

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。

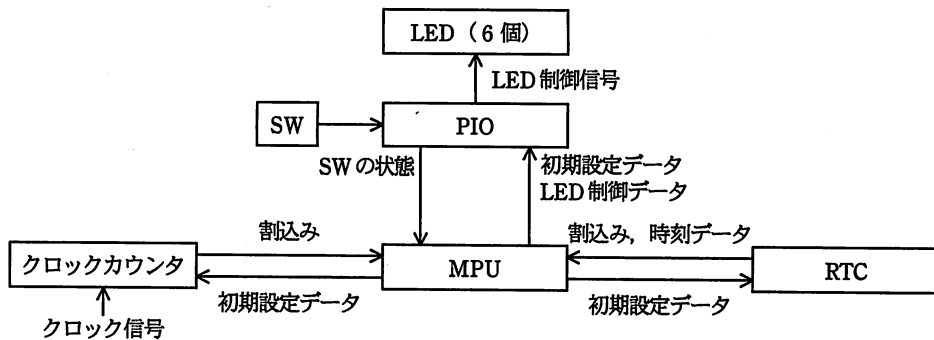


図1 デジタル時計のブロック図

〔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に割り込みを行い、RTC割り込みハンドラを起動する。RTC割り込みハンドラは、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。

- (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 Ri を 1 にすると PIO_D のビット Di 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。

PIO_R	R ₁₅	R ₁₄	R ₁₃	R ₁₂	R ₁₁	R ₁₀	R ₉	R ₈	R ₇	R ₆	R ₅	R ₄	R ₃	R ₂	R ₁	R ₀
PIO_D	D ₁₅	D ₁₄	D ₁₃	D ₁₂	D ₁₁	D ₁₀	D ₉	D ₈	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
端子																

図 2 PIO の構成

- (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。

- (1) PIO_Dの下位8ビット $D_0 \sim D_7$ のうち、 $D_0 \sim D_6$ にはLEDのセグメントa~gを割り当て、 D_7 には小数点dpを割り当てる。具体的には、 D_0 をLEDのセグメントaに、 D_1 をbに、..., D_6 をgに割り当てる。
- (2) PIO_Dの上位8ビット $D_8 \sim D_{15}$ のうち、 $D_8 \sim D_{13}$ には、LED0~LED5を割り当て、 D_{14} にはSWを割り当てる(D_{15} は使用しない)。具体的には、 D_{13} をLED5に、 D_{12} をLED4に、..., D_8 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 $D_0 \sim D_7$ に1を書き込み、点灯するLEDに対応するビット $D_8 \sim D_{13}$ 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。

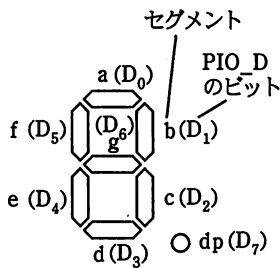


図3 セグメント割当て

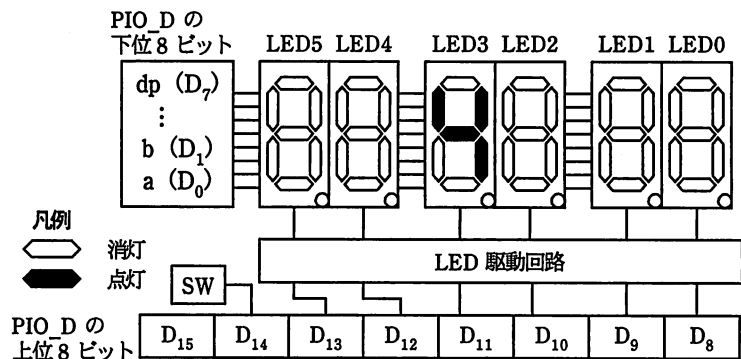


図4 LED表示部の構成

[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。

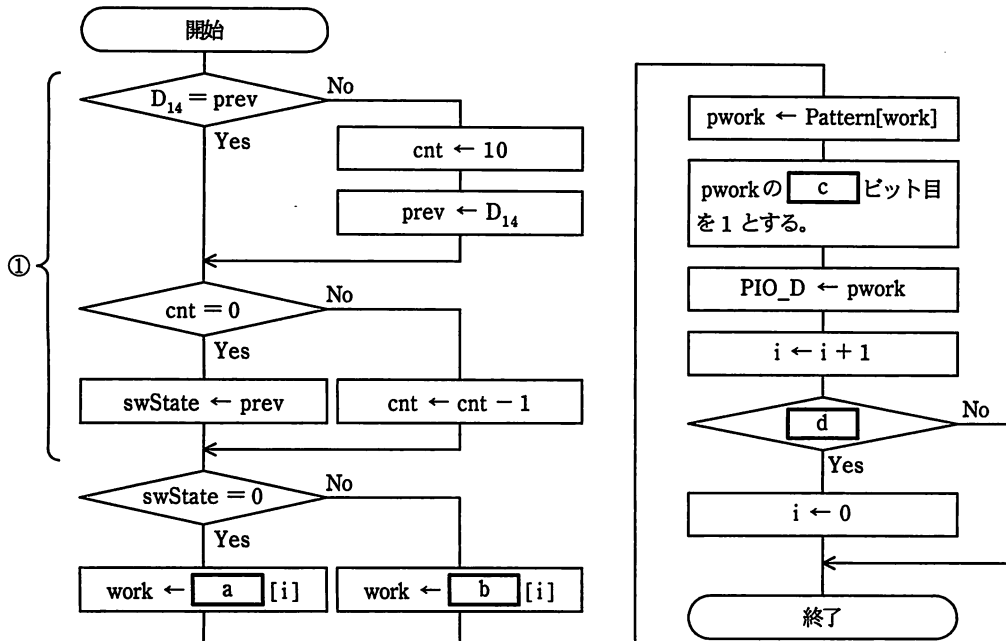


図 5 クロックカウンタ割込みハンドラの流れ図

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。

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。