令和８年度京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科
博士前期（修士）課程 電子システム工学専攻
学力検査試験問題

専門科目

注意

1．この問題冊子は合図があるまで中を開かないでください。問題は
　p. 1…．問題１（電磁気学）……………………………………………解答用紙２枚に記入
　p. 3…．問題２（電気回路）……………………………問題２専用の解答用紙１枚に記入
　p. 5…．問題３（電子回路）……………………………………………解答用紙２枚に記入
の３題であり、全問必答です。試験開始後、問題冊子の印刷不鮮明や落丁などに気づいたら申し出ること。

2．机の上には受験票以外に、次のものを置いてもよろしい。
　…鉛筆（またはシャープペンシル)、消しゴム、鉛筆削り、定規、計時機能のみの時計

3．配付物は、この問題冊子１部、解答用紙５枚、および下書き用紙３枚です。解答用紙、下書き用紙の追加、交換はしません。

4．各問題と解答用紙の枚数は次の通りです。

問題	問題１（電磁気学）	問題２（電気回路）	問題３（電子回路）
解答用紙の枚数	２（罫線あり）	1（専用の解答用紙）	２（罫線あり）

5．解答用紙５枚すべての上欄の指定枠内に、志望専攻名、受験番号を必ず記入すること。氏名は記入しないこと。
科目欄には「問題番号(科目内容は不要)」を書くこと。小問について別々の解答用紙に記入するよう指示がある場合は科目欄に小問番号も書くこと。
　… 例：「問題１ 問１」、「問題１ 問２」、「問題３」

6．解答用紙裏面にも記入する場合は、おもて面に「裏面使用」の断り書きをすること。

7．試験終了後も退室の許可があるまで退室はできません。

8．問題冊子と下書き用紙は持ち帰ってください。

電磁気学（問題1）[1/2]

注意：問 **1**、問 **2** の解答は、別々の答案用紙に記入せよ。その際、それぞれ冒頭に、「問題 **1**、問 **1**」、「問題 **1**、問 **2**」と書け。

真空の誘電率、透磁率をそれぞれ、ε_0、μ_0とし、SI 単位系を用いて、以下の問いに答えよ。

問 1　図 1 に示すように、透磁率がμ_1とμ_2の 2 つの磁性体1、2 が平面で接している。平面に垂直な単位ベクトルを$\vec{n}$、平面内の単位ベクトルを$\vec{t}$とする。境界面に電流は流れていないとき、この境界における磁束密度$\vec{B}$と磁場$\vec{H}$の接続条件は、次式で表される。

$$B_{1,n} = B_{2,n} \quad \cdots \text{(i)}$$
$$H_{1,t} = H_{2,t} \quad \cdots \text{(ii)}$$

(a) 式(i)を、ガウスの法則から導け。
(b) 式(ii)を、アンペールの法則から導け。

図 2 に示すように、一様な磁束密度Bが加わっている透磁率μの磁性体内に、幅dの薄い平面状の真空のスリットがある。

(c) このスリットが、磁束密度に平行あるいは垂直のときの、スリット内の磁束密度と磁場の大きさを求めよ。

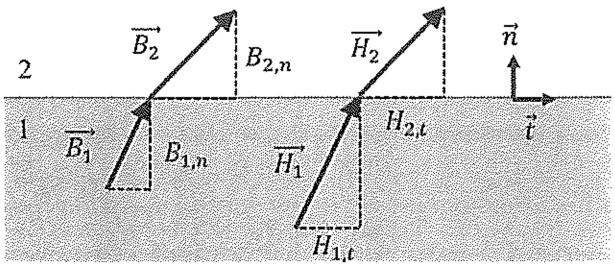


図 1

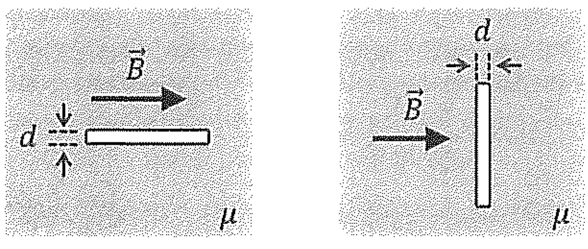


図 2

[次ページに続く]

