

1. 0か1の値をとる変数を論理変数といい、複数の論理変数の値の組に対して0か1の値を決める関数を論理関数という。一方、論理変数と定数0, 1に論理和演算, 論理積演算, 論理否定演算を有限回施して得られる式を論理式という。論理関数は論理式で表すことができるが、同一の論理関数を表現する論理式は何通りも存在する。

論理式に現れる「論理変数」と「論理変数の論理否定」をあわせてリテラルという。リテラルの論理積を積項という。論理式が積項の論理和という形になっているとき、この論理式を積和形論理式という。例えば a, b, c, d を論理変数として、 $a \cdot b \cdot \bar{c} + \bar{b} \cdot c \cdot d + a \cdot c$ は積和形論理式である。ここで $a \cdot b$ は a と b の論理積を、 $a + b$ は a と b の論理和を、 \bar{a} は a の論理否定を表す。

積和形論理式においてその2つの積項に共通の変数が $a \cdot b \cdot c + \bar{c} \cdot \bar{d} \cdot e \cdot f$ の c のように、一方にはそのまま、他方には論理否定の形で含まれているとき、残りの部分から作った積項 $a \cdot b \cdot \bar{d} \cdot e \cdot f$ をもとの2つの積項のコンセンサスといい、これはもとの2つの積項の論理和に含まれる。すなわち $a \cdot b \cdot c + \bar{c} \cdot \bar{d} \cdot e \cdot f + a \cdot b \cdot \bar{d} \cdot e \cdot f = a \cdot b \cdot c + \bar{c} \cdot \bar{d} \cdot e \cdot f$ である。なお、 A, B を積項として $A + B = A$ の時、 B は A に含まれるという。

(1) 論理式 $a \cdot b \cdot \bar{c} + \bar{b} \cdot c \cdot d + a \cdot c$ のリテラルをすべて書き出せ。

解答欄

(2) 論理式 $a \cdot b \cdot \bar{c} + \bar{b} \cdot c \cdot d + a \cdot c$ の積項をすべて書き出せ。

解答欄

(3) 論理式 $a \cdot b \cdot c + \bar{c} \cdot \bar{d} \cdot e \cdot f + (a + \bar{b}) \cdot (e + f)$ は積和形論理式か。

解答欄

(4) $a \cdot b + \bar{b} \cdot c$ のコンセンサスを記せ。つぎにそのコンセンサスが $a \cdot b + \bar{b} \cdot c$ に含まれることを論理式の変形によって証明せよ。式の変形では次ページの公理1~5, 定理1~3を使うこと。

解答欄

コンセンサス：

証明：

以下では A , B , C は論理式である.

【公理 1】 可換則または交換則

$$A \cdot B = B \cdot A$$

$$A + B = B + A$$

【公理 2】 結合則

$$A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C$$

$$A + (B + C) = (A + B) + C$$

【公理 3】 吸収則

$$A \cdot (A + B) = A$$

$$A + (A \cdot B) = A$$

【公理 4】 分配則

$$A \cdot (B + C) = (A \cdot B) + (A \cdot C)$$

$$A + (B \cdot C) = (A + B) \cdot (A + C)$$

【公理 5】 1 と 0 と補元の存在

$$A \cdot \bar{A} = 0$$

$$A + \bar{A} = 1$$

【定理 1】 $A \cdot 1 = A$

【定理 2】 $A + 0 = A$

【定理 3】 ド・モルガンの定理

$$\overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$$

$$\overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B}$$

2. 以下の状態遷移表で表される順序機械の状態数を最小化すると状態数はいくつになるか.
最小化の手続きとともに記せ.

(ヒント) どの状態に対しても, 入力 of 全てに対して次状態と出力が定義された順序機械を完全定義順序機械という. 完全定義順序機械に対しては等価な複数の状態を 1 つの状態にまとめて状態数を最小化する次のような効率の良い方法が知られている.

