sysclk, in, reset;
    output out;
    reg out;
    wire sysclk_out;

    FDC register (out, sysclk_out, reset, in); //position based referencing
    BUFG clk (.O(sysclk_out),.I(sysclk)); //name based referencing
    ...
endmodule
```

FDC と BUFG の定義は、XST に含まれる unisim\_comp.v ライブラリ ファイルに含まれます。

## Verilog パラメータ

Verilog パラメータの特徴 :

- ・ 簡単に再利用および拡張可能なパラメータ指定したコードを作成できる
- ・ コードをより可読性のある、コンパクトで維持しやすくする
- ・ バス サイズやデザイン ユニットに含まれる一部の反復エレメントの量などの機能を記述できる
- ・ Verilog パラメータは制約で、パラメータ モジュールの各インスタンスエーションの場合、デフォルトのパラメータ値は上書き可能
- ・ VHDL のジェネリックと同等

null 文字列パラメータは、サポートされていません。

[ジェネリック \(-generics\)](#) を使用すると、最上位レベルのブロックで定義される Verilog のパラメータ値を再定義できます。ソース コードを変更しなくてもデザイン コンフィギュレーションを簡単に修正できます。これは、IP コアの生成やフロー テストのようなプロセスで便利な機能です。

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

## Verilog パラメータのコード例

```
//
// A Verilog parameter allows to control the width of an instantiated
// block describing register logic
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: Verilog_Language_Support/parameter/parameter_1.v
//
module myreg (clk, clken, d, q);

    parameter SIZE = 1;

    input          clk, clken;
    input          [SIZE-1:0] d;
    output reg [SIZE-1:0] q;

    always @(posedge clk)
        begin
            if (clken)
                q <= d;
        end

endmodule

module parameter_1 (clk, clken, di, do);

    parameter SIZE = 8;

    input          clk, clken;
    input          [SIZE-1:0] di;
    output         [SIZE-1:0] do;

    myreg #8 inst_reg (clk, clken, di, do);

endmodule
```

モジュール lpm\_reg を 8 ビット幅でインスタンス化しているため、インスタンス buf\_373 の幅が 8 ビットになっています。

### Verilog パラメータと generate-for のコード例

次の例は、パラメータと generate-for 構文を使用して反復エレメントの作成を制御する方法を示しています。

```
//
// A shift register description that illustrates the use of parameters and
// generate-for constructs in Verilog
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: Verilog_Language_Support/parameter/parameter_generate_for_1.v
//
module parameter_generate_for_1 (clk, si, so);

    parameter SIZE = 8;

    input    clk;
    input    si;
    output   so;

    reg [0:SIZE-1] s;

    assign so = s[SIZE-1];

    always @ (posedge clk)
        s[0] <= si;

    genvar i;
    generate
        for (i = 1; i < SIZE; i = i+1)
            begin : shreg
                always @ (posedge clk)
                    begin
                        s[i] <= s[i-1];
                    end
            end
    endgenerate

endmodule
```

詳細は、次を参照してください。

[generate ループ文](#)

## Verilog パラメータと属性の競合

競合の原因には、次のようなものがあります。

- ・ パラメータおよび属性は Verilog コードのインスタンスとモジュールの両方に適用できる
- ・ 属性は制約ファイルでも指定できる

競合を回避するために、XST では次の優先順位の規則が使用されます。

1. インスタンス (下位レベル) での指定がモジュール (上位レベル) での指定より優先されます。
2. パラメータと属性が同じインスタンスまたはコンポーネントに指定される場合、パラメータが優先され、XST で警告メッセージが表示されます。
3. XCF (XST 制約ファイル) で指定される属性は、VHDL コードで指定される属性またはパラメータよりも優先されます。

XST でインスタンスに指定されている属性がモジュールに指定されているパラメータを上書きする場合、シミュレーション ツールではそのパラメータを使用しますが、合成後の結果でシミュレーション不一致になります。

### Verilog パラメータと属性の優先順位

	インスタンスのパラメータ	モジュールのパラメータ
インスタンスの属性	パラメータを適用 (XST で警告メッセージが表示される)	属性を適用 (シミュレーションで不一致の可能性あり)
モジュールの属性	パラメータを適用	パラメータを適用 (XST で警告メッセージが表示される)
XCF に含まれる属性	属性を適用 (XST で警告メッセージが表示される)	属性を適用

モジュール定義のセキュリティ属性は、ほかのどの属性またはパラメータよりも優先されます。

## Verilog の使用制限

このセクションでは、XST の Verilog 使用制限、ザイリンクスの推奨するサポート機能の制限について説明します。このセクションには、次の項目が含まれます。

- ・ [大文字/小文字の区別](#)
- ・ [ブロッキングおよびノンブロッキング代入文](#)
- ・ [整数処理](#)

### Verilog の大文字/小文字の区別

XST では、潜在的な名前の競合とは関係なく、Verilog の大文字/小文字が区別されます。

Verilog では大文字と小文字が区別されるため、モジュール名、インスタンス名、信号名の大文字と小文字を変更するだけでそれらが異なるものとして認識されます。XST では大文字/小文字だけが違うインスタンスや信号名を含むデザインが問題なく合成されますが、モジュール名が同じで大文字/小文字だけが違う場合はエラーになります。

オブジェクト名を固有のものにするために、大文字/小文字だけで区別するのはお勧めしません。大文字/小文字だけで区別すると、混合言語プロジェクトで問題になったり、制約を XCF ファイルを使用して適用できなくなる可能性があるからです。

### ブロッキングおよびノンブロッキング代入文

XST では、ブロッキングおよびノンブロッキング代入文の両方がサポートされます。

ブロッキング代入文とノンブロッキング代入文は混合しないでください。混合すると、XST ではエラーなしに合成されても、シミュレーションでエラーになることがあります。

#### 使用できないコード例 1

同じ信号に対してブロッキング代入文とノンブロッキング代入文は混合できません。

```
always @(in1)
begin
    if (in2)
        out1 = in1;
    else
        out1 <= in2;
end
```

#### 使用できないコード例 2

同じ信号の別のビットに対してブロッキング代入文とノンブロッキング代入文は混合できません。

```
if (in2)
begin
    out1[0] = 1'b0;
    out1[1] <= in1;
end
else
begin
    out1[0] = in2;
    out1[1] <= 1'b1;
end
```

## 整数処理

XST では、整数がほかの合成ツールと異なる方法で処理される場合があるので、コードを記述する際に注意が必要です。

### case 文での整数処理

case 文でビット サイズが指定されていない整数が使用されると、結果が予測不可能になります。次の例では、case 文の最初に使用される 4 のビットが指定されていないので、結果が予測不可能になっています。この問題を回避するには、例の後半のように 4 を 3 ビットに指定します。

#### case 文での整数処理のコード例

```
reg [2:0] condition1;
always @(condition1)
begin
    case(condition1)
    4 : data_out = 2; // < will generate bad logic
    3'd4 : data_out = 2; // < will work
    endcase
end
```

## 連結文での整数処理

連結文でビット指定のない整数を使用すると、結果が予測不可能になります。結果がビット指定のない整数となる式を使用する場合は、次に示すように一時的な信号 (temp) を指定し、その一時信号を連結文で使用します。

### 連結文での整数処理のコード例

```
reg [31:0] temp;  
assign temp = 4'b1111 % 2;  
assign dout = {12/3,temp,din};
```

## Verilog -2001 の属性とメタ コメント

このセクションでは、次について説明します。

### Verilog-2001 の属性

XST では Verilog-2001 属性文がサポートされています。属性は、合成ツールなどのプログラムに特定の情報を渡すために使用します。Verilog-2001 の属性はよく使用されてきているので、使用をお勧めしています。Verilog-2001 の属性は、モジュール宣言およびインスタネーション内で、演算子または信号に指定できます。コンパイラでその他の属性宣言がサポートされていても、XST では無視されます。

属性は、次の場合に使用できます。

- ・ 次のような個々のオブジェクトに制約を設定する場合
  - **module**
  - **instance**
  - **net**
- ・ 次の合成制約を設定する場合
  - フル ケース (FULL\_CASE)
  - パラレル ケース (PARALLEL\_CASE)

### Verilog のメタ コメント

Verilog メタ コメントには、次の特徴があります。

- ・ Verilog 解析ツールで認識されます。
- ・ 次のために使用されます。
  - 次のような個々のオブジェクトに制約を設定する場合
    - ◆ **module**
    - ◆ **instance**
    - ◆ **net**
  - 合成で次のような制約を設定します。
    - ◆ parallel\_case および full\_case
    - ◆ translate\_on および translate\_off
    - ◆ syn\_sharing などツール専用の制約すべて
- ・ メタ コメントは次のスタイルを使用して記述できます。
  - C スタイル (**/\* ... \*/**)  
C 言語スタイルでは、コメントを複数行にできます。
  - Verilog スタイル (**// ...**)  
Verilog コメントスタイルは、行の末尾に追加します。



XST では、次がサポートされます。

- ・ C 言語スタイルおよび Verilog スタイルのメタ コメント
- ・ [変換なし \(TRANSLATE\\_OFF\) と変換あり \(TRANSLATE\\_ON\)](#)

```
// synthesis translate_on  
// synthesis translate_off
```

- ・ [パラレル ケース \(PARALLEL\\_CASE\)](#)

```
// synthesis parallel_case full_case // synthesis parallel_case  
// synthesis full_case
```

- ・ 各オブジェクトに対する制約

一般的な構文は次のとおりです。

```
// synthesis attribute [of] ObjectName [is] AttributeValue
```

### 構文例

```
// synthesis attribute RLOC of u123 is R11C1.S0  
// synthesis attribute HUSER u1 MY_SET  
// synthesis attribute fsm_extract of State2 is "yes"  
// synthesis attribute fsm_encoding of State2 is "gray"
```

詳細は、次を参照してください。

[第 9 章「デザイン制約」](#)

## Verilog 構文

このセクションでは、サポートされる Verilog 構文とサポートされない Verilog 構文について次に分けて説明します。

- ・ [Verilog の定数](#)
- ・ [Verilog のデータ型](#)
- ・ [Verilog の継続代入文](#)
- ・ [Verilog の手続き代入文](#)
- ・ [Verilog のデザイン階層](#)
- ・ [Verilog コンパイラ指示子](#)

メモ：XST では、信号名の冒頭文字にアンダースコアを使用できません（DATA\_1 など）。

### Verilog の定数

定数	サポートの有無
整数	サポートあり
実数	サポートあり
文字列	サポートなし

### Verilog のデータ型

データ型	カテゴリ	サポートの有無
ネット タイプ	tri0、tri1、triereg	サポートなし
駆動電流	すべて	無視
レジスタ	real および realtime レジスタ	サポートなし
名前付きイベント	すべて	サポートなし

### Verilog の継続代入文

継続代入文	サポートの有無
駆動電流	無視
遅延	無視

## Verilog の手続き代入文

手続き代入文	サポートの有無
assign	制限付きでサポートあり。詳細は、「Verilog ビヘイビア記述の assign 文および deassign 文」を参照してください。
deassign	制限付きでサポートあり。詳細は、「Verilog ビヘイビア記述の assign 文および deassign 文」を参照してください。
force	サポートなし
release	サポートなし
forever 文	サポートなし
repeat 文	サポートあり (repeat 値は定数にする必要あり)
for 文	サポートあり (範囲はスタティックな値にする必要あり)
delay (#)	無視
event (@)	サポートなし
wait	サポートなし
指定イベント	サポートなし
パラレル ブロック	サポートなし
指定ブロック	無視
Disable	for および repeat ループ文以外はサポートあり

## Verilog のデザイン階層

デザイン階層	サポートの有無
モジュール定義	サポートあり
マクロ モジュール定義	サポートなし
階層名	サポートなし
defparam	サポートあり
インスタンスの配列	サポートあり

## Verilog コンパイラ指示子

コンパイラ指示子	サポートの有無
'celldefine 'endcelldefine	無視
'default_nettype	サポートあり
'define	サポートあり
'ifdef 'else 'endif	サポートあり
'undef, 'ifndef, 'elsif,	サポートあり
'include	サポートあり
'resetall	無視
'timescale	無視
'unconnected_drive 'nounconnected_drive	無視
'uselib	サポートなし
'file, 'line	サポートあり

## Verilog のタスクおよび関数

このセクションでは、次について説明します。

- ・ サポートされるシステム タスクと関数
- ・ 変換関数の使用
- ・ ファイル I/O タスクを使用したメモリ内容の読み込み
- ・ ディスプレイ タスク
- ・ \$finish を使用したデザイン ルール チェックの作成

## Verilog のタスクおよび関数

システム タスクと関数	サポートの有無	コメント
<code>\$display</code>	サポートあり	エスケープ シーケンスは %d、%b、%h、%o、%c、および %s に制限されます。
<code>\$fclose</code>	サポートあり	
<code>\$fdisplay</code>	サポートあり	
<code>\$fgets</code>	サポートあり	
<code>\$finish</code>	サポートあり	<code>\$finish</code> はアクティブになることのない 条件分岐文でのみサポートされます。
<code>\$fopen</code>	サポートあり	
<code>\$fscanf</code>	サポートあり	エスケープ シーケンスは %b および %d に制限されます。
<code>\$fwrite</code>	サポートあり	
<code>\$monitor</code>	無視	
<code>\$random</code>	無視	
<code>\$readmemb</code>	サポートあり	
<code>\$readmemh</code>	サポートあり	
<code>\$signed</code>	サポートあり	
<code>\$stop</code>	無視	
<code>\$strobe</code>	無視	
<code>\$time</code>	無視	
<code>\$unsigned</code>	サポートあり	
<code>\$write</code>	サポートあり	エスケープ シーケンスは %d、%b、%h、%o、%c、および %s に制限されます。
その他すべて	無視	

サポートされないシステム タスクは、XST の Verilog コンパイラで無視されます。

## 変換関数の使用

`$signed` および `$unsigned` システム タスクは、どの式でも次の構文を使用して呼び出すことができます。

`$signed(expr)` または `$unsigned(expr)`

これらの呼び出しの戻り値は入力値と同じサイズで、以前の符号にかかわらず、システム タスクで指定した符号に強制されます。

## ファイル I/O タスクを使用したメモリ内容の読み込み

`$readmemb` および `$readmemh` システム タスクは、ブロック メモリの初期化に使用できます。

詳細は、次を参照してください。

## 外部データ ファイルでの初期内容の指定

2 進数の場合は `$readmemb`、16 進数の場合は `$readmemh` を使用します。XST とシミュレータで処理の違いが発生しないようにするため、これらのシステム タスクでは次のようにインデックス パラメータを使用することをお勧めします。

```
$readmemb("rams_20c.data", ram, 0, 7);
```

## ディスプレイ タスク

ディスプレイ タスクは、情報をコンソールに表示したり、外部ファイルに書き出したるするために使用できます。これらのタスクは、`initial` ブロックから呼び出す必要があります。XST では、次のエスケープ シーケンスのサブセットがサポートされます。

- `%h`
- `%d`
- `%o`
- `%b`
- `%c`
- `%s`

### `$display` の Verilog 構文例

次に、2 進数の定数値を 10 進数で表示する `$display` の構文を示すコード例を示します。

```
parameter c = 8'b00101010;  
  
initial  
begin  
    $display ("The value of c is %d", c);  
end
```

HDL 解析段階で、次の情報がログ ファイルに記述されます。

```
Analyzing top module <example>.  
c = 8'b00101010  
"foo.v" line 9: $display : The value of c is 42
```

## `$finish` を使用したデザイン ルール チェックの作成

`$finish` シミュレーション コントロール タスクは主にシミュレーション用で、XST ではビルトインのデザイン ルール チェックを作成するために一部サポートされます。デザイン ルール チェックでは、正しい構文で記述されたデザイン コンフィギュレーションが検出されますが、機能しなかったり、希望通りのインプリメンテーションにならないこともあります。**`$finish`** を使用すると、問題がある状態が検出されると XST を早期に停止させることができるので、合成およびインプリメンテーションにかかる時間が大幅に節約できます。

実行状態がシミュレーションまたはボードの回路動作中に特定のダイナミックな状況に依存する場合、XST は **`$finish`** を無視します。このような状況を検出できるのは、シミュレーション ツールのみで、XST も含めた合成ツールではこれらが無視されます。

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

### \$finish の使用を無視する Verilog コード例

```
//
// Ignored use of $finish for simulation purposes only
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: Verilog_Language_Support/system_tasks/finish_ignored_1.v
//
module finish_ignored_1 (clk, di, do);

    input        clk;
    input  [3:0] di;
    output reg [3:0] do;

initial
begin
    do = 4'b0;
end

always @(posedge clk)
begin
    if (di < 4'b1100)
        do <= di;
    else
        begin
            $display("%t, di value %d should not be more than 11", $time, di);
            $finish;
        end
    end
end

endmodule
```

ダイナミックにアクティブな状況で **\$finish** システム タスクが使用されると、それを示すメッセージが表示され、タスクは無視されます。

**\$finish** は、実行状態が Verilog ソース コードのエラボレーション中に完全に評価できるようなスタティックな状況でのみ XST で認識されます。このようなスタティックに評価される状況の場合、主にパラメータと予測値が比較されます。これは、通常次に示すようなモジュール初期ブロックで実行されます。 **\$display** システム タスクと **\$finish** を併用すると、早期に停止された場合の主要原因を示すメッセージが作成されます。



## デザインルール チェックのために \$finish を使用する Verilog コード例

```
//
// Supported use of $finish for design rule checking
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: Verilog_Language_Support/system_tasks/finish_supported_1.v
//
module finish_supported_1 (clk, di, do);

    parameter integer WIDTH    = 4;
    parameter      DEVICE     = "virtex6";

    input          clk;
    input  [WIDTH-1:0] di;
    output reg [WIDTH-1:0] do;

initial
begin
    if (DEVICE != "virtex6")
        begin
            $display ("DRC ERROR: Unsupported device family: %s.", DEVICE);
            $finish;
        end
    if (WIDTH < 8)
        begin
            $display ("DRC ERROR: This module not tested for data width: %d. Minimum allowed width is 8.", WIDTH);
            $finish;
        end
    end
end

always @(posedge clk)
begin
    do <= di;
end

endmodule
```

XST は、Verilog シミュレーション コントロール タスクの **\$stop** を無視します。

## Verilog プリミティブ

XST では、次のような Verilog プリミティブがサポートされています。

- 一部のゲートレベル プリミティブ。サポートされる構文は次のとおりです。  
gate\_type instance\_name (output, inputs,...);  
次に、ゲートレベル プリミティブのインスタンス化の例を示します。  
and U1 (out, in1, in2); bufif1 U2 (triout, data, trienable);
- 次の表に示していないすべての Verilog ゲートレベルのプリミティブ

## XST でサポートされる Verilog のゲートレベルのプリミティブ

プリミティブ	サポートの有無
プルダウンとプルアップ	サポートなし
駆動電力と遅延	無視
プリミティブの配列	サポートなし

XST では次のような Verilog のスイッチ レベルのプリミティブはサポートされません。

- cmos、nmos、pmos、rcmos、rnmios、rpmios
- rtran、rtranif0、rtranif1、tran、tranif0、tranif1

## Verilog ユーザー定義プリミティブ (UDP)

XST では、Verilog のユーザー定義プリミティブ (UDP) がサポートされます。

UDP を使用すると、Verilog 言語でステート テーブル形式の機能を記述できます。ステート テーブルには、次が含まれます。

- ・ すべての入力値の組み合わせを列挙
- ・ 回路独自の出力に対応する値を指定

UDP を使用して記述する機能は、次のいずれかにできます。UDP は、単純な組み合わせファンクションや基本的な順次エレメントなどの複雑ではない機能を記述するのに便利です。回路記述の詳細には、Verilog ビヘイビア記述を使用して XST の推論機能を使用する方をお勧めします。Verilog と VHDL の推論機能とコード ガイドラインの詳細については、[第 7 章「HDL コーディング手法」](#)を参照してください。

## UDP の定義とインスタンス化

UDP は、インスタンス化前に定義しておく必要があります。UDP の定義は、primitive と endprimitive キーワード間、module-endmodule セクションの範囲外に記述されます。UDP はゲートレベル プリミティブとユーザー定義モジュールと同じようにインスタンス化されます。構文規則も含めた Verilog User Defined Primitive (UDP) の詳細は、Verilog 言語リファレンスのマニュアルを参照してください。

## 組み合わせ UDP

組み合わせ UDP は、出力の次の値を決定するために入力の値を使用して、組み合わせファンクションを記述できるようにします。

### 組み合わせ UDP のコード例

```
//
// Description and instantiation of a user defined primitive
//   combinatorial function
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: Verilog_Language_Support/user_defined_primitives/udp_combinatorial_1.v
//
primitive myand2 (o, a, b);
  input  a, b;
  output o;

  table
    // a b : o
    0 0 : 0;
    0 1 : 0;
    1 0 : 0;
    1 1 : 1;
  endtable

endprimitive

module udp_combinatorial_1 (a, b, c, o);
  input  a, b, c;
  output o;

  wire  s;

  myand2 i1 (.a(a), .b(b), .o(s));
  myand2 i2 (.a(s), .b(c), .o(o));

endmodule
```

### 順次 UDP

順次 UDP は、入力値と出力の現在値を使用して、出力の次の値を決定します。順次 UDP では、レベル センシティブとエッジ センシティブ ビヘイビア両方を記述できるので、フリップフロップおよびラッチなどの順次エレメントを記述できます。初期値は、指定できます。

## 順次 UDP のコード例

```
//
// Description and instantiation of a user defined primitive
// Sequential function
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: Verilog_Language_Support/user_defined_primitives/udp_sequential_2.v
//
primitive mydff (q, d, c);
  input    c, d;
  output reg q;

  initial q = 1'b0;

  table
  // c d : q : q+
    r 0  : ? : 0;
    r 1  : ? : 1;
    f ?  : ? : -;
    ? *  : ? : -;
  endtable

endprimitive

module udp_sequential_2 (clk, si, so);
  input  clk, si;
  output so;

  wire   s1, s2;

  mydff i1 (.c(clk), .d(si), .q(s1));
  mydff i2 (.c(clk), .d(s1), .q(s2));
  mydff i3 (.c(clk), .d(s2), .q(so));

endmodule
```

## Verilog の予約言語

アスタリスク (\*) の付いた単語は、Verilog の予約語ですが、XST でサポートされていません。

always	and	assign	automatic
begin	buf	bufif0	bufif1
case	casex	casez	cell*
cmos	config*	deassign	default
defparam	design*	disable	edge
else	end	endcase	endconfig*
endfunction	endgenerate	endmodule	endprimitive
endspecify	endtable	endtask	event
for	force	forever	fork
function	generate	genvar	highz0
highz1	if	ifnone	incdir*
include*	initial	inout	input
instance*	integer	join	large
liblist*	library*	localparam	macromodule
medium	module	nand	negedge
nmos	nor	noshow-cancelled*	not
notif0	notif1	or	output
parameter	pmos	posedge	primitive
pull0	pull1	pullup	pulldown
pulsetype- _ondetect*	pulsetype- _onevent*	rcmos	real
realtime	reg	release	repeat
rnmos	rpmos	rtran	rtranif0
rtranif1	scalared	show-cancelled*	signed
small	specify	specparam	strong0
strong1	supply0	supply1	table
task	time	tran	tranif0
tranif1	tri	tri0	tri1
triand	trior	triereg	use*
vectored	wait	wand	weak0
weak1	while	wire	wor
xnor	xor		

## Verilog2001 のサポート

XST では、次の Verilog 2001 の機能がサポートされています。

- ・ generate 文
- ・ ポートとデータ型を 1 つの文で宣言
- ・ ANSI 形式のポートリスト
- ・ モジュール パラメータ ポートリスト
- ・ ANSI C 形式のタスク/関数宣言
- ・ カンマで区切ったセンシティビティリスト
- ・ 組み合わせロジック センシティビティ
- ・ 継続代入文のデフォルト ネット
- ・ デフォルト ネット宣言のディスエーブル
- ・ インデックスの付いたベクタの部分選択
- ・ 多次元配列
- ・ net および real データ型の配列
- ・ 配列のビットおよびビット部分選択
- ・ 符号付きレジスタ、ネット、およびポート宣言
- ・ 符号付き整数
- ・ 符号付き演算式
- ・ 算術シフト演算子
- ・ 32 ビットを超えるビットの自動的な幅拡張
- ・ べき乗演算子
- ・ N ビットのパラメータ
- ・ インライン パラメータの明示
- ・ 固定ローカル パラメータ
- ・ 条件付きコンパイルの拡張
- ・ ファイルおよび行のコンパイラ指示子
- ・ 可変部分ビット選択
- ・ 再帰タスクおよび関数
- ・ 定数関数

詳細は、次を参照してください。

Verilog 2001 の詳細については、Stuart Sutherland 著『Verilog-2001: A Guide to the New Features』または『IEEE Standard Verilog Hardware Description Language』(IEEE Standard 1364-2001) を参照してください。

## Verilog ビヘイビア記述のサポート

Verilog の変数は、整数 (integer) または実数 (real) として宣言できます。ただし、これらの宣言はテストコードで使用するためのものです。実際のハードウェア記述では、reg や wire などのデータ型を使用できます。

reg と wire の違いは、変数の値が reg では手続き代入文で、wire では継続代入文で指定される点です。どちらもデフォルトの幅は 1 ビット (スカラ) です。reg または wire 宣言で N ビット幅 (ベクタ) を指定するには、[ ] 内に左のビット位置と右のビット位置をコロンで区切って示します。Verilog 2001 では、reg および wire データ型のどちらも符号付きまたは符号なしにできます。

### 変数宣言のコード例

```
reg [3:0] arb_priority;
wire [31:0] arb_request;
wire signed [8:0] arb_signed;
```

### 初期値

Verilog-2001 では、レジスタを宣言する際に初期値を設定できます。指定される初期値は、次の通りです。

- ・ 定数値を指定する必要があります。
- ・ 以前の初期値に依存できません。
- ・ 関数またはタスク呼び出しは使用できません。
- ・ レジスタに伝搬するパラメータ値にできます。
- ・ ベクタのすべてのビットを指定します。

宣言部でレジスタの初期値を指定した場合、グローバルリセット時または電源投入時にレジスタの出力が指定した値に初期化されます。このように初期値を指定すると、レジスタの INIT 属性として NGC ファイルに記述されます。これらの値は、ローカルリセットとは関係ありません。

### 初期値のコード例 1

```
reg arb_onebit = 1'b0;
reg [3:0] arb_priority = 4'b1011;
```

また、ビヘイビア記述の Verilog コードを使用して、レジスタにセット/リセット時の初期値を指定できます。レジスタのリセットラインの値に対してレジスタの値を指定するには、次の例のように記述します。

### 初期値のコード例 2

```
always @(posedge clk)
begin
    if (rst)
        arb_onebit <= 1'b0;
end
```

ビヘイビア コードで変数の初期値を設定すると、出力がローカル リセットで制御可能なフリップフロップとしてデザインにインプリメントされ、NGC ファイルに FDP または FDC フリップフロップとして記述されます。

## 配列のコード例

Verilog では、reg および wire の配列を次の例のように定義できます。

### 配列のコード例 1

次の Verilog コード例は 32 エLEMENTの配列で、ELEMENTの幅はそれぞれ 4 ビットです。

```
reg [3:0] mem_array [31:0];
```

### 配列のコード例 2

次の例は、8 ビット幅のELEMENTが 64 個ある配列を示しており、Verilog の構造記述で次のように指定できます。

```
wire [7:0] mem_array [63:0];
```

## 多次元配列

XST では、2 次元までの多次元配列型がサポートされます。多次元配列はネットまたはさまざまなデータ型で使用できます。配列を使用して代入および数値演算を記述できますが、一度に選択できる配列のELEMENTは 1 つのみです。システム タスクまたは関数、通常のタスクまたは関数で多次元配列を使用することはできません。

### 多次元配列のコード例 1

次の例は、8 ビット幅の wire ELEMENTを 256 X 16 個含む配列を示しており、Verilog の構造記述でのみ指定できます。

```
wire [7:0] array2 [0:255][0:15];
```

### 多次元配列のコード例 2

次の例は、64 ビット幅のレジスタ ELEMENTを 256 X 8 個含む配列を示しており、Verilog のビヘイビア記述でのみ指定できます。

```
reg [63:0] regarray2 [255:0][7:0];
```



## データ型

Verilog のビット データ型には、次の 4 つの値があります。

- ・ **0**  
論理値 0
- ・ **1**  
論理値 1
- ・ **x**  
不定値
- ・ **z**  
ハイ インピーダンス

XST では、次の Verilog データ型がサポートされます。

- ・ **net**
- ・ **wire**
- ・ **tri**
- ・ **triand/wand**
- ・ **trior/wor**
- ・ **registers**
- ・ **reg**
- ・ **integer**
- ・ **supply nets**
- ・ **supply0**
- ・ **supply1**
- ・ **constants**
- ・ **parameter**
- ・ **Multi-Dimensional Arrays (Memories)**

ネットおよびレジスタは次のいずれかにできます。

- ・ 単数ビット (スカラ)
- ・ 複数ビット (ベクタ)

### Verilog ビヘイビア記述のデータ型のコード例

Verilog モジュールの宣言セクションで使用する Verilog データ型の例を次に示します。

```
wire net1; // single bit net
reg r1; // single bit register
tri [7:0] bus1; // 8 bit tristate bus
reg [15:0] bus1; // 15 bit register
reg [7:0] mem[0:127]; // 8x128 memory register
parameter state1 = 3'b001; // 3 bit constant
parameter component = "TMS380C16"; // string
```

## 使用可能な文

次に、Verilog のビヘイビア記述で使用可能な文 (変数および信号代入) を示します。

- ・ 変数 = 論理式
  - ・ if (条件) 文
  - ・ else 文
  - ・ case (論理式)
- ```
expression: statement
...
default: statement
endcase
```
- ・ for (変数 = 論理式; 条件; 変数 = 変数 + 論理式) 文
  - ・ while (条件) 文
  - ・ forever 文
  - ・ function および task

すべての変数は、integer (整数) または reg (レジスタ) として宣言されます。変数は wire として宣言することはできません。

## 論理式

論理式では、数値演算、論理演算、関係演算、条件演算で定数および変数が演算されます。論理演算は、複数のビットまたは 1 つのビットのいずれに適用されるかで、ビットごとまたは論理にさらに分類されます。

### サポートされる演算子

| 演算 | 論理演算 | 関係演算 | 条件演算 |
|----|------|------|------|
| +  | &    | <    | ?    |
| -  | &&   | ==   |      |
| *  |      | ===  |      |
| ** |      | <=   |      |
| /  | ^    | >=   |      |
| %  | ~    | >=   |      |
|    | ~~   | !=   |      |
|    | ~~   | !==  |      |
|    | <<   | >    |      |
|    | >>   |      |      |
|    | <<<  |      |      |
|    | >>>  |      |      |

## サポートされる論理式

| 論理式          | シンボル         | サポートの有無                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 連接           | {}           | サポートあり                                                                                                                                                                                                                                           |
| 複製           | {}           | サポートあり                                                                                                                                                                                                                                           |
| 演算           | +, -, *, **  | サポートあり                                                                                                                                                                                                                                           |
| 分周           | /            | 2 つ目のオペランドが 2 のべき乗の場合または両方のオペランドが定数の場合にサポート                                                                                                                                                                                                      |
| 剰余           | %            | 2 番目のオペランドが 2 のべき乗の場合のみサポートあり                                                                                                                                                                                                                    |
| 加算           | +            | サポートあり                                                                                                                                                                                                                                           |
| 減算           | -            | サポートあり                                                                                                                                                                                                                                           |
| 乗算           | *            | サポートあり                                                                                                                                                                                                                                           |
| 電力           | **           | サポートあり <ul style="list-style-type: none"> <li>2 番目のオペランドが負でない場合は、両方のオペランドが定数であることが必要</li> <li>最初オペランドが 2 の場合は、2 番目のオペランドに変数を使用可能</li> <li>実数データ型はサポートされず、結果が実数となるようなオペランドの組み合わせを使用するとエラーが発生する</li> <li>X (不明) および Z (ハイインピーダンス) は使用不可</li> </ul> |
| 関係演算         | >, <, >=, <= | サポートあり                                                                                                                                                                                                                                           |
| 論理否定         | !            | サポートあり                                                                                                                                                                                                                                           |
| 論理 AND       | &&           | サポートあり                                                                                                                                                                                                                                           |
| 論理 OR        |              | サポートあり                                                                                                                                                                                                                                           |
| 論理等号         | ==           | サポートあり                                                                                                                                                                                                                                           |
| 論理不等号        | !=           | サポートあり                                                                                                                                                                                                                                           |
| ケース等号        | ===          | サポートあり                                                                                                                                                                                                                                           |
| ケース不等号       | !==          | サポートあり                                                                                                                                                                                                                                           |
| ビットごとの否定     | ~            | サポートあり                                                                                                                                                                                                                                           |
| ビットごとの AND   | &            | サポートあり                                                                                                                                                                                                                                           |
| ビットごとの内包的 OR |              | サポートあり                                                                                                                                                                                                                                           |
| ビットごとの排他的 OR | ^            | サポートあり                                                                                                                                                                                                                                           |

| 論理式         | シンボル              | サポートの有無 |
|-------------|-------------------|---------|
| ビットごとの等価    | $\sim, \sim$      | サポートあり  |
| リダクション AND  | $\&$              | サポートあり  |
| リダクション NAND | $\sim\&$          | サポートあり  |
| リダクション OR   | $ $               | サポートあり  |
| リダクション NOR  | $\sim $           | サポートあり  |
| リダクション XOR  | $\wedge$          | サポートあり  |
| リダクション XNOR | $\sim\wedge$      | サポートあり  |
| 左シフト        | $\ll$             | サポートあり  |
| 符号付き右シフト    | $\ggg$            | サポートあり  |
| 符号付き左シフト    | $\lll$            | サポートあり  |
| 右シフト        | $\gg$             | サポートあり  |
| 条件演算        | $?:$              | サポートあり  |
| イベント OR     | $\text{or}, ', '$ | サポートあり  |

## Verilog のビヘイビア記述の論理式の評価結果

次の表は、よく使用される演算子を使用した評価論理式を示しています。=== と !== は、特別な比較演算子で、シミュレーションで使用して、変数に値 x または z が代入されているかを確認します。合成では、これらの演算子は == および != として処理されます。

| a b | a==b | a===b | a!=b | a!==b | a&b | a&&b | a b | a  b | a^b |
|-----|------|-------|------|-------|-----|------|-----|------|-----|
| 0 0 | 1    | 1     | 0    | 0     | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   |
| 0 1 | 0    | 0     | 1    | 1     | 0   | 0    | 1   | 1    | 1   |
| 0 x | x    | 0     | x    | 1     | 0   | 0    | x   | x    | x   |
| 0 z | x    | 0     | x    | 1     | 0   | 0    | x   | x    | x   |
| 1 0 | 0    | 0     | 1    | 1     | 0   | 0    | 1   | 1    | 1   |
| 1 1 | 1    | 1     | 0    | 0     | 1   | 1    | 1   | 1    | 0   |
| 1 x | x    | 0     | x    | 1     | x   | x    | 1   | 1    | x   |
| 1 z | x    | 0     | x    | 1     | x   | x    | 1   | 1    | x   |
| x 0 | x    | 0     | x    | 1     | 0   | 0    | x   | x    | x   |
| x 1 | x    | 0     | x    | 1     | x   | x    | 1   | 1    | x   |
| x x | x    | 1     | x    | 0     | x   | x    | x   | x    | x   |
| x z | x    | 0     | x    | 1     | x   | x    | x   | x    | x   |
| z 0 | x    | 0     | x    | 1     | 0   | 0    | x   | x    | x   |
| z 1 | x    | 0     | x    | 1     | x   | x    | 1   | 1    | x   |
| z x | x    | 0     | x    | 1     | x   | x    | x   | x    | x   |
| z z | x    | 1     | x    | 0     | x   | x    | x   | x    | x   |

## ブロック

ブロック文は、複数の文をグループ化します。XST では、順次ブロックのみがサポートされています。ブロック内では、記述された順に文が実行されます。ブロックは `begin` と `end` キーワードで示されます。これについては、この章の後の方で例を示します。XST では、パラレル ブロックはサポートされません。

ブロック内の手続き文は、すべてモジュール内で定義します。手続き型ブロックには次の 2 種類があります。

- ・ initial ブロック
- ・ always ブロック

各ブロックは `begin` で開始し `end` で終了します。initial ブロックは合成では無視されるので、ここでは always ブロックのみを説明します。always ブロックは通常、次のフォーマットで記述されます。

```
always
begin
statement
....
end
```

各文は手続き代入文であり、セミコロンで区切られます。

## モジュール

Verilog では、デザイン コンポーネントはモジュールで表されます。このセクションでは、ビヘイビア記述の Verilog モジュールについて説明します。

### Verilog ビヘイビア記述のモジュール宣言

Verilog ビヘイビア記述のモジュールは、次のコード例のように宣言されます。

#### Verilog ビヘイビア記述のモジュール宣言のコード例 1

```
module example (A, B, O);
input  A, B;
output O;

    assign O = A & B;

endmodule
```

module 宣言には、次が含まれます。

- ・ モジュール名
- ・ I/O ポートのリスト
- ・ 機能を定義するモジュール本体

module 文の終わりは、`endmodule` で示す必要があります。

回路の I/O ポートはモジュール宣言文で宣言します。各ポートでは次が指定されます。

- ・ 名前
- ・ モード :
  - **input**
  - **output**
  - **inout**
- ・ ポートが配列タイプの場合、範囲情報

#### Verilog ビヘイビア記述のモジュール宣言のコード例 2

```
module example (  
    input  A,  
    input  B  
    output O  
):  
  
    assign O = A & B;  
  
endmodule
```

## Verilog ビヘイビア記述のモジュール インスタンス化

Verilog ビヘイビア記述のモジュールは、別のモジュールに次のようにインスタンス化されます。

### Verilog ビヘイビア記述のモジュール インスタンス化のコード例

```
module top (A, B, C, O);  
    input  A, B, C;  
    output O;  
    wire  tmp;  
  
    example inst_example (.A(A), .B(B), .O(tmp));  
  
        assign O = tmp | C;  
  
endmodule
```

モジュール インスタンス化文には、次の特徴があります。

- ・ インスタンス名を定義します。
- ・ インスタンスが親モジュールでどのように接続されるかを指定するポート関連リストが含まれます。

リストの要素は、それぞれモジュール宣言のフォーマル ポートを親モジュールの実際のネットに関連付けられています。

## 継続代入文

継続代入文は、組み合わせロジックを簡潔に記述するために使用します。assign 文を使用する代入と使用しない代入の両方がサポートされています。

- ・ assign 文を使用する継続代入では、既に宣言されたネットに対して assign キーワードの後に代入式を定義します。

```
wire mysignal;  
...  
assign mysignal = select ? b : a;
```

- ・ assign 文を使用しない継続代入では、宣言文で代入式を定義します。

```
wire misignal = a | b;
```

XST では、継続代入文で指定した遅延や電流は無視されます。継続代入文は、wire および tri データ型のみに使用可能です。

## 手続き代入文

このセクションでは、Verilog ビヘイビア記述の手続き代入文について説明します。

- ・ 組み合わせ always ブロック
- ・ if-else 文
- ・ case 文
- ・ for および repeat ループ文
- ・ while 文
- ・ 順次 always ブロック
- ・ assign 文および deassign 文
- ・ 32 ビットを超える場合のビットの拡張

Verilog ビヘイビア記述の手続き代入文

- ・ reg として宣言された変数に値を代入するために使用されます。
- ・ always ブロック、タスク、関数で最初に使用されます。
- ・ 通常はレジスタおよび有限ステート マシン (FSM) を記述するために使用されます。

XST では、次がサポートされます。

- ・ 組み合わせ関数
- ・ 組み合わせタスクおよび順次タスク
- ・ 組み合わせブロックおよび順次 always ブロック

## 組み合わせ always ブロック

組み合わせロジックは、次の Verilog のタイミング制御文を使用して効率的に記述できます。

- ・ 遅延 : # (シャープ記号)
- ・ イベント制御 : @ (アット マーク)

遅延時間の制御文は、シミュレーションでのみ考慮され、合成ツールでは無視されます。

合成では # によるタイミング制御は無視されるため、ここでは @ 文を使用した組み合わせロジックの記述を説明します。

組み合わせ always 文には、always @ の後にかっこで囲まれたセンシティビティリストがあります。

センシティビティリストにある信号の 1 つでイベント (値の変化またはエッジ) が発生すると、always ブロックの処理が実行されます。このセンシティビティリストには、条件 (if、case など) となり得る信号、および代入文の右側に記述される信号を含むことができます。信号のリストの代わりに ( ) なしで @ を使用すると、上記のような always ブロックの信号でイベントが発生した場合に、always ブロックの処理が実行されます。

組み合わせプロセス文では、if 文または case 文のすべての分岐で信号が明示的に代入されていない場合、最後の値を保持するためにラッチが作成されます。ラッチを生成するには、組み合わせプロセスで代入された信号がそのプロセス文のすべての条件に対して明示的に代入されるようにしてください。



プロセス文には、次の文を含めることができます。

- ・ 変数代入文および信号代入文
- ・ if - else 文
- ・ case 文
- ・ for および while ループ文
- ・ 関数およびタスクの呼び出し

## if-else 文

if-else 文では、真偽条件 (true-false) によって実行される文が決定されます。

- ・ 条件が真と判断された場合は if 文が実行されます。
- ・ 条件が偽 (または **x** か **z**) と判断された場合は **else** 文が実行されます。

キーワード begin と end を使用すると、複数文から成り立つブロックを実行できます。If-else 文はネストさせることができます。

### if-else 文のコード例

次に、if - else 文を使用してマルチプレクサを記述した例を示します。

```
module mux4 (sel, a, b, c, d, outmux);
    input [1:0] sel;
    input [1:0] a, b, c, d;
    output [1:0] outmux;
    reg [1:0] outmux;

    always @(sel or a or b or c or d)
    begin
        if (sel[1])
            if (sel[0])
                outmux = d;
            else
                outmux = c;
        else
            if (sel[0])
                outmux = b;
            else
                outmux = a;
        end
    end

endmodule
```

## case 文

**case** 文は論理式を比較し、並列分岐の 1 つを実行します。分岐は記述された順に評価され、最初に **true** になった分岐から実行されます。一致する分岐が見つからない場合は、デフォルトの分岐が実行されます。

- ・ case 文でサイズを指定していない整数を使用しないでください。必ず整数のサイズをビット数で指定しないと、結果が予測不可能になります。
- ・ casez は、分岐のすべてのビット位置の z 値をドントケアとして認識します。
- ・ casez は、分岐のすべてのビット位置の x と z の値をドントケアとして認識します。
- ・ casez または casex などの case 文では、疑問符 (?) もドントケアとして使用できます。

### case 文のコード例

次に、case 文を使用してマルチプレクサを記述した例を示します。

```
module mux4 (sel, a, b, c, d, outmux);
    input [1:0] sel;
    input [1:0] a, b, c, d;
    output [1:0] outmux;
    reg [1:0] outmux;

    always @(sel or a or b or c or d)
    begin
        case (sel)
            2'b00: outmux = a;
            2'b01: outmux = b;
            2'b10: outmux = c;
            default: outmux = d;
        endcase
    end
endmodule
```

この case 文では、入力 sel の値が記述された優先順に評価されます。優先順に評価されるのを防ぐには、parallel\_case という Verilog 属性を使用して、sel 入力が並列に評価されるようにします。

上記の case 文は次のように置き換えることができます。

```
(* parallel_case *) case(sel)
```

## for および repeat ループ文

always ブロックでは、繰り返しまたはビット スライス構造を記述するのに for 文または repeat 文も使用できます。

**for** 文では、次のエレメントがサポートされます。

- ・ 定数の範囲
  - ・ 次の演算子を使用したテスト条件の停止
    - <
    - <=
    - >
    - >=
  - ・ 次のいずれかに適合する次ステップの計算
    - **var = var + step**
    - **var = var - step**
- 説明 :
- **var** はループ変数
  - **step** は定数値

**repeat** 文では定数値しか使用できません。

**disable** 文はサポートされていません。

```
module countzeros (a, Count);
    input [7:0] a;
    output [2:0] Count;
    reg [2:0] Count;
    reg [2:0] Count_Aux;

    integer i;

    always @(a)
    begin
        Count_Aux = 3'b0;
        for (i = 0; i < 8; i = i+1)
        begin
            if (!a[i])
                Count_Aux = Count_Aux+1;
        end
        Count = Count_Aux;
    end
endmodule
```

## while 文

always ブロックでは、while 文を使用して繰り返し処理を実行できます。

- ・ while 文には、次の特徴があります。
  - テスト式が偽 (false) になるまで、含まれる文を実行します。
  - テスト式が始めから false の場合は実行されません。
- ・ 有効な Verilog の論理式であれば、どれでもテスト式として使用できます。
- ・ ループが永久に実行されるのを防ぐには、-loop\_iteration\_limit オプションを使用します。
- ・ while ループ文には disable 文を含めることができます。disable 文の構文は、ラベルが付いているブロック内に次の構文で使います。

**disable** <blockname>

```
parameter P = 4;
always @(ID_complete)
begin : UNIDENTIFIED
    integer i;
    reg found;
    unidentified = 0;
    i = 0;
    found = 0;
    while (!found && (i < P))
    begin
        found = !ID_complete[i];
        unidentified[i] = !ID_complete[i];
        i = i + 1;
    end
end
end
```

## 順次 always ブロック

always ブロックと次のエッジトリガ イベント (posedge または negedge) を含むセンシティビティ リストを使用して順次回路を記述します。

- ・ クロック イベント (必須)
- ・ オプションのセット/リセット イベント (非同期セット/リセット制御ロジックの記述)

オプションの非同期信号が記述されない場合、always ブロックは次のような構造になります。

```
always @(posedge CLK)
begin
    <synchronous_part>
end
```

オプションの非同期信号が記述される場合、always ブロックは次のような構造になります。

```
always @(posedge CLK or posedge ACTRL1 or à )
begin
    if (ACTRL1)
        <$asynchronous part>
    else
        <$synchronous_part>
end
```

#### 順次 always ブロック コード例 1

次の例では、立ち上がりエッジクロックの付いた 8 ビットレジスタを記述しています。その他の制御信号はありません。

```
module seq1 (DI, CLK, DO);
    input [7:0] DI;
    input CLK;
    output [7:0] DO;
    reg [7:0] DO;

    always @(posedge CLK)
        DO <= DI ;
endmodule
```

#### 順次 always ブロック コード例 2

次の例では、アクティブ High の非同期リセットを追加しています。

```
module EXAMPLE (DI, CLK, ARST, DO);
    input [7:0] DI;
    input CLK, ARST;
    output [7:0] DO;
    reg [7:0] DO;

    always @(posedge CLK or posedge ARST)
        if (ARST == 1'b1)
            DO <= 8'b00000000;
        else
            DO <= DI;

endmodule
```

### 順次 always ブロック コード例 3

次の例では、アクティブ High の非同期リセットとアクティブ Low の非同期セットを示しています。

```
module EXAMPLE (DI, CLK, ARST, ASET, DO);
    input [7:0] DI;
    input CLK, ARST, ASET;
    output [7:0] DO;
    reg [7:0] DO;

    always @(posedge CLK or posedge ARST or negedge ASET)
        if (ARST == 1'b1)
            DO <= 8'b00000000;
        else if (ASET == 1'b1)
            DO <= 8'b11111111;
        else
            DO <= DI;

endmodule
```

### 順次 always ブロック コード例 4

次の例では、非同期セット/リセットを含まず、同期リセットを含むレジスタを示しています。

```
module EXAMPLE (DI, CLK, SRST, DO);
    input [7:0] DI;
    input CLK, SRST;
    output [7:0] DO;
    reg [7:0] DO;

    always @(posedge CLK)
        if (SRST == 1'b1)
            DO <= 8'b00000000;
        else
            DO <= DI;

endmodule
```

## assign 文および deassign 文

XST では assign 文および deassign 文はサポートされません。

## 32 ビットを超える場合のビットの拡張

代入文の左側のビット幅が右側よりも大きい場合は、次のルールに従って、左側のビット幅が左にパディングされます。

- ・ 右側が符号付きの場合は、左側が次の符号付きビットでパディングされます。
- ・ 右側が符号なしの場合は、左側が 0 でパディングされます。
- ・ ビット指定のない x または z 定数の場合は、次の規則に従います。右側の最上位ビットが z (ハイ インピーダンス) または x (不明) の場合、右側が符号付きまたは符号なしにかかわらず、左側にその値 (z または x) が追加されます。

上記の規則は、Verilog-2001 標準に従っています。これらは、Verilog-1995 との互換性はありません。

## タスクと関数

このセクションでは、Verilog ビヘイビア記述のタスクおよび関数について説明します。

- ・ [タスクおよび関数のコード例](#)
- ・ [再帰タスクおよび関数](#)
- ・ [定数関数](#)

同じコードを何度も使用する場合、タスクや関数を使用すると、コードの量を削減したり、維持がしやすくなります。

タスクおよび関数は、モジュール内で宣言して使用する必要があります。ヘッダ部には次のパラメータが含まれます。

- ・ 入力パラメータ (関数の場合のみ)
- ・ 入力/出力/入出力パラメータ (タスクの場合)

関数の戻り値は、符号付きまたは符号なしで宣言できます。内容は組み合わせ always ブロック文に類似しています。

### タスクおよび関数のコード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。



## タスクおよび関数のコード例 1

```
//  
// An example of a function in Verilog  
//  
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip  
// File: Verilog_Language_Support/functions_tasks/functions_1.v  
//  
module functions_1 (A, B, CIN, S, COUT);  
    input [3:0] A, B;  
    input CIN;  
    output [3:0] S;  
    output COUT;  
    wire [1:0] S0, S1, S2, S3;  
  
    function signed [1:0] ADD;  
        input A, B, CIN;  
        reg S, COUT;  
        begin  
            S = A ^ B ^ CIN;  
            COUT = (A&B) | (A&CIN) | (B&CIN);  
            ADD = {COUT, S};  
        end  
    endfunction  
  
    assign S0 = ADD (A[0], B[0], CIN),  
           S1 = ADD (A[1], B[1], S0[1]),  
           S2 = ADD (A[2], B[2], S1[1]),  
           S3 = ADD (A[3], B[3], S2[1]),  
           S = {S3[0], S2[0], S1[0], S0[0]},  
           COUT = S3[1];  
  
endmodule
```

## タスクおよび関数のコード例 2

次の例では、同じ動作をタスクを使用して記述した例です。

```
//
// Verilog tasks
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: Verilog_Language_Support/functions_tasks/tasks_1.v
//
module tasks_1 (A, B, CIN, S, COUT);
    input [3:0] A, B;
    input CIN;
    output [3:0] S;
    output COUT;
    reg [3:0] S;
    reg COUT;
    reg [1:0] S0, S1, S2, S3;

    task ADD;
        input A, B, CIN;
        output [1:0] C;
        reg [1:0] C;
        reg S, COUT;
        begin
            S = A ^ B ^ CIN;
            COUT = (A&B) | (A&CIN) | (B&CIN);
            C = {COUT, S};
        end
    endtask

    always @(A or B or CIN)
    begin
        ADD (A[0], B[0], CIN, S0);
        ADD (A[1], B[1], S0[1], S1);
        ADD (A[2], B[2], S1[1], S2);
        ADD (A[3], B[3], S2[1], S3);
        S = {S3[0], S2[0], S1[0], S0[0]};
        COUT = S3[1];
    end

endmodule
```

## 再帰タスクおよび関数

Verilog-2001 では、再帰タスクおよび関数がサポートされます。再帰は、automatic キーワードだけで指定できます。再帰呼び出しが永久に実行されるのを防ぐために、繰り返す回数は 64 (デフォルト) に制限されています。回数を変更するには、-recursion\_iteration\_limit オプションを使用します。

### 再帰タスクおよび関数のコード例

```
function automatic [31:0] fac;
    input [15:0] n;
    if (n == 1)
        fac = 1;
    else
        fac = n * fac(n-1); //recursive function call
endfunction
```

## 定数関数

XST では、定数値を計算する関数呼び出しがサポートされます。

### 定数関数のコード例

```
//
// A function that computes and returns a constant value
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: Verilog_Language_Support/functions_tasks/functions_constant.v
//
module functions_constant (clk, we, a, di, do);
    parameter ADDRWIDTH = 8;
    parameter DATAWIDTH = 4;
    input clk;
    input we;
    input [ADDRWIDTH-1:0] a;
    input [DATAWIDTH-1:0] di;
    output [DATAWIDTH-1:0] do;

    function integer getSize;
        input addrwidth;
        begin
            getSize = 2**addrwidth;
        end
    endfunction

    reg [DATAWIDTH-1:0] ram [getSize(ADDRWIDTH)-1:0];

    always @(posedge clk) begin
        if (we)
            ram[a] <= di;
        end
        assign do = ram[a];
    end

endmodule
```

## ブロックおよびノンブロッキング手続き代入文

タイミング制御文の # および @ を使用すると、指定されたイベントが発生するまでその後に続く文は実行されません。ブロッキングおよびノンブロッキング手続き代入文には、タイミングを制御する要素が組み込まれています。合成では、# の遅延は無視されます。

### ブロッキング手続き代入文のコード例 1

```
reg a;  
a = #10 (b | c);
```

### ブロッキング手続き代入文のコード例 2

```
if (in1) out = 1'b0;  
else out = in2;
```

このタイプの代入文では、文が 1 つずつ順に実行され、プロセスに含まれる別の文が同時に実行されることはありません。これは、主にシミュレーションで使用します。

ノンブロッキング代入文では、文が実行されるときに式が評価されますが、同じプロセスに含まれるほかの文も同時に実行されます。変数は、指定された遅延後に変更されます。

### ノンブロッキング手続き代入文のコード例 1

```
variable <= @(posedge_or_negedge_bit) expression;
```

### ノンブロッキング手続き代入文のコード例 2

次に、ノンブロッキング手続き代入文の使用例を示します。

```
if (in1) out <= 1'b1;  
else out <= in2;
```

## 定数

Verilog の定数は 10 進数の整数であると認識されますが、適切な接頭辞を使用して 2 進、8 進、10 進、16 進に指定できます。たとえば、次はすべて同じ値を表します。

- ・ 4'b1010
- ・ 4'o12
- ・ 4'd10
- ・ 4'ha

## マクロ

Verilog では、マクロが次のように定義されます。

```
'define TESTEQ1 4'b1101
```

定義されたマクロは、次のようにデザイン コードの後で参照されます。

```
if (request == 'TESTEQ1)
```

### コード例 1

```
'define myzero 0  
assign mysig = 'myzero;
```

Verilog では、マクロが定義されているかどうかを判断する 'ifdef および 'endif も使用できます。これらの構文は、条件付きコンパイルを定義するために使用します。'ifdef コマンドで呼び出されたマクロが定義されている場合、そのコードはコンパイルされますが、定義されていない場合は、'else コマンドに続くコードがコンパイルされます。'else は必須ではありませんが、条件文の最後に 'endif を付ける必要があります。

### コード例 2

```
'ifdef MYVAR
module if_MYVAR_is_declared;
...
endmodule
'else
module if_MYVAR_is_not_declared;
...
endmodule
'endif
```

Verilog マクロ (**-define**) を使用すると、Verilog マクロを定義または再定義でき、ソースコードを変更しなくてもデザイン コンフィギュレーションを簡単に修正できます。これは、IP コアの生成やフロー テストのようなプロセスで便利な機能です。

## Include ファイル

Verilog では、ソースコードを複数のファイルに分割できます。別のファイルに含まれるコードを参照するには、次の構文を使用します。

```
'include "path/file-to-be-included"
```

相対パスまたは絶対パスのどちらでも使用できます。

同じ Verilog ファイルに複数の 'include 文を含めることができます。こうすることで、複数ファイルでデザインに含まれる複数モジュールを記述するようなチーム デザイン環境で、コードが管理しやすくなります。

'include 文で指定したファイルを認識させるには、ISE® Design Suite または XST にこのファイルのディレクトリを認識させる必要があります。

- ・ ISE Design Suite はデフォルトでプロジェクト ディレクトリを検索するので、ファイルをプロジェクト ディレクトリに追加すると ISE Design Suite で認識されるようになります。
- ・ 相対パスまたは絶対パスを HDL ソースコードの 'include 文に含めることで別のディレクトリを ISE Design Suite に認識させることができます。
- ・ XST が直接 include ファイル ディレクトリをポイントするようにするには、[Verilog インクルード ディレクトリ \(-vlgincdir\)](#) を使用します。
- ・ ISE Design Suite でデザイン階層を構築するのにこのファイルが必要とされる場合は、プロジェクト ディレクトリに含めるか、または相対パスまたは絶対パスで参照させる必要があります。ファイルをプロジェクトに追加する必要はありません。

XST デザイン プロジェクト ファイルでは、別の方法で Verilog ファイルの内容をプロジェクトの残りに対して認識させます。ザイリンクスでは、XST デザイン プロジェクト ファイルを使用する方法を推奨していますが、このインクルード方法を使用する場合は、競合に気をつけてください。ここで記述する以外の方法で Verilog ファイルを含めたり、そのときに XST デザイン プロジェクト ファイルをリストしたりすると、次のようなエラー メッセージが表示されます。

```
ERROR:HDLCompiler:687 - "include_sub.v" Line 1: Illegal redeclaration of module <sub>.
```

このエラー メッセージは、Verilog ファイルをそのような方法で ISE Design Suite プロジェクトに追加した場合も表示されることがあります。これは、ISE Design Suite がこれらのファイルを XST デザイン プロジェクト ファイルに自動的に追加するために、定義が重複してしまうからです。

## コメント

XST では、次の形式の Verilog ビヘイビア記述のコメントがサポートされます。

- ・ コメントが 1 行の場合は // で開始します。

```
// This is a one-line comment
```
- ・ コメントが複数行になる場合は /\* で開始して \*/ で終わるようにその部分を囲みます。

```
/* This is a
   Multiple-line
   comment
*/
```

Verilog ビヘイビア記述のコメント方法は、C++ のようなプログラミング言語と同様です。

## generate 文

このセクションでは、Verilog ビヘイビア記述の generate 文について説明します。

generate 文を使用すると、パラメータ変更可能なスケーラブルなコードを作成できます。generate 文の内容は条件別にデザインにインスタンスエートできます。generate 文は Verilog のエラボレーション中に実行されます。

generate 文を使用すると、反復的な構文やスケーラブルな構文を作成したり、特定の条件を満たす条件関数を作成することもできます。generate 文では、次のような構造が作成できます。

- ・ プリミティブまたはモジュールのインスタンス
- ・ initial または always 手続きブロック
- ・ 継続代入文
- ・ ネットおよび変数の宣言
- ・ パラメータの再定義
- ・ タスクまたは関数の定義

generate 文はモジュール内で記述し、generate で開始し、endgenerate で終了します。

XST では、次の 3 つの generate 文がサポートされています。

- ・ **generate ループ文 (generate-for)**
- ・ **generate 条件文 (generate-if-else)**
- ・ **generate ケース文 (generate-case)**

## generate ループ文

generate-for ループ文を使用するとは、モジュール内に 1 つ以上のインスタンスが作成されます。generate-for ループ文は for ループ文と同様に使用できますが、次のような制限があります。

- ・ generate-for ループ文のインデックスには、genvar 変数を使用する必要があります。
- ・ for ループ制御内の代入は、genvar 変数を参照する必要があります。
- ・ for ループ文の内容は begin 文と end 文で囲み、begin 文には固有の修飾子が付いた名前を使用します。

### generate ループ文を使用した 8 ビット加算器のコード例

```
generate
genvar i;
    for (i=0; i<=7; i=i+1)
        begin : for_name
            adder add (a[8*i+7 : 8*i], b[8*i+7 : 8*i], ci[i], sum_for[8*i+7 : 8*i], c0_or[i+1]);
        end
endgenerate
```

## generate 条件文

generate-if-else 文は、オブジェクトの生成を条件で制御するために使用します。

- ・ if-else 文の各分岐の内容は begin 文と end 文で囲みます。
- ・ begin 文には固有の修飾子が付いた名前を使用します。

### generate 条件文のコード例

次の例では、データワードの幅に基づいて 2 つの異なるインプリメンテーションで乗算器をインスタンス化しています。

```
generate
    if (IF_WIDTH < 10)
        begin : if_name
            multiplier_imp1 # (IF_WIDTH) u1 (a, b, sum_if);
        end
    else
        begin : else_name
            multiplier_imp2 # (IF_WIDTH) u2 (a, b, sum_if);
        end
    end
endgenerate
```

## Verilog ビヘイビア記述の generate-case 文

generate-case 文は、オブジェクトの生成をさまざまな条件で制御するために使用します。

- ・ generate-case 文の各分岐の内容は begin 文と end 文で囲みます。
- ・ begin 文には固有の修飾子が付いた名前を使用します。

### generate-case 文の Verilog ビヘイビア記述のコード例

次の例では、データワードの幅に基づいて 2 つ以上のインプリメンテーションで乗算器をインスタンス化しています。

```
generate
  case (WIDTH)
    1:
      begin : case1_name
        adder #(WIDTH*8) x1 (a, b, ci, sum_case, c0_case);
      end
    2:
      begin : case2_name
        adder #(WIDTH*4) x2 (a, b, ci, sum_case, c0_case);
      end
    default:
      begin : d_case_name
        adder x3 (a, b, ci, sum_case, c0_case);
      end
  endcase
endgenerate
```



## 混合言語のサポート

XST では、VHDL と Verilog の混合言語プロジェクトがサポートされます。

- ・ VHDL と Verilog の混合は、デザイン ユニット (セル) のインスタンス化のみに制限されています。
- ・ Verilog モジュールは VHDL コードからインスタンス化できます。
- ・ VHDL エンティティは Verilog コードからインスタンス化できます。
- ・ それ以外の方法で VHDL と Verilog は混合できません。たとえば、Verilog ソースコードを直接 VHDL コードに埋め込むことはできません。
- ・ VHDL デザインでは、VHDL タイプ、ジェネリック、およびポートの制限されたサブセットを Verilog モジュールとの境界に使用できます。
- ・ Verilog デザインでは、Verilog タイプ、ジェネリック、およびポートの制限されたサブセットを VHDL モジュールまたはコンフィギュレーションとの境界に使用できます。
- ・ XST では、エラボレーション段階で VHDL デザイン ユニットが Verilog モジュールにバインドされます。
- ・ Verilog モジュールを VHDL デザイン ユニットにバインドする際は、デフォルトのバインド方法に基づくコンポーネント インスタンス化が使用されます。
- ・ Verilog モジュールを VHDL にインスタンス化する場合、コンフィギュレーションの設定、直接のインスタンス化、およびコンポーネント コンフィギュレーションはサポートされません。
- ・ プロジェクトを構成する VHDL および Verilog ファイルは、独自の XST HDL プロジェクトファイルで指定します。

詳細は、次を参照してください。

### 第 2 章「XST プロジェクトの作成および合成」

- ・ VHDL および Verilog ライブラリが論理的に統一されます。
- ・ コンパイル用のデフォルトの作業ディレクトリ (xsthdpdir) は、VHDL でも Verilog でも使用できます。
- ・ 論理ライブラリ名をホスト ファイル システムの物理ディレクトリ名にマップする xhdp.ini のメカニズムは、VHDL でも Verilog でも使用できます。
- ・ デザイン ユニット (セル) を統一された論理ライブラリで検索するための検索順を指定できます。エラボレーションの段階でこの検索順に従って、VHDL エンティティまたは Verilog モジュールが検索され、混合言語プロジェクトにバインドされます。

## VHDL/Verilog の境界規則

VHDL と Verilog の境界は、デザイン ユニットのレベルにより決定します。VHDL のエンティティまたはアーキテクチャには Verilog モジュールをインスタンス化でき、Verilog のモジュールには VHDL エンティティをインスタンス化できます。

### Verilog デザインへの VHDL デザイン ユニットのインスタンス化

VHDL エンティティをインスタンス化するには、次の手順に従ってください。

1. インスタンス化する VHDL エンティティと同じモジュール名 (アーキテクチャ名を付けたものも可) を宣言
2. 通常の Verilog インスタンス化を実行

Verilog デザインにインスタンス化できる VHDL の構文は、VHDL エンティティのみです。その他の VHDL の構文は Verilog コードで認識されません。XST では、エンティティ/アーキテクチャ ペアが Verilog と VHDL の境界として使用されます。

XST では、バインド処理はエラボーレーション段階で行われます。バインド処理では、統一された論理ライブラリから指定したライブラリの検索順に、Verilog モジュール名 (モジュール インスタンス化で指定されたアーキテクチャ名は無視される) が検索されます。

詳細は、次を参照してください。

#### Library Search Order (LSO) ファイル

見つかった場合は、その名前がバインドされます。Verilog モジュールが見つからない場合は、インスタンス化されたモジュールの名前は VHDL エンティティとして扱われ、大文字と小文字を区別して検索が行われます。VHDL エンティティは、VHDL デザイン ユニットが拡張識別子付きで保存されていると仮定して、ユーザー指定の順序でライブラリのユーザー指定のリストから検索されます。

詳細は、次を参照してください。

#### Library Search Order (LSO) ファイル

見つかった場合は、その名前がバインドされます。XST では、最初に一致した VHDL エンティティを選択してバインドします。

Verilog モジュールから VHDL デザイン ユニットのインスタンス化する場合、XST では次のような制限があります。

- ・ ポートの関連付けは明示的に行う必要があります。ポート マップでは、必ず正式な有効ポート名を指定してください。
- ・ パラメータは、値が変化しない場合でも、インスタンス化時にすべて渡す必要があります。
- ・ パラメータを変更する場合は、どのパラメータかを指定する必要があります。順序は認識されません。この場合、defparam を使用するのではなくインスタンス化を使用してください。

#### 使用可能なコード例

XST では次のコード例を使用できます。

```
ff #(.init(2'b01)) u1 (.sel(sel), .din(din), .dout(dout));
```

### 使用不可なコード例

**注意：** 次のコード例は使用できません。

