令和４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８ページで，解答用紙は７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１～３の３題の中から２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。３つの問題すべてを○で囲んで解答した場合は，すべての解答が無効になることがあります。

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。ただし,「総得点欄」「採点欄」「得点欄」に記入してはいけません。

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　電気工学に関する下の問い（問１～５）に答えなさい。

問１　ある企業の１日の使用電力の推移を図１－１に示す。8～20 時の電気料金は 1 kWh 当たり 27 円，その他の時間帯では 1 kWh 当たり 14 円とする。使用した電力量に比例した契約のとき，この日の電気料金を求めなさい。

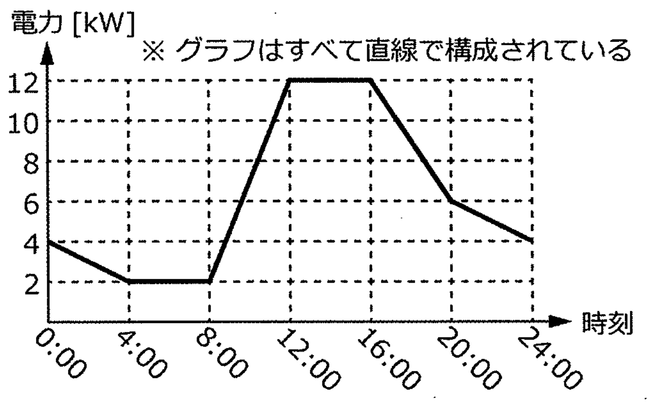

図１－１

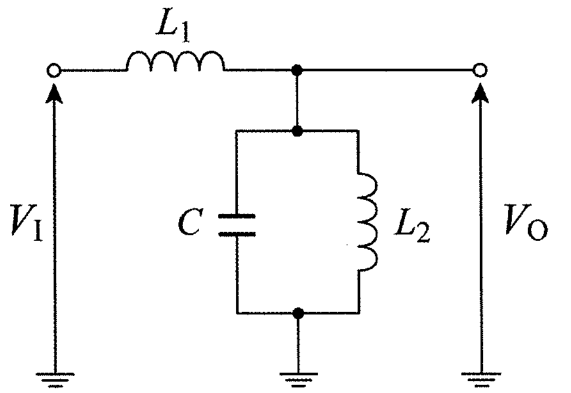

図１－２

問２　図１－２は，ある角周波数 ω で振幅一定の交流電圧 V_I を印加したとき，出力電圧 V_O が無限大となる共振回路である。角周波数 ω とインダクタ L_1，L_2 が与えられたときのキャパシタ C を求めなさい。

問３　図１－３に示す回路の伝達関数 $P(s)$ を求めなさい。ただし，入力を電流源 $J(s)$ ，出力をキャパシタの両端電圧 $V(s)$ とし，s をラプラス変換に使われる複素数とする。

