

Verilog-HDLとVHDLの連載を同時に行っている利点を活かし、今回より数回にわたってVerilog-HDL編/VHDL編とも共通の例題をもとに記述の解説を行います。

今回の試みでは、ブロックの機能や信号名を共通にします。一般に、他の言語で記述された解説を翻訳しながら読み進むのは困難ですが、共通の仕様で作成されたVerilog-HDL/VHDLの記述を読み比べることで、それぞれの言語のユーザーが他の言語の記述方法や相違などを理解しやすくなります。

また、それぞれの解説では項目を過不足なく解説するようにして内容的に独立させます。したがって、他の言語を理解/使用する必要性のない読者も、関心がある言語の解説を読むだけで内容を理解できます。

今回取り上げる例題はサイモンというゲームです。キーの入力、ディスプレイの制御、ステート・マシンといった基本的な記述から乱数発生といった高度な記述までを含むので例題としては適当でしょう。

最終的にできあがった回路をFPGAに書き込み、実際に動作させます。また、FPGAのみの設計ではなくデジタル・システムの設計例とするためにも単体で動作するゲーム機は例として適当なものであると思います。

本稿では、例題の内容を設計できるレベルまで詳しく紹介します。

サイモンとは？

サイモンは、エレクトロニクスを応用したゲームです。ビデオ・ゲーム全盛の作今では、もはや姿を見かけることはありませんが、過去には店頭をにぎわした玩具です。

サイモンは、数個のランプとランプをおおう形で同数のスイッチから構成された一種の記憶ゲームです。ランダムに光るランプの順番を覚え、ランプ上のスイッチを順次入力します。正解すれば、また新たな問題が出題されます。

ランプにはさまざまな色があり、ランプ点灯と同時に対応した音階の電子音が鳴るという、とてもにぎやかなゲームです。

例題は、このゲーム・マシンの簡易版です。図2.Aに外観を示します。

- ・ランプ付きスイッチ6個
- ・リセットやスタートなどの制御スイッチ
- ・ゲームのレベルを表示するLEDから構成されています。今回は、例題としてあまり意味はないので電子音出力は省略します。

動作仕様

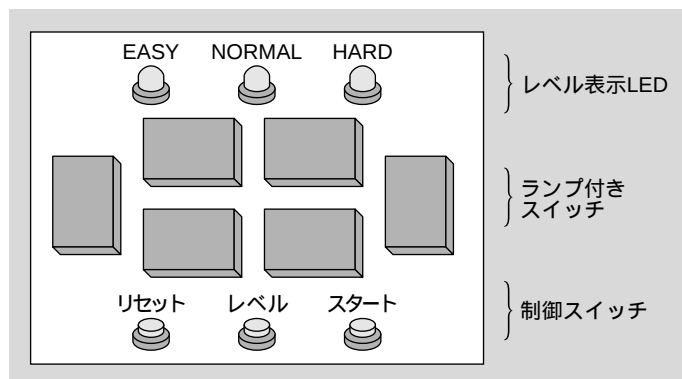
次にサイモンの動作仕様を解説します。図2.Bにゲームの状態遷移を示します。また表示と入力の仕様を図2.Cに示します。

リセット・スイッチ入力後、スタート・スイッチ入力待ちになります。この状態でレベル設定をします。レベルはランプの移動速度であり、次の3通りあります。

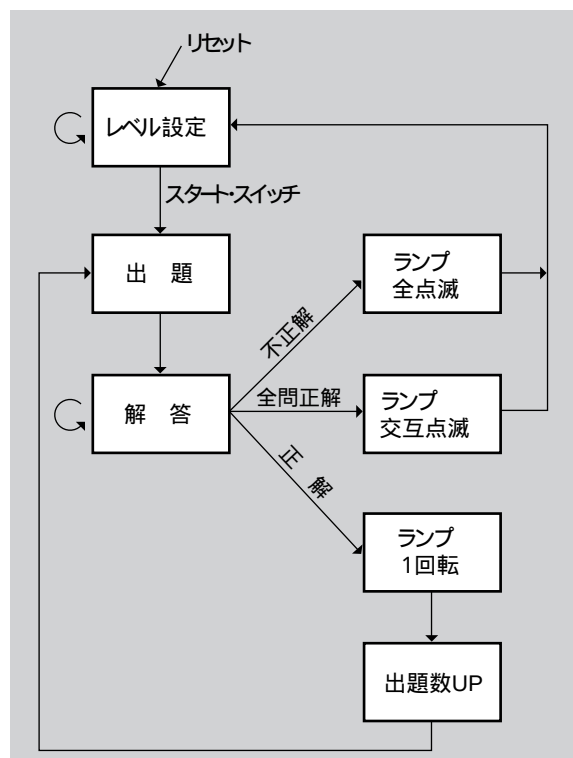
- ・EASY ... 0.5秒間隔
- ・NORMAL ... 0.375秒間隔
- ・HARD ... 0.25秒間隔