問2　xy 平面内において、図 3 に示すように y 軸上の $-l \leq y \leq +l$ の領域に線状電荷が線密度 ρ で一様に分布しているとき、以下の問いに答えよ。ただし、媒質は真空とする。

(a) 線状電荷上の微小電荷 $\rho \cdot \Delta l$ が x 軸上の任意の点 P（ただし、原点 O は除く。）につくる静電ポテンシャル $\Delta\phi_{\mathrm{P}}(x)$ を求めよ。ただし、微小電荷から点 P までの距離を R とし、静電ポテンシャルは無限遠でゼロとなるように定義する。

(b) 線状電荷（$-l \leq y \leq +l$）が点 P につくる静電ポテンシャル $\phi_{\mathrm{P}}(x)$ を求めよ。必要に応じて、$\int \frac{dx}{\sqrt{x^2+a^2}} = \log\left(x + \sqrt{x^2 + a^2}\right)$ の関係を用いよ。

(c) 点 P における電場の大きさ $E_{\mathrm{P}}(x)$ を求めよ。

(d) $l \to \infty$ のとき、y 軸から距離 r の点 Q における電場の大きさ $E_{\mathrm{Q}}(r)$ を求めよ。

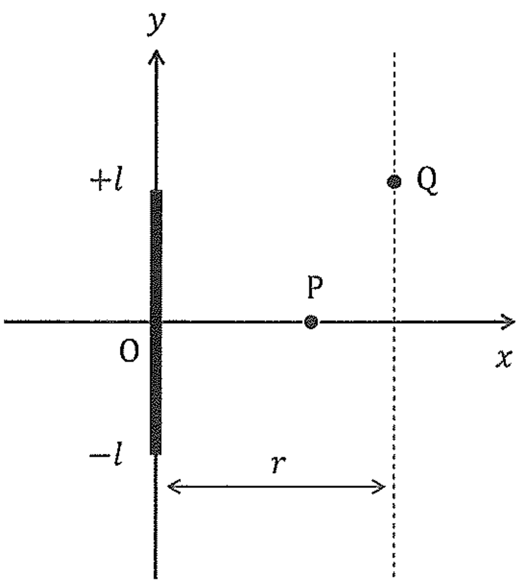


図 3

電気回路（問題 2）[1/2]

注意：解答の際は問題 2 専用の解答用紙の指定された解答欄に記入せよ。

問 1　誘導性(inductive)であるが素子値の不明なインピーダンス(impedance) $\dot{Z}$ がある。これにおいて消費される電力(power)に関する以下の説明を完成させるために、空欄(1)～(11)に入る適切な式、および数値を答えよ。但し、(2)については空欄内の 2 つの語句から一つを選べ。
また、$\sqrt{2}$，$\sqrt{3}$ 等の無理数(irrational number)は解答に含まれてよい。

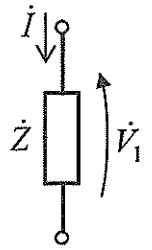


図 1

$\dot{Z}$ の抵抗分(resistance)を R、リアクタンス分(reactance)を X とすると $\dot{Z} = \boxed{(1)}$ と表せる。図 1 に示すように、このインピーダンスの端子電圧(voltage)と電流(current)のフェーザ表示(phasor)をそれぞれ $\dot{V}_1$ と $\dot{I}$ で表し、それらの実効値(root-mean-square value)を V_1 と I で表すこととする。$\dot{V}_1$ の位相(phase)は $\dot{I}$ に比べて $\boxed{\text{(2) 進んで、 遅れて}}$ いて、その角度を ϕ とすると R, X を使って $\phi = \boxed{(3)}$ と表すことができる。また、このインピーダンスで消費される電力 P は V_1，I，ϕ を使って $P = \boxed{(4)}$ となる。

