平成２４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２３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。

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 に示す 1 機－無限大母線系統（一相分等価回路）は，時刻 $t < t_0$ において定常状態にあり，発電機側の相電圧 $\boldsymbol{E}_s$，無限大母線側の相電圧 $\boldsymbol{E}_r$，電流 $\boldsymbol{I}$ のベクトル図は図 2 に示す通りであり，$\boldsymbol{E}_s$ は $\boldsymbol{E}_r$ より位相差 δ だけ進んでいる．送電線は直列リアクタンス X (>0) のみで表され，発電機側と無限大母線側との間の合計リアクタンスは X_L である．また，発電機内部の損失は無視できる．以下の問いに答えよ．

(1) 発電機への機械入力 P_M，送端の有効電力 P_s，受端の有効電力 P_r の関係を示せ．ただし，P_M，P_s および P_r は一相分を表す．

(2) E_s，E_r，δ，X_L の全てを用いて P_s を示せ．

(3) $t = t_0$ において，2 ヶ所の遮断器 S が同時に開いた．以下の問いに答えよ．ただし，$t \geq t_0$ において $\boldsymbol{E}_s$ の大きさおよび P_M は変化しない．

1) S が開いた直後で $\boldsymbol{E}_s$ の位相も変化しないとき，P_s は $t < t_0$ の時の何パーセントに減少するか答えよ．

2) S が開いた後，発電機の回転数は，a.加速する，b.減速する，c.変化しない，のいずれであるか答えよ．また，その理由を述べよ．

3) $t \leq t_0$ において $\delta = \sin^{-1}(3\sqrt{3}/8)$ [rad]であった．$t >> t_0$ における δ を求めよ．

4) $t >> t_0$ において安定であるためには，$t \leq t_0$ において δ をどこまで大きくできるか．δ と P_s との関係を図示して説明せよ．

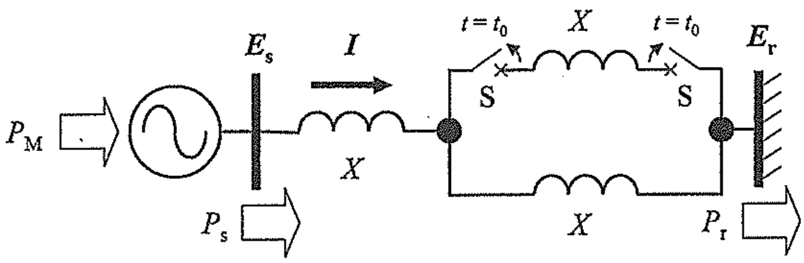


図 1

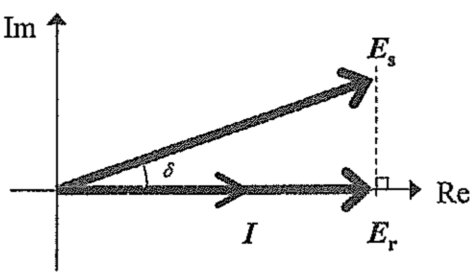


図 2

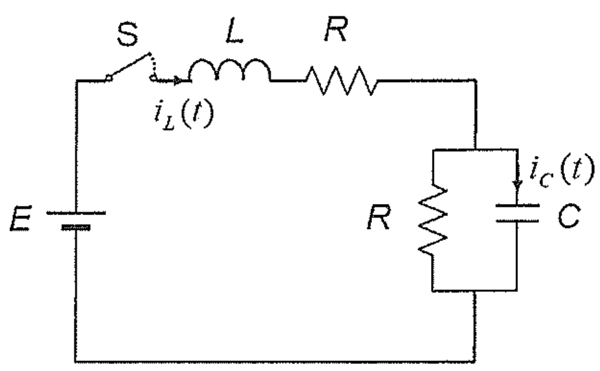
2

図に示すインダクタンスL，キャパシタンスC，抵抗Rで構成される電気回路において，$t=0$でスイッチSを閉じて直流電圧Eを印加する場合を考える．インダクタンスの初期磁束とキャパシタンスの初期電荷を零として次の問に答えよ．

(1) スイッチSを閉じた直後にLとCに流れる初期電流$i_L(0)$と $i_C(0)$を求めよ．
(2) スイッチSを閉じて時間が十分経過して定常状態になった時の電流$i_L(\infty)$と$i_C(\infty)$を求めよ．
(3) $t=0$でスイッチSを閉じた時の回路方程式をLとCに流れる電流$i_L(t)$と$i_C(t)$を用いて書け．
(4) 回路方程式をラプラス変換してLとCに流れるラプラス変換された電流$I_L(s)$と$I_C(s)$を求めよ．
(5) $L=1\,\mathrm{H}$，$R=2\,\Omega$，$C=(1/4)\,\mathrm{F}$，および$E=4\,\mathrm{V}$とする時，次の問に答えよ．
 1) LとCに流れる電流$i_L(t)$と$i_C(t)$を求めよ．
 2) Cに充電される電荷$q_C(t)$を式で示し，さらに定常状態になった時の電荷$q_C(\infty)$を示せ．

