1

図1に示すように，1回線の三相送電線が運用されており，受電端には平衡三相負荷が接続されている。受電端における線間電圧の実効値は21kVである。このとき，平衡三相負荷の有効電力は6300kW，力率は $\sqrt{2}/2$(遅れ)である。1相分の線路インピーダンスは $j20\Omega$ である。遮断器は開放されている。次の各問に答えよ。

(1) 三相負荷の無効電力 Q_r を求めよ。

(2) 送電線1相に流れる電流の実効値 I を求めよ。

(3) 送電端における線間電圧の実効値 V_s を求めよ。

次いで，遮断器を投入して，コンデンサからなる調相設備を接続したところ，受電端における線間電圧は27kVに上昇し，有効電力は8100kWに増加した。ただし，調相設備の接続前後において，送電端における線間電圧の実効値および平衡三相負荷の力率は変化しないものとする。次の各問に答えよ。

(4) 送電端の線間電圧と受電端の線間電圧との位相差 θ を求めよ。

(5) 送電線の1相に流れる電流の実効値 I' を求めよ。

(6) 調相設備の容量(無効電力) Q_2 を求めよ。

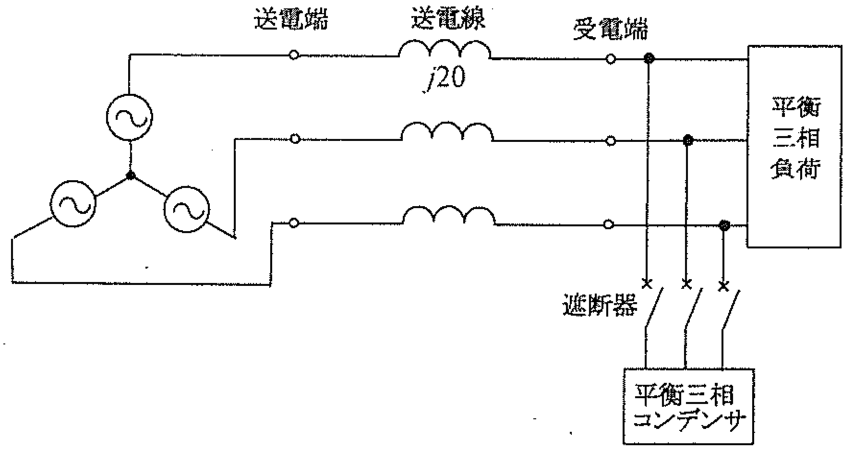


図1

2

特性インピーダンス Z_0 および Z_1 の無損失無歪線路(位相速度はともに v)を用いた回路について以下の問に答えよ。

(1) 線路が図1のように接続されており，BC, BD 間の長さはともに L, C および D 端の負荷はそれぞれ $2Z_1$ および $0.5Z_1$ である。また, A から B 方向に方形単パルス(パルス幅 $T<<L/v$, 電圧 V_0)を伝搬させたところ，パルス波は B において反射することなく C および D 方向に伝搬した。以下の問に答えよ。

(a) Z_0 を用いて Z_1 をあらわせ。また，C および D 端における電圧反射係数を求めよ。

(b) 線路内での反射および透過により C 端に到達する 2 回目のパルス電圧を V_0 を用いて表せ。

(2) つぎに, 図2のように特性インピーダンス Z_1, 長さ L の線路の右端(x=0)にある負荷を, 左端(x=L)に正弦波電源(角周波数ω)を接続し, 定常状態において電源側から負荷側をみたインピーダンスを考える。

(a) 負荷端(x=0)に向かう入射波の電圧を $V_f = E_0 e^{j(\omega t + kx)}$ で表すとき，入射波の電流 I_f を $E_0 e^{j(\omega t + kx)}$ を用いてあらわせ。ただし，$k=\omega/v$ であり，図中の矢印を電流正方向とする。また，負荷端における電圧反射係数をΓとするとき，反射波の電圧 V_r および電流 I_r を $e^{j(\omega t - kx)}$, Z_1, E_0 およびΓを用いてあらわせ。

(b) 電源から負荷側を見たインピーダンス $Z(L)$ を Z_1, e^{-j2kL} およびΓを用いてあらわせ。

(3) 図1の回路において AB 間の線路を取り外し，B 端に問(2)の正弦波電源を接続する。BC, BD 間の長さがともに 1/8 波長($kL=\pi/4$)のとき，定常状態において B から右側をみたインピーダンス Z_B を Z_1 を用いて表せ。

