

順序回路の記述

竹本 悟

前回述べたカウンタのように、クロック信号にあわせてシーケンスが進行するような回路は比較的簡単にVHDLで記述できます。しかし、入力信号の条件に合わせて動作する制御回路を記述するには、いくつかの戦略が必要です。今回は、自動販売機の回路を例にして、順序回路/ステートマシンをどう記述していくべきかを考えてみることにします。お薦めは状態遷移図を書いてそれをVHDLに書き換える方法です。 (編集部)

1. 自動販売機の順序回路

◆基本仕様

まず、自動販売機の制御回路を考えてみましょう。この例では、硬貨が投入されるとその種類に応じて入力信号が得られるものとします。自動販売機で扱う商品は、問題を簡単にするため、3種類とします。つまり、

商品A：150円

商品B：200円

商品C：250円

の3種類です。そして、所定の金額の硬貨を投入し、商品選択ボタンを押せば商品とおつりがでてくるような回路を考えてみます。基本仕様を図1にモデル化して示します。

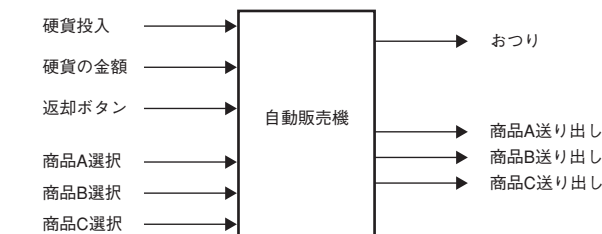
◆処理フローを考える

順序回路を考えるとき、まずは電源ON時の状態から考えます。回路は、電源をONにすると、通常、レジスタを初期化し、それから待機状態に入ります。自動販売機という待機状態とは、硬貨が投入されるのを待つ状態をいいます。

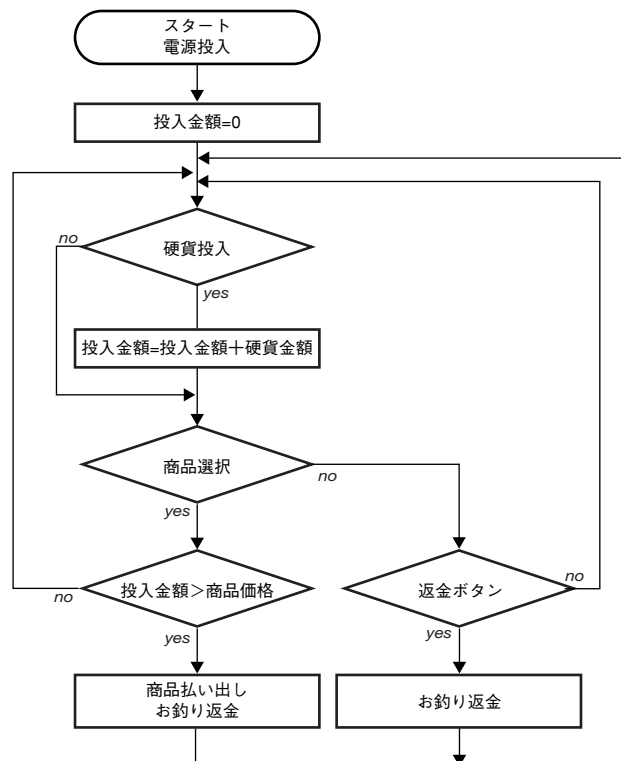
硬貨が投入されると、回路は、次の硬貨が投入されるか、商品選択ボタンを押されるのを待ちます。商品選択ボタンが押されると投入された金額を商品の価格と比較して、商品の価格より低ければ硬貨の投入を待ち、高ければ商品を排出し、

おつりを排出して待機状態に戻ります。

このようすをフローチャートに書くと図2のようになります。ソフトウェアを書くのであればそのままコーディングしてしまえばよいのですが、VHDLで回路を書くには少しもの足りません。電子回路は、ソフトウェアと違って並行(コンカレント)に動作できるのですが、フローチャートではシーケンシャルな動作表示しか見えてきません。複数の部分の動作が同時に進行するような、複雑な順序回路を記述するとわかりにくくなります(図3)。このフローチャートを見て直感的に回路を思いつける人はどれだけいるでしょうか。



