2009年8月27日実施

２０１０年度立命館大学大学院理工学研究科
博士課程前期課程
入学試験問題（専門科目）

電子システム型

【注意事項】

1．解答は問題番号１、２、３・・ごとに解答用紙１枚を使用すること。
2．解答用紙には専攻名、課程、受験番号、氏名、問題番号を解答用紙すべてに記入すること。
3．無記名答案は無効、問題用紙および解答用紙は持ち帰らないこと。
4．解答用紙はホッチキス止めしてあるので、はずさないこと。
5．専門科目の選択方法
問題用紙が事前に届け出ている型の問題であるか確認し、以下のような専門科目の選択方式に従って解答してください。

電子システム型：以下の数学・専門科目９問から４問選択。

○数学

①数学Ⅰ：行列、ベクトル解析
②数学Ⅱ：複素関数
③数学Ⅲ：微分方程式、フーリエ解析

○専門科目群

④電磁気学：静電界、定常電流による磁界、電磁誘導
⑤物性／半導体：結晶構造、Ｘ線回折、格子振動、電気伝導、pn接合、金属-半導体接合、光物性
⑥電気回路：直流・交流回路
回路の方程式（キルヒホッフの法則、閉路方程式、節点方程式など）
回路の諸定理（重ねの理、テブナンの定理）
四端子回路（二端子対回路）
⑦アナログ電子回路：トランジスタ、等価回路
⑧論理回路：ブール代数、論理ゲート、組合せ回路、順序回路
⑨計算機ソフトウェア：プログラミング、アルゴリズムとデータ構造

6．専門科目試験時間

数学型・物理型	１３：００～１５：００（１２０分）	試験時間中の途中退室は認めない。
数学型・物理型以外	１３：００～１６：００（１８０分）	試験時間中の途中退室は認めない。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］電子システム型

１～９の中から４問選択して解答すること。

１．数学Ⅰ

位置ベクトル

$$\boldsymbol{r}(t) = \alpha \cos t\boldsymbol{i} + \alpha \sin t\boldsymbol{j} + \beta t\boldsymbol{k}$$

で与えられる，らせん曲線を考える．ただし α，β は実数，$\boldsymbol{i}$，$\boldsymbol{j}$，$\boldsymbol{k}$ はそれぞれ x，y，z 軸方向の単位ベクトルを表すものとする．これについて，次の各設問に答えよ．

(1) $\dfrac{d\boldsymbol{r}}{dt}$ を計算せよ．

(2) $\left|\dfrac{d\boldsymbol{r}}{dt}\right|$ を計算せよ．

(3) 弧長 $s = \displaystyle\int_0^t \left|\frac{d\boldsymbol{r}}{dt'}\right| dt'$ を計算せよ．また，これより $\dfrac{ds}{dt}$ を計算せよ．

(4) 設問 (3) の結果を用いて，位置ベクトル $\boldsymbol{r}$ に対する単位接ベクトル $\boldsymbol{t} = \dfrac{d\boldsymbol{r}}{ds}$ を求めよ．

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］電子システム型

1～9の中から4問選択して解答すること。

2．数学Ⅱ

以下の問題に答えよ (ただし，i は虚数単位とする).

(1) 次の関数 $f(z)$ が正則となるように係数 a，b を定め，その導関数 $f'(z)$ を求めよ.

$$f(z) = e^{ay}\cos 2x + ie^{by}\sin 2x$$

ただし，$z = x + iy$ であり，x，y，a，b は実数とする.

(2) 経路 C に沿って，次の複素積分を求めよ.

