

HDL 記述による設計法をマスターする

# 実験で学ぶ ロジック回路設計

木村 真也

Shinya Kimura

## 第9回 テレビ・ゲームの製作

今回から、写真9-1のようなテレビ・ゲームをCPLDで作っていきます。そのなかで、必要な機能をロジック回路で構成する方法、できるだけ小さな回路で済ませるための考え方、Verilog HDLによる記述方法などを解説していきます。

### ▶ テレビ・ゲームはタイミングが重要な応用例

ゲームを題材にした理由は、入力信号の変化に対する出力信号の変化を画像や音で一瞬に把握できるうえ、タイミング制御が必要なアプリケーションの例として好適だからです。

シミュレーションで信号の変化を見ても、モニタ上に表示される様子まで想像するのはかなり困難です。またデバッグは実機での動作確認が有効な手段になるので、実機によるデバッグのトレーニングにもなります。

### ▶ テレビ表示に必要な信号がどんなものか解説

今回は、画面表示を行うためにどんな信号を作る必要があるのかを解説します。具体的な回路構成については、次回以降で説明していきます。

### ▶ ごく初期のテレビ・ゲームに近いシンプルな構成

今回製作するゲームは、ごく初期のテレビ・ゲームに近いものです。これは、今回使っているCPLDの回路規模があまり大きくないからです。もっと大規模なFPGA/CPLDを使えば、より高度なゲームを作ることもできるでしょう。

## ボールをラケットで打ち返すゲーム

### ● どんなゲームを作るか

製作するゲームは、ボールをラケットで打ち返すという単純なものです(写真9-2)。

モニタの上下左右に壁があり、ボールは壁にぶつくと反転します。ラケットの移動は水平方向のみで、

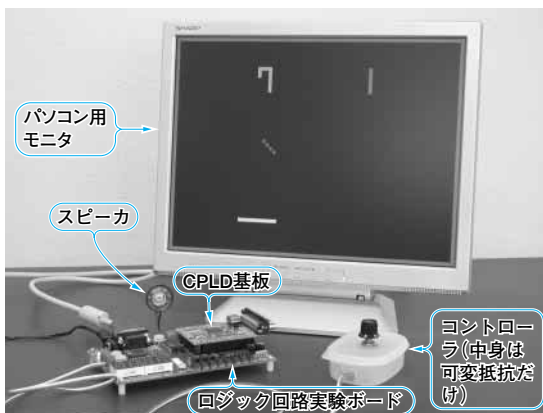


写真9-1 製作するテレビ・ゲームの構成

ロジック回路実験ボードを使用している。頒布については記事末尾(p.236)を参照

## Keyword 1

## マルチバイブレータ

マルチバイブレータとはパルスが発生する回路の総称です。トランジスタや抵抗、コンデンサといった個別部品を使用して回路を構成していた時代によく使われた回路の名称で、3種類のタイプがあります。

- 非安定マルチバイブレータ
- 単安定マルチバイブレータ
- 双安定マルチバイブレータ

いずれの回路も、2個のトランジスタ、少しの抵抗/コンデンサを用いて構成できます。

双安定マルチバイブレータは、フリップフロップのこと

です。

非安定マルチバイブレータは、パルス発振回路のことです。コンデンサと抵抗でパルスのデューティ比や周期が決まります。NOTゲートと抵抗/コンデンサで構成する方法もあります。

最近のデジタル回路では安定したクロック回路を必要とすることが多く、また発振器が安価になったことから、個別部品を用いて発振器を作るケースは減りました。しかし、マイコンに内蔵されている発振回路は、この原理を使っています。

