令和６年度　第３学年入学者選抜学力試験問題

専　門　科　目

「電気電子情報工学」

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，解答用紙は１４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　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。

5　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。

6　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。

7　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。

8　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，下記の☐にチェック（☑）を入れなさい。また，同様に選択した問題の解答用紙の☐にチェックを入れなさい。

問題１　☐電気回路

問題２　☐電気磁気学

問題３　☐情報数学

長岡技術科学大学

問　題　用　紙
（「電気電子情報工学」電気回路 ）

問題１　電気回路に関する下の問い（A～B）に答えなさい。

A　直流回路に関する下の問い（問１～問５）に答えなさい。

問１　図１－１のように，内部抵抗 $r[\Omega]$ を持つ電源に，ケーブル線の抵抗 $R_{\mathrm{S}}[\Omega]$ と負荷抵抗 $R_{\mathrm{L}}[\Omega]$ が直列に接続されている。この電源の電圧が $E[\mathrm{V}]$ のとき，回路に流れる電流 $I[\mathrm{A}]$ を求めなさい。

問２　負荷抵抗 $R_{\mathrm{L}}[\Omega]$ の両端に発生する電圧 $V_{\mathrm{L}}[\mathrm{V}]$ を求めなさい。

問３　負荷抵抗 $R_{\mathrm{L}}[\Omega]$ で消費される電力が最大となるときの抵抗 R_{L} の条件と，そのときの消費電力 $P_{\mathrm{MAX}}[\mathrm{W}]$ を内部抵抗 r とケーブル線の抵抗 R_{S} を用いて求めなさい。

問４　次式で与えられる電圧-電流特性をもつ電源が図１－２のように負荷抵抗 $R_{\mathrm{L}}[\Omega]$ へ接続された回路を考える。

$$V(I) = V_{\mathrm{o}}\sqrt{1-\frac{I^2}{I_{\mathrm{s}}^2}} \tag{1－1}$$

ここで，$V_{\mathrm{o}}\,[\mathrm{V}]$ は開放電圧 (ただし，$V_{\mathrm{o}} > 0\,\mathrm{V}$), $I_{\mathrm{s}}\,[\mathrm{A}]$ は短絡電流 (ただし，$I_{\mathrm{s}} > 0\,\mathrm{A}$) とし，電圧及び電流はそれぞれ $V \geq 0\,\mathrm{V}$，$I \geq 0\,\mathrm{A}$ の範囲で動作するものとする。この電源の電圧－電流特性のグラフの概形を描きなさい。特にグラフを描く際は，軸の交点の値を示すこと。

問５　問４の電源の最大出力電力 P_{Mout} と負荷 R_{L} で消費電力を最大にする抵抗の条件を電圧 V_{o} 及び電流 I_{s} 用いて求めなさい。

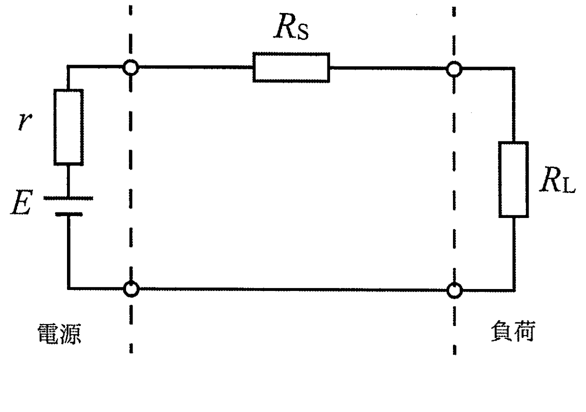

図１－１

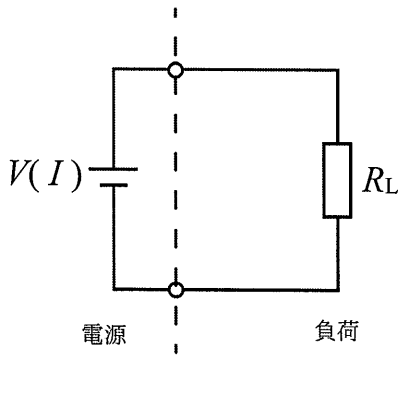

図１－２

問 題 用 紙

（「電気電子情報工学」電気回路 ）

B　交流回路に関する下の問い（問６～１０）に答えなさい。（虚数単位を j とする）

問６　図１－３の回路はインダクタンス L，静電容量 C_1，C_2 からなる共振回路であり，角周波数を ω とすると，端子間 $a-b$ の複素インピーダンス Z と共振角周波数 ω_r は $Z = j\left\{\dfrac{\boxed{ア}}{1-\boxed{イ}} - \dfrac{1}{\boxed{ウ}}\right\}$ と $\omega_r = \dfrac{1}{\boxed{エ}}$ となる。**ア～エ**に入る文字式を求めなさい。

