

問 7 LED を使用したデジタル時計の設計に関する次の記述を読んで、設問 1～3 に答えよ。

Z 社では、6 個の 7 セグメント LED で年月日及び時分秒を表示するデジタル時計の設計を行っている。

〔デジタル時計の機器構成〕

デジタル時計のブロック図を、図 1 に示す。このデジタル時計は、LED、MPU、クロックカウンタ、リアルタイムクロック（以下、RTC という）、機械的な押しボタン式スイッチ（以下、SW という）、及びプログラムで入出力を設定できるプログラマブル入出力装置（以下、PIO という）で構成される。

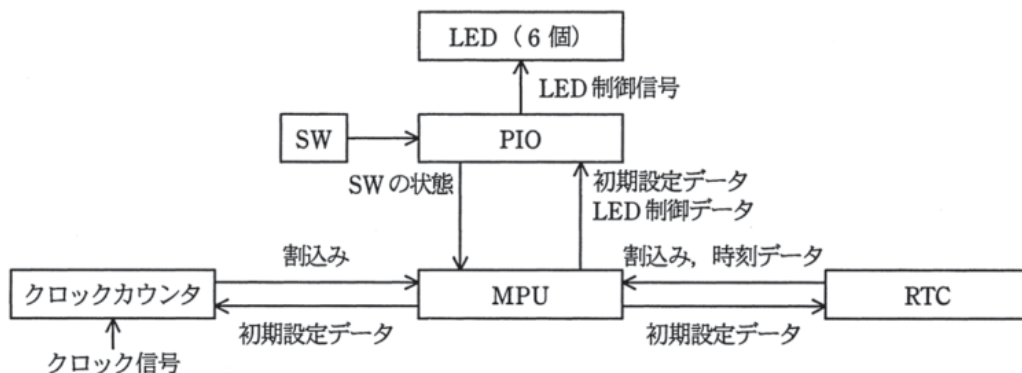


図 1 デジタル時計のブロック図

〔デジタル時計の動作〕

(1) 電源を入れると、初期化プログラムによって RTC、クロックカウンタ、PIO にそれぞれ初期設定データを書き込み、初期化する。SW を押しているときは年月日を表示し、押していないときは時分秒を表示する。

(2) RTC は年月日、時分秒データ（以下、時刻データという）を保持し、RTC 自身が時刻を更新する。RTC は 1 秒ごとに MPU に割込みを行い、RTC 割込みハンドラを起動する。RTC 割込みハンドラは、RTC から時刻データを読み込む。読み込んだデータは、配列 Date に、西暦年の下 2 けた、月、日が格納され、配列 Time に、時、分、秒が格納される。例えば、読み込んだ時刻データが 2011 年 4 月 17 日、12 時 34 分 56 秒ならば、Date [0] ～Date [5] に 1, 1, 0, 4, 1, 7 が、Time [0] ～Time [5] に 1, 2, 3, 4, 5, 6 が格納される。

(3) クロックカウンタは、クロックをカウントし、1 ミリ秒ごとに MPU に割込みを行い、クロックカウンタ割込みハンドラを起動する。

〔PIO〕

PIO の構成を図 2 に示す。PIO は、それぞれ 16 ビットで構成される入出力制御レジスタ（以下、PIO_R という）とデータレジスタ（以下、PIO_D という）から成る。PIO には 16 個の入力又は出力の設定が可能な端子があり、それぞれ PIO_D の 1 ビットに割り当てられる。

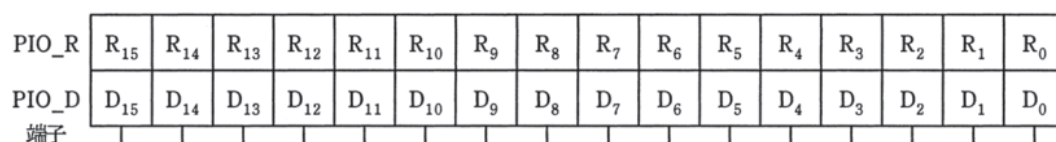


図 2 PIO の構成

(1) PIO_R は、PIO_D の各ビットを入力にするか出力にするかを定める。PIO_R のビット R_i を 1 にすると PIO_D のビット D_i は出力に指定され、0 にすると入力に指定される。

