平成２７年度　第３学年入学者選抜学力試験問題

専　門　科　目

「電気工学」，「電子工学」及び「情報工学」

注　意　事　項

1　試験開始の合図があるまで，この問題用紙を開いてはいけません。

2　問題用紙は９ページで，解答用紙は９ページあります。試験開始の合図があってから確かめなさい。

3　監督者の指示に従い，解答用紙の各ページに受験番号を記入しなさい。氏名を書いてはいけません。

4　**受験生は問題１～６の６題の中から３題のみを選択し解答しなさい。なお，選択した問題を明らかにするため，解答用紙の当該問題番号を必ず○で囲みなさい。**

5　文字などの印刷に不鮮明なところがあった場合は，手を挙げて監督者に知らせなさい。

6　解答はすべて解答用紙に記入しなさい。

7　問題用紙の余白及び解答用紙の裏面は下書きとして利用してよい。

8　試験終了後，配付された問題用紙，下書用紙は持ち帰りなさい。

長岡技術科学大学

問 題 用 紙

（ 「電気工学」，「電子工学」及び「情報工学」 ）

問題 1

図 1-1 に示す 2 つの電圧源 $\dot{V}_1$，電圧源 $\dot{V}_2$，インダクタンス L からなる回路に，電流 $\dot{I}$ が流れた。以下の問いに答えなさい。ただし，電源角周波数を ω とし，$\dot{V}_1 = V_{1\alpha} + jV_{1\beta}$，$\dot{V}_2 = V_{2\alpha}$ とする。また，L は飽和や損失がない理想状態とする。

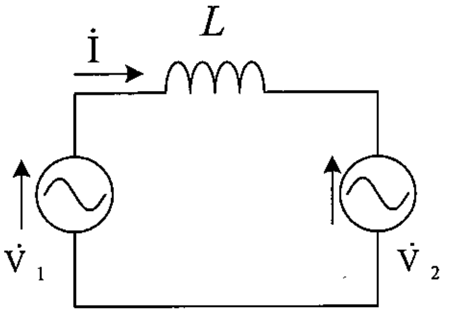

図 1-1

問 1　$\dot{I}$ を求めなさい。

問 2　$\dot{V}_1$ から $\dot{V}_2$ に供給される有効電力を求めなさい。

問 3　$\dot{V}_1$ から $\dot{V}_2$ に有効電力 P_0 を供給するとき，電流 $|\dot{I}|$ が最も小さくなる $\dot{V}_1$ を求めなさい。

問 4　電流 $|\dot{I}|$ が最も小さいとき，$\dot{V}_1$，$\dot{V}_2$，$\dot{I}$ の関係をベクトル図で図示せよ。

問 5　$\dot{V}_1$ から $\dot{V}_2$ に有効電力 P_0 を供給するとき，$\dot{V}_1$ の電源容量が最も小さくなる条件とその時の $\dot{V}_1$ を求めなさい。

問 題 用 紙

（ 「電気工学」，「電子工学」及び「情報工学」 ）

問題 2

以下は分布定数線路に関する説明である。 ① ～ ⑮ に適切な式あるいは語句を以下の(ア)～(ネ)から選べ。なお，同じ記号を複数回使用しても良い。

(ア) $(R+j\omega L)$	(イ) $(R-j\omega L)$	(ウ) $(-R+j\omega L)$	(エ) $(R-\frac{1}{j\omega L})$
(オ) $(G+j\omega C)$	(カ) $(G-j\omega C)$	(キ) $(-G+j\omega C)$	(ク) $(G-\frac{1}{j\omega C})$
(ケ) L	(コ) C	(サ) R	(シ) G
(ス) A	(セ) B	(ソ) γ	(タ) $-\gamma$
(チ) $Ae^{-\gamma x}$	(ツ) $Be^{\gamma x}$	(テ) $Ae^{-\gamma x}+Be^{\gamma x}$	(ト) $Ae^{-\gamma x}-Be^{\gamma x}$
(ナ) $-Ae^{-\gamma x}+Be^{\gamma x}$	(ニ) $-Ae^{-\gamma x}-Be^{\gamma x}$	(ヌ) 発散	(ネ) 収束

