

第1章 FPGAの内部と色々なFPGAボード 11

1-1	FPGAとは	12
1-1-1	論理回路とは	12
1-1-2	論理回路の実現方法	13
1-1-3	HDLによる論理回路の表現	14
1-1-4	FPGAの内部構造	16
1-1-5	回路情報をFPGAに書き込むことで動作する	19
1-1-6	本書で用いたFPGAの規模	20
1-1-7	ブロックRAMの構成	21
	コラムA FPGAのおもしろさはブロックおもちゃと同じ?	23
1-2	各種FPGAボードの紹介	24
1-2-1	入手しやすくなったFPGAボード	24
1-2-2	かつては雑誌の付録にもなったFPGAボード	24
1-2-3	学習に適したFPGAボードの条件	25
1-2-4	各社FPGAボードの比較	26
1-3	回路情報のダウンロード	31
1-3-1	コンフィグレーション方法	31
1-3-2	今後はUSBでのコンフィグレーションが主流	33
1-3-3	Platform Cable USB IIは多機能だけど高価	34
1-4	第1章のまとめ	36

第2章 FPGAの回路設計を体験 37

2-1	開発ツールXilinx ISE	38
2-1-1	FPGA開発ツール「Xilinx ISE」	38
2-1-2	FPGAの開発手順	41
2-1-3	開発ツールのダウンロードとインストール	42
2-2	回路設計とコンパイル	44
2-2-1	7セグメント・デコーダの設計	44
2-2-2	プロジェクトの作成	48
2-2-3	PlanAheadの操作画面とコンパイルの進行	55
2-2-4	コンパイルの実行	57
2-2-5	コンパイルエラーの対策	61

2-3	コンフィグレーションと回路の拡張	65
2-3-1	コンフィグレーションの実施	65
	コラムB プロジェクトを開かずにコンフィグレーションする方法	69
2-3-2	1秒桁への拡張	72
2-4	第2章のまとめ	82
2-4-1	第2章のまとめ	82
2-4-2	第2章課題	82

第3章 もう少し進んだ回路設計 83

3-1	ダイナミック点灯と1時間計の作成	84
3-1-1	ダイナミック点灯とは	84
3-1-2	1時間計の設計	87
3-2	状態遷移を回路で実現	99
3-2-1	時刻合わせ機能の仕様	99
3-2-2	ステートマシンの回路構造	102
	コラムC かつて256状態のステートマシンで作られたデジタル時計があった!	103
3-3	時刻合わせ機能付き時計の設計	104
3-3-1	全体ブロックと各カウンタの作成	104
3-3-2	修正桁点滅の実現	109
3-3-3	制御部を作成して動作確認する	111
3-4	回路データのROM化と拡張案	118
3-4-1	コンフィグレーション・データのROM化準備	118
3-4-2	ROMへの書き込みと動作確認	122
3-4-3	実用的な拡張案	125
3-5	第3章のまとめ	128
3-5-1	第3章のまとめ	128
3-5-2	第3章課題	128

第4章 FPGA内蔵CPUを試す 129

4-1	MicroBlaze MCSとは	130
4-1-1	FPGAにCPUを内蔵させるメリット	130
4-1-2	ソフトマクロとハードマクロ	131
4-1-3	MicroBlazeの概要と種類	132
4-1-4	MicroBlaze MCSシステムの開発フロー	135

4-2	MicroBlaze MCSシステムの構築	138
4-2-1	MicroBlaze MCSに7セグメントLEDとスイッチを接続.....	138
4-2-2	CORE GeneratorによるMicroBlaze MCSの設定.....	139
4-2-3	最上位階層の作成と論理合成.....	145
4-2-4	スクリプトの実行とbitファイルの生成.....	148
4-3	プログラムの作成と実行	151
4-3-1	プログラムの作成.....	151
4-3-2	SDKの起動と各種プロジェクトの作成.....	153
4-3-3	プログラムの作成とコンパイル.....	158
4-3-4	回路のコンフィグレーションとプログラムのダウンロード.....	161
4-3-5	プログラムの実行.....	165
4-4	第4章のまとめ	169
4-4-1	第4章のまとめ.....	169
4-4-2	第4章課題.....	169
コラムD	MicroBlaze MCSミニヒストリー.....	170

第5章 内蔵CPUのプログラミング 171

5-1	MicroBlaze MCSの詳細	172
5-1-1	MicroBlaze MCS周辺回路の概略.....	172
5-1-2	周辺回路の機能と詳細.....	176
5-2	タイマーと割り込みの利用	183
5-2-1	タイマー内蔵のMicroBlaze MCSシステムを構築.....	183
5-2-2	割り込み対応プログラムの作成.....	187
5-2-3	割り込み処理の詳細.....	191
5-2-4	ポーリングを使った例.....	193
5-3	プログラムのROM化	196
5-3-1	bitファイルとelfファイルのマージ.....	196
5-3-2	bitファイルの確認とROMへの書き込み.....	197
コラムE	I/OモジュールAPIの利用.....	199
5-4	第5章のまとめ	202
5-4-1	第5章のまとめ.....	202
5-4-2	第5章課題.....	202

