

SUZAKU Starter Kit

スターターキットガイド

(FPGA開発編)

Version 2.1.3

SZ130-SIL
SZ310-SIL

株式会社アットマークテクノ
<http://www.atmark-techno.com/>

SUZAKU 公式サイト
<http://suzaku.atmark-techno.com/>

はじめに

この度は、『SUZAKU スターターキット』をお買い上げいただきありがとうございます。

本スターターキットは、FPGA 搭載ボード"SUZAKU"を初めて手に取る方にもお使いいただけるよう、第一歩を踏み出すために必要な機材をセットにした学習用キットです。

"SUZAKU"は FPGA (Field Programmable Gate Array) を搭載した組み込み機器開発ボードです。FPGA とは簡単にいうとプログラミングすることができる LSI のことで、さまざまな設計データを送り込んで再構築させることが可能なデバイスです。

この FPGA は近年、より大規模化・低価格化してきています。現在では容易に入手できる FPGA ひとつで、内部にプロセッサと複数の必要な周辺回路を同時に構成するといったことが可能となっています。例えば UART がいくつも欲しい、GPIO ポートが大量に必要な、画像処理を高速に行うための回路を投入したい、さらに、プロセッサを 2 つ持ちたいといった場合ですら、回路規模が許す限り自由に構成することが可能なのです。

"SUZAKU"は、この FPGA の利点を最大限に生かすべく誕生した小型 FPGA ボードです。

"SUZAKU"の特徴を以下に挙げます。

- 固定された外部インターフェースとして、Ethernet と RS-232C を持っています。
 - マイクロコンピュータボードとして動作するために必要な要素であるクロック、DRAM、Flash メモリ、Ethernet MAC/Phy、RS-232C ドライバルシーバが、基板上に実装されています。
 - 電源は+3.3V 単一入力です。内部に FPGA 用の電源である 2.5V、1.2V を作る回路が組み込まれています。また、FPGA を再コンフィギュレーション可能にするための回路が組み込まれています。
 - 基板の外周に沿って 86 個 (SZ310-U00 は 70 個) の空きピンが備えられています。これらはすべて FPGA の I/O ピンに結線されており、外部デバイスや装置との接続のため自由に使用することができます。
 - FPGA の中ではソフトプロセッサ (MicroBlaze) もしくはハードプロセッサ (PowerPC) が動いています。
 - Flash メモリの中には、OS (Linux)、Ethernet などのデバイスドライバ、アプリケーション群が書き込まれており、電源を入れるだけでこれらを利用することができるようになっています。
 - 高機能である Linux を使用しながら、同時にリアルタイム処理を行うような用途向けに構成することも可能です。
 - 基板上には SDRAM が 2 枚実装されており、これらを FPGA 内に構成した 2 つの CPU から独立して使用させることができるため、片方で Linux を、他方でリアルタイム OS を動作させる、といった使い方ができます。
- ※

以上のように"SUZAKU"は、FPGA が持つ柔軟性と、Linux が持つ高機能性、豊富なソフトウェア資産等これらの利点を同時に享受することができるプラットフォームです。これらの特徴を利用することにより、旧来の開発手法に比べて開発期間を短縮し、コストダウンを実現することができます。

"SUZAKU"上での開発作業の流れは、

- ① FPGA 開発
- ② ソフトウェア開発

の 2 段階に大きく分けることができます。本書ではこのうち①FPGA 開発について、実際に"SUZAKU スターターキット"を使用しながら解説していきます。②ソフトウェア開発については、本書と対となる"SUZAKU スターターキットガイド (Linux 開発編)"をご参照ください。

本書を足掛かりとして、SUZAKU 開発者のスペシャリストを目指していただければ幸いです。

※ SDRAM が 2 枚実装されているのは SZ130-U00 のみ

・対象となる読者

本書は SUZAKU の FPGA 開発者向けに書かれた入門書です。SUZAKU の FPGA には初めからプロセッサが搭載されており、デジタル回路、プロセッサ、バス、メモリ等様々な要素が絡み合ってきます。このため、どこで行われているのか分からない、やりたいことがあっても、それを実現するためにはどこをどうすればよいのか分からないという方もおられると思います。

本書では、どこから手をつけていいか分からない方、SUZAKU をはじめて使う方、SUZAKU での FPGA 開発方法について丁寧に分かりやすい説明を望む方を対象としています。

・本書の構成

本書では、SUZAKU スターターキットを使用してスロットマシンを製作しながら、SUZAKU の使い方について解説していきます。内容は 3 部構成となっています。

第 1 部では SUZAKU で FPGA 開発を行うために必要な知識や準備について説明をします。SUZAKU および LED/SW ボードについて(第 1、2、3 章)と、作業の前に必要な準備と簡単な SUZAKU の使い方(第 4、5、6 章)を説明します。

第 2 部では Xilinx の ISE というツールを用い、プロセッサを含まない FPGA の開発を実際に SUZAKU スターターキットを用いて体験します。まず、単色 LED を 1 つだけ点灯する簡単な回路の作成から始まり(第 7 章)、組み合わせ回路、順次回路の説明をし(第 8 章)、これらを踏まえて、スロットマシンの要素となる回路(単色 LED 順次点灯回路、7 セグメント LED デコーダ回路、ダイナミック点灯回路)を作成していきます(第 9 章)。

第 3 部では Xilinx の EDK というツールを用い、プロセッサを含んだ FPGA の開発を実際に SUZAKU スターターキットを用いて体験します。まずは EDK がどのようなツールであるのかを説明し、SUZAKU のデフォルトの構成を説明します(第 10 章)。その後、ISE で作成した回路を IP コアにして SUZAKU と接続し、スロットマシンを完成させます(第 11 章)。最後に、こんなこともやってみよう、という例を示します(第 12 章)。

スロットマシンを最後までつくり上げる頃には、SUZAKU の効果的な使い方を学んでいただけたのではないかと思います。

・表記について

本書は SUZAKU-S(SZ010-U00, SZ030-U00, SZ130-U00)、SUZAKU-V(SZ310-U00)を対象に書かれています。内容によってはすべての SUZAKU に当てはまらない場合がございます。当てはまらないものがある場合は以下の記号で対象となる SUZAKU を示します。

SZ010 **SZ030** **SZ130** **SZ310**

また、これ以降型番の U-00 を省略して表記します。

本書では以下のようにフォントを使っています。

フォント例	説明
本文中のフォント	本文
SUZAKU %	プロンプトの文字列
std_logic_vector	VHDL 記述
#include	C 言語記述

注意事項

・安全に関する注意事項

SUZAKU スターターキットを安全にご使用いただくために、特に以下の点にご注意くださいますようお願いいたします。



本製品には一般電子機器用(OA機器・通信機器・計測機器・工作機械等)に製造された半導体部品を使用していますので、その誤作動や故障が直接生命を脅かしたり、身体・財産等に危害を及ぼす恐れのある装置(医療機器・交通機器・燃焼制御・安全装置等)に組み込んで使用したりしないでください。また、半導体部品を使用した製品は、外来ノイズやサージにより誤作動したり故障したりする可能性があります。ご使用になる場合は万一誤作動、故障した場合においても生命・身体・財産等が侵害されることのないよう、装置としての安全設計(リミットスイッチやヒューズ・ブレーカ等の保護回路の設置、装置の多重化等)に万全を期されますようお願い申し上げます。

・保証に関する注意事項

● 製品保証範囲について

添付付属品(ソフトウェアを含みます)を使用し、取扱説明書、各注意事項に基づく正常なご使用に限り有効です。万一正常なご使用のもと、製品が故障した場合は故障箇所の修理をさせていただきます。

● 保証対象外になる場合

次のような場合の故障・損傷は、保証期間内であっても保証対象外になります。

1. 取扱説明書記載の使用法、または注意に反したお取扱による場合
2. 改造・調整や部品交換による場合。または正規のものを使用していないか、あるいは過去に使用されていた場合
3. お客様のお手元に渡った後の輸送、移動時の落下等お取り扱いの不備による場合
4. 火災・地震・水害・落雷・その他の天災、公害や異常電圧による場合
5. ACアダプタ・ケーブル等の付属品について、同梱のものを使用していない場合
6. 付属品がすべて揃っていない場合

● 免責事項

弊社に故意または重大な過失があった場合を除き、製品の使用および、故障、修理によって発生するいかなる損害についても、一切の責任を負わないものとします。



本製品は購入時の初期不良以外の保証を行っておりません。保証期間は商品到着後 2 週間です。本製品をご購入しましたらお手数でも必ず動作確認を行ってからご使用ください。本製品に対して注意事項を守らずに発生した故障につきましては保証対象外となります。

・ 取り扱い上の注意事項

劣化、破損、誤動作、発煙、発火の原因となることがあります。取り扱い時には以下のような点にご注意ください。

● 入力電源

5V+5%以上の電圧を入力する、極性を間違う等しないでください。また、SUZAKU の+3.3V 外部入力 (CON6)に電源を供給しないでください。

● インターフェース

各インターフェース(外部 I/O、RS-232C、Ethernet、JTAG)には規定以外の信号を接続しないでください。また、信号の極性を間違う、信号の入出力方向を間違う等しないでください。

● 本製品の改造

本製品について改造を行った場合は保証対象外となりますので、十分にご注意ください。(※コネクタ非搭載箇所へのコネクタ等の増設を除く。)

また、コネクタを増設するにはマスキングを行い、周囲の部品に半田くず、半田ボール等付着しない様十分にご注意ください。

● FPGA プログラム

周辺回路(ボード上の部品も含む)と信号の衝突(同じ信号に 2 つのデバイスから出力する)を起こすような FPGA プログラムを行わないでください。FPGA のプログラムを間違わないでください。

● 電源の投入

本ボードや周辺回路に電源が入っている状態では絶対に FPGA I/O、JTAG 用コネクタの着脱を行わないでください。

● 静電気

本ボードには CMOS デバイスを使用していますので、ご使用になるまでは帯電防止対策のされている、出荷時のパッケージ等にて保管してください。

● ラッチアップ

電源および入出力からの過大なノイズやサージ、電源電圧の急激な変動等で、使用している CMOS デバイスがラッチアップを起こす可能性があります。いったんラッチアップ状態となると、電源を切断しないかぎりこの状態が維持されるため、デバイスの破損につながる可能性があります。ノイズの影響を受けやすい入出力ラインには保護回路を入れる、ノイズ源となる装置と共通の電源を使用しない等の対策をとることをお勧めします。

● 衝撃、振動

落下や衝突などの強い衝撃を与えないでください。振動部や回転部などへの搭載はしないでください。強い振動や遠心力を与えないでください。

● 高温低温、多湿

極度に高温や低温になる環境や、湿度が高い環境では使用しないでください。

● 塵埃

塵埃の多い環境では使用しないでください。

・ FPGA 使用に関する注意事項

本製品に含まれる FPGA プロジェクト(付属のドキュメント等も含む)は、現状のまま(AS IS)提供されるものであり、特定の目的に適合することや、その信頼性、正確性を保証するものではありません。また、本製品の使用による結果について、なんら保証するものではありません。

本製品は、ベンダのツール(Xilinx 製 EDK、ISE やその他ベンダツール)やベンダの IP コアを利用し、FPGA プロジェクトの構築、コンパイル、コンフィギュレーションデータの生成を行っておりますが、これらツールに関する販売、サポート、保証等を行っておりません。

・ ソフトウェア使用に関する注意事項

本製品に含まれるソフトウェア(付属のドキュメント等も含みます)は、現状のまま(AS IS)提供されるものであり、特定の目的に適合することや、その信頼性、正確性を保証するものではありません。また、本製品の使用による結果について、なんら保証するものではありません。

目次

1. SUZAKU について.....	1
1.1. SUZAKU の特徴.....	1
1.2. 仕様.....	2
1.3. メモリマップ.....	3
1.3.1. SZ010、SZ030.....	3
1.3.2. SZ130.....	4
1.3.3. SZ310.....	4
2. LED/SW ボードについて.....	5
2.1. 回路説明.....	5
2.2. ピンアサイン.....	6
2.2.1. バスのビットラベルについて.....	7
3. SUZAKU+LED/SW ボードの構成.....	8
3.1. 各種インターフェースの配置.....	8
4. 電源を入れる前に.....	10
4.1. 必要なもの.....	10
4.1.1. CD-ROM の内容.....	11
4.2. 開発環境.....	13
4.3. 組み立て.....	14
5. SUZAKU+LED/SW ボードを動かす.....	16
5.1. 接続方法.....	17
5.2. シリアル通信ソフトウェア.....	18
5.3. オートブートモードで Linux を動かす.....	19
5.3.1. 電源について.....	19
5.3.2. Linux の起動.....	20
5.3.3. ログイン.....	21
5.3.4. ネットワークの設定.....	21
5.3.5. ウェブ.....	22
5.3.6. 終了方法.....	23
5.4. ブートローダモードでスロットマシンを動かす.....	24
5.4.1. スロットマシン起動.....	24
6. SUZAKU を書き換える.....	26
6.1. FPGA の書き換えかた.....	29
6.1.1. iMPACT で書き換える.....	29
6.1.2. LBPlayer2 で書き換える.....	35
6.1.3. SPI Writer で書き換える.....	45
6.2. ブートローダ Hermit の書き換えかた.....	51
6.2.1. モトローラ S 形式で書き換える.....	51
6.3. Linux の書き換えかた.....	54
6.3.1. ダウンローダ Hermit で書き換える.....	54
7. ISE の使い方.....	58
7.1. 単色 LED を点灯させる.....	59
7.1.1. 単色 LED 周辺回路.....	59
7.2. プロジェクトの新規作成.....	60
7.2.1. プロジェクト作成.....	60
7.2.2. デバイスの選択.....	61
7.2.3. ソースファイル作成.....	62
7.3. ソースファイル作成.....	66
7.4. 論理合成.....	67

7.5.	インプリメンテーション	68
7.6.	プログラムファイル作成	72
7.7.	コンフィギュレーション	73
7.7.1.	JTAG でコンフィギュレーション	73
7.7.2.	Flash メモリに保存してコンフィギュレーション	74
7.8.	空きピン処理	75
8.	VHDL によるロジック設計	78
8.1.	VHDL の基本構造	78
8.2.	ライブラリ宣言とパッケージ呼び出し	79
8.3.	エンティティ(entity)	79
8.4.	アーキテクチャ(architecture)	80
8.5.	組み合わせ回路(not, and, or)	82
8.5.1.	押しボタンスイッチ周辺回路	82
8.5.2.	not, and, or を使う	82
8.6.	順序回路	85
8.6.1.	D-FF(D 型フリップフロップ)	85
8.6.2.	同期設計	86
8.6.3.	カウンタ	86
8.7.	ISE Simulator の使い方	88
8.7.1.	プロジェクトの新規作成	88
8.7.2.	テストベンチの新規作成	89
8.7.3.	シミュレーション結果	92
9.	FPGA 入門 スロットマシン製作	93
9.1.	単色 LED の順次点灯	94
9.1.1.	単色 LED 周辺回路	94
9.1.2.	プロジェクト新規作成、論理合成	94
9.1.3.	シミュレーション	100
9.1.4.	再度論理合成	105
9.1.5.	インプリメンテーション	105
9.1.6.	プログラムファイル作成、コンフィギュレーション	106
9.2.	7セグメント LED デコーダ	107
9.2.1.	ロータリコードスイッチ周辺回路	107
9.2.2.	7セグメント LED 周辺回路	108
9.2.3.	プロジェクト新規作成、論理合成	110
9.2.4.	シミュレーション	112
9.2.5.	インプリメンテーション	114
9.2.6.	プログラムファイル作成、コンフィギュレーション	114
9.3.	ダイナミック点灯	115
9.3.1.	7セグメント LED 周辺回路	115
9.3.2.	プロジェクト新規作成、論理合成	115
9.3.3.	シミュレーション	119
9.3.4.	インプリメンテーション	119
9.3.5.	プログラムファイル作成、コンフィギュレーション	119
10.	EDK の使い方	120
10.1.	SUZAKU のデフォルト	121
10.1.1.	SZ010, SZ030 の構成	122
10.1.2.	SZ130 の構成	123
10.1.3.	SZ310 の構成	124
10.1.4.	IP コア	125
10.2.	GPIO の追加	128
10.2.1.	GPIO の接続	128

10.2.2.	ハードウェア設定.....	129
10.2.3.	ネットリスト、プログラムファイル(Hardのみ)作成.....	138
10.2.4.	ソフトウェア設定.....	139
10.2.5.	アプリケーション編集.....	141
10.2.6.	アプリケーション生成.....	146
10.2.7.	プログラムファイル作成.....	146
10.2.8.	コンフィギュレーション.....	147
10.2.9.	空きピン処理.....	149
10.3.	UARTの追加.....	152
10.3.1.	ハードウェア設定.....	152
10.3.2.	ネットリスト、プログラムファイル(Hardのみ)作成.....	159
10.3.3.	ソフトウェア設定.....	160
10.3.4.	アプリケーション編集.....	162
10.3.5.	アプリケーション生成.....	163
10.3.6.	プログラムファイル作成.....	163
10.3.7.	コンフィギュレーション.....	163
11.	スロットマシンのコアをCPUで制御する.....	165
11.1.	ウィザードを使ってOPBインターフェースをつくる.....	166
11.2.	今まで作ってきた回路をまとめる.....	174
11.2.1.	sil00u_core.vhd.....	174
11.3.	OPBインターフェースとコアを接続し、自作IPコアを仕上げる.....	177
11.3.1.	user_logic.vhd.....	178
11.3.2.	opb_sil00u.vhd.....	183
11.3.3.	opb_sil00u_v2_1_0.mpd.....	185
11.3.4.	opb_sil00u_v2_1_0.pao.....	186
11.4.	自作IPコアの追加.....	187
11.4.1.	SZ010、SZ030の場合.....	187
11.4.2.	SZ130の場合.....	188
11.4.3.	SZ310の場合.....	189
11.4.4.	ハードウェア設定.....	190
11.4.5.	ネットリスト、プログラムファイル(Hardのみ)作成.....	204
11.4.6.	ソフトウェアの設定.....	205
11.4.7.	BBoot編集.....	206
11.4.8.	アプリケーション生成.....	215
11.4.9.	プログラムファイル作成.....	215
11.4.10.	コンフィギュレーション.....	216
11.5.	スロットマシン完成.....	216
11.5.1.	スロットマシン動作確認.....	216
11.6.	ソフトウェアのデバッグ.....	218
11.6.1.	ソフトウェアデバッグ用にFPGAプロジェクトを更新.....	218
11.6.2.	デバッガの設定.....	219
11.6.3.	XMDの起動.....	222
11.6.4.	GDBを起動し、ソフトウェアのスタートをさせる.....	224
11.6.5.	ステップ実行で割り込みの流れをみる.....	225
11.6.6.	slot.cの動作を確認してみる.....	228
12.	こんなこともやってみよう.....	229
12.1.	EDKをISEのサブモジュールとして読み込む.....	229
12.1.1.	EDKで作業.....	230
12.1.2.	EDKからISEへ移行.....	232
12.1.3.	ISEで作業.....	233
12.2.	IPコア(ハード版).....	237
12.3.	CGIで7セグメントLEDをコントロール.....	242

12.3.1. 7seg-led-control.c	243
12.4. これから先は・・・	247
12.5. 最新版のダウンロード	247
13. SUZAKU+LED/SW ボードのピンアサイン	248
13.1. SUZAKU のピンアサイン	248
13.1.1. SUZAKU CON1 RS-232C	248
13.1.2. SUZAKU CON2 外部 I/O、Flash メモリ用コネクタ	249
13.1.3. SUZAKU CON3 外部 I/O コネクタ	250
13.1.4. SUZAKU CON4 外部 I/O コネクタ	251
13.1.5. SUZAKU CON5 外部 I/O コネクタ	251
13.1.6. SUZAKU CON6 電源入力+3.3V	252
13.1.7. SUZAKU CON7 FPGA JTAG 用コネクタ	252
13.1.8. SUZAKU D1,D3 LED	252
13.1.9. SUZAKU JP1,JP2 設定用ジャンパ	253
13.1.10. SUZAKU L2 Ethernet 10Base-T/100Base-Tx	253
13.2. LED/SW ボードのピンアサイン	253
13.2.1. LED/SW CON1 テスト拡張用コネクタ	253
13.2.2. LED/SW CON2 SUZAKU 接続コネクタ	254
13.2.3. LED/SW CON3 SUZAKU 接続コネクタ	255
13.2.4. LED/SW CON4 テスト拡張用コネクタ	256
13.2.5. LED/SW CON6 +5V 入力コネクタ	256
13.2.6. LED/SW CON7 RS-232C コネクタ	257
13.2.7. LED/SW 7 セグメント LED セレクタ	257
13.2.8. LED/SW LED1～3 7 セグメント LED	258
13.2.9. LED/SW D1～4 単色 LED(緑)	258
13.2.10. LED/SW SW1～3 押しボタンスイッチ	259
13.2.11. LED/SW SW4 ロータリコードスイッチ	259
14. 参考文献	260

表目次

表 1-1	SUZAKU の仕様	2
表 1-2	SZ010、SZ030 のメモリマップ	3
表 1-3	SZ130 のメモリマップ	4
表 1-4	SZ310 のメモリマップ	4
表 2-1	クロック、リセット信号 ピンアサイン	6
表 2-2	機能用ピンアサイン(CON2)	6
表 3-1	SUZAKU のコネクタ配置	9
表 3-2	LED/SW のコネクタ配置	9
表 5-1	ジャンパの設定と起動時の動作	16
表 5-2	SUZAKU 初期設定時のユーザとパスワード	21
表 6-1	SUZAKU の書き換え方	26
表 6-2	Flash メモリマップ (SZ130 Flash:8MB)	27
表 6-3	Flash メモリマップ (SZ010 : 4MB)	27
表 6-4	Flash メモリマップ (SZ030, SZ310 : 8MB)	28
表 7-1	FPGA 入力、出力	59
表 7-2	nLE0 ピンアサイン	69
表 7-3	ピンアサイン	77
表 8-1	ライブラリとパッケージ	79
表 8-2	入出力方向	79
表 8-3	データタイプ	80
表 8-4	not、and、or ピンアサイン	84
表 9-1	単色 LED 順次点灯ピンアサイン	105
表 9-2	ロータリコードスイッチ(正論理)	107
表 9-3	7セグメント LED デコーダ(正論理)	108
表 9-4	7セグメント LED デコーダ ピンアサイン	114
表 10-1	GPIO メモリアドレス	132
表 10-2	nLE<0> ピンアサイン	137
表 10-3	ピンアサイン	150
表 10-4	UART メモリアドレス	155
表 10-5	OPB Clock Frequency	156
表 10-6	nLE0 ピンアサイン	159
表 11-1	sil00u メモリアドレス	192
表 11-2	自作 IP コア ピンアサイン	203
表 13-1	シリアルコンソールの設定	248
表 13-2	SUZAKU CON1 RS-232C	248
表 13-3	SUZAKU CON2 外部 I/O、Flash メモリ用コネクタ	249
表 13-4	SUZAKU CON3 外部 I/O コネクタ	250
表 13-5	SUZAKU CON4 外部 I/O コネクタ	251
表 13-6	SUZAKU CON5 外部 I/O コネクタ	251
表 13-7	SUZAKU CON7 FPGA JTAG 用コネクタ	252
表 13-8	SUZAKU D1、D3 LED	252
表 13-9	SUZAKU JP1、JP2 設定用ジャンパ	253
表 13-10	SUZAKU L2 Ethernet 10Base-T/100Base-Tx	253
表 13-11	LED/SW CON2 SUZAKU 接続コネクタ	254
表 13-12	LED/SW CON3 SUZAKU 接続コネクタ	255
表 13-13	LED/SW CON4 Flash メモリ書き込み用コネクタ	256
表 13-14	LED/SW CON6 +5V 入力コネクタ	256
表 13-15	LED/SW CON7 RS-232C コネクタ	257

表 13-16	LED/SW 7セグメント LED セレクタ	257
表 13-17	LED/SW LED1~3 7セグメント LED.....	258
表 13-18	LED/SW D1~4 単色 LED(緑).....	258
表 13-19	LED/SW SW1~3	259
表 13-20	LED/SW SW4.....	259

目次

図 1-1	SUZAKU とは	1
図 2-1	LED/SW 回路図(縮小版)	5
図 2-2	CoreConnect のビットラベルと信号	7
図 3-1	各種インターフェースの配置	8
図 4-1	SUZAKU スターターキット	10
図 4-2	組み立て工程 1	14
図 4-3	コネクタの半田付け	14
図 4-4	組み立て工程 2	15
図 5-1	SUZAKU+LED/SW ボード配線	17
図 5-2	Tera Term の設定	18
図 5-3	オートブートモード ジャンパの設定	19
図 5-4	電源系統	19
図 5-5	電源ケーブル接続の諸注意	20
図 5-6	SUZAKU Web Page	22
図 5-7	CGI を動かしてみる	23
図 5-8	ブートルoaderモード ジャンパの設定	24
図 5-9	スロットマシンの起動(SZ130 の場合)	24
図 5-10	スロットマシンを動かしてみよう	25
図 6-1	FPGA の書き込み	29
図 6-2	iMPACT 書き込み準備	30
図 6-3	iMPACT 設定画面	30
図 6-4	FPGA デバイス発見(SZ130 の場合)	31
図 6-5	bit ファイル選択	32
図 6-6	WARNING	32
図 6-7	デバイス選択	33
図 6-8	Program 設定	33
図 6-9	コンフィギュレーションデータ書き込み成功	34
図 6-10	TE7720 の書き込み	35
図 6-11	LBplayer2 書き込み準備	36
図 6-12	TE7720 iMPACT 立ち上げ	37
図 6-13	TE7720 iMPACT 設定	37
図 6-14	PROM の選択	38
図 6-15	TE7720 確認画面	38
図 6-16	TE7720 デバイスファイル追加	39
図 6-17	TE7720 bit ファイルを開く	39
図 6-18	TE7720 デバイスファイルさらに追加	40
図 6-19	TE7720 準備完了	40
図 6-20	mcs ファイル出来上がり	41
図 6-21	mcs ファイルコピー	42
図 6-22	LBPlay2 実行	42
図 6-23	SPI Flash メモリの所在	45
図 6-24	SPI モードの書き込み	46
図 6-25	SPI Writer 書き込み準備	47
図 6-26	SPI_Writer	47
図 6-27	bit ファイル選択	48
図 6-28	ドラッグ&ドロップ	48
図 6-29	書き込み準備完了	48
図 6-30	書き込み確認画面	49

図 6-31	書き込み中	49
図 6-32	書き込み終了	49
図 6-33	エラー表示	50
図 6-34	モトローラ S 形式書き換え準備	51
図 6-35	srec ファイルを送る	52
図 6-36	srec ファイル書き込み中	52
図 6-37	Linux 書き換え準備	54
図 6-38	シリアルポートを切断	55
図 6-39	Download 画面	55
図 6-40	書き込み進捗ダイアログ	56
図 6-41	書き込み終了	56
図 7-1	本書での ISE 開発フロー	58
図 7-2	単色 LED 周辺回路	59
図 7-3	Project Navigator 起動	60
図 7-4	プロジェクトの新規作成	60
図 7-5	デバイスの選択(SZ130 の場合)	61
図 7-6	New Source 作成	62
図 7-7	VHDL ソースファイル作成	62
図 7-8	アーキテクチャ名定義	63
図 7-9	ソースファイル作成確認画面	63
図 7-10	最終確認画面(SZ130 の場合)	64
図 7-11	新規プロジェクト、ソースファイル作成完了	65
図 7-12	ソースコード入力	66
図 7-13	文法チェック	67
図 7-14	PACE を立ち上げる	68
図 7-15	ucf ファイル作成確認	68
図 7-16	PACE によるピンアサイン(SZ130 の場合)	69
図 7-17	ピンアサインのソースコード(SZ130 の場合)	70
図 7-18	インプリメント	71
図 7-19	bit ファイル作成	72
図 7-20	iMPACT 立ち上げ	73
図 7-21	空きピン処理の設定画面の出し方	75
図 7-22	空きピン処理設定	76
図 7-23	少し光る理由	76
図 8-1	to を使って定義	80
図 8-2	押しボタンスイッチ周辺回路	82
図 8-3	not 回路と真理値表	82
図 8-4	and 回路と真理値表	83
図 8-5	or 回路と真理値表	83
図 8-6	順序回路の概念図	85
図 8-7	D-FF の動作	85
図 8-8	テストベンチ作成	89
図 8-9	クロック波形作成	90
図 8-10	リセット波形生成	91
図 8-11	シミュレーション結果	92
図 9-1	スロットマシンの構成	93
図 9-2	New Source の追加	94
図 9-3	New Source 名前入力	95
図 9-4	既存のソースファイル追加	95
図 9-5	既存のソースファイル追加時の確認	96
図 9-6	上位階層に設定	96

図 9-7	上位階層選択	100
図 9-8	見たい信号を追加	101
図 9-9	エッジ検出回路	102
図 9-10	エッジ検出の波形	102
図 9-11	最上位ビットの動作	103
図 9-12	bit 連結	104
図 9-13	シフトレジスタの波形	105
図 9-14	ピンアサインでひっくり返す	105
図 9-15	単色 LED 順次点灯	106
図 9-16	ロータリコードスイッチ周辺回路とピンアサイン	107
図 9-17	セグメントの配置	108
図 9-18	7セグメント LED 周辺回路	109
図 9-19	波形生成	112
図 9-20	Pattern Wizard	112
図 9-21	Pattern Wizard	112
図 9-22	デコーダシミュレーション結果	113
図 9-23	7セグメント LED デコーダ	114
図 9-24	7セグメント LED ダイナミック点灯	115
図 9-25	ダイナミック点灯シミュレーション結果	119
図 9-26	ダイナミック点灯	119
図 10-1	本書での EDK 開発フロー	120
図 10-2	XPS 起動	121
図 10-3	SZ010、SZ030 のデフォルト(EDK)	122
図 10-4	SZ010、SZ030 デフォルトのブロック図	122
図 10-5	SZ130 のデフォルト(EDK)	123
図 10-6	SZ130 デフォルトのブロック図	123
図 10-7	SZ310 のデフォルト(EDK)	124
図 10-8	SZ310 デフォルトのブロック図	124
図 10-9	ブリッジ	127
図 10-10	GPIO を追加して LED を点灯	128
図 10-11	opb_gpio の追加	129
図 10-12	OPB バスに接続	130
図 10-13	Configure IP	130
図 10-14	バス幅の設定	131
図 10-15	その他設定変更	131
図 10-16	メモリアドレス設定	132
図 10-17	データシートの出し方	133
図 10-18	メモリマップ確認	133
図 10-19	Net 名入力	134
図 10-20	外部信号にする	134
図 10-21	信号名変更	135
図 10-22	GPIO(xps_proj.ucf)	137
図 10-23	ネットリスト作成	138
図 10-24	bit ファイル(Hard)作成	138
図 10-25	GPIO Driver 設定	139
図 10-26	xparameters.h	140
図 10-27	アプリケーション作成	141
図 10-28	アプリケーションのプロジェクト名	142
図 10-29	New File 作成	142
図 10-30	main.c 作成	143
図 10-31	main.c を開く	143

図 10-32	単色 LED 点灯のソースコード(main.c)	144
図 10-33	hello-led を書き込むように設定	145
図 10-34	BBoot は書き込まないように設定	145
図 10-35	elf ファイル作成	146
図 10-36	bit ファイル作成	146
図 10-37	ジャンパの設定等	147
図 10-38	コンフィギュレーション	148
図 10-39	単色 LED(D1)点灯	148
図 10-40	Bitgen のオプション設定	149
図 10-41	EDK での空きピンの処理	150
図 10-42	Flat View	151
図 10-43	opb_uartlite の追加	152
図 10-44	OPB バスに接続	153
図 10-45	Configure IP	153
図 10-46	UART 設定変更	154
図 10-47	メモリアドレス設定	155
図 10-48	クロック周波数の設定	156
図 10-49	メモリマップ確認	157
図 10-50	信号の定義	158
図 10-51	UART(xps_prj.ucf)	159
図 10-52	UART Driver 設定	160
図 10-53	送受信ソースコード追加(main.c)	162
図 10-54	bit ファイルの作成	163
図 10-55	ジャンパの設定等	163
図 10-56	シリアル通信 動作確認	164
図 11-1	スロットマシンへの道のり	165
図 11-2	自作 IP コア	165
図 11-3	Create and Import Peripheral Wizard の起動のさせ方	166
図 11-4	Create and Import Peripheral Wizard	166
図 11-5	Peripheral Flow	167
図 11-6	コアの生成場所の指定	167
図 11-7	コアの名前	168
図 11-8	バスの選択	168
図 11-9	テンプレート追加	169
図 11-10	Interrupt 設定	169
図 11-11	レジスタ数とバス幅指定	170
図 11-12	IPIC 設定	171
図 11-13	サポートファイル生成確認	171
図 11-14	オプション設定	172
図 11-15	終了	172
図 11-16	フォルダ構成	173
図 11-17	自作 IP コア(ソフト版)の仕様	174
図 11-18	コアをコピー	177
図 11-19	フォルダ構成	185
図 11-20	SZ010、SZ030 のデフォルトに自作 IP コアを追加	187
図 11-21	SZ130 のデフォルトに自作 IP コアを追加	188
図 11-22	SZ310 のデフォルトに自作 IP コアを追加	189
図 11-23	自作 IP コア読み込み	190
図 11-24	自作 IP コア追加	191
図 11-25	OPB バスに接続	191
図 11-26	アドレス設定画面呼び出し	192

図 11-27	アドレス設定	192
図 11-28	メモリマップ確認	193
図 11-29	NET 名入力	194
図 11-30	外部信号にする	195
図 11-31	出力信号定義	196
図 11-32	残り出力信号定義	197
図 11-33	割り込みコントローラ	198
図 11-34	SZ310 割り込み設定1	199
図 11-35	SZ310 割り込み設定2	200
図 11-36	SZ310 割り込み設定3	200
図 11-37	SZ310 割り込み設定4	201
図 11-38	自作 IP コア (xps_proj.ucf)	202
図 11-39	エラーレポート	204
図 11-40	割り込み設定	205
図 11-41	2 段階ブート	207
図 11-42	BBoot のフロー	208
図 11-43	BBoot の構成	209
図 11-44	スロットマシンのフロー	210
図 11-45	ソースファイルコピー	211
図 11-46	ソースファイル追加	211
図 11-47	ソースファイル選択	212
図 11-48	ヘッダファイル追加	212
図 11-49	ジャンパの設定等	216
図 11-50	スロットマシン実行画面 1	217
図 11-51	スロットマシン完成	217
図 11-52	opb-mdm を追加してバスに接続	218
図 11-53	コンパイラオプション	219
図 11-54	デバッグオプション	220
図 11-55	XMD の接続	222
図 11-56	デバッグ設定	224
図 11-57	main で Break	225
図 11-58	0x10 で Break	226
図 11-59	_interrupt_handler() で Break	226
図 11-60	XIntc_DeviceInterruptHandler() で Break	227
図 11-61	timer_interrupt_handler() で Break	227
図 11-62	slot() で Break	228
図 11-63	ローカル変数やスタックの一覧	228
図 12-1	EDK SUZAKU のデフォルト	230
図 12-2	ISE/EDK8.1i の場合のオプション設定	231
図 12-3	xps_proj_stub.vhd をコピー	232
図 12-4	Project Navigator 起動	233
図 12-5	プロジェクトの新規作成	233
図 12-6	デバイスの選択(SZ130 の場合)	234
図 12-7	ソースコード入力	235
図 12-8	IP コア(ハード版)の仕様	237
図 12-9	IP コア(ハード版)追加	238
図 12-10	IP コア(ハード版)追加確認	238
図 12-11	MSS File 変更	239
図 12-12	MHS File 変更	239
図 12-13	IP コア(ハード版)に置き換え	240
図 12-14	不要なファイルの削除	240

図 12-15	main.c から割り込みの記述を削除	241
図 12-16	自作のコアをコントロール	242
図 13-1	JTAG ピンアサイン	252
図 13-2	Flashメモリ書き込み ピンアサイン	256
図 13-3	+5V センタープラスピン	256
図 13-4	7セグメントLED	258

例目次

例 5-1	SUZAKU の起動ログ(SZ130 の場合)	20
例 5-2	固定 IP アドレスの割り当て	21
例 5-3	ネットワークの設定の表示	21
例 7-1	信号の記述を追記 (top.vhd)	77
例 8-1	VHDL 基本構造	78
例 8-2	entity 記述	79
例 8-3	信号の定義	79
例 8-4	architecture 記述	80
例 8-5	内部信号定義	80
例 8-6	プロセス文	81
例 8-7	not 記述	82
例 8-8	and 記述	83
例 8-9	or 記述	83
例 8-10	not、and、or (top.vhd)	84
例 8-11	カウンタ記述	86
例 8-12	クロックの立ち上がりエッジに同期	86
例 8-13	同期リセット	86
例 8-14	if 文	87
例 8-15	other で初期化	87
例 8-16	カウンタのシミュレーション (slot_counter.vhd)	88
例 8-17	generic 文	89
例 9-1	単色 LED 順次点灯 (le_seq_blink.vhd)	97
例 9-2	単色 LED 順次点灯 (top.vhd)	98
例 9-3	component 文	99
例 9-4	port map 文	99
例 9-5	エッジ検出	102
例 9-6	シフトレジスタ	104
例 9-7	bit 連結	104
例 9-8	7 セグメント LED デコーダ (seg7_decoder.vhd)	110
例 9-9	case 文	111
例 9-10	7 セグメント LED デコーダ (top.vhd)	111
例 9-11	ダイナミック点灯 (dynamic_ctrl.vhd)	115
例 9-12	ダイナミック点灯 (top.vhd)	117
例 10-1	GPIO を追加した mhs ファイル	136
例 10-2	GPIO の設定を追加した mss ファイル	139
例 10-3	xparameters.h の定義の例	161
例 10-4	xuartlite_1.h に定義されている関数	161
例 11-1	コア (sil00u_core.vhd)	174
例 11-2	sil00u (user_logic.vhd)	178
例 11-3	sil00u (opb_sil00.vhd)	183
例 11-4	opb_sil00u_v2_1_0.mpd	185
例 11-5	opb_sil00u_v2_1_0.pao	186
例 11-6	自作 IP コア (main.c)	213
例 11-7	microblaze と opb_mdm の設定	218
例 11-8	XMD の起動ログ (SZ130 の場合)	222
例 11-9	Breakpoint 設定 (SZ010, SZ030, SZ130 の場合)	225
例 11-10	Breakpoint 設定 (SZ310 の場合)	225
例 12-1	CGI で 7 セグメント LED をコントロール (7seg-led-control.c)	243

1. SUZAKU について

まずはなんといっても"SUZAKU"。

初めに"SUZAKU"がどのようなボードであるのか説明します。SUZAKU の詳細については本書内いたるところにちりばめられていますので、ここでは簡単に概要のみ説明します。

1.1. SUZAKU の特徴

SUZAKU(朱雀)は FPGA をベースとしたボードコンピュータです。

FPGA 上にプロセッサと周辺ペリフェラルコアを構成し、オペレーティングシステムとして Linux を採用しています。

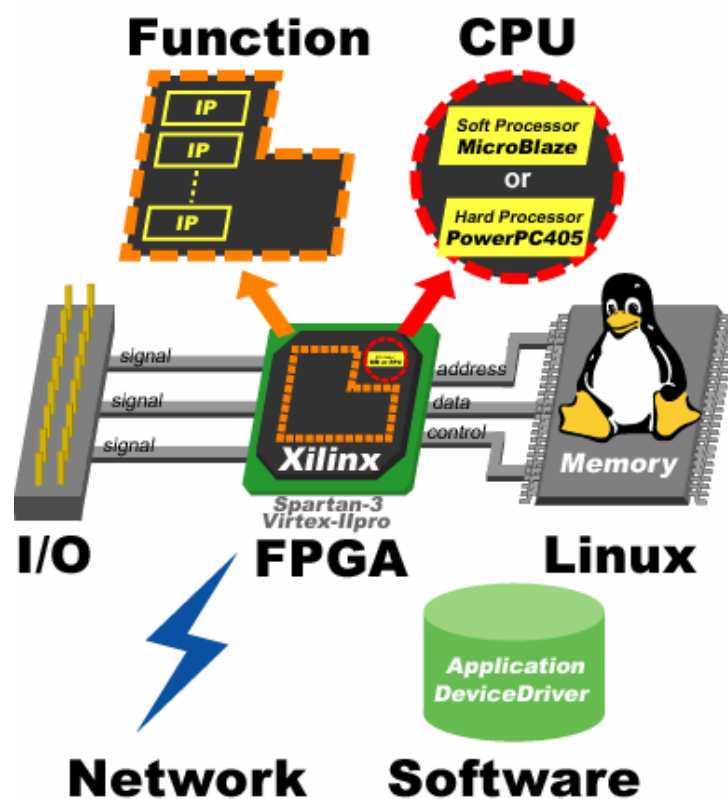


図 1-1 SUZAKU とは

● FPGA & Function

Xilinx の FPGA を採用し、大規模で柔軟な拡張をすることが出来ます。SZ010、SZ030 は Spartan-3、SZ130 は Spartan-3E、SZ310 は Virtex-II Pro を搭載しています。FPGA の内部は Xilinx やサードパーティ各社から供給される IP(Intellectual Property)を使用することで、必要な機能を容易に追加することが出来ます。また、ユーザによってもカスタマイズが可能です。

● CPU

SZ010、SZ030、SZ130 は低コストで資産継承性の高いソフトプロセッサの MicroBlaze を採用し、SZ310 は高性能で実績の高いハードプロセッサの PowerPC を採用しています。

● Linux & Software

Linux を標準のオペレーティングシステムとして採用しているため、アプリケーションソフトウェアの開発には GNU のアセンブラや C コンパイラ等を使用することができます。SZ010、SZ030、SZ130 は MMU 不要の μ CLinux、SZ310 は標準的な Linux に対応しています。デバイスドライバから各種サーバソフトウェアまで、オープンソースで開発された Linux 対応の豊富なソフトウェア資産を活用することが出来ます。

● I/O

基板外周に SZ010、SZ030、SZ130 は 86 ピン、SZ310 は 70 ピンのユーザが自由に使える外部 I/O を実装しています。例えば、GPIO や UART の数を増やし、外部 I/O ピンに割り当てるなどのカスタマイズが簡単に行えます。

● Network

ボードには LAN(10Base-T/100Base-Tx)が実装されています。LAN コントローラデバイスドライバ、各種プロトコルが最初から用意されているので、簡単にネットワークに接続できます。

1.2. 仕様

SUZAKU の主な仕様を以下に示します。

表 1-1 SUZAKU の仕様

	SUZAKU-S			SUZAKU-V
モデル	SZ010	SZ030	SZ130	SZ310
FPGA デバイス	Xilinx Spartan-3 (XC3S400)	Xilinx Spartan-3 (XC3S1000)	Xilinx Spartan-3E (XC3S1200E)	Xilinx Virtex-II Pro (XC2VP4)
CPU コア	MicroBlaze			PowerPC405
CPU クロック	51.6096MHz			265.4208MHz
水晶発振器周波数	3.6864MHz (FPGA 内部の DCM により逡倍して使用)			
DRAM	16MB		16MB × 2	32MB
フラッシュメモリ	4MB	8MB	8MB (SPI)	8MB
Ethernet	10BASE-T/100BASE-TX			
拡張 I/O ピン	86			70
シリアル	1ch(UART : 115.2kbps)			
タイマ	2ch(OPB Timer : 1ch は OS で使用)			PowerPC 内蔵タイマ
コンフィギュレーション	TE7720		SPI Flash	TE7720
基板サイズ	72×47mm			
電源	電圧: +3.3V±3%			
リセット機能	ソフトウェアリセット			
標準 OS	μ CLinux			Linux

1.3. メモリマップ

1.3.1. SZ010、SZ030

SZ010 および SZ030 のメモリマップは以下のとおりです。

表 1-2 SZ010、SZ030 のメモリマップ

Start Address	End Address	ペリフェラル	デバイス
0x0000 0000	0x0000 1FFF	BRAM	
0x0000 2000	0x7FFF FFFF	Reserved	
0x8000 0000	0x80FF FFFF	OPB-SDRAM Controller	SDRAM 16Mbyte
0x8100 0000	0xFEFF FFFF	Free	
0xFF00 0000	0xFF7F FFFF	OPB-EMC	Flash 4Mbyte or 8Mbyte
0xFF80 0000	0xFFDF FFFF	Free	
0xFFE0 0000	0xFFEF FFFF	OPB-EMC	LAN コントローラ
0xFFFF 0000	0xFFFF 0FFF	Free	
0xFFFF 1000	0xFFFF 10FF	OPB-Timer	
0xFFFF 1100	0xFFFF 1FFF	Free	
0xFFFF 2000	0xFFFF 20FF	OPB-UART Lite	RS-232C
0xFFFF 2100	0xFFFF 2FFF	Free	
0xFFFF 3000	0xFFFF 30FF	OPB-Interrupt Controller	
0xFFFF 3100	0xFFFF 9FFF	Free	
0xFFFF A000	0xFFFF A1FF	OPB-GPIO	ブートモードジャンパ ソフトウェアリセット
0xFFFF A200	0xFFFF A3FF	OPB-LED	LED
0xFFFF A400	0xFFFF FFFF	Free	

1.3.2. SZ130

SZ130 のメモリマップは以下のとおりです。

表 1-3 SZ130 のメモリマップ

Start Address	End Address	ペリフェラル	デバイス
0x0000 0000	0x0000 1FFF	BRAM	
0x0000 2000	0x7FFF FFFF	Reserved	
0x8000 0000	0x81FF FFFF	OPB-SDRAM Controller	SDRAM 32Mbyte
0x8200 0000	0xFEFF FFFF	Free	
0xFF00 0000	0xFF00 01FF	OPB-SPI	SPI Flash 8Mbyte
0xFF00 0200	0xFFDF FFFF	Free	
0xFFE0 0000	0xFFE0 FFFF	OPB-EMC	LAN コントローラ
0xFFE1 0000	0xFFFF 0FFF	Free	
0xFFFF 1000	0xFFFF 10FF	OPB-Timer	
0xFFFF 1100	0xFFFF 1FFF	Free	
0xFFFF 2000	0xFFFF 20FF	OPB-UART Lite	RS-232C
0xFFFF 2100	0xFFFF 2FFF	Free	
0xFFFF 3000	0xFFFF 30FF	OPB-Interrupt Controller	
0xFFFF 3100	0xFFFF 9FFF	Free	
0xFFFF A000	0xFFFF A1FF	OPB-GPIO	ブートモードジャンパ ソフトウェアリセット
0xFFFF A200	0xFFFF A3FF	OPB-LED	LED
0xFFFF A400	0xFFFF FFFF	Free	

1.3.3. SZ310

SZ310 のメモリマップは以下のとおりです。

表 1-4 SZ310 のメモリマップ

Start Address	End Address	ペリフェラル	デバイス
0x0000 0000	0x01FF FFFF	PLB-SDRAM Controller	SDRAM 32Mbyte
0x0200 0000	0xEFFF FFFF	Free	
0xF000 0000	0xF07F FFFF	PLB-EMC	Flash 8Mbyte
0xF080 0000	0xF0DF FFFF	Free	
0xF0E0 0000	0xF0EF FFFF	PLB-EMC	LAN コントローラ
0xF0F0 0000	0xF0FF 1FFF	Free	
0xF0FF 2000	0xF0FF 20FF	OPB-UART Lite	RS-232C
0xF0FF 2100	0xF0FF 2FFF	Free	
0xF0FF 3000	0xF0FF 30FF	OPB-Interrupt Controller	
0xF0FF 3100	0xF0FF 9FFF	Free	
0xF0FF A000	0xF0FF A1FF	OPB-GPIO	ブートモードジャンパ ソフトウェアリセット
0xF0FF A200	0xF0FF A3FF	OPB-LED	LED
0xF0FF A400	0xFFFF BFFF	Free	
0xFFFF C000	0xFFFF FFFF	BRAM	

2. LED/SW ボードについて

SUZAKU スターターキットは"SUZAKU+LED/SW ボード"で構成されます。LED/SW ボードは全部で 4 種類ある SUZAKU I/O ボードの第 1 号で、SUZAKU の学習用ボードとして生み出されました。この第 1 号がどのようなボードであるのか回路図をみながら簡単に説明します。詳細については"7 ISE の使い方"から実際に LED/SW ボードに触りながら説明します。

2.1. 回路説明

以下の回路図が LED/SW ボードの回路図です。回路図及び部品表は付属 CD-ROM の "¥suzaku-starter-kit¥doc" に収録されているので詳細はそちらを参照してください。

LED/SW ボードには単色 LED が 4 つ (D1、D2、D3、D4)、押しボタンスイッチが 3 つ (SW1、SW2、SW3)、ロータリコードスイッチが 1 つ (SW4)、7 セグメント LED が 3 つ (LED1、LED2、LED3)、シリアルポートが 1 つ実装されており、それぞれ CON2 から SUZAKU と接続するようになっています。安定した +3.3V を得るため AC アダプタ 5V から 3 端子レギュレータで +3.3V を作っています。この +3.3V は CON2、CON3 から SUZAKU 側へ供給されます。

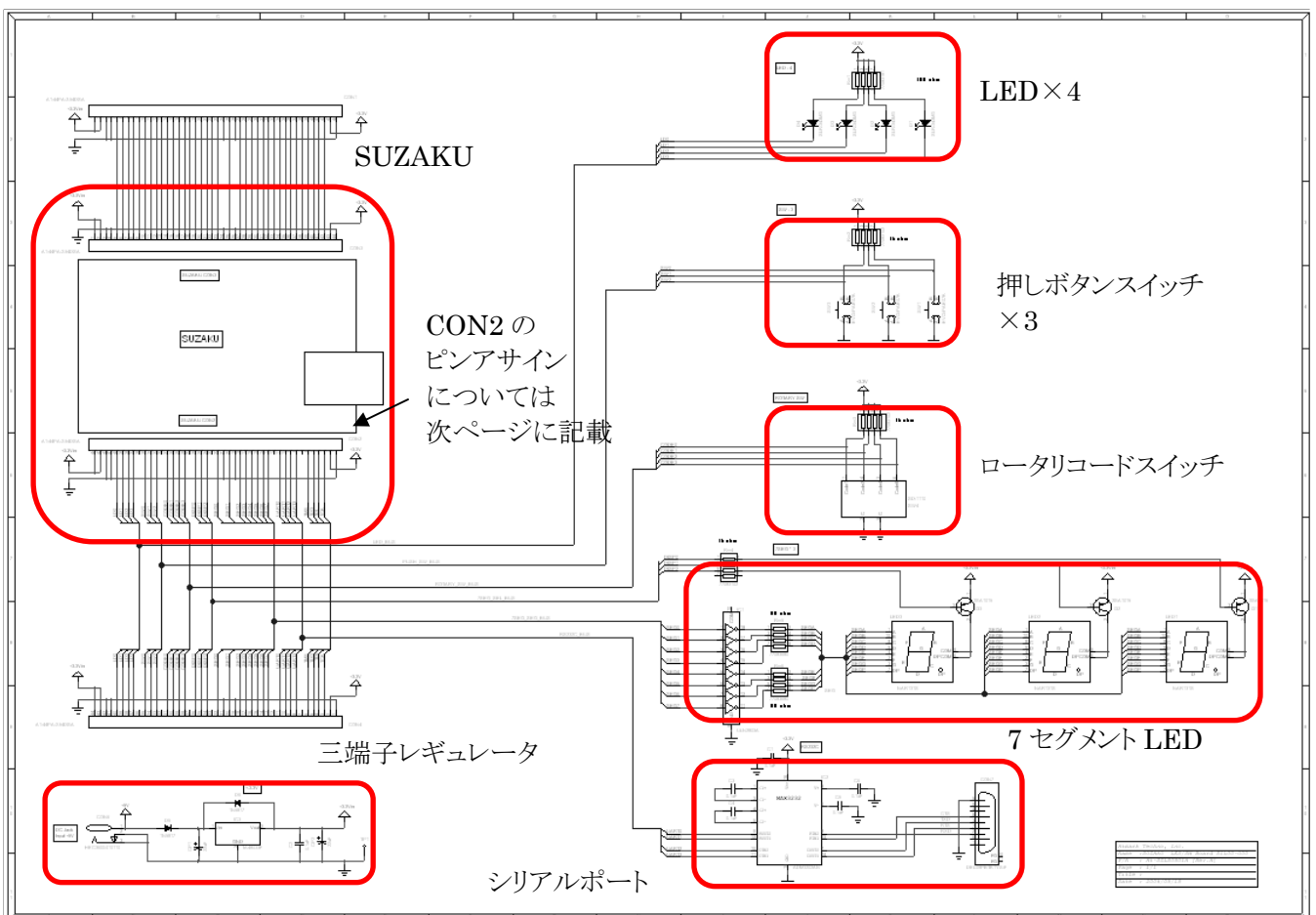


図 2-1 LED/SW 回路図 (縮小版)

2.2. ピンアサイン

LED/SW ボードを使用する際に必要となるピンアサインを以下に示します。

ピンアサインの詳細については"13 SUZAKU+LED/SW ボードのピンアサイン"を参照してください。

表 2-1 クロック、リセット信号 ピンアサイン

番号	信号名	I/O	機能	FPGA 接続先		
				SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
	SYS_CLK	I	クロック信号	T9	U10	C8
	SYS_RST	I	リセット信号	F5	D3	A8

表 2-2 機能用ピンアサイン(CON2)

番号	信号名	I/O	機能	FPGA 接続先		
				SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
8	UART3	I	RTS	A7	N4	E14
9	UART2	O	TXD	A3	M6	E13
10	UART1	O	CTS	D5	M5	F12
11	UART0	I	RXD	B4	M3	F13
13	SEG7	O	セグメント DP	C5	L5	F15
14	SEG6	O	セグメント G	B5	L6	F16
15	SEG5	O	セグメント F	E6	L4	G13
16	SEG4	O	セグメント E	D6	L3	G14
17	SEG3	O	セグメント D	C6	L2	G15
18	SEG2	O	セグメント C	B6	L1	G16
20	SEG1	O	セグメント B	A8	C9	N9
22	SEG0	O	セグメント A	B8	D9	P9
24	nSEL2	O	7 セグメント LED3 選択	D7	K6	H13
25	nSEL1	O	7 セグメント LED2 選択	C7	K4	H14
26	nSEL0	O	7 セグメント LED1 選択	B7	K3	H15
28	nCODE3	I	ロータリコードスイッチ 2 ³	C8	J1	J16
29	nCODE2	I	ロータリコードスイッチ 2 ²	A9	F9	J15
30	nCODE1	I	ロータリコードスイッチ 2 ¹	A12	E9	J14
31	nCODE0	I	ロータリコードスイッチ 2 ⁰	C10	A10	J13
33	nSW2	I	押しボタンスイッチ SW3	A14	D11	K16
34	nSW1	I	押しボタンスイッチ SW2	B14	C11	K15
35	nSW0	I	押しボタンスイッチ SW1	A13	F11	K14
37	nLE0	O	単色 LED(緑) D1	B12	E12	L16
38	nLE1	O	単色 LED(緑) D2	C12	F12	L15
39	nLE2	O	単色 LED(緑) D3	D11	B11	L14
40	nLE3	O	単色 LED(緑) D4	E11	A11	L13

2.2.1. バスのビットラベルについて

MicroBlaze、PowerPCはバスアーキテクチャとしてIBMのCoreConnectを採用しています。CoreConnectのバスおよびレジスタビットの命名規則でMSB側がビット0に定義されています。このため、LSB側がビット0に定義されている外部デバイスと比べビットラベルが逆になります。LED/SWボードも一般の外部デバイスと同じく、LSB側をビット0に定義しています。

本書内のVHDLソースコード内でバスの定義を行う場合、IBMのCoreConnectに合わせてMSB側をビット0にしています。これを外部デバイスと接続するために、FPGAのピンアサインの設定でMSBとLSBをひっくり返しています。

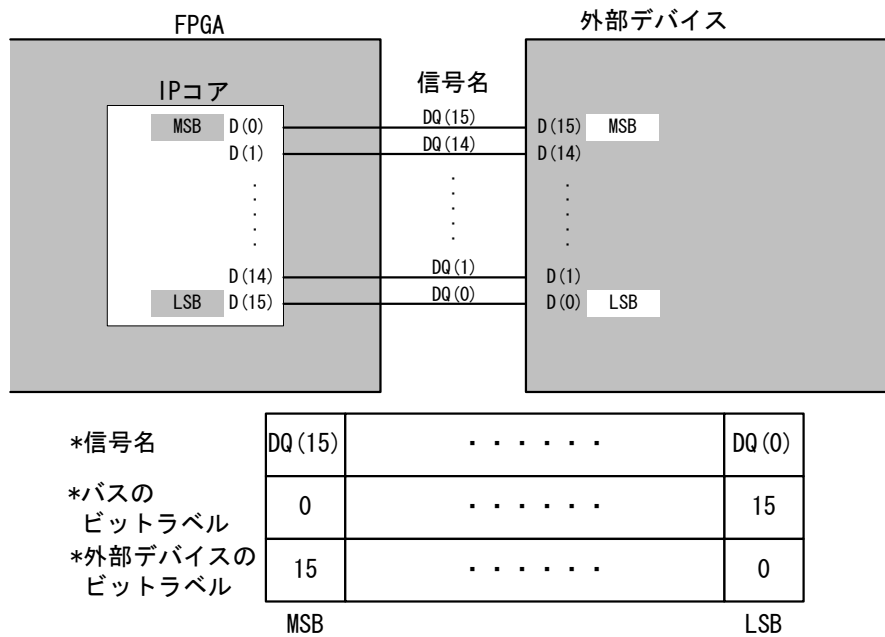


図 2-2 CoreConnect のビットラベルと信号

3. SUZAKU+LED/SW ボードの構成

SUZAKU+LED/SW ボードのコネクタの配置やジャンパの設定等について説明します。これらは実際に作業するためには必要不可欠な情報です。誤挿入や誤配線等間違った使い方をすると、SUZAKU や LED/SW ボードが壊れてしまう可能性があります。しっかりと確認してください。

3.1. 各種インターフェースの配置

SUZAKU には FPGA やメモリ、Ethernet コントローラ等が実装され、Linux が動作します。LED/SW ボードには LED やスイッチ、RS-232C レシーバ/ドライバが実装されています。電源は LED/SW ボード側から供給します。(SUZAKU 側の電源コネクタは使用しません) 各種インターフェースの配置は下図のようになっています。

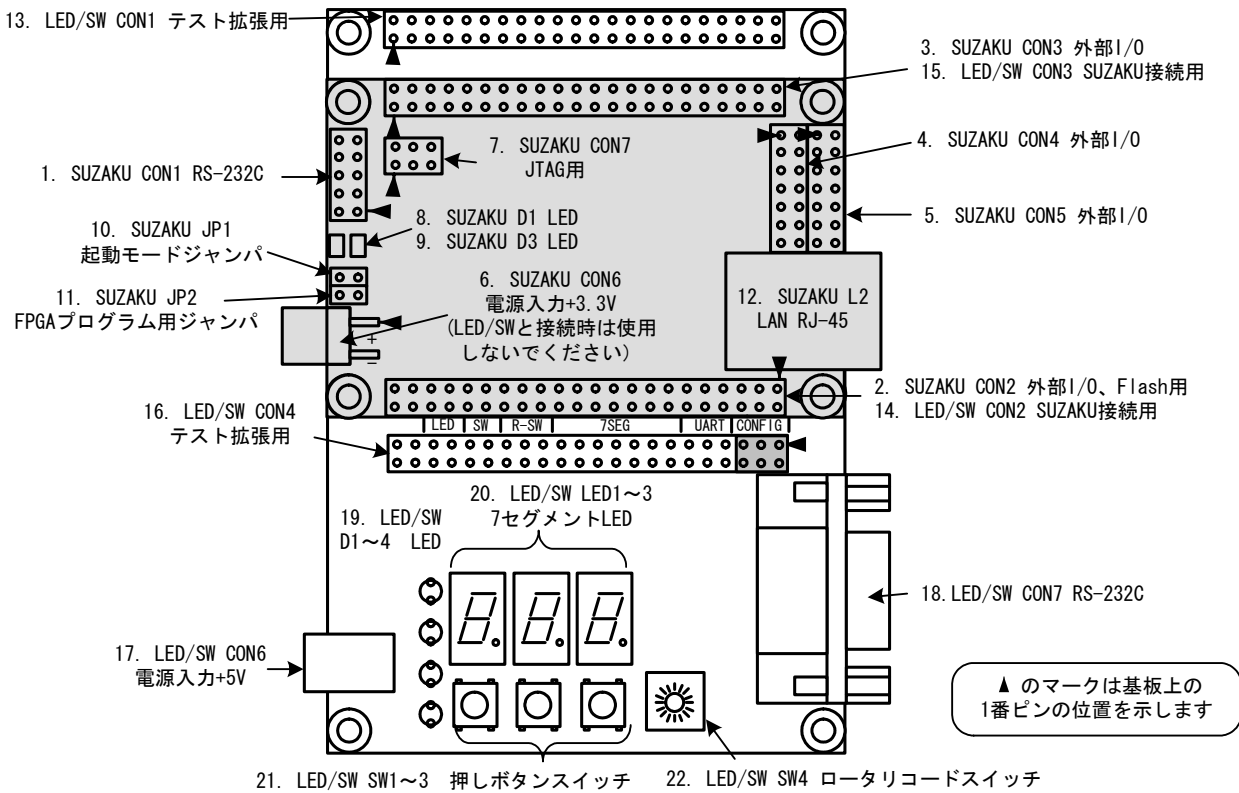


図 3-1 各種インターフェースの配置

表 3-1 SUZAKU のコネクタ配置

	部品番号	説明
SUZAKU	1	CON1 RS-232C コネクタ
	2	CON2 外部 I/O、Flash メモリ用コネクタ(LED/SW CON2 と接続)
	3	CON3 外部 I/O コネクタ(LED/SW CON3 と接続)
	4	CON4 外部 I/O コネクタ
	5	CON5 外部 I/O コネクタ
	6	CON6 電源入力+3.3V(LED/SW 接続時は絶対に使用しないでください)
	7	CON7 FPGA JTAG 用コネクタ
	8	D1 ユーザーコントロール LED(赤)
	9	D3 パワーON LED(緑)
	10	JP1 起動モードジャンパ
	11	JP2 FPGA プログラム用ジャンパ
	12	L2 Ethernet 10Base-T/100Base-Tx コネクタ

表 3-2 LED/SW のコネクタ配置

	部品番号	説明
LED/SW	13	CON1 テスト拡張用コネクタ(CON3 と同じピンアサインで配線接続されています)
	14	CON2 SUZAKU 接続コネクタ(SUZAKU CON2 と接続)
	15	CON3 SUZAKU 接続コネクタ(SUZAKU CON3 と接続)
	16	CON4 テスト拡張用コネクタ(CON2 と同じピンアサインで配線接続されています)
	17	CON6 +5V 入力コネクタ
	18	CON7 RS-232C コネクタ
	19	LED1~3 7セグメント LED “High”レベルで点灯
	20	D1~4 単色 LED(緑) “Low”レベルで点灯
	21	SW1~3 押しボタンスイッチ 押下で”Low”レベル
	22	SW4 ロータリコードスイッチ 選択時”Low”レベル

4. 電源を入れる前に

SUZAKU スターターキットに電源を入れる前に、足りないものをそろえたり、ソフトウェアをインストールしたりといった、開発を行うために必要となる作業について説明をします。

4.1. 必要なもの

SUZAKU スターターキットの場合は、箱に以下のものが収められています。ご確認ください。
それ以外の場合は以下のものが必要となるので、足りないものをそろえて下さい。

SUZAKU*
LED/SW ボード
CD-ROM
AC アダプタ 5V
D-sub9 ピン・10 ピン変換ケーブル
D-sub9 ピンクロスケーブル
スペーサ×4
ネジ×4
ジャンパプラグ×2

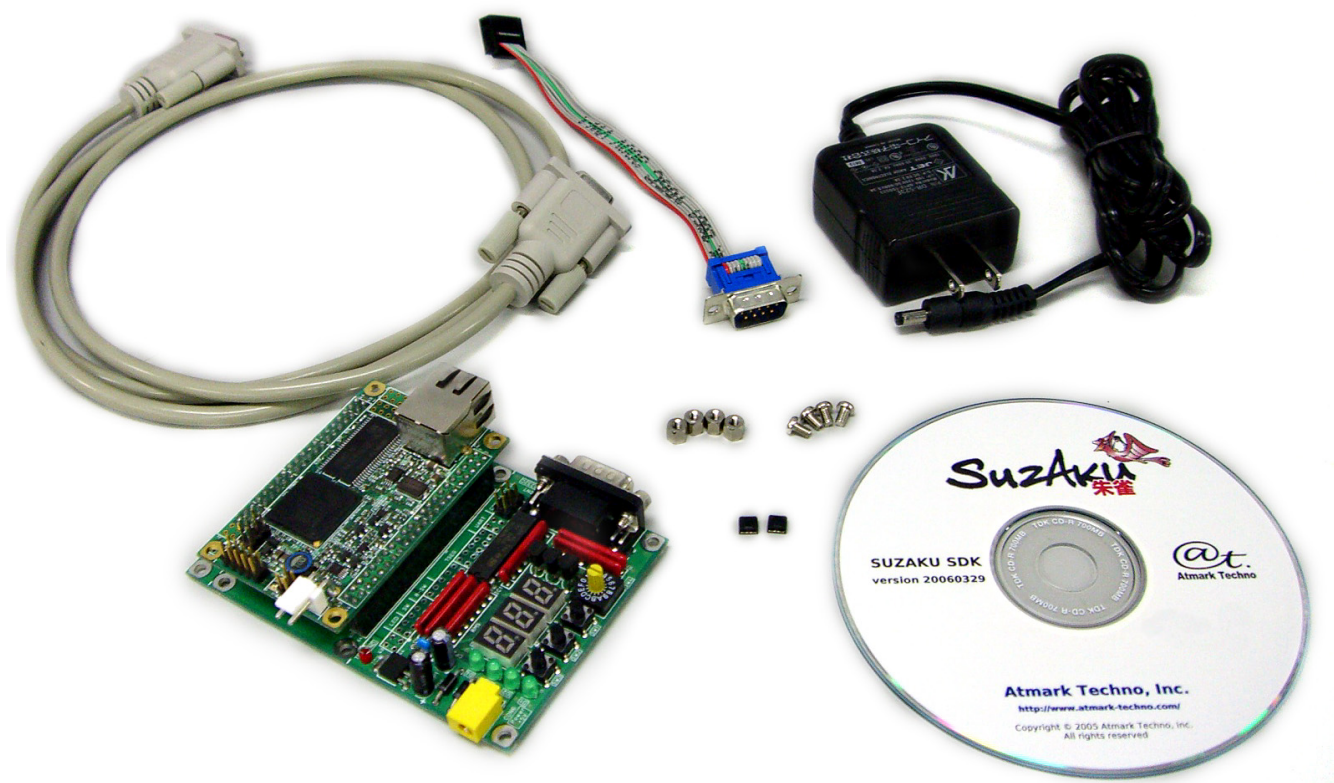


図 4-1 SUZAKU スターターキット

*本書対応の SUZAKU は SUZAKU-S (SZ010、SZ030、SZ130)、SUZAKU-V (SZ310) です。

4.1.1. CD-ROM の内容

付属 CD-ROM の内容を以下に示します(一部省略)。***は型式、x.x.x にはバージョン、xxxxxxx には更新日が入ります。付属 CD-ROM の内容は SUZAKU 公式サイトのダウンロードページ(<http://suzaku.atmark-techno.com/downloads/all>)からダウンロードすることも出来ます。

suzaku/		
bootloader/	: ブートローダ	
hermit-at-win-x.x.x.zip		: Windows 用ダウンローダ Hermit
s-record/	: モトローラ S 形式用ブートローダ	Hermit ファイル(srec)
loader-suzaku-microblaze-vx.x.x-4M.srec		: SZ010 用
loader-suzaku-microblaze-vx.x.x-8M.srec		: SZ030 SZ130 用
loader-suzaku-powerpc-vx.x.x-8M.srec		: SZ310 用
colinux/	: coLinux インストール関連ファイル	
cross-dev/	: クロス開発関連ファイル	
dist/	: ディストリビューションファイル	
doc/	: 各種マニュアル	
sz010-u00_sz030-u00_hardware_manual_ja-x.x.x.pdf		: SZ010 SZ030 ハードウェアマニュアル
sz130-u00_hardware_manual_ja-x.x.x.pdf		: SZ130 ハードウェアマニュアル
sz310-u00_hardware_manual_ja-x.x.x.pdf		: SZ310 ハードウェアマニュアル
suzaku_software_manual_ja-x.x.x.pdf		: SUZAKU ソフトウェアマニュアル
uclinux-dist-developers-guide-x.x.pdf		: uCLinux-dist Developers Guide
fpga_proj/	: デフォルトの FPGA プロジェクトファイル	
8.1i/	: EDK8.1i 用 FPGA プロジェクトファイル	
sz***/		: SZ***用
sz***-xxxxxxx.zip		: FPGA デフォルトプロジェクトファイル
default_bit_file/		: デフォルトプロジェクトの FPGA プログラムファイル(bit, mcs)
8.2i/	: EDK8.2i 用 FPGA プロジェクトファイル	
image/	: Hermit での Flash メモリ書き換え用イメージファイル(bin)	
fpga-sz***.bin		: デフォルトの FPGA イメージファイル
image-sz***.bin		: デフォルトの Linux イメージファイル
loader-suzaku-microblaze-vx.x.x.bin		: ブートローダ Hermit イメージファイル
sample/	: CGI、C 言語等のサンプルファイル	
tools/		
spi_writer.zip		: SPI Writer(SZ130 の Flash メモリ書き込みツール)
LBPlay2_Release104		: LBPlayer2(SZ010,SZ030,SZ310 Flash メモリ書き込みツール)

suzaku フォルダには SUZAKU に関する様々なファイルが収録されています。bootloader フォルダにはモトローラ S 形式でのブートローダ Hermit 書き換え用ファイル等が収録されています。doc フォルダには SUZAKU のハードウェアマニュアルやソフトウェア開発のためのマニュアルが収録されています。fpga_proj フォルダには SUZAKU のデフォルトの FPGA プロジェクトが収録されています。また、FPGA プログラム用の bit ファイル、mcs ファイルも一緒に収録されています。image フォルダにはダウンローダ Hermit で使用する書き込み用のファイルが収録されています。これらのイメージが SUZAKU のデフォルトになります。tools フォルダには Flash メモリに書き込むためのツールが収録されています。

suzaku-starter-kit/	
suzaku_starter_kit_guide_fpga-x.x.x.pdf	: SUZAKU スターターキットガイド (FPGA 開発編)
suzaku_starter_kit_guide_linux-x.x.x.pdf	: SUZAKU スターターキットガイド (Linux 開発編)
fpga/	: 本書で作成、使用する VHDL、C 言語ソースファイル
dynamic_ctrl.zip	: ダイナミック点灯回路 ソース等
le_seq_blink.zip	: 単色 LED 順次点灯回路 ソース等
seg7_decoder.zip	: 7セグメント LED デコーダ回路 ソース等
slot_counter.zip	: カウンタ回路 ソース等
slot_le.zip	: not and or 回路 ソース等
slot_c_source.zip	: スロットマシン用 C 言語ソースコード
opb_sil00h_v1_00_a.zip	: スロットマシン自作 IP コア (ハード版)
opb_sil00u_v1_00_a.zip	: スロットマシン自作 IP コア (ソフト版)
8.1i/	: EDK8.1i 用 FPGA プロジェクトファイル
sz***-sil/	: SZ*** の FPGA プロジェクトファイル
sz***-add_slot-xxxxxxx.zip	: スロットマシン機能を追加したプロジェクトファイル
default_bit_file/	: FPGA プログラムファイル(bit, mcs)
8.2i/	: EDK8.2i 用 FPGA プロジェクトファイル
doc/	: LED/SW ボードのマニュアル
LED_SW_Board_parts.pdf	: LED/SW 部品表
LED_SW_Schematic.pdf	: LED/SW 回路図
sil00_hardware_manual_x.x.x.pdf	: LED/SW ハードウェアマニュアル
sil00_software_manual_x.x.x.pdf	: LED/SW ソフトウェアマニュアル
image/	: Hermit での Flash メモリ書き換え用イメージファイル (bin ファイル)
fpga-sz***-sil.bin	: スロット機能を追加した FPGA イメージファイル
image-sz***-sil.bin	: スロットの CGI を追加した Linux イメージファイル

suzaku-starter-kit フォルダには SUZAKU スターターキットに関するファイルが収録されています。SUZAKU スターターキットガイド (Linux 開発編) は本書と対になる SUZAKU の Linux 開発の入門書です。ぜひご一読ください！ fpga フォルダには本書で作成、使用する VHDL ソースコード、ucf ファイル、プロジェクトファイル、C 言語ソースコード等が収録されています。doc フォルダには LED/SW ボードの各種資料、使用 IP コアのデータシートが収録されています。image ファイルにはダウンローダ Hermit で使用する書き込み用ファイルが収録されています。これらのイメージファイルがスターターキット出荷時に書き込まれています。

4.2. 開発環境

SUZAKU スターターキットの開発環境として必要なソフトウェアおよびハードウェアは以下のとおりです。

- **作業用 PC**
Windows2000 または、WindowsXP が動作し、シリアルポート(1 ポート)、及びパラレルポート(1 ポート)を持つ PC を準備してください。
- **Xilinx Parallel CableIII、IVまたはそれ相当***
Parallel CableIII、IVまたはそれ相当のものを準備してください。
- **シリアル通信用ソフト**
Tera Term(Pro)等のシリアル通信用ソフトをインストールしてください。Tera Term(Pro)はフリーソフトウェアのターミナルエミュレータで、シリアル通信等を行うことができます。Tera Term(Pro)には UTF-8 に対応しているバージョンもあります。
- **Xilinx ISE***
Xilinx の ISE8.1i 以降(Foundation(有償版)、WebPACK(無償版)どちらでも可)を準備し、インストールしてください。無償版の ISE WebPACK は、Xilinx のホームページ(<http://www.xilinx.co.jp/>)からダウンロードできます。どちらでも本書内の開発は可能です。お好きな方をインストールしてください。インストール後ソフトウェアアップデートをしてください。本書は ISE8.1i を元にかかれています。
- **Xilinx EDK***
Xilinx EDK8.1i 以降(Embedded Development Kit)を準備し、インストールしてください。インストール後ソフトウェアアップデートをしてください。本書は EDK8.1i を元にかかれています。
- **LBPlayer2** **SZ010** **SZ030** **SZ310**
LBPlayer2 をインストールしてください。
付属 CD-ROM の"%suzku¥tools¥LBPlay2_Release108.zip¥Lbplayer2.lzh"に収録されています。また、東京エレクトロニクスデバイスのホームページ(<http://www.teldevice.co.jp/>)から最新版をダウンロードすることが出来ます。
- **SPI Writer** **SZ130**
SPI Writer をインストールしてください。
付属 CD-ROM の"%suzaku¥tools¥spi_writer.zip"に収録されています。また、SUZAKU 公式サイトのダウンロードページ(<http://suzaku.atmark-techno.com/downloads/all>)から最新版をダウンロードすることが出来ます。
- **ダウンローダ Hermit**
ダウンローダ Hermit をインストールしてください。
付属 CD-ROM の"%suzaku¥bootloader¥hermit-at-win-x.x.x.zip"に収録されています。また、SUZAKU 公式サイトのダウンロードページ(<http://suzaku.atmark-techno.com/downloads/all>)から最新版をダウンロードすることが出来ます。

* Xilinx 製品の詳細については、Xilinx のホームページ(<http://www.xilinx.co.jp/>)をご覧ください。Xilinx 代理店にお問い合わせください。

4.3. 組み立て

LED/SW ボードに SUZAKU を接続します。(SUZAKU スターターキットの場合は出荷時に接続されています) 接続する際、方向、位置に十分ご注意ください。間違った方向、位置に接続して電源を投入した場合、電源がショートして壊れる可能性があります。SUZAKU スターターキットでは CON2 の 19 番ピンに逆挿し防止対策が施されています。

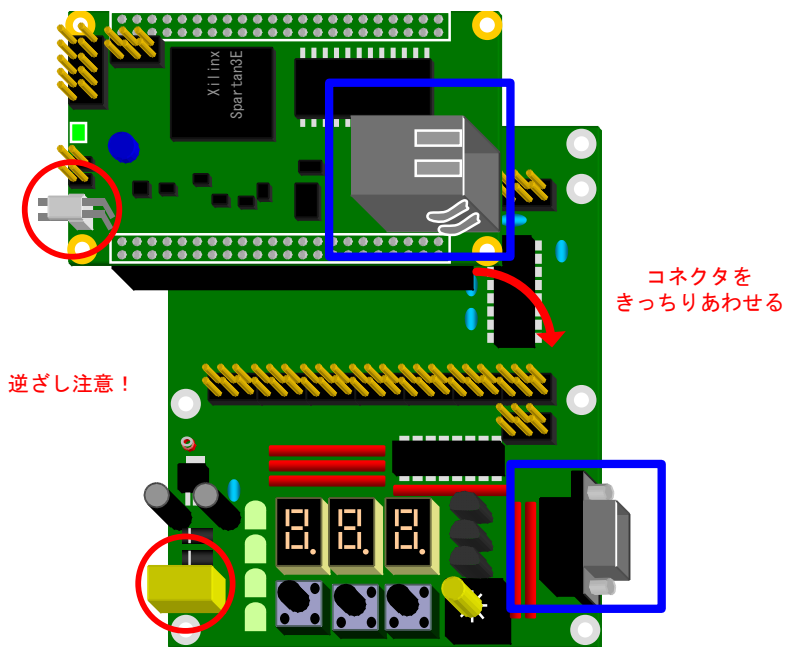


図 4-2 組み立て工程 1

もし、CON2、CON3 にコネクタが接続されていない場合、取り付け面と位置に注意し、コネクタを半田付けしてください。コネクタは 40 ピン～44 ピンのものをご用意ください。CON2 の 41～44 ピン、CON3 の 41～44 ピンにはコネクタを接続しなくても動作いたしますので、コネクタが44ピンに足りない場合は、1ピン側によせて半田付けしてください。

半田付けする際は、マスキングをし、周囲の部品に半田くず、半田ボール等付着しない様十分にご注意ください。

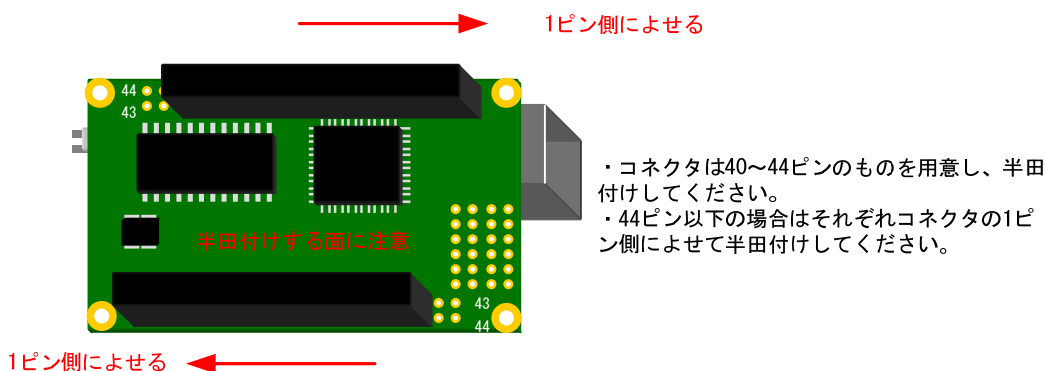


図 4-3 コネクタの半田付け

足を取り付けます。4ヶ所にスペーサを取り付けネジ締めしてください。

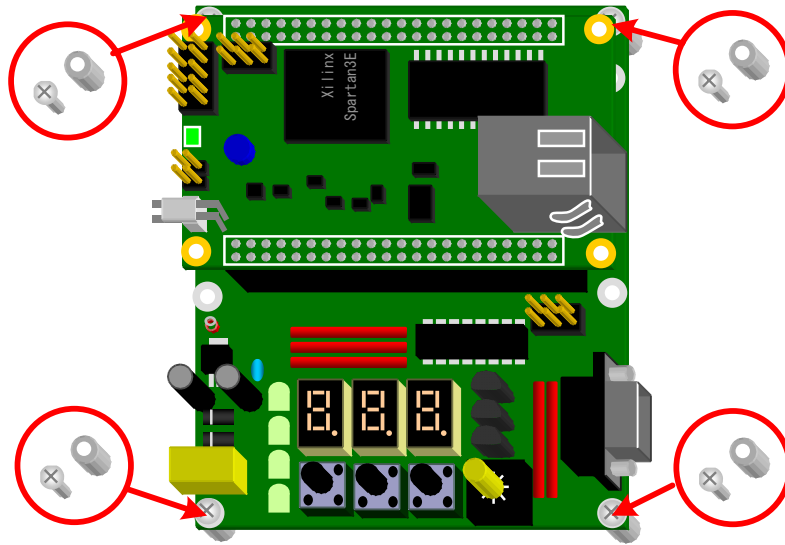


図 4-4 組み立て工程 2

5. SUZAKU+LED/SW ボードを動かす

電源を入れて出荷状態の SUZAKU スターターキット(SUZAKU+LED/SW ボード)を動かします。出荷状態では Flash メモリに Linux が OS として入り、FPGA に今回最終目標とするスロットマシンが入っています。SUZAKU が一体どういう動きをするのか実際に体験してください。

SUZAKU はジャンパによりオートブートモード、ブートローダモード、FPGA コンフィギュレーション待ちの 3 つの状態に設定することが出来ます。このうち、オートブートモードとブートローダモードで SUZAKU スターターキットを動かします。

表 5-1 ジャンパの設定と起動時の動作

JP1	JP2	起動時の動作	起動モード
オープン	オープン	Linux カーネルを起動	オートブートモード
ショート	オープン	ファーストブートローダ BBoot を起動	ブートローダモード
—	ショート	何も起動しません	FPGA コンフィギュレーション待ち

Flash メモリの中身が SUZAKU スターターキット出荷状態以外の場合、Linux リージョンおよび FPGA リージョンを書き換えてください。Linux のイメージファイルは付属 CD-ROM の"%suzaku-starter-kit¥image¥image-sz***-sil.bin"です。FPGA ファイルは付属 CD-ROM の"%suzaku-starter-kit¥fpga¥x.x¥sz***¥sz***-add_slot-xxxxxxx.zip"の default_bit_file フォルダの中に収録されています。書き換える方法については、"6 SUZAKU を書き換える"を参照してください。

5.1. 接続方法

D-Sub9ピン-10ピン変換ケーブル、LANケーブルを適切なコネクタに接続してください。

RS-232C コネクタ(CON1)に D-Sub9ピン-10ピン変換ケーブルを接続する時、コネクタの白い三角マークとSUZAKU 基板上の白い三角マークを合わせるように接続します。コネクタの向きを反対に接続すると、機器を破損する恐れがありますので十分にご注意ください。

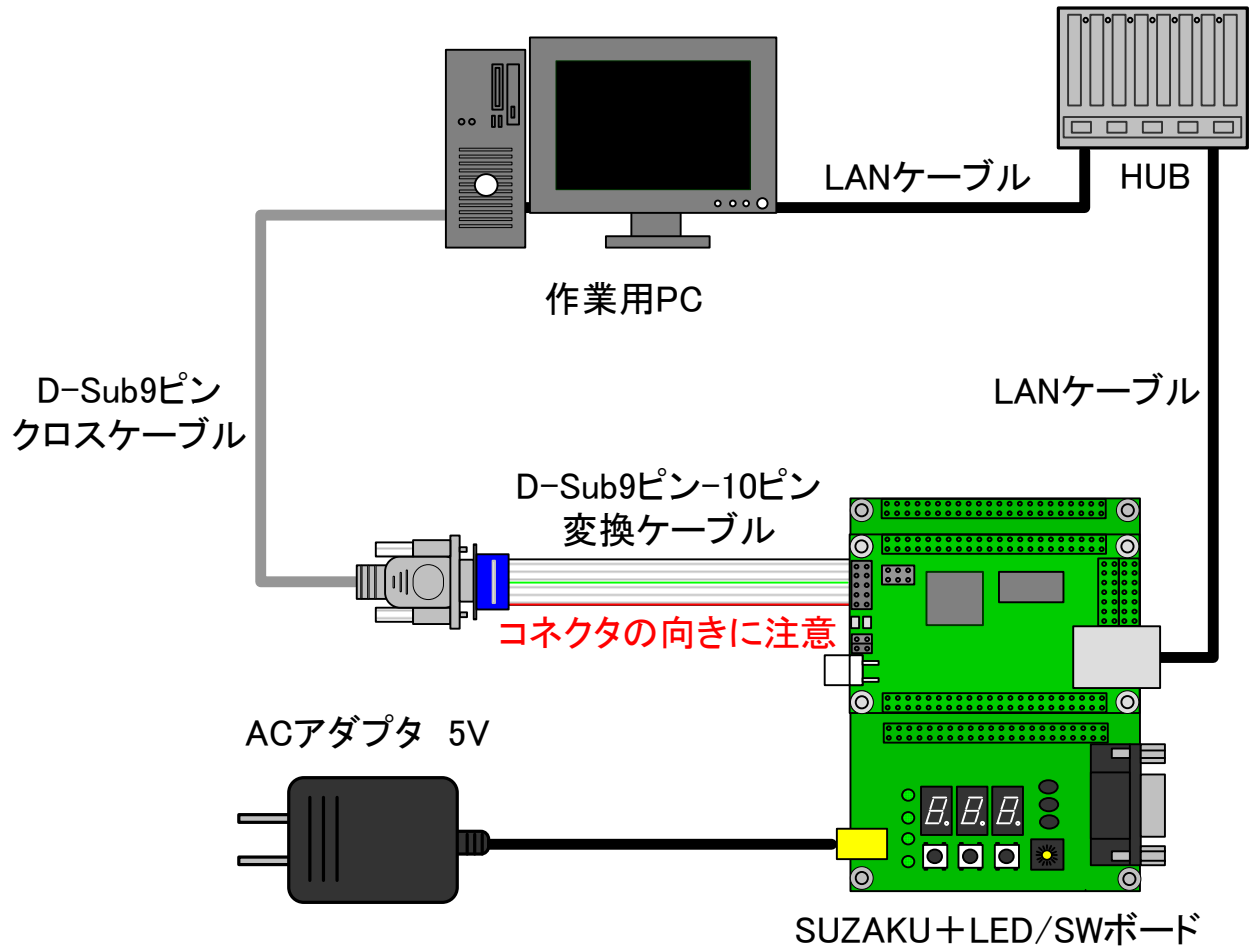


図 5-1 SUZAKU+LED/SW ボード配線

5.2. シリアル通信ソフトウェア

SUZAKU はシリアルポートをコンソールとして使用します。SUZAKU のコンソールから出力される情報を読み取ったり、SUZAKU のコンソールに情報を送ったりするには、シリアル通信ソフトウェアが必要です。ここでは Tera Term を使用した例を示します。

シリアル通信ソフトウェアを立ち上げ、シリアル通信の設定を行ってください。

- Baud rate 115200
- Data 8bit
- Parity none
- Stop 1bit
- Flow control none

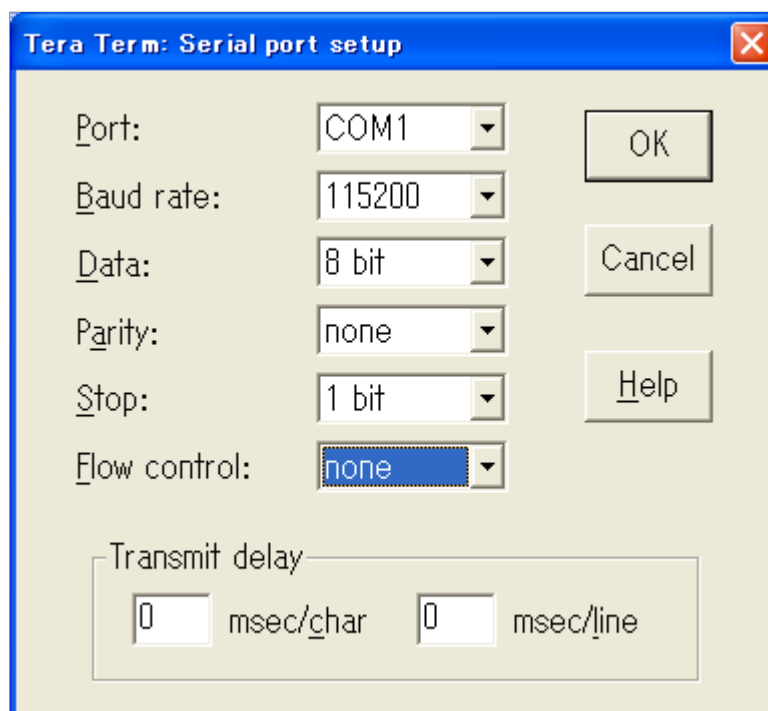


図 5-2 Tera Term の設定

5.3. オートブートモードで Linux を動かす

まずはオートブートモードで Linux を動かします。

JP1、JP2 がオープンになっていることを確認してください。

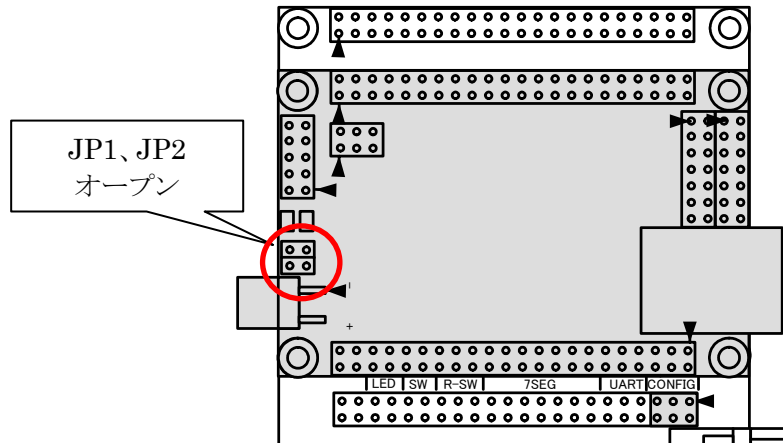


図 5-3 オートブートモード ジャンプの設定

5.3.1. 電源について

LED/SW CON6 から AC アダプタ 5V で電源を供給します。

SUZAKU CON6 からは絶対に電源を供給しないでください。電源がショートし、機器を破損する可能性があります。また、改造等により電源を外部から供給等行わないでください。SUZAKU と LED/SW ボードは、電源シーケンスの関係から、お互いに電源を供給し合うような形になっているので、機器を破損する可能性があります。

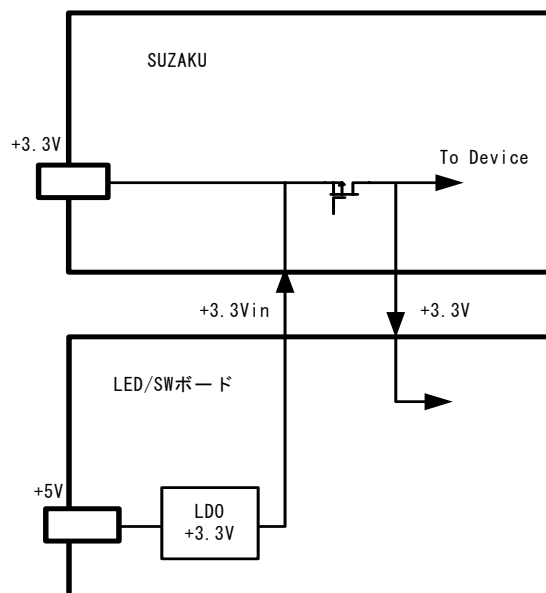


図 5-4 電源系統

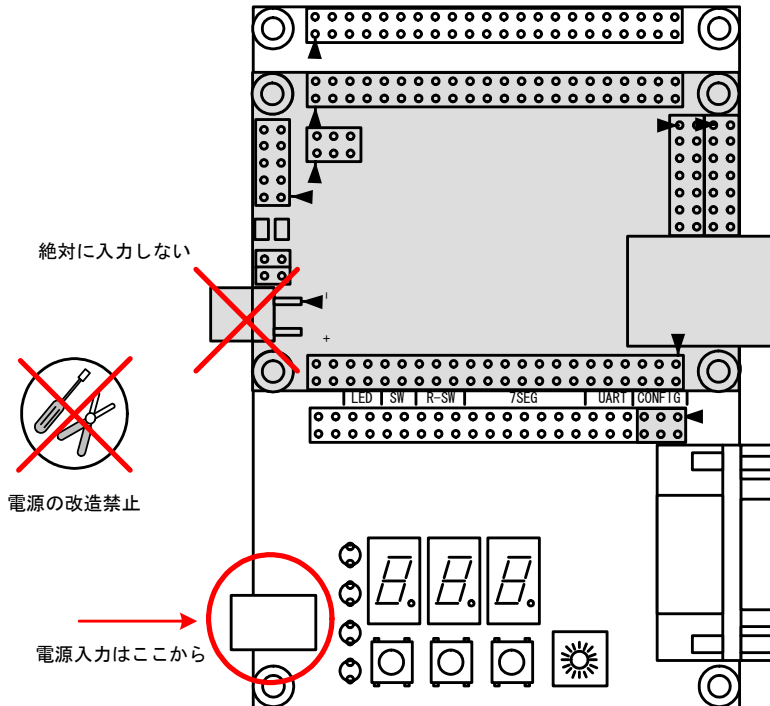


図 5-5 電源ケーブル接続の諸注意

5.3.2. Linux の起動

電源が供給されると、シリアル通信ソフトウェアの画面に Linux の起動ログが表示されます。

例 5-1 SUZAKU の起動ログ(SZ130 の場合)

```
Linux version 2.4.32-uc0 (atmark@pc-build) (gcc version 3.4.1 ( Xilinx EDK 8.1 Build
EDK_I.17 090206 )) #1 2006年 7月 13日 木曜日 01:19:35 JST
On node 0 totalpages: 8192
zone(0): 8192 pages.
zone(1): 0 pages.
zone(2): 0 pages.
CPU: MICROBLAZE
Kernel command line:
Console: xmbserial on UARTLite
Calibrating delay loop... 25.60 BogoMIPS
Memory: 32MB = 32MB total
Memory: 29744KB available (957K code, 1703K data, 44K init)
Dentry cache hash table entries: 4096 (order: 3, 32768 bytes)
Inode cache hash table entries: 2048 (order: 2, 16384 bytes)
Mount cache hash table entries: 512 (order: 0, 4096 bytes)
Buffer cache hash table entries: 1024 (order: 0, 4096 bytes)
Page-cache hash table entries: 8192 (order: 3, 32768 bytes)
POSIX conformance testing by UNIFIX
Linux NET4.0 for Linux 2.4
Based upon Swansea University Computer Society NET3.039
Initializing RT netlink socket
Microblaze UARTlite serial driver version 1.00
ttyS0 at 0xffff2000 (irq = 1) is a Microblaze UARTlite
Starting kswapd
xgpio #0 at 0xFFFFA000 mapped to 0xFFFFA000
Xilinx GPIO registered
RAMDISK driver initialized: 16 RAM disks of 4096K size 1024 blocksize
eth0: LAN9115 (rev 1150001) at ffe00000 IRQ 2
uclinux[mtd]: RAM probe address=0x80125a30 size=0x174000
uclinux[mtd]: root filesystem index=0
NET4: Linux TCP/IP 1.0 for NET4.0
```

```

IP Protocols: ICMP, UDP, TCP
IP: routing cache hash table of 512 buckets, 4Kbytes
TCP: Hash tables configured (established 2048 bind 4096)
VFS: Mounted root (romfs filesystem) readonly.
Freeing init memory: 44K
Mounting proc:
Mounting var:
Populating /var:
Running local start scripts.
Setting hostname:
Setting up interface lo:
Mounting /etc/dhpc:
Starting DHCP client:
Starting inetd:
Starting thttpd:

```

```
SUZAKU.STARTER-KIT login:
```

5.3.3. ログイン

表示されている SUZAKU のログインプロンプトから root ユーザでログインします。パスワードの初期設定は "root" です。

表 5-2 SUZAKU 初期設定時のユーザとパスワード

ユーザ名	パスワード	権限
root	root	特権ユーザ

5.3.4. ネットワークの設定

出荷状態の SUZAKU は DHCP で IP を取得するように設定されています。お使いの環境に DHCP サーバがない場合は固定 IP を割り当てる必要があります。以下のコマンドを入力し、固定 IP を割り当ててください。以下の例の 192.168.11.234 の部分には適当な IP アドレスを入力してください。固定 IP を割り当てる時は SUZAKU 上の特権ユーザで実行してください。

例 5-2 固定 IP アドレスの割り当て

```
#ifconfig eth0 down
#ifconfig eth0 192.168.11.234
```

ネットワークの設定は以下のコマンドで表示されます。

例 5-3 ネットワークの設定の表示

```
#ifconfig eth0
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr 00:11:0C:12:34:56
          inet addr:192.168.11.234  Bcast:192.168.10.255  Mask:255.255.255.0
          UP BROADCAST NOTRAILERS RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:114 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:16 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
```

5.3.5. ウェブ

出荷状態の SUZAKU では、thttpd という小さな HTTP サーバが起動しています。”例 7-3 ネットワーク設定の表示”で表示された IP アドレス(例では 192.168.11.234)にお使いのウェブブラウザでアクセスすることで、動作確認ができます。"http://IP アドレス"にアクセスしてください。

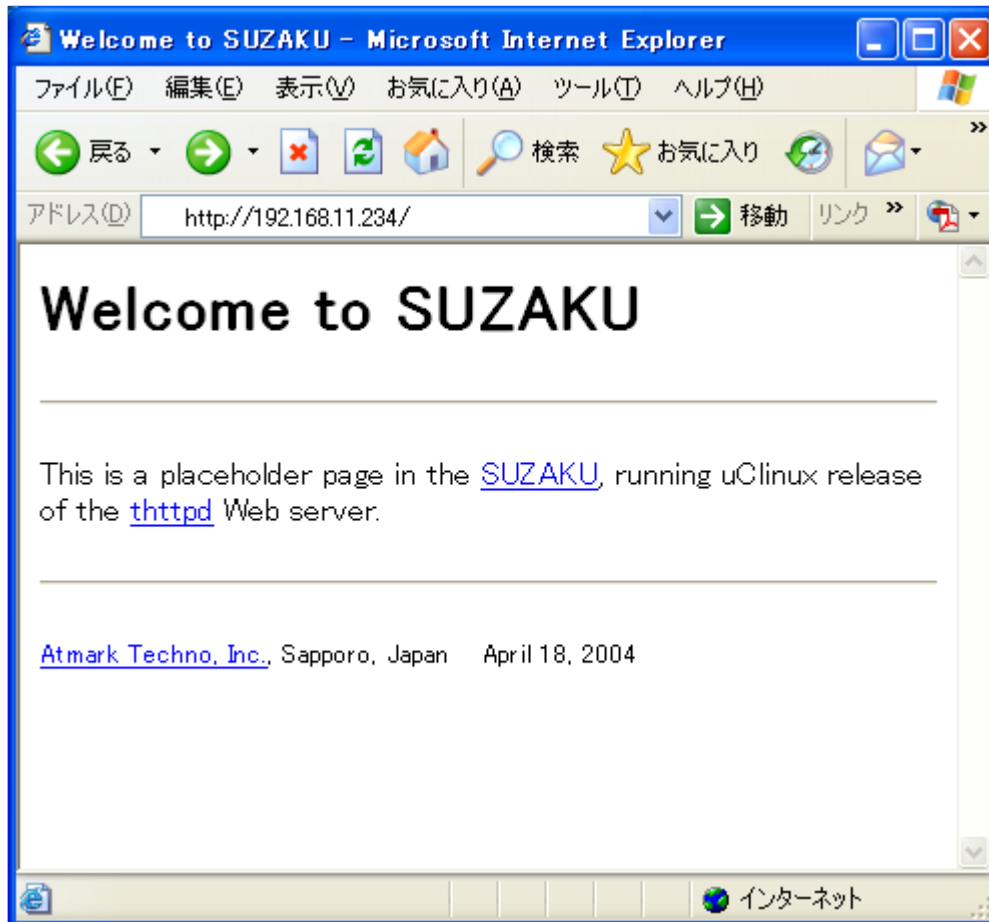


図 5-6 SUZAKU Web Page

さらに7セグメントLEDを制御できるCGIが入っています。”http://IPアドレス/7seg-led-control.cgi”にアクセスしてください。

1~F(16進数)の数字を設定して[OK]をクリックすると、7セグメントLEDに設定した数字が表示される。

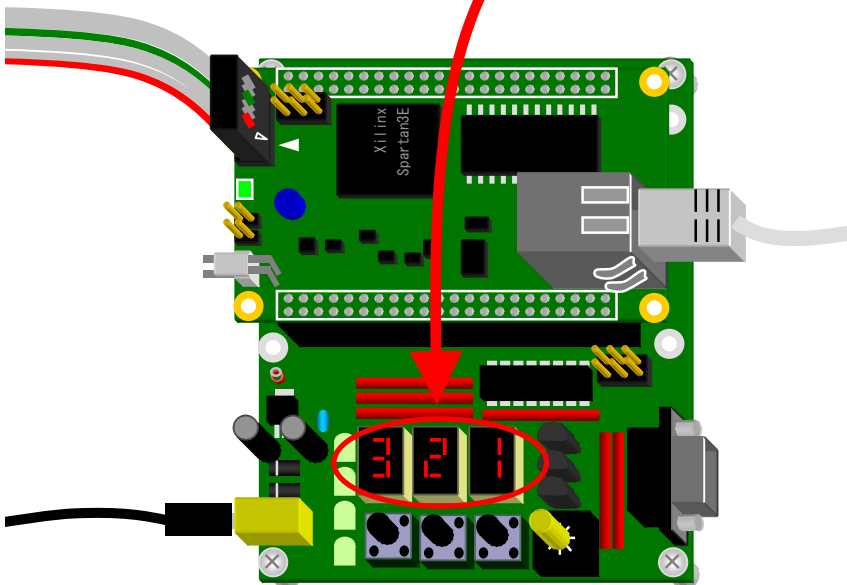
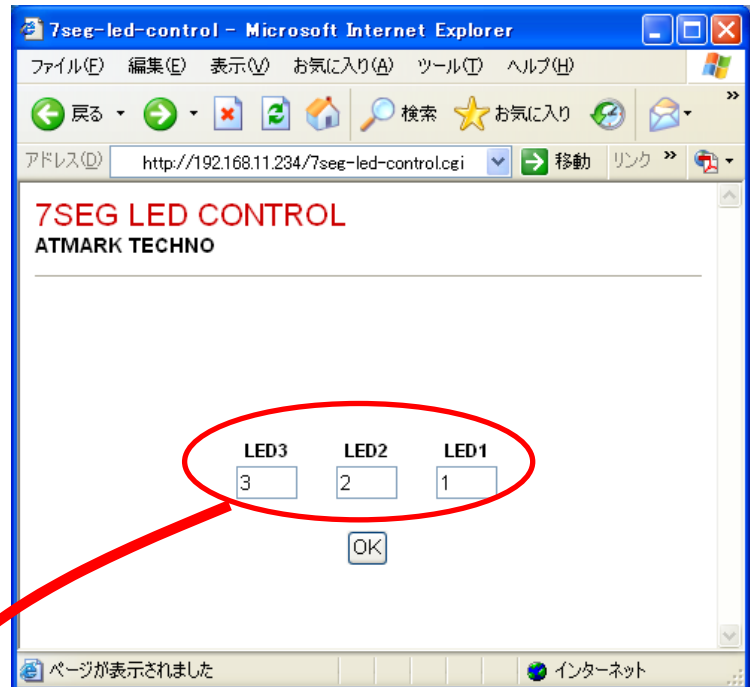


図 5-7 CGIを動かしてみる

5.3.6. 終了方法

SUZAKU スターターキットには電源ボタンがありません。終了するには、電源を切断する必要があります。ACアダプタをコンセントから抜いて終了してください。

5.4. ブートローダモードでスロットマシンを動かす

次にブートローダモードでスロットマシンを動かします。
JP1にジャンププラグをさしてショートさせてください。

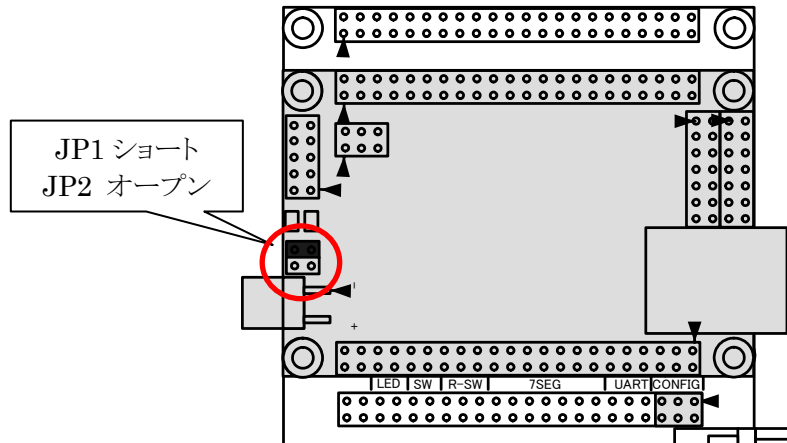


図 5-8 ブートローダモード ジャンプの設定

5.4.1. スロットマシン起動

シリアル通信用ソフトウェアが起動されていることを確認してから AC アダプタ 5V を接続し、電源を供給してください。シリアル通信用ソフトウェアの画面に以下が表示され、スロットマシンを動かすことができますようになります。

