

第5章 独立して動く二つのカウンタを 回路図入力で作る

プログラマブルなデジタル 回路設計の良さを体験

大中 邦彦
Kunihiko Ohnaka

第4章では、なぜアナログ回路でもなく、マイコンでもなく、デジタル回路なのかという話をしました。本章では、デジタル回路らしい応用、つまり並列動作をする回路を付録CPLD基板を使って実際に作り(写真1)動かしてみます。

CPLDとは

● 内部の結線状態を書き換えられるデジタル素子
コンプレックス プログラマブル
 繰り返しませんが、CPLDは、Complex Programmable
ロジック デバイス
 Logic Deviceの頭文字を取ったものです。直訳する

と「複雑な書き換えられるデジタル回路素子」となります。

でも、書き換えられるデジタル回路素子と言われてもピンとこないかもしれません。

第4章で説明したように、デジタル回路はNOT, AND, OR, XOR, NOR, NANDなどの論理ゲートと、'0' と '1' の2進値を記憶しておくことのできるレジスタからできています。

簡単に言うとCPLDは、これらの論理ゲートとレジスタがたくさん詰まったLSIです。そして、これらの接続をレゴブロックのように自由に組み替えること

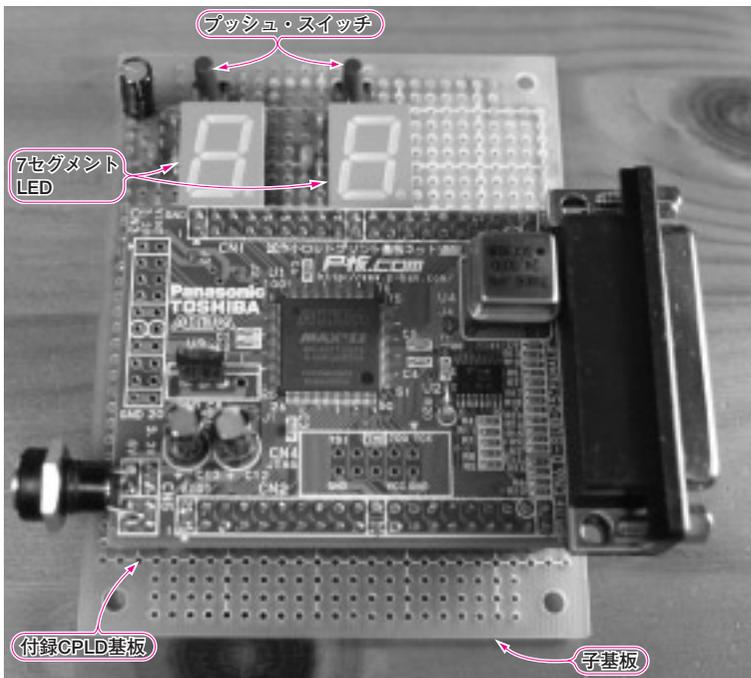


写真1
2個のスイッチが押された回数をそれぞれ数えて二つの7セグメントLEDに表示する回路を作る

Keywords

CPLD, デジタル素子, 2進値, 論理ゲート, マイコン, MAX II, FPGA, フラッシュ・メモリ, 7セグメントLED, Quartus II, 回路図エディタ, エンティティ, 74160, 7447, トップ・レベル・エンティティ, コンパイル, ピン・アサイン, シュミット・トリガ

ができます。つまり、^{programmable}プログラマブルなのです。

CPLDのCは複雑なという意味の修飾語ですが、相対的な表現のため、今ではCを付けずに単に「PLD (Programmable Logic Device)」と呼ぶことも多くあります。大規模なPLDの一部をFPGA (Field Programmable Gate Array)と呼ぶメーカーもあります。少しずつニュアンスの違いがありますが、ここでは詳しくは述べません。

● 内部の結線状態が書き換えられるしくみ

付録CPLD基板に搭載されているCPLD (MAX II)には100本もの端子があり、電源やグラウンド、入力 (I/O という)、内部フラッシュ・メモリ書き換え用の端子などがあります。