第6章 自作周辺回路の接続 203

6-1	MicroBlaze MCSのI/Oバス	204
6-1-1	バスとは何か.....	204
6-1-2	MicroBlaze MCSのバス「I/Oバス」.....	206
コラムF	C言語プログラムから見たバイトイネーブル信号.....	210
6-2	自作周辺回路の接続方法	211
6-2-1	パラレルI/Oを作成し7セグメントLEDとスイッチを接続.....	211
6-2-2	PlanAheadでハードウェア、SDKでソフトウェアを作成し動作確認.....	217
6-3	バス・インターフェースの作成	220
6-3-1	自作周辺回路を組み合わせたときの問題点.....	220
6-3-2	バス・インターフェースの詳細.....	222
6-4	1/100秒ストップウォッチ	226
6-4-1	1/100秒ストップウォッチの仕様.....	226
6-4-2	ダイナミック点灯回路の組込みとシステムの作成.....	227
6-4-2	チャタリング除去とストップウォッチのプログラム.....	232
6-5	第6章のまとめ	236
6-5-1	第6章のまとめ.....	236
6-5-2	第6章課題.....	236

第7章 いろいろな周辺回路を設計 239

7-1	キーボードとマウス接続回路	240
7-1-1	PS/2インターフェースの仕様概要.....	240
7-1-2	PS/2インターフェース回路の設計.....	244
7-1-3	キーボードのテストプログラムを作成.....	252
7-1-4	マウスのテストプログラムを作成.....	255
7-2	VGA文字表示回路	260
7-2-1	VGAインターフェースの仕様概要.....	260
7-2-2	VGA文字表示回路の設計仕様.....	263
7-2-3	ブロック図とタイミングチャート.....	266
7-2-4	Block Memory Generatorによるメモリの生成.....	273
7-2-5	MicroBlaze MCSシステムの完成と動作確認.....	280
コラムG	レジスタのマクロ定義の読み方.....	284
7-3	第7章のまとめ	286
7-3-1	第7章のまとめ.....	286
7-3-2	第7章課題.....	286

第8章 外部メモリを用いたグラフィック表示回路 287

8-1 外部メモリの制御	288
8-1-1 CellularRAMについて	288
8-1-2 メモリインターフェースに必要な機能	290
8-1-3 メモリインターフェースの設計	291
8-1-4 システムの構築とメモリテストプログラム	299
8-2 グラフィック表示回路	303
8-2-1 FIFOの利用と表示タイミング	303
8-2-2 グラフィック表示回路の記述とFIFOの生成	309
8-2-3 テストパターンを2画面用意して切り替え表示してみる	319
8-3 画像ファイルの表示	322
8-3-1 画像ファイル表示の手順	322
8-3-2 詳細手順と変換プログラム	323
8-4 第8章のまとめ	327
8-4-1 第8章のまとめ	327
8-4-2 第8章課題	327
コラムH 制約ファイル（～ucf）の読み方書き方	328

第9章 CMOSカメラの接続と応用 331

9-1 カメラモジュールの概要と接続	332
9-1-1 CMOSカメラモジュールの概略	332
9-1-2 OV7670の画像系タイミング	334
9-1-3 SCCB仕様と主要レジスタ	336
9-1-4 カメラモジュールの接続	338
9-2 キャプチャ回路	342
9-2-1 カメラモジュール制御の全体とキャプチャ回路の概略	342
9-2-2 キャプチャ回路の詳細	344
9-2-3 回路記述とFIFOの生成	347
9-3 SCCBコントローラの作成とシステムの構築	354
9-3-1 SCCBの詳細タイミング	354
9-3-2 SCCBコントローラの構成	356
9-3-3 システムの構築とテストプログラムの作成	362
9-4 動画録画機能の実現	368

9-4-1 動画記録と再生の仕組み	368
9-4-2 動画記録再生のプログラム	368
9-5 第9章のまとめ	372
9-5-1 第9章のまとめ	372
9-5-2 第9章課題	372
コラムI 流用先が動かない！……回路初期化に要注意	374

Appendix I FPGAボードの購入 375

I-1 購入に必要な費用	376
I-2 Digilent社Webサイトでの購入手続き	377

Appendix II 開発環境の構築 385

II-1 FPGA開発ツールのインストール	386
II-1-1 開発ツール「ISE WebPACK」のダウンロード	386
II-1-2 ISE WebPACKのインストール	390
II-1-3 ライセンスファイルの取得	396
II-2 Digilent社ソフトウェアのインストール	401
II-2-1 Digilent社Adeptのダウンロードとインストール	401
II-2-2 ボード関連情報のダウンロード	404

Appendix III Nexys3で実施する場合の注意点 405

III-1 各例題で共通している相違点	406
プロジェクト作成時のデバイス選択……Spartan-6を選択	406
システムクロックは100MHz……最上位階層に分周回路を追加	407
制約ファイルの違い	408
プッシュスイッチは横並びの3個を使用	409
ソフトウェアはすべて同じ	409
III-2 個別の例題ごとの相違点	410
電源とコンフィグレーション用のジャンパーピン設定	410
回路のROM化、およびROMからのコンフィグレーション	411

ボード上のUSBシリアル変換の利用	412
プログラムのROM化.....	412
PS/2インターフェース回路では相違点が多数ある.....	413
BRAMの構成が若干変わるがCORE Generatorでの設定は同じ.....	415
外部メモリへのデータ転送.....	415
カメラモジュールの接続はJBとJC.....	416

Appendix IV **ハードウェア記述言語 「Verilog HDL」の読み方 417**

IV-1 回路記述の構造と宣言	418
IV-2 定数の表現と演算子.....	420
IV-3 組み合わせ回路の記述	422
IV-4 if文とcase文.....	424
IV-5 FF（フリップフロップ）を含む回路の記述.....	426
IV-6 下位階層の接続	428
IV-7 補足.....	430
●参考文献・Webサイト	431
●索引.....	433