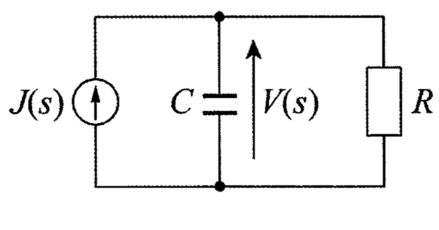

図１－３

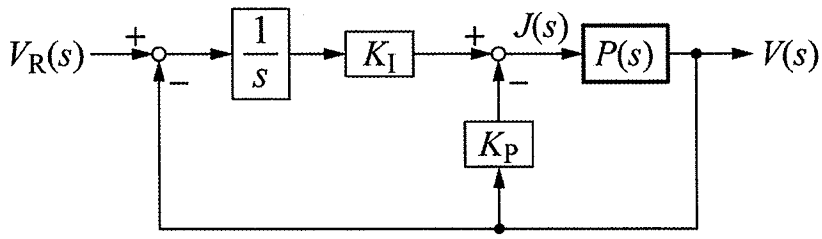

図１－４

問 題 用 紙

（ 「電気工学」，「電子工学」及び「情報工学」 ）

問４　問３で求めた伝達関数 $P(s)$ を制御対象とし，図１－４のような電圧制御系を構成するとき，電圧指令 $V_R(s)$からキャパシタ両端電圧 $V(s)$ までの目標値応答特性が，$V(s) = \dfrac{\omega^2}{s^2+2\zeta\omega s+\omega^2} V_R(s)$ で表される 2 次遅れ系と等価となるようにしたい。積分ゲイン K_I と比例ゲイン K_P に設定すべき値を求めなさい。ただし，$C = 3000\ \mu F$，$R = 5\ \Omega$，$\omega = 1000$ rad/s，$\zeta = 0.7$ とする。

問５　周波数 $f = 50$ Hz の交流電流源 $i_1(t) = \sqrt{2}\pi \sin \omega t$ [A] を，図１－５(a) のような未知の線形回路とキャパシタ $C = 1000\ \mu F$ によって構成される回路に接続したところ，$v_2(t) = 2 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{6}\right)$ [V] の電圧が生じた。次に，同じ未知の線形回路に周波数 $f = 50$ Hz の交流電流源 $i_2(t) = 5\sqrt{2} \sin \omega t$ [A] を図１－５(b)のように接続したところ，キャパシタ C に流れる電流 $i_C(t)$ は $I_{max} \sin(\omega t + \phi)$ となった。このときの振幅 I_{max} [A] と位相角 ϕ [rad] を求めなさい。ただし，t は時刻 [s]，ω は角周波数 [rad/s] である。

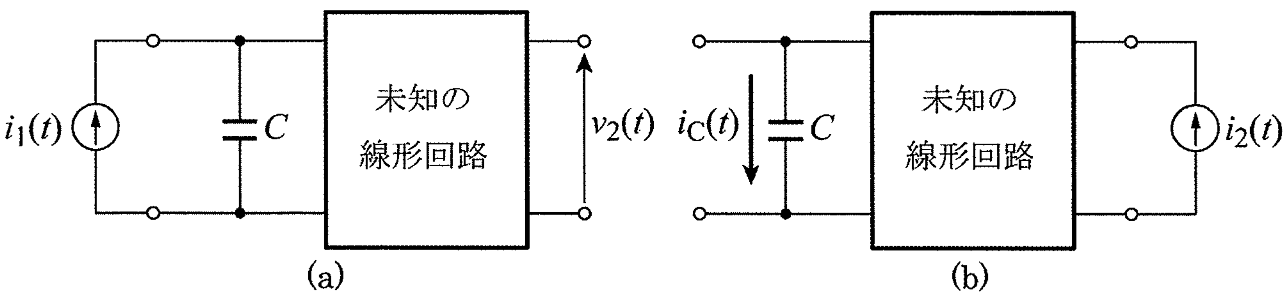

図１－５

問 題 用 紙

（　「電気工学」，「電子工学」及び「情報工学」　）

問題２　次の文章（A，B）を読み，下の問い（問１～１０）に答えなさい。ただし，真空の誘電率をε_0 [F/m]，真空の透磁率をμ_0 [H/m]とする。

A　図２－１に示す，内導体の半径がa [m]，外導体の内半径がb [m]，長さl [m]の同軸線路に蓄えられる静電エネルギーについて考える。なお，内導体と外導体の間は真空であるとし，端面の影響は無視できるものとする。