```
ff u1 (.sel(sel), .din(din), .dout(dout));  
defparam u1.init = 2'b01;
```

## VHDL への Verilog モジュールのインスタンスシート

VHDL デザインに Verilog モジュールをインスタンスシートするには、次の手順に従います。

1. インスタンスシートする Verilog モジュールと同じ名前の VHDL コンポーネントを宣言します。Verilog モジュール名がすべて小文字でない場合は、次のいずれかの方法で case プロパティを使用し、大文字/小文字を保持するように設定します。

- ・ ISE® Design Suite

[Synthesize - XST] プロセスの [Process Properties] ダイアログ ボックスを表示して、[Synthesis Options] → [Case] → [Maintain] を選択します。

- ・ コマンド ライン

-case を maintain に設定

2. VHDL コンポーネントをインスタンスシートするのと同様に、Verilog コンポーネントをインスタンスシートします。

VHDL コンフィギュレーション宣言を使用して、このコンポーネントを特定のライブラリからの特定のデザイン ユニットにバインドする方法はサポートされていません。サポートされるのは、デフォルト Verilog モジュールのバインドのみです。

VHDL デザインにインスタンスシートできる Verilog の構文は、Verilog モジュールのみです。その他の Verilog の構文は VHDL コードで認識されません。

- ・ エラボレーションの段階で、デフォルトのバインド処理が行われるすべてのコンポーネントは、対応するコンポーネントの名前と同じ名前のデザイン ユニットとして処理されます。
- ・ バインド段階では、コンポーネント名は VHDL デザイン ユニット名として扱われ、work という論理ライブラリ内で検索されます。
  - VHDL デザイン ユニットが見つかった場合、バインドされます。
  - VHDL デザイン ユニットが見つからない場合は、コンポーネント名は Verilog モジュールとして扱われ、大文字と小文字を区別して検索が行われます。

Verilog モジュールは、統一された論理ライブラリから指定したライブラリの検索順に検索されます。

詳細は、次を参照してください。

### [Library Search Order \(LSO\) ファイル](#)

XST では、最初に一致した Verilog モジュールを選択してバインドします。

ライブラリは統一されているため、VHDL デザイン ユニットと同じ名前の Verilog セルは同じ論理ライブラリに共存させることはできません。同じ名前のセル/ユニットが新しくコンパイルされると、以前にコンパイルされたものが上書きされます。

## ジェネリックのサポート

XST では、混合言語デザインで次の VHDL ジェネリック タイプがサポートされます。

- ・ **integer**
- ・ **real**
- ・ **string**
- ・ **boolean**

## ポートのマッピング

このセクションでは、Verilog にインスタンス化された VHDL および VHDL にインスタンス化された Verilog のポート マッピングについて説明します。

### Verilog への VHDL のインスタンス化

VHDL エンティティが Verilog モジュールにインスタンス化される場合、ポートの詳細は次のようになります。

- ・ サポートされる方向：
  - **in**
  - **out**
  - **inout**
- ・ サポートされない方向：
  - **buffer**
  - **linkage**
- ・ 使用可能なデータ型：
  - **bit**
  - **bit\_vector**
  - **std\_logic**
  - **std\_ulogic**
  - **std\_logic\_vector**
  - **std\_ulogic\_vector**

### VHDL への Verilog のインスタンス化

Verilog モジュールが VHDL エンティティまたはアーキテクチャにインスタンス化される場合、ポートの詳細は次のようになります。

- ・ サポートされる方向：
  - **input**
  - **output**
  - **inout**
- ・ XST では、Verilog の双方向パス オプションはサポートされていません。
- ・ XST では、混合言語の境界に名前のない Verilog ポートを使用することはできません。
- ・ 使用可能なデータ型
  - **wire**
  - **reg**

大文字と小文字が混合している Verilog モジュールのポート名を接続する場合は、コンポーネント宣言と同じようにしてください。Verilog ポート名はすべて小文字であると判断されます。

## Library Search Order (LSO) ファイル

ライブラリ検索順ファイル (Library Search Order (LSO)) では、VHDL/Verilog 混合デザインに対して XST で使用するライブラリの検索順が指定されます。ファイルはプロジェクト ファイルに現れる順序で検索されます。

XST では、次の場合デフォルトの検索順が使用されます。

- ・ LSO ファイルに `DEFAULT_SEARCH_ORDER` キーワードが含まれる場合
- ・ LSO ファイルが指定されていない場合

### ISE Design Suite での LSO ファイルの指定

ISE® Design Suite では、Library Search Order (LSO) ファイルのデフォルト名は `project_name.lso` です。`project_name.lso` ファイルが存在しない場合は、ISE Design Suite により自動的に作成されます。ISE Design Suite で既存の `project_name.lso` ファイルが検出されると、そのファイルがそのまま使用されます。プロジェクト名が最上位レベルのブロックの名前になります。ISE Design Suite でデフォルトの LSO ファイルが作成されると、ファイルの最初の行に **`DEFAULT_SEARCH_ORDER`** キーワードが記述されます。

### コマンドライン モードでの LSO ファイルの指定

コマンドラインから XST を使用する場合は、Library Search Order (LSO) (**`-lso`**) オプションを使用して LSO ファイルを指定します。`-lso` オプションを使用しない場合は、LSO ファイルを使用せずに、デフォルトのライブラリ検索順が使用されます。

### LSO の規則

XST では、混合言語プロジェクトを処理する際、Library Search Order (LSO) ファイルの内容別に次の検索順規則が使用されます。

- ・ 空の LSO ファイル
- ・ `DEFAULT_SEARCH_ORDER` キーワードのみの場合
- ・ `DEFAULT_SEARCH_ORDER` キーワードとライブラリ リストがある場合
- ・ ライブラリ リストのみの場合
- ・ `DEFAULT_SEARCH_ORDER` キーワードがなく、存在しないライブラリ名が使用される場合

#### 空の LSO ファイル

Library Search Order (LSO) ファイルが空の場合、XST では次が実行されます。

- ・ LSO ファイルが空であることを示す警告メッセージが表示されます。
- ・ デフォルトのライブラリ検索順を使用してプロジェクト ファイルで指定したファイルが検索されます。
- ・ プロジェクト ファイルに表示される順にライブラリ リストが追加され、LSO ファイルがアップデートされます。

## DEFAULT\_SEARCH\_ORDER キーワードのみの場合

Library Search Order (LSO) ファイルに **DEFAULT\_SEARCH\_ORDER** キーワードのみが含まれる場合、XST では次が実行されます。

- ・ プロジェクト ファイルに現れる順序でライブラリ ファイルが検索されます。
- ・ LSO ファイルが次のようにアップデートされます。
  - DEFAULT\_SEARCH\_ORDER キーワードが削除される
  - プロジェクト ファイルに現れる順序で、ライブラリが LSO ファイルにリストされる

プロジェクト ファイル my\_proj.prj には、次のような内容が含まれています。

```
vhdl      vllib1    f1.vhd
verilog   rtflllib   f1.v
vhdl      vllib2    f3.vhd
```

LSO ファイル my\_proj.lso の内容は、次のとおりです。

```
DEFAULT_SEARCH_ORDER
```

XST では、次の検索順が使用されます。プロセス後、同じ内容がアップデートされた my\_proj.lso に表示されます。

```
vllib1
rtflllib
vllib2
```

## DEFAULT\_SEARCH\_ORDER キーワードとライブラリ リストがある場合

Library Search Order (LSO) ファイルに DEFAULT\_SEARCH\_ORDER キーワードとライブラリのリストが含まれる場合、XST では次が実行されます。

- ・ プロジェクト ファイルに現れる順序でライブラリ ファイルが検索されます。
- ・ LSO ファイルに含まれるライブラリのリストは無視されます。
- ・ LSO ファイルはアップデートされません。

プロジェクト ファイル my\_proj.prj には、次のような内容が含まれています。

```
vhdl      vllib1    f1.vhd
verilog   rtflllib   f1.v
vhdl      vllib2    f3.vhd
```

LSO ファイル my\_proj.lso の内容は、次のとおりです。

```
rtflllib
vllib2
vllib1
DEFAULT_SEARCH_ORDER
```

XST では、次の検索順が使用されます。

```
vllib1
rtflllib
vllib2
```

プロセス後の my\_proj.lso の内容に変更はありません。

```
rtfllib  
vhlib2  
vhlib1  
DEFAULT_SEARCH_ORDER
```

## ライブラリ リストのみの場合

LSO ファイルにライブラリのリストが含まれており、DEFAULT\_SEARCH\_ORDER キーワードがない場合、XST では次が実行されます。

- ・ LSO ファイルにリストされている順序でライブラリ ファイルが検索されます。
- ・ LSO ファイルはアップデートされません。

プロジェクト ファイル my\_proj.prj には、次のような内容が含まれています。

```
vhdl vhlib1 f1.vhd  
verilog rtfllib f1.v  
vhdl vhlib2 f3.vhd
```

LSO ファイル my\_proj.lso の内容は、次のとおりです。

```
rtfllib  
vhlib2  
vhlib1
```

XST では、次の検索順が使用されます。

```
rtfllib  
vhlib2  
vhlib1
```

プロセス後の my\_proj.lso の内容は、次のとおりです。

```
rtfllib  
vhlib2  
vhlib1
```

## DEFAULT\_SEARCH\_ORDER キーワードがなく、存在しないライブラリ名が使用される場合

プロジェクトまたは INI ファイルに存在しないライブラリ名が Library Search Order (LSO) ファイルに含まれており、LSO ファイルに DEFAULT\_SEARCH\_ORDER キーワードが含まれていない場合、そのライブラリは無視されます。

プロジェクト ファイル my\_proj.prj には、次のような内容が含まれています。

```
vhdl vhlib1 f1.vhd  
verilog rtfllib f1.v  
vhdl vhlib2 f3.vhd
```

LSO ファイル my\_proj.lso が次の内容で作成されます。

```
personal_lib  
rtfllib  
vhlib2  
vhlib1
```



XST では、次の検索順が使用されます。

```
rtfllib  
vhlib2  
vhlib1
```

プロセス後の my\_proj.lso の内容は、次のとおりです。

```
rtfllib  
vhlib2  
vhlib1
```



## HDL コーディング手法

HDL コーディング手法を使用すると、次が実行できます。

- ・ デジタル ロジック回路でよく使用される機能を記述できます。
- ・ Virtex®-6 と Spartan®-6 デバイス アーキテクチャの機能を利用できます。

この章のほとんどのセクションには、次が記述されています。

- ・ 機能の一般的な説明
- ・ HDL ソース コードでその機能を使用するガイドライン
- ・ XST で Virtex-6 と Spartan-6 デバイスにその機能がどのようにインプリメントされるかの情報。詳細は、[第 8 章「FPGA の最適化」](#)を参照してください。
- ・ XST でのその機能の処理方法を制御する制約のリスト
- ・ レポート例
- ・ VHDL および Verilog コード例

ISE® Design Suite から合成テンプレートを使用する方法については、ISE Design Suite ヘルプを参照してください。

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

### VHDL と Verilog の利点と不利点

| VHDL                                            | Verilog                                      |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 規則はより厳格になり、明確に入力する必要があり、自由度は低く、エラーが発生しやすくなります。  | System Verilog への拡張（現在のところ XST でサポートされていません） |
| HDL ソース コードでの RAM の初期化が簡単（Verilog の初期ブロックの方が困難） | C 言語のような構文                                   |
| パッケージ サポート                                      | コードは VHDL よりもコンパクト                           |
| カスタム タイプ                                        | コメントのブロック化（複数行）                              |
| 列挙型                                             | VHDL のようにコンポーネント インスタンス化が少なくない               |
| reg と wire を混乱することがない                           |                                              |

## マクロ推論フローの概要

マクロ推論は、XST 合成フローでは次の 3 段階で発生します。

- ・ 基本的なマクロは HDL 合成中に推論
- ・ 複雑なマクロはアドバンス HDL 合成中に推論
- ・ マクロの中には、タイミング情報が使用可能になって、より多くの情報を含む決定が可能になったときに、下位レベルの最適化中に推論されるものもあり

アドバンス HDL 合成中に推論されるマクロは、通常その前の HDL 合成中に推論された基本的なマクロが複数集まったものになります。ほとんどの場合、XST の推論エンジンでは階層の違いに関係なく、これらのグループ化が実行できます。ただし、[階層の維持 \(KEEP\\_HIERARCHY\)](#) が yes に設定されている場合は、例外です。

たとえば、ブロック RAM は、あるユーザーが定義した階層ブロックに記述された RAM コアの機能と別のユーザーが定義した階層で記述されたレジスタを一緒にまとめて、推論されることがあります。これにより、HDL プロジェクトをモジュラ方式で構成できるので、別の VHDL エンティティおよび Verilog モジュールで記述したデザイン エLEMENT 間の関係が XST で認識可能です。

基本のビットレベルのエLEMENTそれぞれを別の階層に記述しないでください。このように記述すると、合成ツールの RTL 推論機能が使用されなくなってしまう。HDL ソースコードの構造については、「[DSP の推論](#)」のデザイン プロジェクトを参照してください。

## フリップフロップおよびレジスタ

このセクションには、次の内容が含まれます。

- ・ [フリップフロップおよびレジスタの概要](#)
- ・ [フリップフロップおよびレジスタの初期化](#)
- ・ [フリップフロップおよびレジスタの制御信号](#)
- ・ [フリップフロップおよびレジスタの関連制約](#)
- ・ [フリップフロップおよびレジスタのレポート](#)
- ・ [フリップフロップおよびレジスタのコード例](#)

### フリップフロップおよびレジスタの概要

XST では、次の制御信号付きのフリップフロップおよびレジスタが認識されます。

- ・ 立ち上がりエッジまたは立ち下がりエッジのクロック
- ・ 非同期セット/リセット
- ・ 同期セット/リセット
- ・ クロック イネーブル

フリップフロップおよびレジスタは、次を使用して記述されます。

- ・ 順次 process 文 (VHDL)
- ・ always ブロック (Verilog)

順次ロジックの記述方法については、次を参照してください。

- ・ [第 3 章「VHDL 言語のサポート」](#)
- ・ [第 4 章「Verilog 言語のサポート」](#)

process または always ブロックのセンシティビティリストには、クロック信号とすべての非同期制御信号がリストされます。

### フリップフロップおよびレジスタの初期化

回路に電源が投入されたときにレジスタの内容を初期化するには、それを表す信号のデフォルト値を指定します。

VHDL でこれを実行するには、次のように信号を宣言します。

```
signal example1 : std_logic := '1';
signal example2 : std_logic_vector(3 downto 0) := (others => '0');
signal example3 : std_logic_vector(3 downto 0) := "1101";
```

Verilog の場合、初期内容は次のように記述されます。

```
reg example1 = 'b1 ;
reg [15:0] example2 = 16'b1111111011011100;
reg [15:0] example3 = 16'hFEDC;
```

合成済みフリップフロップは、回路に電源が投入されたときにグローバル リセットがオンになると、ターゲット デバイスで指定した値に初期化されます。

## フリップフロップおよびレジスタの制御信号

次が制御信号です。

- ・ クロック
- ・ 非同期および同期のセット/リセット信号
- ・ クロック イネーブル

下記のコーディング ガイドラインに従うと、次が可能になります。

- ・ スライス ロジック使用率の最小化
- ・ 最高の回路パフォーマンス
- ・ ブロック RAM および DSP ブロックなどのデバイス リソースの使用

コーディング ガイドラインは、次のようになります。

- ・ レジスタを非同期にセット/リセットしないで、同期初期化を使用します。これは、ザイリンクス デバイスでは可能ですが、次の理由により推奨されません。
  - 制御セットのマップがやり直せなくなります。
  - ブロック RAM および DSP ブロックなどのデバイス リソースの順次機能は同期にしかセットまたはリセットできません。これらのリソースは使用できなくなるか、最適にコンフィギュレーションされなくなります。
- ・ コーディング ガイドラインでレジスタを非同期にセットまたはリセットにする必要がある場合は、[非同期から同期への変換 \(ASYNC\\_TO\\_SYNC\)](#) を使用します。これにより、同期セット/リセットが使用できるようになります。
- ・ セットとリセット両方が付いたフリップフロップは記述できません。Virtex®-6 および Spartan®-6 デバイスから、セットとリセットの両方を含むフリップフロップ プリミティブは同期/非同期に関わらず、使用できなくなっています。ソフトウェアで拒否されない場合、この組み合わせによりインプリメンテーションでエリアやパフォーマンスに悪影響がでることもあります。
- ・ XST では非同期リセットと非同期セットの両方を含むフリップフロップが拒否されます。コスト的に同等のモデルへターゲット変更されることはありません。
- ・ できる限り、セット/リセットロジックを一緒に使用しないでください。たとえば、回路のグローバルリセットを使って初期内容を定義するなど、その他のコストがより低くてすむような方法で、希望どおりの結果にできることがあります。
- ・ ザイリンクス フリップフロップ プリミティブのクロック イネーブル、セット/リセット制御入力は常にアクティブ High です。アクティブ Low にすると、インバータロジックになり、回路のパフォーマンスが悪化します。

## フリップフロップおよびレジスタの関連制約

- ・ [I/O レジスタの IOB 内へのパック \(IOB\)](#)
- ・ [レジスタの複製 \(REGISTER\\_DUPLICATION\)](#)
- ・ [等価レジスタの削除 \(EQUIVALENT\\_REGISTER\\_REMOVAL\)](#)
- ・ [レジスタの自動調整 \(REGISTER\\_BALANCING\)](#)
- ・ [非同期から同期への変換 \(ASYNC\\_TO\\_SYNC\)](#)

フリップフロップおよびレジスタのインプリメンテーションの制御方法詳細は、次を参照してください。

## LUT へのロジックのマッピング

## フリップフロップおよびレジスタのレポート

レジスタが推論されると、HDL 合成中にレポートが出力されます。アドバンス HDL 合成が終了すると、個別のフリップフロップについてもレポートに含まれるようになります。

```
=====
*                               HDL Synthesis                               *
=====

Synthesizing Unit registers_5>.
  Found 4-bit register for signal Q>.
  Summary:
    inferred    4 D-type flip-flop(s).
Unit registers_5> synthesized.

=====

HDL Synthesis Report

Macro Statistics
# Registers                      : 1
  4-bit register                 : 1

=====

=====
*                               Advanced HDL Synthesis                       *
=====

(...)

=====

Advanced HDL Synthesis Report

Macro Statistics
# Registers                      : 4
  Flip-Flops                    : 4

=====
```

HDL 合成中に推論されたレジスタの数は、Design Summary セクションのフリップフロップ プリミティブの数と完全には一致しないことがあります。これは、Design Summary セクションには、アドバンス HDL 合成と下位レベル合成で処理された数が表示されるからです。次のようなオプションがあります。

- ・ DSP ブロックやブロック RAM へのレジスタの吸収
- ・ レジスタの複製
- ・ 定数や同等のフリップフロップの削除
- ・ レジスタ自動調整

## フリップフロップおよびレジスタのコード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

### フリップフロップおよびレジスタの VHDL コード例

```
--
-- Flip-Flop with
--   Rising-edge Clock
--   Active-high Synchronous Reset
--   Active-high Clock Enable
--   Initial Value
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/registers/registers_6.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

entity registers_6 is
    port(
        clk    : in  std_logic;
        rst    : in  std_logic;
        clken   : in  std_logic;
        D      : in  std_logic;
        Q      : out std_logic);
end registers_6;

architecture behavioral of registers_6 is
    signal S : std_logic := '0';
begin

    process (clk)
    begin
        if rising_edge(clk) then
            if rst = '1' then
                S <= '0';
            elsif clken = '1' then
                S <= D;
            end if;
        end if;
    end process;

    Q <= S;

end behavioral;
```



## フリップフロップおよびレジスタの Verilog コード例

```
//  
// 4-bit Register with  
//     Rising-edge Clock  
//     Active-high Synchronous Reset  
//     Active-high Clock Enable  
//  
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip  
// File: HDL_Coding_Techniques/registers/registers_6.v  
//  
module v_registers_6 (clk, rst, clken, D, Q);  
    input      clk, rst, clken;  
    input      [3:0] D;  
    output reg [3:0] Q;  
  
    always @(posedge clk)  
    begin  
        if (rst)  
            Q <= 4'b0011;  
        else if (clken)  
            Q <= D;  
    end  
  
endmodule
```

## ラッチ

このセクションには、次の内容が含まれます。

- ・ [ラッチの概要](#)
- ・ [ラッチの記述](#)
- ・ [ラッチの関連制約](#)
- ・ [ラッチのレポート](#)
- ・ [ラッチのコード例](#)

### ラッチの概要

XST で推論されるラッチには、次が含まれます。

- ・ データ入力
- ・ イネーブル入力
- ・ データ出力
- ・ セット/リセット (オプション)

### ラッチの記述

ラッチは通常、ラッチ出力をモデリングする信号に if-else 文の分岐で新しい内容が代入されない場合に、HDL 記述から作成されます。

ラッチは次で記述できます。

- ・ 同時処理信号代入文 (VHDL)

```
Q <= D when G = '1';
```

- ・ process 文 (VHDL)

```
process (G, D)
begin
  if G = '1' then
    Q <= D;
  end process;
```

- ・ always ブロック (Verilog)

```
always @ (G or D)
begin
  if (G)
    Q <= D;
end
```

VHDL の場合、XST では wait 文に基づいた記述からラッチが推論されます。

### ラッチの関連制約

[I/O レジスタの IOB 内へのパック \(IOB\)](#)

## ラッチのレポート

XST ログ ファイルには、認識されたラッチのタイプおよびビット幅が示されます。

```
=====
*                               HDL Synthesis                               *
=====

Synthesizing Unit example>.
  WARNING:Xst:737 - Found 1-bit latch for signal <Q>.
Latches may be generated from incomplete case or if statements.
We do not recommend the use of latches in FPGA/CPLD designs,
as they may lead to timing problems.
  Summary:
  inferred    1 Latch(s).
Unit example> synthesized.

=====

HDL Synthesis Report

Macro Statistics
# Latches                : 1
  1-bit latch            : 1

=====
```

その他のマクロと異なり、XST は警告をこのインスタンスで出力します。原因は、case 文や if 文が不完全であった場合など、HDL コードの間違いの結果であることがよくあります。この警告メッセージは、潜在的な問題を警告するもので、これにより推論されたラッチの機能が意図どおりであるかどうか確認できます。

## ラッチのコード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

## ポジティブ ゲートおよび非同期リセット付きラッチの VHDL コード例

```
--
-- Latch with Positive Gate and Asynchronous Reset
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/latches/latches_2.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

entity latches_2 is
    port(G, D, CLR : in std_logic;
         Q : out std_logic);
end latches_2;

architecture archi of latches_2 is
begin
    process (CLR, D, G)
    begin
        if (CLR='1') then
            Q <= '0';
        elsif (G='1') then
            Q <= D;
        end if;
    end process;
end archi;
```

## ポジティブ ゲート付きラッチの Verilog コード例

```
//
// Latch with Positive Gate
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/latches/latches_1.v
//
module v_latches_1 (G, D, Q);
    input G, D;
    output Q;
    reg Q;

    always @(G or D)
    begin
        if (G)
            Q = D;
    end
endmodule
```

## トライステート

このセクションには、次の内容が含まれます。

- ・ [トライステートの概要](#)
- ・ [トライステートのインプリメンテーション](#)
- ・ [トライステートの関連制約](#)
- ・ [トライステートのレポート](#)
- ・ [トライステートのコード例](#)

### トライステートの概要

通常トライステート バッファは、次のいずれかを駆動する場合、信号と if-else 文で記述されます。

- ・ 内部バス
- ・ ザイリンクス デバイスのあるボードの外部バス

信号には、if-else の分岐の 1 つでハイ インピーダンス値を代入されます。

これは、次のような異なったコード スタイルで記述できます。

- ・ 同時処理信号代入文 (VHDL)

```
<= I when T = '0' else (others => 'Z');
```

- ・ 同時処理信号代入文 (Verilog)

```
assign O = (~T) ? I : 1'bZ;
```

- ・ 組み合わせプロセス文 (VHDL)

```
process (T, I)
begin
  if (T = '0') then
    O <= I;
  else
    O <= 'Z';
  end if;
end process;
```

- ・ always ブロック (Verilog)

```
always @(T or I)
begin
  if (~T)
    O = I;
  else
    O = 1'bZ;
  End
```

### トライステートのインプリメンテーション

推論されたトライステート バッファは、内部バス (BUFT) または回路の外部ピン (OBUFT) を駆動する際に別のデバイス プリミティブを使用してインプリメントされます。

## トリステートの関連制約

トリステートからロジックへの変換 (TRISTATE2LOGIC)

## トリステートのレポート

トリステート バッファが推論されると、HDL 合成中にレポートが出力されます。

```
=====
*                               HDL Synthesis                               *
=====

Synthesizing Unit example>.
    Found 1-bit tristate buffer for signal S> created at line 22
    Summary:
    inferred    8 Tristate(s).
Unit example> synthesized.

=====

HDL Synthesis Report

Macro Statistics
# Tristates                : 8
1-bit tristate buffer      : 8

=====
```

## トリステートのコード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

## 組み合わせプロセスを使用したトライステートの VHDL コード例

```
--
-- Tristate Description Using Combinatorial Process
-- Implemented with an OBUFT (IO buffer)
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/tristates/tristates_1.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

entity three_st_1 is
    port(T : in  std_logic;
         I : in  std_logic;
         O : out std_logic);
end three_st_1;

architecture archi of three_st_1 is
begin

    process (I, T)
    begin
        if (T='0') then
            O <= I;
        else
            O <= 'Z';
        end if;
    end process;

end archi;
```

## プロセス同時処理代入文を使用したトライステートの VHDL コード例

```
--
-- Tristate Description Using Concurrent Assignment
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/tristates/tristates_2.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

entity three_st_2 is
    port(T : in  std_logic;
         I : in  std_logic;
         O : out std_logic);
end three_st_2;

architecture archi of three_st_2 is
begin
    O <= I when (T='0') else 'Z';
end archi;
```



## 組み合わせプロセスを使用したトリステートの VHDL コード例

```
--
-- Tristate Description Using Combinatorial Process
-- Implemented with an OBUF (internal buffer)
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/tristates/tristates_3.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

entity example is

    generic (
        WIDTH : integer := 8
    );
    port(
        T : in  std_logic;
        I : in  std_logic_vector(WIDTH-1 downto 0);
        O : out std_logic_vector(WIDTH-1 downto 0));

end example;

architecture archi of example is

    signal S : std_logic_vector(WIDTH-1 downto 0);

begin

    process (I, T)
    begin
        if (T = '1') then
            S <= I;
        else
            S <= (others => 'Z');
        end if;
    end process;

    O <= not(S);

end archi;
```

## 組み合わせ always ブロックを使用したトライステートの Verilog コード例

```
//  
// Tristate Description Using Combinatorial Always Block  
//  
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip  
// File: HDL_Coding_Techniques/tristates/tristates_1.v  
//  
module v_three_st_1 (T, I, O);  
    input  T, I;  
    output O;  
    reg    O;  
  
    always @(T or I)  
    begin  
        if (~T)  
            O = I;  
        else  
            O = 1'bZ;  
        end  
    end  
  
endmodule
```

## プロセス同時処理代入文を使用したトライステートの Verilog コード例

```
//  
// Tristate Description Using Concurrent Assignment  
//  
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip  
// File: HDL_Coding_Techniques/tristates/tristates_2.v  
//  
module v_three_st_2 (T, I, O);  
    input  T, I;  
    output O;  
  
    assign O = (~T) ? I: 1'bZ;  
  
endmodule
```

## カウンタおよびアキュムレータ

このセクションには、次の内容が含まれます。

- ・ [カウンタおよびアキュムレータ](#)
- ・ [カウンタおよびアキュムレータのインプリメンテーション](#)
- ・ [カウンタおよびアキュムレータの関連制約](#)
- ・ [カウンタおよびアキュムレータのレポート](#)
- ・ [カウンタおよびアキュムレータのコード例](#)

### カウンタおよびアキュムレータ

XST には、カウンタおよびアキュムレータの推論機能があり、ユーザーは、コアのファンクション以外に次のようなオプションの機能を記述できます。

- ・ 非同期セット、リセット、ロード
- ・ 同期セット、リセット、ロード
- ・ クロック イネーブル
- ・ アップ、ダウン、またはアップ/ダウン方向

アキュムレータとカウンタ (別名 : インクリメンタまたはデクリメンタ) では、加算または減算、もしくはその両方のオペランドが異なります。

カウンタを記述する場合、次のようにデスティネーションおよび最初のオペランドは信号または変数で、2 番目のオペランドは定数 1 になります。

```
A <= A + 1;
```

アキュムレータを記述する場合、デスティネーションおよび最初のオペランドは信号または変数で、2 番目のオペランドは次のいずれかです。

- ・ 信号または変数

```
A <= A + B;
```

- ・ 1 以外の定数

```
A <= A + Constant;
```

推論されたカウンタとアキュムレータの方向は、アップ、ダウン、またはアップダウンのいずれかになります。アップダウン アキュムレータの場合、累算されるデータはアップ モードとダウン モードで別々にできます。

```
if updown = '1' then
    a <= a + b;
else
    a <= a - c;
end if;
```

XST では、符号付きおよび符号なし両方のカウンタとアキュムレータがサポートされています。

整数型の信号で記述する場合も、ビットの配列で記述する場合も、XST では推論されたカウンタまたはアキュムレータをインプリメントするのに必要な最小のビット数が決定されます。HDL 記述で明示的に指定されていない限り、カウンタはこの数で許可された値すべてを潜在的に使用します。mod 演算子を次のように使用すると、特定の値までカウントアップできます。

### VHDL の構文例

```
cnt <= (cnt + 1) mod MAX ;
```

### Verilog の構文例

```
cnt <= (cnt + 1) %MAX;
```

## カウンタおよびアキュムレータのインプリメンテーション

カウンタおよびアキュムレータは、次にインプリメントできます。

- ・ スライス ロジック
- ・ DSP ブロック リソース

1 つの DSP ブロックにカウンタまたはアキュムレータがフィットする場合、DSP ブロックには、最大で 2 レベルのレジスタまで吸収できます。カウンタまたはアキュムレータが 1 つの DSP ブロックにフィットしない場合は、スライス ロジックを使用してマクロ全体がインプリメントされます。

DSP ブロック リソースのマクロ インプリメンテーションは、[DSP ブロックの使用 \(USE\\_DSP48\)](#) 制約をデフォルト値の auto に設定して制御します。

auto に設定すると、XST では次を考慮してカウンタおよびアキュムレータがインプリメントされます。

- ・ デバイスで使用可能な DSP ブロック リソース
- ・ 累積されたデータ ソースのようなコンテキスト情報
- ・ DSP ブロックへのインプリメンテーションでハイ パフォーマンスのザイリンクス DSP ブロックのカスケード機能が使用できるかどうか

ほとんどのスタンドアロンのカウンタおよびアキュムレータで、スライス ロジックはデフォルトの auto モードを使用することをお勧めしますが、DSP ブロックにインプリメンテーションを強制する場合は、yes に変更してください。

また、auto モードの場合は、[DSP 使用率 \(DSP\\_UTILIZATION\\_RATIO\)](#) 制約で DSP48 リソースの使用が制御されます。XST はターゲット デバイスで使用可能な DSP ブロック リソースすべてを使用しようとします。

詳細は、次を参照してください。

### [四則演算の DSP ブロック リソース](#)

## カウンタおよびアキュムレータの関連制約

- ・ [DSP ブロックの使用 \(USE\\_DSP48\)](#)
- ・ [DSP 使用率 \(DSP\\_UTILIZATION\\_RATIO\)](#)

## カウンタおよびアキュムレータのレポート

カウンタおよびアキュムレータは、HDL 合成中に推論されたレジスタと加算器/減算器マクロの組み合わせにしたがって、アドバンス HDL 合成中に認識されます。次のレポートは、それらのレポートを順番に示しています。

```
=====
*                               HDL Synthesis                               *
=====
```

Synthesizing Unit <example>.

Found 4-bit register for signal <cnt>.

Found 4-bit register for signal <acc>.

Found 4-bit adder for signal <n0005> created at line 29.

Found 4-bit adder for signal <n0006> created at line 30.

Summary:

inferred 2 Adder/Subtractor(s).

inferred 8 D-type flip-flop(s).

Unit <example> synthesized.

=====

HDL Synthesis Report

Macro Statistics

|                      |     |
|----------------------|-----|
| # Adders/Subtractors | : 2 |
| 4-bit adder          | : 2 |
| # Registers          | : 2 |
| 4-bit register       | : 2 |

=====

\* Advanced HDL Synthesis \*

=====

Synthesizing (advanced) Unit <example>.

The following registers are absorbed into counter <cnt>: 1 register on signal <cnt>.

The following registers are absorbed into accumulator <acc>: 1 register on signal <acc>.

Unit <example> synthesized (advanced).

=====

Advanced HDL Synthesis Report

Macro Statistics

|                      |     |
|----------------------|-----|
| # Counters           | : 1 |
| 4-bit up counter     | : 1 |
| # Accumulators       | : 1 |
| 4-bit up accumulator | : 1 |

=====

## カウンタおよびアキュムレータのコード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

## 同期リセット付き 4 ビット符号なしアップ アキュムレータの VHDL コード例

```
--
-- 4-bit Unsigned Up Accumulator with synchronous Reset
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/accumulators/accumulators_2.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;

entity accumulators_2 is
    generic (
        WIDTH : integer := 4);
    port (
        clk : in  std_logic;
        rst : in  std_logic;
        D   : in  std_logic_vector(WIDTH-1 downto 0);
        Q   : out std_logic_vector(WIDTH-1 downto 0));
end accumulators_2;

architecture archi of accumulators_2 is
    signal cnt : std_logic_vector(WIDTH-1 downto 0);
begin

    process (clk)
    begin
        if rising_edge(clk) then
            if (rst = '1') then
                cnt <= (others => '0');
            else
                cnt <= cnt + D;
            end if;
        end if;
    end process;

    Q <= cnt;

end archi;
```

## 同期ロード付き 4 ビット符号なしダウンスカウンタの Verilog コード例

```
//
// 4-bit unsigned down counter with a synchronous load.
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/counters/counters_31.v
//
module v_counters_31 (clk, load, Q);

    parameter WIDTH = 4;
    input  clk;
    input  load;
    output [WIDTH-1:0] Q;
    reg    [WIDTH-1:0] cnt;

    always @(posedge clk)
    begin
        if (load)
            cnt <= {WIDTH{1'b1}};
        else
            cnt <= cnt - 1'b1;
        end

    assign Q = cnt;

endmodule
```

## シフトレジスタ

このセクションには、次の内容が含まれます。

- ・ [シフトレジスタの概要](#)
- ・ [シフトレジスタの記述](#)
- ・ [シフトレジスタのインプリメンテーション](#)
- ・ [シフトレジスタの関連制約](#)
- ・ [シフトレジスタのレポート](#)
- ・ [シフトレジスタのコード例](#)

### シフトレジスタの概要

シフトレジスタは、フリップフロップのチェーンで、これにより決まった数 (スタティック) のレイテンシ ステージをまたいでデータを伝搬できます。 [ダイナミック シフトレジスタ](#) では、伝搬チェーンの長さが回路の操作中にダイナミックに変更されます。

スタティック シフトレジスタには、通常次が含まれます。

- ・ クロック
- ・ クロック イネーブル (オプション)
- ・ シリアル データ入力
- ・ シリアル データ出力

リセットやセット、パラレル ロード ロジックなどを追加で含めることができますが、この場合は、SRL タイプの専用プリミティブを最大限に利用して、デバイス使用率を削減して最適なパフォーマンスを常に実現できるわけではありません。ザイリンクスではこのようなロジックを削除して、その代わりに該当する内容をシリアルに読み込むことをお勧めしています。

### シフトレジスタの記述

次にシフトレジスタのコア機能を記述する一般的な方法を 2 つ示します。

#### 連結演算子を使用した VHDL コード例

コンパクトにするには、連結演算子を使用します。

```
shreg <= shreg (6 downto 0) & SI;
```

#### for-loop 文の VHDL コード例

for-loop 文を使用すると、次のようになります。

```
for i in 0 to 6 loop
  shreg(i+1) <= shreg(i);
end loop;
shreg(0) <= SI;
```



## シフトレジスタのインプリメンテーション

このセクションでは、シフトレジスタのインプリメンテーションについて説明します。

- ・ [シフトレジスタの SRL ベースのインプリメンテーション](#)
- ・ [ブロック RAM へのシフトレジスタのインプリメンテーション](#)
- ・ [LUT RAM へのシフトレジスタのインプリメンテーション](#)

### シフトレジスタの SRL ベースのインプリメンテーション

XST では推論されたシフトレジスタを SRL16、SRL16E、SRLC16、SRLC16E、SRLC32E のような SRL タイプのリソースにインプリメントします。

シフトレジスタの長さによって、1 つの SRL タイプのプリミティブにインプリメントされるか、SRLC タイプのプリミティブのカスケード機能を使用されます。また、残りのデザインでシフトレジスタの中間地点のどこかが使用される場合も、このカスケード機能を使用されます。

遅延線は、SRL タイプのリソースではなく、RAM リソース (ブロック RAM、LUT RAM) にインプリメントすることもできます。この方法を使用すると、遅延線が長くなった場合に、電力が保存されやすくなるという利点があります。

ただし、ブロック RAM または LUT RAM にインプリメントする場合、XST では「[シフトレジスタの記述](#)」で説明するようにシフトレジスタをインプリメントできません。RAM ベースのインプリメンテーションは次のコード例のように明確に記述する必要があります。

### ブロック RAM へのシフトレジスタのインプリメンテーション

ブロック RAM の機能が使用されるよにするには、まず read-first 同期モードにします。また、カウンタがアドレス指定可能な空間を順番にスキャンし、遅延線の長さが -2 に到達したときに 0 までカウント バックする必要があります。最大のパフォーマンスを得るには、ブロック RAM の出力ラッチとオプションの出力レジスタ ステージを使用します。この結果、たとえば深さ 512 の遅延線の場合、RAM のアドレス指定可能なデータワード 510 が使用される場合、データ出力ラッチとオプションの出力レジスタが最後の 2 ステージを提供します。

詳細は、次を参照してください。

#### RAM

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

### ブロック RAM に深さ 512、8 ビットの遅延線をインプリメントする VHDL コード例

```
--
-- A 512-deep 8-bit delay line implemented on block RAM
-- 510 stages implemented as addressable memory words
-- 2 stages implemented with output latch and optional output register for
-- optimal performance
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/shift_registers/delayline_bram_512.vhd
--
library IEEE;
```

```
use IEEE.STD_LOGIC_1164.all;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.all;
use IEEE.STD_LOGIC_ARITH.all;

entity srl_512_bram is
  generic (
    LENGTH      : integer := 512;
    ADDRWIDTH   : integer := 9;
    WIDTH       : integer := 8);
  port (
    CLK         : in  std_logic;
    SHIFT_IN    : in  std_logic_vector(WIDTH-1 downto 0);
    SHIFT_OUT   : out std_logic_vector(WIDTH-1 downto 0));
end srl_512_bram;

architecture behavioral of srl_512_bram is

  signal CNTR : std_logic_vector(ADDRWIDTH-1 downto 0);
  signal SHIFT_TMP : std_logic_vector(WIDTH-1 downto 0);
  type ram_type is array (0 to LENGTH-3) of std_logic_vector(WIDTH-1 downto 0);
  signal RAM : ram_type := (others => (others => '0'));
begin

  counter : process (CLK)
  begin
    if CLK'event and CLK = '1' then
      if CNTR = conv_std_logic_vector(LENGTH-3, ADDRWIDTH) then
        CNTR <= (others => '0');
      else
        CNTR <= CNTR + '1';
      end if;
    end if;
  end process counter;

  memory : process (CLK)
  begin
    if CLK'event and CLK = '1' then
      RAM(conv_integer(CNTR)) <= SHIFT_IN;
      SHIFT_TMP <= RAM(conv_integer(CNTR));
      SHIFT_OUT <= SHIFT_TMP;
    end if;
  end process memory;

end behavioral;
```

## ブロック RAM に深さ 514、8 ビットの遅延線をインプリメントする VHDL コード例

```
--
-- A 514-deep 8-bit delay line implemented on block RAM
-- 512 stages implemented as addressable memory words
-- 2 stages implemented with output latch and optional output register for
-- optimal performance
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/shift_registers/delayline_bram_514.vhd
--
library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.all;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.all;

entity srl_514_bram is
  generic (
    LENGTH      : integer := 514;
    ADDRWIDTH    : integer := 9;
    WIDTH        : integer := 8);
  port (
    CLK          : in  std_logic;
    SHIFT_IN     : in  std_logic_vector(WIDTH-1 downto 0);
    SHIFT_OUT    : out std_logic_vector(WIDTH-1 downto 0));
end srl_514_bram;

architecture behavioral of srl_514_bram is

  signal CNTR : std_logic_vector(ADDRWIDTH-1 downto 0);
  signal SHIFT_TMP : std_logic_vector(WIDTH-1 downto 0);
  type ram_type is array (0 to LENGTH-3) of std_logic_vector(WIDTH-1 downto 0);
  signal RAM : ram_type := (others => (others => '0'));
begin

  counter : process (CLK)
  begin
    if CLK'event and CLK = '1' then
      CNTR <= CNTR + '1';
    end if;
  end process counter;

  memory : process (CLK)
  begin
    if CLK'event and CLK = '1' then
      RAM(conv_integer(CNTR)) <= SHIFT_IN;
      SHIFT_TMP <= RAM(conv_integer(CNTR));
      SHIFT_OUT <= SHIFT_TMP;
    end if;
  end process memory;
end architecture behavioral;
```

```

    end if;
end process memory;

end behavioral;
```

## LUT RAM へのシフトレジスタのインプリメンテーション

このようなシフトレジスタは別のレジスタを使用してインプリメントされた最後のステージを使用すると、分散 RAM にもインプリメントできます。たとえば、深さ 128 の遅延線では 127 ワードのアドレス指定可能なデータと最後 1 つのレジスタステージで LUT RAM を使用しています。

詳細は、次を参照してください。

### RAM

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

### LUT RAM に深さ 128、8 ビットの遅延線をインプリメントする VHDL コード例

```

--
-- A 128-deep 8-bit delay line implemented on LUT RAM
-- 127 stages implemented as addressable memory words
-- Last stage implemented with an external register
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/shift_registers/delayline_lutram_128.vhd
--
library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.all;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.all;
use IEEE.STD_LOGIC_ARITH.all;

entity srl_128_lutram is
    generic (
        LENGTH      : integer := 128;
        ADDRWIDTH   : integer := 7;
        WIDTH        : integer := 8);
    port (
        CLK          : in  std_logic;
        SHIFT_IN     : in  std_logic_vector(WIDTH-1 downto 0);
        SHIFT_OUT    : out std_logic_vector(WIDTH-1 downto 0));
end srl_128_lutram;

architecture behavioral of srl_128_lutram is

    signal CNTR : std_logic_vector(ADDRWIDTH-1 downto 0);
    type ram_type is array (0 to LENGTH-2) of std_logic_vector(WIDTH-1 downto 0);
```

```
signal RAM : ram_type := (others => (others => '0'));

attribute ram_style : string;
attribute ram_style of RAM : signal is "distributed";

begin

counter : process (CLK)
begin
    if CLK'event and CLK = '1' then
        if CNTR = conv_std_logic_vector(LENGTH-2, ADDRWIDTH) then
            CNTR <= (others => '0');
        else
            CNTR <= CNTR + '1';
        end if;
    end if;
end process counter;

memory : process (CLK)
begin
    if CLK'event and CLK = '1' then
        RAM(conv_integer(CNTR)) <= SHIFT_IN;
        SHIFT_OUT <= RAM(conv_integer(CNTR));
    end if;
end process memory;

end behavioral;
```

## シフトレジスタの関連制約

シフトレジスタの抽出 (SHREG\_EXTRACT)

## シフトレジスタのレポート

HDL 合成中、XST は最初に個々のフリップフロップを識別します。実際にシフトレジスタが認識されるのは、下位レベルの合成中です。次のレポートは、それらのレポートを順番に示しています。

```
=====
* HDL Synthesis *
=====
Synthesizing Unit <example>.
  Found 8-bit register for signal <tmp>.
  Summary:
    inferred 8 D-type flip-flop(s).
Unit <example> synthesized.

(...)

=====
* Advanced HDL Synthesis *
=====
Advanced HDL Synthesis Report
Macro Statistics
# Registers : 8
Flip-Flops : 8
=====

(...)

=====
* Low Level Synthesis *
=====
Processing Unit <example> :
  Found 8-bit shift register for signal <tmp_7>.
Unit <example> processed.

(...)

=====
Final Register Report
Macro Statistics
# Shift Registers : 1
8-bit shift register : 1
=====
```

## シフトレジスタのコード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

## 32 ビットのシフトレジスタの VHDL コード例 1

次のコード例では、連結コード スタイルを使用しています。

```
--
-- 32-bit Shift Register
--   Rising edge clock
--   Active high clock enable
--   Concatenation-based template
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/shift_registers/shift_registers_0.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

entity shift_registers_0 is

    generic (
        DEPTH : integer := 32
    );
    port (
        clk    : in  std_logic;
        clken  : in  std_logic;
        SI     : in  std_logic;
        SO     : out std_logic);

end shift_registers_0;

architecture archi of shift_registers_0 is
    signal shreg: std_logic_vector(DEPTH-1 downto 0);
begin

    process (clk)
    begin
        if rising_edge(clk) then
            if clken = '1' then
                shreg <= shreg(DEPTH-2 downto 0) & SI;
            end if;
        end if;
    end process;

    SO <= shreg(DEPTH-1);

end archi;
```

## 32 ビットのシフトレジスタの VHDL コード例 2

同じ機能は、次のように記述できます。

```
--
-- 32-bit Shift Register
--   Rising edge clock
--   Active high clock enable
--   for loop-based template
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/shift_registers/shift_registers_1.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

entity shift_registers_1 is

    generic (
        DEPTH : integer := 32
    );
    port (
        clk    : in  std_logic;
        clken   : in  std_logic;
        SI      : in  std_logic;
        SO      : out std_logic);

end shift_registers_1;

architecture archi of shift_registers_1 is
    signal shreg: std_logic_vector(DEPTH-1 downto 0);
begin

    process (clk)
    begin
        if rising_edge(clk) then
            if clken = '1' then
                for i in 0 to DEPTH-2 loop
                    shreg(i+1) <= shreg(i);
                end loop;
                shreg(0) <= SI;
            end if;
        end if;
    end process;

    SO <= shreg(DEPTH-1);

end archi;
```



## 8 ビットのシフトレジスタの Verilog コード例 1

次のコード例では、連結コードスタイルを使用してレジスタチェーンを記述しています。

```
//
// 8-bit Shift Register
//   Rising edge clock
//   Active high clock enable
//   Concatenation-based template
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/shift_registers/shift_registers_0.v
//
module v_shift_registers_0 (clk, clken, SI, SO);

    parameter WIDTH = 8;
    input  clk, clken, SI;
    output SO;
    reg    [WIDTH-1:0] shreg;

    always @(posedge clk)
    begin
        if (clken)
            shreg = {shreg[WIDTH-2:0], SI};
    end

    assign SO = shreg[WIDTH-1];

endmodule
```

## 8 ビットのシフトレジスタの Verilog コード例 2

```
//
// 8-bit Shift Register
//      Rising edge clock
//      Active high clock enable
//      For-loop based template
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/shift_registers/shift_registers_1.v
//
module v_shift_registers_1 (clk, clken, SI, SO);

    parameter WIDTH = 8;
    input  clk, clken, SI;
    output SO;
    reg    [WIDTH-1:0] shreg;

    integer i;

    always @(posedge clk)
    begin
        if (clken)
        begin
            for (i = 0; i < WIDTH-1; i = i+1)
                shreg[i+1] <= shreg[i];
            shreg[0] <= SI;
        end
    end

    assign SO = shreg[WIDTH-1];

endmodule
```

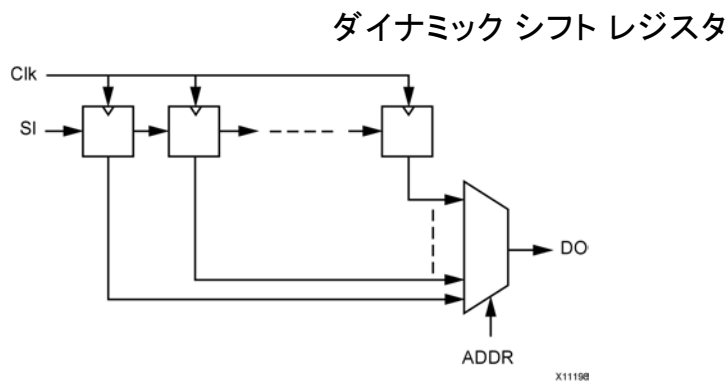
## ダイナミック シフト レジスタ

このセクションには、次の内容が含まれます。

- ・ [ダイナミック シフト レジスタの概要](#)
- ・ [ダイナミック シフト レジスタの関連制約](#)
- ・ [ダイナミック シフト レジスタのレポート](#)
- ・ [ダイナミック シフト レジスタのコード例](#)

### ダイナミック シフト レジスタの概要

ダイナミック シフト レジスタは、回路操作中にダイナミックに長さを変えることができるシフトレジスタです。回路操作中に使用される最大長を考慮すると、シフトレジスタはその長さのフリップフロップのチェーンであり、マルチプレクサ選択を使用し、指定されたクロック サイクルで、ステージ データはその伝搬チェーンから抽出されます。次の図は、このコンセプトをまとめたものです。



XST ではすべての最大長のダイナミック シフト レジスタを推論し、ターゲット デバイス ファミリで使用可能な SRL タイプのプリミティブを使用してそれらを最適にインプリメントできます。

### ダイナミック シフト レジスタの関連制約

[シフトレジスタの抽出 \(SHREG\\_EXTRACT\)](#)

## ダイナミック シフト レジスタのレポート

HDL 合成中、XST は最初にフリップフロップとマルチプレクサを識別します。ダイナミック シフトレジスタは実際にはアドバンス HDL 合成で認識され、それらの基本マクロ間の依存性が決定されます。次のレポートは、それらのレポートを順番に示しています。

```
=====
* HDL Synthesis *
=====

Synthesizing Unit <example>.
  Found 1-bit 16-to-1 multiplexer for signal <Q>.
  Found 16-bit register for signal <SRL_SIG>.
  Summary:
    inferred 16 D-type flip-flop(s).
    inferred 1 Multiplexer(s).
Unit <example> synthesized.

(...)
=====
* Advanced HDL Synthesis *
=====

Synthesizing (advanced) Unit <example>.
  Found 16-bit dynamic shift register for signal <Q>.
Unit <example> synthesized (advanced).

=====
HDL Synthesis Report
Macro Statistics
# Shift Registers : 1
16-bit dynamic shift register : 1
=====
```

## ダイナミック シフト レジスタのコード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

### 32 ビットのダイナミック シフト レジスタの VHDL コード例

```
--
-- 32-bit dynamic shift register.
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/dynamic_shift_registers/dynamic_shift_registers_1.vhd
--
library IEEE;
use IEEE.std_logic_1164.all;
use IEEE.std_logic_unsigned.all;
```

entity example is

```
generic (  
    DEPTH      : integer := 32;  
    SEL_WIDTH  : integer := 5  
);  
port(  
    CLK : in  std_logic;  
    SI  : in  std_logic;  
    CE  : in  std_logic;  
    A   : in  std_logic_vector(SEL_WIDTH-1 downto 0);  
    DO  : out std_logic  
);
```

end example;

architecture rtl of example is

```
type SRL_ARRAY is array (0 to DEPTH-1) of std_logic;  
-- The type SRL_ARRAY can be array  
-- (0 to DEPTH-1) of  
-- std_logic_vector(BUS_WIDTH downto 0)  
-- or array (DEPTH-1 downto 0) of  
-- std_logic_vector(BUS_WIDTH downto 0)  
-- (the subtype is forward (see below))  
signal SRL_SIG : SRL_ARRAY;
```

```
begin  
    process (CLK)  
    begin  
        if rising_edge(CLK) then  
            if CE = '1' then  
                SRL_SIG <= SI & SRL_SIG(0 to DEPTH-2);  
            end if;  
        end if;  
    end process;  
  
    DO <= SRL_SIG(conv_integer(A));  
  
end rtl;
```

## 32 ビットのダイナミック シフト レジスタの Verilog コード例

```
//
// 32-bit dynamic shift register.
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/dynamic_shift_registers/dynamic_shift_registers_1.v
//
module v_dynamic_shift_registers_1 (CLK, CE, SEL, SI, DO);

    parameter SELWIDTH = 5;
    input      CLK, CE, SI;
    input      [SELWIDTH-1:0] SEL;
    output     DO;

    localparam DATAWIDTH = 2**SELWIDTH;
    reg [DATAWIDTH-1:0] data;

    assign DO = data[SEL];

    always @(posedge CLK)
    begin
        if (CE == 1'b1)
            data <= {data[DATAWIDTH-2:0], SI};
    end

endmodule
```

## マルチプレクサ

このセクションには、次の内容が含まれます。

- ・ [マルチプレクサの概要](#)
- ・ [マルチプレクサのインプリメンテーション](#)
- ・ [マルチプレクサの Verilog の \[Case Implementation Style\] パラメータ](#)
- ・ [マルチプレクサの関連制約](#)
- ・ [マルチプレクサのレポート](#)
- ・ [マルチプレクサのコード例](#)

### マルチプレクサの概要

マルチプレクサ マクロは、組み合わせプロセスまたは always ブロックで記述された連結代入文か、順次プロセスまたは always ブロック内など、別のコード スタイルから推論できます。マルチプレクサの記述には、通常次が含まれます。

- ・ if-elsif 文
- ・ case 文

case 文を使用する場合、セレクトの値がすべて列挙されているか、またはデフォルト文でどのデータが明示的に列挙されていないセレクトの値に対して選択されているかを定義しておく必要があります。これらをしておかないと、不必要なラッチが作成されてしまいます。同様に、マルチプレクサが if-elseif 文で記述される場合に、else 文がない場合も、不必要なラッチが作成されます。

同じデータがセレクトの別の値に対して選択される場合、don't care を使用してこれらのセレクト値をコンパクトな方法で記述できます。

### マルチプレクサのインプリメンテーション

マルチプレクサ マクロを明示的に推論するかどうかは、マルチプレクサの入力、特に共通する入力の数によって異なります。

### マルチプレクサの Verilog の [Case Implementation Style] パラメータ

[Case Implementation Style] パラメータを使用すると、記述した case 文をさらに特性化することができます。

詳細は、次を参照してください。

[第 9 章「デザイン制約」](#)

[Case Implementation Style] パラメータには、次のいずれかを選択します。

- ・ **none** (デフォルト)  
case 文のビヘイビアを記述どおりにインプリメントします。
- ・ **full**  
case 文が完了していると認識され、可能性のあるセクタの値すべてが列挙されていない場合であっても、ラッチが作成されないようにします。
- ・ **parallel**  
case 文の分岐は同時に発生しないと判断され、プライオリティ エンコーディング ロジックは作成されません。
- ・ **full-parallel**  
case 文が完了し、分岐は同時に発生できないと判断され、ラッチおよびプライオリティ エンコーディング ロジックは作成されません。

[Case Implementation Style] パラメータが実際に使用されると、情報メッセージが表示されます。case 文自体の特性からその必要がない場合 (たとえば case 文でセクタに使用される可能性のある値すべてを列挙するようになっている場合に case パラメータを full にした場合など)、メッセージは表示されません。

[Case Implementation Style] を full、parallel、または full-parallel に設定すると、最初のモデルのビヘイビアと異なるビヘイビアがインプリメントされる場合があります。

## マルチプレクサの関連制約

列挙型エンコード手法 (ENUM\_ENCODING)

## マルチプレクサのレポート

XST ログ ファイルには、認識されたマルチプレクサのタイプおよびビット幅が示されます。

```
=====
*                               HDL Synthesis                               *
=====

Synthesizing Unit <example>.
  Found 1-bit 8-to-1 multiplexer for signal <o> created at line 11.
  Summary:
    inferred   1 Multiplexer(s).
Unit <example> synthesized.

=====

HDL Synthesis Report

Macro Statistics
# Multiplexers                : 1
  1-bit 8-to-1 multiplexer    : 1
=====
```



マルチプレクサの明示的推論およびレポートは、ターゲット デバイスとマルチプレクサのサイズによって異なります。たとえば、4:1 マルチプレクサは Virtex®-6 または Spartan®-6 デバイスの場合レポートされません。これらのデバイスの場合、マルチプレクサが 8:1 以上のサイズであると推論されます。

## マルチプレクサのコード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

### if 文を使用した 8:1 の 1 ビット MUX の VHDL コード例

```
//
// 8-to-1 1-bit MUX using an If statement.
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/multiplexers/multiplexers_1.v
//
module v_multiplexers_1 (di, sel, do);
    input [7:0] di;
    input [2:0] sel;
    output reg do;

    always @(sel or di)
    begin
        if      (sel == 3'b000) do = di[7];
        else if (sel == 3'b001) do = di[6];
        else if (sel == 3'b010) do = di[5];
        else if (sel == 3'b011) do = di[4];
        else if (sel == 3'b100) do = di[3];
        else if (sel == 3'b101) do = di[2];
        else if (sel == 3'b110) do = di[1];
        else
            do = di[0];
    end
endmodule
```

## if 文を使用した 8:1 の 1 ビット MUX の Verilog コード例

```
//  
// 8-to-1 1-bit MUX using an If statement.  
//  
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip  
// File: HDL_Coding_Techniques/multiplexers/multiplexers_1.v  
//  
module v_multiplexers_1 (di, sel, do);  
    input [7:0] di;  
    input [2:0] sel;  
    output reg do;  
  
    always @(sel or di)  
    begin  
        if      (sel == 3'b000) do = di[7];  
        else if (sel == 3'b001) do = di[6];  
        else if (sel == 3'b010) do = di[5];  
        else if (sel == 3'b011) do = di[4];  
        else if (sel == 3'b100) do = di[3];  
        else if (sel == 3'b101) do = di[2];  
        else if (sel == 3'b110) do = di[1];  
        else  
            do = di[0];  
    end  
endmodule
```

## case 文を使用した 8:1 の 1 ビット MUX の VHDL コード例

```
--
-- 8-to-1 1-bit MUX using a Case statement.
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/multiplexers/multiplexers_2.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

entity multiplexers_2 is

    port (di : in std_logic_vector(7 downto 0);
          sel : in std_logic_vector(2 downto 0);
          do : out std_logic);

end multiplexers_2;

architecture archi of multiplexers_2 is
begin
    process (sel, di)
    begin
        case sel is
            when "000" => do <= di(7);
            when "001" => do <= di(6);
            when "010" => do <= di(5);
            when "011" => do <= di(4);
            when "100" => do <= di(3);
            when "101" => do <= di(2);
            when "110" => do <= di(1);
            when others => do <= di(0);
        end case;
    end process;
end archi;
```

## case 文を使用した 8:1 の 1 ビット MUX の Verilog コード例

```
//
// 8-to-1 1-bit MUX using a Case statement.
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/multiplexers/multiplexers_2.v
//
module v_multiplexers_2 (di, sel, do);
    input [7:0] di;
    input [2:0] sel;
    output reg do;

    always @(sel or di)
    begin
        case (sel)
            3'b000 : do = di[7];
            3'b001 : do = di[6];
            3'b010 : do = di[5];
            3'b011 : do = di[4];
            3'b100 : do = di[3];
            3'b101 : do = di[2];
            3'b110 : do = di[1];
            default : do = di[0];
        endcase
    end
endmodule
```

## トリステート バッファを使用した 8:1 の 1 ビット MUX の Verilog コード例

```
//  
// 8-to-1 1-bit MUX using tristate buffers.  
//  
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip  
// File: HDL_Coding_Techniques/multiplexers/multiplexers_3.v  
//  
module v_multiplexers_3 (di, sel, do);  
    input [7:0] di;  
    input [7:0] sel;  
    output      do;  
  
    assign do = sel[0] ? di[0] : 1'bz;  
    assign do = sel[1] ? di[1] : 1'bz;  
    assign do = sel[2] ? di[2] : 1'bz;  
    assign do = sel[3] ? di[3] : 1'bz;  
    assign do = sel[4] ? di[4] : 1'bz;  
    assign do = sel[5] ? di[5] : 1'bz;  
    assign do = sel[6] ? di[6] : 1'bz;  
    assign do = sel[7] ? di[7] : 1'bz;  
  
endmodule
```

## 四則演算

このセクションには、次の内容が含まれます。

- ・ [四則演算ブロックの概要](#)
- ・ [XST での四則演算の符号サポート](#)
- ・ [四則演算のインプリメンテーション](#)

### 四則演算ブロックの概要

XST では、次の四則演算がサポートされています。

- ・ [加算器、減算器、加減算器](#)
- ・ [乗算器](#)
- ・ [除算器](#)
- ・ [コンパレータ](#)

これらの基本的な演算マクロからは、アキュムレータや乗加算器、DSP フィルタなどのより複雑なブロックを構築できます。

### XST での四則演算の符号サポート

XST では、次の符号付きおよび符号なしの四則演算がサポートされています。

- ・ 加算器
- ・ 減算器
- ・ コンパレータ
- ・ 乗算器

XST で Verilog または VHDL を使用する場合、加算器やカウンタなどの一部のマクロは、符号付きおよび符号なしの両方の値用にインプリメントできます。

#### Verilog の符号サポート

明示的に記述しなくても、Verilog では次の規則が適用されます。

- ・ ベクタ型の port、wire、reg は符号付きと明示されない限り、符号なし (unsigned) として処理されます。
- ・ 整数の変数は、指定されていない限り符号付き (signed) として処理されます。
- ・ 10 進数は符号付きです。
- ・ 基数は、指定されていない限り符号なし (unsigned) です。

データ型の記述を明示的に指定するには、unsigned と signed キーワードを使用します。

#### Verilog の符号サポートのコード例 1

```
input signed    [31:0] example1;
reg unsigned    [15:0] example2;
wire signed    [31:0] example3;
```

### Verilog の符号サポートのコード例 2

基数指定子に s を使用すると、基数も符号付きに指定できます。

```
4'sd87
```

### Verilog の符号サポートのコード例 3

また、\$signed および \$unsigned 変換関数を使用しても、符号付きまたは符号なしに指定できます。

```
wire [7:0] udata;
    wire [7:0] sdata;
assign sdata = $signed(udata);
```

Verilog の場合、論理式のタイプはそのオペランドでのみ定義されます。代入文の左側部分のタイプには関係ありません。論理式のタイプは、次の規則に基づいて実行されます。

- ・ ビット セレクトの結果は、オペランドに関係なく符号なし
- ・ パート セレクトの結果は、パート セレクトでベクタ全体が指定されていたとしても、オペランドに関係なく符号なし
- ・ 連結の結果は、オペランドに関係なく符号なし
- ・ 比較の結果は、オペランドに関係なく符号なし
- ・ 自ら決定されるオペランドの符号とビット長は、オペランド自体で決定されるので、残りの論理式とは関係ありません。コンテキストで決定されるオペランドを使用する場合は、Verilog LRM のガイドラインを参照してください。

## VHDL の符号サポート

VHDL では、オペランドの演算およびタイプによって、コードに追加のパッケージを含める必要があります。たとえば、符号なし加算器を作成するには、次の表のような符号なしの値を処理する演算パッケージおよびタイプを使用します。

符号なしの演算

| パッケージ              | タイプ              |
|--------------------|------------------|
| numeric_std        | unsigned         |
| std_logic_arith    | unsigned         |
| std_logic_unsigned | std_logic_vector |

符号付き加算器を作成するには、次の表のような符号付きの値を処理する演算パッケージおよびタイプを使用できます。

符号付き演算

| パッケージ            | タイプ              |
|------------------|------------------|
| numeric_std      | signed           |
| std_logic_arith  | signed           |
| std_logic_signed | std_logic_vector |

使用可能なタイプの詳細については、IEEE 規格の VHDL のマニュアルを参照してください。

## 四則演算のインプリメンテーション

このセクションでは、四則演算のインプリメンテーションについて説明します。

### 四則演算のスライス ロジック

四則演算マクロをスライス ロジックにインプリメントする場合、XST では特に高速で効率的な演算ファンクションをインプリメントするための専用キャリー ロジックといった、ザイリンクスの CLB 構造の機能が利用されます。

### 四則演算の DSP ブロック リソース

Virtex®-6 および Spartan®-6 デバイスには、専用の高パフォーマンス演算ブロック (DSP ブロック) が含まれます。使用可能な DSP ブロックの量は、ターゲット デバイスによって異なり、コンフィギュレーションを変更して、さまざまな演算ファンクションをインプリメントできます。可能性が最大限に引き出された場合、DSP ブロックは完全にパイプライン化された preadder-multiply-add (前置加算器 - 乗算 - 加算) または preadder-multiply-accumulate (前置加算器 - 乗算 - 累算) ファンクションをインプリメントできます。

XST では、これらのリソースを可能な限り利用して、高パフォーマンスで電力効率の良い演算ロジックをインプリメントしようとします。

DSP ブロックへのインプリメンテーションの詳細については、[乗算器と乗加算および乗累算](#)を参照してください。

- ・ 演算マクロをスライス ロジックにインプリメントするか DSP ブロック リソースにインプリメントするかは、[DSP ブロックの使用 \(USE\\_DSP48\)](#) 制約をデフォルト値の auto に設定して制御します。
- ・ auto モードの場合、XST では実際に使用可能な DSP ブロック リソースが考慮され、ターゲット デバイスがオーバーマップされないようになります。XST では、デバイスで使用可能な DSP ブロック リソースがすべて使用される可能性があります。[DSP 使用率 \(DSP\\_UTILIZATION\\_RATIO\)](#) を使用すると、これらのリソースを割り当てないままの状態にしておくことができます。
- ・ スタンドアロンの加算器、アキュムレータ、カウンタなど、演算マクロの中には、デフォルトでは DSP ブロックにインプリメントされないものがあります。強制的にインプリメントするには、[DSP ブロックの使用 \(USE\\_DSP48\)](#) 制約の値を yes にします。
- ・ DSP ブロックにインプリメントされる演算ファンクションをパイプライン化する場合に、その利点が活かされるようにするには、レジスタにオプションでクロック イネーブルを付けて記述します。レジスタは、オプションで同時にリセットすることもできます。非同期リセット ロジックを使用すると、このようなインプリメンテーションがされないため、使用しないでください。
- ・ 符号なし (unsigned) の演算を記述する場合、DSP ブロック リソースはオペランドを符号付きとみなすことを覚えておってください。符号なしのオペランドを 1 つの DSP ブロックの全幅にマップすることはできません。たとえば、XST は 1 つの Virtex-6 DSP48E1 ブロックに最大で 25 X 18 ビットの符号付き乗算をインプリメントできます。DSP ブロック入力の MSB (最上位ビット) を 0 にすると、同じ 1 つのブロックにのみ最大 24 X 17 ビットの符号なしの製品をインプリメントできます。



DSP ブロック リソースの詳細および最適な HDL コーディング方法については、次を参照してください。

- ・ 『Virtex-6 FPGA DSP48E1 Slice User Guide』  
([http://japan.xilinx.com/support/documentation/user\\_guides/ug369.pdf](http://japan.xilinx.com/support/documentation/user_guides/ug369.pdf))
- ・ 『Spartan-6 FPGA DSP48A1 Slice User Guide』  
([http://japan.xilinx.com/support/documentation/user\\_guides/ug389.pdf](http://japan.xilinx.com/support/documentation/user_guides/ug389.pdf))

## コンパレータ

このセクションには、次の内容が含まれます。

- ・ [コンパレータの概要](#)
- ・ [コンパレータの関連制約](#)
- ・ [コンパレータのレポート](#)
- ・ [コンパレータのコード例](#)

### コンパレータの概要

XST では、次のすべてのタイプのコンパレータが認識されます。

- ・ **equal**
- ・ **not equal**
- ・ **larger than**
- ・ **larger than or equal**
- ・ **less than**
- ・ **less than or equal**

### コンパレータの関連制約

なし

### コンパレータのレポート

信号または変数の定数に対する equal (=) または not equal (≠) は、XST で直接ブール型ロジックに最適化されるので、明示的なコンパレータ マクロ推論にはなりません。その他すべての比較では、コンパレータ マクロの推論は次のようにレポートされます。

```
=====
*                               HDL Synthesis                               *
=====

Synthesizing Unit <example>.
  Found 8-bit comparator lessequal for signal <n0000> created at line 8
  Found 8-bit comparator greater for signal <cmp2> created at line 15
  Summary:
    inferred    2 Comparator(s).
Unit <example> synthesized.