(a) $\displaystyle\int_C \frac{ie^{-iz}}{(2z-\pi)^2}\,dz,\qquad C:\ |z| = 3$

(b) $\displaystyle\int_C \frac{e^{z}}{2z^2-3z+1}\,dz,\qquad C:\ |z| = 2$

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］電子システム型

1～9の中から4問選択して解答すること。

3．数学Ⅲ

(1) 以下の線形連立微分方程式の初期値問題の解を求めるため，以下の設問に答えよ．

$$\frac{dy(t)}{dt} + z(t) = 0 \tag{1}$$

$$\frac{dz(t)}{dt} - 4y(t) = \sin t \tag{2}$$

(1A) (1) 式を t で微分することにより

$$\frac{d^2y(t)}{dt^2} + \frac{dz(t)}{dt} = 0$$

を得る．(2) 式の関係から $y(t)$ のみの微分方程式を求めよ．また求めた微分方程式の特性方程式を求めよ．

(1B) $y(t)$ の一般解を求めよ．

(1C) 初期値は，$y(0) = 1$，$z(0) = 0$, であるとき，これらの初期条件を満たす $y(t)$，$z(t)$ の解を求めよ．

(2) 関数 $f(t)$ に対して，$f(t)$ の (片側) ラプラス変換 $F(s)$ は複素数 s に対して

$$\mathbf{L}[f(t)] \equiv \lim_{T\to\infty}\int_0^T f(t)e^{-st}dt = F(s)$$

で与えられる。このとき，以下の問に答えよ．

(2A)

$$f(t) = \begin{cases} e^{-\alpha t}, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases}$$

であるとき，この関数のラプラス変換 $F(s)$ を求めよ．また，s の収束領域も示せ．

(2B) $f(t)$ の導関数 $\frac{df(t)}{dt}$ のラプラス変換を $F(s)$ を用いて表せ．
(ヒント: 部分積分法を用いよ).

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］電子システム型

1～9の中から4問選択して解答すること。

4．電磁気学

図に示すように内部導体Aの直径が d [m]、外部導体Bの直径が D [m]の無限に長い同軸円筒（同軸ケーブル）がある。
導体間の誘電体の比誘電率をε_r、真空中の誘電率をε_0、導体間の透磁率をμ_0 [H/m]とし、以下の問題に答えよ。

(1) 内部導体に単位長さ当り正電荷＋q[C]、外部導体に単位長さ当り負電荷-q[C]の電荷を帯電させた場合、
内部導体を含む半径 r（但し、r は $d/2 \leqq r \leqq D/2$)、長さ dz の円筒にガウスの法則を適用して電場 E を求めよ。

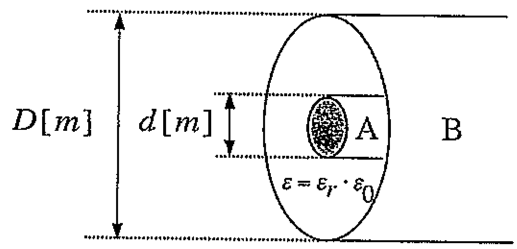
(2) 導体間の電位 V_{AB} を問(1)の結果を用いて求めよ。

(3) 同軸ケーブルの単位長さあたりの静電容量(C)は q/V_{AB} で求められる。
同軸ケーブルの単位長さあたりの静電容量(C)を求めよ。

(4) 導体Aに電流 i を流した場合の導体AB間の単位長さあたりの磁束Φを求めよ。

(5) 同軸ケーブルの単位長さあたりの自己インダクタンス（L）はΦ/i で求められる。同軸ケーブルの
単位長さあたりの自己インダクタンス（L）を求めよ。但し、導線内部の自己インダクタンスは無視することとする。

(6) 同軸ケーブルの特性インピーダンス（Z_0）は $Z_0=\sqrt{\dfrac{L}{C}}$ で与えられる。
同軸ケーブルの特性インピーダンスを問(3)(5)の結果を用いて求めよ。



立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］電子システム型

1～9の中から4問選択して解答すること。

5．物性／半導体

解答時には，以下の物理量を使用して，計算を行いなさい．特に指定がない場合のデバイスの温度は室温であるとして解きなさい．解答用紙にはできる限り式を書くこと．式が正しい場合，正解でなくても部分点を与えることがある．数値を答える問題はすべて単位を記入すること．

- 室温でのシリコンの真性キャリア濃度 $n_i=1.5\times10^{16}$ [個/m^3]
- 電子の素電荷 $q=1.6\times10^{-19}$ [C]
- ボルツマン定数 $k_B=1.38\times10^{-23}$[J/K]
- $k_BT/q=0.026$ [V]，（ただし，k_Bはボルツマン定数，Tは絶対温度，qは素電荷）