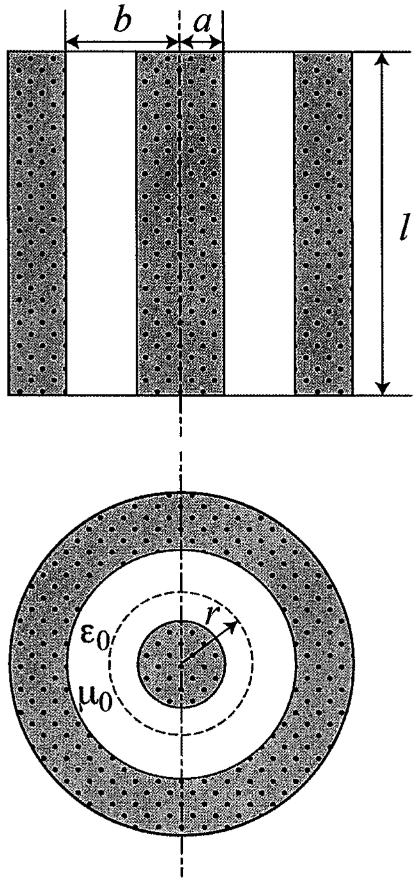

図２－１同軸線路

問１　内導体に単位長さ当たり$+\lambda$ [C/m] ($\lambda > 0$)，外導体に単位長さ当たり$-\lambda$ [C/m]の電荷を与えたとき，同軸線路の中心からの距離r [m] ($a < r < b$)における電場の強さE [V/m]を求め，このときの電気力線の概形を図示しなさい。なお，電荷は導体の表面に集中しているものとし，導体内部の電荷分布を無視できるものとする。

問２　内導体と外導体の間に発生する電位差 V [V]を求めなさい。なお，外導体の電位を０とする。

問３　同軸線路をコンデンサとしてみたときの静電容量C [F]を求めなさい。

問４　内導体と外導体の間の空間に蓄えられる静電エネルギー密度 w_e [J/m^3]を求めなさい。

問５　内導体と外導体の間の空間に蓄えられる静電エネルギーW_e [J]を求めなさい。

問 題 用 紙

（ 「電気工学」，「電子工学」及び「情報工学」 ）

B　Aと同様に図２－１に示す同軸線路に蓄えられる磁気エネルギーについて考える。ここで，内導体と外導体は往復線路で構成されており，電流は紙面奥から手前に流れる向きを正とする。また，両導体内部の自己インダクタンスは考えない。

問６　内導体に電流$+I$ [A]($I > 0$)，外導体に電流$-I$ [A]が流れているとき，同軸線路の中心からの距離 r [m] ($a < r < b$)に発生する磁束密度 B [T]を求め，このときの磁力線の概形を図示しなさい。

問７　内導体と外導体の間の空間の磁束Φ [Wb]を求めなさい。

問８　同軸線路をインダクタとしてみたときの自己インダクタンスL [H]を求めなさい。

問９　内導体と外導体の間の空間に蓄えられる磁気エネルギー密度 w_{m} [J/m^3]を求めなさい。

問１０　内導体と外導体の間の空間に蓄えられる磁気エネルギーW_{m} [J]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３　次の文章（A，B）を読み，下の問い（問１～８）に答えなさい。

A　図３－１に示す順序回路について考える。ここで回路Ｃは入力がA_2，A_1，A_0，出力がY_1，Y_0の組み合わせ論理回路である。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，クロック信号の立ち上がりで入力Dを取り込み出力Qが更新される。この順序回路について問１～３に答えなさい。以下では，記法としてAの否定を$\bar{A}$，AとBの論理積を$A \cdot B$，論理和を$A+B$と表す。また，解答群は問１～３で共通であり，同じ記号を何度でも選んでよい。

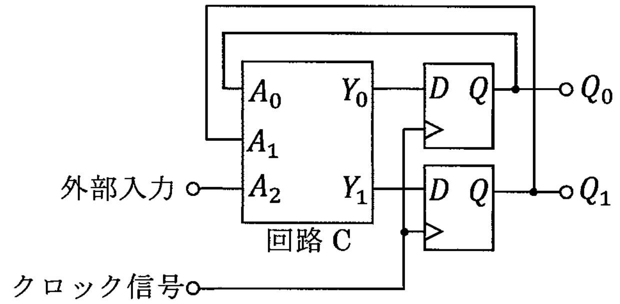

図３－１　順序回路

問１　A_2の値に関わらず，回路Ｃの入出力関係が次の式を満たすとする。

$$2^1Q_1 + 2^0Q_0 = \begin{cases} 2^1A_1 + 2^0A_0 + 1 & (0 \leq 2^1A_1 + 2^0A_0 \leq 2) \\ 0 & (2^1A_1 + 2^0A_0 = 3) \end{cases}$$

