2016年8月25日実施

２０１７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）

電子システム専攻

【注意事項】

（１）解答は問題番号１．２．…ごとに解答用紙１枚を使用して下さい。
（２）受験番号、氏名、志望コース、問題番号等の必要事項を解答用紙すべてに記入して下さい。
（３）無記名答案は無効です。また、問題用紙および解答用紙の持ち帰りは認めていません。
（４）解答用紙はホッチキス止めしてあるので、はずさないで下さい。
（５）専門科目の選択方法
問題用紙が志望専攻の問題であるかを確認し、下記の選択方法に従って解答して下さい。

電子システム専攻：次の１～３の中から２問、および４～８の中から２問選択し、合計４問解答すること。

１．数学Ⅰ
２．数学Ⅱ
３．電磁気学
４．物性／半導体
５．電気回路
６．アナログ電子回路
７．論理回路
８．計算機ソフトウェア

（６）専門科目試験時間
基礎理工学専攻物理科学コース・電子システム専攻・環境都市専攻
１３：００～１６：００（１８０分）試験時間中の途中退室は認めていません。

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］電子システム専攻

1．数学Ⅰ

次の設問に答えよ（計算過程または根拠を明示すること）.

（1）ベクトル場 $\boldsymbol{F}(x,y,z)=xy\boldsymbol{i}+2xz\boldsymbol{j}+3yz\boldsymbol{k}$ について，以下の（a），（b），（c），（d）に答えよ．
ただし，$\boldsymbol{i}$，$\boldsymbol{j}$，$\boldsymbol{k}$ は3次元直交座標系の単位ベクトルとする．

(a) $\mathrm{div}\,\boldsymbol{F}$ を求めよ．

(b) $\mathrm{rot}\,\boldsymbol{F}$ を求めよ．

(c) $\mathrm{div}\,(\mathrm{rot}\,\boldsymbol{F})$ を求めよ．

(d) 曲線を C: $\boldsymbol{r}=t\boldsymbol{i}+t^2\boldsymbol{j}$ $(0\le t\le 1)$ とする．$\boldsymbol{F}$ について，線積分 $\int_C \boldsymbol{F}\times d\boldsymbol{r}$ を求めよ．

（2）次のように定義された行列 $\boldsymbol{A}$ について，以下の（a），（b）に答えよ．ただし，x，y は正の値とする．

$$\boldsymbol{A}=x\begin{bmatrix}1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2}\\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2}\\ y & y & y\end{bmatrix}$$

(a) 行列 $\boldsymbol{A}$ の転置 $\boldsymbol{A}^t$ と逆行列 $\boldsymbol{A}^{-1}$ が等しくなるとき，x，y を求めよ．

(b) ベクトル $\begin{bmatrix}u\\ v\\ w\end{bmatrix}$ と $\begin{bmatrix}a\\ b\\ c\end{bmatrix}$ を，$\begin{bmatrix}u\\ v\\ w\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\sin\theta\\ \sin\left(\theta-\frac{2}{3}\pi\right)\\ \sin\left(\theta+\frac{2}{3}\pi\right)\end{bmatrix}$ および $\begin{bmatrix}a\\ b\\ c\end{bmatrix}=\boldsymbol{A}\begin{bmatrix}u\\ v\\ w\end{bmatrix}$ により定義する．

ただし，θ は任意の実数である．このとき，c を求めよ．

（3）線形微分方程式 $y''+4y'-5y=0$ について，以下の（a），（b），（c）に答えよ．

(a) 基本解を求めよ．

(b) 初期条件を $y(0)=0$，$y'(0)=1$ としたとき，特解（特殊解）を求めよ．

(c) ある特解（特殊解）が，(b) で得られた特解（特殊解）の2倍となった．
この特解（特殊解）を得るためには，(b) の初期条件をどのように変更すればよいか．

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］電子システム専攻

2．数学Ⅱ

(1) 変数をtとする関数$f(t)$が次のように与えられている．

$$f(t)=\begin{cases} 0 & (t<0) \\ f_0 e^{j\omega_0 t} e^{-t/\tau} & (t\geq 0) \end{cases} \tag{1}$$

