平成２９年度　名古屋大学大学院工学研究科 博士課程（前期課程）
電子情報システム専攻

入学試験問題

専　　　門

（平成２８年８月２４日（水）９:００～１２:００）

注　　意

１．６問中３問を選んで答えよ。ただし、以下のグループからの選択数は2問以下とする。
（問題2（電気回路論）、問題3（電子回路）、問題5（論理回路））

２．解答は問題ごとに別の答案用紙に書き、それぞれ問題番号、受験番号を上端に記入せよ。氏名は記入してはならない。なお、草稿用紙が１枚ある。解答が用紙の裏面にまわる場合は、答案用紙下部にその旨明示すること。又、上部横線に相当する位置以下に書くこと。

３．問題用紙、答案用紙、草稿用紙はすべて持ち出してはならない。

４．計算機類は使用してはならない。

５．携帯電話は時計としても使用してはならない。電源を切ること。

1

図１は，対称三相の交流送電系統を１相分の等価回路により示している．簡単のため，線路の抵抗および静電容量は無視し，線路のリアクタンスXのみを考慮する．

(1) 図１の等価回路を用い，以下の問いに答えよ．

1) 線路電流$\boldsymbol{I}$を求めよ．

2) 送電端の電力ベクトルを$\boldsymbol{E}_s\boldsymbol{I}^* = P_s + jQ_s$，および受電端の電力ベクトルを$\boldsymbol{E}_r\boldsymbol{I}^* = P_r + jQ_r$とする．$P_s$，$Q_s$，$P_r$，および$Q_r$を求めよ．ただし，$\boldsymbol{E}_s = E_s e^{j\theta}$は送電端の電圧であり，$\boldsymbol{E}_r = E_r e^{j0}$は受電端の電圧である．また，$\boldsymbol{I}^*$は線路電流$\boldsymbol{I}$の複素共役である．

3) 送電端の電力ベクトルと受電端の電力ベクトルを基準電力 $W_n = E_r^2/X$ で規格化し，θを変化させた場合の送電端電力のベクトル軌跡（送電円）と受電端電力のベクトル軌跡（受電円）を描け．ただし，$E_s/E_r = 1.1$ とする．

(2) 図１の回路の受電端に力率$\cos\phi = 0.8$（遅れ）の負荷と，それに並列に電力用コンデンサを接続する（図２）．このとき，$E_s/E_r = 1.1$ およびθは30° となるように運用した．

1) 受電端における無効電力Q_rをW_nを用いて表せ．
2) 負荷における有効電力P_LをW_nを用いて表せ．
3) 負荷における無効電力Q_LをW_nを用いて表せ．
4) 電力用コンデンサの無効電力Q_cをW_nを用いて表せ．

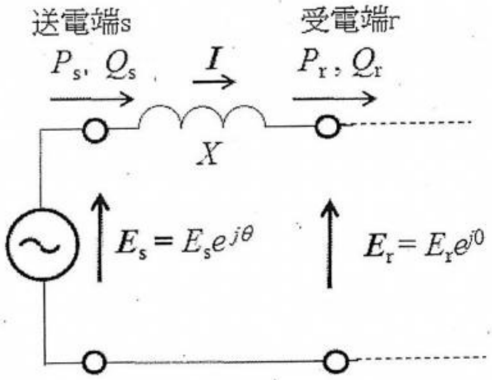

図１

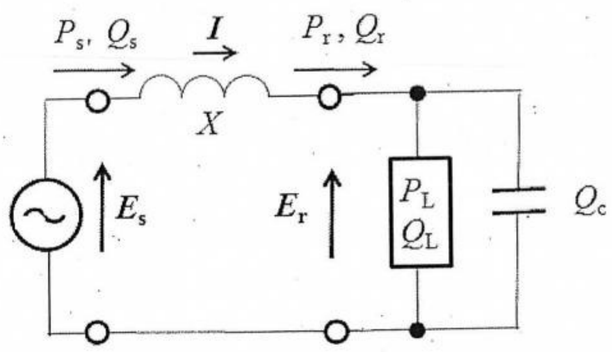

図２

2

図 1 に示すように，抵抗素子(抵抗値 R)，インダクタンス素子(インダクタンス L)，キャパシタンス素子(静電容量 C)から成る回路が正弦波交流電圧源(起電力 $\mathbf{V}$)に接続されている．以下の問いに答えよ．ただし，角周波数を ω とする．また $L<CR^2$ とする．