(2) PIO_D にデータを書き込むと、PIO_R によって出力に指定されたビットのデータだけが端子から出力される。一方、PIO_D のデータを読み込むと、PIO_R によって入力に指定された端子のデータだけが読み込まれる。入力に指定されていないビットのデータを読み込むと不定の値となる。

(3) PIO_D の D₁₄ に割り当てられた端子には、SW が接続される。SW を押している間はオンとなり、そのとき PIO_D を読み込むとそのビットは 1、SW がオフのときそのビットは 0 となる。PIO_D を読み込むとそのときの D₁₄ の値が SW の状態となる。

〔ダイナミック点灯方式〕

このデジタル時計で使用している LED の表示方法は、ダイナミック点灯方式である。ダイナミック点灯方式は、短時間に一つの LED だけを点灯し、点灯する LED を順に切り替え、あたかも全体が点灯しているかのように見せる方式である。

図 3 に LED のセグメント割当てを、図 4 に LED 表示部の構成を示す。

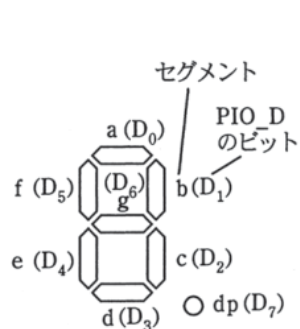


図 3 セグメント割当て

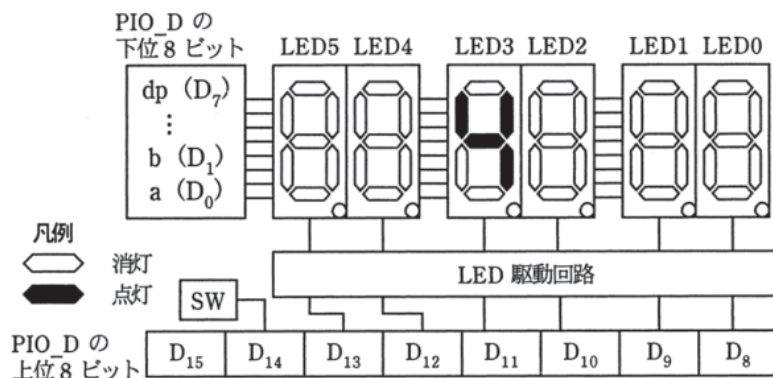


図 4 LED表示部の構成

(1) PIO_D の下位 8 ビット D₀～D₇ のうち、D₀～D₆ には LED のセグメント a～g を割り当て、D₇ には小数点 dp を割り当てる。具体的には、D₀ を LED のセグメント a に、D₁ を b に、…、D₆ を g に割り当てる。

(2) PIO_D の上位 8 ビット D₈～D₁₅ のうち、D₈ から D₁₃ には、LED₀～LED₅ を割り当て、D₁₄ には SW を割り当てる (D₁₅ は使用しない)。具体的には、D₁₃ を LED₅ に、D₁₂ を LED₄ に、…、D₈ を LED₀ に割り当てる。

(3) LED を点灯するためには、点灯するセグメントに対応するビット D₀～D₇ に 1 を書き込み、点灯

する LED に対応するビット D8～D13 に 1 を書き込む。

例えば、表示する時分秒のうち、“分”の 10 分台の数字は LED3、1 分台の数字は LED2 である。LED3 に 4 を表示させるためには、PIO_D に 16 進数 0866 を書き込む。