ここで，f_0, ω_0, τは定数である．また，eは自然対数の底，$j=\sqrt{-1}$は虚数単位である．このとき，関数$f(t)$のフーリエ変換$F(\omega)$を計算せよ．

(2) 次の微分方程式を考える．ただし，L, Rは正の定数であり，$v(t), i(t)$は時間tの関数である．

$$v(t)=L\frac{di(t)}{dt}+Ri(t) \tag{2}$$

（ア）$v(t)$が次のように表されるとき，下記の(a)から(c)の問いに答えよ．

$$v(t)=\begin{cases} 0 & (t<0) \\ 1 & (t\geq 0) \end{cases} \tag{3}$$

(a) $v(t)$のラプラス変換$V(s)$を求めよ．
(b) $i(0)=0$のとき，$i(t)$のラプラス変換$I(s)$を求めよ．
(c) 問題（2）の（ア）の(b)の結果から$i(t)$を求めよ．

（イ）定数a，自然対数の底e，虚数単位$j=\sqrt{-1}$を用いて$v(t)$が次のように表されるとき，下記の(a)から(d)の問いに答えよ．

$$v(t)=e^{jat} \tag{4}$$

(a) $v(t)$のラプラス変換$V(s)$を求めよ．
(b) $i(0)=0$のとき，$i(t)$のラプラス変換$I(s)$を求めよ．
(c) 問題（2）の（イ）の(b)の結果から$i(t)$を求めよ．
(d) $t\to\infty$において$i(t)$はどうなるか．

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］電子システム専攻

３．電磁気学

以下の(1)、(2)の各問いに答えよ。ただし、真空中の誘電率、透磁率をそれぞれ、ε_0 [F/m]、μ_0 [H/m]とする。答には単位も付与すること。

(1) 図１に示すように、半径 a [m]の導体球（導体 1）が、内径 b [m]、外径 c [m]の空洞導体殻（導体 2）に囲まれている。導体 1、2 にはそれぞれ、$+Q$ [C]、$-Q$ [C]の電荷が蓄えられている。このとき、以下の各問いに答えよ。

(a) 電界 $E(r)$の方向、値を求めよ。ただし、r [m]は球の中心からの距離である。rで場合分けすること。

(b) 導体 1、2 間の電位差 V_{12}を求めよ。

(c) 導体 1、2 間の静電容量 C_{12}を求めよ。

(d) (c)の結果から、図 2 に示す半径 a [m]の導体球の静電容量 Cを求めよ。

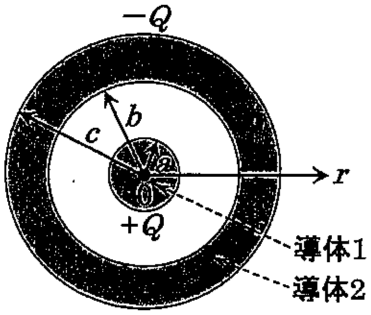

図１

図２

(2) 図３に示すように、半径 r [m]の２本の円柱状導体線を、中心線が $z=0$ 平面内となるように y 軸方向に中心間隔 $2d$ [m]で平行に配置した往復平行線路がある。導体線の間隔が半径より十分に大きく、電流 I [A]は導体線の中心線部を互いに反対方向に流れているとき、以下の各問いに答えよ。