問７　図１－４の回路において，振幅一定の電圧源 E の角周波数が特定の角周波数 ω_R となったときに，出力電圧 V_o が無限大となるようなインダクタンス L を設計したい。電圧源 E と出力電圧 V_o との関係は $V_o = \dfrac{1}{1-\boxed{オ}}E$ であるので，出力電圧 V_o が無限大となるためには $1-\boxed{オ}=\boxed{カ}$ の条件を満たせばよい。従って，その条件からインダクタンス L について解くと $L=\dfrac{1}{\boxed{キ}}$ となる。**オ～キ**に入る文字式を求めなさい。

問８　図１－４の回路は端子間 $f-g$ に着目すると 図１－５（あ）と（い）の等価回路に置き換えることができ，それぞれの変換は $\boxed{ク}$ の定理と $\boxed{ケ}$ の定理に基づく。**ク**と**ケ**に入る語を答えなさい。また，図１－４の回路を図１－５の回路に変換するときの電圧源 E_1，複素インピーダンス Z_1，交流電流源 J_2，複素アドミタンス Y_2 はそれぞれ，

$$E_1 = \frac{\boxed{コ}}{3}\ \mathrm{V},\quad Z_1 = j\frac{\boxed{サ}}{3}\ \Omega,\quad J_2 = -j\boxed{シ}\ \mathrm{A},\quad Y_2 = -j\frac{3}{\boxed{ス}}\ \mathrm{S}$$

となった。角周波数 $\omega = 100\ \mathrm{rad/s}$，電圧源 $E = 100 + j0\ \mathrm{V}$，インダクタンス $L = 20\ \mathrm{mH}$，静電容量 $C_1 = C_2 = 2\ \mathrm{mF}$ としたとき，**コ～ス**に入る数値を求めなさい。

問９　図１－４と図１－５の回路において，端子間 $f-g$ に抵抗 R を新たに接続したとき，抵抗 R に流れる電流 I_R を求めたい。問８で述べた $\boxed{ク}$ の定理から $E_1=\boxed{セ}$ が成り立つので，$I_R = \boxed{ソ} - j\boxed{タ}$ A のように計算できる。I_R と R，Z_1 のみを用いて**セ**に入る文字式を求め，**ソ**と**タ**に入る数値を求めなさい。ただし，抵抗 $R = 10\ \Omega$ とし，その他の条件は問８と同一とする。

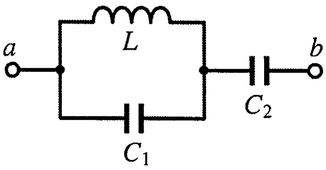

図１－３

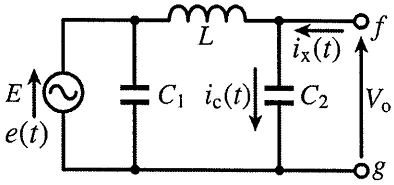

図１－４

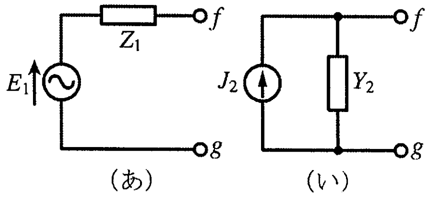

図１－５

問　題　用　紙

（「電気電子情報工学」電気回路 ）

問１０　図１－４の回路において，時刻を t として端子 f に外部から $i_x(t) = 2\sin(2\omega t - 45°)$ [A] の電流が流入したとき，静電容量 C_2 に流れる電流波形 $i_c(t)$ を求めたい。

まず，電圧源 E の電圧波形 $e(t)$ を複素数の直角座標表示 E で表すと，

$$E = \boxed{\text{チ}} + j\boxed{\text{ツ}}\ \mathrm{V}$$

であり，電圧源 E のみが存在するとして静電容量 C_2 に流れる電流 I_{c1} を求めると，

$$I_{c1} = \boxed{\text{テ}} + j\boxed{\text{ト}}\ \mathrm{A}$$

となる。従って，電流 I_{c1} の電流波形 $i_{c1}(t)$ は，

$$i_{c1}(t) = \boxed{\text{ナ}}\sin\left(\omega t + \boxed{\text{ニ}}^{\circ}\right)\ [\mathrm{A}]$$

