



第6章 デジタル時計を作りながら 同期式回路の基礎を学ぶ

クロック信号を入力して 回路を自動運転する

大中 邦彦
Kunihiko Ohnaka

●ここまでのストーリー

前章までに学んだ回路について少しおさらいしましょう。

第4章では、Verilog-HDLで書いたソースがどのようにして実際の回路に展開されるのかを説明しました。デジタル回路の基本素子にはNOT, AND, ORなどの論理ゲートという素子があります。これらの素子を組み合わせて回路を作ると、入力された信号の値を別の値に変換できます。その例として、16進スイッチの値に1を加えたものを出力する加算回路などを紹介しました。

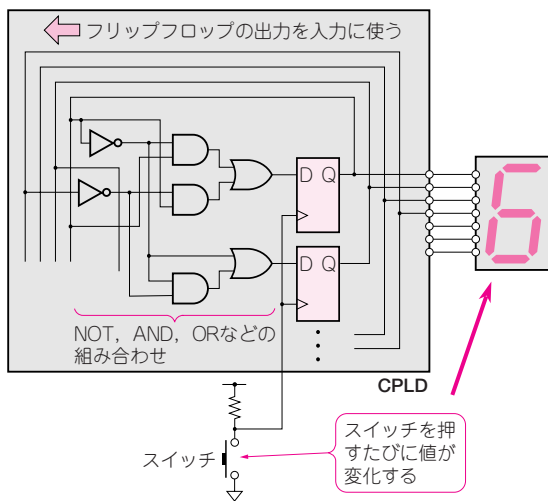
図1に示すのは、Verilog-HDLで書かれた加算回路が、実際にCPLD上で実現されるようすです。このように、**入力された値が決まると出力が一つに決まるような回路を、組み合わせ回路**といいます。

第5章では組み合わせ回路では実現できない回路について解説しました。**組み合わせ回路は値を記憶しておくことができません**。そこで、きっかけが与えられるまで値を記憶し続ける**フリップフロップ**という回路素子を紹介しました。図2に示すように、**フリップ**

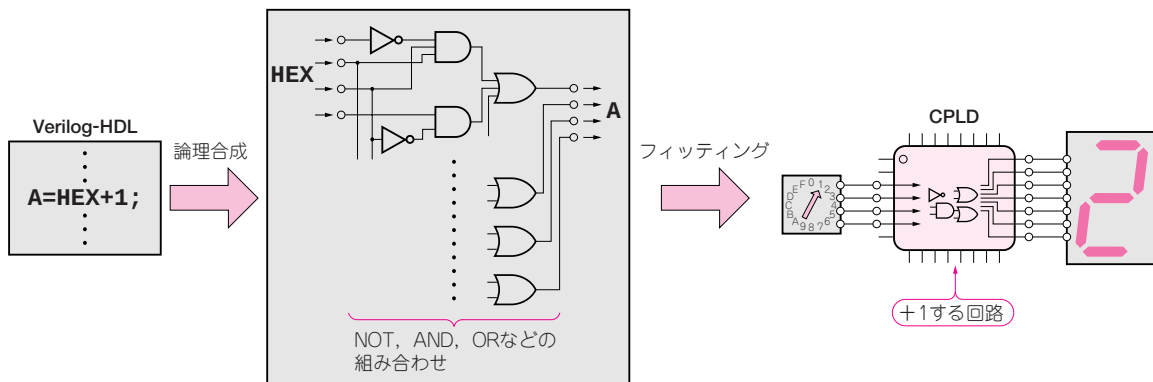
フロップと加算回路を組み合わせると、スイッチを押すたびに値が増えるカウンタを作ることができます。