いま、交流電流計(ac amperemeter)は無く、電圧は実効値のみを測ることができるものとして、電圧測定から電力を算出する方法を考えてみる。抵抗(resistor) r_2 を $\dot{Z}$ と直列につないで図 2 のような回路とし、電源を接続して電流 $\dot{I}$ が流れたとする。図 2 に示した各部の電圧に $\dot{V}_0 = \dot{V}_1 + \dot{V}_2$ の関係があることを電流 $\dot{I}$ とともにフェーザ図(phasor diagram)に描くと図 3 のようになる。

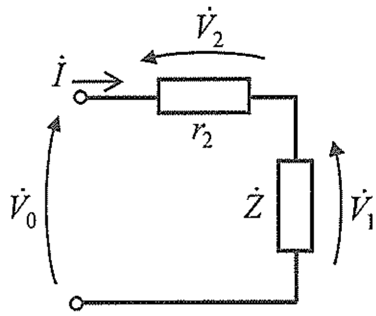


図 2

フェーザ電圧 $\dot{V}_0$，$\dot{V}_1$，$\dot{V}_2$ の実効値を V_0，V_1，V_2 とする。$\dot{Z}$ に流れる電流 $\dot{I}$ と端子電圧 $\dot{V}_1$ の位相差 ϕ について、$\cos\phi$ は余弦定理†(law of cosines)を使うと V_0，V_1，V_2 を使って表すことができ、$\cos\phi = \boxed{(5)}$ となる。また、$\dot{V}_2$ は抵抗 r_2 の端子電圧なので $\dot{I}$ と同位相(in phase)であり、$\dot{I}$ の実効値は V_2 と r_2 を使って $I = \boxed{(6)}$ と表せる。従って、空欄 (4),(5),(6) で表した式から、結局 $\dot{Z}$ で消費される電力は $P = \boxed{(7)}$ となり、接続した抵抗の値 r_2 と電圧の実効値のみで表せる。

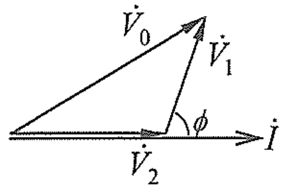


図 3

実際に $r_2 = 100\ [\Omega]$ の抵抗を使って測定したところ、各部の電圧の実効値は $V_0 = 2\sqrt{3}\ [\mathrm{V}]$，$V_1 = 2\ [\mathrm{V}]$，$V_2 = 2\ [\mathrm{V}]$ であった。このとき電力は $P = \boxed{(8)}\ [\mathrm{W}]$ と計算でき、また、$\phi = \boxed{(9)}$ となる。さらに $R = \boxed{(10)}\ [\Omega]$、$X = \boxed{(11)}\ [\Omega]$ であることも分かる。

†余弦定理：三角形 ABC において∠A と三辺の長さ AB, BC, CA の間に以下の関係が成り立つ。

$$\mathrm{BC}^2 = \mathrm{CA}^2 + \mathrm{AB}^2 - 2\mathrm{CA}\cdot\mathrm{AB}\cos\angle\mathrm{A}$$

[次ページへ続く]

電気回路（問題 2）[2/2]

問 2　電圧 V の直流電圧源、抵抗値 R の抵抗、キャパシタンス C のキャパシタ（capacitor）、インダクタンス L のインダクタ（inductor）、スイッチ（switch）からなる図 4 の回路において、電流の時間変化を考える。時刻 t においてインダクタに流れる電流を $i(t)$ とする。$t<0$ でキャパシタに電荷（charge）は蓄えられておらず、$t=0$ でスイッチを閉じる。以下の問いに答えよ。