(a) $z=0$ 平面内での磁界 $H(x)$の方向、値を求めよ。

(b) 平行線路間の単位長さ当たりの磁束Φを求めよ。

(c) 平行線路の単位長さ当たりの自己インダクタンス Lを求めよ。

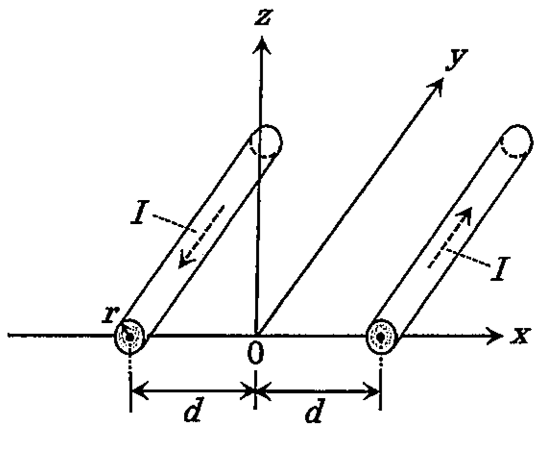

図３

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］電子システム専攻

4．物性／半導体

（1）次の文章の空欄に適切な語句または数値を入れよ。

結晶は一定の単位構造を三次元方向に無限に繰り返すことによって得られる。この単位構造を$\boxed{\text{あ}}$と呼ぶ。図 1 の(a)の格子の名称は$\boxed{\text{い}}$、(b)は$\boxed{\text{う}}$である。同じ大きさをもつ剛体球を格子点に最も密になるように配列したときの$\boxed{\text{あ}}$に対する剛体球の占める体積の比を充填率という。$\boxed{\text{い}}$、$\boxed{\text{う}}$、ダイヤモンド構造の充填率はそれぞれ、0.680、$\boxed{\text{え}}$、0.340 である。最密構造である$\boxed{\text{う}}$が最も充填率が高く、ダイヤモンド構造が最も充填率が低い。

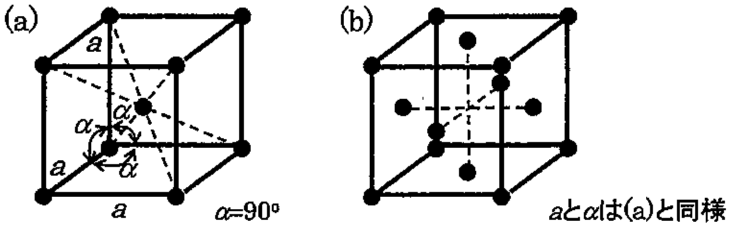

図 1

（2） 次の文章の空欄に適切な語句または数値を入れよ。

結晶シリコン（Si）のように単一の元素からなる半導体を$\boxed{\text{あ}}$、ガリウムヒ素のように複数の元素からなる半導体を$\boxed{\text{い}}$と呼ぶ。Si の原子番号は$\boxed{\text{う}}$であり、最外殻の 3s 軌道に 2 個、3p 軌道に 2 個の電子を持つ。Si が結晶を形成する際に、3s 軌道の電子が 1 個 3p 軌道に昇位することで$\boxed{\text{え}}$を形成する。$\boxed{\text{え}}$は正四面体の中心から各頂点に向かうような形をしており、Si は 4 個の隣接原子と電子を$\boxed{\text{お}}$することで強く結合する。この結合を$\boxed{\text{お}}$結合と呼び、その形から$\boxed{\text{お}}$結合には$\boxed{\text{か}}$がある。

（3）次の問いに答えよ。

(a) 結晶シリコン（Si）への代表的なドナー不純物とアクセプター不純物をそれぞれ 2 つ（計 4 つ）答えよ。

(b) 結晶 Si にある密度のドナー不純物をドーピングしたところ正孔密度が $1.0\times10^{4}\mathrm{cm^{-3}}$ になった。ドナー不純物が全て活性化（イオン化）したとすると、いくらの密度のドナー不純物をドーピングしたか答えよ。ただし、Si の真性キャリア密度は $1.0\times10^{10}\mathrm{cm^{-3}}$ とする。また、この計算の際に用いる半導体のキャリア密度に関する法則を何と呼ぶか答えよ。

(c) 伝導電子密度が $1.0\times10^{17}\mathrm{cm^{-3}}$ の n 型結晶 Si における伝導電子の移動度が $1.0\times10^{3}\mathrm{cm^2/V\cdot s}$ であったとする。この時の電子の拡散定数と導電率を答えよ。また、拡散定数と移動度の関係式を何と呼ぶか答えよ。ここで、素電荷は 1.6×10^{-19}C、熱電圧は 26mV とする。また、少数キャリアの導電率への寄与は無視できるものとする。

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］電子システム専攻

５．電気回路

次の設問に答えよ。ただし、虚数単位は j を用いよ。

（１） 図１に示される、抵抗値 R_0 の２つの抵抗、インダクタンス L_1 及び L_2 のコイルで構成された電気回路がある。端子 A-B 間に、角周波数 ω の交流電圧を印可する。