(1) まず，角周波数 ω を一定値 ω_0 にして，インダクタンス L を $0<L<\infty$ の範囲で変化させた．

1) 電源の端子から回路を見たインピーダンス $\mathbf{Z}$ の実部及び虚部をそれぞれ ω_0, R, L および C を用いて表せ．

2) 回路全体を流れる電流 $\mathbf{I}_L$ が最大になるとき，L を ω_0, R および C を用いて示せ．

3) 2)の時のインピーダンス $\mathbf{Z}_0$ を R, L および C のみを用いて求めよ．

(2) 次に L を一定値にして交流電圧源の角周波数 ω を $0\le\omega<\infty$ の範囲で変化させた．

1) 電源の端子から回路を見たリアクタンスの周波数依存性の概略をグラフに表せ．リアクタンスが 0 になる ω の値もグラフ上に示すこと．

2) 抵抗素子を流れる電流 $\mathbf{I}_R$ が R に依存しないで一定になる角周波数を ω_R とする．$\omega_R=\dfrac{1}{\sqrt{LC}}$ になることを証明せよ．

3) 2)の時，$\mathbf{I}_L, \mathbf{I}_C, \mathbf{I}_R, \mathbf{V}$ および $\mathbf{V}_R$ のベクトル図を描け．ただし $\mathbf{I}_L$ および $\mathbf{I}_C$ はインダクタンス素子およびキャパシタンス素子を流れる電流，$\mathbf{V}_R$ は抵抗素子にかかる電圧とする．

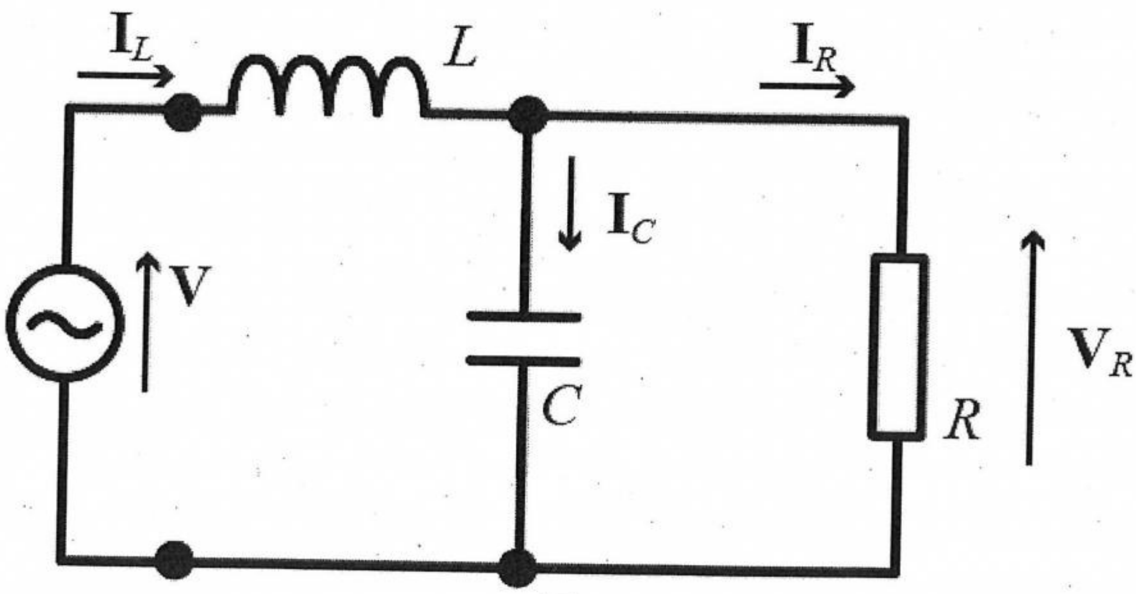

図 1

3

図1，2に示す npn トランジスタを用いた増幅回路について以下の問いに答えよ．全ての npn トランジスタは特性が等しいものとする．なお，トランジスタのベース電流はコレクタ電流に比べ十分小さく無視できるとし，電源電圧 E_C，E_E はトランジスタを駆動するのに十分な値であるとする．