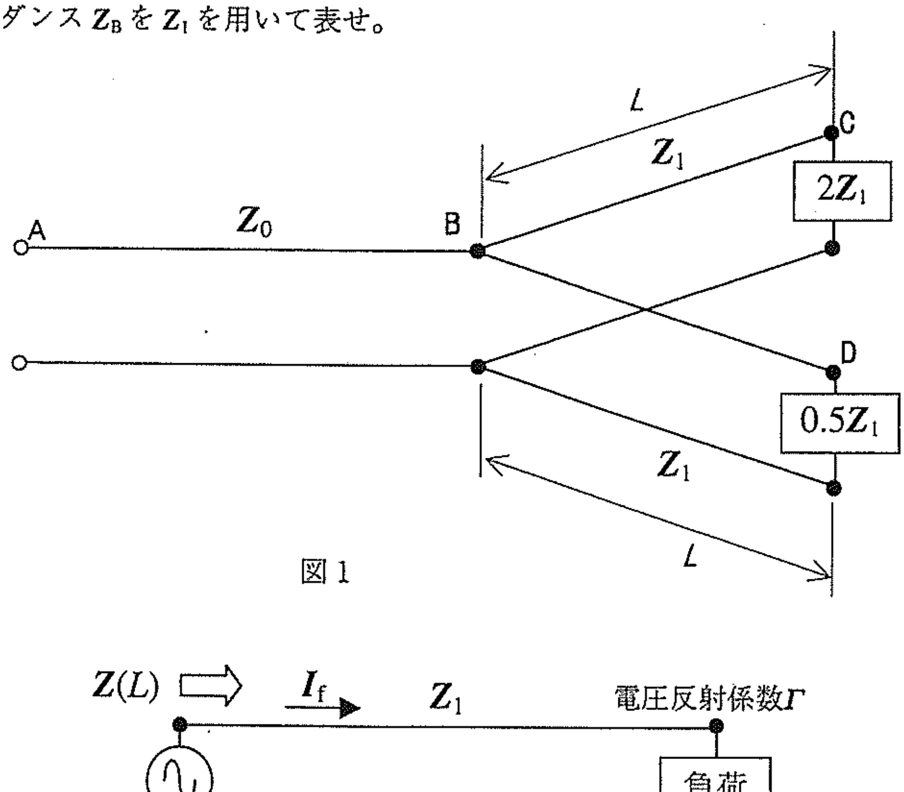


図1

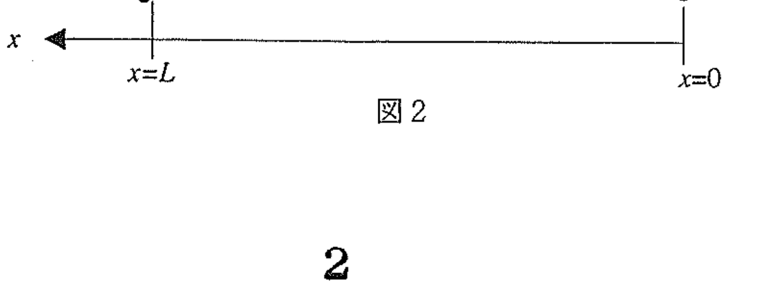


図2

3

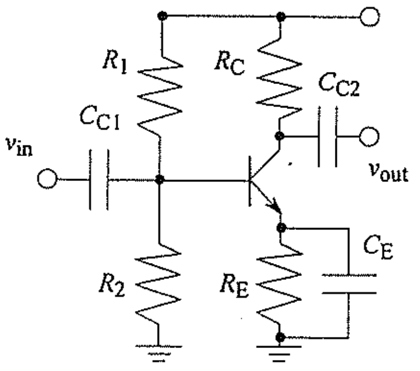
下図のCR結合増幅回路について以下の問題に答えよ。

なお，必要があれば，次式で定義されるエミッタ接地トランジスタのhパラメータを用いること。ここでv_i，i_i，v_o，i_oは，それぞれ，小信号の入力電圧，入力電流，出力電圧，出力電流である。

$$\begin{pmatrix} v_i \\ i_o \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{ie} & h_{re} \\ h_{fe} & h_{oe} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_i \\ v_o \end{pmatrix}$$