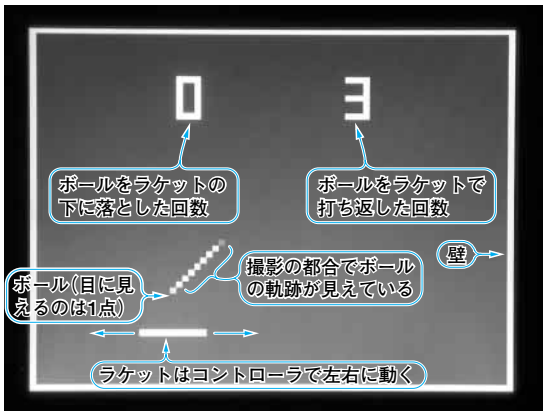


写真9-2 製作するテレビ・ゲームの画面表示はカラー

プレーヤがコントローラ(可変抵抗器)を操作して移動させます。ゲームの終了ではなく、一人でスカッシュを練習する、というものです。

そのほか、ゲームらしくするために、モニタ上に得点を表示したり、効果音を鳴らしたりします。

画像表示はテレビではなくパソコン用モニタを使います。画像表示に必要な信号が作りやすいからです。

### ● CPLD 基板と実験ボード以外に必要なもの

前述のようなゲームを作るなら、回路基板のほかに以下の三つが必要になります。

- 画像を表示するモニタ
- プレーヤが操作するコントローラ
- 効果音を鳴らすスピーカ

これらを接続できるような回路をブロック図で考えると、図9-1のようになります。

CPLD上に実装するゲーム本体の回路のほか、外部モニタへ供給する信号に必要なバッファ回路(出力補強回路)、プレーヤがラケットの位置を制御するためのワンショット・マルチバイブレータ回路、スピーカを鳴らすためのスピーカ駆動回路が必要になります。

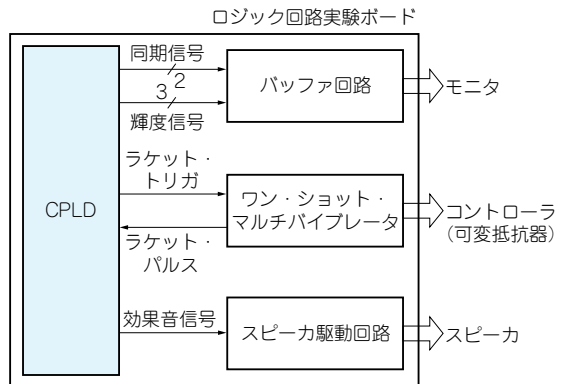


図9-1 製作するゲーム回路のブロック  
CPLD以外は入出力のバッファなどごく小規模の回路になる

### ● CPLDの内部にゲーム機能をすべて取り込む

CPLD内部に実装するゲーム本体の回路は図9-2に示すようにおよそ六つのブロックで構成されます。

図9-2のブロックは機能単位で分割しています。Verilog HDLのモジュールに1対1で対応するものもありますが、上位モジュール中に直接記述している部分もあります。

各ブロックの機能は大まかに次のとおりです。

#### ▶ 同期信号生成部

モニタに画像を表示するための基本信号である同期信号、電子ビームの位置(描画点)の座標を示す信号の二つの信号を発生する部分です。

#### ▶ ボール移動制御部

ボールの位置座標を制御、決定します。

ボールの位置座標を変化させ、ボールを移動させます。壁やラケットとの衝突を判定し、衝突すれば移動方向を反転します。得点の判定や、効果音発生指示信号の生成もこのブロックで行います。

#### ▶ ラケットの位置制御部

プレーヤは可変抵抗器(ボリューム)によりラケットを操作します。このブロックは、コントローラから得

## Keyword 1

## マルチバイブレータ(つづき)

単安定マルチバイブレータは別名、ワンショット・マルチバイブレータあるいはシングル・ショット・マルチバイブレータとも呼ばれます。外部よりトリガ信号(引き金になる信号)を与えることで、一定期間のパルスを発生します。

回路内部のコンデンサと抵抗で放電回路を構成し、トリガ信号によって放電を開始します。そして、その電圧の変化によって一定幅のパルスを生成する仕組みになっています。コンデンサと抵抗の値を変えることで、パルス幅を調整することができます。

今回のテレビ・ゲームのラケット・コントローラ回路に

は、このワンショット・マルチバイブレータを使用しています。

プレーヤが使うコントローラには可変抵抗を用いています。この抵抗値変化はアナログ値なので、そのままではCPLDで扱えません。そこで、抵抗値変化をワンショット・マルチバイブレータでパルス幅の変化に変換します。クロックを元にしたカウンタでパルス幅を数えれば、抵抗値変化をデジタル値に変換できます。