１） 端子 A-B 間の合成インピーダンス Z を求めよ。分母は実数化し、$Z=a+jb$ という形式で答えよ。ただし、a 及び b は実数である。

２） 設問１）で求めた Z は、$j\omega L_1 \times j\omega L_2 = -\omega^2 L_1 L_2 = R_0^2$ の条件を満たすとき、角周波数 ω に依存しない一定の抵抗値になることを示せ。

３） 図１に示される電気回路において、節点 G-H 間に、任意のインピーダンス Z_{GH} を、図２のように接続した。設問２）で設定した、$j\omega L_1 \times j\omega L_2 = -\omega^2 L_1 L_2 = R_0^2$ の条件を満たすとき、図２の端子 P-Q 間の合成インピーダンスも、一定の抵抗値になることを、簡潔に説明せよ。

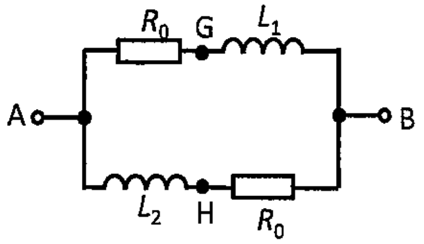

図１

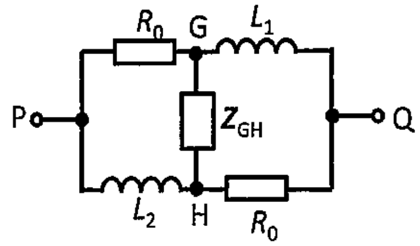

図２

（２） 図３に示される、起電力 E の直流電圧源、抵抗値 R の抵抗、インダクタンス L のコイル、及びスイッチ S で構成された電気回路がある。スイッチ S は、時刻 t が、$t<0$ のとき開放されている。そして、$t=0$ のときスイッチ S を閉じる。

１）スイッチ S を閉じた後の、回路を流れる電流 i の時間変化 $i(t)$ を求めよ。

２）コイルの両端の電圧 v_L の時間変化 $v_L(t)$ を求めよ。

３）直流電圧源を接続して十分に定常状態に達した際に、直流電圧源から、コイルに供給され蓄えられたエネルギー（電力量）W を与える式を求めよ。

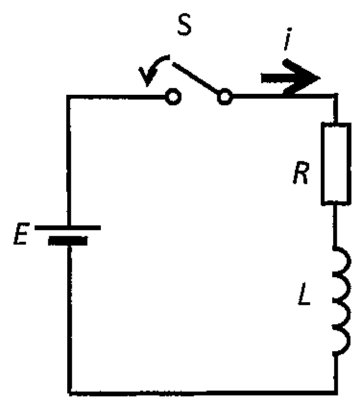

図３

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］電子システム専攻

6．アナログ電子回路

（1）図を参考に、下記の問いに答えなさい。

図1の増幅回路の出力における負荷特性では、直流と交流ごとに負荷線が異なる。

(a) 図2内の直線（L1）、（L2）について、どちらが交流負荷線となるか示しなさい。

(b) 交流負荷線とした理由について述べなさい。

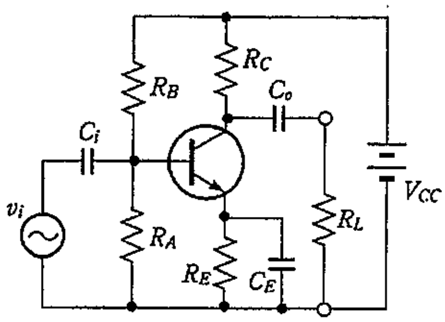

図1 エミッタ接地トランジスタ増幅回路

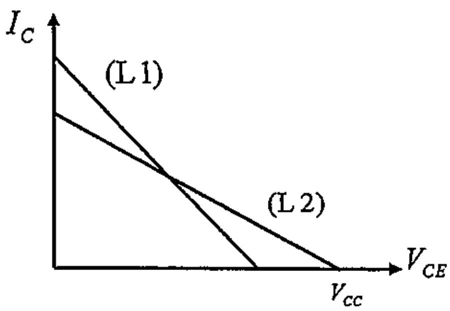

図2 直流負荷線と交流負荷線

（2）図を参考に、下記の問いに答えなさい。

(a) 図3の負帰還増幅回路の電圧増幅度（$A_f = v_o/v_i$）を求めなさい。

(b) 増幅回路に図3のような負帰還を施すことにより、回路全体の入力インピーダンス Z_{if} が増幅器の入力インピーダンス Z_i に対して増加することを示しなさい。