まずどのような入力に対しても出力がお互いに同一となる複数の状態を 1 つのグループとすることにより, 全体をいくつかのグループに分割する. すなわち入力に対して出力が異なる状態を別グループに分ける. 出力を見てグループに分けるのはこの最初のグループ分けだけである.

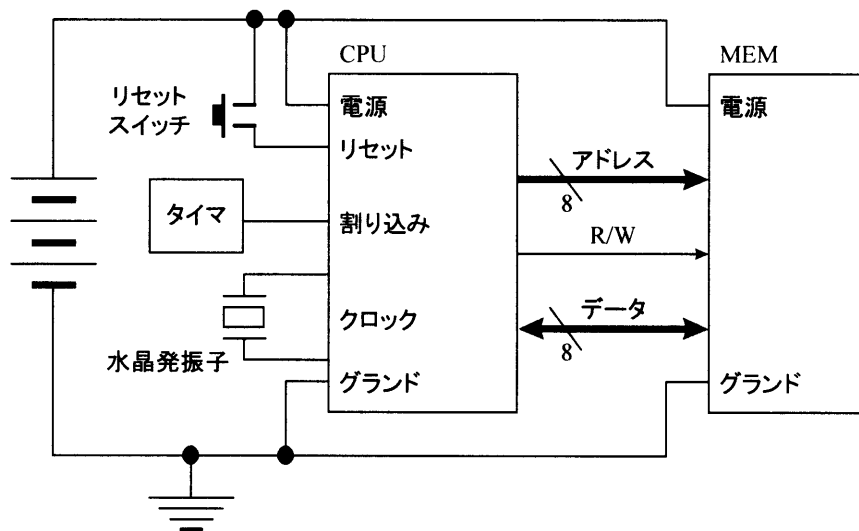
2 回目以降のグループ分けは次状態が, 1 つ前のグループ分けのどのグループに属するかで行う. すなわち k 回目のグループ分けは $k-1$ 回目のグループ毎に, どのような入力に対しても次状態がお互いに $k-1$ 回目の同一グループとなる複数の状態を 1 つのグループとすることにより, グループを再分割する. この操作をそれ以上分割が行えなくなるまで行った時の 1 つのグループに含まれる複数の状態は区別することができない, すなわち等価である. 異なるグループに含まれる状態は区別できるのでグループの数が最小化した状態の数となる.

状態遷移表

入力	0		1	
現状態	次状態	出力	次状態	出力
A	B	0	C	1
B	D	0	E	1
C	E	0	D	1
D	D	1	F	0
E	E	1	F	0
F	B	1	A	0

解答欄

3. 下図に示す構成の計算機を考える.



計算機の構成図

CPU は図に示す外部端子を持ち、CPU には割り込みのための回路と次ページの命令一覧表に示す 22 個の命令を実行する回路が組み込まれている。命令から見える CPU 内部のレジスタは、8 ビットのプログラムカウンタ (PC)、8 ビットの汎用レジスタ 4 個 (R_{00} , R_{01} , R_{10} , R_{11})、1 ビットの C レジスタと 1 ビットの Z レジスタである。

CPU はリセット端子を 1 から 0 に変化させると PC を 00000000 とし、そして「命令を読み込み実行する」という動作を開始する。また割り込み端子を 1 から 0 に変化させる（これを以下「割り込み」という）と、実行中の命令を完了させた後に、次に実行すべき命令を指している PC の値を R_{11} に移し、PC を 11110000 とし、そして「命令を読み込み実行する」という動作を開始する。

一方、MEM は図に示す外部端子を持ち、CPU はデータ端子を通して、MEM から命令やデータを読み込み、また MEM へデータを書き込む。この転送の単位はバイトであり、アドレス端子はこのバイトが MEM のどの位置からのものか、あるいはどの位置へのものかを指定する。R/W 端子は CPU からみた転送の向きを指定する。0 が読み出し (R)、1 が書き込み (W) である。