このとき，図３－１の順序回路は，クロック信号の立ち上がりごとに1ずつカウントアップする２ビット（4進）バイナリカウンタとして動作する。

(1) 回路Ｃについて，解答用紙の真理値表を完成させなさい。

(2) Y_1とY_0を表す論理式を解答群からそれぞれ選び，ア～ケの記号で答えなさい。

問２　A_2を外部からの入力とし，A_2が 1 の場合はクロック信号の立ち上がりでカウントアップし，A_2が 0 の場合はクロック信号が立ち上がっても同じ値を保持するように動作する２ビット（4進）バイナリカウンタを作りたい。

(1) 回路Ｃについて，解答用紙の真理値表を完成させなさい。

(2) Y_1とY_0のそれぞれについて，解答用紙のカルノー図を完成させなさい。

(3) Y_1とY_0を表す論理式を解答群からそれぞれ選び，ア～ケの記号で答えなさい。

問 題 用 紙

（　「電気工学」，「電子工学」及び「情報工学」　）

問３　問２で述べたカウンタの動作を状態遷移図で表すと図３－２のようになる。図中の各状態はQ_1，Q_0の値を並べて表記してあり，例えば状態「**01**」は$Q_1 = 0$，$Q_0 = 1$である状態を意味する。いま，回路Ｃを変更し図３－３に示す動作のカウンタにすることを考える。なお，図３－２と図３－３では右下と左下の状態が異なるので注意すること。

(1) 回路Ｃについて，解答用紙の真理値表を完成させなさい。なお，真理値表にあらかじめ書かれているA_2，A_1，A_0の値の順序が問２と問３とで異なる部分があるので注意すること。