として計算できる。

次に，外部からの流入電流 $i_x(t)$ の複素数の直角座標表示 I_x は，

$$I_x = \boxed{\text{ヌ}} - j\boxed{\text{ネ}}\ \mathrm{A}$$

であり，流入電流 I_x のみが存在し，さらに電圧源 E が短絡除去されるとみなして静電容量 C_2 に流れる電流 I_{c2} を求めると，

$$I_{c2} = -\boxed{\text{ノ}} + j\boxed{\text{ハ}}\ \mathrm{A}$$

となる。従って，電流 I_{c2} の電流波形 $i_{c2}(t)$ は，

$$i_{c2}(t) = \boxed{\text{ヒ}}\sin\left(\boxed{\text{フ}}\omega t + \boxed{\text{ヘ}}^{\circ}\right)\ [\mathrm{A}]$$

として計算できる。

以上より，静電容量 C_2 に流れる電流波形 $i_c(t)$ は「$\boxed{\text{ホ}}$の理」より，

$$i_c(t) = i_{c1}(t) + i_{c2}(t)$$

のように求めることができる。

電圧源 E の電圧波形 $e(t) = 32\sqrt{2}\sin(\omega t)$ [V]，角周波数 $\omega = 100$ rad/s，インダクタンス $L = 10$ mH，静電容量 $C_1 = C_2 = 2$ mF のとき，**チ**～**ヘ**に入る数値を求めなさい。ただし，**ナ**と**ヒ**，**フ**は正の値とし，**ニ**および**ヘ**の位相角は「度」で表記すること。また，**ホ**に入る適切な語を答えなさい。

問　題　用　紙
（「電気電子情報工学」電気磁気学　）

問題２　電気磁気学に関する下の問い（問１～８）に答えなさい。

問１　次の文章中の空欄a～cに当てはまる最も適当な語句等を，下の解答群から一つずつ選び，ア～サの記号で答えなさい。

[a]の法則によると，真空中において，原点Oにある電荷量Q_1の点電荷が，点Aにある電荷量Q_2の点電荷に及ぼす静電気力は，$Q_1Q_2\boldsymbol{r}\big/\left(4\pi\varepsilon_0|\boldsymbol{r}|^3\right)$で与えられる。ここで，$\varepsilon_0$は真空の誘電率，$\boldsymbol{r}$は点Oから点Aへ向かう位置ベクトルである。例えば，$Q_1 = 0.3\ \mu\mathrm{C}$，$Q_2 = -0.9\ \mu\mathrm{C}$，$|\boldsymbol{r}| = \sqrt{5}\ \mathrm{cm}$，$\pi \simeq 3$，$\varepsilon_0 \simeq 9\times10^{-12}\ \mathrm{F/m}$とすれば，両点電荷には，大きさが[b]程度の[c]が働く。

解答群：

ア）アンペア，イ）レンツ，ウ）ローレンツ，エ）クーロン，オ）引力，カ）斥力，キ）ローレンツ力，ク）5 Nm，ケ）5 N，コ）0.5 N/m，サ）0.5 W

問２　次の文章中の空欄a～cに当てはまる最も適当な語句等を，下の解答群から一つずつ選び，ア～サの記号で答えなさい。

真空中において，原点Oに存在する電荷量がQの点電荷によって点Aに生じる電界は，点Oから点Aへ向かう位置ベクトルを$\boldsymbol{r}$，真空の誘電率をε_0とすれば，[a]で与えられる。また，点Aにおける電位は，点Oから無限遠方にある基準点における電位をゼロとすれば，[b]で与えられる。例えば，真空中において，一つの点電荷からの距離がそれぞれ0.01 mm，0.1 mmである2点間の電位差が0.5 Vのとき，$\pi \simeq 3$，$\varepsilon_0 \simeq 9\times10^{-12}\ \mathrm{F/m}$とすれば，その点電荷の電荷量は，[c]程度である。

解答群：

ア）$Q/(4\pi\varepsilon_0|\boldsymbol{r}|)$，イ）$Q\boldsymbol{r}\big/\left(4\pi\varepsilon_0|\boldsymbol{r}|^3\right)$，ウ）$Q/(4\pi|\boldsymbol{r}|)$，エ）$Q\big/\left(4\pi|\boldsymbol{r}|^2\right)$，オ）$Q^2\big/(4\pi\varepsilon_0|\boldsymbol{r}|)$，カ）$Q^2\big/\left(4\pi\varepsilon_0|\boldsymbol{r}|^2\right)$，キ）$Q^2\big/(4\pi|\boldsymbol{r}|)$，ク）$Q^2\big/\left(4\pi|\boldsymbol{r}|^2\right)$，ケ）$6\times12^{-12}$ C，コ）6×10^{-14} C，サ）6×10^{-16} C