交流電源が接続された分布定数回路を考える。以下では，角周波数ωの正弦波電源が接続されているものとし，電圧を$V(x)e^{j\omega t}$，電流を$I(x)e^{j\omega t}$として表すものとする。ここで，$V(x)$および$I(x)$は位置 x のみの関数とする。

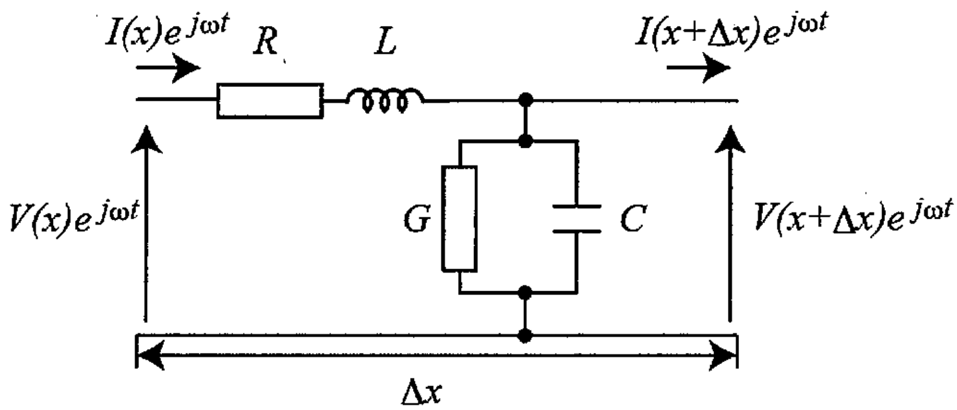

図 2-1 x と $x+\Delta x$ の間の微小な領域に着目したときの分布定数線路の等価回路

まず，この回路中の任意の位置 x における電圧と電流を求めるために，分布定数線路の x と $x+\Delta x$ の間の微小な領域に着目した回路を図 2-1 に示す。位置 x での電圧と電流をそれぞれ$V(x)e^{j\omega t}$，$I(x)e^{j\omega t}$，位置 $x+\Delta x$ での電圧と電流をそれぞれ$V(x+\Delta x)e^{j\omega t}$，$I(x+\Delta x)e^{j\omega t}$とする。また，単位長さあたりのインダクタンスを L，単位長さあたりのキャパシタンスを C，単位長さあたりの抵抗を $R[\Omega]$，単位長さあたりのコンダクタンスを $G[\mathrm{S}]$で表す。

位置 $x+\Delta x$ での電圧$V(x+\Delta x)e^{j\omega t}$は，位置 x での電圧$V(x)e^{j\omega t}$と電流$I(x)e^{j\omega t}$を用いて以下のように表せる。

$$V(x+\Delta x)e^{j\omega t} = \left[V(x) - \boxed{\quad ① \quad}\Delta x I(x)\right]e^{j\omega t}. \cdots (1)$$

同様に，位置 $x+\Delta x$ での電流$I(x+\Delta x)e^{j\omega t}$は，位置 x での電圧$V(x)e^{j\omega t}$と電流$I(x)e^{j\omega t}$を用いて以下のように表せる。

$$I(x+\Delta x)e^{j\omega t} = \left[I(x) - \boxed{\quad ② \quad}\Delta x V(x)\right]e^{j\omega t}. \cdots (2)$$

ここで，位置 x と位置 $x+\Delta x$ の間における電位差を$\Delta V e^{j\omega t}$，電流の差を$\Delta I e^{j\omega t}$とするとそれぞれ以下のようになる。

$$\Delta V e^{j\omega t} = V(x+\Delta x)e^{j\omega t} - V(x)e^{j\omega t} = -\boxed{\quad ① \quad}\Delta x I(x)e^{j\omega t}. \cdots (3)$$

$$\Delta I e^{j\omega t} = I(x+\Delta x)e^{j\omega t} - I(x)e^{j\omega t} = -\boxed{\quad ② \quad}\Delta x V(x)e^{j\omega t}. \cdots (4)$$