(2) Y_1とY_0のそれぞれについて，解答用紙のカルノー図を完成させなさい。

(3) Y_1とY_0を表す論理式を解答群からそれぞれ選び，ア～ケの記号で答えなさい。

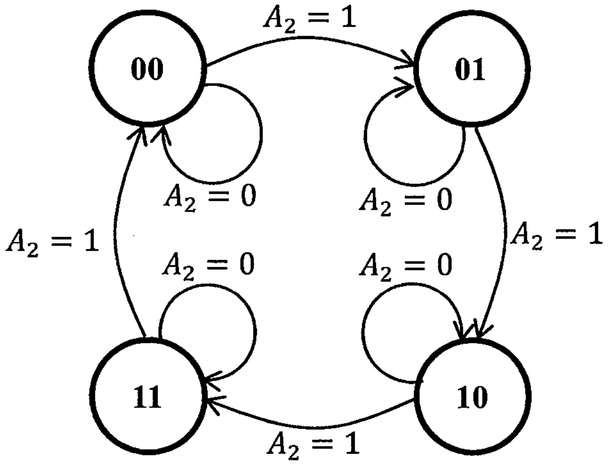

図３－２　状態遷移図（問２のカウンタ）

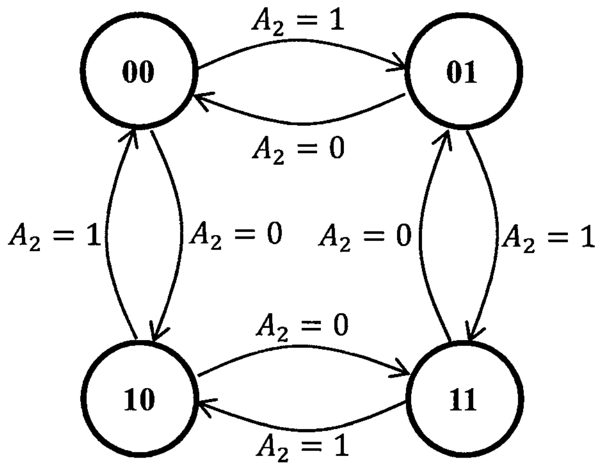

図３－３　状態遷移図（問３のカウンタ）

【解答群】

ア：$\overline{A_0}$

イ：$\overline{A_2} \cdot \overline{A_0}$

ウ：$\overline{A_1} \cdot A_0 + A_1 \cdot \overline{A_0}$

エ：$\overline{A_2} \cdot \overline{A_0} + A_2 \cdot A_0$

オ：$\overline{A_2} \cdot A_0 + A_2 \cdot \overline{A_0}$

カ：$\overline{A_2} \cdot A_1 + A_2 \cdot \overline{A_1}$

キ：$\overline{A_2} \cdot \overline{A_1} \cdot A_0 + \overline{A_2} \cdot A_1 \cdot \overline{A_0}$

ク：$A_2 \cdot \overline{A_1} \cdot A_0 + \overline{A_2} \cdot A_1 + A_1 \cdot \overline{A_0}$

ケ：$\overline{A_2} \cdot \overline{A_1} \cdot \overline{A_0} + \overline{A_2} \cdot A_1 \cdot A_0 + A_2 \cdot \overline{A_1} \cdot A_0 + A_2 \cdot A_1 \cdot \overline{A_0}$

問 題 用 紙

（ 「電気工学」，「電子工学」及び「情報工学」 ）

B　ベクトル空間に関する下の問い（問４～８）に答えなさい。以下では，記法として$|\boldsymbol{a}|$はベクトル$\boldsymbol{a}$の大きさ（ユークリッドノルム）を，$(\boldsymbol{a},\boldsymbol{b})$はベクトル$\boldsymbol{a}$とベクトル$\boldsymbol{b}$の内積を表す。

問４　次の文章中の①から⑤に最もよくあてはまる語句を，それぞれ直後の【】内に書かれている選択肢から選び，㋐～㋒の記号で答えなさい。

実数を成分とするm個のn次元実ベクトル$\boldsymbol{b}_0,\boldsymbol{b}_1,\cdots,\boldsymbol{b}_{m-1}$があり，実係数$a_0,a_1,\cdots,a_{m-1}$を適切に定めることによって，線形結合（一次結合）

$$\boldsymbol{v}=\sum_{i=0}^{m-1}a_i\,\boldsymbol{b}_i$$

がどのようなn次元実ベクトルをも表現できる場合を考える。

上記を満たす中でmが最小の場合を条件Ⅰとする。このとき，$m=$（ ① ）【㋐1　㋑3　㋒n】であり，

$$\boldsymbol{0}=\sum_{i=0}^{m-1}a_i\,\boldsymbol{b}_i$$

の解は$a_0=a_1=\cdots=a_{m-1}=0$以外に（ ② ）【㋐一つだけ存在する　㋑無数に存在する　㋒存在しない】。ここで$\boldsymbol{0}$は零ベクトルを表す。このときの$\boldsymbol{b}_0,\boldsymbol{b}_1,\cdots,\boldsymbol{b}_{m-1}$は（ ③ ）【㋐線形独立（一次独立）　㋑線形従属（一次従属）　㋒非線形】であるという。

条件Ⅰを満たした上で，さらに$(\boldsymbol{b}_i,\boldsymbol{b}_j)=0$が$i\neq j$で必ず成り立つ場合を条件Ⅱとする。このときの$\boldsymbol{b}_0,\boldsymbol{b}_1,\cdots,\boldsymbol{b}_{m-1}$を（ ④ ）【㋐直交基底　㋑直角基底　㋒直交行列】という。この場合，$a_0,a_1,\cdots,a_{m-1}$は次の式で求められる。

$$a_i=\frac{(\boldsymbol{v},\boldsymbol{b}_i)}{|\boldsymbol{b}_i|^2}\quad(i=0,1,\cdots,m-1)$$