2 バイト命令の場合、命令の 2 バイト目のアドレスは 1 バイト目のアドレスよりも 1 つ大きい。命令一覧表の読み方は以下のとおりである。uu は 00, 01, 10, 11 で各々、レジスタ R_{00} , R_{01} , R_{10} , R_{11} を指定する。vv も同様。「dddddddd」は命令の 2 バイト目の値を表す。「 $X \leftarrow Y$ 」は Y の内容を X に書き込むことを表す。「 $X \leftarrow \text{MEM}(Y)$ 」は MEM のアドレス Y の内容を読み出して X に書き込むことを表す。「 $\text{MEM}(Y) \leftarrow X$ 」は X の内容を MEM のアドレス Y の位置に書き込むことを表す。ADC 命令ではレジスタ C を最下位桁への桁上げ入力として加算を行い、最上位桁からの桁上りをレジスタ C に出力する。HLT 命令により「命令を読み込み実行する」という動作を停止している時も、割り込みは受け付けられるものとする。また、ニーモニックとは記憶の助けとなる略記のことであり、LD, ST, SEC などは load, store, set C などに由来している。ニーモニックの @X は MEM(X) を表現している。

次にこの CPU をどのように実現するかを考えよう。CPU をレジスタ、機能回路、転送路、制御回路に分けて設計することにし、またパイプライン制御などの高度な制御ではなく 1 つの順序機械で逐次的な制御を行うことにすると、設計はおおよそ以下のように進めていくことができる。まずレジスタとしては命令から見える 7 個のレジスタに加えて命令の 1 バイト目と 2 バイト目を格納するための 8 ビットのレジスタを 2 個設けておくと制御が簡単になりそうであることに気づく。このレジスタの名前は OP1 と OP2 としよう。また機能回路としては PC の値を +1 するための 8 ビットのインクリメンタと、算術演算や論理演算を行う ALU (Arithmetic and Logic Unit) があれば充分そうである。インクリメンタの名前は INC, ALU の名前は ALU としておこう。あとはどのような転送が必要かを考え、その指示を行う制御回路を設計すれば CPU の完成である。

命令一覧表

命令の 1 バイト目	命令の 2 バイト目	命令の ニーモニック	命令の動作の説明 (命令を 1 バイト読み出す毎に PC を + 1)
0uuvv000	なし	LDR Ruu @Rvv	Ruu←MEM(Rvv)
0uuvv001	なし	STR Ruu @Rvv	MEM(Rvv)←Ruu
0uuvv010	なし	ADC Ruu Rvv	C と Ruu の連結←Ruu+Rvv+C : 加算
0uuvv011	なし	AND Ruu Rvv	Ruu←Ruu&Rvv : 論理積
0uu00100	なし	ROL Ruu	C と Ruu の連結←Ruu と C の連結 : 左回転
0uu01100	なし	ROR Ruu	Ruu と C の連結←C と Ruu の連結 : 右回転
0uu10100	なし	COM Ruu	Ruu← \bar{Ruu} : ビット毎の否定
0uu11100	なし	RET Ruu	PC←Ruu
00000101	なし	SEC	C←1
00001101	なし	CLC	C←0
00000111	なし	HLT	停止
1uu00000	dddddddd	LDI Ruu dddddddd	Ruu←dddddddd
1uu00001	dddddddd	LDM Ruu @dddddddd	Ruu←MEM(dddddddd)
1uu00010	dddddddd	STM Ruu @dddddddd	MEM(dddddddd)←Ruu
1uu00011	dddddddd	ADI Ruu dddddddd	Ruu←Ruu+dddddddd
1uu00100	dddddddd	CMI Ruu dddddddd	if(Ruu==dddddddd) Z←1 else Z←0
10000101	dddddddd	BCS dddddddd	if(C) PC←dddddddd
10000110	dddddddd	BCC dddddddd	if(\bar{C}) PC←dddddddd
10000111	dddddddd	BZS dddddddd	if(Z) PC←dddddddd
10001000	dddddddd	BZC dddddddd	if(\bar{Z}) PC←dddddddd
10001001	dddddddd	BRA dddddddd	PC←dddddddd
1uu01010	dddddddd	BAL Ruu dddddddd	Ruu←PC, PC←dddddddd

問 1 PC への転送元をすべて挙げよ。

解答欄

問 2 CPU のアドレス端子への転送元をすべて挙げよ。

解答欄

問 3 CPU のデータ端子への転送元をすべて挙げよ.