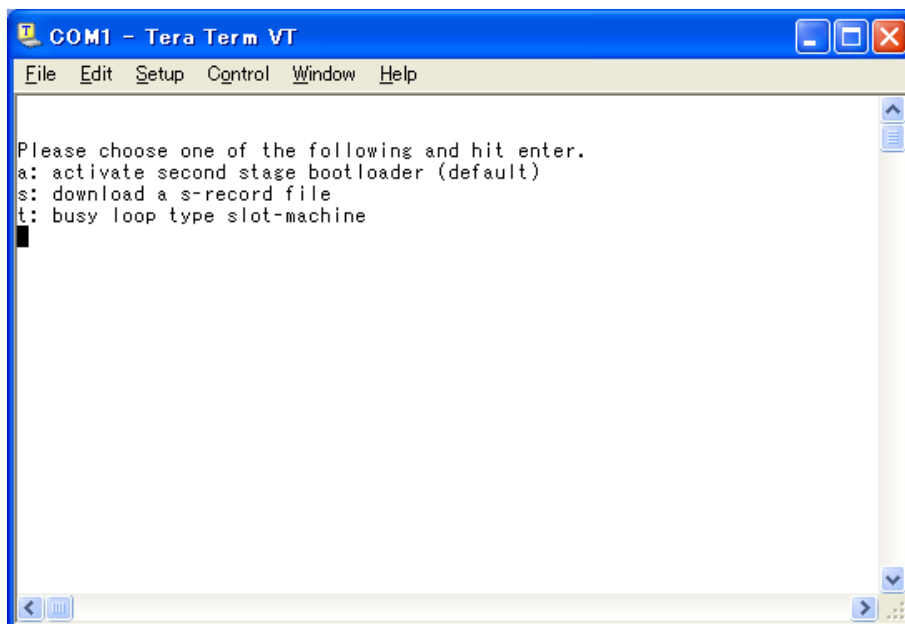


図 5-9 スロットマシンの起動(SZ130 の場合)

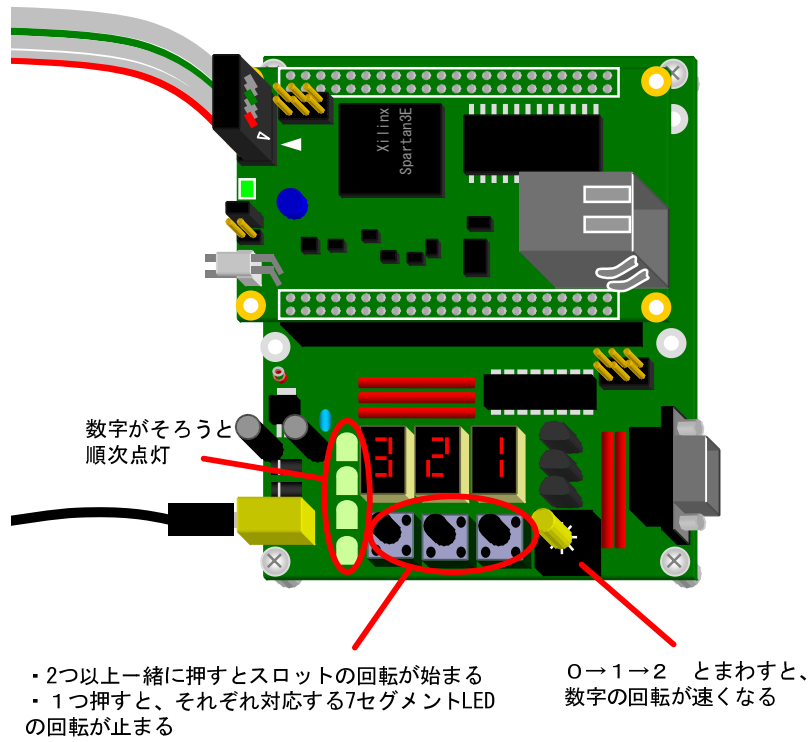


図 5-10 スロットマシンを動かしてみよう

6. SUZAKU を書き換える

SUZAKU で開発するためには SUZAKU を書き換える作業が必須となります。ここでは SUZAKU の書き換えかたを説明します。SUZAKU を書き換える = Flash メモリを書き換えることとなります。Flash メモリには SUZAKU の基礎となる様々なデータが書き込まれています。

Flash メモリは大きく、FPGA リージョン、ブートローダリージョン、イメージリージョン、コンフィグリージョンという領域に分割し、データを書き込んでいます。

- FPGAリージョン : SUZAKU の FPGA コンフィギュレーションデータが書き込まれています。
- ブートローダリージョン : ブートローダ Hermit のデータが書き込まれています。
- イメージリージョン : Linux のカーネルやユーザランドが書き込まれています。
- コンフィグリージョン : ネットワークの設定やパスワードが書き込まれています。

これらの領域はそれぞれ個別に書き換えることができます。

通常 FPGA のコンフィギュレーションデータは FPGA メーカーから出されているシリアル ROM に記憶し、FPGA に書き込みますが、SUZAKU は TE7720("6.1.2 LBPlayer2 で書き換える"参照)や、Spartan3E の機能を使って市販の Flash メモリの FPGA リージョンに記憶して書き込んでいます。これとは別に、一時的に JTAG から FPGA にコンフィギュレーションデータを書き込む方法もあります。この場合、電源を落とすとコンフィギュレーションデータは消えてしまうのですが、Flash メモリを書き換えるよりも速いので、デバッグ時には大変有効です。

表 6-1 SUZAKU の書き換え方*

	書き込み方法	使用ファイル	Flash メモリの中	
FPGA	iMPACT	bit ファイル	何も書き込まれていなくて良い	
Flash メモリ	FPGA リージョン	LBPlayer2	mcs ファイル	何も書き込まれていなくて良い
		SPI Wruter	bit ファイル	何も書き込まれていなくて良い
		ダウンローダ Hermit	bin ファイル	FPGA、ブートローダリージョンに正常に書き込まれている
		NetFlash	bin ファイル	FPGA、ブートローダ、イメージリージョンに正常に書き込まれている
	ブートローダ リージョン	ダウンローダ Hermit	bin ファイル	FPGA、ブートローダリージョンに正常に書き込まれている
		モトローラ S 形式	srec ファイル	FPGA リージョンに正常に書き込まれている
	イメージ リージョン	ダウンローダ Hermit	bin ファイル	FPGA、ブートローダリージョンに正常に書き込まれている
		NetFlash	bin ファイル	FPGA、ブートローダ、イメージリージョンに正常に書き込まれている
	コンフィグ リージョン	ダウンローダ Hermit	bin ファイル	FPGA、ブートローダリージョンに正常に書き込まれている
		NetFlash	bin ファイル	FPGA、ブートローダ、イメージリージョンに正常に書き込まれている

* 灰色になっているところは本書では説明しません。Software Manual をご参照ください。

Flash メモリのリージョンの区分は、製品毎に異なります。
SZ130 の Flash メモリマップ以下に示します。

表 6-2 Flash メモリマップ (SZ130 Flash:8MB)

アドレス	リージョン	サイズ	説明
0x00000000 0x000FFFFFFF	fpga	1MB	FPGA コンフィギュレーションデータ
0x00100000 0x0011FFFFF	bootloader	128KB	ブートローダ Hermit
0x00120000 0x0041FFFFF	image	kernel	Linux カーネル
0x00420000 0x007EFFFFF		user	約 3.81MB
0x007F0000 0x007FFFFFFF	config	64KB	コンフィグ領域

SZ010 の Flash メモリマップを以下に示します。

表 6-3 Flash メモリマップ (SZ010 : 4MB)

アドレス	リージョン	サイズ	説明	
0x00000000 0x0007FFFFF	fpga	512KB	FPGA コンフィギュレーションデータ	
0x00080000 0x0009FFFFF	bootloader	128KB	ブートローダ Hermit	
0x000A0000 0x0020FFFFF	image	kernel	約 1.44MB	Linux カーネル
0x00210000 0x003EFFFFF		user	1.875MB	ユーザーランド
0x003F0000 0x003FFFFFFF	config	64KB	コンフィグ領域	

SZ030、SZ310 の Flash メモリマップは以下のとおりです。

表 6-4 Flash メモリマップ (SZ030, SZ310 : 8MB)

アドレス	リージョン		サイズ	説明
0x00000000 0x0000FFFF	free1		64KB	
0x00010000 0x0007FFFF	free2		448KB	
0x00080000 0x000FFFFF	fpga		512KB	FPGA コンフィギュレーションデータ
0x00100000 0x0011FFFF	bootloader		128KB	ブートローダ Hermit
0x00120000 0x0041FFFF	image	kernel	3MB	Linux カーネル
0x00420000 0x007EFFFF		user	約 3.81MB	ユーザーランド
0x007F0000 0x007FFFFF	config		64KB	コンフィグ領域

6.1. FPGA の書き換えかた

SUZAKU の FPGA にコンフィギュレーションデータを書き込むには、iMPACT を使って JTAG で FPGA に直接書き込む方法、LBPlayer2もしくは SPI Writer を使って Flash メモリの FPGA リージョンに記憶させて書き込む方法、ダウンローダ Hermit で Flash メモリの FPGA リージョンに記憶させて書き込む方法、NetFlash で Flash メモリの FPGA リージョンに記憶させて書き込む方法があります。ここでは iMPACT と LBPlayer2、SPI Writer での書き換えかたについて説明します。ダウンローダ Hermit の使い方については"6.3.1 ダウンローダ Hermit で書き換える"を参考にして下さい。NetFlash の使い方については SUZAKU Software Manual を参照してください。

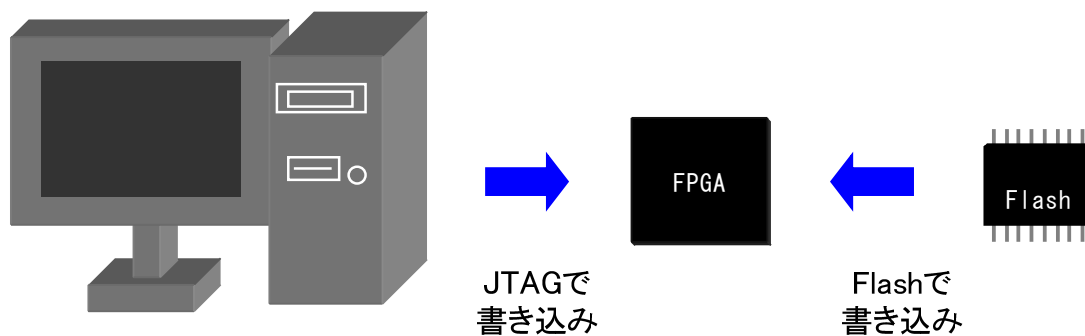


図 6-1 FPGA の書き込み

6.1.1. iMPACT で書き換える

iMPACT を使ってコンフィギュレーションデータを書き込む方法を説明します。iMPACT は ISE 付属のツールです。iMPACT で書き込むと、Xilinx の FPGA が SRAM ベースのためコンフィギュレーションは速いですが、電源を切るたびにコンフィギュレーションし直さなければなりません。

6.1.1.1. 書き込み準備

まず、SUZAKU JP2 にジャンププラグをさし、ショートさせてください。JP2 をショートさせると、電源投入時 FPGA に対し、Flash メモリからのコンフィギュレーションデータの書き込みを停止させることができます。

SUZAKU CON7 に JTAG のダウンロードケーブル (Xilinx Parallel Cable III または IV) を接続し、LED/SW CON6 に AC アダプタ 5V を接続し、電源を投入してください。SUZAKU D3 のパワー ON LED (緑) が点灯しているか確認してください。

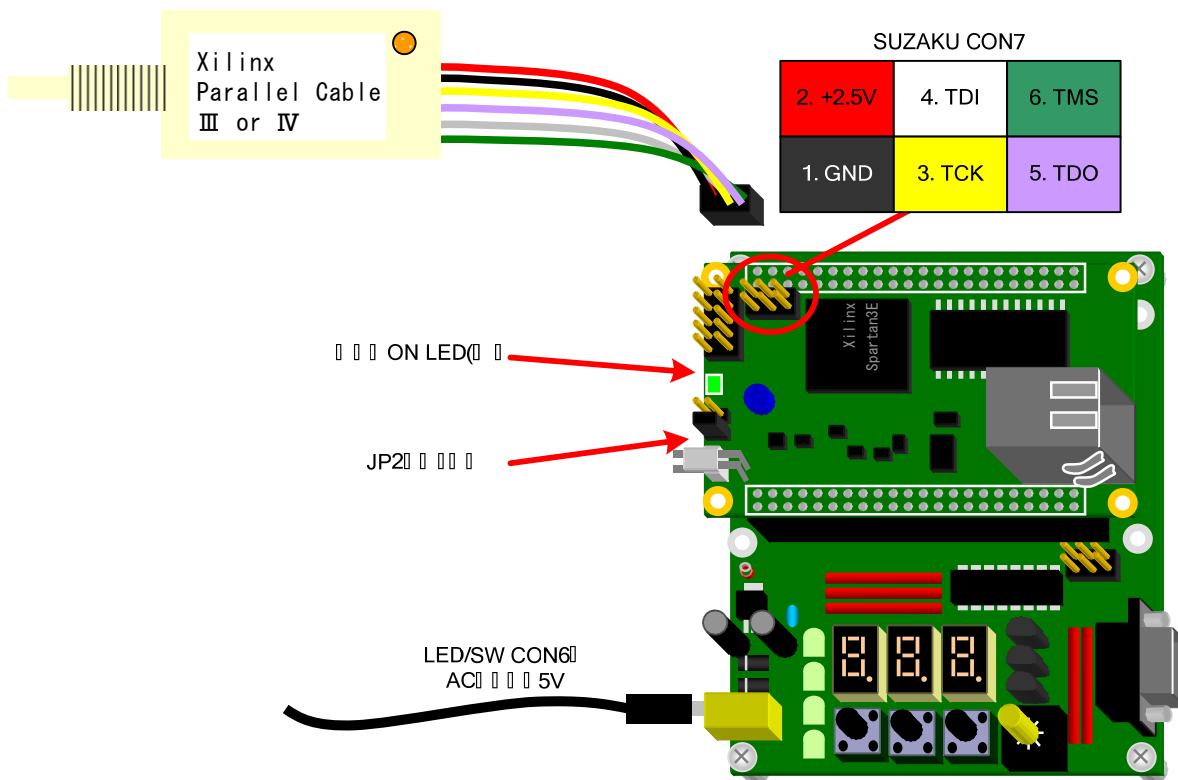


図 6-2 iMPACT 書き込み準備

6.1.1.2. iMPACT 立ち上げから書き込み

iMPACT を立ち上げてください。iMPACT は "¥ISE のインストールフォルダ¥bin¥nt¥_impact.exe" にあります。もしくは、[スタートメニュー]→[すべてのプログラム]→[Xilinx ISE]→[アクセサリ]→[IMPACT]から立ち上げることが出来ます。

[Configure device using Boundary-Scan(JTAG)]にチェックを入れ、[Finish]をクリックしてください。

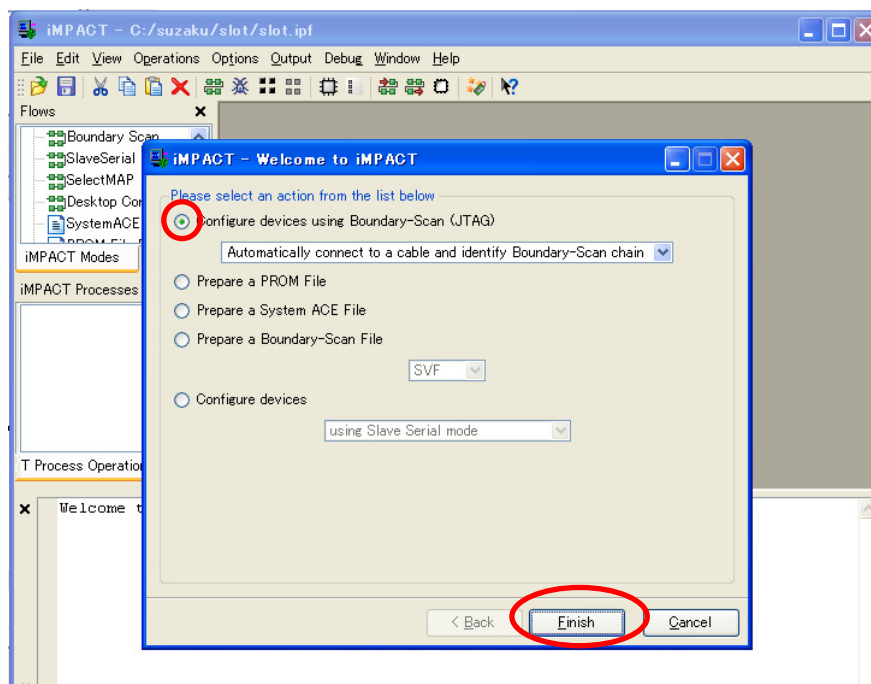


図 6-3 iMPACT 設定画面

接続ミスがなく、SUZAKU の電源が入っていれば FPGA デバイスが発見されます。発見されなかった場合は接続を見直し、[File]→[New]をクリックし、[create a new project(ipf)]にチェックを入れてやり直してください。

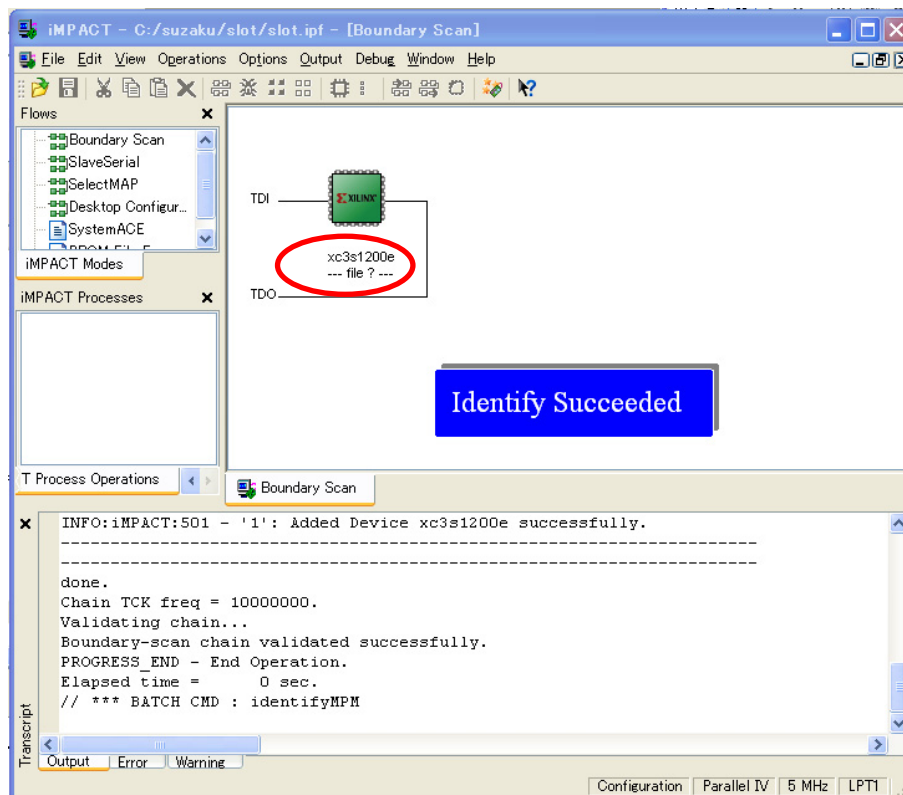


図 6-4 FPGA デバイス発見(SZ130 の場合)

書き込むデータを選択し、[Open]をクリックしてください。今回書き込むのは **bit** ファイルです。

SUZAKU のデフォルトの bit ファイルは付属 CD-ROM の

"¥suzaku¥fpga¥x.x¥sz***¥sz***-xxxxxxx.zip"を展開したフォルダの中の"default_bit_file"に収録されています。また、スロットマシンの bit ファイル(スターターキット出荷時の bit ファイル)は付属 CD-ROM の

"¥suzaku-starter-kit¥fpga¥x.x¥sz***¥sz***-xxxxxxx.zip"を展開したフォルダの中の"default_bit_file"に収録されています。

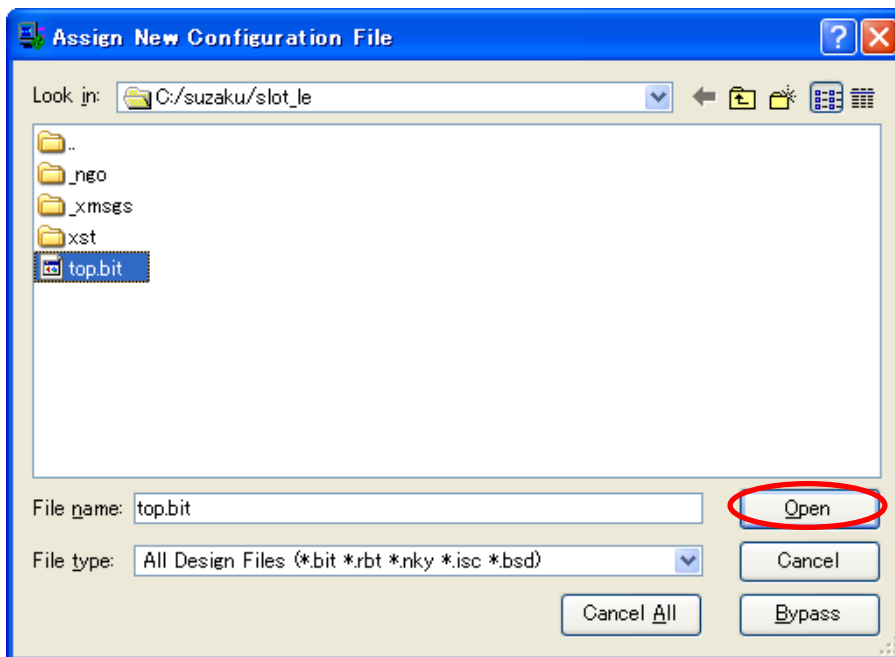


図 6-5 bit ファイル選択

この時、Warning がでることがありますが[OK]をクリックして下さい。SZ310 の場合はこの前に Add Virtex・・・というWindow が立ち上がりますが、何も変更せず[OK]をクリックして下さい。

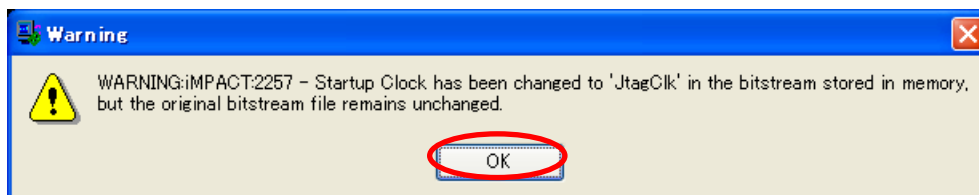


図 6-6 WARNING

デバイスをクリックし、緑色になったことを確認し、Program をダブルクリックしてください。

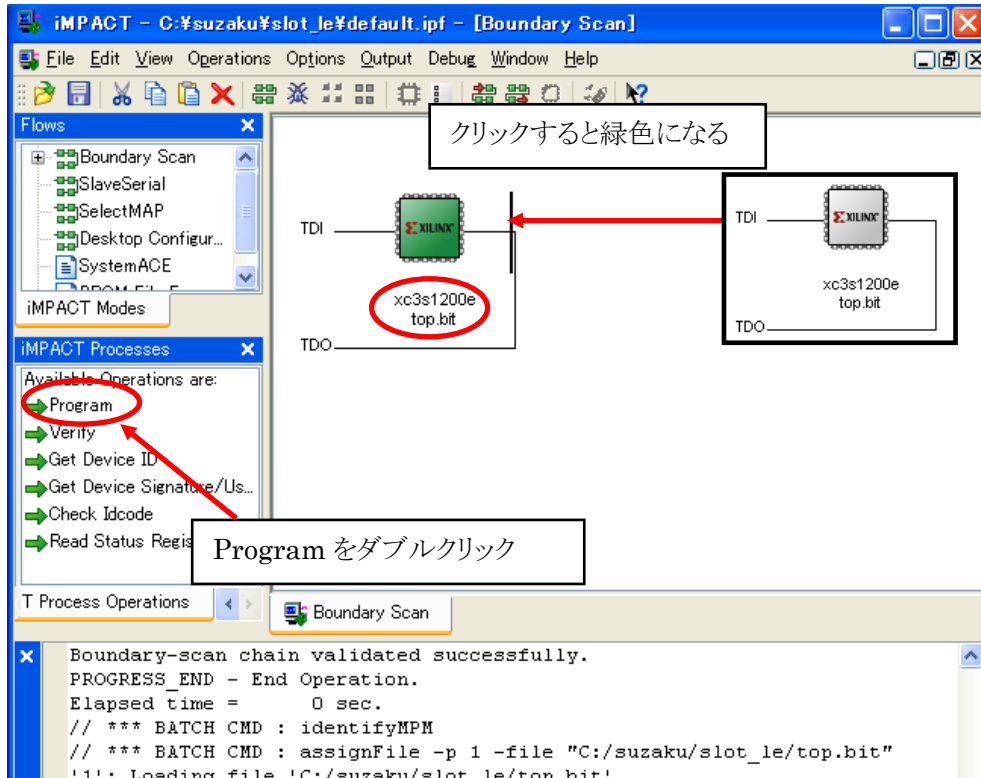


図 6-7 デバイス選択

Verify のチェックボタンをはずし、[OK]をクリックしてください。書き込みが始まります。

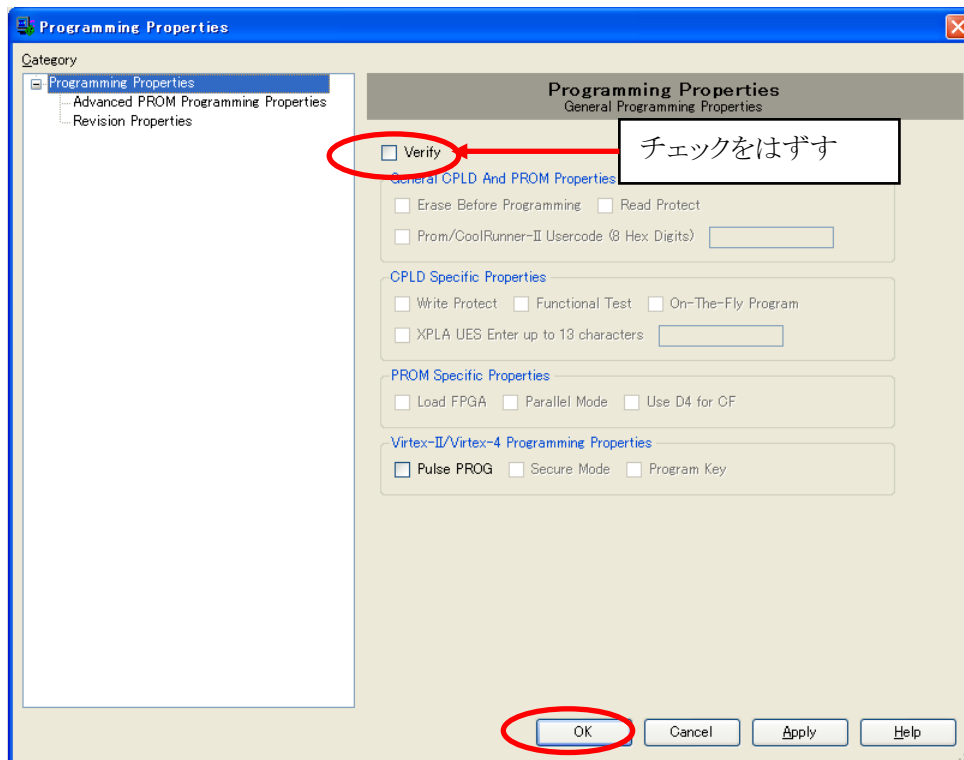


図 6-8 Program 設定

Program Succeeded と表示されれば、書き込み成功です。接続状態によっては書き込みに失敗することもありますので、失敗した場合は接続状態を確認し、再度書き込んでください。

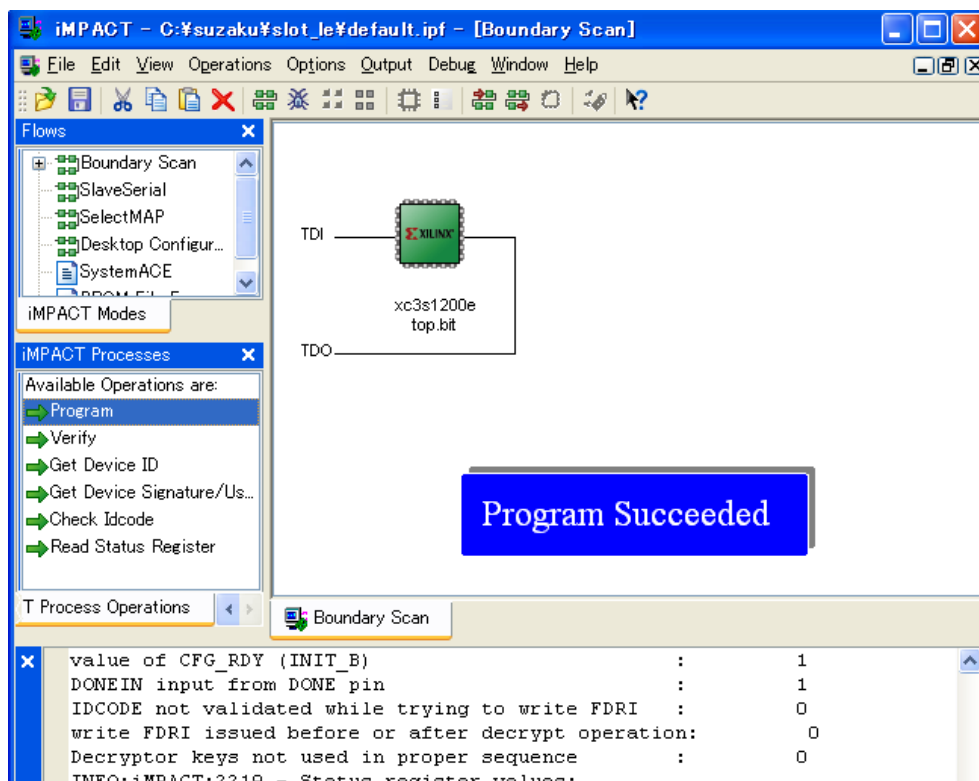


図 6-9 コンフィギュレーションデータ書き込み成功

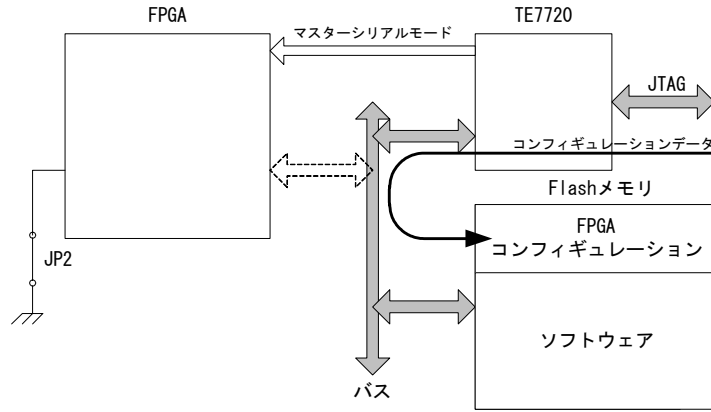
6.1.1.3. iMPACT で書き換える 手順まとめ

1. SUZAKU JP2 にジャンププラグをさしてショートさせる
2. SUZAKU CON7 に JTAG ダウンロードケーブルを接続する
3. LED/SW CON6 に AC アダプタ 5V を接続し、電源投入
4. SUZAKU D3 のパワー-ON LED(緑)が点灯していることを確認
5. iMPACT を立ち上げ、コンフィギュレーションデータ書き込み
6. 動作確認

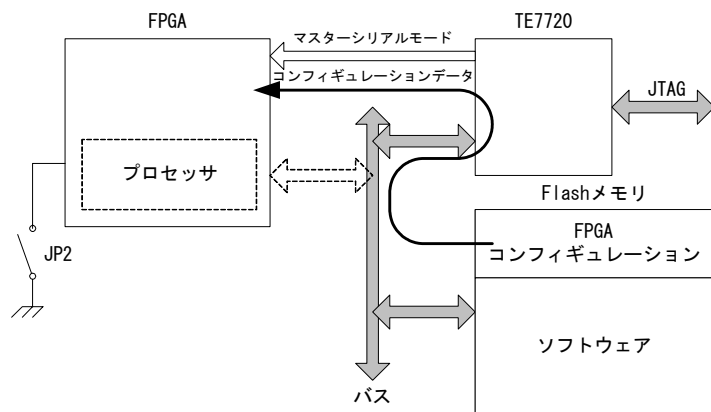
※電源を切ると、書き込んだ内容は失われます。

6.1.2. LBPlayer2 で書き換える **SZ010** **SZ030** **SZ310**

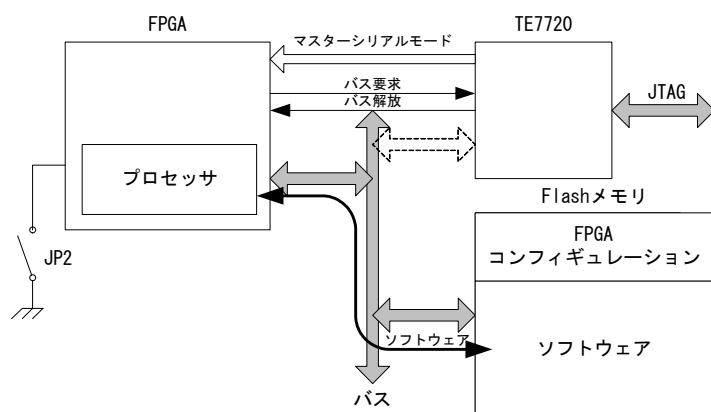
LBPlayer2 を使って書き換える方法を説明します。SZ010、SZ030、SZ310 は FPGA にコンフィギュレーションデータを書き込むデバイスとして TE7720(メーカー:東京エレクトロデバイス)を実装しています。TE7720 は、JTAG から送られてくるデータを Flash メモリに記憶させ、再起動時にそのデータを読み込み、FPGA に書き込む IC です。TE7720 については[東京エレクトロデバイスのホームページ](#)から詳細資料をダウンロードできます。



JTAGからTE7720経由でFlashメモリに書き込み



電源投入時FlashメモリからTE7720経由でFPGAに書き込み



FPGAの書き込み完了後、プロセッサがFlashメモリを使用

図 6-10 TE7720 の書き込み

6.1.2.1. 書き込み準備

SUZAKU JP2 にジャンププラグをさし、ショートさせてください。JP2 をショートさせると、電源投入時 FPGA に対し、Flash メモリからの書き込みを停止させることができます。停止させないと書き込み不良等を起こしてしまいます。

LED/SW CON4 に JTAG のダウンロードケーブル(Xilinx Parallel Cable III または IV) を接続し、LED/SW CON6 に AC アダプタ 5V を接続し、電源を投入してください。SUZAKU D3 のパワー ON LED(緑) が点灯しているか確認してください。

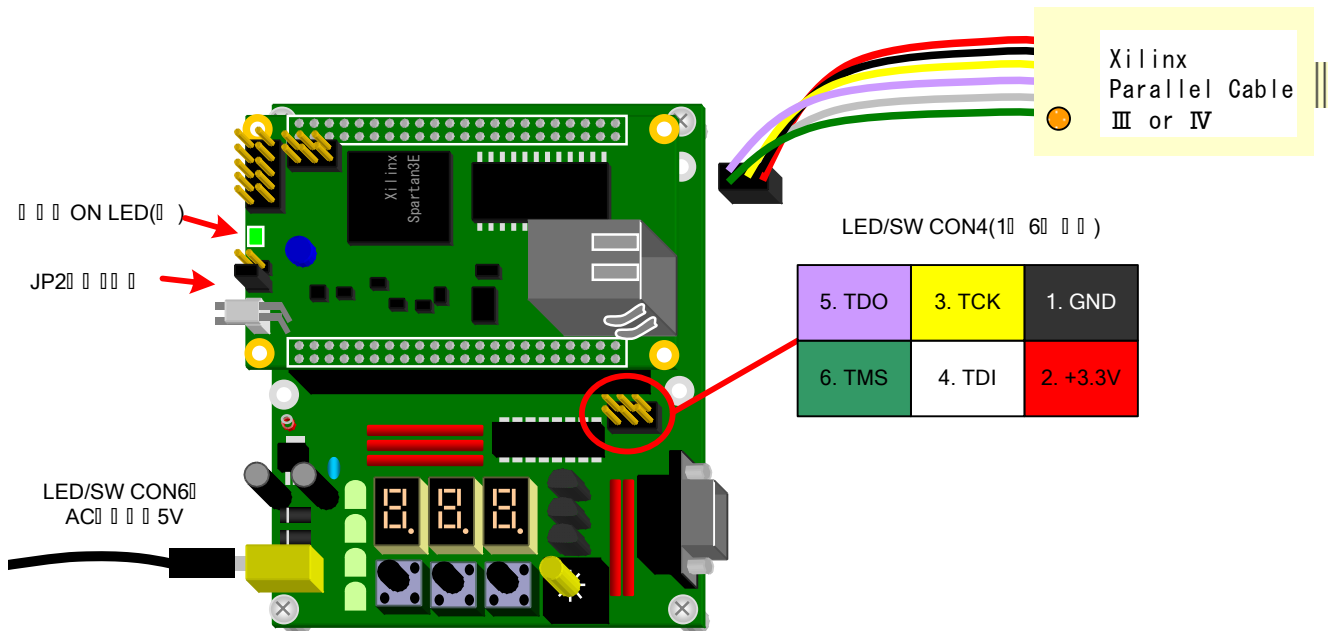


図 6-11 LBplayer2 書き込み準備

6.1.2.2. bit ファイルから mcs ファイルを作る

LBplayer2 で書き込めるファイルは **mcs** ファイルです。mcs ファイルは iMPACT で bit ファイルから変換して作成することができます。

SUZAKU のデフォルトの mcs ファイルは付属 CD-ROM の

"¥suzaku¥fpga¥x.x¥sz***¥sz***-xxxxxxx.zip" を展開したフォルダの中の "default_bit_file" に収録されています。また、スロットマシンの mcs ファイル (スターターキット出荷時の mcs ファイル)

は付属 CD-ROM の "¥suzaku-starter-kit¥fpga¥x.x¥sz***¥sz***-xxxxxxx.zip" を展開したフォルダの中の "default_bit_file" に収録されています。

iMPACT を立ち上げてください。iMPACT は"%ISE のインストールフォルダ%\bin\nt%_impact.exe"にあります。もしくは、[スタートメニュー]→[すべてのプログラム]→[Xilinx ISE]→[アクセサリ]→[IMPACT]から立ち上げることが出来ます。[Prepare a PROM File]を選択し、[Next]をクリックして下さい。

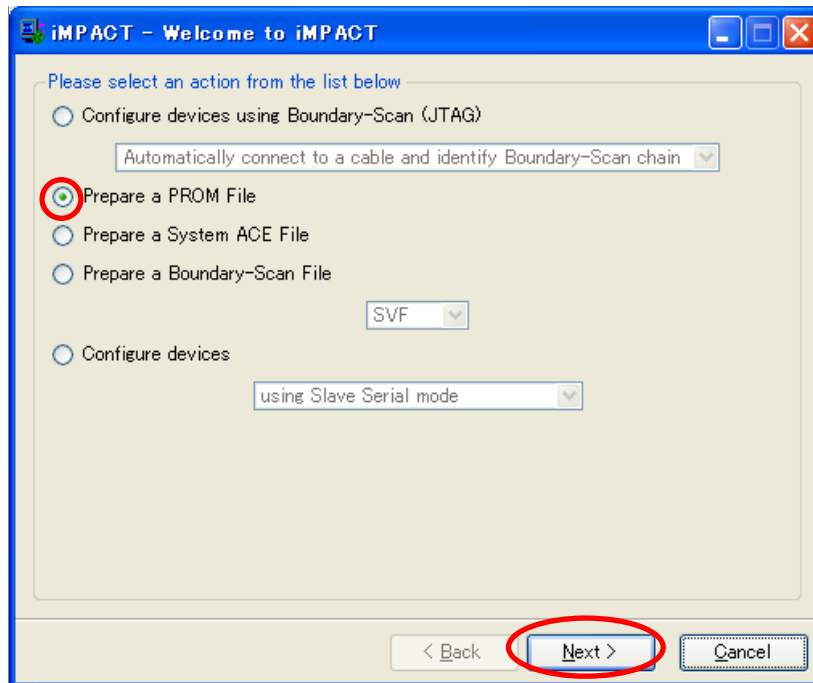


図 6-12 TE7720 iMPACT 立ち上げ

[Xilinx PROM]、[MCS]をチェックし、[PROM File Name]に作成する mcs ファイルの名前を入力し、[Location]に mcs ファイルの保存先を設定し、[Next]をクリックして下さい。ここではファイルの名前を top とします。

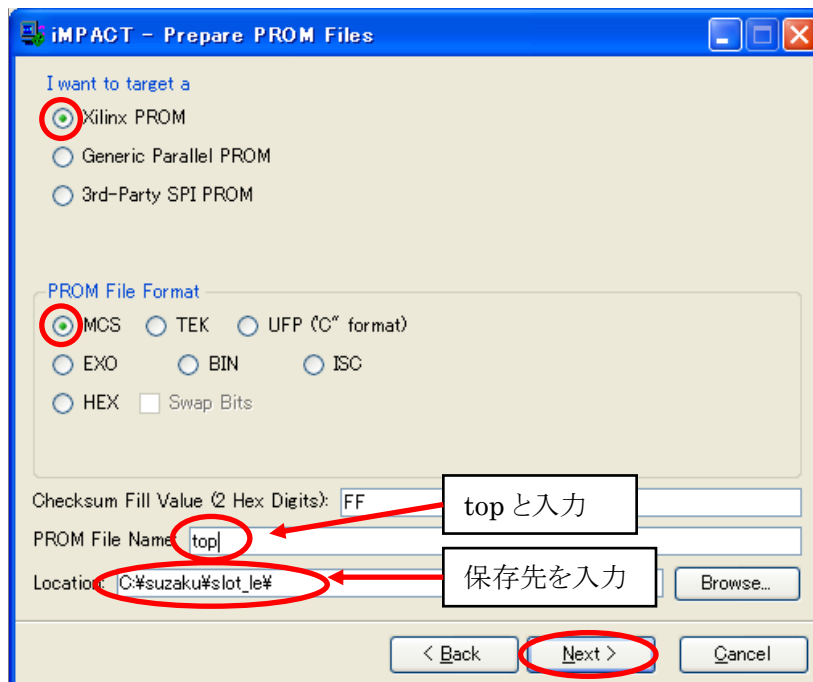


図 6-13 TE7720 iMPACT 設定

[Select a PROM]で[xc18v]→[xc18v04]を選択し、[Add]をクリックして下さい。

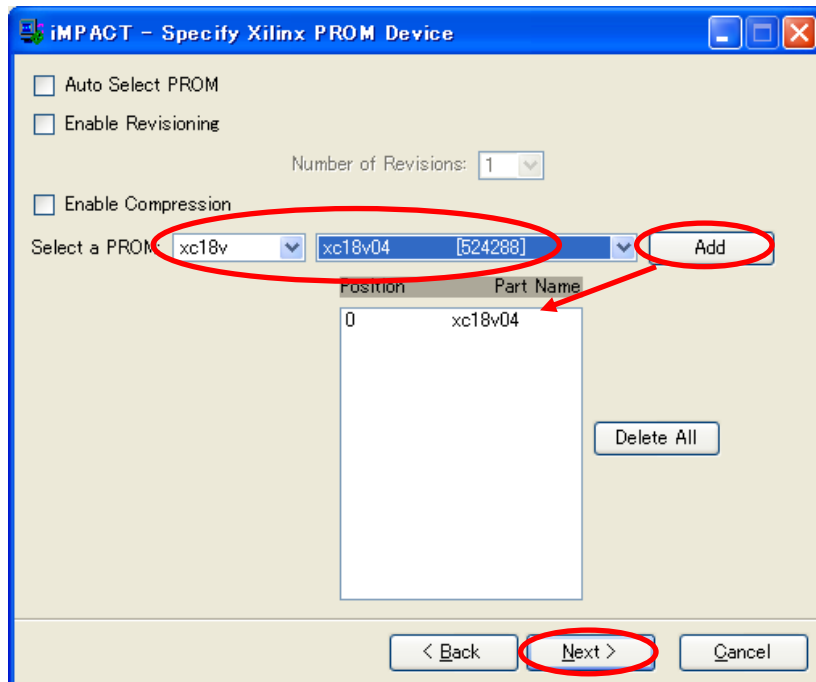


図 6-14 PROM の選択

確認画面が表示されます。間違いがなければ[Finish]をクリックして下さい。

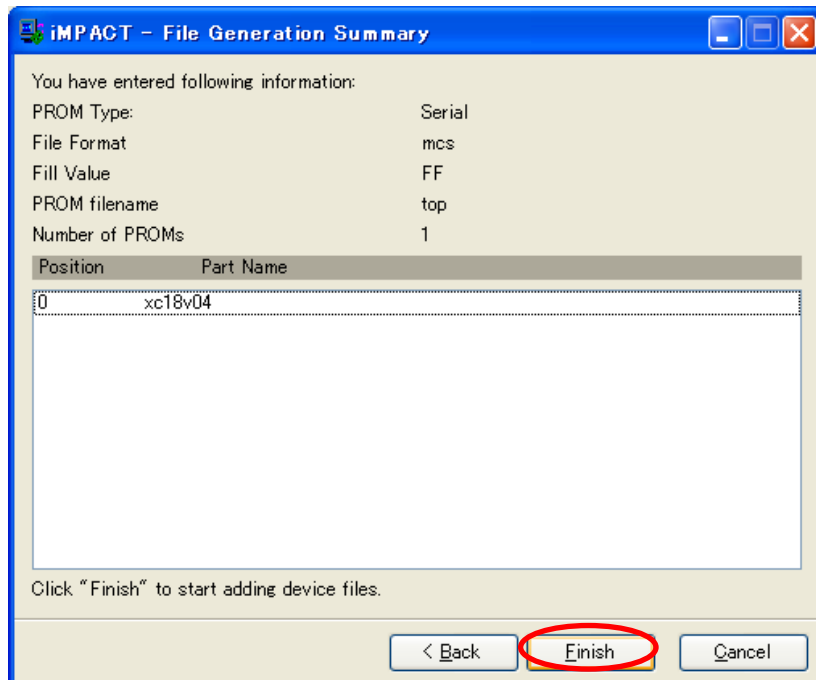


図 6-15 TE7720 確認画面

次の画面が表示されるので、[OK]をクリックして下さい。

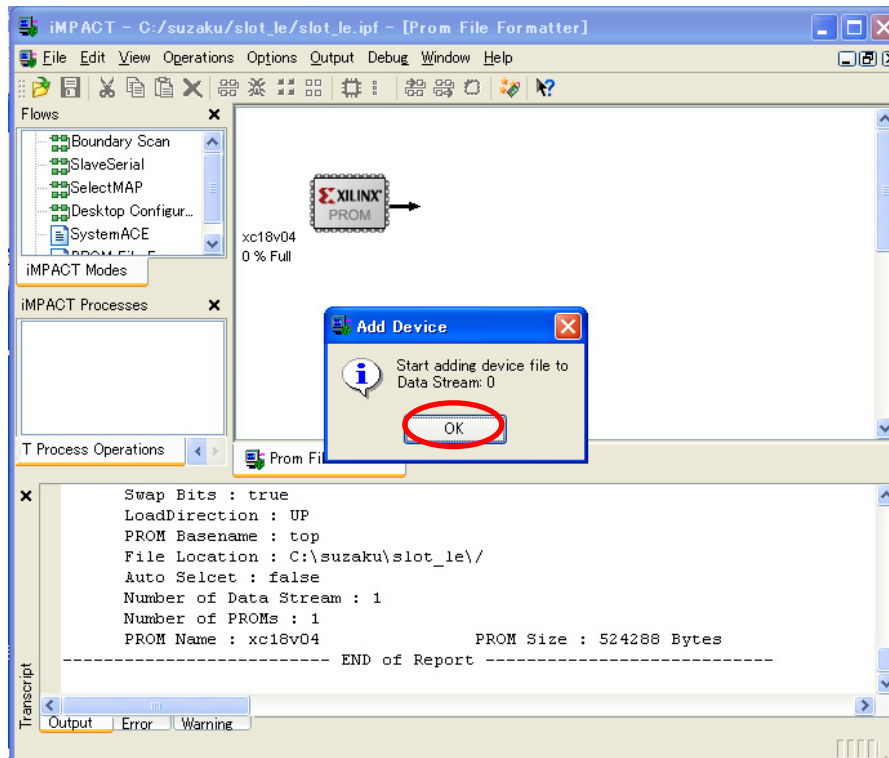


図 6-16 TE7720 デバイスファイル追加

mcs に変換する bit ファイルを選択し、[開く]をクリックして下さい。

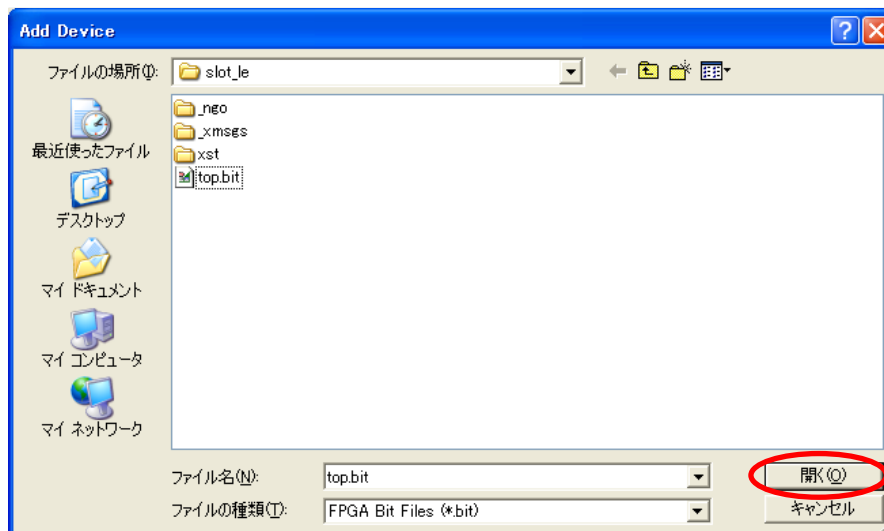


図 6-17 TE7720 bit ファイルを開く

他のデバイスを追加するか聞かれるので、[No]をクリックして下さい。

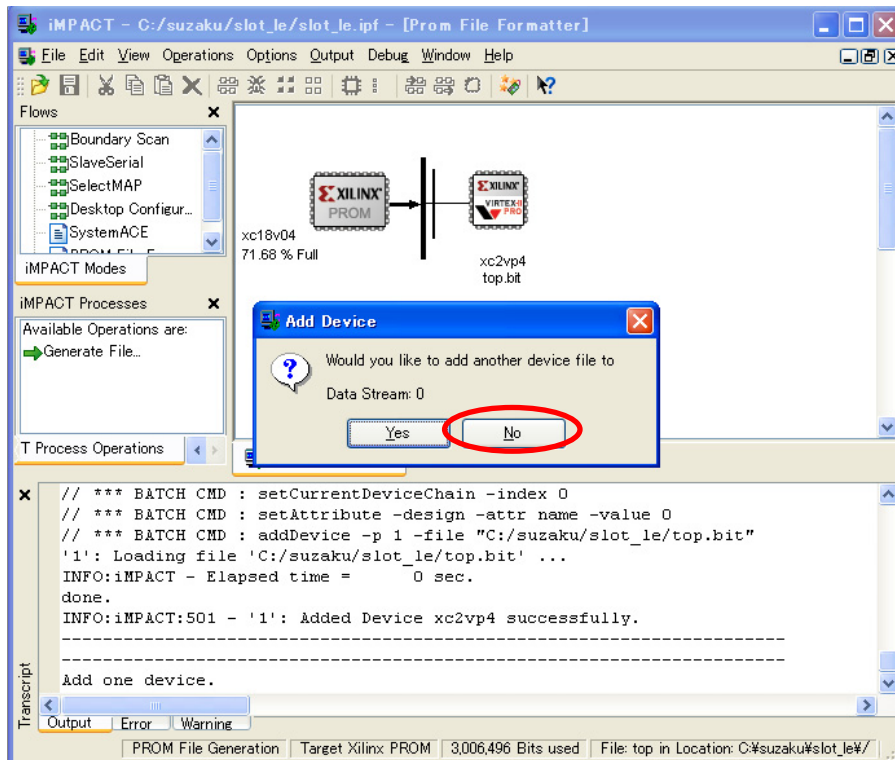


図 6-18 TE7720 デバイスファイルさらに追加

次の画面が表示されるので[OK]をクリックして下さい。

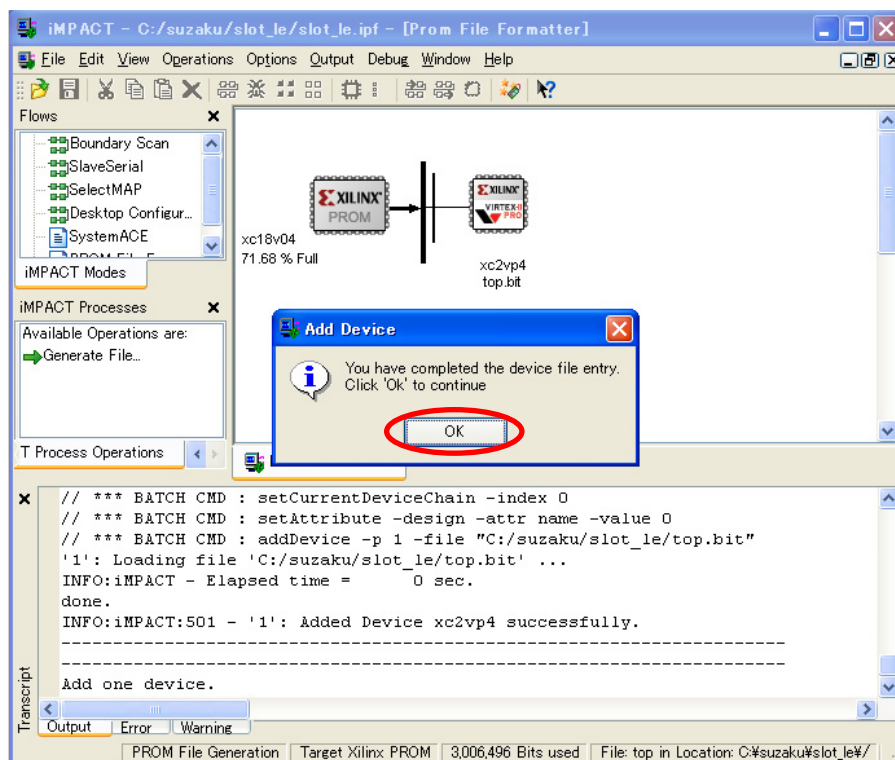


図 6-19 TE7720 準備完了

[Generate File...]をダブルクリックして下さい。PROM File Generation Succeeded と表示されたら、mcs ファイル作成完了です。

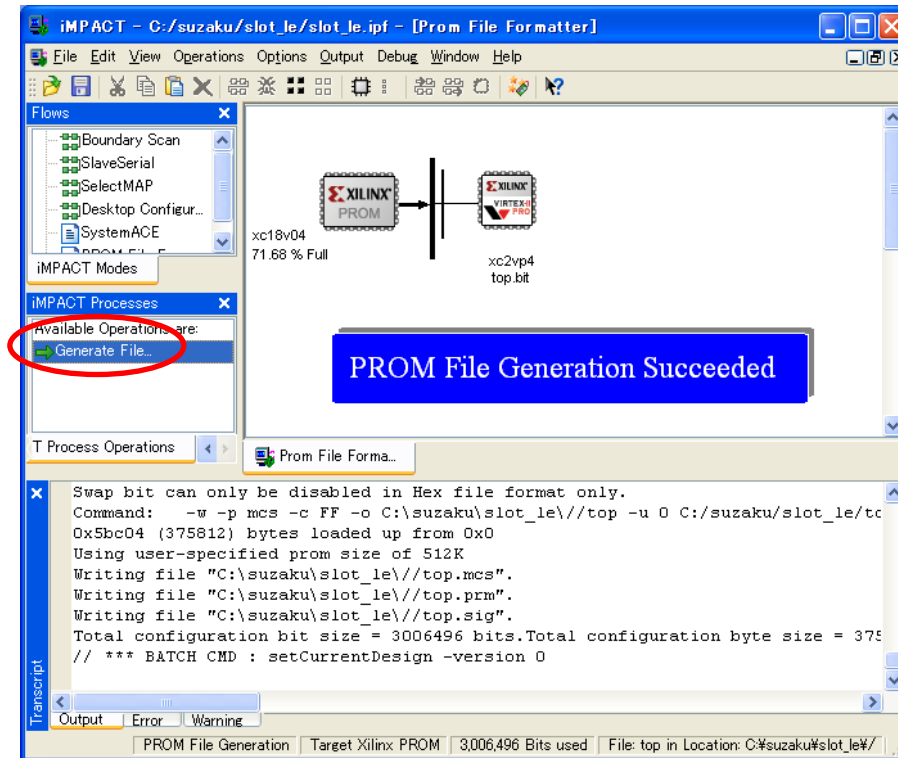


図 6-20 mcs ファイル出来上がり

6.1.2.3. LBPlayer2 立ち上げから書き込み

LBPlayer2 のフォルダを開いてください。”device.def”と”lbplay2.exe”の 2 つのファイルがあることを確認して、mcs ファイルを LBPlayer2 のフォルダの下にコピーしてください。

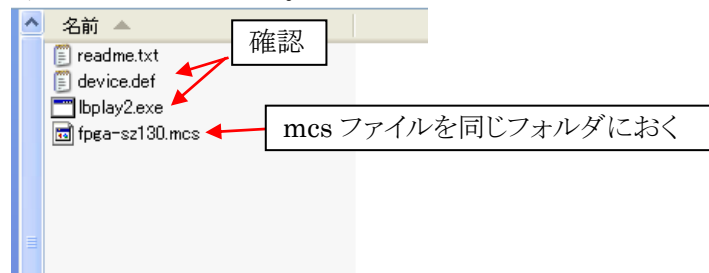


図 6-21 mcs ファイルコピー

コマンドプロンプトを開き、LBPlayer2 のフォルダに移動し、以下のコマンドを実行してください。ここでドライバのエラーが出た場合は後述の Tips を参照してください。

> lbplay2 -dev top.mcs

```

C:\> cd %WINDIR%\system32\cmd.exe
C:\> cd C:\Lbplayer2
C:\Lbplayer2> dir
ドライブ C のボリューム ラベルがありません。
ボリューム シリアル番号は 9C78-D275 です

C:\Lbplayer2 のディレクトリ

2006/08/06  21:18  <DIR>          .
2006/08/06  21:18  <DIR>          ..
2003/05/16  16:15             141 device.def
2005/07/20  11:55           85,536 lbplay2.exe
2005/08/05  11:48             1,071 readme.txt
2006/08/06  16:28       1,057,096 top.mcs
               4 個のファイル             1,123,844 バイト
               2 個のディレクトリ 101,359,452,160 バイトの空き領域

C:\Lbplayer2> lbplay2 -deb top.mcs
LittleBearPlayer2 0.18
mcs file1 = top.mcs
**** WinNT mode ****
MaxDeviceNumber=1
Please Hit Enter. (ESC:quit)

Device 1 start.
It is being erased.....Done.
.....
SendByte :375812
.....
VerifyByte:524288
Checksum (writedata) : ba78
Checksum (verifydata) : ba78

Execution Time = 44.844 seconds
C:\Lbplayer2>

```

図 6-22 LBPlay2 実行

エラーが出なければ、書き込み完了です。

何らかの原因でエラーを起こした場合は、SUZAKU を動作させず、再び書き込みを行ってください。

LED/SW CON6 から AC アダプタ 5V を抜いて電源を切り、JP2 のジャンパプラグと LED/SW CON4 のダウンロードケーブルをはずしてください。再び LED/SW CON6 に AC アダプタ 5V を接続し、電源を再投入してください。

6.1.2.4. LBPlayer2 で書き換える 手順まとめ

1. SUZAKU JP2 にジャンパプラグをさしてショートさせる
2. LED/SW CON4 にダウンロードケーブルを接続する
3. LED/SW CON6 に AC アダプタ 5V を接続し、電源投入
4. SUZAKU D3 のパワーON LED(緑)が点灯していることを確認
5. iMPACT を立ち上げ、mcs ファイルを作成
6. コマンドプロンプトを立ち上げ、LBPlayer2 でコンフィギュレーションデータを書き込む
7. LED/SW CON6 の AC アダプタ 5V をはずし、電源を切る
8. LED/SW CON4 のダウンロードケーブルをはずす
9. SUZAKU JP2 のジャンパプラグをはずす
10. LED/SW CON6 に AC アダプタ 5V を接続し、電源再投入
11. 動作確認

※電源を切っても、コンフィギュレーション内容は失われません。



TIPS 書き込めたけど動かない？！

SZ310 のプロジェクトを ISE 8.1i で作っている場合、bit ファイルがうまく生成されません。コマンドプロンプト等を立ち上げ、プロジェクトファイルに移動し、以下のコマンドで新たに bit ファイルを生成してください。(ここではプロジェクトファイルを"sz310"、bit ファイルを"top.bit"、新しくつくる bit ファイルを"top_new.bit"とする)

```
data2mem -bm sz310¥implementation¥xps_proj_bd.bmm
-bt top.bit
-bd sz310¥ppc405_i¥code¥executable.elf
tag bram -o b top_new.bit
```

**TIPS LBPlayer2 ERROR**

LBPlbay2 で書き込む際、

```
ERROR: Please check %windir%\system32\drivers\windrvr6.sys.
```

というエラーが発生する場合があります。

付属 CD-ROM の”¥suzku¥tools¥LBPlay2_Release108.zip”を展開してください。展開後のフォルダの中に”Release205.zip”が入っているので、これをさらに展開してください。

展開後のフォルダの中にある”windrvr6.inf”、”windrvr6.sys”を同じ名前のファイルがないことを確認し、Administrator 権限ユーザで以下のフォルダにコピーしてください。

- ・ WindowsNT/2000 の場合 C:¥WINNT¥system32¥drivers
- ・ WindowsXP の場合 C:¥WINDOWS¥system32¥drivers

コマンドプロンプトを立ち上げ、wdreg.exe のあるフォルダに移動し、以下のコマンドを実行してください。

```
> wdreg -inf [Windows インストールディレクトリ]¥system32¥drivers¥windrvr6.inf install
```

```
install: completed successfully
```

と表示されます。これでドライバがインストールされ、エラーが出なくなります。

6.1.3. SPI Writer で書き換える **SZ130**

SPI Writer を使って書き換える方法を説明します。SZ130 は M25P64(メーカー:ST マイクロエレクトロニクス)という SPI Flash メモリを実装しています。

SPI Flash メモリには Spartan3E の機能を使って SPI モードでコンフィギュレーションデータを書き込むことができます。SZ130 の裏面に実装されています。

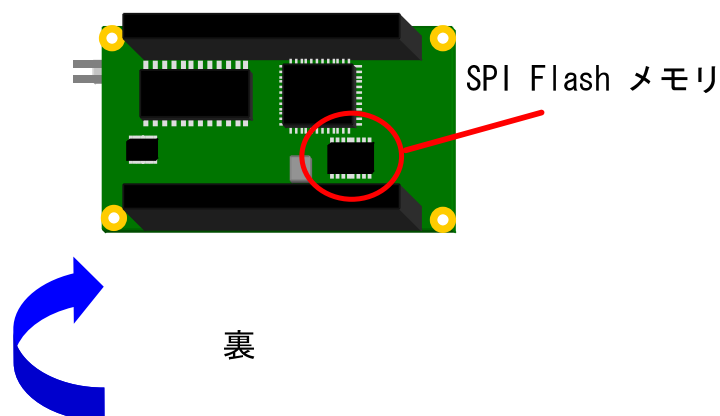


図 6-23 SPI Flash メモリの所在



TIPS SPI Writer とは

SPI Writer は SPI Flash メモリの先頭から 1Mbyte まで消去し、コンフィギュレーションデータを書き込む SUZAKU の SPI Flash メモリ専用の書き込みツールです。

SUZAKU は SPI Flash メモリにソフトウェアのデータやその他データを保存しており、これらのデータを壊さないために専用ツールで書き込みます。

SPI Flash メモリの書き込みツールとしては iMPACT の DirectSPI がありますが、DirectSPI は SPI Flash メモリのデータを全消去して、コンフィギュレーションデータを書き込むツールであるため、SUZAKU の SPI Flash メモリ書き込み用として使うには注意が必要となります。Xilinx 提供の xspi も同様です。

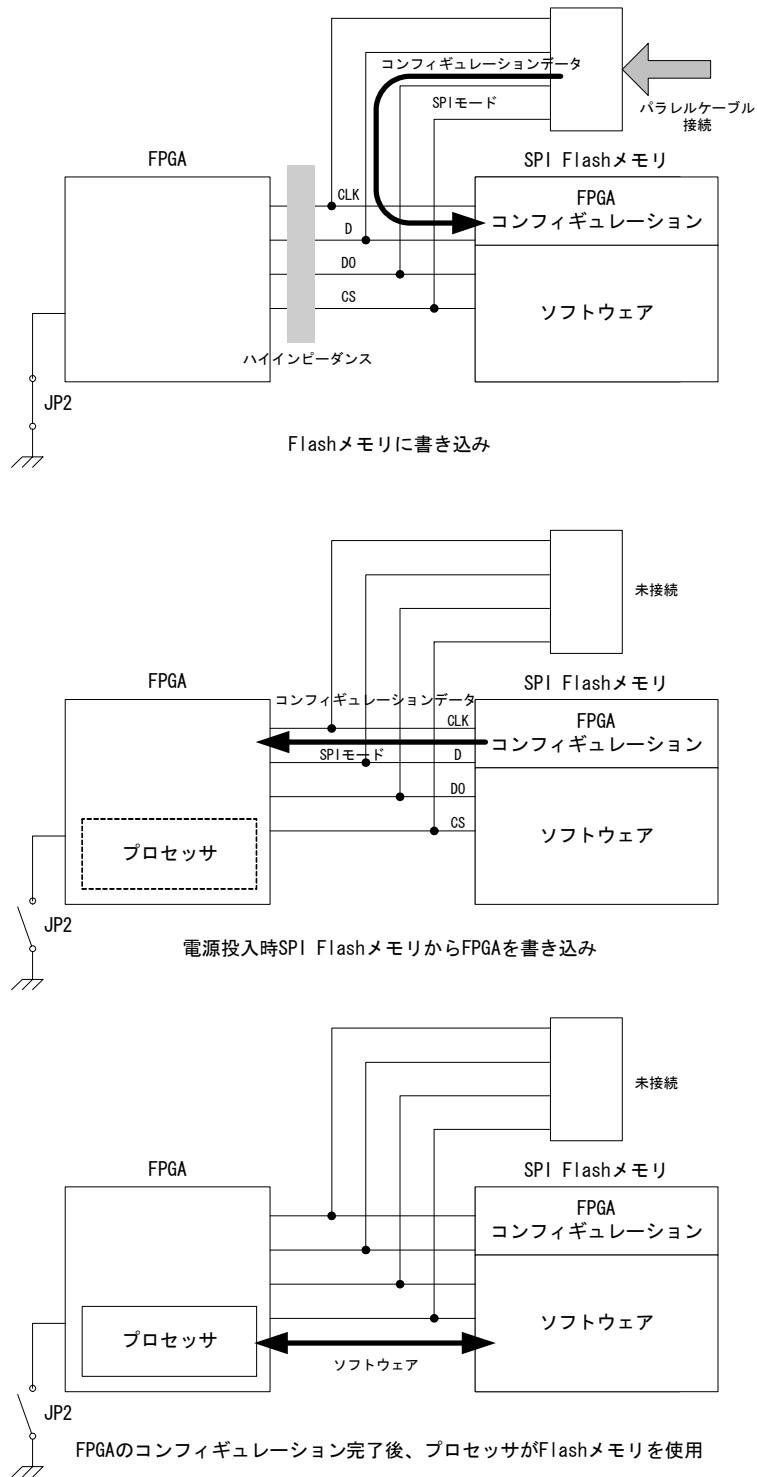


図 6-24 SPI モードの書き込み

6.1.3.1. 書き込み準備

まず、SUZAKU JP2 にジャンププラグをさし、ショートさせてください。JP2 をショートさせると、電源投入時 FPGA に対し、Flash メモリからのコンフィギュレーションを停止させることができます。コンフィギュレーションを停止させないと書き込み不良等を起こしてしまいます。

LED/SW CON4 に JTAG のダウンロードケーブル (Xilinx Parallel Cable III または IV) を接続し、LED/SW CON6 に AC アダプタ 5V を接続し、電源を投入してください。SUZAKU D3 のパワー ON LED (緑) が点灯しているか確認してください。

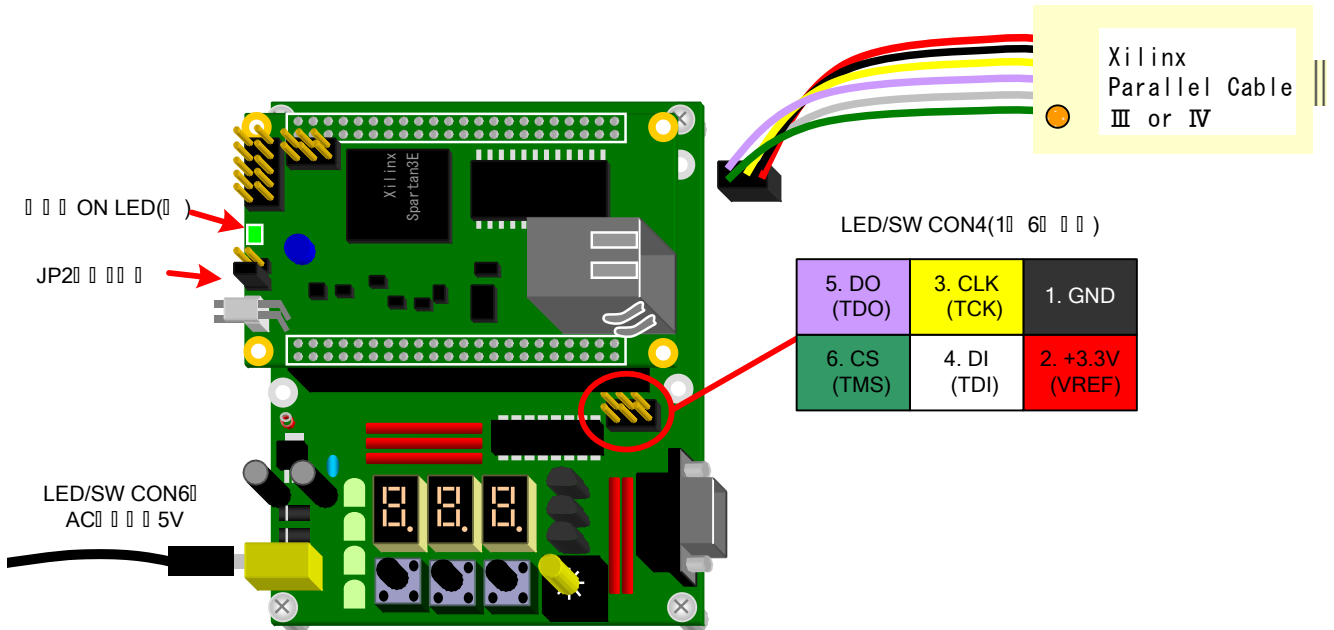


図 6-25 SPI Writer 書き込み準備

6.1.3.2. SPI Write 立ち上げから書き込み

SPI Writer を立ち上げてください。ファイル選択画面が立ち上がります。

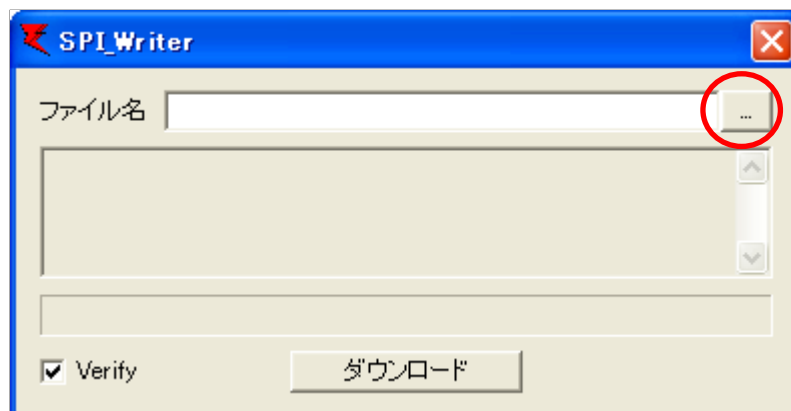


図 6-26 SPI_Writer

書き込む bit ファイルを選択し、[開く]をクリックしてください。SPI Writer で書き込めるファイルは **bit** ファイルです。

SUZAKU のデフォルトの bit ファイルは付属 CD-ROM の

"¥suzaku¥fpga¥x.x¥sz***¥sz***-xxxxxxx.zip" を展開したフォルダの中の "default_bit_file" に収録されています。また、スロットマシンの bit ファイル (スターターキット出荷時の bit ファイル) は付属 CD-ROM の

"¥suzaku-starter-kit¥fpga¥x.x¥sz***¥sz***-xxxxxxx.zip" を展開したフォルダの中の "default_bit_file" に収録されています。

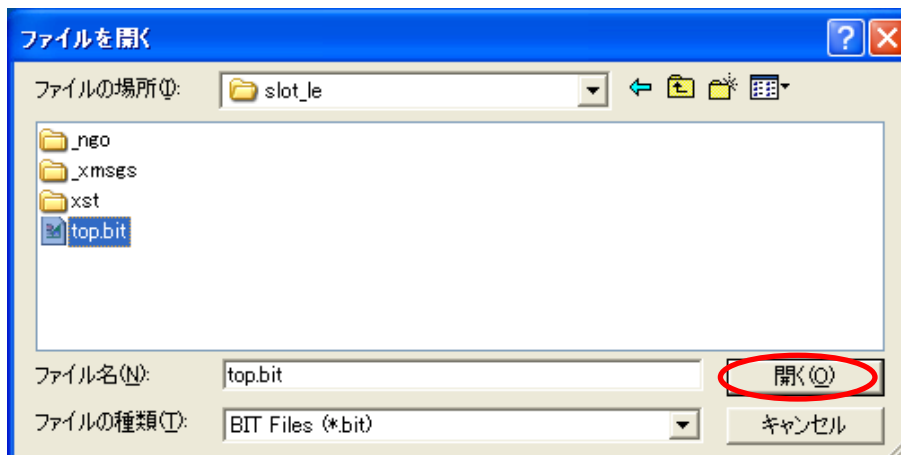


図 6-27 bit ファイル選択

SPI Writer は書き込みたい bit ファイルをドラッグ&ドロップで選択することもできます。

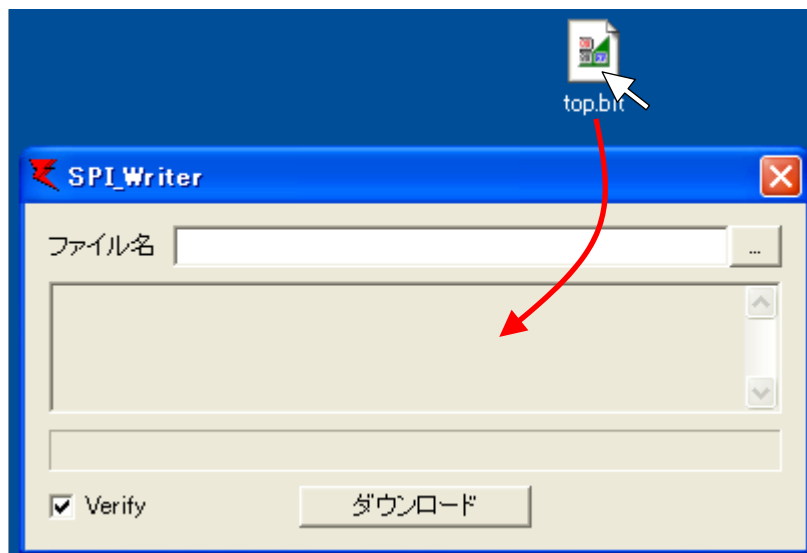


図 6-28 ドラッグ&ドロップ

これで書き込み準備完了です。ダウンロードをクリックしてください。Verify を必要としない場合は、チェックボタンをはずしてください。

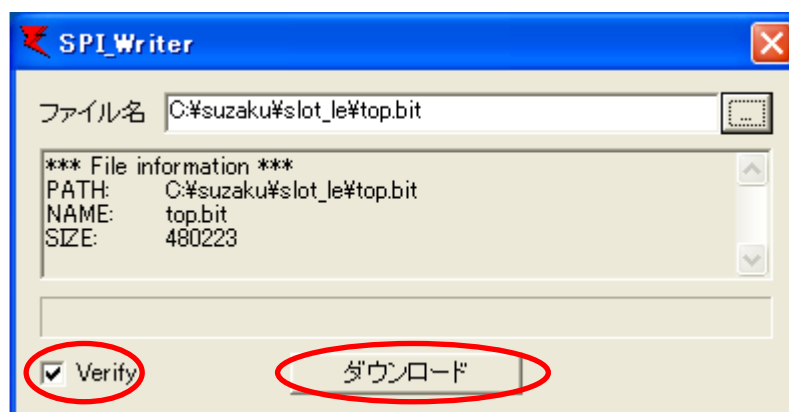


図 6-29 書き込み準備完了

書き込みを開始してもいいか確認画面が表示されるので[OK]をクリックしてください。

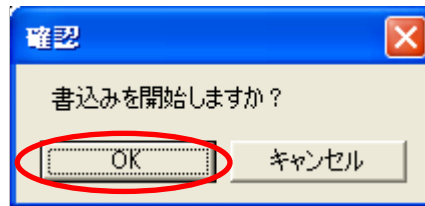


図 6-30 書き込み確認画面

コンフィギュレーションデータが SPI Flash メモリに書き込まれます。ここで”Please check windrvr.sys”というエラーが発生した場合は後述の Tips を参照してください。

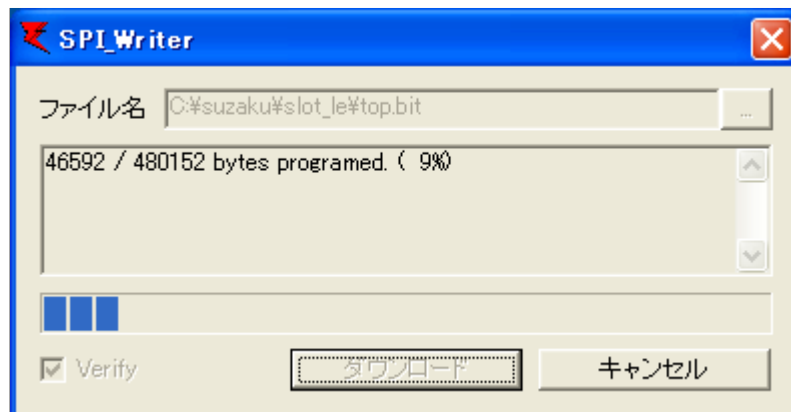


図 6-31 書き込み中

以下の画面のように”Download has been completed!”と表示されたら書き込み終了です。何らかの原因でエラーを起こした場合は、SUZAKU を動作させず、再び書き込みを行ってください。

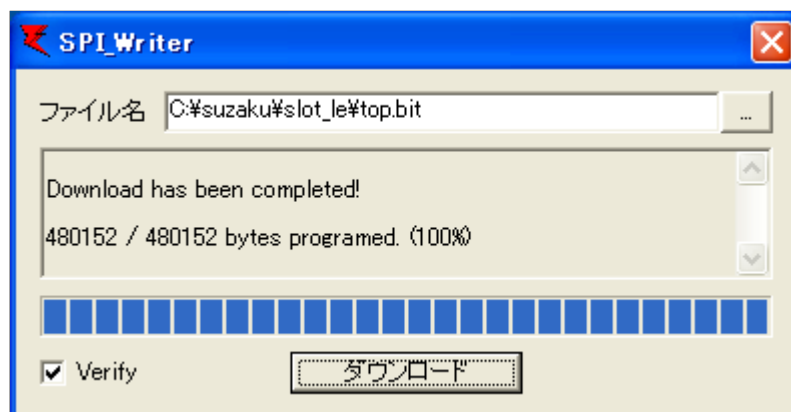


図 6-32 書き込み終了

LED/SW CON6 から AC アダプタ 5V を抜いて電源を切り、JP2 のジャンパプラグと LED/SW CON4 のダウンロードケーブルをはずしてください。再び LED/SW CON6 に AC アダプタ 5V を接続し、電源を再投入してください。

6.1.3.3. SPI Writer で書き換える 手順まとめ

1. SUZAKU JP2 にジャンパプラグをさしてショートさせる
2. LED/SW CON4 にダウンロードケーブルを接続する
3. LED/SW CON6 に AC アダプタ 5V を接続し、電源投入
4. SUZAKU D3 のパワーON LED(緑)が点灯していることを確認
5. SPI_Writer を立ち上げ、SPI Flash にコンフィギュレーションデータを書き込む
6. LED/SW CON6 の AC アダプタ 5V をはずし、電源を切る
7. LED/SW CON4 のダウンロードケーブルをはずす
8. SUZAKU JP2 のジャンパプラグをはずす
9. LED/SW CON6 に AC アダプタ 5V を接続し、電源再投入
10. 動作確認

※電源を切っても、コンフィギュレーション内容は失われません。



TIPS SPI Writer ERROR

SPI Writer で書き込む際、以下のエラーが出る場合があります。



図 6-33 エラー表示

付属 CD-ROM の”¥suzaku¥tools”の中の圧縮ファイル”spi_writer.zip”をハードディスクに展開してください。展開後のフォルダの中にある WINDRVRSYS を同じ名前のファイルがないことを確認し、Administrator 権限ユーザで以下のフォルダにコピーしてください。

- WindowsNT/2000 の場合 C:¥WINNT¥system32¥drivers
- WindowsXP の場合 C:¥WINDOWS¥system32¥drivers

コマンドプロンプトを立ち上げ、wdreg.exe のあるフォルダに移動し、以下のコマンドを実行してください。

```
> wdreg install
```

```
Creating driver entry...OK  
Starting driver entry...OK
```

と表示されます。これでドライバがインストールされ、エラーが出なくなります。

6.2. ブートローダ Hermit の書き換えかた

ブートローダ Hermit を書き換えるにはモトローラ S 形式で書き換える方法と、ダウンローダ Hermit で書き換える方法の 2 通りがあります。ここではモトローラ S 形式で書き換える方法を説明します。ダウンローダ Hermit の使い方については"6.3.1 ダウンローダ Hermit で書き換える"を参考にして下さい。

6.2.1. モトローラ S 形式で書き換える

モトローラ S 形式でブートローダ Hermit を書き換える方法を説明します。

6.2.1.1. 準備から書き込み

まず、JP1 にジャンパプラグをさし、ショートさせてください。JP1 をショートさせるとブートローダモードになります。

SUZAKU CON1 に方向に気をつけてシリアルケーブルを接続し、シリアル通信ソフトウェアを立ち上げてください。("5.2 シリアル通信ソフトウェア"参照)。LED/SW CON6 に AC アダプタ 5V を接続し、電源を投入してください。SUZAKU D3 のパワー ON LED(緑)が点灯しているか確認してください。

シリアル通信ソフトウェアの画面に以下のようなメッセージが表示されます。

```
Please choose one of the following and hit enter.
a: active second stage bootloader (default)
s: download a s-record file
t: busy loop type slot-machine
```

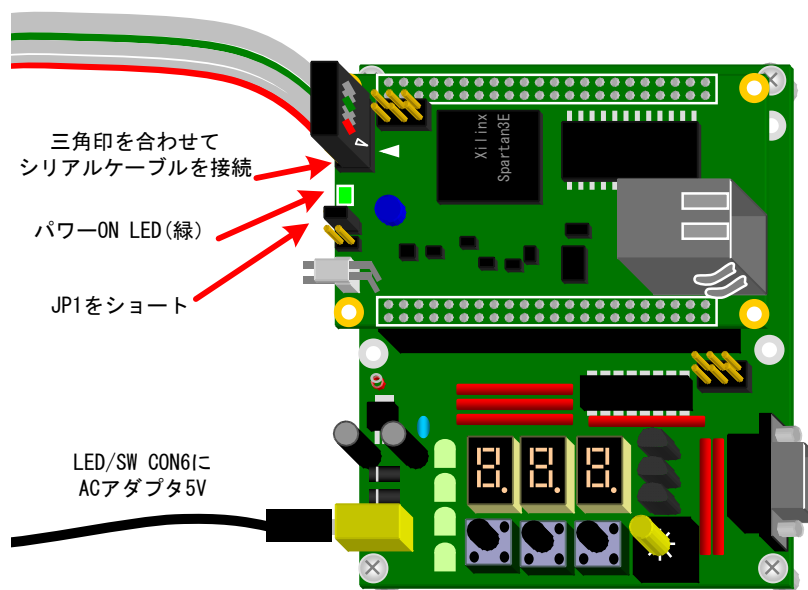


図 6-34 モトローラ S 形式書き換え準備

"s"キーを押してください。モトローラ S 形式ダウンロードモードになります。以下のようなメッセージが表示されます。

```
Start sending S-Record!
```

書き込む srec ファイルを選択してください。モトローラ S 形式で書き込むのは **srec ファイル**です。
ブートローダ Hermit のファイルは付属 CD-ROM の"%suzaku%bootloader%s-record"に収録されています。

- loader-suzaku-microblaze-vx.x.x-4M.srec : SZ010 用
- loader-suzaku-microblaze-vx.x.x-8M.srec : SZ030 SZ130 用
- loader-suzaku-powerpc-v1.1.3-8M.srec : SZ130 用

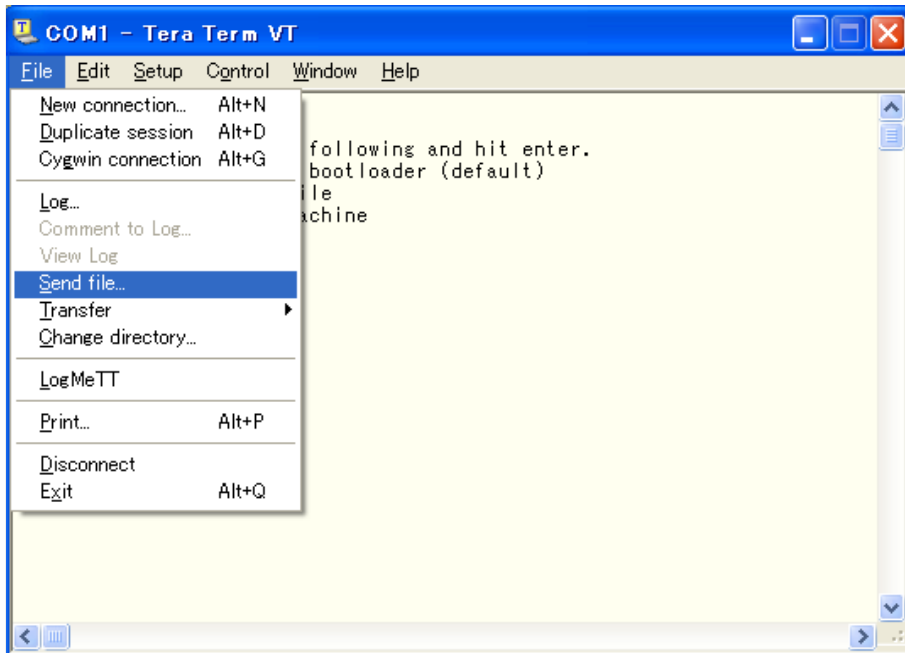


図 6-35 srec ファイルを送る

書き込みが始まると以下のような画面になります。

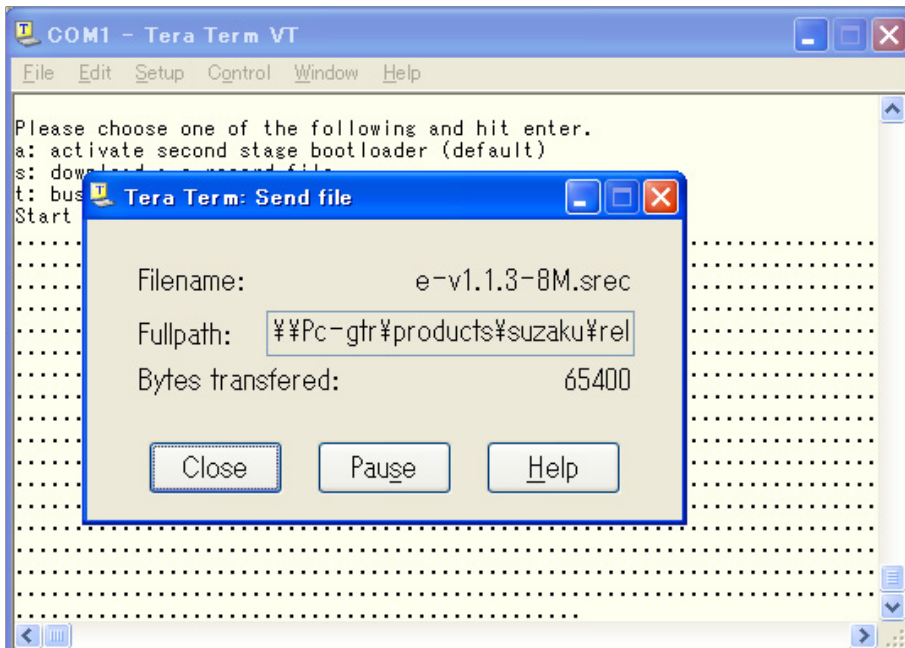


図 6-36 srec ファイル書き込み中

以下のように表示されたら書き込み完了です。再起動すると、書き込みをしたブートローダ Hermit が起動します。

```
Erasing SPI
Programming SPI
done.
Reboot.
```

```
Please choose one of the following and hit enter.
a: active second stage bootloader (default)
s: download a s-record file
t: busy loop type slot-machine
```

6.2.1.2. モトローラ S 形式で書き換える 手順まとめ

1. SUZAKU JP1 にジャンププラグをさしてショートさせる
2. LED/SW CON1 にシリアルケーブルを接続する
3. シリアル通信ソフトウェアを立ち上げる
4. LED/SW CON6 に AC アダプタ 5V を接続し、電源投入
5. SUZAKU D3 のパワーON LED(緑)が点灯していることを確認
6. シリアル通信ソフトウェアの画面を確認し、"s"と入力し、モトローラ S 形式ダウンロードモードにする
7. srec ファイルを選択し、書き込む
8. 動作確認

6.3. Linux の書き換えかた

Linux のイメージを書き換えるにはダウンローダ Hermit で書き換える方法、NetFlash で書き換える方法の 2通りがあります。ここではダウンローダ Hermit で書き換える方法について説明します。NetFlash の使い方については SUZAKU Software Manual を参照してください。

6.3.1. ダウンローダ Hermit で書き換える

ダウンローダ Hermit で Linux のイメージを書き換える方法を説明します。

6.3.1.1. 書き込み準備

まず、JP1 にジャンパプラグをさし、ショートさせてください。JP1 をショートさせるとブートローダモードになります。

SUZAKU CON1 に方向に気をつけてシリアルケーブルを接続し、シリアル通信ソフトウェアを立ち上げてください。("5.2 シリアル通信ソフトウェア"参照)。LED/SW CON6 に AC アダプタ 5V を接続し、電源を投入してください。SUZAKU D3 のパワー ON LED(緑)が点灯しているか確認してください。

シリアル通信ソフトウェアの画面に以下のようなメッセージが表示されます。

```
Please choose one of the following and hit enter.
a: active second stage bootloader (default)
s: download a s-record file
t: busy loop type slot-machine
```

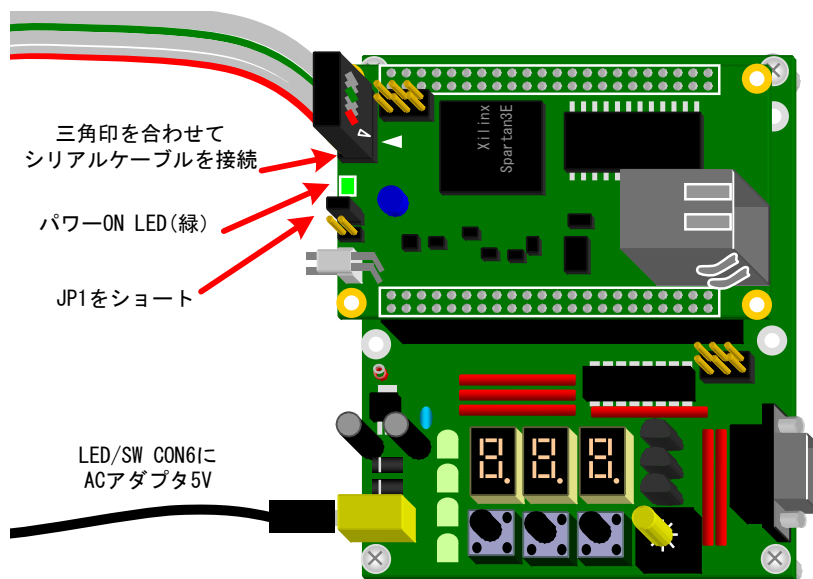


図 6-37 Linux 書き換え準備

"a"もしくは"Enter"キーを押してください。ブートローダ Hermit が立ち上がります。

以下のようなメッセージが表示されます。もし立ち上がらない場合は"6.2 ブートローダ Hermit の書き換えかた"を参照してブートローダ Hermit を書き込んでください。

```
Hermit-At v1.1.3(suzaku/microblaze) compiled at 13:49:17, Aug 15 2006
hermit>
```

ブートローダ Hermit が立ち上がったのを確認したら、シリアルポートをシリアル通信ソフトから切断します。
[File]→[Disconnect]を選択してください。

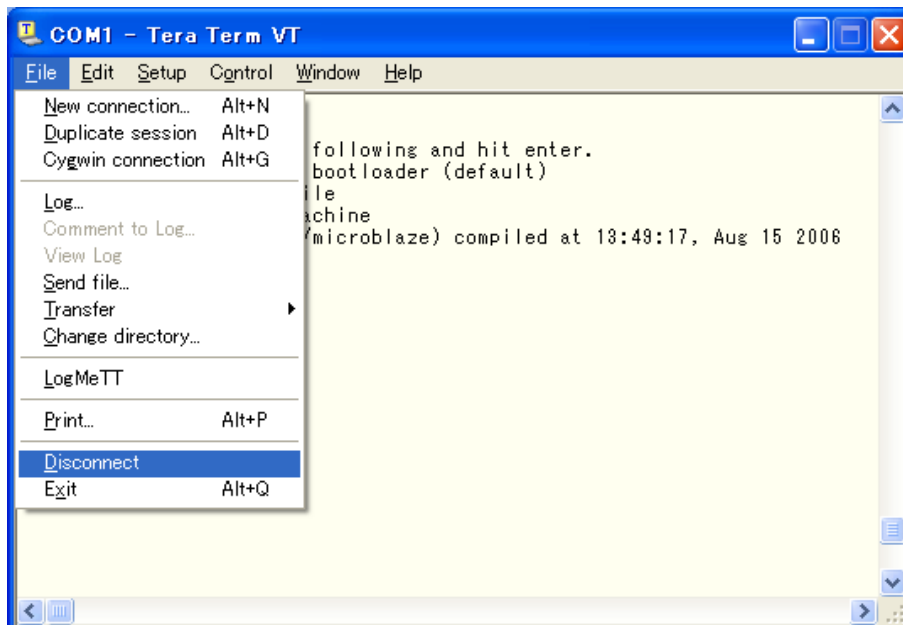


図 6-38 シリアルポートを切断

6.3.1.2. ダウンローダ Hermit 立ち上げから書き込み

ダウンローダ Hermit を起動してください。[Download]ボタンをクリックすると Download 画面が表示されます。
[Serial Port] に、SUZAKU と接続しているシリアルポートを設定し、[Image]に書き込むイメージファイルを指定してください。ダウンローダ Hermit では **bin** ファイルを書き込みます。

SUZAKU のデフォルトの bin ファイルは付属 CD-ROM の"%suzaku%image%image-sz***.bin"に収録されています。また、スロットマシンの bin ファイル(スターターキット出荷時の binファイル)は付属 CD-ROM の "%suzaku-starter-kit%image%image-sz***-sil.bin"に収録されています。

[Region]には、書き込むリージョンまたは、アドレスを指定します。Linux はイメージリージョンに書き込みます。
[image]を選択してください。

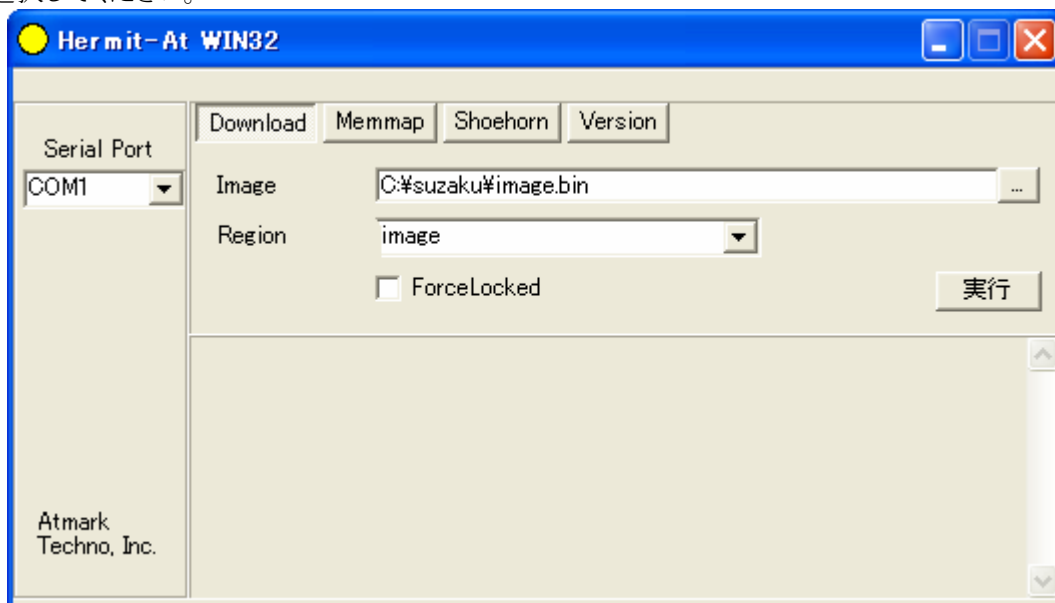


図 6-39 Download 画面

[実行]をクリックしてください。Flash メモリへの書き込みが始まります。書き込み中は、進捗状況が表示されます。

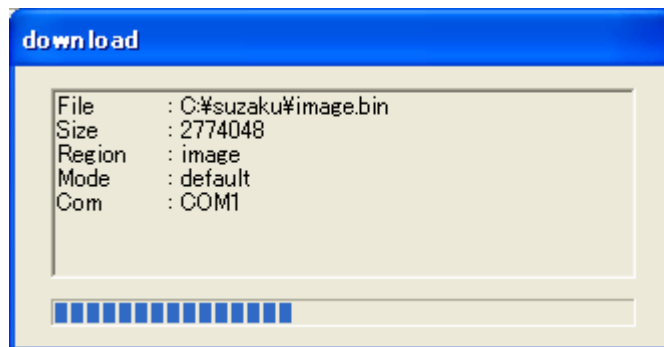


図 6-40 書き込み進捗ダイアログ

書き込みが終了すると、書き込み終了画面が表示されます。"Download COMPLETE"と表示されたら書き込み成功です。

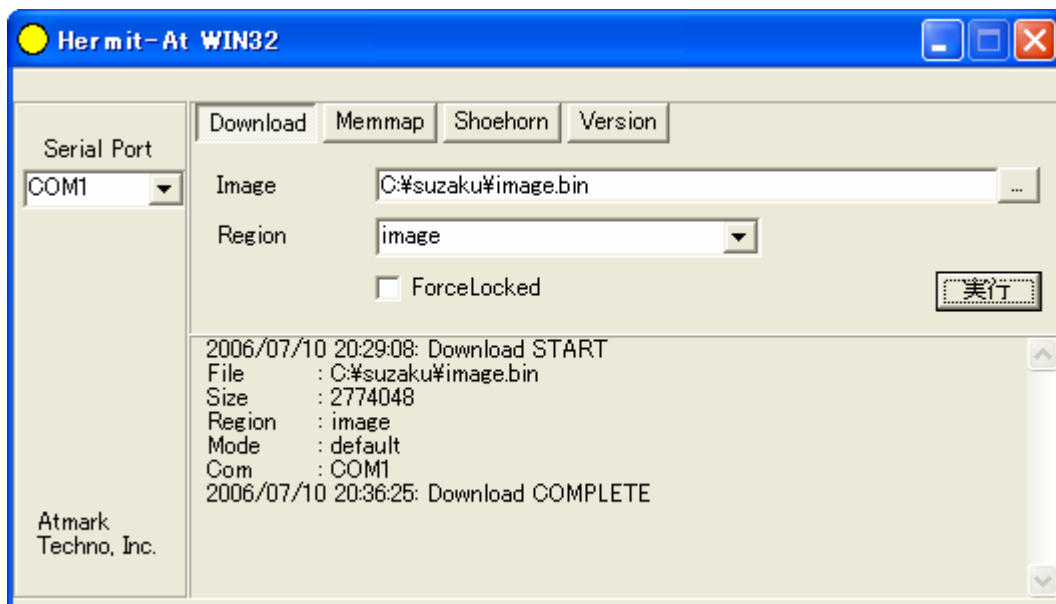


図 6-41 書き込み終了

6.3.1.3. FPGA とブートローダ Hermit を書き換える

ダウンローダ Hermit では FPGA およびブートローダ Hermit も書き換えることができます。これらの bin ファイルは Linux の bin ファイルと同じフォルダに収録されています。

FPGA

- fpga-sz***-x.x-xxxxxxx.bin : デフォルト
- fpga-sz***-sil-x.x-xxxxxxx.bin : スロットマシン

ブートローダ Hermit

- loader-suzaku-microblaze-vx.x.x.bin : SZ010 SZ030 SZ130 用
- loader-suzaku-powerpc-vx.x.x.bin : SZ130 用

これらを書き換える場合は[Region]に[fpga]、[bootloader]をそれぞれ選択してください。また、書き込む際は、[ForceLocked]チェックする必要があるのでご注意ください。チェックしないと、警告が表示され書き込みが始まりません。

6.3.1.4. ダウンローダ Hermit で書き換える 手順まとめ

1. SUZAKU JP1 にジャンププラグをさしてショートさせる
2. LED/SW CON1 にシリアルケーブルを接続する
3. シリアル通信ソフトウェアを立ち上げる
4. LED/SW CON6 に AC アダプタ 5V を接続し、電源投入
5. SUZAKU D3 のパワーON LED(緑)が点灯していることを確認
6. シリアル通信ソフトウェアの画面を確認し、"a"もしくは"Enter"キーを入力
7. ブートローダ Hermit モードになったのを確認し、シリアルポートを切断
8. ダウンローダ Hermit を起動し、イメージファイルを書き込む
9. 動作確認

7. ISE の使い方

FPGA 側から SUZAKU の開発をするためには、ISE(Integrated Software Environment)の使い方を知ることが必要不可欠です。ISE は Xilinx が提供する FPGA の統合型設計環境です。GUI 統合ツール Project Navigator で、FPGA に必要な論理合成、配置配線、bit ファイルの書き込みのツールなど、トータルな開発環境を提供しています。

ここでは LED/SW ボードの単色 LED(D1)を点灯させると共に ISE の使い方を簡単に説明します*。ISE の使い方の詳細は ISE のヘルプ、マニュアル等を参照してください。ISE には日本語のヘルプ、マニュアル等も用意されています。

なお、本書では ISE において以下の手順で作業を行います。

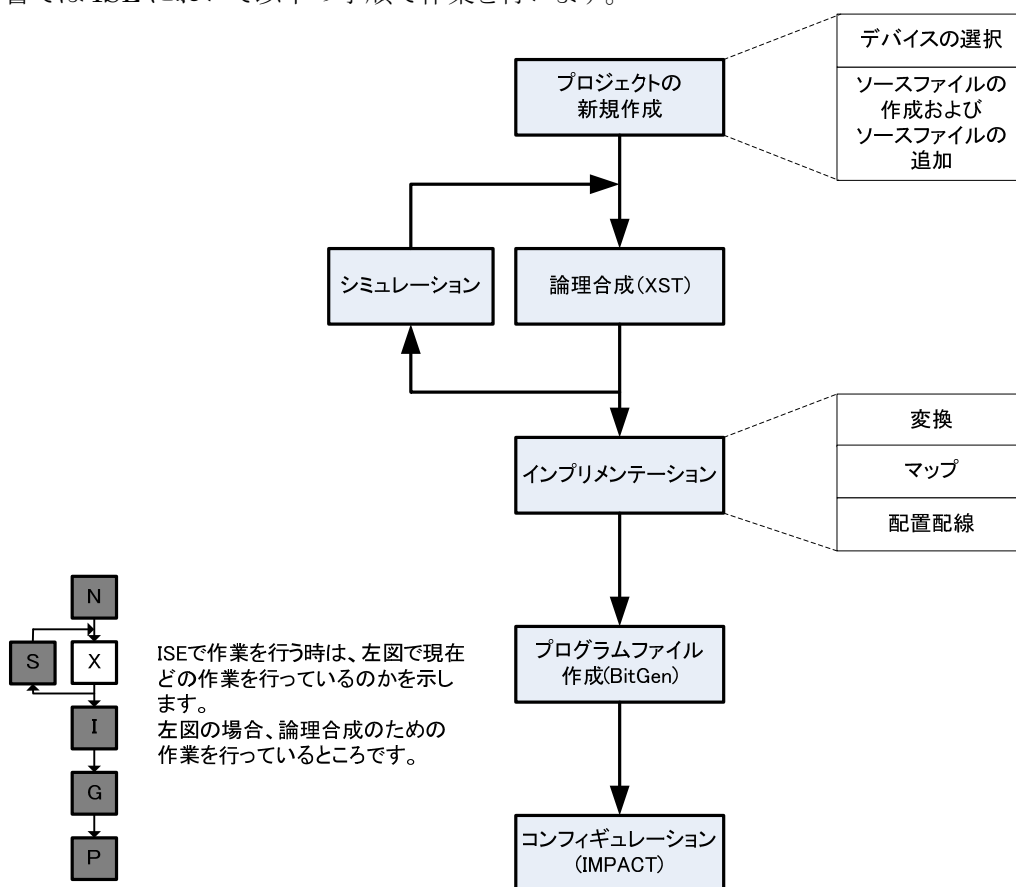


図 7-1 本書での ISE 開発フロー

*本書では ISE8.1i を使用しています。

7.1. 単色 LED を点灯させる

ISE を使って、LED/SW ボードに実装されている単色 LED(D1)を点灯させてみます。

7.1.1. 単色 LED 周辺回路

単色 LED 周辺回路は下図のようになっています。それぞれ 180Ω の抵抗で $3.3V$ にプルアップされています。FPGA から”Low”を出力すると、単色 LED が点灯し、”High”を出力すると、単色 LED が消灯します。