ただし，h_{re}とh_{oe}は十分小さく無視できるとし，また，h_{fe}は十分大きいとする。

1. コレクタを流れるバイアス電流I_Cを求めよ。ただし，ベース電流はコレクタ電流，及び，R_1，R_2を流れる電流に比べて十分小さく無視できるとし，また，トランジスタのベース－エミッタ間電圧はV_{BE}とせよ。
2. C_{C1}，C_{C2}，C_Eともにインピーダンスが十分小さく，短絡と考えてよい周波数において，小信号等価回路を書き，電圧増幅率A_v=v_{out}/v_{in}を求めよ。
3. 次にバイパス容量C_Eの影響を考える。
   a. まず，エミッタ抵抗R_Eとバイパス容量C_Eの並列インピーダンスをZ_Eとおき，小信号等価回路を書け。ただし，結合コンデンサC_{C1}，C_{C2}は十分大きく，ここで考える周波数では短絡とみなすことができる。
   b. 等価回路から電圧増幅率A_v=v_{out}/v_{in}の表式を求めよ。
   c. これから，電圧増幅率の周波数依存性について説明せよ。
4. 上記2.の条件において、コレクタのバイアス電流2 mAで電圧増幅率が100となるようにR_1, R_2, R_cを決めよ。用いるトランジスタの特性はコレクタ電流2mAのとき，h_{fe}=200，h_{ie}=5kΩとする。また，R_E=1 kΩ，V_{BE}=0.7V，V_{CC}=12 Vとし，R_1+R_2=60 kΩとする。



図

$\boxed{4}$

図に示すようなポテンシャル障壁（$V_0 > 0$）がある場合に，$-x$ 方向から質量 m の粒子が入射した時の運動について考える。ただし，入射粒子のエネルギーを正（$E > 0$）とする。

（1） $x \leq 0$ の領域における時間に依存しない一次元のシュレディンガー方程式を示せ。また，その一般解を示せ。ただし，波動関数は $\varphi_-(x)$ とする。

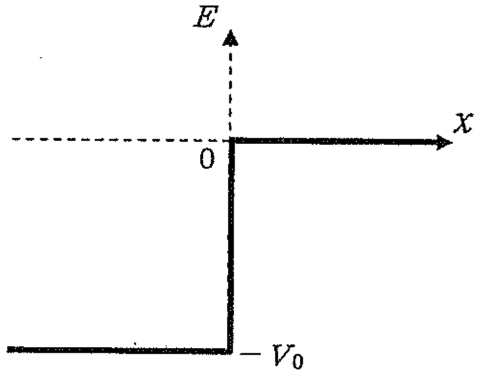
（2） $x \leq 0$ と $x > 0$ のそれぞれにおける波動関数 $\varphi_-(x)$ および $\varphi_+(x)$ を求めよ。ただし，入射波の振幅を A，反射波の振幅を B，また透過波の振幅を C とせよ。

（3） 入射した粒子の波長は，$x \leq 0$ の領域と $x > 0$ の領域でどちらの場合が大きくなるかを示し，その理由を述べよ。

（4） $x = 0$ における波動関数の境界条件を示し，$\dfrac{B}{A}$ および $\dfrac{C}{A}$ を求めよ。

（5） $x = 0$ における反射率を求めよ。

（6） 逆に，粒子が $+x$ 方向から $-x$ 方向に入射した場合の $x = 0$ における反射率を求めよ。



5

図1の状態遷移図において，各状態 q_0, q_1, q_2, q_3 を二つのフリップフロップ Q_1, Q_2 によって，00, 01, 11,10 に割り当てるものとする。

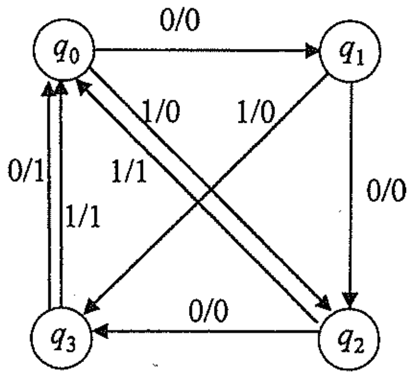


図1

(1) 入力を x とし，次の状態を Q_1'，Q_2'，出力を z とするとき，表1の状態遷移表の空欄を埋めて，この表を完成させよ（表を解答用紙に書き写して解答すること）。

表1　状態遷移表

現在の状態 $Q_1\,Q_2$	次の状態 $Q_1'\,Q_2'$		出力　z	
	$x=0$	$x=1$	$x=0$	$x=1$
q_0:　00				
q_1:　01				
q_2:　11				
q_3:　10				

(2) 出力と状態遷移のカルノー図を描け。

(3) 次の状態 Q_1'，Q_2' と出力 z を，入力 x と現在の状態 Q_1, Q_2 の論理式で表せ。

(4) エッジトリガ D-FF を用いて，Mealy 型順序回路を実現せよ。なお，Mealy 型順序回路とは，出力が状態と入力の両方により決定される順序回路をいう。

(5) 実現した順序回路が適用できる具体的な例を述べよ。その際には入力 $x=0, 1$ および出力 $z=0, 1$ が何に相当し，各状態 q_0, q_1, q_2, q_3 が何に相当するかを明記せよ。