=====

HDL Synthesis Report

Macro Statistics
# Comparators                : 2
  8-bit comparator greater    : 1
  8-bit comparator lessequal  : 1
=====
```

## コンパレータのコード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

### 符号なし 8 ビット コンパレータの VHDL コード例

```
--
-- Unsigned 8-bit Greater or Equal Comparator
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/comparators/comparators_1.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;

entity comparators_1 is
    generic (
        WIDTH : integer := 8);
    port (
        A,B : in  std_logic_vector(WIDTH-1 downto 0);
        CMP : out std_logic);
end comparators_1;

architecture archi of comparators_1 is
begin
    CMP <= '1' when A >= B else '0';
end archi;
```

### 符号なし 8 ビットの小さなコンパレータの Verilog コード例

```
//
// Unsigned 8-bit Less Than Comparator
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/comparators/comparators_1.v
//
module v_comparators_1 (A, B, CMP);

    parameter WIDTH = 8;
    input  [WIDTH-1:0] A;
    input  [WIDTH-1:0] B;
    output CMP;

    assign CMP = (A < B) ? 1'b1 : 1'b0;

endmodule
```

## 除算器

このセクションには、次の内容が含まれます。

- ・ [除算器の概要](#)
- ・ [除算器の関連制約](#)
- ・ [除算器のレポート](#)
- ・ [除算器のコード例](#)

### 除算器の概要

除算器は、次の場合にのみサポートされます。

- ・ 除数が定数と 2 のべき乗の場合 (このような記述はシフトとしてインプリメントされます)
- ・ どちらのオペランドも定数の場合

その他の場合、XST はエラー メッセージを表示して終了します。

### 除算器の関連制約

なし

### 除算器のレポート

なし

### 除算器のコード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

## 定数 2 で除算する VHDL コード例

```
--
-- Division By Constant 2
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/dividers/dividers_1.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.numeric_std.all;

entity divider_1 is
    port(DI : in  unsigned(7 downto 0);
         DO : out unsigned(7 downto 0));
end divider_1;

architecture archi of divider_1 is
begin

    DO <= DI / 2;

end archi;
```

## 定数 2 で除算する Verilog コード例

```
//
// Division By Constant 2
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/dividers/dividers_1.v
//
module v_divider_1 (DI, DO);
    input  [7:0] DI;
    output [7:0] DO;

    assign DO = DI / 2;

endmodule
```

## 加算器、減算器、加減算器

このセクションには、次の内容が含まれます。

- ・ [加算器、減算器、加減算器の概要](#)
- ・ [キャリー出力の記述](#)
- ・ [加算器、減算器、加減算器のインプリメンテーション](#)
- ・ [加算器、減算器、加減算器の関連制約](#)
- ・ [加算器、減算器、加減算器のレポート](#)
- ・ [加算器、減算器、加減算器のコード例](#)

### 加算器、減算器、加減算器の概要

XST では、加算器、減算器、加減算器が認識されます。加算器はオプションのキャリー入力とキャリー出力を付けて記述できます。減算器は、オプションのボロー入力を付けて記述できます。

### キャリー出力の記述

キャリー出力は通常、記述した加算の結果を最長のオペランドに追加されたビットを含む信号に代入して記述します。

#### キャリー出力を記述した VHDL コード例 1

```
input  [7:0]  A;
input  [7:0]  B;
wire   [8:0]  res;
wire                carryout;

assign res = A + B;
assign carryout = res[8];
```

#### キャリー出力を記述した VHDL コード例 2

VHDL で加算器をキャリー出力付きで記述する場合、使用する演算パッケージに注意してください。たとえば、上記方法で `std_logic_unsigned` を使用するのとは適切ではありません。これは、結果のサイズが最長の引数のサイズと同じになる必要があるためです。このような場合、オペランドのサイズは次の例のように調整します。

```
signal A          : std_logic_unsigned(7 downto 0);
signal B          : std_logic_unsigned(7 downto 0);
signal res        : std_logic_unsigned(8 downto 0);
signal carryout   : std_logic;

res <= ("0" & A) + ("0" & B);
carryout <= res[8];
```

オペランドは **integer** 型に変換したり、加算結果を次のように **std\_logic\_vector** に変換したりすることもできます。conv\_std\_logic\_vector 変換関数は、std\_logic\_arith パッケージに含まれています。符号なしの + 演算は、std\_logic\_unsigned に含まれています。

```
signal A          : std_logic_vector(7 downto 0);
signal B          : std_logic_vector(7 downto 0);
signal res        : std_logic_vector(8 downto 0);
signal carryout   : std_logic;

res <= conv_std_logic_vector((conv_integer(A) + conv_integer(B)),9);
carryout <= res[8];
```

## 加算器、減算器、加減算器のインプリメンテーション

スタンドアロンの加算器、減算器、加減算器はデフォルトでは DSP ブロックリソースにインプリメントされず、キャリー ロジックを使用して合成されます。

単純な加算器、減算器、加減算器を DSP ブロックにインプリメントするには、[DSP ブロックの使用 \(USE\\_DSP48\)](#) 制約の値を yes にします。

XST では、出力レジスタの 1 つのレベルの DSP48 ブロックへのインプリメントがサポートされます。キャリーインまたは加減算のセレクトにレジスタが付いている場合も、これらのレジスタが DSP48 に挿入されます。

XST では、インプリメンテーションに必要な DSP リソースが 1 つのみの場合に、加減算器を DSP48 ブロックにインプリメントできます。1 つの DSP48 にフィットしない場合は、スライス ロジックを使用してマクロ全体がインプリメントされます。

DSP48 へのマクロのインプリメンテーションは、[DSP 使用率 \(DSP\\_UTILIZATION\\_RATIO\)](#) 制約をデフォルト値の auto に設定して制御します。auto モードにすると、加減算器はフィルタのようなより複雑なマクロの一部になり、XST ではこれを自動的に DSP ブロックに配置します。これ以外のモードでは、LUT を使用して加減算器がインプリメントされます。

これらのマクロを強制的に DSP48 に挿入するには、[DSP48 の使用 \(USE\\_DSP48\)](#) の値を yes に設定する必要があります。DSP ブロックに加減算器を配置する際、XST ではそこからほかの DSP チェーンへの接続があるかどうかを確認されます。接続がある場合、高速の DSP 接続を使用してこの加減算器を DSP チェーンに接続します。DSP48 ブロックに加減算器をインプリメントすると、XST では DSP48 リソースが自動的に制御されます。

XST では、DSP48 に最大数のレジスタを含めるなど、最大限のマクロ コンフィギュレーションを推論およびインプリメントすることで、最良のパフォーマンスを達成しようとします。マクロを特定のコンフィギュレーションにする場合は、[キープ \(KEEP\)](#) 制約を使用する必要があります。たとえば、DSP48 の 1 段目のレジスタを DSP48 に挿入しない場合は、[キープ \(KEEP\)](#) 制約をこれらのレジスタの出力に設定する必要があります。

## 加算器、減算器、加減算器の関連制約

- ・ [DSP ブロックの使用 \(USE\\_DSP48\)](#)
- ・ [DSP 使用率 \(DSP\\_UTILIZATION\\_RATIO\)](#)
- ・ [キープ \(KEEP\)](#)

## 加算器、減算器、加減算器のレポート

```
=====
*                               HDL Synthesis                               *
=====

Synthesizing Unit <example>.
    Found 8-bit adder for signal <sum> created at line 9.
    Summary:
    inferred    1 Adder/Subtractor(s).
Unit <example> synthesized.

=====

HDL Synthesis Report

Macro Statistics
# Adders/Subtractors                : 1
  8-bit adder                       : 1

=====
```

キャリー入力付きの加算器の場合、2 つの別々の加算器マクロが最初に推論され、HDL 合成 (HDL Synthesis 部分) でレポートされます。これらは、レポートでアドバンス HDL 合成段階でキャリー入力付きの 1 つの加算器マクロにまとめられ、それがアドバンス HDL 合成レポートに表示されます。同様に、ボロー入力付きの減算器を記述した場合、2 つの別々の減算器マクロが最初に推論され、アドバンス HDL 合成でまとめられます。キャリー出力ロジックについてはレポートされません。

## 加算器、減算器、加減算器のコード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。



## 符号なし 8 ビット加算器の VHDL コード例

```
--
-- Unsigned 8-bit Adder
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/adders/adders_1.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;

entity adders_1 is
    generic (
        WIDTH : integer := 8);
    port (
        A, B : in  std_logic_vector(WIDTH-1 downto 0);
        SUM  : out std_logic_vector(WIDTH-1 downto 0));
end adders_1;

architecture archi of adders_1 is
begin
    SUM <= A + B;
end archi;
```

## キャリー イン付き符号なし 8 ビット加算器の Verilog コード例

```
//
// Unsigned 8-bit Adder with Carry In
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/adders/adders_2.v
//
module v_adders_2 (A, B, CI, SUM);

    parameter WIDTH = 8;
    input  [WIDTH-1:0] A;
    input  [WIDTH-1:0] B;
    input          CI;
    output [WIDTH-1:0] SUM;

    assign SUM = A + B + CI;

endmodule
```

## 乗算器

このセクションには、次の内容が含まれます。

- ・ [乗算器の概要](#)
- ・ [乗算器のインプリメンテーション](#)
- ・ [乗算器の関連制約](#)
- ・ [乗算器のレポート](#)
- ・ [乗算器のコード例](#)

### 乗算器の概要

XST では、HDL ソース コードで検出された積演算子から乗算器マクロが推論されます。

結果の出力信号のビット数は 2 つのオペランドの合計ビット数と等しくなります。たとえば、16 ビットの信号と 8 ビットの信号が乗算されると、結果は 24 ビットになります。積の全 MSB (最上位ビット) を使用しない場合、特に乗算器マクロをスライス ロジックにインプリメントする場合には、オペランドのビット数を必要最小限まで削減してみてください。

### 乗算器のインプリメンテーション

このセクションでは、次の内容について説明します。

- ・ [乗算器のインプリメンテーションの概要](#)
- ・ [DSP ブロックのインプリメンテーション](#)
- ・ [スライス ロジックのインプリメンテーション](#)
- ・ [定数への乗算](#)

#### 乗算器のインプリメンテーションの概要

乗算器マクロは、次のデバイス リソースにインプリメントできます。

- ・ スライス ロジック
- ・ DSP ブロック

乗算器をスライス ロジックにインプリメントするか DSP ブロック リソースにインプリメントするかは、[DSP ブロックの使用 \(USE\\_DSP48\)](#) 制約をデフォルト値の auto に設定して制御します。

auto モードの場合、次が実行されます。

- ・ XST では、乗算器のオペランドが最小サイズである場合、DSP ブロック リソースに乗算器をインプリメントしようとします。最小サイズは、ターゲット デバイス ファミリによって異なります。DSP ブロックにインプリメントするには、制約の値を yes に指定します。
- ・ XST では実際に使用可能な DSP ブロック リソースが考慮され、ターゲット デバイスがオーバーマップされないようになります。XST では、デバイスで使用可能な DSP ブロック リソースがすべて使用される可能性があります。[DSP 使用率 \(DSP\\_UTILIZATION\\_RATIO\)](#) を使用すると、これらのリソースを割り当てないままの状態にしておくことができます。

乗算器をスライス ロジックまたは DSP ブロックにインプリメントするには、該当する信号、エンティティ、モジュールで [DSP ブロックの使用 \(USE\\_DSP48\)](#) を no (スライス ロジック) または yes (DSP ブロック) に設定します。

## DSP ブロックのインプリメンテーション

乗算器を 1 つの DSP ブロックにインプリメントする場合、XST は DSP ブロックの次のようなパイプライン機能を利用しようとします。

- ・ 乗算オペランドの 2 レベルのレジスタ
- ・ 乗算の後ろの 2 レベルのレジスタ

乗算器が 1 つの DSP ブロックに収まらない場合、XST はこのマクロを分解して、複数の DSP ブロックか、DSP ブロックとスライス ロジックの両方にインプリメントします。どちらの方法になるかは、最大のパフォーマンスになることを目標に、オペランドのサイズによって決まります。

複数の DSP ブロックへのインプリメンテーションは、XST がパイプライン化を実行するように命令されていると、さらに改善されることがあります。この場合、**乗算器スタイル (MULT\_STYLE)** を pipe\_block に指定します。XST は自動的にその乗算器のパフォーマンスを最大にするために必要な理想的なレジスタのステージ数を計算します。使用可能な場合、XST では目標を達成するためにそのレジスタを移動します。レイテンシが十分ではない場合は、アドバンス HDL 合成中に次のような HDL Advisor のメッセージが表示されます。このメッセージで提案されるレジスタのステージ数を追加できます。

```
INFO:Xst:2385 - HDL ADVISOR - You can improve the performance of the
multiplier Mmult_n0005 by adding 2 register level(s).
```

**キープ (KEEP)** を使用すると、レジスタが DSP ブロックに吸収されないようにできます。たとえば、乗算器のオペランドにあるレジスタが DSP ブロックに吸収されないようにするには、レジスタ出力に **キープ (KEEP)** を使用します。

## スライス ロジックのインプリメンテーション

**DSP ブロックの使用 (USE\_DSP48)** が auto に設定されると、1 ステージまたは複数ステージのレイテンシが使用可能で、ターゲット デバイスで使用可能な DSP ブロック数の制限内である場合、ほとんどの乗算器が DSP ブロックリソースにインプリメントされます。

乗算器をスライス ロジックにインプリメントするには、**DSP ブロックの使用 (USE\_DSP48)** 制約の値を no に指定します。

乗算器をスライス ロジックにインプリメントする場合、はその演算子の周りでパイプラインができるかどうかを探して、これらのレジスタを移動してデータ パス長を削減します。このため、パイプラインを使用すると大型乗算器のパフォーマンスをかなり改善できます。パイプライン化の効果は、フリップフロップのリタイミングと同様です。

パイプライン ステージを挿入するには

1. レジスタを記述します。
2. それらのレジスタを乗算器の後に配置します。
3. **乗算器スタイル (MULT\_STYLE)** を次に設定します。

```
pipe_lut
```

## 定数への乗算

XST では、乗算の引数の 1 つが定数の場合、次のどちらかの専用インプリメンテーション方法が使用されます。

- ・ CCM (Constant Coefficient Multiplier) インプリメンテーション
- ・ CSD (Canonical Signed Digit) インプリメンテーション

これらの方法は、乗算がスライス ロジックにインプリメントされた場合にのみ使用できます。

最適化レベルは、その定数オペランドの特徴によって異なります。場合によっては、CCM インプリメンテーションがデフォルトのスライス ロジックのインプリメンテーションよりも劣ることがあります。このため、XST では CCM か通常の乗算インプリメンテーションが自動的に選択されるようになっています。CSD は自動的に選択されません。[乗算器スタイル \(MULT\\_STYLE\)](#) を次の目的で使用します。

- ・ CSD インプリメンテーションの指定
- ・ CCM インプリメンテーションの指定

XST では次の場合、CCM または CSD インプリメンテーションが使用されません。

- ・ 乗算が符号付きの場合
- ・ オペランドの 1 つが 32 ビットより大きい場合

## 乗算器の関連制約

- ・ [DSP ブロックの使用 \(USE\\_DSP48\)](#)
- ・ [DSP 使用率 \(DSP\\_UTILIZATION\\_RATIO\)](#)
- ・ [キープ \(KEEP\)](#)
- ・ [乗算器スタイル \(MULT\\_STYLE\)](#)

## 乗算器のレポート

乗算器は HDL 合成中に推論されます。乗算器マクロによるレジスタの吸収は、アドバンス HDL 合成で発生し、次のように HDL 合成レポートに表示されます。

```
=====
*                               HDL Synthesis                               *
=====

Synthesizing Unit <v_multipliers_11>.
  Found 8-bit register for signal <rB>.
  Found 24-bit register for signal <RES>.
  Found 16-bit register for signal <rA>.
  Found 16x8-bit multiplier for signal <n0005> created at line 20.
  Summary:
  inferred   1 Multiplier(s).
  inferred  48 D-type flip-flop(s).
Unit <v_multipliers_11> synthesized.

=====

HDL Synthesis Report

Macro Statistics
# Multipliers                               : 1
  16x8-bit multiplier                       : 1
# Registers                                 : 3
  16-bit register                           : 1
  24-bit register                           : 1
```

```

8-bit register                                     : 1

=====

=====

*                               Advanced HDL Synthesis                               *
=====

Synthesizing (advanced) Unit <v_multipliers_11>.
Found pipelined multiplier on signal <n0005>:
  - 1 pipeline level(s) found in a register connected to the multiplier
macro output.
  Pushing register(s) into the multiplier macro.

  - 1 pipeline level(s) found in a register on signal <rA>.
  Pushing register(s) into the multiplier macro.

  - 1 pipeline level(s) found in a register on signal <rB>.
  Pushing register(s) into the multiplier macro.
INFO:Xst:2385 - HDL ADVISOR - You can improve the performance of the
multiplier Mmult_n0005 by adding 1 register level(s).
Unit <v_multipliers_11> synthesized (advanced).

=====

Advanced HDL Synthesis Report

Macro Statistics
# Multipliers                                     : 1
16x8-bit registered multiplier                   : 1

=====

```

## 乗算器のコード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

## 符号なし 8X4 ビット乗算器の VHDL コード例

```
--
-- Unsigned 8x4-bit Multiplier
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/multipliers/multipliers_1.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;

entity multipliers_1 is
    generic (
        WIDTHA : integer := 8;
        WIDTHB : integer := 4);
    port (
        A      : in  std_logic_vector(WIDTHA-1 downto 0);
        B      : in  std_logic_vector(WIDTHB-1 downto 0);
        RES    : out std_logic_vector(WIDTHA+WIDTHB-1 downto 0));
end multipliers_1;

architecture beh of multipliers_1 is
begin
    RES <= A * B;
end beh;
```

## 符号なし 32x24 ビット乗算器の Verilog コード例

```
//
// Unsigned 32x24-bit Multiplier
//      1 latency stage on operands
//      3 latency stage after the multiplication
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/multipliers/multipliers_11.v
//
module v_multipliers_11 (clk, A, B, RES);

    parameter WIDTHA = 32;
    parameter WIDTHB = 24;
    input      clk;
    input  [WIDTHA-1:0]  A;
    input  [WIDTHB-1:0]  B;
    output [WIDTHA+WIDTHB-1:0] RES;

    reg  [WIDTHA-1:0]  rA;
    reg  [WIDTHB-1:0]  rB;
    reg  [WIDTHA+WIDTHB-1:0] M [3:0];
    integer i;

    always @(posedge clk)
    begin
        rA <= A;
        rB <= B;
        M[0] <= rA * rB;
        for (i = 0; i < 3; i = i+1)
            M[i+1] <= M[i];
        end
        assign RES = M[3];
    end

endmodule
```

## 乗加算と乗累算

このセクションには、次の内容が含まれます。

- ・ [乗加算および乗累算](#)
- ・ [乗加算と乗累算のインプリメンテーション](#)
- ・ [乗加算と乗累算の関連制約](#)
- ・ [乗加算と乗累算のレポート](#)
- ・ [乗加算と乗累算のコード例](#)

### 乗加算および乗累算

乗加算、乗減算、乗加減算、乗累算マクロは、乗算器、加減算器および前の HDL 合成段階で推論されたレジスタなどを集めて、アドバンス HDL 合成中に推論されます。

### 乗加算と乗累算のインプリメンテーション

推論された乗加算または乗累算マクロはザイリンクス デバイスで使用可能な DSP ブロックリソースにインプリメントできます。この場合、XST は次のような DSP ブロックのパイプライン機能を利用しようとします。

- ・ 乗算オペランドの 2 レジスタ ステージ
- ・ 乗算の後ろの 1 レジスタ ステージ
- ・ 加算器、減算器、加算器/減算器の後ろの 1 レジスタ ステージ
- ・ 加算/減算の選択信号の 1 レジスタ ステージ
- ・ 加算器のオプションのキャリー入力の 1 レジスタ ステージ

XST では、インプリメンテーションに必要な DSP リソースが 1 つのみの場合に乗累算 (MAC) を DSP48 ブロックにインプリメントできます。1 つの DSP48 にフィットしない場合は、乗算器とアキュムレータ (累算) が別々のマクロとして処理されます。

DSP ブロックリソースのマクロ インプリメンテーションは、[DSP ブロックの使用 \(USE\\_DSP48\)](#) 制約をデフォルト値の auto に設定して制御します。この auto モードでは、ターゲット デバイスで使用可能な DSP ブロックリソースの量が考慮されて、乗加算および乗累算マクロがインプリメントされます。XST では、デバイスで使用可能な DSP ブロックリソースがすべて使用される可能性があります。[DSP 使用率 \(DSP\\_UTILIZATION\\_RATIO\)](#) を使用すると、これらのリソースを割り当てないままの状態にしておくことができます。

XST では、レジスタを乗加算または乗累算マクロにできるだけ吸収させ、DSP ブロックのすべてのパイプライン機能を利用して回路パフォーマンスを最大限にしようとします。[キープ \(KEEP\)](#) を使用すると、レジスタが DSP ブロックに吸収されないようにできます。たとえば、乗算器のオペランドにあるレジスタが DSP ブロックに吸収されないようにするには、レジスタ出力に [キープ \(KEEP\)](#) を使用します。

### 乗加算と乗累算の関連制約

- ・ [DSP ブロックの使用 \(USE\\_DSP48\)](#)
- ・ [DSP 使用率 \(DSP\\_UTILIZATION\\_RATIO\)](#)
- ・ [キープ \(KEEP\)](#)



## 乗加算と乗累算のレポート

XST からは、HDL Synthesis 段階で推論された乗算器、アキュムレータ、およびレジスタの詳細がレポートされます。これらのマクロの乗加算または乗累算マクロへの合成情報については、Advanced HDL Synthesis セクションに記述されます。どちらのマクロ タイプも、統合された MAC を表す部分の下に含まれます。

```
=====
*                               HDL Synthesis                               *
=====
```

```
Synthesizing Unit <v_multipliers_7a>.
  Found 16-bit register for signal <accum>.
  Found 16-bit register for signal <mult>.
  Found 16-bit adder for signal <n0058> created at line 26.
  Found 8x8-bit multiplier for signal <n0005> created at line 18.
  Summary:
  inferred   1 Multiplier(s).
  inferred   1 Adder/Subtractor(s).
  inferred  32 D-type flip-flop(s).
Unit <v_multipliers_7a> synthesized.
```

```
=====
HDL Synthesis Report
```

```
Macro Statistics
# Multipliers                : 1
  8x8-bit multiplier          : 1
# Adders/Subtractors         : 1
  16-bit adder                : 1
# Registers                   : 2
  16-bit register             : 2
```

```
=====
*                               Advanced HDL Synthesis                       *
=====
```

```
Synthesizing (advanced) Unit <v_multipliers_7a>.
The following registers are absorbed into accumulator <accum>: 1 register
on signal <accum>.
Multiplier <Mmult_n0005> in block <v_multipliers_7a> and accumulator
<accum> in block <v_multipliers_7a> are combined into a MAC<Mmac_n0005>.
The following registers are also absorbed by the MAC: <mult> in block
<v_multipliers_7a>.
Unit <v_multipliers_7a> synthesized (advanced).
```

```
=====
Advanced HDL Synthesis Report
```

```
Macro Statistics
# MACs                               : 1
8x8-to-16-bit MAC                     : 1
```

=====

## 乗加算と乗累算のコード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

## 乗算アップ アキュムレータ (乗算後にレジスタ付き) の VHDL コード例

```
--
-- Multiplier Up Accumulate with Register After Multiplication
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/multipliers/multipliers_7a.vhd
--
library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;

entity multipliers_7a is
    generic (p_width: integer:=8);
    port (clk, reset: in std_logic;
          A, B: in std_logic_vector(p_width-1 downto 0);
          RES: out std_logic_vector(p_width*2-1 downto 0));
end multipliers_7a;

architecture beh of multipliers_7a is
    signal mult, accum: std_logic_vector(p_width*2-1 downto 0);
begin

    process (clk)
    begin
        if (clk'event and clk='1') then
            if (reset = '1') then
                accum <= (others => '0');
                mult <= (others => '0');
            else
                accum <= accum + mult;
                mult <= A * B;
            end if;
        end if;
    end process;

    RES <= accum;

end beh;
```

## 乗算器アップ アキュムレータの Verilog コード例

```
//
// Multiplier Up Accumulate with:
//   Registered operands
//   Registered multiplication
//   Accumulation
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/multipliers/multiply_accum_2.v
//
module v_multiply_accum_2 (clk, rst, A, B, RES);

    parameter WIDTH = 8;
    input          clk;
    input          rst;
    input  [WIDTH-1:0]  A, B;
    output [2*WIDTH-1:0] RES;

    reg  [WIDTH-1:0]  rA, rB;
    reg  [2*WIDTH-1:0] mult, accum;

    always @(posedge clk)
    begin
        if (rst) begin
            rA    <= {WIDTH{1'b0}};
            rB    <= {WIDTH{1'b0}};
            mult   <= {2*WIDTH{1'b0}};
            accum  <= {2*WIDTH{1'b0}};
        end
    else begin
        rA <= A;
        rB <= B;
        mult <= rA * rB;
        accum <= accum + mult;
    end
    end
    assign RES = accum;

endmodule
```

## DSP の推論

このセクションでは、次の内容について説明します。

- ・ [DSP の推論の概要](#)
- ・ [対称フィルタ](#)
- ・ [DSP の推論のコード例](#)

### DSP の推論の概要

XST には、レイテンシ ステージ (レジスタ)、乗算、乗加算/減算、累算、乗累算、ROM などの基本的なファンクションのより精密な推論機能に加え、ポータブルのビヘイビア ソース コードを含むフィルタを記述するための、さらに拡張された推論機能も含まれます。

XST は、基本的な論理エレメント間の文脈関係があるかどうかを判断し、ザイリンクス デバイスで使用可能な DSP ブロックリソースの優れた機能 (パイプライン ステージ、カスケード パス、前置加算器ステージ、時分割多重化) を利用することで、高パフォーマンスのインプリメンテーションおよび電力削減が達成できるようにします。

DSP ブロックの機能を適切に使用するには、加算器ツリーではなく、加算器チェーンをフィルタ記述の骨組みとして使用します。VHDL の for-generate 文のような HDL 言語の中には、この方法でフィルタを記述させて、コードの可読性と拡張性を最大限にするものもあります。

DSP ブロックの詳細と使用方法については、次を参照してください。

- ・ 『Virtex-6 FPGA DSP48E1 Slice User Guide』  
([http://japan.xilinx.com/support/documentation/user\\_guides/ug369.pdf](http://japan.xilinx.com/support/documentation/user_guides/ug369.pdf))
- ・ 『Spartan-6 FPGA DSP48A1 Slice User Guide』  
([http://japan.xilinx.com/support/documentation/user\\_guides/ug389.pdf](http://japan.xilinx.com/support/documentation/user_guides/ug389.pdf))

### 対称フィルタ

ザイリンクス DSP ブロックのオプションの前置加算器は、対称フィルタ用に設計されています。対称係数フィルタを記述する場合は、前置加算器を使用して必要な DSP ブロックの数を半分に減らします。

XST では自動的に対称係数が識別されて因数分解されないの、フィルタを一般的な方法で記述するのはお勧めしません。前置加算器を使用し、DSP ブロックが適宜にコンフィギュレーションされるようにするには、その因数分解形式を手動でコード記述する必要があります。

次の SymSystolicFilter および SymTransposeConvFilter コードは、その具体例です。

**メモ:** 前置加算器の機能を使用するには、XST でその前置加算器の容量と同じ記述が (データ幅がそれより小さくても) 識別される必要があります。この要件は、前置加算器にのみ該当します。次の例に示すように、前置加算オペランドの明示的なパディングに符合付きまたは符号なしの拡張を使用して、DSP リソースの推論およびインプリメンテーションが正しく実行されるようにしてください。

#### 明示的なデータ拡張を使用した前置加算器のコード例

```
--  
-- Explicit padding of pre-adder operands  
--  
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip  
-- File: HDL_Coding_Techniques/dsp/preadder_padding.vhd
```

```
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.numeric_std.all;

entity preadder_padding is

    generic (
        DATA_WIDTH : integer := 16
    );
    port (
        clk : in  std_logic;
        a   : in  signed(DATA_WIDTH-1 downto 0);
        b   : in  signed(DATA_WIDTH-1 downto 0);
        c   : in  signed(DATA_WIDTH-1 downto 0);
        d   : in  signed(2*DATA_WIDTH-1 downto 0);
        o   : out signed(2*DATA_WIDTH-1 downto 0)
    );

end preadder_padding;

architecture behavioral of preadder_padding is

    constant PREADD_WIDTH : integer := 18;
    signal a_resized : signed(PREADD_WIDTH-1 downto 0);
    signal b_resized : signed(PREADD_WIDTH-1 downto 0);
    signal pre       : signed(PREADD_WIDTH-1 downto 0);
    signal m         : signed(DATA_WIDTH+PREADD_WIDTH-1 downto 0);
    signal p         : signed(DATA_WIDTH+PREADD_WIDTH-1 downto 0);

begin

    assert DATA_WIDTH <= PREADD_WIDTH report "DATA_WIDTH exceeds limit of 18 bits" severity ERROR;

    a_resized <= RESIZE(a, PREADD_WIDTH);
    b_resized <= RESIZE(b, PREADD_WIDTH);

    process (clk)
    begin
        if rising_edge(clk) then
            pre <= a_resized + b_resized;
            m <= pre * c;
            p <= m + d;
        end if;
    end process;

    o <= RESIZE(p, 2*DATA_WIDTH);

end behavioral;
```

## DSP の推論のコード例

DSP 推論のコード例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) の HDL\_Coding\_Techniques/dsp ディレクトリにあります。各デザインは、それぞれの下位ディレクトリに保存されています。

### DSP リファレンス デザイン

| デザイン                 | HDL 言語の指定       | 説明                                                                                         | デバイス                              |
|----------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| PolyDecFilter        | VHDL            | 多層間引きフィルタ                                                                                  | Spartan®-6<br>Virtex®-6<br>7 シリーズ |
| PolyIntrpFilter      | VHDL            | 多層補間フィルタ                                                                                   | Spartan-6<br>Virtex-6<br>7 シリーズ   |
| EvenSymSystFIR       | VHDL            | 偶数タップ付き対称シストリックフィルタ。DSP ブロックの前置加算器の利点を生かすために、対称係数が因数分解されています。                              | Virtex-6<br>7 シリーズ                |
| OddSymSystFIR        | VHDL            | 奇数タップ付き対称シストリックフィルタ。DSP ブロックの前置加算器の利点を生かすために、対称係数が因数分解されています。                              | Virtex-6<br>7 シリーズ                |
| EvenSymTranspConvFIR | VHDL            | 偶数タップ付き対称転置型たたみ込みフィルタ。DSP ブロックの前置加算器の利点を生かすために、対称係数が因数分解されています。                            | Virtex-6<br>7 シリーズ                |
| OddSymTranspConvFIR  | VHDL            | 奇数タップ付き対称転置型たたみ込みフィルタ。DSP ブロックの前置加算器の利点を生かすために、対称係数が因数分解されています。                            | Virtex-6<br>7 シリーズ                |
| AlphaBlender         | VHDL<br>Verilog | 前置加算器、乗算器、後置加算器の利点を生かすため、画像合成でよく使用される $\alpha$ (アルファ) ブレンディング関数を 1 つの DSP ブロックにインプリメントします。 | Spartan-6<br>Virtex-6<br>7 シリーズ   |
| ComplexMult          | VHDL            | 複雑な乗算器を記述する単純な方法です。                                                                        | Spartan-6<br>Virtex-6<br>7 シリーズ   |
| ComplexMultAcc       | VHDL            | 複雑な乗累算機能を記述する単純な方法です。                                                                      | Spartan-6<br>Virtex-6<br>7 シリーズ   |

## リソース共有

このセクションには、次の内容が含まれます。

- ・ [リソース共有の概要](#)
- ・ [リソース共有の関連制約](#)
- ・ [リソース共有のレポート](#)
- ・ [リソース共有のコード例](#)

### リソース共有の概要

XST には、「リソース共有」と呼ばれる高レベルの最適化機能が含まれています。リソースを共有すると、演算子の数を最小限に抑えることができるので、デバイス使用率を削減できます。リソース共有は、2 つの類似する四則演算子が、それらに対応する出力が同時に使用されることがない場合、デバイスの共有リソースを使用してインプリメントできるという原則に基づいて実行されます。リソース共有では、通常因数分解された入力間を選択するために、マルチプレクサ ロジックが追加で作成されます。因数分解は、このロジックを最小にする方法で実行されます。

XST では、次のリソースの共有がサポートされます。

- ・ 加算器
- ・ 減算器
- ・ 加減算器
- ・ 乗算器

リソース共有は、どの最適化手法を選択したとしても、デフォルトでイネーブルになります。回路パフォーマンスを主な最適化目標としていて、タイミング目標を達成できない場合、リソース共有をディスエーブルにしておくと、タイミング目標が達成できることがあります。リソース共有が実行されると、HDL Advisor のメッセージでそれが表示されます。

### リソース共有の関連制約

[リソース共有 \(RESOURCE\\_SHARING\)](#)



## リソース共有のレポート

演算のリソース共有は HDL 合成中に実行され、レポートには次のような演算マクロの統計や特定の HDL Advisor メッセージなどが含まれます。

```
=====
*                               HDL Synthesis                               *
=====

Synthesizing Unit <resource_sharing_1>.
  Found 8-bit adder for signal <n0017> created at line 18.
  Found 8-bit subtractor for signal <n0004> created at line 18.
  Found 8-bit 2-to-1 multiplexer for signal <RES> created at line 18.
  Summary:
  inferred   1 Adder/Subtractor(s).
  inferred   1 Multiplexer(s).
Unit <resource_sharing_1> synthesized.

=====

HDL Synthesis Report

Macro Statistics
# Adders/Subtractors                : 1
  8-bit addsub                      : 1
# Multiplexers                      : 1
  8-bit 2-to-1 multiplexer          : 1

=====

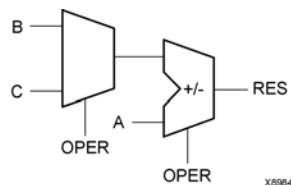
INFO:Xst:1767 - HDL ADVISOR - Resource sharing has identified that some
arithmetic operations in this design can share the same physical
resources for reduced device utilization.
For improved clock frequency you may try to disable resource sharing.
```

## リソース共有のコード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

この VHDL および Verilog の例では、次の図のような結果になります。

## リソース共有の図



## リソース共有の VHDL コード例

```
--
-- Resource Sharing
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/resource_sharing/resource_sharing_1.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;

entity resource_sharing_1 is
    port(A, B, C : in  std_logic_vector(7 downto 0);
         OPER    : in  std_logic;
         RES     : out std_logic_vector(7 downto 0));
end resource_sharing_1;

architecture archi of resource_sharing_1 is
begin

    RES <= A + B when OPER='0' else A - C;

end archi;
```

## リソース共有の Verilog コード例

```
//
// Resource Sharing
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/resource_sharing/resource_sharing_1.v
//
module v_resource_sharing_1 (A, B, C, OPER, RES);
    input  [7:0] A, B, C;
    input  OPER;
    output [7:0] RES;
    wire   [7:0] RES;

    assign RES = !OPER ? A + B : A - C;

endmodule
```

## RAM

このセクションには、次の内容が含まれます。

- ・ [RAM の概要](#)
- ・ [分散 RAM とブロック RAM](#)
- ・ [RAM のサポート機能](#)
- ・ [RAM の HDL コード記述のガイドライン](#)
- ・ [ブロック RAM の最適化ストラテジ](#)
- ・ [分散 RAM のパイプライン](#)
- ・ [RAM の関連制約](#)
- ・ [RAM のレポート](#)
- ・ [RAM のコード例](#)

### RAM の概要

XST の拡張 RAM 推論機能を使用すると、手動でザイリンクス RAM プリミティブをインスタンスシートする必要がありません。また、時間が節約でき、HDL ソースコードを移動および拡張しやすくなります。

### 分散 RAM とブロック RAM

Virtex®-6 および Spartan®-6 デバイスの RAM リソースには、次の 2 タイプがあります。

- ・ 分散 RAM (適切にコンフィギュレーションされたスライス ロジックにインプリメントされる)
- ・ 専用ブロック RAM リソース

どちらのリソース タイプでも、データは同時に RAM に記述されます。分散 RAM とブロック RAM の主な違いは、RAM からのデータの読み出され方にあります。

- ・ 分散 RAM の場合は非同期
- ・ ブロック RAM の場合は同期

XST では、どちらのタイプのリソースでも利点を生かすことができます。インプリメンテーションの選択は、次の条件によって決まります。

- ・ HDL で記述した通りの特徴の RAM
- ・ 特定のインプリメンテーション スタイルを指定したかどうか
- ・ ターゲット デバイスで使用可能なブロック RAM リソース

ただし、上記の主な違いを考慮すると、次のようになります。

- ・ 非同期読み出しの付いた RAM 記述は、分散 RAM リソースを使用してインプリメントされる必要があります。ブロック RAM にはインプリメントできません。
- ・ 同期読み出しの付いた RAM 記述は、通常ブロック RAM になりますが、特別に指定した場合、またはデバイスリソース使用率を考慮した場合などは、分散 RAM にレジスタを追加してインプリメントもできます。[RAM スタイル \(RAM\\_STYLE\)](#) は、RAM のインプリメンテーションを制御するために使用します。

Virtex-6 および Spartan-6 デバイスの RAM リソースに関する詳細は、次を参照してください。

- ・ [『Virtex-6 FPGA Memory Resources User Guide』](#)
- ・ [『Virtex-6 FPGA Configurable Logic Block User Guide』](#) の分散 RAM の部分
- ・ [『Spartan-6 FPGA Block RAM Resources User Guide』](#)
- ・ [『Spartan-6 FPGA Configurable Logic Block User Guide』](#) の分散 RAM の部分

## RAM のサポート機能

XST の RAM 推論機能には、次が含まれます。

- ・ どのサイズおよびデータ幅でもサポート。XST では、RAM 記述の 1 つまたは複数の RAM プリミティブへのマップが自動的に処理されます。
- ・ シングル ポート、単純なデュアル ポート、真のデュアル ポート
- ・ 最大 2 つの書き込みポート
- ・ 複数の読み出しポート

書き込みポートが 1 つしか記述されていない場合、XST ではその書き込みアドレスとは異なるアドレスで RAM 内容にアクセスする読み出しポートが複数付いた RAM 記述が認識できます。

- ・ 非対称ポートの付いたシンプルなデュアル ポートと真のデュアル ポート。

詳細は、次を参照してください。

### 非対称ポートのサポート (ブロック RAM)

- ・ 書き込みイネーブル
- ・ RAM イネーブル (ブロック RAM)
- ・ データ出力リセット (ブロック RAM)
- ・ オプションの出力レジスタ (ブロック RAM)
- ・ バイト幅書き込みイネーブル (ブロック RAM)
- ・ 各 RAM ポートは、そのクロック、RAM イネーブル、書き込みイネーブル、データ出力リセットで制御できます。
- ・ 初期内容の指定

パリティ ビットは、サポートされていません。

XST では、一部のブロック RAM プリミティブで使用可能なパリティビットを通常のデータビットとして使用して、記述したデータ幅に対応できますが、パリティ制御ロジックを自動的に生成する機能はなく、これらのパリティビット部分を意図した目的のために使用することはできません。

## RAM の HDL コード記述のガイドライン

このセクションでは、RAM の HDL コード記述のガイドラインについて説明します。

- ・ [モデリング](#)
- ・ [読み出しアクセスの記述](#)
- ・ [ブロック RAM の読み出し/書き込みの同期](#)
- ・ [リセット可能なデータ出力 \(ブロック RAM\)](#)
- ・ [バイト幅の書き込みイネーブルのサポート \(ブロック RAM\)](#)
- ・ [非対称ポートのサポート](#)
- ・ [RAM の初期内容](#)

### モデリング

RAM は、通常配列オブジェクトの 1 配列を使用して記述されます。

#### VHDL での RAM の記述

1 つの書き込みポートが付いた RAM を記述するには、VHDL の「signal」を次のように使用します。

```
type ram_type is array (0 to 255) of std_logic_vector (15 downto 0);  
signal RAM : ram_type;
```

VHDL で 2 つの書き込みポートが付いた RAM を記述するには、「signal」ではなく「shared variable」を使用します。

```
type ram_type is array (0 to 255) of std_logic_vector (15 downto 0);  
shared variable RAM : ram_type;
```

2 つの書き込みポートが付いた RAM を記述するのに「signal」を使用しようとすると、XST で拒否されます。このような記述は、シミュレーション ツールで正しく動作しません。

**メモ:** 「shared variable」は変数の延長で、プロセス間通信を可能にします。「shared variable」はすべての基本特性を引き継ぐので、使用の際には変数よりも注意が必要です。次に注意してください。

- ・ 順次プロセスで記述されている順序で、記述された機能が調整されます。
- ・ 同じシミュレーション サイクルで共通変数 (shared variable) へ 2 つ以上のプロセスを代入すると、予測不可能な結果になることがあります。

RAM に 1 つしか書き込みポートがない場合、XST では「shared variable」を使用できますが、お勧めしません。「signal」を使用してください。

#### Verilog での RAM の記述

```
reg [15:0] RAM [0:255];
```

### 書き込みアクセスの記述

このセクションには、次の項目が含まれます。

## VHDL での書き込みアクセスの記述

VHDL の「signal」で記述された RAM の場合、RAM への書き込みは次のように記述します。

```
process (clk)
begin
    if rising_edge(clk) then
        if we = '1' then
            RAM(conv_integer(addr)) <= di;
        end if;
    end if;
end process;
```

このアドレス信号は、通常次のように宣言されます。

```
signal addr : std_logic_vector(ADDR_WIDTH-1 downto 0);
```

**メモ :** VHDL の場合、conv\_integer 変換関数を使用するためには、std\_logic\_unsigned を含める必要があります。std\_logic\_signed には conv\_integer 関数も含まれていますが、このインスタンス内で使用するのをお勧めしません。使用すると、XST ではアドレス信号が符号付きで記述されると仮定され、すべての負の値が無視されます。このため、推論された RAM が必要なサイズの半分になることがあります。符号付きデータ記述が必要な部分がデザインにある場合は、RAM とは別の部分で記述してください。

RAM に書き込みポートが 2 つ付いていて、VHDL の「shared variable」を使用して記述されている場合、通常書き込みは、次のように記述されます。

```
process (clk)
begin
    if rising_edge(clk) then
        if we = '1' then
            RAM(conv_integer(addr)) := di;
        end if;
    end if;
end process;
```

## Verilog での書き込みアクセスの記述

```
always @ (posedge clk)
begin
    if (we)
        do <= RAM[addr];
    end
```

## 読み出しアクセスの記述

このセクションには、次の項目が含まれます。

### VHDL での読み出しアクセスの記述

RAM は、通常指定したアドレス位置から次のように読み出されます。

```
do <= RAM( conv_integer(addr) );
```

この文が単純な同時処理文であるか、シーケンシャル プロセスで記述されるかによって、次が決まります。

- ・ 読み出しが非同期か同期か
- ・ その RAM がブロック RAM リソースと分散 RAM リソースのどちらを使用してザイリンクス デバイスにインプリメントできるか

次は、ブロック リソースにインプリメントされる RAM のコード例です。

```
process (clk)
begin
    do <= RAM( conv_integer(addr));
end process;
```

詳細は、次の「ブロック RAM の読み出し/書き込みの同期」を参照してください。

### Verilog での読み出しアクセスの記述

非同期の読み出しは、assign 文で記述します。

```
assign do = RAM[addr];
```

同期読み出しは、シーケンシャルな always ブロックで記述されます。

```
always @ (posedge clk)
begin
    do <= RAM[addr];
end
```

詳細は、次を参照してください。

### ブロック RAM の読み出し/書き込みの同期

## ブロック RAM の読み出し/書き込みの同期

ブロック RAM リソースは、次の同期モードを提供するようにコンフィギュレーションできます。

- ・ read-first  
新しい内容が読み込まれる前に、古い内容が読み出されます。
- ・ write-first (または read-through)  
新しい内容が即座に読み出せるようになります。
- ・ no-change  
新しい内容が RAM に読み込まれる間、データ出力に変化はありません。

XST では、これらすべての同期モードの推論がサポートされます。RAM のポートごとに、異なる同期モードを記述できます。

**ブロック RAM の読み出し/書き込みの同期の VHDL コード例 1**

```
process (clk)
begin
    if (clk'event and clk = '1') then
        if (we = '1') then
            RAM(conv_integer(addr)) <= di;
        end if;
        do <= RAM(conv_integer(addr));
    end if;
end process;
```

**ブロック RAM の読み出し/書き込みの同期の VHDL コード例 2**

次の VHDL コード例では、write-first 同期ポートを記述しています。

```
process (clk)
begin
    if (clk'event and clk = '1') then
        if (we = '1') then
            RAM(conv_integer(addr)) <= di;
            do <= di;
        else
            do <= RAM(conv_integer(addr));
        end if;
    end if;
end process;
```

**ブロック RAM の読み出し/書き込みの同期の VHDL コード例 3**

次の VHDL コード例では、no-change 同期ポートを記述しています。

```
process (clk)
begin
    if (clk'event and clk = '1') then
        if (we = '1') then
            RAM(conv_integer(addr)) <= di;
        else
            do <= RAM(conv_integer(addr));
        end if;
    end if;
end process;
```



#### ブロック RAM の読み出し/書き込みの同期の VHDL コード例 4

**注意:** デュアル ライト RAM を VHDL の共通変数を使用して記述する場合は、次の例のように同期が read-first ではなく、write-first で記述されます。

```
process (clk)
begin
    if (clk'event and clk = '1') then
        if (we = '1') then
            RAM(conv_integer(addr)) := di;
        end if;
        do <= RAM(conv_integer(addr));
    end if;
end process;
```

#### ブロック RAM の読み出し/書き込みの同期の VHDL コード例 5

read-first 同期を記述する場合は、プロセス文本体の順序を変更します。

```
process (clk)
begin
    if (clk'event and clk = '1') then
        do <= RAM(conv_integer(addr));
        if (we = '1') then
            RAM(conv_integer(addr)) := di;
        end if;
    end if;
end process;
```

#### リセット可能なデータ出力 (ブロック RAM)

オプションで、同期読み出しデータのどの定数値に対してもリセットを記述できます。XST はそれを認識し、ブロック RAM の同期セット/リセット機能を使用します。read-first 同期を使用した RAM ポートの場合、リセット機能は次のように記述します。

```
process (clk)
begin
    if clk'event and clk = '1' then
        if en = '1' then -- optional RAM enable
            if we = '1' then -- write enable
                ram(conv_integer(addr)) <= di;
            end if;
            if rst = '1' then -- optional dataout reset
                do <= "00011101";
            else
                do <= ram(conv_integer(addr));
            end if;
        end if;
    end if;
end process;
```

## バイト幅の書き込みイネーブルのサポート (ブロック RAM)

ブロック RAM リソースで使用可能なバイト幅の書き込みイネーブル機能を使用すると、RAM へのデータ書き込みが高度に制御できます。これにより、アドレス指定されたメモリ ロケーションの 8 ビットのどの部分に書き込めるようにするかを別々に制御できます。

HDL 記述と推論の点から考えると、この概念は列ベースの書き込みとして記述できます。RAM は、同じサイズの列の集まりとして表記されます。書き込みサイクル中は、これらの列ごとへの書き込みを別々に制御します。

XST では、ブロック RAM のバイト幅の書き込みイネーブル機能の利点を生かすような推論がされます。XST では、次の 2 つの記述スタイルがサポートされています。

- ・ 1 プロセス記述スタイル  
ザイリンクスでは、どの場合でも 1 プロセス記述スタイルの使用をお勧めしています。
- ・ 2 プロセス記述スタイル  
この記述スタイルはサポートされますが、バイト幅の書き込みイネーブルの機能を記述するのにお勧めできる方法ではありません。

### 1 プロセス記述スタイル

1 プロセス記述スタイルの方が 2 プロセス記述スタイルよりもエラーの要因が少なくなっています。次の条件が満たされる場合、記述され RAM はバイト ライト イネーブル機能を使用して、ブロック RAM リソースにインプリメントされます。

- ・ 書き込み列の幅が同じ
- ・ 使用可能な書き込み列幅 : 8 ビット、9 ビット、16 ビット、18 ビット  
5 ビットまたは 12 ビットなどのほかの列幅の場合、XST では分散 RAM リソースを使用して、データ入力にマルチプレクサ ロジックを追加します。
- ・ 書き込み列数 : 任意
- ・ RAM の深さ : 任意  
XST は 1 つまたは複数のブロック RAM プリミティブを必要に応じ使用して RAM をインプリメントします。
- ・ サポートされる読み出し/書き込み同期 : read-first、write-first、no-change

### 1 プロセス記述スタイルの VHDL コード例

次の推奨される VHDL コード例では、ジェネリックと for-loop 文を使用し、必要な書き込み列数と列幅を簡単に変更可能なコンフィギュレーションになっています。

```
--
-- Single-Port BRAM with Byte-wide Write Enable
-- 2x8-bit write
-- Read-First mode
-- Single-process description
-- Compact description of the write with a for-loop statement
-- Column width and number of columns easily configurable
--
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/rams/bytewrite_ram_1b.vhd
--
```

```
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;

entity bytewrite_ram_1b is

    generic (
        SIZE      : integer := 1024;
        ADDR_WIDTH : integer := 10;
        COL_WIDTH  : integer := 8;
        NB_COL     : integer := 2);

    port (
        clk : in  std_logic;
        we  : in  std_logic_vector(NB_COL-1 downto 0);
        addr : in  std_logic_vector(ADDR_WIDTH-1 downto 0);
        di   : in  std_logic_vector(NB_COL*COL_WIDTH-1 downto 0);
        do   : out std_logic_vector(NB_COL*COL_WIDTH-1 downto 0));

end bytewrite_ram_1b;

architecture behavioral of bytewrite_ram_1b is

    type ram_type is array (SIZE-1 downto 0)
        of std_logic_vector (NB_COL*COL_WIDTH-1 downto 0);
    signal RAM : ram_type := (others => (others => '0'));

begin

    process (clk)
    begin
        if rising_edge(clk) then
            do <= RAM(conv_integer(addr));
            for i in 0 to NB_COL-1 loop
                if we(i) = '1' then
                    RAM(conv_integer(addr))((i+1)*COL_WIDTH-1 downto i*COL_WIDTH)
                    <= di((i+1)*COL_WIDTH-1 downto i*COL_WIDTH);
                end if;
            end loop;
        end if;
    end process;

end behavioral;
```

## 1 プロセス記述スタイルの Verilog コード例

次の推奨される Verilog コード例では、パラメータと generate-for 文を使用しています。

```
//
// Single-Port BRAM with Byte-wide Write Enable
// 4x9-bit write
// Read-First mode
// Single-process description
// Compact description of the write with a generate-for statement
// Column width and number of columns easily configurable
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/rams/bytewrite_ram_1b.v
//
module v_bytewrite_ram_1b (clk, we, addr, di, do);

    parameter SIZE = 1024;
    parameter ADDR_WIDTH = 10;
    parameter COL_WIDTH = 9;
    parameter NB_COL = 4;

    input      clk;
    input      [NB_COL-1:0] we;
    input      [ADDR_WIDTH-1:0] addr;
    input      [NB_COL*COL_WIDTH-1:0] di;
    output reg [NB_COL*COL_WIDTH-1:0] do;

    reg        [NB_COL*COL_WIDTH-1:0] RAM [SIZE-1:0];

    always @(posedge clk)
    begin
        do <= RAM[addr];
    end

    generate
    genvar i;
    for (i = 0; i < NB_COL; i = i+1)
    begin
        always @(posedge clk)
        begin
            if (we[i])
                RAM[addr][(i+1)*COL_WIDTH-1:i*COL_WIDTH] <= di[(i+1)*COL_WIDTH-1:i*COL_WIDTH];
            end
        end
    endgenerate

endmodule
```

## 1 プロセス記述スタイルの VHDL コード例 (NO\_CHANGE モード)

1 プロセス記述スタイルは、NO\_CHANGE 読み出し/書き込み同期モードを使用してバイト幅の書き込みイネーブル機能を適切に記述できる唯一の方法で、通常次のように記述されます。

```
--
-- Single-Port BRAM with Byte-wide Write Enable
-- 2x8-bit write
-- No-Change mode
-- Single-process description
-- Compact description of the write with a for-loop statement
-- Column width and number of columns easily configurable
--
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/rams/bytewrite_nochange.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;

entity bytewrite_nochange is

    generic (
        SIZE      : integer := 1024;
        ADDR_WIDTH : integer := 10;
        COL_WIDTH  : integer := 8;
        NB_COL     : integer := 2);

    port (
        clk : in  std_logic;
        we  : in  std_logic_vector(NB_COL-1 downto 0);
        addr : in  std_logic_vector(ADDR_WIDTH-1 downto 0);
        di   : in  std_logic_vector(NB_COL*COL_WIDTH-1 downto 0);
        do   : out std_logic_vector(NB_COL*COL_WIDTH-1 downto 0));

end bytewrite_nochange;

architecture behavioral of bytewrite_nochange is

    type ram_type is array (SIZE-1 downto 0) of std_logic_vector (NB_COL*COL_WIDTH-1 downto 0);
    signal RAM : ram_type := (others => (others => '0'));
begin

    process (clk)
    begin
        if rising_edge(clk) then
            if (we = (we'range => '0')) then
                do <= RAM(conv_integer(addr));
            end if;
            for i in 0 to NB_COL-1 loop
                if we(i) = '1' then
                    RAM(conv_integer(addr)) ((i+1)*COL_WIDTH-1 downto i*COL_WIDTH)
                    <= di((i+1)*COL_WIDTH-1 downto i*COL_WIDTH);
                end if;
            end loop;
        end if;
    end process;

end behavioral;
```

## 1 プロセス記述スタイルの Verilog コード例 (NO\_CHANGE モード)

```
//
// Single-Port BRAM with Byte-wide Write Enable
// 4x9-bit write
// No-Change mode
// Single-process description
// Compact description of the write with a generate-for statement
// Column width and number of columns easily configurable
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/rams/bytewrite_nochange.v
//
module v_bytewrite_nochange (clk, we, addr, di, do);

    parameter SIZE = 1024;
    parameter ADDR_WIDTH = 10;
    parameter COL_WIDTH = 9;
    parameter NB_COL = 4;

    input      clk;
    input      [NB_COL-1:0] we;
    input      [ADDR_WIDTH-1:0] addr;
    input      [NB_COL*COL_WIDTH-1:0] di;
    output reg [NB_COL*COL_WIDTH-1:0] do;

    reg        [NB_COL*COL_WIDTH-1:0] RAM [SIZE-1:0];

    always @(posedge clk)
    begin
        if (~|we)
            do <= RAM[addr];
        end

        generate
        genvar i;
        for (i = 0; i < NB_COL; i = i+1)
            begin
                always @(posedge clk)
                begin
                    if (we[i])
                        RAM[addr][(i+1)*COL_WIDTH-1:i*COL_WIDTH]
                        <= di[(i+1)*COL_WIDTH-1:i*COL_WIDTH];
                    end
                end
            endgenerate
    endmodule
```

## 2 プロセス記述スタイル

**注意：** ブロック RAM のバイト幅書き込みイネーブル機能の利点を生かすためには、適切なデータ読み出し同期を記述しないと、XST が分散 RAM リソースを使用して記述した機能をインプリメントしてしまいます。

2 プロセス記述スタイルでは、NO\_CHANGE 同期モードを使用してバイト幅の書き込みイネーブル機能を適切に記述できませんので、

- ・ 現在 2 プロセス記述スタイルを使用している場合は、HDL コードを 1 プロセス記述スタイルへ変更してみてください。
- ・ また、新しいデザインには、2 プロセス記述スタイルは使用しないでください。

ただし、コードをこのスタイルに変更できない場合、XST では 2 プロセスの記述スタイルもサポートされています。2 プロセス記述スタイルを使用する場合は、次に注意してください。

- ・ どのデータが読み込まれて、読み出されるのかバイトごとに記述される組み合わせプロセス。特に書き込みイネーブル機能は、メインの順次プロセスではなく、このプロセスで記述します。
- ・ 書き込みおよび読み出し同期を記述する順次プロセス
- ・ データ幅は 1 プロセスの方法よりも限られる
  - 書き込み列数 : 2 または 4
  - 書き込み列幅 : 8 ビットまたは 9 ビット
  - サポートされるデータ幅 : 2x8 ビット (各 8 ビットが 2 列)、2x9 ビット、4x8 ビット、4x9 ビット

## 2 プロセス記述スタイルの VHDL コード例

```
--
-- Single-Port BRAM with Byte-wide Write Enable
--   2x8-bit write
--   Read-First Mode
--   Two-process description
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/rams/rams_24.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;

entity rams_24 is

    generic (
        SIZE      : integer := 512;
        ADDR_WIDTH : integer := 9;
        COL_WIDTH  : integer := 16;
        NB_COL     : integer := 2);

    port (
        clk : in  std_logic;
        we  : in  std_logic_vector(NB_COL-1 downto 0);
        addr : in  std_logic_vector(ADDR_WIDTH-1 downto 0);
        di   : in  std_logic_vector(NB_COL*COL_WIDTH-1 downto 0);
        do   : out std_logic_vector(NB_COL*COL_WIDTH-1 downto 0));

end rams_24;

architecture syn of rams_24 is

    type ram_type is array (SIZE-1 downto 0) of std_logic_vector (NB_COL*COL_WIDTH-1 downto 0);
    signal RAM : ram_type := (others => (others => '0'));

    signal di0, di1 : std_logic_vector (COL_WIDTH-1 downto 0);
begin

    process(we, di)
    begin
        if we(1) = '1' then
            di1 <= di(2*COL_WIDTH-1 downto 1*COL_WIDTH);
        else
            di1 <= RAM(conv_integer(addr))(2*COL_WIDTH-1 downto 1*COL_WIDTH);
        end if;

        if we(0) = '1' then
            di0 <= di(COL_WIDTH-1 downto 0);
        else
            di0 <= RAM(conv_integer(addr))(COL_WIDTH-1 downto 0);
        end if;
    end process;

    process(clk)
    begin
        if (clk'event and clk = '1') then
            do <= RAM(conv_integer(addr));
            RAM(conv_integer(addr)) <= di1 & di0;
        end if;
    end process;

end syn;
```



## 2 プロセス記述スタイルの Verilog コード例

```
//  
// Single-Port BRAM with Byte-wide Write Enable (2 bytes) in Read-First Mode  
//  
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip  
// File: HDL_Coding_Techniques/rams/rams_24.v  
//  
module v_rams_24 (clk, we, addr, di, do);  
  
    parameter SIZE      = 512;  
    parameter ADDR_WIDTH = 9;  
    parameter DI_WIDTH  = 8;  
  
    input  clk;  
    input  [1:0] we;  
    input  [ADDR_WIDTH-1:0] addr;  
    input  [2*DI_WIDTH-1:0] di;  
    output [2*DI_WIDTH-1:0] do;  
    reg    [2*DI_WIDTH-1:0] RAM [SIZE-1:0];  
    reg    [2*DI_WIDTH-1:0] do;  
  
    reg    [DI_WIDTH-1:0] di0, di1;  
  
    always @(we or di)  
    begin  
        if (we[1])  
            di1 = di[2*DI_WIDTH-1:1*DI_WIDTH];  
        else  
            di1 = RAM[addr][2*DI_WIDTH-1:1*DI_WIDTH];  
  
        if (we[0])  
            di0 = di[DI_WIDTH-1:0];  
        else  
            di0 = RAM[addr][DI_WIDTH-1:0];  
    end  
  
    end  
  
    always @(posedge clk)  
    begin  
        do <= RAM[addr];  
        RAM[addr] <= {di1, di0};  
    end  
  
endmodule
```

## 非対称ポートのサポート (ブロック RAM)

ザイリンクスのブロック RAM リソースは、2 つの非対称ポートを含めてコンフィギュレーションできます。1 つのポートが指定したデータ幅で物理メモリにアクセスすると、もう 1 つのポートも同じ物理メモリに異なるデータ幅でアクセスします。どちらのポートも同じメモリリソースに物理的アクセスはありますが、認識する RAM の論理構造は異なります。たとえば、同じ 2048 ビットの物理メモリは、それぞれのポートで次のように認識されます。

- ・ ポート A : 256x8 ビット
- ・ ポート B : 64x32 ビット

このように非対称にコンフィギュレーションされたブロック RAM のポートでは、アスペクト比率も異なります。

非対称ポートは通常、ストレージの作成や、データ幅特性の異なる 2 つのデータフロー間のバッファ、非対称速度での動作のために使用します。

## モデリング

非対称ポートを含まない RAM と同様、非対称ポートを含むブロック RAM は配列オブジェクトの 1 つの配列を使用して記述されます。信号や共通変数を記述する際には、深さや幅の特性はデータ幅の小さい方 (深さの大きい方) の RAM ポートに合わせます。

この記述要件の結果、データ幅の大きい方のポートの読み出しまたは書き込みアクセスを記述する場合には、1 つの代入文ではなく、複数の代入文で記述する必要があります。代入文の数は 2 つの非対称データ幅同士の比率と同じになります。

これらの代入はそれぞれ次のコード例のように記述できます。

## 非対称ポート RAM の VHDL コード例

```
--
-- Asymmetric port RAM
--   Port A is 256x8-bit write-only
--   Port B is 64x32-bit read-only
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/rams/asymmetric_ram_1a.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;
use ieee.std_logic_arith.all;

entity asymmetric_ram_1a is

    generic (
        WIDTHA      : integer := 8;
        SIZEA       : integer := 256;
        ADDRWIDTHA  : integer := 8;
        WIDTHB      : integer := 32;
        SIZEB       : integer := 64;
        ADDRWIDTHB  : integer := 6
    );

    port (
        clkA      : in  std_logic;
        clkB      : in  std_logic;
        weA       : in  std_logic;
        enA       : in  std_logic;
        enB       : in  std_logic;
        addrA     : in  std_logic_vector(ADDRWIDTHA-1 downto 0);
        addrB     : in  std_logic_vector(ADDRWIDTHB-1 downto 0);
        diA       : in  std_logic_vector(WIDTHA-1 downto 0);
        doB       : out std_logic_vector(WIDTHB-1 downto 0)
    );

end asymmetric_ram_1a;

architecture behavioral of asymmetric_ram_1a is

    function max(L, R: INTEGER) return INTEGER is
    begin
        if L > R then
            return L;
        else
            return R;
        end if;
    end;

    function min(L, R: INTEGER) return INTEGER is
    begin
        if L < R then
            return L;
        else
            return R;
        end if;
    end;

    constant minWIDTH : integer := min(WIDTHA, WIDTHB);
    constant maxWIDTH : integer := max(WIDTHA, WIDTHB);
    constant maxSIZE  : integer := max(SIZEA, SIZEB);
    constant RATIO    : integer := maxWIDTH / minWIDTH;

    type ramType is array (0 to maxSIZE-1) of std_logic_vector(minWIDTH-1 downto 0);
    signal ram : ramType := (others => (others => '0'));

    signal readB : std_logic_vector(WIDTHB-1 downto 0) := (others => '0');
    signal regB  : std_logic_vector(WIDTHB-1 downto 0) := (others => '0');

begin
```

```
process (clkA)
begin
    if rising_edge(clkA) then
        if enA = '1' then
            if weA = '1' then
                ram(conv_integer(addrA)) <= diA;
            end if;
        end if;
    end if;
end process;

process (clkB)
begin
    if rising_edge(clkB) then
        if enB = '1' then
            readB(minWIDTH-1 downto 0)
            <= ram(conv_integer(addrB&conv_std_logic_vector(0,2)));
            readB(2*minWIDTH-1 downto minWIDTH)
            <= ram(conv_integer(addrB&conv_std_logic_vector(1,2)));
            readB(3*minWIDTH-1 downto 2*minWIDTH)
            <= ram(conv_integer(addrB&conv_std_logic_vector(2,2)));
            readB(4*minWIDTH-1 downto 3*minWIDTH)
            <= ram(conv_integer(addrB&conv_std_logic_vector(3,2)));
            end if;
            regB <= readB;
        end if;
    end process;

    doB <= regB;
end behavioral;
```

## 非対称ポート RAM の Verilog コード例

```
//
// Asymmetric port RAM
//   Port A is 256x8-bit write-only
//   Port B is 64x32-bit read-only
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/rams/asymmetric_ram_1a.v
//
module v_asymmetric_ram_1a (clkA, clkB, weA, reB, addrA, addrB, diA, doB);

    parameter WIDTHA      = 8;
    parameter SIZEA       = 256;
    parameter ADDRWIDTHA  = 8;
    parameter WIDTHB      = 32;
    parameter SIZEB       = 64;
    parameter ADDRWIDTHB  = 6;

    input                clkA;
    input                clkB;
    input                weA;
    input                reB;
    input    [ADDRWIDTHA-1:0]  addrA;
    input    [ADDRWIDTHB-1:0]  addrB;
    input    [WIDTHA-1:0]      diA;
    output reg  [WIDTHB-1:0]    doB;

    `define max(a,b) {(a) > (b) ? (a) : (b)}
    `define min(a,b) {(a) < (b) ? (a) : (b)}

    localparam maxSIZE = `max(SIZEA, SIZEB);
    localparam maxWIDTH = `max(WIDTHA, WIDTHB);
    localparam minWIDTH = `min(WIDTHA, WIDTHB);
    localparam RATIO    = maxWIDTH / minWIDTH;

    reg    [minWIDTH-1:0]  RAM [0:maxSIZE-1];

    reg    [WIDTHB-1:0]  readB;

    always @(posedge clkA)
    begin
        if (weA)
            RAM[addrA] <= diA;
    end

    always @(posedge clkB)
    begin
        if (reB)
        begin
            doB <= readB;
            readB[4*minWIDTH-1:3*minWIDTH] <= RAM[{addrB, 2'd3}];
            readB[3*minWIDTH-1:2*minWIDTH] <= RAM[{addrB, 2'd2}];
            readB[2*minWIDTH-1:minWIDTH] <= RAM[{addrB, 2'd1}];
            readB[minWIDTH-1:0] <= RAM[{addrB, 2'd0}];
        end
    end

endmodule
```

## for-loop 文を使用した VHDL コード例

VHDL コードをさらにコンパクトに、維持および増減しやすくするには、次のコード例のように for-loop 文を使用します。