ここで，(3)式および(4)式を変形して，無限小の変位をとると，

$$\lim_{\Delta x \to 0}\frac{\Delta V}{\Delta x} = \frac{dV(x)}{dx} = -\boxed{\quad ① \quad}I(x). \cdots (5)$$

$$\lim_{\Delta x \to 0}\frac{\Delta I}{\Delta x} = \frac{dI(x)}{dx} = -\boxed{\quad ② \quad}V(x). \cdots (6)$$

となる。さらに，(5)式を x で微分して，(6)式を代入すると，以下の式が得られる。

$$\frac{d^2V(x)}{dx^2} = \gamma^2 V(x). \cdots (7)$$

ここで，$\gamma = \sqrt{\boxed{③} \times \boxed{④}}$ （$\boxed{③}$ および $\boxed{④}$ は順不同） とした。これにより，この式の一般解は

$$V(x) = Ae^{-\gamma x} + Be^{\gamma x}. \cdots (8)$$

となる。ただし，A および B は積分定数であり，境界条件から定められる。

同様に，電流については，(8)式を x で微分し，(5)式に代入すると，

$$I(x) = \sqrt{\frac{\boxed{⑤}}{\boxed{⑥}}}\left\{\boxed{⑦}\right\}. \cdots (9)$$

が得られる。よって，分布定数線路の任意の点 x における電圧 $V(x)$ および電流 $I(x)$ の一般解が求められた。

次に，無限路の分布定数線路を考えると，負荷は無限遠にあるとすると，$x \to \infty$ において，$\boxed{⑧}$ は $\boxed{⑨}$ するため，解として不合理であることから，一方だけを残して，(8)式および(9)式は，以下のように書き表される。

$$V(x) = \boxed{⑩}\, e^{\boxed{⑪}x}. \cdots (10)$$

$$I(x) = \sqrt{\frac{\boxed{⑤}}{\boxed{⑥}}}\,\boxed{⑩}\, e^{\boxed{⑪}x}. \cdots (11)$$

この結果，任意の点 x での電圧および電流の比 Z_0 を求めると，

$$\frac{V(x)}{I(x)} = Z_0 = \sqrt{\frac{\boxed{⑫}}{\boxed{⑬}}}. \cdots (12)$$

となる。これを特性インピーダンスと呼び，位置に無関係なパラメータである。特に無損失線路 $R=G=0$ の場合には

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\boxed{⑭}}{\boxed{⑮}}} \cdots (13)$$

となる。

問 題 用 紙

（ 「電気工学」，「電子工学」及び「情報工学」 ）

問題3

導体が真空中で存在するときの現象について，以下の問いに答えよ。
ここで，真空の誘電率をε_0として解答すること。

問1　図3-1のように点電荷Q_1，Q_2，Q_3[C]が一直線上に間隔a_1，a_2[m]で並んでいるとき，各点電荷に働く電気力F_1，F_2，F_3[N]を求めよ。

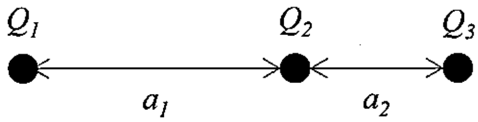

図3-1 点電荷の配置図

問2　図3-2のように，同じ長さ ℓ[m]の導線が距離 d[m]で相対しているとする。それぞれの導線にQ_1，Q_2[C]の電荷を帯電させた時の両導線の反発力F[N]を求めよ。また，ℓがdよりも十分大きいときの反発力F[N]を示せ。

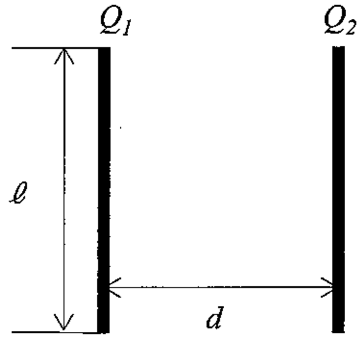

図3-2 導線の配置図

問3　問2において，一方が長さ ℓ_1[m]，他方が長さ ℓ_2[m] だった場合の反発力F[N]を求めよ。

問 題 用 紙

（「電気工学」，「電子工学」及び「情報工学」）

問題４　半導体結晶の電気伝導に関する以下の問いに答えなさい。なお電子の濃度，ドリフト移動度，拡散係数をそれぞれ $n(x)$，μ_e，D_e，正孔の濃度，ドリフト移動度，拡散係数を $p(x)$，μ_h，D_h とする。また電子の電荷を$-q$ ($q = 1.6\times10^{-19}$ C)とする。