スタート・スイッチの入力後、問題が出力されます。最初は3個から始まり、正解するたびに4個、6個と増していきます。ランプは重複点灯しないものとします。したがって6個の点灯が最大です。

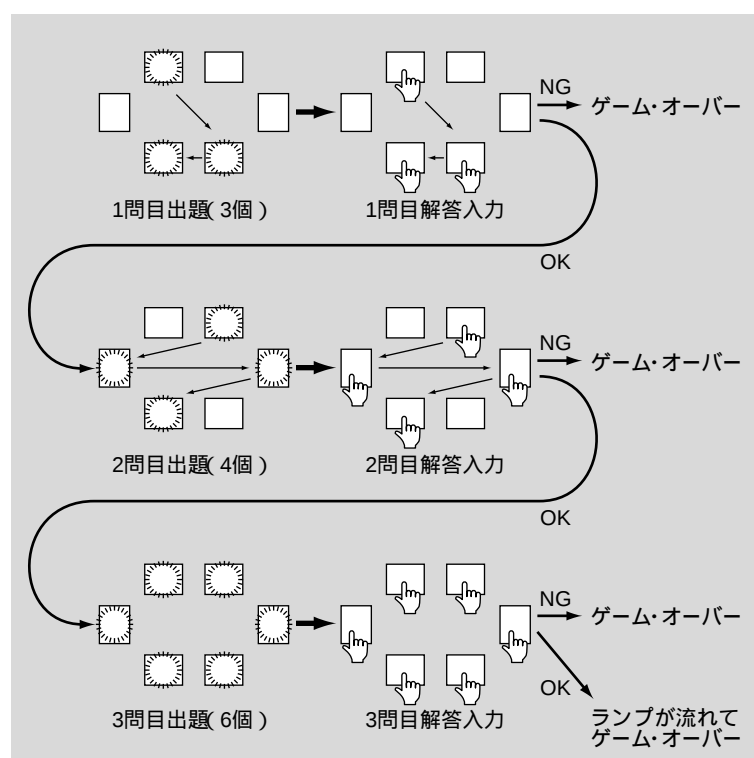
出題の後、解答入力待ちとなります。一つでも誤ると不正解となり、ランプが全点滅してゲーム・オーバーです。正解すれば、ランプが1回転した後、出題数(ランプ点灯数)がアップして再度出題されます。最大6個正解すれば全問正解となり、ランプが交互に点滅してゲームが終了します。ランプの重複点灯を許さないため、出題数が5個と6個は同じことに



〔図2.A〕サイモンの表示とスイッチの構成



〔図2.B〕ゲームの状態遷移図



〔図2.C〕サイモンのルール

なります。したがって3個、4個の次は6個としました。

制御スイッチの仕様を表2.Aに示します。いずれもプッシュONのスイッチです。リセット・スイッチはシステム全体の初期化を行います。どの状態でも動作します。

レベル・スイッチはゲーム中も有効ですが、スタート入力待ちの状態では設定するものとします。

図2.Dにランプ点灯仕様の詳細を示します。五つの点灯仕様があります。

・出題〔図2.D(a)〕

設定レベルに応じた間隔で、ランダムに点灯ランプが移動します。ランプは常に1個だけが点灯します。

・解答〔図2.D(b)〕

ランプ上の解答スイッチを入力するたびに押したスイッチのランプが点灯します。一度入力するとランプ点灯が保持します。

・不正解〔図2.D(c)〕

全ランプが2Hzで2秒間、したがって4回点滅します。

・各問正解〔図2.D(d)〕

点灯ランプが上から時計回りに回転します。回転スピードは4Hzとするので、1回転に1.5秒かかります。

・全問正解〔図2.D(e)〕

6個のランプの3個ずつが交互に点滅します。2Hzで2秒間、4回点滅します。

設計仕様

本連載では、実際に回路を完成させて、動作を確認するところまで行います。アルテラ社のFPGA FLEX8000シリーズを用いてサイモンを製作します。

図2.Eに本回路のシステム構成を示します。主要部品は、

- ・ FLEX8000シリーズ
- ・ コンフィグレーション用EP-ROM
- ・ 表示用LED
- ・ LEDドライバ
- ・ 入力用スイッチ
- ・ 発振モジュール

です。コンフィグレーション用ROMとは、FLEXの回路情報を格納したROMです。電源ONの後、FLEXがROMの内容を読み出し、回路を設定(コンフィグレーション)します。

FLEXの出力端子にLEDを直接駆動するほどのドライブ能力はないので、LED用ドライバを外付けします。クロックは32kHzの発振モジュールを接続します。