図1の差動増幅回路について以下の問いに答えよ．

(1) $V_1 = V_2 = 0$ の時の出力電圧 V_o を求めよ．なお，Tr_1，Tr_2 のベース–エミッタ間電圧は V_{BE} とせよ．

(2) $V_1 = V_2 = \Delta V$ の同相入力の時，出力電圧 V_o は問(1)に比べ ΔV_o だけ変化した．ΔV_o と同相入力電圧増幅度 $A_{cv} = \Delta V_o / \Delta V$ を求めよ．ただし，ΔV の印加による Tr_1，Tr_2 の V_{BE} の変化は小さいとして無視せよ．

(3) $V_1 = \Delta V$，$V_2 = -\Delta V$ の差動入力の時，出力電圧 V_o は問(1)に比べ $\Delta V_o'$ だけ変化した．$\Delta V_o'$ と差動電圧増幅度 $A_{dv} = \Delta V_o' / \Delta V$ を求めよ．ここで，差動入力印加による Tr_1，Tr_2 のベース–エミッタ間電圧はそれぞれ，$V_{BE1} = V_{BE} + \Delta V_{BE}$，$V_{BE2} = V_{BE} - \Delta V_{BE}$ へ，コレクタ電流はそれぞれ，$I_{C1} = I_C + \Delta I_C$，$I_{C2} = I_C - \Delta I_C$ へ変化すると考えよ．なお，トランジスタの交流抵抗（動作抵抗）r $(= \Delta V_{BE} / \Delta I_E)$ は $r = 0.026 / I_E$ とする．

図2のボルテージフォロワ回路について以下の問いに答えよ．

(4) 入力電圧を V_1，トランジスタのベース–エミッタ間電圧を V_{BE} とし，出力電圧 V_o，コレクタ電流 I_C を求めよ．

(5) 図2の回路は，電圧増幅は行わないが，出力 V_o に負荷抵抗を接続し，I_C が変化しても一定電圧を出力できる．図1の回路の出力を図2の回路の入力に接続した2段の増幅回路とすることで，図1の回路単体と比べどのような効果が期待されるか説明せよ．

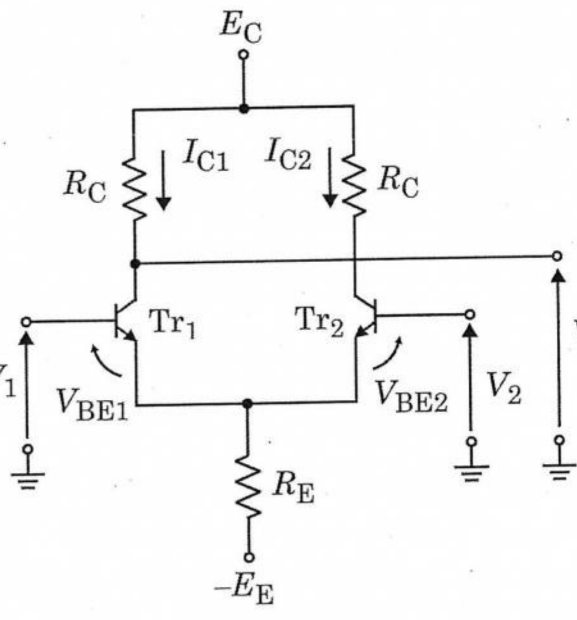

図1

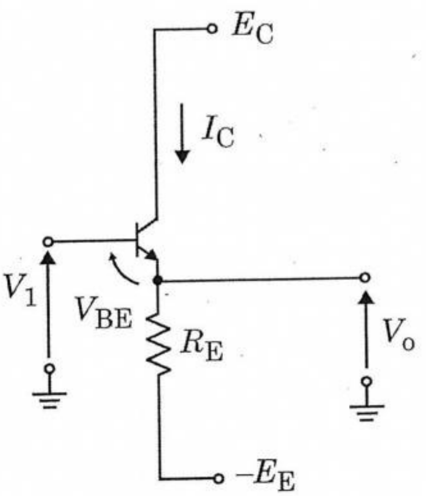

図2

4

図 1 に示すように質量 m の 1 種類の原子から成る無限 1 次元格子の格子振動について考える．s 番目の原子の変位を u_s とする．s 番目の原子はこれに隣接する s–1 番目と s+1 番目の原子のみから力を受ける．その隣接相互作用定数（ばね定数）を $C\,(>0)$ とし，格子定数を a とする．