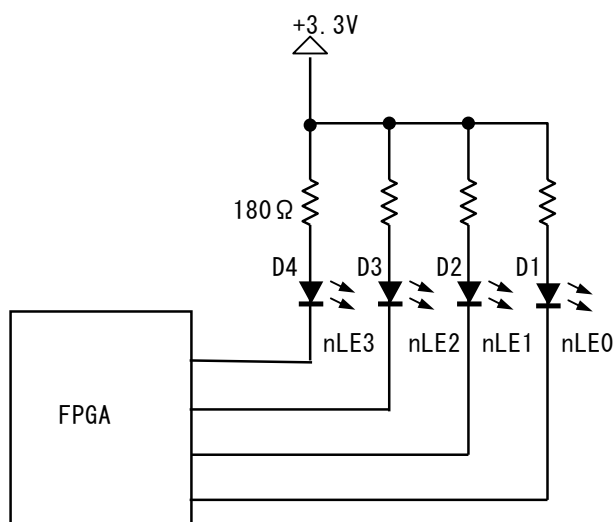


図 7-2 単色 LED 周辺回路



TIPS FPGA の入力出力について

SUZAKU の FPGA の I/O ピンは CMOS+3.3V に設定されています。FPGA からは”Low”で $0.4V$ 以下、”High”で $2.9V$ 以上が出力されます。FPGA へは $0.8V$ 以下で”Low”、 $2.0V$ 以上で”High”が入力されます。ただし、デジタル入力定格は $-0.3V \sim 3.6V$ なので、それを超えて入力しないでください。

表 7-1 FPGA 入力、出力

	Low(V)	High(V)
出力	$OUT < 0.4$	$2.9 < OUT$
入力	$-0.3 < IN < 0.8$	$2.0 < IN < 3.6$

7.2. プロジェクトの新規作成

7.2.1. プロジェクト作成

Project Navigator を起動してください。Project Navigator は、" $\%ISE$ のインストールフォルダ $\%bin\%nt\%_impact.exe$ " にあります。もしくは、[スタートメニュー] → [すべてのプログラム] → [Xilinx ISE x.x] → [Project Navigator] から起動できます。
[File] → [New Project] をクリックしてください。

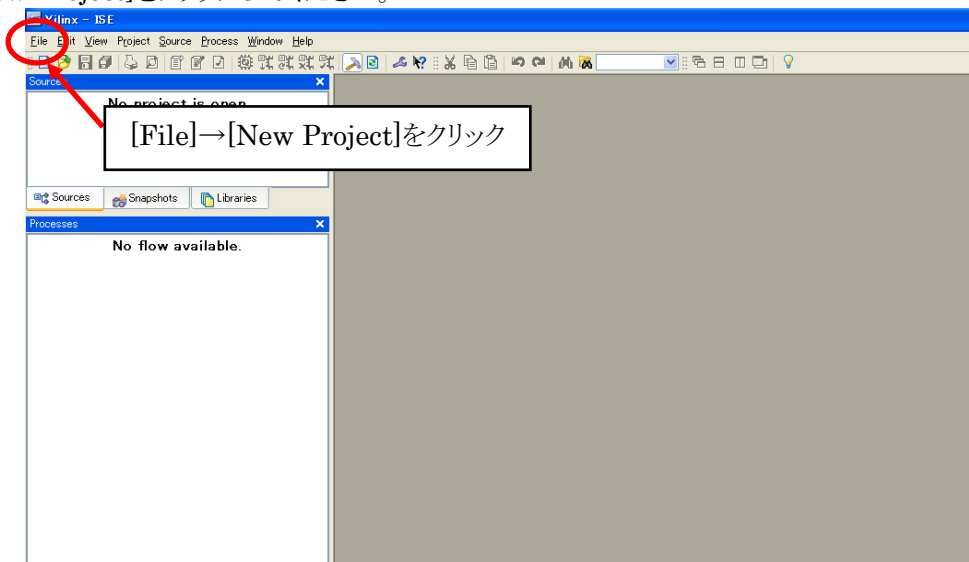
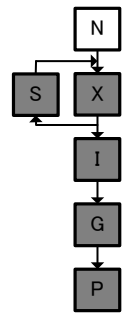


図 7-3 Project Navigator 起動

New Project Wizard が表示されます。[Project Location] の [...] をクリックし、プロジェクトのディレクトリパスを指定します。ここでは $C:\%suzaku$ とします。[Project Name] に プロジェクト名を入力します。slot_le と入力し、[Top-Level Source Type] が [HDL] となっていることを確認し、[Next] をクリックしてください。

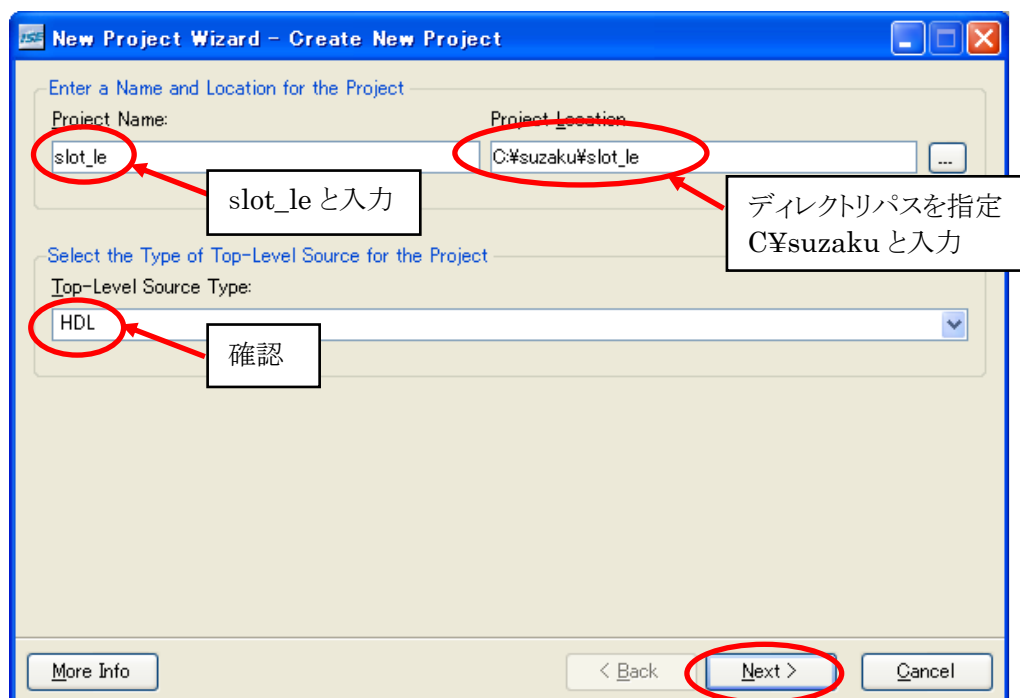


図 7-4 プロジェクトの新規作成

7.2.2. デバイスの選択

SUZAKU に実装されている FPGA デバイスを選択します。お使いの SUZAKU の型式の設定にし、[Next]をクリックしてください。

型式	SZ010	SZ030	SZ130	SZ310
Product Category	All			
Family	Spartan3		Spartan3E	Virtex2P
Device	XC3S400	XC3S1000	XC3S1200E	XC2VP4
Package	FT256		FG320	FG256
Speed	-4			-5
Synthesis Tool	XST(VHDL/Verilog)			
Simulator	ISE Simulator(VHDL/Verilog)			

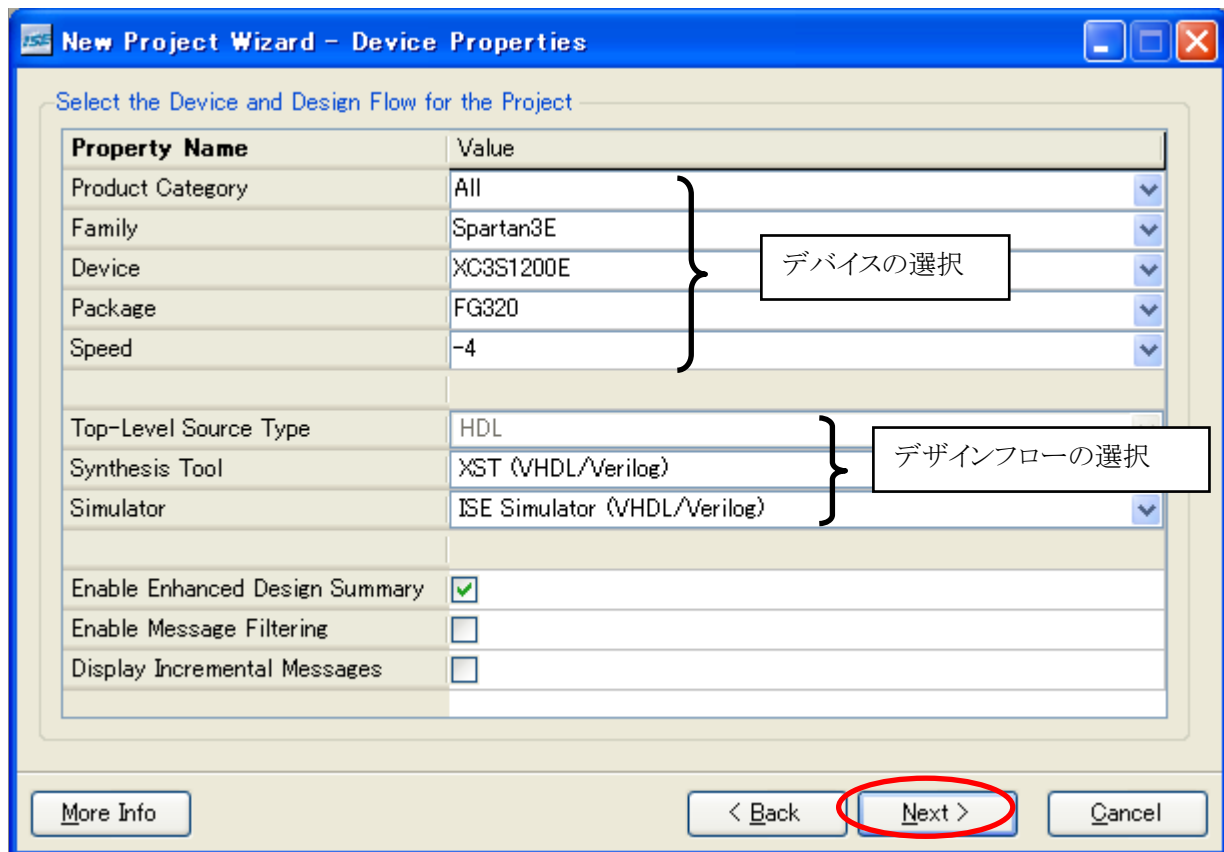


図 7-5 デバイスの選択(SZ130 の場合)

7.2.3. ソースファイル作成

[New Source]をクリックしてください。

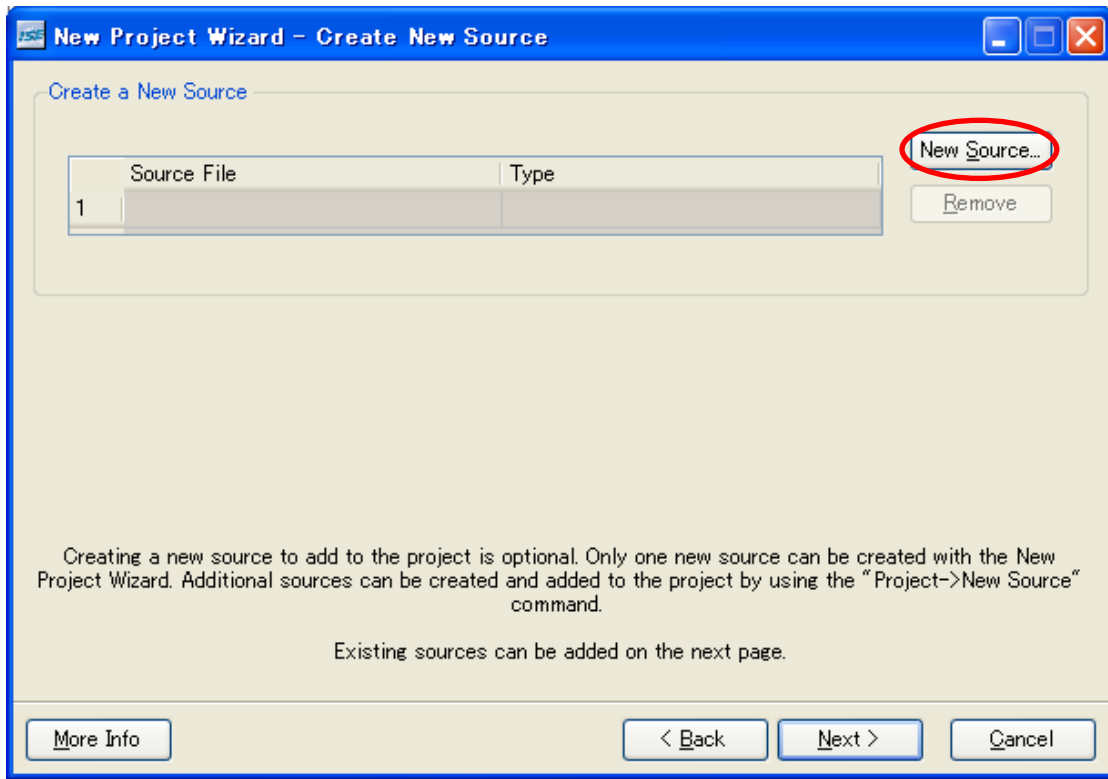


図 7-6 New Source 作成

[VHDL Module]を選択し、[File name]に top と入力し、[Next]をクリックしてください。VHDL ソースファイルが作成されます。

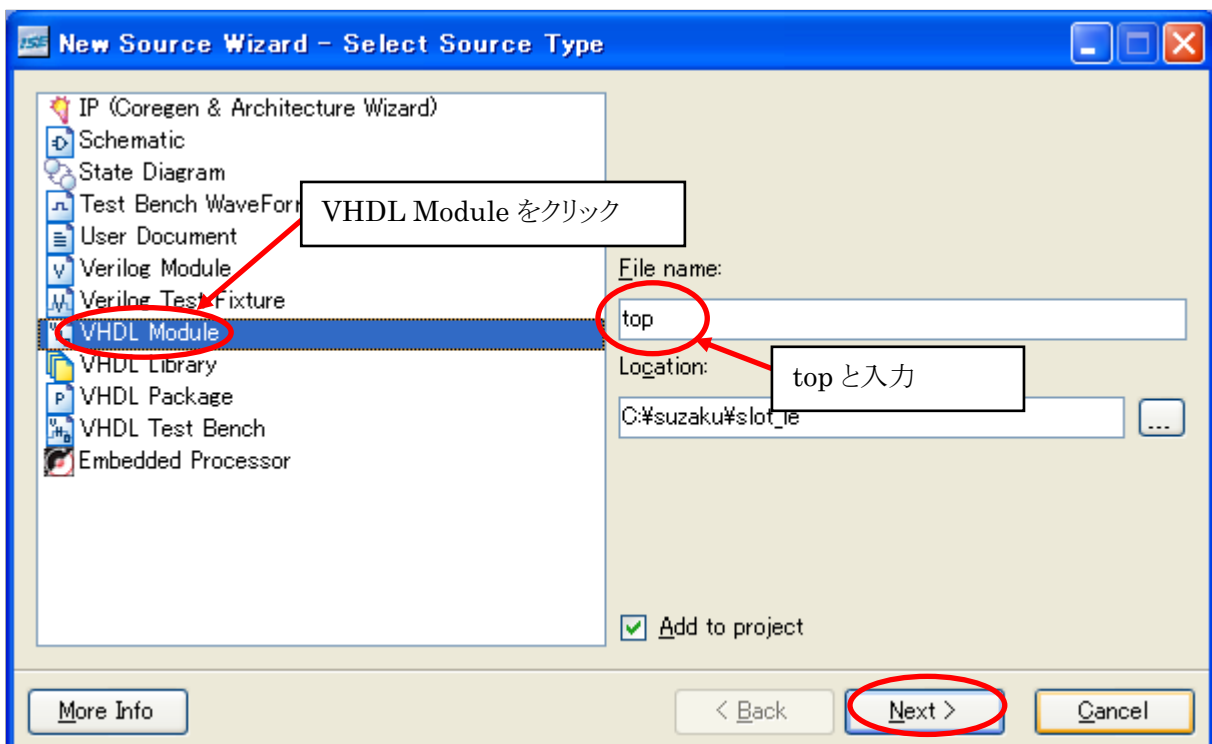


図 7-7 VHDL ソースファイル作成

[Architecture Name]に名前を入力してください。何でも良いのですが、SUZAKUではIMP(implementの意味)としています。変更したら [Next]をクリックしてください。

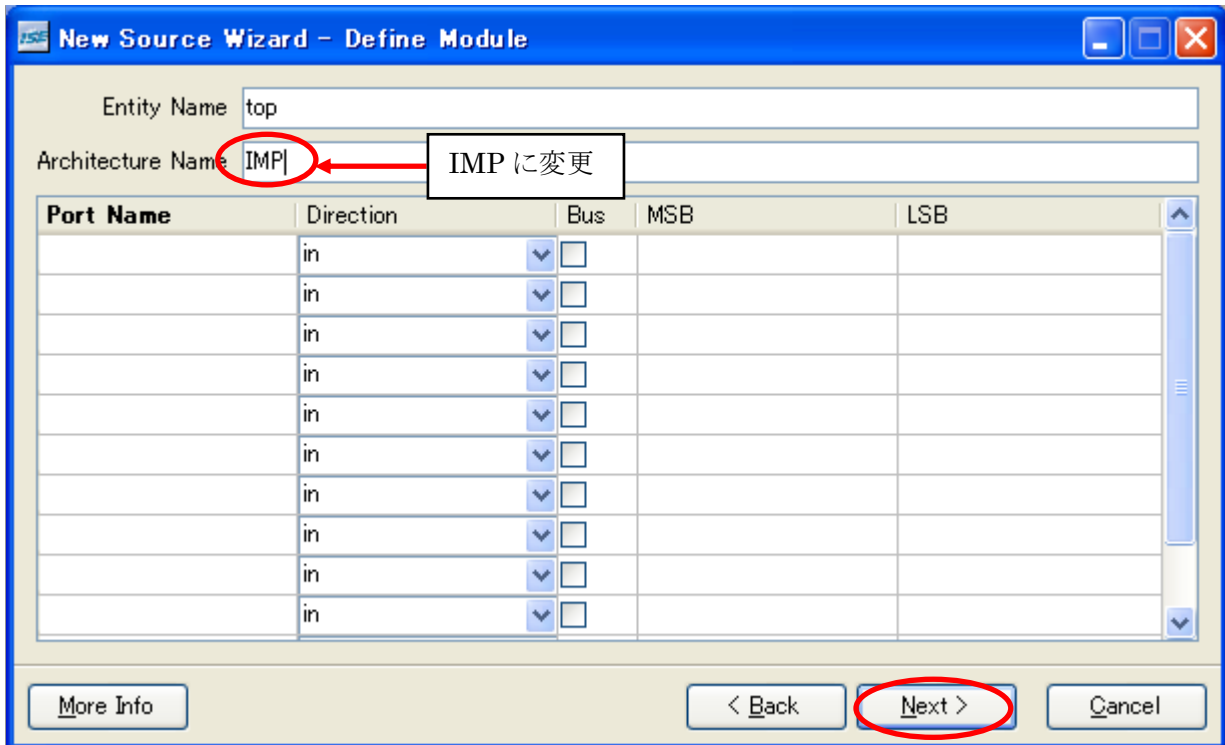


図 7-8 アーキテクチャ名定義

今作った VHDL ソースファイルの設定が表示されます。間違いがなければ [Finish] をクリックしてください。

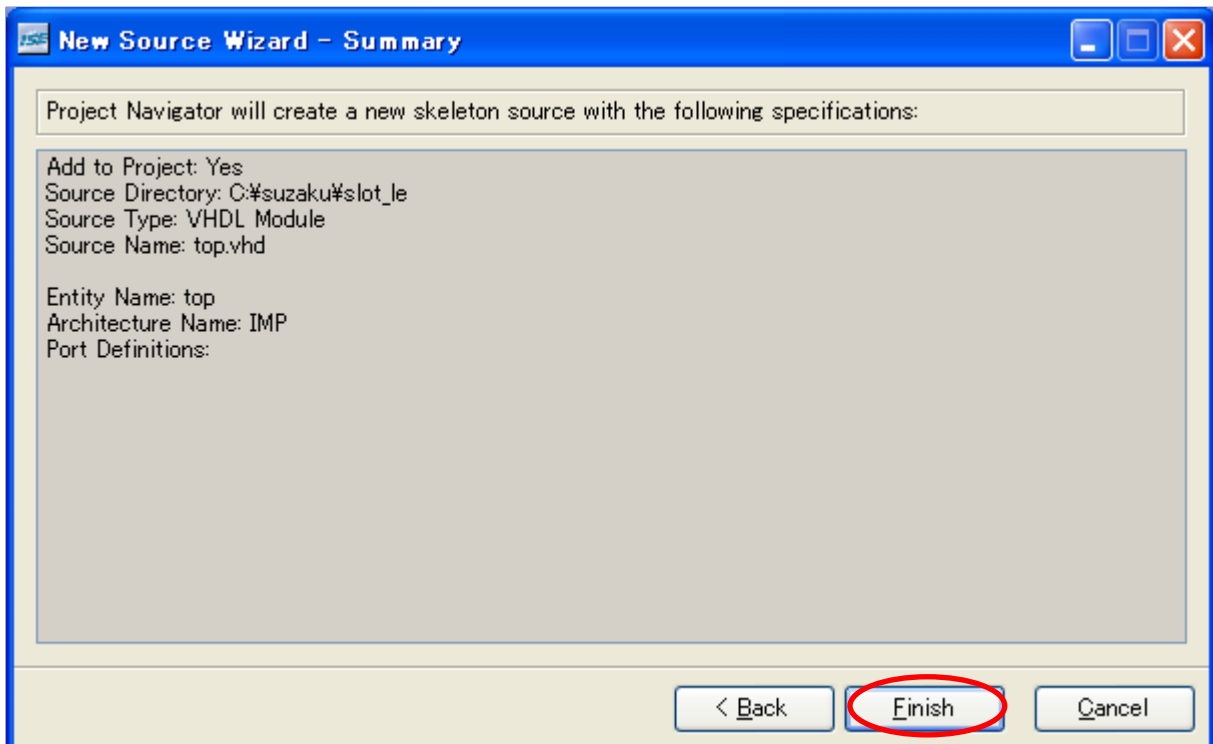


図 7-9 ソースファイル作成確認画面

以下の画面が出るまで[Next]をクリックし、最後に[Finish]をクリックしてください。

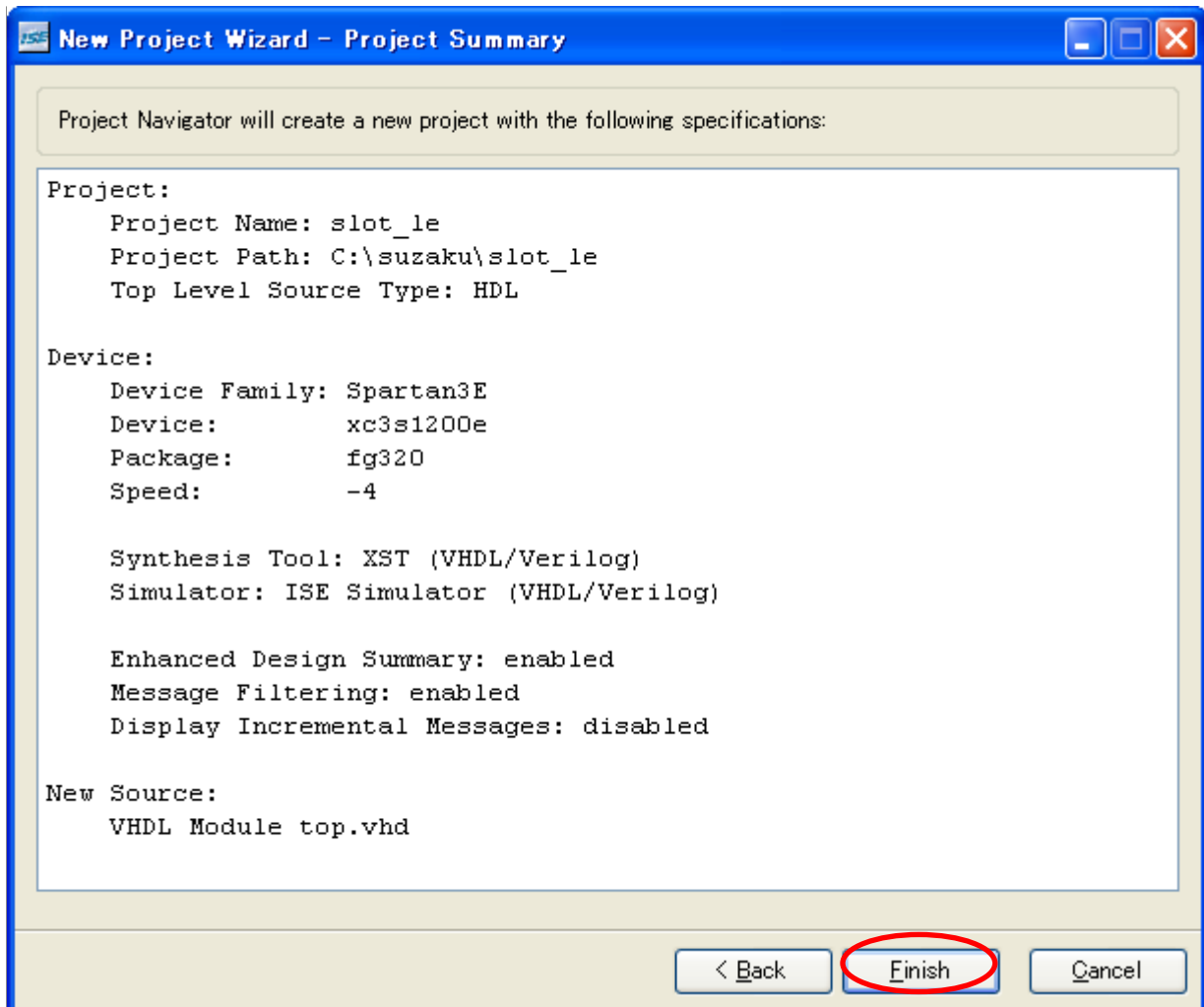


図 7-10 最終確認画面(SZ130 の場合)

以上で新規プロジェクトおよび VHDL ソースファイルが出来上がります。
top-IMP(top.vhd)をダブルクリックしてください。top.vhd が開きます。

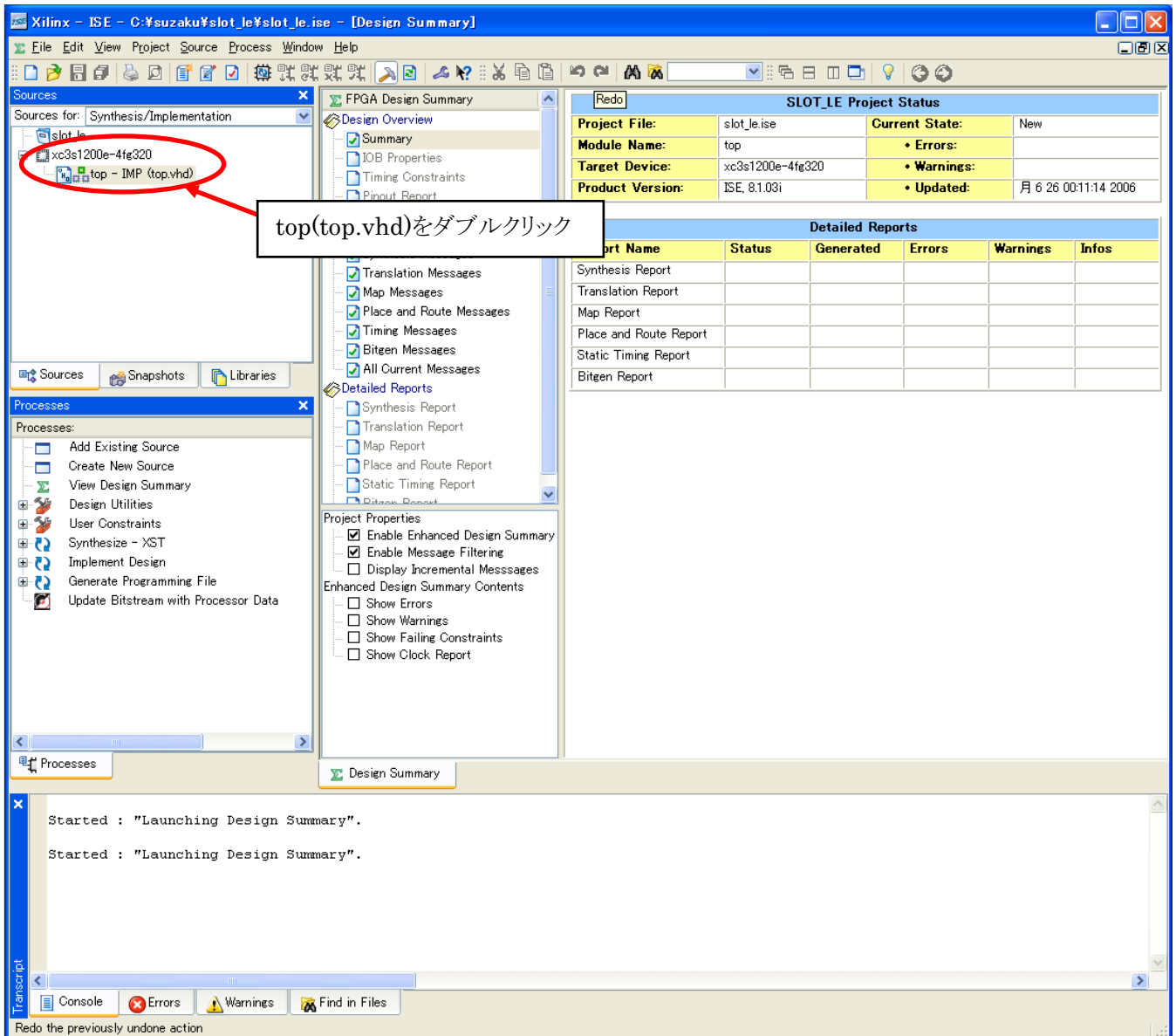
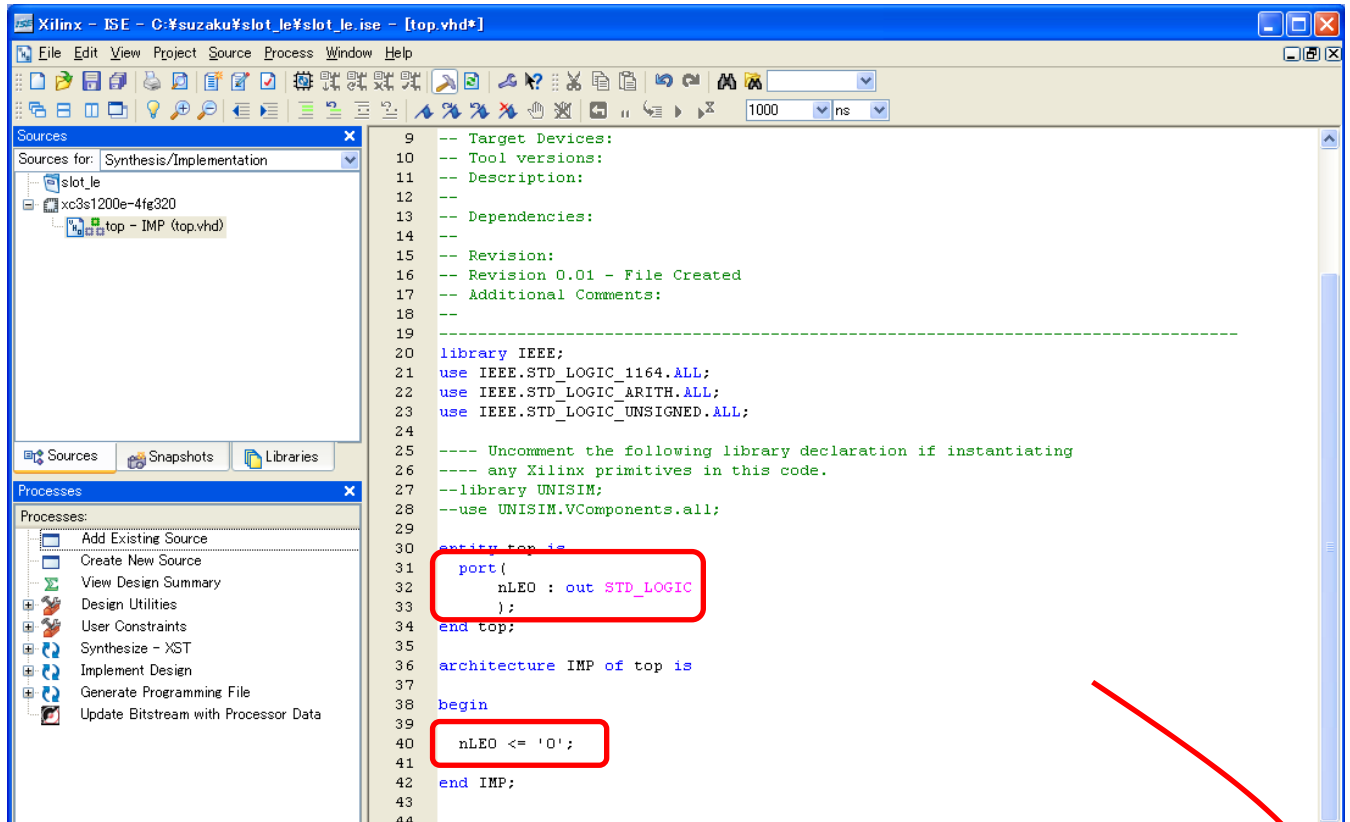


図 7-11 新規プロジェクト、ソースファイル作成完了

7.3. ソースファイル作成

テンプレートが自動生成されています。以下のように単色 LED への出力信号の定義と単色 LED を点灯させる文を追加してください。



```

library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_ARITH.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;
---- Uncomment the following library declaration if instantiating
---- any Xilinx primitives in this code.
--library UNISIM;
--use UNISIM.VComponents.all;
entity top is
  port (
    nLEO : out STD_LOGIC
  );
end top;

architecture IMP of top is
begin
  nLEO <= '0';
end IMP;

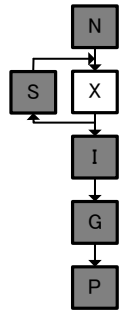
```

出力信号の定義





単色 LED を点灯させる

図 7-12 ソースコード入力

追加できたら、[File]→[Save]をクリックして保存してください。



7.4. 論理合成

トップモジュール `top - IMP(top.vhd)` を選択し、Synthesize をダブルクリックしてください。Synthesize をダブルクリックすると文法チェックが始まります。ソースコードに間違いがなければ Synthesize の横にチェックマーク  もしくは警告マーク  が付きます。もしエラーマーク  になった場合はログをチェックし、ソースコードを見直してください。ソースコードを修正して保存するとマークが疑問符  になるので、再び Synthesize をダブルクリックし、エラーマークがなくなるまで繰り返してください。

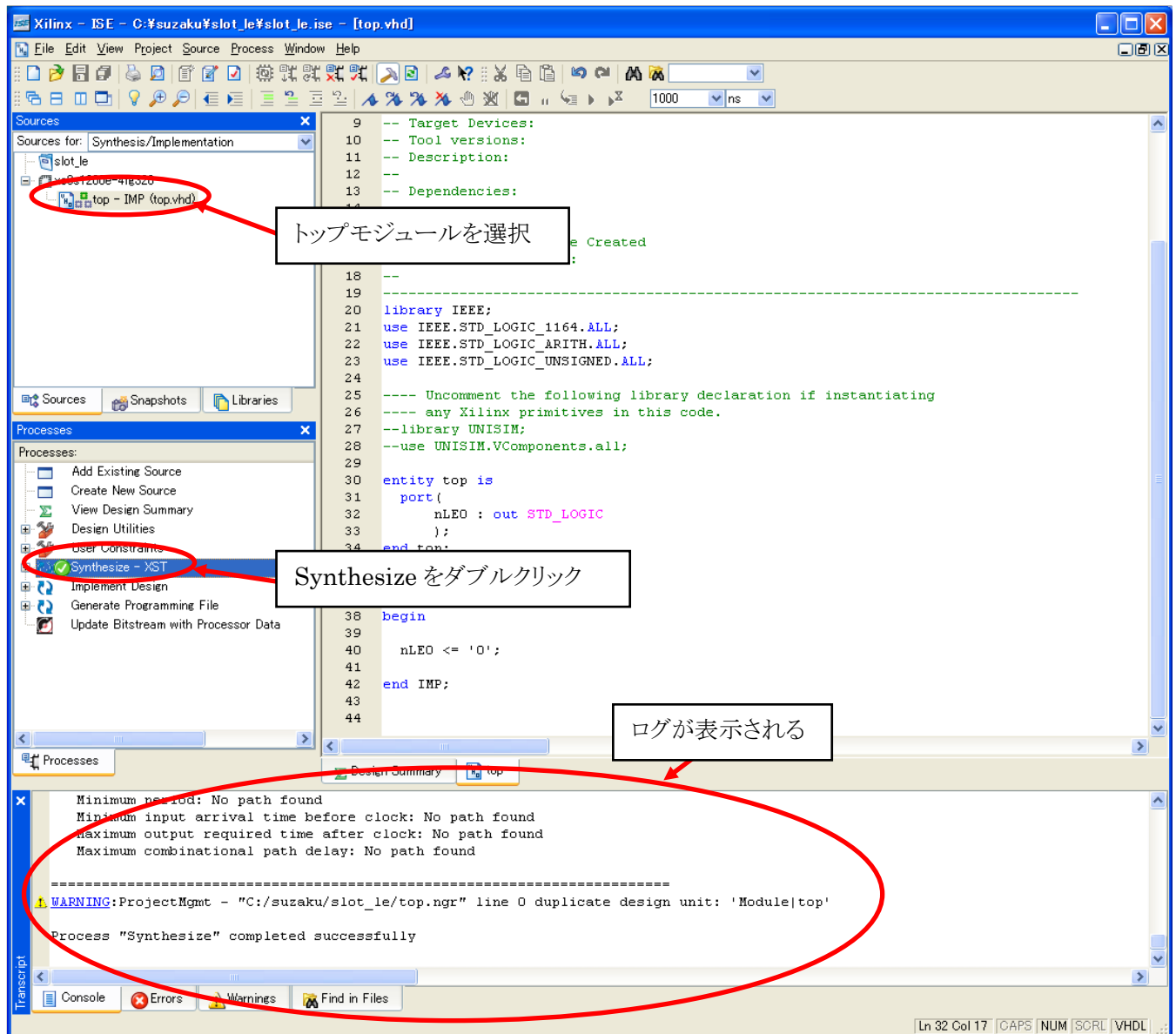





図 7-13 文法チェック

7.5. インプリメンテーション

Implement Design の横の 、Translate の横の  をクリックして開き、 Assign Package Pins Post-Translate をダブルクリックしてください。

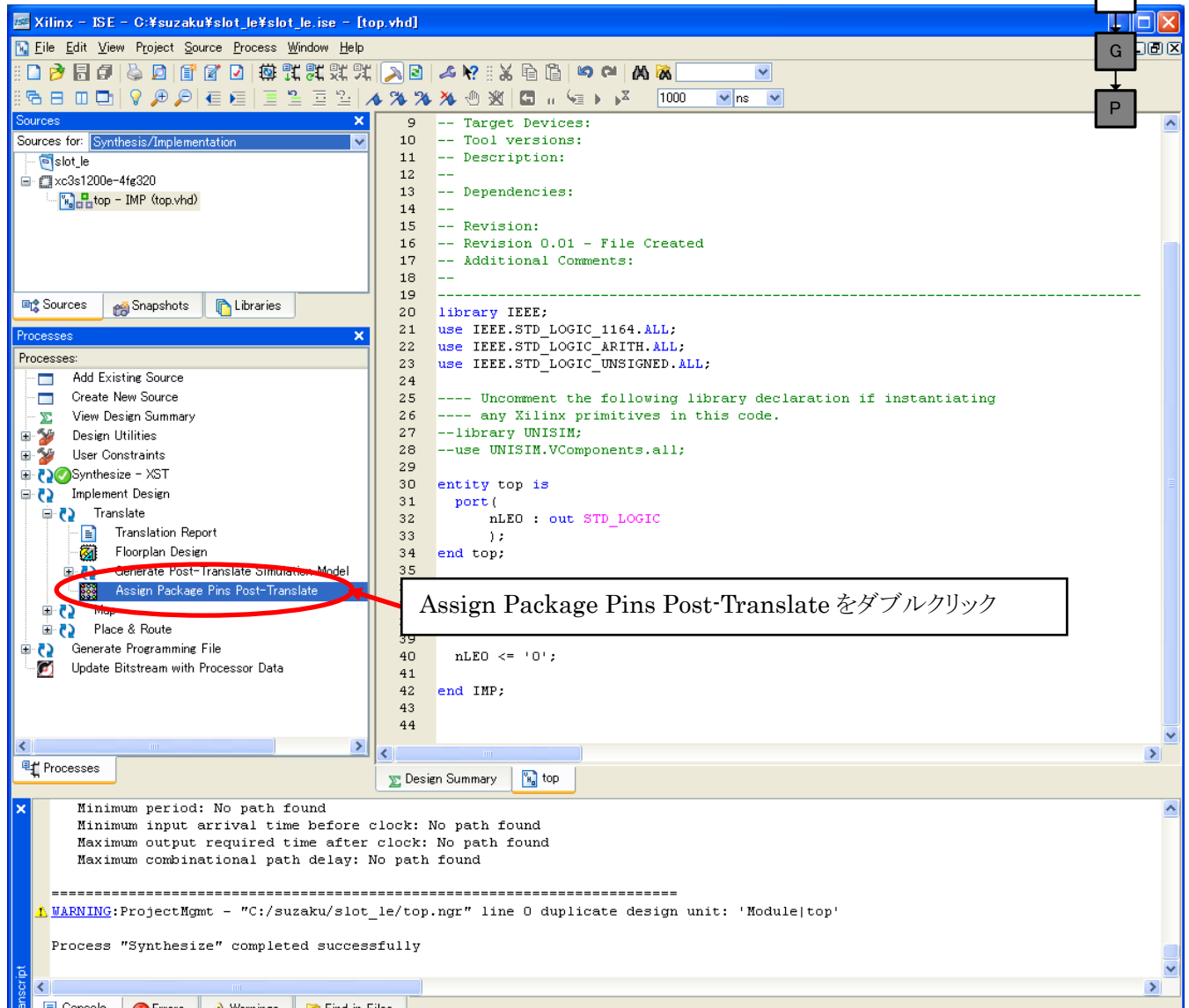


図 7-14 PACE を立ち上げる

ucf ファイルを追加してもいいかという質問をされるので [Yes] をクリックしてください。

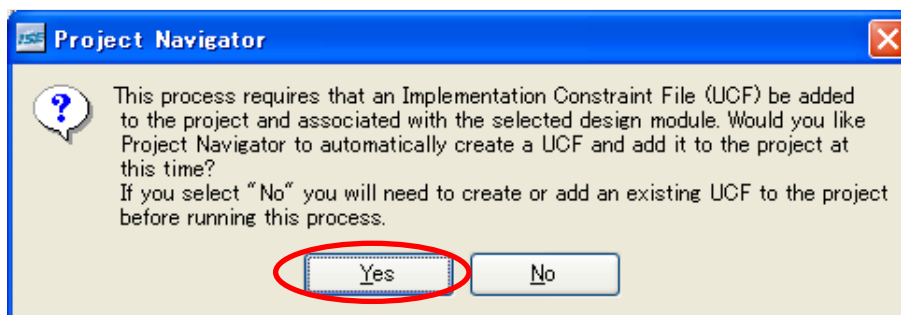


図 7-15 ucf ファイル作成確認

PACE というピンアサインを設定できるソフトが立ち上がります。”表 2-2 機能用ピンアサイン”を参照し、D1 の単色 LED とつながっている FPGA のピンを割り当てます。

表 7-2 nLEO ピンアサイン

	SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
nLEO	B12	E12	L16

[File]→[Save]をクリックして保存し、PACE を閉じてください。

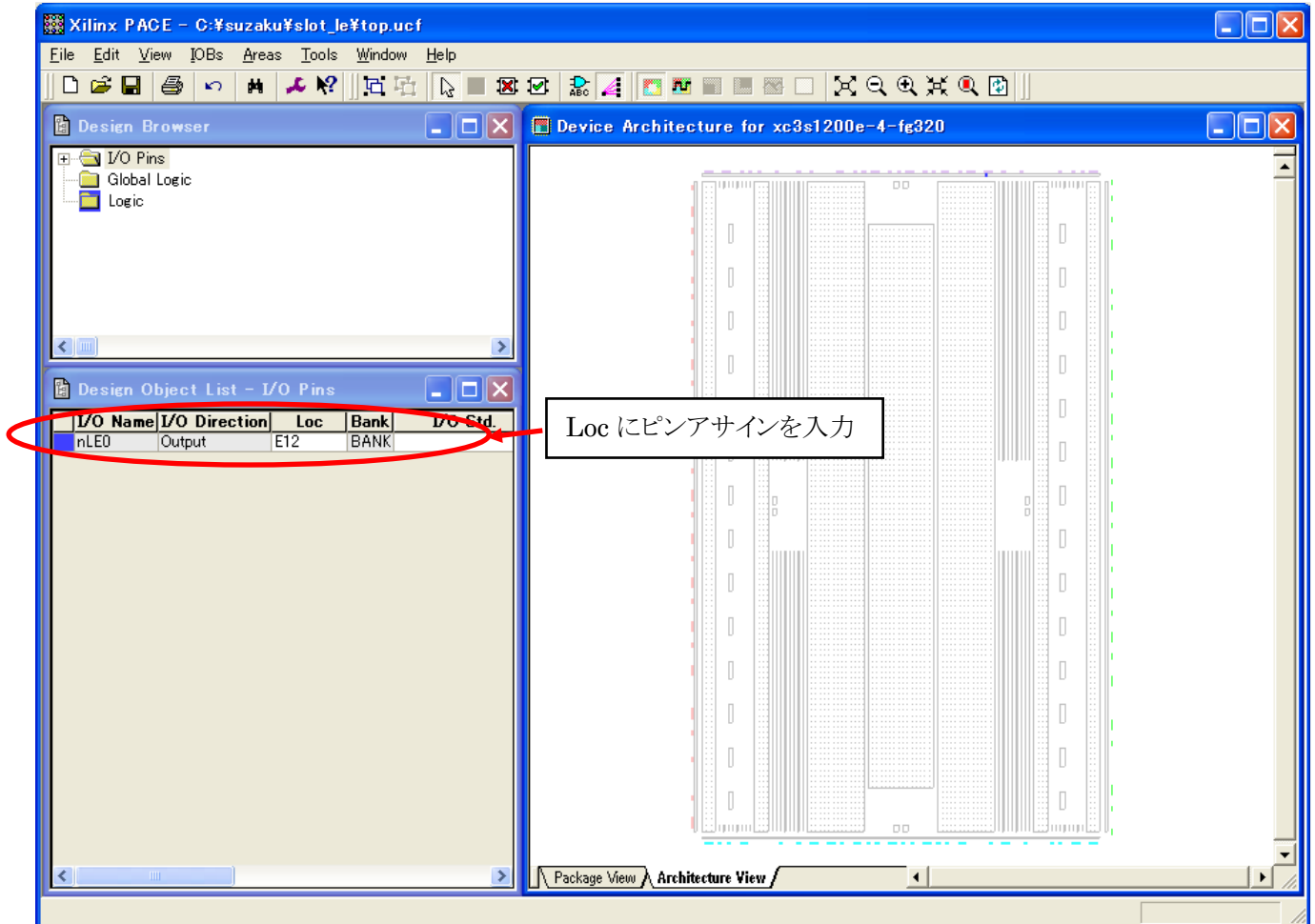
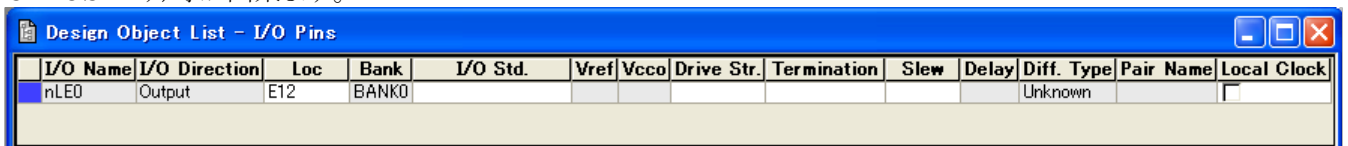


図 7-16 PACE によるピンアサイン(SZ130 の場合)

 **TIPS I/O ピンのカスタマイズ**

最近の FPGA は I/O のカスタマイズも自由に行うことができます。PACE の Design Object List -I/O Pins ウィンドウで、数 10kΩ の Pull Up、Pull Down をつけたり、電流制限をつけたり(オーバーシュートやアンダーシュートの設定)、スルーレートの High、Low の設定、I/O の属性の変更(SUZAKU では I/O 電圧が 3.3V のため、属性は C-MOS のみ)等が出来ます。



Project Navigator に戻って `top-IMP(top.vhd)` の横の `+` をクリックして開いてください。ピンアサインのファイル `top.ucf` が出来上がっています。今回は PACE でピンアサインしましたが、他の方法でピンアサインすることもできます。各々のやり易い方法を探してみてください。

PACE で設定したピンアサインを Text で編集することもできます。`top.ucf` をクリックすると、Processes のウィンドウに `top.ucf` のプロセスが表示されるので Edit Constraints(Text) をダブルクリックしてください。ピンアサインが Text で表示されます。

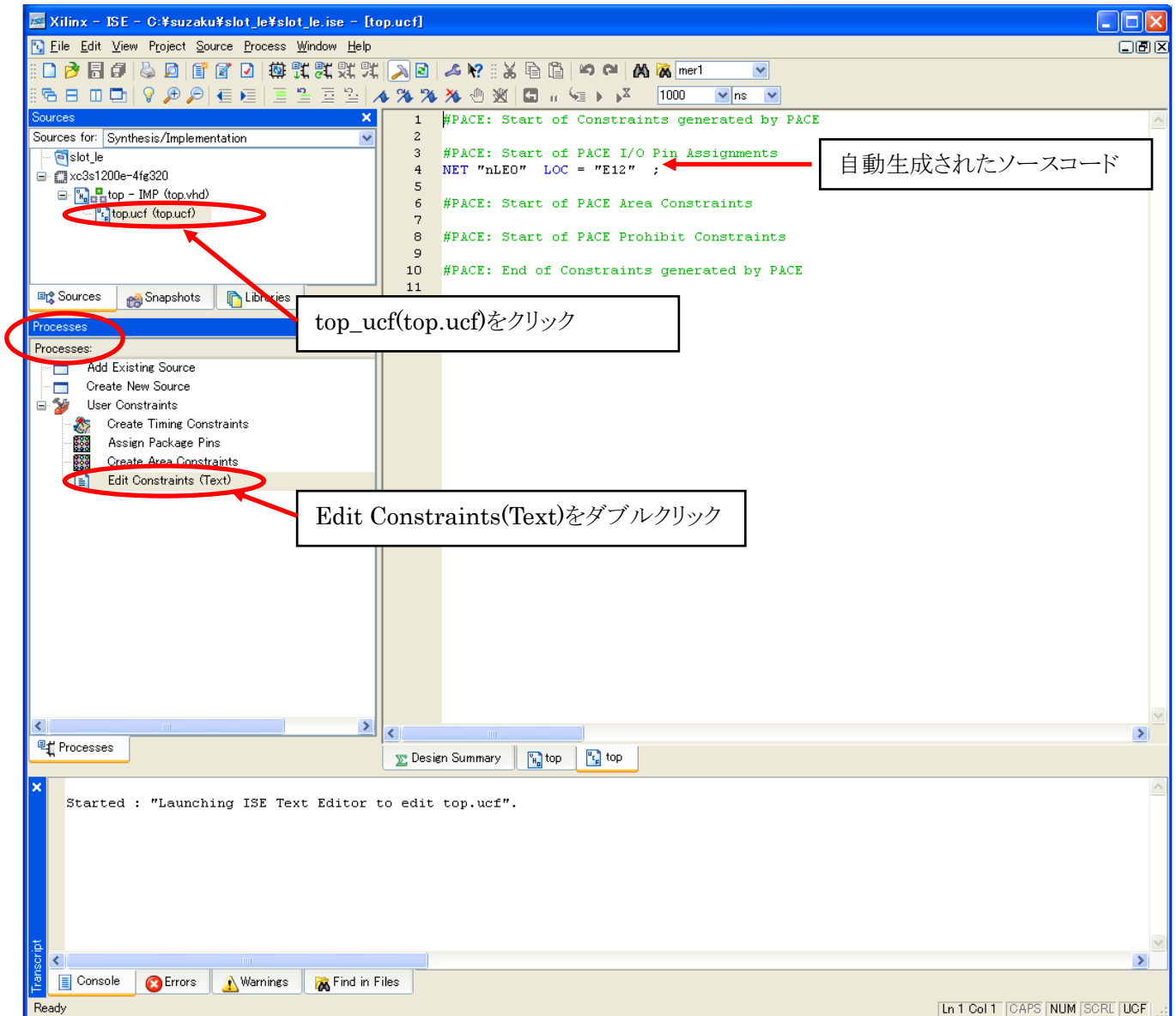


図 7-17 ピンアサインのソースコード(SZ130 の場合)

Implement Design をダブルクリックしてください。残りのインプリメントが始まります。

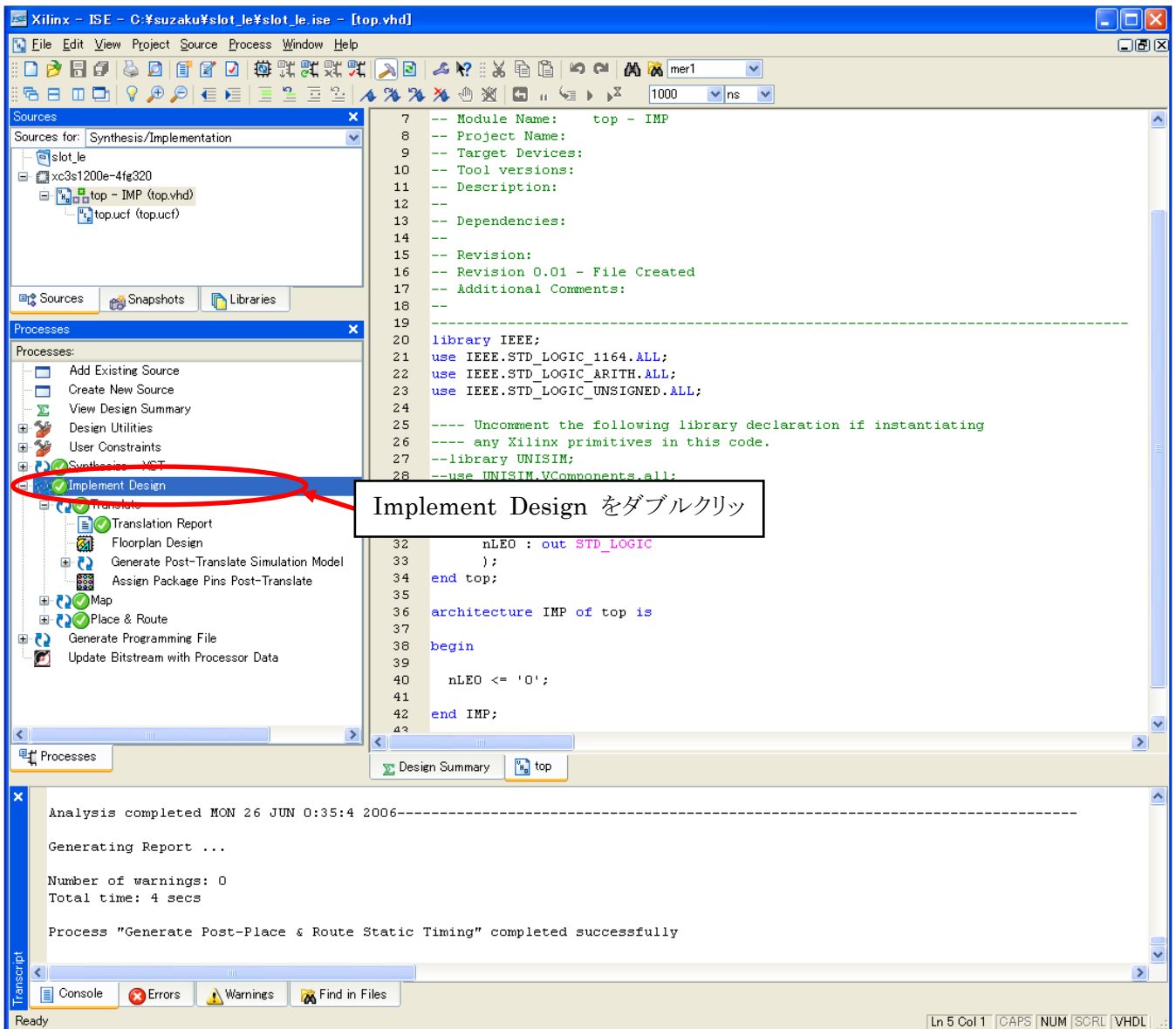


図 7-18 インプリメント

7.6. プログラムファイル作成

Generate Programming File をダブルクリックします。エラーがなければ、top.bit という FPGA コンフィギュレーション用の bit ファイルが作成されます。

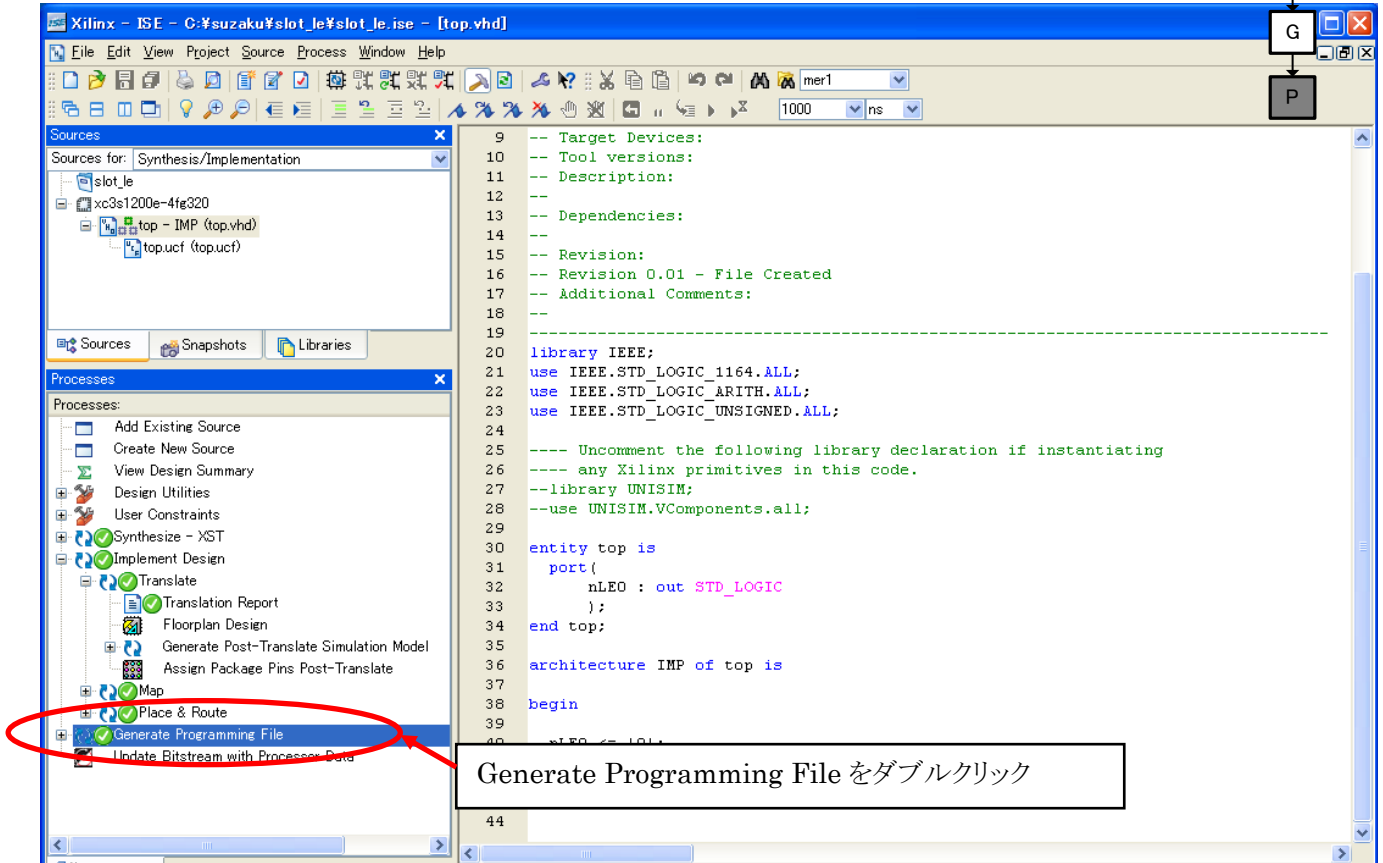
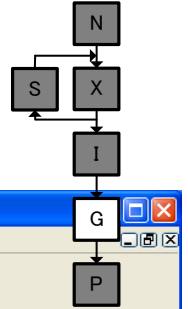
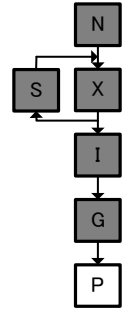


図 7-19 bit ファイル作成



7.7. コンフィギュレーション

FPGA に作成した top.bit を書き込みます。

7.7.1. JTAG でコンフィギュレーション

速さ重視で iMPACT で top.bit を書き込みます。iMPACT での FPGA の書き換え方については"6.1.1 iMPACT で書き換える"を参照してください。iMPACT は Project Navigator の Configure Device (iMPACT) をダブルクリックすることでも、起動することが出来ます。

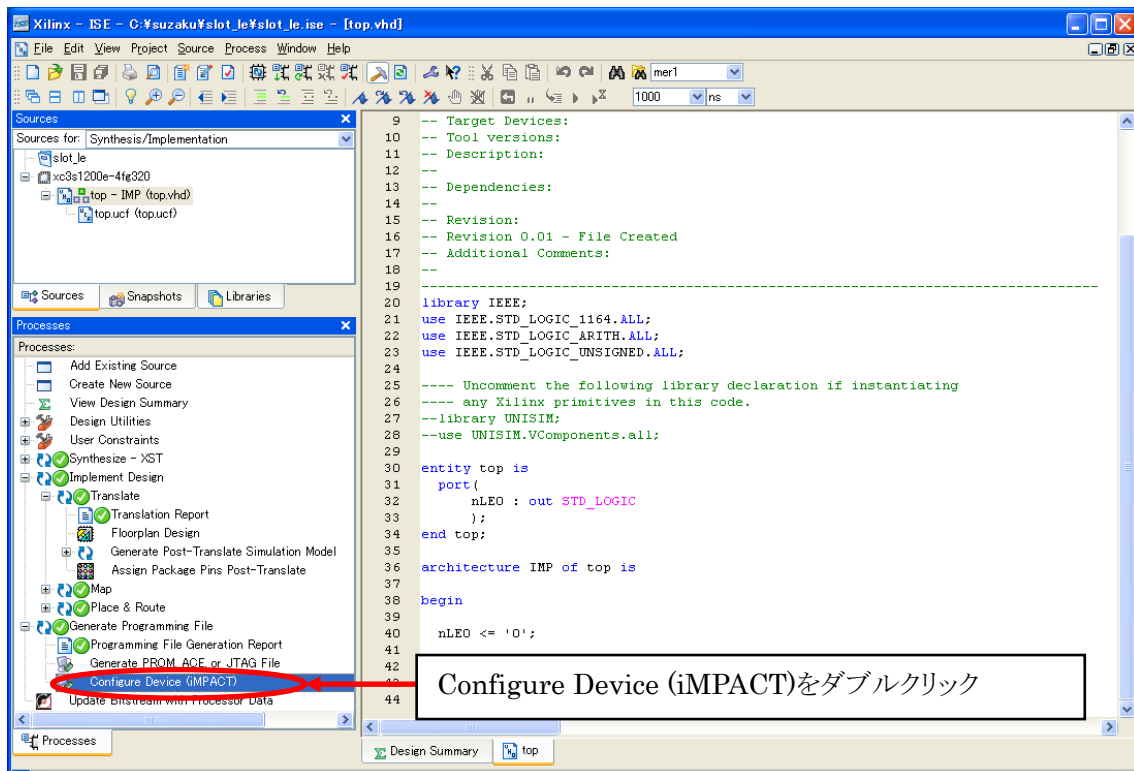


図 7-20 iMPACT 立ち上げ

単色 LED(D1)が光ったでしょうか？

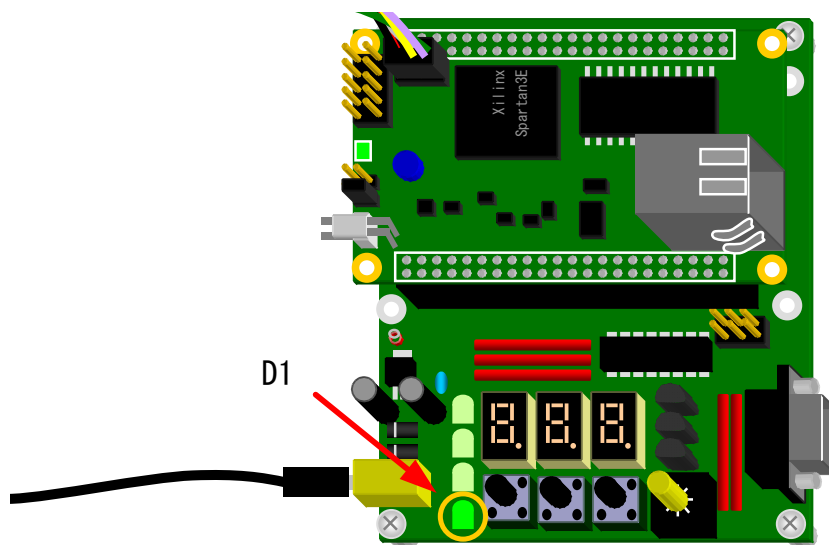


図 7-28 単色 LED(D1)点灯

7.7.2. Flash メモリに保存してコンフィギュレーション

一回電源を切ってもう一度電源を入れてみてください。Flash メモリに保存されているデータがコンフィギュレーションされるので、スロットマシンの状態に戻ったと思います。これは Xilinx の FPGA が SRAM ベースのためです。内部の回路内容を保持させるには Flash メモリにコンフィギュレーションデータを書き込む必要があります。Flash メモリへの書き込み方法については SZ010, SZ030, SZ130 の場合は"6.1.2 LBPlayer2 で書き換える"を、SZ130 の場合は"6.1.3 SPI Writer で書き換える"を参照してください。Flash メモリに書き込むと、電源を切ってもコンフィギュレーションデータが失われません。

7.8. 空きピン処理

D1 を点灯させたとき、D2、D3、D4 が少し光っているのに気がついたでしょうか？
これは空きピンの処理の仕方によります。

Generate Programming File を右クリックしてメニューを出し、Properties を選択してください。

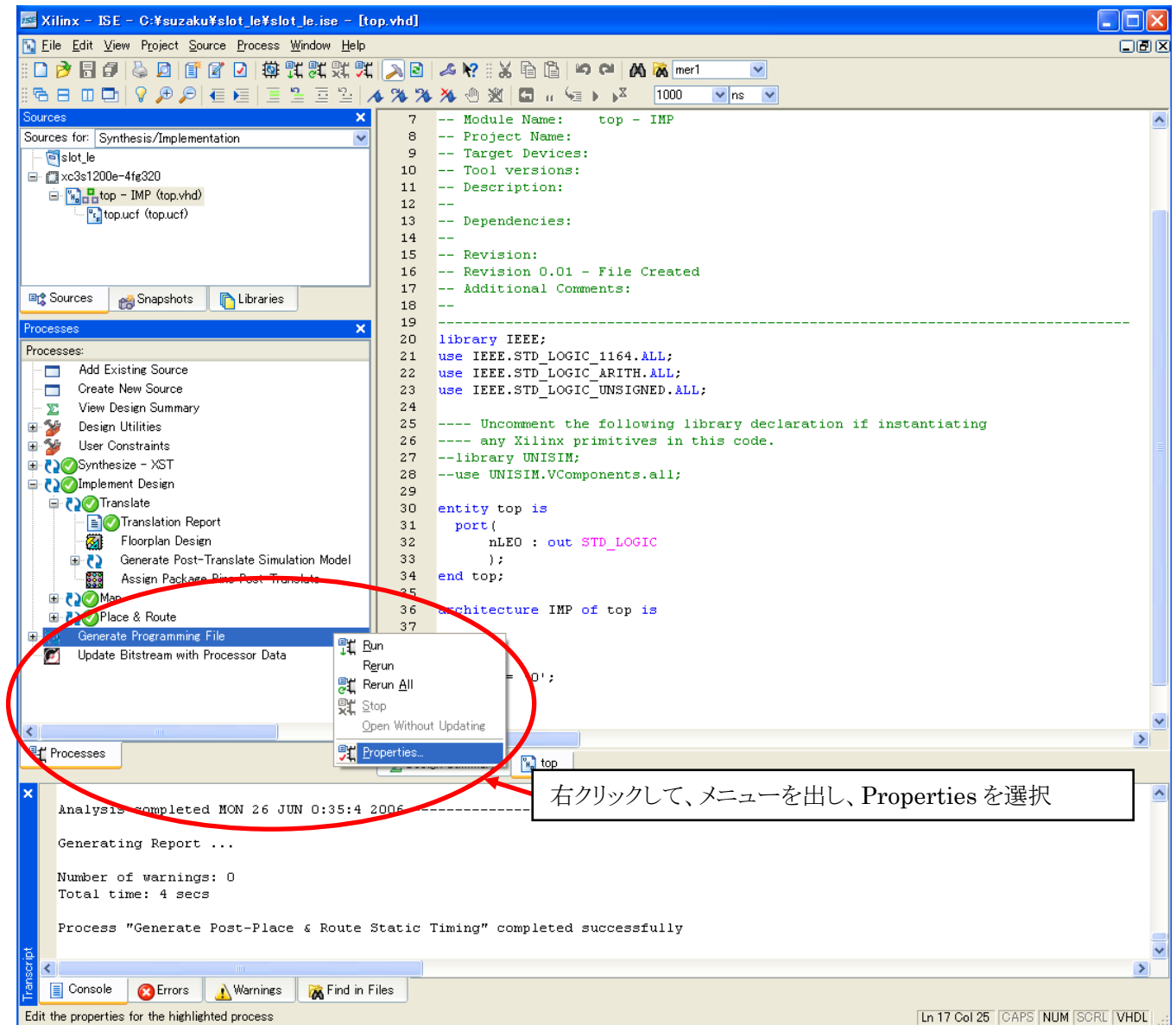


図 7-21 空きピン処理の設定画面の出し方

[Configuration Options]を選ぶと次の画面が出てきます。ここで空きピンの終端処理を設定できます。この中に [Unused IOB Pins] というのがありますが、これが空きピン処理の設定になります。初期設定で、[Pull Down] になっています。このため"図 7-23 少し光る理由"のように D2、D3、D4 に電流が少し流れて LED が光ってしまいます。

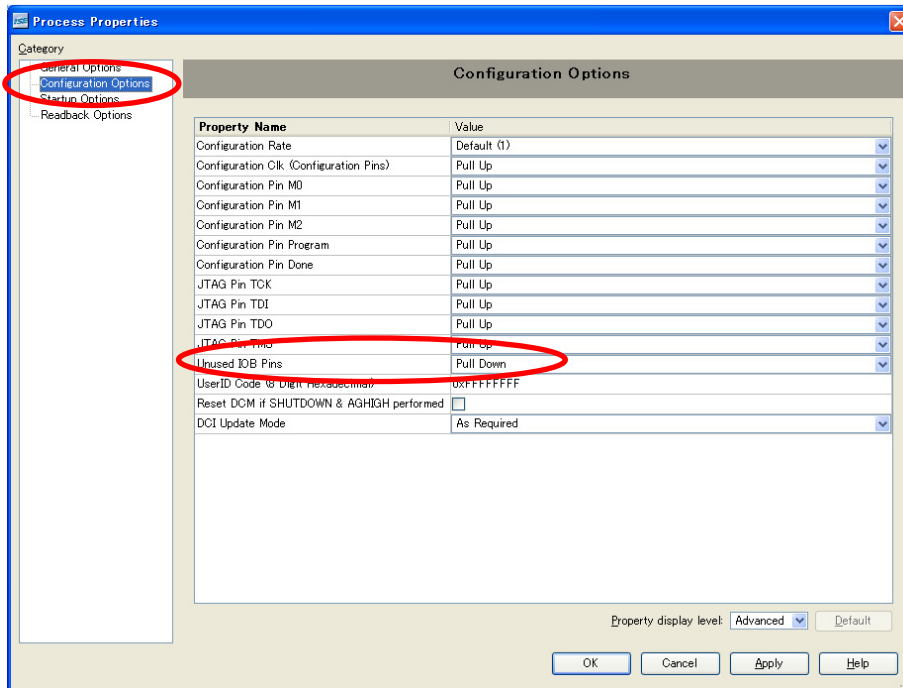


図 7-22 空きピン処理設定

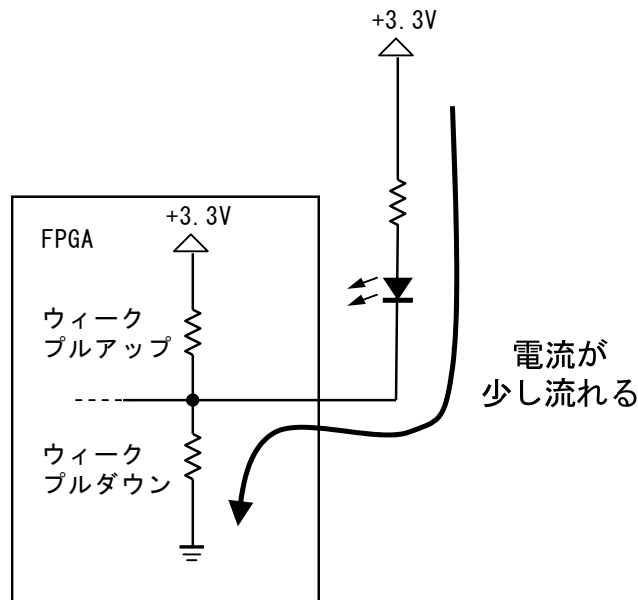


図 7-23 少し光る理由

設定を[Pull Up]にすると、D2、D3、D4 は光らなくなりますが、この設定では空きピンの終端処理を個別に設定することが出来ないため、SUZAKU が動かなくなってしまう可能性があります。SUZAKU には RESET 回路があり、この回路は外部で Pull Down されています。このピンは Low かハイインピーダンスにしておかなければならず、High や Pull Up、Float に変更した場合、リセットがかかってしまうことがあります。また、空きピンから電圧が出力されているのはあまりいい感じがしません。今回は D2、D3、D4 に信号を定義してやることで対処します。top.vhd、top.ucf に D2、D3、D4 の信号の記述を加えてください。

例 7-1 信号の記述を追記 (top.vhd)

```

library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_ARITH.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;

---- Uncomment the following library declaration if instantiating
---- any Xilinx primitives in this code.
--library UNISIM;
--use UNISIM.VComponents.all;
entity top is

    port (
        nLE0 : out STD_LOGIC;
        nLE1 : out STD_LOGIC;
        nLE2 : out STD_LOGIC;
        nLE3 : out STD_LOGIC
    );

end top;

architecture IMP of top is
begin

    nLE0 <= '0';
    nLE1 <= '1';
    nLE2 <= '1';
    nLE3 <= '1';

end IMP;

```

表 7-3 ピンアサイン

	SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
nLE1	C12	F12	L15
nLE2	D11	B11	L14
nLE3	E11	A11	L13

8. VHDL によるロジック設計

本書を読むために必要となる、最低限の VHDL の記述方法とロジック設計について説明します。VHDL の詳細やロジック設計については、世の中に詳しい書物が多数ございますので、そちらを参照してください。

8.1. VHDL の基本構造

まず VHDL の記述方法を説明します。
VHDL の基本構造は

- ライブラリ宣言とパッケージ呼び出し
- エンティティ(entity)
- アーキテクチャ(architecture)

からなります。

ライブラリ宣言とパッケージ呼び出しで、各種演算子や関数などを定義したパッケージを呼び出し、エンティティに外部とのインターフェースを記述し、アーキテクチャに内部回路の構造や動作を記述します。

VHDL では予約語も含めて文字の大小の区別をしません。例えば **Port** は **port** とかいても **PORT** とかいても同じに扱われます。予約語については後述の **Tips** を参照してください。もし、ISE 付属のテキストエディタを使っている場合、予約語は青に色が変わって表示されます。また、**--**で始めるとその行末までがコメントになります。

例 8-1 VHDL 基本構造

```
--ライブラリ宣言とパッケージ呼び出し ← コメント文
library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_ARITH.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;

--エンティティ (入出力の宣言)
entity slot is
  Port (
    --ここに入出力ピンの宣言を書く
  );
end slot;

--アーキテクチャ (回路本体)
architecture IMP of slot is

  --内部信号等の各種宣言を記述する

begin
  --ここに回路を記述する
end IMP;
```

Port も port も PORT も同じ

8.2. ライブラリ宣言とパッケージ呼び出し

ISE で VHDL ソースコードを自動生成すると、パッケージが3つ呼び出されます。それぞれの用途は下表の通りです。他にも様々なパッケージがあるので、必要に応じて呼び出してください。ライブラリは自分で作成することも出来ます。

表 8-1 ライブラリとパッケージ

ライブラリ	パッケージ	用途
IEEE	std_logic_1164	基本関数
	std_logic_arith	算術演算
	std_logic_unsigned	符号なし演算

8.3. エンティティ(entity)

エンティティ内ではポートの宣言を行います。外部とのインターフェースについて定義する部分がエンティティになります。ISE で VHDL ソースコードを自動生成すると、エンティティ名はファイル名と同じ名前になります。

例 8-2 entity 記述

```
entity slot is --entity エンティティ名 is
  Port (
    SYS_CLK : in std_logic;
    nLE : out std_logic_vector(0 to 2);
    nSW : in std_logic_vector(0 to 2) --最後に ; は不要
  );
end slot; --end エンティティ名;
```

8.3.1.1. 信号の定義

信号は以下の形式で宣言します。

例 8-3 信号の定義

```
ポート信号名 : 入出力方向 データタイプ名;
```

8.3.1.2. 入出力方向

入出力方向には in、out、inout 等を記述します。

表 8-2 入出力方向

in	入力であることを指定
out	出力であることを指定(内部で再利用できない)
inout	入出力であることを指定

VHDL では、出力ポート信号を内部に参照できません。内部で参照したいときは、内部参照用に内部信号を用います。内部信号の宣言については"8.4 アーキテクチャ(architecture)"の内部信号の定義の項を参照してください。

8.3.1.3. データタイプ

データタイプには色々ありますが、よく使うのは `std_logic` と `std_logic_vector` です。`std_logic` で1ビットの信号を定義し、`std_logic_vector(0 to n)` で `n+1` ビット幅の信号を定義します。

`nLE` : `out std_logic_vector(0 to 2)` とすると3ビットの幅を持った出力信号を定義することができます。`nLE(0)`、`nLE(1)`、`nLE(2)` とすることで、それぞれのビットを切り出すことができます。

`to` を使って定義すると、MSB 側がビット 0 になります。(`downto` とすると LSB 側がビット 0 になります。本書では IBM の CoreConnect にあわせてバスを定義するため("2.2.1 バスのビットラベルについて"参照)、`to` を使います。)

表 8-3 データタイプ

<code>std_logic</code>	IEEE ライブラリで定義
<code>std_logic_vector</code>	<code>std_logic</code> のベクタ・タイプ
<code>integer</code>	整数型(32ビット)

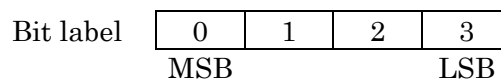


図 8-1 `to` を使って定義

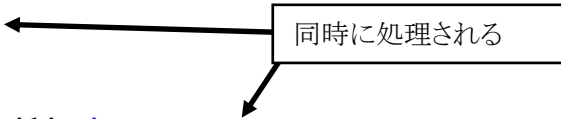
8.4. アーキテクチャ(architecture)

回路の構造や動作などをここに記述をします。アーキテクチャ名は任意ですが、SUZAKU では IMP としています。

例 8-4 architecture 記述

```
architecture IMP of slot is --architecture アーキテクチャ名 of エンティティ名 is
--内部信号の定義
  signal count : STD_LOGIC_VECTOR(0 to C_CNT_WIDTH-1);
  signal count_led : STD_LOGIC;

begin
--ここに同時処理文を記述する
  nLE <= not le; --信号代入文
  process(SYS_CLK) --プロセス文
  begin
    if SYS_CLK'event and SYS_CLK = '1' then
      if SYS_RST = '1' then
        count <= (others => '0');
      else
        count <= count + 1;
      end if;
    end if;
  end process;
end IMP; --end アーキテクチャ名;
```



8.4.1.1. 内部信号の定義

内部で使用する信号は `architecture` と `begin` の間に記述します。信号の宣言には `signal` を用い、以下の形式で宣言します。データタイプ名はエンティティの信号宣言と同じですので、"8.3 エンティティ(entity)"のデータタイプの項を参照してください。

例 8-5 内部信号定義

```
signal 信号名 : データタイプ名 ;
```

8.4.1.2. 同時処理文

begin～end の間に直接記述された回路を同時処理文といいます。同時処理文ではそれぞれが他の同時処理文と関係なく動作し、並列に処理されます。信号代入文、プロセス文などの回路を記述します。

8.4.1.3. 信号代入文

A<=B;とすると、A に B が代入されます。

8.4.1.4. プロセス文

プロセス文は以下の形で記述します。

例 8-6 プロセス文

```
process (センシティブティリスト)
begin
  .
  .
  .
end process;
```

センシティブティリストに記述した値のどれかが変化すると、中に記述した文が上から実行されていきます。最終行まで実行すると上に戻り、次にこれらの信号が変化するまで動作を停止します。



TIPS VHDL 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, 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, process, pure, range, record, register, reject, rem, report, return, rol, ror, select, severity, shared, signal, sla, sll, sra, srl, subtype, then, to, transport, type, unaffected, units, until, use, variable, wait, when, while, with, xnor, xor

8.5. 組み合わせ回路(not、and、or)

ここからは少しロジック設計について説明します。

”not”、”and”、”or”などの基本論理ゲートを組み合わせて作られるものを組み合わせ回路といい、クロックを必要とせずに現在の入力だけで出力が決まります。押しボタンスイッチと単色 LED を使って基本論理ゲートの動作を確認します。

8.5.1. 押しボタンスイッチ周辺回路

組み合わせロジックの入力として、押しボタンスイッチを利用します。押しボタンスイッチは下記のような回路になっています。単色 LED の周辺回路は”図 7-2 単色 LED 周辺回路”を参照してください。

ボタンを押していないと”High”が FPGA に入力され、ボタンを押していると”Low”が FPGA に入力されます。

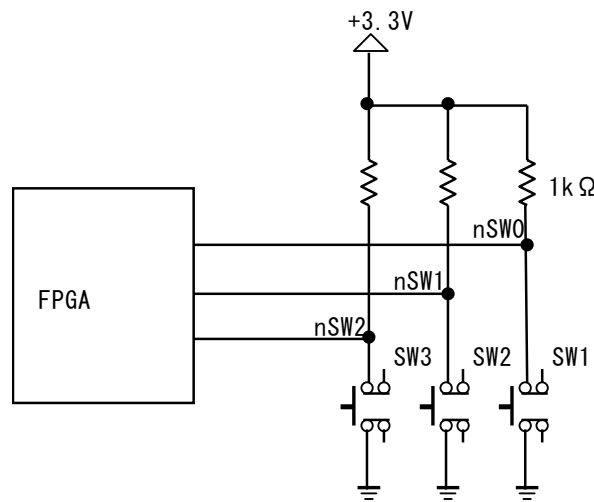


図 8-2 押しボタンスイッチ周辺回路

8.5.2. not、and、or を使う

信号には正論理、負論理の 2 種類の表現があります。例えば、単色 LED を LE という信号名で定義し、”High”(”1”) で点灯した場合は正論理、nLE という信号名で定義し、”Low”(”0”) で点灯した場合は、負論理となります。(nLE の n は負論理だということを明言するために使います)

LED/SW ボードには正論理、負論理の信号が混在しているので、分かりやすくするために負論理の信号は FPGA 内部で反転させて正論理として扱うようにします。

8.5.2.1. not

負論理から正論理(負論理から正論理)は次の一文で記述できます。

例 8-7 not 記述

```
nLE0 <= not le0;
```



図 8-3 not 回路と真理値表

8.5.2.2. and

SW1(信号名:sw0)とSW2(信号名:sw1)を両方押したら D1(信号名:le0)が点灯するというのは以下の一文で記述できます。

例 8-8 and 記述

```
le0 <= sw0 and sw1;
```

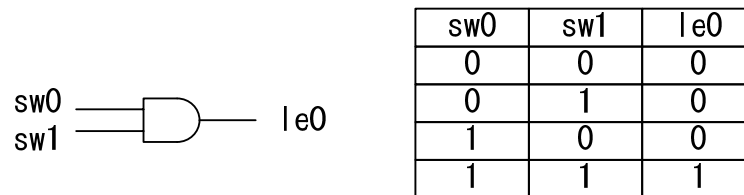


図 8-4 and 回路と真理値表

8.5.2.3. or

SW1(信号名:sw0)かSW2(信号名:sw1)のどちらか一方でも押されたら D1(信号名:le0)が点灯するというのは以下の一文で記述できます。

例 8-9 or 記述

```
le0 <= sw0 or sw1;
```

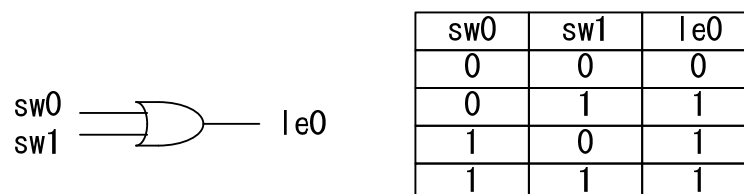


図 8-5 or 回路と真理値表

8.5.2.4. not, and, or の top.vhd

先ほど単色 LED (D1) を光らせたプロジェクトを変更して試してみてください。

例 8-10 not, and, or (top.vhd)

```

library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_ARITH.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;

--エンティティ (入出力の宣言)
entity top is
  Port (
    nLE0 : out STD_LOGIC; --単色 LED (D1) への出力信号 (負論理)
    nSW0 : in  STD_LOGIC; --スイッチ (SW1) からの入力信号 (負論理)
    nSW1 : in  STD_LOGIC; --スイッチ (SW2) からの入力信号 (負論理)
  );
end top;

--アーキテクチャ (回路本体)
architecture IMP of top is

  signal le0 : STD_LOGIC; --単色 LED 内部信号 (正論理)
  signal sw0 : STD_LOGIC; --スイッチ (SW1) 内部信号 (正論理)
  signal sw1 : STD_LOGIC; --スイッチ (SW2) 内部信号 (正論理)

begin

  sw0 <= not nSW0; --not 回路で入力前に正論理にする
  sw1 <= not nSW1; --not 回路で入力前に正論理にする

  le0 <= sw0 and sw1; --and 回路 (両方押したら LED が光る)
  --le0 <= sw0 or sw1; --or 回路 (どちらか一方でも押したら LED が光る)

  nLE0 <= not le0; --not 回路で出力前に負論理にする

end IMP;

```

8.5.2.5. not, and, or のピンアサイン

ピンアサインは以下になります。

表 8-4 not, and, or ピンアサイン

	SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
nLE0	B12	E12	L16
nSW0	A13	F11	K14
nSW1	B14	C11	K15

8.6. 順序回路

その時点の入力だけでなく、過去の入力信号にも依存する回路を順序回路といいます。値を保持する、そのまま出力する、といったことができます。

順序回路は基本的に同期設計により成り立ちます。非同期設計は現在の状況に応じて物事が動き、次に何が起こるか分からなくなるので、順序回路には向きません。もし非同期信号を使いたい場合は、通常 1 回クロックに同期させてから使います。

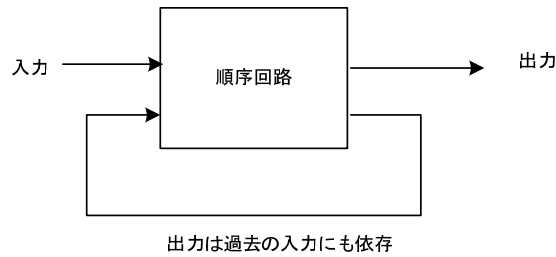


図 8-6 順序回路の概念図

8.6.1. D-FF(D 型フリップフロップ)

順序回路で重要なのは D-FF です。

クロックの立ち上がりでデータを保持し、次のクロックで保持したデータを出力します。クロックの立ち上がり以外でデータが変化しても出力は変化しません。

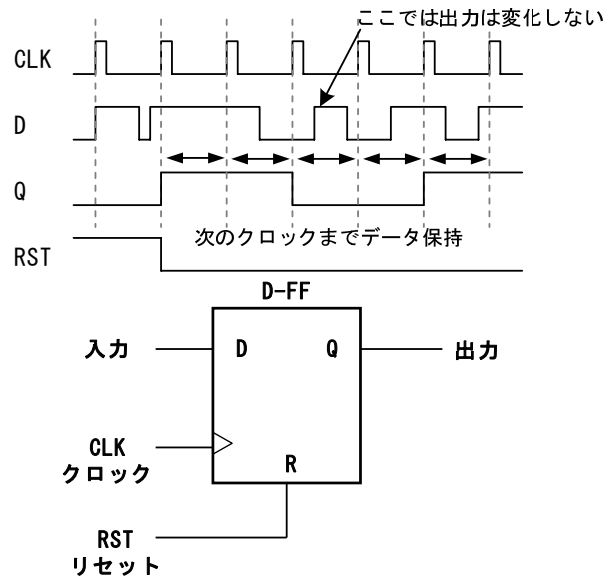


図 8-7 D-FF の動作

8.6.2. 同期設計

回路は入力信号の時間差によって動作が決まります。非同期設計では ns 単位で時間差を作ってしまうことがあり、タイミング設計が非常に困難です。論理合成、配置配線による信号の遅延はツールの種類やバージョンに依存します。また、温度やデバイスの個体差によっても信号が遅延します。これらのすべての遅延を非同期設計で押さえ込むのは至難の業です。押さえ込むのに失敗すると、タイミング不良を起こし、次に何が起こるのか分からなくなってしまいます。

それにひきかえ同期設計はタイミング設計が簡単になります。同期設計では、同期用クロックの周期時間よりもゲートや配線による遅延やセットアップなどの積算時間ほうが短ければ、回路が設計通りに動作することが保障されています。FPGA は内部にクロック専用線を複数もっていて、これらのクロック専用線は他の線に比べて Delay が少なく、信号が速く到達することが保障されています。

よって、一般的に FPGA ではこのクロック専用線を用い、同期設計を行います。

同期回路は組み合わせ回路と D-FF とで成り立っています。組み合わせ回路の規模を小さくすることで、遅延は少なくなり速い回路を作ることができます。どこに D-FF を入れ、組み合わせ回路の規模どう小さくするかで、全体の最高動作周波数が決まってきます。

8.6.3. カウンタ

順序回路の基本的な例としてカウンタを上げます。カウンタはクロックにあわせて数値をインクリメント(デクリメント)します。カウンタの回路は以下のように記述できます。

例 8-11 カウンタ記述

```
process(SYS_CLK) --クロック信号に変化があると実行
begin
  if SYS_CLK'event and SYS_CLK = '1' then --クロックの立ち上がり同期
    if SYS_RST = '1' then --リセットされたら(同期リセット)
      count <= (others => '0'); --カウンタ初期化
    else --その他は
      count <= count + 1; --カウント値をインクリメント
    end if;
  end if;
end process;
```

8.6.3.1. クロックの記述

クロックの立ち上がりエッジに同期させたい場合以下のように記述します。SYS_CLK = '0' とすると立下りエッジに同期させることができます。

例 8-12 クロックの立ち上がりエッジに同期

```
if SYS_CLK'event and SYS_CLK='1' then
```

8.6.3.2. リセットの記述

クロックの記述の下にリセットを記述すると同期リセット、上に記述すると非同期リセットになります。SUZAKU には電源監視 IC が実装されており、電源投入時にリセットがかかるようになっています。このリセット信号を用いて、信号の初期化を行います。VHDL ではこの様に外部からのリセットで初期化する方法の他に内部信号定義の時に初期化する方法もあります。

例 8-13 同期リセット

```
if SYS_CLK'event and SYS_CLK = '1' then
  if SYS_RST = '1' then
```

8.6.3.3. if 文

if 文は以下の形式で記述します。

例 8-14 if 文

```
if 条件 then
  順次処理文
elsif 条件 then
  順次処理文
else
  順次処理文
end if;
```

8.6.3.4. other で初期化

`others` は残りすべてという意味で、`others=>'0'` とすると、残っているビットすべてに 0 が代入されます。

例 8-15 other で初期化

```
count <= (others => '0');
```

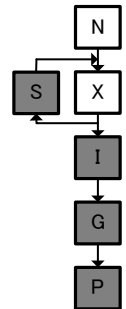
8.7. ISE Simulator の使い方

HDL でコーディングをおこなったら、PC 上でシミュレーションを行います。シミュレーションはロジック設計で重要な作業です。実際にデバイスに書き込んでからでは、各信号の挙動をととも検証しづらいですが、PC 上のシミュレーションでは、信号の挙動が明快にわかります。シミュレーションで自分の考えていた通りの動作になっているかどうか、確認してから実際のデバイスに書き込みます。

最も基本の順序回路であるカウンタの動きを確認すると共に、ISE に含まれている ISE Simulator 使い方を説明します。

8.7.1. プロジェクトの新規作成

プロジェクトを新規作成してください。プロジェクト名は slot_counter とし、new Source で slot_counter.vhd とし、新規ソースコードを作ってください。



8.7.1.1. slot_counter.vhd

カウンタ回路を記述してください。今回は、4 ビットカウンタのシミュレーションを行います。4 ビットカウンタでは 0 から 15 まで数えることができます。

記述できたら Synthesize をダブルクリックして文法に間違いがないかチェックしてください。

例 8-16 カウンタのシミュレーション(slot_counter.vhd)

```
library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_ARITH.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;

entity slot_counter is
  generic (
    C_CNT_WIDTH : integer := 4 --カウンタのビット幅
  );
  Port (
    SYS_CLK : in STD_LOGIC; --クロック信号
    SYS_RST : in STD_LOGIC; --リセット信号
    count : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to C_CNT_WIDTH-1) --カウンタ値
  );
end slot_counter;

architecture IMP of slot_counter is
  --内部信号の定義
  signal count_w : STD_LOGIC_VECTOR(0 to C_CNT_WIDTH-1); --カウンタ値内部用
begin

  process(SYS_CLK) --クロック信号に変化があると実行
  begin
    if SYS_CLK'event and SYS_CLK = '1' then --クロックの立ち上がりに同期
      if SYS_RST = '1' then --リセットされたら（同期リセット）
        count_w <= (others => '0'); --カウンタ初期化
      else --その他は
        count_w <= count_w + 1; --カウント値をインクリメント
      end if;
    end if;
  end process;

  count <= count_w; --カウンタ値を外部に出力
end IMP;
```

8.7.1.2. ジェネリック文について

バスの幅などのパラメータを渡す時などに使います。記述形式はポート文とほぼ同じですが、情報を渡すだけなので、“in”や“out”などの方向の指定はありません。

例 8-17 generic 文

```
generic (
  信号名 : データタイプ名 := 初期値
);
```

8.7.2. テストベンチの新規作成

カウンタの動作をシミュレーションで確認します。

[Project]→[New Source]をクリックしてください。

[Test Bench WaveForm]を選択し、[File name]にファイル名を入力し、[Next]をクリックしてください。ここではファイル名を slot_counter_tb とします。

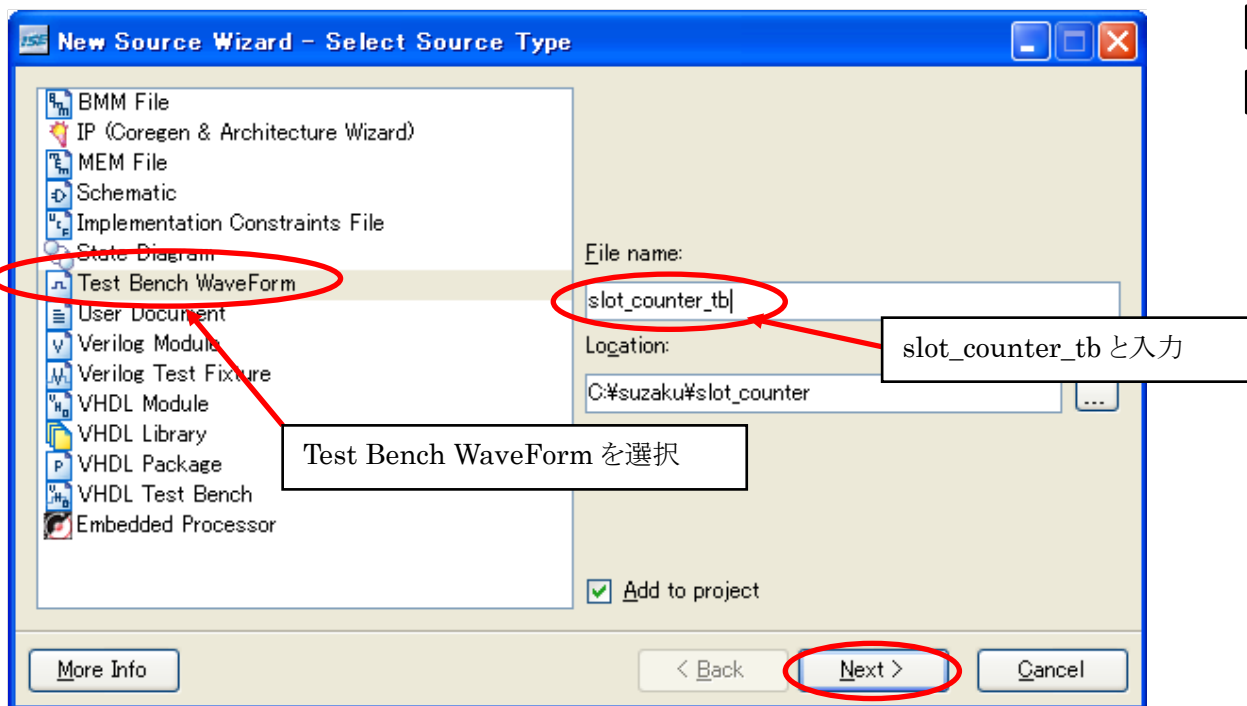
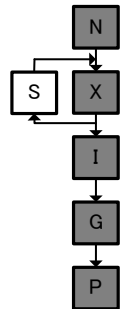


図 8-8 テストベンチ作成

次の画面が出るまで[Next]および[Finish]をクリックしてください。クロック波形を作成します。[Initial Length of Test Bench] を 10000 に変更して[Finish]をクリックしてください。[Initial Length of Test Bench]を変更すると、シミュレーション時間を変更することができます。他にも色々設定を変えることができますが、今回はカウンタの動きを見ただけなので変更しません。

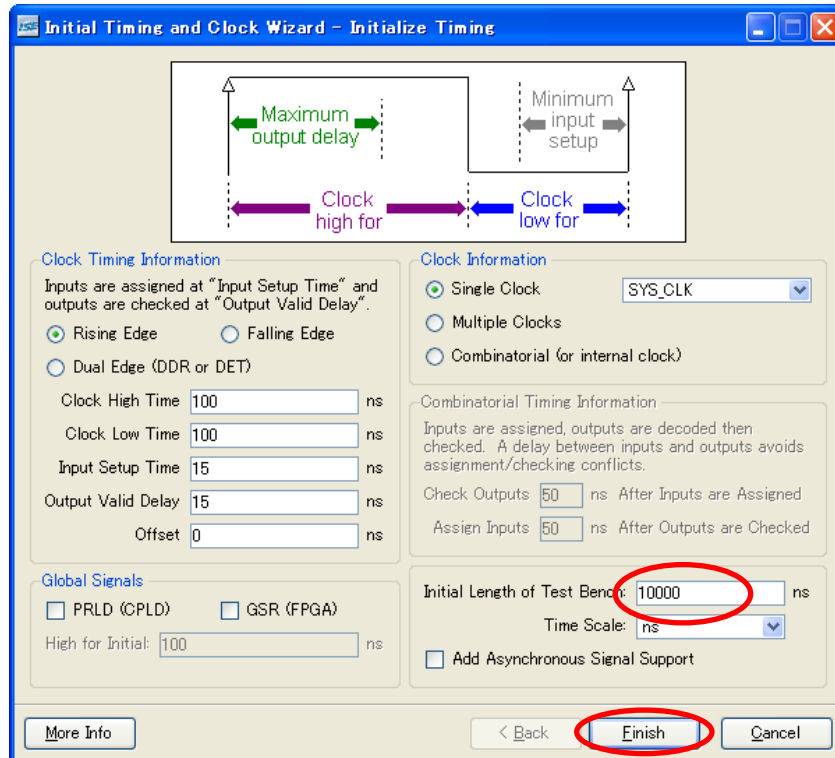



図 8-9 クロック波形作成

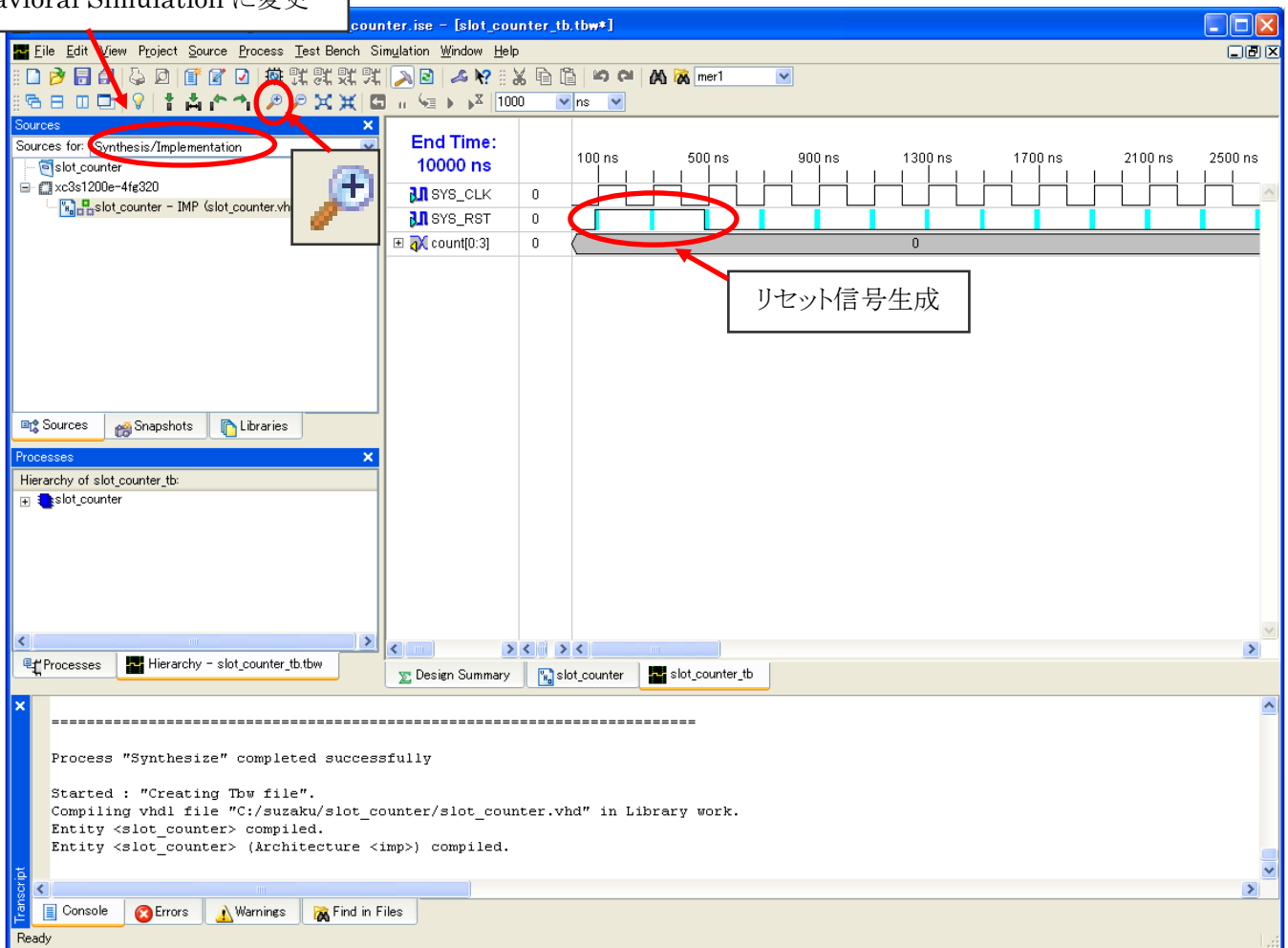
次の画面が表示されます。

Source ウィンドウの Source for:を[Behavioral Simulation]に変更してください。

リセット信号を入力しないと信号が初期化されないなので、リセット信号を入力します。クロックが細かくて見にくいので  キーを押して適当な大きさに拡大してください。水色のセルをクリックすると信号の”High”、”Low”を切り替えることができます。図のように SYS_RST の信号を生成してください。100ns で信号を立ち上げ、500ns で信号を立ち下げています。

[File]→[Save]をクリックし保存してください。

Behavioral Simulation に変更



The screenshot shows the Xilinx ISE interface. The 'Sources' window on the left has 'Synthesis/Implementation' selected. The 'Processes' window shows the hierarchy of 'slot_counter'. The main window displays a timing diagram for 'SYS_RST' and 'count[0:3]'. The 'SYS_RST' signal is shown as a square wave with a period of 100 ns and a pulse width of 500 ns. A red box highlights the 'SYS_RST' signal, and a callout box labeled 'リセット信号生成' (Reset signal generation) points to it. The console window at the bottom shows the following text:

```


=====
Process "Synthesize" completed successfully

Started : "Creating Tbw file".
Compiling vhdl file "C:/suzaku/slot_counter/slot_counter.vhd" in Library work.
Entity <slot_counter> compiled.
Entity <slot_counter> (Architecture <imp>) compiled.