6

下図の離散回路について以下の問に答えよ。ここで，$x[n]$ は入力，$y[n]$ は出力，a，b，c は定数である。

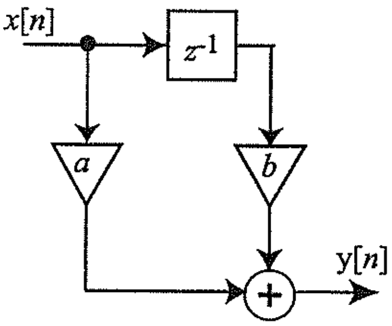


図1　離散回路1

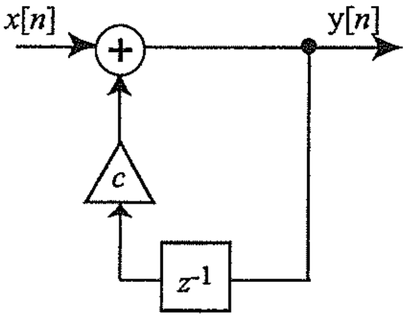


図2　離散回路2

（1）離散回路1の伝達関数 $H_1(z)$ を求めよ。

（2）離散回路1の単位インパルス応答を求めよ。

（3）離散回路1は線形位相となるか。線形位相となる場合，その条件を示せ。

（4）離散回路2の伝達関数 $H_2(z)$ を求めよ。

（5）離散回路2の単位インパルス応答を求めよ。

（6）離散回路1，2の各々について安定性を論じよ。

（7）離散回路2は線形位相となるか。線形位相となる場合，その条件を示せ。

（8）伝達関数が $H(z) = H_1(z)H_2(z)$ となる回路の回路図を描け。ただし，遅延素子の数が最小になるように構成せよ。

$\boxed{7}$

一様分布に従う乱数を用いて，指数分布に従う乱数を生成することを考える。次の問に答えよ。

(1) 一様分布に従う確率変数Wの確率密度関数$f_W(w)$が次のように与えられるとき，確率変数Wの分布関数$F_W(w)=P\{W\le w\}$（確率変数Wがw以下の値をとる確率）を求めよ。

$$f_W(w)=\begin{cases}1 & (0\le w\le 1)\\ 0 & (other)\end{cases}$$

(2) 指数分布に従う確率変数Xの確率密度関数$f_X(x)$が次のように与えられるとき，確率変数Xの平均値と分布関数$F_X(x)=P\{X\le x\}$を求めよ。

$$f_X(x)=\begin{cases}\alpha e^{-\alpha x} & (x\ge 0)\\ 0 & (x<0)\end{cases}\qquad \text{ただし，}\ \alpha>0$$

(3) 確率変数Wの関数として新たな確率変数$Y=G(W)$を定義する。その分布関数$F_Y(y)=P\{Y\le y\}$が，平均mの指数分布の分布関数となるような関数Gを求めよ。

(4) 0以上1以下の値をとる一様乱数を用いて，平均10の指数分布に従う乱数を生成する方法を説明せよ。

$\boxed{8}$

0, 1 を要素とする 3 個の情報ビット a_1, a_2, a_3 に対し,

$$\begin{cases} c_1 = a_1 \oplus a_2 \\ c_2 = a_1 \oplus a_2 \oplus a_3 \qquad \text{（ただし，} \oplus \text{ は排他的論理和）} \qquad (1) \\ c_3 = a_1 \qquad\;\; \oplus a_3 \end{cases}$$

により検査ビットを作る。これを情報ビットに付加することにより $\boldsymbol{w} = (a_1, a_2, a_3, c_1, c_2, c_3)$ という符号語に符号化する。以下の問に答えよ。

(1) このようにして作った符号語を全て列挙せよ。

(2) 任意の二つの符号語の排他的論理和は符号語となることを示せ。

(3) 相異なる符号語間のハミング距離の最小値が 3 であることを示せ。ここで，ハミング距離とは，対応する位置にある成分の対のうち互いに異なるものの数である。

(4) この符号語を 2 元通信路を介して送信し，受信側において受信語 $\boldsymbol{b} = (b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6)$ が得られたとする。この時，$\boldsymbol{s} = (s_1, s_2, s_3)$ を

$$\begin{cases} s_1 = b_1 + b_2 \qquad\; + b_4 \\ s_2 = b_1 + b_2 + b_3 \qquad + b_5 \qquad\qquad (2) \\ s_3 = b_1 \qquad + b_3 \qquad\qquad + b_6 \end{cases}$$

と定義する。受信語 $\boldsymbol{b}$ に単一ビット誤りが生じた時，その 6 種類の場合について $\boldsymbol{s} = (s_1, s_2, s_3)$ が全て異なり，かつ $\boldsymbol{s} \neq \boldsymbol{0}$ であることを示せ。

全部異なることを証明する。