問１　以下の文章の空欄に適切な語句や式を記入しなさい。

半導体中のキャリアには，正の電荷を持つ正孔や負の電荷を持つ電子がある。これらのキャリアが存在する半導体結晶の長さ方向に電界 E_x が存在するとき，正孔は電界により（　①　）のドリフト速度 v_h を，電子は電界により（　②　）のドリフト速度 v_e を得る。この正孔の運動により（　③　）のドリフト電流密度 $J_{drift,h}$ が生じ，電子の運動により（　④　）のドリフト電流密度 $J_{drift,e}$ が生じる。

一方，半導体中に電界が無くてもキャリアが結晶中で不均一な場合，濃度の高い場所から低い場所に向かってキャリアが移動することで拡散電流が生じる。正孔の濃度分布 $p(x)$により（　⑤　）の拡散電流密度 $J_{diff,h}$ が生じ，電子の濃度分布 $n(x)$により（　⑥　）の拡散電流密度 $J_{diff,e}$ が生じる。電子濃度や正孔濃度に分布のある半導体結晶中に電界 $\boldsymbol{E}$ が加えられたとき，ドリフト電流と拡散電流により正孔による電流密度 $\boldsymbol{J}_h$（　⑦　）が，電子による電流密度 $\boldsymbol{J}_e$（　⑧　）が生じる。全電流密度（$\boldsymbol{J} = \boldsymbol{J}_h + \boldsymbol{J}_e$）と電界 $\boldsymbol{E}$ の間には $\boldsymbol{J}$ =（　⑨　）$\boldsymbol{E}$ の比例関係がある。これはオームの法則であり，この式の比例係数を（　⑩　）と呼ぶ。

問２　キャリア濃度が一定の半導体結晶の電子濃度と正孔の濃度，それぞれのドリフト移動度がそれぞれ $n = 2.0\times10^{15}$ cm^{-3}, $p = 1.0\times10^{5}$ cm^{-3}, $\mu_e = 1200$ cm^{2}V^{-1}s^{-1}, $\mu_h =$ 390 cm^{2}V^{-1}s^{-1} であった。この半導体結晶に電界 $\boldsymbol{E}$ = 100 Vcm^{-1} が印加されたときの電子によるドリフト電流密度 $J_{drift,e}$ Acm^{-2} と正孔によるドリフト電流密度 $J_{drift,h}$ Acm^{-2} を求めよ。

問３　半導体結晶の長さ方向（x 方向）に電子の濃度勾配が有り $x = 0$ cm で $n(0) = 2.0\times10^{10}$ cm^{-3}，$x = 0.01$ cm で $n(0) = 2.0\times10^{8}$ cm^{-3} と直線的に電子濃度が減少していた。この半導体結晶の x 方向への電子による拡散電流密度 $J_{diff,e}$ Acm^{-2} を求めよ。なお電子の拡散係数は $D_e = 32$ cm^{2}s^{-1} とする。

問　題　用　紙

（　「電気工学」，「電子工学」及び「情報工学」　）

問題5

論理回路に関する以下の問いに答えなさい。なお，記法としてAの否定を$\overline{A}$，AとBの論理積をAB，論理和を$A+B$，排他的論理和を$A \oplus B$と表しなさい。

A　3ビットの信号$[A_2A_1A_0]$を入力したとき，$2^2A_2+2^1A_1+2^0A_0$が3以上かつ6以下の場合に1，それ以外の場合に0となる信号Xを出力する論理回路を考える。