```

図 8-10 リセット波形生成

8.7.3. シミュレーション結果

Processes タブをクリックしてください。Xilinx ISE Simulator の  をクリックして開き、Simulate Behavioral Model をダブルクリックしてください。シミュレーション結果が表示されます。

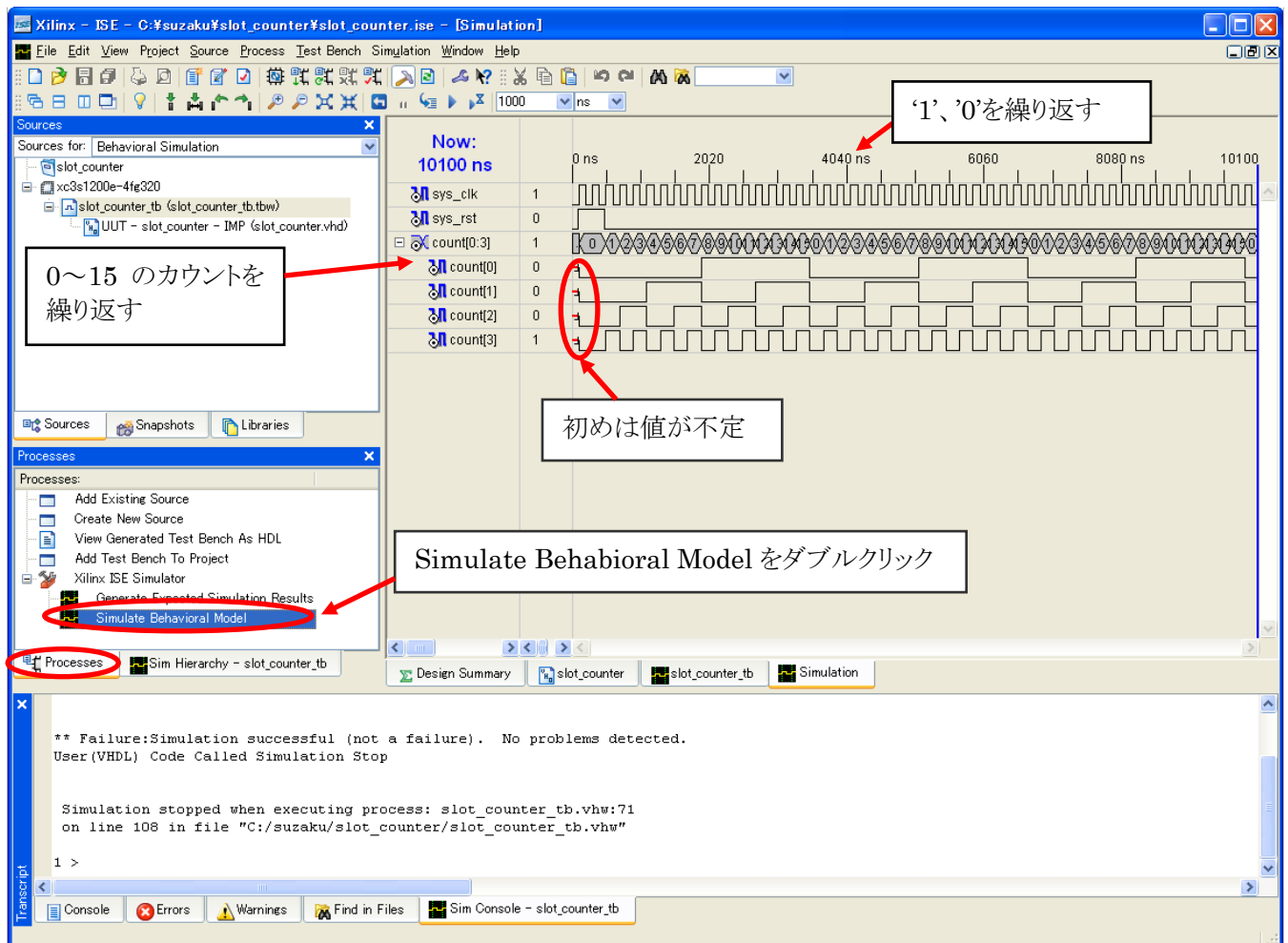


図 8-11 シミュレーション結果

- クロックについて
sys_clk の波形を見てください。クロックは”1”、”0”を繰り返します。
- リセットについて
count の波形の一番初めは赤い線で u と書かれています。これは値が不定という意味です。sys_rst が”High”になると、初期化されて値が決定します。
- カウンタの波形チェック
sys_clk の立ち上がりのタイミングごとにカウントアップしているのが分かります。
count[3]の波形の周期は sys_clk の倍、count[2]の波形の周期は count[3]の倍、count[1]の波形の周期は count[2]の倍・・・となっています。これを分周といいます。

VHDL による回路設計について、この後は必要に応じて説明していきます。

9. FPGA 入門 スロットマシン製作

ここからは、本格的にロジック設計を行います。

“5.4 ブートローダモードでスロットマシンを動かす”で動かしたスロットマシンは下図の構成で作られているのですが、これと同じものを製作していきます。スロットマシンの機能を実現するには色々な方法が考えられるのですが、SUZAKU のデフォルトにスロットマシンの IP コアを接続し、ソフトウェアで制御することによりスロットマシンを製作しています。

本章ではまず、下図の右側の IP コアの中身を製作します。左側のソフトウェアについては後の章で説明します。

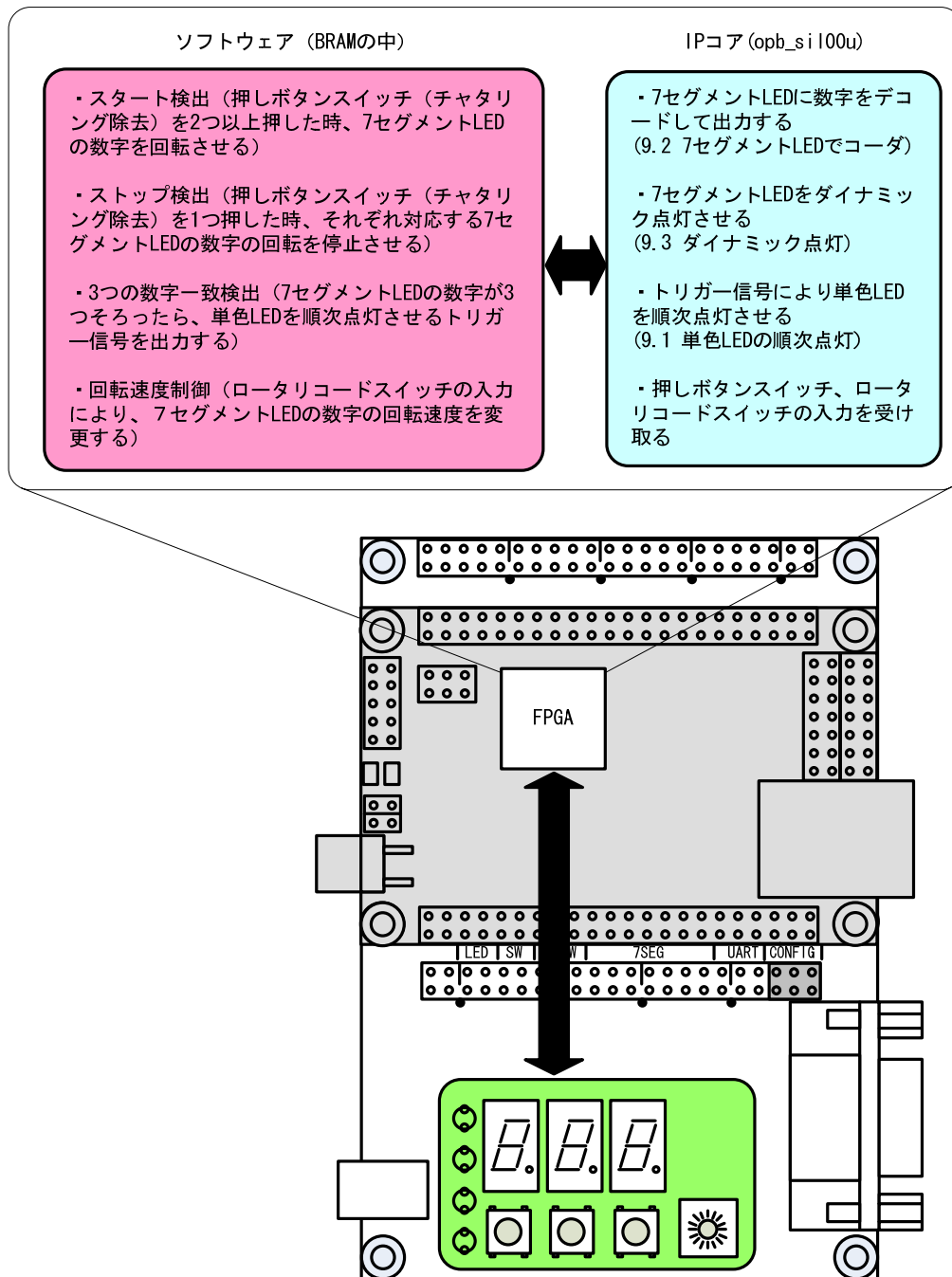


図 9-1 スロットマシンの構成

9.1. 単色 LED の順次点灯

まず、"トリガー信号により単色 LED を順次点灯させる"の単色 LED の順次点灯の部分を作ります。

スロットが当たった時に、当たった！という感じを出すために、単色 LED を順次点灯 (D1→D2→D3→D4→D1→……)させます。

SUZAKU のクロックは 3.6864MHz で、シリアル通信の 115.2kHz でちょうど割り切れる値になっています。このクロックをタイミング信号として単色 LED を順次点灯させると速すぎるので、目に見えるくらいの速さのタイミング信号をカウンタで作ります。カウンタは先ほどシミュレーションの時に作った回路をそのまま使いますが、今回はカウンタのビット数を 19bit とします。カウンタの最上位ビット count(0)の値は $2^{19}=524288$ カウントごとに(約 7Hz)、“0”、“1”を繰り返します。

単色 LED を順次点灯させるのに、シフトレジスタを用います。シフトレジスタをシフトさせる一番簡単な条件は、タイミング信号が“0”または“1”の時、常にシフトすることです。カウンタの最上位ビットから出力される“0”、“1”はデューティ比 50:50 になっていて、このままだと、一番簡単な条件でシフトレジスタを作った場合、同じレベルの間は常にシフトし続けてしまうので使えません。このため count(0)の値が“0”から“1”になる時のエッジを検出し、1 クロックだけ“1”を出力するタイミング信号を作ります。

9.1.1. 単色 LED 周辺回路

単色 LED 周辺回路は”図 7-2 単色 LED 周辺回路図”を参照してください。

9.1.2. プロジェクト新規作成、論理合成

プロジェクトを新規作成してください。

プロジェクト名は le_seq_blink とし、new Source で top.vhd を作ってください。

top - IMP(top.vhd)を右クリックしてメニューを出し、[New Source...]を選択してください。

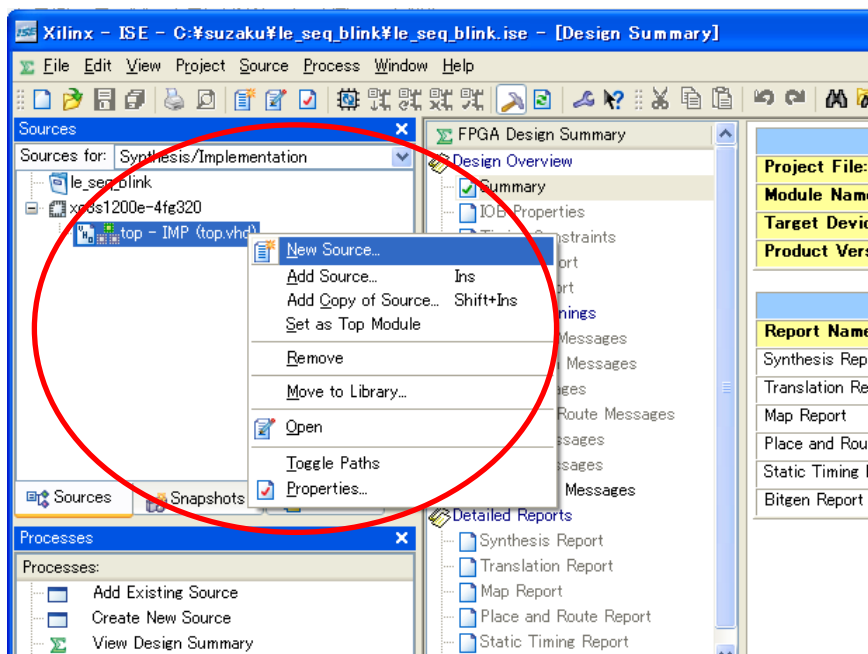
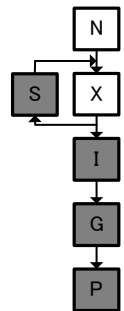


図 9-2 New Source の追加

New Source Wizard が立ち上がるので、[VHDL Module]を選択し、[File name]に le_seq_blink と入力し、新しいソースファイルを作ってください。

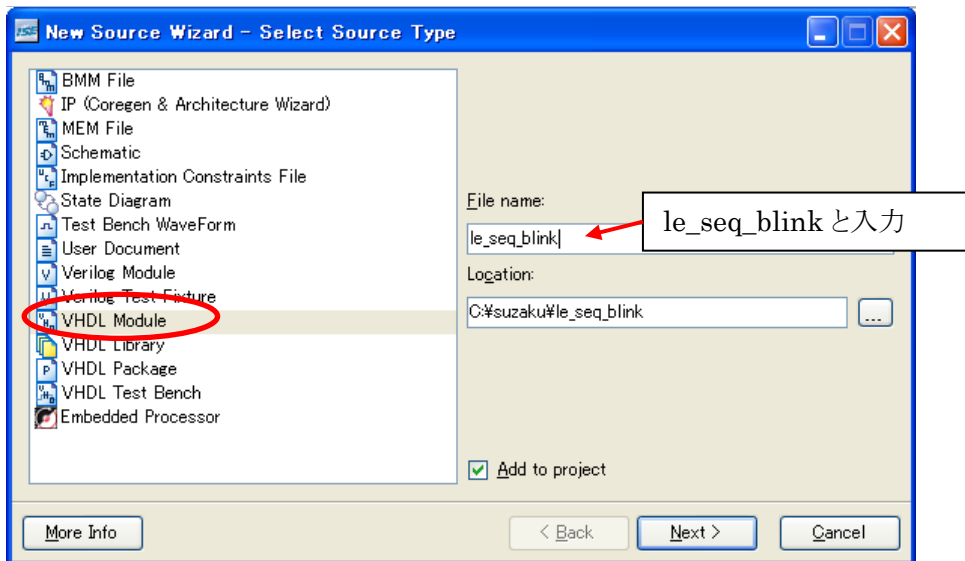


図 9-3 New Source 名前入力

top - IMP(top.vhd)を右クリックしてメニューを出し、[Add Copy of Source...]を選択してください。

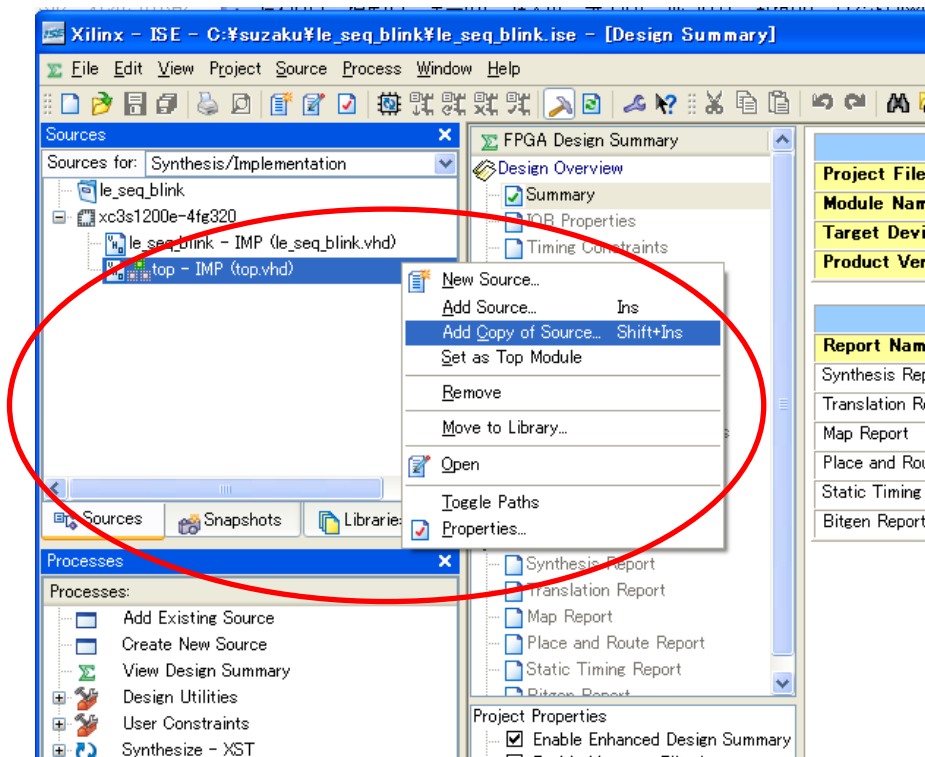


図 9-4 既存のソースファイル追加

先ほどシミュレーションで作った `slot_counter.vhd` を選択してください。
下図が表示されるので、[OK]をクリックしてください。プロジェクトに `slot_counter.vhd` が追加されます。

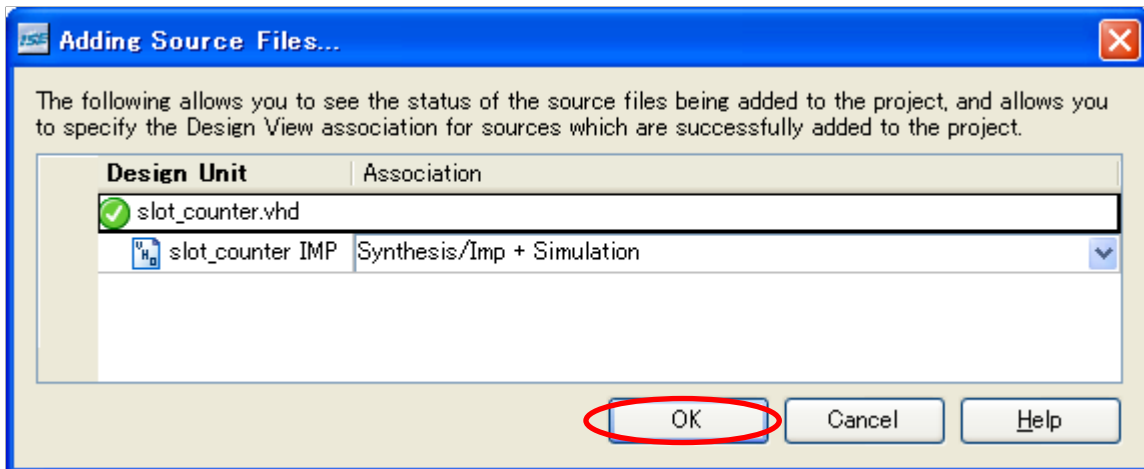


図 9-5 既存のソースファイル追加時の確認

`top.vhd` を上位階層とします。`top-IMP(top.vhd)` の上で右クリックしメニューを出し、[Set as Top Module]を選択してください。🟩のマークがついているのが上位階層になります。

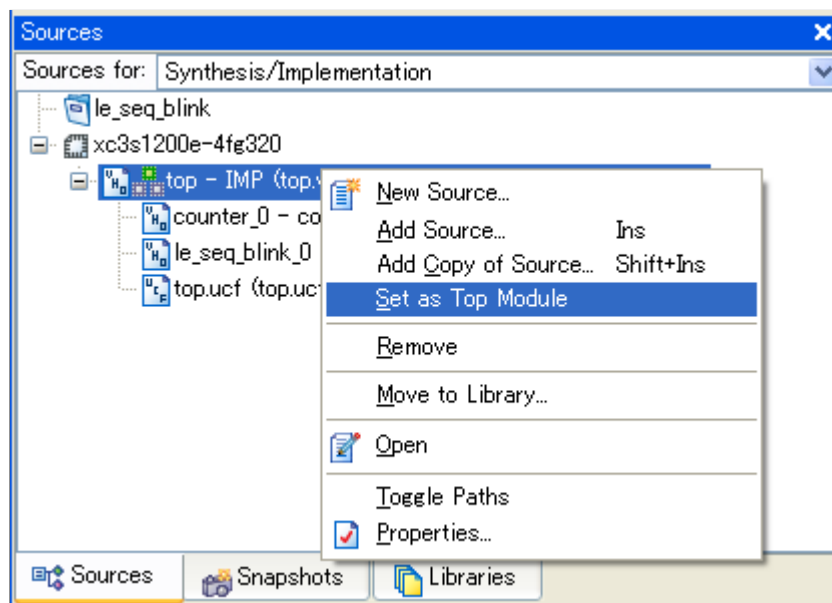


図 9-6 上位階層に設定

9.1.2.1. le_seq_blink.vhd

単色 LED を順次点灯させる回路を記述します。記述できたら保存して、le_seq_blink-IMP(le_seq_blink.vhd) を選択し、Check Syntax をダブルクリックして、文法チェックをしてください。

例 9-1 単色 LED 順次点灯 (le_seq_blink.vhd)

```

library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_ARITH.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;

entity le_seq_blink is
  Port (
    SYS_CLK      : in  STD_LOGIC; --クロック信号
    SYS_RST      : in  STD_LOGIC; --リセット信号
    le_timing    : in  STD_LOGIC; --単色 LED 順次点灯のタイミング信号
    le           : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3) --単色 LED 出力信号
  );
end le_seq_blink;

architecture IMP of le_seq_blink is
--内部信号の定義
  signal le_w : STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --単色 LED 内部信号
  signal le_tim : STD_LOGIC; --単色 LED 順次点灯のタイミング内部信号
  signal le_tim_reg : STD_LOGIC; --単色 LED 順次点灯タイミング信号の 1 クロック前の値
begin

  process(SYS_CLK) --クロック信号に変化があると実行
  begin
    if SYS_CLK'event and SYS_CLK = '1' then --クロックの立ち上がりに同期
      if SYS_RST = '1' then --リセットされたら (同期リセット)
        le_tim_reg <= '0'; --初期化
      else
        le_tim_reg <= le_timing; --1 クロック前の値を保持
      end if;
    end if;
  end process;

  le_tim <= le_timing and (not le_tim_reg); --エッジ検出

  process(SYS_CLK) --クロック信号に変化があると実行
  begin
    if SYS_CLK'event and SYS_CLK = '1' then --クロックの立ち上がりに同期
      if SYS_RST = '1' then --リセットされたら (同期リセット)
        le_w <= "0001"; --はじめに D1 を光らせる
      else
        if le_tim = '1' then --タイミング信号の値が'1'になったら
          le_w <= le_w(1 to 3) & le_w(0); --1bit 左にシフト
        end if;
      end if;
    end if;
  end process;

  le <= le_w; --外部に出力
end IMP;

```


9.1.2.2. top.vhd

top.vhd を上位階層として slot_counter と led_seq_blink の回路を呼び出します。

カウンタのビット幅をシミュレーション用に一旦 4 ビットに設定します。19 ビットのままでシミュレーションを行ってもいいのですが、LED が順次点灯の様子を見るのに、非常に長い時間がかかります。今回はエッジ検出の様子とシフトレジスタの様子を確認したいだけなので 4 ビットにします。

記述できたら top-IMP(top.vhd) を選択し、Synthesize をダブルクリックして、文法チェックをしてください。

例 9-2 単色 LED 順次点灯 (top.vhd)

```

library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_ARITH.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;

entity top is
  generic (
    C_CNT_WIDTH : integer := 4 --カウンタのビット幅(シミュレーション用)
    -- C_CNT_WIDTH : integer := 19 --カウンタのビット幅
  );
  Port (
    SYS_CLK      : in STD_LOGIC; --クロック信号
    SYS_RST      : in STD_LOGIC; --リセット信号
    nLE          : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3) --単色 LED 出力信号 (負論理)
  );
end top;

architecture IMP of top is
  signal count : STD_LOGIC_VECTOR(0 to C_CNT_WIDTH-1);
  signal le    : STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --単色 LED 内部信号

  component slot_counter
    generic (
      C_CNT_WIDTH : integer := C_CNT_WIDTH --カウンタのビット幅
    );
    Port (
      SYS_CLK : in STD_LOGIC; --クロック信号
      SYS_RST : in STD_LOGIC; --リセット信号
      count   : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to C_CNT_WIDTH-1) --カウンタ値
    );
  end component;

  component le_seq_blink
    Port (
      SYS_CLK : in STD_LOGIC; --クロック信号
      SYS_RST : in STD_LOGIC; --リセット信号
      le_timing : in STD_LOGIC; --単色 LED 順次点灯のタイミング信号
      le       : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3) --単色 LED 出力信号
    );
  end component;

begin

  slot_counter_0 : slot_counter
    Port map(
      SYS_CLK => SYS_CLK,
      SYS_RST => SYS_RST,
      count   => count
    );

```

```
le_seq_blink_0 : le_seq_blink
  Port map (
    SYS_CLK => SYS_CLK,
    SYS_RST => SYS_RST,
    le_timing => count(0), --カウンタの最上位ビットを接続
    le => le
  );

nLE <= not le; --外部に出力

end IMP;
```

9.1.2.3. コンポーネント文について

上位のメイン回路から下位回路を呼び出すためには、エンティティ文の中でコンポーネントとして定義します。

例 9-3 component 文

```
component コンポーネント名
  Port (
    信号名 : 入出力方向 データタイプ
  );
end component;
```

コンポーネントの定義が終わったら、アーキテクチャ文の begin の下で呼び出します。

下位回路のポートと信号は port map で結合します。ラベル名は、このコンポーネントにつけられる名前で、そのアーキテクチャ内でユニークな名前であればいけません。

例 9-4 port map 文

```
ラベル名 : コンポーネント名
Port map (
  ポート名=>信号名
);
```

9.1.3. シミュレーション

単色 LED の順次点灯のシミュレーションを行います。シミュレーションの詳細は"8.7 ISE Simulator の使い方"を参照してください。

[Project]→[New Source]でテストベンチ(Test Bench WaveForm)を新規作成してください。ここではファイル名を le_seq_blink_tb とします。上位階層のファイルを聞かれるので、"top"を選択してください。また、[Initial Length of Test Bench]は今回も 10000ns に変更してください。

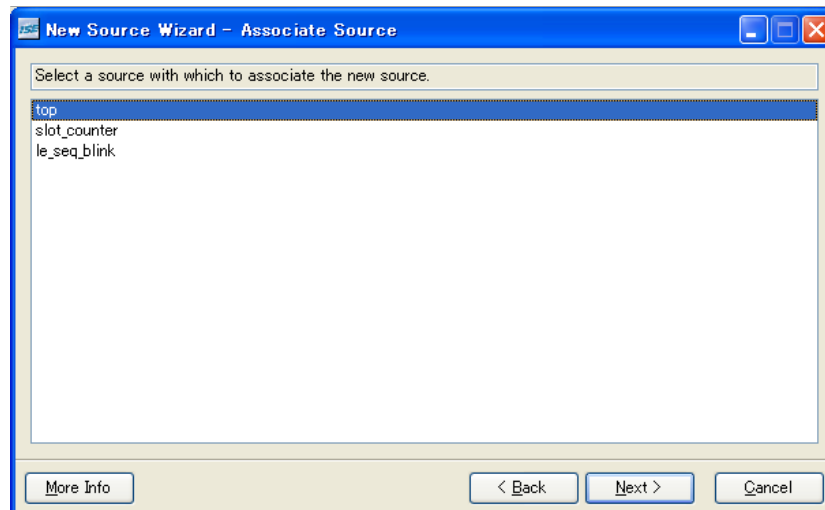
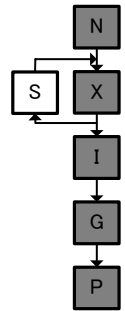


図 9-7 上位階層選択

SYS_RSTの信号を前回と同様(100ns で立ち上げ、500ns 立ち下げ)に生成して保存してください。
 Sources ウィンドウの[Sources for:]を[Befavioral Simulation]に変更し、le_seq_blink_tb を選択し、Process タブをクリックし、[Simulate Behavioral Model]をダブルクリックしてください。シミュレーションが実行されます。
 このままでは確認したい波形を全てみれていないので、le_tim や le_tim_reg、le_timing、le を追加してください。追加できたら[Simulation]→[Restart]、[Simulation]→[Run All]をクリックしてください。
 エッジ検出やシフトの様子、LED の順次点灯の様子を確認してください。

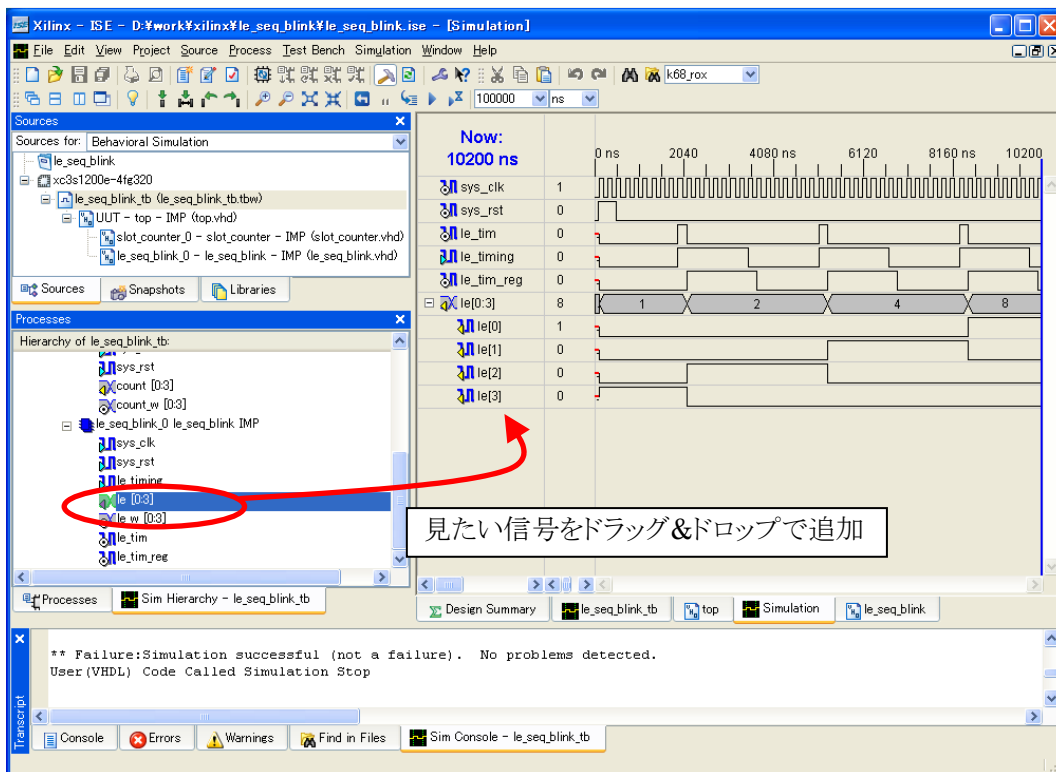


図 9-8 見たい信号を追加

9.1.3.1. タイミング信号生成（エッジ検出）について

カウンタの最上位ビットの前の値を保持し、その値と今回の最上位ビットの値が違ったならば信号を出力します。

例 9-5 エッジ検出

```

process (SYS_CLK)
begin
  if SYS_CLK'event and SYS_CLK = '1' then --クロックの立ち上がり同期
  if SYS_RST = '1' then --リセットされたら（同期リセット）
    le_tim_reg <= '0'; --初期化
  else
    le_tim_reg <= le_timing; --1クロック前の値を保持
  end if;
end if;
end process;

le_tim <= le_timing and (not le_tim_reg); --エッジ検出
    
```

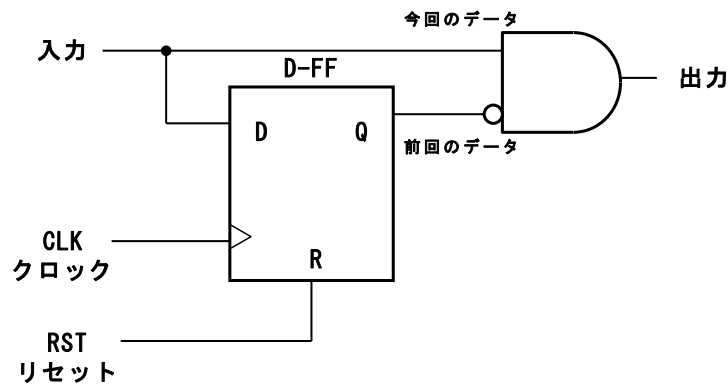


図 9-9 エッジ検出回路

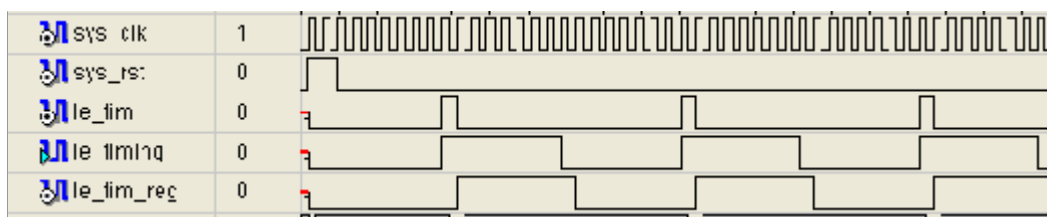


図 9-10 エッジ検出の波形

count(0)	count(1)	count(2)	count(3)
0	0	0	0
0	0	0	1
0	0	1	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	0	1
0	1	1	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	0	1
1	1	1	0
1	1	1	1

最大値までカウントしたら 0 にもどってカウントし続ける



↑ 最上位ビットに注目

図 9-11 最上位ビットの動作

9.1.3.2. シフトレジスタについて

シフトレジスタは、記憶しているデータの桁を左右にシフトさせることができるレジスタです。左にシフトするには以下の記述をします。

例 9-6 シフトレジスタ

```
process(SYS_CLK) --クロック信号に変化があると実行
begin
  if SYS_CLK'event and SYS_CLK = '1' then --クロックの立ち上がり同期
    if SYS_RST = '1' then --リセットされたら（同期リセット）
      le <= "0001";
    else
      if le_tim = '1' then --タイミング信号の値が'1'になったら
        le <= le(1 to 3) & le(0); --1bit 左にシフト
      end if;
    end if;
  end if;
end process;
```

9.1.3.3. &について

&を使うと bit を連結することができます。

例 9-7 bit 連結

```
le <= le(1 to 3) & le(0);
```

(1 to 3) で、1ビット目から3ビット目までを切り出すことができます。(to で幅を設定している場合は to、downto で幅を設定している場合は downto で切り出す) イベントが発生するたびに最上位ビットを最下位に連結させることにより、”1”の値を順に左にシフトさせます。

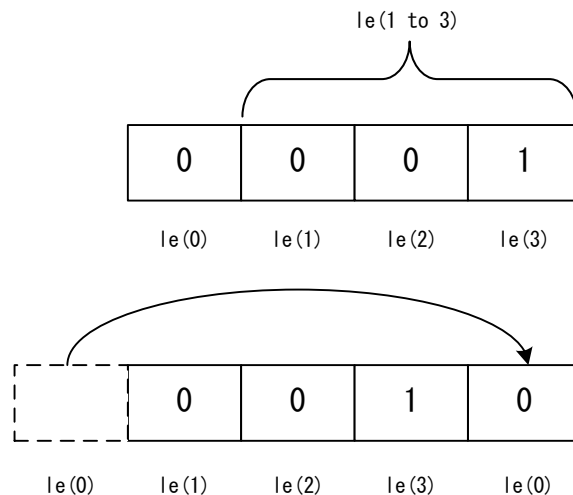


図 9-12 bit 連結

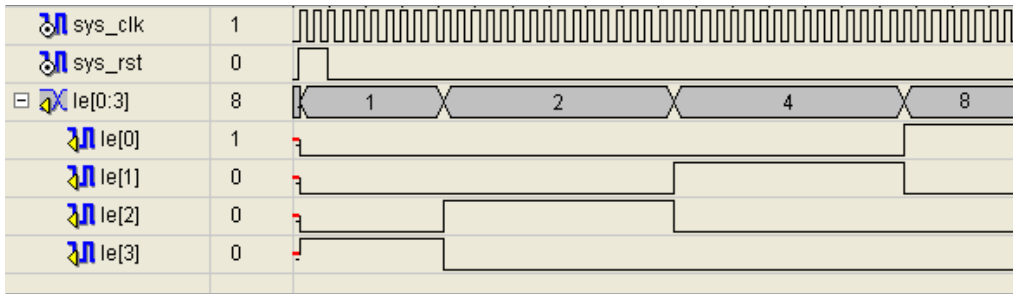


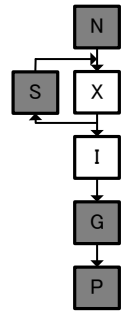
図 9-13 シフトレジスタの波形

9.1.4. 再度論理合成

シミュレーション用に 4 ビットにしていた "top.vhd" のカウンタのビット幅を 19 ビットにし、Synthesize をダブルクリックして文法チェックしてください。

9.1.5. インプリメンテーション

単色 LED への出力信号を STD_LOGIC_VECTOR (0 to n) で定義しました。to で定義すると MSB 側が 0 になります。この場合信号を入出力する前に、信号の MSB と LSB をひっくり返さなければいけません。VHDL のソースでひっくり返してもいいのですが、最後にピンアサインでひっくり返します。例えば nLE0 は nLE<3>、nLE1 は nLE<2>、nLE2 は nLE<1>、nLE3 は nLE<0> にピンアサインします。



ピンアサインができれば、Implement Design をダブルクリックしてください。

ピンアサインでひっくり返す

回路図上の信号名	nLE3	nLE2	nLE1	nLE0
ピンアサイン	nLE<0>	nLE<1>	nLE<2>	nLE<3>
	MSB			LSB

バスの定義は MSB 側がビット 0

図 9-14 ピンアサインでひっくり返す

表 9-1 単色 LED 順次点灯ピンアサイン

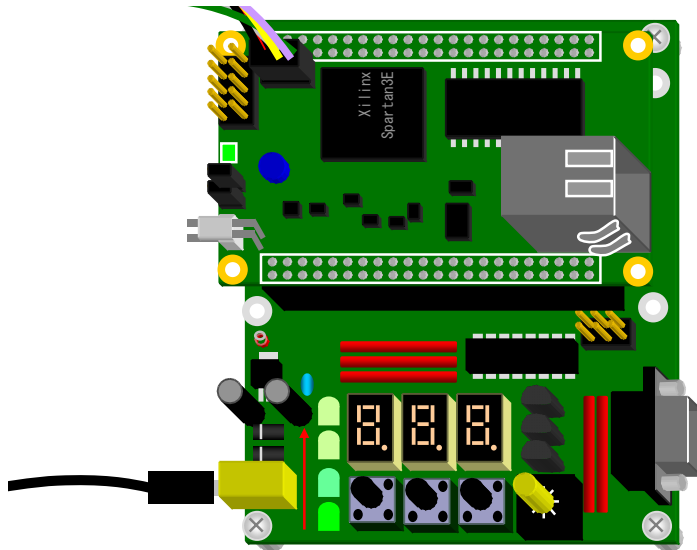
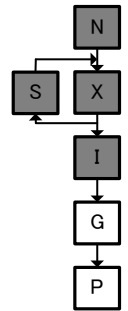
	SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
SYS_CLK	T9	U10	C8
SYS_RST	F5	D3	A8
nLE<0>	E11	A11	L13
nLE<1>	D11	B11	L14
nLE<2>	C12	F12	L15
nLE<3>	B12	E12	L16

9.1.6. プログラムファイル作成、コンフィギュレーション

Generate Programming File をダブルクリックし、bit ファイルを作ってください。

Configure Device(iMPACT)をダブルクリックし、iMPACT を立ち上げ、コンフィギュレーションしてください。

単色 LED が D1→D2→D3→D4→D1→……と順次点灯するのを確認してください。



D1→D2→D3→D4→D1→・・・と順次点灯

図 9-15 単色 LED 順次点灯

9.2. 7 セグメント LED デコーダ

7 セグメント LED に数字を表示させて回転させます。まずは数字を表示するために 7 セグメント LED のデコーダを作ります。デコーダを作っただけでは数字が表示できているかどうか分からないので、ここではロータリコードスイッチからの入力を 7 セグメント LED に表示する回路を作ります。

9.2.1. ロータリコードスイッチ周辺回路

LED/SW ボードに実装されているロータリコードスイッチは 4 ビットで 0~F までの数字を表現できます。それぞれ 1kΩ の抵抗で 3.3V にプルアップされています。負論理なので内部で正論理にして使います。正論理にした場合のそれぞれの”High”(”1”)、”Low”(”0”)は表 10-1 ロータリコードスイッチ (正論理)”のようになります。

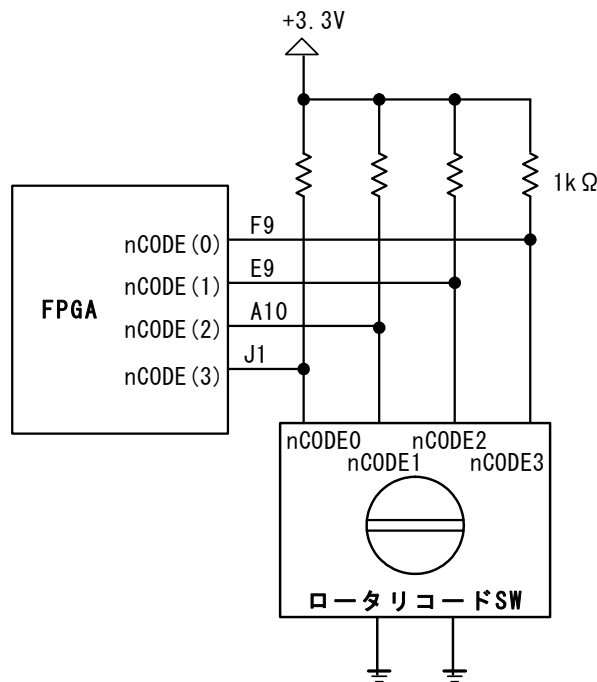


図 9-16 ロータリコードスイッチ周辺回路とピンアサイン

表 9-2 ロータリコードスイッチ(正論理)

数字	CODE3	CODE2	CODE1	CODE0
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
A	1	0	1	0
b	1	0	1	1
C	1	1	0	0
d	1	1	0	1
E	1	1	1	0
F	1	1	1	1

9.2.2.7 セグメント LED 周辺回路

7セグメントLEDのセグメントは下図のように配置されていて、A~Gまでの各発光ダイオードの適当なものだけを光らすと数字を表示することができます。"表 9-3 7セグメントLEDデコーダ(正論理)"と照らし合わせてどう光らせれば数字になるか確認してみてください。

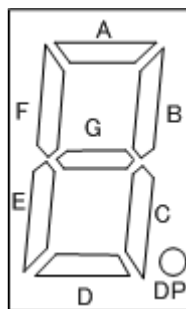


図 9-17 セグメントの配置

表 9-3 7セグメントLEDデコーダ(正論理)

数字	DP(SEG7)	G(SEG6)	F(SEG5)	E(SEG4)	D(SEG3)	C(SEG2)	B(SEG1)	A(SEG0)
0	0	0	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	1	1	0
2	0	1	0	1	1	0	1	1
3	0	1	0	0	1	1	1	1
4	0	1	1	0	0	1	1	0
5	0	1	1	0	1	1	0	1
6	0	1	1	1	1	1	0	1
7	0	0	1	0	0	1	1	1
8	0	1	1	1	1	1	1	1
9	0	1	1	0	1	1	1	1
A	0	1	1	1	0	1	1	1
B	0	1	1	1	1	1	0	0
C	0	0	1	1	1	0	0	1
D	0	1	0	1	1	1	1	0
E	0	1	1	1	1	0	0	1
F	0	1	1	1	0	0	0	1

LED/SW ボードには7セグメントLEDが3つ実装されていて、Q1に"Low"を入力するとLED1、Q2に"Low"を入力するとLED2、Q3に"Low"を入力するとLED3を扱うことができます。Q1、Q2、Q3を同時に"Low"にすることで、全部を光らすこともできますが、同じ数字しか表示することはできません。異なる数字を表示したいときはダイナミック点灯という手法を用います。("9.3 ダイナミック点灯" 参照)

Q1~Q3のセレクト信号は負論理、7セグメントLEDは正論理です。7セグメントLEDが正論理なのは電流を増やすために、バッファとしてインバータが7セグメントLEDの前に実装されているためです。

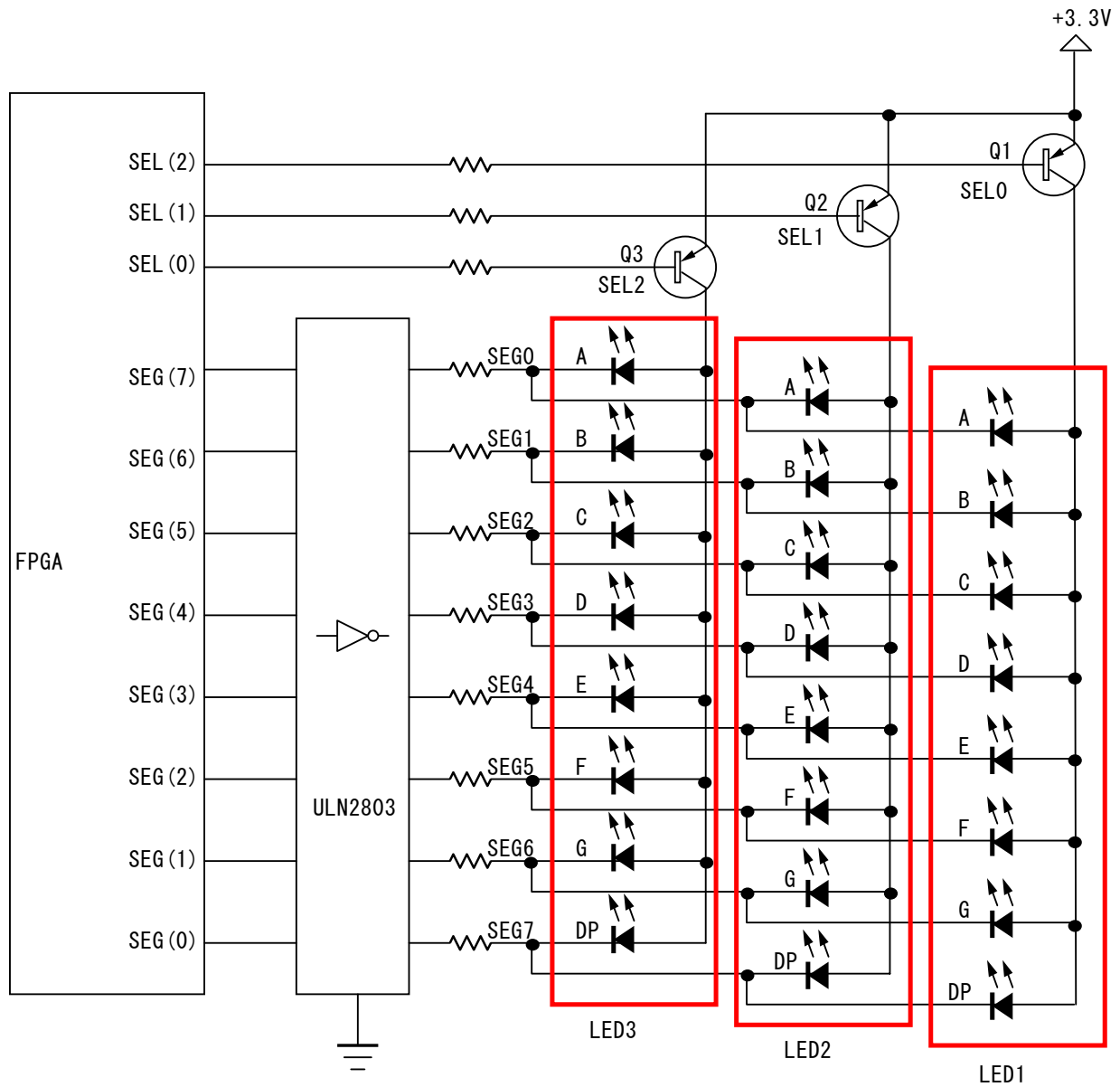
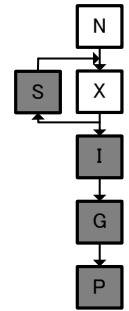


図 9-18 7セグメント LED 周辺回路



9.2.3. プロジェクト新規作成、論理合成

プロジェクトを新規作成してください。

プロジェクト名は `seg7_decoder` とし、new Source で `top.vhd` を作ってください。

`top-IMP(top.vhd)` を右クリックしてメニューを出し、[New Source...] を選択し、`seg7_decoder.vhd` を新規作成してください。

`top-IMP(top.vhd)` の上で右クリックしメニューを出し、[Set as Top Module] を選択し、`top.vhd` を上位階層としてください。

9.2.3.1. `seg7_decoder.vhd`

7セグメントLEDのデコーダ回路を記述してください。記述できたら、`seg7_decoder-IMP(seg7_decoder.vhd)` を選択し、Check Syntax をダブルクリックして、文法チェックをしてください。

例 9-8 7セグメントLEDデコーダ(`seg7_decoder.vhd`)

```

library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_ARITH.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;
entity seg7_decoder is
  Port (
    SEG : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 7); --7セグメントLEDへの出力信号
    seg_data : in STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3) --4bitバイナリコード
  );
end seg7_decoder;

architecture IMP of seg7_decoder is
begin
  --デコーダ記述
  process(seg_data)
  begin
    case seg_data is
      when "0000" => SEG <= "00111111"; --0
      when "0001" => SEG <= "00000110"; --1
      when "0010" => SEG <= "01011011"; --2
      when "0011" => SEG <= "01001111"; --3
      when "0100" => SEG <= "01100110"; --4
      when "0101" => SEG <= "01101101"; --5
      when "0110" => SEG <= "01111101"; --6
      when "0111" => SEG <= "00100111"; --7
      when "1000" => SEG <= "01111111"; --8
      when "1001" => SEG <= "01101111"; --9
      when "1010" => SEG <= "01110111"; --A
      when "1011" => SEG <= "01111100"; --b
      when "1100" => SEG <= "00111001"; --C
      when "1101" => SEG <= "01011110"; --d
      when "1110" => SEG <= "01111001"; --E
      when "1111" => SEG <= "01110001"; --F
      when others => SEG <= "XXXXXXXX"; --0,1以外(X,Z,U等)の場合
    end case;
  end process;
end IMP;
  
```

9.2.3.2. case 文について

case 文は次の書式で記述します。"例 9-8 7セグメントLEDデコーダ(seg7_decoder.vhd)"をみると when others => SEG <= "XXXXXXXX"という記述があります。std_logic_vector は'0'、'1'の他に'X'や'Y'、'U'などの値を持っているため、残り全てを記述するために"XXXXXXXX"(出力不定)としています。

例 9-9 case 文

```
case 式 is
  when 値 => 順次処理文
  when others => 順次処理文
end case;
```

9.2.3.3. top.vhd

top.vhd を上位階層として seg7_decoder の回路を呼び出します。記述できたら top-IMP(top.vhd)を選択し、Synthesize をダブルクリックして、文法チェックをしてください。

例 9-10 7セグメントLEDデコーダ(top.vhd)

```
library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_ARITH.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;

entity top is
  Port (
    nCODE : in STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --ロータリコードスイッチからの入力信号 (負論理)
    SEG : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 7); --7セグメントLEDへの出力信号 (正論理)
    nSEL : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 2) --7セグメントLEDセレクト信号 (負論理)
  );
end top;

architecture IMP of top is
  signal code : STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --ロータリコードスイッチ内部信号 (正論理)
  signal sel : STD_LOGIC_VECTOR(0 to 2); --7セグメントLEDセレクト内部信号 (正論理)

  component seg7_decoder
    Port (
      SEG : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 7); --7セグメントLEDへの出力信号
      seg_data : in STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3) --4bitバイナリコード
    );
  end component;

begin
  seg7_decoder_0 : seg7_decoder
    Port map (
      SEG => SEG,
      seg_data => code
    );
  sel <= "001"; --7セグメントLED1を点灯させる
  nSEL <= not sel; --負論理にして出力
  code <= not nCODE; --正論理にして入力
end IMP;
```

9.2.4. シミュレーション

デコーダのシミュレーションを行います。シミュレーションの詳細は"8.7 ISE Simulator の使い方"を参照してください。

[Project]→[New Source]でテストベンチ(Test Bench WaveForm)を新規作成してください。ここではファイル名を seg7_decorder_tb とします。上位階層のファイルを聞かれるので、"top"を選択してください。、[Initial Length of Test Bench]は 2000ns に変更してください。

ロータリコードスイッチの値を設定します。nCODE の波形の上で左クリックすると Set Value というウインドウが出てきます。[Pattern Wizard]をクリックして下さい。Pattern Wizard が立ち上がります。Pattern Type を[Count Down]、Number of Cycle を[16]、Initial Value を[15]、Terminal Value を[0]、Decrement By を[1]、Count Every を[1]にして[OK]をクリックして下さい。15 から 0 までの波形が自動で生成されます。うまく生成されたら保存をして下さい。

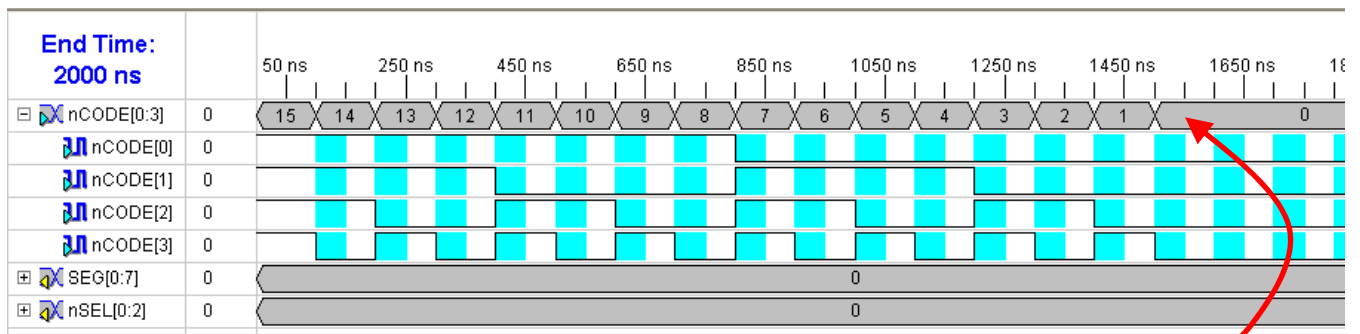
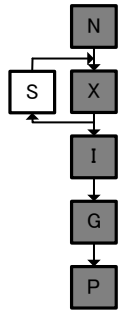


図 9-19 波形生成

左クリック



図 9-20 Pattern Wizard

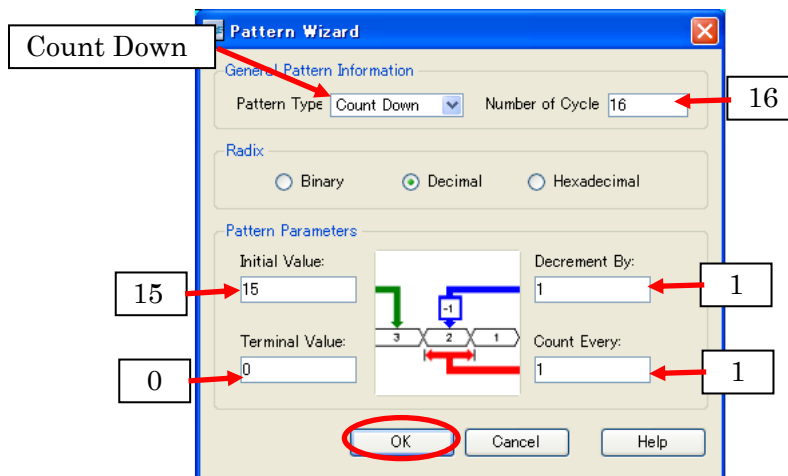


図 9-21 Pattern Wizard

Sources ウィンドウのの[Sources for:]を[Befavioral Simulation]に変更し、seg_7_decoder_tb を選択し、Process タブをクリックし、[Simulate Behavioral Model]をダブルクリックしてください。シミュレーションが実行されます。

ロータリコードスイッチ nCODE は負論理の信号で top.vhd で正論理の信号 code にしています。負論理のままでは何がデコードされているのかわかりにくいので、正論理の信号 code を追加します。追加できたら[Simulation]→[Restart]、[Simulation]→[Run All]をクリックしてください。

ロータリコードスイッチの値がきちんとデコードされて 7 セグメント LED に渡されているのか確認します。それぞれ値が Decimal で表示されています。このままではデコードされた結果が何か分からないので、波形の上で右クリックし、表示を Hexadecimal に変更してください。

"表 9-2 ロータリコードスイッチ(正論理)"、"表 9-3 7 セグメント LED デコーダ(正論理)"を参照してデコードされた結果が正しいか確認してください。

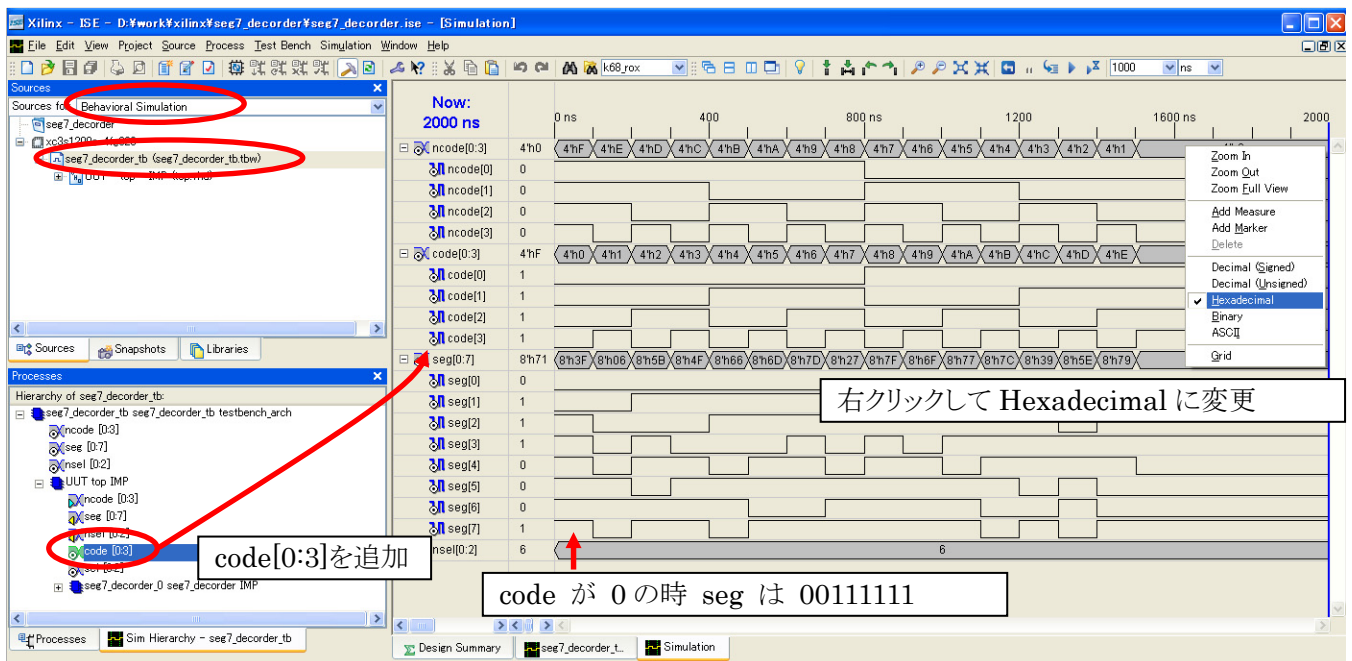


図 9-22 デコーダシミュレーション結果

9.2.5. インプリメンテーション

信号を `STD_LOGIC_VECTOR(0 to n)` で定義しているため、MSB 側がビット 0 になります。信号は最後にピンアサインでひっくり返しています。例えば `nCODE0` は `nCODE<3>`、`nCODE1` は `nCODE<2>`、`nCODE2` は `nCODE<1>`、`nCODE3` は `nCODE<0>` にピンアサインします。ピンアサインができれば、**Implement Design** をダブルクリックしてください。

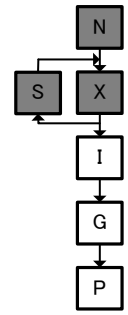
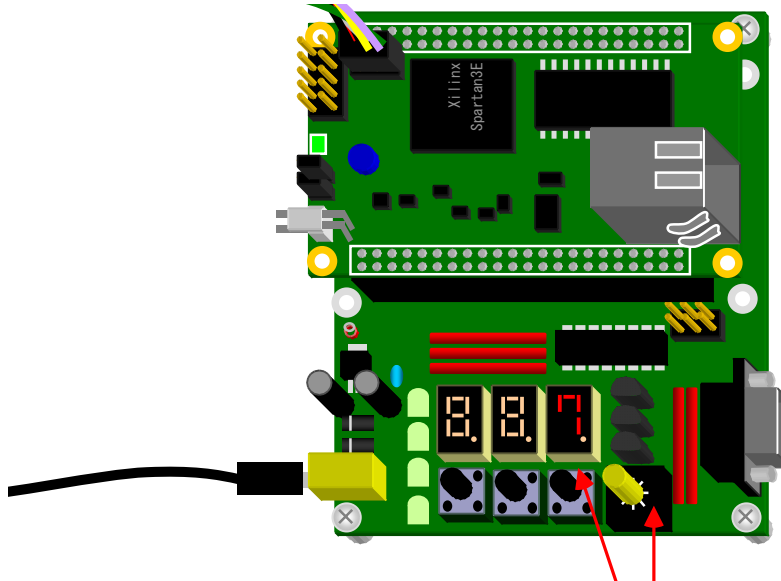


表 9-4 7セグメント LED デコーダ ピンアサイン

	SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
<code>nCODE<0></code>	C8	J1	J16
<code>nCODE<1></code>	A9	F9	J15
<code>nCODE<2></code>	A12	E9	J14
<code>nCODE<3></code>	C10	A10	J13
<code>SEG<0></code>	C5	L5	F15
<code>SEG<1></code>	B5	L6	F16
<code>SEG<2></code>	E6	L4	G13
<code>SEG<3></code>	D6	L3	G14
<code>SEG<4></code>	C6	L2	G15
<code>SEG<5></code>	B6	L1	G16
<code>SEG<6></code>	A8	C9	N9
<code>SEG<7></code>	B8	D9	P9
<code>nSEL<0></code>	D7	K6	H13
<code>nSEL<1></code>	C7	K4	H14
<code>nSEL<2></code>	B7	K3	H15

9.2.6. プログラムファイル作成、コンフィギュレーション

Generate Programming File をダブルクリックし、bit ファイルを作ってください。
Configure Device(iMPACT) をダブルクリックし、iMPACT を立ち上げ、コンフィギュレーションしてください。
 ロータリコードスイッチをまわすと、対応する数字が 7 セグメント LED (LED1) に表示されます。



ロータリコードスイッチをまわすとそれがLED 1 に表示される

図 9-23 7セグメント LED デコーダ

9.3. ダイナミック点灯

3つの7セグメントLEDをダイナミック点灯させます。

ダイナミック点灯とは配線の本数を減らすための手法です。複数の7セグメントLEDに同じデータ線を接続しています。7セグメントLEDを順次点灯することにより、複数の7セグメントLEDが同時に点灯しているように見えます。

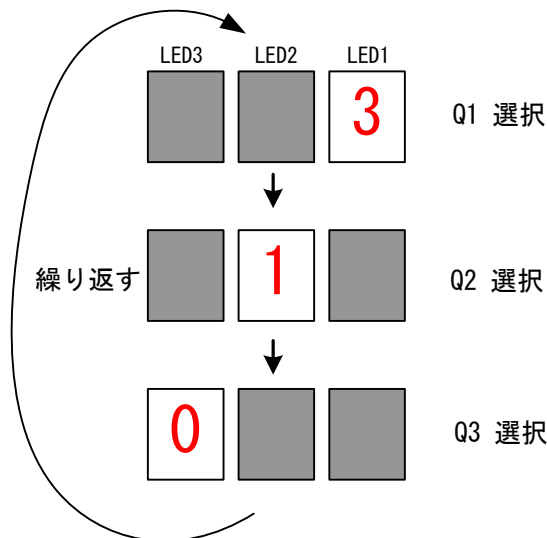


図 9-24 7セグメントLEDダイナミック点灯

9.3.1. 7セグメントLED周辺回路

ダイナミック点灯に必要な7セグメントLED周辺回路は”図 9-18 7セグメントLED周辺回路図”を参照してください。

9.3.2. プロジェクト新規作成、論理合成

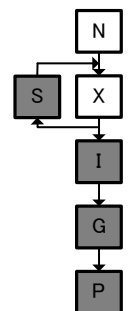
プロジェクトを新規作成してください。

プロジェクト名は `dynamic_ctrl` とし、`new Source` で `top.vhd` を作ってください。

`top-IMP(top.vhd)` を右クリックしてメニューを出し、[New Source...]を選択し、`dynamic_ctrl.vhd` を新規作成してください。

`top-IMP(top.vhd)` を右クリックしてメニューを出し、[Add Copy of Source...]を選択し、`slot_counter.vhd`、`seg7_decorder.vhd` を追加してください。

`top-IMP(top.vhd)` の上で右クリックしメニューを出し、[Set as Top Module]を選択し、`top.vhd` を上位階層としてください。



9.3.2.1. dynamic_ctrl.vhd

ダイナミック点灯させる回路を記述してください。記述できたら、`dynamic_ctrl-IMP(dynamic_ctrl.vhd)` を選択し、`Check Syntax` をダブルクリックして、文法チェックをしてください。

例 9-11 ダイナミック点灯(`dynamic_ctrl.vhd`)

```
library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_ARITH.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;

entity dynamic_ctrl is
  Port (
    SYS_CLK : in STD_LOGIC; --クロック信号
    SYS_RST : in STD_LOGIC; --リセット信号
  );
end dynamic_ctrl;
```

```
nSEL : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 2); --7セグメントLEDセレクト信号 (負論理)
seg7_timing : in STD_LOGIC; --ダイナミック点灯タイミング信号
seg_in1 : in STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --7セグメントLED1の値
seg_in2 : in STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --7セグメントLED2の値
seg_in3 : in STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --7セグメントLED3の値
seg_data : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3) --4bitバイナリコード
);
end dynamic_ctrl;

architecture IMP of dynamic_ctrl is

    signal sel : STD_LOGIC_VECTOR(0 to 2); --7セグメントLEDセレクト信号 (正論理)
    signal seg7_tim : STD_LOGIC; --ダイナミック点灯タイミング信号
    signal seg7_tim_reg : STD_LOGIC; --1クロック前の値

begin
    process(SYS_CLK)
    begin
        if SYS_CLK'event and SYS_CLK = '1' then --クロックの立ち上がり同期
            if SYS_RST = '1' then --リセットされたら (同期リセット)
                seg7_tim_reg <= '0'; --初期化
            else
                seg7_tim_reg <= seg7_timing; --値を保持
            end if;
        end if;
    end process;
    process(SYS_CLK)

    seg7_tim <= seg7_timing and (not seg7_tim_reg); --エッジ検出

    process(SYS_CLK) --クロック信号に変化があると実行
    begin
        if SYS_CLK'event and SYS_CLK = '1' then --クロックの立ち上がり同期
            if SYS_RST = '1' then --リセットされたら (同期リセット)
                sel <= "001"; --はじめに7セグメントLED1を光らせる
            else
                if seg7_tim = '1' then --7セグ用タイミング信号の値が'1'になったら
                    sel <= sel(1 to 2) & sel(0); --1bit左にシフト
                end if;
            end if;
        end if;
    end process;

    --セレクト信号により代入する数字を変え、外部に出力
    seg_data <= seg_in1 when sel = "001" else seg_in2 when sel = "010" else seg_in3
    nSEL <= not sel; --負論理に直して出力

end IMP;
```

9.3.2.2. top.vhd

今回は約 1kHz で表示する 7 セグメント LED を切り替えます。そのためにカウンタの 8 ビット目のエッジを取ります。top.vhd を上位階層として slot_counter、seg7_decorder、dynamic_ctrl の回路を呼び出します。記述できたら top-IMP(top.vhd) を選択し、Synthesize をダブルクリックして、文法チェックをしてください。

例 9-12 ダイナミック点灯 (top.vhd)

```

library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_ARITH.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;

entity top is
  generic (
    C_CNT_WIDTH : integer := 19 --カウンタのビット幅
  );
  Port (
    SYS_CLK : in STD_LOGIC; --クロック信号
    SYS_RST : in STD_LOGIC; --リセット信号
    nSEL : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 2); --7 セグメント LED セレクト信号 (負論理)
    SEG : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 7) --7 セグメント LED への出力信号 (正論理)
  );
end top;

architecture IMP of top is
  signal seg_in1 : STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --7 セグメント LED1 の値
  signal seg_in2 : STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --7 セグメント LED2 の値
  signal seg_in3 : STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --7 セグメント LED3 の値
  signal seg_data : STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --4bit バイナリコード
  signal count : STD_LOGIC_VECTOR(0 to C_CNT_WIDTH-1); --カウンタ値

  component slot_counter
    generic (
      C_CNT_WIDTH : integer := C_CNT_WIDTH --カウンタのビット幅
    );
    Port (
      SYS_CLK : in STD_LOGIC; --クロック信号
      SYS_RST : in STD_LOGIC; --リセット信号
      count : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to C_CNT_WIDTH-1) --カウンタ値
    );
  end component;

  component dynamic_ctrl
    Port (
      SYS_CLK : in STD_LOGIC; --クロック信号
      SYS_RST : in STD_LOGIC; --リセット信号
      nSEL : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 2); --7 セグメント LED セレクト信号 (負論理)
      seg7_timing : in STD_LOGIC; --ダイナミック点灯タイミング信号
      seg_in1 : in STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --7 セグメント LED1 の値
      seg_in2 : in STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --7 セグメント LED2 の値
      seg_in3 : in STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --7 セグメント LED3 の値
      seg_data : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3) --4bit バイナリコード
    );
  end component;

  component seg7_decorder
    Port (

```

```
    SEG : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 7); --7 セグメント LED への出力信号
    seg_data : in STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3) --4bit バイナリコード
  );
end component;

begin
  slot_counter_0 : slot_counter
  Port map(
    SYS_CLK => SYS_CLK,
    SYS_RST => SYS_RST,
    count => count
  );

  dynamic_ctrl_0 : dynamic_ctrl
  Port map(
    SYS_CLK => SYS_CLK,
    SYS_RST => SYS_RST,
    nSEL => nSEL,
    seg7_timing => count(8), --8 ビット目
    seg_in1 => seg_in1,
    seg_in2 => seg_in2,
    seg_in3 => seg_in3,
    seg_data => seg_data
  );

  seg7_decoder_0 : seg7_decoder
  Port map(
    SEG => SEG,
    seg_data => seg_data
  );

  seg_in1 <= "0000"; --0 を表示
  seg_in2 <= "0001"; --1 を表示
  seg_in3 <= "0011"; --3 を表示

end IMP;
```

9.3.3. シミュレーション

シミュレーションの説明はいたしませんので、各自シミュレーションしてみてください。シミュレーションの詳細は"8.7 ISE Simulator の使い方"を参照してください。下図のシミュレーション結果は、カウンタの値を 12 にしてシミュレーションを行った結果です。

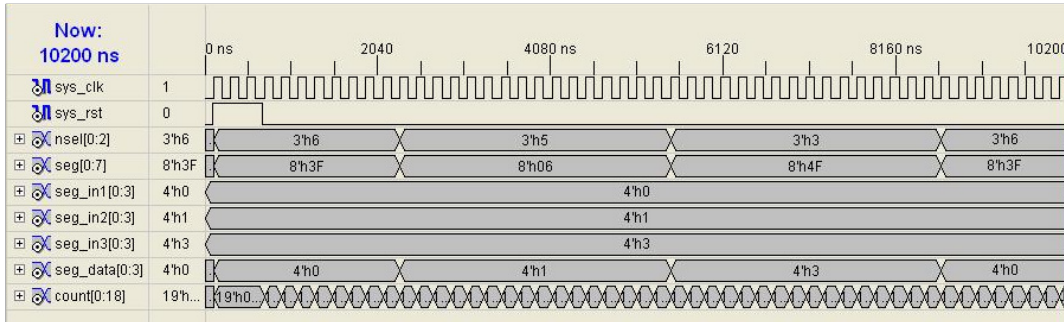
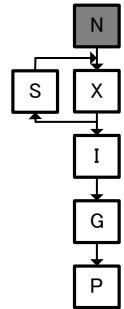


図 9-25 ダイナミック点灯シミュレーション結果

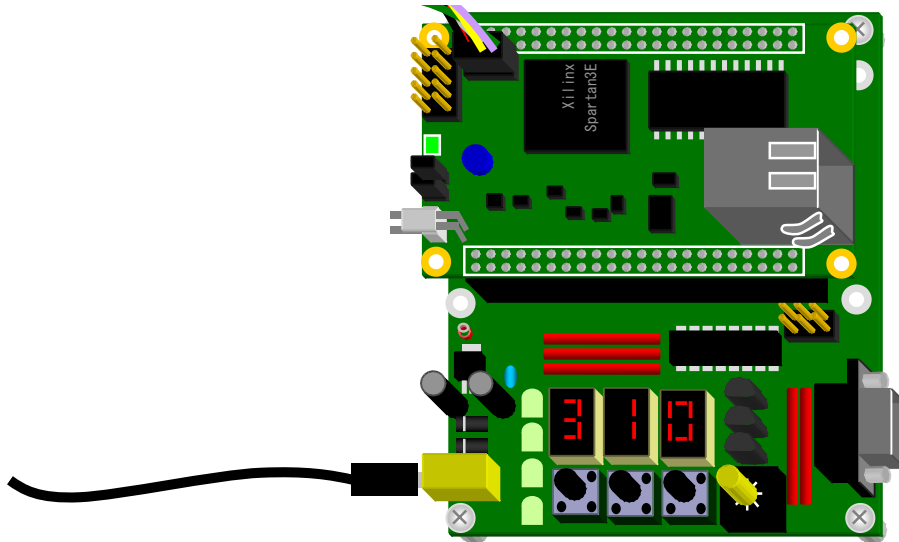
9.3.4. インプリメンテーション

“表 2-1 クロック、リセット信号 ピンアサイン”、“表 2-2 機能用ピンアサイン”を参照しピンアサインしてください。

今回ここにはピンアサインを載せないで、各自考えてください。どうしても分からない場合は付属 CD-ROM の”¥suzaku-starter-kit¥fpga”の中の”dynamic_ctrl.zip”を展開し、その中にある”top.ucf”を参照してください。ピンアサインができれば、Implement Design をダブルクリックしてください。

9.3.5. プログラムファイル作成、コンフィギュレーション

Generate Programming File をダブルクリックし、bit ファイルを作ってください。Configure Device(iMPACT)をダブルクリックし、iMPACT を立ち上げ、コンフィギュレーションしてください。7セグメント LED に”3”、”1”、”0”と表示されます。他の数字も表示してみてください。



ダイナミック点灯で数字が表示されます

図 9-26 ダイナミック点灯

10. EDK の使い方

SUZAKU のデフォルトは EDK(Embedded Development Kit)で構築されており、SUZAKU を使いこなすには EDK を使えなければいけません。EDK は Xilinx が提供する組み込み機器開発環境で、プロセッサや周辺ペリフェラルのソースコードやライブラリが登録されており、それらを GUI 環境下で構築、設定できます。ユーザで作った IP(Intellectual Property)コアも登録することができます。また、ソフトウェアのコンパイラやライブラリが登録されており、C 言語による開発も行うことができます。ISE の機能を取り込んでいるので、論理合成、マッピングを行うことができ、生成されたバイナリファイルを任意の BRAM にいれて、コンフィギュレーションファイルの生成を行うこともできます。

ここでは一旦スロットマシンと離れ、SUZAKU のデフォルトに GPIO、UART の追加をすると共に SUZAKU のデフォルトと EDK の使い方を説明します*。EDK の使い方の詳細は EDK のヘルプ等を参照してください。EDK には日本語のマニュアルも用意されています。

なお、本書では EDK において以下の手順で作業を行います。

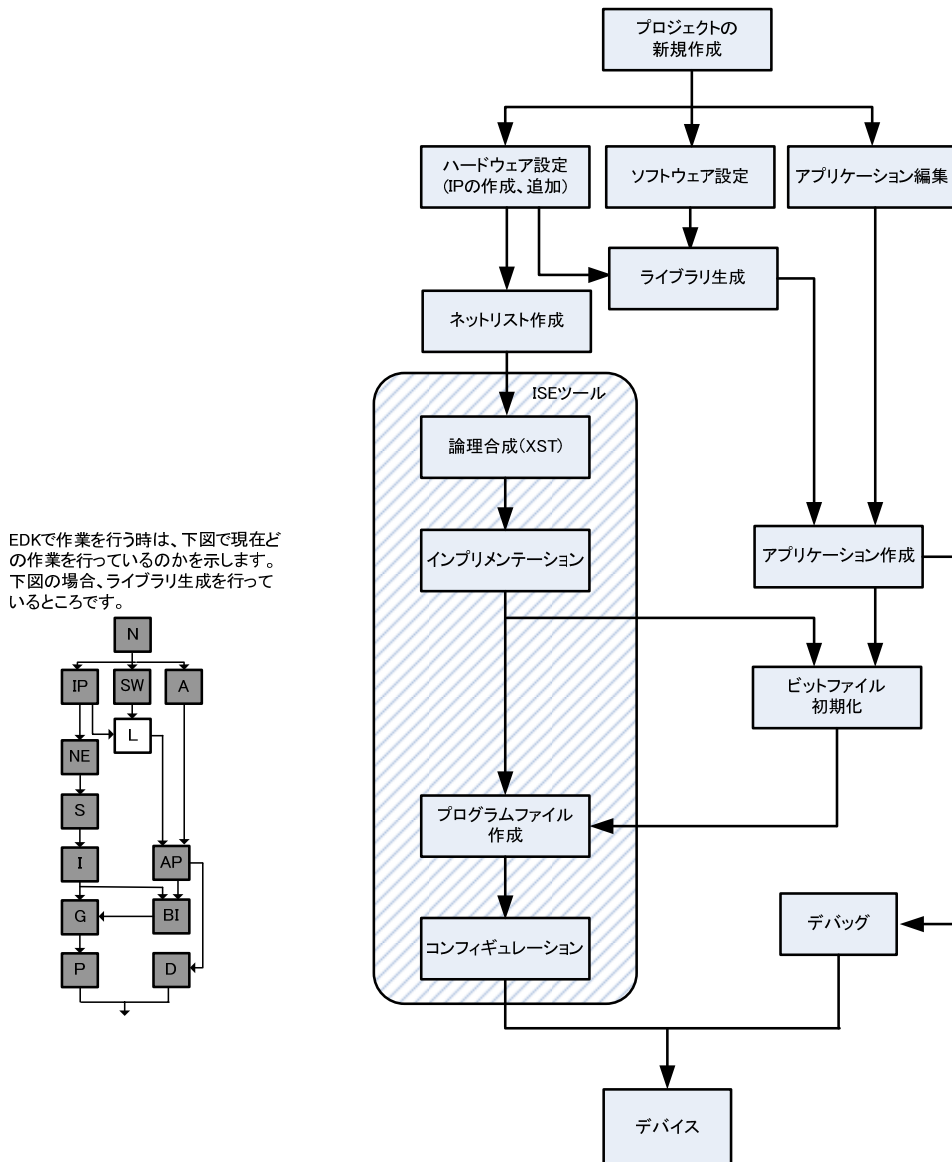


図 10-1 本書での EDK 開発フロー

*本書では EDK8.1i を使用しています。

10.1. SUZAKU のデフォルト

SUZAKU のデフォルトを説明します。

付属 CD-ROM の”¥suzaku¥fpga_proj¥x.x¥sz***¥sz***-xxxxxxx.zip”をハードディスクに展開してください。ここでは展開後のフォルダを”C:¥suzaku”の下にコピーします。”C:¥suzaku¥sz***-xxxxxxx”の中の”xps_proj.xmp”をダブルクリックして開いてください。Platform Studio が起動し、SUZAKU のデフォルトが開きます。Platform Studio は”EDK のインストールフォルダ¥bin¥nt¥_xps.exe”もしくは[スタートメニュー]→[すべてのプログラム]→[Xilinx Platform Studio x.x]→[Xilinx Platform Studio]から起動できます。

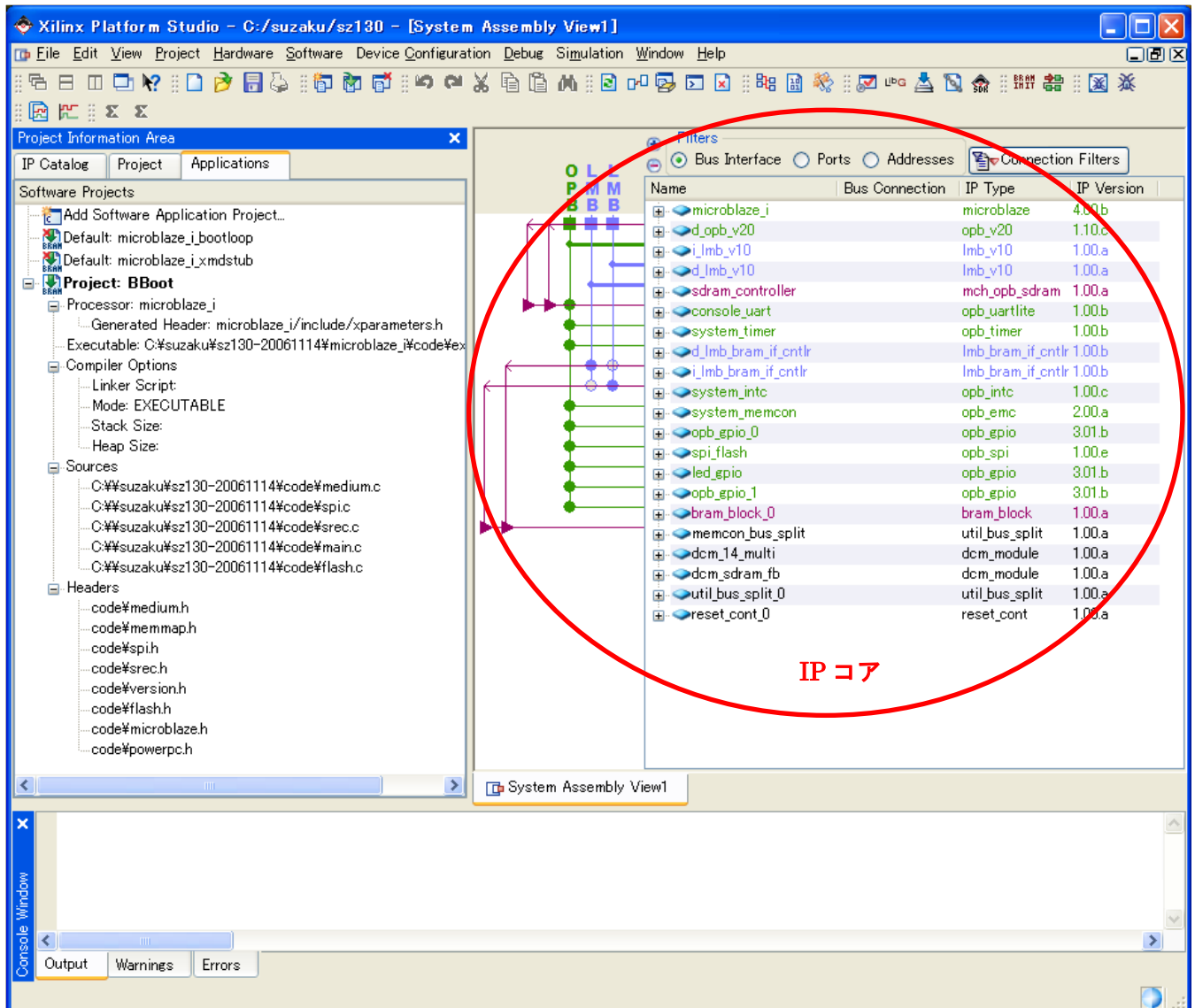


図 10-2 XPS 起動

10.1.1. SZ010, SZ030 の構成

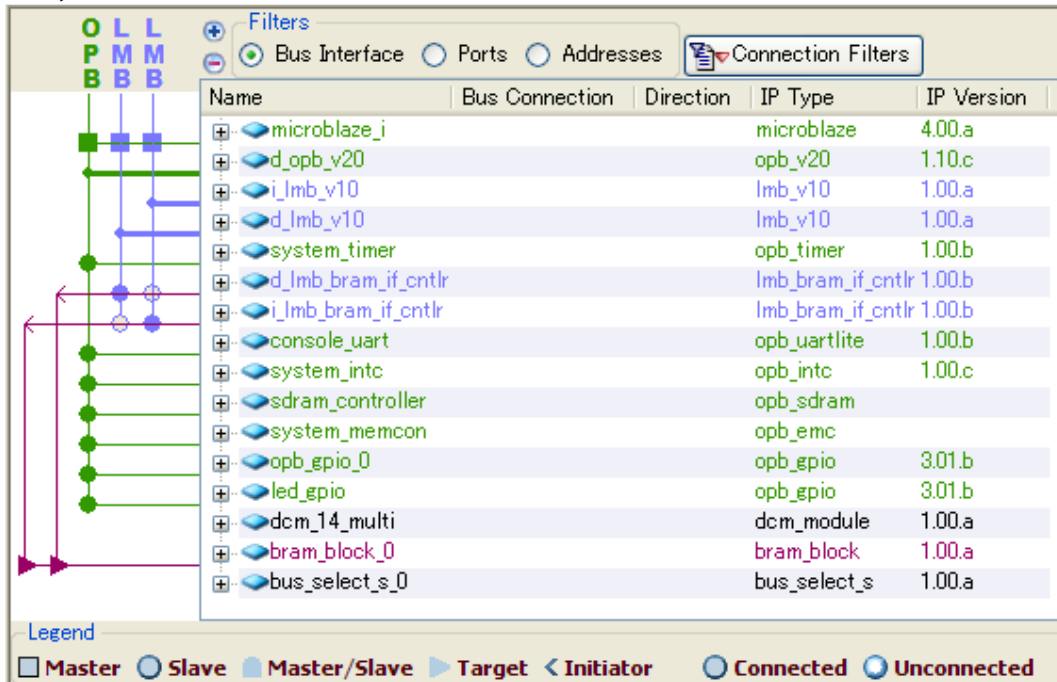


図 10-3 SZ010、SZ030 のデフォルト(EDK)

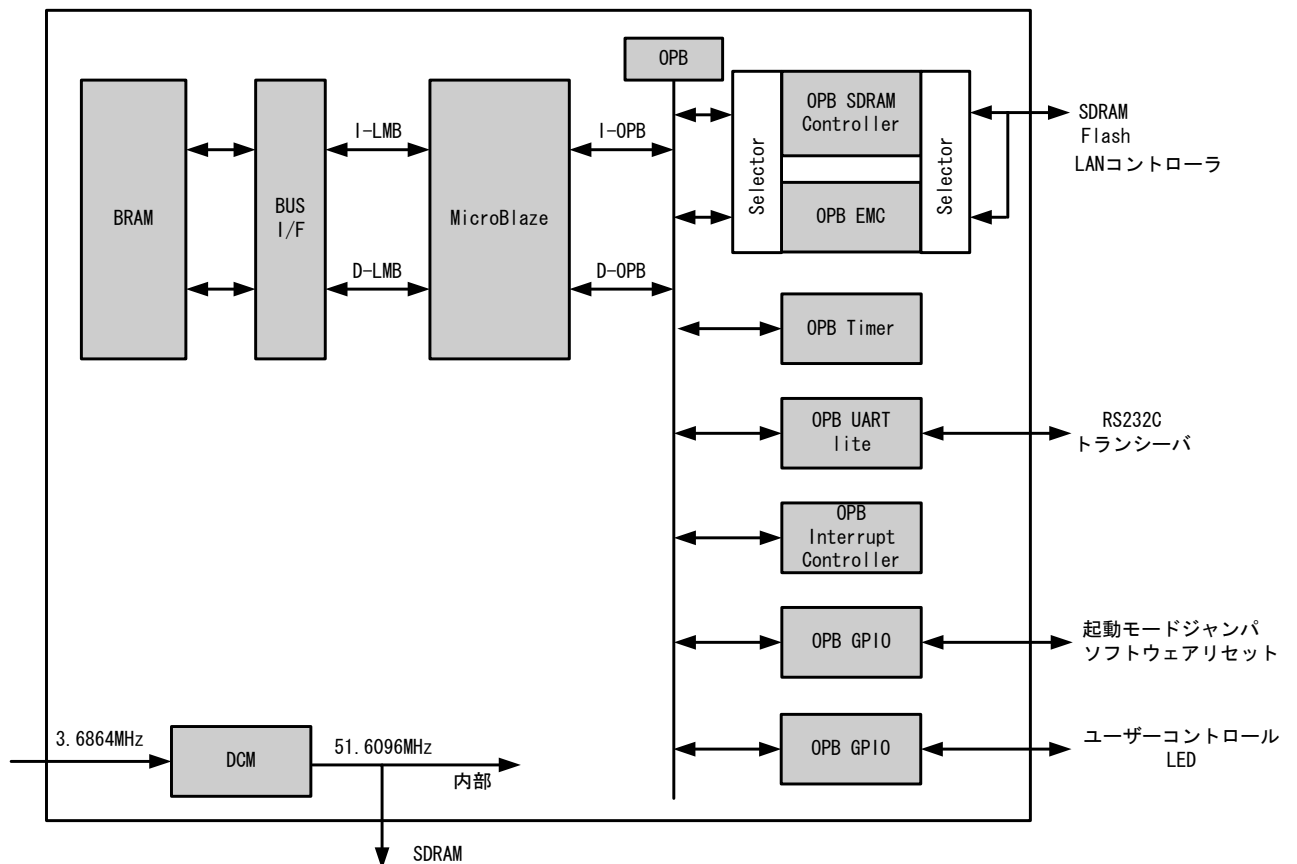


図 10-4 SZ010、SZ030 デフォルトのブロック図

10.1.2. SZ130 の構成

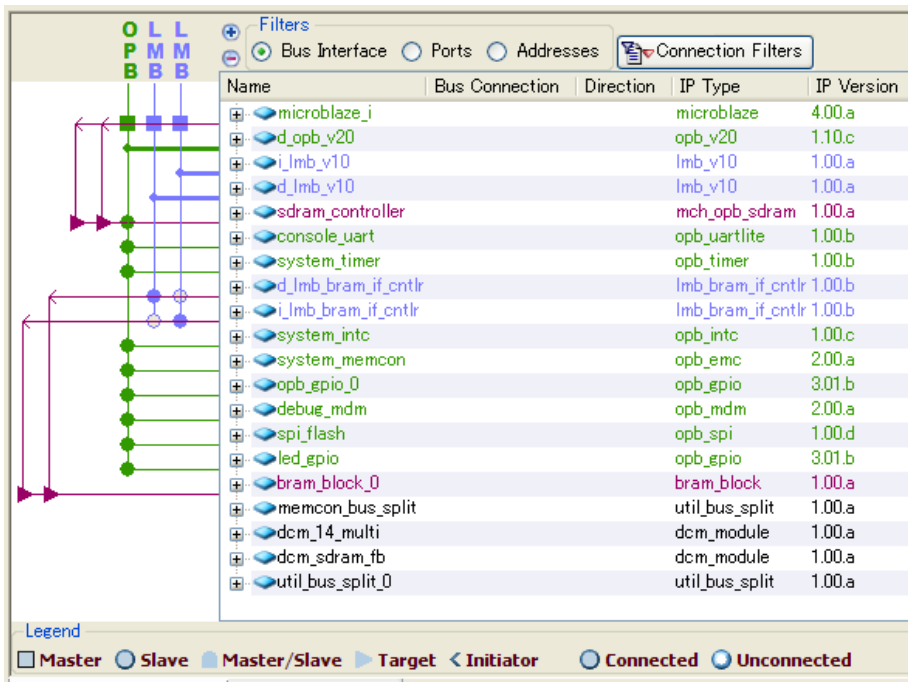


図 10-5 SZ130 のデフォルト(EDK)

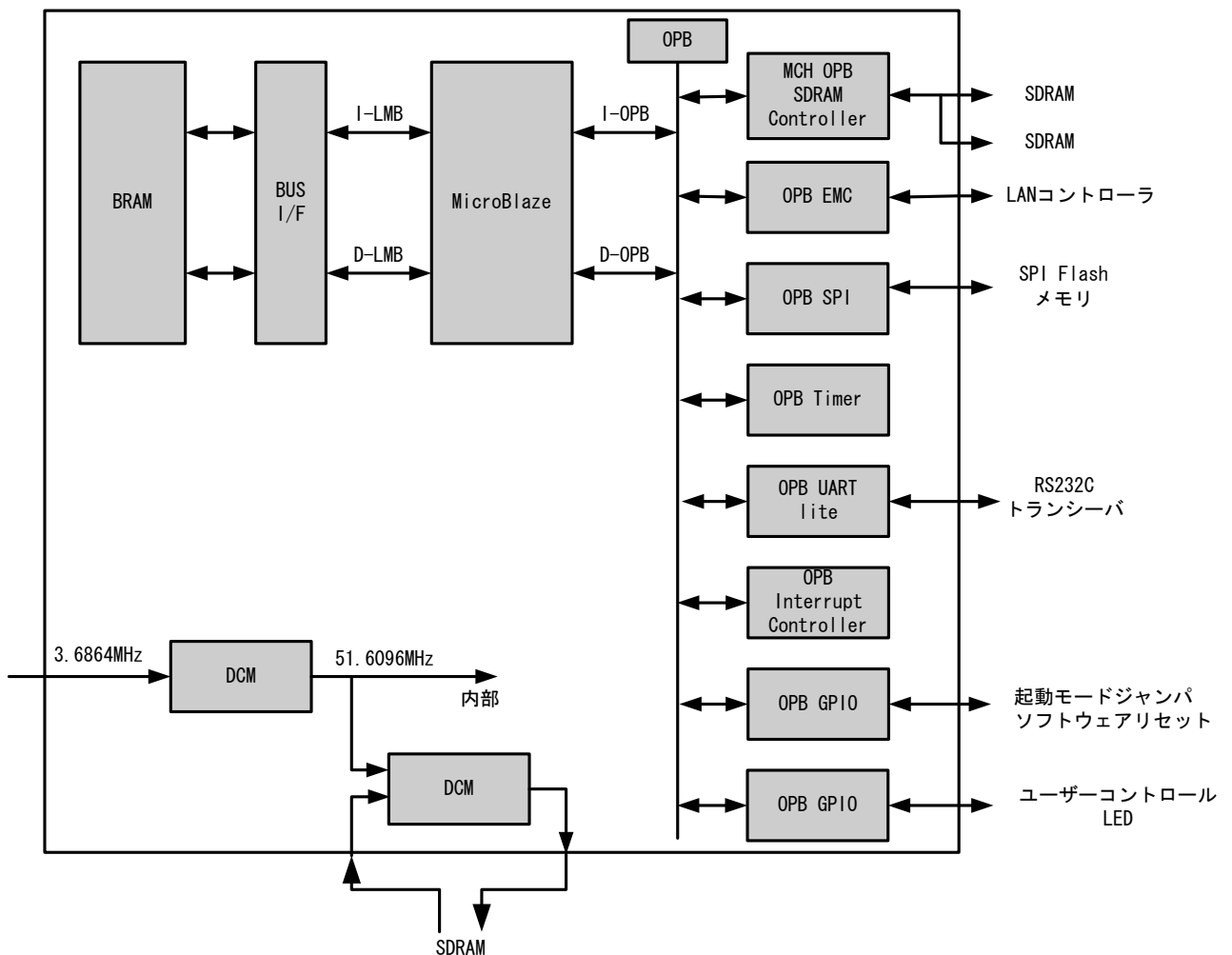


図 10-6 SZ130 デフォルトのブロック図

10.1.3. SZ310 の構成

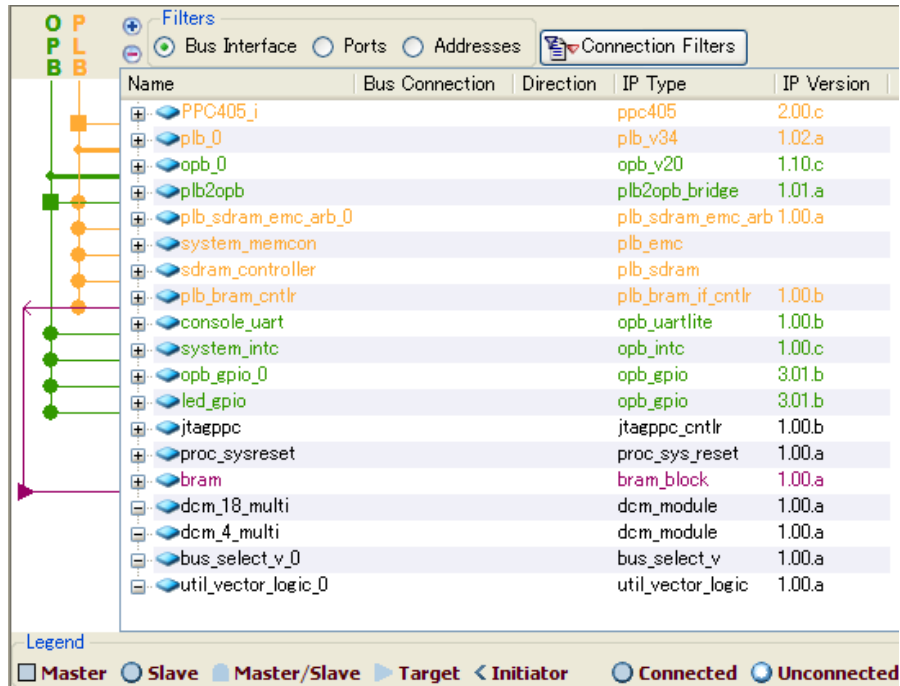


図 10-7 SZ310 のデフォルト(EDK)

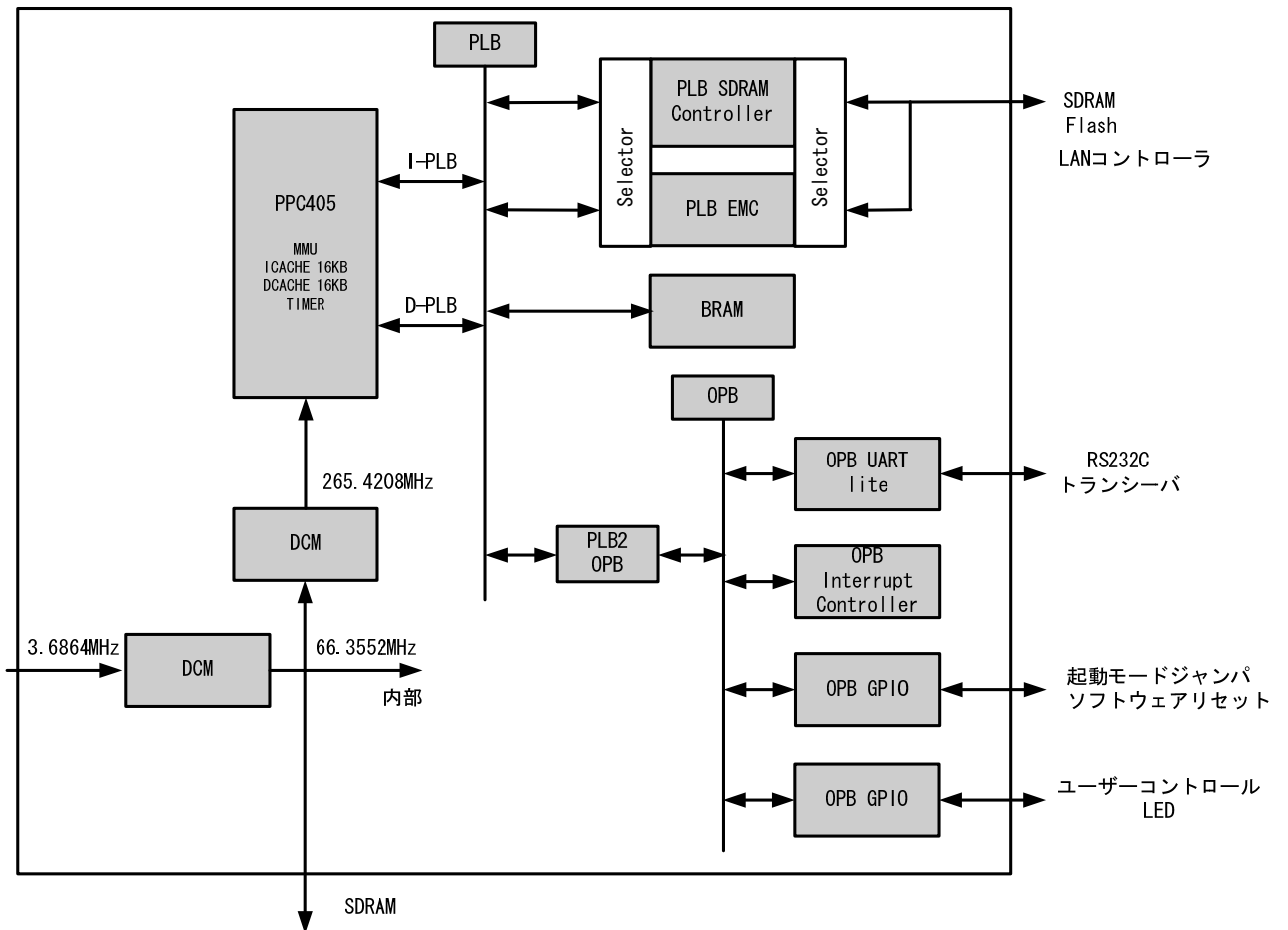


図 10-8 SZ310 デフォルトのブロック図

10.1.4. IP コア

SUZAKU の FPGA で使用しているIPコアについて説明します。SUZAKU はプロセッサ、バス、FPGA 内部メモリ、外部メモリコントローラ、割り込みコントローラ、タイマ、シリアル、GPIO、クロックの IP コアを使用しています。

10.1.4.1. プロセッサ (microblaze, PPC405)

SZ010,SZ030,SZ130 ではソフトプロセッサの MicroBlaze、SZ130 ではハードプロセッサの PowerPC を使用しています。

MicroBlaze	<ul style="list-style-type: none"> •32bitRISC プロセッサ •32bit 固定長命令 •32 個の汎用 32bit レジスタ •MMU なし •命令キャッシュとデータキャッシュ •ハードウェア乗算器 •ハードウェアデバッグロジック対応 •ペリフェラルバス OPB(CoreConnect)
PowerPC	<ul style="list-style-type: none"> •32bitRISC プロセッサ •32bit 固定長命令 •32 個の汎用 32bit レジスタ •MMU あり •命令キャッシュとデータキャッシュ •ハードウェア乗算器 •ハードウェアデバッグロジック対応 •ペリフェラルバス PLB(CoreConnect)

10.1.4.2. バス (lmb_v10, opb_v20, plb_v34)

SZ010,SZ030,SZ130 は LMB と OPB で構成しています。LMB は MicroBlaze と BRAM を接続する専用バスです。OPB はシリアルやタイマなどの IP コアを接続するのに使用しています。

SZ310 は PLB と OPB で構成しています。PLB は PowerPC と BRAM の接続および SDRAM Controller、PLB EMC を接続するのに使用しています。OPB はシリアルやタイマなどの IP コアを接続するのに使用しています。なお、OPB と PLB はブリッジにより接続しています。