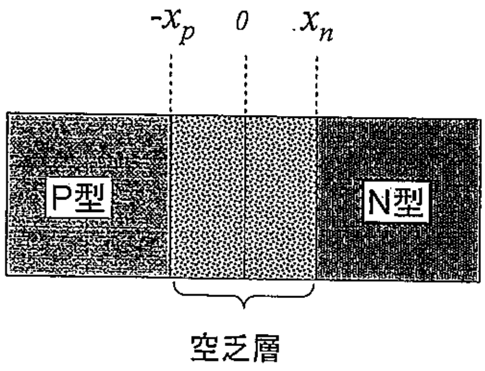
（1）以下のシリコン結晶に対する設問に答えなさい．

(a) シリコンの結晶は，ダイアモンド格子構造をとっている．単位格子中に存在するシリコン原子の数はいくつか答えなさい．

(b) シリコンの単位格子の大きさ（格子定数）を a=5.43Åとして，1cm^3 あたりに存在するシリコン原子の数はいくつか答えなさい．ただし，5.43^2=29.5, 5.43^3=160 として計算しなさい．

(c) 最隣接の Si 原子間隔 d を，格子定数 a を用いて表しなさい．

（2）下図のように，アクセプタ密度 N_Aが 3×10^{22}個/m^{3}の P 型半導体と，ドナー密度 N_Dが 1.5×10^{23}個/m^{3}の N 型半導体を接触させてシリコンの PN 接合を作成した．P 型領域と N 型領域の不純物密度は階段状に変化すると仮定して，以下の設問に答えなさい．必要あれば $\ln2=0.69$, $\ln3=1.1$, $\ln10=2.3$ を使用すること．



(a) P 型半導体中に存在する電子密度 n を計算しなさい．

(b) N 型半導体中のフェルミ準位と真性フェルミ準位の差 $E_{Fn}-E_{in}$を計算しなさい．

(c) 形成した PN 接合の拡散電位 V_{bi}を求めよ．

(d) 上記のPN接合において，P型領域に広がる空乏層幅 x_pとN型領域に広がる空乏層幅 x_nの大きさの比を答えなさい．そのように考えた理由も説明すること．

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］電子システム型

1～9の中から4問選択して解答すること。

6．電気回路

図1のような平衡三相交流回路がある。線間電圧200V，線電流50A，三相有効電力P＝12〔kW〕である。

（1）この負荷の抵抗R〔Ω〕，リアクタンスX〔Ω〕の値はいくらか。

（2）三相皮相電力はいくらか。

（3）三相無効電力はいくらか。

（4）力率はいくらか。

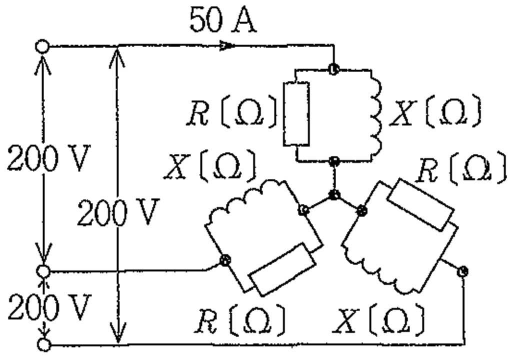


図1

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］電子システム型

1～9の中から4問選択して解答すること。

7．アナログ電子回路

［1］図1を参照し、次の問いに答えなさい。

1）利得 $G=\dfrac{V_2}{V_1}=\dfrac{A}{1+A\beta}$

を導出しなさい。

また $A\beta \gg 1$ の際の利得 G_1 を導出し、

その意味するところを述べなさい。

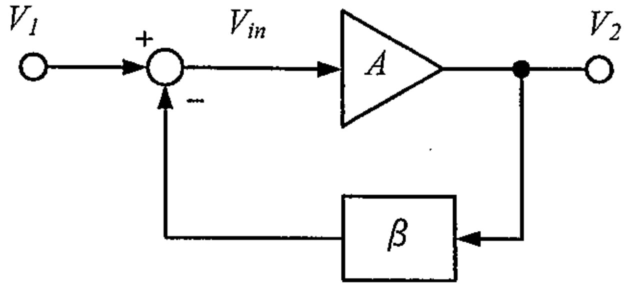


図1　負帰還回路

2）負帰還回路により得られる効用を3つ上げて解説しなさい（適時、図や数式の利用可）。

［2］次の問いに答えなさい。

1）理想的なＯＰアンプに関する下記の記述を完成させなさい。

(1) 電圧利得は、（ア）［ｄＢ］である。
(2) 入力インピーダンスは、（イ）［Ω］である。
(3) 出力インピーダンスは、（ウ）［Ω］である。
(4) オフセット電圧は、（エ）［Ｖ］である。