問　題　用　紙
（「電気電子情報工学」電気磁気学）

問３　次の文章中の空欄 a〜c に当てはまる最も適当な語句等を，下の解答群から一つずつ選び，ア〜クの記号で答えなさい。

大きさが等しく，符号の異なる二つの点電荷がきわめて近接して存在するとき，これを[a]と呼ぶ。真空中において，原点 O にある[a]から十分に離れた点 A における電位は，点 O から無限遠方にある基準点での電位をゼロ，点 O から点 A へ向かう位置ベクトルを $\boldsymbol{r}$，真空の誘電率を ε_0 とすれば，$\boldsymbol{P}\cdot\boldsymbol{r}\Big/\left(4\pi\varepsilon_0|\boldsymbol{r}|^3\right)$ である。ここで，$\boldsymbol{P}$ は[b]と呼ばれ，その方向は，[a]における負電荷から正電荷へ向かう方向である。例えば，$\boldsymbol{P}$ と $\boldsymbol{r}$ とのなす角が 60° であり，$|\boldsymbol{r}| = \sqrt{3}\Big/18$ km である点 A での電位が 0.5 V であれば，$\pi \simeq 3$，$\varepsilon_0 \simeq 9\times10^{-12}$ F/m とすると，$|\boldsymbol{P}| \simeq$[c]となる。

解答群：

ア）電気二重層，イ）電気双極子，ウ）電束密度，エ）電気双極子モーメント，

オ）変位電流，カ）1×10^{-6} Cm，キ）0.1×10^{-6} Cm，ク）0.01×10^{-6} Cm

問４　次の文章中の空欄 a，b に当てはまる最も適当な語句等を，下の解答群から一つずつ選び，ア〜ケの記号で答えなさい。

電界に関する[a]の法則によると，真空中において，ある閉曲面内に電荷が存在する場合，その閉曲面から閉曲面外へ放射される電気力線の総数は，閉曲面内に含まれる電荷の総電荷量を真空の誘電率で除した値に等しい。例えば，真空中において，ある閉曲面内に，9 個の点電荷が存在し，それらの電荷量がそれぞれ，1 μC，2 μC，3 μC，4 μC，5 μC，6 μC，7 μC，8 μC，9 μC であるとき，その閉曲面から放射される電気力線の総数は，真空の誘電率を 9×10^{-12} F/m とすれば，[b]である。

解答群：

ア）アンペア，イ）キルヒホッフ，ウ）ファラデー，エ）ガウス，

オ）ビオ・サバール，カ）5×10^{-6} 本，キ）5 本，ク）5×10^{6} 本，ケ）5×10^{12} 本

問　題　用　紙

（「電気電子情報工学」電気磁気学　）

問５　電荷量が正である三つの点電荷Ｘ，Ｙ，Ｚが同一直線上に並んでいる。Ｙの位置を原点とすると，Ｘは原点から負の方向に d 離れた位置にあり，Ｚは原点から正の方向に $4d$ 離れた位置にある。Ｚの電荷量がＸの電荷量の何倍であれば，Ｙに働く静電気力の大きさがゼロになるか，導出過程も含めて示しなさい。

問６　真空中において，１辺の長さが $2\sqrt{2}$ km の正方形の各頂点に点電荷が一つずつ存在し，それらの電荷量がそれぞれ 52×10^{-9} C，-53×10^{-9} C，54×10^{-9} C，55×10^{-9} C であるとする。この正方形の中心位置における電位を，導出過程も含めて示しなさい。ただし，各電荷位置から無限遠方にある基準点における電位はゼロ，円周率は3，真空の誘電率は 9×10^{-12} F/m であるとする。

問７　真空中において，大きさが 2×10^{-12} V/m の一様な電界中に，一つの陽子が存在する。静電気力によってこの陽子が直線運動する際の加速度の大きさを，導出過程も含めて示しなさい。ただし，陽子の質量を 2×10^{-27} kg，電気素量を 2×10^{-19} C とする。

問８　真空中において，半径が１mm の球状閉曲面（以下，閉曲面１）内に電荷が存在し，その総電荷量は 108×10^{-12} C であるとする。また，閉曲面１内において，単位体積あたりの電荷量は一定であるとする。このとき，閉曲面１内に，閉曲面１と同心で半径が１μm の球状閉曲面（以下，閉曲面２）を想定し，閉曲面２から放射される電気力線の密度（単位面積あたりの電気力線の本数）を，導出過程も含めて示しなさい。ただし，円周率は3，真空の誘電率は 9×10^{-12} F/m とする。