```
--
-- Asymmetric port RAM
-- Port A is 256x8-bit write-only
-- Port B is 64x32-bit read-only
-- Compact description with a for-loop statement
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/rams/asymmetric_ram_1b.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;
use ieee.std_logic_arith.all;

entity asymmetric_ram_1b is

    generic (
        WIDTHA      : integer := 8;
        SIZEA       : integer := 256;
        ADDRWIDTHA   : integer := 8;
        WIDTHB       : integer := 32;
        SIZEB        : integer := 64;
        ADDRWIDTHB   : integer := 6
    );

    port (
        clkA  : in  std_logic;
        clkB  : in  std_logic;
        weA   : in  std_logic;
        enA   : in  std_logic;
        enB   : in  std_logic;
        addrA : in  std_logic_vector(ADDRWIDTHA-1 downto 0);
        addrB : in  std_logic_vector(ADDRWIDTHB-1 downto 0);
        diA   : in  std_logic_vector(WIDTHA-1 downto 0);
        doB   : out std_logic_vector(WIDTHB-1 downto 0)
    );

end asymmetric_ram_1b;

architecture behavioral of asymmetric_ram_1b is

    function max(L, R: INTEGER) return INTEGER is
    begin
        if L > R then
            return L;
        else
            return R;
        end if;
    end;

    function min(L, R: INTEGER) return INTEGER is
    begin
        if L < R then
            return L;
        else
            return R;
        end if;
    end;

    function log2 (val: INTEGER) return natural is
        variable res : natural;
    begin
        for i in 0 to 31 loop
            if (val <= (2**i)) then
                res := i;
                exit;
            end if;
        end loop;
    end;

end;
```

```
        end loop;
        return res;
    end function Log2;

    constant minWIDTH : integer := min(WIDTHA,WIDTHB);
    constant maxWIDTH : integer := max(WIDTHA,WIDTHB);
    constant maxSIZE   : integer := max(SIZEA,SIZEB);
    constant RATIO : integer := maxWIDTH / minWIDTH;

    type ramType is array (0 to maxSIZE-1) of std_logic_vector(minWIDTH-1 downto 0);
    signal ram : ramType := (others => (others => '0'));

    signal readB : std_logic_vector(WIDTHB-1 downto 0) := (others => '0');
    signal regB  : std_logic_vector(WIDTHB-1 downto 0) := (others => '0');

begin

    process (clkA)
    begin
        if rising_edge(clkA) then
            if enA = '1' then
                if weA = '1' then
                    ram(conv_integer(addrA)) <= diA;
                end if;
            end if;
        end if;
    end process;

    process (clkB)
    begin
        if rising_edge(clkB) then
            if enB = '1' then
                for i in 0 to RATIO-1 loop
                    readB((i+1)*minWIDTH-1 downto i*minWIDTH)
                    <= ram(conv_integer(addrB & conv_std_logic_vector(i,log2(RATIO))));
                end loop;
            end if;
            regB <= readB;
        end if;
    end process;

    doB <= regB;

end behavioral;
```

### パラメータと generate-for 文を使用した Verilog コード例

Verilog コードをさらにコンパクトに、維持しやすくするには、次のコード例のようにパラメータおよび generate-for 文を使用します。

```
//
// Asymmetric port RAM
// Port A is 256x8-bit write-only
// Port B is 64x32-bit read-only
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/rams/v_asymmetric_ram_1b.v
//
module v_asymmetric_ram_1b (clkA, clkB, weA, reB, addrA, addrB, diA, doB);

    parameter WIDTHA      = 8;
    parameter SIZEA       = 256;
    parameter ADDRWIDTHA  = 8;
    parameter WIDTHB      = 32;
    parameter SIZEB       = 64;
    parameter ADDRWIDTHB  = 6;

    input                clkA;
    input                clkB;
    input                weA;
    input                reB;
    input [ADDRWIDTHA-1:0] addrA;
    input [ADDRWIDTHB-1:0] addrB;
    input [WIDTHA-1:0]    diA;
    output reg [WIDTHB-1:0] doB;

    `define max(a,b) {(a) > (b) ? (a) : (b)}
    `define min(a,b) {(a) < (b) ? (a) : (b)}

    function integer log2;
        input integer value;
        reg [31:0] shifted;
        integer res;
    begin
        if (value < 2)
            log2 = value;
        else
            begin
                shifted = value-1;
                for (res=0; shifted>0; res=res+1)
                    shifted = shifted>>1;
                log2 = res;
            end
        end
    endfunction

    localparam maxSIZE    = `max(SIZEA, SIZEB);
    localparam maxWIDTH   = `max(WIDTHA, WIDTHB);
    localparam minWIDTH   = `min(WIDTHA, WIDTHB);
    localparam RATIOW     = maxWIDTH / minWIDTH;
    localparam log2RATIO  = log2(RATIO);

    reg [minWIDTH-1:0] RAM [0:maxSIZE-1];

    reg [WIDTHB-1:0] readB;

    genvar i;

    always @(posedge clkA)
    begin
        if (weA)
            RAM[addrA] <= diA;
        end

    always @(posedge clkB)
    begin
        if (reB)
            doB <= readB;
        end
    end
endmodule
```



```
end

generate for (i = 0; i < RATIO; i = i+1)
begin: ramread
    localparam [log2RATIO-1:0] lsbaddr = i;
    always @(posedge clkB)
    begin
        readB[(i+1)*minWIDTH-1:i*minWIDTH] <= RAM[{addrB, lsbaddr}];
    end
end
endgenerate

endmodule
```

**メモ** : これらのコード例では、min、max、log2 などの関数を使用し、コードをできるだけ一般的にし、シンプルにしています。これらの関数はデザインのどこでも定義できますが、通常は package 文で定義されます。

## 共通変数 (VHDL)

VHDL で「対称」ポートの RAM を記述する場合、RAM に書き込まれる 2 つのポートを記述する場合にのみ共通変数が必要になります。これ以外の場合は、信号 (signal) を使用してください。

VHDL で「非対称」ポートの RAM を記述する際は、書き込みポートが 1 つしか記述されていない場合でも、共通変数 (shared variable) が必要です。この書き込みポートのデータ幅の方が大きい場合、それを記述するために複数の書き込み代入文が必要になるので、次のコード例のように共通変数 (shared variable) が必要になります。

## 共通変数の必要な VHDL コード例

```
--
-- Asymmetric port RAM
-- Port A is 256x8-bit read-only
-- Port B is 64x32-bit write-only
-- Compact description with a for-loop statement
-- A shared variable is necessary because of the multiple write assignments
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/rams/asymmetric_ram_4.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;
use ieee.std_logic_arith.all;

entity asymmetric_ram_4 is

    generic (
        WIDTHA      : integer := 8;
        SIZEA       : integer := 256;
        ADDRWIDTHA  : integer := 8;
        WIDTHB      : integer := 32;
        SIZEB       : integer := 64;
        ADDRWIDTHB  : integer := 6
    );

    port (
        clkA      : in  std_logic;
        clkB      : in  std_logic;
        reA       : in  std_logic;
        weB       : in  std_logic;
        addrA     : in  std_logic_vector(ADDRWIDTHA-1 downto 0);
        addrB     : in  std_logic_vector(ADDRWIDTHB-1 downto 0);
        diB       : in  std_logic_vector(WIDTHB-1 downto 0);
        doA       : out std_logic_vector(WIDTHA-1 downto 0)
    );

end asymmetric_ram_4;

architecture behavioral of asymmetric_ram_4 is

    function max(L, R: INTEGER) return INTEGER is
    begin
        if L > R then
            return L;
        else
            return R;
        end if;
    end;

    function min(L, R: INTEGER) return INTEGER is
    begin
        if L < R then
            return L;
        else
            return R;
        end if;
    end;
```

```

        end if;
    end;

    function log2 (val: INTEGER) return natural is
        variable res : natural;
    begin
        for i in 0 to 31 loop
            if (val <= (2**i)) then
                res := i;
                exit;
            end if;
        end loop;
        return res;
    end function Log2;

    constant minWIDTH : integer := min(WIDTHA,WIDTHB);
    constant maxWIDTH : integer := max(WIDTHA,WIDTHB);
    constant maxSIZE   : integer := max(SIZEA,SIZEB);
    constant RATIO : integer := maxWIDTH / minWIDTH;

    type ramType is array (0 to maxSIZE-1) of std_logic_vector(minWIDTH-1 downto 0);
    shared variable ram : ramType := (others => (others => '0'));

    signal readA : std_logic_vector(WIDTHA-1 downto 0) := (others => '0');
    signal regA  : std_logic_vector(WIDTHA-1 downto 0) := (others => '0');

begin

    process (clkA)
    begin
        if rising_edge(clkA) then
            if reA = '1' then
                readA <= ram(conv_integer(addrA));
            end if;
            regA <= readA;
        end if;
    end process;

    process (clkB)
    begin
        if rising_edge(clkB) then
            if weB = '1' then
                for i in 0 to RATIO-1 loop
                    ram(conv_integer(addrB & conv_std_logic_vector(i,log2(RATIO))))
                    := diB((i+1)*minWIDTH-1 downto i*minWIDTH);
                end loop;
            end if;
        end if;
    end process;

    doA <= regA;

end behavioral;

```

**注意：** 共通変数 (shared variable) は変数の延長で、すべての基本的な特性を引き継ぐことができ、プロセス間通信を可能にします。使用する際には注意してください。

- ・ 順次プロセスで記述されている順序で、記述された機能が調整されます。
- ・ 同じシミュレーション サイクルで共通変数 (shared variable) へ 2 つ以上のプロセスを代入すると、予測不可能な結果になることがあります。

## 読み出し/書き込み同期

読み出し/書き込み同期は、対称 RAM でも非対称 RAM でも同じように制御されます。次のコード例は、2 つの非対称読み出し/書き込みポートを持つ RAM を記述し、write-first、read-first および no-change 同期の記述方法をそれぞれ示しています。

## 非対称ポート RAM (Write-First) の VHDL コード例

```
--
-- Asymmetric port RAM
-- Port A is 256x8-bit read-and-write (write-first synchronization)
-- Port B is 64x32-bit read-and-write (write-first synchronization)
-- Compact description with a for-loop statement
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/rams/asymmetric_ram_2b.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;
use ieee.std_logic_arith.all;

entity asymmetric_ram_2b is

    generic (
        WIDTHA      : integer := 8;
        SIZEA       : integer := 256;
        ADDRWIDTHA   : integer := 8;
        WIDTHB       : integer := 32;
        SIZEB        : integer := 64;
        ADDRWIDTHB   : integer := 6
    );

    port (
        clkA      : in  std_logic;
        clkB      : in  std_logic;
        enA       : in  std_logic;
        enB       : in  std_logic;
        weA       : in  std_logic;
        weB       : in  std_logic;
        addrA     : in  std_logic_vector(ADDRWIDTHA-1 downto 0);
        addrB     : in  std_logic_vector(ADDRWIDTHB-1 downto 0);
        diA       : in  std_logic_vector(WIDTHA-1 downto 0);
        diB       : in  std_logic_vector(WIDTHB-1 downto 0);
        doA       : out std_logic_vector(WIDTHA-1 downto 0);
        doB       : out std_logic_vector(WIDTHB-1 downto 0)
    );

end asymmetric_ram_2b;

architecture behavioral of asymmetric_ram_2b is

    function max(L, R: INTEGER) return INTEGER is
    begin
        if L > R then
            return L;
        else
            return R;
        end if;
    end;

    function min(L, R: INTEGER) return INTEGER is
    begin
        if L < R then
            return L;
        else
            return R;
        end if;
    end;

    function log2 (val: INTEGER) return natural is
```

```

    variable res : natural;
begin
    for i in 0 to 31 loop
        if (val <= (2**i)) then
            res := i;
            exit;
        end if;
    end loop;
    return res;
end function Log2;

constant minWIDTH : integer := min(WIDTHA,WIDTHB);
constant maxWIDTH : integer := max(WIDTHA,WIDTHB);
constant maxSize : integer := max(SIZEA,SIZEB);
constant RATIO : integer := maxWIDTH / minWIDTH;

type ramType is array (0 to maxSize-1) of std_logic_vector(minWIDTH-1 downto 0);
shared variable ram : ramType := (others => (others => '0'));

signal readA : std_logic_vector(WIDTHA-1 downto 0) := (others => '0');
signal readB : std_logic_vector(WIDTHB-1 downto 0) := (others => '0');
signal regA : std_logic_vector(WIDTHA-1 downto 0) := (others => '0');
signal regB : std_logic_vector(WIDTHB-1 downto 0) := (others => '0');

begin

    process (clkA)
    begin
        if rising_edge(clkA) then
            if enA = '1' then
                if weA = '1' then
                    ram(conv_integer(addrA)) := diA;
                end if;
                readA <= ram(conv_integer(addrA));
            end if;
            regA <= readA;
        end if;
    end process;

    process (clkB)
    begin
        if rising_edge(clkB) then
            if enB = '1' then
                if weB = '1' then
                    for i in 0 to RATIO-1 loop
                        ram(conv_integer(addrB & conv_std_logic_vector(i,log2(RATIO))))
                        := diB((i+1)*minWIDTH-1 downto i*minWIDTH);
                    end loop;
                end if;
                for i in 0 to RATIO-1 loop
                    readB((i+1)*minWIDTH-1 downto i*minWIDTH)
                    <= ram(conv_integer(addrB & conv_std_logic_vector(i,log2(RATIO))));
                end loop;
            end if;
            regB <= readB;
        end if;
    end process;

    doA <= regA;
    doB <= regB;

end behavioral;

```

## 非対称ポート RAM (Read-First) の VHDL コード例

```
--
-- Asymmetric port RAM
-- Port A is 256x8-bit read-and-write (read-first synchronization)
-- Port B is 64x32-bit read-and-write (read-first synchronization)
-- Compact description with a for-loop statement
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/rams/asymmetric_ram_2c.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;
use ieee.std_logic_arith.all;

entity asymmetric_ram_2c is

    generic (
        WIDTHA      : integer := 8;
        SIZEA       : integer := 256;
        ADDRWIDTHA   : integer := 8;
        WIDTHB       : integer := 32;
        SIZEB        : integer := 64;
        ADDRWIDTHB   : integer := 6
    );

    port (
        clkA  : in  std_logic;
        clkB  : in  std_logic;
        enA   : in  std_logic;
        enB   : in  std_logic;
        weA   : in  std_logic;
        weB   : in  std_logic;
        addrA : in  std_logic_vector(ADDRWIDTHA-1 downto 0);
        addrB : in  std_logic_vector(ADDRWIDTHB-1 downto 0);
        diA   : in  std_logic_vector(WIDTHA-1 downto 0);
        diB   : in  std_logic_vector(WIDTHB-1 downto 0);
        doA   : out std_logic_vector(WIDTHA-1 downto 0);
        doB   : out std_logic_vector(WIDTHB-1 downto 0)
    );

end asymmetric_ram_2c;

architecture behavioral of asymmetric_ram_2c is

    function max(L, R: INTEGER) return INTEGER is
    begin
        if L > R then
            return L;
        else
            return R;
        end if;
    end;

    function min(L, R: INTEGER) return INTEGER is
    begin
        if L < R then
            return L;
        else
            return R;
        end if;
    end;

    function log2 (val: INTEGER) return natural is
        variable res : natural;
    begin
        for i in 0 to 31 loop
            if (val <= (2**i)) then
                res := i;
                exit;
            end if;
        end loop;
    end;

end;
```

```

        end loop;
        return res;
    end function Log2;

    constant minWIDTH : integer := min(WIDTHA,WIDTHB);
    constant maxWIDTH : integer := max(WIDTHA,WIDTHB);
    constant maxSIZE   : integer := max(SIZEA,SIZEB);
    constant RATIO : integer := maxWIDTH / minWIDTH;

    type ramType is array (0 to maxSIZE-1) of std_logic_vector(minWIDTH-1 downto 0);
    shared variable ram : ramType := (others => (others => '0'));

    signal readA : std_logic_vector(WIDTHA-1 downto 0) := (others => '0');
    signal readB : std_logic_vector(WIDTHB-1 downto 0) := (others => '0');
    signal regA  : std_logic_vector(WIDTHA-1 downto 0) := (others => '0');
    signal regB  : std_logic_vector(WIDTHB-1 downto 0) := (others => '0');

begin

    process (clkA)
    begin
        if rising_edge(clkA) then
            if enA = '1' then
                readA <= ram(conv_integer(addrA));
                if weA = '1' then
                    ram(conv_integer(addrA)) := diA;
                end if;
            end if;
            regA <= readA;
        end if;
    end process;

    process (clkB)
    begin
        if rising_edge(clkB) then
            if enB = '1' then
                for i in 0 to RATIO-1 loop
                    readB((i+1)*minWIDTH-1 downto i*minWIDTH)
                    <= ram(conv_integer(addrB & conv_std_logic_vector(i,log2(RATIO))));
                end loop;
                if weB = '1' then
                    for i in 0 to RATIO-1 loop
                        ram(conv_integer(addrB & conv_std_logic_vector(i,log2(RATIO))))
                        := diB((i+1)*minWIDTH-1 downto i*minWIDTH);
                    end loop;
                end if;
            end if;
            regB <= readB;
        end if;
    end process;

    doA <= regA;
    doB <= regB;

end behavioral;

```

## 非対称ポート RAM (No-Change) の VHDL コード例

```
--
-- Asymmetric port RAM
-- Port A is 256x8-bit read-and-write (no-change synchronization)
-- Port B is 64x32-bit read-and-write (no-change synchronization)
-- Compact description with a for-loop statement
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/rams/asymmetric_ram_2d.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;
use ieee.std_logic_arith.all;

entity asymmetric_ram_2d is

    generic (
        WIDTHA      : integer := 8;
        SIZEA       : integer := 256;
        ADDRWIDTHA   : integer := 8;
        WIDTHB       : integer := 32;
        SIZEB        : integer := 64;
        ADDRWIDTHB   : integer := 6
    );

    port (
        clkA  : in  std_logic;
        clkB  : in  std_logic;
        enA   : in  std_logic;
        enB   : in  std_logic;
        weA   : in  std_logic;
        weB   : in  std_logic;
        addrA : in  std_logic_vector(ADDRWIDTHA-1 downto 0);
        addrB : in  std_logic_vector(ADDRWIDTHB-1 downto 0);
        diA   : in  std_logic_vector(WIDTHA-1 downto 0);
        diB   : in  std_logic_vector(WIDTHB-1 downto 0);
        doA   : out std_logic_vector(WIDTHA-1 downto 0);
        doB   : out std_logic_vector(WIDTHB-1 downto 0)
    );

end asymmetric_ram_2d;

architecture behavioral of asymmetric_ram_2d is

    function max(L, R: INTEGER) return INTEGER is
    begin
        if L > R then
            return L;
        else
            return R;
        end if;
    end;

    function min(L, R: INTEGER) return INTEGER is
    begin
        if L < R then
            return L;
        else
            return R;
        end if;
    end;

    function log2 (val: INTEGER) return natural is
        variable res : natural;
    begin
        for i in 0 to 31 loop
            if (val <= (2**i)) then
                res := i;
                exit;
            end if;
        end loop;
    end;

end;
```



```

        end loop;
        return res;
    end function Log2;

    constant minWIDTH : integer := min(WIDTHA,WIDTHB);
    constant maxWIDTH : integer := max(WIDTHA,WIDTHB);
    constant maxSIZE   : integer := max(SIZEA,SIZEB);
    constant RATIO : integer := maxWIDTH / minWIDTH;

    type ramType is array (0 to maxSIZE-1) of std_logic_vector(minWIDTH-1 downto 0);
    shared variable ram : ramType := (others => (others => '0'));

    signal readA : std_logic_vector(WIDTHA-1 downto 0) := (others => '0');
    signal readB : std_logic_vector(WIDTHB-1 downto 0) := (others => '0');
    signal regA  : std_logic_vector(WIDTHA-1 downto 0) := (others => '0');
    signal regB  : std_logic_vector(WIDTHB-1 downto 0) := (others => '0');

begin

    process (clkA)
    begin
        if rising_edge(clkA) then
            if enA = '1' then
                if weA = '1' then
                    ram(conv_integer(addrA)) := diA;
                else
                    readA <= ram(conv_integer(addrA));
                end if;
            end if;
            regA <= readA;
        end if;
    end process;

    process (clkB)
    begin
        if rising_edge(clkB) then
            if enB = '1' then
                for i in 0 to RATIO-1 loop
                    if weB = '1' then
                        ram(conv_integer(addrB & conv_std_logic_vector(i,log2(RATIO))))
                        := diB((i+1)*minWIDTH-1 downto i*minWIDTH);
                    else
                        readB((i+1)*minWIDTH-1 downto i*minWIDTH)
                        <= ram(conv_integer(addrB & conv_std_logic_vector(i,log2(RATIO))));
                    end if;
                end loop;
            end if;
            regB <= readB;
        end if;
    end process;

    doA <= regA;
    doB <= regB;

end behavioral;

```

## パリティビット

非対称ポート RAM の場合、次のコード例に示すとおり、XST では使用可能なブロック RAM のパリティビットの利点を生かし、ワード サイズ 9、18、36 ビット用に余分なデータビットをインプリメントできます。

### 非対称ポート RAM (パリティビット) の VHDL コード例

```
--
-- Asymmetric port RAM
--   Port A is 2048x18-bit write-only
--   Port B is 4096x9-bit read-only
--   XST uses parity bits to accomodate data widths
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/rams/asymmetric_ram_3.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;
use ieee.std_logic_arith.all;

entity asymmetric_ram_3 is

    generic (
        WIDTHA      : integer := 18;
        SIZEA       : integer := 2048;
        ADDRWIDTHA  : integer := 11;
        WIDTHB      : integer := 9;
        SIZEB       : integer := 4096;
        ADDRWIDTHB  : integer := 12
    );

    port (
        clkA      : in  std_logic;
        clkB      : in  std_logic;
        weA       : in  std_logic;
        reB       : in  std_logic;
        addrA     : in  std_logic_vector(ADDRWIDTHA-1 downto 0);
        addrB     : in  std_logic_vector(ADDRWIDTHB-1 downto 0);
        diA       : in  std_logic_vector(WIDTHA-1 downto 0);
        doB       : out std_logic_vector(WIDTHB-1 downto 0)
    );

end asymmetric_ram_3;

architecture behavioral of asymmetric_ram_3 is

    function max(L, R: INTEGER) return INTEGER is
    begin
        if L > R then
            return L;
        else
            return R;
        end if;
    end;

    function min(L, R: INTEGER) return INTEGER is
    begin
        if L < R then
            return L;
        else
            return R;
        end if;
    end;

    function log2 (val: INTEGER) return natural is
        variable res : natural;
    begin
        for i in 0 to 31 loop
            if (val <= (2**i)) then
```

```

        res := i;
        exit;
    end if;
end loop;
return res;
end function Log2;

constant minWIDTH : integer := min(WIDTHA,WIDTHB);
constant maxWIDTH : integer := max(WIDTHA,WIDTHB);
constant maxSIZE  : integer := max(SIZEA,SIZEB);
constant RATIO    : integer := maxWIDTH / minWIDTH;

type ramType is array (0 to maxSIZE-1) of std_logic_vector(minWIDTH-1 downto 0);
shared variable ram : ramType := (others => (others => '0'));

signal readB : std_logic_vector(WIDTHB-1 downto 0) := (others => '0');
signal regB  : std_logic_vector(WIDTHB-1 downto 0) := (others => '0');

begin

process (clkA)
begin
    if rising_edge(clkA) then
        if weA = '1' then
            for i in 0 to RATIO-1 loop
                ram(conv_integer(addrA & conv_std_logic_vector(i,log2(RATIO))))
                := diA((i+1)*minWIDTH-1 downto i*minWIDTH);
            end loop;
        end if;
    end if;
end process;

process (clkB)
begin
    if rising_edge(clkB) then
        regB <= readB;
        if reB = '1' then
            readB <= ram(conv_integer(addrB));
        end if;
    end if;
end process;

doB <= regB;

end behavioral;

```

## 制限

合成済みソリューションが専用ブロック RAM リソースに最適にインプリメントされるようにするには、次のガイドラインに従います。

- ・ 非対称ポートは、記述した RAM がブロック RAM リソースにインプリメントできる場合にのみサポートされます。適切なデータ読み出し同期を必ず指定するようにしてください。
- ・ 記述した RAM が 1 つのブロック RAM プリミティブにフィットする場合にのみ非対称ポートがサポートされます。

記述した非対称ポート RAM が 1 つのブロック RAM プリミティブにフィットしない場合は、必要なデバイス プリミティブを手動でインスタンスエートする必要があります。

XST で非対称にコンフィギュレーションされたブロック RAM リソースが使用できない場合、記述した RAM は LUT リソースにインプリメントされるので、最適な結果にはならず、ランタイムもかなり増加します。

**Attention** 両方のポートからアクセス可能なメモリ容量は、まったく同じである必要があります。たとえば、RAM を 256x8 ビット(2048 ビット メモリ)と認識するポートは、もう一方のポートがそれを 64x12 ビット(768 ビット メモリ)と認識する場合は記述できません。

両方のポートのデータ幅の比率は 2 のべき乗になるはずですが、また、両方のポートの深さの比率も 2 のべき乗になるはずですが。

## レポート

```

=====
*                               HDL Synthesis                               *
=====

Synthesizing Unit <asymmetric_ram_1a>.
  Found 256x8:64x32-bit dual-port RAM <Mram_ram> for signal <ram>.
  Found 32-bit register for signal <doB>.
  Found 32-bit register for signal <readB>.
  Summary:
    inferred   1 RAM(s).
    inferred  64 D-type flip-flop(s).
Unit <asymmetric_ram_1a> synthesized.

=====
HDL Synthesis Report

Macro Statistics
# RAMs                               : 1
  256x8:64x32-bit dual-port RAM      : 1
# Registers                           : 2
  32-bit register                     : 2

=====

*                               Advanced HDL Synthesis                       *
=====

Synthesizing (advanced) Unit <asymmetric_ram_1a>.
INFO:Xst - The RAM <Mram_ram> will be implemented as a BLOCK RAM,
absorbing the following Register(s): <readB> <doB>

-----
| ram_type           | Block                               |      |
-----
| Port A
aspect ratio	256-word x 8-bit	
mode	read-first	
clkA	connected to signal <clkA>	rise
weA	connected to signal <weA_0>	high
addrA	connected to signal <addrA>	
diA	connected to signal <diA>	
-----
| optimization       | speed                              |      |
-----
| Port B
aspect ratio	64-word x 32-bit	
mode	write-first	
clkB	connected to signal <clkB>	rise
enB	connected to signal <enB>	high
addrB	connected to signal <addrB>	
doB	connected to signal <doB>	
-----
| optimization       | speed                              |      |
-----

Unit <asymmetric_ram_1a> synthesized (advanced).

=====
Advanced HDL Synthesis Report

Macro Statistics
# RAMs                               : 1
  256x8:64x32-bit dual-port block RAM : 1

=====
...

```

## RAM の初期内容

このセクションでは、次について説明します。

- ・ [HDL ソース コードでの初期内容の指定](#)
- ・ [外部データ ファイルでの初期内容の指定](#)

### HDL ソース コードでの初期内容の指定

VHDL の場合、信号のデフォルト値のメカニズムを使用して、RAM の初期内容を次のようなソースコードで直接記述します。

#### VHDL コード例 1

```
type ram_type is array (0 to 31) of std_logic_vector(19 downto 0);
signal RAM : ram_type :=
(
    X"0200A", X"00300", X"08101", X"04000", X"08601", X"0233A", X"00300", X"08602",
    X"02310", X"0203B", X"08300", X"04002", X"08201", X"00500", X"04001", X"02500",
    X"00340", X"00241", X"04002", X"08300", X"08201", X"00500", X"08101", X"00602",
    X"04003", X"0241E", X"00301", X"00102", X"02122", X"02021", X"0030D", X"08201"
);
```

アドレス指定可能なワードをすべて同じ値に初期化する場合は、次のように記述できます。

```
type ram_type is array (0 to 127) of std_logic_vector (15 downto 0);
signal RAM : ram_type := (others => "0000111100110101");
```

RAM のすべてのビット位置を同じ値に初期化する場合は、次のように記述できます。

```
type ram_type is array (0 to 127) of std_logic_vector (15 downto 0);
signal RAM : ram_type := (others => (others => '1'));
```

#### VHDL コード例 2

特定のアドレス位置や範囲に対して特定の値を選択して定義することもできます。

```
type ram_type is array (255 downto 0) of std_logic_vector (15 downto 0);
signal RAM : ram_type:= (
    196 downto 110 => X"B8B8",
    100             => X"FEFC"
    99 downto 0     => X"8282",
    others          => X"3344");
```

#### Verilog コード例 1

Verilog の場合、初期ブロックを使用します。

```
reg [19:0] ram [31:0];

initial begin
    ram[31] = 20'h0200A; ram[30] = 20'h00300; ram[39] = 20'h08101;
    (...)
    ram[2] = 20'h02341; ram[1] = 20'h08201; ram[0] = 20'h0400D;
end
```

## Verilog コード例 2

アドレス指定可能なワードをすべて同じ値に初期化する場合は、次のように記述することもできます。

```
Reg [DATA_WIDTH-1:0] ram [DEPTH-1:0];

integer i;
initial for (i=0; i<DEPTH; i=i+1) ram[i] = 0;
```

## Verilog コード例 3

特定のアドレス位置やアドレス範囲を初期化することもできます。

```
reg [15:0] ram [255:0];

integer index;
initial begin
    for (index = 0 ; index <= 97 ; index = index + 1)
        ram[index] = 16'h8282;
    ram[98] <= 16'h1111;
    ram[99] <= 16'h7778;
    for (index = 100 ; index <= 255 ; index = index + 1)
        ram[index] = 16'hB8B8;
end
```

## 外部データ ファイルでの初期内容の指定

HDL ソース コードでファイルの読み出し関数を使用して、外部データ ファイルから初期内容を読み込みます。

- ・ 外部データ ファイルは ASCII 形式のテキスト ファイルで、ファイル名は何にでもできます。
- ・ データ ファイルの各行では RAM のアドレス位置の初期内容について記述します。
- ・ RAM 配列の行数と初期化ファイルの行数は同数である必要があります。行数が足りない、メッセージが表示されます。
- ・ 行に関するアドレス指定可能な位置は、RAM を記述する信号の主な範囲の方向で定義されます。
- ・ RAM の内容は 2 進数または 16 進数で記述します。2 進数と 16 進数を混ぜて使用することはできません。
- ・ ファイルには、コメントのようなその他の内容を含めることはできません。

次は、8 X 32 ビット RAM を 2 進数値で初期化するファイルの内容の例です。

```
00001111000011110000111100001111
01001010001000001100000010000100
00000000001111100000000001000001
11111101010000011100010000100100
00001111000011110000111100001111
01001010001000001100000010000100
0000000000011111000000000001000001
11111101010000011100010000100100
```

### VHDL コード例

このデータは VHDL で次のように読み込みます。

```
type RamType is array(0 to 127) of bit_vector(31 downto 0);

impure function InitRamFromFile (RamFileName : in string) return RamType is
    FILE RamFile : text is in RamFileName;
    variable RamFileLine : line;
    variable RAM : RamType;
begin
    for I in RamType'range loop
        readline (RamFile, RamFileLine);
        read (RamFileLine, RAM(I));
    end loop;
    return RAM;
end function;

signal RAM : RamType := InitRamFromFile("rams_20c.data");
```

### Verilog コード例

Verilog では、2 進数データの場合は \$readmemb で、16 進数のデータの場合は \$readmemh で読み込みます。

```
reg [31:0] ram [0:63];

initial begin
    $readmemb("rams_20c.data", ram, 0, 63);
end
```

詳細は、次を参照してください。

- ・ [VHDL のファイル タイプ サポート](#)
- ・ [第 5 章「Verilog ビヘイビア記述のサポート」](#)



## ブロック RAM の最適化ストラテジ

このセクションには、次の内容が含まれます。

- ・ [ブロック RAM の最適化ストラテジの概要](#)
- ・ [ブロック RAM のパフォーマンス](#)
- ・ [ブロック RAM のデバイス使用](#)
- ・ [ブロック RAM の電力削減](#)
- ・ [小型の RAM の条件](#)
- ・ [ブロック RAM へのロジックと FSM のマップ](#)
- ・ [ブロック RAM リソースの管理](#)
- ・ [ブロック RAM のパッキング](#)

### ブロック RAM の最適化ストラテジの概要

推論された RAM マクロが 1 つのブロック RAM に収まりきらない場合、それをさまざまな方法で複数のブロック RAM にパーティション分割することができます。選択した方法によって、ブロック RAM プリミティブの数やその周りのロジックの量などが異なるので、パフォーマンス、デバイス使用率、電力などのトレードオフが発生します。

### ブロック RAM のパフォーマンス

デフォルトのブロック RAM インプリメンテーション方法は、パフォーマンスを重視した方法です。このため、複数のブロック RAM プリミティブを必要とするような RAM サイズの場合、XST では論理的なブロック RAM プリミティブ数が最小になるようなインプリメントはされません。

小型の RAM 複数をブロック リソースにインプリメントしても、最適なパフォーマンスにはならないことがよくあります。ブロック RAM リソースは、かなり大きなマクロを使用すれば、このような小型の RAM 用に使用できます。XST は分散リソースに小型の RAM をインプリメントして、デザイン パフォーマンスを改善しようとします。

詳細は、次を参照してください。

[小型の RAM の条件](#)

### ブロック RAM のデバイス使用

XST では、エリア重視のブロック RAM インプリメンテーションがサポートされないため、エリア重視のインプリメンテーションをする場合は、CORE Generator™ を使用してください。

詳細は、次を参照してください。

[第 8 章「FPGA の最適化」](#)

### ブロック RAM の電力削減

XST では、RAM の電力消費を抑えることができます。これは[電力削減 \(POWER\)](#) 合成オプションで制御される最適化セットの一部で、[RAM スタイル \(RAM\\_STYLE\)](#) 制約を使用するとイネーブルにできます。

XST の RAM の最適化方法は、デバイスで同時にアクティブになるブロック RAM の数を減らすことを主な目的にしています。この方法を使用すると、複数のブロック RAM プリミティブで分割するひつようのある推論済みメモリにのみ適用でき、ブロック RAM リソースのイネーブル機能を利用できます。推論済みメモリをインプリメントするのにブロック RAM プリミティブ 1 つだけが同時にイネーブルになるように、追加のイネーブル ロジックが作成されます。1 つのブロック RAM プリミティブにフィットする推論済みメモリの電力削減をアクティブにしても影響はありません。

イネーブルになると、電力削減だけでなく、エリアと速度の最適化も目標にされます。この 2 つの最適化のトレードオフは、[RAM スタイル \(RAM\\_STYLE\)](#) 制約から設定できます。

- ・ block\_power1 を使用すると、回路パフォーマンスへの影響を最小限に抑えて、電力削減を達成します。この場合、デフォルトのパフォーマンス重視のブロック RAM 分割アルゴリズムが保持されます。XST は単にブロック RAM イネーブル ロジックを追加します。メモリ特性によっては、電力は少ししか削減できないことがあります。
- ・ block\_power2 を使用すると、かなりの電力を削減できますが、パフォーマンスに影響が出ることがあります。スライス ロジックが追加されることもあります。この場合、別のブロック RAM 分割方法が使用されます。まず、推論済みメモリをインプリメントするのに必要なブロック RAM プリミティブの数を削減し、その後ブロック RAM イネーブル ロジックを挿入してアクティブなブロック RAM 数を最小限に抑えます。アクティブなブロック RAM からデータを読み出すために、マルチプレクサ ロジックも作成されます。

電力削減が主な目的であり、エリアと速度の最適化はある程度落としてもかまわないという場合は、block\_power2 を使用することをお勧めします。

## 小型の RAM の条件

ブロック RAM リソースを節約するために、XST ではブロック RAM に小型のメモリをインプリメントしません。これには、次の点が影響します。

- ・ ターゲットとするデバイス ファミリ
- ・ アドレス指定可能なデータワード数 (メモリの深さ)
- ・ メモリビットの総数 (アドレス指定可能なデータワード数 \* データワード幅)

推論された RAM は、次の表の条件が満たされると、ブロック RAM リソースにインプリメントされます。

### 推論された RAM のブロック RAM リソースへのインプリメント条件

| デバイス       | メモリ長       | 深さ * 幅    |
|------------|------------|-----------|
| Spartan®-6 | >= 127 ワード | > 512 ビット |
| Virtex®-6  | >= 127 ワード | > 512 ビット |

上記の表の条件を上書きし、ブロックリソースに小型の RAM および ROM を強制的にインプリメンテーションするには、[RAM スタイル \(RAM\\_STYLE\)](#) を使用してください。

## ブロック RAM へのロジックと FSM のマップ

RAM の推論機能に加えて、XST では次をブロック RAM リソースにインプリメントするように命令できます。

- ・ FSM コンポーネント

詳細は、次を参照してください。

[Finite State Machine \(FSM\) コンポーネント](#)

- ・ 汎用ロジック

詳細は、次を参照してください。

[ブロック RAM へのロジックのマップ](#)

## ブロック RAM リソースの管理

XST では、実際に使用可能なブロック RAM リソースを考慮して、ターゲット デバイスにオーバーマップされないようにします。XST では、デバイスで使用可能な DSP ブロック リソースがすべて使用される可能性があります。[DSP 使用率 \(DSP\\_UTILIZATION\\_RATIO\)](#) を使用すると、これらのリソースを割り当てないままの状態にしておくことができます。

推論された RAM マクロに対して使用可能な実際のブロック RAM 数は、次の数を [BRAM の使用率 \(BRAM\\_UTILIZATION\\_RATIO\)](#) で論理的に定義された全体数から引いて決定されます。

- ・ インスタンシエートしたブロック RAM
- ・ [RAM スタイル \(RAM\\_STYLE\)](#) および [ROM スタイル \(ROM\\_STYLE\)](#) 制約を使用してブロック RAM に強制的にインプリメントされた RAM と ROM。XST では、その他の推論された RAM のブロック RAM リソースへのインプリメント前に、これらの制約が適用されます。
- ・ [BRAM へのロジックのマップ \(BRAM\\_MAP\)](#) を使用したロジックまたは FSM のマップの結果のブロック RAM

XST のブロック RAM のアロケーション方法は、ブロック インプリメンテーションの最大の推論済み RAM にも使用でき、小型の RAM がデバイスに残っていない場合はブロック リソースにインプリメントされるようにできます。

ほとんどの場合は XST で回避されますが、上記の 3 例から作成されるブロック RAM の合計が使用可能なリソースを上回ってしまうと、ブロック RAM が使用されすぎてしまいます。

## ブロック RAM のパッキング

XST は、小型のシングル ポート RAM をまとめて、より多くの RAM をブロック リソースにインプリメントできるようにします。2 つのシングル ポート RAM を 1 つのデュアル ポート RAM プリミティブにインプリメントできます。この場合、各ポートでブロック RAM の物理的に区別される部分が管理されます。これは、[自動 BRAM パッキング \(AUTO\\_BRAM\\_PACKING\)](#) で制御されます。この制約は、デフォルトではオフになっています。

## 分散 RAM のパイプライン

レイテンシ ステージ数が適切であった場合、XST では分散リソースにインプリメントされた RAM をパイプライン化して、パフォーマンスを向上します。パイプライン化の効果は、フリップフロップのリタイミングと同様です。

パイプライン ステージを挿入するには

1. HDL ソース コードで必要なレジスタ数を記述します。
2. それらのレジスタを RAM の後に配置します。
3. **RAM スタイル (RAM\_STYLE)** を次の値に設定します。

#### **pipe\_distributed**

XST は自動的に動作周波数を最大にするために必要な理想的なレジスタのステージ数を計算します。数が十分ではない場合は、アドバンス HDL 合成中に次のような HDL Advisor のメッセージが表示されます。このメッセージには、最適条件を達成するのにあといくつステージ数が必要かがレポートされます。

記述したレジスタに非同期セット/リセット ロジックが含まれていると、分散 RAM はパイプライン化できません。レジスタに同期リセット信号が含まれている場合は、RAM をパイプライン化できます。

## RAM の関連制約

- ・ **RAM の抽出 (RAM\_EXTRACT)**
- ・ **RAM スタイル (RAM\_STYLE)**
- ・ **ROM の抽出 (ROM\_EXTRACT)**
- ・ **ROM スタイル (ROM\_STYLE)**
- ・ **BRAM 使用率 (BRAM\_UTILIZATION\_RATIO)**
- ・ **自動 BRAM パッキング (AUTO\_BRAM\_PACKING)**

XST では、1 つのブロック RAM プリミティブにインプリメント可能な推論された RAM に **LOC** および **RLOC** 制約を使用できます。LOC および RLOC 制約は NGC ネットリストに渡されます。

## RAM のレポート

XST からは、サイズ、同期信号、制御信号などを含む推論された RAM に関する詳細な情報がレポートされます。次のログ ファイルの例に示すように、RAM の認識は次の 2 段階に分けて行われます。

- ・ HDL 合成段階中に HDL ソース コードにあるメモリ構造が認識されます。
- ・ アドバンス HDL 合成中には、各 RAM の状況のより正確な全体図が認識され、使用可能なリソースを考慮して、それらを分散 RAM リソースにインプリメントするか、ブロック RAM リソースにインプリメントするかが決定されます。

推論されたブロック RAM は通常次のようにレポートされます。

```
=====
*                               HDL Synthesis                               *
=====

Synthesizing Unit <rams_27>.
  Found 16-bit register for signal <do>.
  Found 128x16-bit dual-port <RAM Mram_RAM> for signal <RAM>.
  Summary:
inferred   1 RAM(s).
inferred  16 D-type flip-flop(s).
```

Unit <rams\_27> synthesized.

=====

HDL Synthesis Report

Macro Statistics

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| # RAMs                   | : 1 |
| 128x16-bit dual-port RAM | : 1 |
| # Registers              | : 1 |
| 16-bit register          | : 1 |

=====

=====

\* Advanced HDL Synthesis \*

=====

Synthesizing (advanced) Unit <rams\_27>.

INFO:Xst - The <RAM Mram\_RAM> will be implemented as a BLOCK RAM,  
absorbing the following register(s): <do>

|              |                             |      |  |
|--------------|-----------------------------|------|--|
| -----        |                             |      |  |
| ram_type     | Block                       |      |  |
| -----        |                             |      |  |
| Port A       |                             |      |  |
| aspect ratio | 128-word x 16-bit           |      |  |
| mode         | read-first                  |      |  |
| clkA         | connected to signal <clk>   | rise |  |
| weA          | connected to signal <we>    | high |  |
| addrA        | connected to signal <waddr> |      |  |
| diA          | connected to signal <di>    |      |  |
| -----        |                             |      |  |
| optimization | speed                       |      |  |
| -----        |                             |      |  |
| Port B       |                             |      |  |
| aspect ratio | 128-word x 16-bit           |      |  |
| mode         | write-first                 |      |  |
| clkB         | connected to signal <clk>   | rise |  |
| enB          | connected to signal <re>    | high |  |
| addrB        | connected to signal <raddr> |      |  |
| doB          | connected to signal <do>    |      |  |
| -----        |                             |      |  |
| optimization | speed                       |      |  |
| -----        |                             |      |  |

Unit <rams\_27> synthesized (advanced).

=====

Advanced HDL Synthesis Report

Macro Statistics

|        |     |
|--------|-----|
| # RAMs | : 1 |
|--------|-----|

128x16-bit dual-port block RAM : 1

=====

分散 RAM をパイプライン化すると、アドバンス HDL 合成セクションで次のように記述されます。

```
Synthesizing (advanced) Unit <v_rams_22>.
Found pipelined ram on signal <n0006>:
- 1 pipeline level(s) found in a register on signal <n0006>.
Pushing register(s) into the ram macro.
INFO:Xst:2390 - HDL ADVISOR - You can improve the performance of the ram Mram_RAM
by adding 1 register level(s) on output signal n0006.
Unit <v_rams_22> synthesized (advanced).
```

## RAM のコード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

## 非同期読み出し付きシングル ポート RAM (分散 RAM) の VHDL コード例

```
--
-- Single-Port RAM with Asynchronous Read (Distributed RAM)
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/rams/rams_04.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;

entity rams_04 is
    port (clk : in std_logic;
          we  : in std_logic;
          a   : in std_logic_vector(5 downto 0);
          di  : in std_logic_vector(15 downto 0);
          do  : out std_logic_vector(15 downto 0));
end rams_04;

architecture syn of rams_04 is
    type ram_type is array (63 downto 0) of std_logic_vector (15 downto 0);
    signal RAM : ram_type;
begin

    process (clk)
    begin
        if (clk'event and clk = '1') then
            if (we = '1') then
                RAM(conv_integer(a)) <= di;
            end if;
        end if;
    end process;

    do <= RAM(conv_integer(a));

end syn;
```

## 非同期読み出し付きデュアル ポート RAM (分散 RAM) の Verilog コード例

```
//  
// Dual-Port RAM with Asynchronous Read (Distributed RAM)  
//  
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip  
// File: HDL_Coding_Techniques/rams/rams_09.v  
//  
module v_rams_09 (clk, we, a, dpra, di, spo, dpo);  
  
    input  clk;  
    input  we;  
    input  [5:0] a;  
    input  [5:0] dpra;  
    input  [15:0] di;  
    output [15:0] spo;  
    output [15:0] dpo;  
    reg    [15:0] ram [63:0];  
  
    always @(posedge clk) begin  
        if (we)  
            ram[a] <= di;  
    end  
  
    assign spo = ram[a];  
    assign dpo = ram[dpra];  
  
endmodule
```



## Read-First モードのシングル ポート ブロック RAM の VHDL コード例

```
--
-- Single-Port Block RAM Read-First Mode
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/rams/rams_01.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;

entity rams_01 is
    port (clk : in std_logic;
          we : in std_logic;
          en : in std_logic;
          addr : in std_logic_vector(5 downto 0);
          di : in std_logic_vector(15 downto 0);
          do : out std_logic_vector(15 downto 0));
end rams_01;

architecture syn of rams_01 is
    type ram_type is array (63 downto 0) of std_logic_vector (15 downto 0);
    signal RAM: ram_type;
begin

    process (clk)
    begin
        if clk'event and clk = '1' then
            if en = '1' then
                if we = '1' then
                    RAM(conv_integer(addr)) <= di;
                end if;
                do <= RAM(conv_integer(addr)) ;
            end if;
        end if;
    end process;

end syn;
```

## Read-First モードのシングル ポート ブロック RAM の Verilog コード例

```
//
// Single-Port Block RAM Read-First Mode
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/rams/rams_01.v
//
module v_rams_01 (clk, en, we, addr, di, do);

    input  clk;
    input  we;
    input  en;
    input  [5:0] addr;
    input  [15:0] di;
    output [15:0] do;
    reg    [15:0] RAM [63:0];
    reg    [15:0] do;

    always @(posedge clk)
    begin
        if (en)
        begin
            if (we)
                RAM[addr]<=di;
            do <= RAM[addr];
        end
    end

endmodule
```

## Write-First モードのシングル ポート ブロック RAM の VHDL コード例

```
--
-- Single-Port Block RAM Write-First Mode (recommended template)
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/rams/rams_02a.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;

entity rams_02a is
    port (clk : in std_logic;
          we : in std_logic;
          en : in std_logic;
          addr : in std_logic_vector(5 downto 0);
          di : in std_logic_vector(15 downto 0);
          do : out std_logic_vector(15 downto 0));
end rams_02a;

architecture syn of rams_02a is
    type ram_type is array (63 downto 0)
        of std_logic_vector (15 downto 0);
    signal RAM : ram_type;
begin

    process (clk)
    begin
        if clk'event and clk = '1' then
            if en = '1' then
                if we = '1' then
                    RAM(conv_integer(addr)) <= di;
                    do <= di;
                else
                    do <= RAM( conv_integer(addr));
                end if;
            end if;
        end if;
    end process;

end syn;
```

## Write-First モードのシングル ポート ブロック RAM の Verilog コード例

```
//
// Single-Port Block RAM Write-First Mode (recommended template)
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/rams/rams_02a.v
//
module v_rams_02a (clk, we, en, addr, di, do);

    input  clk;
    input  we;
    input  en;
    input  [5:0] addr;
    input  [15:0] di;
    output [15:0] do;
    reg    [15:0] RAM [63:0];
    reg    [15:0] do;

    always @(posedge clk)
    begin
        if (en)
        begin
            if (we)
            begin
                RAM[addr] <= di;
                do <= di;
            end
            else
                do <= RAM[addr];
            end
        end
    end
endmodule
```

## No-Change モードのシングル ポート ブロック RAM の VHDL コード例

```
--
-- Single-Port Block RAM No-Change Mode
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/rams/rams_03.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;

entity rams_03 is
    port (clk : in std_logic;
          we : in std_logic;
          en : in std_logic;
          addr : in std_logic_vector(5 downto 0);
          di : in std_logic_vector(15 downto 0);
          do : out std_logic_vector(15 downto 0));
end rams_03;

architecture syn of rams_03 is
    type ram_type is array (63 downto 0) of std_logic_vector (15 downto 0);
    signal RAM : ram_type;
begin

    process (clk)
    begin
        if clk'event and clk = '1' then
            if en = '1' then
                if we = '1' then
                    RAM(conv_integer(addr)) <= di;
                else
                    do <= RAM( conv_integer(addr));
                end if;
            end if;
        end if;
    end process;

end syn;
```

## No-Change モードのシングル ポート ブロック RAM の Verilog コード例

```
//
// Single-Port Block RAM No-Change Mode
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/rams/rams_03.v
//
module v_rams_03 (clk, we, en, addr, di, do);

    input  clk;
    input  we;
    input  en;
    input  [5:0] addr;
    input  [15:0] di;
    output [15:0] do;
    reg    [15:0] RAM [63:0];
    reg    [15:0] do;

    always @(posedge clk)
    begin
        if (en)
        begin
            if (we)
                RAM[addr] <= di;
            else
                do <= RAM[addr];
            end
        end
    end

endmodule
```

## 2 つの書き込みポートがあるデュアル ポート ブロック RAM の VHDL コード例

```
--
-- Dual-Port Block RAM with Two Write Ports
-- Correct Modelization with a Shared Variable
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/rams/rams_16b.vhd
--
library IEEE;
use IEEE.std_logic_1164.all;
use IEEE.std_logic_unsigned.all;

entity rams_16b is
    port (clk_a : in std_logic;
          clk_b : in std_logic;
          ena   : in std_logic;
          enb   : in std_logic;
```

```
    wea  : in std_logic;
    web  : in std_logic;
    addra : in std_logic_vector(6 downto 0);
    addrb : in std_logic_vector(6 downto 0);
    dia  : in std_logic_vector(15 downto 0);
    dib  : in std_logic_vector(15 downto 0);
    doa  : out std_logic_vector(15 downto 0);
    dob  : out std_logic_vector(15 downto 0));
end rams_16b;

architecture syn of rams_16b is
    type ram_type is array (127 downto 0) of std_logic_vector(15 downto 0);
    shared variable RAM : ram_type;
begin

    process (CLKA)
    begin
        if CLKA'event and CLKA = '1' then
            if ENA = '1' then
                DOA <= RAM(conv_integer(ADDRA));
                if WEA = '1' then
                    RAM(conv_integer(ADDRA)) := DIA;
                end if;
            end if;
        end if;
    end process;

    process (CLKB)
    begin
        if CLKB'event and CLKB = '1' then
            if ENB = '1' then
                DOB <= RAM(conv_integer(ADDRB));
                if WEB = '1' then
                    RAM(conv_integer(ADDRB)) := DIB;
                end if;
            end if;
        end if;
    end process;

end syn;
```

## 2 つの書き込みポートがあるデュアル ポート ブロック RAM の Verilog コード例

```
//
// Dual-Port Block RAM with Two Write Ports
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/rams/rams_16.v
//
module v_rams_16 (clka,clkb,ena,enb,wea,web,addra,addrb,dia,dib,doa,dob);

    input  clka,clkb,ena,enb,wea,web;
    input  [5:0]  addra,addrb;
    input  [15:0] dia,dib;
    output [15:0] doa,dob;
    reg    [15:0] ram [63:0];
    reg    [15:0] doa,dob;

    always @(posedge clka) begin
        if (ena)
            begin
                if (wea)
                    ram[addra] <= dia;
                doa <= ram[addra];
            end
        end

    always @(posedge clkb) begin
        if (enb)
            begin
                if (web)
                    ram[addrb] <= dib;
                dob <= ram[addrb];
            end
        end

endmodule
```



## リセット可能なデータ出力付きブロック RAM の VHDL コード例

```
--
-- Block RAM with Resettable Data Output
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/rams/rams_18.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;

entity rams_18 is
    port (clk : in std_logic;
          en  : in std_logic;
          we  : in std_logic;
          rst : in std_logic;
          addr : in std_logic_vector(6 downto 0);
          di   : in std_logic_vector(15 downto 0);
          do   : out std_logic_vector(15 downto 0));
end rams_18;

architecture syn of rams_18 is
    type ram_type is array (127 downto 0) of std_logic_vector (15 downto 0);
    signal ram : ram_type;
begin

    process (clk)
    begin
        if clk'event and clk = '1' then
            if en = '1' then -- optional enable
                if we = '1' then -- write enable
                    ram(conv_integer(addr)) <= di;
                end if;
            end if;
            if rst = '1' then -- optional reset
                do <= (others => '0');
            else
                do <= ram(conv_integer(addr));
            end if;
        end if;
    end process;

end syn;
```

## リセット可能なデータ出力付きブロック RAM の Verilog コード例

```
//
// Block RAM with Resettable Data Output
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/rams/rams_18.v
//
module v_rams_18 (clk, en, we, rst, addr, di, do);

    input  clk;
    input  en;
    input  we;
    input  rst;
    input  [6:0] addr;
    input  [15:0] di;
    output [15:0] do;
    reg    [15:0] ram [127:0];
    reg    [15:0] do;

    always @(posedge clk)
    begin
        if (en) // optional enable
        begin
            if (we) // write enable
                ram[addr] <= di;

            if (rst) // optional reset
                do <= 16'b0000111100001101;
            else
                do <= ram[addr];
        end
    end

endmodule
```

## オプションの出力レジスタ付き ブロック RAM の VHDL コード例

```
--
-- Block RAM with Optional Output Registers
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/rams/rams_19.vhd
--
library IEEE;
library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;

entity rams_19 is
```

```

port (clk1, clk2    : in std_logic;
      we, en1, en2  : in std_logic;
      addr1         : in std_logic_vector(5 downto 0);
      addr2         : in std_logic_vector(5 downto 0);
      di            : in std_logic_vector(15 downto 0);
      res1          : out std_logic_vector(15 downto 0);
      res2          : out std_logic_vector(15 downto 0));
end rams_19;

architecture beh of rams_19 is
    type ram_type is array (63 downto 0) of std_logic_vector (15 downto 0);
    signal ram : ram_type;
    signal do1 : std_logic_vector(15 downto 0);
    signal do2 : std_logic_vector(15 downto 0);
begin

    process (clk1)
    begin
        if rising_edge(clk1) then
            if we = '1' then
                ram(conv_integer(addr1)) <= di;
            end if;
            do1 <= ram(conv_integer(addr1));
        end if;
    end process;

    process (clk2)
    begin
        if rising_edge(clk2) then
            do2 <= ram(conv_integer(addr2));
        end if;
    end process;

    process (clk1)
    begin
        if rising_edge(clk1) then
            if en1 = '1' then
                res1 <= do1;
            end if;
        end if;
    end process;

    process (clk2)
    begin
        if rising_edge(clk2) then
            if en2 = '1' then
                res2 <= do2;
            end if;
        end if;
    end process;
end architecture beh;

```

```
end beh;
```

## オプションの出力レジスタ付き ブロック RAM の Verilog コード例

```
//  
// Block RAM with Optional Output Registers  
//  
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip  
// File: HDL_Coding_Techniques/rams/rams_19.v  
//  
module v_rams_19 (clk1, clk2, we, en1, en2, addr1, addr2, di, res1, res2);  
  
    input  clk1;  
    input  clk2;  
    input  we, en1, en2;  
    input  [6:0] addr1;  
    input  [6:0] addr2;  
    input  [15:0] di;  
    output [15:0] res1;  
    output [15:0] res2;  
    reg    [15:0] res1;  
    reg    [15:0] res2;  
    reg    [15:0] RAM [127:0];  
    reg    [15:0] do1;  
    reg    [15:0] do2;  
  
    always @(posedge clk1)  
    begin  
        if (we == 1'b1)  
            RAM[addr1] <= di;  
        do1 <= RAM[addr1];  
    end  
  
    always @(posedge clk2)  
    begin  
        do2 <= RAM[addr2];  
    end  
  
    always @(posedge clk1)  
    begin  
        if (en1 == 1'b1)  
            res1 <= do1;  
    end  
  
    always @(posedge clk2)  
    begin  
        if (en2 == 1'b1)  
            res2 <= do2;  
    end  
  
endmodule
```

## ブロック RAM (シングル ポート ブロック RAM) の初期化の VHDL コード例

```
--
-- Initializing Block RAM (Single-Port Block RAM)
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/rams/rams_20a.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;

entity rams_20a is
    port (clk : in std_logic;
          we : in std_logic;
          addr : in std_logic_vector(5 downto 0);
          di : in std_logic_vector(19 downto 0);
          do : out std_logic_vector(19 downto 0));
end rams_20a;

architecture syn of rams_20a is

    type ram_type is array (63 downto 0) of std_logic_vector (19 downto 0);
    signal RAM : ram_type:= (X"0200A", X"00300", X"08101", X"04000", X"08601", X"0233A",
                             X"00300", X"08602", X"02310", X"0203B", X"08300", X"04002",
                             X"08201", X"00500", X"04001", X"02500", X"00340", X"00241",
                             X"04002", X"08300", X"08201", X"00500", X"08101", X"00602",
                             X"04003", X"0241B", X"00301", X"00102", X"02122", X"02021",
                             X"00301", X"00102", X"02222", X"04001", X"00342", X"0232B",
                             X"00900", X"00302", X"00102", X"04002", X"00900", X"08201",
                             X"02023", X"00303", X"02433", X"00301", X"04004", X"00301",
                             X"00102", X"02137", X"02036", X"00301", X"00102", X"02237",
                             X"04004", X"00304", X"04040", X"02500", X"02500", X"02500",
                             X"0030D", X"02341", X"08201", X"0400D");

begin

    process (clk)
    begin
        if rising_edge(clk) then
            if we = '1' then
                RAM(conv_integer(addr)) <= di;
            end if;
            do <= RAM(conv_integer(addr));
        end if;
    end process;

end syn;
```

## ブロック RAM (シングル ポート ブロック RAM) の初期化の Verilog コード例

```
//  
// Initializing Block RAM (Single-Port Block RAM)  
//  
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip  
// File: HDL_Coding_Techniques/rams/rams_20a.v  
//  
module v_rams_20a (clk, we, addr, di, do);  
    input  clk;  
    input  we;  
    input  [5:0] addr;  
    input  [19:0] di;  
    output [19:0] do;  
  
    reg [19:0] ram [63:0];  
    reg [19:0] do;  
  
    initial begin  
        ram[63] = 20'h0200A; ram[62] = 20'h00300; ram[61] = 20'h08101;  
        ram[60] = 20'h04000; ram[59] = 20'h08601; ram[58] = 20'h0233A;  
        ram[57] = 20'h00300; ram[56] = 20'h08602; ram[55] = 20'h02310;  
        ram[54] = 20'h0203B; ram[53] = 20'h08300; ram[52] = 20'h04002;  
        ram[51] = 20'h08201; ram[50] = 20'h00500; ram[49] = 20'h04001;  
        ram[48] = 20'h02500; ram[47] = 20'h00340; ram[46] = 20'h00241;  
        ram[45] = 20'h04002; ram[44] = 20'h08300; ram[43] = 20'h08201;  
        ram[42] = 20'h00500; ram[41] = 20'h08101; ram[40] = 20'h00602;  
        ram[39] = 20'h04003; ram[38] = 20'h0241E; ram[37] = 20'h00301;  
        ram[36] = 20'h00102; ram[35] = 20'h02122; ram[34] = 20'h02021;  
        ram[33] = 20'h00301; ram[32] = 20'h00102; ram[31] = 20'h02222;  
  
        ram[30] = 20'h04001; ram[29] = 20'h00342; ram[28] = 20'h0232B;  
        ram[27] = 20'h00900; ram[26] = 20'h00302; ram[25] = 20'h00102;  
        ram[24] = 20'h04002; ram[23] = 20'h00900; ram[22] = 20'h08201;  
        ram[21] = 20'h02023; ram[20] = 20'h00303; ram[19] = 20'h02433;  
        ram[18] = 20'h00301; ram[17] = 20'h04004; ram[16] = 20'h00301;  
        ram[15] = 20'h00102; ram[14] = 20'h02137; ram[13] = 20'h02036;  
        ram[12] = 20'h00301; ram[11] = 20'h00102; ram[10] = 20'h02237;  
        ram[9]  = 20'h04004; ram[8]  = 20'h00304; ram[7]  = 20'h04040;  
        ram[6]  = 20'h02500; ram[5]  = 20'h02500; ram[4]  = 20'h02500;  
        ram[3]  = 20'h0030D; ram[2]  = 20'h02341; ram[1]  = 20'h08201;  
        ram[0]  = 20'h0400D;  
    end  
  
    always @(posedge clk)  
    begin  
        if (we)  
            ram[addr] <= di;  
        do <= ram[addr];  
    end  
end
```

```
endmodule
```

### 外部データ ファイルからのブロック RAM の初期化の VHDL コード例

```
--
-- Initializing Block RAM from external data file
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/rams/rams_20c.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;
use std.textio.all;

entity rams_20c is
    port (clk : in std_logic;
          we : in std_logic;
          addr : in std_logic_vector(5 downto 0);
          din : in std_logic_vector(31 downto 0);
          dout : out std_logic_vector(31 downto 0));
end rams_20c;

architecture syn of rams_20c is

    type RamType is array(0 to 63) of bit_vector(31 downto 0);

    impure function InitRamFromFile (RamFileName : in string) return RamType is
        FILE RamFile : text is in RamFileName;
        variable RamFileLine : line;
        variable RAM : RamType;
    begin
        for I in RamType'range loop
            readline (RamFile, RamFileLine);
            read (RamFileLine, RAM(I));
        end loop;
        return RAM;
    end function;

    signal RAM : RamType := InitRamFromFile("rams_20c.data");

begin

    process (clk)
    begin
        if clk'event and clk = '1' then
            if we = '1' then
                RAM(conv_integer(addr)) <= to_bitvector(din);
            end if;
        end if;
    end process;
end architecture;
```



```
        dout <= to_stdlogicvector(RAM(conv_integer(addr)));
    end if;
end process;

end syn;
```

### 外部データ ファイルからのブロック RAM の初期化の Verilog コード例

```
//
// Initializing Block RAM from external data file
// Binary data
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/rams/rams_20c.v
//
module v_rams_20c (clk, we, addr, din, dout);
    input  clk;
    input  we;
    input  [5:0] addr;
    input  [31:0] din;
    output [31:0] dout;

    reg [31:0] ram [0:63];
    reg [31:0] dout;

    initial
    begin
        // $readmemb("rams_20c.data",ram, 0, 63);
        $readmemb("rams_20c.data",ram);
    end

    always @(posedge clk)
    begin
        if (we)
            ram[addr] <= din;
        dout <= ram[addr];
    end

endmodule
```

## パイプライン化された分散 RAM の VHDL コード例

```
--
-- Pipeline distributed RAM
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/rams/rams_22.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;

entity rams_22 is
    port (clk : in std_logic;
          we : in std_logic;
          addr : in std_logic_vector(8 downto 0);
          di : in std_logic_vector(3 downto 0);
          do : out std_logic_vector(3 downto 0));
end rams_22;

architecture syn of rams_22 is
    type ram_type is array (511 downto 0) of std_logic_vector (3 downto 0);
    signal RAM : ram_type;

    signal pipe_reg: std_logic_vector(3 downto 0);

    attribute ram_style: string;
    attribute ram_style of RAM: signal is "pipe_distributed";
begin

    process (clk)
    begin
        if clk'event and clk = '1' then
            if we = '1' then
                RAM(conv_integer(addr)) <= di;
            else
                pipe_reg <= RAM( conv_integer(addr));
            end if;
            do <= pipe_reg;
        end if;
    end process;

end syn;
```

## パイプライン化された分散 RAM の Verilog コード例

```
//  
// Pipeline distributed RAM  
//  
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip  
// File: HDL_Coding_Techniques/rams/rams_22.v  
//  
module v_rams_22 (clk, we, addr, di, do);  
  
    input        clk;  
    input        we;  
    input  [8:0]  addr;  
    input  [3:0]  di;  
    output [3:0]  do;  
  
    (*ram_style="pipe_distributed"*)  
    reg  [3:0] RAM [511:0];  
    reg  [3:0] do;  
    reg  [3:0] pipe_reg;  
  
    always @(posedge clk)  
    begin  
        if (we)  
            RAM[addr] <= di;  
        else  
            pipe_reg <= RAM[addr];  
  
            do <= pipe_reg;  
        end  
    end  
  
endmodule
```

## ROM

このセクションには、次の内容が含まれます。

- ・ [ROM の概要](#)
- ・ [ROM の詳細](#)
- ・ [ROM のインプリメンテーション](#)
- ・ [ROM の関連制約](#)
- ・ [ROM のレポート](#)
- ・ [ROM のコード例](#)

### ROM の概要

HDL 記述とインプリメンテーションの点では、読み出し専用メモリ (ROM) は RAM と類似しています。正しくレジスタを付けておくと、ROM もブロック RAM リソースにインプリメントできます。

### ROM の詳細

このセクションでは、ROM の詳細について説明します。

- ・ [ROM の記述](#)
- ・ [読み出しアクセスの記述](#)

### ROM の記述

ROM は、VHDL では通常配列オブジェクトの 1 配列を使用して記述されます。VHDL の場合、このオブジェクトは、定数または信号のいずれかにできます。サイリンクスでは、信号の使用を推奨しています。信号を使用すると、信号に付けた [ROM スタイル \(ROM\\_STYLE\)](#) または [RAM スタイル \(RAM\\_STYLE\)](#) 制約により、LUT リソースまたはブロック RAM リソースのいずれかへの ROM のインプリメンテーションを制御できます。

#### 定数ベース宣言の VHDL コード例

```
type rom_type is array (0 to 127) of std_logic_vector (19 downto 0);
constant ROM : rom_type:= (
    X"0200A", X"00300", X"08101", X"04000", X"08601", X"0233A", X"00300", X"08602",
    X"02310", X"0203B", X"08300", X"04002", X"08201", X"00500", X"04001", X"02500",
    (...)
    X"04078", X"01110", X"02500", X"02500", X"0030D", X"02341", X"08201", X"0410D"
);
```

#### 信号ベース宣言の VHDL コード例

```
type rom_type is array (0 to 127) of std_logic_vector (19 downto 0);
signal ROM : rom_type:= (
    X"0200A", X"00300", X"08101", X"04000", X"08601", X"0233A", X"00300", X"08602",
    X"02310", X"0203B", X"08300", X"04002", X"08201", X"00500", X"04001", X"02500",
    (...)
    X"04078", X"01110", X"02500", X"02500", X"0030D", X"02341", X"08201", X"0410D"
);
```

### 初期ブロックで記述された ROM の Verilog コード例

ROM は、Verilog では初期ブロックを使用して記述できます。Verilog では VHDL のように、1 文で 1 配列を初期化することはできず、各アドレス値を必ず列挙する必要があります。

```
reg    [15:0] rom [15:0];

initial begin
    rom[0]  = 16'b00111111000000010;
    rom[1]  = 16'b00000000100001001;
    rom[2]  = 16'b0001000000111000;
    rom[3]  = 16'b0000000000000000;
    rom[4]  = 16'b1100001010011000;
    rom[5]  = 16'b0000000000000000;
    rom[6]  = 16'b0000000110000000;
    rom[7]  = 16'b0111111111110000;
    rom[8]  = 16'b0010000010001001;
    rom[9]  = 16'b0101010101011000;
    rom[10] = 16'b1111111101010101;
    rom[11] = 16'b0000000000000000;
    rom[12] = 16'b1110000000001000;
    rom[13] = 16'b0000000110001010;
    rom[14] = 16'b0110011100010000;
    rom[15] = 16'b0000100010000000;
end
```

### case 文を使用した ROM のコード例

ROM は、case 文や if-elseif 構文を使用して記述することもできます。

```
input      [3:0] addr
output reg [15:0] data;

always @(posedge clk) begin
    if (en)
        case (addr)
            4'b0000: data <= 16'h200A;
            4'b0001: data <= 16'h0300;
            4'b0010: data <= 16'h8101;
            4'b0011: data <= 16'h4000;
            4'b0100: data <= 16'h8601;
            4'b0101: data <= 16'h233A;
            4'b0110: data <= 16'h0300;
            4'b0111: data <= 16'h8602;
            4'b1000: data <= 16'h2222;
            4'b1001: data <= 16'h4001;
            4'b1010: data <= 16'h0342;
            4'b1011: data <= 16'h232B;
            4'b1100: data <= 16'h0900;
            4'b1101: data <= 16'h0302;
            4'b1110: data <= 16'h0102;
            4'b1111: data <= 16'h4002;
        endcase
    end
```

外部データ ファイルから ROM の内容を読み込むと、次のようになります。

- ・ HDL ソース コードはよりコンパクトで可読性あり
- ・ ROM データの生成や変更柔軟性が増す

詳細は、次を参照してください。

[外部データ ファイルでの初期内容の指定](#)

## 読み出しアクセスの記述

ROM へのアクセスは、RAM へのアクセスと同じように記述できます。

### 読み出しアクセスを記述した VHDL コード例

conv\_integer 変換関数を定義した IEEE std\_logic\_unsigned パッケージを含めるように指定した場合、VHDL 構文は次のようになります。

```
signal addr : std_logic_vector(ADDR_WIDTH-1 downto 0);
do <= ROM( conv_integer(addr));
```

### 読み出しアクセスを記述した Verilog コード例

初期ブロックで ROM を記述した場合 (Verilog ソース コードで記述したデータを使用するか、または外部データ ファイルから読み込んだ場合)、Verilog 構文は次のようになります。

```
do <= ROM[addr];
```

または、「[case 文を使用した ROM のコード例](#)」のように case 文を使用します。

## ROM のインプリメンテーション

適切に同期された ROM がブロック RAM リソースにインプリメントできると XST で認識された場合は、「[ブロック RAM の最適化ストラテジ](#)」で説明した原則が適用されます。デフォルトの XST の決定条件を上書きするには、[RAM スタイル \(RAM\\_STYLE\)](#) ではなく、[ROM スタイル \(ROM\\_STYLE\)](#) を使用します。

- ・ [ROM スタイル \(ROM\\_STYLE\)](#) の詳細は、[第 9 章「デザイン制約」](#)を参照してください。
- ・ ROM のインプリメンテーションの詳細は、[第 8 章「FPGA の最適化」](#)を参照してください。

## ROM の関連制約

[ROM スタイル \(ROM\\_STYLE\)](#)

## ROM のレポート

次のレポートは、ROM が HDL 合成中にどのように認識されたかを示しています。ROM をブロック RAM リソースにインプリメントするかどうかは、適切な同期ができるかどうかに基づいて、アドバンス HDL 合成中に決定されます。

```
=====
*                               HDL Synthesis                               *
=====

Synthesizing Unit <roms_signal>.
  Found 20-bit register for signal <data>.
  Found 128x20-bit ROM for signal <n0024>.
  Summary:
  inferred   1 ROM(s).
  inferred  20 D-type flip-flop(s).
Unit <roms_signal> synthesized.