10.1.4.3. FPGA 内部メモリ BRAM (bram_block)

FPGA は内部メモリに BRAM を持っています。SZ010,SZ030,SZ130 ではプロセッサのプログラムを置く容量を 8kByte に、SZ310 では 16kByte 設定しています。これは設定できる最小の容量となっているので、適宜増やしてお使いください。ただ、プロセッサのプログラムを置く容量を多く設定しすぎるとキャッシュやその他のユーザが設定できる RAM や FIFO の容量が減ってしまうため、分配の際には注意が必要となります。

また、BRAM には FPGA のコンフィギュレーション時に初期値を書き込むことが出来ます。SUZAKU では BRAM に初期値としてブートローダ BBoot("11.4.7 BBoot 編集"参照)を書き込んでいます。BBoot が終わり、次のプログラム(ブートローダ Hermit や Linux)が起動した後は、SZ010,SZ030,SZ130 では、最初の 32byte 以外、SZ310 では全領域をユーザプログラムが使用することも可能です。

BRAM とバスと接続するために SZ010,SZ030,SZ130 では lmb_bram_if_cntlr、SZ310 では plb_bram_if_cntlr というコントローラを使用しています。

10.1.4.4. 外部メモリコントローラ (opb_emc, opb_sdram, mch_opb_sdram, plb_emc, plb_sdram)

外部メモリコントローラとして、SZ010,SZ030,SZ130 では OPB EMC と OPB SDRAM、SZ310 では

PLB EMC と PLB SDRAM を使用しています。OPB EMC、PLB EMC は Flash メモリと LAN コントローラとの接続に使用し、OPB SDRAM、PLB SDRAM は SDRAM との接続に使用しています。

10.1.4.5. 割り込みコントローラ (opb_intc)

割り込みコントローラに OPB Interrupt Controller を使用しています。最大 32 本の割り込み入力が可能で、それぞれの入力に対し、属性(ハイレベル/ローレベル/立ち上がりエッジ/立下りエッジ)の指定が出来ます。EDKは割り込みコントローラに接続されている IP コアの割り込み線の属性を見て、割り込みの受け付け回路を最適になるように自動生成してくれます。SZ010、SZ030、SZ130 では割り込み入力に OPB TIMER、OPB UART Lite、LAN コントローラの 3 つ、SZ310 では OPB TIMER を除いた残り 2 つの割り込み入力に接続しています。

10.1.4.6. タイマ (opb_timer)

SZ010、SZ030、SZ130 では OPB TIMER を、SZ310 では PowerPC の内部タイマを使用しています。

10.1.4.7. シリアル (OPB UART Lite)

シリアルには OPB UART Lite を使用しています。OPB UART Lite は送受信 16MByte ずつの FIFO を持っており、送信 FIFO が空になった時と、受信 FIFO にデータが入ってきた時に割り込みを発生します。OPB UART Lite はハードウェアフロー制御信号やモデム制御信号を持っていません。

CON1(RS232C 用 10 ピンヘッダ)には、TXD、RXD、RTS、CTS をピンアサインしています。そのうち OPB UART Lite で使用している信号は TXD、RXD のみで、その他の信号は未使用となっています。これらの未使用の信号は GPIO やユーザロジックを接続してフロー制御したり、別の OPB UART Lite を接続して、2 ポート目の UART とすることも可能です。

10.1.4.8. GPIO (opb_gpio)

D1、D3 の LED を点灯するために GPIO を使用しています。

10.1.4.9. クロック (dcm_module)

SZ010、SZ030、SZ130 では SUZAKU のクロック 3.6864MHz を DCM で 14 逓倍し 51.6096MHz にして、SDRAM や内部バス、MicroBlaze に供給しています。SZ310 では SUZAKU のクロック 3.6864MHz を DCM で 18 逓倍し 66.3552MHz にして SDRAM や内部バスに供給し、さらにこれを 4 逓倍して 265.4208MHz にして PowerPC に供給しています。

10.1.4.10. SPI (opb_spi)

SZ130 の FPGA (Spartan-3E)は SPI モードを使うことが出来ます。SPI モードは市販の SPI Flash メモリからコンフィギュレーションするモードです。このため、OPB SPI を使用しています。

10.1.4.11. ブリッジ (plb2opb_bridge)

SZ310 では OPB をブリッジを使用して PLB に接続しています。OPB に追加する IP コアはこのブリッジで設定された BaseAddress と HighAddress の間にアドレスを設定する必要があります。デフォルトでは BaseAddress が 0xF0F00000、HighAddress が 0xF0FFFFFF に設定されています。このアドレスは C_RNG0_BASEADDR と C_RNG0_HIGHADDR の値により変更することが出来ます。もし仮にこのアドレス内からはみ出たところに IP コアのアドレスを設定してコンフィギュレーションしてもエラーは出ませんのでご注意ください(もちろん動かないし、アドレスからはみ出ていることに気づかず、デバッグに時間がかかることが多いです)。

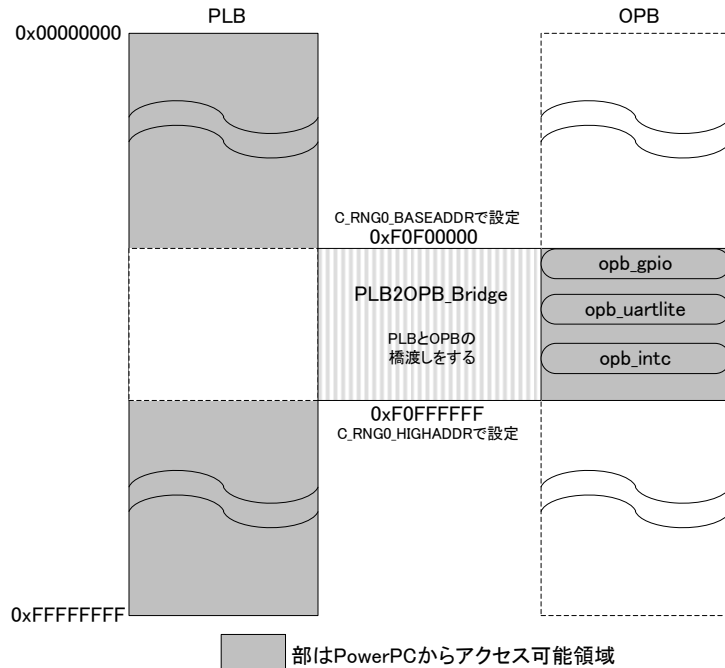


図 10-9 ブリッジ

10.2.2. ハードウェア設定

まずはハードウェアの設定を行います。

ここでの設定は Project タブの Project Files→MHS File: xps_proj.mhs に反映されます。

10.2.2.1. IP コア追加

IP コアを追加します。IP Catalog のタブをクリックしてください。IP Catalog には EDK に登録されている IP コアやユーザが登録した IP コアの一覧が表示されます。ここから使いたい IP コアを選択し、追加することができます。

General Purpose IO の中にある opb_gpio を右クリックしてメニューを出し、Add IP を選択してください。opb_gpio が追加されます。

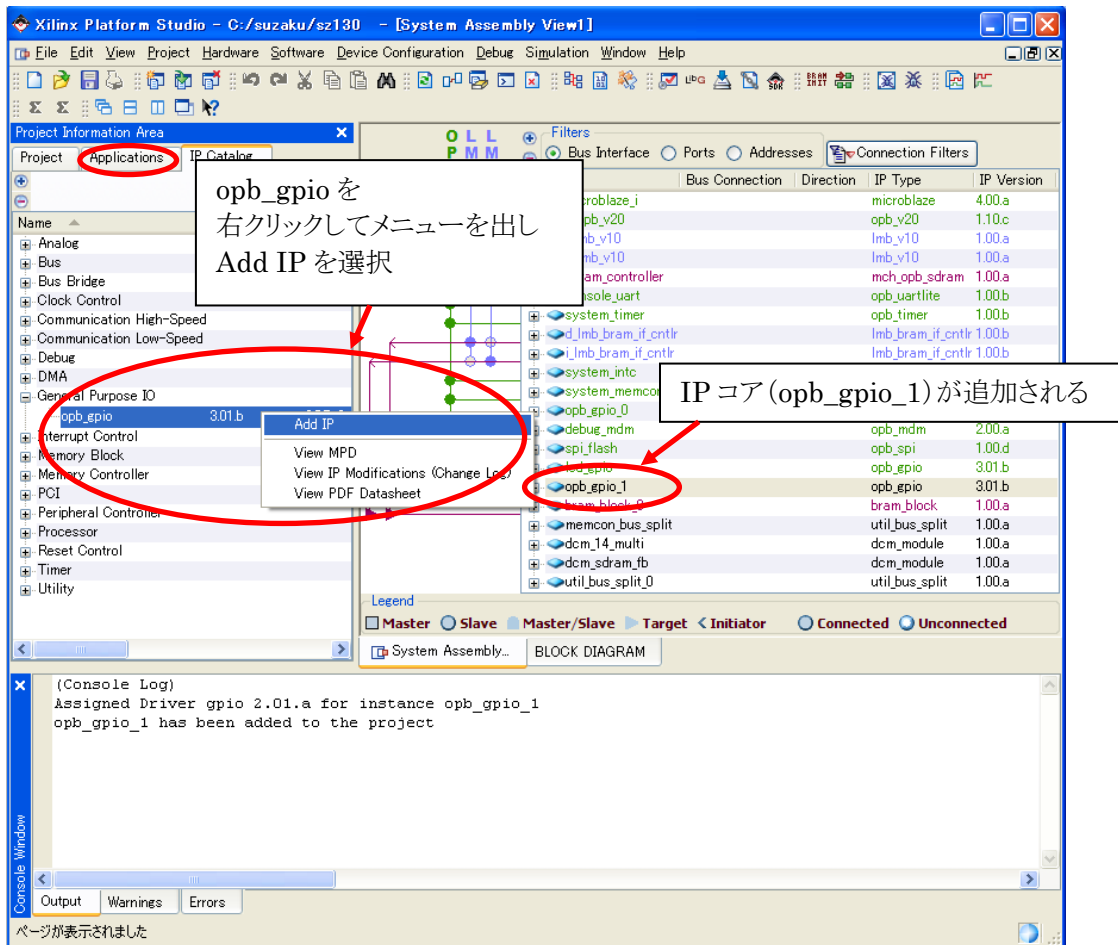


図 10-11 opb_gpio の追加

10.2.2.2. OPB バスに接続

OPB に GPIO を接続します。OPB は MicroBlaze やペリフェラルを接続するためのバスです。Bus Interface を選択し、opb_gpio_1 の横の丸をクリックしてください。○ → ●
これで OPB バスに GPIO が接続されます。

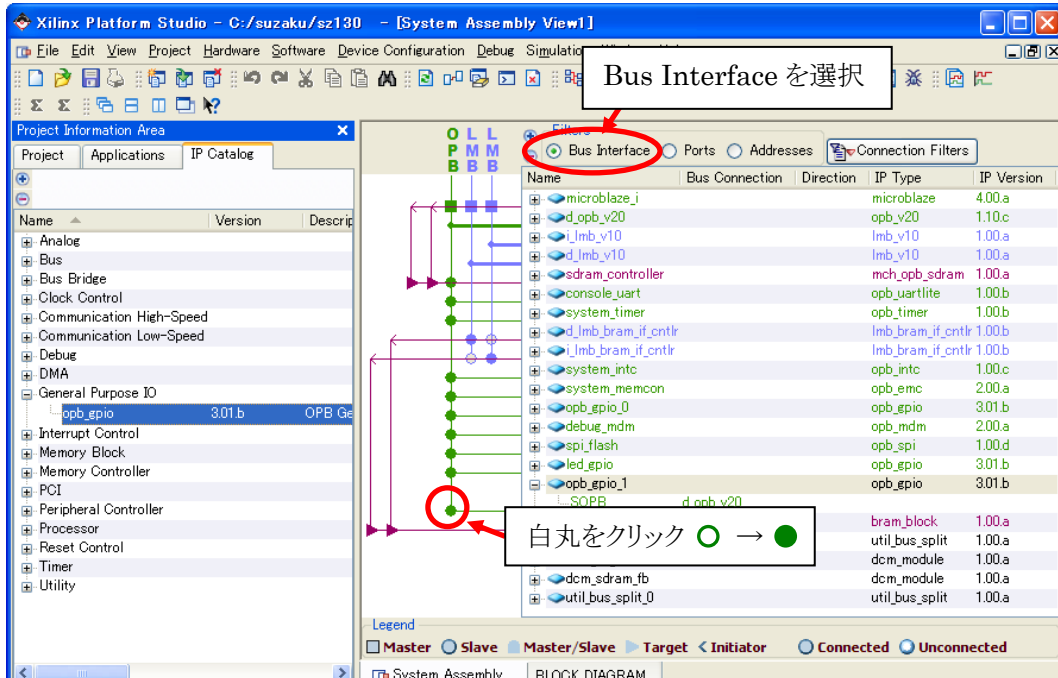


図 10-12 OPB バスに接続

10.2.2.3. IP コアの設定

IP コアはさまざまな設定をすることができます。今回追加した GPIO では GPIO の本数、出力の属性、プロセスから制御する際の BaseAddress などを設定することができます。

opb_gpio_1 を右クリックしてメニューを出し、[Configure IP]を選択してください。

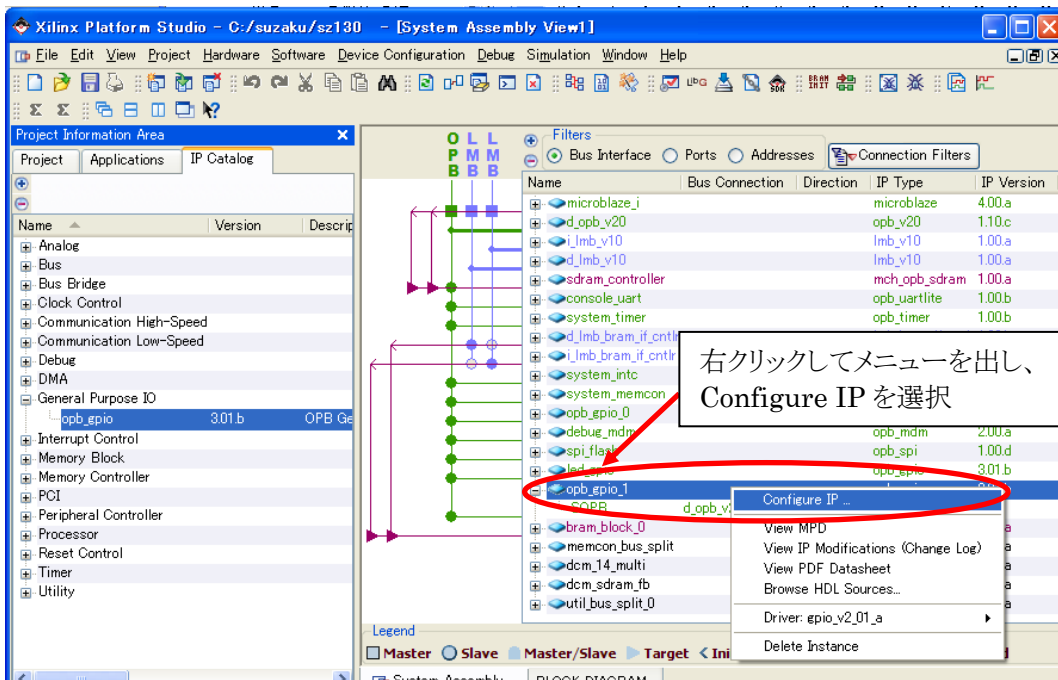


図 10-13 Configure IP

単色 LED を 1 つだけ光らすので、バスの幅は 1 ビットにします。

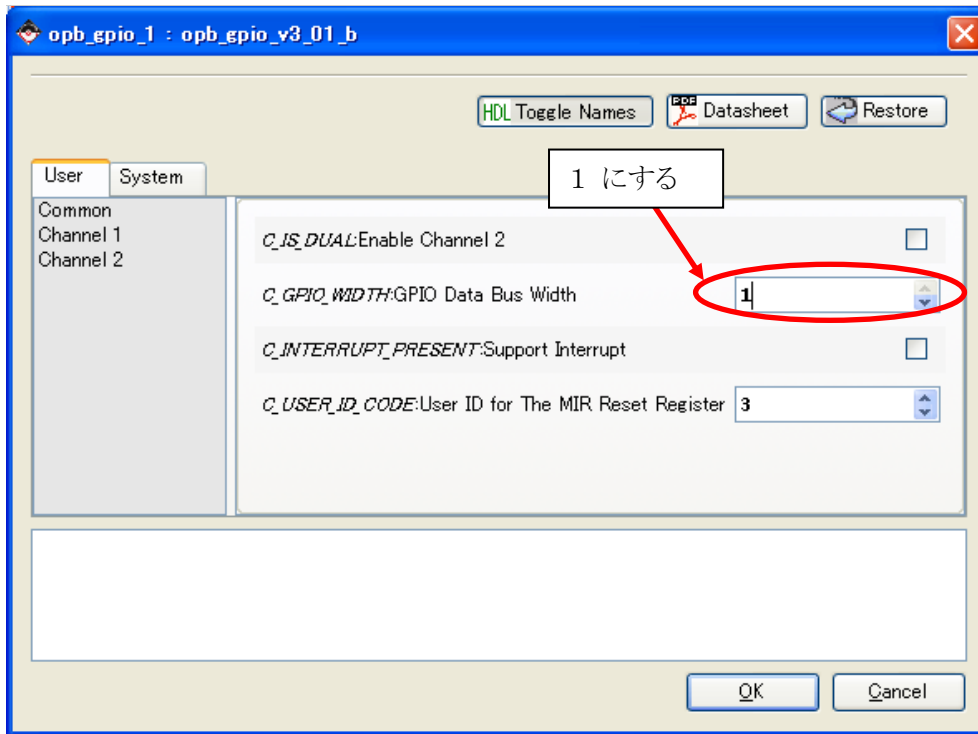


図 10-14 バス幅の設定

Channel1 を選択し、Bi-directional を[FALSE]にしてください。

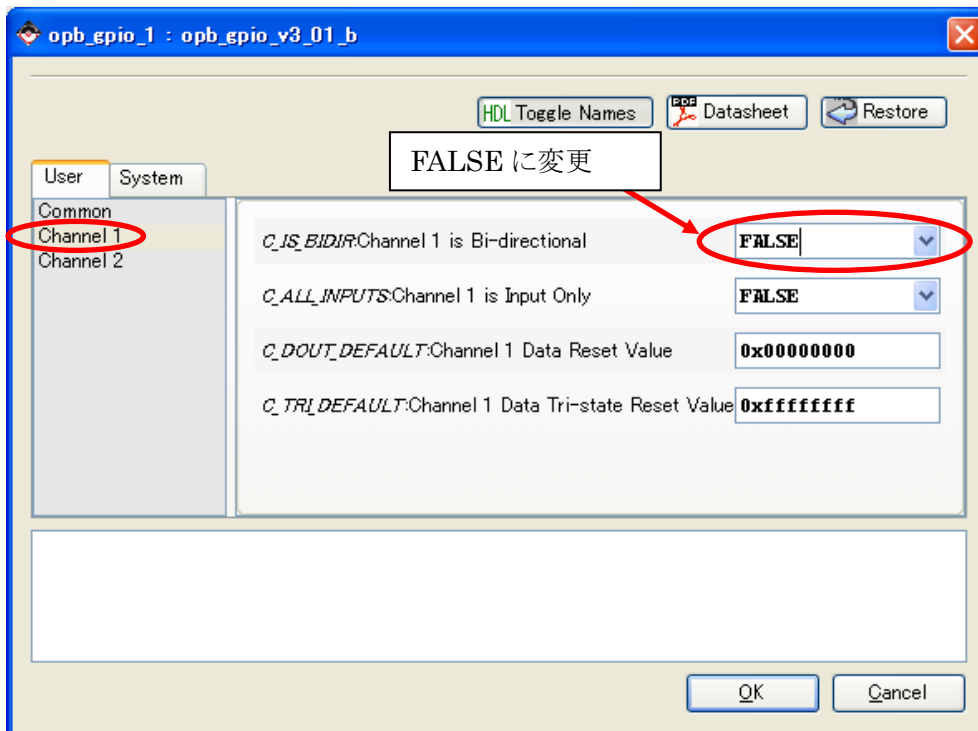


図 10-15 その他設定変更

System タブをクリックし、[Base Address]、[High Address]にそれぞれメモリアドレスを入力して、[OK]をクリックしてください。メモリアドレスは SUZAKU のメモリマップで Free と書いてあるところに割り当てます（"1.3 メモリマップ"参照）。メモリアドレスは同じバスにつながっている周辺回路を CPU が見分けるために使用する大事な値です。この値が任意に決められていることで、CPU や他のコアが通信できるようになります。

表 10-1 GPIO メモリアドレス

	SZ010, SZ030 SZ130	SZ310
Base Address	0xFFFFA400	0xF0FFA400
High Address	0xFFFFA5FF	0xF0FFA5FF

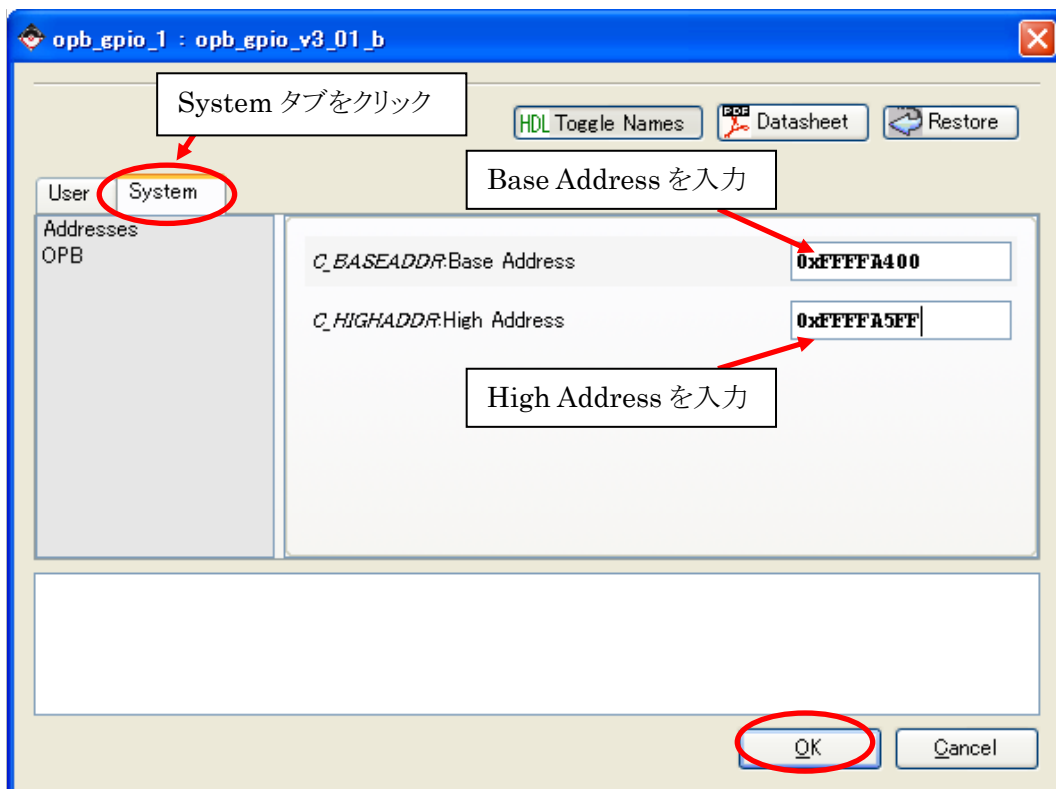


図 10-16 メモリアドレス設定

IP コアの詳細を知りたい時は、[Datasheet]をクリックしてください。データシートが表示されます。

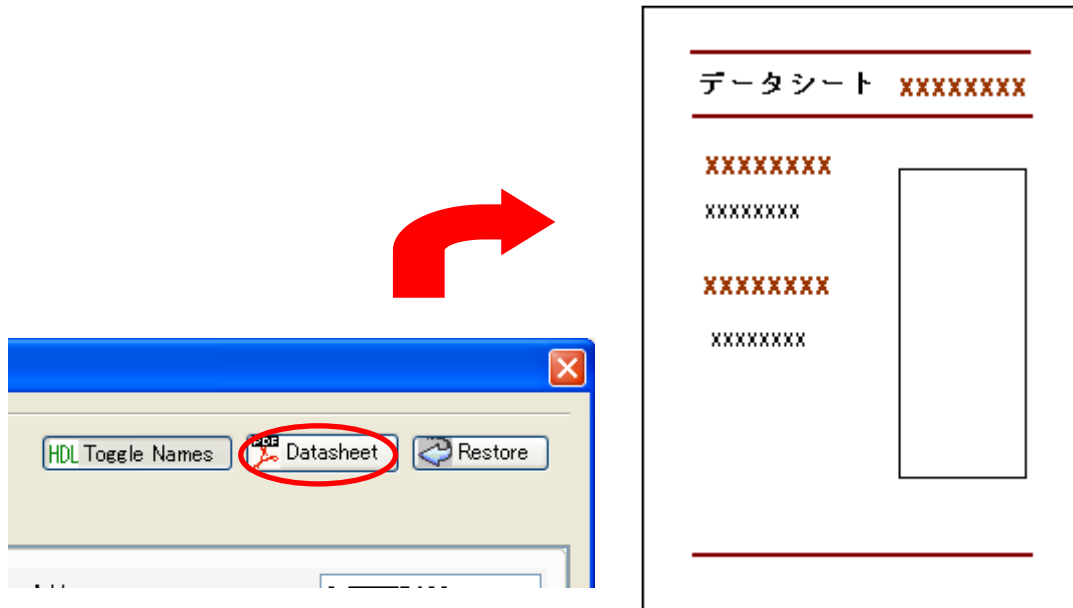


図 10-17 データシートの出し方

10.2.2.4. メモリマップ確認

Addresses を選択し、opb_gpio_1 の BaseAddress と High Address と Size に間違いがないか確認してください。

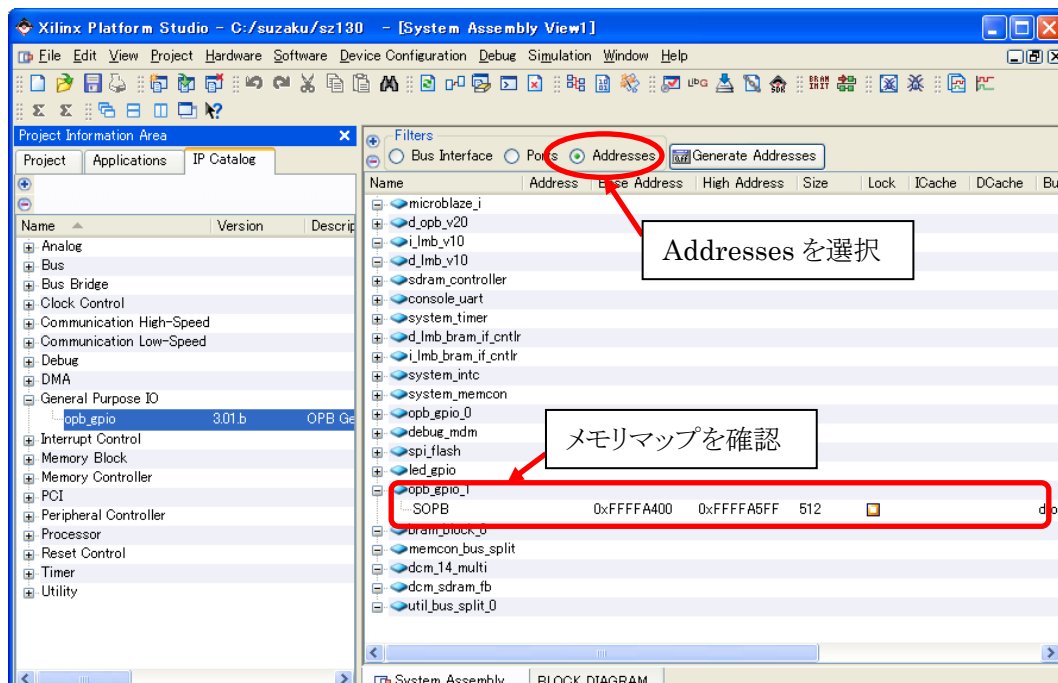


図 10-18 メモリマップ確認

10.2.2.5. 信号の定義

IP コアのバス以外への接続の指定をします。External Ports に登録すると、FPGA 外部信号を定義することができます、それ以外は内部信号になります。

Ports を選択し、opb_gpio_1 の をクリックし開いてください。GPIO_d_out の Net の部分をクリックし、nLE と入力し、欄外をクリックして確定させてください。



図 10-19 Net 名入力

もう一度nLEのNetの部分をクリックし、今度は▼をクリックし、[Make External]を選択し、欄外をクリックして確定させてください。

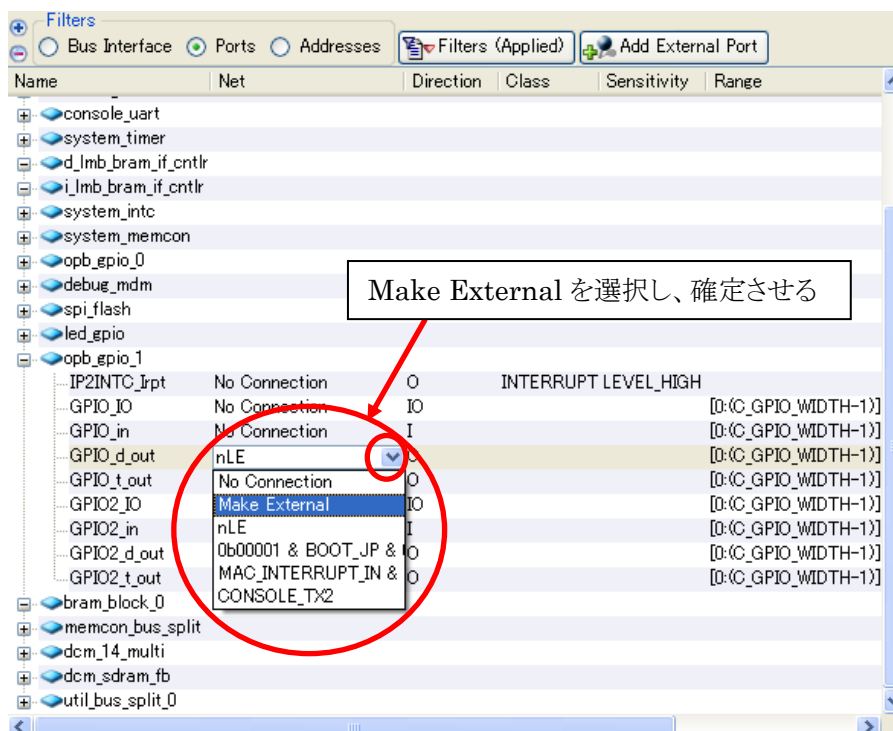



図 10-20 外部信号にする

External Ports の  をクリックして開いてください。External Ports にはシステムの外部に出力する信号が定義されています。この中に Name: nLE_pin という信号が出来上がっているのですが、nLE_pin をクリックし、名前を nLE に変更してください。これで外部出力信号 nLE が定義されます。

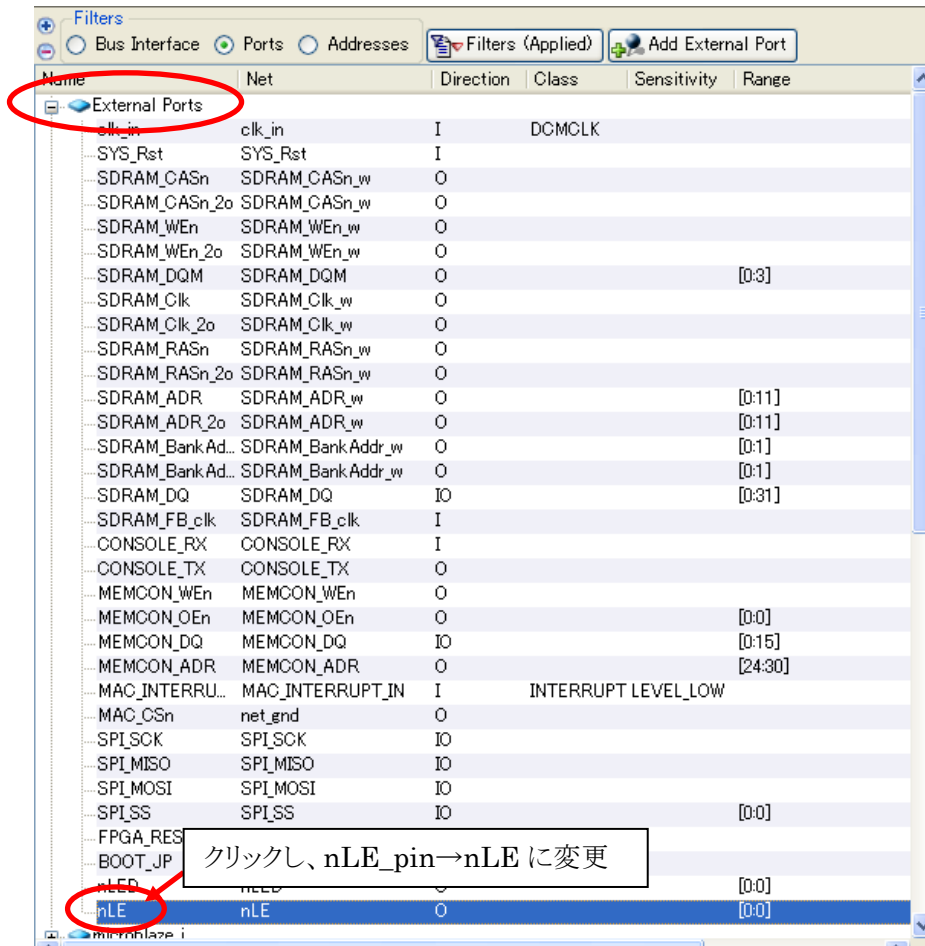


図 10-21 信号名変更

ここまでにを行った作業はすべて mhs ファイルに反映されます。mhs ファイルはハードウェアの構成や設定を記述するファイルです。Project タブをクリックし、Project Files→MHS File: xps_proj.mhs をダブルクリックして開いてください。

例 10-1 GPIO を追加した mhs ファイル

```
PARAMETER VERSION = 2.1.0

PORT clk_in = clk_in, DIR = I, SIGIS = CLK
PORT SYS_Rst = SYS_Rst, DIR = I
# 中略
PORT nLE = nLE, DIR = O, VEC = [0:0] #外部への出力信号定義

# 中略

BEGIN opb_gpio
  PARAMETER INSTANCE = opb_gpio_1           #インスタンス名 (Name のところ)
  PARAMETER HW_VER = 3.01.b                 #バージョン
  PARAMETER C_GPIO_WIDTH = 1                #1 ビットに設定
  PARAMETER C_IS_BIDIR = 0                  #GPIO_IO を Input として使用しないので 0
  PARAMETER C_BASEADDR = 0xFFFFFA400       #メモリマップの設定 (BASE ADDRESS)
  PARAMETER C_HIGHADDR = 0xFFFFFA5FF       #メモリマップの設定 (HIGH ADDRESS)
  BUS_INTERFACE SOPB = d_opb_v20            #OPB バスに接続
  PORT GPIO_d_out = nLE                     #External Port に接続
END
```

10.2.2.6. ピンアサイン

Project タブをクリックし、UCF File: data/xps_proj.ucf をダブルクリックして開いてください。ピンアサイン設定のファイルが開きます。単色 LED (D1) を点灯させるため、FPGA に信号を割り当てます。バス幅が 1 ビットでも nLE<0>のように、記述します。記述できたら[File]→[Save]をクリックし、保存してください。

表 10-2 nLE<0> ピンアサイン

	SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
nLE<0>	B12	E12	L16

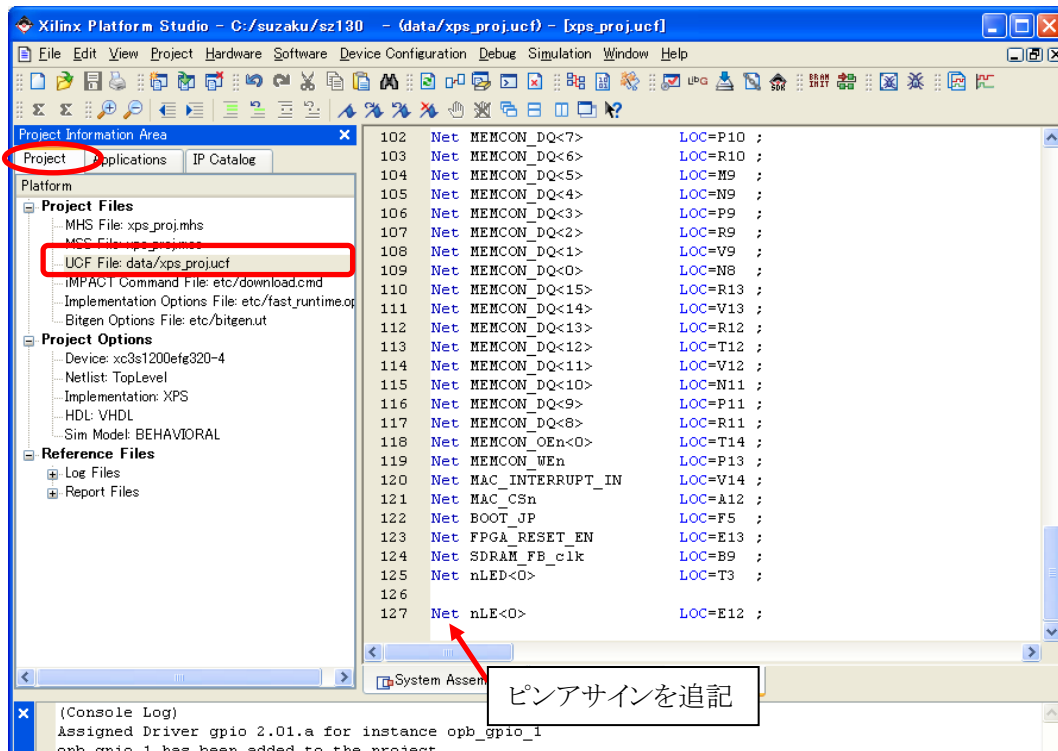



図 10-22 GPIO(xps_proj.ucf)

10.2.2.7. IP コア追加 作業まとめ

1. IP コアを SUZAKU のデフォルトに追加
2. OPB バスに接続
3. 各種設定変更
4. アドレスを設定
5. 入出力信号の接続

10.2.3. ネットリスト, プログラムファイル(Hardのみ) 作成

[Hardware]→[Generate Netlist]  をクリックして下さい。ネットリストが生成されます。

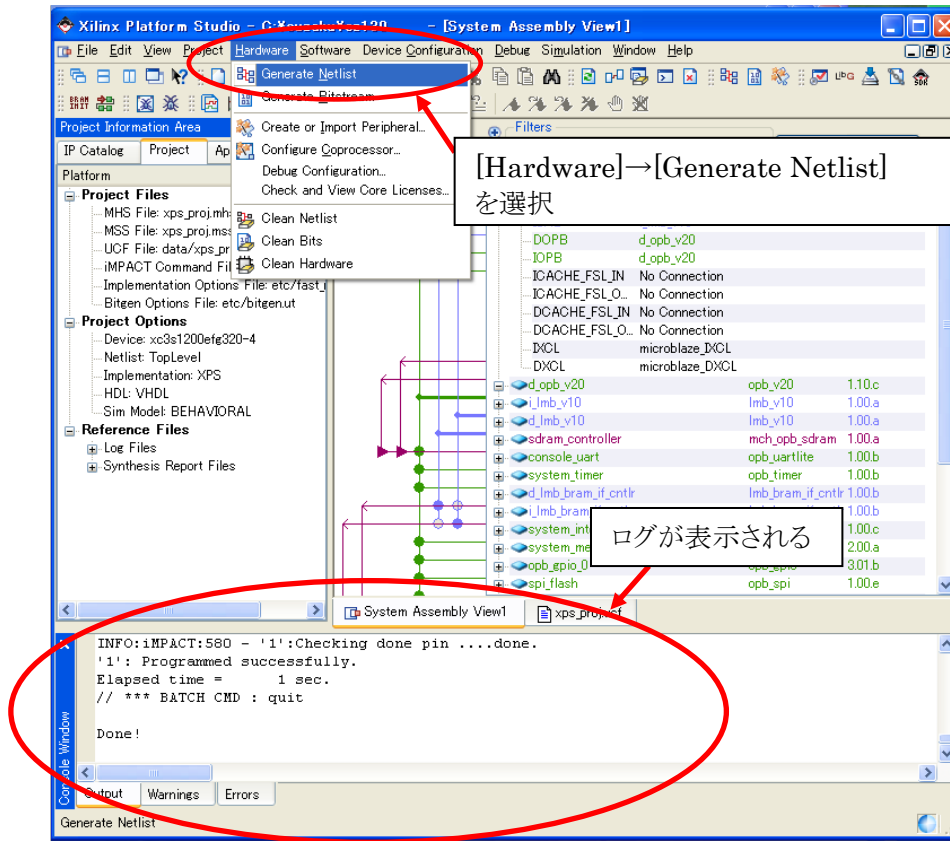
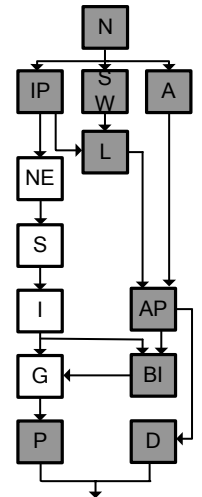



図 10-23 ネットリスト作成

[Hardware]→[Generate Bitstream]  をクリックして下さい。ソフトウェアを含まない bit ファイルが生成されます。エラーが出た場合は、今までの工程を見直してみてください。

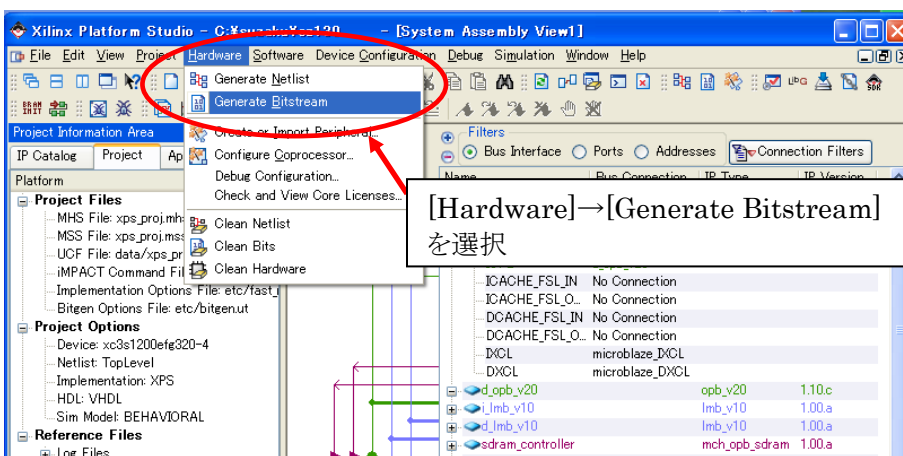



図 10-24 bit ファイル (Hard) 作成

10.2.4. ソフトウェア設定

10.2.4.1. ライブラリ, ドライバ設定

[Software]→[Software Platform Settings]  をクリックしてください。ここではプロセッサ、OS、およびライブラリの設定を変更することが出来ます。Drivers をクリックすると、Driver の設定が表示されます。

追加した opb_gpio の Driver を generic に変更し、OK をクリックしてください。

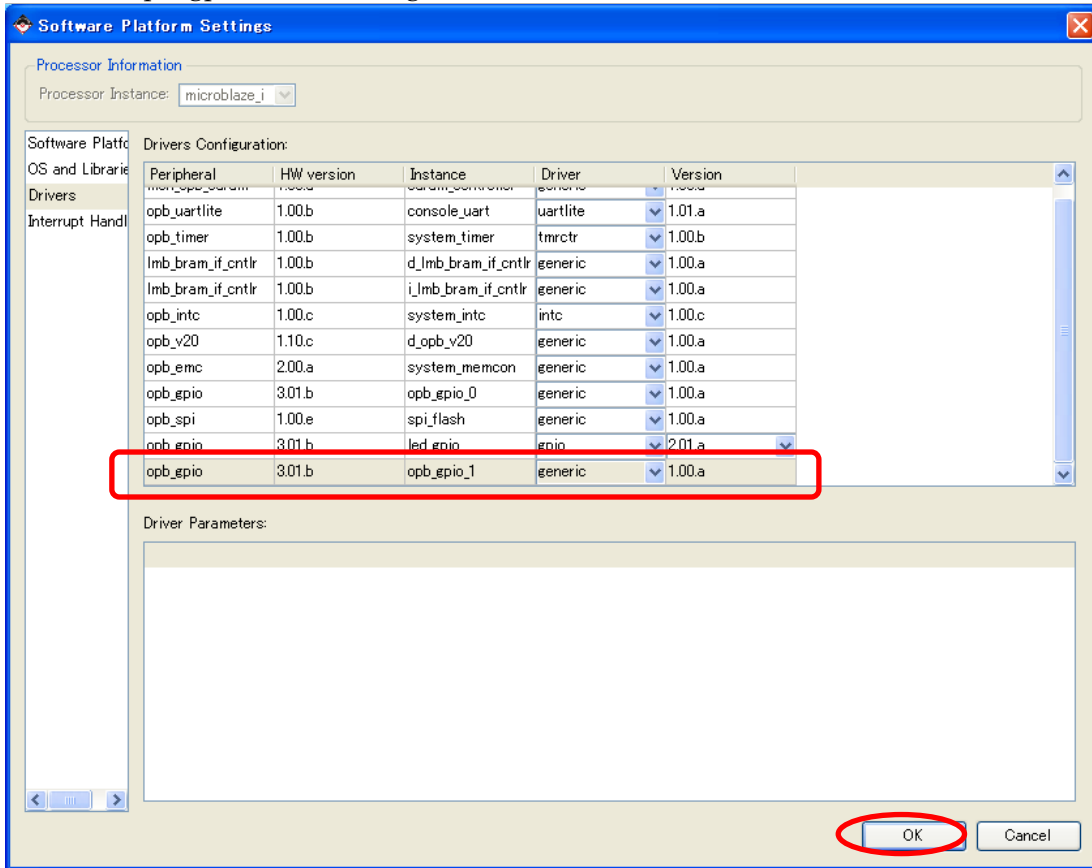
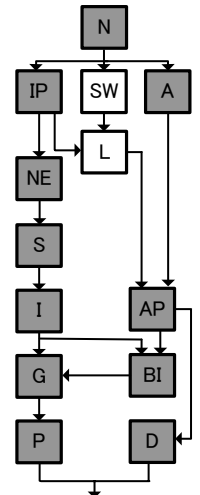


図 10-25 GPIO Driver 設定

ここで設定した内容は mss ファイルに反映されます。mss ファイルはライブラリやドライバの設定を記述するファイルです。Project タブをクリックし、Project Files→MSS File: xps_proj.mss をダブルクリックして開いてください。一番下の記述が今回追加された設定です。

例 10-2 GPIO の設定を追加した mss ファイル

```
BEGIN DRIVER
PARAMETER DRIVER_NAME = generic
PARAMETER DRIVER_VER = 1.00.a
PARAMETER HW_INSTANCE = opb_gpio_1
END
```

TIPS Bug Fix

Software Platform Settings を変更すると、MSS ファイルに以下のような記述が入り、エラーが出る場合があります。この記述は必要ないので、削除してください。

```
PARAMETER int_handler = , int_port = MAC_INTERRUPT_IN
```

10.2.4.2. ライブラリ, ドライバ生成

Generate Libraries and Drivers^{lib}をクリックして下さい。

ライブラリや様々な設定を定義したヘッダファイルが出来上がります。

xparameters.h を開いてください。xparameters.h にはシステムのアドレスマップが定義されます。

先ほど設定した GPIO の BASEADDR と HIGHADDR が自動で定義されています。

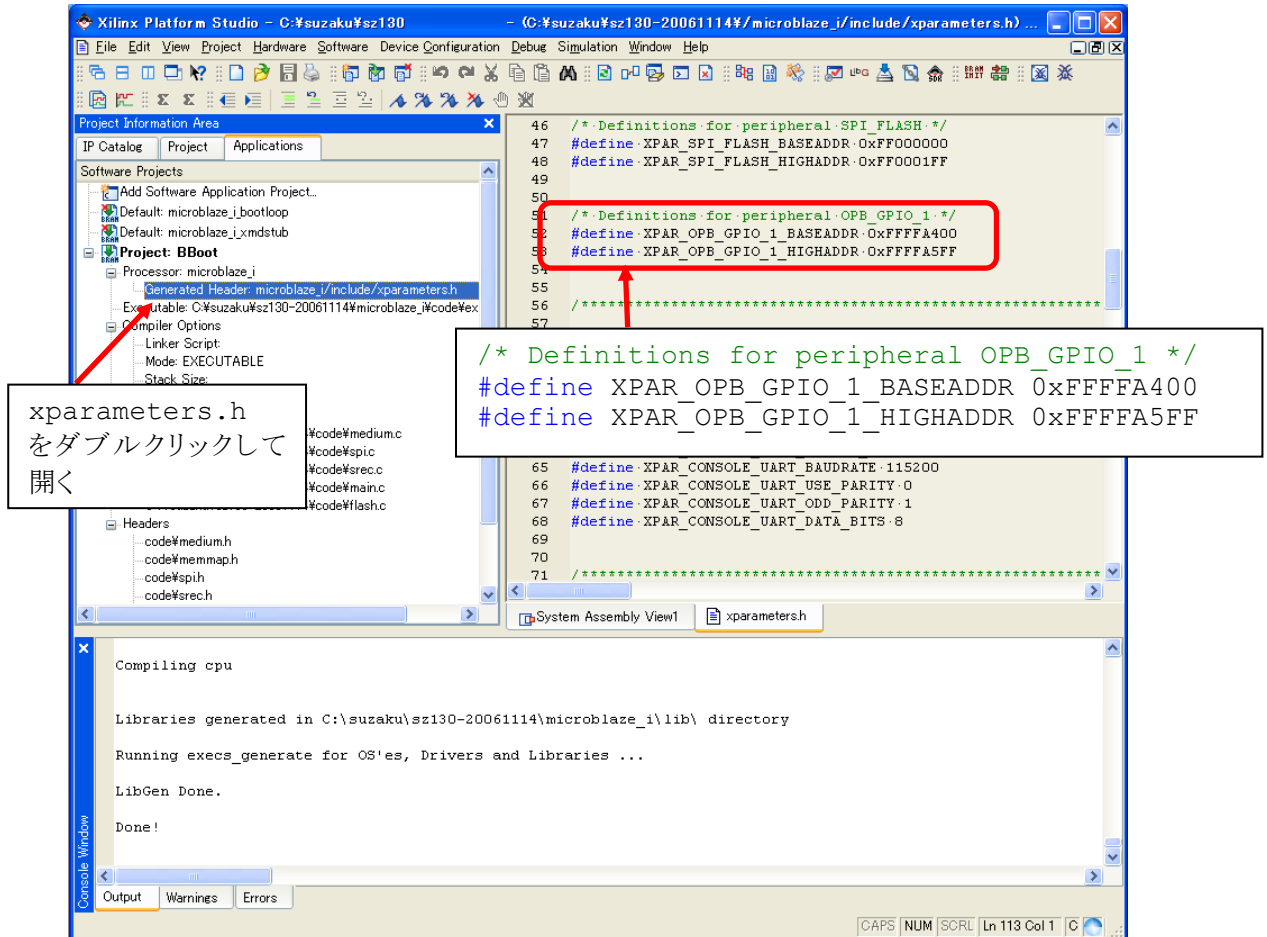


図 10-26 xparameters.h

10.2.5. アプリケーション編集

単色 LED を光らせるアプリケーションを作成します。

Applications タブをクリックしてください。Add Software Application Project を右クリックし、Add Software Application Project をクリックして下さい。

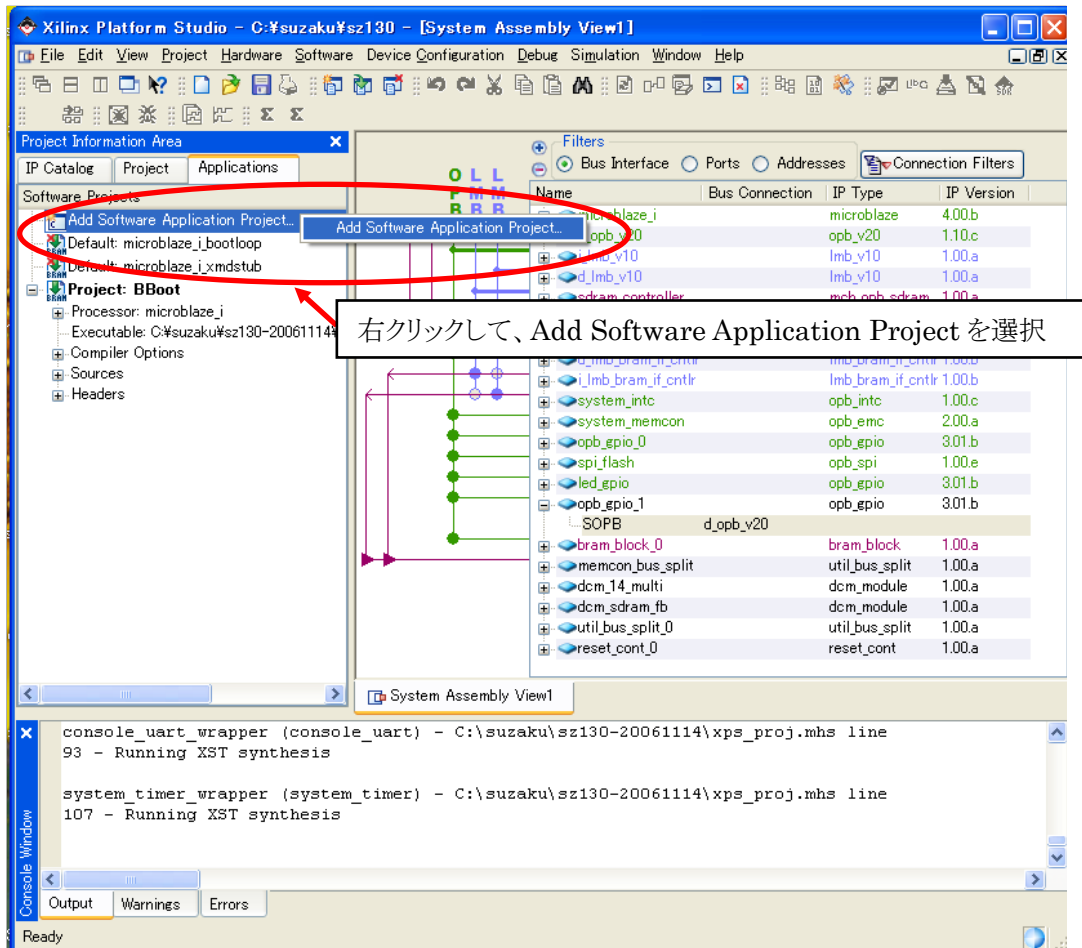
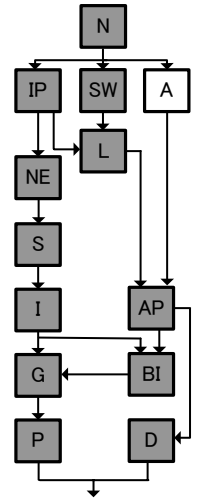


図 10-27 アプリケーション作成

下図が立ち上がるので、アプリケーションのプロジェクトの名前を入力します。ここでは **hello-led** とします。

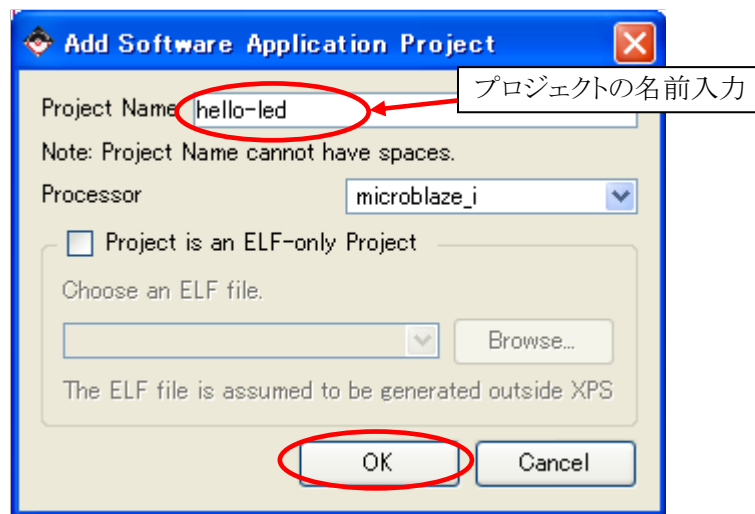


図 10-28 アプリケーションのプロジェクト名

Project : **hello-led** が出来上がります。Sources を右クリックしメニューの **Add New File** をクリックして下さい。

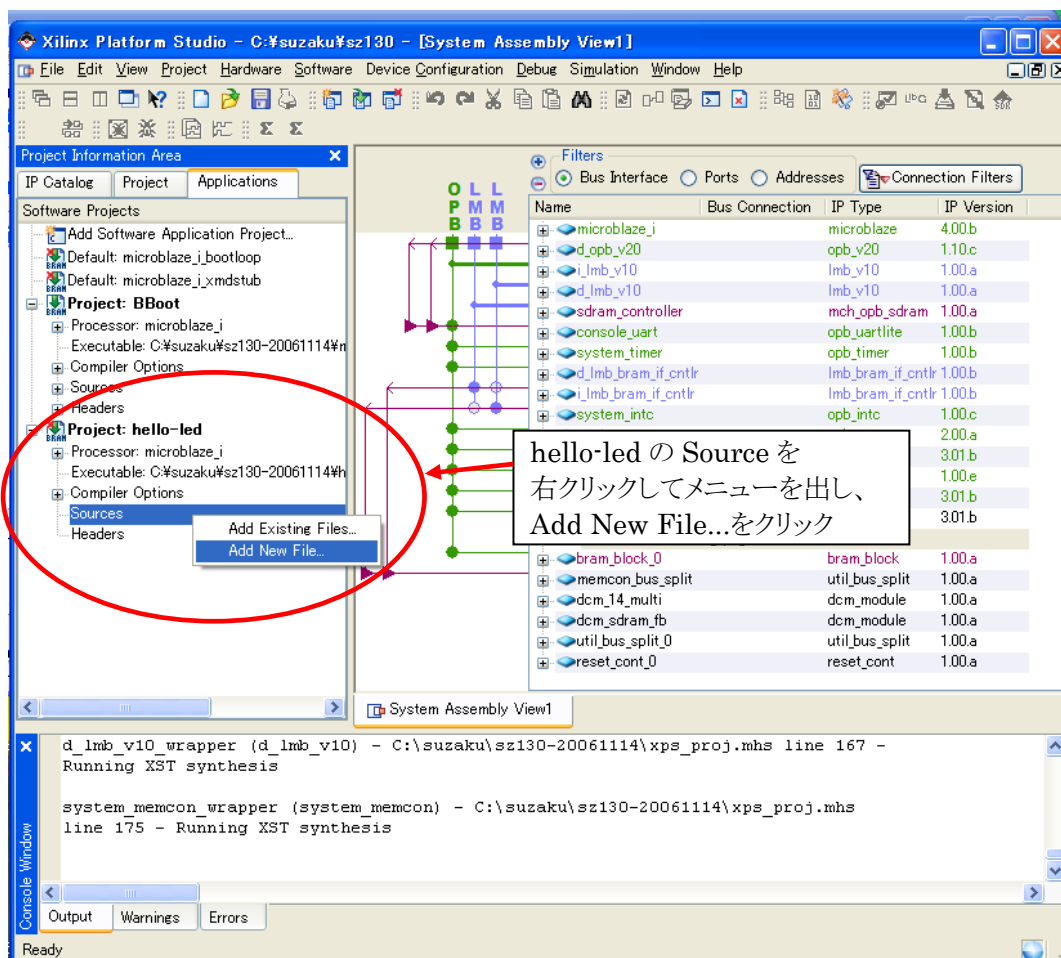


図 10-29 New File 作成

その場に直接プログラムを置いてもいいのですが、ファイルがたくさんになるとぐちゃぐちゃになるので、フォルダを1つ作成します。ここでは `hello-led` というフォルダを作成します。作成したフォルダを開いてください。ファイル名に `main.c` と入力し、[保存]をクリックして下さい。

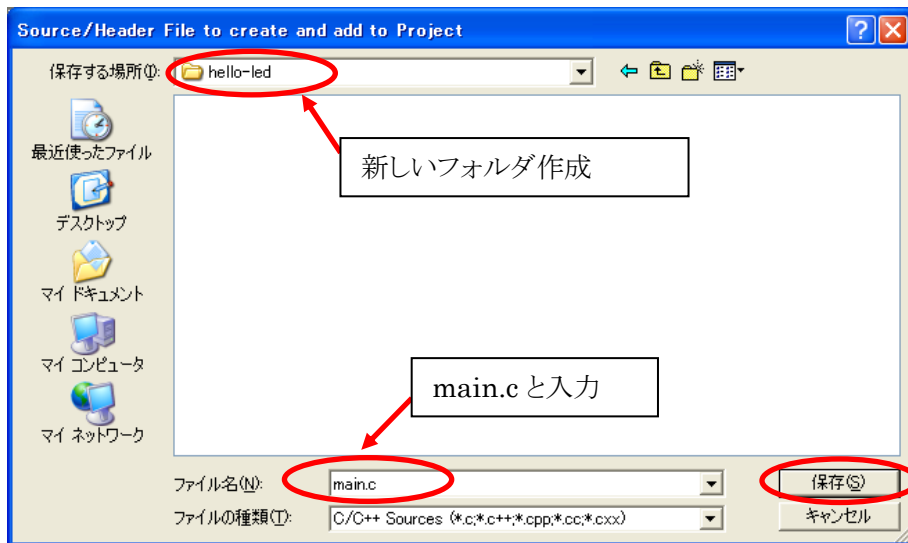


図 10-30 main.c 作成

Sources に `main.c` が作成されます。ダブルクリックしてファイルを開いてください。

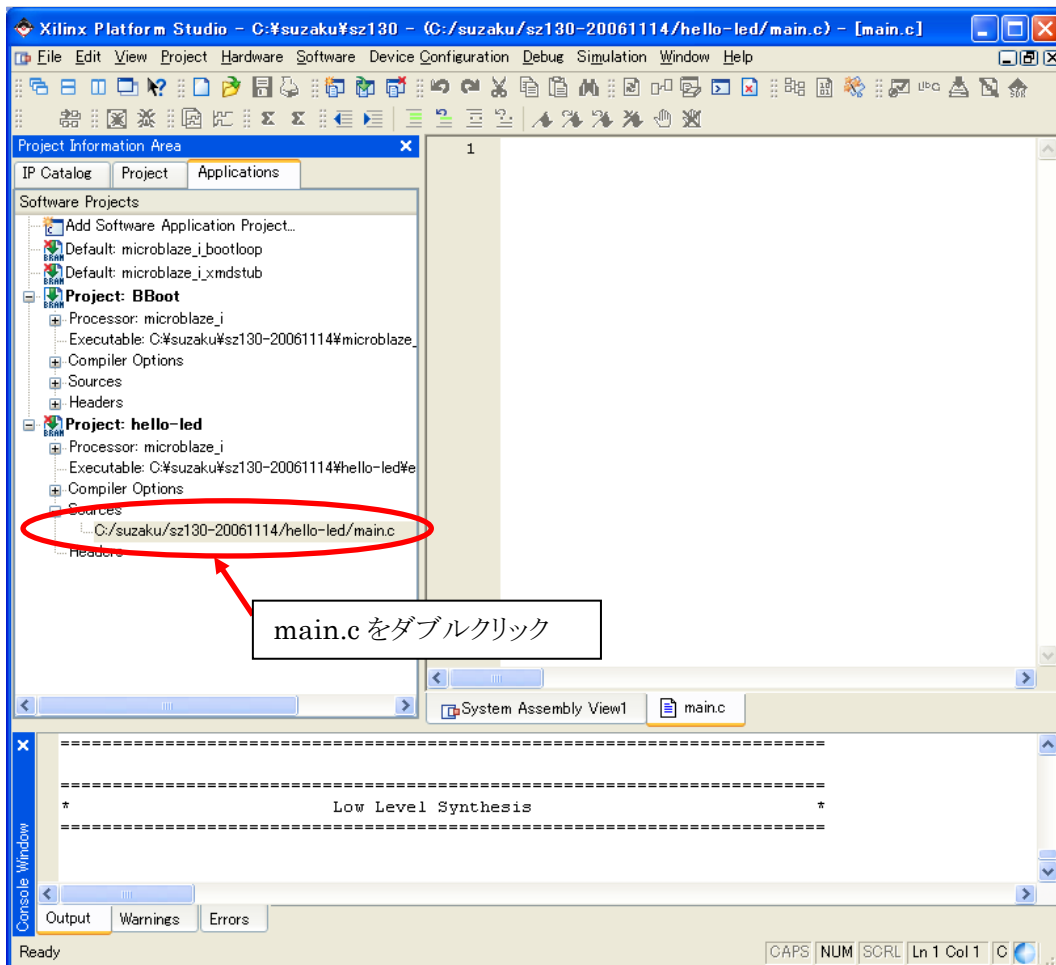
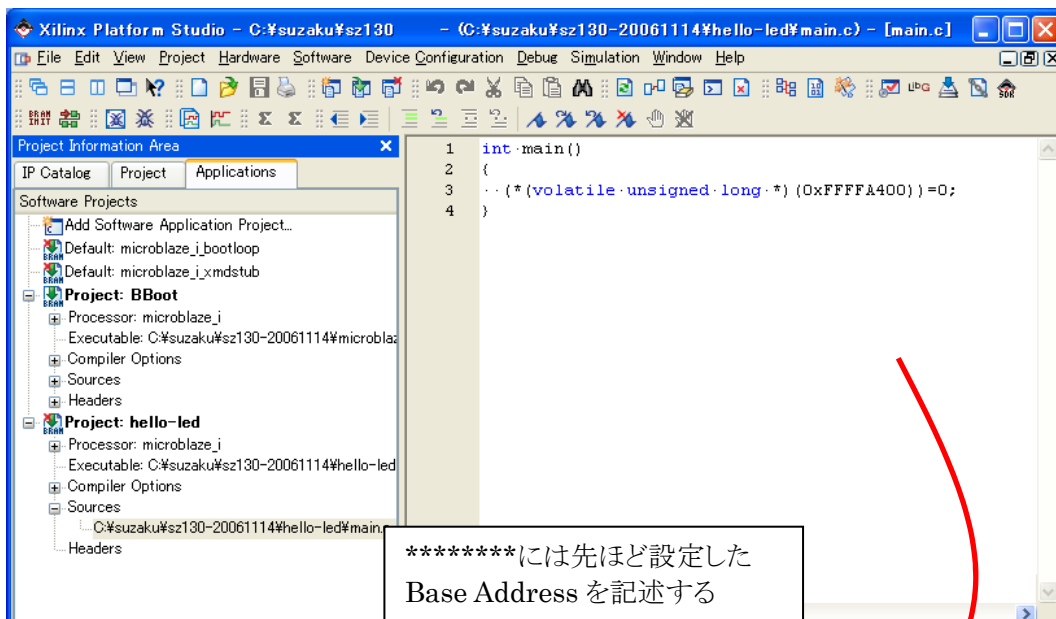


図 10-31 main.c を開く


単色 LED を点灯するソースコードを記述します。ここでは直接アドレスを指定しています。



```
int main()
{
  (*(volatile unsigned long *) (0x*****)) = 0;
}
```

図 10-32 単色 LED 点灯のソースコード(main.c)

記述できたら[File]→[Save]を選択し、保存してください。

Project : hello-led を右クリックして、Mark to Initialize BRAMs をクリックして下さい。
 チェックマークがつき、Project : hello-led の横のアイコンが  に変わります。これで hello-led が BRAM に初期値として書き込まれるようになります。

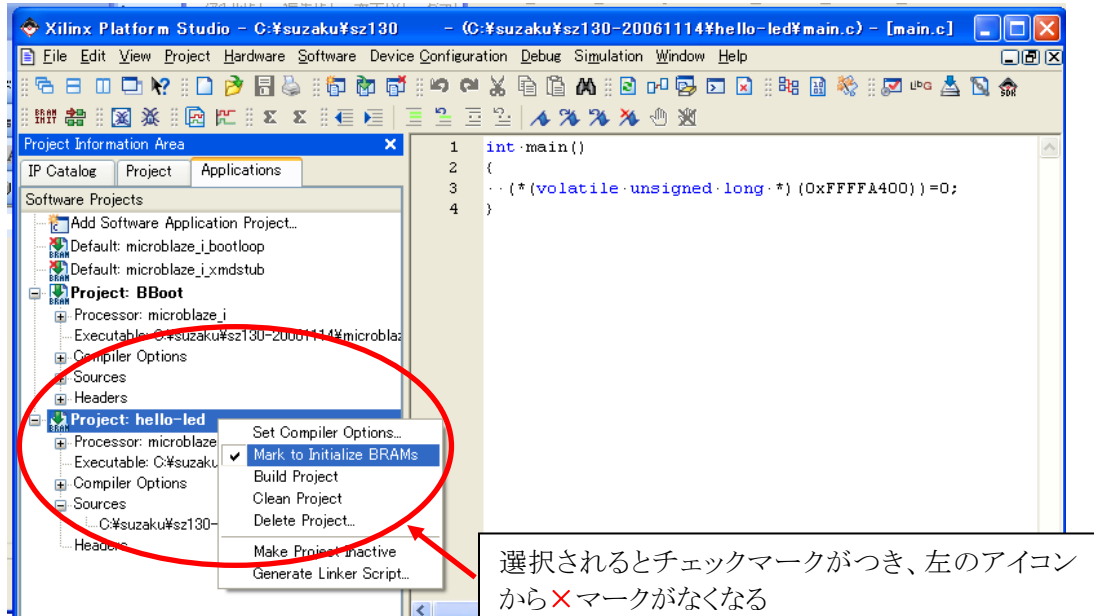



図 10-33 hello-led を書き込むように設定

今回 BBoot("11.4.7 BBoot 編集"参照)は書き込みません。
 Project : BBoot を右クリックして、Mark to Initialize BRAMs をクリックして下さい。
 チェックマークが消え、Project : BBoot の横のアイコンが  に変わります。

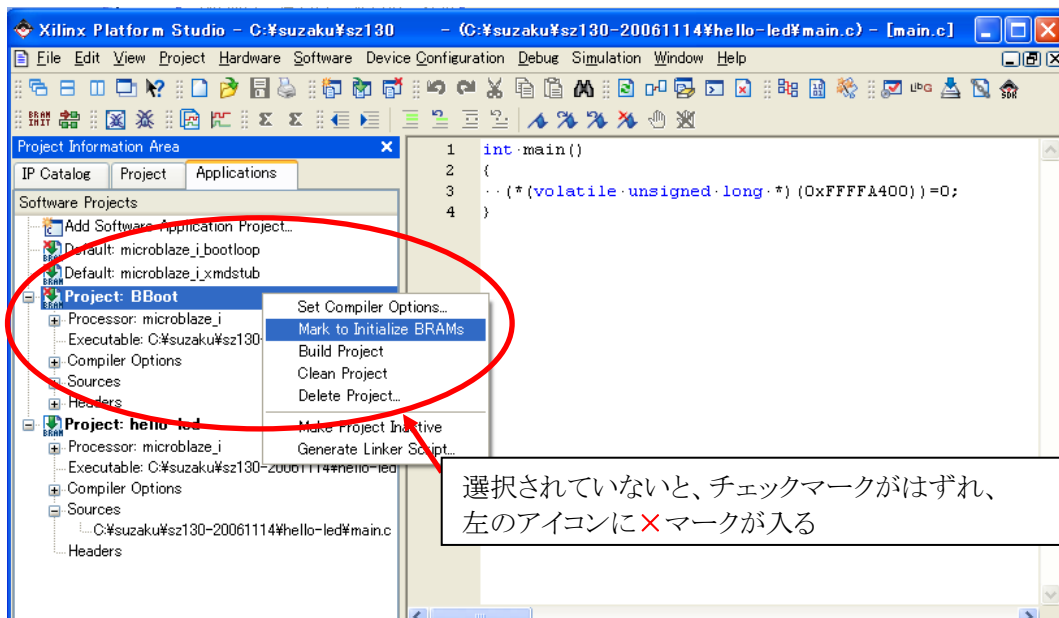


図 10-34 BBoot は書き込まないように設定

10.2.6. アプリケーション生成

[Software]→[Build All User Applications] をクリックして下さい。コンパイラが起動され、各アプリケーションのプログラムソースの設定が読み込まれます。エラーがなければ executable.elf が "C:\¥suzaku¥sz***-add_uart_gpio¥microblaze_i(ppc405-i)¥code" の下に出来上がります。

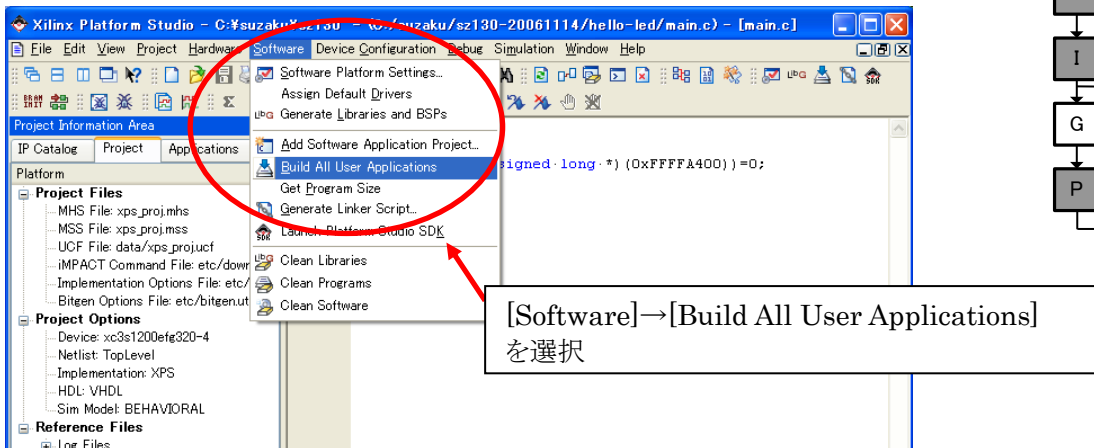
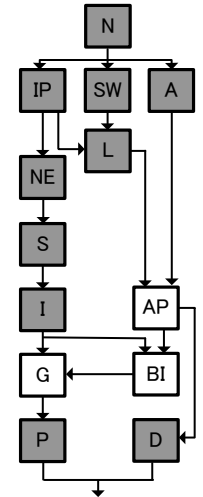


図 10-35 elfファイル作成

10.2.7. プログラムファイル作成

ハードウェアでつくった bit ファイルの中にアプリケーションを書き込みます。

[Device Configuration]→[Update Bitstream] をクリックしてください。bit ファイルが生成されます。

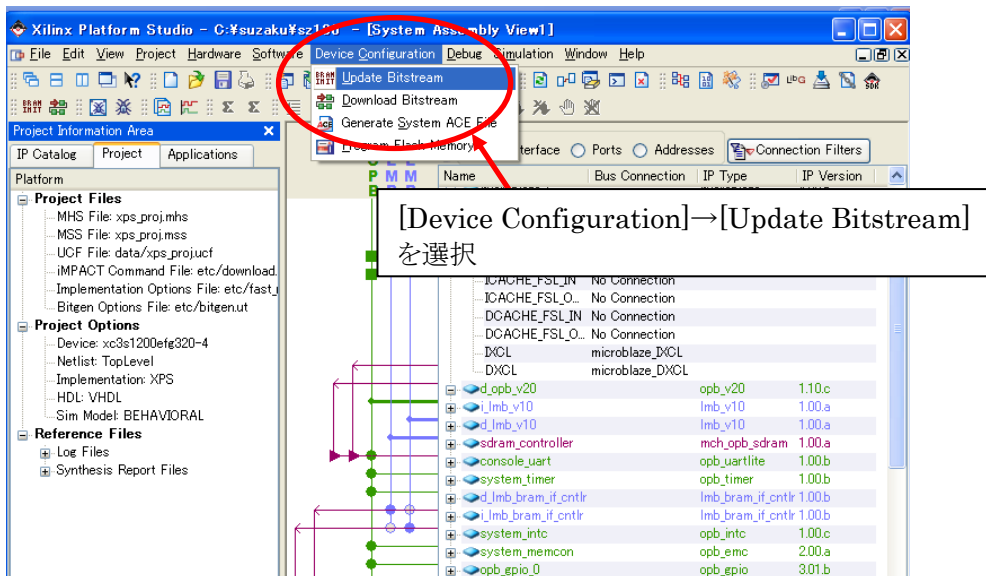


図 10-36 bitファイル作成



TIPS 変な ERROR がでたら

エラーを修正した後、Update Bitstream や Build All User Application を実行すると、どうもエラーを修正できてないようなエラーが出ることがあります。そんな時は[Hardware]→[Clean Hardware]や[Software]→[Clean Software]を実行し、クリーンしてみてください。うまくいくことがあります。

10.2.8. コンフィギュレーション

bit ファイルを JTAG でコンフィギュレーションします。SUZAKU JP2 をショートさせ、SUZAKU CON7 にダウンロードケーブルを接続し、LES/SW CON6 に AC アダプタ 5V を接続し、電源を投入してください。

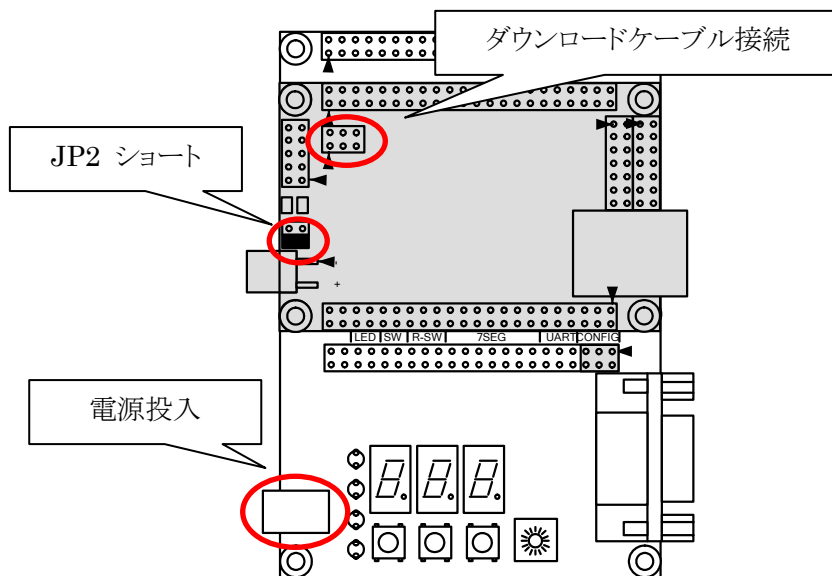
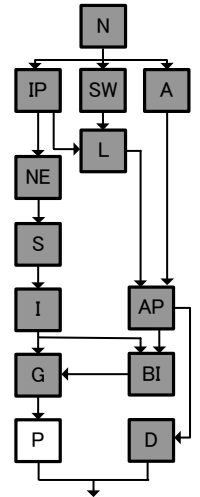


図 10-37 ジャンパの設定等

[Device Configuration]→[Download Bitstream]をクリックしてください。バッチモードの iMPACT を使用して FPGA に bit ファイルがコンフィギュレーションされます。

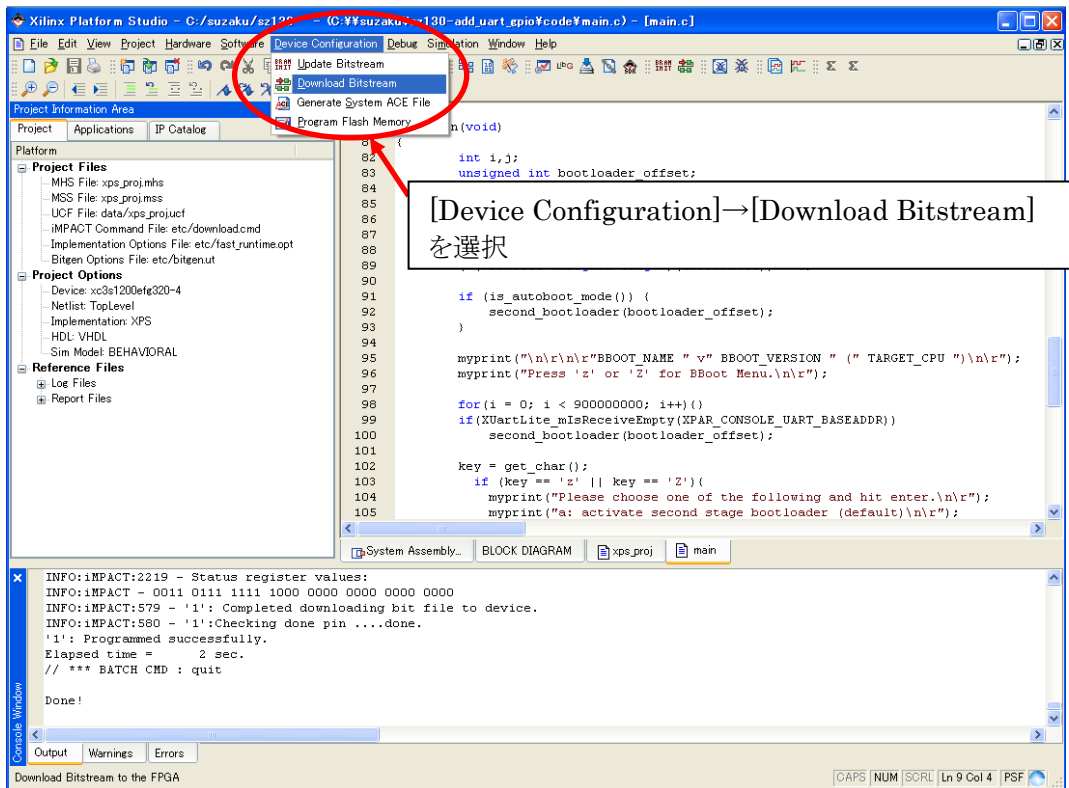


図 10-38 コンフィギュレーション

単色 LED (D1) が光ったでしょうか？

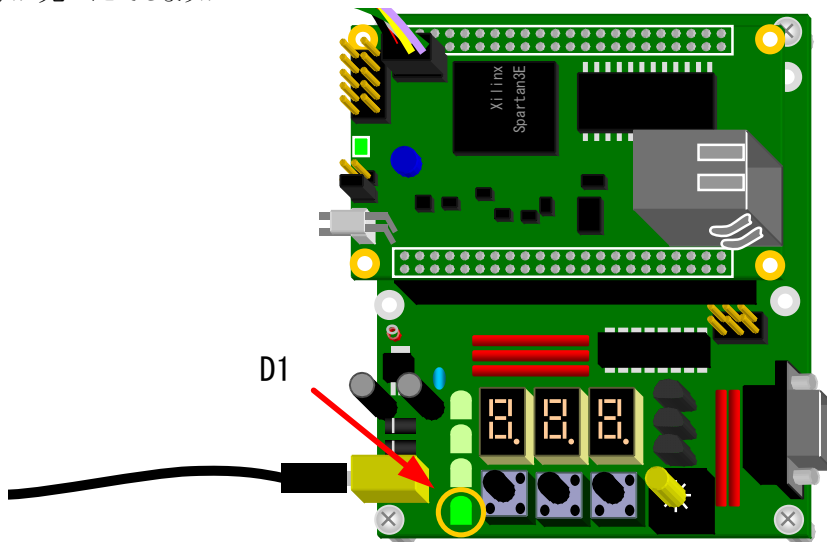


図 10-39 単色 LED(D1)点灯

Flash メモリに書き込む場合は、”C:\¥suzaku¥sz***-add_uart_gpio¥implementation”フォルダ内に download.bit が出来上がっているのので、これを使って下さい。

10.2.9. 空きピン処理

ISE の時と同様、D2、D3、D4 が少し光っています。EDK で空きピン処理をしたい場合、bitgen.ut ファイルを編集します。ここに UnusedPin の設定を記述することで、終端処理を設定することが出来ます。デフォルトでこのピンは PullDown に設定されているため、SUZAKU のデフォルトでは明記していません。この設定を PullUp にしてやることで D2、D3、D4 は光らなくなります。ただ、空きピンから電圧が出力されているのはあまりいい感じではないので、今回も D2、D3、D4 に信号を定義してやることで対処します。

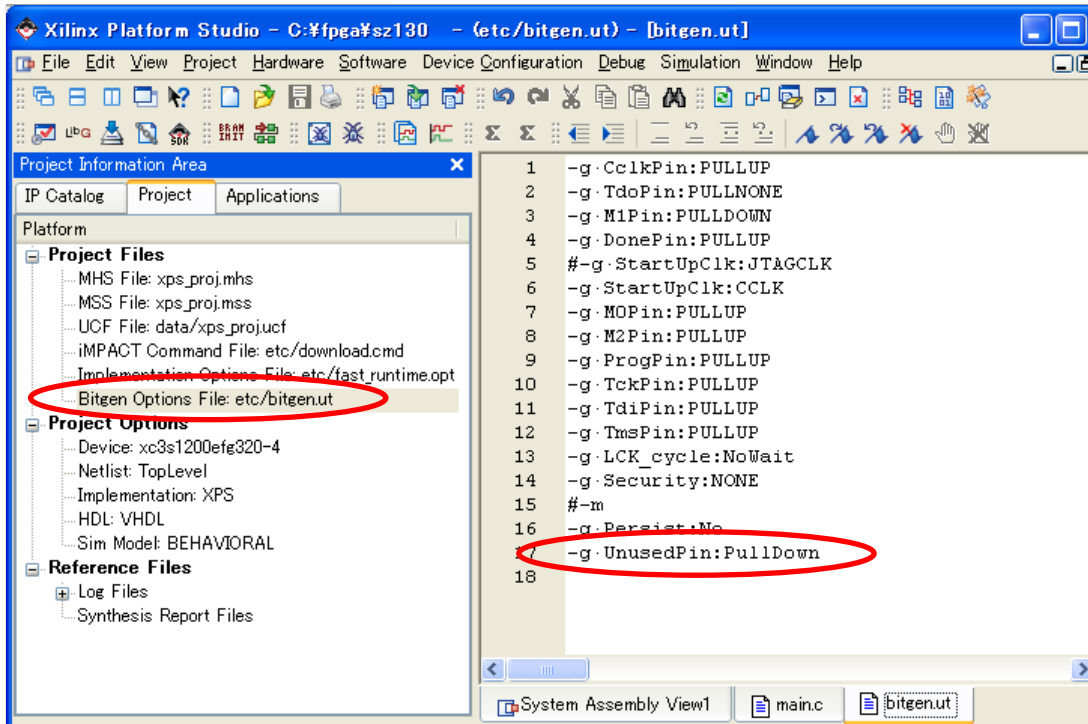


図 10-40 Bitgen のオプション設定

Add External Port をクリックすると、External Ports に信号が追加されるので 3 つ追加してください。Name に適当な名前を記述し(ここでは nLE2, nLE3, nLE4 と記述)、Direction を O に設定し、Range に[0:0]と記述し、Net に net_vcc と記述してください。Net に net_vcc と記述すると、'1'が出力されます。

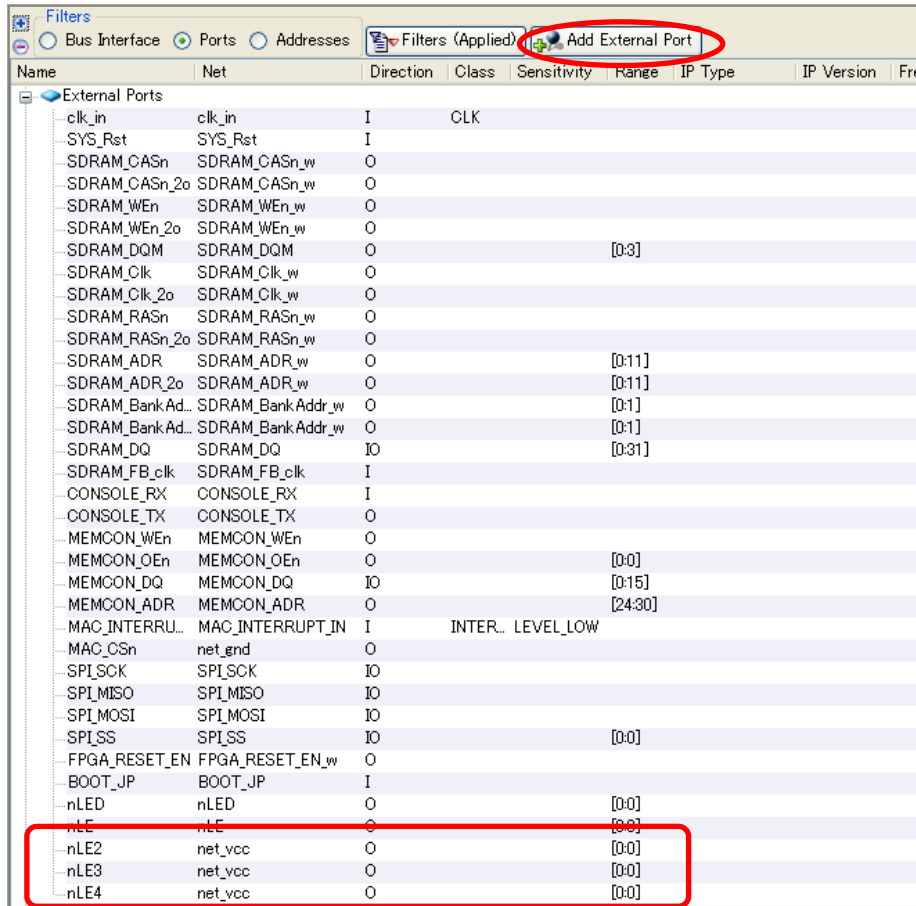


図 10-41 EDK での空きピンの処理

xps_proj.ucf を開き、ピンアサインを追記してください。

表 10-3 ピンアサイン

	SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
nLE2<0>	C12	F12	L15
nLE3<0>	D11	B11	L14
nLE4<0>	E11	A11	L13



TIPS Flat View

以下のような表示になって元に戻したいと思ったことはないでしょうか。右クリックしてメニューを出して Flat View のチェックをはずせば、元の表示に戻すことができます。

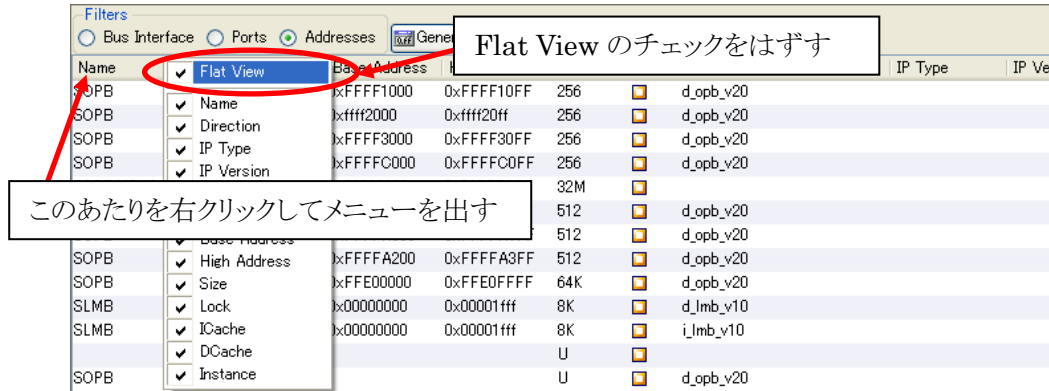


図 10-42 Flat View

10.3. UART の追加

UART を追加し、BRAM 中のアプリケーションに受信した文字をそのまま送信するソースコードを追加します。

10.3.1. ハードウェア設定

10.3.1.1. IP コアの追加

IP Catalog のタブをクリックし、Communication Low-Speed 中にある opb_uartlite を右クリックしてメニューを出し、Add IP を選択してください。opb_uartlite_0 が追加されます。

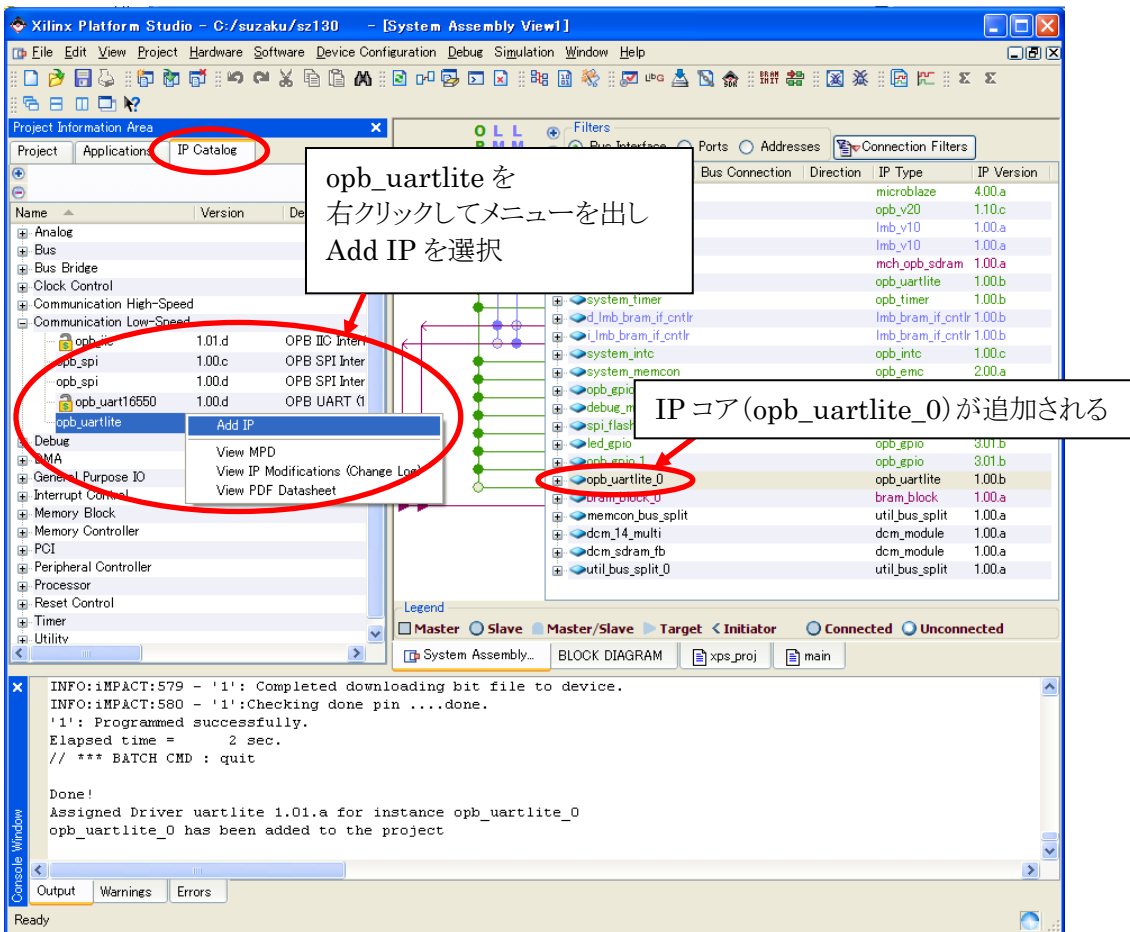
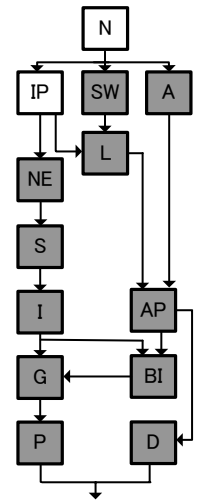


図 10-43 opb_uartlite の追加

10.3.1.2. OPB バスに接続

Bus Interface を選択し、opb_uartlite_0 の横の丸をクリックしてください。○ → ●
 これで OPB バスに接続されます。

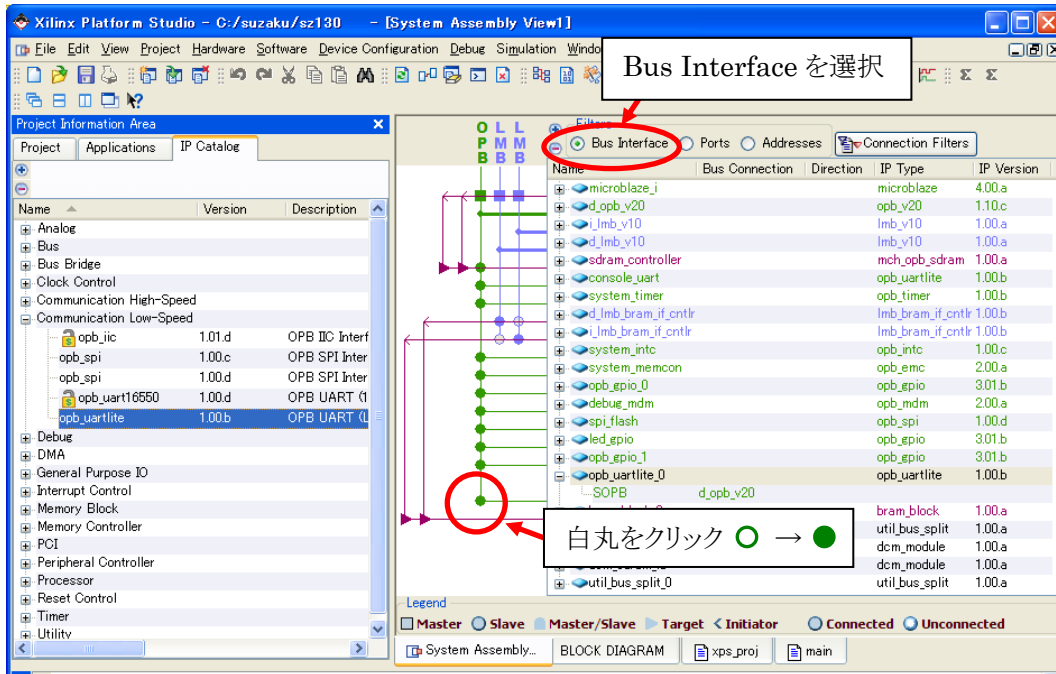


図 10-44 OPB バスに接続

10.3.1.3. IP コアの設定

opb_uartlite_0 を右クリックしてメニューを出し、Configure IP を選択してください。

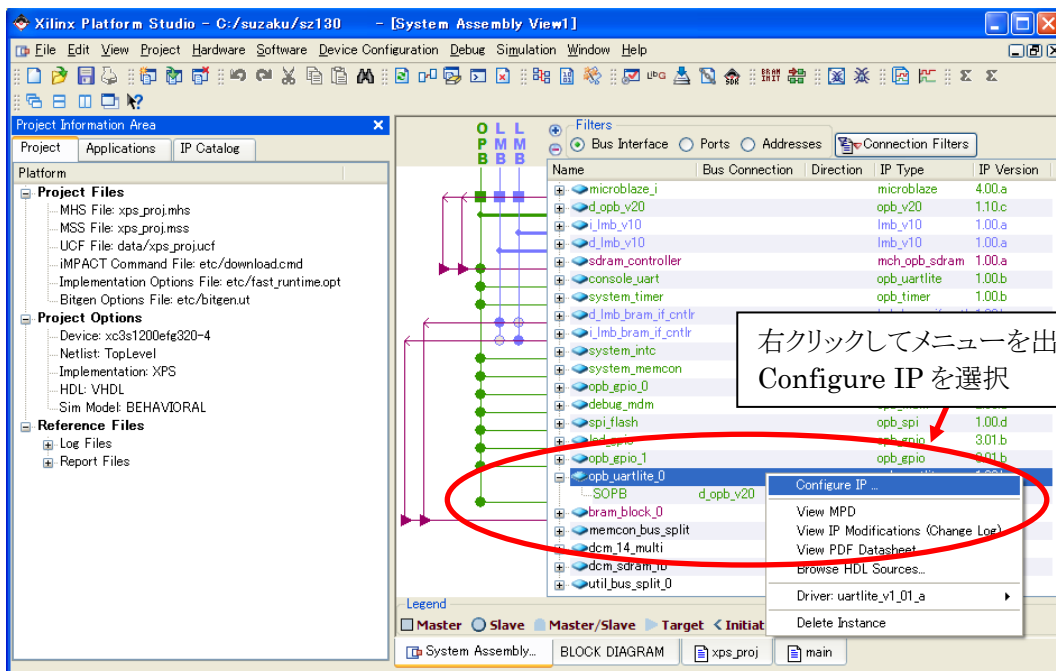


図 10-45 Configure IP

以下の設定にしてください。

- UART Lite Baud Rate 115200
- Number of Data Bits in a Serial Frame 8
- Use Parity FALSE
- Parity Type ODD

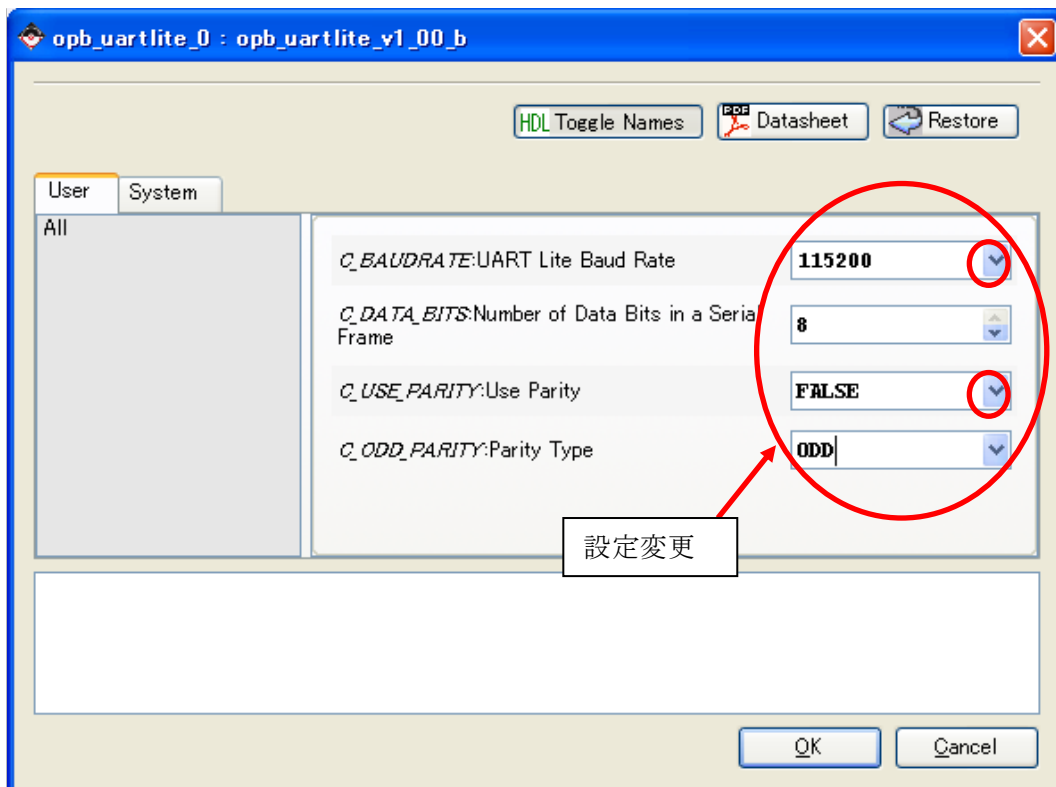


図 10-46 UART 設定変更

[System]タブをクリックし、[Base Address]に 0xFFFFA600、[High Address]に 0xFFFFA6FF と入力してください。メモリアドレスは SUZAKU のメモリマップで Free と書いてあるところに割り当てます。
 (“1.3 メモリマップ”参照)

表 10-4 UART メモリアドレス

	SZ010, SZ030 SZ130	SZ310
Base Address	0xFFFFA600	0xF0FFA600
High Address	0xFFFFA6FF	0xF0FFA6FF