長岡技術科学大学

問　題　用　紙

（「電気電子情報工学」情報数学 ）

問題３　次の文章（A，B）を読み，下の問い（問１～問８）に答えなさい。

A　図３－１のような７セグメント表示系を考える。i_0，i_1，i_2 の３つの入力を使って２進数３桁を表現し，この表示系へ入力することで０から７に対応する数字を表示する論理回路を構成する。このとき，i_0 は最下位桁の入力，i_2 は最上位桁の入力である。図で色が塗りつぶされた状態を点灯とし，各セグメントに対応する論理回路の出力が１のときに点灯するものとする。

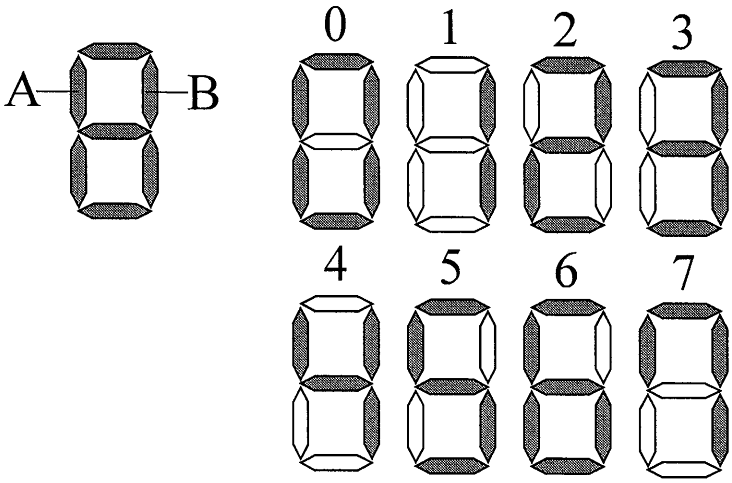

図３－１

問１　セグメントA，Bに対応する部分の出力を求め，解答用紙の真理値表を完成させなさい。

問２　セグメントAについて，解答用紙のカルノー図を作成し，論理式を簡略化しなさい。ただし，X と Y の論理積は $X \cdot Y$，論理和は $X + Y$，X の否定を $\overline{X}$ で表現するものとし，可能な限り積項（論理積）の数を減らすこととする。

　長岡技術科学大学

問　題　用　紙

（「電気電子情報工学」情報数学 ）

問３　論理式の簡略化にはブール代数の性質の一つである，

$\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$

が用いられることがある。この法則の名前を示しなさい。

問４　次に示すブール代数の補元の一意性を用いて，$\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$ を証明しなさい。

補元の一意性： $X \cdot Y = 0$，かつ $X + Y = 1$ のとき，$\overline{X} = Y$

問５　セグメントＢについて，図３－２に示す２入力のNANDゲートのみを用いて簡略化された論理回路図を作成しなさい。ただし，NANDゲートの数は６つ以下とする。

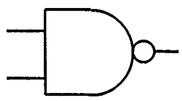

図３－２

問６　この表示系で０から７までの数字を表示する確率が次のようになっている。

このときの平均情報量（エントロピー）を求めなさい。

表示	0	1	2	3	4	5	6	7
確率	0	1/4	1/4	1/8	1/8	1/8	1/8	0

問　題　用　紙

（「電気電子情報工学」情報数学 ）

B　　N 個の実験データ $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \cdots, (x_N, y_N)$ に対する回帰直線 $y = a_0 x + a_1$ を最小二乗法で求めることを考える。このとき，誤差の二乗和 $E = \sum_{i=1}^{N} \{y_i - (a_0 x_i + a_1)\}^2$ を最小にする a_0, a_1 を求めればよい。下の問いに答えなさい。

問７　$\dfrac{\partial E}{\partial a_0} = 0$，$\dfrac{\partial E}{\partial a_1} = 0$ より，$\boldsymbol{A}\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix} = \boldsymbol{b}$ の行列形式を得ることができる。

行列 $\boldsymbol{A}$ とベクトル $\boldsymbol{b}$ を求めなさい。

問８　ある実験を行った結果，3 つのデータが

$$\begin{cases} (x_1, y_1) = (-2, -6) \\ (x_2, y_2) = (1, 3) \\ (x_3, y_3) = (4, 0) \end{cases}$$

として観測された。下の問いに答えなさい。

(1) y_i の平均 $\bar{y}$ と分散 V を求めなさい。

(2) 行列 $\boldsymbol{A}$ を求めなさい。

(3) ベクトル $\boldsymbol{b}$ を求めなさい。

(4) $\boldsymbol{A}$ の逆行列 $\boldsymbol{A}^{-1}$ を求めなさい。

(5) a_0 と a_1 を求めなさい。