=====

HDL Synthesis Report

Macro Statistics
# ROMs                               : 1
  128x20-bit ROM                     : 1
# Registers                           : 1
  20-bit register                    : 1

=====

=====
*                               Advanced HDL Synthesis                       *
=====

Synthesizing (advanced) Unit <roms_signal>.
INFO:Xst - The ROM <Mrom_ROM> will be implemented as a read-only BLOCK RAM, absorbing the register: <data>.
```

INFO:Xst - The RAM <Mrom\_ROM> will be implemented as BLOCK RAM

|              |                            |      |  |
|--------------|----------------------------|------|--|
| -----        |                            |      |  |
| ram_type     | Block                      |      |  |
| -----        |                            |      |  |
| Port A       |                            |      |  |
| aspect ratio | 128-word x 20-bit          |      |  |
| mode         | write-first                |      |  |
| clkA         | connected to signal <clk>  | rise |  |
| enA          | connected to signal <en>   | high |  |
| weA          | connected to internal node | high |  |
| addrA        | connected to signal <addr> |      |  |
| diA          | connected to internal node |      |  |
| doA          | connected to signal <data> |      |  |
| -----        |                            |      |  |
| optimization | speed                      |      |  |
| -----        |                            |      |  |

Unit <roms\_signal> synthesized (advanced).

=====  
Advanced HDL Synthesis Report

Macro Statistics

```
# RAMs                                : 1
128x20-bit single-port block RAM      : 1
```

=====

## ROM のコード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

### 定数を使用した ROM の VHDL コード例

```
--
-- Description of a ROM with a VHDL constant
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/rams/roms_constant.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;

entity roms_constant is
    port (clk : in std_logic;
          en : in std_logic;
          addr : in std_logic_vector(6 downto 0);
          data : out std_logic_vector(19 downto 0));
```



```

end roms_constant;

architecture syn of roms_constant is

    type rom_type is array (0 to 127) of std_logic_vector (19 downto 0);
    constant ROM : rom_type:= (
        X"0200A", X"00300", X"08101", X"04000", X"08601", X"0233A", X"00300", X"08602",
        X"02310", X"0203B", X"08300", X"04002", X"08201", X"00500", X"04001", X"02500",
        X"00340", X"00241", X"04002", X"08300", X"08201", X"00500", X"08101", X"00602",
        X"04003", X"0241E", X"00301", X"00102", X"02122", X"02021", X"00301", X"00102",
        X"02222", X"04001", X"00342", X"0232B", X"00900", X"00302", X"00102", X"04002",
        X"00900", X"08201", X"02023", X"00303", X"02433", X"00301", X"04004", X"00301",
        X"00102", X"02137", X"02036", X"00301", X"00102", X"02237", X"04004", X"00304",
        X"04040", X"02500", X"02500", X"02500", X"0030D", X"02341", X"08201", X"0400D",
        X"0200A", X"00300", X"08101", X"04000", X"08601", X"0233A", X"00300", X"08602",
        X"02310", X"0203B", X"08300", X"04002", X"08201", X"00500", X"04001", X"02500",
        X"00340", X"00241", X"04112", X"08300", X"08201", X"00500", X"08101", X"00602",
        X"04003", X"0241E", X"00301", X"00102", X"02122", X"02021", X"00301", X"00102",
        X"02222", X"04001", X"00342", X"0232B", X"00870", X"00302", X"00102", X"04002",
        X"00900", X"08201", X"02023", X"00303", X"02433", X"00301", X"04004", X"00301",
        X"00102", X"02137", X"FF036", X"00301", X"00102", X"10237", X"04934", X"00304",
        X"04078", X"01110", X"02500", X"02500", X"0030D", X"02341", X"08201", X"0410D"
    );

begin

    process (clk)
    begin
        if (clk'event and clk = '1') then
            if (en = '1') then
                data <= ROM(conv_integer(addr));
            end if;
        end if;
    end process;

end syn;

```

### ブロック RAM リソースを使用した ROM の Verilog コード例

```

//
// ROMs Using Block RAM Resources.
// Verilog code for a ROM with registered output (template 1)
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/rams/rams_21a.v
//
module v_rams_21a (clk, en, addr, data);

    input      clk;
    input      en;

```

```

input      [5:0] addr;
output reg [19:0] data;

always @(posedge clk) begin
    if (en)
        case(addr)
            6'b000000: data <= 20'h0200A;    6'b100000: data <= 20'h02222;
            6'b000001: data <= 20'h00300;    6'b100001: data <= 20'h04001;
            6'b000010: data <= 20'h08101;    6'b100010: data <= 20'h00342;
            6'b000011: data <= 20'h04000;    6'b100011: data <= 20'h0232B;
            6'b000100: data <= 20'h08601;    6'b100100: data <= 20'h00900;
            6'b000101: data <= 20'h0233A;    6'b100101: data <= 20'h00302;
            6'b000110: data <= 20'h00300;    6'b100110: data <= 20'h00102;
            6'b000111: data <= 20'h08602;    6'b100111: data <= 20'h04002;
            6'b001000: data <= 20'h02310;    6'b101000: data <= 20'h00900;
            6'b001001: data <= 20'h0203B;    6'b101001: data <= 20'h08201;
            6'b001010: data <= 20'h08300;    6'b101010: data <= 20'h02023;
            6'b001011: data <= 20'h04002;    6'b101011: data <= 20'h00303;
            6'b001100: data <= 20'h08201;    6'b101100: data <= 20'h02433;
            6'b001101: data <= 20'h00500;    6'b101101: data <= 20'h00301;
            6'b001110: data <= 20'h04001;    6'b101110: data <= 20'h04004;
            6'b001111: data <= 20'h02500;    6'b101111: data <= 20'h00301;
            6'b010000: data <= 20'h00340;    6'b110000: data <= 20'h00102;
            6'b010001: data <= 20'h00241;    6'b110001: data <= 20'h02137;
            6'b010010: data <= 20'h04002;    6'b110010: data <= 20'h02036;
            6'b010011: data <= 20'h08300;    6'b110011: data <= 20'h00301;
            6'b010100: data <= 20'h08201;    6'b110100: data <= 20'h00102;
            6'b010101: data <= 20'h00500;    6'b110101: data <= 20'h02237;
            6'b010110: data <= 20'h08101;    6'b110110: data <= 20'h04004;
            6'b010111: data <= 20'h00602;    6'b110111: data <= 20'h00304;
            6'b011000: data <= 20'h04003;    6'b111000: data <= 20'h04040;
            6'b011001: data <= 20'h0241E;    6'b111001: data <= 20'h02500;
            6'b011010: data <= 20'h00301;    6'b111010: data <= 20'h02500;
            6'b011011: data <= 20'h00102;    6'b111011: data <= 20'h02500;
            6'b011100: data <= 20'h02122;    6'b111100: data <= 20'h0030D;
            6'b011101: data <= 20'h02021;    6'b111101: data <= 20'h02341;
            6'b011110: data <= 20'h00301;    6'b111110: data <= 20'h08201;
            6'b011111: data <= 20'h00102;    6'b111111: data <= 20'h0400D;
        endcase
    end
endmodule

```

### デュアル ポート ROM の VHDL コード例

```

--
-- A dual-port ROM
-- Implementation on LUT or BRAM controlled with a ram_style constraint
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip

```

```
-- File: HDL_Coding_Techniques/rams/roms_dualport.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;

entity roms_dualport is
    port (clk          : in std_logic;
          ena,  enb    : in std_logic;
          addra, addrb : in std_logic_vector(5 downto 0);
          dataa, datab : out std_logic_vector(19 downto 0));
end roms_dualport;

architecture behavioral of roms_dualport is

    type rom_type is array (63 downto 0) of std_logic_vector (19 downto 0);
    signal ROM : rom_type:= (X"0200A", X"00300", X"08101", X"04000", X"08601", X"0233A",
                             X"00300", X"08602", X"02310", X"0203B", X"08300", X"04002",
                             X"08201", X"00500", X"04001", X"02500", X"00340", X"00241",
                             X"04002", X"08300", X"08201", X"00500", X"08101", X"00602",
                             X"04003", X"0241E", X"00301", X"00102", X"02122", X"02021",
                             X"00301", X"00102", X"02222", X"04001", X"00342", X"0232B",
                             X"00900", X"00302", X"00102", X"04002", X"00900", X"08201",
                             X"02023", X"00303", X"02433", X"00301", X"04004", X"00301",
                             X"00102", X"02137", X"02036", X"00301", X"00102", X"02237",
                             X"04004", X"00304", X"04040", X"02500", X"02500", X"02500",
                             X"0030D", X"02341", X"08201", X"0400D");

    -- attribute ram_style : string;
    -- attribute ram_style of ROM : signal is "distributed";

begin

    process (clk)
    begin
        if rising_edge(clk) then
            if (ena = '1') then
                dataa <= ROM(conv_integer(addra));
            end if;
        end if;
    end process;

    process (clk)
    begin
        if rising_edge(clk) then
            if (enb = '1') then
                datab <= ROM(conv_integer(addrb));
            end if;
        end if;
    end process;

end architecture;
```

```
end behavioral;
```

## FSM のコンポーネント

このセクションには、次の内容が含まれます。

- ・ [FSM コンポーネントの概要](#)
- ・ [FSM のコンポーネント記述](#)
- ・ [ブロック RAM リソースへの FSM コンポーネントのインプリメント](#)
- ・ [FSM のセーフ インプリメンテーション](#)
- ・ [FSM 関連の制約](#)
- ・ [FSM のレポート](#)
- ・ [FSM のコード例](#)

### FSM コンポーネントの概要

XST には、同期 FSM (有限ステート マシン) コンポーネント特有の推論機能、複数のビルトイン FSM エンコーディング ステージを使用して、最適化目標を達成しようとする機能があります。また、ユーザー独自のエンコーディング方法が使用できるようにもできます。

FSM 抽出は、デフォルトでイネーブルになっています。FSM の抽出をオフにするには、[FSM 自動抽出 \(FSM\\_EXTRACT\)](#) を使用します。

### FSM の記述

このセクションには、次の項目が含まれます。

- ・ [FSM 記述の概要](#)
- ・ [ステートレジスタ](#)
- ・ [次ステートの論理式](#)
- ・ [達成不可能ステート](#)
- ・ [FSM の出力](#)
- ・ [FSM の入力](#)
- ・ [ステート エンコード手法](#)

#### FSM 記述の概要

XST では、ムーア型とミラー型の方の FSM (有限ステート マシン) がサポートされます。

さまざまなコード記述がありますが、次のガイドラインに従うと、次が可能になります。

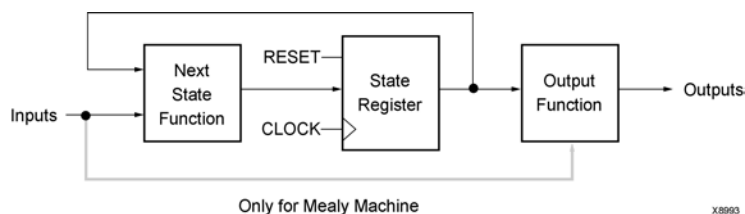
- ・ 最も読みやすくなります。
- ・ XST で FSM を認識する機能が最大限に発揮されます。

FSM には、次が含まれます。

- ・ ステートレジスタ
- ・ 次ステート関数
- ・ 出力関数

次の図は、ミラー型の FSM を示しています。

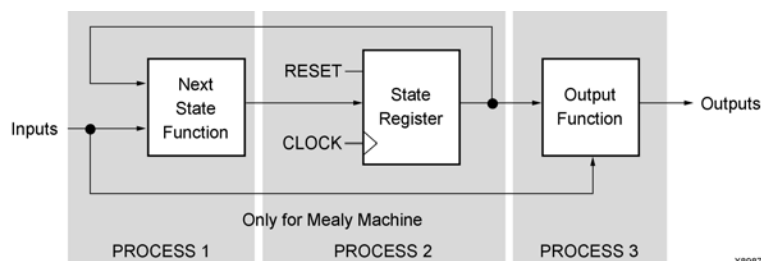
## ミーリー マシンおよびムーア マシンを取り入れた FSM の図



目標によって、次の HDL コード記述方法のいずれかを選択できます。

- ・ FSM の 3 つすべてのコンポーネントを 1 つの順次プロセスまたは always ブロックで記述します。
- ・ ステートレジスタと次ステート関数を一緒に 1 つの順次プロセスまたは always ブロックで記述し、別の組み合わせプロセスまたは always ブロックで出力関数を記述します。
- ・ ステートレジスタを 1 つの順次プロセスまたは always ブロックで記述し、別の組み合わせプロセスまたは always ブロックで次ステート関数と出力関数を一緒に記述します。
- ・ ステートレジスタを 1 つの順次プロセスまたは always ブロックで記述し、別の組み合わせプロセスまたは always ブロックで次ステート関数を記述し、2 つ目の組み合わせプロセスまたは always ブロックで出力関数を記述します。

## 3 つのプロセス ブロックを使用した FSM の図



## ステート レジスタ

リセットまたはパワーアップ ステートを指定して、FSM を認識させます。ステートレジスタは、特定のステートに対して非同期または同期にリセットできます。FSM の場合、非同期よりも、同期リセット ロジックをお勧めします。

## ステート レジスタの VHDL コード例

ステートレジスタは、integer、bit\_vector、std\_logic\_vector などの規格タイプを使用して VHDL で指定できます。その他のコード記述方法としては、可能なすべてのステート値を含む列挙型を定義し、そのタイプでステートレジスタを宣言するのが一般的です。

```
type state_type is (state1, state2, state3, state4);
signal state : state_type;
```

## ステートレジスタの Verilog コード例

Verilog では、ステートレジスタのタイプに整数または定義されたパラメータのセットを使用できます。

```
parameter [3:0]
    s1 = 4'b0001,
    s2 = 4'b0010,
    s3 = 4'b0100,
    s4 = 4'b1000;
reg [3:0] state;
```

これらのパラメータは、異なるステート エンコード方法を表すよう変更できます。

## 次ステートの論理式

次ステート論理式は、次のように記述できます。

- ・ 順次プロセスに直接、または
- ・ 別の組み合わせプロセスに記述

別の組み合わせプロセスのセンシティビティリストには、次が含まれます。

- ・ ステート信号
- ・ すべての FSM 出力

最も簡潔なコード例は、case 文を使用したものです。この場合、セレクトは現在のステート信号です。

## 達成不可能ステート

XST では、達成不可能な (unreachable) ステートが検出され、それについてレポートされます。

## FSM の出力

レジスタを介さない出力は、組み合わせプロセスまたは同時処理代入文で記述します。レジスタを介する出力は、順次プロセス内で代入する必要があります。

## FSM の入力

レジスタを介する入力は、順次プロセスで代入する内部信号を使用して記述します。

## ステート エンコード手法

XST には、さまざまな最適化目標や FSM パターンを適用するエンコード方法が複数含まれています。[FSM エンコード方法の指定 \(FSM\\_ENCODING\)](#) で該当するエンコード方法を選択します。

### 自動ステート エンコード

自動モードの場合、各 FSM に最適なエンコード アルゴリズムが自動的に選択されます。

## ワンホット ステート エンコード

ワンホット ステート エンコードは、デフォルトのエンコード手法で、各 FSM ステートにコードの各ビットが代入されます。この結果、ステートレジスタはステートごとにフリップフロップ 1 つを使用してインプリメントされます。1 つのクロック サイクルで 1 つのステートレジスタのみがアサートされます。2 つのステート間で遷移するときには、2 つのビットのみが切り替わります。ワンホット ステート エンコードは、通常速度を最適にしたり、電力消費を削減する際に使用します。

## グレイ ステート エンコード

グレイ ステート エンコードは、

- ・ 連続した 2 つのステート間で、1 ビットしか切り替わりません。分岐のない長いパスを持つコントローラに適しています。
- ・ ハザードやグリッチを最小限に抑えます。T フリップフロップの付いたステートレジスタをインプリメントするときに使用するのをお勧めします。
- ・ 電力消費を抑えるために使用できます。

## コンパクト ステート エンコード

このエンコード手法は、ステート変数およびフリップフロップの数を最小限にし、ハイパーキューブ イメージョンに基づいています。コンパクト ステート エンコーディングは、エリアを最適化する場合に使用することをお勧めします。

## ジョンソン ステート エンコード

このエンコード手法は、グレイ ステート エンコードと同様、分岐のない長いパスを含むステートマシンに適しています。

## シーケンシャル ステート エンコード

この手法では、長いパスを特定し、これらのパスのステートに連続する基数コードを 2 つ適用します。次ステートの論理式が最小化されます。

## Speed1 ステート エンコード

Speed1 ステート エンコードは、スピードを最適化する場合に使用します。ステートレジスタのビット数は、FSM によって異なりますが、通常 FSM ステート数よりも多くなります。

## ユーザー ステート エンコード

ユーザー ステート エンコードでは、ユーザーが独自のエンコード手法を HDL ファイルで指定できます。たとえば、ステートレジスタが列挙型に基づいて記述されると、次のようになります。

- ・ **列挙型エンコーディング (ENUM\_ENCODING)** を使用して各値に特有のバイナリ値を割り当てます。
- ・ ユーザー ステート エンコーディングを選択して XST にユーザーのコーディング方法に従うように命令します。

詳細は、次を参照してください。

### 第 9 章「デザイン制約」



## ブロック RAM リソースへの FSM コンポーネントのインプリメント

FSM コンポーネントはスライス ロジックにインプリメントされます。ターゲット デバイスでスライス ロジック リソースの使用を抑えるには、FSM コンポーネントがブロック RAM にインプリメントされるように指定します。このようにインプリメンテーションすると、大型の FSM コンポーネントの場合でもパフォーマンスを向上させることができます。デフォルトのスライス ロジックへのインプリメンテーションとブロック RAM へのインプリメンテーションを選択するには、[FSM スタイル \(FSM\\_STYLE\)](#) を使用します。

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

- **lut** (デフォルト)
- **bram**

XST でブロック RAM へ FSM がインプリメントできない場合は、次のいずれかが実行されます。

- ステート マシンが自動的にスライス ロジックにインプリメントされます。
- アドバンス HDL 合成で警告メッセージが表示されます。

この問題は、通常 FSM に非同期リセットが含まれていると発生します。

## FSM のセーフ インプリメンテーション

XST では、デフォルトで達成不可能なステート (論理ステートと物理ステートの両方) および関連する遷移ロジックが検出され、最適化されます。これにより、ステート マシンのインプリメンテーションで次が実行されます。

- 最小のデバイス リソースが使用される
- 最適な回路パフォーマンスが提供される

これは、ほとんどのアプリケーションでよく使用されるアプローチ方法です。これらのアプリケーションは通常の外部条件で動作します。シングル イベント アップセット (SEU) によるこれらの一時的なエラーが原因で重要な問題が発生することはありません。

ほかのアプリケーションは、ソフト エラーにより発生する可能性のある潜在的な悪影響を無視できないような外部条件で動作することがあります。これらのエラーは、主にチップ パッケージからの宇宙線またはアルファ粒子が原因で発生しています。ステート マシンでは、このようなエラーが特に感知されます。ステート マシンは、外部条件により不正なステートに送信されると、通常動作には戻ることができなくなります。このため、これらのエラーを検出し、リカバリーできるような回路の場合、達成不可能なステートは最適化で削除されるべきではありません。

このような最適化を回避するために、[セーフ インプリメンテーション \(SAFE\\_IMPLEMENTATION\)](#) を使用します。XST では、ステート マシンで次が実行できるように別のロジックを作成します。

- 不正な遷移を検出する
- 有効なリカバリ ステートに戻る

XST では、デフォルトでリセット ステートがリカバリ ステートとして選択されます。リセット ステートが使用できない場合は、パワーアップ ステートが選択されます。[セーフ リカバリ ステート \(SAFE\\_RECOVERY\\_STATE\)](#) 制約を適用すると、手動で特定のリカバリ ステートを定義できます。

セーフ FSM デザインには、さまざまな方法がありますが、完璧なソリューションはありません。インプリメンテーション ストラテジを決める前に次のセクションをお読みください。

## ワンホット エンコーディング VS バイナリ エンコーディング

バイナリ エンコーディング ストラテジ (コンパクト、シーケンシャル、グレイなど) を使用する場合、ステートレジスタは最小のフリップフロップ数でインプリメントされます。ワンホット エンコーディングでは、より多くのフリップフロップ (有効なステートごとに 1 つ) が使用されます。これにより、ステートレジスタに影響するシングル イベント アップセット (SEU) の発生する可能性が高くなります。

このようなマイナス面はありますが、ワンホット エンコーディングにはかなりのトポロジ的利点があります。ハミング距離が 2 なので、すべてのシングル ビット エラーが簡単に検出できます。シングル ビット エラーが原因の不正な遷移があると、ステートマシンが常に不正なステートになります。XST のセーフ インプリメンテーション ロジックを使用すると、このようなエラーが検出され、問題なくリカバーされます。

同等のバイナリ コーディングのステートマシンのハミング距離は 1 です。この場合、シングル ビット エラーにより、ステートマシンは予測されないけれども有効なステートになります。有効なステート数が 2 のべき乗の場合、すべての可能性のあるコードの値が有効なステートに対応します。ソフトエラーは常にこのような結果を生成します。この場合、回路では不正な遷移が発生したことが検出されず、ステートマシンがその通常のステートシーケンスを超えていないかどうか検出されません。このようなランダムで制御されていないリカバリは使用できない可能性があります。

## リカバリ限定ステート

ステートマシンの通常の動作ステートとは別のリカバリステートを定義しておくことが便利です。リカバリ限定ステートを定義すると、次が実行できます。

- ・ ステートマシンがシングル イベント アップセット (SEU) に影響されているかどうかを検出します。
- ・ 通常操作に復元する前に特定の動作を実行します。特定の動作には、回路のリセットまたは回路出力へのリカバリ状態のフラグが含まれます。

故障したステートマシンが次を実行する必要がある場合にも、通常の動作ステートへ直接リカバリしても問題はありません。

- ・ 回路の残りの部分にその一時的状況について情報を送る、または
- ・ ソフトエラーの後に特定の動作を実行する

## FSM セーフ インプリメンテーションの VHDL コード例

```
--
-- Finite State Machine Safe Implementation VHDL Coding Example
-- One-hot encoding
-- Recovery-only state
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/state_machines/safe_fsm.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

entity safe_fsm is
```

```
port(
    clk : in  std_logic;
    rst : in  std_logic;
    c   : in  std_logic_vector(3 downto 0);
    d   : in  std_logic_vector(3 downto 0);
    q   : out std_logic_vector(3 downto 0));

end safe_fsm;

architecture behavioral of safe_fsm is

    type state_t is ( idle, state0, state1, state2, recovery );
    signal state, next_state : state_t;

    attribute fsm_encoding : string;
    attribute fsm_encoding of state : signal is "one-hot";
    attribute safe_implementation : string;
    attribute safe_implementation of state : signal is "yes";
    attribute safe_recovery_state : string;
    attribute safe_recovery_state of state : signal is "recovery";

begin

    process(clk)
    begin
        if rising_edge(clk) then
            if rst = '1' then
                state <= idle;
            else
                state <= next_state;
            end if;
        end if;
    end process;

    process(state, c, d)
    begin

        next_state <= state;

        case state is
            when idle =>
                if c(0) = '1' then
                    next_state <= state0;
                end if;
                q <= "0000";

            when state0 =>
                if c(0) = '1' and c(1) = '1' then
                    next_state <= state1;
                end if;
        end case;
    end process;
end architecture;
```

```

        q <= d;

    when state1 =>
        next_state <= state2;
        q <= "1100";

    when state2 =>
        if c(1) = '0' then
            next_state <= state1;
        elsif c(2) = '1' then
            next_state <= state2;
        elsif c(3) = '1' then
            next_state <= idle;
        end if;
        q <= "0101";

    when recovery =>
        next_state <= state0;
        q <= "1111";

end case;

end process;

end behavioral;

```

## FSM セーフ インプリメンテーションの Verilog コード例

Verilog には、列挙型がないので、FSM セーフ インプリメンテーションの Verilog サポートは、VHDL に比べると制限があります。次のステート マシンのインプリメンテーションのコーディング ガイドラインに従うようにしてください。

- ・ 必要なエンコーディング ストラテジを手動で強制的に指定します。
  - 有効なステートそれぞれに対してコード値を明確に定義します。
  - [FSM エンコード方法の指定 \(FSM\\_ENCODING\)](#) を User に設定します。
- ・ ステート マシンの記述で読みやすいように localparam または 'define を使用し、さまざまなステートをシンボルで指定します。
- ・ Verilog 属性指定ではシンボルが参照できないため、リカバリ ステート値を次のいずれかにハード コードで記述します。
  - 属性文で直接文字列を指定する、または
  - 次のコード例のように 'define を使用する

```

//
// Finite State Machine Safe Implementation Verilog Coding Example
// One-hot encoding
// Recovery-only state
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/state_machines/safe_fsm.v

```

```
//
module v_safe_fsm (clk, rst, c, d, q);

    input          clk;
    input          rst;
    input  [3:0]   c;
    input  [3:0]   d;
    output reg  [3:0] q;

    localparam [4:0]
        idle      = 5'b00001,
        state0    = 5'b00010,
        state1    = 5'b00100,
        state2    = 5'b01000,
        recovery   = 5'b10000;

    `define recovery_attr_val "10000"

    (* fsm_encoding = "user",
       safe_implementation = "yes",
       safe_recovery_state = `recovery_attr_val *)
    // alternatively: safe_recovery_state = "10000" *)
    reg  [4:0]  state;
    reg  [4:0]  next_state;

    always @ (posedge clk)
    begin
        if (rst)
            state <= idle;
        else
            state <= next_state;
    end

    always @(*)
    begin

        next_state <= state;

        case (state)

            idle: begin
                if (c[0])
                    next_state <= state0;
                q <= 4'b0000;
            end

            state0: begin
                if (c[0] && c[1])
                    next_state <= state1;
                q <= d;
            end
```

```
end

state1: begin
    next_state <= state2;
    q <= 4'b1100;
end

state2: begin
    if (~c[1])
        next_state <= state1;
    else
        if (c[2])
            next_state <= state2;
        else
            if (c[3])
                next_state <= idle;
                q <= 4'b0101;
            end
        end
    end

recovery: begin
    next_state <= state0;
    q <= 4'b1111;
end

default: begin
    next_state <= recovery;
    q <= 4'b1111;
end

endcase

end

endmodule
```

## FSM 関連の制約

- ・ FSM 自動抽出 (FSM\_EXTRACT)
- ・ FSM スタイル (FSM\_STYLE)
- ・ FSM エンコード方法の指定 (FSM\_ENCODING)
- ・ 列挙型エンコード手法 (ENUM\_ENCODING)
- ・ セーフ インプリメンテーション (SAFE\_IMPLEMENTATION)
- ・ セーフ リカバリ ステート (SAFE\_RECOVERY\_STATE)

## FSM のレポート

XST のログ ファイルには、認識された FSM コンポーネントに関する詳細情報とエンコード方法について次のようにレポートされます。

```
=====
*                               HDL Synthesis                               *
=====

Synthesizing Unit <fsm_1>.
  Found 1-bit register for signal <outp>.
  Found 2-bit register for signal <state>.
  Found finite state machine <FSM_0> for signal <state>.
  -----
States	4
Transitions	5
Inputs	1
Outputs	2
Clock	clk (rising_edge)
Reset	reset (positive)
Reset type	asynchronous
Reset State	s1
Power Up State	s1
Encoding	gray
Implementation	LUT
  -----

Summary:
inferred 1 D-type flip-flop(s).
inferred 1 Finite State Machine(s).
Unit <fsm_1> synthesized.

=====

HDL Synthesis Report

Macro Statistics
# Registers           : 1
  1-bit register      : 1
# FSMs                : 1

=====
```

```

=====
*                               Advanced HDL Synthesis                               *
=====

Advanced HDL Synthesis Report

Macro Statistics
# FSMs                               : 1
# Registers                           : 1
  Flip-Flops                           : 1
# FSMs                               : 1

=====

*                               Low Level Synthesis                               *
=====

Optimizing FSM <state> on signal <state[1:2]> with gray encoding.
-----
State | Encoding
-----
s1    | 00
s2    | 11
s3    | 01
s4    | 10
-----

```

## FSM のコード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。



## 1 つのプロセス文で FSM を記述した VHDL コード例

```
--
-- State Machine described with a single process
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/state_machines/state_machines_1.vhd
--
library IEEE;
use IEEE.std_logic_1164.all;

entity fsm_1 is
    port ( clk, reset, x1 : IN std_logic;
          outp           : OUT std_logic);
end entity;

architecture behavioral of fsm_1 is
    type state_type is (s1,s2,s3,s4);
    signal state : state_type ;
begin

    process (clk)
    begin
        if rising_edge(clk) then
            if (reset = '1') then
                state <= s1;
                outp <= '1';
            else
                case state is
                    when s1 => if x1='1' then
                                state <= s2;
                                outp <= '1';
                            else
                                state <= s3;
                                outp <= '0';
                            end if;
                    when s2 => state <= s4; outp <= '0';
                    when s3 => state <= s4; outp <= '0';
                    when s4 => state <= s1; outp <= '1';
                end case;
            end if;
        end if;
    end process;

end behavioral;
```

## 3 つの always ブロックを使用した FSM の Verilog コード例

```
//
// State Machine with three always blocks.
```

```
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: HDL_Coding_Techniques/state_machines/state_machines_3.v
//
module v_fsm_3 (clk, reset, x1, outp);
    input clk, reset, x1;
    output outp;
    reg outp;
    reg [1:0] state;
    reg [1:0] next_state;

    parameter s1 = 2'b00; parameter s2 = 2'b01;
    parameter s3 = 2'b10; parameter s4 = 2'b11;

    initial begin
        state = 2'b00;
    end

    always @(posedge clk or posedge reset)
    begin
        if (reset) state <= s1;
        else state <= next_state;
    end

    always @(state or x1)
    begin
        case (state)
            s1: if (x1==1'b1)
                    next_state = s2;
                else
                    next_state = s3;
            s2: next_state = s4;
            s3: next_state = s4;
            s4: next_state = s1;
        endcase
    end

    always @(state)
    begin
        case (state)
            s1: outp = 1'b1;
            s2: outp = 1'b1;
            s3: outp = 1'b0;
            s4: outp = 1'b0;
        endcase
    end

endmodule
```

## ブラック ボックス

このセクションには、次の内容が含まれます。

- ・ [ブラック ボックスの概要](#)
- ・ [ブラック ボックスの関連制約](#)
- ・ [ブラック ボックスのレポート](#)
- ・ [ブラック ボックスのコード例](#)

### ブラック ボックスの概要

デザインには、次で生成された EDIF または NGC ファイルを含めることができます。

- ・ 合成ツール
- ・ 回路図テキスト エディタ
- ・ その他のデザイン入力方法

これらのモジュールを残りのデザインに関連付けるには、コードにインスタンスエートする必要があります。これを XST で実行させるには、HDL ソース コードにブラック ボックスのインスタンスエーションを使用します。インスタンスエートされたネットリストは XST では処理されず、最終の最上位ネットリストに含まれます。また、ブラック ボックスのインスタンスエーションに制約を指定することも可能です。指定した制約も、NGC ファイルに記述されます。

また、デザイン ブロックの Register Transfer Level (RTL) モデルおよび EDIF ネットリストがある場合があります。RTL モデルはシミュレーションにしか使用できませんが、[BoxType \(BOX\\_TYPE\)](#) 制約を使用すると、この RTL コードを合成しないで、ブラック ボックスを作成するように設定できます。EDIF ネットリストは、NGDBuild (変換) により合成されたデザインに関連付けられます。

詳細は、次を参照してください。

- ・ [第 10 章「一般制約」](#)
- ・ [『制約ガイド』](#)

デザインをブラック ボックスにすると、そのデザインのほかのインスタンスもブラック ボックスになります。このインスタンスに制約を指定すると、元のデザインに指定されていた制約は無視されます。

コンポーネントのインスタンスエーションの詳細は、VHDL/Verilog のマニュアルを参照してください。

### ブラック ボックスの関連制約

#### [ボックス タイプ \(BOX\\_TYPE\)](#)

BOX\_TYPE はデバイス プリミティブをインスタンスエートするために使用する制約です。この制約を使用する前に、次を参照してください。

#### [デバイス プリミティブのサポート](#)

## ブラック ボックスのレポート

VHDL のエラボレーション中にブラック ボックスのインスタンス化について次のようなメッセージが表示されます。

```
WARNING:HDLCompiler:89 - "example.vhd" Line 15. <my_bbox> remains a black-box since it has no binding entity.
```

Verilog のエラボレーションでは次のメッセージが表示されます。

```
WARNING:HDLCompiler:1498 - "example.v" Line 27: Empty module <v_my_block> remains a black box.
```

ブラック ボックスが [BoxType \(BOX\\_TYPE\)](#) 制約を使用するように指定されている場合に、制約値が `black_box` または `primitive` であれば、このブラック ボックスに関するメッセージが何も表示されません。制約値が `user_black_box` の場合、該当するエレメントのインスタンス化ごとに次のようなメッセージが表示されます。

```
Synthesizing Unit <my_top>.
```

```
Set property "box_type = user_black_box" for instance <my_inst>.
```

```
Unit <my_top > synthesized.
```

## ブラック ボックスのコード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、`summary.txt` が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

## ブラック ボックスの VHDL コード例

```
--
-- Black Box
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: HDL_Coding_Techniques/black_box/black_box_1.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

entity black_box_1 is
    port(DI_1, DI_2 : in std_logic;
          DOUT : out std_logic);
end black_box_1;

architecture archi of black_box_1 is

    component my_block
    port (I1 : in std_logic;
          I2 : in std_logic;
          O : out std_logic);
    end component;

begin

    inst: my_block port map (I1=>DI_1,I2=>DI_2,O=>DOUT);

end archi;
```

## ブラック ボックスの Verilog コード例

```
//  
// Black Box  
//  
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip  
// File: HDL_Coding_Techniques/black_box/black_box_1.v  
//  
module v_my_block (in1, in2, dout);  
    input in1, in2;  
    output dout;  
endmodule  
  
module v_black_box_1 (DI_1, DI_2, DOUT);  
    input DI_1, DI_2;  
    output DOUT;  
  
    v_my_block inst (  
        .in1 (DI_1),  
        .in2 (DI_2),  
        .dout (DOUT));  
  
endmodule
```

## FPGA の最適化

下位レベル合成の間に、XST のインプリメンテーションを制御するさまざまな方法を使用すると、デザイン目標を達成できます。下位レベルの合成中、XST では次が実行されます。

1. ターゲットにするデバイス ファミリリソースに対して、各 VHDL エンティティまたは Verilog モジュールを別々にマップして最適化します。
2. グローバルに完了したデザインを最適化します。

下位レベル合成の出力は、NGC ネットリスト ファイルです。

XST のデフォルトのインプリメンテーション方法を変更するオプションや制約が複数あります。

詳細は、次を参照してください。

[第 12 章「FPGA 制約 \(タイミング制約以外\)」](#)

### ブロック RAM へのロジックのマップ

デザインがターゲット デバイスに収まらない場合は、デザインの一部のロジックを未使用のブロック RAM に配置します。XST ではどのロジックをブロック RAM に配置できるかは自動的に決定されないの、ユーザーが指定する必要があります。

1. RTL 記述の一部を別の階層ブロックのブロック RAM 内に配置できるように分離します。
2. HDL コードまたは XST Constraint File (XCF) ファイルのいずれかで直接、[BRAM へのロジックのマップ \(BRAM\\_MAP\)](#) 制約を別の階層ブロックに設定します。

ブロック RAM にインプリメントされるロジックは、次の条件を満たしている必要があります。

- ・ すべての出力がレジスタを介するようにする。
- ・ ブロックに含めることのできるレジスタのレベルは 1 つで、これらは出力レジスタとする。
- ・ すべての出力レジスタが同じ制御信号を持つ。
- ・ 出力レジスタが同期リセット信号を持つ。
- ・ ブロックにマルチソース状況やトライステート バッファが含まれない。
- ・ 中間信号に [キープ \(KEEP\)](#) 制約を使用できない。

ブロック RAM へのロジックのマップは、下位レベル合成段階で実行されます。問題がなく終了すると、次のメッセージが表示されます。

```
Entity <logic_bram_1> mapped on BRAM.
```

上記の条件が 1 つでも満たされない場合は、ロジックはブロック RAM にマップされず、警告メッセージとその理由が表示されます。

```
INFO:Xst:1789 - Unable to map block <no_logic_bram> on BRAM.
```

```
Output FF <RES> must have a synchronous reset.
```

ロジックが 1 つのブロック RAM プリミティブに配置できない場合は、複数のブロック RAM が使用されます。

## フリップフロップのインプリメンテーション ガイドライン

Virtex®-6 および Spartan®-6 デバイス ファミリから、CLB フリップフロップとラッチにセットとリセットの両方がそのままインプリメントされることはなくなりました。XST では、セットとリセットの両方を含むフリップフロップが検出されると、そのフリップフロップが推論されるか、古いデバイス ファミリのプリミティブ インスタンスレーションからターゲットを変更するかが次のように決定されます。

- ・ 同時同期セットとリセットのターゲットが変更され、追加ロジックが作成される
- ・ 同時非同期セットとリセットが拒否され、次のようなエラー メッセージが表示される

```
ERROR:Xst:#### - This design infers one or more latches or registers
with both an active asynchronous set and reset. In the Virtex6 and
Spartan6 architectures this behaviour creates a sub-optimal circuit in
area, power and performance. To synthesis an optimal implementation
it is highly recommended to either remove one set or reset or make the
function synchronous. To override this error set
-retarget_active_async_set_reset option to yes.
```



次の追加ガイドラインに従ってください。

- ・ レジスタを非同期にセット/リセットしないで、同期初期化を使用します。これは、ザイリンクス デバイスではサポートされますが、次の理由により推奨されません。
  - 制御セットのマッピングがやり直せなくなります。
  - ブロック RAM および DSP ブロックなどの複数のデバイス リソースの順次機能は同期にしかセットまたはリセットできません。これらのリソースは使用できなくなるか、最適にコンフィギュレーションされなくなります。
- ・ コーディング ガイドラインでレジスタを非同期にセットまたはリセットにする必要がある場合は、[非同期から同期への変換 \(ASYNC\\_TO\\_SYNC\)](#) を使用します。これにより、同期セット/リセットを使用する方法に切り替えることができます。[非同期から同期への変換 \(ASYNC\\_TO\\_SYNC\)](#) が影響するのは、推論済みのレジスタのみで、インスタンス化されたフリップフロップには影響しません。
- ・ セットとリセット両方が付いたフリップフロップは記述できません。Virtex-6 および Spartan-6 デバイスから、セットとリセットの両方を含むフリップフロップ プリミティブは同期/非同期に関わらず、使用できなくなっています。XST では非同期リセットと非同期セットの両方を含むフリップフロップが拒否されます。
- ・ できる限り、セット/リセット ロジックを使用しないでください。たとえば、初期内容を定義して回路のグローバル リセットを使用するなど、その他のコストがより低くてすむような方法で、希望どおりの結果にできることがあります。
- ・ ザイリンクス フリップフロップ プリミティブのクロック イネーブル、セット/リセット制御入力は常にアクティブ High です。アクティブ Low にすると、インバータ ロジックになり、回路のパフォーマンスが悪化します。

## フリップフロップのリタイミング

フリップフロップのリタイミングとは、同期パスを削減してクロック周波数を上げるため、フリップフロップおよびラッチの位置を変更する手法です。この最適化は、デフォルトではオフになっています。

フリップフロップのリタイミングには順方向と逆方向があります。

- ・ 順方向のリタイミングでは、LUT の各入力に接続されたフリップフロップすべてを出力で 1 つのフリップフロップに移動します。
- ・ 逆方向のリタイミングでは、LUT の出力にある 1 つのフリップフロップを LUT の各入力のフリップフロップに移動します。
- ・ 逆方向のリタイミングを実行すると、通常はフリップフロップの数が (場合によってはかなり) 増えます。
- ・ 順方向のリタイミングを実行すると、通常はフリップフロップの数が減ります。

どちらの場合でも、デザインのビヘイビアに変更はなく、タイミング遅延のみ変更されます。

フリップフロップのリタイミングはグローバル最適化の一部であり、ほかの最適化手法と同じ制約が考慮されます。リタイミングはインクリメンタル プロセスであり、リタイミングの結果挿入されたフリップフロップがタイミングを向上するために再び同じ方向 (順方向または逆方向) に移動される場合もあります。リタイミングは、指定したタイミング制約が満たされた場合、またはタイミングがそれ以上向上しない場合に停止されます。

各フリップフロップが移動されると、次を示すメッセージが表示されます。

- ・ 元のフリップフロップ名と新規のフリップフロップ名
- ・ そのフリップフロップのリタイミングが順方向と逆方向のどちらであるか

## フリップフロップのリタイミングの制限

フリップフロップのリタイミングには、次のような場合には実行されません。

- ・ IOB=TRUE プロパティが指定されたフリップフロップにはリタイミングは適用されません。
- ・ フリップフロップまたは出力信号に **キープ (KEEP)** プロパティが設定されている場合は、順方向リタイミングは発生しません。
- ・ フリップフロップの入力信号に **キープ (KEEP)** プロパティが設定されている場合は、逆方向リタイミングは発生しません。
- ・ インスタンシエートされたフリップフロップは、**インスタンシエートされたプリミティブの最適化 (OPTIMIZE\_PRIMITIVES)** が yes の場合にのみ移動されます。
- ・ フリップフロップは、**インスタンシエートされたプリミティブの最適化 (OPTIMIZE\_PRIMITIVES)** が yes の場合にのみ、インスタンシエート済みプリミティブ間で移動されます。
- ・ set と reset が付いたフリップフロップは移動されません。

## フリップフロップのリタイミングの制御方法

フリップフロップのリタイミングを制御するには、次の制約を使用します。

- ・ **レジスタの自動調整 (REGISTER\_BALANCING)**
- ・ **最初のフリップフロップ ステージの移動 (MOVE\_FIRST\_STAGE)**
- ・ **最後のフリップフロップ ステージの移動 (MOVE\_LAST\_STAGE)**

## エリア制約を設定した場合のスピード最適化

スライス (LUT-FF ペア) 使用率 (SLICE\_UTILIZATION\_RATIO) 制約には、次の特徴があります。

- ・ 主な目標をエリアの削減と指定した場合でも、回路全体のパフォーマンスをある程度制御できます。
- ・ デフォルトでは選択したデバイス サイズの 100% に設定されています。
- ・ 次のように下位レベル最適化に影響します。
  - － 概算されたエリアが制約要件よりも多い限り、XST ではさらにエリアを削減しようとします。
  - － 概算エリアが制約要件内に収まる場合、XST ではタイミング最適化ができないかどうかチェックされ、そのソリューションがエリア制約の要件に違反していないかどうか確認されます。
- ・ マクロ推論は制御されません。

### 下位レベルの合成のレポート例 1 (100%)

次の例では、ターゲット エリア制約は 100% に設定されていました。実際のデバイス使用率の最初のエリア概算は 102% でした。XST により最適化が実行され、95% に削減されています。

```
=====
* Low Level Synthesis
=====
```

```
Found area constraint ratio of 100 (+ 5) on block tge,
actual ratio is 102.
Optimizing block tge> to meet ratio 100 (+ 5) of 1536 slices
Area constraint is met for block tge>, final ratio is 95.
```

### 下位レベルの合成のレポート例 2 (70%)

エリア制約を満たすことができない場合、タイミング最適化の際にエリア制約は無視され、周波数が最大になるように下位レベルの合成が実行されます。次の例では、ターゲット エリア制約は 70% に設定されていました。XST ではこれを満たすことができないので、次の警告メッセージが表示されます。

```
=====
*                               Low Level Synthesis                               *
=====
```

```
Found area constraint ratio of 70 (+ 5) on block fpga_hm, actual ratio is 64.
Optimizing block fpga_hm> to meet ratio 70 (+ 5) of 1536 slices :
WARNING:Xst - Area constraint could not be met for block tge>, final ratio is 94
```

(+5) は、エリア制約の最大マージンを示します。エリア制約が満たされない場合、エリア最適化において要求されたエリアと実際のエリアとの差が 5% 以下であれば、その達成されたエリアを考慮しつつタイミング最適化が実行され、最終的なエリア ソリューションがその範囲を超えないようになります。

### 下位レベルの合成のレポート例 3

次の例では、ターゲット エリア制約は 55% に設定されていました。XST では 60% しか達成できませんでした。ただし、制約と実際のエリアの差が 5% 未満なので、エリア制約は満たされ、それ以降の最適化でもそれが維持されると判断されます。

```
=====
*                               Low Level Synthesis                               *
=====

Found area constraint ratio of 55 (+ 5) on block fpga_hm, actual ratio is 64.
Optimizing block fpga_hm> to meet ratio 55 (+ 5) of 1536 slices :
Area constraint is met for block fpga_hm>, final ratio is 60.
```

場合によっては自動リソース管理機能をオフにする必要があります。オフにするには、SLICE\_UTILIZATION\_RATIO の値を -1 に指定します。[スライス \(LUT-FF ペア\) 使用率 \(SLICE\\_UTILIZATION\\_RATIO\)](#) は、デザインの特定期ブロックに対して設定できます。スライスの絶対数 (または FF-LUT ペア) またはデバイスの合計スライス数のパーセントを指定できます。

## インプリメンテーション制約

HDL ソース コードまたは XCF 制約ファイルで検出されたインプリメンテーション制約はすべて NGC 出力ファイルに書き込まれます。[キープ \(KEEP\)](#) プロパティは、最大ファンアウトの制御または最適化を目的として、バッファ挿入プロセスにより生成されます。

## ザイリンクス デバイス プリミティブのサポート

このセクションでは、ザイリンクス デバイス プリミティブのサポートについて説明します。

- ・ [ザイリンクス デバイス プリミティブのサポートの概要](#)
- ・ [属性を使用したプリミティブの生成](#)
- ・ [プリミティブとブラック ボックス](#)
- ・ [VHDL および Verilog のザイリンクス デバイス プリミティブ ライブラリの概要](#)
- ・ [プリミティブ プロパティの指定](#)
- ・ [インスタンス化されたデバイス プリミティブのレポート](#)
- ・ [プリミティブの関連制約](#)
- ・ [プリミティブのコード例](#)

### デバイス プリミティブのサポートの概要

XST では、ザイリンクス デバイス プリミティブを HDL ソース コードに直接インスタンス化できます。これらのプリミティブは、次のようになります。

- ・ UNISIM ライブラリでコンパイル済み
- ・ デフォルトでは XST で最適化または変更されない
- ・ XST で保護され、最終の NGC ネットリストで使用可能になる

[インスタンス化されたプリミティブの最適化 \(OPTIMIZE\\_PRIMITIVES\)](#) を使用すると、このデフォルト設定を解除でき、ほとんどのプリミティブにタイミング情報が含まれるので、XST で効果的なタイミングドリブンの最適化が実行できるようになります。

XST では、RAM のような複雑なプリミティブのインスタンス化を簡単にするために、UniMacro という別のライブラリもサポートされています。

詳細は、[ライブラリガイド](#)を参照してください。

### 属性を使用したプリミティブの生成

属性により生成できるプリミティブもあります。

- ・ 回路のプライマリ I/O または内部信号に [バッファ タイプ \(BUFFER\\_TYPE\)](#) を設定すると、特定のバッファ タイプを使用できます。同じ制約を使用してバッファの挿入をディスエーブルにすることもできます。
- ・ [I/O 規格 \(IOSTANDARD\)](#) は、I/O プリミティブに I/O 規格を割り当てるために使用します。この例では、I/O ポートに PCI33\_5 I/O 規格を指定しています。

```
// synthesis attribute IOSTANDARD of in1 is PCI33_5
```

### プリミティブとブラック ボックス

プリミティブのサポートは、ブラック ボックスの概念に基づいています。

ブラック ボックスの詳細は、次を参照してください。

[Finite State Machine \(FSM\) セーフ インプリメンテーション](#)

ブラック ボックスのサポートとプリミティブのサポートは大きく異なります。たとえば、デザインに MUXF5 というサブモジュールが含まれているとします。MUXF5 は、ユーザーのファンクション ブロックである場合とザイリンクス デバイス プリミティブである場合とがあります。XST でのこのモジュールの処理において混乱が生じないようにするため、**ボックス タイプ (BOX\_TYPE)** 制約を MUXF5 のコンポーネント宣言に設定する必要があります。

**ボックス タイプ (BOX\_TYPE)** を MUXF5 に設定する場合、次の値を使用します。

- ・ **primitive** または **black\_box**

そのモジュールはザイリンクス デバイス プリミティブとして処理され、クリティカル パスの概算などにこのプリミティブのパラメータが使用されます。

- ・ **user\_black\_box**

モジュールはブラック ボックスとして処理されます。

user\_black\_box の名前とザイリンクス デバイス プリミティブの名前が同じ場合は、XST により固有の名前に変更され、警告メッセージが表示されます。この例の場合、MUX5 は MUX51 という名前に変更されています。

```
WARNING:Xst:79 - Model 'muxf5' has different characteristics in destination library
```

```
WARNING:Xst:80 - Model name has been changed to 'muxf51'
```

MUXF5 に **ボックス タイプ (BOX\_TYPE)** を設定しない場合、このモジュールはユーザー階層 ブロックとして処理されます。user\_black\_box の名前とザイリンクス デバイス プリミティブの名前が同じ場合は、XST により固有の名前に変更され、警告メッセージが表示されます。

## VHDL および Verilog のザイリンクス デバイス プリミティブ ライブラリ

このセクションでは、次の項目について説明します。

- ・ [VHDL および Verilog のザイリンクス デバイス プリミティブ ライブラリの概要](#)
- ・ [VHDL および Verilog のザイリンクス デバイス プリミティブ ライブラリ](#)
- ・ [Verilog および Verilog のザイリンクス デバイス プリミティブ ライブラリ](#)
- ・ [プリミティブ インスタンス化のガイドライン](#)

### VHDL および Verilog のザイリンクス デバイス プリミティブ ライブラリの概要

XST では、HDL コードでザイリンクス デバイス プリミティブのインスタンス化をシンプルにするため、VHDL および Verilog の専用ライブラリが提供されています。これらのライブラリにはザイリンクス デバイス プリミティブの宣言がすべて含まれ、各コンポーネントに [ボックス タイプ \(BOX\\_TYPE\)](#) 制約が設定されています。これらのライブラリを適切に含めた場合は、[ボックス タイプ \(BOX\\_TYPE\)](#) を適用する必要はありません。

### VHDL のザイリンクス デバイス プリミティブ ライブラリ

VHDL の場合、HDL ソースコードでパッケージ vcomponents を使用して UNISIM ライブラリを宣言します。

```
library unisim;  
use unisim.vcomponents.all;
```

このパッケージの HDL ソースコードは、次の XST インストール ディレクトリに含まれています。

```
vhdl\src\ unisims\unisims_vcomp.vhd
```

### Verilog のザイリンクス デバイス プリミティブ ライブラリ

Verilog の場合、UNISIM ライブラリがあらかじめコンパイルされています。このライブラリは自動的にデザインにリンクされません。

## プリミティブ インスタンスレーションのガイドライン

プリミティブをインスタンスエートする際は、ジェネリック (VHDL) およびパラメータ (Verilog) に大文字を使用してください。たとえば、ODDR エレメントは UNISIM ライブラリで次のように宣言されています。

```
component ODDR
  generic (
    DDR_CLK_EDGE : string := "OPPOSITE_EDGE";
    INIT : bit := '0';
    SRTYPE : string := "SYNC");
  port (
    Q : out std_ulogic;
    C : in std_ulogic;
    CE : in std_ulogic;
    D1 : in std_ulogic;
    D2 : in std_ulogic;
    R : in std_ulogic;
    S : in std_ulogic);
end component;
```

このプリミティブをインスタンスエートする場合、DDR\_CLK\_EDGE および SRTYPE ジェネリックの値は大文字にする必要があります。大文字にしないと、XST で不明の値が使用されていることを示す警告メッセージが表示されます。

LUT1 のようなプリミティブでは、インスタンスエーションで INIT を使用できます。

INIT を最終ネットリストに渡すには、次の 2 つの方法があります。

- ・ INIT 属性をインスタンスエートしたプリミティブに設定します。
- ・ VHDL のジェネリックまたは Verilog のパラメータを使用して渡します。

これにより、合成とシミュレーションで同じコードを使用できます。

## プリミティブ プロパティの指定

インスタンスエートされた LUT の INIT のように、VHDL のジェネリックまたは Verilog のパラメータを使用してインスタンスエートされたプリミティブにプロパティを指定します。

**注意：** この際、潜在的なシミュレーション不一致を避けるため、HDL ソースコードや XCF 制約ファイルで属性を指定できないようになっていました。前リリースでは、シンプルな警告メッセージでこの方法を避けるようお知らせしていましたが、今回からは次に示すようなエラーメッセージとして表示されるようになっていました。インスタンスエート済みプリミティブのプロパティのデフォルト値は、VHDL ジェネリックまたは Verilog パラメータからしか上書きできなくなりました。

```
ERROR:Xst:3003 - "example.vhd". Line 77. Unable to set
attribute "A_INPUT" with value "CASCADE" on instance <idsp> of
block <DSP48E1>. This property is already defined with value
"DIRECT" on the block definition by a VHDL generic or a Verilog
parameter. Apply the desired value by overriding the default
VHDL generic or Verilog parameter. Using an attribute is not
allowed.
```

シミュレーション ツールではジェネリックおよびパラメータが認識され、回路の有効化プロセスを簡素化します。



## LUT2 プリミティブの INIT プロパティを設定する VHDL コード例

```
--
-- Instantiating a LUT2 primitive
-- Configured via the generics mechanism (recommended)
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: FPGA_Optimization/primitive_support/primitive_2.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

library unisim;
use unisim.vcomponents.all;

entity primitive_2 is
    port(I0,I1 : in std_logic;
          O      : out std_logic);
end primitive_2;

architecture beh of primitive_2 is
begin

    inst : LUT2
        generic map (INIT=>"1")
        port map (I0=>I0, I1=>I1, O=>O);

end beh;
```

## LUT2 プリミティブの INIT プロパティを設定する Verilog コード例

```
//
// Instantiating a LUT2 primitive
// Configured via the parameter mechanism
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: FPGA_Optimization/primitive_support/primitive_2.v
//
module v_primitive_2 (I0,I1,O);
    input I0,I1;
    output O;

    LUT2 #(4'h1) inst (.I0(I0), .I1(I1), .O(O));

endmodule
```

## インスタンス化されたデバイス プリミティブのレポート

インスタンス化されたプリミティブは、**ボックス タイプ (BOX\_TYPE)** とその値が UNISIM ライブラリの各プリミティブに適用されているので、何の警告もなく処理されます。

XST では、次の 2 つの条件のいずれかが発生すると警告メッセージが表示されます。

### 1 つ目の警告条件

- ・ ブロック (プリミティブ以外) をインスタンスエート  
さらに
- ・ そのブロックに内容がない場合 (ロジック記述なし)

### 2 つ目の警告条件

- ・ ブロックにロジック記述がある  
さらに
- ・ [ボックス タイプ \(BOX\\_TYPE\)](#) を user\_black\_box で適用した場合

#### 警告の例

```
Elaborating entity <example> (architecture <archi>) from library <work>.  
WARNING:HDLCompiler:89 - "example.vhd" Line 15: <my_block> remains a  
black-box since it has no binding entity.
```

### プリミティブの関連制約

- ・ [ボックス タイプ \(BOX\\_TYPE\)](#)
- ・ XST で特別な処理をせずに HDL から NGC に渡される配置配線の制約

### プリミティブのコード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

### LUT2 プリミティブをジェネリックを使用してインスタンシエートおよびコンフィギュレーションした VHDL コード例

```
--
-- Instantiating a LUT2 primitive
-- Configured via the generics mechanism (recommended)
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: FPGA_Optimization/primitive_support/primitive_2.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

library unisim;
use unisim.vcomponents.all;

entity primitive_2 is
    port(I0,I1 : in std_logic;
         O      : out std_logic);
end primitive_2;

architecture beh of primitive_2 is
begin

    inst : LUT2
        generic map (INIT=>"1")
        port map (I0=>I0, I1=>I1, O=>O);

end beh;
```

### LUT2 プリミティブをパラメータを使用してインスタンシエートおよびコンフィギュレーションした Verilog コード例

```
//
// Instantiating a LUT2 primitive
// Configured via the parameter mechanism
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: FPGA_Optimization/primitive_support/primitive_2.v
//
module v_primitive_2 (I0,I1,O);
    input I0,I1;
    output O;

    LUT2 #(4'h1) inst (.I0(I0), .I1(I1), .O(O));

endmodule
```

### LUT2 プリミティブを Defparam を使用してインスタンス化およびコンフィギュレーションした Verilog コード例

```
//  
// Instantiating a LUT2 primitive  
// Configured via the defparam mechanism  
//  
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip  
// File: FPGA_Optimization/primitive_support/primitive_3.v  
//  
module v_primitive_3 (I0,I1,O);  
    input I0,I1;  
    output O;  
  
    LUT2 inst (.I0(I0), .I1(I1), .O(O));  
    defparam inst.INIT = 4'h1;  
  
endmodule
```

## UniMacro ライブラリの使用

XST では、RAM のような複雑なプリミティブのインスタンス化を簡単にするために、UniMacro という別のライブラリもサポートされています。

詳細は、[ライブラリガイド](#)を参照してください。

VHDL の場合、パッケージ vcomponents を使用して unimacro ライブラリを宣言します。

```
library unimacro;  
use unimacro.vcomponents.all;
```

このパッケージの HDL ソース コードは、ザイリンクス ソフトウェアのインストール ディレクトリにある次のファイルに含まれています。

```
vhdl\src\unisims\unisims_vcomp.vhd
```

Verilog の場合、UniMacro ライブラリがあらかじめコンパイルされています。このライブラリは自動的にデザインにリンクされません。

## コアの処理

このセクションでは、コア プロセスについて説明します。

### コアの読み込み

デザインに EDIF または NGC ネットリスト ファイル形式で記述されたコアが含まれる場合、それらのファイルは自動的に読み込まれ、タイミングの概算およびリソース使用率の制御に使用されます。

この機能をオン/オフにするには、

- ・ ISE® Design Suite の [Process Properties] ダイアログ ボックスを表示して、[Synthesis Options] → [Read Cores] を選択します。
- ・ コマンド ライン モードの場合は、`-read_cores` を使用します。

この場合、最適化の値を追加して、XST でコアのネットリストがデザイン全体に統合されて、最適化されるようになります。

XST では、デフォルトでコアが読み込まれます。

### コアの検索

XST では、コアが ISE® Design Suite のプロジェクト ディレクトリから自動的に検索されます。これ以外の場所にコアがある場合は、次のようにそのパスを指定します。

- ・ ISE Design Suite で次から設定します。  
[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Core Search Directories]
- ・ コマンド ライン モードの場合は、次を使用します。  
`-sd`

コアがあるディレクトリはこれらの方法で指定し、その情報は最新に保つようにしてください。これにより、より良いタイミングやリソース概算が算出されるだけでなく、予測のつかないビヘイビアやデバッグしにくい状況などを避けることができます。

たとえば、読み込まれていないコアの内容がわからない場合（ブラック ボックスのように見える場合）、XST ではそのコアまでのパスへのバッファ挿入が決定されにくくなるので、タイミング クロージャに悪影響を及ぼすことがあります。

### コアのレポート

```
=====
*                               Low Level Synthesis                               *
=====
Launcher: Executing edif2ngd -noa "my_add.edn" "my_add.ngo"
INFO:NgdBuild - Release 11.2 - edif2ngd
INFO:NgdBuild - Copyright (c) 1995-2010 Xilinx, Inc. All rights reserved.
Writing the design to "my_add.ngo"...
Loading core <my_add> for timing and area information for instance <inst>.
=====
```

## LUT へのロジックのマッピング

LUT コンポーネントを直接 HDL ソースコードにインスタンス化するには、UNISIM ライブラリを使用します。LUT のファンクションを指定するには、LUT のインスタンスに INIT 制約を設定します。インスタンス化した LUT またはレジスタをチップの特定スライスに配置する場合は、同じインスタンスに **RLOC** 制約を設定します。

INIT 関数を計算するのが便利ではないこともあります。この場合は、ほかの方法を使用できます。たとえば、1 つの LUT にマッピングするファンクションを HDL ソースコードの別ブロックで記述する方法があります。このブロックに **単一 LUT へのエンティティのマッピング (LUT\_MAP)** 制約を設定すると、このブロックが 1 つの LUT にマッピングされます。LUT の INIT 値は XST により自動的に算出され、最適化中この LUT が保持されます。詳細は、「**単一 LUT へのエンティティのマッピング (LUT\_MAP)**」を参照してください。

XST では、Synplify の `xc_map` 属性が自動的に認識されます。

ファンクションが 1 つの LUT にマッピングできない場合、次のようなエラー メッセージが表示されます。

```
ERROR:Xst:1349 - Failed to map xcmap entity <v_and_one> in one lut.
```

### LUT へのロジック マッピングの Verilog コード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](http://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、`summary.txt` が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

次の例では、top ブロックが and\_one および and\_two で記述される 2 つの AND ゲートをインスタンス化しています。このコードを合成すると 2 つの LUT2 が生成され、1 つに結合されることはありません。

```
//
// Mapping of Logic to LUTs with the LUT_MAP constraint
// Mapped to 2 distinct LUT2s
// Mapped to 1 single LUT3 if LUT_MAP constraints are removed
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: FPGA_Optimization/lut_mapping/lut_map_1.v
//