条件Ⅱを満たした上で，さらに$|\boldsymbol{b}_0|=|\boldsymbol{b}_1|=\cdots=|\boldsymbol{b}_{m-1}|=1$である場合を条件Ⅲとする。このときの$\boldsymbol{b}_0,\boldsymbol{b}_1,\cdots,\boldsymbol{b}_{m-1}$を（ ⑤ ）【㋐単位基底　㋑正規直交基底　㋒正規行列】という。

問 題 用 紙

（　「電気工学」，「電子工学」及び「情報工学」　）

問５　$n=2$とする。下に示す①～④について，問４の条件Ⅱを満たす場合は○印を，満たさない場合は×印を解答用紙に書きなさい。なお，ベクトルの成分に変数を含むものは，変数がどのような値であっても条件Ⅱを満たす場合にのみ○印を書き，そうでない場合は×印を書きなさい。

①$\boldsymbol{b}_0=[1,1]$,　　$\boldsymbol{b}_1=[1,-1]$

②$\boldsymbol{b}_0=\left[\frac{1}{2},\ \frac{\sqrt{3}}{2}\right]$,　　$\boldsymbol{b}_1=\left[\frac{1}{\sqrt{2}},\ -\frac{1}{\sqrt{2}}\right]$

③$\boldsymbol{b}_0=[\cos\theta,\ \sin\theta]$,　　$\boldsymbol{b}_1=[-\sin\theta,\ \cos\theta]$　(θは任意の実数)

④$\boldsymbol{b}_0=[x,\ y]$,　　$\boldsymbol{b}_1=[-y,\ x]$　(x,yはそれぞれ任意の実数)

問６　$n=3$とし，3個のベクトル$\boldsymbol{b}_0,\boldsymbol{b}_1,\boldsymbol{b}_2$は問４の条件Ⅲを満たすとする。

$$\boldsymbol{b}_0=\left[\frac{1}{2},-\frac{1}{2},\ \frac{1}{\sqrt{2}}\right],\boldsymbol{b}_1=\left[-\frac{1}{2},\ \frac{1}{2},\ \frac{1}{\sqrt{2}}\right]$$

であり，$\boldsymbol{b}_2$の各成分は負でないとする。$\boldsymbol{b}_2$の各成分を求めなさい。

問７　$n=8$とし，$\boldsymbol{b}_0$から$\boldsymbol{b}_7$までの8個のベクトルを次の式で定義する。

$$\boldsymbol{b}_k=\left[b_{k,0},b_{k,1},b_{k,2},\cdots,b_{k,7}\right]\quad(k=0,1,\cdots,7)$$

$$b_{k,i}=\begin{cases}1 & (k=0)\\ \cos\left\{\frac{2\pi}{8}ki\right\} & (k=1,2,3,4)\\ \sin\left\{\frac{2\pi}{8}(k-4)i\right\} & (k=5,6,7)\end{cases}$$

(1) 解答用紙に書かれている$\boldsymbol{b}_0,\boldsymbol{b}_1,\cdots,\boldsymbol{b}_7$の成分表示の空欄を全て埋めなさい。

(2) $\boldsymbol{b}_0,\boldsymbol{b}_1,\cdots,\boldsymbol{b}_7$は問４の条件Ⅱを満たすことがわかっている。

$$\boldsymbol{v}=[\ 1,\ 1,\ 1,-3,\ 1,\ 1,\ 1,-3\ ]$$

としたときの$a_0,a_1,\cdots,a_7$の値を全て求めなさい。

問８　1 ms またはその整数分の1の周期をもち，4 kHz より高い周波数成分を含まない周期信号がある。問 7 で定めた$\boldsymbol{v}$の成分は，この周期信号をサンプリング周期 125 μsで 8 点続けてサンプリングした値を順に並べたものであるとする。この周期信号に含まれている周波数成分とその振幅の組を周波数の低い方から順に全て答えなさい。