必要であれば，次のラプラス変換公式を利用してよい．

$f(t)$	$\sin\omega t$	$\cos\omega t$	$e^{at}f(t)$
$F(s)$	$\dfrac{\omega}{s^2+\omega^2}$	$\dfrac{s}{s^2+\omega^2}$	$F(s-a)$



図

3

以下の問題において，トランジスタは全て線形領域で動作しているものとする．

(1)　図1に示すnpnトランジスタのベース接地回路において，以下の問いに答えよ．

1)コレクタ電流の直流成分 I_C，およびコレクタ電圧 V_C を求めよ．なおベース電流は，コレクタ電流に比べて十分に小さいと仮定し，ベース･エミッタ間の電圧は V_{BE} とせよ．

2)コレクタ電流が何かの理由により増したと仮定して，　R_E の負帰還作用について説明せよ．

(2)図２に示す回路の小信号動作について以下の問いに答えよ．

1) npn トランジスタを用いたエミッタ接地回路の小信号に対する入出力特性は，h パラメータを用いて次のように表すことができる．

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

ここで，v_i，i_i，v_o，i_o はそれぞれ，入力電圧，入力電流，出力電圧，出力電流である．ただし，h_{re}，h_{oe} は十分小さく無視できると考えてよい．この h パラメータを用いて，図2の小信号等価回路を図示せよ．

2)電圧増幅率 $A_1=|v_{out}/v_{in}|$を求めよ．

(3)図3の差動増幅回路について以下の問いに答えよ．なおトランジスタ Tr_1 とトランジスタ Tr_2 は同じ特性を持ち h パラメータは等しいとする．

1)　$v_1 = v_{in}$，$v_2 = 0$ の場合において，電圧増幅率 $A_2 = |v_{out}/v_{in}|$を求めよ．

2)　$h_{fe} >> 1$，　$h_{fe}R_E >> h_{ie}$ として，A_2 と(2)で求めた A_1 を比較せよ．

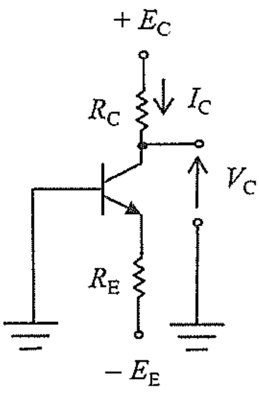


図１

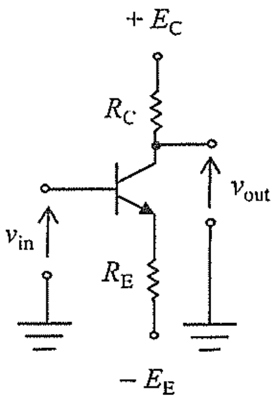


図２

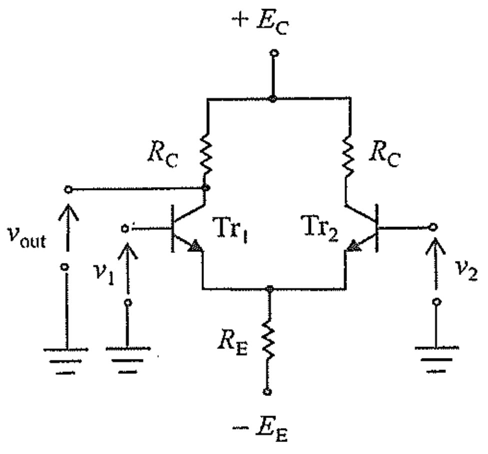


図３

図1，2及び3において，＋E_C はコレクタ側の電源電圧，−E_E はエミッタ側の電源電圧である．また，　R_C はコレクタ抵抗，R_E はエミッタ抵抗である．

$\boxed{4}$

図に示す階段状ポテンシャル $V(x)$における電子の運動について考える．電子のエネルギーを E，質量を m，プランク定数の$1/2\pi$ を $\hbar$ とする．

（1）$E \geqq V_0$ の場合について以下の問いに答えよ．

1）$x \leqq 0$ の領域における時間に依存しない１次元のシュレーディンガー方程式の解は，$+x$ 方向に進む振幅１の入射波と$-x$ 方向に進む反射波の和として次のように書ける．