(* LUT_MAP="yes" *)
module v_and_one (A, B, REZ);
    input A, B;
    output REZ;

    and and_inst(REZ, A, B);

endmodule

// -----

(* LUT_MAP="yes" *)
module v_and_two (A, B, REZ);
    input A, B;
    output REZ;

    or or_inst(REZ, A, B);

endmodule

// -----

module v_lut_map_1 (A, B, C, REZ);
    input A, B, C;
    output REZ;

    wire tmp;

    v_and_one inst_and_one (A, B, tmp);
    v_and_two inst_and_two (tmp, C, REZ);

endmodule
```

## デバイス上の配置の制御

次の推論されたマクロは、ターゲット デバイスの特定箇所に指定して配置できます。

- ・ レジスタ
- ・ ブロック RAM

指定して配置するには、次のコード例のようにレジスタを表す信号または RAM に **RLOC** を適用します。レジスタにこの制約を使用した場合、この制約が各フリップフロップに分配され、**RLOC** 制約は最終ネットリストに渡されます。**RLOC** は、1 つのブロック RAM プリミティブにインプリメント可能な推論された RAM でサポートされています。

### 4 ビット レジスタの RLOC 制約の VHDL コード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。



次のコード例では、4 ビットレジスタに **RLOC** 制約を指定しています。

```
--
-- Specification of INIT and RLOC values for a flip-flop, described at RTL level
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: FPGA_Optimization/inits_and_rlocs/inits_rlocs_3.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

entity inits_rlocs_3 is
    port (CLK : in std_logic;
          DI : in std_logic_vector(3 downto 0);
          DO : out std_logic_vector(3 downto 0));
end inits_rlocs_3;

architecture beh of inits_rlocs_3 is
    signal tmp: std_logic_vector(3 downto 0):="1011";

    attribute RLOC: string;
    attribute RLOC of tmp: signal is "X3Y0 X2Y0 X1Y0 X0Y0";
begin

    process (CLK)
    begin
        if (clk'event and clk='1') then
            tmp <= DI;
        end if;
    end process;

    DO <= tmp;

end beh;
```

## バッファの挿入

XST では、自動的にクロックおよび I/O バッファが挿入されます。I/O バッファの挿入は **I/O バッファの追加 (-iobuf)** でイネーブルまたはディスエーブルにできます。デフォルトではイネーブルになっています。

クロックと I/O バッファは手動でインスタンスエートすることもできます。XST ではインスタンスエートされたデバイス プリミティブを変更せず、それらを最終ネットリストに渡します。

## XST での PCI フローの使用

XST を使用した PCI™ フローで配置制約およびタイミング制約をすべて満たすには、次のオプションを設定します。

- ・ VHDL デザインでは、生成されたネットリスト内の名前をすべて大文字にする必要があります。デフォルトでは、小文字になっています。ISE® Design Suite では大文字/小文字を次から設定します。  
[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Case]
- ・ Verilog デザインでは、[Case] が [Maintain] に設定されていることを確認してください。デフォルトは [Maintain] です。ISE Design Suite では大文字/小文字を次から設定します。  
[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Case]
- ・ デザインの階層を保持します。階層の維持 (KEEP\_HIERARCHY) は、ISE Design Suite で次から指定します。  
[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Keep Hierarchy]
- ・ 等価フリップフロップを保持します。XST では、等価フリップフロップがデフォルトで削除されます。等価レジスタの削除 (EQUIVALENT\_REGISTER\_REMOVAL) は、ISE Design Suite で次から指定します。  
[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Equivalent Register Removal]

## ロジックとフリップフロップの複製の回避

フリップフロップのセット/リセット信号のファンアウトが多いとフリップフロップが複製されますが、この複製が行われないようにするには、次いずれかの操作を行います。

- ・ ISE® Design Suite で次を変更して、デザイン全体の最大ファンアウト値を大きい値に設定します。  
[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Max Fanout]  
または
- ・ 次の例のように、最大ファンアウト (MAX\_FANOUT) 属性を使用して、PCI コアの RST ポートに接続されている初期化信号に高いファンアウト値を設定します。

```
max_fanout=2048
```

## コアの自動読み込み機能のオフ

[Read Cores] (READ\_CORES) をオフにすると、タイミングおよびエリア予測のため PCI™ コアが自動的に読み込まれないようにできます。PCI コアが読み込まれる場合は、タイミング要件を満たさないロジックや、マップ中にエラーになるようなロジックに対して最適化が実行されます。[Read Cores] (READ\_CORES) をオフにするのは、[Synthesize – XST] プロセスの [Process Properties] ダイアログ ボックスを表示し、[Synthesis Options] ページの [Read Cores] で設定できます。

デフォルトでは、タイミングおよびエリア予測のためコアが自動的に読み込まれます。



## デザイン制約

制約は、デザインの目標を達成したり、最適なインプリメンテーションを実行するのに役立ちます。制約を使用すると、合成プロセスや配置配線のさまざまな処理を制御できます。デフォルトの合成アルゴリズムや経験則は、さまざまなデザインで最適な結果になるように設定されていますが、合成の結果に満足がいかない場合は、制約を使用してその他デフォルト以外の設定で合成し直すことができます。

### 制約の指定

制約を設定するには、次のような方法があります。

- ・ オプションを設定して合成をグローバルに制御します。オプションは、次で設定できます。
  - ISE® Design Suite
  - コマンド ライン モードの run コマンド

詳細は、次を参照してください。

#### コマンド ライン モードからの XST の実行

- ・ VHDL 属性を直接 VHDL 属性に挿入し、デザインの各エレメントに設定します。これで、合成だけでなく配置配線も制御できるようになります。
- ・ Verilog 属性 (推奨) またはメタ コメントとして制約を追加します。
- ・ 制約を別の制約ファイルで指定します。

**注意：** VHDL 属性、Verilog 属性、または XST Constraint File (XCF) 制約でインスタンスシート済みデバイスプリミティブのプロパティを指定することはできません。これには、VHDL ジェネリックまたは Verilog パラメータを使用する必要があります。

詳細は、次を参照してください。

#### プリミティブ プロパティの指定

通常、グローバルな合成オプションは、ISE Design Suite または XST コマンド ラインで定義します。VHDL/Verilog 属性や Verilog メタ コメントは HDL ソースコードに挿入して、デザインの一部やエレメントに異なる制約を指定できます。別のソースから設定された場合や別の HDL オブジェクトに設定された場合などに、ツールでどの制約が適用されるかを理解するには、「[制約の優先順序](#)」を参照してください。

## 制約の優先順序

一般的に、ローカルに設定した制約の方がグローバルに設定された制約よりも優先されます。たとえば、信号（またはインスタンス）とそれを含むデザイン ユニットの両方に制約を設定した場合、信号（またはインスタンス）の制約が優先されます。同様に、信号（またはインスタンスやエンティティ、モジュールなど）に設定された制約は XST コマンドラインや ISE® Design Suite で指定した制約よりも優先されます。

制約が同じオブジェクトに別の方法で設定されている場合は、次の順序がその優先度になります。

1. XST Constraint File (XCF)
2. HDL 属性
3. ISE Design Suite の [Process Properties] ダイアログ ボックスまたはコマンドライン

## ISE® Design Suite の合成オプション

このセクションでは、ISE® Design Suite の合成オプションについて説明します。

### ISE Design Suite での XST オプションの設定

ISE® Design Suite から XST のオプションを設定するには

1. [Design] ウィンドウの [Hierarchy] パネルから HDL ソース ファイルを選択します。
  - a. [Processes] ペインで [Synthesize - XST] を右クリックします。
  - b. [Process Properties] をクリックします。
  - c. 次のカテゴリのいずれかを選択します。
    - ・ Synthesis Options
    - ・ HDL Options
    - ・ Xilinx Specific Options
2. [Process Properties] ダイアログ ボックスで [Property display level] を次のいずれかに設定します。
  - a. [Standard]：最もよく使用されるオプションのみが表示されます。
  - b. [Advanced]：使用可能なオプションがすべて表示されます。
3. [Display switch names] をオンにし、各オプションに対応するコマンドライン オプションも表示します。

XST のデフォルト オプションに戻すには、[Default] をクリックします。

## その他の XST コマンド ライン オプションの設定

[Process Properties] ダイアログ ボックスにリストされるデフォルトのオプション以外にも、リストされていない XST コマンド ライン オプションを指定することができます。

1. [Process Properties] ダイアログ ボックスを開きます。
2. [Synthesis Options] をクリックします。
3. [Other XST Command Line Options] の [Value] 列に必要なコマンド ライン オプションを追加します。オプションを複数指定する場合は、スペースで区切ります。

構文は、次を参照してください。

[XST のコマンド](#)

## デザイン目標とストラテジ

ISE® Design Suite (XST も含む) には、複数の目標やストラテジがあらかじめ含まれており、特定の最適化目標に合わせたオプションが既に定義されています。この方法を使用すると、XST 制約すべての詳細を確認することなく、デフォルト以外の制約を設定を試すことができます。

デザイン目標やストラテジを作成したり、保存しておくには、[Project] → [Design Goals & Strategies] をクリックします。

## VHDL 属性

VHDL 属性を使用すると、HDL ソース コードに直接制約を記述できます。属性は使用する前に次の構文で宣言する必要があります。

```
attribute AttributeName : Type ;
```

### VHDL 属性の構文例

```
attribute RLOC : string;
```

属性 type では、属性値の種類を定義します。XST で使用できるタイプは string のみです。

属性は、エンティティまたはアーキテクチャで宣言できます。

- ・ アーキテクチャで宣言した場合は、その属性はエンティティ宣言では使用できません。
- ・ VHDL 属性は宣言後、次のように指定します。

```
attribute AttributeName of ObjectList : ObjectType is  
AttributeValue ;
```

### VHDL 属性の例

```
attribute RLOC of u123 : label is "R11C1.S0" ;  
attribute bufg of my_signal : signal is "sr";
```

オブジェクト リストは、識別子をカンマで区切ったリストです。使用できるオブジェクト タイプは次のとおりです。

- ・ **entity**
- ・ **architecture**
- ・ **component**
- ・ **label**
- ・ **signal**
- ・ **variable**
- ・ **type**

制約は VHDL のエンティティに適用すると、コンポーネント宣言にも適用することができます。



## Verilog-2001 の属性

XST では Verilog-2001 属性文がサポートされています。属性は、合成ツールなどのアプリケーションに特定の情報を渡すために使用します。Verilog-2001 の属性は、モジュール宣言およびインスタンス化宣言内で、演算子または信号に指定できます。コンパイラでその他の属性宣言がサポートされていても、XST では無視されます。

Verilog 属性は、次の場合に使用できます。

- ・ 次のような個々のオブジェクトに制約を設定する場合
  - モジュール
  - インスタンス
  - ネット
- ・ 次のような特別な合成制約を設定する場合
  - フル ケース (FULL\_CASE)
  - パラレル ケース (PARALLEL\_CASE)

## Verilog-2001 の構文

Verilog-2001 の属性は、(\*) で囲む必要があり、次の構文で記述します。

```
(* attribute_name = attribute_value *)
```

説明：

- ・ attribute\_value には、文字列を指定する必要があります。整数値やスカラ値は使用できません。
- ・ attribute\_value は、二重引用符 (") で囲む必要があります。
- ・ デフォルトの値は 1 です。(\*) attribute\_name \*) は (\* attribute\_name = "1" \*) と同じです。

attribute は、参照する信号、モジュール、またはインスタンスの宣言の直前に記述する必要があります。これには、別の行で次のように記述します。

```
(* ram_extract = "yes" *)  
reg [WIDTH-1:0] myRAM [SIZE-1:0];
```

属性は、次のように同じ行に宣言として記述することもできます。

```
(* ram_extract = "yes" *) reg [WIDTH-1:0] myRAM [SIZE-1:0];
```

複数の属性をカンマで区切ったリストは、次のように記述できます。これらの属性は、同じ Verilog オブジェクトに適用されます。

```
(* attribute_name1 = attribute_value1, attribute_name2 = attribute_value2 *)
```

次のように指定することもできます。

```
(* attribute_name1 = attribute_value1 *) (*attribute_name2 = attribute_value2 *)
```

読みやすくするため、次のように属性リストを複数行に分けることもできます。

```
(*
    ram_extract = "yes",
    ram_style = "block"
*)
reg [WIDTH-1:0] myRAM [SIZE-1:0];
```

### Verilog-2001 属性のコード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

次のコード例は、1 つまたは複数のプロパティをモジュール、ポート、内部信号などにそれぞれ適用し、Verilog で属性を指定するさまざまな方法を示しています。また、**full\_case** および **parallel\_case** も属性構文を使用して case 文に適用されています。

```
//
// Verilog 2001 attribute examples
//
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
// File: Verilog_Language_Support/attributes/vlgattrib2001_1.v
//

(* mux_extract = "no" *)
module vlgattrib2001_1 (clk, we1, we2, sel, re1, re2, waddr, raddr, di, do);

    (* max_fanout = "100", buffer_type = "none" *) input  clk;
    input      [1:0] sel;
    input      we1, we2;
    input      re1, re2;
    input      [7:0] waddr;
    input      [7:0] raddr;
    input      [15:0] di;
    output reg [15:0] do;

    (* mux_extract = "yes",
       use_clock_enable = "no" *)
    reg re;

    (*
       ram_extract = "yes",
       ram_style = "block"
    *)
    reg [15:0] RAM [255:0];

    (* keep = "true" *) wire    we;

    assign we = we1 | we2;
```

```
always @ (posedge clk)
begin
    (* full_case *) (* parallel_case *)
    case (sel)
        2'b00 : re <= re1 & re2;
        2'b01 : re <= re1 | re2;
        2'b10 : re <= re1;
        2'b11 : re <= re2;
    endcase
end

always @ (posedge clk)
begin
    if (we)
        RAM[waddr] <= di;
    if (re)
        do <= RAM[raddr];
end

endmodule
```

## Verilog-2001 の制限

次の Verilog-2001 属性は、サポートされていません。

- ・ 信号の宣言
- ・ ステートメント
- ・ ポートの接続
- ・ 論理演算子

## Verilog のメタ コメント

メタコメントを使用すると、制約を Verilog コードで指定できます。ザイリンクスでは、Verilog-2001 属性構文の使用をお勧めしています。Verilog メタ コメント構文は次のようになります。

```
// synthesis attribute AttributeName [of] ObjectName [is]
AttributeValue
```

### Verilog メタ コメントのコード例

```
// synthesis attribute RLOC of u123 is R11C1.S0
// synthesis attribute HU_SET u1 MY_SET
// synthesis attribute bufg of my_clock is "clk"
```

次の制約には、異なる構文を使用します。

- ・ フル ケース (FULL\_CASE)
- ・ パラレル ケース (PARALLEL\_CASE)
- ・ 変換なし (TRANSLATE\_OFF) と変換あり (TRANSLATE\_ON)

詳細は、次を参照してください。

## Verilog 2001 の属性とメタ コメント

## XCF（ザイリンクス制約ファイル）

このセクションでは、XCF（ザイリンクス制約ファイル）について説明します。

- ・ [XCF の概要](#)
- ・ [ネイティブ UCF 制約とそれ以外の UCF 構文](#)
- ・ [構文の制限](#)
- ・ [XCF ファイルからのみ適用可能なタイミング制約](#)

### XCF の概要

HDL ソースコードで XST 制約を指定する以外にも、HDL で指定する方法があります。XCF ファイルの拡張子は .xcf です。

ISE® Design Suite で XCF ファイルを指定するには

1. [Design] ウィンドウの [Hierarchy] パネルから HDL ソース ファイルを選択します。
2. [Synthesize - XST] プロセスを右クリックします。
3. [Process Properties] をクリックします。
4. [Synthesis Options] をクリックします。
5. [Synthesis Constraints File] を編集します。
6. [Synthesis Constraints File] を確認します。

コマンドラインで XCF を指定するには、run コマンドで**合成制約ファイル (-uc)** オプションを使用します。

コマンドラインからの XST の起動方法と run コマンドについては、「[XST コマンド](#)」を参照してください。

XCF 構文を使用すると、制約を次のいずれかに指定できます。

- ・ デザイン全体
- ・ 特定のエンティティまたはモジュール

XCF 構文は UCF 構文を拡張したものです。制約はネットやインスタンスに同じように適用します。また、XCF 構文を使用すると、デザイン階層の特定レベルに制約を適用することができます。キーワード **MODEL** を使用して、制約を適用するエンティティ/モジュールを定義します。エンティティ/モジュールに制約を設定した場合、制約はそのエンティティ/モジュールの各インスタンスに適用されます。

制約は ISE Design Suite の [Process Properties] ダイアログ ボックスまたはコマンドラインで XST の run コマンドから定義し、例外を XCF ファイルで指定します。XCF ファイルで指定した制約は、指定されたモジュールにのみ適用され、その下位にあるサブモジュールには適用されません。

エンティティ/モジュール全体に制約を適用するには、次の構文を使用します。

```
MODEL entityname constraintname = constraintvalue;
```

#### コード例

```
MODEL top mux_extract = false;  
MODEL my_design max_fanout = 256;
```

上記の例では、デザインにエンティティ my\_design を複数回インスタンスiertすると、max\_fanout=256 制約が my\_design の各インスタンスに適用されます。

エンティティ/モジュールの特定インスタンスまたは信号に制約を適用するには、キーワード **INST** または **NET** を使用します。XST では、VHDL 変数に適用される制約はサポートされません。

構文は次のとおりです。

```
BEGIN MODEL entityname  
  
INST instancename constraintname = constraintvalue ;  
NET signalname constraintname = constraintvalue ;  
  
END;
```

### 構文例

```
BEGIN MODEL crc32  
    INST stopwatch opt_mode = area ;  
    INST U2 ram_style = block ;  
    NET myclock clock_buffer = true ;  
    NET data_in iob = true ;  
END;
```

## ネイティブ UCF 制約とそれ以外の UCF 構文

XST でサポートされる制約は、ネイティブ UCF (ユーザー制約ファイル) 制約とネイティブではない UCF 制約の 2 種類に分類できます。

### ネイティブ UCF 制約

ネイティブ UCF の構文が使用されるのは、タイミング制約とエリア グループ制約のみです。次のようなネイティブ UCF 制約には、ワイルドカードおよび階層名を含めたネイティブ UCF 構文を使用します。

- ・ 周期 (PERIOD)
- ・ オフセット (OFFSET)
- ・ From-To (FROM-TO)
- ・ タイミング名 (TNM)
- ・ ネットのタイミング名 (TNM\_NET)
- ・ タイムグループ (TIMEGRP)
- ・ タイミング無視 (TIG)

これらの制約は **BEGIN MODEL... END** 文内には使用しないでください。使用すると、XST でエラーが発生します。

### ネイティブ以外の UCF 制約

次のようなネイティブ以外の UCF 制約の場合は、**MODEL** または **BEGIN MODEL... END;** 構文を使用します。

ネイティブ以外の UCF 制約には、次が含まれます。

- ・ 次のような純粋な XST 制約
  - [FSM 自動抽出 \(FSM\\_EXTRACT\)](#)
  - [RAM スタイル \(RAM\\_STYLE\)](#)
- ・ タイミング以外のインプリメンテーション制約
  - [RLOC](#)
  - [キープ \(KEEP\)](#)

XST では、デフォルトの階層区切り文字は、スラッシュ (/) です。XST Constraint File (XCF) で階層インスタンスやネット名にタイミング制約を指定する際は、この区切り文字を使用します。XST で挿入される階層区切り文字を変更するには、[\[Hierarchy Separator\] \(-hierarchy\\_separator\)](#) オプションを使用します。

## 構文の制限

XST Constraint File (XCF) 構文には、次の制限があります。

- ・ MODEL 文のネストはサポートされません。
- ・ **BEGIN MODEL** と **END** 間にリストされたインスタンス名や信号名のみが、エンティティ内で有効です。階層インスタンス名または信号名はサポートされません。
- ・ タイミング制約以外の制約では、インスタンス名や信号名のワイルドカードはサポートされません。
- ・ すべてのネイティブ User Constraints File (UCF) 制約がサポートされているわけではありません。

詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## XCF ファイルからのみ適用可能なタイミング制約

次の XST タイミング制約は、XST Constraint File (XCF) ファイルからのみ設定可能です。

- ・ [周期 \(PERIOD\)](#)
- ・ [オフセット \(OFFSET\)](#)
- ・ [From-To \(FROM-TO\)](#)
- ・ [タイミング名 \(TNM\)](#)
- ・ [ネットのタイミング名 \(TNM\\_NET\)](#)
- ・ [タイムグループ \(TIMEGRP\)](#)
- ・ [タイミング無視 \(TIG\)](#)
- ・ [タイミング仕様 \(TIMESPEC\)](#)

詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

- ・ [タイミング仕様識別子 \(TSidentifier\)](#)

詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

これらのタイミング制約はインプリメンテーション ツールに伝搬されるだけでなく、XST でも認識され、合成最適化に影響を与えます。これらの制約を配置配線 (PAR) に渡すには、[タイミング制約の書き込み \(-write\\_timing\\_constraints\)](#) を使用します。

各制約の値とターゲットについての詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。





## 一般制約

### I/O バッファの追加 (-iobuf)

-iobuf を使用すると、I/O バッファの挿入を有効または無効にできます。XST では、I/O バッファがデザインに自動的に挿入されます。I/O バッファは各 I/O に手動でもインスタンスエートできます。その場合、I/O バッファがインスタンスエートされていない I/O にのみ I/O バッファが追加されます。I/O バッファが XST で挿入されないようにするには、-iobuf オプションを no に設定します。このオプションは、後でインスタンスエートするデザインの一部を合成する際に便利です。

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

- ・ **yes** (デフォルト)
- ・ **no**

yes を選択すると、IBUF および IOBUF プリミティブが生成されます。IBUF/OBUF プリミティブは、最上位レベル モジュールの I/O ポートに接続されます。大型デザインの後でインスタンスエートされる内部モジュールを合成する場合は、このオプションを no に設定する必要があります。デザインに I/O バッファを追加した場合は、デザインを別のデザインのサブモジュールとして使用することはできません。

### アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

### 適用可能エレメント

グローバルに適用します。

### 適用ルール

デザインのプライマリ I/O に適用されます。

### 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

#### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-iobuf {yes|no|true|false|soft}
```

デフォルトは、yes です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Xilinx-Specific Options] → [Add I/O Buffers]

## ボックス タイプ (BOX\_TYPE)

ボックス タイプ (BOX\_TYPE) には、次の特徴があります。

- ・ 合成制約です。
- ・ モジュールのビヘイビアを合成しないようにします。
- ・ 次の値を指定できます。
  - **primitive**  
ログ ファイルにブラック ボックスの推論がレポートされません。
  - **black\_box**  
primitive と同じです。今後使用できなくなる予定なのでご注意ください。
  - **user\_black\_box**  
ログ ファイルにブラック ボックスの推論がレポートされます。

少なくともブロックの 1 つのインスタンスに BOX\_TYPE 制約を設定すると、デザインすべてのインスタンスに制約が適用されます。この制約は、Verilog および XCF でも VHDL と同様にコンポーネントに適用できるようになりました。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

次のデザイン エレメントに適用されます。

- ・ VHDL  
component、entity
- ・ Verilog  
module、instance
- ・ XCF  
model、instance

## 適用ルール

設定したデザイン エレメントに適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute box_type: string;
```

次のように指定します。

```
attribute box_type of {component_name|entity_name}:  
{component|entity} is "{primitive|black_box|user_black_box}";
```

#### Verilog の構文例

次をインスタンスエーションの直前に入力します。

```
(* box_type = "{primitive|black_box|user_black_box}" *)
```

#### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name"  
box_type="{primitive|black_box|user_black_box}";
```

#### XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
INST " instance_name"  
box_type="{primitive|black_box|user_black_box}"; END;
```

## バスの区切り文字指定 (-bus\_delimiter)

信号ベクタをネットリストに書き込む際に使用するバス区切り文字の形式を指定します。指定できるバス区切り文字は次のとおりです。

- ・ <> (デフォルト)
- ・ []
- ・ {}
- ・ ()

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

XST のコマンド ラインで使います。

## 適用ルール

ありません。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-bus_delimiter {<>|[]|{}|() }
```

デフォルトは <> です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Bus Delimiter]

## 大文字/小文字の指定(-case)

-case を使用すると、インスタンス名およびネット名を最終的なネットリストに記述する際に、名前に大文字を使用するか、小文字を使用するか、ソースの文字を保持するかを指定できます。ソースの文字は、Verilog または VHDL 合成フローで保持できます。

### アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

### 適用可能エレメント

XST のコマンド ラインで使います。

### 適用ルール

ありません。

### 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

#### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

**-case {upper|lower|maintain}**

デフォルトは [Maintain] です。

#### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Case]

## Case 文のインプリメンテーション形式 (-vlgcase)

Case 文のインプリメンテーション形式 (-vlgcase) 制約には、次の特徴があります。

- ・ Verilog デザインのみをサポートします。
- ・ XST で Verilog の case 文をどのように解釈させるかが指定できます。
- ・ 次の 3 つの値が設定できます。
  - **full**
  - **parallel**
  - **full-parallel**

次の規則が適用されます。

- ・ オプションを指定しない場合  
case 文のビヘイビアを記述どおりにインプリメントします。
- ・ **full**  
case 文は完全と判断され、ラッチは作成されません。
- ・ **parallel**  
case 文の分岐は同時に実行されないと判断され、プライオリティ エンコーダは使用されません。
- ・ **full-parallel**  
case 文完全で分岐は同時に実行されないと判断され、ラッチおよびプライオリティ エンコーダは使用されません。

詳細は、次を参照してください。

- ・ [フル ケース \(FULL\\_CASE\)](#)
- ・ [パラレル ケース \(PARALLEL\\_CASE\)](#)
- ・ [マルチプレクサ](#)

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

グローバルに適用します。

## 適用ルール

ありません。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

**-vlgcase {full|parallel|full-parallel}**

デフォルトでは、値は設定されていません。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [HDL Options] → [Case Implementation Style]

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

- ・ **full**
- ・ **parallel**
- ・ **full-parallel**

デフォルトでは、値は設定されていません。



## Verilog マクロ (-define)

Verilog マクロ (-define) 制約には、次の特徴があります。

- ・ Verilog デザインにのみ使用できます。
- ・ Verilog マクロを定義または再定義でき、ソースコードを変更しなくてもデザイン コンフィギュレーションを簡単に修正できます。
- ・ IP コアの生成やフロー テストのようなプロセスで便利な機能です。定義されたマクロがデザインで使用されていない場合は、何のメッセージも表示されません。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

グローバルに適用します。

## 適用ルール

ありません。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-define {name[=value] name[=value] -}
```

説明：

- ・ *name* はマクロ名
- ・ *value* はマクロ テキスト

デフォルトでは何も定義されていません。

```
-define {}
```

- ・ マクロの値は必須ではありません。
- ・ {} 内に値を挿入します。
- ・ 各値はスペースで区切ります。
- ・ マクロ テキストは、二重引用符 (") で囲むか、そのまま指定します。ただし、マクロ テキストにスペースが含まれる場合は、必ず二重引用符を使用してください。

```
-define {macro1=Xilinx macro2="Xilinx Virtex6"}
```

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Verilog Macros]

ISE® Design Suite で値を指定する場合は、{} は使用しないでください。

```
acro1=Xilinx macro2="Xilinx Virtex6"
```

## 複製接尾語の設定 (-duplication\_suffix)

複製接尾語の設定 (-duplication\_suffix) 制約には、次の特徴があります。

- ・ フリップフロップが複製されたときの名前の付け方を設定できます。

XST でフリップフロップが複製される際、元のフリップフロップ名に `_n` (`n` は整数) が付きます。たとえば、元のフリップフロップ名が `my_ff` の場合、同じフリップフロップが 3 度複製されると、名前はそれぞれ次のようになります。

- `my_ff_1`
- `my_ff_2`
- `my_ff_3`

- ・ デフォルト名の終わりにテキスト スtringを追加できます。

インデックス番号が表示される部分は、エスケープ文字 `%d` を使用します。たとえば、フリップフロップの名前が `my_ff` の場合に `_dupreg%d` と指定すると、XST は 次のように名前を付けます。

- `my_ff_dupreg_1`
- `my_ff_dupreg_2`
- `my_ff_dupreg_3`

エスケープ文字 `%d` は接尾語の定義のどこにでも挿入できます。たとえば、`_dup%d_reg` に指定した場合は、XST では次の名前が付けられます。

- `my_ff_dup_1_reg`
- `my_ff_dup_2_reg`
- `my_ff_dup_3_reg`

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

ファイルに適用されます。

## 適用ルール

ありません。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

**-duplication\_suffix** *string%dstring*

デフォルトは `%d` です。

## ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Other]

## フル ケース (FULL\_CASE)

フル ケース (FULL\_CASE) 制約には、次の特徴があります。

- ・ Verilog デザインのみに適用されます。
- ・ case、casex または casez 文で、セレクトのすべての値が記述されていることを示します。
- ・ 記述されていない条件がある場合にハードウェアが作成されません。

詳細は、次を参照してください。

[マルチプレクサ](#)

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

Verilog メタ コメントの case 文に適用されます。

## 適用ルール

ありません。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### Verilog の構文例

Verilog 2001 の構文は次のとおりです。

**(\* full\_case \*)**

コマンドにはターゲット参照が含まれないため、セレクトのすぐ後ろに属性を記述します。

```
(* full_case *)
casex select
  4'b1xxx: res = data1;
  4'b01xx: res = data2;
  4'b0xx1x: res = data3;
  4'b0xxx1: res = data4;
endcase
```

これは Verilog コードのメタ コメントとしても使用可能です。メタ コメントの構文は、次のように通常のメタ コメントと異なります。

```
// synthesis full_case
```

コマンドにはターゲット参照が含まれないため、セレクトのすぐ後ろにメタコメントを記述します。

```
casex select // synthesis full_case
  4'b1xxx: res = data1;
  4'bxx1x: res = data2;
  4'bxxx1: res = data3;
  4'bxxxx: res = data4;
endcase
```

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-vlgcase {full|parallel|full-parallel}
```

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Full Case] をクリックします。

[Case Implementation Style] には [full] を選択します。

## RTL 回路図の生成 (-rtlview)

RTL 回路図の生成 (-rtlview) 制約には、次の特徴があります。

- ・ XST でデザインの RTL 構造を記述するネットリスト ファイルが生成できます。このネットリストは、RTL Viewer および Technology Viewer で表示できます。
- ・ 次の 3 つの値が設定できます。
  - **yes**
  - **no**
  - **only**

only に設定すると、合成プロセスは RTL 表示が生成された直後に停止します。RTL 表示を含むファイルの拡張子は .ngr です。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

ファイルに適用されます。

## 適用ルール

ありません。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-rtlview {yes|no|only}
```

デフォルトは no です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Generate RTL Schematic]

デフォルトは、yes です。

## ジェネリック (-generics)

使用すると、最上位レベルのデザイン ブロックで定義したジェネリック (VHDL) またはパラメータ (Verilog) の値を定義し直すことができます。この機能を使用すると、次が実行できます。

- ・ ソースコードを変更しなくてもデザイン コンフィギュレーションを簡単に修正できます。
- ・ IP コアの生成やフロー テストのようなプロセスで便利な機能です。

定義された値が HDL ソースコードで定義されたデータ型と合わない場合、XST でコマンドラインの定義が無視されることを示す警告メッセージが表示されます。

データ型の違いが XST で認識されなかった場合は、警告メッセージは表示されず、HDL ファイルで定義したデータ型で値が処理されます。指定する値は HDL ソースコードで定義されたデータ型と一致するようにしてください。定義されたジェネリックまたはパラメータの名前がデザインに存在しない場合は、何のメッセージも表示されず、その定義は無視されます。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

グローバルに適用します。

## 適用ルール

ありません。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XST コマンド ライン構文

```
run -generics {name=value name=value ...}
```

説明：

- ・ *name* は、最上位レベルのブロックのジェネリックまたはパラメータの名前を示します。
- ・ *value* は、最上位レベルのブロックのジェネリックまたはパラメータの値を示します。

デフォルトは次のように空です。-generics {}



PCB<:so>PCB

- ・ {} 内に名前/値を挿入します。
- ・ 名前/値のペアはそれぞれスペースで区切ります。
- ・ XST にはスカラ型の定数しか値として使用できません。複合データ型 (アレイまたはレコード) は次の場合にしか使用できません。
  - **string**
  - **std\_logic\_vector**
  - **std\_ulogic\_vector**
  - **signed, unsigned**
  - **bit\_vector**

フォーマットは、ジェネリックの値の型によって次の表に示すように異なります。

### XST コマンド ライン構文

| タイプ        | ジェネリック値の構文例  |
|------------|--------------|
| 文字列        | "mystring"   |
| 2 進数       | b00111010    |
| 16 進数      | h3A          |
| 10 進数 (整数) | d58 (または 58) |
| 論理値 - 真    | TRUE         |
| 論理値 - 偽    | FALSE        |

2 進数、16 進数、10 進数の場合、接頭語とその値の間にはスペースは入りません。

```
-generics {company="mycompany" width=5 init_vector=b100101}
```

このコマンドは、次を設定しています。

- ・ company を mycompany に設定
- ・ width を 5 に設定
- ・ init\_vector を b100101 に設定

**メモ:** 2 進数または 16 進数の場合は、ジェネリックタイプを std\_logic\_vector、std\_ulogic\_vector、または bit\_vector のいずれかにします。たとえば、必須の基本接頭辞 (b) なしで 2 進数値を指定すると、XST ではジェネリックタイプが integer であると仮定され、次のような不一致を示すエラー メッセージが表示されます。

```
ERROR:HDLCompiler:839 - "example.vhd" Line 11: Type
std_logic_vector does not match with the integer literal
```

## 階層区切り文字の指定 (-hierarchy\_separator)

階層区切り文字の指定 (-hierarchy\_separator) 制約には、次の特徴があります。

- ・ デザイン階層をフラット化した際の名前の生成で使用される階層の区切り文字を指定できます。
- ・ 次の文字がサポートされます。
  - `_` (アンダースコア)
  - `/` (スラッシュ) (新規プロジェクトのデフォルト)

たとえば、デザインにインスタンス INST1 というサブブロックがあり、このサブブロックに TMP\_NET というネットが含まれているとします。階層がフラット化される場合に、このオプションがアンダースコアに設定されていると、TMP\_NET は INST1\_TMP\_NET という名前になります。このオプションがスラッシュに設定されている場合は、ネット名は INST1/TMP\_NET となります。

スラッシュを使用した方が階層名を識別しやすいので、デバッグの際に便利です。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

ファイルに適用されます。

## 適用ルール

ありません。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

**-hierarchy\_separator {\_|/}**

新規プロジェクトでのデフォルトは / (スラッシュ) です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Hierarchy Separator]

デフォルトはスラッシュ ( / ) です。

## I/O 規格 (IOSTANDARD)

I/O 規格 (IOSTANDARD) 制約には、次の特徴があります。

- ・ グローバルには適用されません。
- ・ I/O 規格を I/O プリミティブに設定します。
- ・ 次を使用して信号やインスタンスに個別に適用できます。
  - VHDL 属性
  - VHDL 属性
  - XCF 制約

この制約の詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## キープ (KEEP)

ネットリストで信号を保持するために使用します。

KEEP 制約は、高度なマップ制約です。デザインのマッピング時に、一部のネットが論理ブロックに含まれることがあります。ブロックに含まれたネットは、物理的なデザイン データベースには存在しなくなります。これは、ネットの各サイドに接続されたコンポーネントが同じ論理ブロックにマップされる場合などに発生することがあります。この後、ネットはそのコンポーネントを含むブロックに含まれます。KEEP を使用すると、これが回避できます。

KEEP 制約には、次の制限があります。

- KEEP 制約を使用すると、最終ネットリストに信号は保持されますが、その周りのロジックはによる最適化の 1 つで変換されるので保持されません。たとえば、4:1 (4-to-1) マルチプレクサの 2 ビット セレクタの場合、信号に KEEP を適用すると、それは最終ネットリストに残りますが、マルチプレクサはワンホット エンコーディングを使用して XST で自動的にエンコードし直される可能性があります。この結果、最終ネットリストに保持される信号は、元の 2 ビットではなく 4 ビット幅になります。この場合、信号の構造を保持するには、KEEP 制約だけでなく、[列挙型エンコード手法 \(ENUM\\_ENCODING\)](#) も使用する必要があります。
- 通常、信号とその周囲のエレメントの両方を保持するには、[保存 \(S または SAVE\)](#) を代わりに使用する必要があります。
- KEEP は、レジスタの複製を制御するために使用しないでください。この場合は、[レジスタの複製 \(REGISTER\\_DUPLICATION\)](#) を使用してください。
- KEEP は、等価レジスタの削除を制御するために使用しないでください。この場合は、[等価レジスタの削除 \(EQUIVALENT\\_REGISTER\\_REMOVAL\)](#) を使用してください。

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

- true**  
該当する信号が NGC ネットリストに保持されます。また、KEEP 制約はネットリストにも伝搬されるので、インプリメンテーション段階でもこの信号は保持されます。
- soft**  
合成中に該当する信号を保持できますが、KEEP 制約はインプリメンテーションに渡されず、信号が最適化で削除されます。
- false**  
該当する信号は保持されません。内部信号保持規則の結果、信号は NGC ネットリストに残りはしますが、これらの規則以外では何もされません。

KEEP 制約は VHDL 属性、Verilog 属性、XCF 制約を使用して信号に適用できます。

**メモ：** XST Constraint File (XCF) ファイルでは、[キープ \(KEEP\)](#) 制約の値はオプションで二重引用符 (") で囲むことができます。SOFT の場合、必ず二重引用符を使用する必要があります。

### XCF の構文例 1

```
BEGIN MODEL testkeep  
  
NET aux1 KEEP=true;  
  
END;
```

## XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL testkeep  
NET aux1 KEEP="soft";  
END;
```

この制約の詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## 階層の維持 (KEEP\_HIERARCHY)

KEEP\_HIERARCHY は、合成およびインプリメンテーション制約です。デザイン階層が合成で保持された場合、インプリメンテーションでもこの制約を使用して階層が保持され、この階層を含むシミュレーション ネットリストが生成されます。

XST では、最適な結果を得るために、エンティティおよびモジュールの境界を最適化してデザインをフラットにすることがあります。この制約を yes (有効) に設定すると、階層ネットリストを作成でき、デザインのエンティティとモジュールの階層およびインターフェイスを保持できます。

この制約は、HDL 合成で推論されたマクロではなく、HDL デザインで指定された階層ブロック (VHDL のエンティティ、Verilog のモジュール) に適用されます。

### KEEP\_HIERARCHY の値

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

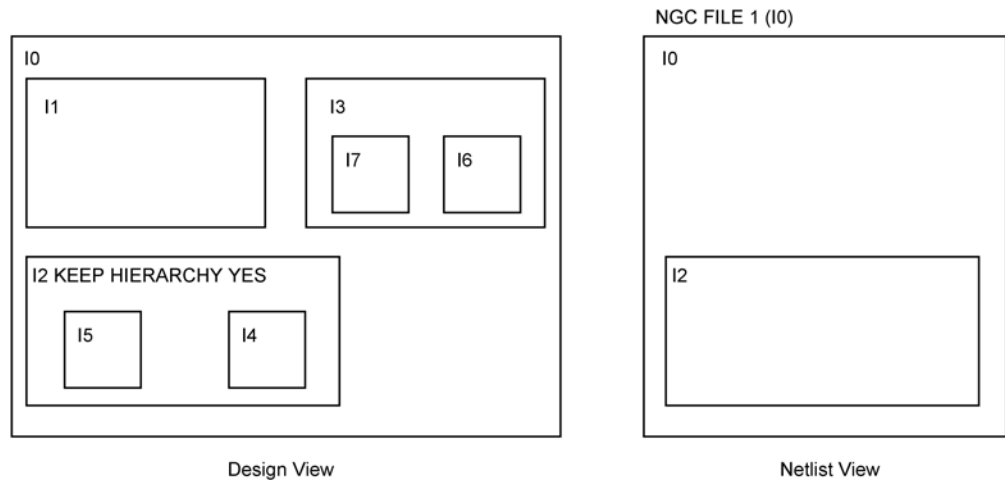
- ・ **yes**  
HDL プロジェクトで記述されたデザイン階層を保持します。この値を合成に適用した場合、インプリメンテーションにも適用されます。
- ・ **no** (デフォルト)  
階層ブロックが 最上位モジュールにマージされます。
- ・ **soft**  
合成ではデザイン階層が保持されますが、インプリメンテーションには制約は適用されません。

### 階層の保持

一般的に、HDL デザインは階層ブロックの集合です。より単純な階層で個別に最適化が行われるため、デザイン階層を保持すると処理速度が向上します。また、コラプスや因数分解などの最適化のプロセスはロジック全体にグローバルに適用されるため、階層ブロックのマージによりフィットの結果が向上します (積項およびデバイス マクロセルの少量化、周波数の向上など)。

たとえば、エンティティまたはモジュール I2 に KEEP\_HIERARCHY 制約を設定した場合、I2 の階層は維持されたままで最後のネットリストに含まれますが、I2 の下にある I4 および I5 はフラットになります。また、I1、I3、I6、I7 も同様にフラット化されます。

## 階層維持の図



X9542

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

階層ブロックまたはシンボル ブロックを含む論理ブロックに適用します。

## 適用ルール

設定したエンティティまたはモジュールに適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

## VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute keep_hierarchy : string;
```

次のように指定します。

```
attribute keep_hierarchy of architecture_name: architecture is "{yes|no|soft}";
```

デフォルトは no です。

## Verilog の構文例

```
(* keep_hierarchy = "{yes|no|soft}" *)
```

## XCF の構文例

```
MODEL "entity_name" keep_hierarchy={yes|no|soft};
```

## XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

**-keep\_hierarchy {yes|no|soft}**

デフォルトは no です。

詳細は、次を参照してください。

[コマンド ライン モードからの XST の実行](#)

## ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Keep Hierarchy]



## ライブラリの検索順 (-lso)

ライブラリ ファイルを使用する順序を指定します。これは、次のいずれかの方法で指定できます。

- ・ ISE® Design Suite からライブラリ検索順 (LSO) ファイルを指定するには  
[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Library Search Order] を選択します。
- ・ -lso コマンド ライン オプション

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

ファイルに適用されます。

## 適用ルール

ありません。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

**-lso file\_name.lso**

デフォルトのファイル名はありません。このオプションを指定しない場合は、デフォルトのライブラリ検索順が使用されます。

詳細は、次を参照してください。

[ライブラリ検索順 \(LSO\) ファイル](#)

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Library Search Order] を選択します。

詳細は、次を参照してください。

[ライブラリ検索順 \(LSO\) ファイル](#)

## LOC

LOC は、デバイス内のデザイン エLEMENTを配置する位置 (ロケーション) を定義します。  
この制約の詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## ネットリスト階層 (-netlist\_hierarchy)

ネットリスト階層 (-netlist\_hierarchy) 制約には、次の特徴があります。

- ・ 最終の NGC ネットリスト ファイルが生成される形式を制御できます。
- ・ 最適化が一部のみ終了している場合や、デザインが完全にフラット化された場合にも、階層ネットリストを書き出すことができます。
- ・ 次の値を指定できます。
  - **as\_optimized**  
XST では、**階層の維持 (KEEP\_HIERARCHY)** 制約が考慮され、NGC ネットリストを最適化された形式で生成します。このモードの場合、階層ブロックはフラット化できるものもあれば、階層バウンダリを維持したままでフラット化できないものもあります。
  - **rebuilt**  
XST では、**階層の維持 (KEEP\_HIERARCHY)** 制約に関係なく、階層的な NGC ネットリストが書き出されます。

階層は常に完全に再構築されるわけではありません。部分的に再構築されるのは、次のためです。

- ・ 階層を越えたマクロのグループ化  
アドバンス HDL 合成中、XST では基本的な推論済みマクロがより高度で複雑なマクロにまとめようとされます。これらの統合されたマクロは、通常 DSP またはブロック RAM リソースを使用してインプリメンテーションされます。グループ化されたマクロが階層ブロック内で推論されると、ローカルの階層バウンダリが削除されることがあり、最終的なネットリストでは再構築されません。
- ・ LUT 最適化中の小さな階層ブロックの最適化  
下位レベル合成中、LUT パッキングなどのロジック最適化により、シンプルな階層ブロック (通常 2 ~ 3 個の LUT) に制約が付けられたすべてのロジックが周囲に送信されることがあります。このような小さな階層ブロックはプロセスで削除されるので、最終的なネットリストでは再構築されません。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

グローバルに適用します。

## 適用ルール

ありません。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
- netlist_hierarchy {as_optimized|rebuilt}
```

デフォルトは as\_optimized です。

## 最適化エフォート レベル (OPT\_LEVEL)

合成最適化のエフォートレベルを指定します。

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

- ・ 1 (標準の最適化)

標準の最適化エフォートはデフォルトで、ほとんどのデザインに推奨されるエフォートレベルです。階層デザインでは、特に高レベルな最適化と高速な処理時間になります。

- ・ 2 (高度な最適化)

高度な最適化エフォートを使用すると、は最適化手法を追加で検索して最適なソリューションを提供します。これにより、合成ランタイムがかなり増加してしまうことがあります。また、必ずしも結果が改善されるわけではありません。これらの最適化は特定のデザインには有効ですが、全く改善がない場合や、結果が悪化することすらあります。このため、ほとんどのデザインで最適化エフォートレベルは 1 をお勧めします。

- ・ 0 (高速)

通常のエフォートレベルで使用される最適化アルゴリズムの一部をオフにすることで、合成を最短のランタイムで実行します。これにより、特定デザインでは最適化のトレードオフが発生することもあります。このエフォートレベルは、ツールからの結果を素早く取得する必要がある場合など、デザイン プロセスの初期段階で特に便利です。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

グローバルに適用するか、エンティティまたはモジュールに適用します。

## 適用ルール

設定したエンティティまたはモジュールに適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute opt_level: string;
```

次のように指定します。

```
attribute opt_level of entity_name: entity is "{0|1|2}";
```

### Verilog の構文例

```
(* opt_level = "{0|1|2}" *)
```

### XCF の構文例

```
MODEL "entity_name" opt_level={0|1|2};
```

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-opt_level {0|1|2}
```

デフォルトは 1 です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Optimization Effort]

## 最適化方法の指定 (OPT\_MODE)

最適化方法の指定 (OPT\_MODE) 制約には、次の特徴があります。

- ・ 合成最適化ストラテジを定義します。
- ・ 次の値が指定されます。
  - **speed** (デフォルト)  
ロジックレベル数を削減されるので、周波数が上がります。
  - **area**  
デザイン インプリメンテーションで使用されるロジック総数の低減されるため、デザイン フィットが向上します。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

グローバルに適用するか、エンティティまたはモジュールに適用します。

## 適用ルール

設定したエンティティまたはモジュールに適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute opt_mode: string;
```

次のように指定します。

```
attribute opt_mode of entity_name: entity is "{speed|area}";
```

### Verilog の構文例

```
(* opt_mode = "{speed|area}" *)
```

### XCF の構文例

```
MODEL "entity_name" opt_mode={speed|area};
```

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-opt_mode {area|speed}
```

デフォルトは、speed です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Optimization Goal]

デフォルトは、speed です。



## パラレル ケース (PARALLEL\_CASE)

パラレル ケース (PARALLEL\_CASE) 制約には、次の特徴があります。

- ・ Verilog デザインにのみ使用できます。
- ・ case 文がパラレル マルチプレクサとして合成されるよう指定します。
- ・ case 文が優先順位付きのカスケードされた if-elsif 文に変換されないようにします。

詳細は、次を参照してください。

[マルチプレクサ](#)

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

Verilog メタ コメントの case 文に適用されます。

## 適用ルール

ありません。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### Verilog の構文例

構文は次のとおりです。

```
(* parallel_case *)
```

このコマンドにはターゲット参照が含まれないため、セレクトのすぐ後ろに属性を記述します。

```
(* parallel_case *)
case select
  4'b1xxx: res = data1;
  4'bx1xx: res = data2;
  4'bxx1x: res = data3;
  4'bxxx1: res = data4;
endcase
```

この制約は、Verilog でメタ コメントとしても使用できます。メタ コメントの構文は、次のように通常のメタ コメントと異なります。

```
// synthesis parallel_case
```

このコマンドにはターゲット参照が含まれないため、セレクトのすぐ後ろにメタコメントを記述します。

```
case select // synthesis parallel_case
  4'b1xxx: res = data1;
  4'b01xx: res = data2;
  4'b001x: res = data3;
  4'b0001: res = data4;
endcase
```

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-vlgcase {full|parallel|full-parallel}
```

## RLOC

RLOC 制約には、次の特徴があります。

- ・ 基本的なマップおよび配置制約です。
- ・ ロジック エlementを独立した集合にグループ化します。
- ・ Elementの位置は、デザイン全体の最終的な配置に関係なく、同じ集合内のほかのElementに相対的に定義できます。

この制約の詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## 保存 (S または SAVE)

この制約は、高度なマップ制約です。通常はデザインのマップ時に、一部のネットが論理ブロックに含まれたり、LUT のようなElementが最適化で削除されることがあります。合成後のネットリストで特定のネットおよびブロックへのアクセスを保護する必要がある場合は、SAVE 制約を使用すると、このような最適化が回避できます。また、ネットやブロックの複製、レジスタの自動調整といった最適化手法も SAVE 制約によってオフにできます。

S (SAVE) 制約がネットに適用されると、そのネットは直接接続されたElementすべてと共に最終ネットリストに保存されます。これらのElementに接続されたネットも保存されます。

SAVE 制約が LUT のようなブロックに適用されると、その LUT は直接接続された信号すべてと共に保存されます。

適用できるElementは次のとおりです。

- ・ ネット  
S (SAVE) 制約がネットに適用されると、そのネットは直接接続されたElementすべてと共に最終ネットリストに保存されます。この結果、これらのElementに接続されたネットも保存されます。
- ・ インスタンス化されたデバイス プリミティブ  
SAVE 制約が LUT のようなインスタンス化されたプリミティブに適用されると、その LUT は直接接続された信号すべてと共に保存されます。

この制約の詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## 合成制約ファイルの指定 (-uc)

合成で使用する XST 合成制約ファイル (XCF) を指定します。

この制約ファイルの拡張子は .xcf です。拡張子が異なるファイルを指定するとエラーが発生し、プロセスが中止されます。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

ファイルに適用されます。

## 適用ルール

ありません。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-uc filename
```

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Synthesis Constraints File]

## 変換なし (TRANSLATE\_OFF) と変換あり (TRANSLATE\_ON)

変換なし (TRANSLATE\_OFF) 制約と変換あり (TRANSLATE\_ON) 制約には、次の特徴があります。

- ・ シミュレーション コードなど、合成に関係のない HDL ソース コードを無視するよう指定できます。
  - TRANSLATE\_OFF: 無視するセクションの冒頭を指定
  - TRANSLATE\_ON: 合成を再開する点を指定
- ・ Synopsys 制約で、XST では Verilog でサポートされています。自動変換も VHDL および Verilog の両方で使用できます。
- ・ 次のワードと共に使用できます。
  - `synthesis`
  - `synopsys`
  - `pragma`

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

ローカルに適用されます。

## 適用ルール

合成でコードの一部を有効または無効にするよう指定します。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
-- synthesis translate_off
...code not synthesized...
-- synthesis translate_on
```

### Verilog の構文例

HDL のメタコメントとして使用できます。ただし、Verilog 構文は通常のメタコメント構文とは異なり、次のようになります。

```
// synthesis translate_off
...code not synthesized...
// synthesis translate_on
```

## 合成制約ファイルの無視 (-iuc)

この制約を使用すると、合成制約ファイル (-uc) で指定した制約ファイルが合成中に無視されます。

### アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

### 適用可能エレメント

ファイルに適用されます。

### 適用ルール

ありません。

### 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

#### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-iuc {yes|no}
```

デフォルトは no です。

#### ISE Design Suite からの設定

**注意：** この制約は、ISE® Design Suite では [Synthesis Constraints File] と表示されます。制約ファイルはこのオプションをオフにすると無視されます。デフォルトではオンになっており (コマンド ライン オプションの -iuc no と同じ)、指定した合成制約ファイルが考慮されます。

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Synthesis Constraints File]

## Verilog の ‘include ディレクトリの指定 (-vlgincdir)

Verilog の ‘include ディレクトリの指定 (-vlgincdir) 制約には、次の特徴があります。

- ・ ‘include と共に使用されます。
- ・ ‘include 文で参照されるファイルをパーサーが見つけやすくなります。

‘include 文によりファイルが参照されると、XST では次の順序でさまざまなディレクトリが検索されます。

- ・ 現在のディレクトリ
- ・ inc ディレクトリ
- ・ 現在のファイル

### アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

### 適用可能エレメント

ディレクトリに適用されます。

### 適用ルール

ありません。

### 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

#### XST コマンド ライン構文

run コマンドで -vlgincdir オプションを使用してグローバルに設定します。指定できる値はディレクトリ名です。

詳細は、次を参照してください。

#### コマンドライン モードでのスペースを含む名前

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-vlgincdir {directory_path [directory_path]}
```

デフォルト値はありません。

#### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Verilog Include Directories]

指定できる値はディレクトリ名です。

デフォルト値はありません。

この制約を表示するには、[Edit] → [Preferences] → [Processes] をクリックし、[Property display level] を [Advanced] に設定します。

## HDL ライブラリ マップ ファイル (-xsthdpini)

**-xsthdpini** を使用すると、ライブラリのマップに使用するファイルを選択できます。

ライブラリ マップ ファイルには、次の 2 つの関連パラメータがあります。

- ・ **XSTHDPINI**
- ・ **XSTHDPDIR**

ライブラリ マップ ファイルには、次が含まれます。

- ・ ライブラリ名
- ・ ライブラリがコンパイルされたディレクトリ名

XST では、次の 2 つのライブラリ マップ ファイルが維持されます。

- ・ ザイリンクスのソフトウェアをインストールするとインストールされるあらかじめ定義されたファイル
- ・ ユーザーがプロジェクトに合わせて定義できるユーザー ファイル

インストール済みの (デフォルト) INI ファイル：

- ・ ファイル名は xhdp.ini です。
- ・ %XILINX%\vhdl\xst に含まれます。
- ・ 標準 VHDL および UNISIM ライブラリの場所に関する情報が含まれます。
- ・ 修正できません。

**メモ：** 構文はユーザー ライブラリ マップに使用できます。

- ・ 次のように表示されます。

```
-- Default lib mapping for XST
std=$XILINX/vhdl/xst/std
ieee=$XILINX/vhdl/xst/unisim
unisim=$XILINX/vhdl/xst/unisim
aim=$XILINX/vhdl/xst/aim
pls=$XILINX/vhdl/xst/pls
```

この INI ファイルのフォーマットを使用して、独自のライブラリの場所を定義できます。デフォルトでは、コンパイルされた VHDL ファイルはプロジェクト ディレクトリの xst サブディレクトリに保存されます。

カスタム INI ファイルの場所は、次のいずれかの方法で指定できます。

- ・ ISE® Design Suite から VHDL の INI ファイルを選択します。  
[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options]、または
- ・ 次のコマンドをスタンドアロン モードで使用して、コマンド ラインから **-xsthdpini** オプションを指定します。

```
set -xsthdpini file_name
```

このライブラリ マップ ファイルの名前は任意ですが、拡張子は .ini にすることをお勧めします。ファイルのフォーマットは次のとおりです。

```
library_name=path_to_compiled_directory
```

コメント行にはハイフン 2 つ (--) を使用します。



### MY.INI ファイル例

```
work1=H:\Users\conf\my_lib\work1  
work2=C:\mylib\work2
```

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

ファイルに適用されます。

## 適用ルール

ありません。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
set -xsthdpini file_name
```

このコマンドで指定できるファイルは 1 つのみです。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [VHDL INI File]

この制約を表示するには、[Edit] → [Preferences] → [Processes] をクリックし、[Property display level] を [Advanced] に設定します。

## 作業ディレクトリの指定 (-xsthdpdir)

ライブラリ マップ ファイルで場所が指定されていない場合に、コンパイルされたファイルを保存する場所を指定します。このプロパティは、次のいずれかの方法で設定します。

- ISE® Design Suite の次のプロパティから設定：  
[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [VHDL Work Directory]
- スタンドアロン モードで次を実行します。  
**set -xsthdpdir directory**

### 具体例

次の状況であると仮定します。

- 3 人のユーザーが同じプロジェクトを作業しています。
- あらかじめコンパイルされた shlib という標準ライブラリを共有しています。
- このライブラリには、プロジェクトで使用するマクロ ブロックが含まれています。
- 各ユーザーは、それぞれローカルにも作業ライブラリを持っています。
- ユーザー 3 はこれをプロジェクト ディレクトリ以外の場所 (c:\temp) に保存しています。
- ユーザー 1 と 2 は、上記以外にライブラリ lib12 を共有していますが、ユーザー 3 とは共有していません。

この場合、この 3 人のユーザーは次を設定する必要があります。

#### ユーザー 1

```
Mapping file:
schlib=z:\sharedlibs\shlib
lib12=z:\userlibs\lib12
```

#### ユーザー 2

```
Mapping file:
schlib=z:\sharedlibs\shlib
lib12=z:\userlibs\lib12
```

#### ユーザー 3

```
Mapping file:
schlib=z:\sharedlibs\shlib
```

ユーザー 3 は、次も設定する必要があります。

```
XSTHDPDIR = c:\temp
```

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

ディレクトリに適用されます。

## 適用ルール

ありません。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
set -xsthdpdir directory
```

このコマンドで指定できるパスは 1 つのみです。使用するディレクトリを指定します。

デフォルト値はありません。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [VHDL Work Directory]

この制約を表示するには、[Edit] → [Preferences] → [Processes] をクリックし、[Property display level] を [Advanced] に設定します。

## HDL 制約

---

### FSM 自動抽出 (FSM\_EXTRACT)

FSM 自動抽出 (FSM\_EXTRACT) 制約には、次の特徴があります。

- ・ 有限ステート マシンの抽出、および特定の合成の最適化オプションを有効または無効にできます。
- ・ [FSM Encoding Algorithm] および [FSM Flip-Flop Type] の値を設定するには、このオプションが有効になっている必要があります。

### アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

### 適用可能エレメント

グローバルに適用するか、またはエンティティ、モジュール、信号に適用できます。

### 適用ルール

設定したエンティティ、モジュール、または信号に適用されます。

### 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

#### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute fsm_extract: string;
```

次のように指定します。

```
attribute fsm_extract of {entity_name|signal_name}:  
{entity|signal} is "{yes|no}";
```

#### Verilog の構文例

次をモジュールまたは信号宣言の直前に入力します。

```
(* fsm_extract = "{yes|no}" *)
```

### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name" fsm_extract={yes|no|true|false};
```

### XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
NET "signal_name" fsm_extract={yes|no|true|false};  
END;
```

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-fsm_extract {yes|no}*
```

デフォルトは、yes です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [HDL Options] → [FSM Encoding Algorithm]

- ・ [FSM エンコーディング アルゴリズム \(FSM\\_ENCODING\)](#) が none に設定され、**-fsm\_extract** を no に設定されると、**-fsm\_encoding** の設定は合成には関係なくなります。
- ・ その他の場合は、**-fsm\_extract** は yes に設定され、**-fsm\_encoding** は選択した値に設定されます。

詳細は、次を参照してください。

[FSM エンコード方法の指定 \(FSM\\_ENCODING\)](#)

## 列挙型エンコード手法 (ENUM\_ENCODING)

ENUM\_ENCODING を使用すると、VHDL 列挙型に適用するエンコード手法を選択できます。属性値は、空白で区切られたバイナリコードを含む文字列です。この制約は、列挙型に VHDL 制約としてのみ指定できます。

ステートレジスタの列挙タイプを使用して Finite State Machine (FSM) を記述する場合、ENUM\_ENCODING でエンコード方法を指定する必要があります。指定したエンコードが XST で使用されるようにするには、ステートレジスタの [FSM エンコード 方法 \(FSM\\_ENCODING\)](#) を user に設定する必要があります。

### アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

### 適用可能エレメント

信号または型に適用されます。ENUM\_ENCODING は外部デザインのインターフェイスを保持する必要があるため、ポートに設定された場合は XST で無視されます。

### 適用ルール

設定されたタイプまたは信号に適用されます。

### 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

#### VHDL の構文例

次の例に示すように、VHDL 制約として列挙型に指定します。

```
...
architecture behavior of example is
type statetype is (ST0, ST1, ST2, ST3);
attribute enum_encoding : string;
attribute enum_encoding of statetype : type is "001 010 100 111";
signal state1 : statetype;
signal state2 : statetype;
begin
...
```

#### XCF の構文例

```
BEGIN MODEL "entity_name"

NET "signal_name" enum_encoding="string";

END;
```

## 等価レジスタの削除 (EQUIVALENT\_REGISTER\_REMOVAL)

EQUIVALENT\_REGISTER\_REMOVAL を使用すると、RTL レベルで記述された等価レジスタの削除を有効または無効にできます。デフォルトでは、ザイリンクス プリミティブ ライブラリからインスタンス化された等価フリップフロップは削除されません。

等価フリップフロップを削除すると、デザインがターゲット デバイスにフィットする可能性が上がります。

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

- ・ **yes** (デフォルト)  
フリップフロップの最適化が有効です。
- ・ **no**  
フリップフロップの最適化が無効です。フリップフロップの最適化アルゴリズムには時間がかかります。高速処理が必要な場合は、no に設定してください。
- ・ **true** (XCF のみ)
- ・ **false** (XCF のみ)

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

グローバルに適用するか、またはエンティティ、モジュール、信号に適用できます。

## 適用ルール

同等フリップフロップおよび定数入力を使用したフリップフロップを削除します。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute equivalent_register_removal: string;
```

次のように指定します。

```
attribute equivalent_register_removal of  
{entity_name|signal_name}: {signal|entity} is "{yes|no}";
```

### Verilog の構文例

次をモジュールまたは信号宣言の直前に入力します。

```
(* equivalent_register_removal = "{yes|no}" *)
```



### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name"  
equivalent_register_removal={yes|no|true|false};
```

### XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
  
NET "signal_name"  
equivalent_register_removal={yes|no|true|false};  
  
END;
```

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-equivalent_register_removal {yes|no}
```

デフォルトは、yes です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Xilinx-Specific Options] → [Equivalent Register Removal]

## FSM エンコード方法の指定 (FSM\_ENCODING)

FSM エンコード方法の指定 (FSM\_ENCODING) 制約には、次の特徴があります。

- ・ FSM コーディング手法を選択します。
- ・ デフォルトでは、auto に設定されています。各ステート マシンに最適なコーディング手法が自動的に選択されます。

このプロパティを設定するには、[FSM 自動抽出 \(FSM\\_EXTRACTION\)](#) をオンにしておく必要があります。

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

- ・ **auto**
- ・ **one-hot**
- ・ **compact**
- ・ **sequential**
- ・ **gray**
- ・ **johnson**
- ・ **speed1**
- ・ **user**

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

グローバルに適用するか、またはエンティティ、モジュール、信号に適用できます。

## 適用ルール

設定したエンティティ、モジュール、または信号に適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute fsm_encoding: string;
```

次のように指定します。

```
attribute fsm_encoding of  
{entity_name|signal_name}: {entity|signal} is  
"{auto|one-hot|compact|sequential|gray|johnson|speed1|user}";
```

デフォルトは、auto です。

### Verilog の構文例

次をモジュールまたは信号宣言の直前に入力します。

```
(* fsm_encoding = "{auto|one-hot  
|compact|sequential|gray|johnson|speed1|user}" *)
```

デフォルトは、auto です。

### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name" fsm_encoding={auto|one-hot  
|compact|sequential|gray|johnson|speed1|user};
```

### XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
  
NET "signal_name" fsm_encoding={auto|one-hot  
|compact|sequential|gray|johnson|speed1|user};  
  
END;
```

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-fsm_encoding  
{auto|one-hot|compact|sequential|gray|johnson|speed1|user}
```

デフォルトは、auto です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [HDL Options] → [FSM Encoding Algorithm]

- ・ [None] を選択すると、-fsm\_extract は no に設定され、-fsm\_encoding の設定は合成には関係なくなります。
- ・ その他の場合は、-fsm\_extract は yes に設定され、-fsm\_encoding はメニューで選択した値に設定されます。詳細は、「FSM 自動抽出 (FSM\_EXTRACT)」を参照してください。

## MUX の最小サイズ (MUX\_MIN\_SIZE)

**注意:** この制約は使用する前に注意が必要です。

MUX の最小サイズ (**MUX\_MIN\_SIZE**) 制約を使用すると、XST で推論されるマルチプレクサマクロの最小サイズを制御できます。

「サイズ」は、マルチプレクサを通るデータ入力の数です。たとえば、2:1 マルチプレクサの場合、サイズ (マルチプレクサを通る入力の数) は 2 で、16:1 マルチプレクサの場合は 16 になります。セレクト入力はカウントしません。

この数は、選択したデータの幅とは無関係です。1 ビット幅の 8:1 マルチプレクサと 16 ビット幅の 8:1 マルチプレクサの両方とも、サイズは 8 になります。

この制約には 1 よりも大きな整数値を指定できます。デフォルトの値は 2 です。

デフォルトでは、XST は 2:1 マルチプレクサ マクロを推論します。2:1 マルチプレクサの明示的推論には、デザインによって最後のデバイス使用率に好影響があったり、悪影響があったりします。デバイス使用率に問題がない場合、この制約の使用はお勧めしません。

デバイス使用率に問題があり、その大きな原因となるデザイン部分に推論される 2:1 マルチプレクサが多くある場合、この制約を使用することでデバイス使用率が改善されます。この場合、2:1 マルチプレクサの推論をグローバルに、または結果に特に影響するブロックに対して、ディスエーブルにすることをお勧めします。2:1 マルチプレクサの推論をディスエーブルにするには、値に 3 を指定します。

MUX\_MIN\_SIZE を使用することで 2 より大きなサイズのマルチプレクサの推論が回避はできませんが、それによる利点があるかどうかは確実ではありません。このような状況で MUX\_MIN\_SIZE を使用する場合には、十分な注意が必要です。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

グローバルに、または VHDL エンティティまたは Verilog モジュールに適用します。

## 適用ルール

エンティティまたは Verilog モジュールに適用します。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute mux_min_size: string;
```

次のように指定します。

```
attribute mux_min_size of entity_name : entity is "integer";
```

デフォルトは 2 です。

### Verilog の構文例

次をモジュール宣言の直前に入力します。

```
(* mux_min_size= "integer" *)
```

デフォルトは 2 です。

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-mux_min_size integer
```

メモ： この制約は ISE® Design Suite のデフォルトの XST オプションには含まれません。

## リソース共有 (RESOURCE\_SHARING)

RESOURCE\_SHARING を使用すると、数値演算子のリソース共有を有効または無効にできます。

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

- ・ **yes** (デフォルト)
- ・ **no**
- ・ **true** (XCF のみ)
- ・ **false** (XCF のみ)

### アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

### 適用可能エレメント

グローバルに適用するか、デザイン エレメントに適用します。

### 適用ルール

設定したエンティティまたはモジュールに適用されます。

### 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

#### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute resource_sharing: string;
```

次のように指定します。

```
attribute resource_sharing of entity_name: entity is "{yes|no}";
```

#### Verilog の構文例

次をモジュール宣言またはインスタンスエーションの直前に入力します。

```
attribute resource_sharing of entity_name: entity is "{yes|no}";
```

#### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name" resource_sharing={yes|no|true|false};
```

#### XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"
```

```
NET "signal_name" resource_sharing={yes|no|true|false};
```

```
END;
```

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

**-resource\_sharing {yes|no}**

デフォルトは、yes です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [HDL Options] → [Resource Sharing]

## セーフ リカバリ ステート (SAFE\_RECOVERY\_STATE)

SAFE\_RECOVERY\_STATE を使用すると、有限ステート マシン (FSM) をセーフ インプリメンテーション モードでインプリメントする際に使用するリカバリ ステートを定義できます。FSM が無効な状態になると、XST では追加ロジックを使用して、FSM を有効な状態にします。FSM をセーフ モードでインプリメントすると、FSM の普通のビヘイビアには含まれないコードを集めて、無効なコードとして処理します。

XST では、FSM を次のステートと同時に戻すロジックが使用されます。

- ・ 既知のステート
- ・ リセット ステート
- ・ 電源投入ステート
- ・ SAFE\_RECOVERY\_STATE を使用して指定したステート

詳細は、次を参照してください。

[セーフ インプリメンテーション \(SAFE\\_IMPLEMENTATION\)](#)

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

ステート レジスタを表す信号に適用されます。

## 適用ルール

設定した信号に適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute safe_recovery_state: string;
```

次のように指定します。

```
attribute safe_recovery_state of {signal_name}:{signal} is  
"<value>";
```

### Verilog の構文例

次を信号宣言の直前に入力します。

```
(* safe_recovery_state = "<value>" *)*
```

### XCF の構文例

```
BEGIN MODEL "entity_name"
```



```
NET "signal_name" safe_recovery_state="<value>";  
END;
```

## セーフ インプリメンテーション (SAFE\_IMPLEMENTATION)

SAFE\_IMPLEMENTATION を使用すると、有限ステート マシン (FSM) をセーフ インプリメンテーション モードでインプリメントできます。

このモードでは、FSM が無効なステートになった場合に有効なステート (リカバリ ステート) に戻すロジックが追加されます。

デフォルトでは、リカバリ ステートとして reset が選択されます。FSM に初期信号が含まれていない場合は、power-up が選択されます。

**セーフ リカバリ ステート (SAFE\_RECOVERY\_STATE)** 制約を適用すると、手動でリカバリ ステートを定義できます。

セーフ インプリメンテーションは、次のいずれかの方法で指定できます。

- ・ ISE® Design Suite  
[Process Properties] ダイアログ ボックス → [HDL Options] → [Safe Implementation] をクリックします。
- ・ Hardware Description Language (HDL)  
ステートレジスタを表す階層ブロックまたは信号に SAFE\_IMPLEMENTATION 制約を設定します。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

デザイン全体 (XST コマンド ラインを使用)、特定ブロック (エンティティ、アーキテクチャ、コンポーネント)、または信号に適用されます。

## 適用ルール

設定したエンティティ、コンポーネント、モジュール、信号、インスタンスに適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute safe_implementation: string;
```

次のように指定します。

```
attribute safe_implementation of  
{entity_name|component_name|signal_name}:  
{entity|component|signal is "{yes|no}"};
```

### Verilog の構文例

次をモジュールまたは信号宣言の直前に入力します。

```
(* safe_implementation = "{yes|no}" *)
```

#### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name" safe_implementation={yes|no|true|false};
```

#### XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
NET "signal_name" safe_implementation="{yes|no|true|false};  
END;
```

#### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-safe_implementation {yes|no}
```

デフォルトは no です。

#### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [HDL Options] → [Safe Implementation]



## FPGA 制約（タイミング制約以外）

---

多くの制約は、次のように適用できます。

- ・ エンティティまたはモデル全体にグローバルに適用、または
- ・ 個別の信号、ネット、インスタンスにローカルに適用

### 非同期から同期への変換 (ASYNC\_TO\_SYNC)

この制約を使用すると、非同期 set および reset 信号を同期信号に置き換えることができます。

この制約には、次のような特徴があります。

- ・ 推論済みのシーケンシャル エLEMENTのみに適用されます。
- ・ インスタンシエートされたフリップフロップおよびラッチには適用されません。
- ・ オンザフライで実行されます。
- ・ 合成後のネットリストに反映されます。
- ・ HDL ソース コードは変更されません。

ブロック RAM および DSP ブロックなどのザイリンクス デバイス リソースの set および reset は元々同期信号です。厳密なコーディング方法で set および reset 信号を非同期に記述する必要がある場合は、可能性を最大に高めるため、これらのリソースを使用する必要のないこともあります。自動で非同期から同期への変換を実行させると、HDL ソース コードのシーケンシャル エLEMENTの記述を変更せずに、これらのリソースを生かすことができます。デザインに含まれるレジスタをより活用することで、次が可能になります。

- ・ デバイス使用率の改善
- ・ 回路パフォーマンスの増加
- ・ 電力削減

**注意：** 非同期から同期へ変換するこの制約を使用すると、次のような影響が出ます。

- ・ 非同期から同期への変換により、合成後のネットリストは合成前の HDL 記述とは理論的に変わりますが、記述した非同期セットおよびリセットが実際に使用されない場合、またはそれらが同期ソースから派生していない場合、合成後のソリューションの機能は同じになります。
- ・ この変換によりデザイン目標を達成したら、予測通りの回路動作にするために、HDL 記述を変更して同期の set および reset 信号にする必要があります。HDL 記述を変更すると、設計検証もやりやすくなります。
- ・ 非同期から同期へ変換するこの制約を生かすには、タイミング シミュレーションを推奨します。
- ・ コーディング方法を変更できるのであれば、同期 set および reset 信号を HDL ソースコードで記述することをお勧めします。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

グローバルに適用します。

## 適用ルール

ありません。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-async_to_sync {yes|no}
```

デフォルトは no です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [HDL Options] → [Asynchronous to Synchronous]

## 自動 BRAM パッキング (AUTO\_BRAM\_PACKING)

この制約を使用すると、2 つの小型ブロック RAM をデュアル ポート ブロック RAM として 1 つのブロック RAM プリミティブにパッキングできます。XST ではブロック RAM が同じ階層レベルにある場合にのみパッキングします。この制約はデフォルトではオフになっています。

### アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

### 適用可能エレメント

グローバルに適用します。

### 適用ルール

ありません。

### 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

#### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-auto_bram_packing {yes|no}
```

デフォルトは no です。

#### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Automatic BRAM Packing]

## BRAM 使用率 (BRAM\_UTILIZATION\_RATIO)

合成中に XST で処理されるブロック RAM 数を制限できます。デザインに含まれるブロック RAM にはブロック RAM の推論プロセスからだけでなく、インスタンス化とブロック RAM マップ最適化からのものもあります。ロジックの RTL 記述を別のブロックに分けてから、XST でこのロジックがブロック RAM にマップされるようにします。

詳細は、「[ブロック RAM へのロジックのマップ](#)」を参照してください。

インスタンス化されたブロック RAM は使用可能なブロック RAM リソースの第一候補として認識されます。この推論された RAM が残りのブロック RAM リソースに配置されます。ただし、インスタンス化されたブロック RAM の数が使用可能なリソース数を上回ってしまう場合、XST でインスタンス化が修正されず、それらはブロック RAM スライスとしてはインプリメントされません。特定の RAM をブロック RAM としてインプリメントした場合も、同じビヘイビアになります。リソースがない場合は、ブロック RAM リソースの数が超えていても、ユーザー制約が優先されます。

ユーザーの指定したブロック RAM の数がターゲット デバイスの使用可能なブロック RAM リソース数を上回る場合は、警告メッセージが表示され、使用可能なブロック RAM リソースのみが合成に使用されます。自動的にブロック RAM リソースが管理されないようにするには、値に -1 を指定します。この方法は、特定デザインで潜在的に推論されるブロック RAM の数を確認するために使用できます。

デザインに含まれるブロック RAM 数がターゲット デバイスで使用可能なブロック RAM 数を大幅に上回っている場合 (何百個も上回る場合)、合成にかなり時間がかかります。これは、フィットできないブロック RAM がすべて分散 RAM に変換されると、デザインが複雑になるためです。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

グローバルに適用します。

## 適用ルール

ありません。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XST コマンド ラインの構文例

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-bram_utilization_ratio <integer>[%|#]
```



説明：

- ・ integer の範囲は -1 ～ 100 です。
- ・ % ではパーセントの値を、# ではブロック RAM の絶対数を示します。
- ・ 整数値と % および # 文字の間にはスペースを入れないでください。
- ・ % と # のどちらも記述されない場合は、% であると仮定されます。
- ・ デフォルト値は 100 です (XST は使用可能なブロック RAM リソースを 100% 使い切ります)。
- ・ 値が -1 の場合は自動ブロック RAM リソース管理がオフになり、XST で潜在的に推論されるブロック RAM 数を入力しやすくなります。

#### XST コマンド ラインの構文例 1

**-bram\_utilization\_ratio 50**

これは次を意味します。

ターゲット デバイスでブロック RAM の 50% が使用されます。

#### XST コマンド ラインの構文例 2

**-bram\_utilization\_ratio 50%**

これは次を意味します。

ターゲット デバイスでブロック RAM の 50% が使用されます。

#### XST コマンド ラインの構文例 3

**-bram\_utilization\_ratio 22.68kg**

これは次を意味します。

50 ブロック RAM

整数値と % および # 文字の間にはスペースを入れないでください。

XST で推論されるブロック RAM の数を確認する場合などは、このブロック RAM のリソース自動リソース管理オプションをオフにすることもできます。オフにするには、-1 または負の数を制約値として指定します。

#### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックスを表示して、[Synthesis Options] → [BRAM Utilization Ratio] をクリックします。

ISE® Design Suite ではこのオプションの値を % として定義できます。ブロック RAM 数は絶対値では定義できません。

## バッファ タイプ (BUFFER\_TYPE)

バッファ タイプ (BUFFER\_TYPE) 制約には、次の特徴があります。

- ・ I/O ポートまたは内部ネットに挿入するバッファのタイプを指定します。
- ・ CLOCK\_BUFFER に替わる制約です。CLOCK\_BUFFER 制約は今後サポートされなくなるので、この制約を使用することをお勧めします。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

信号に適用されます。

## 適用ルール

設定した信号に適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute buffer_type: string;
```

次のように指定します。

```
attribute buffer_type of signal_name: signal is  
"{bufp11|ibufg|bufg|bufgp|bufh|bufhr|bufio|bufio2fb|bufio2|ibuf|obuf|buf|none}";
```

### Verilog の構文例

次を信号宣言の直前に入力します。

```
(* buffer_type = "{bufp11|ibufg|bufg|bufgp|bufh|bufhr|bufio|bufio2fb|bufio2|ibuf|obuf|buf|none}" *)
```

### XCF の構文例

```
BEGIN MODEL "entity_name"
```

```
NET  
"signal_name" buffer_type={bufp11|ibufg|bufg|bufgp|bufh|bufhr|bufio|bufio2fb|bufio2|ibuf|obuf|buf|none};
```

```
END;
```

## BUFGCE の抽出 (BUFGCE)

BUFGCE の抽出 (BUFGCE) 制約には、次の特徴があります。

- ・ BUFGMUX プリミティブを推論し、BUFGMUX の機能をインプリメントできます。この動作によって、ワイヤ数が低減されます。クロック信号およびクロック イネーブル信号は、1 本のワイヤで N 個の順序コンポーネントに送られます。
- ・ プライマリ クロック信号に設定する必要があります。
- ・ 次の値が指定されます。
  - **yes**
  - **no**
- ・ HDL コードで設定できます。

bufgce=yes に設定すると、BUFGMUX の機能が可能な限りインプリメントされます。このとき、すべてのフリップフロップで同じクロック イネーブル信号が使用されている必要があります。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

クロック信号に適用されます。

## 適用ルール

設定した信号に適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute bufgce : string;
```

次のように指定します。

```
attribute bufgce of signal_name: signal is "{yes|no}";
```

### Verilog の構文例

次を信号宣言の直前に入力します。

```
(* bufgce = "{yes|no}" *)
```

### XCF の構文例 1

```
BEGIN MODEL "entity_name"
```

```
NET "primary_clock_signal" bufgce={yes|no|true|false};
```

```
END;
```

## コアの検索ディレクトリ (-sd)

-sd を使用すると、デフォルトのディレクトリ以外にコアを検索するディレクトリを指定できます。デフォルトでは、-ifn オプションで指定されたディレクトリでコアが検索されます。該当するコアが含まれているディレクトリのみを指定する必要があります。各コア ファイルはリストしないでください。ディレクトリは、相対パスまたは絶対パスのどちらでも指定できます。

### アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

### 適用可能エレメント

グローバルに適用します。

### 適用ルール

ありません。

### 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

#### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

**-sd {directory\_path [directory\_path]}**

値は、1 つのディレクトリ名か、複数のディレクトリ名のリストになります。

- ・ ディレクトリのリストは {} で囲みます。1 つのディレクトリのみを指定する場合は、必要ありません。
- ・ 複数ディレクトリは、スペースで区切る必要があります。

ディレクトリ名にスペースを含めるのは推奨されませんが、次の例のように二重引用符 ( " ) で囲めば、検索リストに含めることができます。

```
-sd {"../mydir1/mysubdir1" "./mydir2" "./mydir3/mysubdir with  
space" }
```

詳細は、次を参照してください。

[コマンド ライン モードでのスペースを含む名前](#)

#### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Cores Search Directory]

## DSP 使用率 (DSP\_UTILIZATION\_RATIO)

DSP 使用率 (DSP\_UTILIZATION\_RATIO) 制約を使用すると、推論済みファンクションをインプリメントするために XST で使用される DSP ブロックの数を制限できます。デフォルトでは、選択したデバイスで使用可能なリソースの制限内で DSP ブロックを推論します。この制約により、XST でこれらのリソースすべてが使用されるのを回避できます。

この制約は、さまざまなコンポーネントが最初別々にデザインされてから完全プロジェクトに統合されるようなワークフローで通常使用されます。この制約の値にしたがって、各コンポーネントの DSP リソースが割り当てられます。

この制約は、次のいずれかを定義します。

- ・ DSP スライスの絶対数
- ・ デバイスで使用可能なリソース総計のパーセンテージ

デフォルトでは、100% の選択デバイスで使用可能な DSP リソースに設定されています。

選択デバイスで使用可能な DSP リソースを超える絶対数またはパーセンテージを定義すると、XST で使用可能な数より多いリソースは使用できないことを示すメッセージが表示されます。

インスタンス化された DSP プリミティブが最初に使用されます。XST は DSP\_UTILIZATION\_RATIO で定義されたトータル バジレットから対応する量を分配します。未使用のリソースは、XST で推論済みファンクションをインプリメントするために利用されます。

定義されたバジレットは、次の場合に超過することがあります。

- ・ インスタンス化された DSP ブロックの数が定義されたバジレットよりも多い場合。  
XST では常に DSP インスタンス化がすべて認識されるので、ユーザーの責任で、選択デバイスがインスタンス化された DSP ブロックすべてに適應するようにする必要があります。
- ・ 推論済みマクロの DSP を強制的にインプリメントするために、**DSP ブロックの使用 (USE\_DSP48)** 制約の値を yes にした場合

**注意：** DSP ブロックの使用 (USE\_DSP48) の値を yes にした場合、XST は DSP\_UTILIZATION\_RATIO で定義された最大の DSP アロケーション (割合) と選択デバイスで実際に使用可能な DSP リソース量の両方を無視します。このため、デザインがデバイスにフィットしないこともあります。DSP\_UTILIZATION\_RATIO は、**DSP ブロックの使用 (USE\_DSP48)** の値を Auto および Automax にした場合に最も効果的です。

XST で推論される DSP の数を確認する場合などは、-1 (または負の値) を設定して、この DSP リソースの自動管理オプションをオフにすることもできます。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

グローバルに適用します。

## 適用ルール

ありません。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

**-dsp\_utilization\_ratio number[%|#]**

説明 :

<integer> の範囲は -1 ~ 100

これは、次の条件での範囲です。

範囲は、% が使用されるか、% と # のどちらも削除されます。

合計スライスの割合を指定するには % を、スライスの絶対値を指定する場合は、# を使用します。

デフォルトは % です。

- ・ ターゲット デバイスの DSP ブロック数の 50% に設定する場合は、次のように入力します。

`-dsp_utilization_ratio 50`

- ・ ターゲット デバイスの DSP ブロック数の 50% に設定する場合は、次のように入力します。

`-dsp_utilization_ratio 50%`

- ・ DSP ブロック数を 50 個に設定する場合は、次のように入力します。

`-dsp_utilization_ratio 50#`

整数値と % および # 文字の間にはスペースを入れないでください。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [DSP Utilization Ratio]

ISE® Design Suite ではこのオプションの値を % として定義できます。スライスの絶対値は指定できません。

## FSM スタイル (FSM\_STYLE)

FSM スタイル (FSM\_STYLE) 制約には、次の特徴があります。

- ・ グローバルにもローカルにも設定できます。
- ・ 大型の FSM を、ブロック RAM リソースにコンパクトで高速にインプリメントできます。

LUT (デフォルト) ではなく、ブロック RAM リソースを使用するように指定して FSM をインプリメントします。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

グローバルに適用するか、またはエンティティ、モジュール、信号に適用できます。

## 適用ルール

設定したエンティティ、モジュール、または信号に適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute fsm_style: string;
```

次のように指定します。

```
attribute fsm_style of {entity_name|signal_name}:  
{entity|signal} is "{lut|bram}";
```

デフォルトは lut です。

### Verilog の構文例

インスタンス、モジュール、または信号宣言の直前に入力します。

```
(* fsm_style = "{lut|bram}" *)
```

### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name" fsm_style = {lut|bram};
```

### XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
  
NET "signal_name" fsm_style = {lut|bram};  
  
END;
```

### XCF の構文例 3

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
  
INST "instance_name" fsm_style = {lut|bram};  
  
END;
```

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [FSM Style]



## 電力削減 (POWER)

電力削減 (POWER) 制約を使用すると、合成最適化手法を使用して、消費電力を削減できます。この制約は、デフォルトではオフになっています。

オンになっている場合でも、XST は **最適化ゴール (OPT\_MODE)** で設定した主な最適化目標（速度かエリア）を優先しようとします。消費電力を削減する最適化を実行することで、主な最適化目標に悪影響を及ぼさないかどうか、注意してください。

Spartan®-6 および Virtex®-6 デバイスで使用可能な電力最適化は、主にブロック RAM に関連しています。XST では特に、RAM イネーブル機能を正しく使用することで、同時にアクティブになるブロック RAM の量を最小限に抑えようとします。RAM の電力最適化の詳細な制御に関する情報は、「**RAM スタイル (RAM\_STYLE)**」を参照してください。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

次に適用されます。

- ・ component または entity (VHDL)
- ・ model または label (instance) (Verilog)
- ・ model または INST (model 内) (XCF)
- ・ デザイン全体 (XST コマンド ライン)

## 適用ルール

設定したエンティティ、モジュール、または信号に適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute power: string;
```

次のように指定します。

```
attribute power of {component name|entity_name} :  
{component|entity} is "{yes|no}";
```

デフォルトは no です。

### Verilog の構文例

次をモジュール宣言またはインスタンス化の直前に入力します。

```
(* power = "{yes|no}" *)
```

デフォルトは no です。

### XCF の構文例

```
MODEL "entity_name" power = {yes|no|true|false};
```

デフォルトは false です。

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-power {yes|no}
```

デフォルトは no です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Power Reduction]

## コアの読み込み (READ\_CORES)

コアの読み込み (READ\_CORES) 制約には、次の特徴があります。

- ・ タイミングを概算したり、デバイスの使用率を指定するために、EDIF または NGC コア ファイルを XST に読み込むかどうかを指定できます。特定のコアを読み込むとロジックの接続が認識されるので、XST でそのコアの周囲のロジックを最適化されやすくなります。
- ・ 必要な結果を出すためにオフにする必要のあることもあります。たとえば、PCI™ コアの最適化はほかのコアとは異なる方法で最適化する必要があります。この制約を使用すると、コア別にコアを読み込むかどうかを指定できます。

詳細は、次を参照してください。

### コアの処理

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

- ・ **no (false)**  
コアはプロセスされません。
- ・ **yes (true)**  
コアはプロセスされますが、ブラックボックスとして維持され、デザインに組み込まれません。
- ・ **optimize**  
コアはプロセスされ、コアのネットリストがデザイン全体にマージされます。この値は、XST コマンド ラインを使用した場合にのみ使用できます。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

この制約は **ボックス タイプ (BOX\_TYPE)** と一緒に使用できるので、両方の制約を適用できるオブジェクト セットは同じである必要があります。

次に適用されます。

- ・ component または entity (VHDL)
- ・ model または label (instance) (Verilog)
- ・ model または INST (model 内) (XCF)
- ・ デザイン全体 (XST コマンド ライン)

READ\_CORES が少なくとも 1 ブロックの単一インスタンスに適用される場合は、このブロックのほかのインスタンスすべてにも適用されます。

## 適用ルール

ありません。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute read_cores: string;
```

次のように指定します。

```
attribute read_cores of {component_name|entity_name} :  
{yes|no|optimize}";component|entity} is "{yes|no|optimize}";
```

デフォルトは、yes です。

### Verilog の構文例

次をモジュール宣言またはインスタンス化の直前に入力します。

```
(* read_cores = "{yes|no|optimize}" *)
```

デフォルトは、yes です。

### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name" read_cores = {yes|no|true|false|optimize};
```

### XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
  
INST "instance_name" read_cores = {yes|no|true|false|optimize};  
  
END;
```

### XST コマンド ライン構文

```
-read_cores {yes|no|optimize}
```

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Read Cores]

ISE Design Suite からは、optimize オプションは指定できません。

## LUT の結合 (LC)

LUT の結合 (LC) 制約には、次の特徴があります。

- ・ 共通の入力を持つ LUT ペアを 1 つのデュアル出力の LUT6 エlementにまとめて、エリアを削減できます。この最適化プロセスにより、デザイン速度が削減できることもあります。
- ・ 次の 3 つの値が設定できます。
  - **auto**  
XST でエリアとスピード間のトレードオフが考慮されます。Virtex®-6 および Spartan®-6 デバイス ファミリーでは auto がデフォルトです。
  - **area**  
できるだけ小さいエリアのインプリメンテーションにするため、LUT の結合が最大限に実行されます。
  - **off**  
LUT は結合されません。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

グローバルに適用します。

## 適用ルール

ありません。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-lc {auto|area|off}
```

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [LUT Combining]

## BRAM へのロジックのマッピング (BRAM\_MAP)

BRAM へのロジックのマッピング (BRAM\_MAP) には、次の特徴があります。

- ・ グローバルにもローカルにも設定できます。
- ・ 階層ブロック全体を、Virtex® 以降のデバイスに搭載されているブロック RAM リソースにマッピングします。
- ・ 次の値が指定されます。
  - **yes**
  - **no** (デフォルト)

詳細は、「[ブロック RAM へのロジックのマッピング](#)」を参照してください。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

BRAM に適用されます。

## 適用ルール

RAM にマッピングするロジック (出力レジスタを含む) は、異なる階層レベルに指定する必要があります。ロジックが 1 つのブロック RAM にフィットしない場合、そのロジックはマッピングされません。エンティティの一部だけでなく、全体がフィットすることを確認してください。BRAM\_MAP は、インスタンスまたはエンティティに設定します。ブロック RAM が推論されない場合、ロジックが [グローバルな最適化目標 \(-glob\\_opt\)](#) に渡され、最適化されます。このマクロは、推論されません。XST によりロジックがマッピングされていることを確認してください。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute bram_map: string;
```

次のように指定します。

```
attribute bram_map of component_name: component is "{yes|no}";
```

### Verilog の構文例

次をモジュール宣言またはインスタンス化の直前に入力します。

```
(* bram_map = "{yes|no}" *)
```

### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name" bram_map = {yes|no|true|false};
```

## XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
  
INST "instance_name" bram_map = {yes|no|true|false};  
  
END;
```

## 最大ファンアウト数 (MAX\_FANOUT)

最大ファンアウト (MAX\_FANOUT) 制約には、次の特徴があります。

- ・ グローバルにもローカルにも設定できます。
- ・ ネットまたは信号のファンアウト数を制限できます。値は整数にします。
- ・ デフォルト値は 10 万です。

ファンアウトが大きいと配線で問題を生じることがあるため、XST ではゲートを複製したり、バッファを挿入することでファンアウト数が制限されます。この制限の詳細は、次のとおりです。

- ・ 技術面での限界ではなく、XST の基準です。
- ・ 特に小さい値 (30 未満) に設定されている場合などは、適用されないこともあります。

ほとんどの場合、ファンアウトが大きいネットを駆動するゲートを複製することでファンアウト数が制限されます。ゲートを複製できない場合は、バッファが挿入されます。これらのバッファは、NGC ファイルで **キープ (KEEP)** を設定すると、インプリメンテーション レベルの最適化で削除されないようになります。

レジスタの複製オプションを no に設定している場合は、バッファのみを使用してフリップフロップおよびラッチのファンアウト数が制限されます。

MAX\_FANOUT はグローバルに設定できますが、エンティティやモジュール、または信号に個別に設定することも可能です。

実際のネットファンアウトが MAX\_FANOUT 値よりも小さい場合は、MAX\_FANOUT の設定方法によって XST のビヘイビアが異なります。

- ・ MAX\_FANOUT の値を ISE® Design Suite またはコマンドラインを使用して設定するか、特定の階層ブロックに適用した場合、XST ではこの値が基準として解釈されます。
- ・ MAX\_FANOUT を特定のネットに設定した場合は、ロジックは複製されません。ネットに設定した場合は、XST で最適なタイミング最適化が行われないことがあります。

たとえば、実際のファンアウトが 80 で、MAX\_FANOUT 値が 100 に設定されたネットをクリティカルパスが通過しているとします。MAX\_FANOUT を ISE Design Suite で設定している場合は、XST がタイミングを向上しようとしてネットを複製する場合があります。MAX\_FANOUT をネットに設定している場合は、ロジックは複製されません。

MAX\_FANOUT には、**reduce** という値も設定できます。この値を設定しても XST には直接影響しませんが、配置配線で適用されます。それまで、ファンアウトの制御は延期されます。

MAX\_FANOUT の **reduce** 値はネットにのみ指定できます。グローバルには指定できません。

XST は指定したネットに関連するロジック最適化をすべてディスエーブルにします。これは、合成後のネットリストに保存され、**MAX\_FANOUT=reduce** プロパティが指定されていることを意味します。さらに多くのグローバルな MAX\_FANOUT 制約を integer 値で定義した場合は (コマンドラインを使用して設定するか、該当するネットを含むエンティティまたはモジュールに属性を付ける)、次のようになります。

- ・ **reduce** 値が優先されます。
- ・ そのネットに対する **integer** 値は無視されます。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。



## 適用可能エレメント

グローバルに適用するか、またはエンティティ、モジュール、信号に適用できます。

例外：MAX\_FANOUT に **reduce** 値が使用される場合、この制約は信号にのみ適用できます。

## 適用ルール

設定したエンティティ、モジュール、または信号に適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute max_fanout: string;
```

次のように指定します。

```
attribute max_fanout of {signal_name|entity_name}:  
{signal|entity} is "integer";
```

または

```
attribute max_fanout of {signal_name}: {signal} is "reduce";
```

### Verilog の構文例

次をモジュールまたは信号宣言の直前に入力します。

```
(* max_fanout = "integer" *)
```

または

```
(* max_fanout = "reduce" *)
```

### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name" max_fanout=integer;
```

### XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
NET "signal_name" max_fanout=integer;  
END;
```

### XCF の構文例 3

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
NET "signal_name" max_fanout="reduce";  
END;
```

## XST コマンド ライン構文

`-max_fanout integer`

## ISE Design Suite からの設定

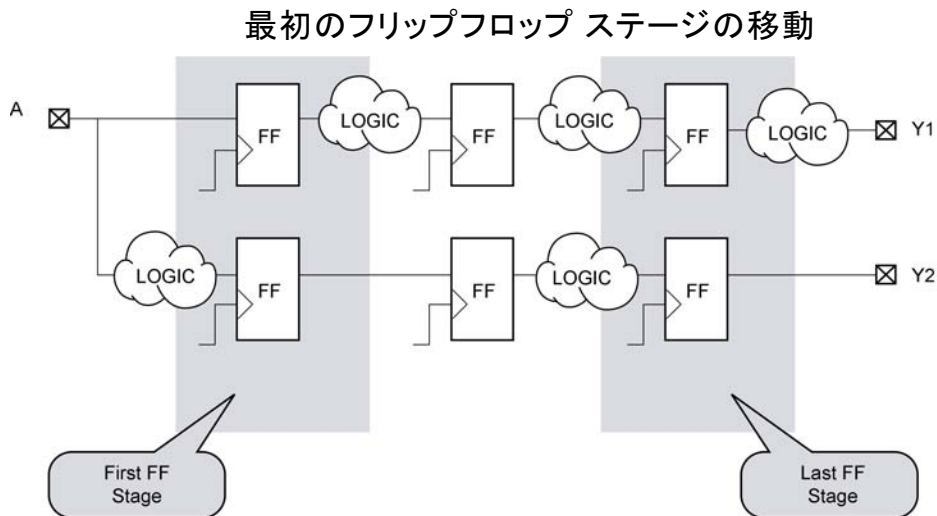
ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Xilinx-Specific Options] → [Max Fanout]

## 最初のフリップフロップ ステージの移動 (MOVE\_FIRST\_STAGE)

プライマリ入力からのレジスタのリタイミングを制御します。MOVE\_FIRST\_STAGE と MOVE\_LAST\_STAGE は、[レジスタの自動調整 \(REGISTER\\_BALANCING\)](#) に関連しています。

- ・ フリップフロップ (図の FF) は、そのパスがプライマリ入力から接続されている場合は最初のフリップフロップ ステージに含まれます。
- ・ フリップフロップのパスがプライマリ出力に向かう場合は、最後のフリップフロップ ステージに含まれます。



X9564

レジスタ バランス (自動調整) の間、フリップフロップはそれぞれ次の方向に移動します。

- ・ 最初の段階にあるフリップフロップは順方向
- ・ 最終の段階にあるフリップフロップは逆方向

このプロセスにより、input-to-clock および clock-to-output のタイミングが極度に増加する場合があります。これを防ぐには、次の場合に OFFSET\_IN\_BEFORE および OFFSET\_IN\_AFTER を使用します。

次の条件の場合、さらに 2 つの制約を使用できます。

- ・ デザインに必須の要件がない場合、または
- ・ 最初および最終の段階を変更せずに、最初の結果だけを確認する場合

追加できる制約は、次のとおりです。

- ・ **MOVE\_FIRST\_STAGE**
- ・ **MOVE\_LAST\_STAGE**

どちらの制約も、yes または no に設定できます。

- ・ MOVE\_FIRST\_STAGE を no に設定すると、最初の段階にあるフリップフロップは移動しません。
- ・ MOVE\_LAST\_STAGE を no に設定すると、最終の段階にあるフリップフロップは移動しません。

複数の制約を付けると、レジスタのバランス プロセスに影響があります。

詳細は、次を参照してください。

## レジスタの自動調整 (REGISTER\_BALANCING)

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

次にのみ適用されます。

- ・ デザイン全体
- ・ 単一のモジュールまたはエンティティ
- ・ プライマリ クロック信号

## 適用ルール

上の図を参照してください。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

## VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute move_first_stage : string;
```

次のように指定します。

```
attribute move_first_stage of {entity_name|signal_name}:  
{signal|entity} is "{yes|no}";
```

## Verilog の構文例

次をモジュールまたは信号宣言の直前に入力します。

```
(* move_first_stage = "{yes|no}" *)
```

## XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name" move_first_stage={yes|no|true|false};
```

## XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
NET "primary_clock_signal" move_first_stage={yes|no|true|false};  
END;
```

## XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-move_first_stage {yes|no}
```

デフォルトは、yes です。

## ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Xilinx Specific Options] → [Move First Flip-Flop Stage]

## 最後のフリップフロップ ステージの移動 (MOVE\_LAST\_STAGE)

MOVE\_LAST\_STAGE を使用すると、プライマリ出力にあるレジスタのリタイミングを制御します。MOVE\_LAST\_STAGE と [MOVE\\_FIRST\\_STAGE](#) は、レジスタの自動調整 (REGISTER\_BALANCING) に関連しています。

### アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

### 適用可能エレメント

次にのみ適用されます。

- ・ デザイン全体
- ・ 単一のモジュールまたはエンティティ
- ・ プライマリ クロック信号

### 適用ルール

[「最初のフリップフロップ ステージの移動 \(MOVE\\_FIRST\\_STAGE\)」](#)を参照してください。

### 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

#### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute move_last_stage : string;
```

次のように指定します。

```
attribute move_last_stage of {entity_name|signal_name}:  
{signal|entity} is "{yes|no}";
```

#### Verilog の構文例

次をモジュールまたは信号宣言の直前に入力します。

```
(* move_last_stage = "{yes|no}" *)
```

#### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name"{move_last_stage={yes|no|true|false};
```

#### XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
NET "primary_clock_signal" move_last_stage={yes|no|true|false};  
END;
```

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

**-move\_last\_stage {yes|no}**

デフォルトは、yes です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Xilinx Specific Options] → [Move Last Flip-Flop Stage]

## 乗算器スタイル (MULT\_STYLE)

MULT\_STYLE を使用すると、乗算器マクロのインプリメント方法を指定できます。

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

- ・ **auto** (デフォルト)  
各マクロに対して最適なインプリメント方法が自動設定されます。
- ・ **block**
- ・ **pipe\_block**  
DSP48 ベースの乗算器をパイプライン化するために使用します。
- ・ **kcm**
- ・ **csd**
- ・ **lut**
- ・ **pipe\_lut**  
スライス ベースの乗算器に使用します。このインプリメンテーション スタイルは、ブロック乗算器や LUT リソースを使用するように手動で指定することもできます。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

グローバルに適用するか、またはエンティティ、モジュール、信号に適用できます。

## 適用ルール

設定したエンティティ、モジュール、または信号に適用されます。

これは、HDL 属性からしか適用できず、コマンドライン オプションはありません。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute mult_style: string;
```

次のように指定します。

```
attribute mult_style of  
{signal_name|entity_name}: {signal|entity} is  
"{auto|block|pipe_block|kcm|csd|lut|pipe_lut}";
```

デフォルトは、auto です。



### Verilog の構文例

次をモジュールまたは信号宣言の直前に入力します。

```
(* mult_style = "{auto|block|pipe_block|kcm|csd|lut|pipe_lut}" *)
```

デフォルトは、auto です。

### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name"  
mult_style={auto|block|pipe_block|kcm|csd|lut|pipe_lut};
```

### XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
  
NET "signal_name"  
mult_style={auto|block|pipe_block|kcm|csd|lut|pipe_lut};  
  
END;
```

## グローバル クロック バッファ数 (<imk 372>-bufg)

論理式で作成される BUFG の最大数を制御します。

値は整数にします。デフォルト値は、次のとおりです。

- ・ ターゲット デバイスによって異なる
- ・ 使用可能な BUFG エLEMENT の最大数と同じ

### アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

### 適用可能エレメント

グローバルに適用します。

### 適用ルール

ありません。

### 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

#### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

**-bufg integer**

値は整数にします。次表に示すように、デフォルト値はデバイスによって異なります。アーキテクチャ別のデフォルト値は、次の表を参照してください。ターゲット デバイスで使用可能な BUFG 数を超える値は設定できません。

グローバル クロック バッファ数のデフォルト

| デバイス       | デフォルト値 |
|------------|--------|
| Spartan®-6 | 16     |
| Virtex®-6  | 32     |

#### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Xilinx-Specific Options] → [Number of Clock Buffers]

## インスタンス化されたプリミティブの最適化 (OPTIMIZE\_PRIMITIVES)

デフォルトでは、HDL コードに含まれるインスタンス化されたプリミティブは最適化されません。

インスタンス化されたプリミティブの最適化 (OPTIMIZE\_PRIMITIVES) 制約には、次の特徴があります。

- ・ デフォルトを無効にします。
- ・ HDL にインスタンス化されたザイリンクス ライブラリ プリミティブを最適化できます。

インスタンス化したプリミティブの最適化には、次のような制限があります。

- ・ インスタンス化したプリミティブに **RLOC** のような特定の制約が付いていると、XST でそのまま保持されます。
- ・ すべてのプリミティブが最適化されるわけではありません。MULT18x18、ブロック RAM、DSP48 など、インスタンス化したプリミティブの最適化が設定されていても、最適化（変更）されません。

### アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

### 適用可能エレメント

階層ブロック、コンポーネント、およびインスタンスに対してグローバルに適用されます。

### 適用ルール

設定したコンポーネントまたはインスタンスに適用されます。

### 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

#### 回路図の例

- ・ 有効なインスタンスに設定します。
- ・ 属性名  
**OPTIMIZE\_PRIMITIVES**
- ・ 属性値
  - **yes**
  - **no** (デフォルト)

#### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute optimize_primitives: string;
```

次のように指定します。

```
attribute optimize_primitives of  
{component_name|entity_name|label_name}:  
{component|entity|label} is "{yes|no}";
```

### Verilog の構文例

インスタンス、モジュール、または信号宣言の直前に入力します。

```
(* optimize_primitives = "{yes|no}" *)
```

### XCF の構文例

```
MODEL "entity_name" optimize_primitives = {yes|no|true|false};
```

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-optimize_primitives {yes|no}
```

デフォルトは no です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Xilinx-Specific Options] → [Optimize Instantiated Primitives]

## I/O レジスタの IOB 内へのパック (IOB)

IOB 制約を使用すると、入力/出力のパス タイミングを向上するため、フリップフロップを I/O 内に配置できます。

auto に設定されると、最適化設定によって XST で実行される内容は異なります。

- ・ **area**

デザインに占めるスライス数を削減するために、レジスタはできるだけ多く IOB に含まれます。

- ・ **speed**

タイミング制約でカバーされないと判断された IOB にレジスタが含まれるので、タイミングの最適化が考慮されません。たとえば、[PERIOD](#) 制約を指定した場合、XST では PERIOD 制約でカバーされないレジスタが IOB に含まれます。このようなタイミング最適化制約でカバーされるレジスタを IOB に含める場合は、このレジスタに IOB 制約を個別に設定する必要があります。

この制約の詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## RAM の抽出 (RAM\_EXTRACT)

RAM\_EXTRACT を使用すると、RAM マクロの推論を有効または無効にできます。

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

- ・ **yes** (デフォルト)
- ・ **no**
- ・ **true** (XCF のみ)
- ・ **false** (XCF のみ)

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

グローバルに適用するか、またはエンティティ、モジュール、信号に適用できます。

## 適用ルール

設定したエンティティ、モジュール、または信号に適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute ram_extract: string;
```

次のように指定します。

```
attribute ram_extract of {signal_name|entity_name}:  
{signal|entity} is "{yes|no}";
```

### Verilog の構文例

次をモジュールまたは信号宣言の直前に入力します。

```
(* ram_extract = "{yes|no}" *)
```

### XCF の構文例 1

```
RAM Extraction Syntax MODEL "entity_name"  
  
ram_extract={yes|no|true|false};
```

### XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
  
NET "signal_name" ram_extract={yes|no|true|false};  
  
END;
```

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

**-ram\_extract {yes|no}**

デフォルトは、yes です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [HDL Options] → [RAM Extraction]



## RAM スタイル (RAM\_STYLE)

RAM\_STYLE を使用すると、推論された RAM マクロのインプリメント方法を指定できます。

### 制約値

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

- ・ **auto** (デフォルト)  
次に基づいて、推論された各 RAM に対する最適なインプリメント方法が XST で設定されます。
  - ブロック RAM のインプリメンテーション (同期データ読み出し) が可能な記述スタイルかどうか
  - ターゲット デバイスで使用可能なブロック RAM リソース
- ・ **distributed**  
分散 RAM リソースにインプリメンテーションされます。
- ・ **pipe\_distributed**
  - 推論された RAM が LUT リソースにインプリメントされ、そのサイズに合わせるために複数の分散 RAM プリミティブが必要な場合、RAM のデータ出力パスにマルチプレクサ ロジックが作成されます。XST は pipe\_distributed の値により、使用可能なレイテンシ ステージをすべて使用し、このロジックをパイプライン処理します。
  - 次にのみ指定できます。
    - ◆ VHDL 属性
    - ◆ Verilog 属性
    - ◆ XCF 制約
- ・ **block**  
ブロック RAM リソースにインプリメンテーションされます。ブロック RAM への実際のインプリメンテーションは、次の条件によって決まります。
  - 正しく同期されたデータ読み出し、および
  - デバイスで使用可能なリソース

## 2 レベルの最適化の使用

block\_power1 および block\_power2 を使用すると、ブロック リソースへインプリメントされる RAM の消費電力の削減を目的とした 2 レベルの最適化が可能になります。

- ・ **block\_power1**
  - 最適化目標 (OPT\_MODE) で指定された主な最適化目標 (エリアまたは速度) への影響を最小限に抑えます。
  - 一般的な電力最適化が 電力削減 (POWER) でイネーブルになっている場合に選択されるモードです。
  - 次にのみ指定できます。
    - ◆ VHDL 属性
    - ◆ Verilog 属性
    - ◆ XCF 制約
- ・ **block\_power2**
  - さらに電力削減が可能
  - エリアおよび速度に多大な影響をもたらす可能性あり
  - 次にのみ指定できます。
    - ◆ VHDL 属性
    - ◆ Verilog 属性
    - ◆ XCF 制約

これらの最適化方法の詳細は、「[ブロック RAM の電力削減](#)」を参照してください。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

グローバルに適用するか、またはエンティティ、モジュール、信号に適用できます。

## 適用ルール

設定したエンティティ、モジュール、または信号に適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute ram_style: string;
```

次のように指定します。

```
attribute ram_style of {signal_name|entity_name}: {signal|entity} is  
"{auto|block|distributed|pipe_distributed|block_power1|block_power2}";
```

デフォルトは、auto です。

### Verilog の構文例

次をモジュールまたは信号宣言の直前に入力します。

```
(* ram_style = "{auto|block|distributed|pipe_distributed|block_power1|block_power2}" *)
```

デフォルトは、auto です。

### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name" ram_style={auto|block|distributed|pipe_distributed|block_power1|block_power2};
```

### XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"
```

```
    NET "signal_name" ram_style={auto|block|distributed|pipe_distributed|block_power1|block_power2};
```

```
END;
```

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-ram_style {auto|block|distributed}
```

デフォルトは、auto です。

コマンド ラインからは、pipe\_distributed には設定できません。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [HDL Options] → [RAM Style]

## BRAM Read-First インプリメンテーション (RDADDR\_COLLISION\_HWCONFIG)

BRAM Read-First インプリメンテーション (RDADDR\_COLLISION\_HWCONFIG) 制約には、次の特徴があります。

- ・ read-first 同期で記述されたブロック RAM のインプリメンテーションを制御できます。
- ・ Virtex®-6 デバイスにのみ適用できます。
- ・ 次の場合は無視されます。
  - Virtex-6 デバイス以外のデバイス ファミリをターゲットにしている場合
  - 記述された read-write 同期が read-first ではない場合
- ・ 次の 2 つの値を指定できます。
  - **delayed\_write**  
ブロック RAM はメモリ破損しないようにコンフィギュレーションされます。競合は回避されますが、write-first および no-change 同期に比べると、パフォーマンスが落ちます。
  - **performance**  
read-first モードのパフォーマンスを最大にします。パフォーマンスは、write-first および no-change モードと同等になりますが、メモリ破損が発生しないように注意する必要があります。

RAM が推論されている場合、デフォルト値は RAM ポートの数によって異なります。

- ・ シングル ポート : **performance**  
RAM がデュアル ポートの場合にのみメモリ破損が発生する可能性があります。このため、メモリがシングル ポートの場合は performance モードを問題なく使用できます。
- ・ デュアル ポート : **delayed\_write**

BRAM Read-First インプリメンテーション (RDADDR\_COLLISION\_HWCONFIG) は、次のどちらにも適用できます。

- ・ インスタンスエート済みブロック RAM プリミティブ
- ・ 推論済み RAM

推論済み RAM に適用した場合、BRAM Read-First インプリメンテーションからは記述されたメモリが read-first 同期になっているかどうかはわかりません。これには、HDL コードで正しく設定する必要があります。

詳細は、次を参照してください。

[ブロック RAM の読み出し/書き込みの同期](#)

## アーキテクチャ サポート

Virtex-6 デバイスにのみ適用できます。Spartan®-6 デバイスには適用できません。

## 適用可能エレメント

VHDL、Verilog 属性、または XCF 制約を使用してローカルで次に適用できます。

- ・ 特定ブロック (entity、architecture、component)
- ・ RAM を記述する信号

この制約は、コマンドラインや ISE® Design Suite オプションからは適用できません。

## 適用ルール

設定したエンティティ、コンポーネント、モジュール、または信号に適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute RDADDR_COLLISION_HWCONFIG: string;
```

次のように指定します。

```
attribute RDADDR_COLLISION_HWCONFIG of  
"entity_name|component_name|signal_name":{entity|component|signal}  
is "{delayed_write|performance}";
```

### Verilog の構文例

インスタンス、モジュール、または信号宣言の直前に入力します。

```
(*RDADDR_COLLISION_HWCONFIG = "{delayed_write|performance}" *)
```

### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name" RDADDR_COLLISION_HWCONFIG  
={delayed_write|performance};
```

### XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
  
NET "signal_name" RDADDR_COLLISION_HWCONFIG  
={delayed_write|performance};  
  
END;
```

## 制御セットの削減 (REDUCE\_CONTROL\_SETS)

REDUCE\_CONTROL\_SETS を使用すると、制御セットの数を削減でき、デザイン エリアの削減につながります。制御セット数を削減すると、map のパッキング プロセスが改善されるので、LUT 数が増加した場合でも、使用されるスライス数が減少されます。

この制約は同期制御信号 (同期セット/リセットおよびクロック イネーブル) にのみ適用され、非同期セット/リセット ロジックには使用しても何の効果もありません。

制約の値には、次のいずれかを使用してください。

- ・ **auto** (デフォルト)  
XST により自動的に最適化され、デザインに含まれる制御セットが削減されます。
- ・ **no**  
制御セットの最適化は実行されません。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

グローバルに適用します。

## 適用ルール

ありません。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-reduce_control_sets {auto|no}
```

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Reduce Control Sets]

## レジスタの自動調整 (REGISTER\_BALANCING)

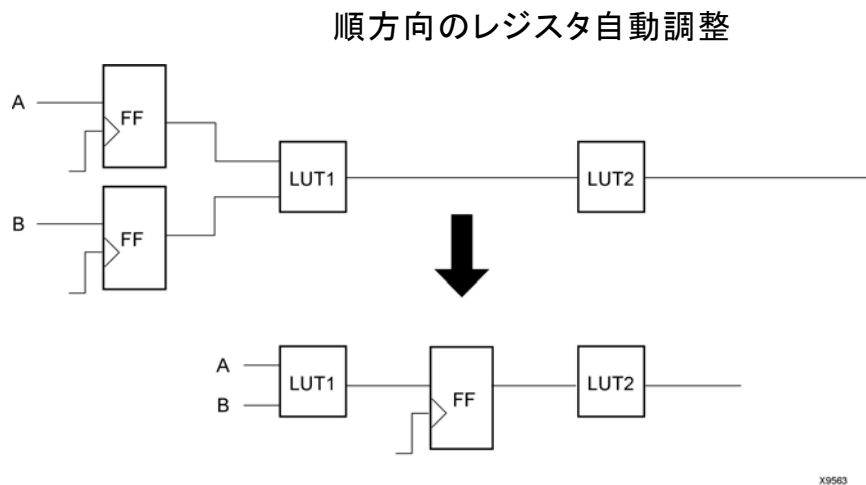
REGISTER\_BALANCING を使用すると、レジスタ自動調整 (リタイミング) を有効または無効にできます。レジスタ自動調整では、クロック周波数を向上するため、ロジックに対してフリップフロップおよびラッチの位置を移動します。

レジスタ自動調整には、次の 2 種類があります。

- ・ 順方向のレジスタ自動調整
- ・ 逆方向のレジスタ自動調整

### 順方向のレジスタ自動調整

LUT の各入力にあるフリップフロップすべてを 1 つのフリップフロップとして LUT の出力に移動します。

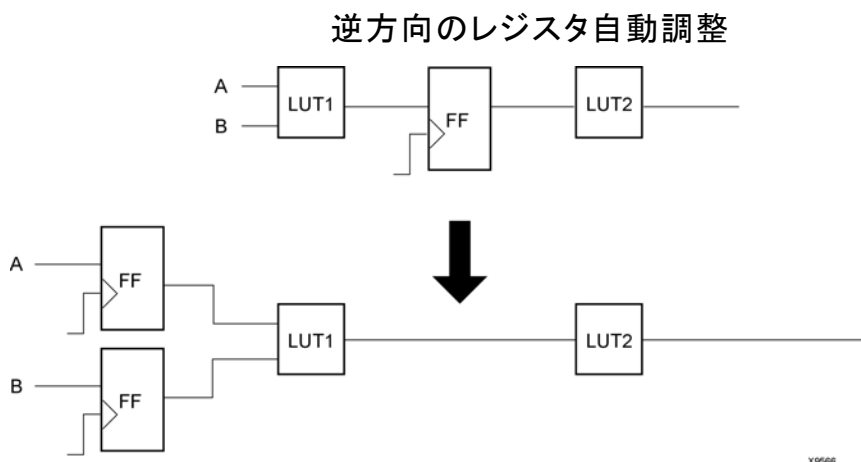


複数のフリップフロップが 1 つのフリップフロップに置き換わる際には、次のように LUT 名に基づいた名前が選択されます。

`LutName_FRBId`

## 逆方向のレジスタ自動調整

LUT の出力にある 1 つのフリップフロップを LUT のフリップフロップの各入力に移動します。



この結果、デザインのフリップフロップ数が増減します。

新しいフリップフロップには、オリジナルのフリップフロップ名の後に接尾辞が付きます。

`OriginalFFName_BRBId`

## レジスタ自動調整の値

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

- ・ **yes**  
順方向および逆方向どちらのリタイミングも可能になります。
- ・ **no** (デフォルト)  
フリップフロップのリタイミングはどちらの方向も実行されません。
- ・ **forward**  
順方向のリタイミングのみができます。
- ・ **backward**  
逆方向のリタイミングのみができます。
- ・ **true** (XCF のみ)
- ・ **false** (XCF のみ)

## レジスタ自動調整に影響するその他の制約

次の制約もレジスタ自動調整に影響を与えます。

- ・ [最初のフリップフロップ ステージの移動 \(MOVE\\_FIRST\\_STAGE\)](#)
- ・ [最後のフリップフロップ ステージの移動 \(MOVE\\_LAST\\_STAGE\)](#)

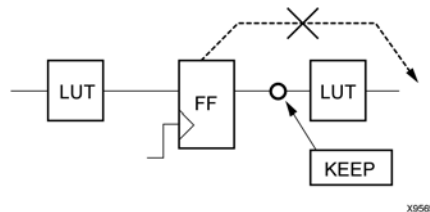


また、次の制約もレジスタ自動調整に影響を与えます。

- ・ **階層の維持 (KEEP\_HIERARCHY)**
  - 階層を保持している場合、フリップフロップはブロックの境界内でのみ移動します。
  - 階層をフラットにした場合、フリップフロップはブロックの境界外にも移動します。
- ・ **I/O レジスタの IOB 内へのパック (IOB)**

IOB=TRUE の場合、設定したフリップフロップにレジスタ自動調整は適用されません。
- ・ **インスタンス化されたプリミティブの最適化 (OPTIMIZE\_PRIMITIVES)**
  - インスタンス化されたフリップフロップは、OPTIMIZE\_PRIMITIVES=YES の場合にのみ移動されます。
  - フリップフロップは、OPTIMIZE\_PRIMITIVES=YES の場合にのみインスタンス化されたプリミティブ間で移動されます。
- ・ **キープ (KEEP)**
  - この制約を出力フリップフロップ信号に適用した場合、フリップフロップは順方向には移動できません。次の図を参照してください。
  - 出力フリップフロップ信号に適用した場合、フリップフロップは逆方向には移動できません。
  - フリップフロップの入力と出力の両方に適用すると、REGISTER\_BALANCE=NO と同じになります。

出力フリップフロップに適用した場合



## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

次に適用できます。

- ・ コマンド ラインまたは ISE® Design Suite を使用してデザイン全体にグローバルに適用
- ・ エンティティまたはモジュール
- ・ フリップフロップ記述 (RTL) に対応する信号
- ・ フリップフロップ インスタンス
- ・ プライマリ クロック信号

この場合、レジスタ自動調整はフリップフロップがこのクロックと同期した場合にのみ実行されます。

## 適用ルール

設定したエンティティ、モジュール、または信号に適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute register_balancing: string;
```

次のように指定します。

```
attribute register_balancing of {signal_name|entity_name}:  
{signal|entity} is "{yes|no|forward|backward}";
```

### Verilog の構文例

次をモジュールまたは信号宣言の直前に入力します。

```
* register_balancing = "{yes|no|forward|backward}" *) (
```

デフォルトは no です。

### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name"
```

```
register_balancing={yes|no|true|false|forward|backward};
```

### XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"
```

```
NET "primary_clock_signal"
```

```
register_balancing={yes|no|true|false|forward|backward};
```

```
END;
```

### XCF の構文例 3

```
BEGIN MODEL "entity_name"
```

```
INST "instance_name"
```

```
register_balancing={yes|no|true|false|forward|backward};
```

```
END;
```

### XST コマンドライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-register_balancing {yes|no|forward|backward}
```

デフォルトは no です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Xilinx-Specific Options] → [Register Balancing]

## レジスタの複製 (REGISTER\_DUPLICATION)

REGISTER\_DUPLICATION を使用すると、レジスタの複製を有効または無効にできます。

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

- ・ **yes** (デフォルト)
- ・ **no**
- ・ **true** (XCF のみ)
- ・ **false** (XCF のみ)

yes に設定すると、タイミング最適化およびファンアウト制御の段階でレジスタの複製がされます。

### アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

### 適用可能エレメント

グローバルに適用するか、またはエンティティ、モジュール、信号に適用できます。

### 適用ルール

設定したエンティティまたはモジュールに適用されます。

### 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

#### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute register_duplication: string;
```

エンティティに対して次のように指定します。

```
attribute register_duplication of entity_name: entity is  
"{yes|no}";
```

信号に対して次のように指定します。

```
attribute register_duplication of signal_name: signal is  
"{yes|no}";
```

#### Verilog の構文例

次をモジュール宣言、インスタンスエーションまたは信号宣言の直前に入力します。

```
(* register_duplication = "{yes|no}" *)
```

#### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name" register_duplication={yes|no|true|false};
```

## XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
NET "signal_name" register_duplication={yes|no|true|false};  
END;
```

## XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-register_duplication {yes|no}
```

デフォルトは、yes です。

## ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Xilinx-Specific Options] → [Register Duplication]

## ROM の抽出 (ROM\_EXTRACT)

ROM\_EXTRACT を使用すると、ROM マクロの推論を有効または無効にできます。

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

- ・ **yes** (デフォルト)
- ・ **no**
- ・ **true** (XCF のみ)
- ・ **false** (XCF のみ)

ROM は通常、割り当てられた値がすべて定数である case 文から推論されます。

### アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

### 適用可能エレメント

グローバルに適用するか、デザイン エレメントまたは信号に適用します。

### 適用ルール

設定したエンティティ、モジュール、または信号に適用されます。

### 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

#### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute rom_extract: string;
```

次のように指定します。

```
attribute rom_extract of {signal_name|entity_name}:  
{signal|entity} is "{yes|no}";
```

#### Verilog の構文例

次をモジュールまたは信号宣言の直前に入力します。

```
(* rom_extract = "{yes|no}" *)
```

#### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name" rom_extract={yes|no|true|false};*
```

#### XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
NET "signal_name" rom_extract={yes|no|true|false};  
END;
```

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

**-rom\_extract {yes|no}**

デフォルトは、yes です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [HDL Options] → [ROM Extraction]

## ROM スタイル (ROM\_STYLE)

ROM\_STYLE を使用すると、推論された ROM マクロのインプリメント方法を指定できます。

ROM\_STYLE を使用する場合、まず [ROM の抽出 \(ROM\\_EXTRACT\)](#) を yes に設定しておく必要があります。

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

- ・ **auto** (デフォルト)
- ・ **block**
- ・ **distributed**

推論された各 ROM に対して最適なインプリメント方法が自動設定されます。このインプリメンテーション スタイルは、ブロック RAM や LUT リソースを使用するように手動で指定することもできます。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

グローバルに適用するか、またはエンティティ、モジュール、信号に適用できます。

## 適用ルール

設定したエンティティ、モジュール、または信号に適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

ROM\_STYLE を使用する場合、まず [ROM の抽出 \(ROM\\_EXTRACT\)](#) を yes に設定しておく必要があります。

次のように宣言します。

```
attribute rom_style: string;
```

次のように指定します。

```
attribute rom_style of {signal_name|entity_name}:  
{signal|entity} is "{auto|block|distributed}";
```

デフォルトは、auto です。

### Verilog の構文例

次をモジュールまたは信号宣言の直前に入力します。

```
(* rom_style = "{auto|block|distributed}" *)
```

デフォルトは、auto です。



### XCF の構文例 1

ROM\_STYLE を使用する場合、まず [ROM の抽出 \(ROM\\_EXTRACT\)](#) を yes に設定しておく必要があります。

```
MODEL "entity_name" rom_style={auto|block|distributed};
```

### XCF の構文例 2

ROM\_STYLE を使用する場合、まず [ROM の抽出 \(ROM\\_EXTRACT\)](#) を yes に設定しておく必要があります。

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
NET "signal_name" rom_style={auto|block|distributed};  
END;
```

### XST コマンド ライン構文

ROM\_STYLE を使用する場合、まず [ROM の抽出 \(ROM\\_EXTRACT\)](#) を yes に設定しておく必要があります。

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-rom_style {auto|block|distributed}
```

デフォルトは、auto です。

### ISE Design Suite からの設定

ROM\_STYLE を使用する場合、まず [ROM の抽出 \(ROM\\_EXTRACT\)](#) を yes に設定しておく必要があります。

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [HDL Options] → [ROM Style]

## シフトレジスタの抽出 (SHREG\_EXTRACT)

SHREG\_EXTRACT を使用すると、シフトレジスタ マクロの推論を有効または無効にできます。

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

- ・ **yes** (デフォルト)
- ・ **no**
- ・ **true** (XCF のみ)
- ・ **false** (XCF のみ)

このオプションを使用すると、SRL16 および SRLC16 のような専用ハードウェア リソースが使用されます。

詳細は、次を参照してください。

[第 7 章「HDL コーディング手法」](#)

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

グローバルに適用するか、デザイン エレメントまたは信号に適用します。

## 適用ルール

設定したデザイン エレメントまたは信号に適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute shreg_extract : string;
```

次のように指定します。

```
attribute shreg_extract of {signal_name|entity_name}:  
{signal|entity} is "{yes|no}";
```

### Verilog の構文例

次をモジュールまたは信号宣言の直前に入力します。

```
(* shreg_extract = "{yes|no}" *)
```

### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name" shreg_extract={yes|no|true|false};
```

### XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
NET "signal_name" shreg_extract={yes|no|true|false};  
END;
```

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-shreg_extract {yes|no}
```

デフォルトは、yes です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [HDL Options] → [Shift Register Extraction]

## シフトレジスタの最小サイズ (SHREG\_MIN\_SIZE)

シフトレジスタの最小サイズ (SHREG\_MIN\_SIZE) 制約には、次の特徴があります。

- ・ SRL タイプのリソースを使用して推論およびインプリメントされるシフトレジスタの最小の長さを制御できます。指定した制限を下回るシフトレジスタは、単純なフリップフロップを使用してインプリメントされます。
- ・ 2 またはそれ以上の自然値を使用します。デフォルトの値は 2 です。

2 ビットのシフトレジスタのような小型のシフトレジスタマクロをインプリメントするために SRL タイプのリソースを使用しすぎると、ほかの要素に対する配置制限が増え、回路パフォーマンスに悪影響の出ることもあります。SHREG\_MIN\_SIZE を使用すると、XST で単純なフリップフロップリソースを使用して指定する長さを下回るシフトレジスタがインプリメントされるようになるので、この問題を回避できます。このオプションは、特に Spartan®-6 デバイスをターゲットにする場合に使用すると便利です。これは、このデバイスでは 4 つのスライス (SliceL、SliceM、SliceX、SliceX) すべてに 1 つの SliceM が使用できるため、この要素が特に貴重になり、LUT RAM アプリケーションなどに使用するように節約される可能性があるためです。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能要素

XST オプションとしてのみ適用でき、デザイン全体のグローバル推論のしきい値を定義します。各シフトレジスタの推論を詳細に制御する必要がある場合は、このオプションを [SHREG\\_EXTRACT](#) 制約と合わせて使用し、デザインの該当要素に適用します。

## 適用ルール

ありません。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XST コマンドライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-shreg_min_size integer
```

デフォルトは 2 です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [HDL Options] → [Shift Register Minimum Size]

## ロー スキュー ラインの使用 (USELOWSKEWLINES)

ロー スキュー ラインの使用 (USELOWSKEWLINES) 制約には、次の特徴があります。

- ・ 基本的な配線制約です。
- ・ [MAX\\_FANOUT \(最大ファンアウト数\)](#) 制約の値に基づいて専用クロック リソースおよびロジックの複製が使用されないようにします。
- ・ ネットでロー スキュー 配線リソースを使用するよう指定します。

この制約の詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## Slice (LUT-FF Pairs) Utilization Ratio (スライス (LUT-FF ペア) 使用率)

SLICE\_UTILIZATION\_RATIO を使用すると、タイミング最適化におけるエリア サイズの上限を、LUT-FF ペアの合計の絶対値またはパーセントで指定します。

このエリア制約を満たすことができない場合は、エリア制約を無視してタイミング最適化が実行されます。自動的にリソースが管理されないようにするには、-1 を指定します。

詳細は、次を参照してください。

[エリア制約を設定した場合のスピード最適化](#)

### アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

### 適用可能エレメント

グローバルに、または VHDL エンティティまたは Verilog モジュールに適用します。

### 適用ルール

設定したエンティティまたはモジュールに適用されます。

### 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

#### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute slice_utilization_ratio: string;
```

次のように指定します。

```
attribute slice_utilization_ratio of entity_name : entity is  
"integer";
```

```
attribute slice_utilization_ratio of entity_name : entity is  
"integer%";
```

```
attribute slice_utilization_ratio of entity_name : entity is  
"integer#";
```

上記の例で、整数値は最初の 2 つの例ではパーセントとして処理され、最後の例ではスライスまたは FF-LUT ペアの絶対数として処理されます。

#### Verilog の構文例

次をモジュール宣言またはインスタンス化の直前に入力します。

```
(* slice_utilization_ratio = "integer" *)
```

```
(* slice_utilization_ratio = "integer%" *)
```

```
(* slice_utilization_ratio = "integer#" *)
```

上記の例で、整数値は最初の 2 つの例ではパーセントとして処理され、最後の例ではスライスまたは FF-LUT ペアの絶対数として処理されます。

#### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name" slice_utilization_ratio=integer;
```

#### XCF の構文例 2

```
MODEL "entity_name" slice_utilization_ratio="integer%";
```

#### XCF の構文例 3

```
MODEL "entity_name" slice_utilization_ratio="integer#";*
```

上記の例で、整数値は最初の 2 つの例ではパーセントとして処理され、最後の例ではスライスまたは FF/LUT ペアの絶対数として処理されます。

整数値と % および # 文字の間にはスペースを入れないでください。

% が使用されるか、% と # のどちらも使用されない場合、整数値の範囲は -1 ~ 100 です。

% および # は XCF (ザイリンクス制約ファイル) の特殊文字なので、整数値と % または # 文字を二重引用符 (" ") で囲んでください。

#### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-slice_utilization_ratio integer
```

```
-slice_utilization_ratio integer%
```

```
-slice_utilization_ratio integer#
```

上記の例で、整数値は最初の 2 つの例ではパーセントとして処理され、最後の例ではスライスまたは FF/LUT ペアの絶対数として処理されます。

% が使用されるか、% と # のどちらも使用されない場合、整数値の範囲は -1 ~ 100 です。

#### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

- ・ [Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Slice Utilization Ratio]
- ・ [Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [LUT-FF Pairs Utilization Ratio].