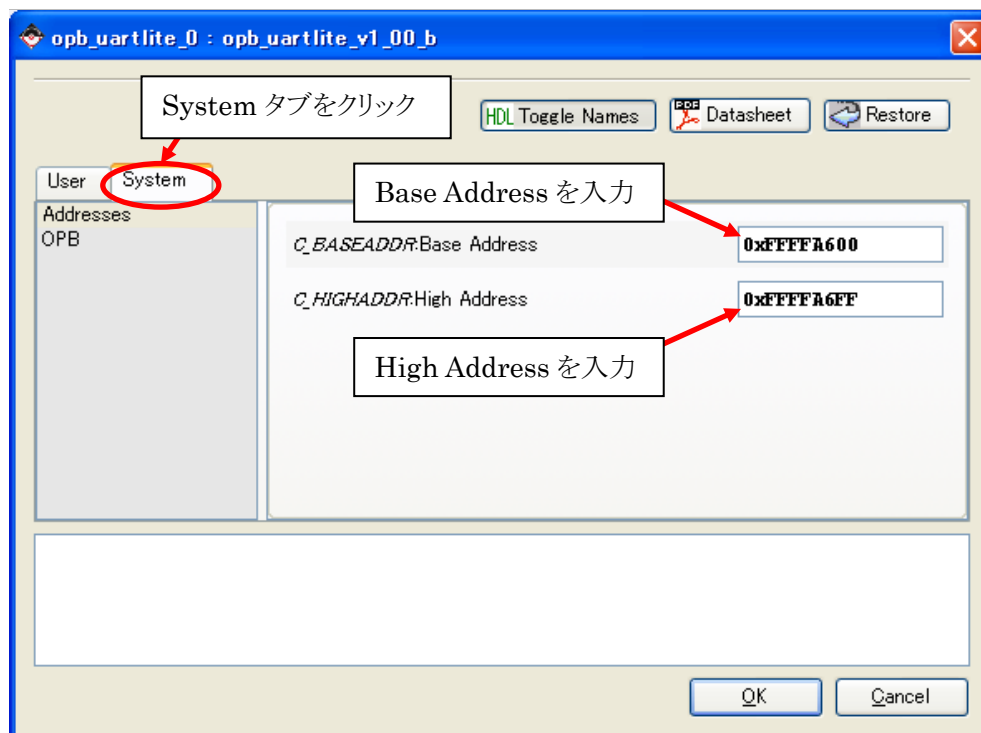


図 10-47 メモリアドレス設定

OPB をクリックし、[OPB Clock Frequency]にクロック周波数を入力して、[OK]をクリックしてください。

表 10-5 OPB Clock Frequency

	SZ010、SZ030 SZ130	SZ310
OPB Clock Frequency	51609600Hz	66355200Hz

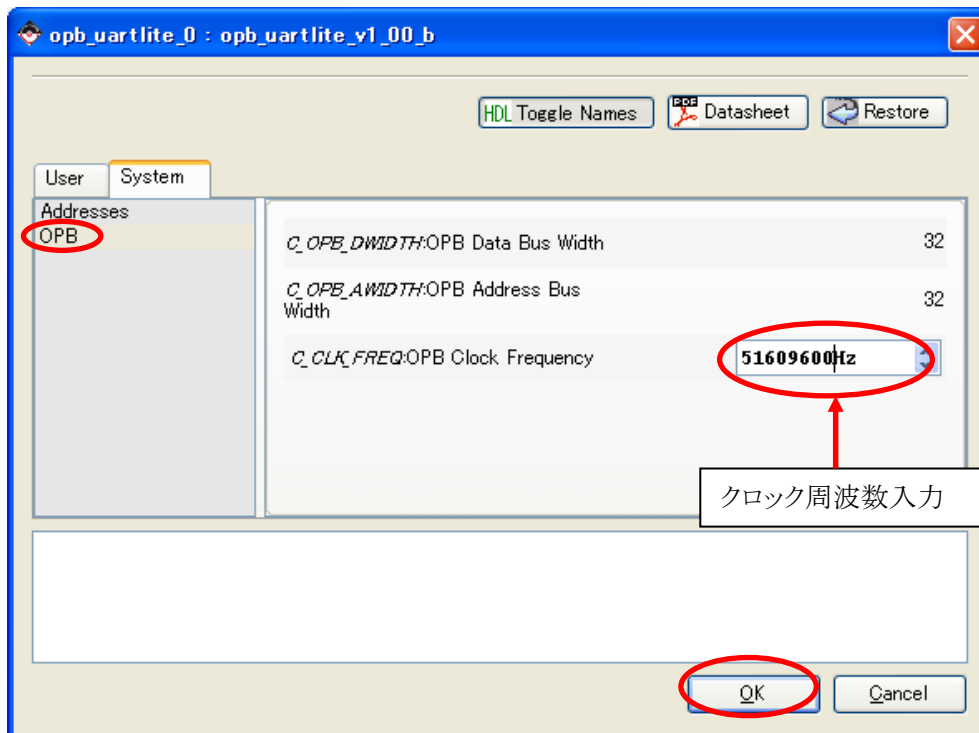


図 10-48 クロック周波数の設定

10.3.1.4. メモリマップ確認

Addresses を選択し、opb_uartlite_0 の BaseAddress と High Address と Size に間違いがないか、確認してください。

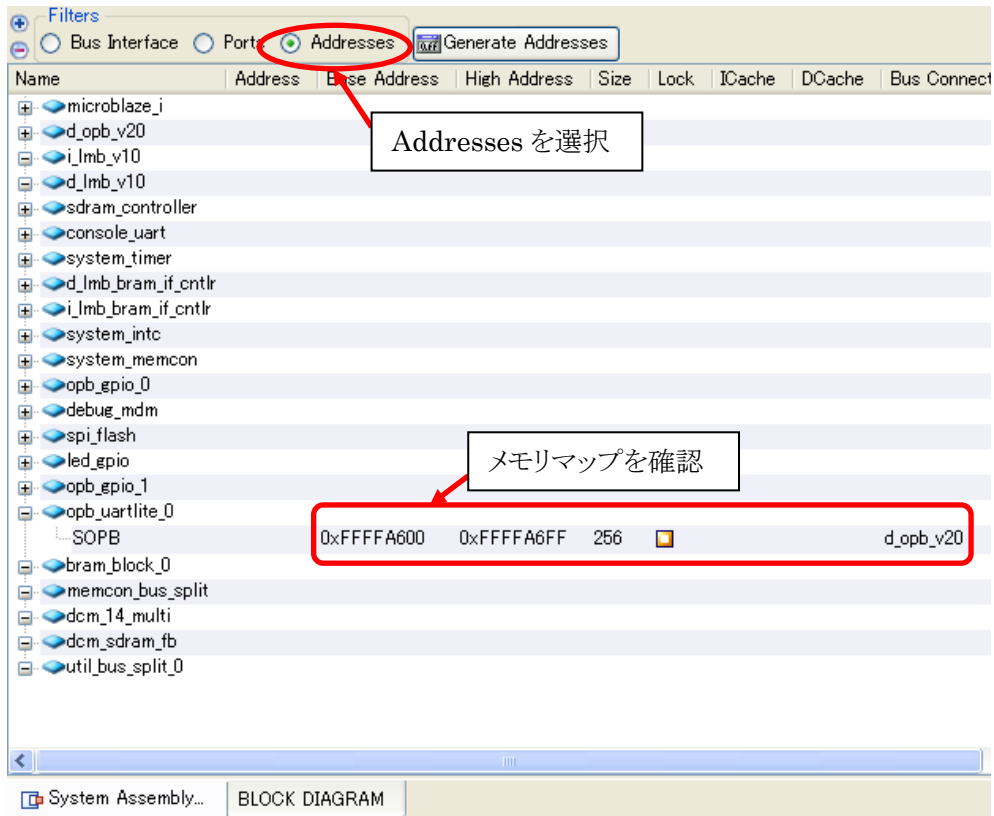


図 10-49 メモリマップ確認

10.3.1.5. 信号の定義

Ports を選択してください。opb_uartlite_0 の RX と TX の Net に名前をつけて確定し、Make External を選択して確定してください。

External Ports に信号が定義されるので、Name を変更してください。

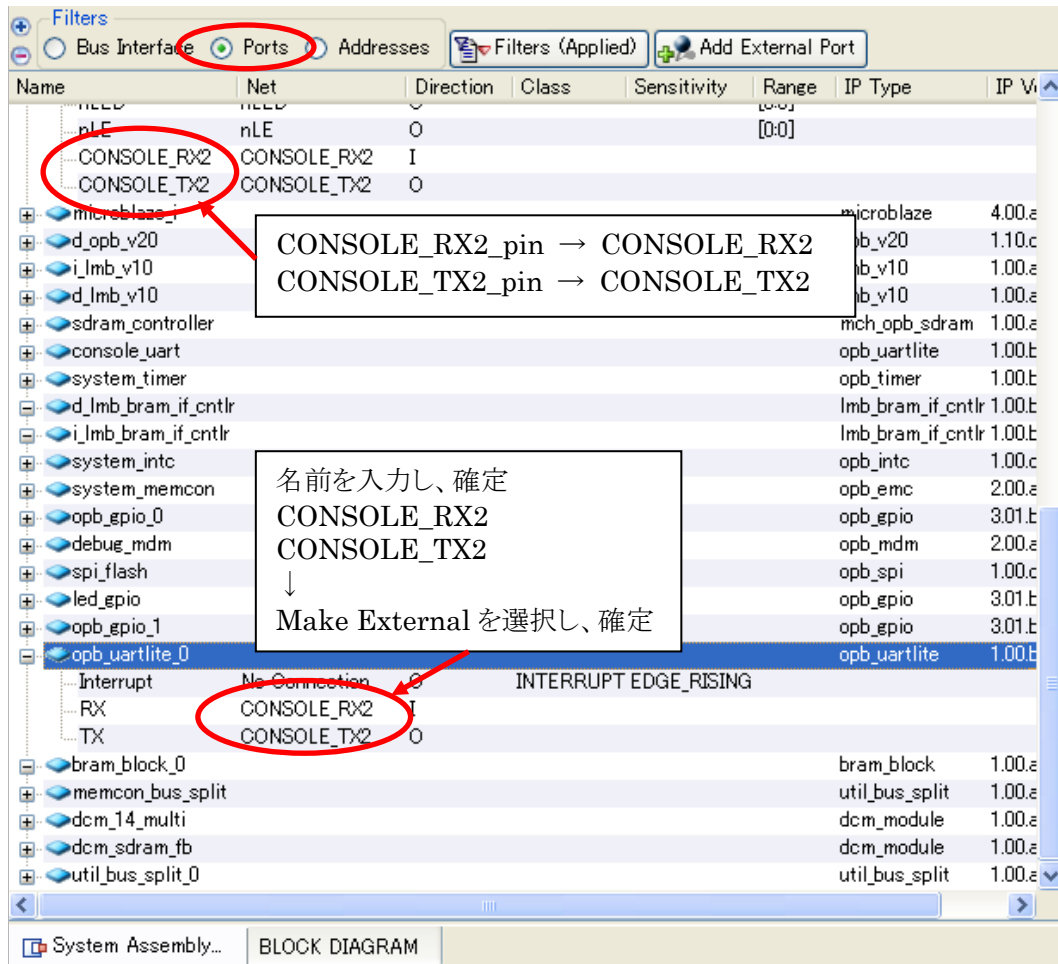


図 10-50 信号の定義

10.3.1.6. ピンアサイン

Project タブをクリックし、UCF ファイルを開き、増えた 2 ピンを追加し、保存してください。

表 10-6 nLE0 ピンアサイン

	SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
CONSOLE_RX2	B4	M3	F13
CONSOLE_TX2	A3	M6	E13

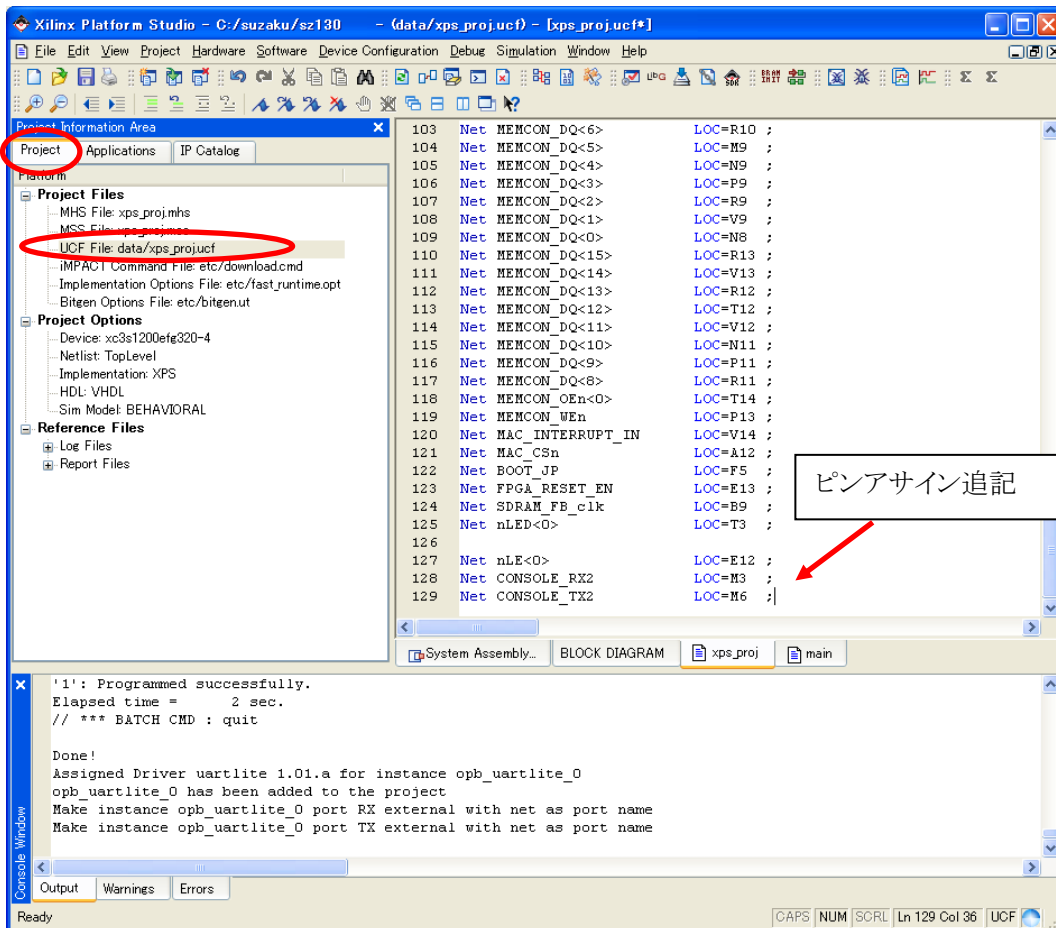
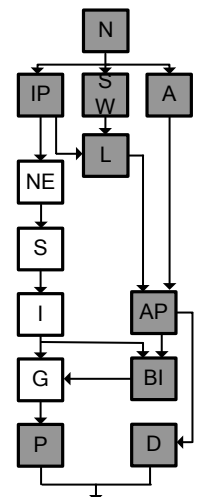


図 10-51 UART(xps_prj.uct)

10.3.2. ネットリスト, プログラムファイル(Hardのみ) 作成

[Hardware]→[Generate Netlist] をクリックして下さい。ネットリストが生成されます。

[Hardware]→[Generate Bitstream] をクリックして下さい。ソフトウェアを含まない bit ファイルが生成されます。エラーが出た場合は、今までの工程を見直してみてください。



10.3.3. ソフトウェア設定

10.3.3.1. ライブラリ, ドライバ設定

[Software]→[Software Platform Settings] をクリックしてください。
追加した opb_uart の Driver を generic に変更し、OK をクリックしてください。

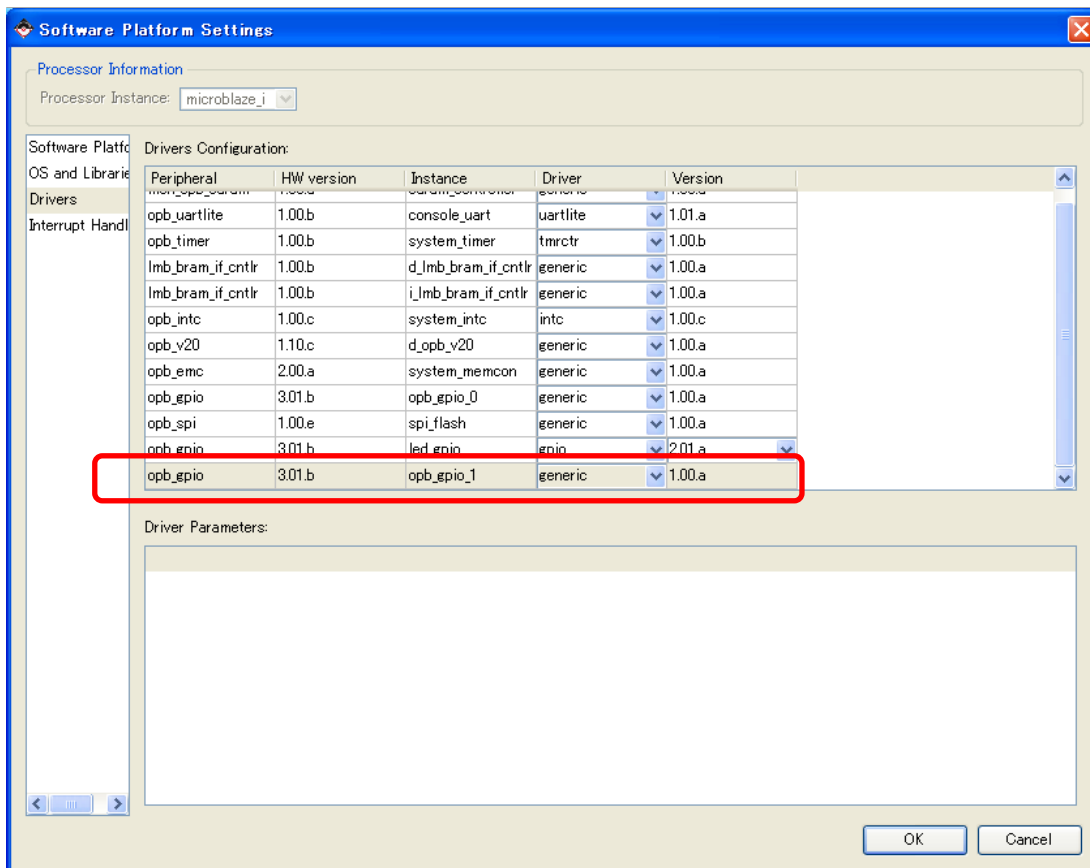
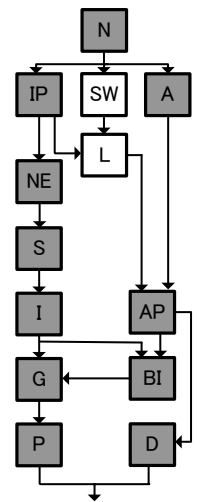


図 10-52 UART Driver 設定



10.3.3.2. ライブラリ, ドライバ生成

Generate Libraries and Drivers^{lib}をクリックして下さい。
ライブラリと様々な設定を定義したヘッダファイルが出来上がります。

xparameters.h を開いてください。xparameters.h にはシステムのアドレスマップが定義されます。
先ほど設定した UART の BASEADDR と HIGHADDR も自動で定義されています。

例 10-3 xparameters.h の定義の例

```
/* Definitions for peripheral OPB_UARTLITE_0 */
#define XPAR_OPB_UARTLITE_0_BASEADDR 0xFFFFA600
#define XPAR_OPB_UARTLITE_0_HIGHADDR 0xFFFFA6FF
```

ソフトウェアに関するファイルは”C:\¥suzaku¥sz***-add_uart_gpio¥microblaze_i(ppc405_i)”の下に収められます。このフォルダの下に”¥include¥xuartlite_1.h”を開いてください。UART を扱うことのできる関数等が定義されています。以下の関数を使います。

例 10-4 xuartlite_1.h に定義されている関数

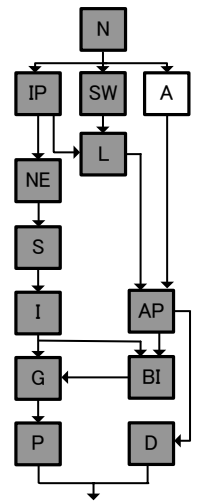
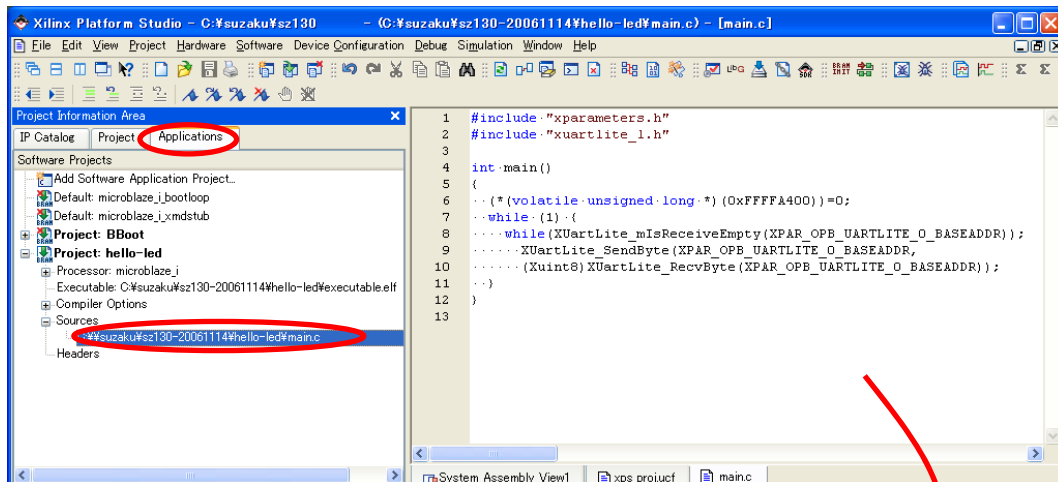
```
/* 受信 FIFO のデータの有無をチェックする */
#define XUartLite_mIsReceiveEmpty(BaseAddress) ¥
((XUartLite_mGetStatusReg((BaseAddress)) & XUL_SR_RX_FIFO_VALID_DATA) != ¥
XUL_SR_RX_FIFO_VALID_DATA)

/* 送信 FIFO に 1byte 分 Write する */
void XUartLite_SendByte(Xuint32 BaseAddress, Xuint8 Data);

/* 受信 FIFO のデータを 1byte 分 Read する */
Xuint8 XUartLite_RecvByte(Xuint32 BaseAddress);
```


10.3.4. アプリケーション編集

Applications タブをクリックし、先ほど作成した hello-led の main.c を開きしてください。今回はせっかくなのでヘッダファイルの定義を使います。先ほど書いた単色 LED を点灯する一文を消し、新たに受信した文字をそのまま送信するコードを追加し、保存してください。



```

#include "xparameters.h"
#include "xuartlite_1.h"
int main()
{
    while (1) {
        while(XUartLite_mIsReceiveEmpty(XPAR_OPB_UARTLITE_0_BASEADDR));
        XUartLite_SendByte(XPAR_OPB_UARTLITE_0_BASEADDR,
            (Xuint8)XUartLite_RecvByte(XPAR_OPB_UARTLITE_0_BASEADDR));
    }
}

```

図 10-53 送受信ソースコード追加(main.c)

10.3.5. アプリケーション生成

[Software]→[Build All User Applications] をクリックして下さい。コンパイラが起動され、各ソフトウェア アプリケーションのプログラム ソースの設定が読み込まれます。エラーがなければ executable.elf が出来上がります。

10.3.6. プログラムファイル作成

ハードウェアでつくった bit ファイルの中にソフトウェアを書き込みます。

[Device Configuration]→[Update Bitstream] をクリックして下さい。bit ファイルが生成されます。エラーがでたら間違いを修正して再び[Update Bitstream]をクリックして下さい。bit ファイルは download.bit という名前で”C:\¥suzaku¥sz***-add_uart_gpio¥implementation”フォルダに出来上がります。

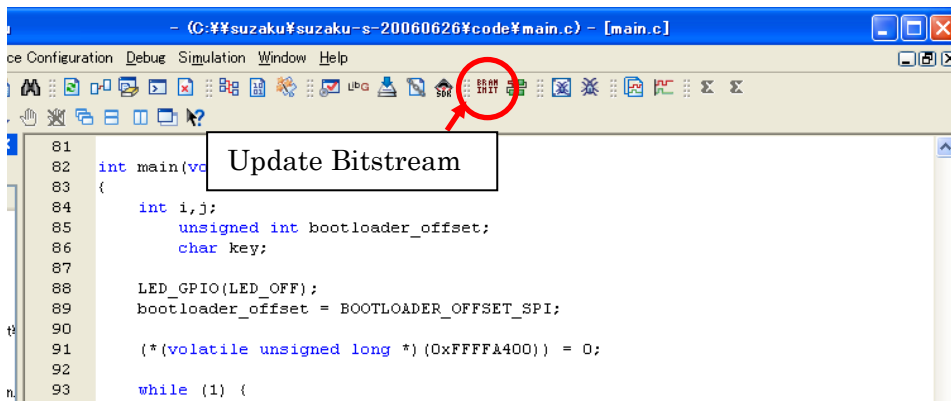
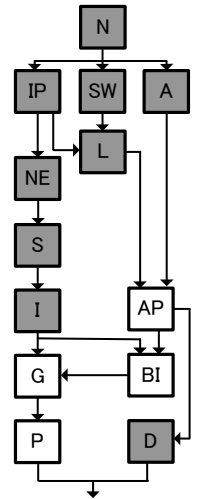


図 10-54 bit ファイルの作成

10.3.7. コンフィギュレーション

シリアル通信用ソフトウェアを立ち上げ、シリアル通信の設定を行ってください。(”5.2 シリアル通信用ソフトウェア”参照)

SUZAKU JP2 をショートし、SUZAKU CON7 にダウンロードケーブルを接続してください。

LED/SW CON7 にシリアルケーブルを接続してください。

最後に LED/SW CON6 に AC アダプタ 5V を接続し、電源を投入してください。

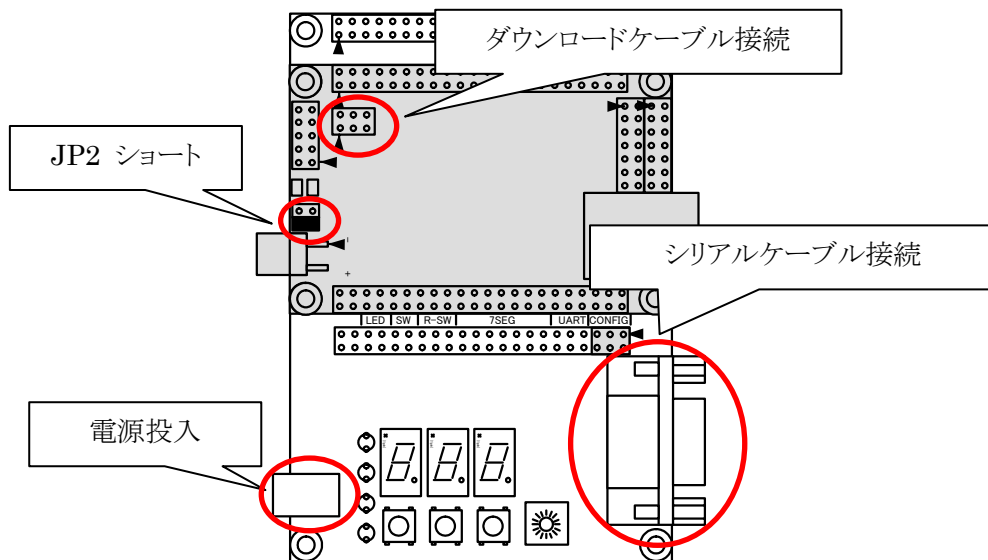


図 10-55 ジャンパの設定等

[Device Configuration]→[Download Bitstream]をクリックしてください。バッチモードの iMPACT を使用して FPGA に bit ファイルがコンフィギュレーションされます。

キーボードから何か文字を打ち込んでください。打ち込んだ文字がそのまま送信されてコンソールに表示されます。

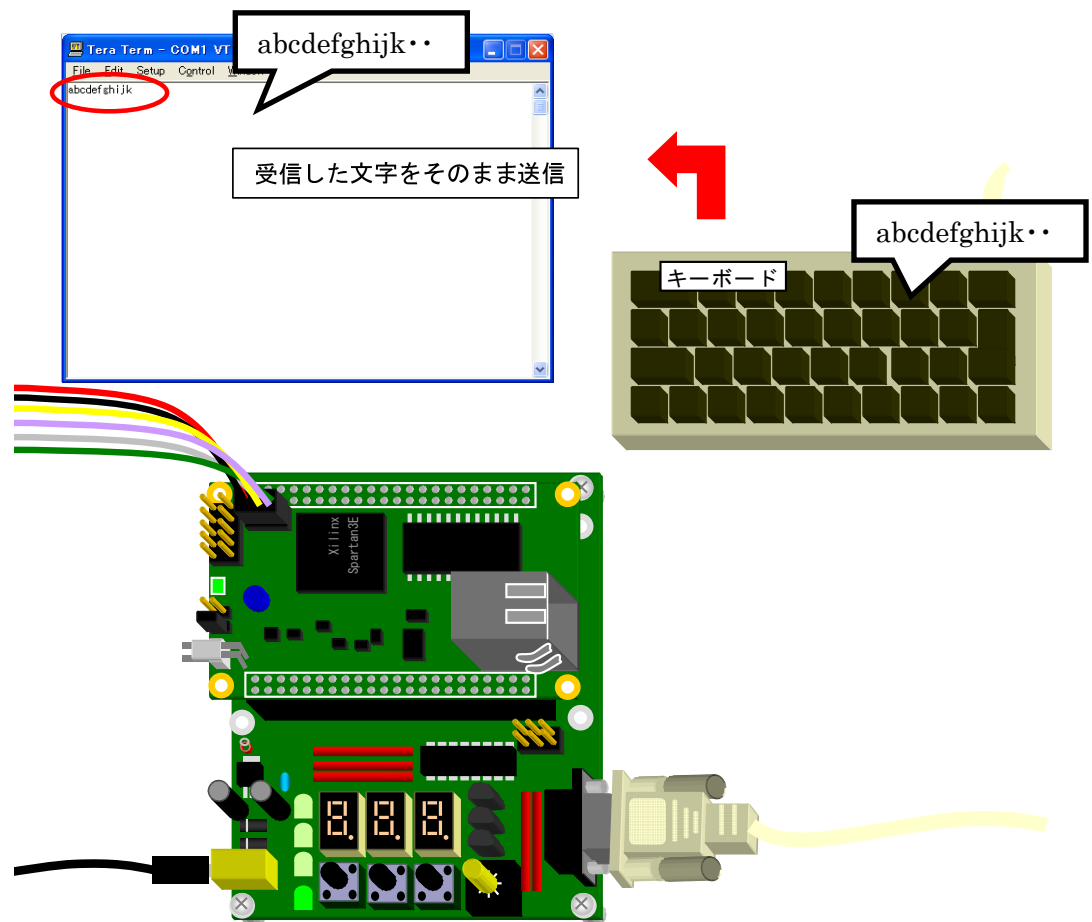


図 10-56 シリアル通信 動作確認

11. スロットマシンのコアを CPU で制御する

ここからはまた、スロットマシンに戻ります。“9. FPGA 入門 スロットマシン製作”で作った回路を少し改造してコアにして、SUZAKU のデフォルトの回路に接続し、スロットマシンを作り上げます。作業手順は以下の通りです。

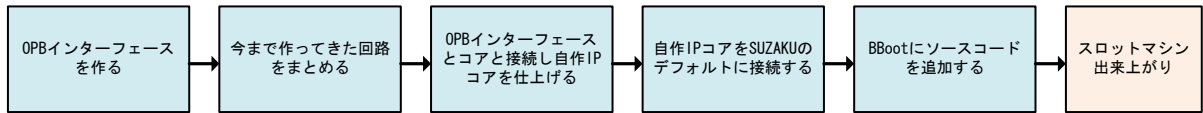


図 11-1 スロットマシンへの道のり

付属 CD-ROM の”¥suzaku¥fpga_proj¥x.x¥sz***¥sz***-xxxxxxx.zip”をハードディスクに展開してください。ここでは展開後のフォルダを”C:¥suzaku”の下にコピーして作業を進めます。

”C:¥suzaku¥sz***-xxxxxxx”の中の”xps_proj.xmp”をダブルクリックして開いてください。Xilinx Platform Studio が起動し、SUZAKU のデフォルトが開きます。

スロットマシンのコアは”opb_sil00u”という名前で下図のように製作します。

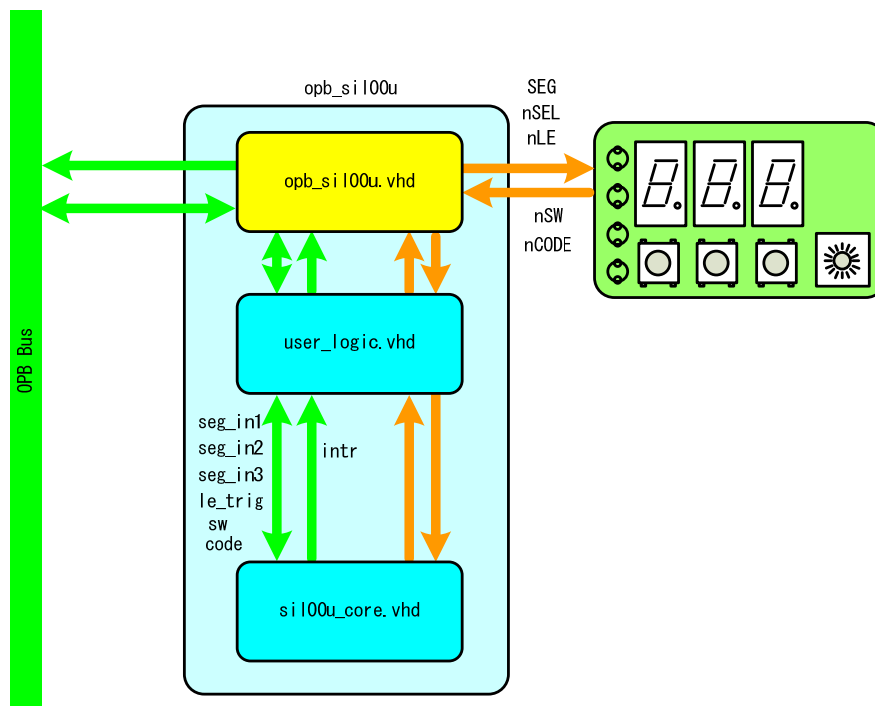


図 11-2 自作 IP コア

11.1. ウィザードを使って OPB インターフェースをつくる

OPB バスに接続するインターフェースをつくります。EDK にはインターフェースを作るウィザードが用意されているので、簡単にインターフェースをつくることができます。スロットマシンのコアを CPU から制御するためには、バスに接続しなければいけません。

[Hardware]→[Create or Import Peripheral...]をクリックしてください。

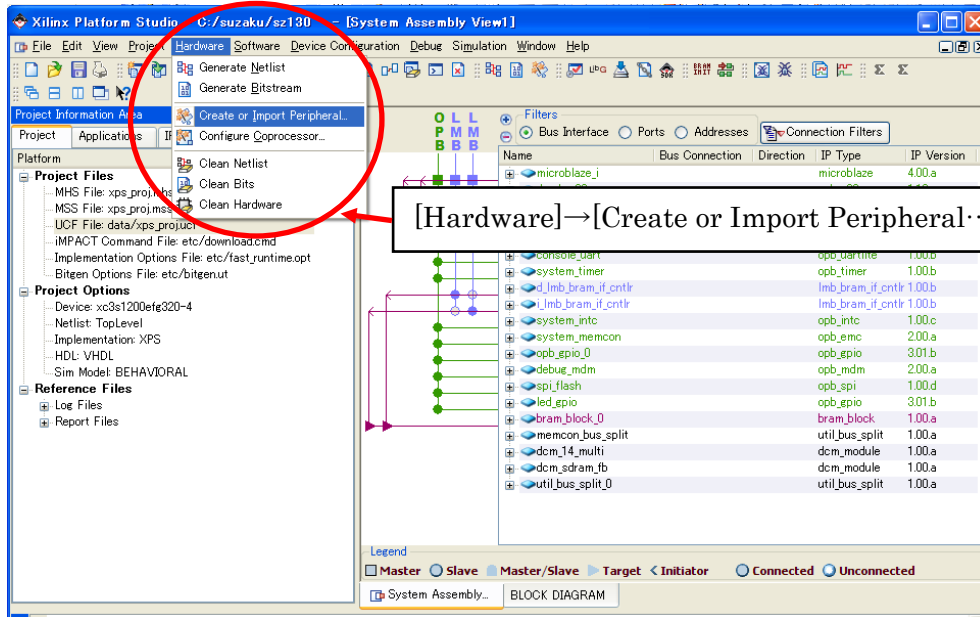
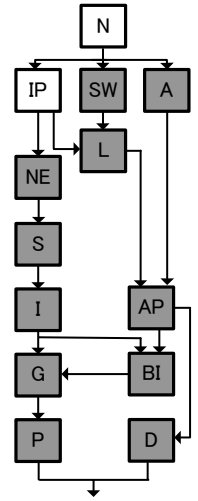


図 11-3 Create and Import Peripheral Wizard の起動のさせ方

Create and Import Peripheral Wizard が立ち上がります。[Next]をクリックして下さい。

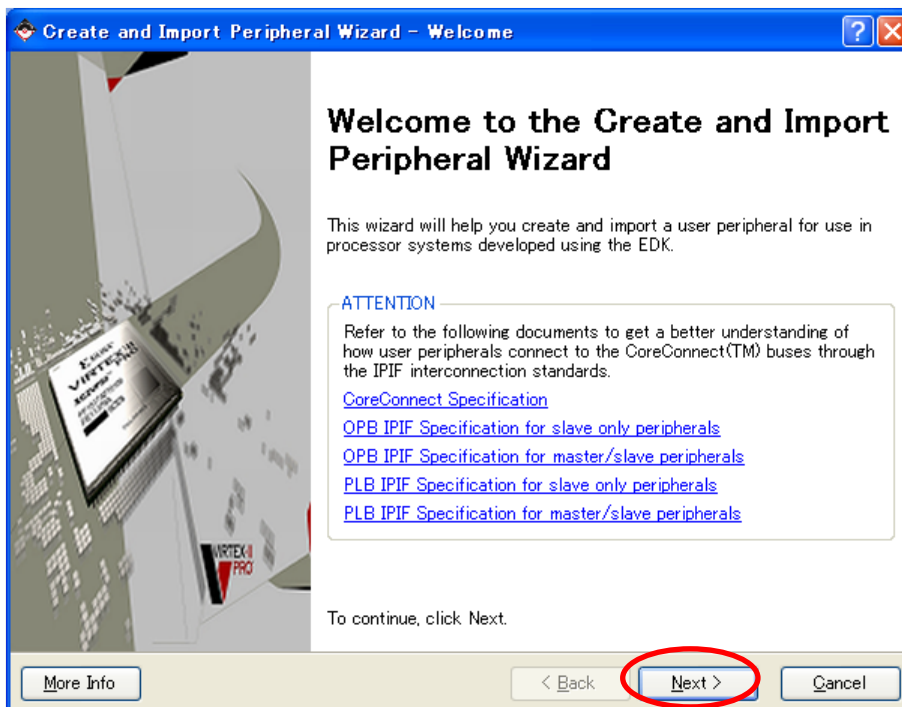


図 11-4 Create and Import Peripheral Wizard

Create and Import Peripheral Wizard が立ち上がります。新規で作るので Select flow の[Create templates for new peripheral]をチェックして[Next]をクリックしてください。

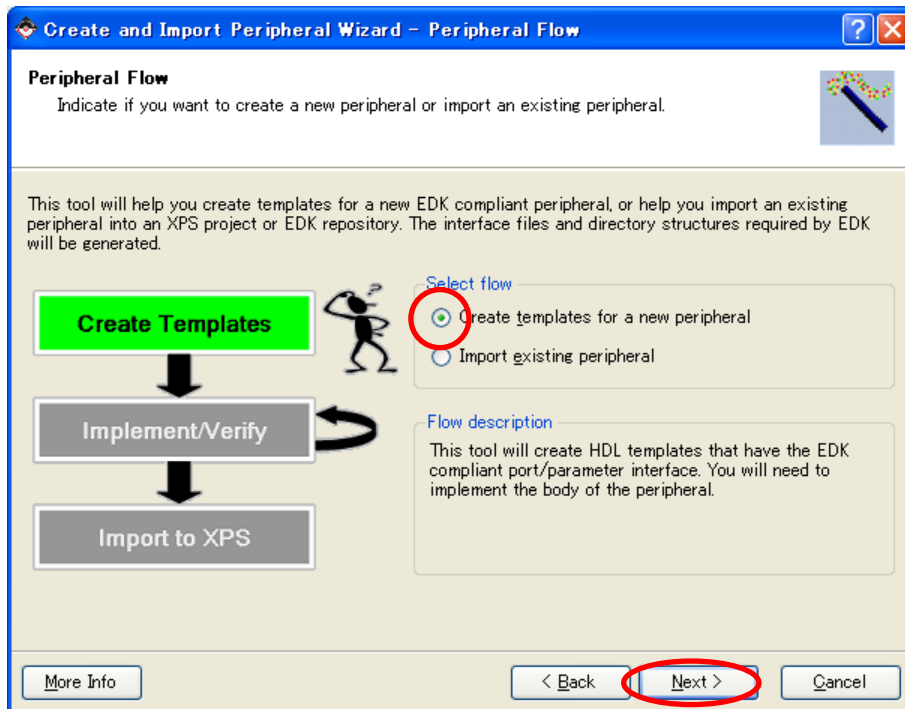


図 11-5 Peripheral Flow

コアを生成する場所を指定します。[To an XPS project]をチェックし、現在のプロジェクトの下に作成します。入力できたら[Next]をクリックして下さい。

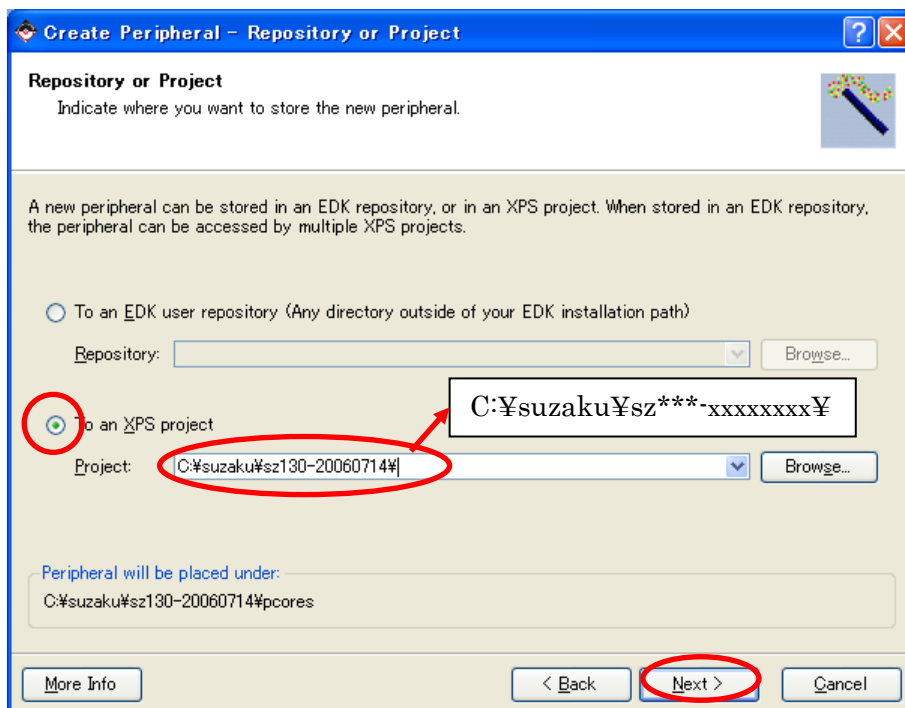


図 11-6 コアの生成場所の指定

コアに名前をつけます。[Name]に名前を入力してください。opb_sil00u とします。

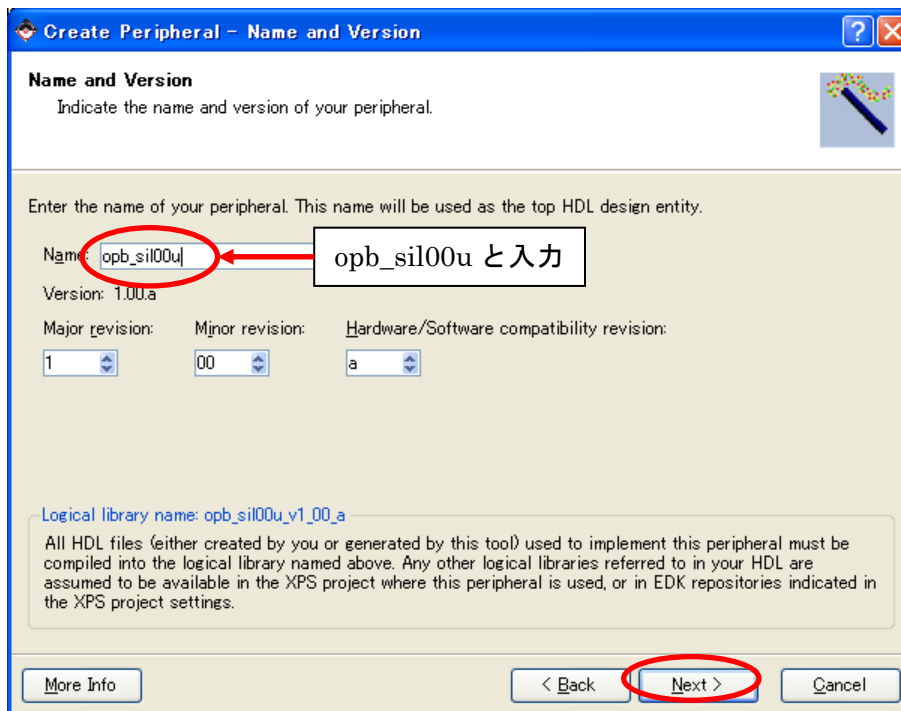


図 11-7 コアの名前

バスを選択します。OPB につなぐので[On-chip Peripheral Bus(OPB)]を選択して[Next]をクリックしてください。

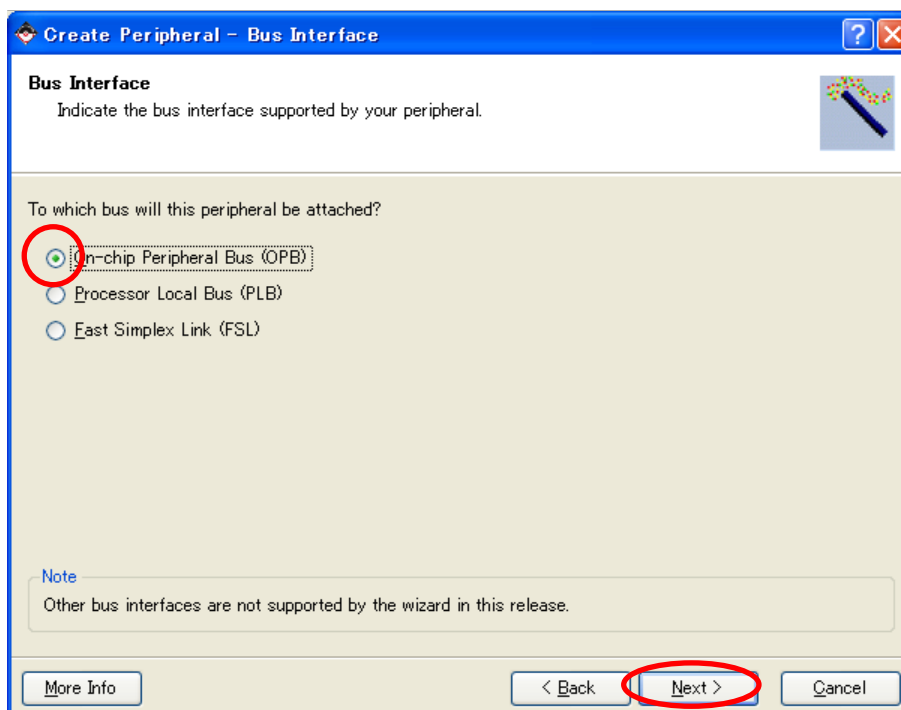


図 11-8 バスの選択

IPIF にはアドレスのデコード、バイト調整などの基本的な機能に加えて、ペリフェラルの作成を大幅に簡略化するオプションの機能が備わっています。選択した項目により OPB ペリフェラルテンプレートが生成されます。

今回は[User logic interrupt support]、[User logic S/W register support]を選択し、[Next]をクリックしてください。割り込みのユーザーテンプレート、ソフトウェアアクセス可能レジスタが生成されるユーザーテンプレートが追加されます。

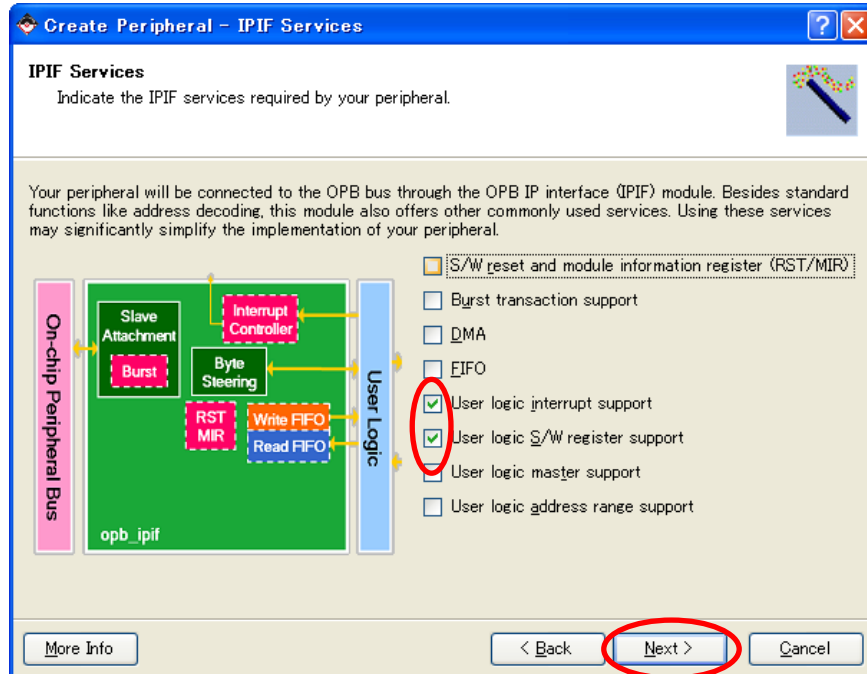


図 11-9 テンプレート追加

割り込みの設定をします。割り込みに使用するカウンタの Duty が 50%なのでエッジ取り込みにし、今回は立ち上がりエッジを使用します。[Use Device ISC(interrupt source controller)のチェックボタンをはずし、Interrupt capture mode を[Rising Edge Detect]に設定して、[Next]をクリックして下さい。

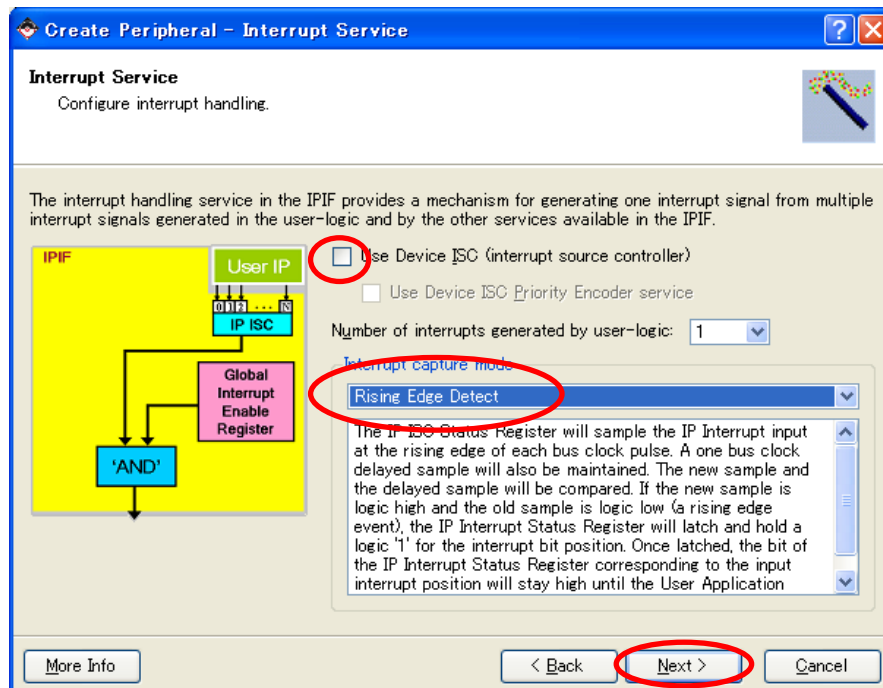


図 11-10 Interrupt 設定

ソフトウェアアクセス可能レジスタ数と、サイズ(バイト、ハーフワード、ワード、ダブルワード)を指定します。今回必要となるレジスタは、読み込み/書き込みのレジスタが 4 つ(7セグメント LED の値を設定するレジスタ 3 つ、単色 LED のトリガ信号を設定するレジスタ)、読み込みのレジスタが 2 つ(押しボタンスイッチの情報をやり取りするレジスタ、ロータリコードスイッチの情報をやり取りするレジスタ)の合計 6 つです。サイズは 4 ビットでいいのですが、最小単位がバイトなので、8 ビットとします。

[Number of software accessible registers]を 6 にし、[Data width of each register]を 8bit にし、[Next]をクリックしてください。

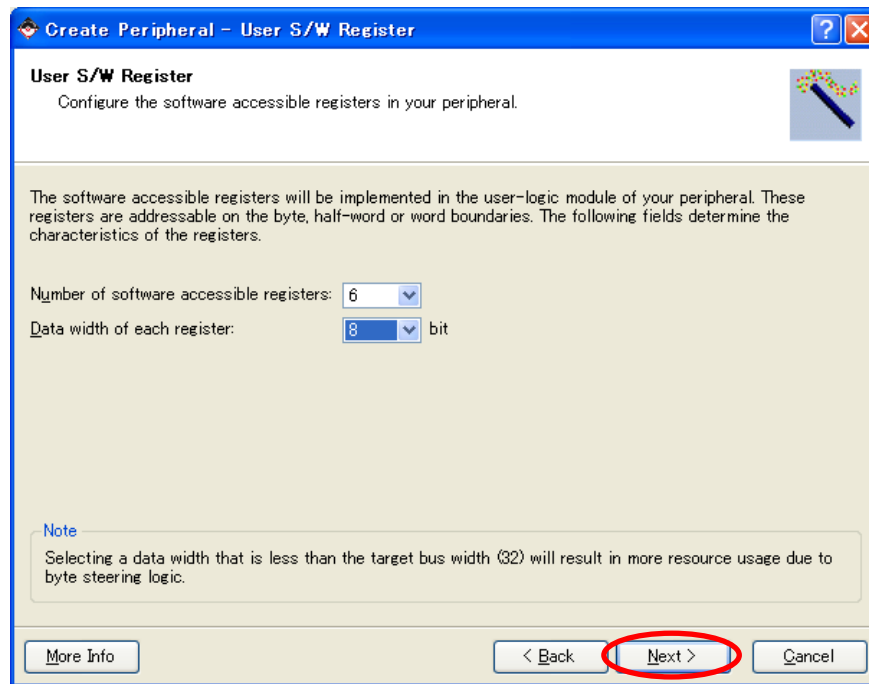


図 11-11 レジスタ数とバス幅指定

IPICを設定します。すでにいくつか ON になっていますが、IPIF Services ページで指定した機能をインプリメントするために必要なものに自動でチェックされています。このまま[Next]をクリックしてください。

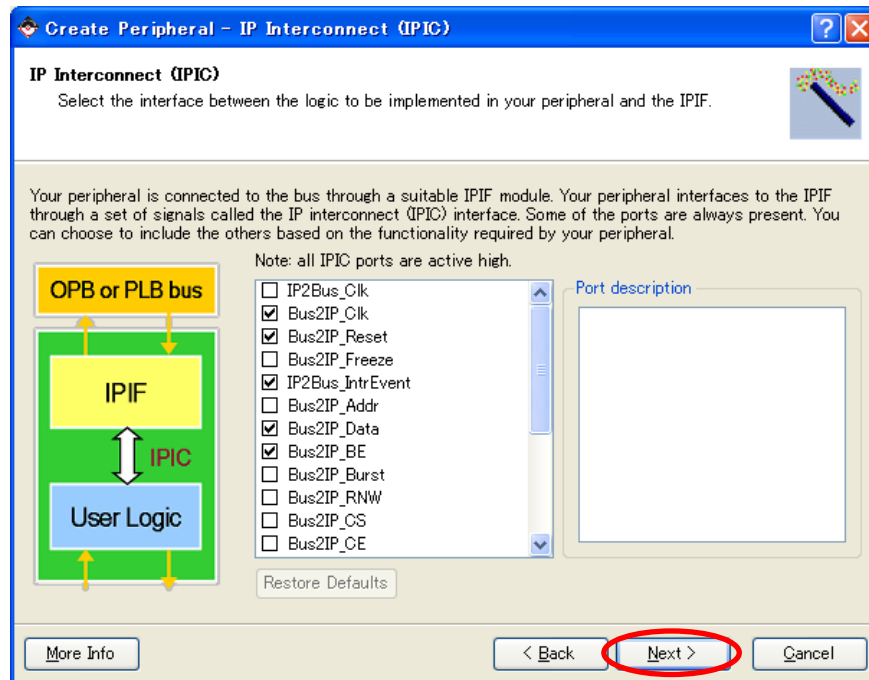


図 11-12 IPIC 設定

ここを ON にすると、カスタムロジックおよび機能のシミュレーションに使用するサポートファイルを生成できますが、今回は使いません。そのまま[Next]をクリックしてください。

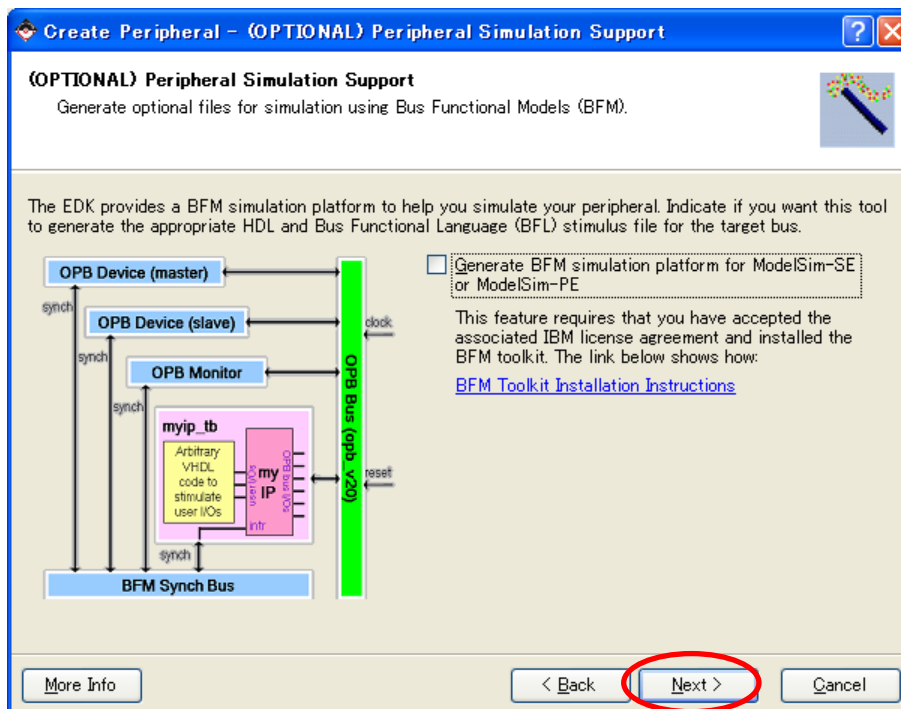


図 11-13 サポートファイル生成確認

下図の項目をチェックし、[Next]をクリックしてください。
ソフトウェアドライバテンプレートファイルとドライバディレクトリ構成が作成されます。

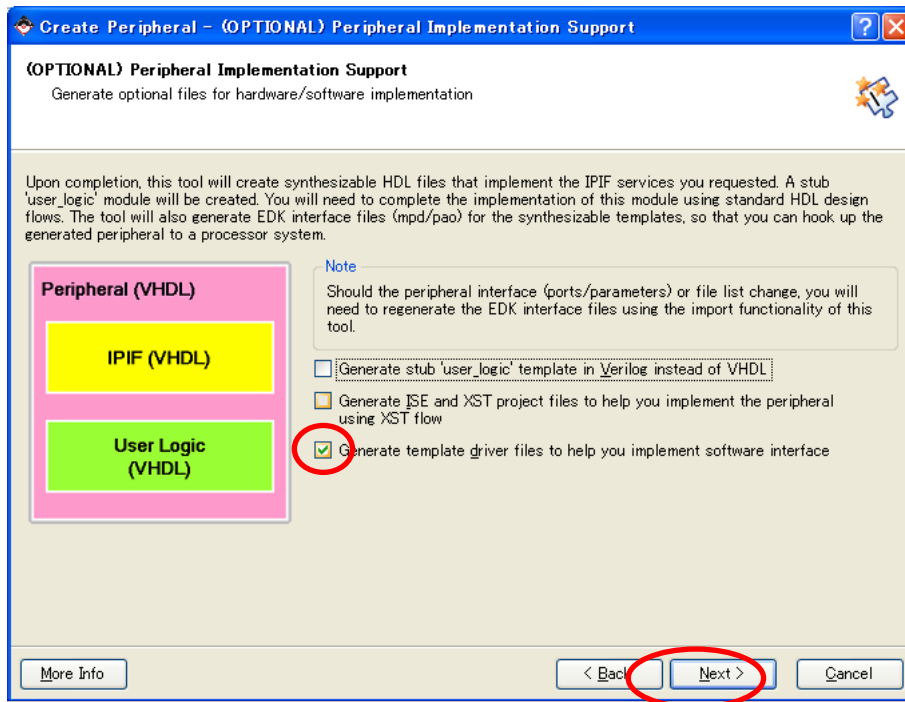


図 11-14 オプション設定

以上で終了です。[Finish]をクリックしてください。

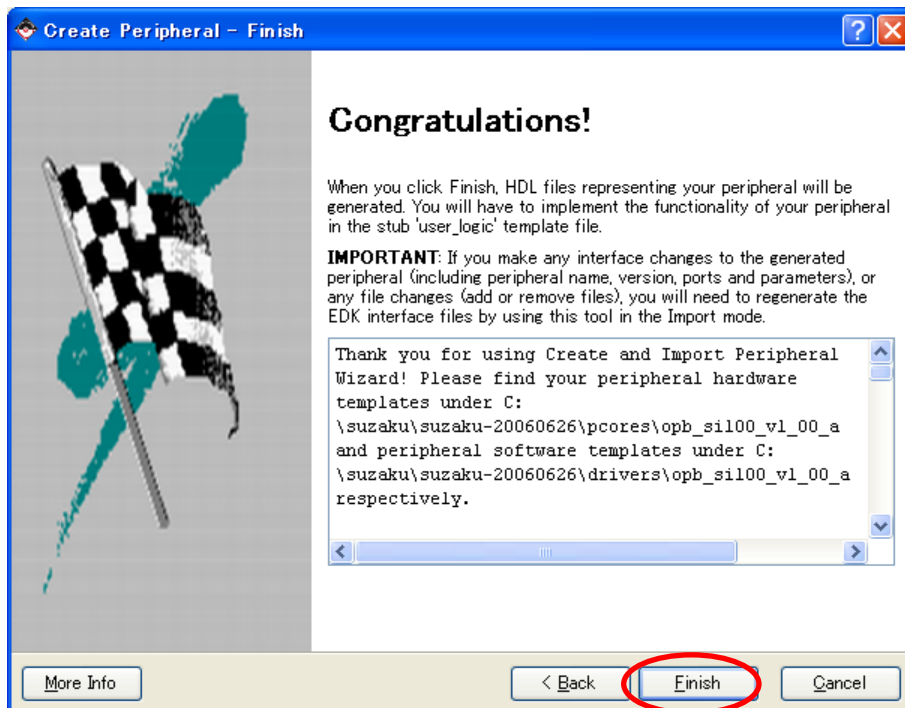


図 11-15 終了

“C:\suzaku\sz***-xxxxxxx\pcores”の下に OPB バスに接続するインターフェースの雛形が生成されます。

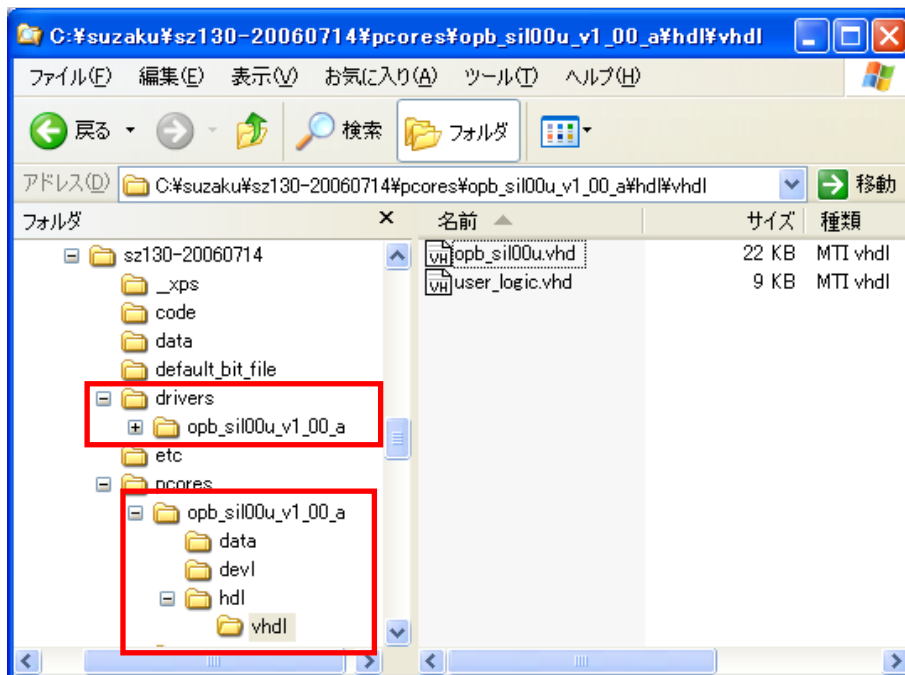


図 11-16 フォルダ構成

11.2. 今まで作ってきた回路をまとめる

下図の仕様で今まで作ってきた回路を OPB バスに接続できるようにまとめます。sil00u_core.vhd を新規作成してください。

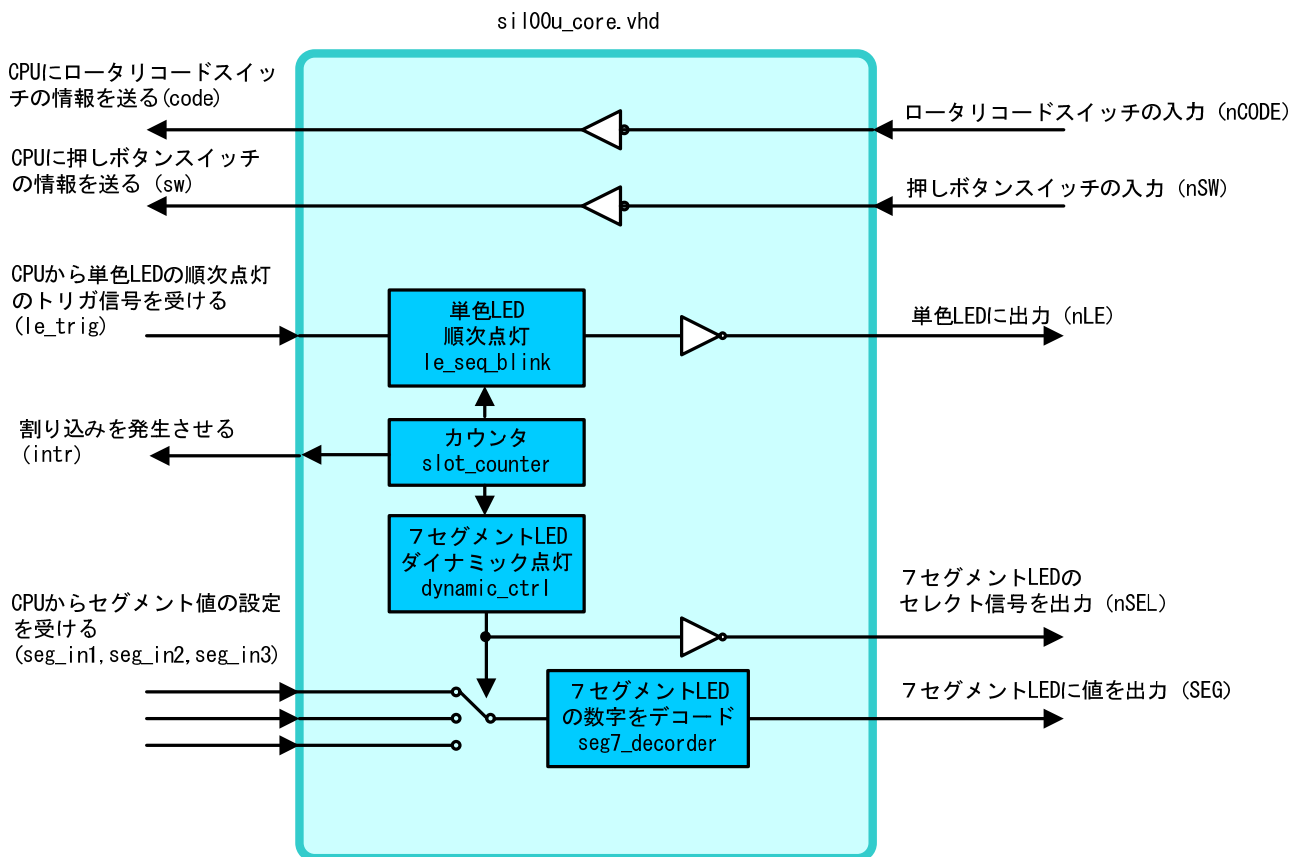
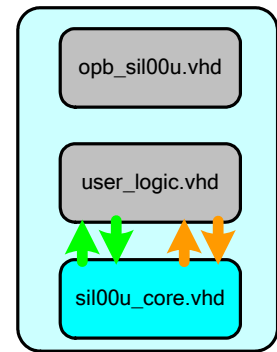


図 11-17 自作 IP コア(ソフト版)の仕様

11.2.1. sil00u_core.vhd

SUZAKU ではクロック 3.6864MHz を DCM で逡倍にしています。SZ010、SZ030、SZ130 ではクロックが 51.6096MHz、SZ310 では 66.3552MHz になっています。カウンタのビット数を4ビット増やし 23 ビットにします。sil00u_core.vhd を上位階層として今まで作った回路、slot_counter、le_seq_blink、seg7_decoder、dynamic_ctrl 回路を呼び出します。また、押しボタンスイッチ、ロータリコードスイッチ、割り込みの信号の定義をします。

例 11-1 コア(sil00u_core.vhd)

```
library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_ARITH.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;

entity sil00u_core is
  generic (
```

```

    C_CNT_WIDTH : integer := 23 --カウンタのビット幅
  );

  Port (
    SYS_CLK      : in STD_LOGIC; --クロック信号
    SYS_RST      : in STD_LOGIC; --リセット信号

    -- External
    SEG          : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 7); --7 セグ LED にダイナミック点灯で値を出力
    nSEL         : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 2); --7 セグ LED にセレクトをを出力
    nLE          : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --単色 LED に順次点灯を出力
    nSW          : in STD_LOGIC_VECTOR(0 to 2); --押しボタンスイッチを入力
    nCODE        : in STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --ロータリコードスイッチを入力

    -- Register Write
    seg_in1      : in STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --CPU からセグメント値の設定を受ける
    seg_in2      : in STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --CPU からセグメント値の設定を受ける
    seg_in3      : in STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --CPU からセグメント値の設定を受ける
    le_trig      : in STD_LOGIC; --CPU から単色 LED の順次点灯のトリガ信号の設定を受ける

    -- Register Read
    sw           : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 2); --CPU に押しボタンスイッチの情報を送る
    code         : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --CPU にロータリコードスイッチの情報を送る
    intr         : out STD_LOGIC --カウンタの出力を割り込みコントローラに送る
  );
end sil00u_core;

architecture IMP of sil00u_core is
  signal count : STD_LOGIC_VECTOR(0 to C_CNT_WIDTH-1);
  signal le    : STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3);
  signal le_t  : STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3);
  signal seg_data : STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3);

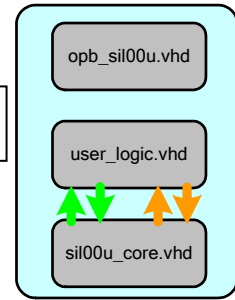
  component slot_counter
    generic (
      C_CNT_WIDTH : integer := C_CNT_WIDTH
    );
    Port (
      SYS_CLK : in STD_LOGIC; --クロック信号
      SYS_RST : in STD_LOGIC; --リセット信号
      count   : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to C_CNT_WIDTH-1) --カウンタ値
    );
  end component;

  component le_seq_blink
    Port (
      SYS_CLK : in STD_LOGIC; --クロック信号
      SYS_RST : in STD_LOGIC; --リセット信号
      le      : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --単色 LED 出力信号
      le_timing : in STD_LOGIC --タイミング信号
    );
  end component;

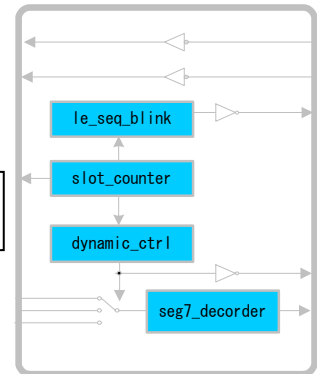
  component dynamic_ctrl
    Port (
      SYS_CLK : in STD_LOGIC; --クロック信号

```

sil00u_core.vhd
の入出力を定義



4つの回路の
コンポーネント宣言



```

SYS_RST : in STD_LOGIC; --リセット信号
nSEL : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 2); --7 セグメント LED セレクト信号 (負論理)
seg7_timing : in STD_LOGIC; --7 セグタイミング信号
seg_in1 : in STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --7 セグメント LED1 の値
seg_in2 : in STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --7 セグメント LED2 の値
seg_in3 : in STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --7 セグメント LED3 の値
seg_data : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3) --4 ビットバイナリコード
);
end component;

component seg7_decoder
  Port (
    SEG : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 7); --7 セグメント LED への出力信号
    seg_data : in STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3) --4 ビットバイナリコード
  );
end component;

begin
slot_counter_0 : slot_counter
  Port map(
    SYS_CLK => SYS_CLK,
    SYS_RST => SYS_RST,
    count => count
  );

le_seq_blink_0 : le_seq_blink
  Port map(
    SYS_CLK => SYS_CLK,
    SYS_RST => SYS_RST,
    le => le,
    le_timing => count(0)
  );

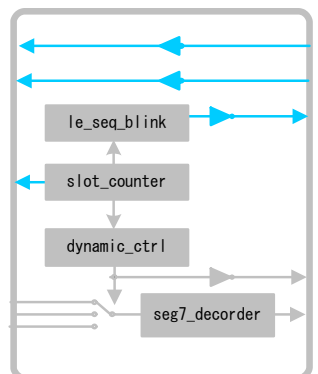
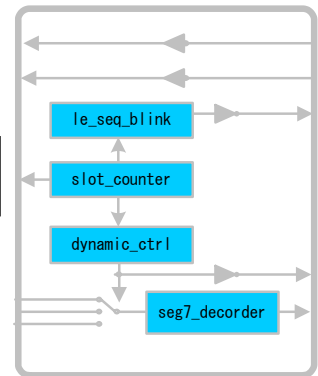
dynamic_ctrl_0 : dynamic_ctrl
  Port map(
    SYS_CLK => SYS_CLK,
    SYS_RST => SYS_RST,
    nSEL => nSEL,
    seg7_timing => count(8),
    seg_in1 => seg_in1,
    seg_in2 => seg_in2,
    seg_in3 => seg_in3,
    seg_data => seg_data
  );

seg7_decoder_0 : seg7_decoder
  Port map(
    SEG => SEG,
    seg_data => seg_data
  );

--トリガ信号が'1'の時順次点灯
le_t <= le and "1111" when le_trig = '1' else "0000";
nLE <= not le_t; --外部に出力
sw <= not nSW; --正論理にして入力
code <= not nCODE; --正論理にして入力
intr <= count(4); --カウンタの出力を割り込みコントローラに送る
end IMP;

```

4つの回路の
インスタンス



11.3. OPB インターフェースとコアを接続し、自作 IP コアを仕上げる

今まとめた回路(sil00u_core.vhd、slot_counter.vhd、dynamic_ctrl.vhd、seg7_decoder.vhd、le_seq_blink.vhd)を“C:\suzaku\sz130-20060714\pcores\opb_sil00u_v1_00_a\hdl\vhdl”にコピーしてください。

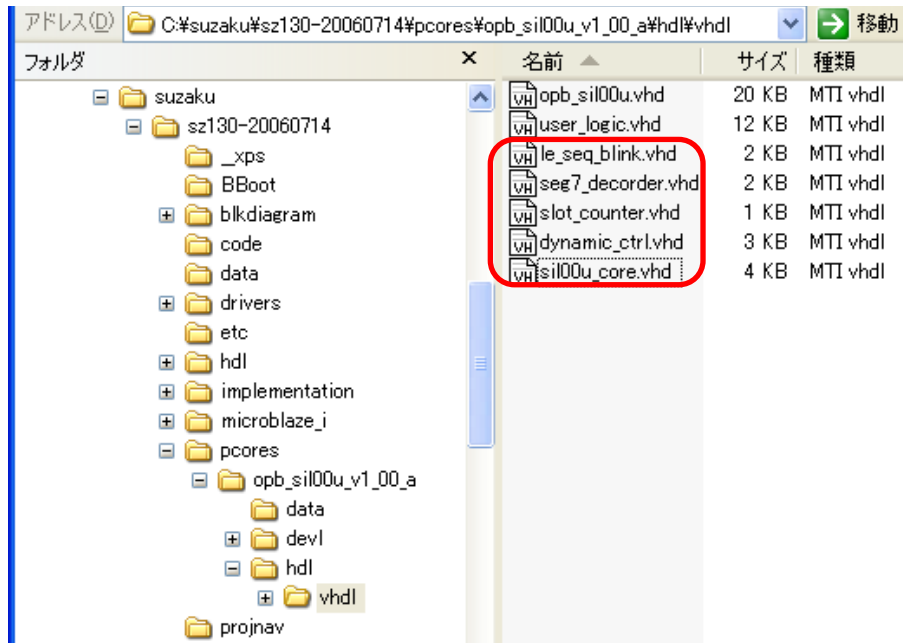
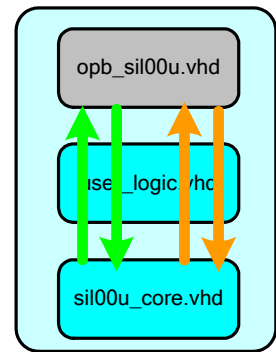


図 11-18 コアをコピー

11.3.1. user_logic.vhd

user_logic.vhd を開いてください。自動生成されたコードを編集していきます。user_logic を上位階層として、sil00u_core 回路を呼び出すソースコードを追加します。押しボタンスイッチ、ロータリコードスイッチは読み込むだけで書き込みは出来ません。この 2 つのために新たに、読み込み/書き込みレジスタではなく、読み込みレジスタを定義しています。ソースコードを追加するところには、大体--USER xxx added here とコメントが入っているので、目印にしてください。



例 11-2 sil00u(user_logic.vhd)

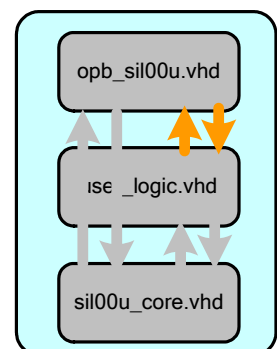
```

-----
-- user_logic.vhd - entity/architecture pair
-----
--中略
-- DO NOT EDIT BELOW THIS LINE -----
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_arith.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;
library proc_common_v2_00_a;
use proc_common_v2_00_a.proc_common_pkg.all;
-- DO NOT EDIT ABOVE THIS LINE -----

library opb_sil00u_v1_00_a;      --ライブラリとして呼び出す
use opb_sil00u_v1_00_a.all;

--中略
-----
-- Entity section
-----
entity user_logic is
  generic
  (
    -- ADD USER GENERICS BELOW THIS LINE -----
    --USER generics added here
    -- ADD USER GENERICS ABOVE THIS LINE -----
    -- DO NOT EDIT BELOW THIS LINE -----
    -- Bus protocol parameters, do not add to or delete
    C_DWIDTH           : integer           := 8;
    C_NUM_CE           : integer           := 6;
    C_IP_INTR_NUM      : integer           := 1;
    -- DO NOT EDIT ABOVE THIS LINE -----
  );
  port
  (
    -- ADD USER PORTS BELOW THIS LINE -----
    SEG : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 7);  -- 7セグメント LED 出力
    nSEL : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 2); -- セレクト出力
    nLE : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); -- 単色 LED 出力
    nSW : in  STD_LOGIC_VECTOR(0 to 2); -- スイッチ入力
    nCODE : in  STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); -- ロータリ SW 入力
    intr : out STD_LOGIC;
  );

```



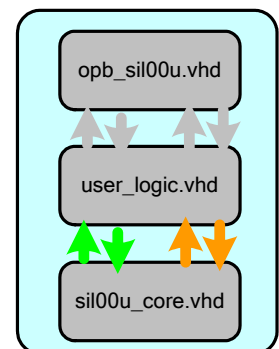
```

-- ADD USER PORTS ABOVE THIS LINE -----
-- DO NOT EDIT BELOW THIS LINE -----
-- Bus protocol ports, do not add to or delete
Bus2IP_Clk           : in  std_logic;
Bus2IP_Reset        : in  std_logic;
Bus2IP_Data         : in  std_logic_vector(0 to C_DWIDTH-1);
Bus2IP_BE          : in  std_logic_vector(0 to C_DWIDTH/8-1);
Bus2IP_RdCE        : in  std_logic_vector(0 to C_NUM_CE-1);
Bus2IP_WrCE        : in  std_logic_vector(0 to C_NUM_CE-1);
IP2Bus_Data        : out std_logic_vector(0 to C_DWIDTH-1);
IP2Bus_Ack         : out std_logic;
IP2Bus_Retry       : out std_logic;
IP2Bus_Error       : out std_logic;
IP2Bus_ToutSup     : out std_logic;
-- DO NOT EDIT ABOVE THIS LINE -----
);
end entity user_logic;
-----
-- Architecture section
-----
architecture IMP of user_logic is
signal slv_reg_r4 : std_logic_vector(0 to C_DWIDTH-1);  --押しボタンスイッチ用
signal slv_reg_r5 : std_logic_vector(0 to C_DWIDTH-1);  --ロータリコードスイッチ用

-----
-- Signals for user logic slave model s/w accessible register example
-----
signal slv_reg0      : std_logic_vector(0 to C_DWIDTH-1); --7 セグメント LED1 用
signal slv_reg1      : std_logic_vector(0 to C_DWIDTH-1); --7 セグメント LED2 用
signal slv_reg2      : std_logic_vector(0 to C_DWIDTH-1); --7 セグメント LED3 用
signal slv_reg3      : std_logic_vector(0 to C_DWIDTH-1); --単色 LED トリガー用
signal slv_reg4      : std_logic_vector(0 to C_DWIDTH-1);
signal slv_reg5      : std_logic_vector(0 to C_DWIDTH-1);
signal slv_reg_write_select : std_logic_vector(0 to 5);
signal slv_reg_read_select  : std_logic_vector(0 to 5);
signal slv_ip2bus_data     : std_logic_vector(0 to C_DWIDTH-1);
signal slv_read_ack       : std_logic;
signal slv_write_ack      : std_logic;
-----
-- Signals for user logic interrupt example
-----
signal interrupt      : std_logic_vector(0 to C_IP_INTR_NUM-1); --割り込み用
begin
-- 下位モジュール呼び出し sil100u_core インスタンス
sil100u_core_0 : entity opb_sil100u_v1_00_a.sil100u_core
PORT MAP(
  SYS_CLK => Bus2IP_Clk,
  SYS_RST => Bus2IP_Reset,

  -- External
  SEG => SEG,
  nSEL => nSEL,
  nLE => nLE,
  nSW => nSW,
  nCODE => nCODE,

```



```

-- R/W レジスタ
seg_in1 => slv_reg0(4 to 7),
seg_in2 => slv_reg1(4 to 7),
seg_in3 => slv_reg2(4 to 7),
le_trig => slv_reg3(7),

-- Read レジスタ
sw => slv_reg_r4(5 to 7),
code => slv_reg_r5(4 to 7),
intr => interrupt(0)
);

```

--中略

```

slv_reg_write_select <= Bus2IP_WrCE(0 to 5);
slv_reg_read_select <= Bus2IP_RdCE(0 to 5);
slv_write_ack <= Bus2IP_WrCE(0) or Bus2IP_WrCE(1) or Bus2IP_WrCE(2)
                or Bus2IP_WrCE(3) or Bus2IP_WrCE(4) or Bus2IP_WrCE(5);
slv_read_ack <= Bus2IP_RdCE(0) or Bus2IP_RdCE(1) or Bus2IP_RdCE(2)
                or Bus2IP_RdCE(3) or Bus2IP_RdCE(4) or Bus2IP_RdCE(5);
-- implement slave model register(s)
SLAVE_REG_WRITE_PROC : process( Bus2IP_Clk ) is
begin
  if Bus2IP_Clk'event and Bus2IP_Clk = '1' then
    if Bus2IP_Reset = '1' then
      slv_reg0 <= (others => '0');
      slv_reg1 <= (others => '0');
      slv_reg2 <= (others => '0');
      slv_reg3 <= (others => '0');
      slv_reg4 <= (others => '0');
      slv_reg5 <= (others => '0');
    else
      case slv_reg_write_select is
        when "100000" =>
          for byte_index in 0 to (C_DWIDTH/8)-1 loop
            if ( Bus2IP_BE(byte_index) = '1' ) then
              slv_reg0(byte_index*8 to byte_index*8+7)
                <= Bus2IP_Data(byte_index*8 to byte_index*8+7);
            end if;
          end loop;
        when "010000" =>
          for byte_index in 0 to (C_DWIDTH/8)-1 loop
            if ( Bus2IP_BE(byte_index) = '1' ) then
              slv_reg1(byte_index*8 to byte_index*8+7)
                <= Bus2IP_Data(byte_index*8 to byte_index*8+7);
            end if;
          end loop;
        when "001000" =>
          for byte_index in 0 to (C_DWIDTH/8)-1 loop
            if ( Bus2IP_BE(byte_index) = '1' ) then
              slv_reg2(byte_index*8 to byte_index*8+7)
                <= Bus2IP_Data(byte_index*8 to byte_index*8+7);
            end if;
          end loop;
        when "000100" =>
          for byte_index in 0 to (C_DWIDTH/8)-1 loop
            if ( Bus2IP_BE(byte_index) = '1' ) then
              slv_reg3(byte_index*8 to byte_index*8+7)
                <= Bus2IP_Data(byte_index*8 to byte_index*8+7);
            end if;
          end loop;
        when "000010" =>

```

```

for byte_index in 0 to (C_DWIDTH/8)-1 loop
  if ( Bus2IP_BE(byte_index) = '1' ) then
    slv_reg4(byte_index*8 to byte_index*8+7)
      <= Bus2IP_Data(byte_index*8 to byte_index*8+7);
  end if;
end loop;
when "000001" =>
  for byte_index in 0 to (C_DWIDTH/8)-1 loop
    if ( Bus2IP_BE(byte_index) = '1' ) then
      slv_reg5(byte_index*8 to byte_index*8+7)
        <= Bus2IP_Data(byte_index*8 to byte_index*8+7);
    end if;
  end loop;
  when others => null;
end case;
end if;
end if;
end process SLAVE_REG_WRITE_PROC;
-- implement slave model register read mux

```

```

-- CPUからのレジスタ読み込み
-- SLAVE_REG_READ_PROC : process( slv_reg_read_select, slv_reg0,
-- slv_reg1, slv_reg2, slv_reg3, slv_reg4, slv_reg5 ) is
SLAVE_REG_READ_PROC : process( slv_reg_read_select, slv_reg0, slv_reg1,
                               slv_reg2, slv_reg3, slv_reg_r4, slv_reg_r5 ) is

```

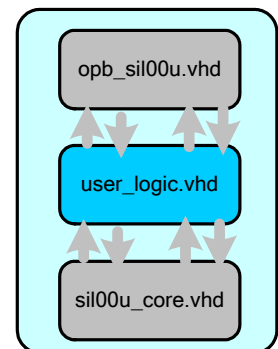
```

begin
case slv_reg_read_select is
  when "100000" => slv_ip2bus_data <= slv_reg0;
  when "010000" => slv_ip2bus_data <= slv_reg1;
  when "001000" => slv_ip2bus_data <= slv_reg2;
  when "000100" => slv_ip2bus_data <= slv_reg3;

  -- when "000010" => slv_ip2bus_data <= slv_reg4;
  -- when "000001" => slv_ip2bus_data <= slv_reg5;
  when "000010" => slv_ip2bus_data <= slv_reg_r4;
  when "000001" => slv_ip2bus_data <= slv_reg_r5;

  when others => slv_ip2bus_data <= (others => '0');
end case;
end process SLAVE_REG_READ_PROC;

```



CPUからのレジスタ読み込み部の記述追加

```

-- Example code to generate user logic interrupts
--
-- Note:
-- The example code presented here is to show you one way of generating
-- interrupts from the user logic. This code snippet infers a counter
-- and generate the interrupts whenever the counter rollover (the counter
-- will rollover ~21 sec @50Mhz).

```

```

-----
-- INTR_PROC : process( Bus2IP_Clk ) is
--   constant COUNT_SIZE    : integer := 30;
--   constant ALL_ONES      : std_logic_vector(0 to COUNT_SIZE-1) := (others => '1');
--   variable counter       : std_logic_vector(0 to COUNT_SIZE-1);
-- begin
--
--   if ( Bus2IP_Clk'event and Bus2IP_Clk = '1' ) then
--     if ( Bus2IP_Reset = '1' ) then
--       counter := (others => '0');
--       interrupt <= (others => '0');

```

```
--     else
--       counter := counter + 1;
--       if ( counter = ALL_ONES ) then
--         interrupt <= (others => '1');
--       else
--         interrupt <= (others => '0');
--       end if;
--     end if;
--   end if;
-- end process INTR_PROC;

IP2Bus_IntrEvent <= interrupt; - 割り込みを counter からの出力に接続

-----
-- Example code to drive IP to Bus signals
-----
IP2Bus_Data      <= slv_ip2bus_data;
IP2Bus_Ack       <= slv_write_ack or slv_read_ack;
IP2Bus_Error     <= '0';
IP2Bus_Retry     <= '0';
IP2Bus_ToutSup   <= '0';

end IMP;
```

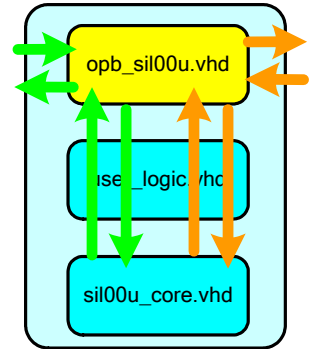
11.3.1.1. ライブラリ

ライブラリはデザインデータの集まりで、パッケージ宣言、エンティティ宣言、アーキテクチャ宣言などで校正されま
す。ライブラリを使用すると、コンポーネント宣言を省略することができます。

```
library opb_sil00u_v1_00_a;
use opb_sil00u_v1_00_a.all;
```

11.3.2. opb_sil00u.vhd

opb_sil00u.vhd を開いてください。自動生成されたコードを編集していきます。opb_sil00u を上位階層として、user_logic 回路を呼び出すコードを追加します。



例 11-3 sil00u (opb_sil00.vhd)

```
-----
-- opb_sil00u.vhd - entity/architecture pair
-----
```

```
-- 中略
```

```
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_arith.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;
```

```
library proc_common_v2_00_a;
use proc_common_v2_00_a.proc_common_pkg.all;
use proc_common_v2_00_a.ipif_pkg.all;
library opb_ipif_v3_01_c;
use opb_ipif_v3_01_c.all;
```

```
library opb_sil00u_v1_00_a;
use opb_sil00u_v1_00_a.all;
```

```
-----
-- Entity section
-----
```

```
entity opb_sil00u is
  generic
  (
    --中略
  );
  port
  (
    -- ADD USER PORTS BELOW THIS LINE -----
```

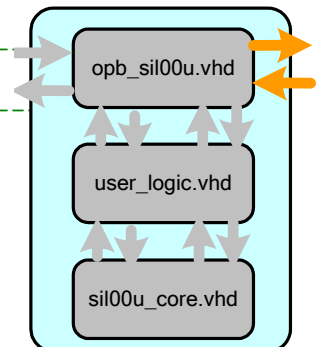
```
SEG : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 7); --7 セグメント LED への出力信号
nSEL: out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 2); --7 セグメント LED セレクト信号
nLE : out STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --単色 LED への出力信号
nSW : in  STD_LOGIC_VECTOR(0 to 2); --押しボタンスイッチからの入力信号
nCODE: in STD_LOGIC_VECTOR(0 to 3); --ロータリコードスイッチからの入力信号
```

```
-- ADD USER PORTS ABOVE THIS LINE -----
```

```
-- DO NOT EDIT BELOW THIS LINE -----
```

```
-- Bus protocol ports, do not add to or delete
```

```
OPB_Clk      : in  std_logic;
OPB_Rst      : in  std_logic;
Sl_DBus      : out std_logic_vector(0 to C_OPB_DWIDTH-1);
Sl_errAck    : out std_logic;
Sl_retry     : out std_logic;
Sl_toutSup   : out std_logic;
Sl_xferAck   : out std_logic;
OPB_ABus     : in  std_logic_vector(0 to C_OPB_AWIDTH-1);
```

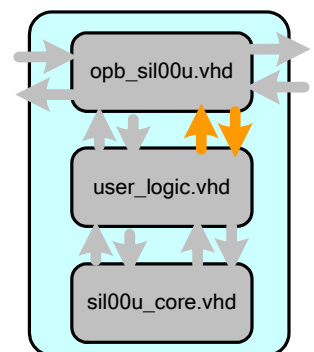


```

OPB_BE          : in std_logic_vector(0 to C_OPB_DWIDTH/8-1);
OPB_DBus        : in std_logic_vector(0 to C_OPB_DWIDTH-1);
OPB_RNW         : in std_logic;
OPB_select      : in std_logic;
OPB_seqAddr     : in std_logic;
IP2INTC_Irpt    : out std_logic
-- DO NOT EDIT ABOVE THIS LINE -----
);
attribute SIGIS : string;
attribute SIGIS of OPB_Clk      : signal is "Clk";
attribute SIGIS of OPB_Rst      : signal is "Rst";
attribute SIGIS of IP2INTC_Irpt : signal is "INTR_LEVEL_HIGH";

end entity opb_sil00u;
-----
-- Architecture section
-----
architecture IMP of opb_sil00u is
--中略
begin
-----
-- instantiate the OPB IPIF
-----
OPB_IPIF_I : entity opb_ipif_v3_01_c.opb_ipif
generic map
(
--中略
)
port map
(
--中略
);
-----
-- instantiate the User Logic
-----
USER_LOGIC_I : entity opb_sil00u_v1_00_a.user_logic
generic map
(
--中略
)
port map
(
-- MAP USER PORTS BELOW THIS LINE -----
SEG => SEG,
nSEL => nSEL,
nLE => nLE,
nSW => nSW,
nCODE => nCODE,
-----
-- MAP USER PORTS ABOVE THIS LINE -----
Bus2IP_Clk      => iBus2IP_Clk,
Bus2IP_Reset    => iBus2IP_Reset,
Bus2IP_Data     => uBus2IP_Data,
Bus2IP_BE       => uBus2IP_BE,
Bus2IP_RdCE     => uBus2IP_RdCE,
Bus2IP_WrCE     => uBus2IP_WrCE,
IP2Bus_Data     => uIP2Bus_Data,
IP2Bus_Ack      => iIP2Bus_Ack,
IP2Bus_Retry    => iIP2Bus_Retry,

```



```

IP2Bus_Error      => iIP2Bus_Error,
IP2Bus_ToutSup    => iIP2Bus_ToutSup
);
--中略
end IMP;

```

11.3.3. opb_sil00u_v2_1_0.mpd

“C:\suzaku\sz130-20060714\pcores\opb_sil00u_v1_00_a\data”
を開いてください。

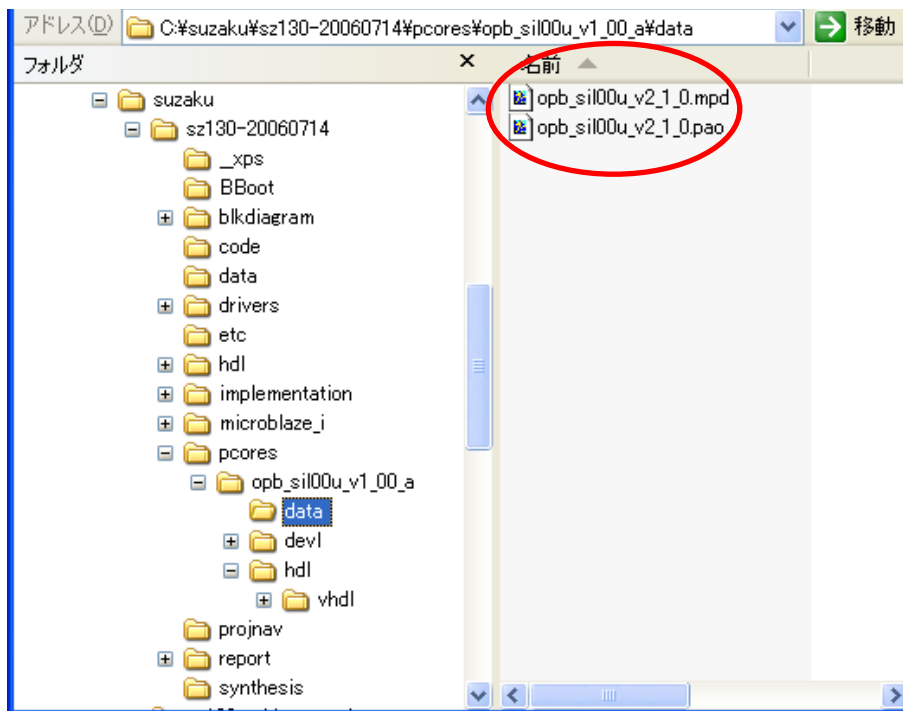
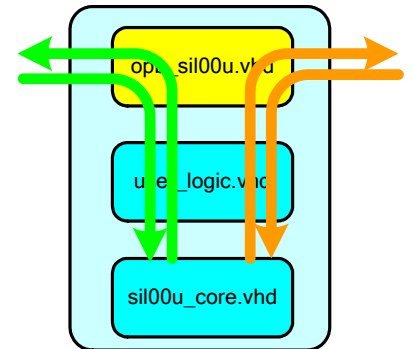


図 11-19 フォルダ構成

opb_sil00u_v2_1_0.mpd を編集します。mpd(Microprocessor Peripheral Definition)ファイルでは信号の入出力の方向やビット幅等を定義できます。7セグメント LED、7セグメント LED セレクト、単色LED、押しボタンスイッチ、ロータリコードスイッチの信号を外部と接続できるように定義します。

以下の文を一番下に追加してください。

例 11-4 opb_sil00u_v2_1_0.mpd

```

PORT SEG = "", DIR = O, VEC = [0:7]
PORT nSEL = "", DIR = O, VEC = [0:2]
PORT nLE = "", DIR = O, VEC = [0:3]
PORT nSW = "", DIR = I, VEC = [0:2]
PORT nCODE = "", DIR = I, VEC = [0:3]

```


11.3.4. opb_sil00u_v2_1_0.pao

opb_sil00u_v2_1_0.pao を編集します。pao(Peripheral Analyze Order)ファイルはペリフェラルのコンパイル(構成およびシミュレーション用)に必要な HDL ファイルと、その解析順を指定します。自分で書いたソースコードを追加します。

以下の文を一番下に追加してください。

例 11-5 opb_sil00u_v2_1_0.pao

```
lib opb_sil00u_v1_00_a sil00u_core vhd1
lib opb_sil00u_v1_00_a slot_counter vhd1
lib opb_sil00u_v1_00_a le_seq_blink vhd1
lib opb_sil00u_v1_00_a seg7_decorder vhd1
lib opb_sil00u_v1_00_a dynamic_ctrl vhd1
```