$$\phi_{-}(x) = e^{ikx} + Ae^{-ikx}$$

ただし，A，k は定数である．k を E を用いて表せ．

2）$x > 0$ の領域における透過波は次のように書くことができる．

$$\phi_{+}(x) = Be^{ik'x}$$

ただし，B は定数である．k'を E，V_0 を用いて表せ．

3）$x=0$ における境界条件を示せ．

4）A，B を k，k'を用いて表せ．

5） 確率の流れの密度 J は波動関数 ϕ を用いて次のように表される．

$$J = \frac{i\hbar}{2m}\{(\nabla\phi^*)\phi - \phi^*(\nabla\phi)\}$$

$x \leqq 0$，　$x > 0$ のそれぞれの領域における J を A または B を用いて表せ．

6） 5）の結果を用いて入射波と透過波の関係を式で示せ．

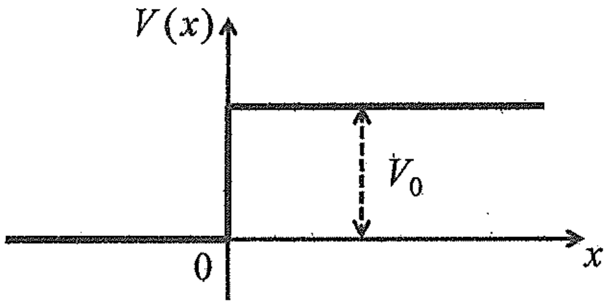
（2）$E < V_0$ の場合について以下の問いに答えよ．

1）$x > 0$ の領域における波動関数は

$$\phi_{+}(x) = Ce^{-\alpha x}$$

と書けることを示せ．ただし，C，α は定数である．C を求める必要はない．

2）$x > 0$ の領域における確率の流れの密度 J を計算せよ．計算の過程を示すこと．



5

$\{0,1\}$ の要素からなる入力符号系列があり，系列中の任意の位置から (1 1 0) という連続した符号の存在を検出して1を出力する順序回路を設計する．これを三つの内部状態を持つ順序回路として構成するものとする．以下の問に答えよ．

(1) この順序回路において，初期状態から出発して (1 1 0) の順序で入力が入ったときに順に遷移していくような三つの状態を考える．初期状態を S_0，入力に1が一つ入った状態を S_1，1が二つ入った状態を S_2 とする．この三つの状態の状態遷移図を書け．また，状態遷移を表す矢印には，その遷移をとるときの入力 x，出力 y を「x/y」の形で付記せよ．

(2) (1) の三つの状態を表すために内部に q_1，q_0 の2ビットを保持し，表1のように状態を割り当てる．q_1，q_0，x の三つを入力とし，この順序回路の出力 y を出力値とした時の真理値表を書け．また，カルノー図を書き，論理関数をできるだけ簡単な形で示せ．

表1；内部状態とビット

状態＼ビット	q_1	q_0
S_0	0	0
S_1	0	1
S_2	1	0

(3) 状態を表すビット q_1，q_0 を記憶するための回路として二つのD–フリップフロップを使うものとし，それぞれの出力 Q を q_1，q_0 に対応させる．D–フリップフロップへの入力 D には，遷移後の状態に対応する w_1，w_0 を入力するものとする．このとき，q_1，q_0，x の三つを入力とし，w_1，w_0 を出力としたときの真理値表を書け．

(4) w_1，w_0 のそれぞれについてカルノー図を書き，論理関数をできるだけ簡単な形で示せ．

(5) 上記 (2), (4) の結果に基づいて，図1の点線部分の論理回路を完成させせよ．ただし，使用できる素子はNOT回路及び2入力または3入力のAND回路・OR回路とする．

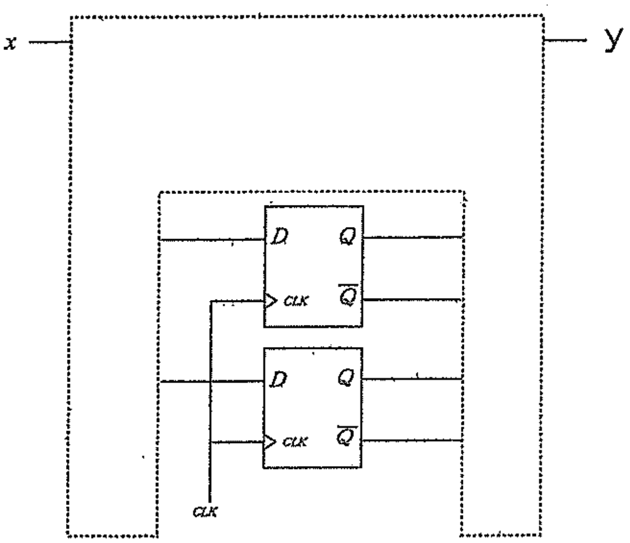


図1：論理回路

6

ある二種類の商品x，yがあり，各商品を客が購入するかどうかを考える．それぞれの商品に対して，購入する場合に1，購入しない場合に0をとる確率変数X，Yを定義する．各商品を購入しない確率を，それぞれp，q，商品xを購入しない時に商品yも購入しない確率をrとするとき，以下の問いに答えよ．

(1) 商品xの購入に関する確率変数Xについてのエントロピー$H(X)$を示せ．

(2) ベイズの定理を用いて，商品yを購入しない時に商品xも購入しない確率を求めよ．

(3) 条件付きエントロピー

$$H(X|Y) = -\sum_{m=0,1}\sum_{n=0,1} P(X=m, Y=n)\log_2 P(X=m|Y=n)$$

を求めよ．ここで，$P(X=m, Y=n)$は，XがmかつYがnの場合の確率，$P(X=m|Y=n)$は，Yがnの場合にXがmとなる条件付き確率である．

(4) 相互情報量$I(X;Y)$を求めよ．

(5) もし相互情報量$I(X;Y)$が零となるなら，客の商品x，yの購入に関して，どのような知見を得ることができるか，具体的に説明せよ．