ISE® Design Suite ではこの値を % としてのみ定義できます。スライスの絶対値は指定できません。

## スライス (LUT-FF ペア) 使用率の許容範囲 (SLICE\_UTILIZATION\_RATIO\_MAXMARGIN)

スライス (LUT-FF ペア) 使用率の許容範囲 (SLICE\_UTILIZATION\_RATIO\_MAXMARGIN) 制約には、次の特徴があります。

- ・ [スライス \(LUT-FF ペア\) 使用率 \(SLICE\\_UTILIZATION\\_RATIO\)](#) 制約と関連しています。
- ・ [スライス \(LUT-FF ペア\) 使用率 \(SLICE\\_UTILIZATION\\_RATIO\)](#) 制約の許容範囲を定義します。

パラメータの値は、次のように定義できます。

- ・ パーセンテージまたは
- ・ スライスまたは LUT-FF ペアの絶対数

スライス使用率がこの制約で指定したマージン値の範囲内であれば、制約は満たされていると判断され、タイミング最適化が実行されます。

詳細は、次を参照してください。

[エリア制約を設定した場合のスピード最適化](#)

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

グローバルに、または VHDL エンティティまたは Verilog モジュールに適用します。

## 適用ルール

設定したエンティティまたはモジュールに適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute slice_utilization_ratio_maxmargin: string;
```

次のように指定します。

```
attribute slice_utilization_ratio_maxmargin of entity_name :  
entity is "integer";
```

```
attribute slice_utilization_ratio_maxmargin of entity_name :  
entity is "integer%";
```

```
attribute slice_utilization_ratio_maxmargin of entity_name :  
entity is "integer#";
```



上記の例で、整数値は最初の 2 つの例ではパーセントとして処理され、最後の例ではスライスまたは FF-LUT ペアの絶対数として処理されます。

% が使用されるか、% と # のどちらも使用されない場合、整数値の範囲は 0 ～ 100 です。

### Verilog の構文例

次をモジュール宣言またはインスタンス化の直前に入力します。

```
(* slice_utilization_ratio_maxmargin = "integer" *)  
(* slice_utilization_ratio_maxmargin = "integer%" *)  
(* slice_utilization_ratio_maxmargin = "integer#" *)
```

上記の例で、整数値は最初の 2 つの例ではパーセントとして処理され、最後の例ではスライスまたは FF-LUT ペアの絶対数として処理されます。

### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name" slice_utilization_ratio_maxmargin=integer;
```

### XCF の構文例 2

```
MODEL "entity_name" slice_utilization_ratio_maxmargin="integer%";
```

### XCF の構文例 3

```
MODEL "entity_name" slice_utilization_ratio_maxmargin="integer#";
```

上記の例で、整数値は最初の 2 つの例ではパーセントとして処理され、最後の例ではスライスまたは LUT/FF ペアの絶対数として処理されます。

整数値と % および # 文字の間にはスペースを入れないでください。

% および # は XST Constraint File (XCF) の特殊文字なので、整数値と % または # 文字を二重引用符 ( " ") で囲んでください。

% が使用されるか、% と # のどちらも使用されない場合、整数値の範囲は 0 ～ 100 です。

### XST コマンドライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-slice_utilization_ratio_maxmargin integer  
-slice_utilization_ratio_maxmargin integer%  
-slice_utilization_ratio_maxmargin integer#
```

上記の例で、整数値は最初の 2 つの例ではパーセントとして処理され、最後の例ではスライスまたは LUT/FF ペアの絶対数として処理されます。

% が使用されるか、% と # のどちらも使用されない場合、整数値の範囲は 0 ～ 100 です。

## 単一 LUT へのエンティティのマップ (LUT\_MAP)

1 つのブロックを 1 つの LUT にマップするように指定します。RTL レベルで記述された機能が 1 つの LUT にフィットしない場合は、エラー メッセージが表示されます。

LUT コンポーネントを直接 HDL ソース コードにインスタンス化するには、UNISIM ライブラリを使用します。LUT のファンクションを指定するには、LUT のインスタンスに INIT 制約を設定します。インスタンス化した LUT またはレジスタを特定のスライスに配置する場合は、同じインスタンスに **RLOC** 制約を設定します。

これには、LUT INIT ファンクションおよびその他の方法を使用できます。たとえば、1 つの LUT にマップするファンクションを HDL ソース コードの別ブロックで記述する方法があります。このブロックに LUT\_MAP 制約を設定すると、このブロックが 1 つの LUT にマップされます。LUT の INIT 値は XST により自動的に算出され、最適化中この LUT が保持されます。

詳細は、次を参照してください。

### LUT へのロジックのマップ

XST では、Synplify の xc\_map 制約が自動的に認識されます。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

エンティティまたはモジュールに適用します。

## 適用ルール

設定したエンティティまたはモジュールに適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute lut_map: string;
```

次のように指定します。

```
attribute lut_map of entity_name: entity is "{yes|no}";
```

### Verilog の構文例

次をモジュール宣言またはインスタンス化の直前に入力します。

```
(* lut_map = "{yes|no}" *)
```

### XCF の構文例

```
MODEL "entity_name" lut_map={yes|no|true|false};
```

## キャリーチェーンの使用 (USE\_CARRY\_CHAIN)

キャリーチェーンの使用 (USE\_CARRY\_CHAIN) 制約には、次の特徴があります。

- ・ グローバルにもローカルにも設定できます。
- ・ マクロ生成時にキャリー チェーンの使用を無効にできます。

XST では、一部のマクロをインプリメントする際にキャリー チェーン リソースが使用されますが、キャリー チェーンを使用しない方が良い結果が得られる場合があります。

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

- ・ **yes**
- ・ **no**

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

グローバルに適用されるか、信号に適用されます。

## 適用ルール

設定した信号に適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### 回路図の例

- ・ 有効なインスタンスに設定します。
- ・ 属性名  
**USE\_CARRY\_CHAIN**
- ・ 属性値
  - **yes**
  - **no**

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute use_carry_chain: string;
```

次のように指定します。

```
attribute use_carry_chain of signal_name: signal is "{yes|no}";
```

### Verilog の構文例

次を信号宣言の直前に入力します。

```
(* use_carry_chain = "{yes|no}" *)
```

## XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name" use_carry_chain={yes|no|true|false};
```

## XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
NET "signal_name" use_carry_chain={yes|no|true|false};  
END;
```

## XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-use_carry_chain {yes|no}
```

デフォルトは、yes です。

## トリステートからロジックへの変換 (TRISTATE2LOGIC)

内部トリステートをロジックに変換するために使用します。

デバイスによっては内部トリステートがサポートされないため、トリステートが自動的に等価ロジックに変換されます。トリステートから生成されるロジックは、周辺のロジックと組み合わせて最適化が可能なので、内部トリステートをロジックに置換すると、スピードを向上でき、場合によってはエリア最適化も向上できます。ただし、通常はトリステートをロジックに置換すると、エリアは増加します。最適化目標を area に設定している場合は、TRISTATE2LOGIC を no に設定してください。

### 制限事項

- ・ ロジックに変換されるのは、内部トリステートのみです。出力パッドに接続された最上位モジュールのトリステートは保持されます。
- ・ インクリメンタル合成がアクティブになっている場合は、内部トリステートはロジックに変換されません。
- ・ 次の場合、XST でトリステートがロジックに変換されません。
  - トリステートがブラックボックスに接続されている
  - トリステートがロジックの出力に接続され、そのブロックの階層が保護されている
  - トリステートが最上位レベルの出力に接続されている
  - トリステートが配置されたブロックまたはトリステートが接続された信号で TRISTATE2LOGIC が no に設定されている

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

- ・ **yes** (デフォルト)
- ・ **no**
- ・ **true** (XCF のみ)
- ・ **false** (XCF のみ)

### アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

### 適用可能エレメント

デザイン全体 (XST コマンドラインを使用)、特定ブロック (エンティティ、アーキテクチャ、コンポーネント)、または信号に適用されます。

### 適用ルール

設定したエンティティ、コンポーネント、モジュール、信号、インスタンスに適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute tristate2logic: string;
```

次のように指定します。

```
attribute tristate2logic of  
{entity_name|component_name|signal_name}:  
{entity|component|signal} is "{yes|no}";
```

### Verilog の構文例

次をモジュールまたは信号宣言の直前に入力します。

```
(* tristate2logic = "{yes|no}" *)
```

### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name" tristate2logic={yes|no|true|false};
```

### XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
NET "signal_name" tristate2logic={yes|no|true|false};  
END;
```

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-tristate2logic {yes|no}
```

デフォルトは、yes です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Xilinx-Specific Options] → [Convert Tristates to Logic]

## クロック イネーブルの使用 (USE\_CLOCK\_ENABLE)

USE\_CLOCK\_ENABLE を使用すると、フリップフロップのクロック イネーブルの使用を有効または無効にできます。ASIC プロトタイプの場合は、通常クロック イネーブルを無効にします。

制約値を no または false に設定すると、最終インプリメンテーションでクロック イネーブル (CE) リソースが使用されません。また、デザインによっては、フリップフロップのデータ入力にクロック イネーブルを付けることで、ロジックが最適化され、結果が改善されることもあります。

auto に設定すると、フリップフロップ入力の専用 CE 入力を使用した方がいいか、フリップフロップの D 入力に CE ロジックを使用した方がいいかが比較検討されます。フリップフロップがインスタンス化されると、XST では [インスタンス化されたプリミティブの最適化 \(OPTIMIZE\\_PRIMITIVES\)](#) が yes の場合にのみ、クロック イネーブルを削除します。

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

- ・ **auto** (デフォルト)
- ・ **yes**
- ・ **no**
- ・ **true** (XCF のみ)
- ・ **false** (XCF のみ)

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

次に適用されます。

- ・ XST コマンド ラインからデザイン全体に適用
- ・ 特定ブロック (entity、architecture、component)
- ・ フリップフロップを表す信号
- ・ インスタンス化されたフリップフロップを表すインスタンス

## 適用ルール

設定したエンティティ、コンポーネント、モジュール、信号、インスタンスに適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute use_clock_enable: string;
```

次のように指定します。

```
attribute use_clock_enable of
{entity_name|component_name|signal_name|instance_name} :
{entity|component|signal|label} is "{auto|yes|no}";
```

### Verilog の構文例

インスタンス、モジュール、または信号宣言の直前に入力します。

```
(* use_clock_enable = "{auto|yes|no}" *)
```

### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name" use_clock_enable={auto|yes|no|true|false};
```

### XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"
NET "signal_name" use_clock_enable={auto|yes|no|true|false};
END;
```

### XCF の構文例 3

```
BEGIN MODEL "entity_name"
INST "instance_name" use_clock_enable={auto|yes|no|true|false};
END;
```

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-use_clock_enable {auto|yes|no}
```

デフォルトは、auto です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Xilinx-Specific Options] → [Use Clock Enable]



## 同期セットの使用 (USE\_SYNC\_SET)

フリップフロップの同期セットの使用を有効または無効にします。ASIC プロトタイプの場合は、通常同期セットを無効にします。制約値を no または false に設定すると、最終インプリメンテーションで同期セットリソースが使用されません。また、デザインによっては、フリップフロップのデータ入力に同期リセット機能を付けることで、ロジック最適化が向上し、優れた結果品質 (QoR) を実現できることがあります。

auto に設定すると、フリップフロップ入力の専用同期セット入力を使用した方がいいか、フリップフロップの D 入力に同期セットロジックを使用した方がいいかが比較検討されます。フリップフロップがインスタンス化されると、XST では **インスタンス化されたプリミティブの最適化 (OPTIMIZE\_PRIMITIVES)** が yes の場合にのみ、同期リセットを削除します。

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

- ・ **auto** (デフォルト)
- ・ **yes**
- ・ **no**
- ・ **true** (XCF のみ)
- ・ **false** (XCF のみ)

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

次に適用されます。

- ・ XST コマンド ラインからデザイン全体に適用
- ・ 特定ブロック (entity、architecture、component)
- ・ フリップフロップを表す信号
- ・ インスタンス化されたフリップフロップを表すインスタンス

## 適用ルール

設定したエンティティ、コンポーネント、モジュール、信号、インスタンスに適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute use_sync_set: string;
```

次のように指定します。

```
attribute use_sync_set of
{entity_name|component_name|signal_name|instance_name}:
{entity|component|signal|label} is "{auto|yes|no}";
```

### Verilog の構文例

インスタンス、モジュール、または信号宣言の直前に入力します。

```
(* use_sync_set = "{auto|yes|no}" *)
```

### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name" use_sync_set={auto|yes|no|true|false};
```

### XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"

NET "signal_name" use_sync_set={auto|yes|no|true|false};

END;
```

### XCF の構文例 3

```
BEGIN MODEL "entity_name"

INST "instance_name" use_sync_set={auto|yes|no|true|false };

END;
```

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-use_sync_set {auto|yes|no}
```

デフォルトは、auto です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Xilinx-Specific Options] → [Use Synchronous Set]

## 同期リセットの使用 (USE\_SYNC\_RESET)

フリップフロップの同期リセットの使用を有効または無効にします。ASIC プロトタイプをの場合は、同期セットを無効にできます。

制約値を `no` または `false` に設定すると、最終インプリメンテーションで同期リセットリソースが使用されません。また、デザインによっては、フリップフロップのデータ入力に同期リセットを付けることで、ロジックが最適化され、結果が改善されることもあります。

`auto` に設定すると、フリップフロップ入力の専用同期リセット入力を使用した方がいいか、フリップフロップの D 入力に同期リセットロジックを使用した方がいいかが比較検討されます。フリップフロップがインスタンス化されると、XST では **インスタンス化されたプリミティブの最適化 (OPTIMIZE\_PRIMITIVES)** が `yes` の場合にのみ、同期リセットを削除します。

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

- ・ **auto** (デフォルト)
- ・ **yes**
- ・ **no**
- ・ **true** (XCF のみ)
- ・ **false** (XCF のみ)

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

次に適用されます。

- ・ XST コマンド ラインからデザイン全体に適用
- ・ 特定ブロック (entity、architecture、component)
- ・ フリップフロップを表す信号
- ・ インスタンス化されたフリップフロップを表すインスタンス

## 適用ルール

設定したエンティティ、コンポーネント、モジュール、信号、インスタンスに適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute use_sync_reset: string;
```

次のように指定します。

```
attribute use_sync_reset of  
{entity_name|component_name|signal_name|instance_name}: is  
"{entity|component|signal|label; is {auto|yes|no}}";
```

### Verilog の構文例

インスタンス、モジュール、または信号宣言の直前に入力します。

```
(* use_sync_reset = "{auto|yes|no}" *)
```

### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name" use_sync_reset={auto|yes|no|true|false};
```

### XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
NET "signal_name" use_sync_reset={auto|yes|no|true|false};  
END;
```

### XCF の構文例 3

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
INST "instance_name" use_sync_reset={auto|yes|no|true|false};  
END;
```

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-use_sync_reset {auto|yes|no}
```

デフォルトは、auto です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Xilinx-Specific Options] → [Use Synchronous Reset]

## DSP ブロックの使用 (USE\_DSP48)

DSP ブロック リソースの使用をイネーブルまたはディスエーブルにします。

### 制約値

この制約に使用できる値は、次のとおりです。

- ・ **auto** (デフォルト)

XST は選択的に演算ロジックを DSP ブロックへインプリメントし、回路パフォーマンスが最高になるようにします。DSP ブロックのインプリメンテーションには、乗算器、乗加減算器、乗累算器のようなマクロが自動的に考慮されます。XST は DSP ブロックのカスケード機能をできるだけ使用しようとしています。加算器、カウンタ、スタンドアロンのアキュムレータなどのその他のマクロは、スライス ロジックにインプリメントされます。

- ・ **automax**

XST は選択したデバイスで使用可能なリソースの制限内で DSP ブロックを最大限に使用します。auto モードで考慮されたマクロだけでなく、加算器、カウンタ、スタンドアロンのアキュムレータなどのファンクションも DSP ブロック インプリメンテーションの候補として考慮されます。主な目的が集積度にある場合は、この automax を使用し、LUT リソースを空けることをお勧めします。

**Attention** automax を使用すると、デフォルトの auto モードに比べて回路パフォーマンスが落ちます。主なインプリメンテーション目的がパフォーマンスにある場合は、automax を使用しないでください。

- ・ **yes** [または **true** (XCF の場合)]

DSP ブロックへの演算ロジックのインプリメンテーションを強制できます。yes を使用すると、ファンクションを個別に DSP リソースへ強制的にインプリメントできますが、XST ではこのモードで実際に使用可能な DSP リソースが確認されず、DSP ブロックが超過して使用されてしまう可能性があるため、お勧めしません。

**Attention** yes にして DSP ブロックにファンクションをインプリメントする場合、選択デバイスで実際に使用可能な DSP リソース量と [DSP\\_UTILIZATION\\_RATIO](#) 制約で定義された最大アロケーション (割合) の両方が無視されます。この結果、使用可能な、またはバジェットよりも多く DSP リソースが使用される可能性があります。

- ・ **no** [または **false** (XCF の場合)]

DSP ブロックへ該当ロジックがインプリメンテーションされないようにできます。

### DSP ブロック リソース

auto モードおよび automax モードにすると、[DSP 使用率 \(DSP\\_UTILIZATION\\_RATIO\)](#) 制約を使用した合成で DSP ブロック リソースの数をさらに制御できます。デフォルトでは、選択したデバイスに使用可能な DSP ブロックがすべて使用可能であると認識されます。

乗加減算器、乗累算器のようなマクロは乗算器、アキュムレータ、レジスタなどの単純なマクロを統合したものとして扱われます。XST では、これらの統合を積極的に実行し、パフォーマンスを最大にします。特に、DSP ブロックではすべてのパイプライン ステージを使用します。

これらの基本的なマクロの DSP ブロックへの統合は、[キープ \(KEEP\)](#) 制約を使用して制御します。たとえば、乗算オペランドの前にレジスタ ステージが 2 つ使用可能な場合、それらの間に [KEEP](#) 制約を挿入すると、どちらか 1 つが DSP ブロックにインプリメントされないようになります。

サポートされるマクロおよびインプリメンテーションの制御については、次を参照してください。

[第 7 章「HDL コーディング手法」](#)

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

次に適用されます。

- ・ XST コマンド ラインからデザイン全体に適用
- ・ 特定ブロック (entity、architecture、component)
- ・ RTL レベルで記述されるマクロを表す信号

## 適用ルール

設定したエンティティ、コンポーネント、モジュール、または信号に適用されます。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute use_dsp48: string;
```

次のように指定します。

```
attribute use_dsp48 of "entity_name|component_name|signal_name":  
{entity|component|signal} is "{auto|automax|yes|no}";
```

### Verilog の構文例

インスタンス、モジュール、または信号宣言の直前に入力します。

```
(* use_dsp48 = "{auto|automax|yes|no}" *)
```

### XCF の構文例 1

```
MODEL "entity_name" use_dsp48={auto|automax|yes|no|true|false};
```

### XCF の構文例 2

```
BEGIN MODEL "entity_name"  
  
NET "signal_name" use_dsp48={auto|automax|yes|no|true|false};  
  
END;
```

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-use_dsp48 {auto|automax|yes|no}
```

デフォルトは、auto です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [HDL Options] → [Use DSP Block]





## タイミング制約

---

XST のタイミング制約は、次の方法で指定できます。

- ・ グローバルな最適化目標 (-glob\_opt)
- ・ User Constraints File (UCF)
- ・ XST Constraint File (XCF)

タイミング制約の指定方法にかかわらず、タイミング制約の処理に影響を与えるオプションは、次のとおりです。

- ・ クロック信号 (CLOCK\_SIGNAL)
- ・ クロス クロック解析 (-cross\_clock\_analysis)
- ・ タイミング制約の書き込み (-write\_timing\_constraints)

### グローバル最適化目標

グローバルな最適化目標 (-glob\_opt) を使用すると、次の 5 つのグローバル タイミング制約を使用できます。

- ・ ALLCLOCKNETS
- ・ OFFSET\_IN\_BEFORE
- ・ OFFSET\_OUT\_AFTER
- ・ INPAD\_TO\_OUTPAD
- ・ MAX\_DELAY

これら制約には、次のような特徴があります。

- ・ デザイン全体にグローバルに適用されます。
- ・ XST では、最適のパフォーマンスを目標として最適化が実行されるため、これらの制約に値を設定することはできません。
- ・ UCF ファイルで指定された制約で上書きされます。

## UCF (ユーザー制約ファイル)

UCF ファイルからは、ネイティブ UCF 構文を使用してタイミング制約を指定できます。XST では、次の制約がサポートされます。

- ・ タイミング名 (TNM)
- ・ タイムグループ (TIMEGRP)
- ・ 周期 (PERIOD)
- ・ タイミング無視 (TIG)
- ・ From-To (FROM-TO)

XST では、これらの制約でワイルドカードや階層名を使用できます。

## XCF (ザイリンクス制約ファイル)

XST Constraint File (XCF) ファイルでタイミング制約を指定する場合、階層の区切り記号にはアンダースコア ( \_ ) ではなく、スラッシュ ( / ) を使用してください。

詳細は、次を参照してください。

### 階層区切り文字

XST で指定したタイミング制約のすべてまたは一部がサポートされない場合は、次が実行されます。

- ・ 警告メッセージが表示されます。
- ・ タイミング最適化段階でサポートされていないタイミング制約またはサポートされていない部分は無視されます。

[Write Timing Constraints] ( `-write_timing_constraints` ) プロパティを yes (チェックボックスはオン) に設定している場合は、タイミング最適化の段落で無視された制約も含め、すべての制約が最終的なネットリストに記述されます。

XCF では、次のタイミング制約がサポートされています。

- ・ 周期 (PERIOD)
- ・ オフセット (OFFSET)
- ・ From-To (FROM-TO)
- ・ タイミング名 (TNM)
- ・ ネットのタイミング名 (TNM\_NET)
- ・ タイムグループ (TIMEGRP)
- ・ タイミング無視 (TIG)

## クロック信号 (CLOCK\_SIGNAL)

クロック信号がフリップフロップのクロック入力に接続される前に組み合わせロジックを通過する場合、クロック信号となる入力ピンまたは内部信号が認識されません。この制約を設定すると、クロック信号を定義できます。

### アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

### 適用可能エレメント

信号に適用されます。

### 適用ルール

クロック信号に適用されます。

### 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

#### VHDL の構文例

次のように宣言します。

```
attribute clock_signal : string;
```

次のように指定します。

```
attribute clock_signal of signal_name: signal is "{yes|no}";
```

#### Verilog の構文例

次を信号宣言の直前に入力します。

```
(* clock_signal = "{yes|no}" *)
```

#### XCF の構文例

```
BEGIN MODEL "entity_name"
```

```
NET "primary_clock_signal" clock_signal={yes|no|true|false};
```

```
END;
```

## クロス クロック解析 (-cross\_clock\_analysis)

複数のクロックドメイン間のタイミング最適化を実行します。これらの最適化は常に必要なわけではないので、デフォルトではオフになっています。最適化がオフになっている場合、XST は各クロックドメイン内でのみタイミングを最適化します。

フリップフロップのリタイミングを使用するために [レジスタの自動調整 \(REGISTER\\_BALANCING\)](#) を使用した場合は、クロス クロック解析制約でもリタイミングの範囲が定義されます。

- ・ クロス クロック解析がオンになっている場合、必要であれば 1 つのクロックドメインから別のドメインにロジックが移動されることもあります。
- ・ クロス クロック解析がオフになっている場合は、レジスタの自動調整が各クロックドメイン内でのみ実行されます。

クロックドメイン間のタイミング情報の入手先については、[「クロス クロックドメイン タイミング情報の取得」](#)を参照してください。これは、デフォルトでは XST 合成レポートに含まれます。クロックドメイン間の最適化を、このレポートを入手するためにアクティベートする必要はありません。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

XST コマンドラインでデザイン全体に適用されます。

## 適用ルール

ありません。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XST コマンドライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
-cross_clock_analysis {yes|no}
```

デフォルトは no です。

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックスの [Synthesis Options] ページにある [Cross Clock Analysis]

## From-To (FROM-TO)

2 つのグループ間のタイミング制約を設定します。

この場合のグループは、ユーザー定義のグループまたは定義済みのグループです。

- ・ FF
- ・ PAD
- ・ RAM

詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## 適用ルール

詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XCF の構文例

```
TIMESPEC TSname = FROM group1 TO group2 value;
```

## グローバルな最適化目標 (-glob\_opt)

グローバルな最適化目標 (-glob\_opt) 制約には、次の特徴があります。

- ・ 最適なパフォーマンスにするため、でのデザイン全体の最適化方法を定義します。
- ・ XST で次のデザイン領域を最適化できるようにします。
  - レジスタからレジスタ
  - 入力パッドからレジスタ
  - レジスタから出力パッド
  - 入力パッドから出力パッド
- ・ 次のグローバル タイミング制約のいずれかを選択できます。
  - **ALLCLOCKNETS**  
デザイン全体の周期を最適化します。
  - **OFFSET\_BEFORE**  
特定クロックまたはデザイン全体に対して、入力パッドからクロックまでの最大遅延を最適化します。
  - **OFFSET\_OUT\_AFTER**  
特定クロックまたはデザイン全体に対して、クロックから出力パッドまでの最大遅延を最適化します。
  - **INPAD\_OUTPAD**  
デザイン全体の入力パッドから出力パッドまでの最大遅延を最適化します。
  - **MAX\_DELAY**  
上記 4 つの制約を統合したものです。

これらの制約は、デザイン全体にグローバルに適用されます。制約ファイルでタイミング制約が指定されていない場合にのみ、適用されます。XST では、最適のパフォーマンスを目標として最適化が実行されるため、これらの制約に値を設定することはできません。これらの制約は、UCF ファイルで指定された制約で上書きされます。

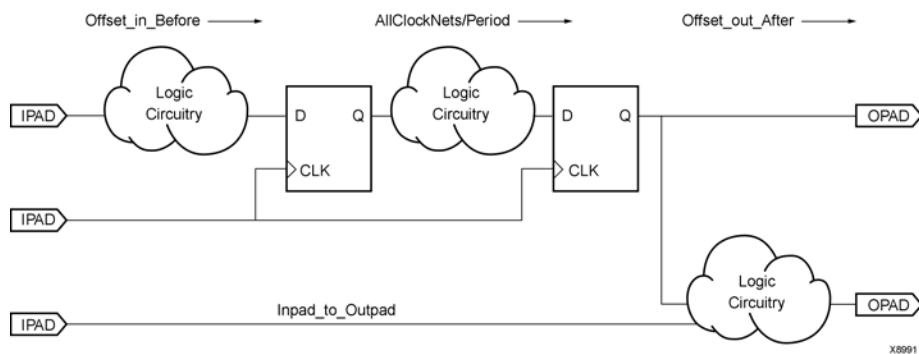
この値は、ISE® Design Suite の [Process Properties] ダイアログ ボックスの [Synthesis Options] ページにある [Global Optimization Goal] で設定できます。

## グローバル最適化のドメインの定義

指定できるドメインは次のとおりです。

- ・ ALLCLOCKNETS (レジスタからレジスタ)  
デザイン内のすべてのクロックに対し、同じクロックパス上にあるレジスタ間のすべてのパスが指定されます。クロックドメイン遅延を考慮に入れるには、[クロスクロック解析 \(-cross\\_clock\\_analysis\)](#) を yes に設定します。
- ・ OFFSET\_IN\_BEFORE (入力パッドからレジスタ)  
プライマリ入力ポートからすべての順次エレメント、または指定したクロック信号名で駆動される特定の順次エレメントまでのパスが指定されます。
- ・ OFFSET\_OUT\_AFTER (レジスタから出力パッド)  
OFFSET\_IN\_BEFORE と同様ですが、順次エレメントからの制約をすべてのプライマリ出力ポートに設定します。
- ・ INPAD\_TO\_OUTPAD (入力パッドから出力パッド)  
最大組み合わせパス制約が指定されます。
- ・ MAX\_DELAY
  - ALLCLOCKNETS
  - OFFSET\_IN\_BEFORE
  - OFFSET\_OUT\_AFTER
  - INPAD\_TO\_OUTPAD

グローバル最適化目標のドメインの図



## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

```
glob_opt {allclocknets|offset_in_before|offset_out_after
|inpad_to_outpad|max_delay} -
```

### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process] → [Process Properties] → [Synthesis Options] → [Global Optimization Goal]

## オフセット (OFFSET)

OFFSET (オフセット) 制約には、次の特徴があります。

- ・ タイミング制約です。
- ・ 外部クロックと関連するデータ入力ピンまたはデータ出力ピンとのタイミング関係を指定します。
- ・ パッド関連の信号にのみ使用されます。
- ・ デザインの内部信号への信号到着時間は指定できません。
- ・ 外部ネットからデータ入力とクロック入力 that 供給されるフリップフロップで、セットアップ タイムの要件が満たされているかを計算できます。
- ・ 外部デバイス ピンからクロックが供給される内部フリップフロップの Q 出力から生成された外部出力ネットの遅延を指定できます。

この制約の詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## 適用ルール

詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XCF の構文例

```
OFFSET = {IN|OUT} offset_time [units] {BEFORE|AFTER} clk_name  
[TIMEGRP group_name];
```



## 周期 (PERIOD)

PERIOD は、基本的なタイミング制約および合成制約です。PERIOD 制約を指定すると、デスティネーション エLEMENT のグループで定義されているクロックドメイン内で、すべての同期 ELEMENT 間のタイミングが確認されます。クロックが別のクロックの関数として定義されている場合、グループには複数のクロックドメインを通過するパスが含まれます。

MMCM ブロックの場合は、PERIOD 制約を該当するクロック入力信号に適用します。MMCM クロック出力信号に対して関連する PERIOD 制約を手動で作成する必要はありません。これらは XST で自動的に設定されるので、正確なタイミング データに基づいて合成で指定されます。

これらの PERIOD 制約は NGC ネットリストで指定した場合にのみ書き出されます。派生した制約はこの時点では書き出されず、後のインプリメンテーション中に書き出されます。

この制約の詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能 ELEMENT

詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## 適用ルール

詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XCF の構文例

```
NET netname PERIOD = value [{HIGH|LOW} value];
```

## タイミング名 (TNM)

タイミング名 (TNM) 制約には、次の特徴があります。

- ・ 基本的なグループ制約です。
- ・ タイミング仕様で使用するグループを構成するエレメントを指定します。
- ・ 特定の FF、RAM、LATCH、PAD、BRAM\_PORTA、BRAM\_PORTB、CPU、HSIO、MULT エレメントをグループのメンバーとして指定して、タイミング仕様の適用を簡略化できます。

この制約は、キーワード RISING および FALLING と一緒に使用できます。

この制約の詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## 適用ルール

詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XCF の構文例

```
{INST|NET|PIN} inst_net_or_pin_name TNM =  
[predefined_group:]identifier;
```

## ネットのタイミング名 (TNM\_NET)

ネットのタイミング名 (TNM\_NET) は、入力パッドの場合を除き、ネットに設定したタイミング名 (TNM) と基本的に同じです。タイミング名 (TNM) および TNM\_NET を DLL、DCM、および PLL で、PERIOD 制約と使用する場合は、特別なルールが適用されます。

詳細は、次を参照してください。

『制約ガイド』の「CLKDLL、DCM、PLL での PERIOD 指定」

TNM\_NET は通常、特定のネットをグループ化するため HDL デザインで使われます。TNM\_NET で指定されたダウンストリームの同期エレメントおよびパッドは、すべてグループと見なされます。

この制約の詳細は、『制約ガイド』を参照してください。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

詳細は、『制約ガイド』を参照してください。

## 適用ルール

詳細は、『制約ガイド』を参照してください。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XCF の構文例

```
NET netname TNM_NET = [predefined_group:] identifier;
```

## タイムグループ (TIMEGRP)

TIMEGRP は、基本的なグループ制約です。TNM 識別子を使用したグループに名前を付けることができます。

- ・ ほかのグループに相対的にグループを指定できます。
- ・ 既存グループを組み合わせてグループを作成できます。

次の操作を実行できます。

- ・ 次に Timegroup 制約を適用できます。
  - － XCF、または
  - － Netlist Constraints File (NCF)
- ・ Timegroup 属性を使用して次のいずれかの方法でグループを作成します。
  - － 複数のグループを 1 つのグループにまとめる
  - － クロックの立ち上がり/立ち下がりによってフリップフロップのサブグループを指定する

この制約の詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## 適用ルール

詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XCF の構文例

```
TIMEGRP newgroup = existing_grp1 existing_grp2 [existing_grp3  
...];
```

## タイミング無視 (TIG)

タイミング無視 (TIG) 制約には、次の特徴があります。

- ・ タイミング解析および最適化の際に、制約を設定したネットを通過するパスが無視されます。
- ・ 無視する信号の名前に適用します。

この制約の詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

## 適用可能エレメント

詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## 適用ルール

詳細は、『[制約ガイド](#)』を参照してください。

## 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

### XCF の構文例

```
NET net_name TIG;
```

## タイミング制約の書き込み (-write\_timing\_constraints)

タイミング制約は、次の設定をしている場合にのみ NGC ファイルに書き込まれます。

- ・ ISE® Design Suite の [Process Properties] ダイアログ ボックスの [Synthesis Options] ページにある [Write Timing Constraints] をオン
- ・ -write\_timing\_constraints コマンド ライン オプションを使用

デフォルトでは、タイミング制約は NGC ファイルに書き込まれません。

### アーキテクチャ サポート

Virtex®-6、Spartan®-6 および 7 シリーズ デバイスにのみ適用されます。

### 適用可能エレメント

XST コマンド ラインでデザイン全体に適用されます。

### 適用ルール

ありません。

### 構文例

次の例では、この制約を特定のツールまたは手法でどのように設定するかを示しています。ツールや手法が記述されていない場合は、その方法では設定できないことを示しています。

#### XST コマンド ライン構文

run コマンドでグローバルに設定します。

**-write\_timing\_constraints {yes|no}**

デフォルトは no です。

#### ISE Design Suite からの設定

ISE Design Suite でグローバルに定義します。

[Process Properties] ダイアログ ボックス → [Synthesis Options] → [Write Timing Constraints]

## XST でサポートされるサードパーティの制約

XST では、多くのサードパーティ制約がサポートされます。次の表は、それらの制約と同じ動作をする XST 制約を示しています。各制約の機能などについては、該当するベンダーのマニュアルを参照してください。

次の表で「あり」になっている制約は、完全にサポートされています。部分的にのみサポートされる場合は、その詳細が次の表の自動識別の列に記述されています。

サードパーティ制約は、ザイリンクス制約と同様、次の方法のいずれかで適用できます。

- ・ VHDL 属性
- ・ Verilog 属性
- ・ XCF 制約

VHDL では標準的な属性構文が使用されるので、HDL コードを変更する必要はありません。

サードパーティのメタコメント構文を含む Verilog の場合、そのメタコメント構文は XST の命名規則に従うように変更する必要があります。制約名とその値は、サードパーティ ツールで表示されているとおりに使用できます。

Verilog 2001 属性の場合、HDL コードを変更する必要はありません。制約は自動的に VHDL 属性構文に変換されます。

### サードパーティの制約と同等の XST 制約

| 名前                 | ベンダー     | 同等の XST 制約 | 自動認識 | HDL             |
|--------------------|----------|------------|------|-----------------|
| black_box          | Synopsys | ボックス タイプ   | なし   | VHDL<br>Verilog |
| black_box_pad_pin  | Synopsys | なし         | なし   | なし              |
| black_box_tri_pins | Synopsys | なし         | なし   | なし              |
| cell_list          | Synopsys | なし         | なし   | なし              |
| clock_list         | Synopsys | なし         | なし   | なし              |
| enum               | Synopsys | なし         | なし   | なし              |
| full_case          | Synopsys | フル ケース     | なし   | Verilog         |
| ispad              | Synopsys | なし         | なし   | なし              |
| map_to_module      | Synopsys | なし         | なし   | なし              |

| 名 前                         | ベンダー     | 同等の XST 制約     | 自動認識                                                                                                                                                                                         | HDL             |
|-----------------------------|----------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| net_name                    | Synopsys | なし             | なし                                                                                                                                                                                           | なし              |
| parallel_case               | Synopsys | パラレル ケース       | なし                                                                                                                                                                                           | Verilog         |
| return_port_name            | Synopsys | なし             | なし                                                                                                                                                                                           | なし              |
| resource_sharing directives | Synopsys | リソース共有         | なし                                                                                                                                                                                           | VHDL<br>Verilog |
| set_dont_touch_network      | Synopsys | 必要なし           | なし                                                                                                                                                                                           | なし              |
| set_dont_touch              | Synopsys | 必要なし           | なし                                                                                                                                                                                           | なし              |
| set_dont_use_cel_name       | Synopsys | 必要なし           | なし                                                                                                                                                                                           | なし              |
| set_prefer                  | Synopsys | なし             | なし                                                                                                                                                                                           | なし              |
| state_vector                | Synopsys | なし             | なし                                                                                                                                                                                           | なし              |
| syn_allow_retiming          | Synopsys | レジスタ自動調整       | なし                                                                                                                                                                                           | VHDL<br>Verilog |
| syn_black_box               | Synopsys | ボックス タイプ       | あり                                                                                                                                                                                           | VHDL<br>Verilog |
| syn_direct_enable           | Synopsys | なし             | なし                                                                                                                                                                                           | なし              |
| syn_edif_bit_format         | Synopsys | なし             | なし                                                                                                                                                                                           | なし              |
| syn_edif_scalar_format      | Synopsys | なし             | なし                                                                                                                                                                                           | なし              |
| syn_encoding                | Synopsys | FSM エンコード方法の指定 | あり<br><br>(safe は自動認識されません。<br><br>XST でセーフ インプリメンテーションを使用し<br>てこのモードを有効にしてください)                                                                                                             | VHDL<br>Verilog |
| syn_enum_encoding           | Synopsys | 列挙型エンコード手法     | なし                                                                                                                                                                                           | VHDL            |
| syn_hier                    | Synopsys | 階層の維持          | あり<br><br>syn_hier = hard は<br>keep_hierarchy = soft と<br>して認識<br><br>syn_hier = remove は<br>keep_hierarchy = no とし<br>て認識<br><br>XST でサポートされる<br>syn_hier の値は自動認<br>識で hard と remove の<br>み | VHDL<br>Verilog |
| syn_isclock                 | Synopsys | なし             | なし                                                                                                                                                                                           | なし              |
| syn_keep                    | Synopsys | キープ            | あり                                                                                                                                                                                           | VHDL<br>Verilog |



| 名 前                   | ベンダー     | 同等の XST 制約                 | 自動認識                                                            | HDL     |
|-----------------------|----------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------|
| syn_maxfan            | Synopsys | 最大ファンアウト                   | あり                                                              | VHDL    |
|                       |          |                            |                                                                 | Verilog |
| syn_netlist_hierarchy | Synopsys | ネットリスト階層                   | なし                                                              | VHDL    |
|                       |          |                            |                                                                 | Verilog |
| syn_noarrayports      | Synopsys | なし                         | なし                                                              | なし      |
| syn_noclockbuf        | Synopsys | バッファ タイプ                   | あり                                                              | VHDL    |
|                       |          |                            |                                                                 | Verilog |
| syn_noprune           | Synopsys | インスタンスエートされたプリミティブの最適化     | あり                                                              | VHDL    |
|                       |          |                            |                                                                 | Verilog |
| syn_pipeline          | Synopsys | レジスタ自動調整                   | なし                                                              | VHDL    |
|                       |          |                            |                                                                 | Verilog |
| syn_preserve          | Synopsys | 等価レジスタの削除                  | あり                                                              | VHDL    |
|                       |          |                            |                                                                 | Verilog |
| syn_ramstyle          | Synopsys | RAM 抽出 および RAM スタイル        | あり                                                              | VHDL    |
|                       |          |                            | 指定してもしなくても<br>no_rw_check モードでインプリメントします。<br><br>area 値は無視されます。 | Verilog |
|                       |          |                            |                                                                 |         |
| syn_reference_clock   | Synopsys | なし                         | なし                                                              | なし      |
| syn_replicate         | Synopsys | レジスタの複製                    | あり                                                              | VHDL    |
|                       |          |                            |                                                                 | Verilog |
| syn_romstyle          | Synopsys | ROM 抽出 および ROM スタイル        | あり                                                              | VHDL    |
|                       |          |                            |                                                                 | Verilog |
| syn_sharing           | Synopsys | リソース共有                     | なし                                                              | VHDL    |
|                       |          |                            |                                                                 | Verilog |
| syn_state_machine     | Synopsys | FSM 自動抽出                   | あり                                                              | VHDL    |
|                       |          |                            |                                                                 | Verilog |
| syn_tco               | Synopsys | なし                         | なし                                                              | なし      |
| syn_tpd               | Synopsys | なし                         | なし                                                              | なし      |
| syn_tristate          | Synopsys | なし                         | なし                                                              | なし      |
| syn_tristatetomux     | Synopsys | なし                         | なし                                                              | なし      |
| syn_tsu               | Synopsys | なし                         | なし                                                              | なし      |
| syn_useenables        | Synopsys | クロック イネーブルの使用              | なし                                                              | なし      |
| syn_useioff           | Synopsys | I/O レジスタの IOB 内へのバック (IOB) | なし                                                              | VHDL    |
|                       |          |                            |                                                                 | Verilog |

| 名 前                     | ベンダー     | 同等の XST 制約                      | 自動認識                                  | HDL     |
|-------------------------|----------|---------------------------------|---------------------------------------|---------|
| synthesis_translate_off | Synopsys | Translate Off と<br>Translate On | あり                                    | VHDL    |
| synthesis_translate_on  | Synopsys |                                 |                                       | Verilog |
| xc_alias                | Synopsys | なし                              | なし                                    | なし      |
| xc_clockbuftype         | Synopsys | バッファ タイプ                        | なし                                    | VHDL    |
|                         |          |                                 |                                       | Verilog |
| xc_fast                 | Synopsys | FAST                            | なし                                    | VHDL    |
|                         |          |                                 |                                       | Verilog |
| xc_fast_auto            | Synopsys | FAST                            | なし                                    | VHDL    |
|                         |          |                                 |                                       | Verilog |
| xc_global_buffers       | Synopsys | BUFG (XST)                      | なし                                    | VHDL    |
|                         |          |                                 |                                       | Verilog |
| xc_ioff                 | Synopsys | I/O レジスタの IOB 内<br>へのバック        | なし                                    | VHDL    |
|                         |          |                                 |                                       | Verilog |
| xc_isgsr                | Synopsys | なし                              | なし                                    | なし      |
| xc_loc                  | Synopsys | LOC                             | あり                                    | VHDL    |
|                         |          |                                 |                                       | Verilog |
| xc_map                  | Synopsys | 単一 LUT へのエンティ<br>ティのマップ         | あり<br><br>XST でサポートされる<br>値は lut のみです | VHDL    |
|                         |          |                                 |                                       | Verilog |
| xc_ncf_auto_relax       | Synopsys | なし                              | なし                                    | なし      |
| xc_nodelay              | Synopsys | NODELAY                         | なし                                    | VHDL    |
|                         |          |                                 |                                       | Verilog |
| xc_padtype              | Synopsys | I/O 規格                          | なし                                    | VHDL    |
|                         |          |                                 |                                       | Verilog |
| xc_props                | Synopsys | なし                              | なし                                    | なし      |
| xc_pullup               | Synopsys | PULLUP                          | なし                                    | VHDL    |
|                         |          |                                 |                                       | Verilog |
| xc_rloc                 | Synopsys | RLOC                            | あり                                    | VHDL    |
|                         |          |                                 |                                       | Verilog |
| xc_fast                 | Synopsys | FAST                            | なし                                    | VHDL    |
|                         |          |                                 |                                       | Verilog |
| xc_slow                 | Synopsys | なし                              | なし                                    | なし      |
| xc_uset                 | Synopsys | U_SET                           | あり                                    | VHDL    |
|                         |          |                                 |                                       | Verilog |

## XST 合成レポート

---

XST 合成レポートは、

- ・ ASCII テキスト ファイルです。
- ・ レポートとログの混在したファイルです。
- ・ XST 合成の実行に関する情報を含みます。

合成中は、XST 合成レポートを使用すると、

- ・ 合成の進捗状況を制御できます。
- ・ その時点までで実行されていることを確認できます。

合成後は、XST 合成レポートを使用すると、

- ・ HDL 記述が予測どおりに処理されたかどうかを判断できます。
- ・ 合成されたネットリストがインプリメンテーションまで実行されると、デバイス使用率と最適化レベルがデザイン目標を見たしそうかどうか判断できます。

## XST 合成レポートの内容

XST 合成レポートには、次のセクションが含まれます。

- ・ [目次](#)
- ・ [合成オプションのサマリ](#)
- ・ [HDL 解析およびエラボレーション](#)
- ・ [HDL 合成](#)
- ・ [アドバンス HDL 合成](#)
- ・ [下位レベルの合成](#)
- ・ [パーティション レポート](#)
- ・ [Design Summary](#)

## 目次

目次を使用すると、レポートの該当セクションをすぐに表示できます。

詳細は、次を参照してください。

[XST 合成レポートのナビゲーション](#)

## 合成オプションのサマリ

Synthesis Options Summary セクションには、現在の合成に使用されたパラメータやオプションがまとめられています。

## XST の HDL 解析およびエラボレーション

HDL 解析およびエラボレーション中、XST では次が実行されます。

- ・ 合成プロジェクトを構成する VHDL および Verilog ファイルの解析
- ・ VHDL および Verilog ファイルの内容の解釈
- ・ デザイン階層の認識
- ・ HDL コードのミスを表示
- ・ 次のような潜在的な問題を指摘
  - － 合成後と HDL のシミュレーションの不一致
  - － 潜在的なマルチソースの状態

合成の後半で問題が発生すると、このセクションにその問題の原因が表示されます。

## HDL 合成

HDL 合成中、XST では次が実行されます。

- ・ 後で特定のインプリメンテーションが可能なレジスタ、加算器、乗算器などの基本的なマクロを認識します。
- ・ FSM の記述をブロックごとに検索します。
- ・ 推論したマクロの統計を含めた HDL 合成レポートを生成します。

マクロ処理および合成プロセス中に表示されるメッセージの詳細については第 7 章「HDL のコーディング手法」を参照してください。

## アドバンス HDL 合成

アドバンス HDL 合成中、XST では次が実行されます。

- ・ HDL 合成段階で推論された基本マクロをカウンタ、パイプライン接続された乗算器、乗累算ファンクションなどの大型のマクロ ブロックにまとめようとします。
- ・ 推論された各有限ステート マシン (FSM) に選択したエンコード方法に関するレポートを表示します。

この部分には、デザイン全体で認識されたマクロのサマリがタイプ別に記述されます。

詳細は、次を参照してください。

[第 7 章「HDL コーディング手法」](#)

## 下位レベルの合成

この Low Level Synthesis セクションには、等価フリップフロップの削除、レジスタの複製、定数フリップフロップの最適化などを含む、XST で実行された下位レベルの最適化に関する情報が表示されます。

## パーティション レポート

このセクションには、デザインがパーティション処理された場合の詳細なパーティション情報が含まれます。

## デザイン サマリ

デザイン サマリのセクションには、合成が問題なく終了したかどうか、特にデバイス使用率と回路パフォーマンスがデザイン目標を達成しているかどうか記述されます。

このセクションでは、次の内容が説明されています。

- ・ プリミティブおよびブラック ボックスの使用率
- ・ デバイス使用率のサマリ
- ・ パーティション リソース サマリ
- ・ タイミング レポート
- ・ クロック情報
- ・ 非同期制御信号の情報
- ・ タイミング サマリ
- ・ タイミングの詳細
- ・ 暗号化されたモジュール

## プリミティブおよびブラック ボックスの使用率

このサブセクションには、すべてのデバイス プリミティブと認識されたブラック ボックスの使用統計が表示されます。

プリミティブは、次のグループに分類されます。

- ・ **BELS**  
LUT、MUXCY、XORCY、MUXF5、MUXF6 などの基本的な論理プリミティブすべて
- ・ フリップフロップおよびラッチ
- ・ ブロックおよび分散 RAM
- ・ シフトレジスタ プリミティブ
- ・ トライステート バッファ
- ・ クロック バッファ
- ・ I/O バッファ
- ・ AND2 や OR2 などのさらに複雑なその他の論理プリミティブ
- ・ その他のプリミティブ

## デバイス使用率のサマリ

このサブセクションには、次のようなファンクションの XST のデバイス使用率の概算が表示されます。

- ・ スライス ロジックの使用率
- ・ スライス ロジックの分配
- ・ フリップフロップ数
- ・ I/O 使用率
- ・ ブロック RAM 数
- ・ DSP ブロック数

MAP を後で実行したときに生成されるレポートと類似しています。

## パーティション リソース サマリ

パーティションが定義されると、このサブセクションに Device Utilization Summary (デバイス使用率のサマリ) と同じような情報がパーティションごとの基準で表示されます。

## タイミング レポート

このサブセクションには、XST のタイミング概算が表示され、この情報を次に利用することができます。

- ・ デザインがパフォーマンスおよびタイミング要件を満たしているかどうかの判断
- ・ パフォーマンスおよびタイミング要件が達成できない場合のボトルネックの検出

## クロック情報

このサブセクションには、デザインのクロック数、各クロックがどのようにバッファを介しているか、およびそれに対応するファンアウトに関する情報が表示されます。

### Clock Information サブセクションの例

Clock Information:

| -----              |                        |      |  |
|--------------------|------------------------|------|--|
| -----+-----+-----+ |                        |      |  |
| Clock Signal       | Clock buffer (FF name) | Load |  |
| -----+-----+-----+ |                        |      |  |
| CLK                | BUFGP                  | 11   |  |
| -----+-----+-----+ |                        |      |  |

## 非同期制御信号の情報

このサブセクションには、デザインの非同期セット/リセット数、各信号がどのようにバッファを介しているか、およびそれに対応するファンアウトに関する情報が表示されます。

## Asynchronous Control Signals Report Information サブセクションの例

Asynchronous Control Signals Information:

| Control Signal                         | Buffer (FF name)                | Load |  |
|----------------------------------------|---------------------------------|------|--|
| rstint (MACHINE/current_state_Out01:0) | NONE (sixty/lsbcount/qoutsig_3) | 4    |  |
| RESET                                  | IBUF                            | 3    |  |
| sixty/msbclr (sixty/msbclr:0)          | NONE (sixty/msbcount/qoutsig_3) | 4    |  |

## タイミング サマリ

このサブセクションには、次のネットリストの 4 つの可能性のあるクロックドメインすべてに関するタイミング情報が表示されます。

- ・ 最小周期 (レジスタ間のパス)
- ・ クロック前の最小入力到着時間 (入力からレジスタへのパス)
- ・ クロック後の最大出力必須時間 (レジスタから出力へのパス)
- ・ 最大組み合わせパス遅延 (入力パッドから出力パッドへのパス)

このタイミング情報は、概算です。正確なタイミング情報については、配置配線後に生成される TRACE レポートを参照してください。

## Timing Summary サブセクションの例

Timing Summary:

Speed Grade: -1

Minimum period: 2.644ns (Maximum Frequency: 378.165MHz)

Minimum input arrival time before clock: 2.148ns

Maximum output required time after clock: 4.803ns

Maximum combinatorial path delay: 4.473ns

## タイミングの詳細

このサブセクションには、次を含む各クロック領域で最もクリティカルなパスに関する情報が表示されます。

- ・ 開始点
- ・ 終了点
- ・ 最大遅延
- ・ ロジック レベル
- ・ パスを個々のネットおよびコンポーネント遅延にまで細かく分解した情報、ネット ファンアウトに関する価値のある情報など
- ・ 配線とロジック間の分配

XST で [ネットリスト階層 \(-netlist\\_hierarchy\)](#) が使用されて階層ネットリストが生成され、レポートされるパスが階層バウンダリを超えている場合は、詳細なパス情報で begin scope および end scope キーワードが使用され、パスの階層への出入りが示されます。

## Timing Details レポートの例

Timing Details:

-----

All values displayed in nanoseconds (ns)

=====

Timing constraint: Default period analysis for Clock 'CLK'

Clock period: 2.644ns (frequency: 378.165MHz)

Total number of paths / destination ports: 77 / 11

-----

Delay: 2.644ns (Levels of Logic = 3)

Source: MACHINE/current\_state\_FFd3 (FF)

Destination: sixty/msbcount/qoutsig\_3 (FF)

Source Clock: CLK rising

Destination Clock: CLK rising

Data Path: MACHINE/current\_state\_FFd3 to sixty/msbcount/qoutsig\_3

|              |        | Gate                                   | Net   |                                       |
|--------------|--------|----------------------------------------|-------|---------------------------------------|
| Cell:in->out | fanout | Delay                                  | Delay | Logical Name (Net Name)               |
| -----        |        |                                        |       |                                       |
| FDC:C->Q     | 8      | 0.272                                  | 0.642 | ctrl/state_FFd3 (ctrl/state_FFd3)     |
| LUT3:I0->O   | 3      | 0.147                                  | 0.541 | Ker81 (clkenable)                     |
| LUT4_D:I1->O | 1      | 0.147                                  | 0.451 | sixty/msbce (sixty/msbce)             |
| LUT3:I2->O   | 1      | 0.147                                  | 0.000 | sixty/msbcount/qoutsig_3_rstpot (N43) |
| FDC:D        |        | 0.297                                  |       | sixty/msbcount/qoutsig_3              |
| -----        |        |                                        |       |                                       |
| Total        |        | 2.644ns (1.010ns logic, 1.634ns route) |       |                                       |
|              |        | (38.2% logic, 61.8% route)             |       |                                       |



## 階層を越えるパスの Timing Details レポートの例

Timing constraint: Default path analysis

Total number of paths / destination ports: 36512 / 16

Delay: 4.326ns (Levels of Logic = 14)

Source: a&lt;0&gt; (PAD)

Destination: out&lt;3&gt; (PAD)

Data Path: a&lt;0&gt; to out&lt;&gt;

| Cell:in->out      | fanout | Gate                                   |       | Net                  |                        |
|-------------------|--------|----------------------------------------|-------|----------------------|------------------------|
|                   |        | Delay                                  | Delay | Logical Name         | (Net Name)             |
| IBUF:I->O         | 5      | 0.003                                  | 0.376 | a_0_IBUF             | (a_0_IBUF)             |
| begin scope: 'm'  |        |                                        |       |                      |                        |
| begin scope: 'a1' |        |                                        |       |                      |                        |
| LUT2:I0->O        | 1      | 0.053                                  | 0.000 | Madd_out_Madd_lut<0> | (Madd_out_Madd_lut<0>) |
| MUXCY:S->O        | 1      | 0.219                                  | 0.000 | Madd_out_Madd_cy<0>  | (Madd_out_Madd_cy<0>)  |
| MUXCY:CI->O       | 1      | 0.015                                  | 0.000 | Madd_out_Madd_cy<1>  | (Madd_out_Madd_cy<1>)  |
| MUXCY:CI->O       | 1      | 0.015                                  | 0.000 | Madd_out_Madd_cy<2>  | (Madd_out_Madd_cy<2>)  |
| MUXCY:CI->O       | 1      | 0.015                                  | 0.000 | Madd_out_Madd_cy<3>  | (Madd_out_Madd_cy<3>)  |
| MUXCY:CI->O       | 1      | 0.015                                  | 0.000 | Madd_out_Madd_cy<4>  | (Madd_out_Madd_cy<4>)  |
| MUXCY:CI->O       | 1      | 0.015                                  | 0.000 | Madd_out_Madd_cy<5>  | (Madd_out_Madd_cy<5>)  |
| MUXCY:CI->O       | 0      | 0.015                                  | 0.000 | Madd_out_Madd_cy<6>  | (Madd_out_Madd_cy<6>)  |
| XORCY:CI->O       | 1      | 0.180                                  | 0.279 | Madd_out_Madd_xor<7> | (out<7>)               |
| end scope: 'a1'   |        |                                        |       |                      |                        |
| DSP48E1:A7->P2    | 1      | 2.843                                  | 0.279 | Maddsub_out          | (out_2_OBUF)           |
| end scope: 'm'    |        |                                        |       |                      |                        |
| OBUF:I->O         |        | 0.003                                  |       | out_2_OBUF           | (out<2>)               |
| Total             |        |                                        |       |                      |                        |
|                   |        | 4.326ns (3.391ns logic, 0.935ns route) |       |                      |                        |
|                   |        | (78.4% logic, 21.6% route)             |       |                      |                        |

## クロス クロックドメイン タイミング情報の取得

クロックドメイン クロス (CDC) パスは、XST 合成レポートの「Cross Domains Crossing Report」セクションに表示されます。「Cross Domains Crossing Report」セクションには、次の特徴があります。

- ・ デフォルトで提供されます。
- ・ 「Timing Details」セクションの後に記述されます。
- ・ XST によるクロス クロックドメインの最適化の実行に関係なく表示されます。
- ・ XCF (ザイリンクス制約ファイル) でのタイミング制約の指定に関係なく表示されます。

クロス クロック ドメインのタイミング情報を取得するのに、[クロス クロック解析 \(-cross\\_clock\\_analysis\)](#) をオンにする必要はありません。[クロス クロック解析 \(-cross\\_clock\\_analysis\)](#) を使用するのには、クロックドメインをまたがるタイミング最適化を必要とする際に、XST でクロス クロックドメイン タイミング情報を利用する場合のみです。

## クロスドメイン クロッシング レポートの例

Clock Domains Crossing Report:

-----

Clock to Setup on destination clock clk2

|              | Src:Rise  | Src:Fall  | Src:Rise  | Src:Fall  |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Source Clock | Dest:Rise | Dest:Rise | Dest:Fall | Dest:Fall |
| clk1         | 0.804     |           |           |           |
| clk2         | 0.661     |           |           |           |

Clock to Setup on destination clock clk3

|              | Src:Rise  | Src:Fall  | Src:Rise  | Src:Fall  |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Source Clock | Dest:Rise | Dest:Rise | Dest:Fall | Dest:Fall |
| clk2         |           |           | 0.809     |           |
| clk3         |           |           | 0.651     |           |

## 暗号化されたモジュール

XST では、暗号化されたモジュールに関する情報はすべて表示しません。

## XST 合成レポートのナビゲーション

このセクションでは、コマンドライン モード レポートおよび ISE® Design Suite レポートをナビゲーションする方法などの XST 合成レポートのナビゲーション方法について説明します。

## コマンドライン モード

コマンドライン モードを使用する場合、XST では SRP (.srp) ファイルが生成されます。SRP ファイルとは、次のようなファイルです。

- ・ XST 合成レポートすべてを含有
- ・ ASCII テキスト ファイルです。
- ・ テキスト エディタで開くことが可能

SRP ファイルの目次には、リンクが付いていませんので、テキスト エディタの検索機能を使用して該当箇所を探してください。

## ISE Design Suite

ISE® Design Suite を使用する場合、XST では SYR (.syr) ファイルが生成されます。SYR ファイルとは、次のようなファイルです。

- ・ XST 合成レポートすべてを含有
- ・ ISE Design Suite のプロジェクトのあるディレクトリにあり
- ・ XST 合成レポートのさまざまなセクションをナビゲーション ペインからナビゲート可能

## XST 合成レポートの情報

次を使用すると、XST 合成レポートに表示される情報を削減できます。

- ・ [メッセージ フィルタ](#)
- ・ [Quiet モード](#)
- ・ [Silent モード](#)

## メッセージ フィルタ

ISE® Design Suite で XST を実行する場合は、メッセージ フィルタ ウィザードを使用して XST 合成レポートに特定のメッセージのみを表示できます。個々のメッセージまたはカテゴリ別にメッセージをフィルタできます。

詳細は、次を参照してください。

ISE Design Suite ヘルプの「メッセージ フィルタの使用」

## Quiet モード

Quiet モード :

- ・ コンピュータの画面 (stdout) に表示されるメッセージの量を制限できます。
- ・ XST 合成レポート自体の内容には影響しません。XST 合成レポートには、合成情報がすべてフィルタのかかかっていない状態で表示されます。

このモードを設定するには、-intstyle オプションを次のいずれかにします。

- ・ **ise**

ISE® Design Suite 用にメッセージがフォーマットされます。

- ・ **xflow**

XFLOW 用にメッセージがフォーマットされます。

通常は、画面 (stdout) にすべてのログが出力されます。Quiet モードを使用して出力されなくなる XST 合成レポートのセクションは、次のとおりです。

- ・ 著作権情報
- ・ [目次](#)
- ・ [合成オプションのサマリ](#)
- ・ デザイン サマリには、次が記述されます。
  - 最終結果のセクション
  - タイミング数値が合成における概算にすぎないことを示すタイミング レポートの注記
  - タイミングの詳細
  - CPU (XST ランタイム)
  - メモリ使用率

Quiet モードを使用して表示される XST 合成レポートのセクションは、次のとおりです。

- ・ [デバイス使用率のサマリ](#)
- ・ [クロック情報](#)
- ・ [タイミング サマリ](#)

## Silent モード

Silent モードを使用すると、コンピュータの画面 (stdout) にメッセージが表示されないようにできます。XST 合成レポートは、ログ ファイルに記述されます。

このモードを設定するには、`-intstyle` オプションを `silent` にします。



## XST の命名規則

---

合成ツールは、命名方法に従って論理的で、一貫し、予測および繰り返し可能な名前をオブジェクトに付け、合成済みネットリストに書き込みます。XST の命名規則を使用することで、制約付きデザインのインプリメンテーションを制御したり、タイミング クロージャ サイクルを削減したりといった目標を達成しやすくなります。

### XST 命名規則のコード例

コード例は、本書が作成された時点のものです。アップデートおよびその他の例は、[ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug\\_examples.zip](ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip) からダウンロードしてください。各ディレクトリには、summary.txt が含まれ、簡単な概要と共にすべての例がまとめてリストされています。

## always ブロック (ラベルあり) の reg を示す Verilog コード例

```
//  
// A reg in a labelled always block  
//  
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip  
// File: Naming_Conventions/reg_in_labelled_always.v  
//  
module top (  
    input  clk,  
    input  di,  
    output do  
);  
  
    reg data;  
  
    always @(posedge clk)  
    begin : mylabel  
  
        reg tmp;  
  
        tmp <= di;                // Post-synthesis name : mylabel.tmp  
        data <= ~tmp;             // Post-synthesis name : data  
  
    end  
  
    assign do = ~data;  
  
endmodule
```



## if-generate 文 (ラベルなし) でプリミティブ インスタンスエーションを記述した Verilog コード例

```
//  
// A primitive instantiation in a if-generate without label  
//  
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip  
// File: Naming_Conventions/if_generate_nolabel.v  
//  
module top (  
    input  clk,  
    input  di,  
    output do  
);  
  
    parameter TEST_COND = 1;  
  
    generate  
  
        if (TEST_COND) begin  
            FD myinst (.C(clk), .D(di), .Q(do)); // Post-synthesis name : myinst  
        end  
  
    endgenerate  
  
endmodule
```

## if-generate 文 (ラベルあり) でプリミティブ インスタンスエーションを記述した Verilog コード例

```
//  
// A primitive instantiation in a labelled if-generate  
//  
// Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip  
// File: Naming_Conventions/if_generate_label.v  
//  
module top (  
    input  clk,  
    input  rst,  
    input  di,  
    output do  
);  
  
// parameter TEST_COND = 1;  
parameter TEST_COND = 0;  
  
generate  
  
    if (TEST_COND)  
        begin : myifname  
            FDR myinst (.C(clk), .D(di), .Q(do), .R(rst));  
            // Post-synthesis name : myifname.myinst  
        end  
    else  
        begin : myelsenname  
            FDS myinst (.C(clk), .D(di), .Q(do), .S(rst));  
            // Post-synthesis name : myelsenname.myinst  
        end  
  
    endgenerate  
  
endmodule
```

## process 文 (ラベルあり) の変数を示す VHDL コード例

```
--
-- A variable in a labelled process
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: Naming_Conventions/var_in_labelled_process.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

entity top is
    port (
        clk : in  std_logic;
        di  : in  std_logic;
        do  : out std_logic
    );
end top;

architecture behavioral of top is
    signal data : std_logic;
begin

    mylabel: process (clk)
        variable tmp : std_logic;
    begin
        if rising_edge(clk) then
            tmp := di;          -- Post-synthesis name : mylabel.tmp
        end if;
        data <= not(tmp);
    end process;

    do <= not(data);

end behavioral;
```

## ブール型で記述したフリップフロップの VHDL コード例

```
--
-- Naming of boolean type objects
--
-- Download: ftp://ftp.xilinx.com/pub/documentation/misc/xstug_examples.zip
-- File: Naming_Conventions/boolean.vhd
--
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;

entity top is
    port(
        clk : in  std_logic;
        di   : in  boolean;
        do   : out boolean
    );
end top;

architecture behavioral of top is
    signal data : boolean;
begin

    process (clk)
    begin
        if rising_edge(clk) then
            data <= di;      -- Post-synthesis name : data
        end if;
    end process;

    do <= not(data);

end behavioral;
```

## ネットの命名規則

XST では、ネット名が次の規則に基づいて作成されます (命名規則は、優先順にリストしています)。

1. 外部ピン名を保持します。
2. 信号名の階層を維持します。階層区切り文字は、[階層区切り文字](#)で定義したものが使用されます。XST では、デフォルトの階層区切り文字はスラッシュ (/) です。
3. ステートビットを含むレジスタの出力信号名を保持します。レジスタが推論されるレベルからの階層名を使用します。
4. クロック バッファの出力信号名には、クロック信号名の後にアンダースコアとクロック バッファ タイプ (\_BUFGP、\_IBUFG など) を付けます。
5. レジスタおよびトライステート名に対する入力ネットを保持します。
6. プリミティブおよびブラック ボックスに接続されている信号名を保持します。
7. **IBUF** の出力ネット名は、`<signal_name>_IBUF` のようになります。たとえば、IBUF 出力が DIN 信号を駆動する場合、この IBUF の出力ネットは DIN\_IBUF になります。
8. **OBUF** の入力ネット名は、`<signal_name>_OBUF` のようになります。たとえば、OBUF 入力 が DOUT 信号で駆動される場合、この OBUF の入力ネットは DOUT\_OBUF になります。
9. 内部 (組み合わせ) ネットの名前のベース名には、ユーザーの HDL 信号名が使用されます。
10. バスを拡張した場合のネットは、`<bus_name><left_delimiter><position>#<right_delimiter>` のような形式になります。デフォルトの左区切り文字は `<`、右区切り文字は `>` です。これを変更するには、[バスの区切り文字指定 \(-bus\\_delimiter\)](#) を使用します。

## インスタンスの命名規則

XST では、インスタンス名が次の規則に基づいて作成されます (命名規則は、優先順にリストしています)。

1. インスタンス名の階層を維持します。階層区切り文字は、[階層区切り文字](#)で定義したものが使用されます。XST では、デフォルトの階層区切り文字はスラッシュ (/) です。
2. インスタンス名が HDL の generate 文で生成される場合、generate 文からのラベルがインスタンス名の一部に使用されます。

たとえば、次のような VHDL の generate 文があるとして。

```
il_loop: for i in 1 to 10 generate
inst_lut:LUT2 generic map (INIT => "00")
```

XST では、LUT 2 に対して次のインスタンス名が生成されます。

```
il_loop[1].inst_lut
il_loop[2].inst_lut
...
il_loop[9].inst_lut
il_loop[10].inst_lut
```

3. フリップフロップのインスタンス名をそれが駆動する信号名に合わせます。この原則は、ステートビットにも適用されます。
4. クロック バッファ インスタンス名には、出力信号名の後にアンダースコアとクロック バッファ タイプを付けます (例: `_BUFGP` や `_IBUFG` など)。
5. ブラック ボックスのインスタンス名は保持されます。
6. ライブラリ プリミティブのインスタンス名は保持されます。
7. 入力および出力バッファ名には、パッド名の後に `_IBUF` または `_OBUF` を付けます。
8. IBUF の出力インスタンスには `instance_name_IBUF` という形式の名前を付けます。
9. OBUF の入力インスタンスには `instance_name_OBUF` という形式の名前を付けます。

## 大文字/小文字の保持

Verilog では、大文字と小文字が区別されます。case オプション (`-case`) で特に指示されていない限り、XST では HDL ソースコードと同じ大文字/小文字が使用されます。

Verilog の大文字/小文字に関する XST のサポートについては、「[大文字/小文字の区別](#)」を参照してください。

VHDL では大文字と小文字は区別されません。case オプション (`-case`) で特に指示されていない限り、HDL ソースコードで定義された名前に基づいたオブジェクト名が合成済みネットリストではすべて小文字に変換されて記述されます。

## 命名規則の制御方法

次の制約を使用すると、合成済みネットリストのオブジェクト名の表記をある程度制御できます。

- ・ 階層区切り文字の指定 (-hierarchy\_separator)
- ・ バスの区切り文字指定 (-bus\_delimiter)
- ・ 大文字/小文字の指定(-case)
- ・ 複製接尾語の設定 (-duplication\_suffix)

これらの制約は、ISE® Design Suite の [Synthesize - XST] プロセスのプロパティからか、該当するコマンド ライン オプションで適用できます。

詳細は、次を参照してください。

[第 9 章「デザイン制約」](#)





## その他のリソース

---

- ・ 用語集 : [http://japan.xilinx.com/support/documentation/sw\\_manuals/glossary.pdf](http://japan.xilinx.com/support/documentation/sw_manuals/glossary.pdf)
- ・ ザイリンクス マニュアル : <http://japan.xilinx.com/support/documentation>
- ・ ザイリンクス サポート : <http://japan.xilinx.com/support>