これで自作 IP コアの完成です。

11.4. 自作 IP コアの追加

EDK で、自作 IP コアを SUZAKU のデフォルトのプロジェクトに追加します。

まず、SUZAKU のデフォルトに追加した時のブロック図を見てください。

自作 IP コアは、OPB と接続され、外部(押しボタンスイッチや単色 LED)とつながります。

11.4.1. SZ010、SZ030 の場合

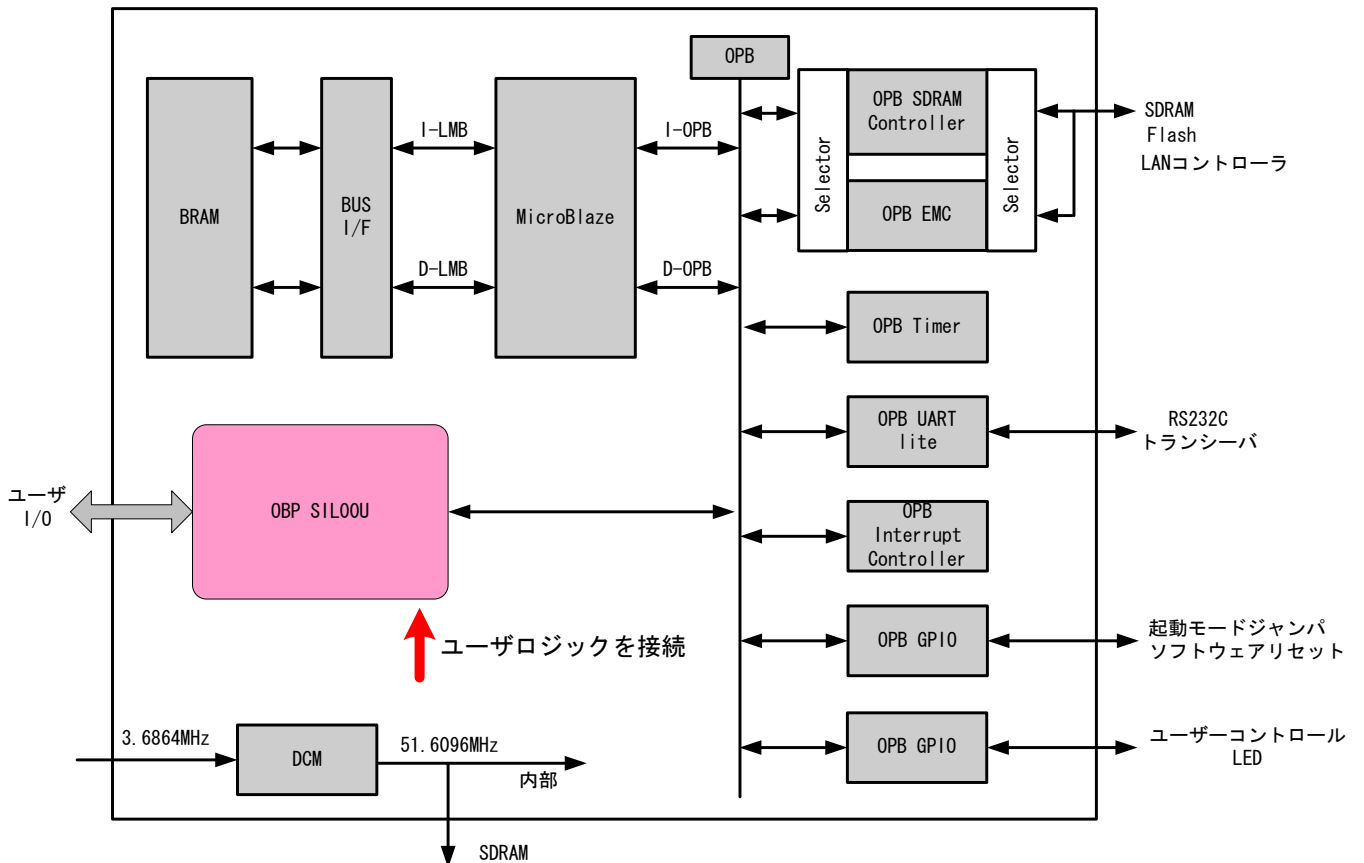


図 11-20 SZ010、SZ030 のデフォルトに自作 IP コアを追加

11.4.2. SZ130 の場合

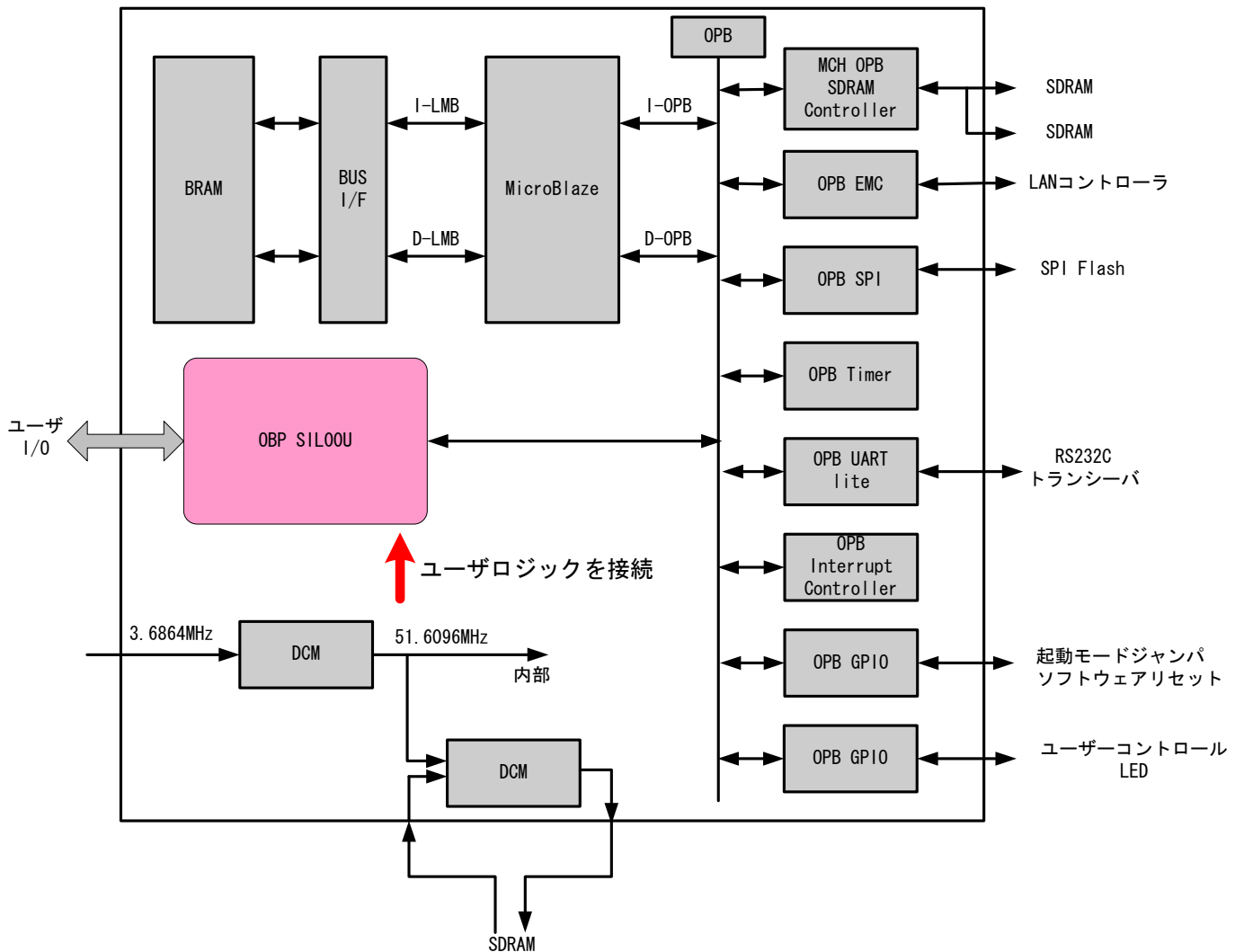


図 11-21 SZ130 のデフォルトに自作 IP コアを追加

11.4.3. SZ310 の場合

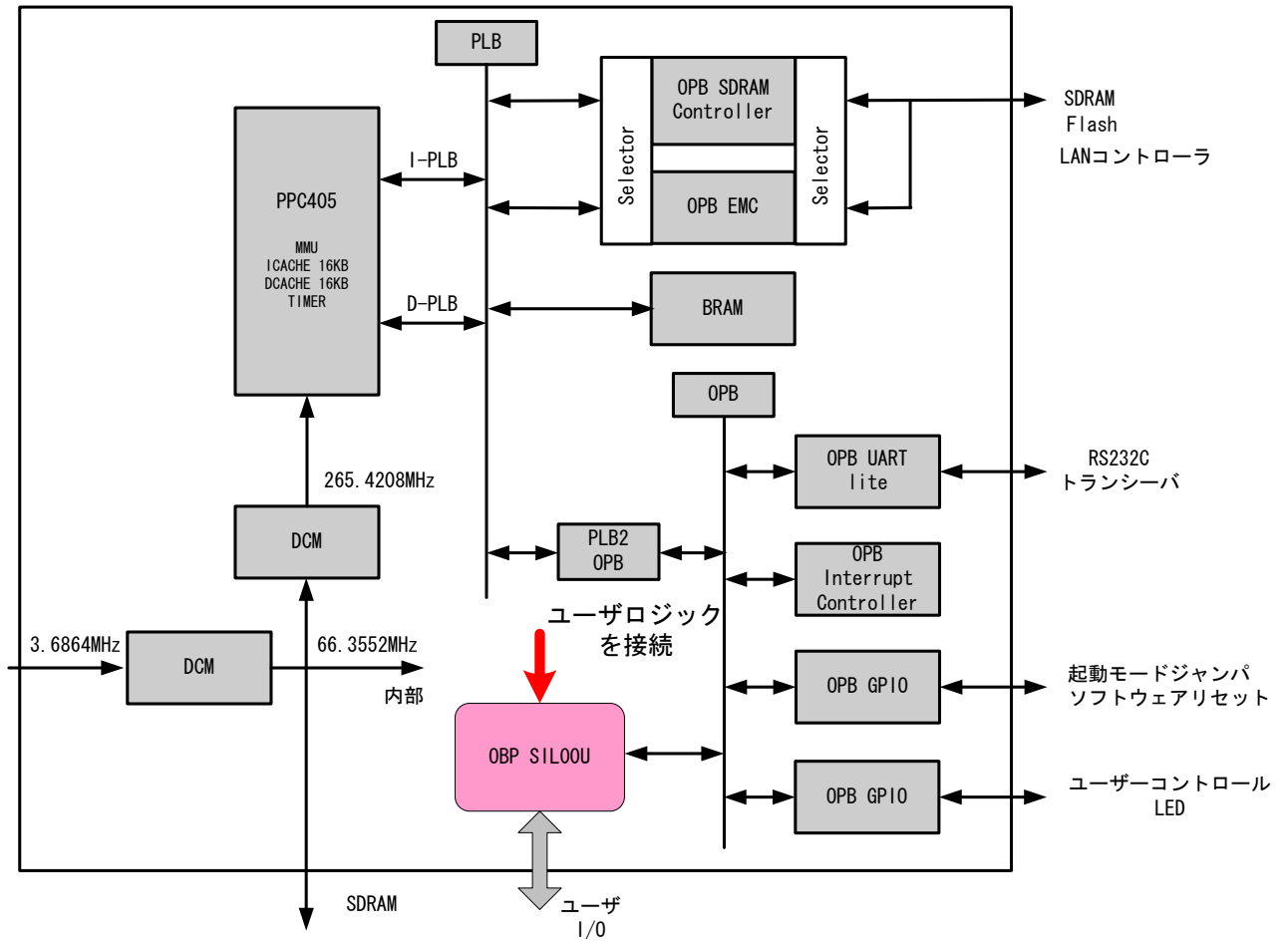


図 11-22 SZ310 のデフォルトに自作 IP コアを追加

11.4.4. ハードウェア設定

自作コアが、EDK に読み込まれているか確認します。

EDK に自作コアが作成されたことを伝えるため、[Project]→[Rescan User Repositories]をクリックしてください。

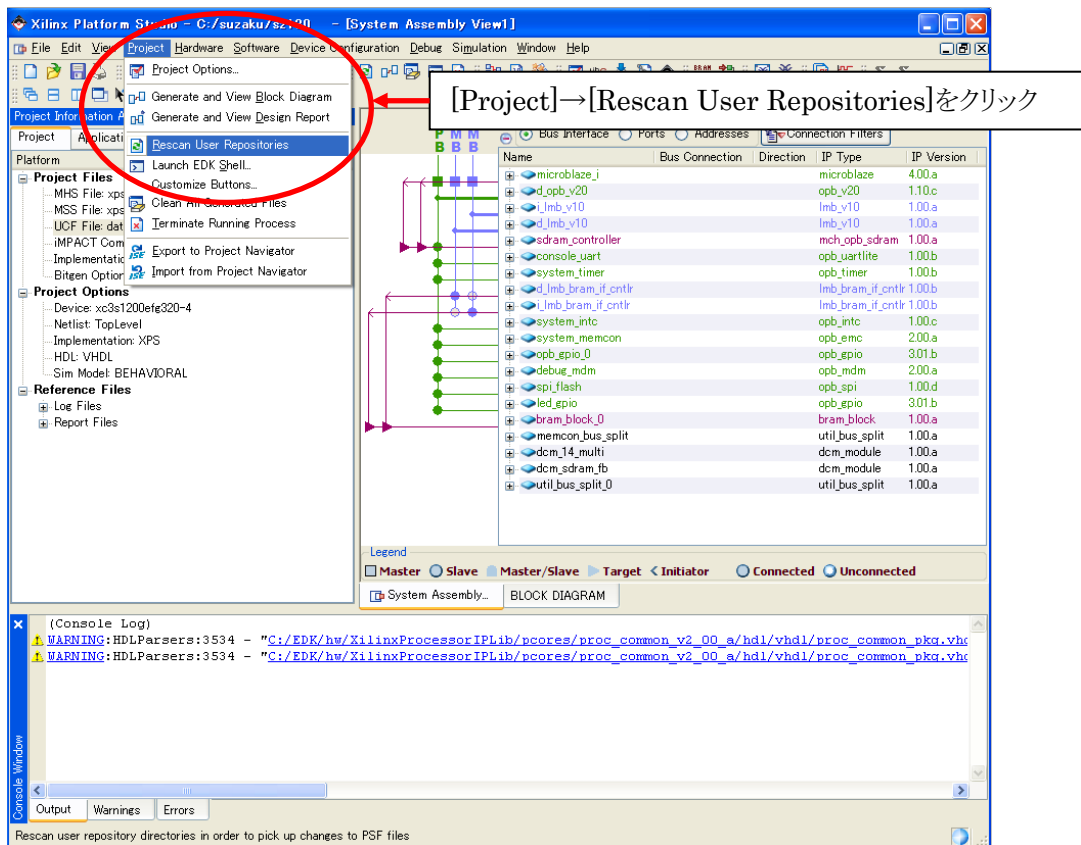


図 11-23 自作 IP コア読み込み

IP Catalog の Project Repository に自分のコア opb_sil00u が追加されます。

もしうまく追加されなかった場合は、一回 Xilinx Platform Studio を閉じて、再起動し、xps_proj.xmp を開き直してください。

11.4.4.1. IP コアの追加

opb_sil00u を右クリックして出てくるメニューの Add IP を選択してください。
opb_sil00u が追加されます。

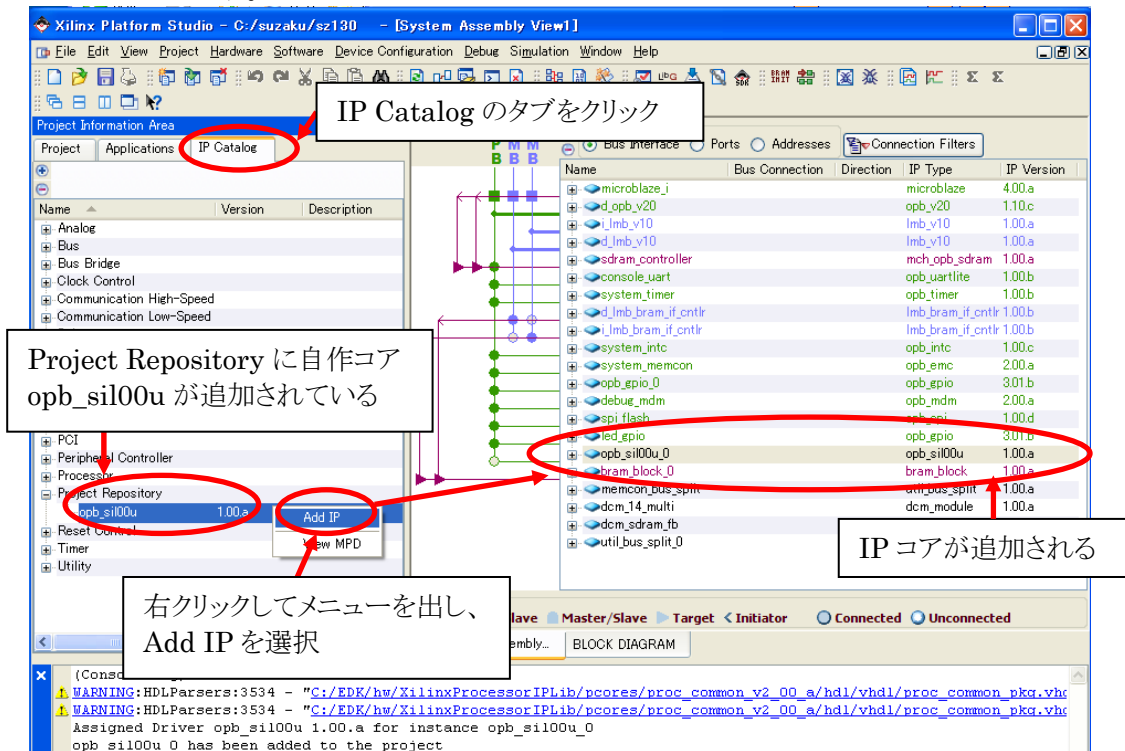


図 11-24 自作 IP コア追加

11.4.4.2. OPB バスに接続

Bus Interface を選択し、opb_sil00u_0の横の丸をクリックしてください。○ → ●
OPB バスに接続されます。

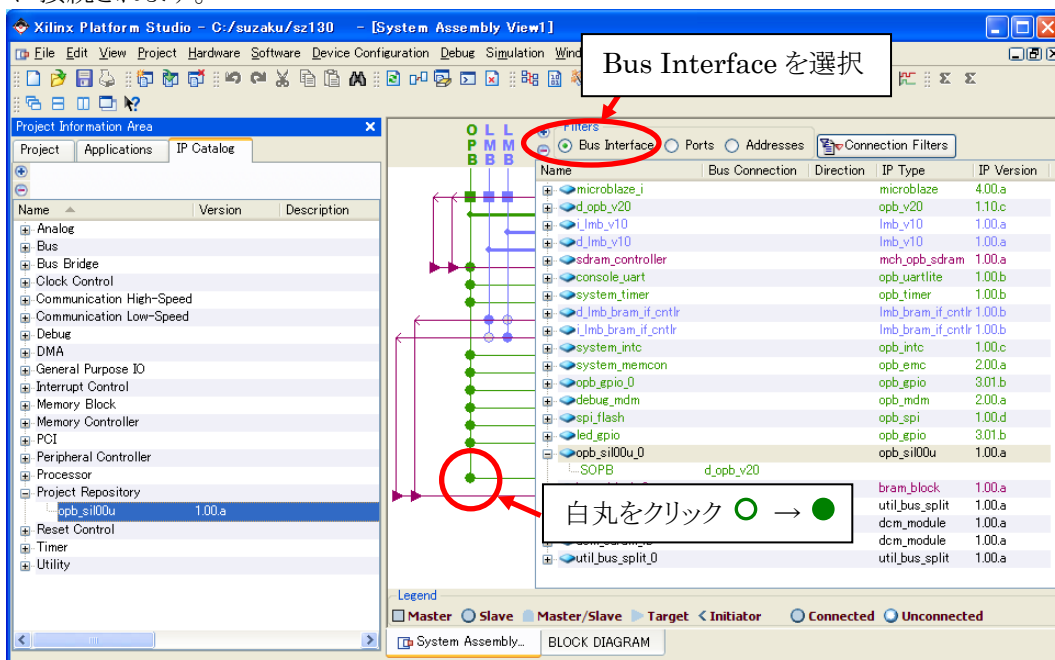


図 11-25 OPB バスに接続

11.4.4.3. IP コアの設定

opb_sil00u_0 を右クリックし、メニューの Configure IP... を選択してください。

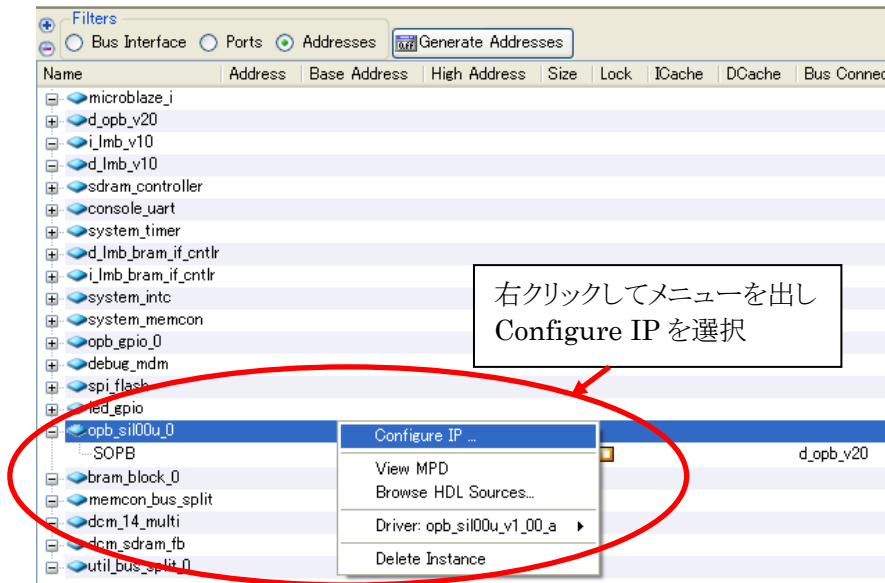


図 11-26 アドレス設定画面呼び出し

メモリアドレスを設定します。[BASEADDR]、[HIGHADDR]にメモリアドレスを入力し、[OK]をクリックして下さい。メモリアドレスは SUZAKU のメモリマップで Free と書いてあるところに割り当てます。(”1.3 メモリマップ”参照)

表 11-1 sil00u メモリアドレス

	SZ010, SZ030 SZ130	SZ310
Base Address	0xFFFFD000	0xF0FFD000
High Address	0xFFFFD1FF	0xF0FFD1FF

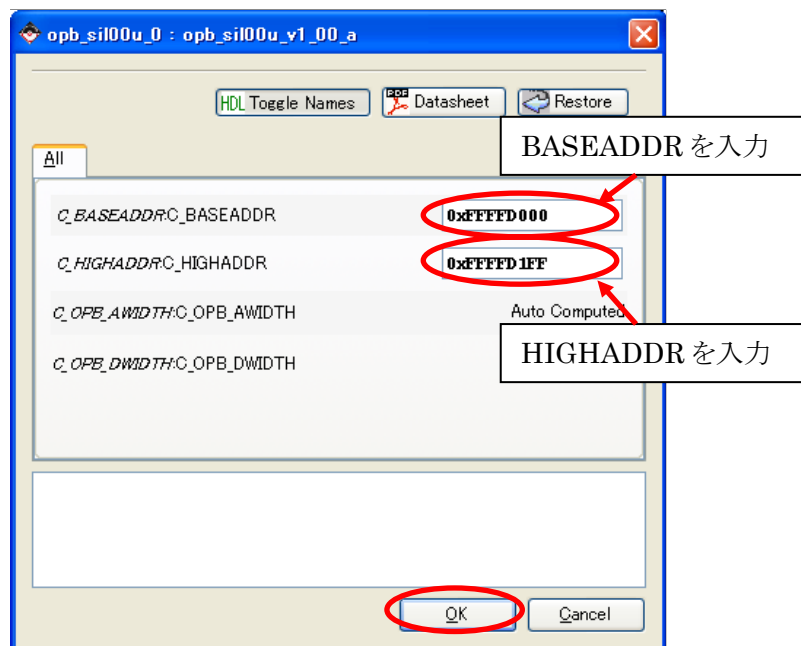


図 11-27 アドレス設定


11.4.4.4. メモリマップ確認

Addresses を選択し、opb_sil00u_0 の BaseAddress と High Address と Size に間違いがないか、確認してください。



図 11-28 メモリマップ確認

11.4.4.5. 信号の定義

Ports を選択し、opb_sil00u_0 の  をクリックして開いてください。mpd ファイルで自分で設定した信号線 + 自動生成された割り込み線が出来上がっていると思います。

SEG の Net の部分をクリックし、Net 名を SEG と入力し、欄外をクリックし確定させてください。

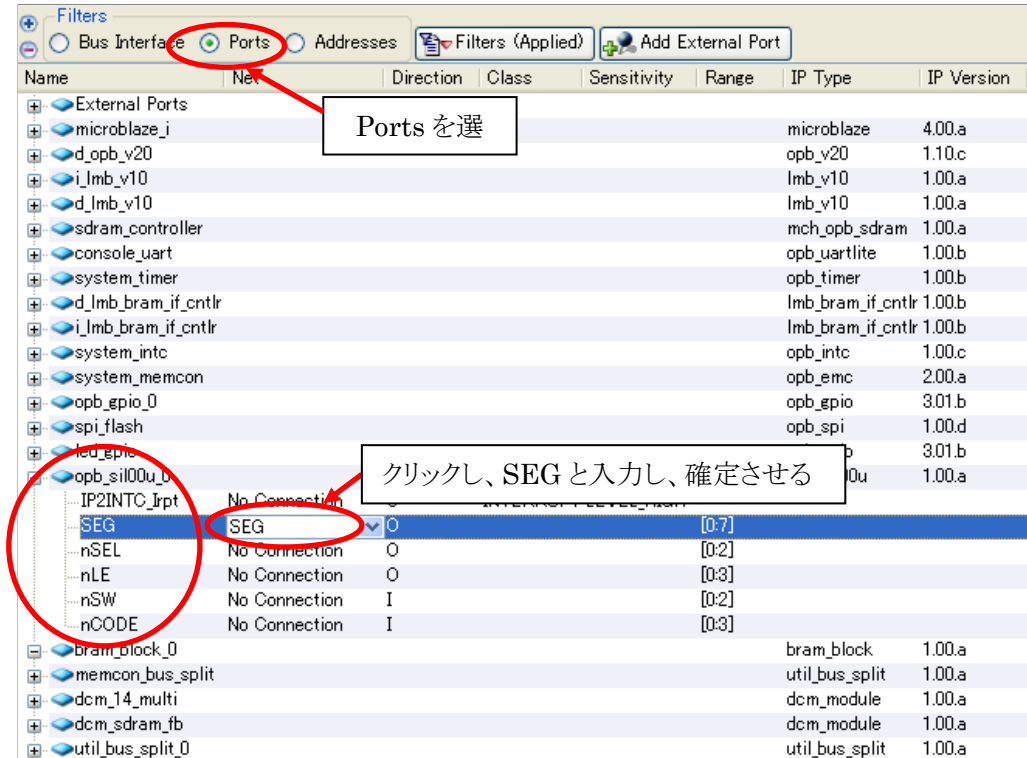



図 11-29 NET 名入力

もう一度 SEG の Net をクリックし、今度は  をクリックし、[Make External] を選択し、欄外をクリックして確定させてください。

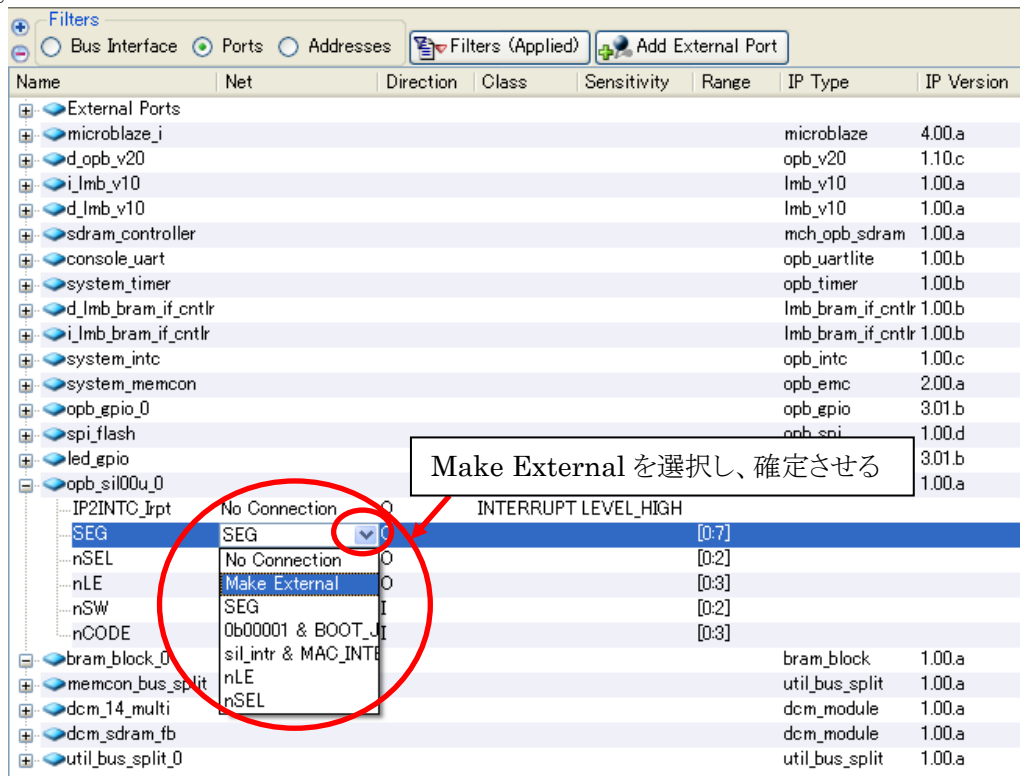



図 11-30 外部信号にする

External Ports の  をクリックして開いてください。Name:SEG_pin という信号が出来上がっているのですが、SEG_pin をクリックし、名前を SEG に変更してください。これで、外部出力信号 SEG が定義されます。

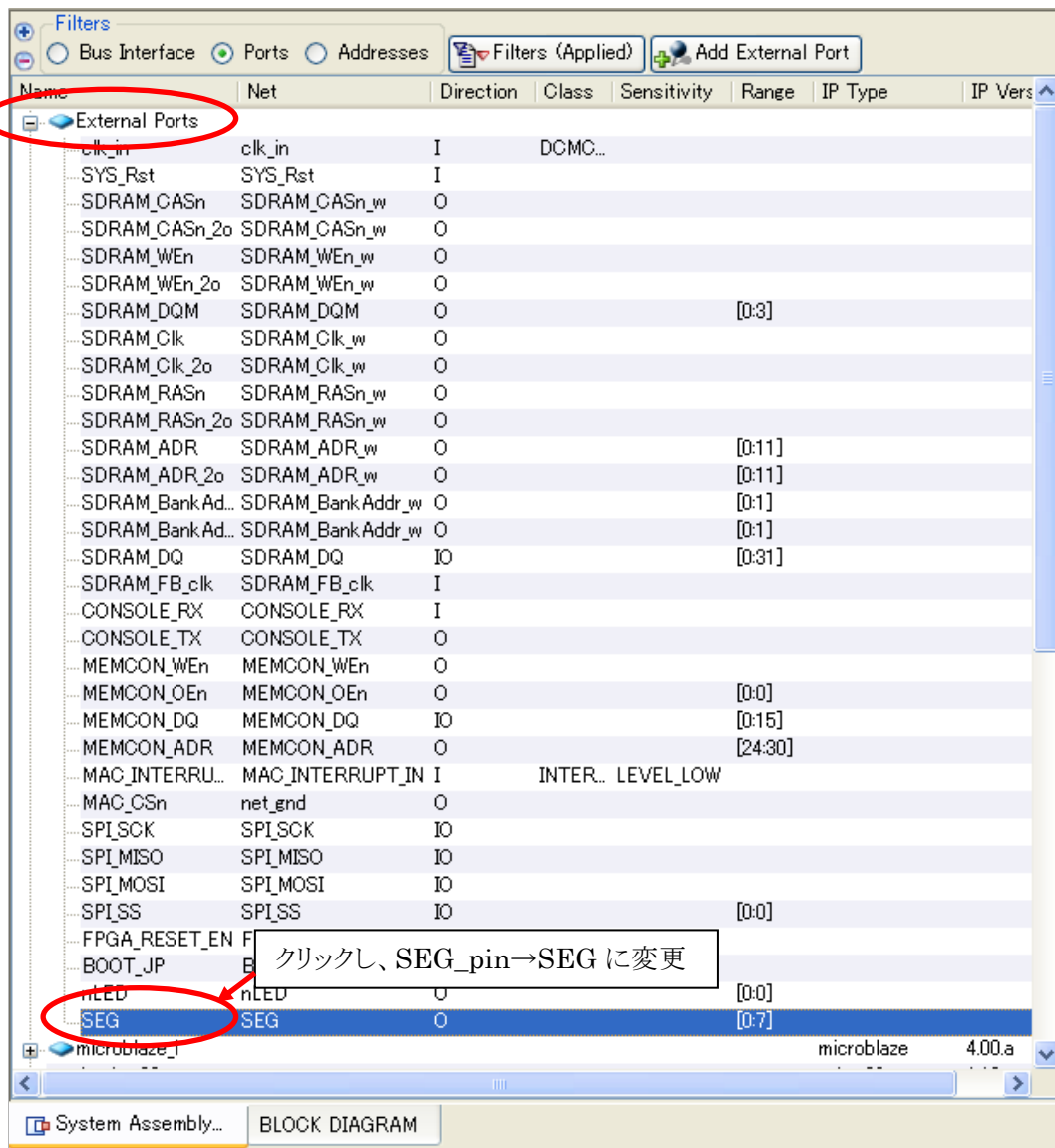


図 11-31 出力信号定義

nSEL、nLE、nSW、nCODE も SEG と同様の操作を行ってください。

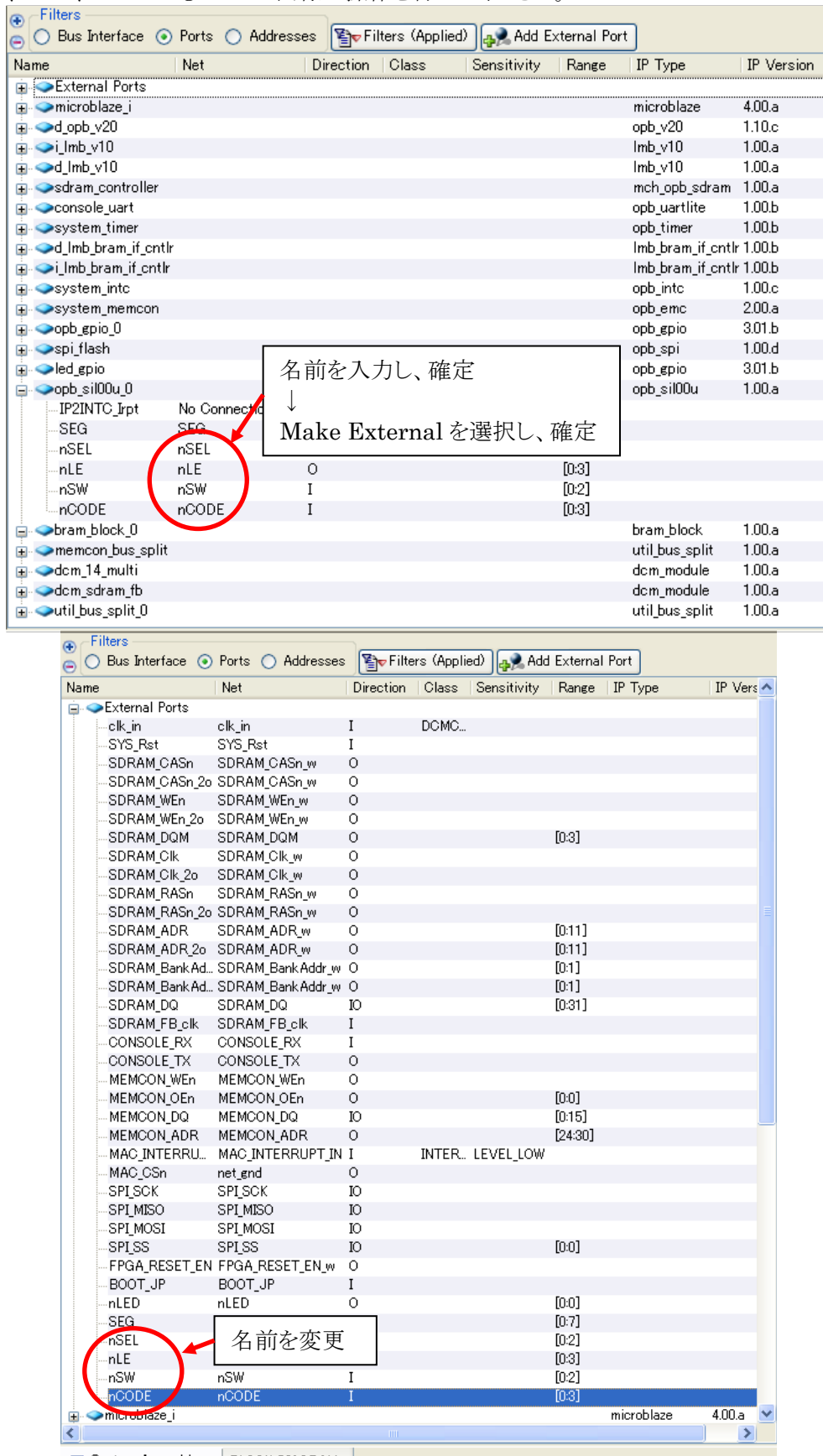


図 11-32 残り出力信号定義

MicroBlaze および PowerPC は外部から 1 つの割り込みしか受けることができません。SUZAKU では、複数の割り込み要因があるため、割り込みコントローラを用いて、割り込み処理を行います。割り込みが発生すると、割り込みハンドラが呼び出され、優先順位が高いものから割り込みが処理されます。

IP2INTC_Irpt の Net に sil_intr と入力し、system_inc の Intr の Net に、sil_intr & と追記してください。これで自作コアの割り込みが割り込みコントローラに接続されます。右側に書いたものほど割り込みの優先順位が高くなります。

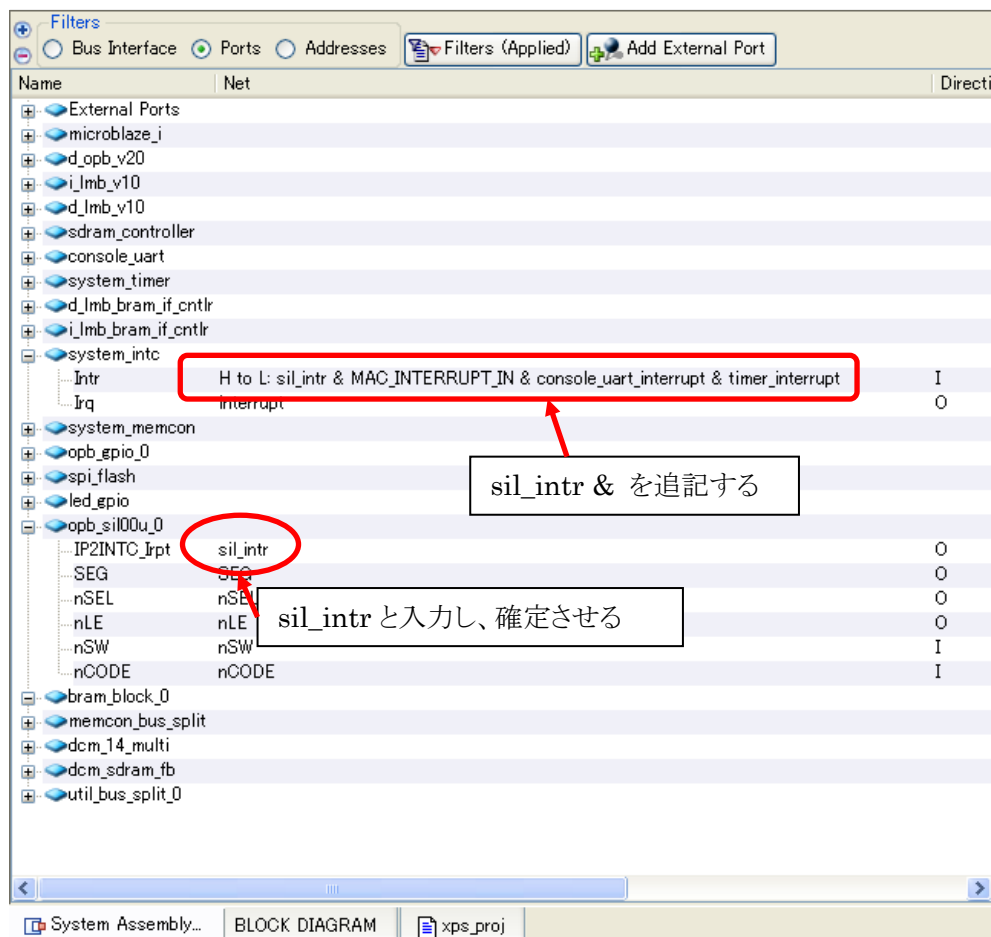


図 11-33 割り込みコントローラ

11.4.4.6. 割り込み **SZ310**

SZ310 はハードプロセッサの PowerPC なので、設定が SZ010、SZ030、SZ130 と違います。SZ310 以外は次のピンアサインに進んでください。PowerPC では、EVPR(例外ベクタプレフィックスレジスタ)に割り込みベクタをセットする必要があります。EVPR は上位 16bit のみを使用され、下位 16bit は無視されるレジスタです。デフォルトのプロジェクトでは、boot セクションが 0xFFFFF000 にあり、BRAM を 0xFFFFC000~0xFFFFFFFF に割り当てています。EVPR に割り込みベクタをセットするためには、0xFFFF0000 まで拡張しないとイケないのですが、これだと BRAM の容量が 64kbyte になってしまいます。SZ310 に採用している Virtex-II Pro は 48kbyte の BRAM しか内蔵していないため足りません。

今回は、0xFFFFC000~0xFFFFFFFF の他に、もうひとつ BRAM を用意し、0xFFFF0000~0xFFFF3FFF にセットし、ここに割り込みベクタを割り当てるようにします。また、text セクションが 15kbyte になっていますので、rodata、data、bss など、0xFFFF0000~0xFFFF3FFF 側に割り当てて、必要容量を分散することにします。

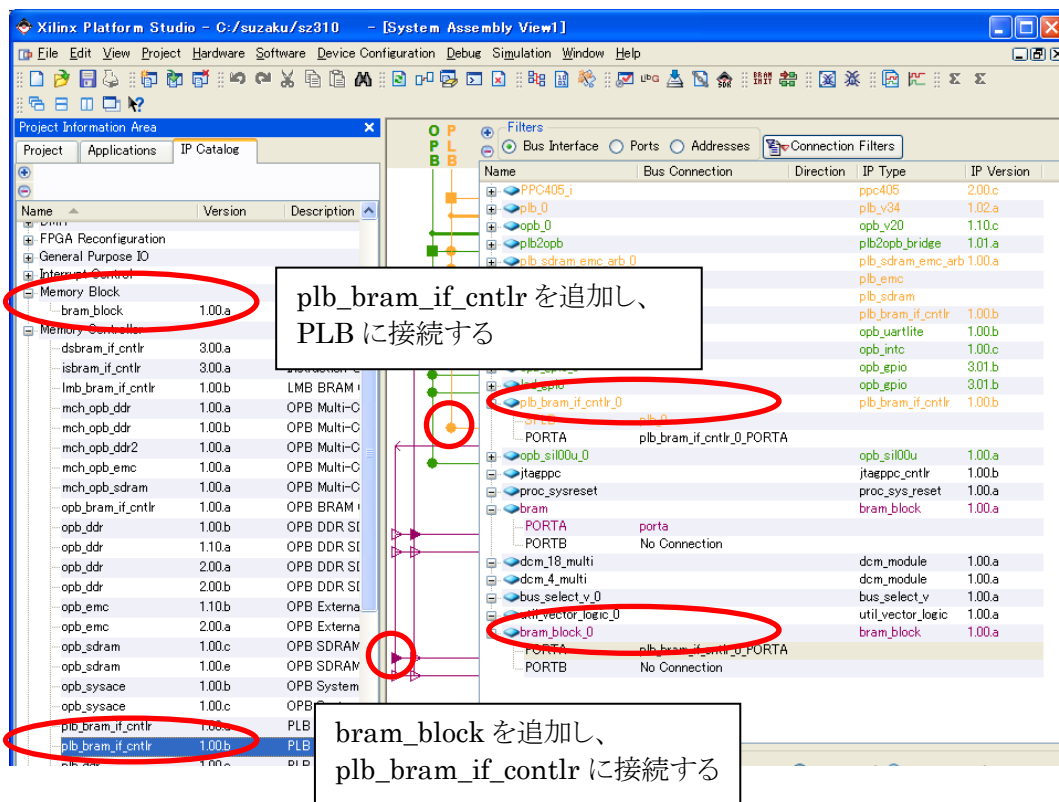


図 11-34 SZ310 割り込み設定1

plb_bram_if_cntlr_0 の設定画面を開き、Base Address に[0xFFFF0000]、High Address に[0xFFFF3FFF]と入力し、[OK]をクリックして下さい。

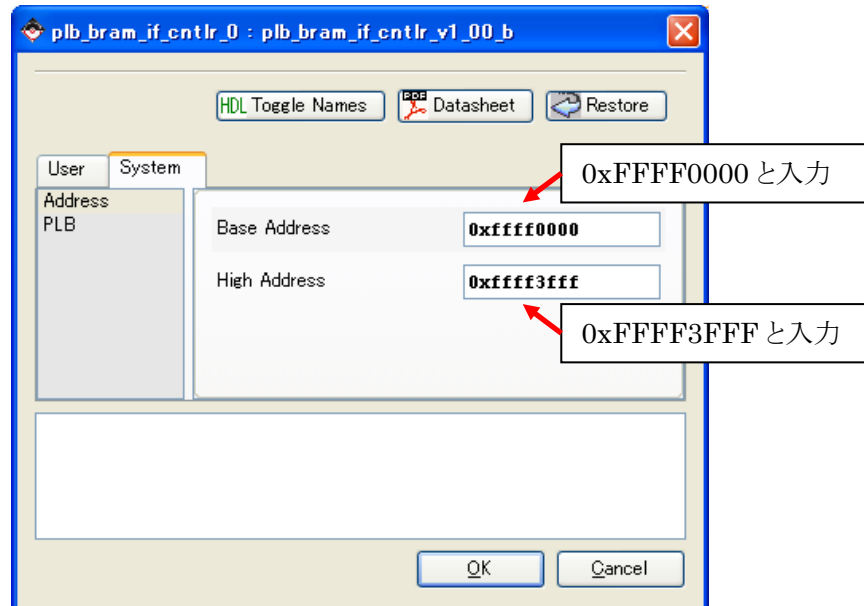


図 11-35 SZ310 割り込み設定 2

リンカースクリプトを作ります。[Software]→[Generate Linker Script...]を選択してください。

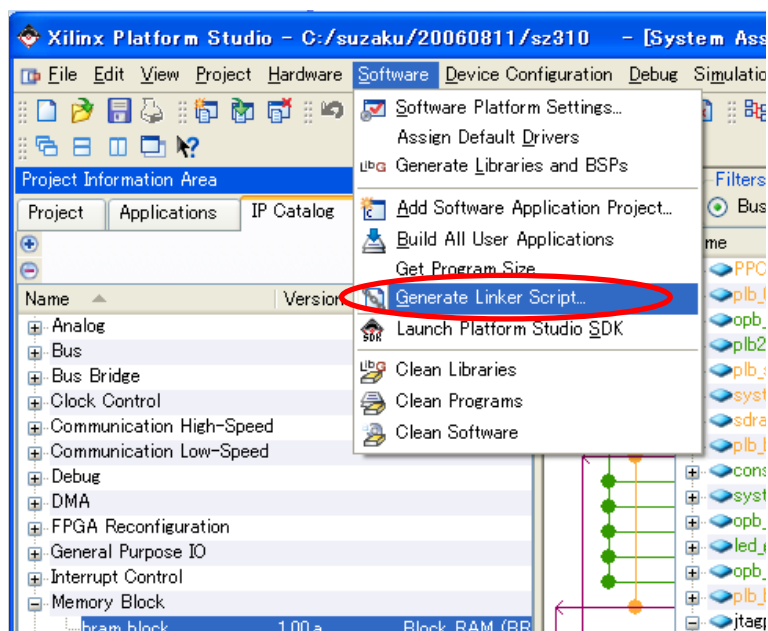


図 11-36 SZ310 割り込み設定 3

[Sections View]の Memory の部分を編集し、[Generate]をクリックして下さい。

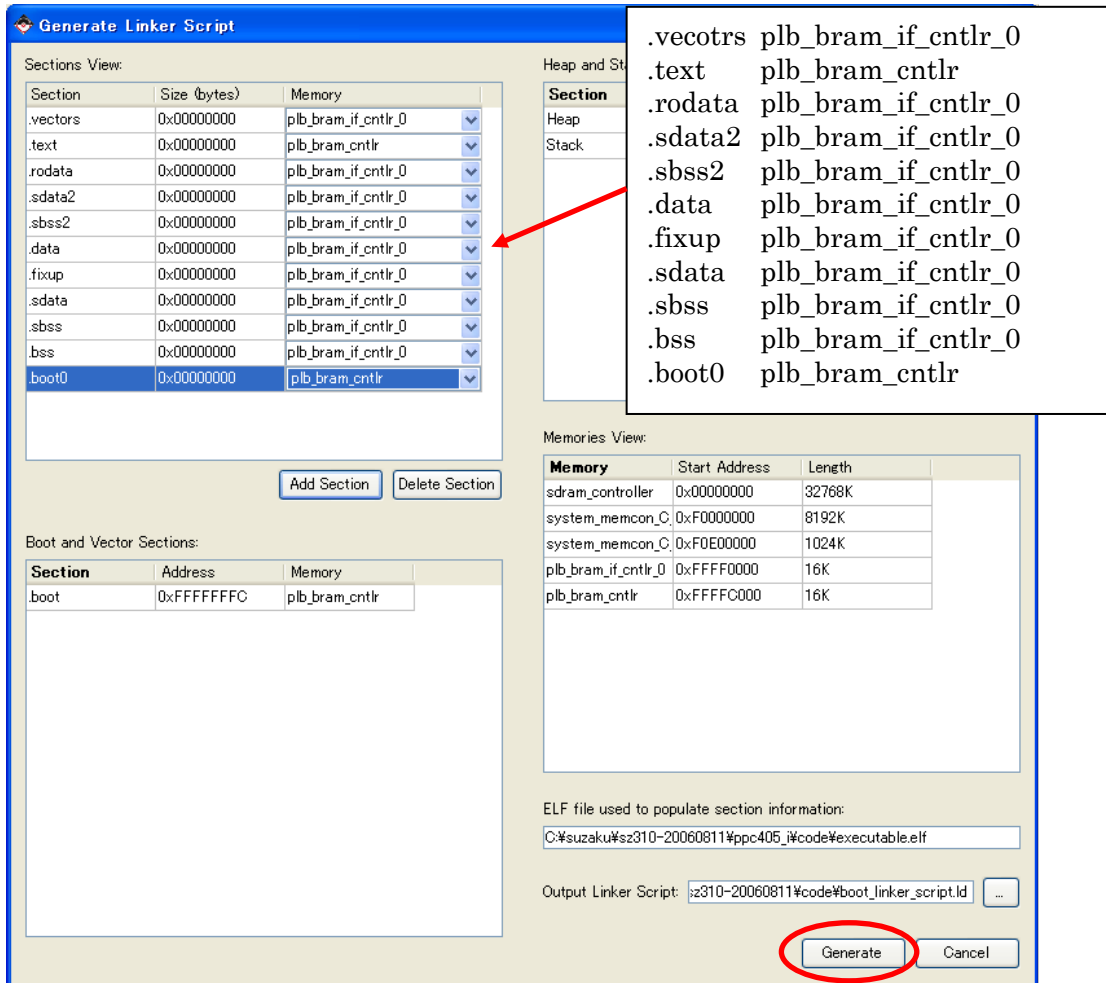


図 11-37 SZ310 割り込み設定 4

11.4.4.7. ピンアサイン

Project Files の UCF File: data/xps_proj.ucf をダブルクリックしてください。ピンアサインのファイルが開きます。ピンアサインを追加入力し、保存してください。

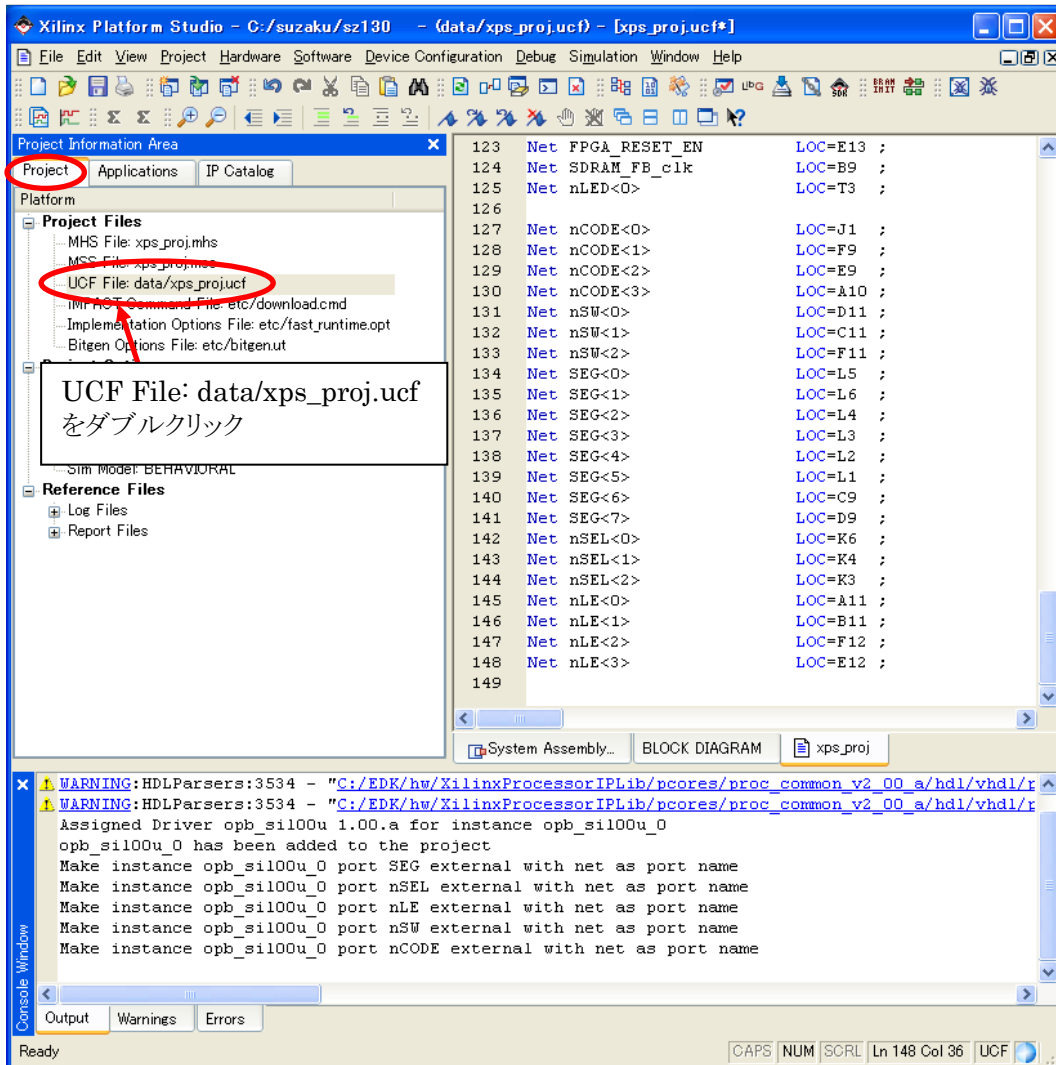


図 11-38 自作 IP コア(xps_proj.ucf)

表 11-2 自作 IP コア ピンアサイン

	SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
nCODE<0>	C8	J1	J16
nCODE<1>	A9	F9	J15
nCODE<2>	A12	E9	J14
nCODE<3>	C10	A10	J13
nSW<0>	A14	D11	K16
nSW<1>	B14	C11	K15
nSW<2>	A13	F11	K14
SEG<0>	C5	L5	F15
SEG<1>	B5	L6	F16
SEG<2>	E6	L4	G13
SEG<3>	D6	L3	G14
SEG<4>	C6	L2	G15
SEG<5>	B6	L1	G16
SEG<6>	A8	C9	N9
SEG<7>	B8	D9	P9
nSEL<0>	D7	K6	H13
nSEL<1>	C7	K4	H14
nSEL<2>	B7	K3	H15
nLE<0>	E11	A11	L13
nLE<1>	D11	B11	L14
nLE<2>	C12	F12	L15
nLE<3>	B12	E12	L16


以上で自作コアの追加は終わりです。

11.4.4.8. 自作 IP コア追加 作業まとめ

1. IP コアが EDK に読み込まれているか確認
2. IP コアを SUZAKU のデフォルトに追加
3. OPB に接続
4. アドレスを設定
5. 入出力信号の接続

11.4.5. ネットリスト, プログラムファイル(Hardのみ) 作成

これで自作 IP コアの追加が終了しました。自作 IP コアに間違いがないかチェックします。

[Hardware]→[Generate Netlist]  をクリックして下さい。ネットリストが生成されます。

[Hardware]→[Generate Bitstream]  をクリックして下さい。ソフトウェアを含まない bit ファイルが生成されます。

もし自作 IP コアにエラーがある場合、synthesis/opb_sil00u_0_wrapper_xst.srp にログが表示されるので、これを開いてエラーを確認し、修正を行ってください。

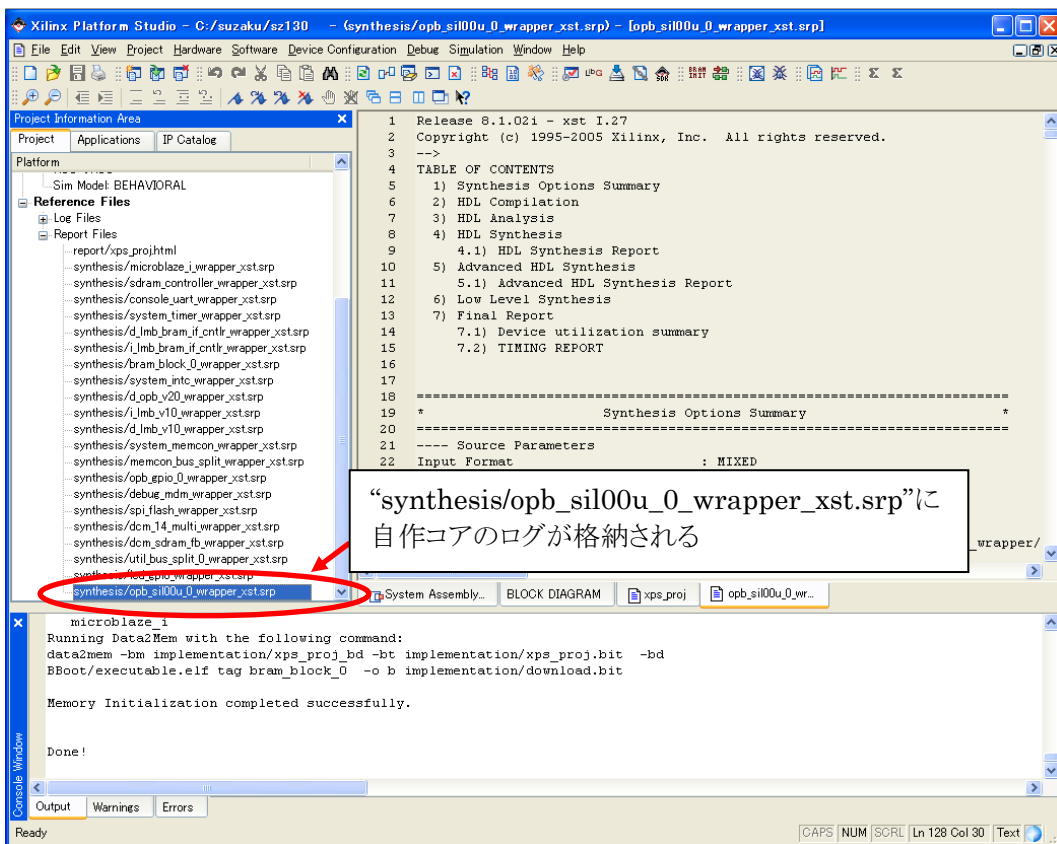
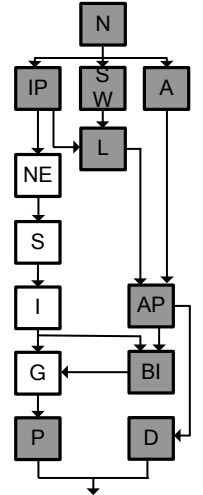



図 11-39 エラーレポート

11.4.6. ソフトウェアの設定

11.4.6.1. 割り込みハンドラの登録

EDK では GUI 上から関数を設定するだけで割り込みベクタと割り込みハンドラのリンクが簡単に行えます。

[Software]→[Software Platform Settings]  をクリックしてください。

割り込みハンドラを登録します。

[Interrupt Handlers]を選択し、opb_sil00u_0 の Interrupt Handler に timer_interrupt_handler (この関数は後で追加する interrupt.c に記述しています)と入力し、[OK]をクリックして下さい。タイマ割り込みハンドラがリンクされます。

Generate Libraries and Drivers  をクリックして下さい。

ライブラリと様々な設定を定義したヘッダファイルが出来上がります。

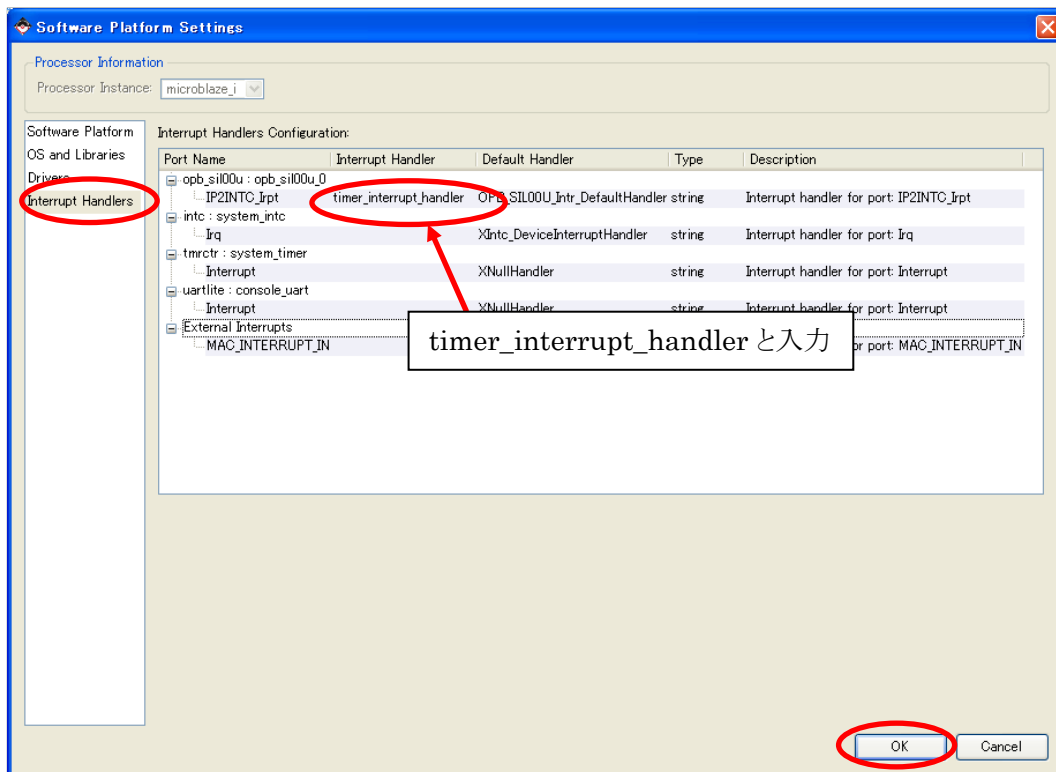
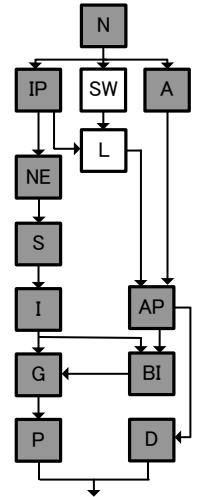


図 11-40 割り込み設定

11.4.7. BBoot 編集

今回は、SUZAKU のデフォルトに入っている BBoot に手を加えて、アプリケーションを作成します。

BBoot とは、FPGA の BRAM に配置され、電源を投入すると最初に動作するプログラムで、ブートローダ Hermit の起動や書き換えを行うものです。

初めに BBoot のプロジェクトにスロットマシンのサンプルソフトを追加します。

そして、main.c に変更を加えていきます。

BBoot に追加するスロットマシンのソフトウェアの仕様を下記に示します。

- スタート検出(押しボタンスイッチ(チャタリング除去)を 2 つ以上押した時、7 セグメント LED の数字を回転させる)
- ストップ検出(押しボタンスイッチ(チャタリング除去)を 1 つ押した時、それぞれ対応する 7 セグメント LED の数字の回転を停止させる)
- 3 つの数字一致検出(7 セグメント LED の数字が 3 つそろったら、単色 LED を順次点灯させるトリガー信号を出力する)
- 回転速度制御(ロータリコードスイッチの入力により、7セグメント LED の数字の回転速度を変更する)
- 電源投入時は自作 IP コアからの割り込みでタイミングをはかり、コンソールから"t"の文字を受けらけたら、ビジーループでタイミングをはかるモードに変更

スロットマシンのソフトウェアは、自作 IP コアからの割り込みでタイミングをはかるモードと、ビジーループでタイミングをはかるモードを実装しています。

組み込みソフトウェアにとって、割り込みは重要機能のひとつです。

"11.6 ソフトウェアのデバッグ"でデバックを起動し、サンプルソフトウェアの流れを確認しますので、是非、詳細動作を確認してください。



TIPS SUZAKU のブートローダ

SUZAKU のブートローダには以下の 2 つがあり、2 段階でブートします。

- FPGA の BRAM 内
ファーストブートローダ BBoot
- Flash メモリ上
セカンドブートローダ Hermit

プログラムをスタートさせるリセットベクタが MicroBlaze は 0x0 番地に、PowerPC は 0xFFFFF0FC 番地にあります。SUZAKU はこの番地に FPGA の BRAM を割り当てていて、電源投入後 BRAM 内の BBoot が動作するようになっています。BBoot は Flash メモリ上のブートローダ Hermit を SDRAM にコピーします。その後ブートローダ Hermit の先頭アドレスにジャンプし、ブートローダ Hermit が起動します。Hermit は Flash メモリ上の Linux イメージを SDRAM にコピーします。その後 Linux の先頭アドレスにジャンプし、Linux が起動します。



TIPS 2 段階ブート

2 段階のブートを使用しないことも可能ですが、SUZAKU ではあえて 2 段階でブートをしています。これには何らかの原因で Flash メモリの内容が書き換えられても、最低限のブートローダまでは動作させておきたかったという事と、ブートローダにより使用される BRAM のメモリ容量を最低限に抑えたかったという事の 2 つの理由があります。何らかの原因で Flash メモリの内容が書き換えられても、FPGA であれば JTAG からコンフィギュレーションデータをプログラムできるので、BBoot を復旧させることができ、Flash メモリの書き直しをおこなうことができます。また、ブートローダは圧縮されたプログラムイメージを展開させたりするので、多くのメモリが必要となります。FPGA の BRAM は貴重なリソースなので、起動時にしか実行されないブートローダのために多くの容量を消費することを避け、セカンドブートローダ Hermit にこれらの機能を持たせることにしました。

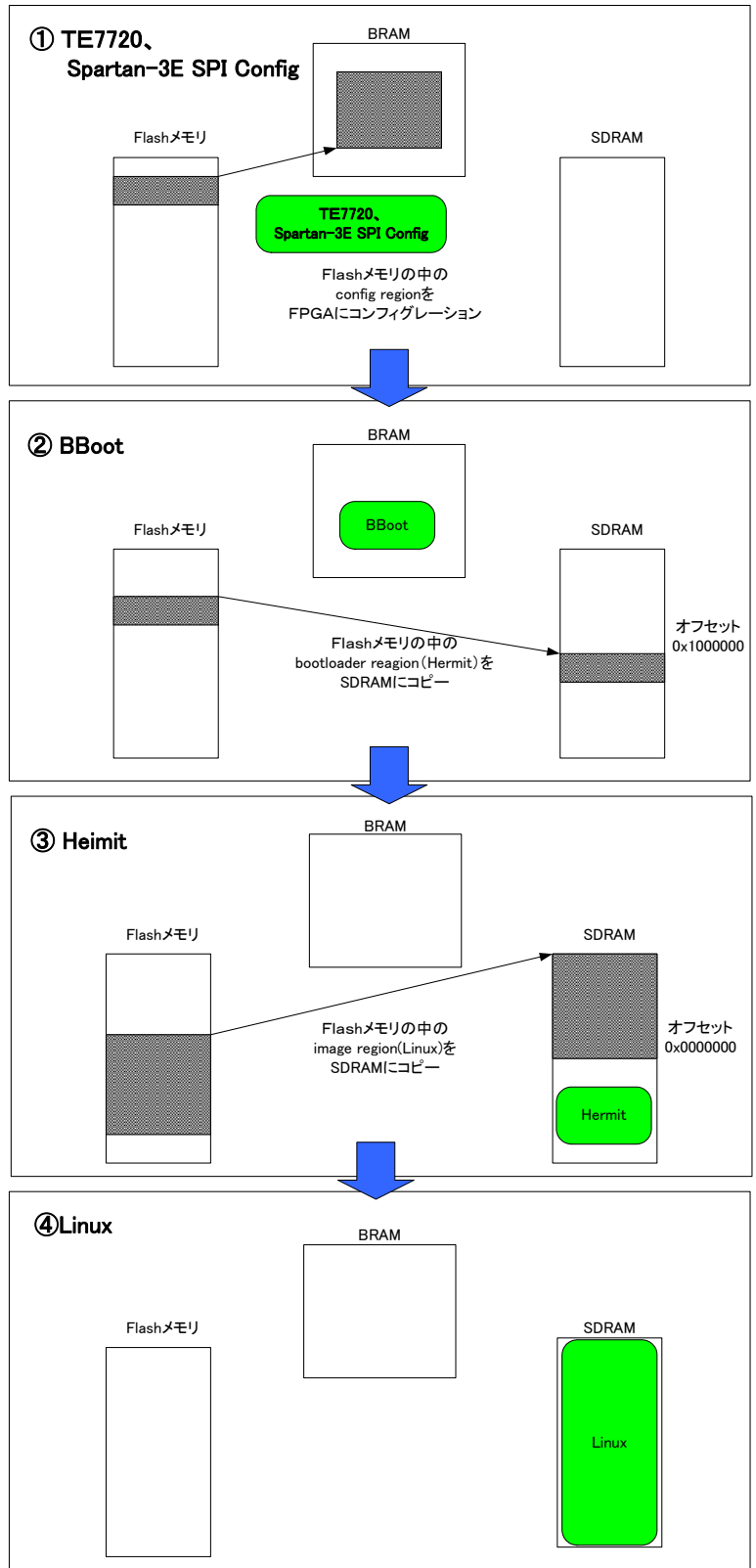


図 11-41 2 段階ブート

11.4.7.1. BBoot フロー

SUZAKU に電源投入後、一番最初に動くブートローダ BBoot は、以下のフローで実行されます。

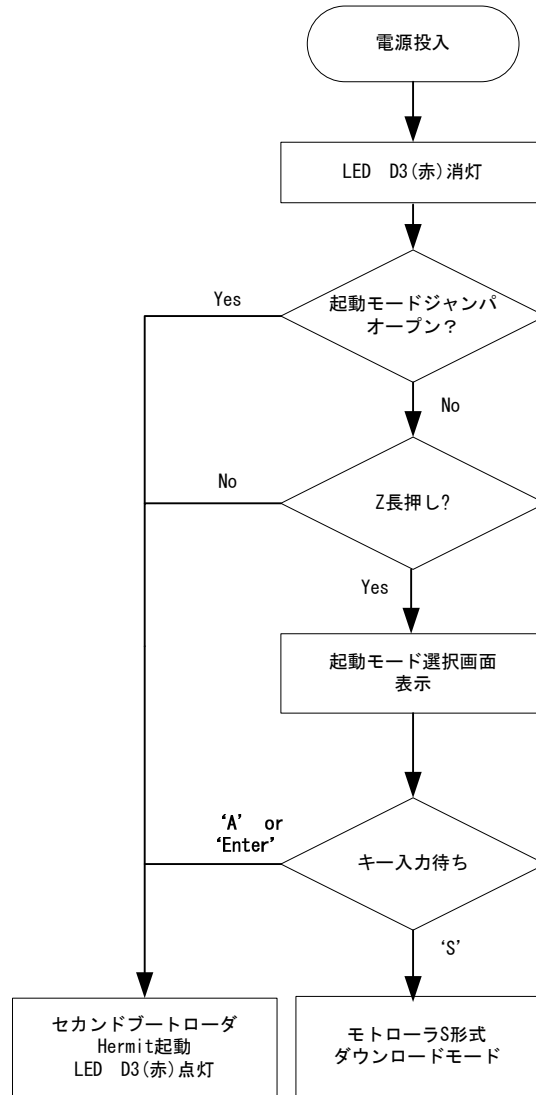
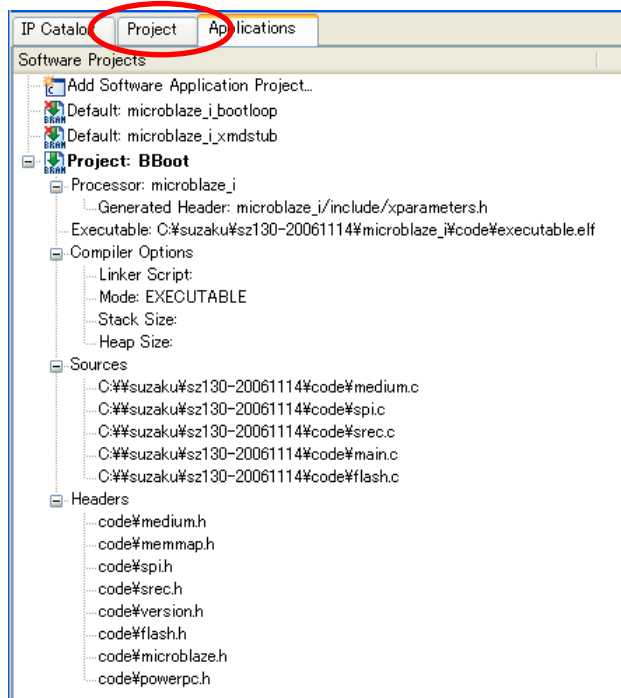


図 11-42 BBoot のフロー

Applications のタブをクリックしてください。BBoot は下記のソースファイル等で構成されます。



medium.c	UART での送受信
spi.c	SPI Flash メモリに対する Read、Write(SZ130 のみ使用)
srec.c	モトローラ S 形式のファイルの受信
flash.c	Flash メモリに対する Read、Write (SZ130 以外で使用)
main.c	ブートモードのチェック、コマンドの受信、ブートローダ Hermit のコピーとジャンプ、モトローラ S 形式のファイルの受信 (EDK では、ベクタやリンクがデフォルトで設定されているため、main 関数を書けば、main 関数からプログラムがスタートするようにコンパイルをしてくれます。)

図 11-43 BBoot の構成

下図のように、BBoot にスロットマシンのソフトウェアを追加します。スロットマシンはビジーループモードと、割り込みモードの 2 通りで追加します。

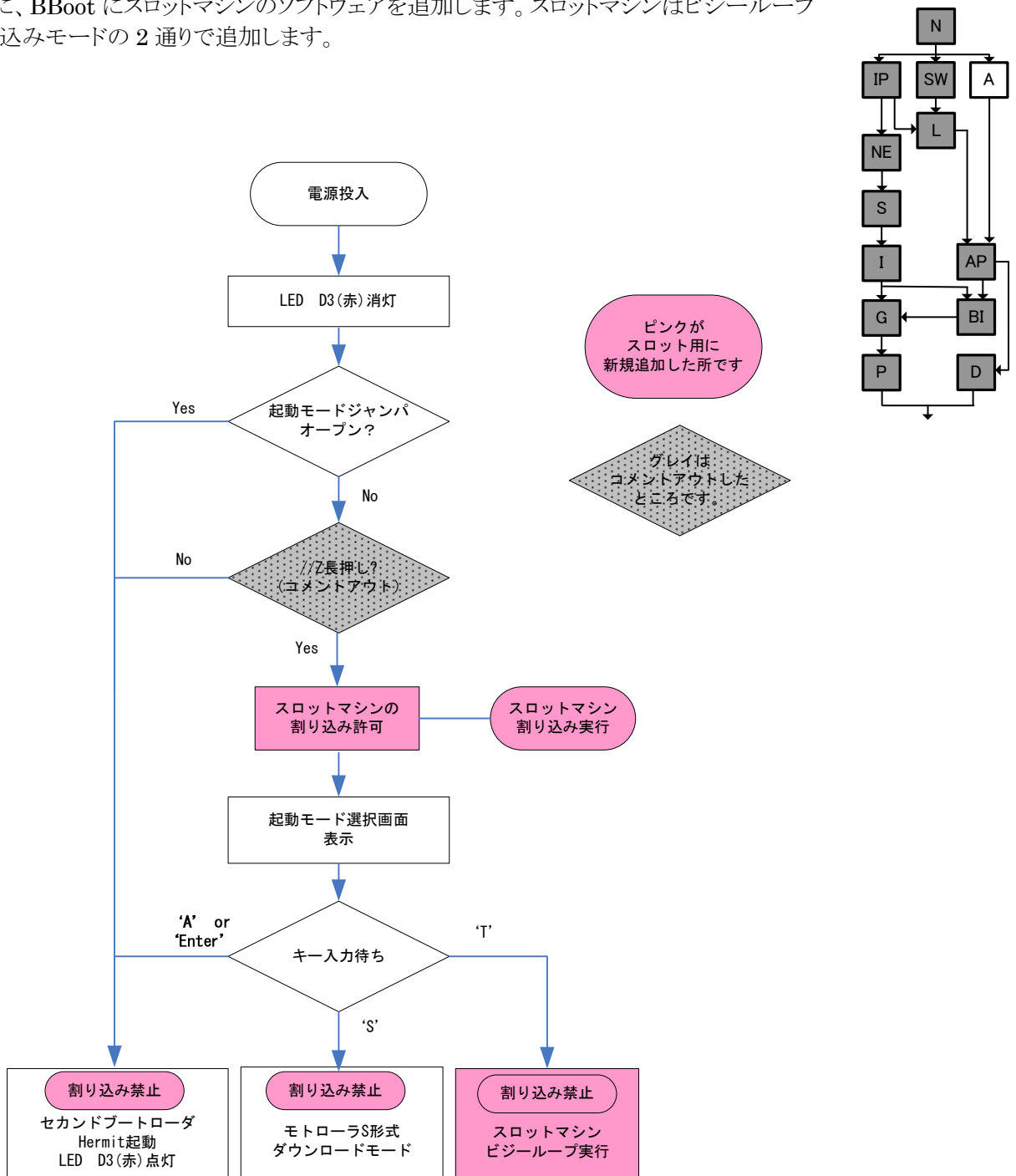


図 11-44 スロットマシンのフロー

11.4.7.2. プロジェクトにソースファイル追加

付属 CD-ROM の”¥suzaku-starter-kit¥fpga”の中の圧縮ファイル “slot_c_source.zip”を展開してください。
 ”C¥suzaku¥sz***-xxxxxxx¥code”フォルダに展開後のフォルダの中の slot.c、interrupt.c、slot.h、interrupt.h をコピーしてください。

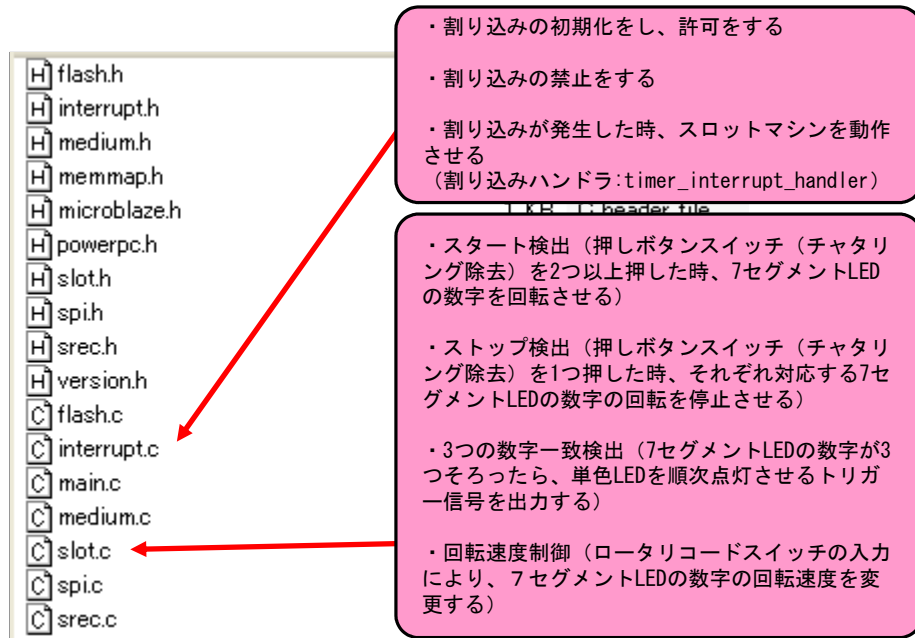


図 11-45 ソースファイルコピー

Applications の Sources を右クリックし、メニューの Add Existing Files...を選択し、Sources に slot.c、interrupt.c を追加してください。

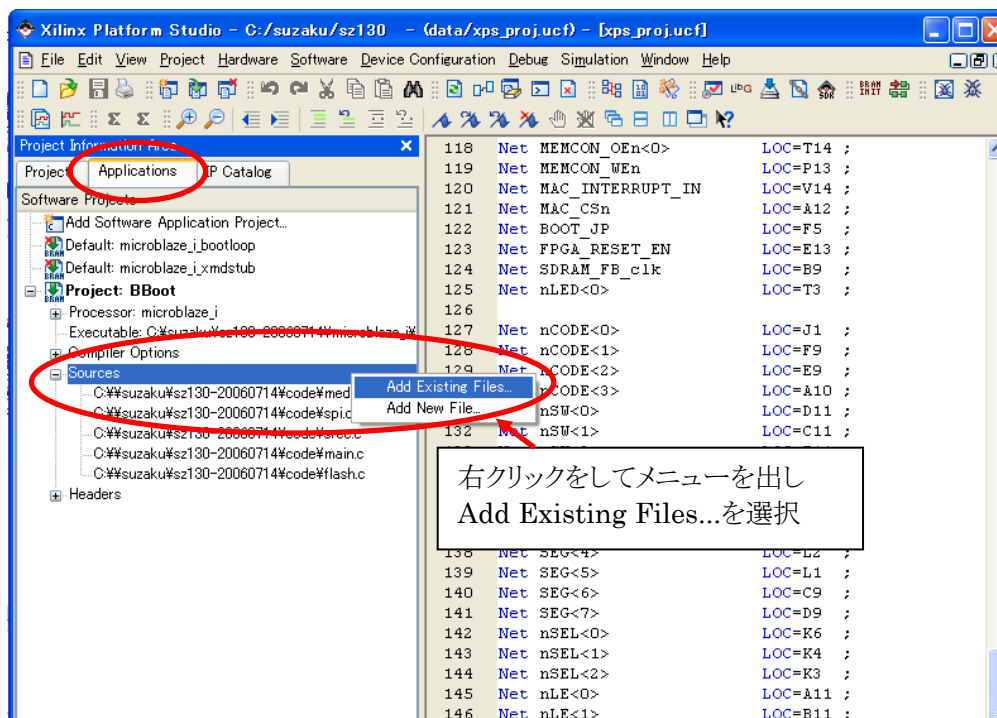


図 11-46 ソースファイル追加

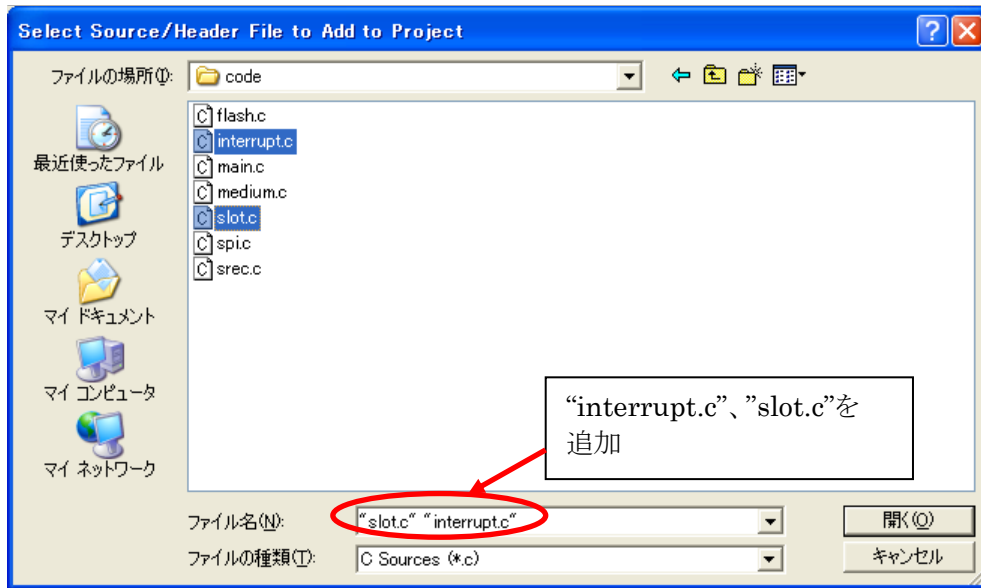


図 11-47 ソースファイル選択

Applications の Sources を右クリックし、メニューの Add Existing Files...を選択し、Headers に slot.h、interrupt.h を追加してください。

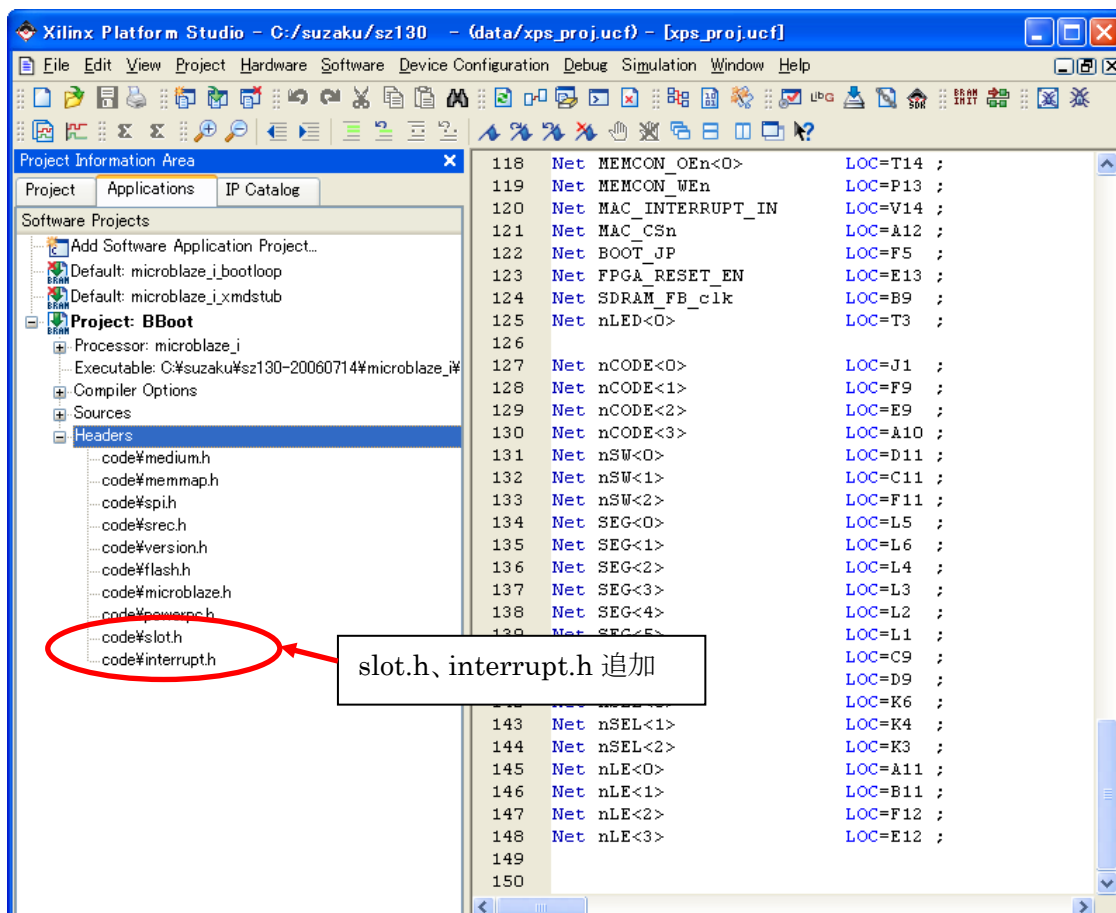


図 11-48 ヘッダファイル追加

11.4.7.3. main.c ソースコード編集

Applications タブをクリックしてください。Project:BBoot の Sources の main.c をダブルクリックして開いてください。main.c を編集し BBoot にスロットの機能を追加します。

例 11-6 自作 IP コア (main.c)

```
#include <ctype.h>
#include <xuartlite_l.h>
#include "version.h"
#include "mемmap.h"
#include "srec.h"
#include "medium.h"
#include "spi.h"
#include "flash.h"

#include "slot.h"
#include "interrupt.h"

#define LED_GPIO(v) (*(volatile unsigned long*)(LED_REGISTER_BASEADDR) = (v)
#define LED_ON (0)
#define LED_OFF (1)

#define MAX_BUFFER_SIZE (128)

#ifdef XPAR_SPI_FLASH_BASEADDR
#define BOOTLOADER_OFFSET_SPI (0x00100000)
#else
#define FLASH_4MiB (0x16)
#define FLASH_8MiB (0x17)
#define BOOTLOADER_OFFSET_4MiB_FLASH (0x00080000)
#define BOOTLOADER_OFFSET_8MiB_FLASH (0x00100000)
#endif

//中略

int main(void)
{
    unsigned int bootloader_offset;
    char key;

    LED_GPIO(LED_OFF);

#ifdef __PPC__
    XCache_DisableDCache();
    XCache_DisableICache();
    XCache_InvalidateICache();
    busy_wait(1000000);
#endif

    if (get_bootloader_offset(&bootloader_offset) < 0)
        goto halt;

    if (is_autoboot_mode()) {
        second_bootloader(bootloader_offset);
    }
}
```

```
// myprint("¥r¥n¥r¥n" BBOOT_NAME " v" BBOOT_VERSION " (" TARGET_CPU ")¥r¥n");
// myprint("Press 'z' or 'Z' for BBoot Menu.¥r¥n");
```

```
/* busy loop to wait getting a char 'z' or 'Z' */
```

```
// busy_wait(15000000);
// if (XUartLite_mIsReceiveEmpty(XPAR_CONSOLE_UART_BASEADDR) ||
//      ((key = get_char()) != 0 && key != 'z' && key != 'Z'))
//      second_bootloader(bootloader_offset);
```

ここをコメントアウトしない場合、Zの長押しをしないと、ダウンロード Hermit がすぐに起動してしまう

```
interrupt_init(); //割り込み許可
```

```
/* clear for long time pushing */
```

```
clear_rx_fifo();
```

```
myprint("¥r¥n¥r¥nPlease choose one of the following and hit enter.¥r¥n");
```

```
myprint("a: activate second stage bootloader (default)¥r¥n");
```

```
myprint("s: download a s-record file¥r¥n");
```

```
myprint("t: busy loop type slot-machine¥r¥n");
```

```
while (1) {
    key = get_char();
    switch (key) {
        case 'a': /* activate second stage bootloader */
        case 'A':
        case '¥r':
        case '¥n':
```

```
interrupt_clean(); //割り込み禁止
```

```
second_bootloader(bootloader_offset);
```

```
break;
```

```
case 's':
```

```
case 'S':
```

```
interrupt_clean(); //割り込み禁止
```

```
#ifndef XPAR_SPI_FLASH_BASEADDR
    myprint("Erasing Flash...");
    flash_erase(bootloader_offset);
    myprint("Done¥r¥n");
```

```
#endif
```

```
myprint("Start sending S-Record!!¥r¥n");
```

```
download();
```

```
break;
```

```
case 't':
```

```
case 'T':
```

```
interrupt_clean(); //割り込み禁止
```

```
myprint("busy loop type slot-machine¥r¥n");
```

```
while(1){
```

```
    busy_wait(700000);
```

```
    slot();
```

```
}
```


コンソールから'T'が入力されたらビジュアループでスロットマシンを実行

```

        default:
            myprint("Invalid selection.¥r¥n");
        case 'z':
        case 'Z':
            clear_rx_fifo();
            break;
    }
}
halt:
    myprint("Halting...¥r¥n");
    return 0;
}


```

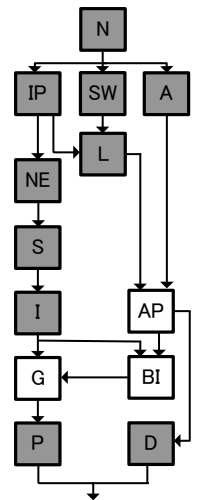
11.4.8. アプリケーション生成

mian.c の編集が終わったら、[Software]→[Build All User Applications]  をクリックして下さい。コンパイラが起動され、各ソフトウェア アプリケーションのプログラム ソースの設定が読み込まれます。エラーがなければ executable.elf が出来上がります。

11.4.9. プログラムファイル作成

ハードウェアでつくった bit ファイルの中にソフトウェアを書き込みます。

[Device Configuration]→[Update Bitstream]  をクリックしてください。bit ファイルが生成されます。エラーがでたら間違いを修正して再び[Update Bitstream]をクリックしてください。



11.4.10. コンフィギュレーション

JP1,JP2 をショートし、JTAG のコネクタを接続し、シリアルケーブルを向きに注意して接続してください。シリアル通信ソフトウェアを立ち上げ、AC アダプタ 5V を接続して電源を入れてください。

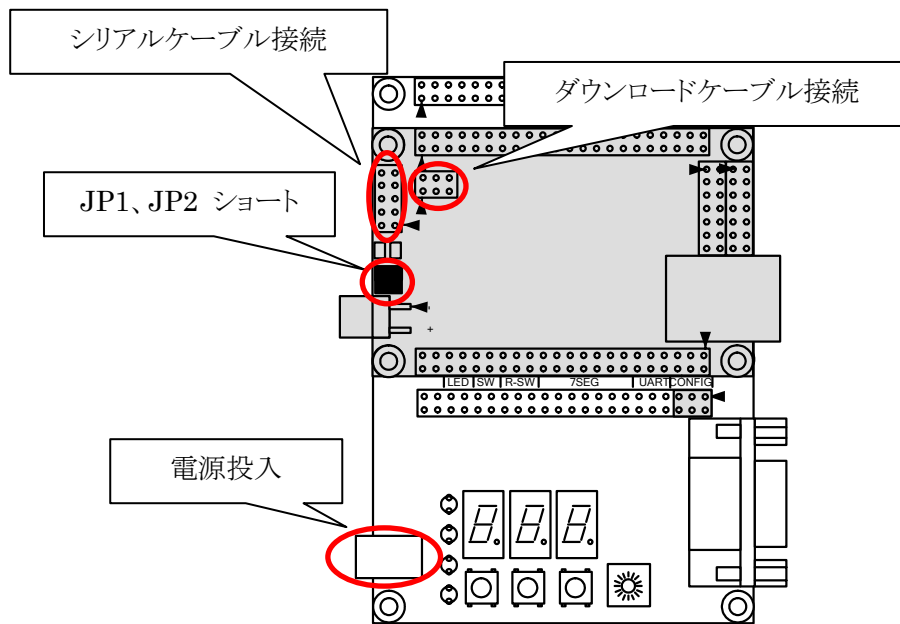
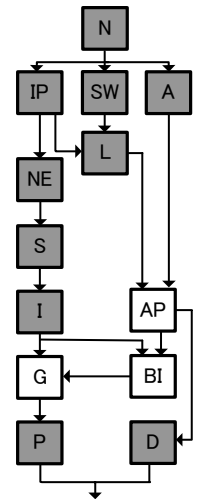


図 11-49 ジャンパの設定等



[Device Configuration]→[Download Bitstream]をクリックしてください。バッチモードの iMPACT を使用して FPGA に bit ファイルがコンフィギュレーションされます。

11.5. スロットマシン完成

以上でスロットマシンの完成です！

11.5.1. スロットマシン動作確認

スロットが割り込みモードで動きます。色々触って動きを確認してみてください。
下図のように表示されるので、「T」を押してください。

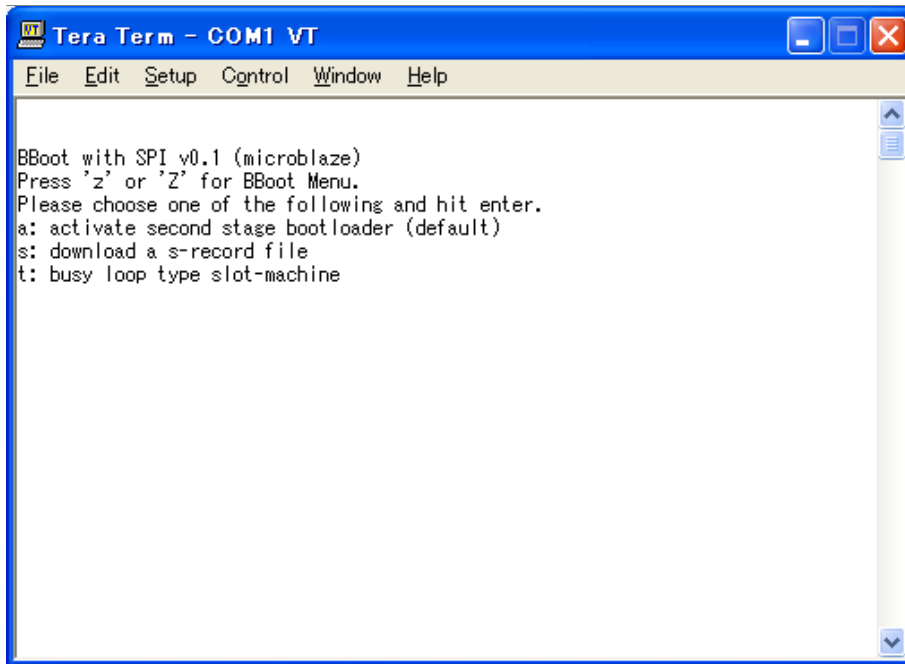


図 11-50 スロットマシン実行画面 1

スロットマシンがビジョーモードで動きます。スロットを色々触って動きを確かめてみてください。
 スロットマシンの動きにはほとんど変わりはありませんが大きな違いが一つあります。さきほどまではシリアルコンソールでキー入力を受け付けていましたが、受け付けなくなっていると思います。割り込みでは同時に平行して複数の作業を行うことができます。割り込みが使えると、できる作業の幅がビジョーモードに比べ格段に増えます。

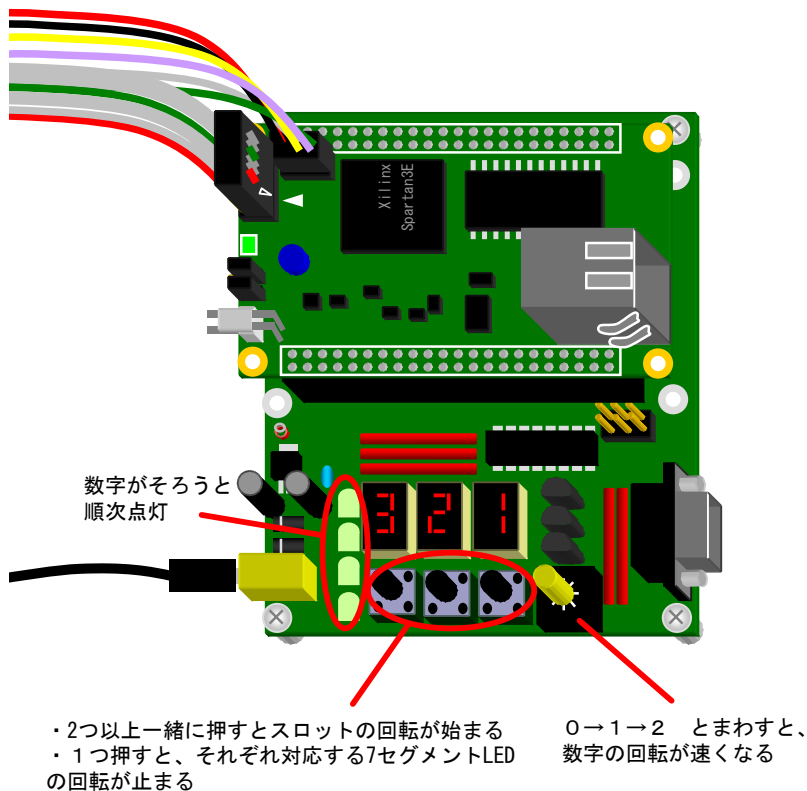


図 11-51 スロットマシン完成

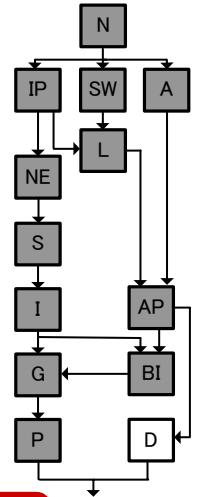
11.6. ソフトウェアのデバッグ

EDK にはプロセッサと通信し、ソフトウェアをデバッグする機能がついています。ソフトウェアの処理の流れや、変数の確認、その他メモリのダンプや CPU レジスタのダンプなどが行え、ソフトウェアの開発にとっても便利です。

このデバッグ機能を用い、スロットマシンのプログラム"interrupt.c"、"slot.c"の動作を確認します。

今回は、下記の 2 つの動作をステップ実行で確認します。

- 割り込みが発生したときの流れ
- スロットの動作



11.6.1. ソフトウェアデバッグ用に FPGA プロジェクトを更新 SZ010 SZ030 SZ130

まずは、デバッグが行えるよう、プロジェクトを更新します。SZ310 の場合はプロジェクトを更新しなくてもデバッグを行えるので、次のデバッガの設定に進んでください。

IP Catalog のタブをクリックし、Debug→opb_mdm を追加し、OPB バスに接続してください。

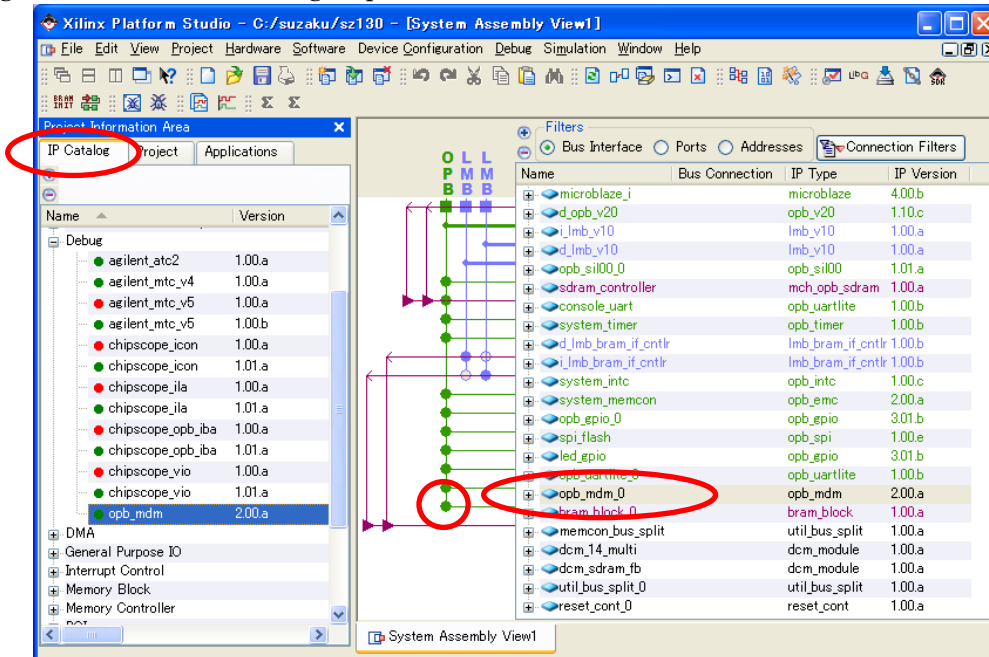


図 11-52 opb-mdm を追加してバスに接続

Project File MHS File: xps_mhs をダブルクリックして開いてください。opb_mdm を MicroBlaze のデバッグポートに接続します。microblaze と opb_mdm の設定を下記のように変更、追記してください。

例 11-7 microblaze と opb_mdm の設定

```

BEGIN microblaze
PARAMETER INSTANCE = microblaze_i
PARAMETER HW_VER = 4.00.b
PARAMETER C_USE_FPU = 0
PARAMETER C_USE_BARREL = 1
PARAMETER C_DEBUG_ENABLED = 1      #デバッグ機能を有効にする
PARAMETER C_NUMBER_OF_PC_BRK = 2   #ブレークポイントを2つに設定する(最大8つ)
PARAMETER C_FSL_LINKS = 0          #0にする
PARAMETER C_FSL_DATA_SIZE = 32     #32にする
#中略
    
```

```

PORT DBG_CAPTURE = DBG_CAPTURE_s    #MDMからのデバッグ信号を接続
PORT DBG_CLK = DBG_CLK_s
PORT DBG_REG_EN = DBG_REG_EN_s
PORT DBG_TDI = DBG_TDI_s
PORT DBG_TDO = DBG_TDO_s
PORT DBG_UPDATE = DBG_UPDATE_s
#####
BEGIN opb_mdm
PARAMETER INSTANCE = opb_mdm_0
PARAMETER HW_VER = 2.00.a
BUS_INTERFACE SOPB = d_opb_v20      #OPBバスに接続してるか確認
PARAMETER C_MB_DBG_PORTS = 1       #デバッグポート数は1に設定
PARAMETER C_BASEADDR = 0xFFFFE000  #アドレスは空いているところに設定
PARAMETER C_HIGHADDR = 0xFFFFE0FF
PORT DBG_CAPTURE_0 = DBG_CAPTURE_s  #MicroBlazeにデバッグ信号を接続
PORT DBG_CLK_0 = DBG_CLK_s
PORT DBG_REG_EN_0 = DBG_REG_EN_s
PORT DBG_TDI_0 = DBG_TDI_s
PORT DBG_TDO_0 = DBG_TDO_s
PORT DBG_UPDATE_0 = DBG_UPDATE_s
END

```

11.6.2. デバッガの設定

Applications タブをクリックし、[Project: BBoot]→[Compiler Option]をダブルクリックして開いてください。
 Debug and Optimization タブをクリックし、[Generate Debug Symbols]、[Create Symbols for Debugging]がチェックされているのを確認し、[OK]をクリックしてください。

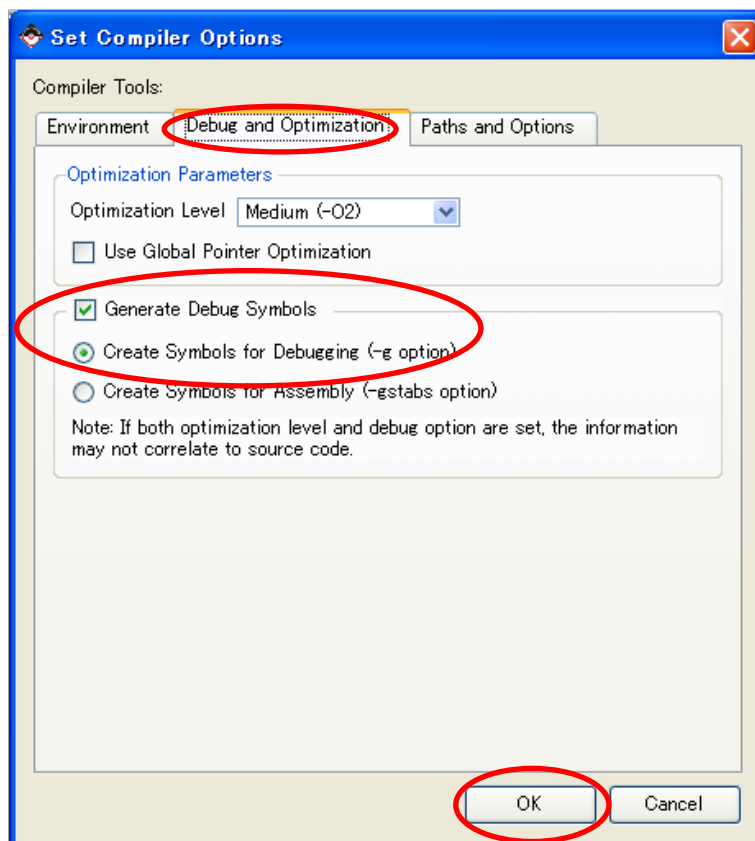


図 11-53 コンパイラオプション

[Debug] → [XMD Debug Options] をクリックしてください。

[Connection Type]を[Hardware]、[JTAG Cable Type]を[Auto]にし、[Auto Discover JTAG Chain Definition]をチェックしてください。[JTAG Cable Type]はお使いのケーブルを選んでいただいてもかまいません。設定できたら[Save]をクリックし、設定を保存してください。

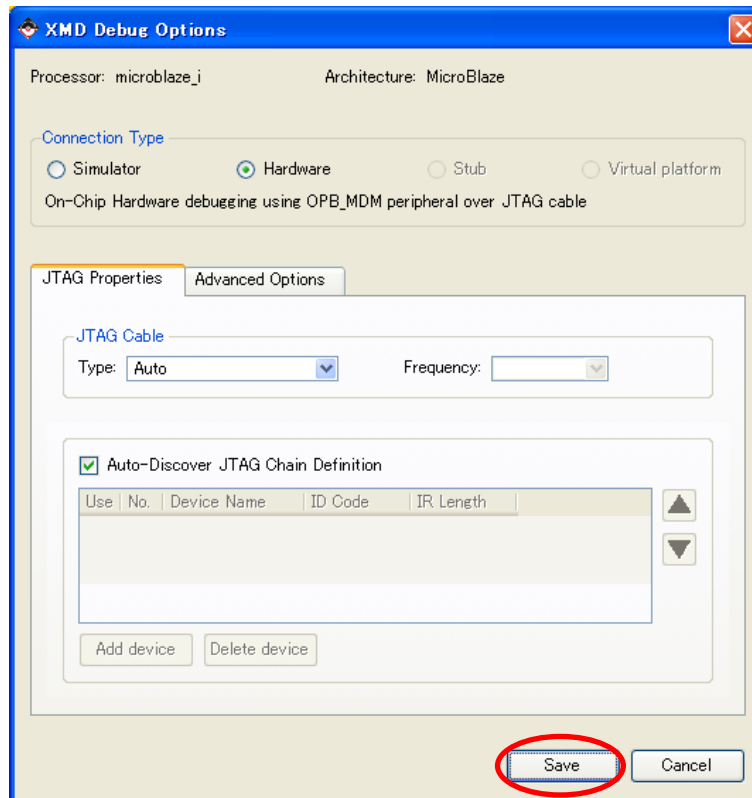


図 11-54 デバッグオプション

以上でプロジェクトの更新は終わりです。

[Device Configuration]→[Update Bitstream]をクリックしてください。
SZ130 の場合、次のようなエラーが出る場合があります。

```
ERROR:Place:249 - Automatic clock placement failed. Please attempt to analyze the
Global clocking required for this design and either lock the clock placement or area
locate the logic driven by the clocks so that that the clocks may be placed in such
a way that all logic driven by them may be routed. The main restriction on clock
placement is that only one clock output signal for any Primary / Secondary pair of
clocks may enter any region. For further information see the "Using Global Clock
Networks" section in the V-II User Guide (Chapter 2: Design Considerations)
Phase 4.30 (Checksum:26259fc) REAL time: 53 secs
```