(1) 時間を t として，s 番目の原子の運動方程式を示せ．

(2) 問(1)で得られた運動方程式の一般解を

$$u_s = Ae^{i(ksa-\omega t)}$$

とする．ここで，A は振幅，$\omega\,(\geq 0)$ は角周波数，k は波数を表す．格子振動の角周波数 ω を m, C, k, a を用いて表せ．ここで，$\exp(ika) + \exp(-ika) = 2\cos(ka)$ とする．

(3) $-\pi/a \leq k \leq \pi/a$ 範囲の ω と k の分散関係を図示せよ（縦軸 ω，横軸 k）．

次に，図 2 に示すような質量が m, M と異なる原子が交互に並んだ無限 1 次元格子の格子振動について考える．ここで，s 番目の m と M の原子の変位をそれぞれ u_s と U_s とする．上と同様に隣接相互作用のみを考え，隣接相互作用定数（ばね定数）を $C\,(>0)$ とする．また，格子定数を a とする．

(4) s 番目の質量 m と M の原子の運動方程式をそれぞれ示せ．

(5) 質量 m と M の原子の運動方程式の一般解をそれぞれ

$$u_s = Ae^{i(ksa-\omega t)}, \quad U_s = Be^{i(ksa-\omega t)}$$

として，振幅 A と振幅 B がともに 0 ではない解をもつ条件を式で示せ．

(6) ω^2 を m, M, C, k, a を用いて表せ．ここで，$\exp(ika) + \exp(-ika) = 2\cos(ka)$ とする．

(7) 問(6)から 1 つの波数に対して 2 つの振動モードが導かれる．これらはそれぞれ，光学モードと音響モードと呼ばれる．これら 2 つのモードについて，異種原子の変位の位相にどのような違いがあるか説明せよ．

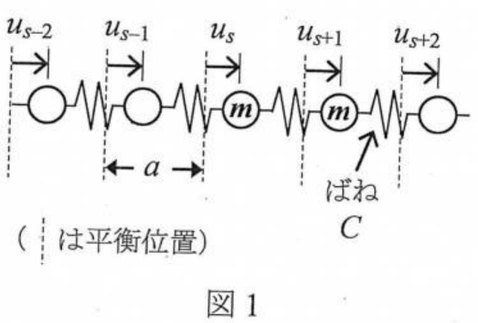

図 1

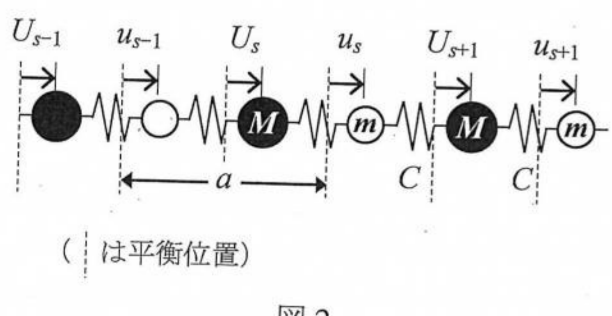

図 2

5

(1) 図 1 に示す回路 A において以下の問いに答えよ．

1) 入力x_1, x_2, x_3と出力y_1，y_2の関係を表す真理値表を示せ．

2) 出力y_1，y_2のそれぞれをx_1，x_2，x_3の積和標準形で表わせ．

3) 回路 A の点線部分を 2 入力の NAND ゲートのみを用いて表わせ．ゲート数が少ないほど高得点を与える．

(2) 回路 A と D フリップフロップを用いて，図 2 のように回路 B を構成した．

1) 初期条件$q_1 = 0$, $q_2 = 0$とする．クロックの立ち上がりに合わせて，xに 1, 0, 1, 0 が順に入力された場合，q_1，q_2の値がどのように遷移するかを答えよ．

