専門科目（午後）　　　　　　　　　　１６　大修

情報工学・通信工学

時間　13 : 30 ～ 16 : 00

注　意　事　項

1. 次の６題の中から３題を選択して解答せよ．４題以上解答した場合はすべて無効とする．
2. 解答は１題ごとに別々の解答用紙に記入せよ．
3. 各解答用紙に問題番号及び受験番号を記入せよ．
4. 電子式卓上計算機等の使用は認めない．

---

1. n を整数とする。離散時刻 n におけるディジタルフィルタの入力信号 $x(n)$ と出力信号 $y(n)$ は、

$$y(n) = \sum_{k=0}^{N-1} h(k)x(n-k)$$

を満足するものとする。ここで、N は正の整数である。また、フィルタのインパルス応答 $h(n)$ は実数であり、$n < 0$ 及び $n \geq N$ において $h(n) = 0$ とする。
以下の問に答えよ。

1) 任意の離散時間信号 $f(n)$ の z 変換 $F(z)$ を

$$F(z) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} f(k)z^{-k}$$

と定義する。$x(n)$, $y(n)$, $h(n)$ の z 変換をそれぞれ $X(z)$, $Y(z)$, $H(z)$ とするとき、

$$Y(z) = H(z)X(z)$$

が成り立つことを示せ。

2) ω を実数とし、$x(n) = e^{jn\omega}$ とするとき、

$$y(n) = \hat{H}(\omega)e^{jn\omega}$$

と表すことができる。$H(z)$ を用いて $\hat{H}(\omega)$ を表せ。

3) $\hat{H}(\omega)$ を

$$\hat{H}(\omega) = |\hat{H}(\omega)|e^{j\Theta(\omega)}$$

と表す。$h(N-1-n) = h(n)$ とするとき、N が奇数の場合

$$\Theta(\omega) = \pi - \frac{N-1}{2}\omega, \text{ または } -\frac{N-1}{2}\omega$$

となることを示せ。

4) 周期 2π の周期関数である周波数応答 $H_d(\omega)$ を、このディジタルフィルタで実現する問題を考える。まず、$H_d(\omega)$ は

$$H_d(\omega) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} h_d(k)e^{-jk\omega} \tag{1.1}$$

と表すことができる。$H_d(\omega)$ を用いて $h_d(k)$ を表せ。

5) 式 (1.1) を

$$H_d(\omega) \simeq \tilde{H}_d(\omega) = \sum_{k=-M}^{M} h_d(k)e^{-jk\omega}$$

として有限項の和 $\tilde{H}_d(\omega)$ で近似する。ここで M は非負の整数であり、$N = 2M+1$ とする。次に、フィルタのインパルス応答 $h(n)$ を

$$\hat{H}(\omega) = e^{-jM\omega}\tilde{H}_d(\omega)$$

が成り立つように定める。すなわち、$h(n) = h_d(n-M)$ と定める。$H_d(-\omega) = H_d(\omega)$ のとき、$h(N-1-n) = h(n)$ が成り立つことを示せ。

2. 4 台の装置が連続稼働して通信システムを制御している。これらの装置にはそれぞれ、平均して λ[回/時間] の割合でランダムに故障が発生する。2 台以上の装置が同時稼働しているとき、通信が可能となる。

技術者は、故障した装置を修理する。故障装置の修理は、1 台を 1 人で受け持つものとする。修理時間は、平均 $\frac{1}{\mu}$[時間] の指数分布に従う。

平衡状態にあるとき、以下の問題に答えよ。

1) 技術者が 1 名いる場合を考える。装置が n 台故障中の状態を S_n として、装置の故障率 λ、修理率 μ を用いると、状態遷移図は図 2.1 のように書ける。

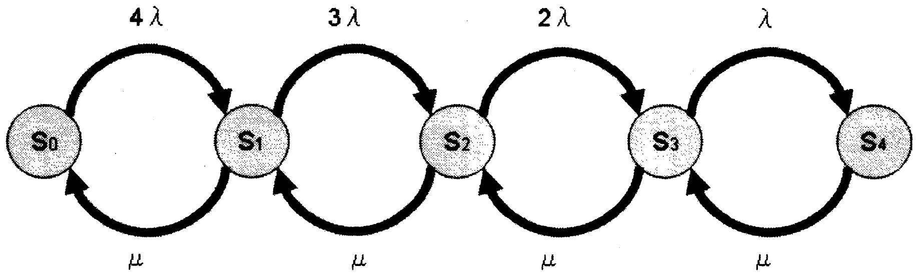

図 2.1

a) 装置が n 台故障している確率を $p_1(n)$ としたとき、$0 \leq n < 4$ について $p_1(n)$ と $p_1(n+1)$ の関係を求めよ。