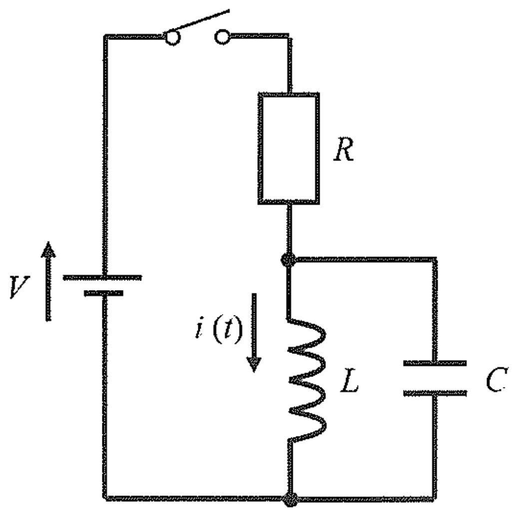


図 4

(1) $t=0$ における $i(t)$ を求めよ。

(2) キャパシタとインダクタの両端の電圧が等しいことを利用して、キャパシタを流れる電流を $i(t)$ で表せ。

(3) $t=0$ における $i(t)$ の時間微分を求めよ。

(4) $t \geqq 0$ において、$i(t)$ に関する回路方程式（circuit equation）を示せ。

$i(t)$ を観測すると振動しながら一定値に近づく波形 (waveform) が見られた。

(5) R の条件を示せ。

(6) $i(t)$ の $t\to\infty$ での定常状態（steady state）I_0 を求めよ。

(7) $i(t)$ の振動の角周波数（angular frequency）ω を求めよ。

(8) $i(t)$ の減衰振動の時定数 τ を求めよ。

(9) $i(t)$ を I_0, ω, τ を用いて表せ。

電子回路 (問題3) [1/2]

問1と問2を別の解答用紙に解答すること．

問1 図1に SystemVerilog で記述したカウンタ (counter) を示す．

(a) このカウンタの状態遷移表 (state transition table) を書け．

(b) このカウンタをD型フリップフロップ (DFF) を使って設計する．各DFFの入力をカルノー図 (Karnaugh map) を使って簡単化し，論理式 (logical equation) で表わせ．

(c) このカウンタ全体の論理ゲートレベル (logic-gate level) の回路図 (circuit diagram) を非同期リセット付きDFF (DFF with asynchronous reset input, 図2)，非同期セット付きDFF (DFF with asynchronous set input, 図3) とNANDゲート (NAND gate)，インバータ (Inverter) のみを用いて書け．できるだけ論理ゲート数を少なくすること．なお，非同期リセット付きDFFは入力RBを0とすることで出力Qが0となり，非同期セット付きDFFは入力SBを0とすることにより，出力Qが1となるDFFである．

(d) Q[1] を出力するDFFの入力信号D[1]を生成する回路をCMOS構造を使ってトランジスタレベル (transistor level) で表わせ．

```
module counter (
output logic [2:0]  Q,
input logic RB, CK);
   always @(posedge CK or negedge RB)
     if(RB==0)
       Q<=2;
     else
       if(Q==2)
        Q<=7;
       else if(Q==7)
        Q<=4;
       else if(Q==4)
        Q<=3;
       else if(Q==3)
        Q<=6;
       else if(Q==6)
        Q<=5;
       else if(Q==5)
        Q<=2;
endmodule // counter
```

図1: カウンタの SystemVerilog 記述

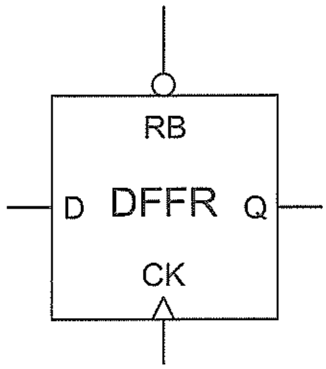


図 2: 非同期リセット付き DFF (DFFR)

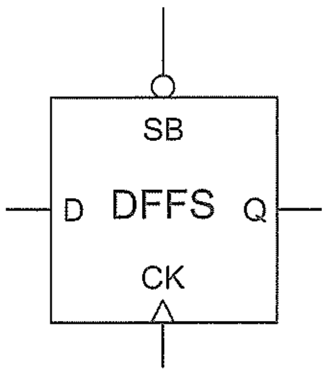


図 3: 非同期セット付き DFF (DFFS)