2) (q_1，q_2)の組み合わせに応じて，4 つの状態(0, 0)，(0, 1)，(1, 0)，(1, 1) を定義する．これら状態間の状態遷移図を示せ．

(3) 回路 A に変更を加えた結果，回路 B の状態遷移図が図 3 となった．変更後の回路 A を回路 A'と呼ぶことにする．

1) 回路 A'の出力y_1，y_2のそれぞれについてカルノー図を示せ．ただし，カルノー図において，横方向にx_1x_2，縦方向にx_3を取ること．

2) 回路 A'の入出力を表す論理式を最も簡単な積和形で表し，NOT ゲート，2 入力の AND ゲート，2 入力の OR ゲートのみを用いて回路 A'を構成せよ．

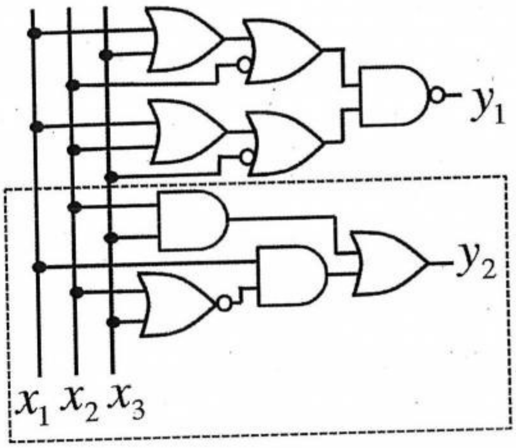

図 1: 回路 A

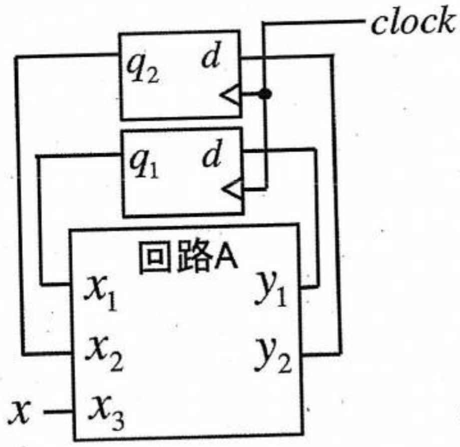

図 2: 回路 B

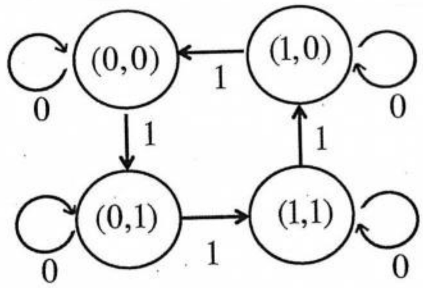

図 3: 状態遷移図（変更後）

6

以下の問いに答えよ．なお，計算においては，$\log_2 3 = 1.58$ を用いよ．

(1) 入力を $X \in \{0,1\}$，出力を $Y \in \{0,1\}$ とする通信路を考える．この通信路における遷移確率 $p(Y = y \mid X = x)$ は行列

$$T_1 = \begin{bmatrix} 3/4 & 1/4 \\ 1/4 & 3/4 \end{bmatrix}$$

で与えられる．入力 X の確率分布 $p_X(x)$ を $p_X(0) = \alpha$，$p_X(1) = 1 - \alpha$ とするとき，以下の問いに答えよ．

1) 入力 X のエントロピー $H(X)$ を求めよ．
2) 入力 X で条件をつけた出力 Y の条件付きエントロピー $H(Y \mid X)$ を求めよ．
3) 出力 Y のエントロピー $H(Y)$ を求めよ．
4) 相互情報量 $I(X;Y)$ を求めよ．
5) 通信路容量と相互情報量 $I(X;Y)$ の関係を述べよ．また，この通信路の通信路容量を求めよ．

(2) 入力を $X \in \{0,1,2,3\}$，出力を $Y \in \{0,1,2,3\}$ とする通信路において，遷移確率 $p(Y = y \mid X = x)$ が行列

$$T_2 = \begin{bmatrix} 1/2 & 1/4 & 0 & 1/4 \\ 1/4 & 1/2 & 1/4 & 0 \\ 0 & 1/4 & 1/2 & 1/4 \\ 1/4 & 0 & 1/4 & 1/2 \end{bmatrix}$$

で与えられる．この通信路の通信路容量を求めよ．