b) $p_1(n)$ を $p_1(0)$ を用いて表せ。

2) 技術者を 2 名に増やした場合を考える。

a) 装置が n 台故障中の状態を S_n として、状態遷移図を書け。

b) 装置が n 台故障している確率 $p_2(n)$ を $p_2(0)$ を用いて $0 < n \leq 4$ のそれぞれについて表せ。

3) $\lambda = 1, \mu = 10$ のとき、この通信システムで 1 時間通信を行うと 50,000 円の利益が得られるものとする。技術者の時給が 1,000 円であるとき、次の問題に答えよ。解答時の有効数字は 3 桁とする。

a) 技術者が 1 名の時この通信路で 1 日のうち通信可能な時間 T_1 の値を求めよ。

b) 技術者が 2 名の時この通信路で 1 日のうち通信可能な時間 T_2 の値を求めよ。

c) 技術者を 1 名から 2 名に増やすことにより 1 日あたりに生じる利益額もしくは損失額を求めよ。

3.

以下では、回路に入力が加えられ、出力が変化し、すべての出力が安定となるまでの時間を伝搬遅延時間と呼ぶことにする。また、論理ゲートが 1 個の場合の伝搬遅延時間を t_d とし、t_d は論理ゲートの種類には依らないものとする。さらに、Q^n と $\overline{Q^n}$ は論理回路の現在の出力の状態を、Q^{n+1} と $\overline{Q^{n+1}}$ は次の出力の状態を、$*$ は二つの出力 Q と $\overline{Q}$ が等しくなることを表すものとする。以下の問に答えよ。

1) 図 3.1 に示す論理回路はフリップフロップである。このフリップフロップについて、表 3.1 の特性表を完成させよ。

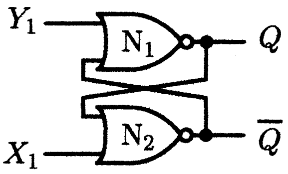

図 3.1

表 3.1

X_1	Y_1	Q^{n+1}
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

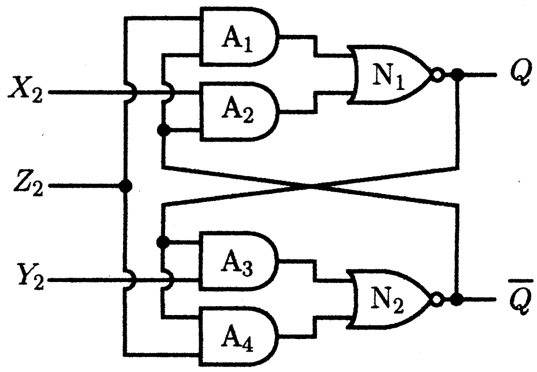

図 3.2

2) 図 3.1 の論理回路に 4 個の AND ゲートを加えて構成した論理回路が図 3.2 である。この論理回路について、表 3.2 の特性表を完成させよ。

表 3.2

X_2	Y_2	Z_2	Q^{n+1}
0	0	0	
0	1	0	
1	0	0	
1	1	0	
0	0	1	
0	1	1	
1	0	1	
1	1	1	

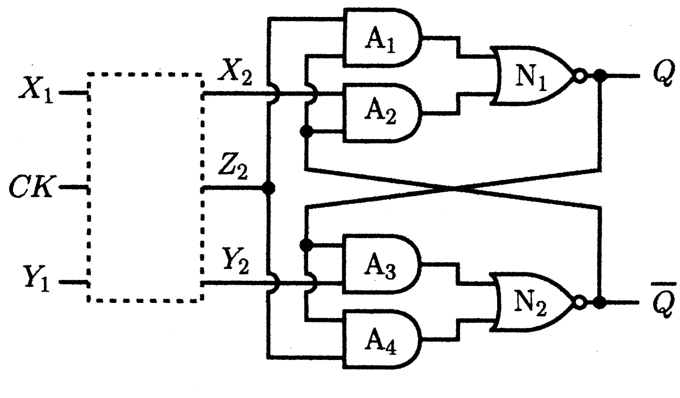

図 3.3

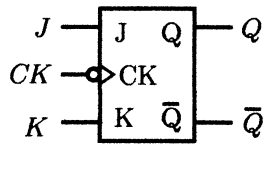

図 3.4

3) 図 3.3 の破線で示す箱の中に適当な論理ゲートを加えることにより、表 3.1 と特性表が同じネガティブエッジ (後縁) トリガフリップフロップを構成せよ。但し、図 3.3 において、CK はクロック入力である。

4) 3) で構成したフリップフロップを基にして、ネガティブエッジトリガ JK フリップフロップを構成せよ。また、t_d により、このフリップフロップの伝搬遅延時間 t_{jk} を表せ。