解答欄

問 4 CPU のデータ端子からの転送先をすべて挙げよ.

解答欄

問 5 どのような順序機械を作れば良いかを論ぜよ.

解答欄

4. 情報ネットワークに関する以下の設問に答えよ。

(1) 次の機能に関するプロトコルが OSI 参照モデルのどの層に相当するかを下の(a)~(g)から選び、下線の上にアルファベットを書け。また、その機能に関するプロトコル名を下から選び、括弧内に書け。

- ・ メールサーバにメールを送信する。 _____ ()
- ・ パソコンを LAN に接続する。 _____ ()
- ・ パソコンを無線 LAN に接続する。 _____ ()
- ・ ping コマンドを使って接続状況を調べる。 _____ ()
- ・ ファイル転送を行う。 _____ ()
- ・ エンド・エンド間で再送制御を行う。 _____ ()
- ・ ルータでパケット交換を行う。 _____ ()
- ・ IP アドレスから MAC アドレスを得る。 _____ ()

(a)トランスポート層 (b)物理層 (c)アプリケーション層 (d)データリンク層

(e)セッション層 (f)プレゼンテーション層 (g)ネットワーク層

FTP, MPLS, SSH, IEEE802.11a, ARP, IP, HTTP, ICMP, TCP, X.25, SIP, RIP,
OSPF, POP, UDP, DNS, 100BASE-TX, SMTP, PPP

(2) ディスタンスベクトルルーティングと比較して、リンクステートルーティングが大規模ネットワークに用いられる理由を述べよ。

(3) ビデオ転送に関する以下の問に答えよ。

(i) 800Kbps のビデオ転送においてプレイアウト時間が 10 秒であった。受信バッファは何バイト以上必要か？

(ii) プレイアウト時間とは何か、またそれを必要とする理由は何か？

(4) 受信した一つのメッセージ(16進表示)が以下の通りであった。以下の間に答えよ。
 ただし、MACフレームのヘッダである宛先アドレス(6バイト)、送信元アドレス(6バイト)、
 タイプ(2バイト)を含む。

0012 4449 4400 000b 9795 dfab 0800 4500
 0029 1920 4000 3f06 8cb2 852d 9883 852d
 f31e 8050 0017 d5a3 5514 4797 8a9c 5018
 60f4 da86 0000 61

- ・パケット長は何バイトか? _____
- ・TCPセグメントのヘッダ長は何バイトか? _____
- ・宛先ポート番号を10進法で書け。 _____
- ・TCPセグメントのフラグはURG, ACK, PSH, RST, SYN, FINのどれが立っているか? また、そのフラグの意味は何か?

----- 参考 -----

IPパケットのフォーマット

4ビット	4ビット	8ビット	16ビット	
バージョン	ヘッダ長	TOS	(3ビット)	パケット長
Identification			フラグ	フラグメントオフセット
TTL		プロトコル	ヘッダチェックサム	
送信元IPアドレス				
宛先IPアドレス				
オプション				
データ				

TCPセグメントのフォーマット フラグ: URG/ACK/PSH/RST/SYN/FIN

16ビット			16ビット	
送信元ポート番号			宛先ポート番号	
シーケンス番号				
(4ビット)	(6ビット)	(6ビット)	ACK番号	
ヘッダ長	未使用	フラグ	ウィンドウサイズ	
チェックサム			緊急ポインタ	
オプション				
データ				