〔図1〕自動販売機のモデル



〔図2〕自動販売機のフローチャート



〔図3〕 電子回路設計はフローチャート (流れ図) では不十分

(a) フローチャートは流れ図

(b) ハードウェアの世界は流れ図には向かない

2. 状態遷移図からVHDLへ

◆状態フローを考える

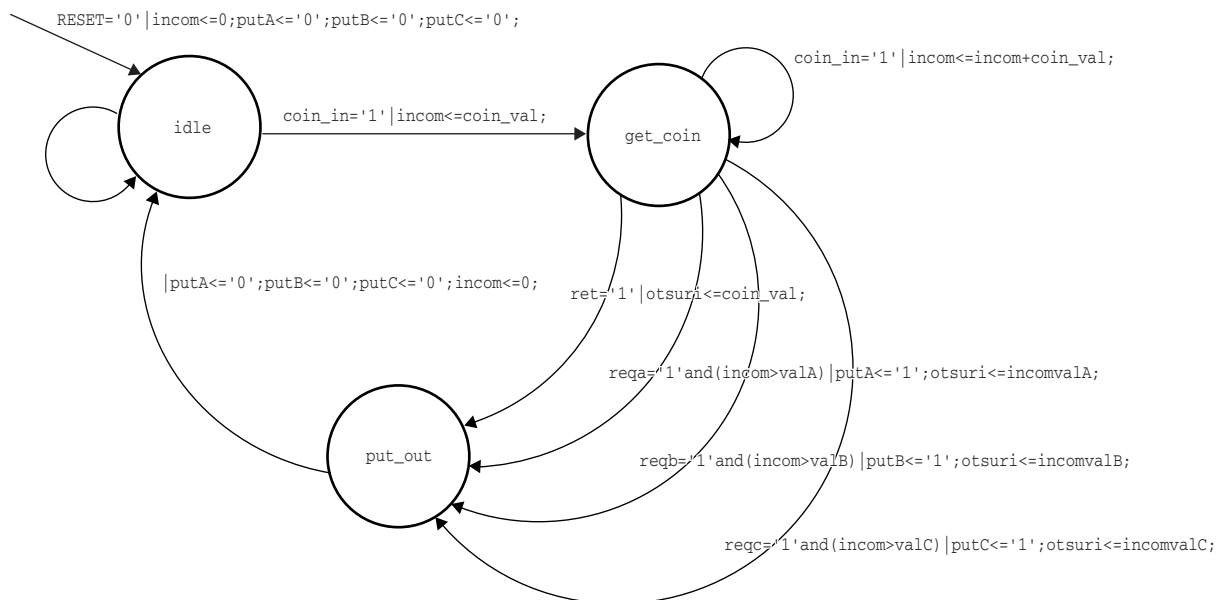
電子回路は、以前にも述べたようにイベント駆動 (event driven) です。VHDL も同じようにイベント駆動の記述ですから、イベントによるシーケンスの流れとして書かねばなりません。フローチャートは、作業の流れを記述するには向いているかもしれませんが、電子回路の動きを記述するには向いていないとは思えません。状態遷移図として表現するほうが、VHDL を考える場合には簡単です。

状態遷移図では、図4のように回路の状態を丸で表現し、

状態の遷移を矢印で表します。この状態遷移図を見るとき、暗黙の了解としてクロックとリセット信号が存在していることを承知しておかなければなりません。複雑なシーケンスをもった電子回路を記述するには、リセットとクロックは必要不可欠な信号なのです。状態の遷移は、クロックの“立ち上がり”か“立ち下がり”のどちらか一方のエッジで行われます。遷移の条件は状態遷移図では矢印に記述されます。

◆case文の列挙型変数を意味のある単語で書く

VHDL では、複雑な条件の分岐を表現するのにcase文の記述がよく用いられます。case文は、複数の分岐条件につ



〔図4〕 状態遷移図で書くと