本章では、カウンタにクロック・モジュールを組み

〈図2〉記憶素子であるフリップフロップを使うとカウンタが作れる



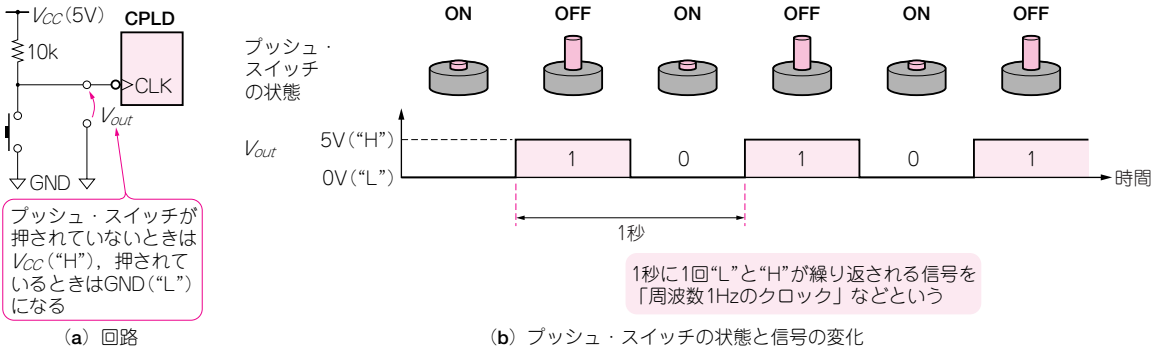
〈図1〉Verilog-HDLが実際にCPLD内に作り込まれる過程



Keywords

カウンタ、セラミック発振子、チャタリング、サンプリング、イネーブル信号、セレクト、キャリー・ルック・アヘッド、シュミット・トリガIC、同期式回路、非同期式回路。

〈図3〉 負論理のプッシュ・スイッチの動作



合わせて、自動的に動作する回路の基礎を解説します。

第5章で作ったカウンタは、人がわざわざプッシュ・スイッチを押さないと動作しない回路でした。ここで作るのは、**発振器の信号をクロック端子に入力して、プッシュ・スイッチを押さなくてもCPLDが勝手に動作するデジタル時計です。**

時間を測るには

カウンタは数を数えることはできますが、これを使ってどのように時間を測ったらよいのでしょうか。

● **人が一定周期でプッシュ・スイッチを押せばその回数からわかる**

例えば、こんな解はどうでしょう。「人が時計の秒針を見ながら、1秒に1回ずつプッシュ・スイッチを押す」というものです。こうすれば、例えばカウンタが100から110まで増加していたら、その間の時間は約10秒間であったことがわかります。「やけにたいへんな作業だな～」と思われたかもしれません。

では、もし人間以外の何かが一定周期でプッシュ・スイッチを押してくれるとしたらどうでしょう。少し現実的になってきますね。

● **周期信号の“H”と“L”の繰り返しを数える**

図3(a)に示すのは、プッシュ・スイッチとCPLDを接続した回路です。

スイッチが離されている間、 V_{out} は V_{CC} (“H”)になります。スイッチが押されるとグラウンドに短絡されるので、“L”になります。スイッチを押していることが“L” (0)で表現されるので、これを**負論理のスイ**

ッチといいます。

1秒間に1回プッシュ・スイッチを押すということは、1秒間に1回の周期で“L”と“H”を繰り返すことにほかなりません。この性質の信号、つまり一定周期で“L”と“H”を繰り返す信号を出力する部品があります。それは、**水晶発振器やセラミック発振子**です。

1秒間に1回の周期で“L”と“H”を繰り返すとき、その信号を、周波数が1Hzのクロックなどといいます。一般的なデジタル回路に使われるクロック周波数は数M～数百MHzの範囲です。Mは「メガ」と読み、100万を意味します。CoolRunnerなどのCPLDで扱える周波数は高くても100M～200MHz程度です。**通常は、せいぜい20MHz以下で使うことが多い**ようです。

4MHzクロック信号を数えて1秒を測る回路を作る

● **数を数えるカウンタには2進数タイプが良い**

HDLトレーナ(p.110)には4MHzのセラミック発振子が実装されています。

4MHzは、1秒間に“L”と“H”を400万回繰り返す周波数です。逆にいうと、4MHzのクロック信号が、“L”と“H”を400万回繰り返すのにかかる時間が1秒間であるということです。つまり、**400万回でデータがいっぱいになるカウンタを使えば、1秒という時間を測れます。**

図4に示すのは、399万9999まで数えられるカウンタを使って、4MHzのクロックから1秒間を測るよう

〈図4〉 4MHzクロックで1秒を測る場合のタイムチャート