問1　この論理回路の真理値表を書きなさい。

問2　Xを表す論理式を積和標準形（主加法標準形）で書きなさい。

問3　Xを表す論理式を簡単化し，式中に現れる$A_k (k=0,1,2)$の数が最も少ない形で書きなさい。

B　図5-1の回路はTフリップフロップを用いた3ビットの非同期式アップカウンタである。各Tフリップフロップはクロック入力の立ち下がり毎に出力Qが反転する。

問1　この回路の動作を表すタイミングチャートを書きなさい。各Tフリップフロップはクロック入力の立ち下がりから出力Qが反転するまでに時間t_dの遅延があるものとし，初期状態は$[Q_2Q_1Q_0]=[000]$とする。なお，解答用紙にはあらかじめタイミングチャートの一部が書かれている。

問2　図5-1の回路の出力$[Q_2Q_1Q_0]$を前問Aの回路の入力$[A_2A_1A_0]$に接続した場合の出力Xをタイミングチャートに書きなさい。前問Aの回路の入力$[A_2A_1A_0]$から出力Xまでの遅延は無視できるとする。

C　図5-2の回路は3ビットの同期式アップカウンタであり，クロックCLKの立ち上がりに同期して$2^2Q_2+2^1Q_1+2^0Q_0$の値が0から7まで1ずつ増え，7の次は0となる。回路Cは入力が$[A_2A_1A_0]$，出力が$[Y_2Y_1Y_0]$の組み合わせ論理回路である。Y_2，Y_1，Y_0にそれぞれ接続されている回路はDフリップフロップであり，クロックの立ち上がりで入力Dを取り込み，出力Qが更新される。

問1　回路Cの真理値表を書きなさい。

問2　Y_2，Y_1，Y_0のそれぞれを表す論理式を，式中に現れる$A_k (k=0,1,2)$の数が最も少ない形で書きなさい。

問3　同期式カウンタの長所と短所を非同期式カウンタと比較して説明しなさい。

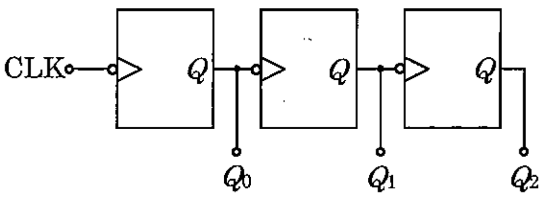

図 5-1

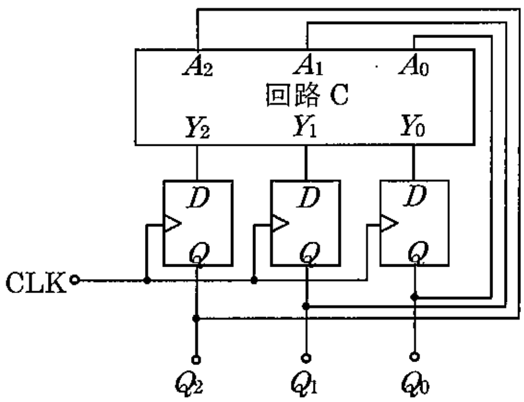

図 5-2

　長岡技術科学大学

問 題 用 紙
（ 「電気工学」，「電子工学」及び「情報工学」 ）

問題６　連続時間 t [s] を変数とする関数 $f(t)$ のフーリエ変換は，

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$$

により計算される。ただし，$j = \sqrt{-1}$ であり，ω [rad/s] は角周波数である。

このことを利用して，下の問い（問１～４）に答えよ。

問１　$f(t-a)$ のフーリエ変換が $F(\omega)e^{-j\omega a}$ となることを示せ。

ただし，a は正の実数とする。

問２　$f(t)\cos(\omega_0 t)$ のフーリエ変換が $\frac{1}{2}F(\omega-\omega_0)+\frac{1}{2}F(\omega+\omega_0)$ となることを示せ。

ただし，ω_0 は正の実数とする。

問３　$g(t) = e^{-a|t|}$ と定義する。ただし，a は正の実数である。

$g(t)$ のフーリエ変換 $G(\omega)$ を求めよ。

問４　$g(t) = \begin{cases} 1 & (|t| \le 2) \\ 0 & (|t| > 2) \end{cases}$ と定義する。$g(t)$ のフーリエ変換 $G(\omega)$ を求めよ。

また，関数 $y = G(\omega)$ として，y のグラフの略図を示せ。