〔クロックカウンタ割込みハンドラ〕

クロックカウンタ割込みハンドラは、ダイナミック点灯の制御及び SW の入力の判定を行う。その流れ図を図 5 に示す。

配列 Pattern [0] ～ [9] はそれぞれ 16 ビットの符号なし整数で、LED に 0～9 を表示するための点灯セグメントの情報を格納する。例えば、pattern [4] は LED に 4 を表示するため、16 進数 0066 を格納している。

i は LED を示すカウンタ、cnt は SW の切替え時に状態が安定するまで待ち合わせるためのカウンタで、それぞれ 16 ビットの符号なし整数であり、初期値はいずれも 0 である。

swState は SW の状態を表す 1 ビットの変数であり、prev は直前の割込み処理で検出した SW の値を表す 1 ビットの変数である。初期値はいずれも 0 である。

work 及び pwork は、16 ビット符号なし整数であり、作業用の変数である。

図 5 中の①の処理は、SW の状態が変化したときに、状態が安定するまで待ち合わせる処理である。

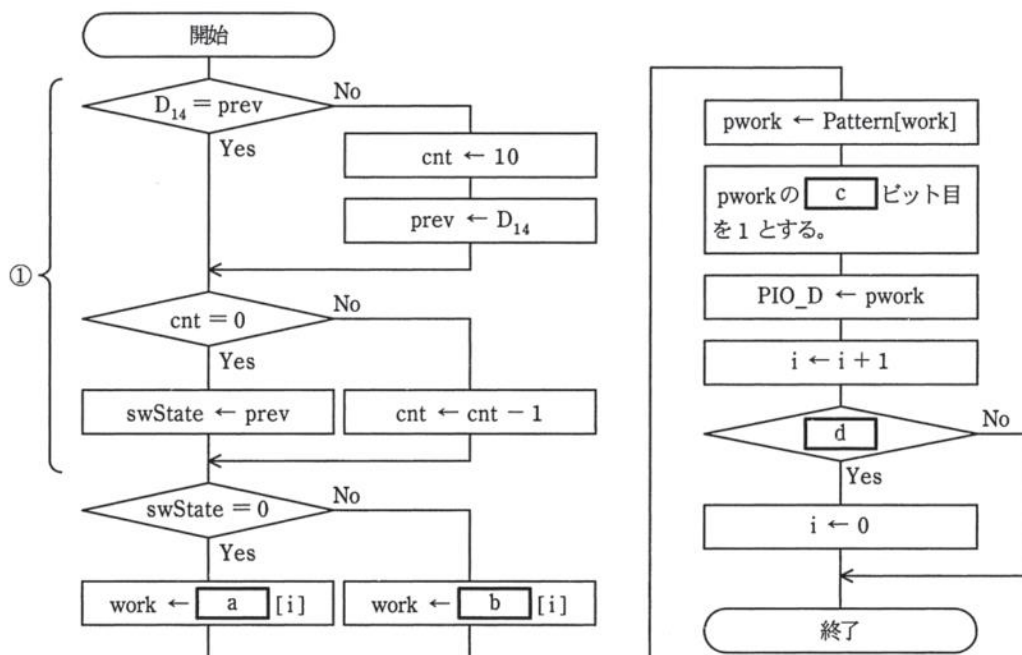


図 5 クロックカウンタ割込みハンドラの流れ図

設問 1 初期化プログラムによって、PIO_R を初期化する設定値を 16 進数 4 けたで答えよ。ただし、PIO_D の未使用のビットは入力として設定すること。

設問 2 図 5 中の [a] ～ [d] について、(1)、(2) に答えよ。

(1) [a], [b] に入れる適切な配列名を答えよ。

(2) [c], [d] に入れる適切な式を答えよ。

出典：平成 23 年度 春期 応用情報技術者試験 午後 問 7

設問 3 図 5 中の①の処理で，SW の状態を直ちに反映しない理由を，30 字以内で述べよ。