[次ページに続く]

電子回路 (問題 3)[2/2]

問 2　開ループ利得（open-loop gain）が A の演算増幅器（operational amplifier）を用いて増幅回路を構成する．次の問に答えよ．ただし，演算増幅器の入力端子には電流は流れないとする．

図 1 の演算増幅器の A を $A \to \infty$ とした．以下の問に答えよ．

1. ノード M の電圧 v_m を求めよ．
2. 電圧利得 $A_v = v_{out}/v_{in}$ を求めよ．
3. 図 1 の入力インピーダンス（input impedance）を高くするために $R_1 = 10\mathrm{k}\Omega$ とした．電圧利得（voltage gain）A_v を -3000 にする場合の抵抗 R_2 を求めよ．

次に図 2 の演算増幅器の A を $A \to \infty$ とした場合，以下の問に答えよ．ただし，ノード N の電位を v_n，抵抗 $R_{1\sim4}$ のアドミタンス (admittance) をそれぞれ $G_{1\sim4}$ とする．

4. ノード M において，キルヒホッフの電流則（Kirchhoff's current law）を用いた方程式を，v_{in}, v_{out}, v_n, $G_{1\sim4}$ のうち必要な記号を用いて求めよ．
5. ノード N において，キルヒホッフの電流則を用いた方程式を，v_{in}, v_{out}, v_n, $G_{1\sim4}$ のうち必要な記号を用いて求めよ．
6. 4. と 5. の方程式を用い，$A_v = v_{out}/v_{in}$ を $G_{1\sim4}$ のうち必要な記号を用いて求めよ．
7. $R_1 = 10\mathrm{k}\Omega$ を維持しながら，電圧利得 $A_v = -3000$ を実現したい．$R_2 = R_3 = 100\mathrm{k}\Omega$ として，R_4 を求めよ．ただし，R_4 の有効数字を 3 桁とする．

以上の結果から，図 2 の増幅回路を用いると小さい抵抗で大きな電圧利得を実現できることがわかる．

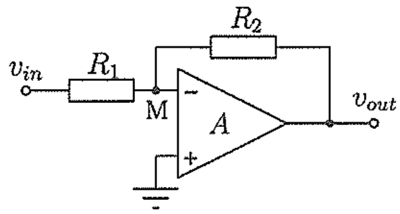


図 1: 問題 1.〜3. の増幅回路

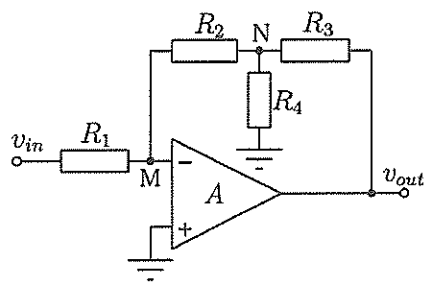


図 2: 問題 4.〜7. の増幅回路

電磁気学（問題 1、問 1） 出題意図

電子システム工学のどの分野においても、物性値の異なる物質が接している系をどのように解析的に扱うかというのは、非常に重要な課題である。この課題について電磁気学の基礎法則を適用して解析する力があるかを問うために本問題を出題した。

電磁気学（問題 1）[2/2] 問 2 解答例

(a) $\Delta\phi_{\mathrm{P}}(x) = \dfrac{\rho\cdot\Delta l}{4\pi\varepsilon_0 R}$

(b) $\phi_{\mathrm{P}}(x) = \dfrac{\rho}{2\pi\varepsilon_0}\log\left(\dfrac{l+\sqrt{l^2+x^2}}{x}\right)$

(c) $E_{\mathrm{P}}(x) = \dfrac{\rho}{2\pi\varepsilon_0}\cdot\dfrac{l}{x\sqrt{l^2+x^2}}$