2）ＯＰアンプの反転および非反転入力端子の端子間電圧に生じる仮想接地（イマージナル・ショート）について解説しなさい。

3）図2における出力 V_o を導出しなさい。

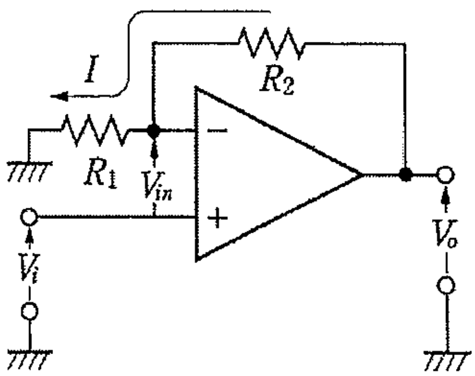


図2　OP アンプによる非反転増幅回路

以上

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］電子システム型

1～9の中から4問選択して解答すること。

8．論理回路

(1) 2値変数 x, y, z を用いて，論理関数 $f(x,y,z)$ が

$$f(x,y,z)=xy\bar{z}+yz+xyz$$

と表されるとき，次の問いに答えよ．

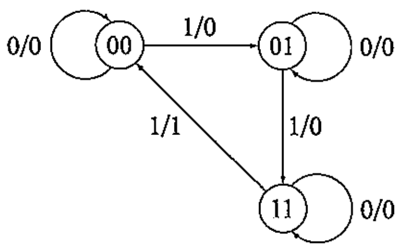
(a) $f(x,y,z)$ を主加法標準形で表せ．

(b) $f(x,y,z)$ に対する真理値表を示せ．

(c) $f(x,y,z)$ を最も簡単な AND-OR 形論理式で示せ．

(d) $f(x,y,z)$ を NAND ゲートのみを用いて示せ．

(2) 下図の順序回路に対して，次の問いに答えよ．ただし，状態を q_1q_2，入力を x とせよ．



(a) 状態遷移表を示せ．

(b) 状態変数関数 $q_1^{(1)}$, $q_2^{(1)}$，および出力変数関数 z を最も簡単な AND-OR 形論理式で示せ．

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］電子システム型

１～９の中から４問選択して解答すること。

９．計算機ソフトウェア

要素数 N の整数型配列 a[0, 1, ..., (N - 1)] に整数データが格納されている．この配列 a を昇順に並べ替えることを考える（小さいものから順に先頭から格納する）．
次の(1)～(4)の問いに答えなさい．

(1) 配列のソート（分類）法の一つに単純挿入法がある．
配列の各要素は，ソート済みの列 a[0], ..., a[i－1]と，未ソートの列 a[i], ..., a[N－1]とに概念的に分割される．i＝1から始めて，i を1ずつ増やしていき，各段階で，未ソートの列の先頭要素（a[i]）を取り出してソート済みの列の適切な位置に挿入する．
このアルゴリズムをC言語の関数として実装したものをリスト1に示す．空欄［ア］，［イ］を埋めなさい（二つの［ア］は同じ内容である）．

```
void insertSort(int a[], int n)
{
  int i, j, x;

  for(i = 1; i < n; i++) {
    x = a[i];
    j = i;
    while((j >= 1) && (x < [  ア  ])) {
      a[j] = [  ア  ];
      j--;
    }
    [  イ  ] = x;      /*  ①  */
  }
}
```

リスト 1

(2) (1)の関数に配列 {4, 1, 2, 5, 3} と要素数 5 を引数として渡したとする．関数中の①の時点での配列の内容を示し，ソートが行われる過程と結果を示しなさい．

(3) 配列の要素数 N は一定であるとして，(1)の関数の計算量が最小となるデータの並びはどのようなものか示しなさい．また，計算量が最小となるときの，計算量のオーダーを求めなさい．

(4) (3)とは逆に，計算量が最大となるデータの並びはどのようなものか示しなさい．また，そのときの計算量のオーダーを求めなさい．