#中略

PAR done!

```
ERROR:Xflow - Program par returned error code 31. Aborting flow execution...
```

この場合、MHS ファイルを開き、SPI_SCK の信号定義部分に"**SIGIS = CLK**"と追記してください。

```
PORT SPI_SCK = SPI_SCK, DIR = IO, SIGIS = CLK
```

11.6.3. XMD の起動

XMD とは、プロセッサ(MicroBlaze や PowerPC)と PC のデバッグアプリケーションの仲立ちをしてくれるものです。XMD とデバッグアプリケーションは、TCP 経由でやり取りをしますので、ネットワーク経由でも接続できます。

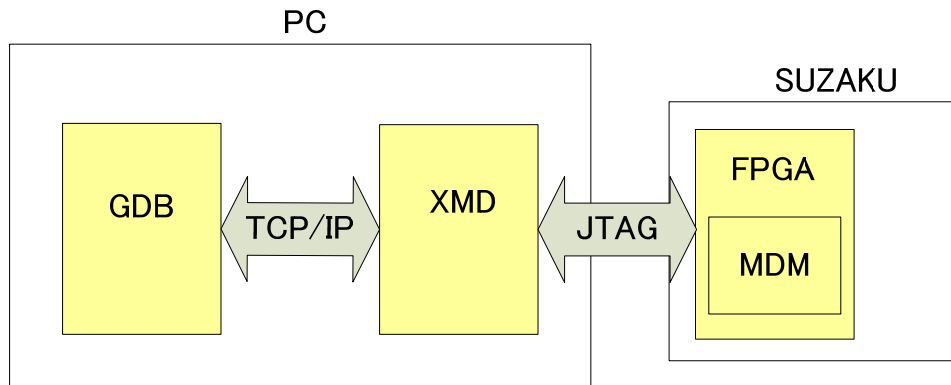



図 11-55 XMD の接続

[Device Configuration]→[Download Bitstream]  をクリックして下さい。FPGA にデバッグ機能付きのスロットマシンのコンフィギュレーションデータがダウンロードされます。

[Debug]→[Launch XMD...]  をクリックして下さい。
コマンドプロンプトが立ち上がり、以下のように表示されます。

例 11-8 XMD の起動ログ(SZ130 の場合)

```

Xilinx Microprocessor Debug (XMD) Engine
Xilinx EDK 8.2.02 Build EDK_Im_Sp2.4
Copyright (c) 1995-2005 Xilinx, Inc. All rights reserved.

XMD%
Loading XMP File..
Processor(s) in System ::

Microblaze(1) : microblaze_i
Address Map for Processor microblaze_i
(0x00000000-0x00001fff) d_lmb_bram_if_cntlr d_lmb_v10
(0x00000000-0x00001fff) i_lmb_bram_if_cntlr i_lmb_v10
(0x80000000-0x81ffffff) sdram_controller d_opb_v20
(0x80000000-0x81ffffff) sdram_controller microblaze_IXCL
(0x80000000-0x81ffffff) sdram_controller microblaze_DXCL
(0xff000000-0xff0001ff) spi_flash d_opb_v20
(0xffe00000-0xffe0ffff) system_memcon d_opb_v20
(0xffff1000-0xffff10ff) system_timer d_opb_v20
(0xffff2000-0xffff20ff) console_uart d_opb_v20
(0xffff3000-0xffff30ff) system_intc d_opb_v20
(0xffffa000-0xffffa1ff) opb_gpio_0 d_opb_v20
(0xffffa200-0xffffa3ff) led_gpio d_opb_v20
(0xffffa600-0xffffa6ff) opb_uartlite_0 d_opb_v20
(0xffffd000-0xffffd1ff) opb_sil00_0 d_opb_v20
(0xffffe000-0xffffe0ff) opb_mdm_0 d_opb_v20

Connecting to cable (Parallel Port - LPT1).
Checking cable driver.
Driver windrvr6.sys version = 7.0.0.0. LPT base address = 0378h.
ECP base address = 0778h.
Cable connection established.

JTAG chain configuration
  
```

```
-----  
Device  ID Code      IR Length  Part Name  
1       01c2e093      6          XC3S1200E  
Assuming, Device No: 1 contains the MicroBlaze system  
Connected to the JTAG MicroProcessor Debug Module (MDM)  
No of processors = 1  
  
MicroBlaze Processor 1 Configuration :  
-----  
Version.....4.00.b  
No of PC Breakpoints.....2  
No of Read Addr/Data Watchpoints...0  
No of Write Addr/Data Watchpoints..0  
Instruction Cache Support.....on  
Instruction Cache Base Address.....0x80000000  
Instruction Cache High Address.....0x81ffffff  
Data Cache Support.....on  
Data Cache Base Address.....0x80000000  
Data Cache High Address.....0x81ffffff  
Exceptions Support.....off  
FPU Support.....off  
FSL DCache Support.....on  
FSL ICache Support.....on  
Hard Divider Support.....on  
Hard Multiplier Support.....on  
Barrel Shifter Support.....on  
MSR clr/set Instruction Support....on  
Compare Instruction Support.....on  
JTAG MDM Connected to MicroBlaze 1  
Connected to "mb" target. id = 0  
Starting GDB server for "mb" target (id = 0) at TCP port no 1234  
XMD%
```

以上のようにコンソールに表示がでたら、起動成功です。

11.6.4. GDB を起動し、ソフトウェアのスタートをさせる

GDB はソフトウェアデバッグのユーザインターフェースになります。まずは GDB を起動します。

[Debug]→[Launch Software Debugger]  をクリックして下さい。以下の画面が立ち上がります。ここではデフォルト設定のままとします。そのまま[OK]をクリックして下さい。

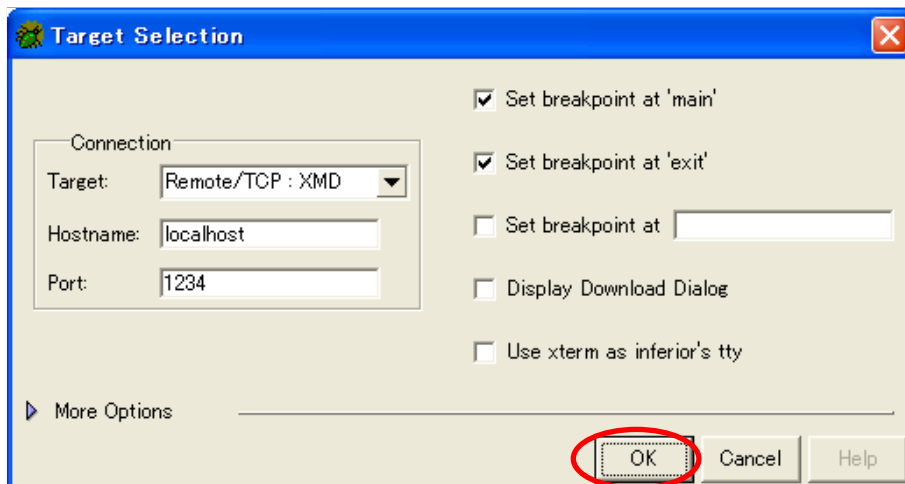


図 11-56 デバッグ設定

以下の画面が立ち上がります。

[Run]→[Run]をクリックして下さい。main 関数で Break がかかります。

正常に動いた場合、LED_GPIO(LED_OFF)が緑色にハイライトされます。

もし、正常に動作しない場合は、設定を見直して再度やり直して下さい。

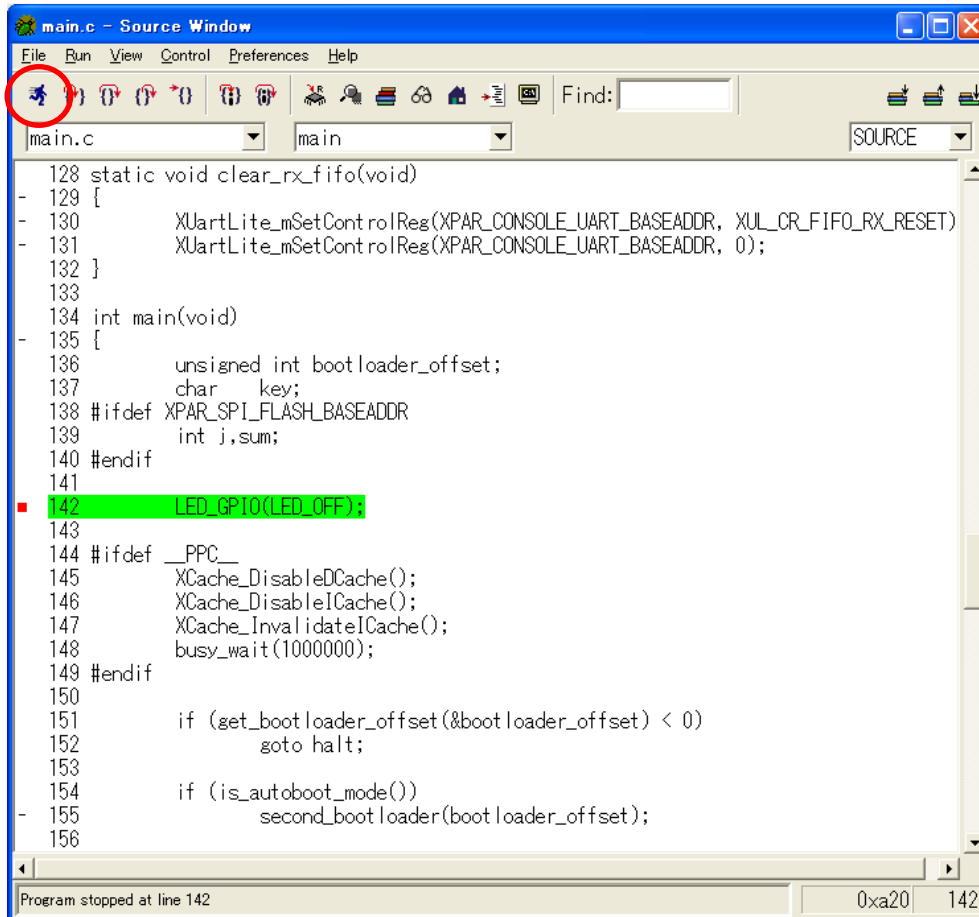


図 11-57 main で Break

11.6.5. ステップ実行で割り込みの流れをみる

[View]→[Breakpoints]をクリックして下さい。現在の Breakpoint が表示されます。"main"と"exit"に Breakpoint が設定されています。Breakpoint は割り込みベクタだけでいいので、[Global]→[Remove All]をクリックし、Breakpoint を消去して下さい。

MicroBlaze の割り込みベクタは 0x10、PowerPC の割り込みベクタは 0xFFFF0500 です。ここに Breakpoint を設定します。

XMD で以下のコマンドを実行して下さい。

例 11-9 Breakpoint 設定(SZ010, SZ030, SZ130 の場合)

```
XMD% bps 0x10 hw
```

例 11-10 Breakpoint 設定(SZ310 の場合)

```
XMD% bps 0xFFFF0500 hw
```


[Continue]をクリックしてください。割り込みハンドラ 0x10 で Break します。
 ここから[Step]で順に動きを見ます。どのように割り込みが入るのが分かります。

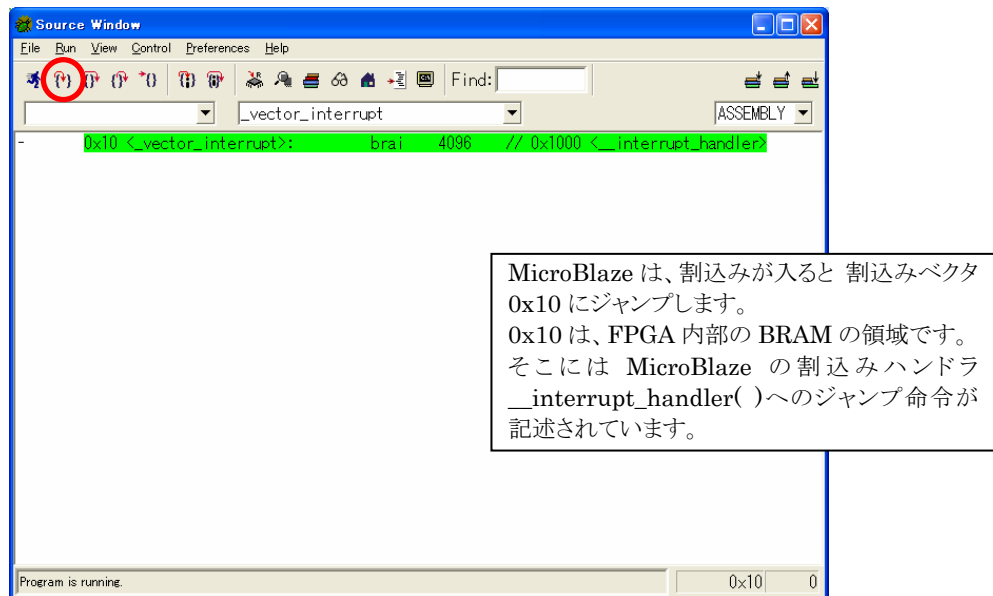


図 11-58 0x10 で Break

[Step]を押してください。

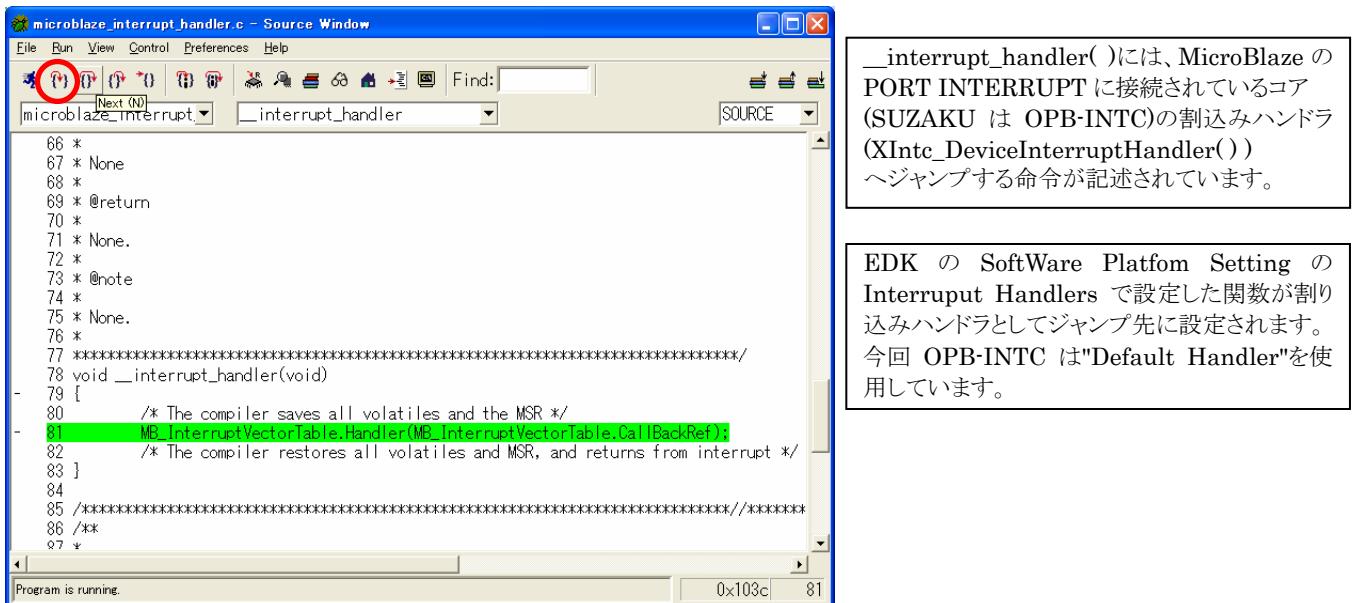
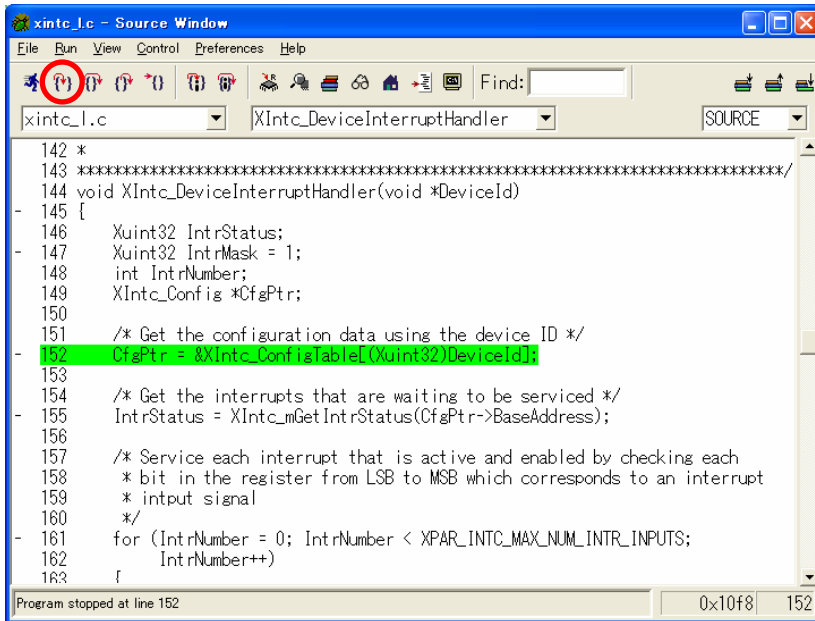


図 11-59 `_interrupt_handler()`で Break

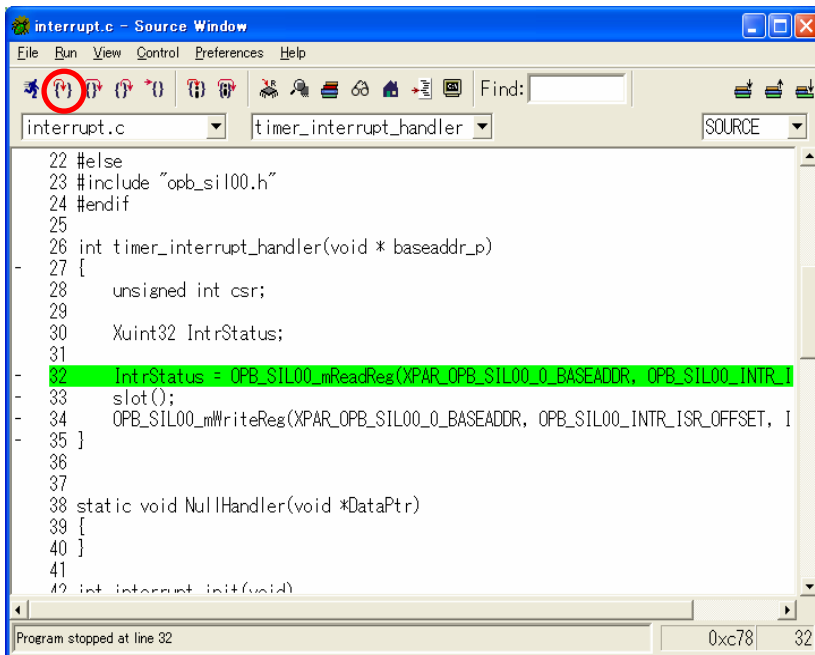
何度か[Step]を押してみてください。



XIntc_DeviceInterruptHandler()には、OPB-INTC の PORT Intr に接続されているコア達の中から、実際に割り込みを発生させたコアを見つけ、そのコアの割り込みハンドラへのジャンプする命令が記述されています。

OPB-SIL00 は"Default Handler"ではなく、timer_interrupt_handler を使用していません。EDK の SoftWare Platform Setting の Interrupt Handlers で設定した関数が割り込みハンドラとしてジャンプ先に設定されます。

図 11-60 XIntc_DeviceInterruptHandler()で Break



interrupt.c にジャンプしてきました。次はスロットのソフトウェア(slot.c)が実行されます。

図 11-61 timer_interrupt_handler()で Break

11.6.6. slot.c の動作を確認してみる

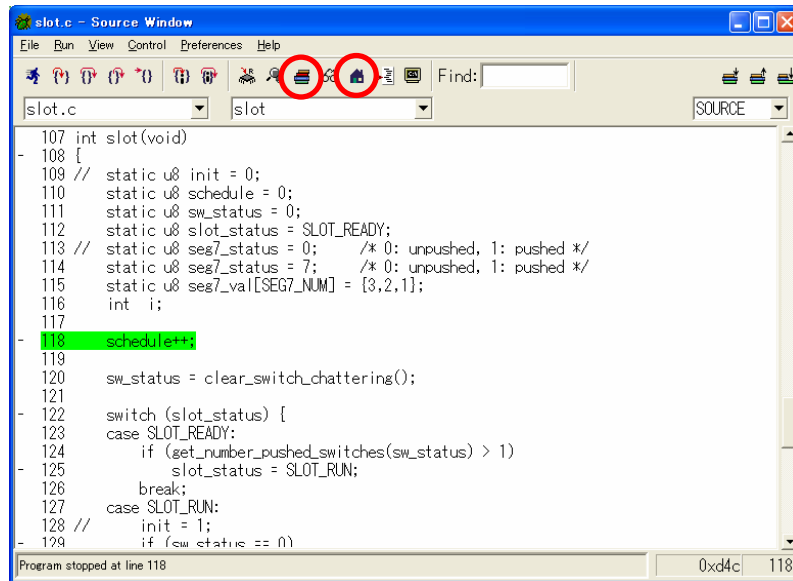
slot.c にジャンプしてきました。

[View]→[Local Variables]をクリックして下さい。ローカル変数の一覧がみれます。

[View]→[Stack]をクリックして下さい。現在スタックしている関数の一覧がみれます。

ステップ実行や、その他メニューの[View]で開くことのできる各種情報を元に、ソースコードと合わせ、プログラムの流れやローカル変数を参照しながら、スロットの動作を確認してください。

かなりのステップ実行をしなくてははいけません、slot.c の一通りの動作が終わると、スタックにしたがって、関数が戻っていく様子を見ることが出来ます。

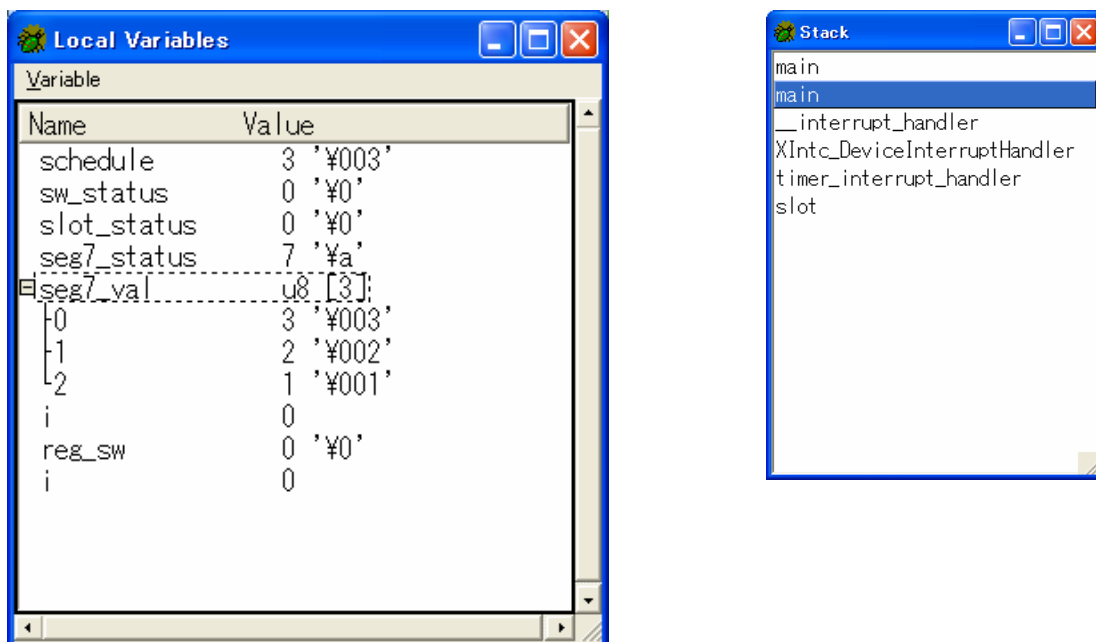


```

107 int slot(void)
108 {
109 // static u8 init = 0;
110 static u8 schedule = 0;
111 static u8 sw_status = 0;
112 static u8 slot_status = SLOT_READY;
113 // static u8 seg7_status = 0; /* 0: unpushed, 1: pushed */
114 static u8 seg7_status = 7; /* 0: unpushed, 1: pushed */
115 static u8 seg7_val[SEG7_NUM] = {3,2,1};
116 int i;
117
118 schedule++;
119
120 sw_status = clear_switch_chattering();
121
122 switch (slot_status) {
123 case SLOT_READY:
124 if (get_number_pushed_switches(sw_status) > 1)
125 slot_status = SLOT_RUN;
126 break;
127 case SLOT_RUN:
128 // init = 1;
129 if (sw_status == 0)

```

図 11-62 slot()で Break



Variable Name	Value
schedule	3 '¥003'
sw_status	0 '¥0'
slot_status	0 '¥0'
seg7_status	7 '¥a'
seg7_val	u8 [3]:
0	3 '¥003'
1	2 '¥002'
2	1 '¥001'
i	0
reg_SW	0 '¥0'
i	0

Stack:

- main
- main
- __interrupt_handler
- XIntc_DeviceInterruptHandler
- timer_interrupt_handler
- slot

図 11-63 ローカル変数やスタックの一覧

12. こんなこともやってみよう

最後にこんなこともできますというを紹介します。

12.1. EDK を ISE のサブモジュールとして読み込む

ここでは EDK を ISE のサブモジュールとして読み込む方法を説明します。

SUZAKU は EDK だけで構築されています。EDK だけで作業しても良いのですが、EDK だけで作業すると、自分で書いたロジックを追加したい時に、EDK に読み込めるようにしなければいけません。自分のロジックのほかにロジック追加用の設定ファイル(mpd ファイル、pao ファイル)を書かなければいけなかったり、Xilinx の命名規則にのっとっていなければならなかったりします。EDK に読み込めるようにしておけば、再利用しやすいというメリットはあるのですが、少々面倒です。

EDK と ISE は連携しており、EDK で構築生成させたネットリストを ISE でサブモジュールとして読み込ませることができます。この機能を使えば、EDK で GPIO や簡単な OPB インターフェースだけを用意しておき、EDK の External 設定することで、ISE でこれらの信号をサブモジュールの入出力としてに取り扱えるようになり、ISE で作りこんだ自分のロジックへ容易に組み込むことができます。

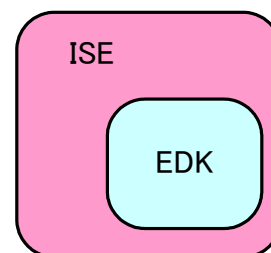
さらに、自分のロジックのみに変更があった場合、開発フローの ISE のみを実行するだけですむので、コンパイル時間を半減させることができます。また、ISE は、配置配線ツールや制約ツール、タイミング解析ツールなど GUI で設定することができ分かりやすいです。

ISE と EDK を連携させるには、

1. EDK から ISE のプロジェクトを生成させる(EDK で Export to Project Navigator を実行する)
2. ISE に EDK を取り込む

の2通りがあります。1 の方法は今後サポートされなくなる予定なので、ここでは、2.の"ISE に EDK を取り込む方法"を紹介します。

2006 年 4 月以前の SUZAKU は EDK を ISE のサブモジュールとして読み込んでプロジェクトを作成していました。この 2 の方法により、EDK だけで構築されている SUZAKU のプロジェクトを、昔の EDK を ISE のサブモジュールとして読み込んだプロジェクトにつくりかえることができます。



12.1.1. EDK で作業

例として SUZAKU のデフォルトの EDK のプロジェクトを ISE に取り込みます。

付属 CD-ROM の”¥suzaku¥fpga_proj¥x.x¥sz***¥sz***-xxxxxxx.zip”をハードディスクに展開してください。適当な名前のフォルダを作り、フォルダの下に、展開した EDK フォルダをコピーしてください。ここでは”C:¥suzaku¥suzaku-ise¥sz***-xxxxxxx”として作業を進めます。

”C:¥suzaku¥suzaku-ise¥sz***-xxxxxxx”の中の”xps_proj.xmp”をダブルクリックして開いてください。

Xilinx Platform Studio が起動し、SUZAKU のデフォルトが開きます。

ISE/EDK が 8.1i の場合、[Project]→[Project Options...]をクリックし、Hierarchy and Flow タブをクリックして下さい。

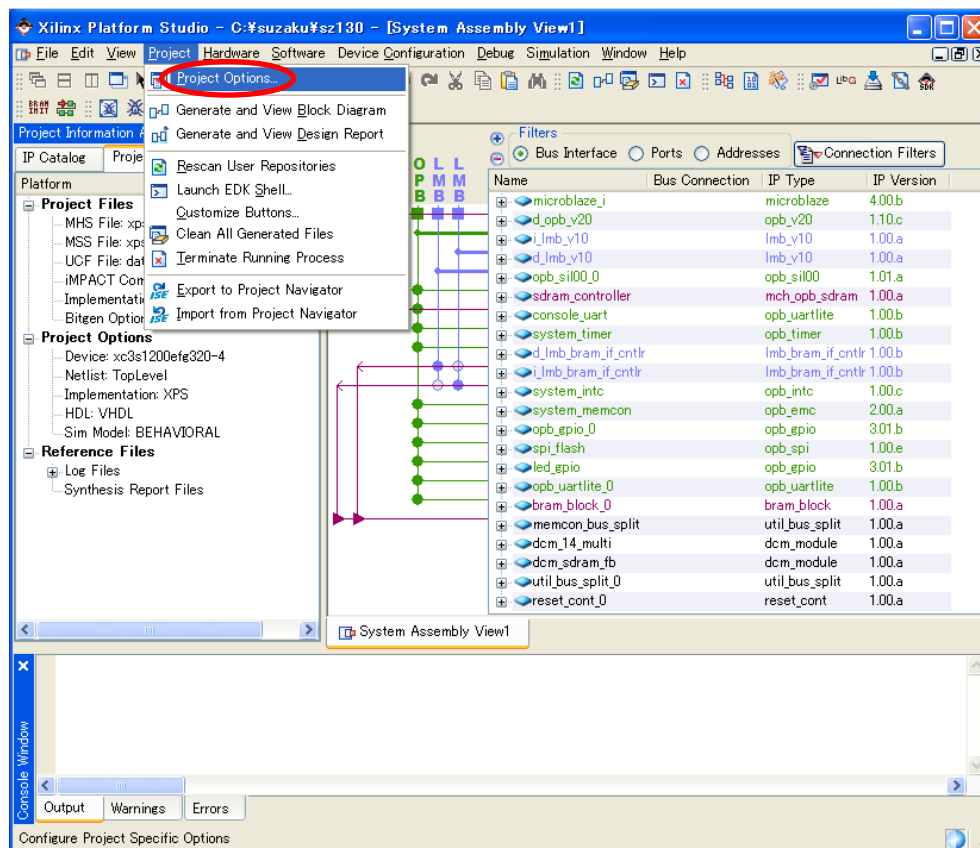


図 12-1 EDK SUZAKU のデフォルト

[Processor Design is a]と、[Use Project Navigator]の2つをチェックしてください。

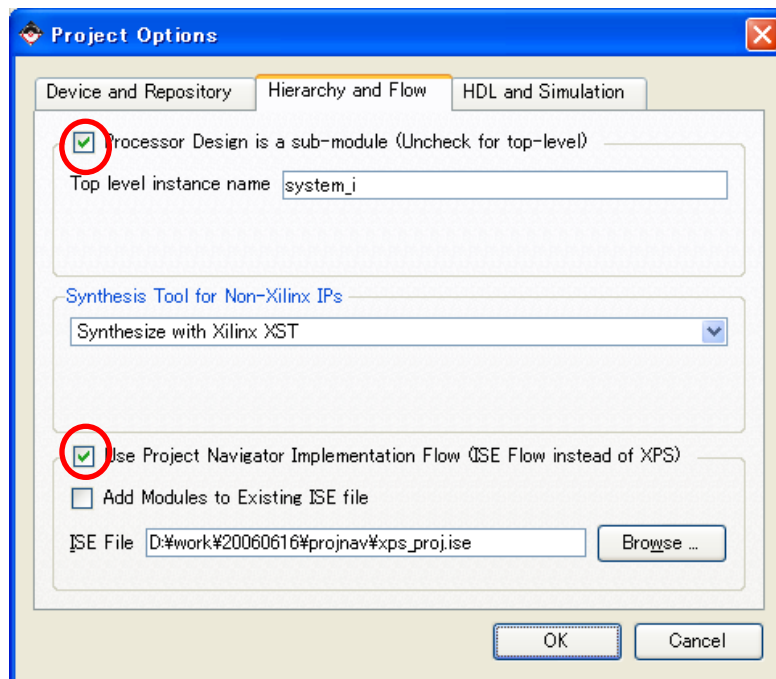


図 12-2 ISE/EDK8.1i の場合のオプション設定

[Hardware]→[Generate Netlist] をクリックし、ネットリストを作成してください。

ネットリストを作成すると、”C:\¥suzaku¥suzaku-ise¥sz***-xxxxxxx¥hdl”に xps_proj_stub.vhd というファイルが出来上がります。

12.1.2. EDK から ISE へ移行

この `xps_proj_stub.vhd` を "C:\¥suzaku¥suzaku-ise" にコピーしてください。この際、この名前のままでと少し分かりづらいので、ファイルの名前を `top.vhd` に変更してください。(もちろん変えなくても良いです。)

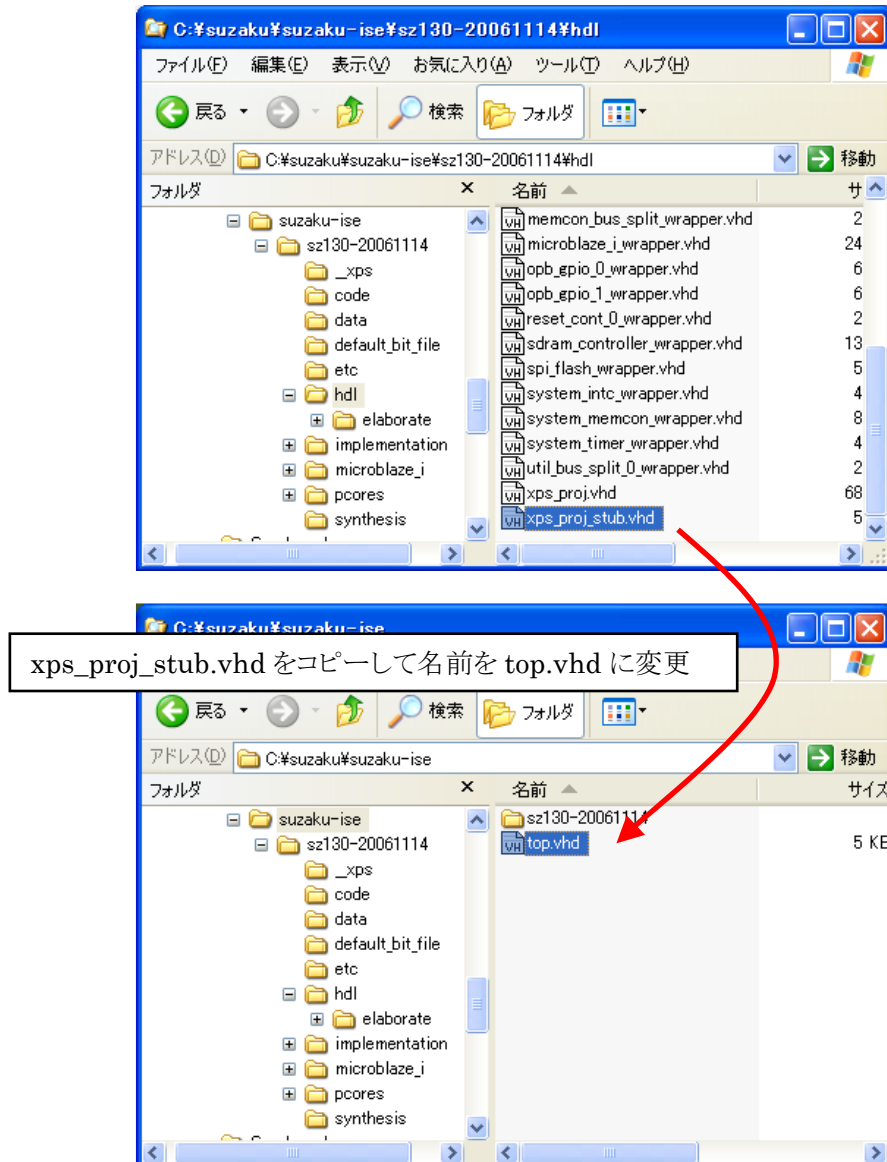


図 12-3 xps_proj_stub.vhd をコピー

12.1.3. ISE で作業

Project Navigator を起動してください。[File]→[New Project]をクリックしてください。

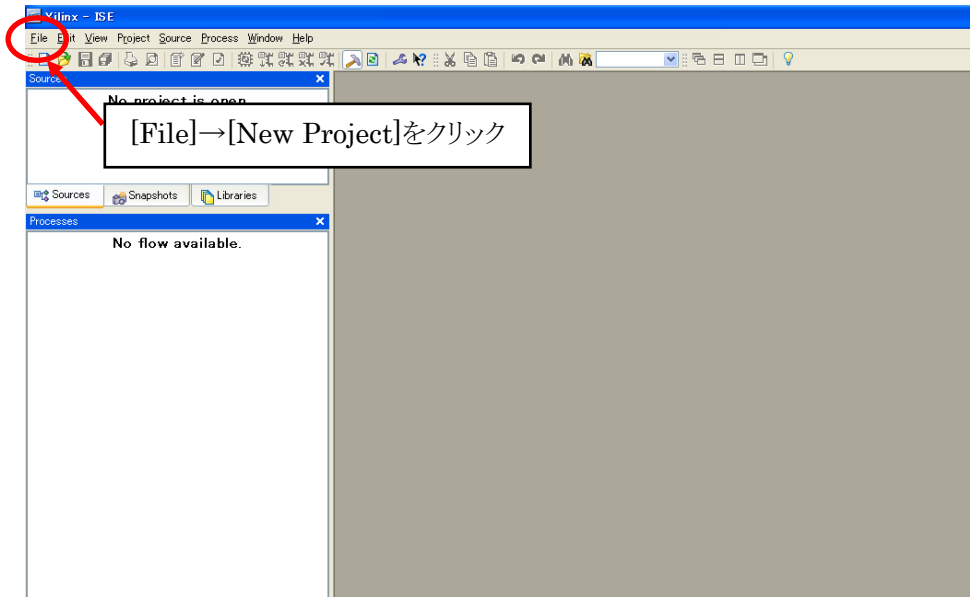


図 12-4 Project Navigator 起動

New Project Wizard が表示されます。[Project Location]の[...]をクリックし、プロジェクトのディレクトリパスを指定します。ここでは C:\¥suzaku¥suzaku-ise となります。[Project Name]に プロジェクト名を入力します。top と入力し、[Top-Level Source Type]が[HDL]となっていることを確認し、[Next]をクリックしてください。

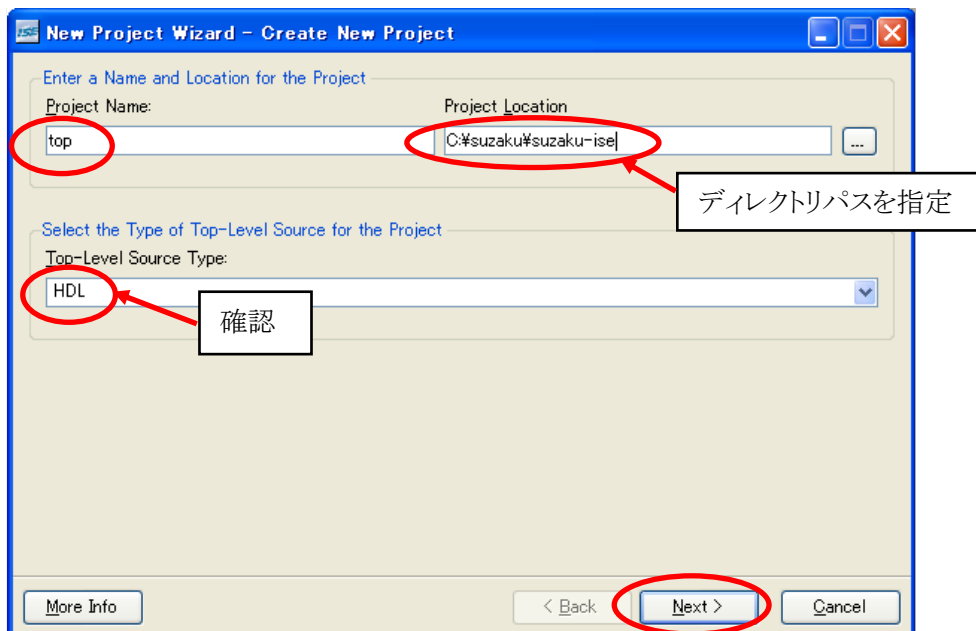


図 12-5 プロジェクトの新規作成

SUZAKU に実装されている FPGA デバイスを選択します。お使いの SUZAKU の型式の設定にし、[Next]をクリックしてください。

型式	SZ010	SZ030	SZ130	SZ310
Product Category	All			
Family	Spartan3		Spartan3E	Virtex2P
Device	XC3S400	XC3S1000	XC3S1200E	XC2VP4
Package	FT256		FG320	FG256
Speed	-4			-5
Synthesis Tool	XST(VHDL/Verilog)			
Simulator	ISE Simulator(VHDL/Verilog)			

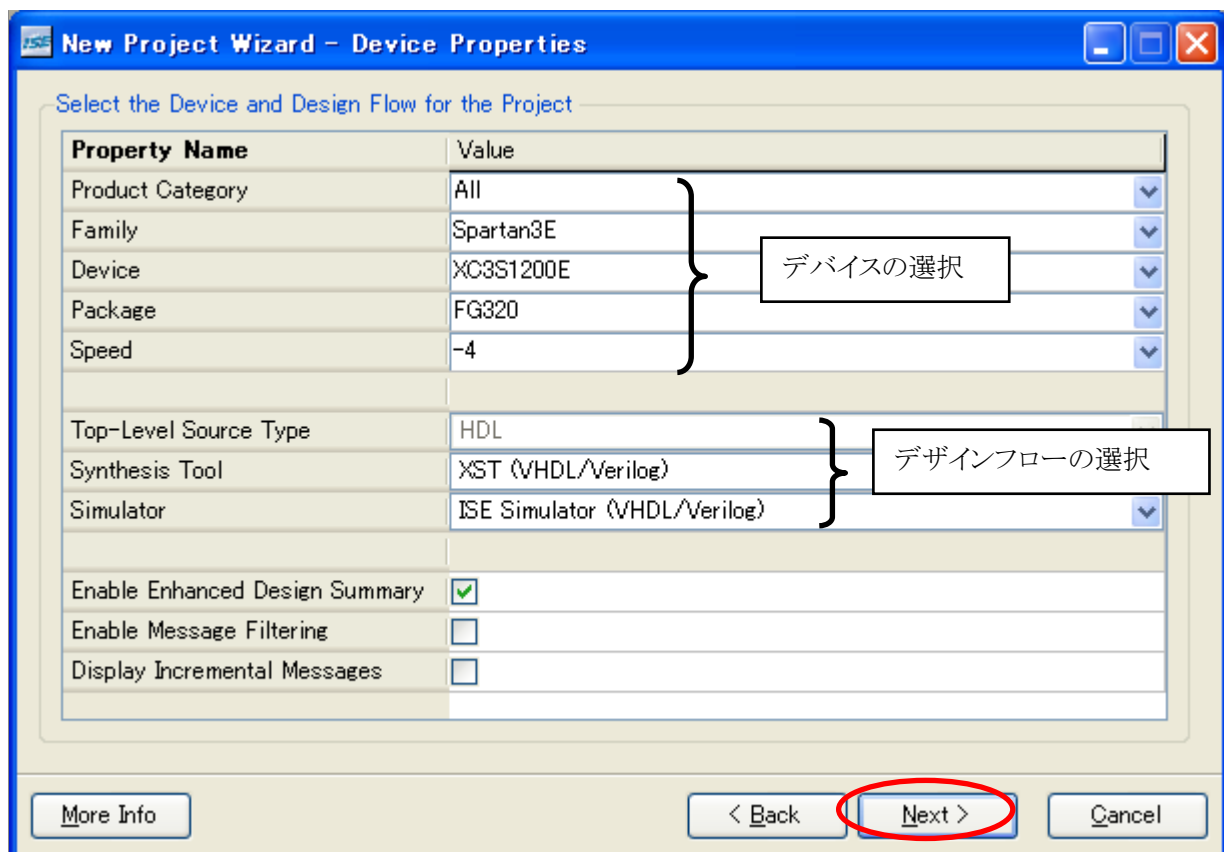


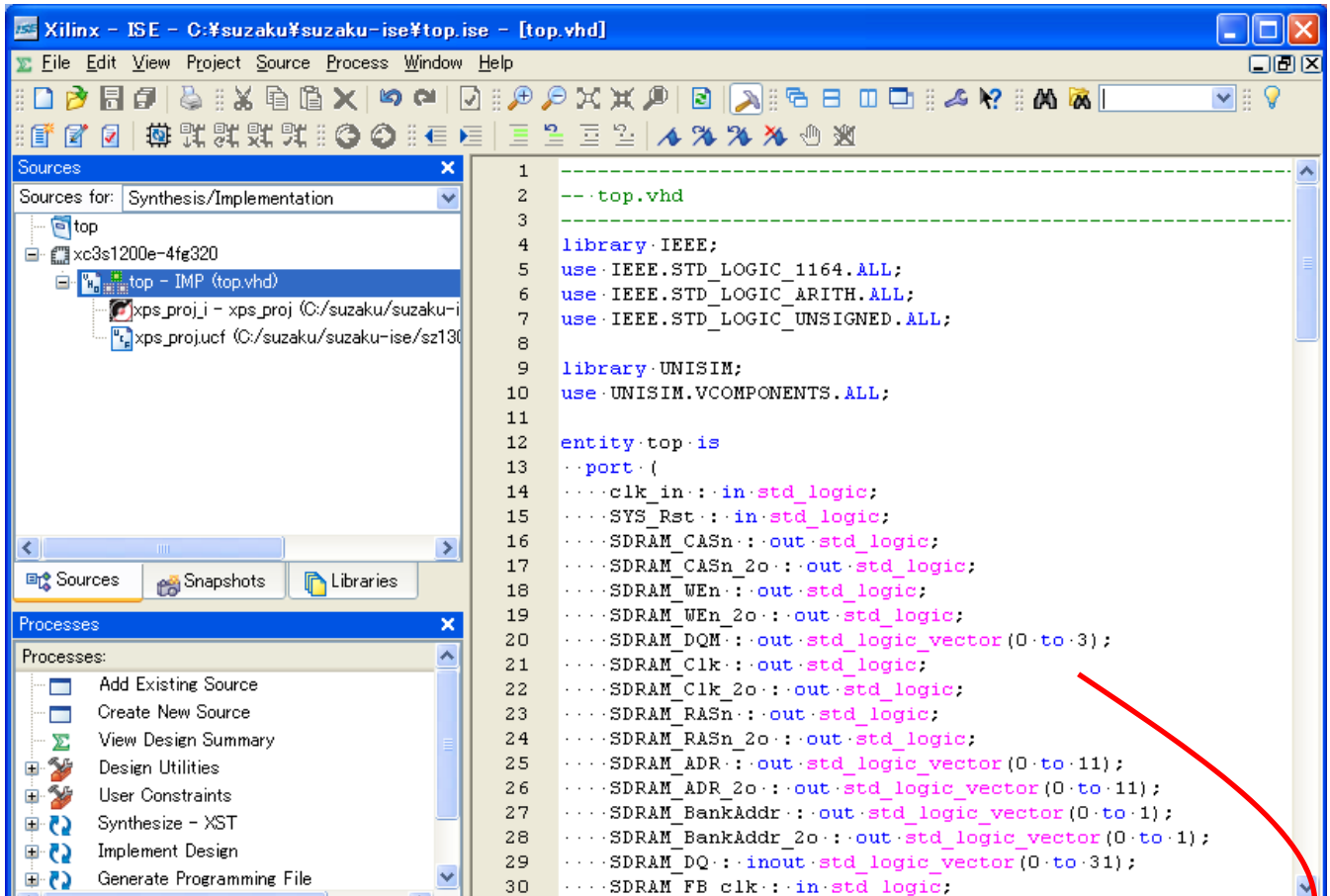
図 12-6 デバイスの選択(SZ130 の場合)

後は設定の変更をしないので、[Next]、[Finish]をクリックし、ウィザードを終了してください。

top.vhd と xps_proj.xmp と xps_proj.ucf をプロジェクトに追加します。[Project]→[Add Source]をクリックしてファイルを追加してください。xps_proj.xmp は "C:\¥suzaku¥suzaku-ise¥sz***-xxxxxxx" の下に xps_proj.ucf は "C:\¥suzaku¥suzaku-ise¥sz***-xxxxxxx¥data" の下にあります。

xps_proj_stub をダブルクリックして開いてください。ライブラリの追加を行います。また、少し分かりづらいので、STRUCTURE となっているアーキテクチャ名を IMP に変更し(2 箇所)、xps_proj_stub となっているエンティティ名を top に変更します(3 箇所)。(ライブラリの追加は必須です。名前の変更は必須ではありません。)

変更ができれば [File]→[Save]をクリックし、保存してください。



```

library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_ARITH.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;

library UNISIM;
use UNISIM.VCOMPONENTS.ALL;

entity top is
  port (
    --中略
  );
end top;

architecture IMP of top is
  component xps_proj is
    port (
      --中略
    );
  end component;
begin
  xps_proj_i : xps_proj
    port map (
      --中略
    );
end architecture IMP;
    
```

ライブラリを追加

図 12-7 ソースコード入力

Generate Programming File をダブルクリックして下さい。ソフトウェアを含まない bit ファイルが生成されます。

Update Bitstream with Processor Data をダブルクリックして下さい。ハードウェアでつくった bit ファイルの中にアプリケーションを書き込みます。top_download.bit が出来上がります。

SZ310 のプロジェクトを ISE 8.1i で作っている場合、ハードウェアでつくった bit ファイルの中にアプリケーションがうまく書き込まれず、top_download.bit がきちんと生成されないことがあります。コマンドプロンプト等を立ち上げ、"C:\¥suzaku¥suzaku-ise"に移動し、以下のコマンドで新たに bit ファイルを生成してください。

```
data2mem -bm sz310-xxxxxxx¥implementation¥xps_proj_bd.bmm
-bt top.bit
-bd sz310-xxxxxxx¥ppc405_i¥code¥executable.elf
tag bram -o b top_new.bit
```

iMPACT を立ち上げ、top_download.bit(top_new.bit)を書き込んでください。SUZAKU のデフォルトが書き込まれます。

EDK で External の信号を追加削除した場合は、ネットリストを作成し直し、新たに生成された

xps_proj_stub.vhd を参考に、top.vhd の xps_proj の component 宣言および、そのインスタンスに変更を加えてください。

ISE はコンパイル前に EDK に変更がないか確認をします。EDK で mhs ファイルや mss ファイル、ソフトウェアを変更した場合、自動的にバックエンドで EDK を動作させコンパイルを実行してくれます。

12.2. IP コア(ハード版)

先ほどソフトウェアで実現したスロットマシンの機能をハードウェアに置き換え、ソフトの負担を減らすことができます。実はこちらの方法のほうがSUZAKUらしいやり方といえます。slot.vhdの中身の説明はしませんので、各自見て考えてみてください。ソフト版と違うのはカウンタのみで、他はほぼ同じ作りになっています。

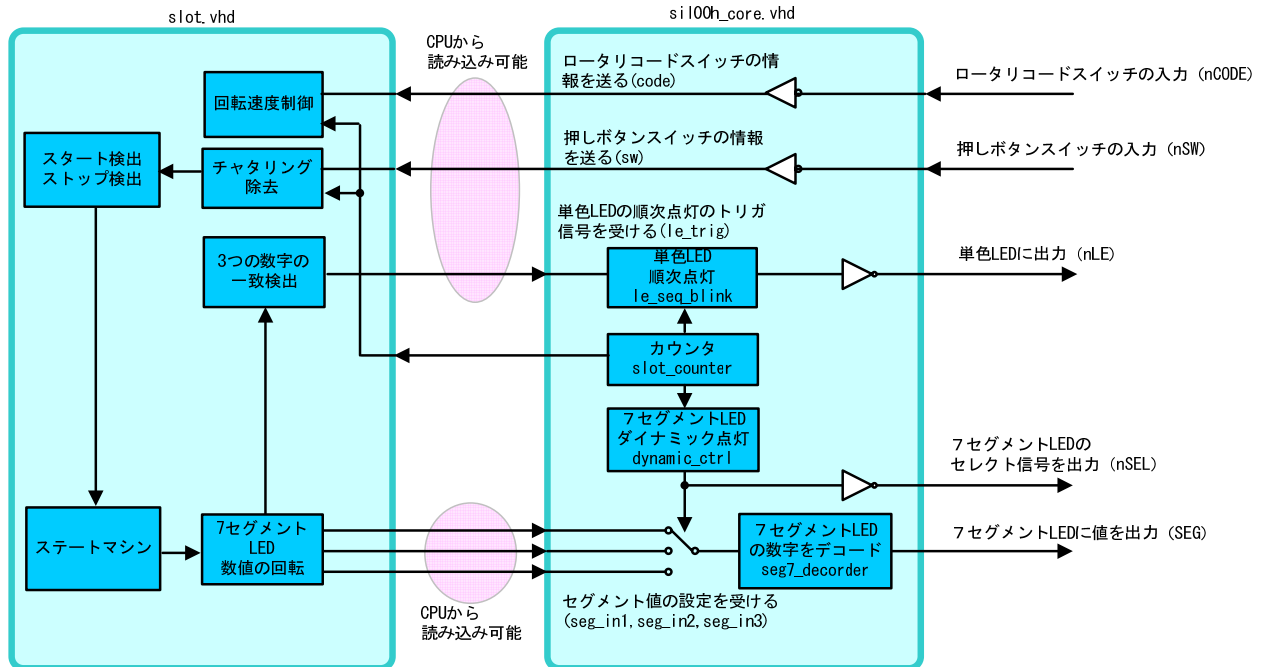


図 12-8 IP コア(ハード版)の仕様

“C¥suzaku¥sz***-xxxxxxx”をコピーしてその場にペーストし、名前を変更してください。

ここでは”C¥suzaku¥sz***-h-xxxxxxx”として作業を進めます。

付属 CD-ROM の”suzaku-starter-kit¥fpga¥opb_sil00h_v1_00_a.zip”をハードディスクに展開してください。展開後のフォルダ”opb_sil00h_v1_00_a”を”C¥suzaku¥sz***-h-xxxxxxx¥pcores”にコピーしてください。

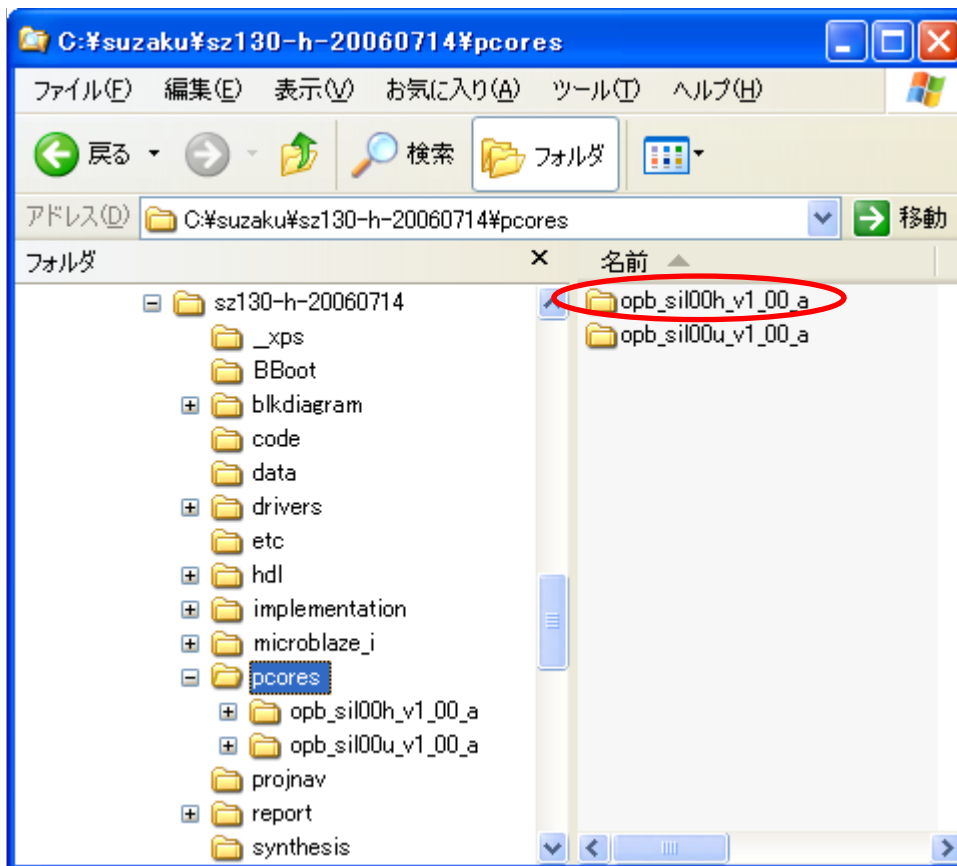


図 12-9 IP コア(ハード版)追加

”C:\suzaku\suz***-h-xxxxxxx”の中の”xps_proj.xmp”を開いてください。
IP Catalog の Project Repository に opb_sil00h があるのを確認してください。

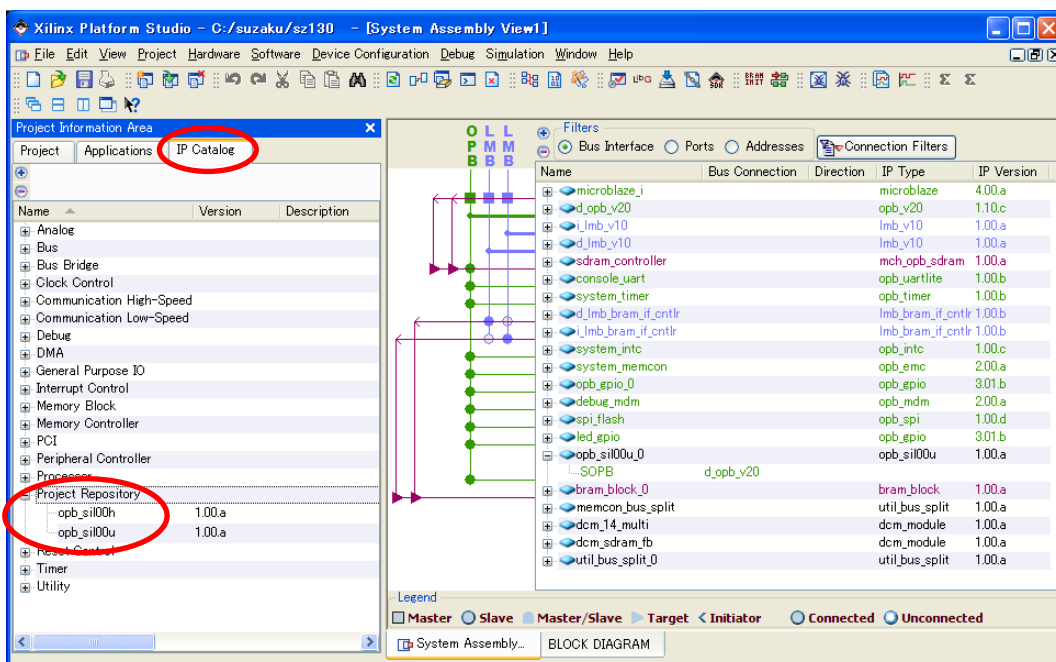


図 12-10 IP コア(ハード版)追加確認

自作 IP コア(ソフト版)opb_sil00u を IP コア(ハード版)opb_sil00h に置き換えます。opb_sil00h は割り込みを使用していないので、割り込みに関する記述を削除します。
 まず、ハードウェアの変更をします。

Project の MSS File: xps_proj.mss をダブルクリックして開いてください。opb_sil00u のドライバの記述をしているところを探して削除し、保存してください。opb_sil00h ではドライバを使用しません。

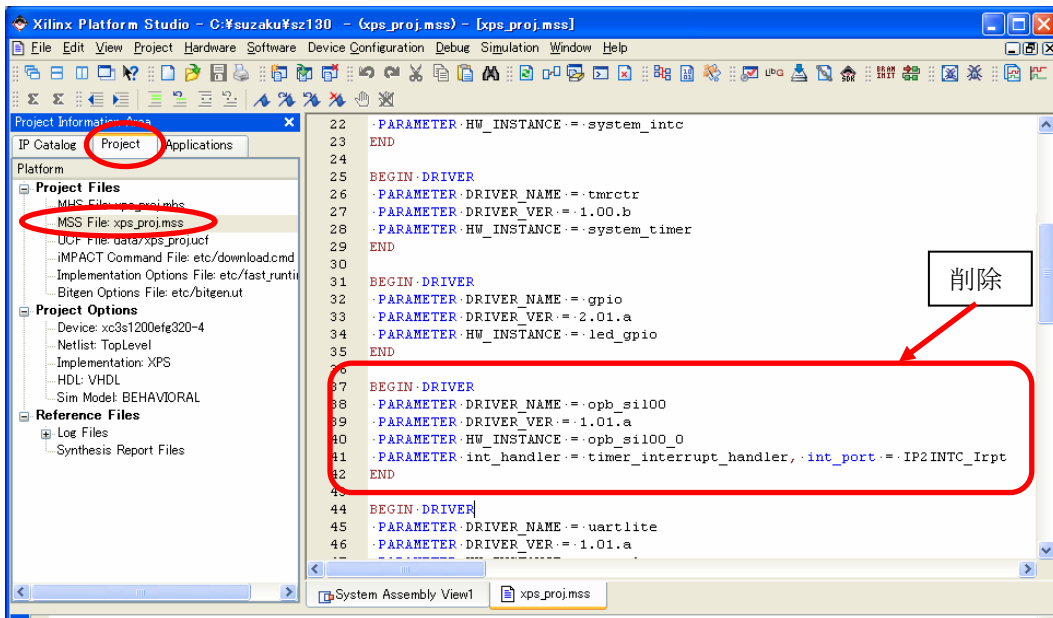


図 12-11 MSS File 変更

Project の MHS File: xps_proj.mhs をダブルクリックして開いてください。
 opb_sil00u を記述しているところを探してこれを opb_sil00h の記述に変更します。その際、HW_VER があっているかも確認してください。
 opb_intc を記述しているところを探して、割り込みの記述を削除します。
 変更が終わったら保存してください。

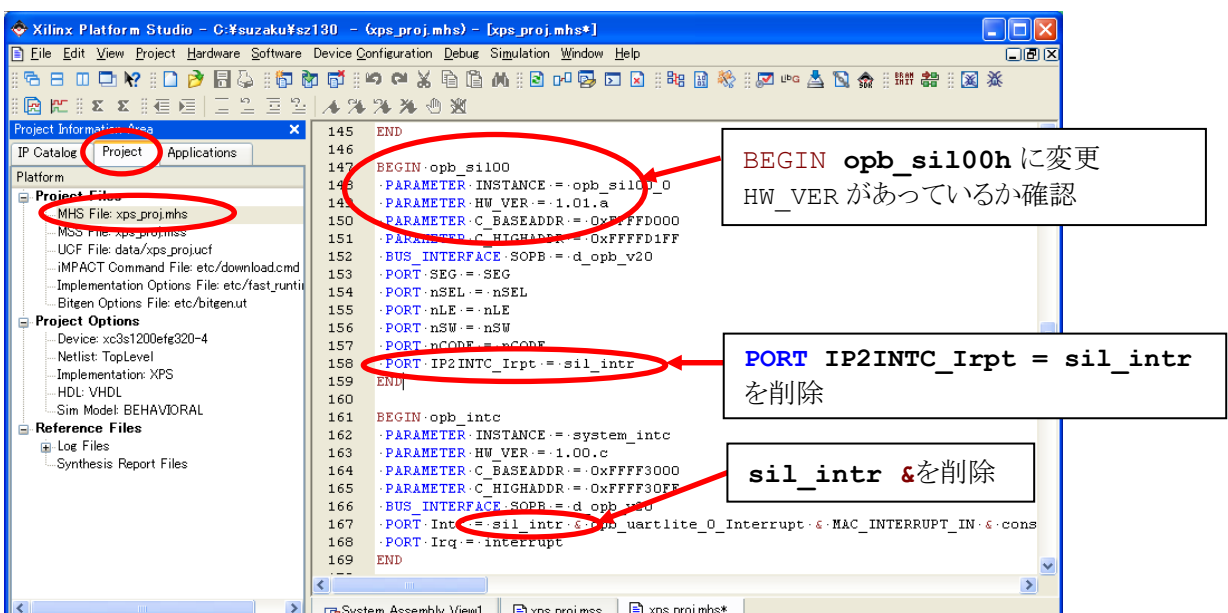


図 12-12 MHS File 変更

以上で IP コアが置き換わりました。
IP Type が opb_sil00h に変更されます。

Name	Bus Connection	Direction	IP Type	IP Version
microblaze_i			microblaze	4.00.a
d_opb_v20			opb_v20	1.10.c
i_lmb_v10			lmb_v10	1.00.a
d_lmb_v10			lmb_v10	1.00.a
sdram_controller			mch_opb_sdram	1.00.a
console_uart			opb_uartlite	1.00.b
system_timer			opb_timer	1.00.b
d_lmb_bram_if_cntlr			lmb_bram_if_cntlr	1.00.b
i_lmb_bram_if_cntlr			lmb_bram_if_cntlr	1.00.b
system_intc			opb_intc	1.00.c
system_memcon			opb_emc	2.00.a
opb_gpio_0			opb_gpio	3.01.b
debug_mdm			opb_mdm	2.00.a
spi_flash			opb_spi	1.00.d
led_gpio			opb_gpio	3.01.b
opb_sil00u_0			opb_sil00h	1.00.a
bram_block_0			bram_block	1.00.a
memcon_bus_split			util_bus_split	1.00.a
dcm_14_multi			dcm_module	1.00.a
dcm_sdram_fb			dcm_module	1.00.a
util_bus_split_0			util_bus_split	1.00.a

図 12-13 IP コア(ハード版)に置き換え

次にソフトウェアから割り込みの設定、記述を削除していきます。

Applications の Sources から interrupt.c、Headers から interrupt.h を削除してください。これらのファイルは使用しません。

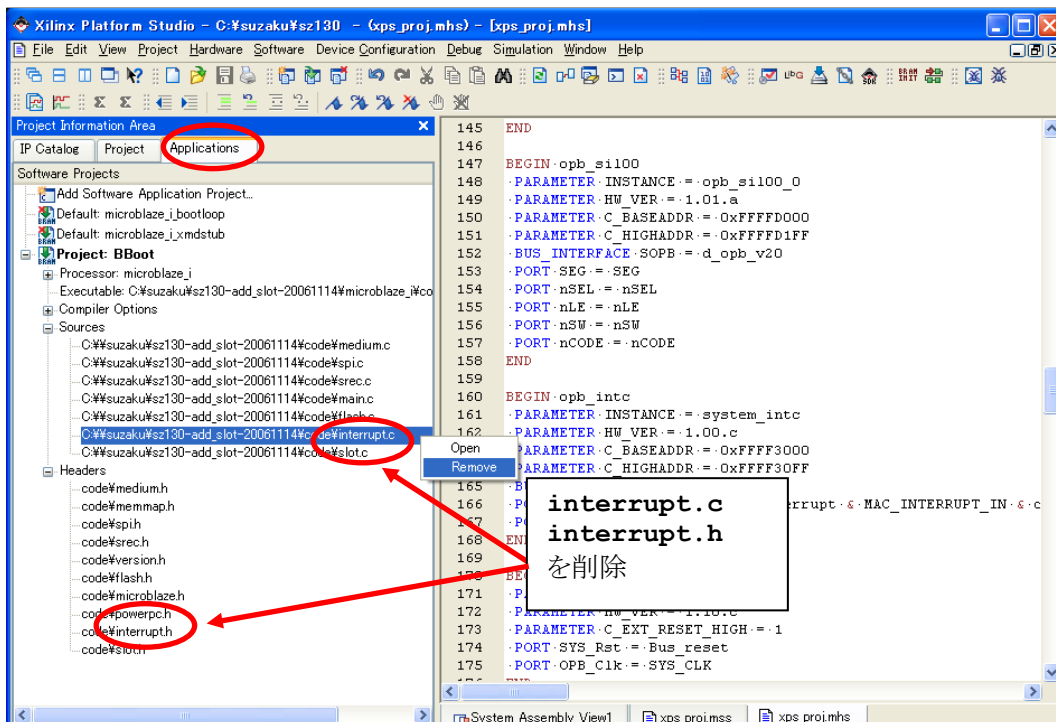


図 12-14 不要なファイルの削除

Applications の main.c をダブルクリックして開いてください。

割り込みに関する記述が全部で 5 箇所にあるのでこれを全て削除してください。削除する記述は

```
#include "interrupt.h"
interrupt_init();
interrupt_clean(); ×3
```

です。例 11-6 自作 IP コア(main.c)を参考に探してください。削除できたら保存してください。

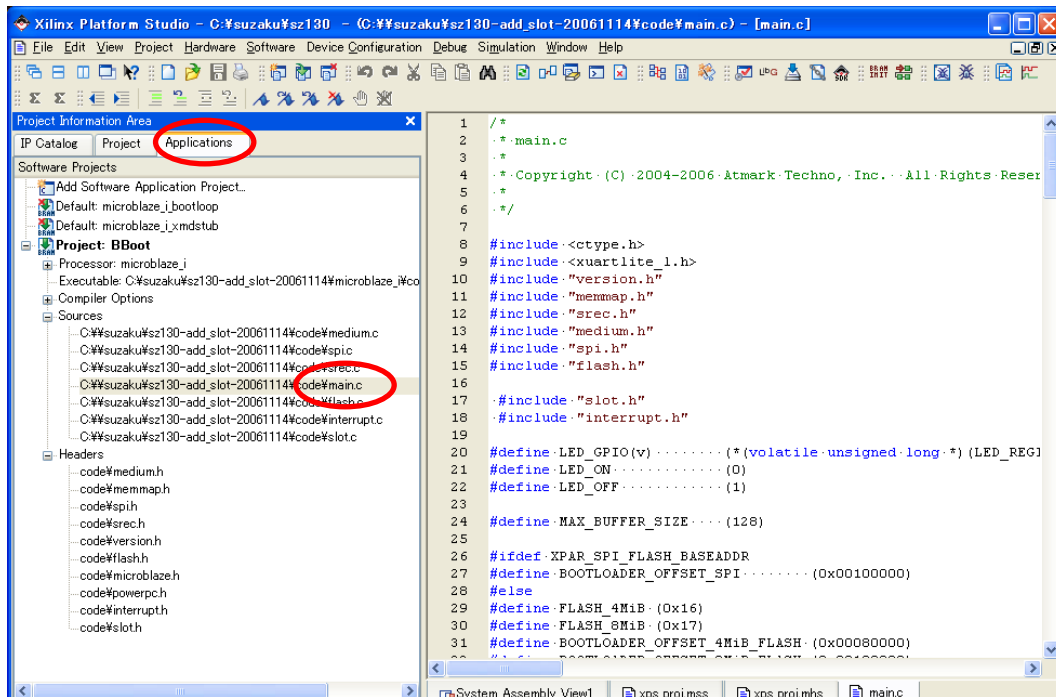


図 12-15 main.c から割り込みの記述を削除

これで変更は終了です。コンフィギュレーションしてください。数字の回転が少し速いですが、ソフト版とほぼ同じスロットマシンが動きます。

12.3. CGI で 7 セグメント LED をコントロール

自分で作ったスロットマシンの IP コアを CGI でコントロールします。“C:\¥suzaku¥sz***-xxxxxxx¥implementation”の中にある download.bit をつかって Flash を書き換えてください。

Flash の中に入っている Linux では最初から CGI が動作しています。

(Flash の中の Linux を書き換えてしまっている場合は、Flash の image を書き直して下さい。i image は付属 CD-ROM の“¥suzaku-starter-kit¥image”の中の image-sz***-sil.bin を使ってください。)

シリアル通信ソフトウェアを起動後、SUZAKU スターターキットの JP1、JP2 をオープンにして電源を投入してください。Linux が起動するので、ネットワークの設定をしてください。

IP アドレスを確認し、お使いのブラウザで“http://IP アドレス/7seg-led-control.cgi”にアクセスしてください。スロットマシンの 7 セグメント LED の回路がブラウザから制御できます。

1~F(16 進数)の数字を設定して[OK]をクリックすると、7 セグメント LED に設定した数字が表示される

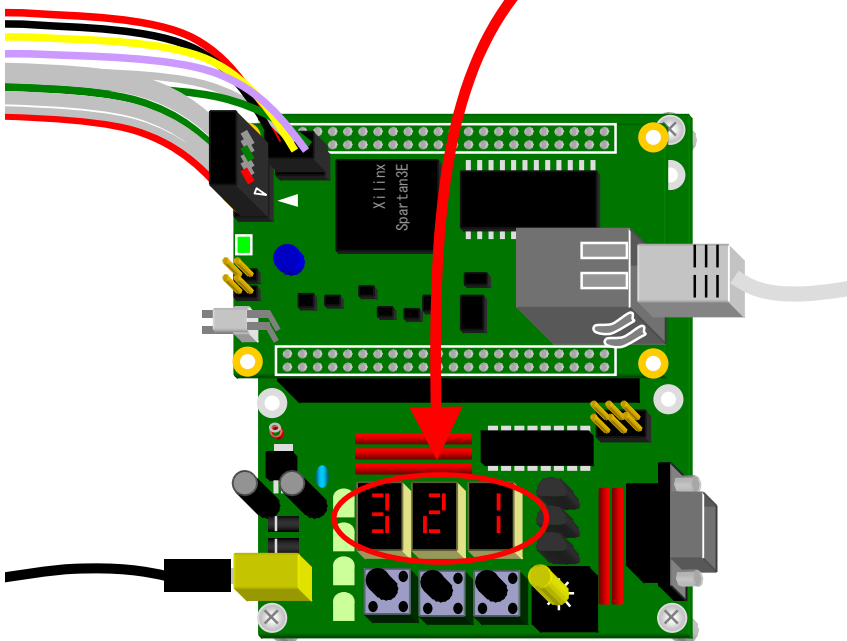
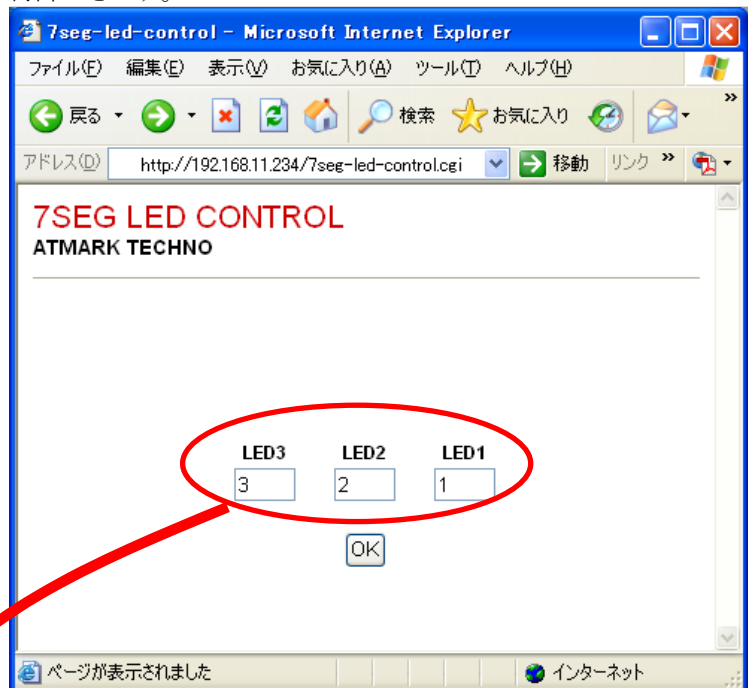


図 12-16 自作のコアをコントロール

これは、以下のソースコードで CGI を作成することにより実現しています。以下のソースコードだけでは CGI を作成することはできませんので、ご注意ください。

CGI の作成方法やコンパイル方法、Flash に書き込むためのデータの作成方法等については、"SUZAKU スタターキット (Linux 開発編)"、"SUZAKU_Software Manual"、"uClinux-dist Developers Guide"を参照してください。

12.3.1. 7seg-led-control.c

例 12-1 CGI で 7 セグメント LED をコントロール(7seg-led-control.c)

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#include <unistd.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>

#define PROGRAM_NAME      "7seg-led-control"
#define CGI_PATH PROGRAM_NAME ".cgi"

#define DEV_NAME          "/dev/sil7segc"

#define FORM_OK_BUTTON    "ok_button"
#define FORM_LED1_TEXT_BOX "led1"
#define FORM_LED2_TEXT_BOX "led2"
#define FORM_LED3_TEXT_BOX "led3"

static void print_content_type(void)
{
    printf("Content-Type:text/html\r\n\r\n");
}

static void print_style_sheet(void)
{
    printf("<style type=%\"text/css\">\r\n\r\n");

    printf("body {\r\n");
    printf("margin: 0 0 0 0;\r\n");
    printf("padding: 10px 10px 10px 10px;\r\n");
    printf("font-family: Arial, sans-serif;\r\n");
    printf("background: #ffffff;\r\n");
    printf("}\r\n\r\n");

    printf("h1 {\r\n");
    printf("margin: 0 0 0 0;\r\n");
    printf("padding: 0 0 0 0;\r\n");
    printf("color: #cc0000;\r\n");
    printf("font-weight: normal;\r\n");
    printf("}\r\n\r\n");

    printf("h2 {\r\n");
    printf("margin: 0 0 0 0;\r\n");
    printf("padding: 0 0 0 0;\r\n");
    printf("font-size: 14px;\r\n");
}
```

```

printf("}¥n¥n");

printf("hr {¥n");
printf("height: 1px;¥n");
printf("background-color: #999999;¥n");
printf("border: none;¥n");
printf("margin: 5px 0 70px 0;¥n");
printf("}¥n¥n");

printf(".leds {¥n");
printf("font-size: 12px;¥n");
printf("font-weight: bold;¥n");
printf("line-height: 20px;¥n");
printf("}¥n¥n");

printf("</style>¥n¥n");
}

static void print_html_head(void)
{
printf("<!DOCTYPE html PUBLIC ¥"-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN¥"
        ¥"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd¥">¥n");
printf("<html xmlns=¥"http://www.w3.org/1999/xhtml¥" lang=¥"ja¥" xml:lang=¥"ja¥">¥n¥n");

printf("<head>¥n¥n");

printf("<meta http-equiv=¥"content-type¥" content=¥"text/html; charset=utf-8¥"/>¥n¥n");
printf("<title>%s</title>¥n¥n", PROGRAM_NAME);

printf("<body>¥n¥n");
}

static void print_html_tail(void)
{
printf("</body>¥n¥n");
printf("</html>¥n");
}

static void display_page(int fd)
{
unsigned char leds[3];

read(fd, leds, 3);

printf("<hr />¥n¥n");

printf("<h1>7SEG LED CONTROL</h1>¥n");
printf("<h2>ATMARK TECHNO</h2>¥n¥n");

printf("<hr />¥n¥n");
}

```

```
printf("<form action=%s" method="get">\n\n", CGI_PATH);

printf("<table border=0" cellpadding=10" cellspacing=0" width=200px"
      align="center" class="leds">\n");

printf("<tr>\n");

printf("<td align="center">");

printf("LED3<br />\n");
printf("<input type="text" name=%s" value=%x" size=1" maxlength=1
      />\n",FORM_LED3_TEXT_BOX, leds[2]);

printf("</td>\n<td align="center">");

printf("LED2<br />\n");
printf("<input type="text" name=%s" value=%x" size=1" maxlength=1
      />\n",FORM_LED2_TEXT_BOX, leds[1]);

printf("</td>\n<td align="center">");

printf("LED1<br />\n");
printf("<input type="text" name=%s" value=%x" size=1" maxlength=1
      />\n",FORM_LED1_TEXT_BOX, leds[0]);

printf("</td>\n");

printf("</tr><tr>\n");

printf("<td colspan=3" align="center">\n");

printf("<input type="submit" value="OK" name=%s" />\n", FORM_OK_BUTTON);

printf("</td>\n");

printf("</tr>\n");

printf("</table>\n\n");

printf("</form>\n\n");

print_html_tail();
}

static unsigned int get_query_pair_hex_value(char *query, char *query_pair_name)
{
    char *pair_start, *pair_value;
    unsigned int hex_value = 0;

    pair_start = strstr(query, query_pair_name);
    if (pair_start) {
        pair_value = strchr(pair_start, '=') + 1;
        if (pair_value) {
            sscanf(pair_value, "%x", &hex_value);
        }
    }
    return hex_value;
}
```

```
}  
  
static void handle_query(int fd)  
{  
    char *query;  
    unsigned char leds[3];  
  
    query = getenv("QUERY_STRING");  
    if (!query) {  
        return;  
    }  
  
    if (!strstr(query, FORM_OK_BUTTON)) {  
        return;  
    }  
  
    leds[0] = (unsigned char) get_query_pair_hex_value(query, FORM_LED1_TEXT_BOX);  
    leds[1] = (unsigned char) get_query_pair_hex_value(query, FORM_LED2_TEXT_BOX);  
    leds[2] = (unsigned char) get_query_pair_hex_value(query, FORM_LED3_TEXT_BOX);  
    write(fd, leds, 3);  
}  
  
int main(int argc, char *argv[])  
{  
    int fd;  
    fd = open(DEV_NAME, O_RDWR);  
    handle_query(fd);  
    display_page(fd);  
    close(fd);  
  
    exit(EXIT_SUCCESS);  
}
```

12.4. これから先は・・・

本書はこれで終わりです。FPGA 開発する上での基礎知識、ISE や EDK といった専用開発ツールの使い方、VHDL 言語の記述方法、FPGA に搭載されるプロセッサの使用方法、そして SUZAKU の効果的な使い方は身についたでしょうか。スターキットを通して学んだことは、ほんの足掛かりにすぎません。ここからは自ら調べ、情報を仕入れ、勉強をし、アイデアを練り、情報を発信し、SUZAKU 開発者のスペシャリストを目指してください。

本書と対になる SUZAKU スターキットガイド(Linux 開発編)では本書とは違った切り口で SUZAKU の開発を行うので、是非ご一読ください！

12.5. 最新版のダウンロード

本書で紹介いたしましたソースコードやファイルは、不具合解決や機能増強等のアップグレードを行うことがあります。下記サイトに最新版がございますのでダウンロードしてお使いください。

開発に関するファイル
各種マニュアル

<http://suzaku.atmark-techno.com/downloads/all>

<http://suzaku.atmark-techno.com/downloads/docs>

13. SUZAKU+LED/SW ボードのピンアサイン

SUZAKU と LED/SW ボードの全ピンアサインを載せます。SUZAKU で新たに何かを開発する時などにご参照ください。

13.1. SUZAKU のピンアサイン

13.1.1. SUZAKU CON1 RS-232C

RS-232C コネクタです。レベルバッファを介して、FPGA と接続しています。ボード側で使用しているコネクタは、型式:A1-10PA-2.54DSA、メーカー:ヒロセ(相当品)です。

表 13-1 シリアルコンソールの設定

項目	設定
転送レート	115.2kbps
データ	8bit
パリティ	なし
ストップ bit	1bit
フロー制御	なし

表 13-2 SUZAKU CON1 RS-232C

番号	信号名	I/O	機能	FPGA 接続ピン番号		
				SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
1			空き			
2			空き			
3	RXD	I		E2	C12	C10
4	RTS	O		F4	B13	D9
5	TXD	O		E4	A13	C9
6	CTS	I		E1	D12	D10
7			空き			
8			空き			
9	GND		グラウンド			
10	+3.3VOUT	O	内部ロジック用電源出力+3.3V			

13.1.2. SUZAKU CON2 外部 I/O、Flash メモリ用コネクタ

外部 I/O 及び Flash メモリ用コネクタです。LED/SW ボードの CON2 とコネクタ接続します。

表 13-3 SUZAKU CON2 外部 I/O、Flash メモリ用コネクタ

番号	I/O	機能	FPGA 接続ピン番号		
			SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
1		グラウンド			
2	O	内部ロジック用電源出力+3.3V			
3	I	FPGA プログラム用	TCK	CLK	TCK
4	I	FPGA プログラム用	TDI	D	TDI
5	O	FPGA プログラム用	TDO	DO	TDO
6	I	FPGA プログラム用	TMS	nCS	TMS
7	I/O	外部 I/O	A5	N5	E14
8	I/O	外部 I/O	A7	N4	E15
9	I/O	外部 I/O	A3	M6	E13
10	I/O	外部 I/O	D5	M5	F12
11	I/O	外部 I/O	B4	M3	F13
12	I/O	外部 I/O	A4	M4	F14
13	I/O	外部 I/O	C5	L5	F15
14	I/O	外部 I/O	B5	L6	F16
15	I/O	外部 I/O	E6	L4	G13
16	I/O	外部 I/O	D6	L3	G14
17	I/O	外部 I/O	C6	L2	G15
18	I/O	外部 I/O	B6	L1	G16
19		グラウンド or 誤挿入防止用			
20	I/O	外部 I/O (GCLK)	A8	C9	N9
21		グラウンド			
22	I/O	外部 I/O (GCLK)	B8	D9	P9
23	I/O	外部 I/O	E7	K5	G12
24	I/O	外部 I/O	D7	K6	H13
25	I/O	外部 I/O	C7	K4	H14
26	I/O	外部 I/O	B7	K3	H15
27	I/O	外部 I/O	D8	J2	H16
28	I/O	外部 I/O	C8	J1	J16
29	I/O	外部 I/O	A9	F9	J15
30	I/O	外部 I/O	A12	E9	J14
31	I/O	外部 I/O	C10	A10	J13
32	I/O	外部 I/O	D12	B10	K12
33	I/O	外部 I/O	A14	D11	K16
34	I/O	外部 I/O	B14	C11	K15
35	I/O	外部 I/O	A13	F11	K14
36	I/O	外部 I/O	B13	E11	K13
37	I/O	外部 I/O	B12	E12	L16
38	I/O	外部 I/O	C12	F12	L15
39	I/O	外部 I/O	D11	B11	L14
40	I/O	外部 I/O	E11	A11	L13
41		グラウンド			
42		グラウンド			
43	I	電源入力+3.3V			
44	I	電源入力+3.3V			

13.1.3. SUZAKU CON3 外部 I/O コネクタ

外部 I/O コネクタです。LED/SW ボードの CON3 とコネクタ接続します。

表 13-4 SUZAKU CON3 外部 I/O コネクタ

番号	I/O	機能	FPGA 接続ピン番号		
			SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
1	I	電源入力+3.3V			
2	I	電源入力+3.3V			
3		グラウンド			
4		グラウンド			
5	I/O	外部 I/O	B11	B14	L12
6	I/O	外部 I/O	C11	A14	M13
7	I/O	外部 I/O	D10	D14	M16
8	I/O	外部 I/O	E10	C14	N16
9	I/O	外部 I/O	A10	B16	M15
10	I/O	外部 I/O	B10	A16	M14
11	I/O	外部 I/O	B16	C18	P15
12	I/O	外部 I/O	C16	C17	P13
13	I/O	外部 I/O	C15	D17	R14
14	I/O	外部 I/O	D14	D16	P14
15	I/O	外部 I/O	D15	F15	T15
16	I/O	外部 I/O	D16	F14	T14
17	I/O	外部 I/O	E13	G14	N12
18	I/O	外部 I/O	E14	G13	P12
19	I/O	外部 I/O	E15	F18	N11
20	I/O	外部 I/O	E16	F17	M11
21	I/O	外部 I/O	F12	G15	M10
22	I/O	外部 I/O	F13	G16	N10
23	I/O	外部 I/O (GCLK)	C9	E10	R9
24		グラウンド			
25	I/O	外部 I/O (GCLK)	D9	D10	T9
26		グラウンド			
27	I/O	外部 I/O	F14	H14	P10
28	I/O	外部 I/O	F15	H15	T8
29	I/O	外部 I/O	G12	H16	R8
30	I/O	外部 I/O	G13	H17	P8
31	I/O	外部 I/O	G14	J12	N8
32	I/O	外部 I/O	G15	J13	P7
33	I/O	外部 I/O	H13	J15	N7
34	I/O	外部 I/O	H14	J14	M7
35	I/O	外部 I/O	H15	J17	M6
36	I/O	外部 I/O	H16	J16	N6
37	I/O	外部 I/O	P16	K15	P5
38	I/O	外部 I/O	R16	K14	N5
39	I/O	外部 I/O	K15	K13	T3
40	I/O	外部 I/O	G16	K12	T2
41					
42		未接続			
43	O	内部ロジック用電源出力+3.3V			
44		グラウンド			

13.1.4. SUZAKU CON4 外部 I/O コネクタ

外部 I/O コネクタです。コネクタは実装されていません。

表 13-5 SUZAKU CON4 外部 I/O コネクタ

番号	I/O	機能	FPGA 接続ピン番号		
			SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
1		空き			
2		空き			
3	I/O	外部 I/O	L15	L18	N8
4	I/O	外部 I/O	L14	L17	P7
5	I/O	外部 I/O	K12	L16	N7
6	I/O	外部 I/O	L12	L15	M7
7	I/O	外部 I/O	K14	N18	M6
8	I/O	外部 I/O	K13	M18	N6
9	I/O	外部 I/O	J14	M16	P5
10	I/O	外部 I/O	J13	M15	N5
11	I/O	外部 I/O	J16	P17	T3
12	I/O	外部 I/O	K16	P18	T2

13.1.5. SUZAKU CON5 外部 I/O コネクタ

外部 I/O コネクタです。コネクタは実装されていません。

表 13-6 SUZAKU CON5 外部 I/O コネクタ

番号	I/O	機能	FPGA 接続ピン番号		
			SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
1		グラウンド			
2	O	内部ロジック用電源出力 +3.3V			
3	I/O	外部 I/O	P15	M14	P4
4	I/O	外部 I/O	P14	M13	R3
5	I/O	外部 I/O	N16	R15	P3
6	I/O	外部 I/O	N15	R16	P2
7	I/O	外部 I/O	M14	R18	M10
8	I/O	外部 I/O	N14	T18	N10
9	I/O	外部 I/O	M16	U18	P10
10	I/O	外部 I/O	M15	T17	T8
11	I/O	外部 I/O	L13	T15	R8
12	I/O	外部 I/O	M13	R14	P8

13.1.6. SUZAKU CON6 電源入力+3.3V

SUZAKU と LED/SW ボードを接続時は使用しないでください。詳細は"5.3.1 電源について"を参照してください。

13.1.7. SUZAKU CON7 FPGA JTAG 用コネクタ

FPGA JTAG 用コネクタです。コンフィギュレーションする時は SUZAKU JP1、JP2 をショートしてください。詳細は"6.1 FPGA の書き換えかた"を参照してください。

表 13-7 SUZAKU CON7 FPGA JTAG 用コネクタ

番号	信号名	I/O	機能
1	GND		グラウンド
2	+2.5VOUT	O	内部ロジック用電源出力 +2.5V
3	TCK	I	JTAG
4	TDI	I	JTAG
5	TDO	O	JTAG
6	TMS	I	JTAG

2. +2.5V	4. TDI	6. TMS
1. GND	3. TCK	5. TDO

図 13-1 JTAG ピンアサイン

13.1.8. SUZAKU D1,D3 LED

ユーザーコントロール LED(赤)とパワーON LED(緑)です。

表 13-8 SUZAKU D1、D3 LED

信号名	I/O	機能	FPGA 接続ピン番号		
			SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
D1	O	ユーザーコントロール LED	G5	T3	A9
D3	O	SUZAKU ボードに +3.3V が供給されると点灯			

13.1.9. SUZAKU JP1,JP2 設定用ジャンパ

ジャンパによりオートブートモード、ブートローダモード、FPGA コンフィギュレーション待ちの 3 つの状態に設定します。

表 13-9 SUZAKU JP1、JP2 設定用ジャンパ

信号名	I/O	機能
JP1	I	起動モード設定用ジャンパです。オープンでオートブート(SUZAKU 起動時に Linux が自動的に起動)します。ショートでブートローダモード(ブートローダのみを起動した状態)になります。
JP2		FPGA に JTAG からコンフィギュレーションする時と、Flash にコンフィギュレーションデータをダウンロードする時に使用するジャンパです。(本ジャンパをショートすると、電源再投入時 FPGA に対し、コンフィギュレーションを停止することができます)

13.1.10. SUZAKU L2 Ethernet 10Base-T/100Base-Tx

ボード側で使用しているコネクタ型式/メーカーは、J0026D21B/PULSE です。

表 13-10 SUZAKU L2 Ethernet 10Base-T/100Base-Tx

番号	信号名	I/O	機能
1	TX+		差動ツイストペア出力+
2	TX-		差動ツイストペア出力-
3	RX+		差動ツイストペア入力+
4			75Ω 終端(4 番ピンと 5 番ピンはショートしています)
5			75Ω 終端(4 番ピンと 5 番ピンはショートしています)
6	RX-		差動ツイストペア入力-
7			75Ω 終端(7 番ピンと 8 番ピンはショートしています)
8			75Ω 終端(7 番ピンと 8 番ピンはショートしています)

13.2. LED/SW ボードのピンアサイン

13.2.1. LED/SW CON1 テスト拡張用コネクタ

CON3 と同じピンアサインで信号が配線接続されています。詳しくは CON3 を参照してください。

13.2.2. LED/SW CON2 SUZAKU 接続コネクタ

SUZAKU CON2 と接続します。

表 13-11 LED/SW CON2 SUZAKU 接続コネクタ

番号	信号名	I/O	機能	FPGA 接続ピン番号		
				SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
1	GND		グランド			
2	+3.3V	I	+3.3V SUZAKU 側から供給			
3	CONF_C			TCK	CLK	TCK
4	CONF_I			TDI	D	TDI
5	CONF_O			TDO	DO	TDO
6	CONF_S			TMS	nCS	TMS
7	NC			A5	N5	E14
8	UART3	I	RTS	A7	N4	E15
9	UART2	O	TXD	A3	M6	E13
10	UART1	O	CTS	D5	M5	F12
11	UART0	I	RXD	B4	M3	F13
12	NC			A4	M4	F14
13	SEG7	O	セグメント DP "High"で点灯	C5	L5	F15
14	SEG6	O	セグメント G "High"で点灯	B5	L6	F16
15	SEG5	O	セグメント F "High"で点灯	E6	L4	G13
16	SEG4	O	セグメント E "High"で点灯	D6	L3	G14
17	SEG3	O	セグメント D "High"で点灯	C6	L2	G15
18	SEG2	O	セグメント C "High"で点灯	B6	L1	G16
19			誤挿入防止用			
20	SEG1	O	セグメント B "High"で点灯	A8	C9	N9
21	GND		グランド			
22	SEG0	O	セグメント A "High"で点灯	B8	D9	P9
23	NC			E7	K5	G12
24	nSEL2	O	7 セグメント LED3 "Low"でコモン選択	D7	K6	H13
25	nSEL1	O	7 セグメント LED2 "Low"でコモン選択	C7	K4	H14
26	nSEL0	O	7 セグメント LED1 "Low"でコモン選択	B7	K3	H15
27	NC			D8	J2	H16
28	nCODE3	I	ロータリスイッチ 4 ビット目 選択時"Low"	C8	J1	J16
29	nCODE2	I	ロータリスイッチ 3 ビット目 選択時"Low"	A9	F9	J15
30	nCODE1	I	ロータリスイッチ 2 ビット目 選択時"Low"	A12	E9	J14
31	nCODE0	I	ロータリスイッチ 1 ビット目 選択時"Low"	C10	A10	J13
32	NC			D12	B10	K12
33	nSW2	I	押しボタンスイッチ SW3 押下で"Low"	A14	D11	K16
34	nSW1	I	押しボタンスイッチ SW2 押下で"Low"	B14	C11	K15
35	nSW0	I	押しボタンスイッチ SW1 押下で"Low"	A13	F11	K14
36	NC			B13	E11	K13
37	nLE0	O	単色 LED(緑) D1 "Low"で点灯	B12	E12	L16
38	nLE1	O	単色 LED(緑) D2 "Low"で点灯	C12	F12	L15
39	nLE2	O	単色 LED(緑) D3 "Low"で点灯	D11	B11	L14
40	nLE3	O	単色 LED(緑) D4 "Low"で点灯	E11	A11	L13
41	GND		グランド			
42	GND		グランド			
43	+3.3V	O	電源出力 +3.3V SUZAKU 側に供給			
44	+3.3V	O	電源出力 +3.3V SUZAKU 側に供給			

13.2.3. LED/SW CON3 SUZAKU 接続コネクタ

SUZAKU CON3と接続しています。

表 13-12 LED/SW CON3 SUZAKU 接続コネクタ

番号	信号名	I/O	機能
1	+3.3V	O	+3.3V SUZAKU 側に供給
2	+3.3V	O	+3.3V SUZAKU 側に供給
3	GND		グラウンド
4	GND		グラウンド
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24	GND		グラウンド
25			
26	GND		グラウンド
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43	+3.3V	I	+3.3V SUZAKU 側から供給
44	GND		グラウンド

13.2.4. LED/SW CON4 テスト拡張用コネクタ

CON2と同じピンアサインで信号が配線接続されています。信号についての詳細は CON2 を参照してください。1~6ピンに Flash メモリ書き込み用コネクタが実装されています。SUZAKU と接続時、Flash メモリにデータを書き込みます。書き込む時は SUZAKU JP1、JP2 をショートしてください。

詳細は"6.1 FPGA の書き換えかた"を参照してください。

表 13-13 LED/SW CON4 Flash メモリ書き込み用コネクタ

番号	信号名	I/O	機能	FPGA 接続先		
				SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
1	GND					
2	+3.3V					
3	CONF_C	I		TCK	CLK	TCK
4	CONF_I	I		TDI	D	TDI
5	CONF_O	O		TDO	DO	TDO
6	CONF_S	I		TMS	nCS	TMS

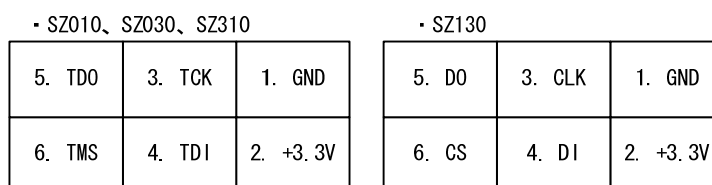


図 13-2 Flashメモリ書き込み ピンアサイン

13.2.5. LED/SW CON6 +5V 入力コネクタ

+5V±5%の電源を入力してください。ACアダプタ 5V は添付品をご使用ください。(+5V 出力 EIAJ #2)

表 13-14 LED/SW CON6 +5V 入力コネクタ

番号	信号名	I/O	機能
1	+5V	I	+5V センタープラスピン
2	GND		グラウンド



図 13-3 +5V センタープラスピン

13.2.6. LED/SW CON7 RS-232C コネクタ

D-sub9 ピンが実装されています。

表 13-15 LED/SW CON7 RS-232C コネクタ

番号	信号名	I/O	機能	FPGA 接続先		
				SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
1						
2	UART0	I	RXD	B4	M3	F13
3	UART2	O	TXD	A3	M6	E13
4						
5	GND		グラウンド			
6						
7	UART3	O	RTS	A7	N4	E14
8	UART1	I	CTS	D5	M5	F12
9						

13.2.7. LED/SW 7 セグメント LED セレクタ

7 セグメント LED 選択用 PNP トランジスタが実装されています。"Low"を入力すると、それぞれに対応する 7 セグメント LED を選択することができます。

表 13-16 LED/SW 7セグメントLED セレクタ

番号	信号名	I/O	機能	FPGA 接続先		
				SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
LED1	nSEL0	O	LED1 コモン "Low"で選択	B7	K3	H15
LED2	nSEL1	O	LED2 コモン "Low"で選択	C7	K4	H14
LED3	nSEL2	O	LED3 コモン "Low"で選択	D7	K6	H13

13.2.8. LED/SW LED1~3 7セグメントLED

7セグメントLEDが3つ実装されています。"High"を入力すると、それぞれに対応するセグメントを点灯させることができます。

表 13-17 LED/SW LED1~3 7セグメントLED

番号	信号名	I/O	機能	FPGA 接続先		
				SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
A	SEG0	O	セグメント A "High"で点灯	B8	D9	P9
B	SEG1	O	セグメント B "High"で点灯	A8	C9	N9
C	SEG2	O	セグメント C "High"で点灯	B6	L1	G16
D	SEG3	O	セグメント D "High"で点灯	C6	L2	G15
E	SEG4	O	セグメント E "High"で点灯	D6	L3	G14
F	SEG5	O	セグメント F "High"で点灯	E6	L4	G13
G	SEG6	O	セグメント G "High"で点灯	B5	L6	F16
DP	SEG7	O	セグメント DP "High"で点灯	C5	L5	F15

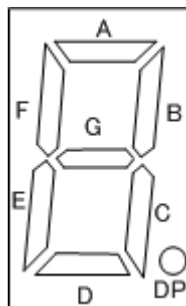


図 13-4 7セグメントLED

13.2.9. LED/SW D1~4 単色LED(緑)

単色LED(緑)が4つ実装されています。"Low"を入力すると点灯します。

表 13-18 LED/SW D1~4 単色LED(緑)

番号	信号名	I/O	機能	FPGA 接続先		
				SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
D1	nLE0	O	単色LED(緑) D1 "Low"で点灯	B12	E12	L16
D2	nLE1	O	単色LED(緑) D2 "Low"で点灯	C12	F12	L15
D3	nLE2	O	単色LED(緑) D3 "Low"で点灯	D11	B11	L14
D4	nLE3	O	単色LED(緑) D4 "Low"で点灯	E11	A11	L13

13.2.10. LED/SW SW1~3 押しボタンスイッチ

押しボタンスイッチが3つ実装されています。押すと"Low"を出力します。

表 13-19 LED/SW SW1~3

番号	信号名	I/O	機能	FPGA 接続先		
				SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
SW1	nSW0	I	押しボタンスイッチ SW1 押下で"Low"	A13	F11	K14
SW2	nSW1	I	押しボタンスイッチ SW2 押下で"Low"	B14	C11	K15
SW3	nSW2	I	押しボタンスイッチ SW3 押下で"Low"	A14	D11	K16

13.2.11. LED/SW SW4 ロータリコードスイッチ

ロータリコードスイッチが実装されています。選択時"Low"を出力します。

表 13-20 LED/SW SW4

番号	信号名	I/O	機能	FPGA 接続先		
				SZ010 SZ030	SZ130	SZ310
SW4	nCODE0	I	ロータリコードスイッチ 2 ⁰ 選択で"Low"	C10	A10	J13
	nCODE1	I	ロータリコードスイッチ 2 ¹ 選択で"Low"	A12	E9	J14
	nCODE2	I	ロータリコードスイッチ 2 ² 選択で"Low"	A9	F9	J15
	nCODE3	I	ロータリコードスイッチ 2 ³ 選択で"Low"	C8	J1	J16

14. 参考文献

- [1] 『エンベデッド システム ツール リファレンス マニュアル』, Xilinx(株)
- [2] 『開発システムリファレンスガイド』, Xilinx(株)
- [3] Platform Studio Help, Xilinx(株)
- [4] ISE Help, Xilinx(株)
- [5] 『VHDL によるハードウェア設計入門』, 長谷川裕恭著, CQ 出版社.
- [6] 『デザインウェブマガジン 2004 年 5 月号』 ソフト・マクロの CPU で Linux を動かす(前編) CQ 出版社
- [7] 『改訂 初めてでも使える HDL 文法ガイド』 CQ 出版社

- 本書記載の社名、製品名について
 本書に記載されている社名、および製品名は、一般的に開発メーカーの登録商標です。
 なお、本文中では™、®、©の各名称を明記しておりません。

改訂履歴

Ver.	年月日	改訂内容
1.0.0	2006/07/14	・初版作成
1.0.1	2006/07/19	・誤記訂正
1.0.2	2006/07/24	・ピンアサイン訂正 (CON4 の 9、10 ピン)
2.0.0	2006/08/11	・SZ010、SZ030、SZ310 対応のための全面変更 (以下重要な変更のみ記) “JTAG Clock に変更する”の記載を消去 BBoot の変更、CD-ROM の内容変更 自作コアに割り込み機能追加
2.0.1	2006/08/18	・TE7720 の図の文字化けを修正
2.0.2	2006/08/23	・誤記訂正
2.0.3	2006/10/18	・Linux 編にあわせて章構成変更 ・保証に関する注意事項追記 ・半田付けの際の注意を追記 ・コネクタ説明箇所に JTAG、Flash メモリ書き込みについて追記 ・8.2i 対応のための内容を追記
2.1.2	2006/11/30	・構成を大幅変更 (以下重要な変更のみ記) ダイナミック点灯、単色 LED 順次点灯、デコーダの VHDL 修正 SZ130 のメモリマップ 誤記訂正 SZ310 の構成図 誤記訂正 IP コアハード編の項 誤記訂正 EDK の項 ソフトウェアについて追記 EDK の項 IP コアの説明を追記 シミュレーションの記述を追記 SUZAKU の書き込み方を一つにまとめて記述 デバッグの項追加 参考文献を追加 EDK を ISE のサブモジュールにする方法を追加
2.1.3	2006/12/06	・メモリマップ誤記訂正 ・JTAG、SPI のピンアサインの図に色づけ ・その他誤記訂正 ・表紙デザイン改版

SUZAKU スターターキットガイド (FPGA 開発編)

2006 年 12 月 15 日 Version 2.1.3

株式会社アットマークテクノ

060-0035 札幌市中央区北 5 条東 2 丁目 AFT ビル 6F

011-207-6550 FAX: 011-207-6570