5) ネガティブエッジトリガ JK フリップフロップと適当な論理ゲートを用いた、16 進アップカウンタの構成を二つ示し、それぞれの長所と短所について述べよ。但し、カウンタの伝搬遅延時間はネガティブエッジトリガ JK フリップフロップ 1 個分の伝搬遅延時間と等しくなるように構成し、また、ネガティブエッジトリガ JK フリップフロップの記号として図 3.4 を用いよ。

4. あるコンピュータ上で、プロセス P_1, P_2, P_3, P_4 に (1) 到着順 (FCFS) 方式、(2) 横取り不可能な最短ジョブ優先 (non-preemptive SJF) 方式、(3) ラウンドロビン (RR) 方式の 3 種類のスケジューリングアルゴリズムを適用する場合について、以下の設問に答えよ。

1) プロセス P_1, P_2, P_3, P_4 の処理時間および到着時刻が表に示されるように与えられる。例えば、P_2 の処理時間は 2 msec であり、スケジューリング開始時点から 1 msec 後に到着する。各方式について平均待ち時間 (average waiting time) および平均ターンアラウンド時間 (average turnaround time) を計算せよ。ただし、プロセスのコンテキストスイッチ時間は無視できるものとする。また、ラウンドロビン方式では、タイムクォンタム (time quantum) は 2 msec とし、プロセスの到着順に処理を行い、タイムクォンタムを使い切る前に処理が完了した場合は、直ちに次のプロセスを実行するものとする。なお、待ち時間は、プロセスが実行可能待ち行列 (ready queue) で待機している時間の合計とする。 (計算に使用した数式や図は解答用紙に残しておくこと。)

プロセス	処理時間	到着時刻
P_1	10	0
P_2	2	1
P_3	7	2
P_4	5	5

2) 3 種類のスケジューリングアルゴリズムについて、その利点と欠点を述べよ。

3) 1)の結果では、平均待ち時間および平均ターンアラウンド時間について、SJF が最良の値を示しているが、実際には 2)で答えた欠点が存在する。この欠点を克服するために用いられる手法について説明せよ。

5. 次のような Scheme プログラムがある。

```
(define (f x y)
  (if (null? y) (list (list x))
      (cons (cons x y)
            (map (lambda (x) (cons (car y) x)) (f x (cdr y))))))

(define (perms x)
  (if (null? x) '(())
      (append-map [    (a)    ] (perms (cdr x)))))
```

ただし、*map* および *append-map* は以下のように定義される関数と等価であるものとし、*append* は引数のリストを連接したリストを返す関数とする。以下の問に答えよ。

```
(define (map func l) (if (null? l) () (cons (func (car l)) (map func (cdr l)))))

(define (append-map func l)
  (if (null? l) () (append (func (car l)) (append-map func (cdr l)))))
```

1) (*f* '*a* ()) の値は何か。

2) (*f* '*a* '(*b c*)) の値は何か。

3) 関数 *f* の機能を説明せよ。

4) 関数 *perms* は与えられたリストの順列すべてをリストとして返す関数である。空白 (a) の部分に適当なＳ式を埋め、関数 *perms* を完成せよ。

5) 関数 *perms* が与えられたリストの順列すべてをリストとして返すことを証明せよ。

6. 以下の設問に答えよ。

1）命題節集合 $S = \{ A1 \vee A2,\ \neg A1 \vee A2,\ \neg A2 \vee A3,\ A1 \vee \neg A2,\ \neg A1 \vee \neg A2 \vee \neg A3 \}$ は充足不能である。S から融合原理 (resolution principle、分解証明法とも言う) により空節を導く導出過程を示せ。

2）下記の論理式を冠頭標準形に直し、スコーレム化せよ。ただし⇒は含意記号である。

a) $\exists Y\ \forall X\ (p(X,Y)) \wedge \neg \forall U\ \exists V\ (p(U,V))$

b) $\forall X\ \forall Y\ ((X > Y) \Rightarrow \exists Z\ ((X > Z) \wedge (Z > Y)))$

以下の設問3）、4）において X, Y, Z, U, V は全称限量化された変数であり、a, b, c は定数記号である。

3） 下記の２つの項の単一化を行い、最汎単一化子 (most general unifier) が存在する場合はそれを記し、存在しない場合はその理由を述べよ。

a) cons(a, cons(b, c)) と cons(X, cons(X, Y))

b) f(X, g(X, X), Z) と f(a, Y, g(Y, Y))

c) f(X, f(X, Y)) と f(f(U, V), U)

4）節集合 $S' = \{ p(X) \vee q(Y) \vee r(Y),\ \neg p(Z) \vee q(Z),\ p(f(U)) \vee \neg q(b) \vee r(V),\ \neg p(f(a)) \vee \neg q(b),\ \neg r(b) \}$ は充足不能である。S' から融合原理により空節を導く導出過程を示せ。

5）線形導出戦略と深さ優先探索を組み合わせて、融合原理により充足不能な節集合から空節を導く場合の問題点を指摘せよ。