内蔵のフラッシュ・メモリには、回路の結線情報などを書き込んで保存しておけます。MAX IIに電源を入れると、フラッシュ・メモリから自動的に接続情報が読み出され、設計した機能をもつデジタルICに早変わりします。

CPLDの内部結線は、物理的に切り離されたり、繋ぎ合せられるわけではなく、内部のスイッチがON/OFFして接続状態を変えているだけです。何度でも書き換えることができます。ただし、フラッシュ・メモリに寿命があるので書き換え回数には限りがあります。

マイコンに対するCPLDのアドバンテージ

● 書き換えられる点は同じ

第4章で「マイコンはプログラムを書き換えることで計算する内容を書き換えることができるが、デジタル回路にはできない」と言いました。しかし、前述のように、CPLDは回路の接続を簡単に書き換えられますから、そのデメリットはありません。マイコンにプログラムをインストールし直すように新しい回路を書き込んでやれば、その直後から別の計算ができるようになるのです。

接続を書き換えられるLSIには、CPLDのほかにFPGAというものがあります。メーカーによって、同様なものをCPLDと呼んだりFPGAと呼んだりすることがあります。明確な違いはあまりないのですが、一般にはFPGAという呼ばれるLSIは、CPLDよりも規模の大きい傾向があります。

CPLDやFPGAを使うと「デジタル回路は作るのがたいへん」「後で変更するのがたいへん」といった壁を打ち破ることができます。

● 複数の処理を独立して同時進行させるのが容易

場合によっては、今までマイコンで実現していたよ

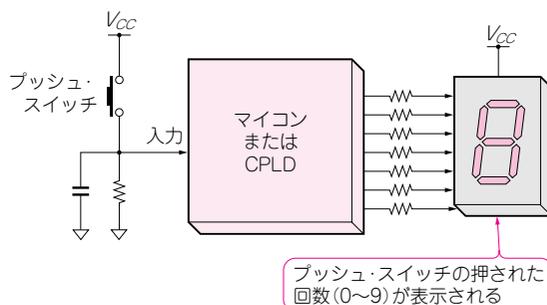


図1 1個のスイッチが押された回数を数えて表示する装置

うな処理も、CPLDを使うほうが手軽です。特にデジタル回路には、複数の回路が独立して同時に動作するというマイコンにはないメリットがあります。

回路が並列に動作することのメリットは何でしょうか？

回路をたくさん並べて同時に複数の計算を行えば、計算時間を短縮できます。しかし、この考え方はすでにマイコンにも取り込まれていて、高性能なマイコンは計算を高速化するために複数の計算回路をもっています。

回路が並列に動作することのメリットは、単に処理速度の問題だけではありません。

▶ CPLDのほうが作りやすい応用の例

図1に示すのは、プッシュ・スイッチが押された回数を数える装置です。押された回数は7セグメントLEDで表示されます。この装置をマイコンを使った場合とCPLDを使った場合で、その作りやすさを比較してみましょう。

マイコンで作るということはプログラムを書くということです。プログラムの動作をフローチャートで書くと、図2のようになります。それほど難しいものではないですね。

CPLDで作る場合は図3のようになります。押された回数を0から9まで数えることのできるカウンタ (74160相当)と、その値を7セグメントLEDに出力するための7セグメントLEDデコーダ (7447相当)を接続しています。これもそれほど難しい回路ではありません。

では図4に示すように、二つのスイッチと二つの7セグメントLEDを用意し、各スイッチが押された回数をカウントして表示させたい場合はどうしたらよいのでしょうか？

マイコンのプログラムは、図5のように書き直す必要があります。ボタンが一つだった場合の「スイッチが押されるまで待つ」という部分を書き換えて分岐処理にします。スイッチ1が押されないと処理が進まないのでは、スイッチ1が押されていない間にスイッチ2が押されたとき、これを検出することができません。