(d) $E_{\mathrm{Q}}(r) = \dfrac{\rho}{2\pi\varepsilon_0 r}$

問題2（電気回路）出題意図

定常状態の直流回路の解析方法，定常状態の交流回路をフェーザを用いて解析する方法，および，電気回路の過渡現象を微分方程式を用いて解析する方法，ならびに，これらを用いて得られる回路の動作に関する理解を確認する。

電子回路 (問題 3) [1/2] 解答例

問 1

注:Q' は Q の次状態を表し，入力 D の値となる．

(a)

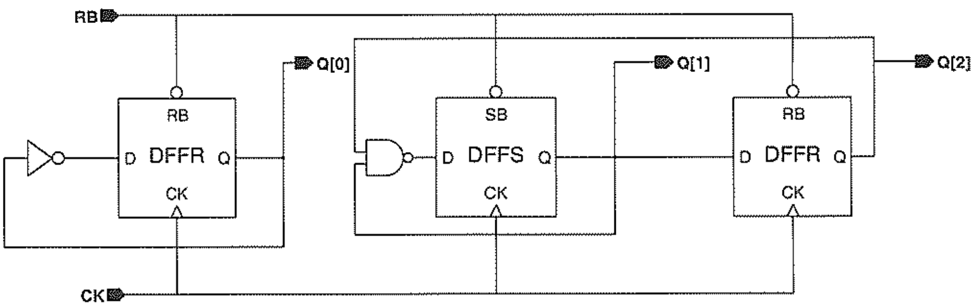
現状態			次状態		
$Q[2]$	Q[1]	$Q[0]$	$Q'[2]$	$Q'[1]$	$Q'[0]$
0	0	0	X	X	X
0	0	1	X	X	X
0	1	0	1	1	1
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	1
1	0	1	0	1	0
1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	0

(b)

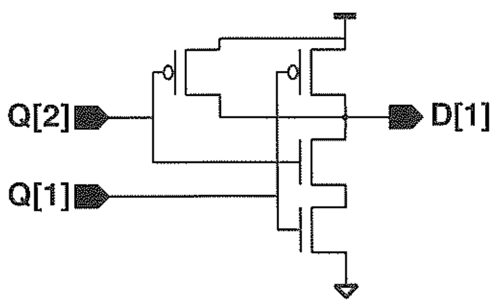
$Q'[2]$	$Q[0]$		$Q'[1]$	$Q[0]$		$Q'[0]$	$Q[0]$	
$Q[2]Q[1]$	0	1	$Q[2]Q[1]$	0	1	$Q[2]Q[1]$	0	1
0 0	X	X	0 0	X	X	0 0	X	X
0 1	1	1	0 1	1	1	0 1	1	0
1 1	1	1	1 1	0	0	1 1	1	0
1 0	0	0	1 0	1	1	1 0	1	0

$D[2] = Q[1] \qquad D[1] = \overline{Q[2]}+\overline{Q[1]} \qquad D_0 = \overline{Q[0]}$

(c)



(d)



電子回路 (問題 3) [2/2] 解答例

問 2

1. 仮想短絡により $v_m = 0$
2. $A_v = -R_2/R_1$
3. $R_2 = 30\mathrm{M}\Omega$
4. $G_1 v_{in} + G_2 v_n = 0$
5. $G_2 v_n + G_4 v_n + G_3(v_n - v_{out}) = 0$
6. $\dfrac{v_{out}}{v_{in}} = -\dfrac{G_1}{G_2}\left(1 + \dfrac{G_2 + G_4}{G_3}\right)$
7. $\dfrac{v_{out}}{v_{in}} = -\dfrac{R_2}{R_1}\left(1 + \dfrac{R_3}{R_2} + \dfrac{R_3}{R_4}\right)$ より

   $$-3000 = -\frac{100\mathrm{k}\Omega}{10\mathrm{k}\Omega}\left(2 + \frac{100\mathrm{k}\Omega}{R_4}\right)$$

   よって $R_4 = 335\Omega$