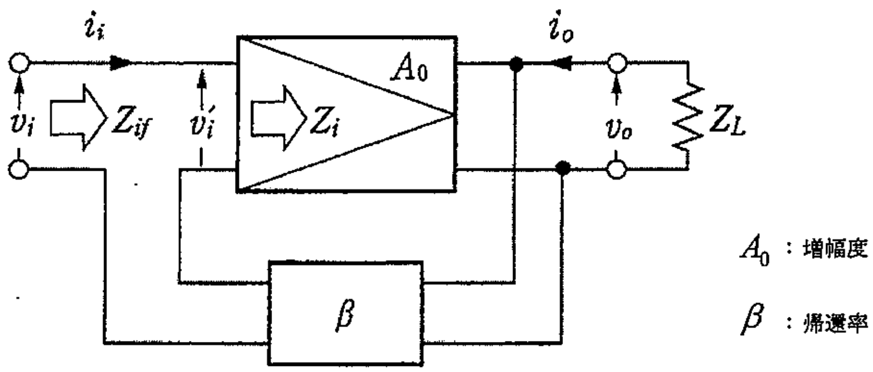

図3 負帰還増幅回路（並列帰還－直列注入）

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］電子システム専攻

7．論理回路

次の設問に答えよ。

（1）以下のカルノ図で示される最簡な和積型論理回路を設計しなさい。ただし、＊はドントケアである。

f

zw \ xy	00	01	11	10
00	0	0	1	*
01	0	1	0	*
11	1	1	*	*
10	0	0	*	*

（2）上述のカルノ図で示される最簡な和積型論理回路をNOR回路のみで構成しなさい。

（3）ドントケアとは、どのような条件の場合のことを言うかを簡単に説明しなさい。

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］電子システム専攻

8．計算機ソフトウェア

下に示すＣプログラムにおいて，関数 search1 と search2 はともに，長さ N の文字列 s の中から，同じ文字が m 個以上連続した文字列を探し，その位置を返す．該当する文字列が複数存在する場合は，その文字列が最初に現れる位置を返す．ここで，N および m は 2 以上の整数とする．また，プログラムにおいて N の定義は省略している．枠外の番号は行番号であり，プログラムの一部ではない．

```
 1 int search1(char s[N], int m) {
 2   int i, j, count;
 3   for (i = 0; i <= N-m; i++) {
 4     count = 0;
 5     for (j = i+1; j < i+m; j++)
 6       if (s[i] == s[j])
 7         count = count + 1;
 8     if (count == [あ]) return i;
 9   }
10   return [い];
11 }
```

```
12 int search2(char s[N], int m) {
13   int i = 0;
14   int j = 1;
15   int count = 0;
16   while (j < N) {
17     if (s[i] == s[j]) {
18       count = count + 1;
19       if (count == m-1) return i;
20     } else {
21       count = [う];
22       i = j;
23     }
24     j = j + 1;
25   }
26   return [え];
27 }
```

関数 search1 と search2 は，該当する文字列が存在すれば，その文字列の開始位置となる s の添え字を返す．存在しなければ-1 を返す．例えば，N=10，s[N]="abbbccccdd"，m=3 のとき，search1 と search2 は 1 を返す．なぜなら，b が 3 文字連続した文字列"bbb"が s[1] から開始しているためである．

上記のプログラムについて，以下の問いに答えよ．

(1) プログラム中の空欄 [あ] ～ [え] を埋めよ．ただし，いずれの空欄にも，0，1，-1，m，m-1，i のいずれかが入る．

(2) N=10，s[N]="abbbccccdd"，m=2 という条件で関数 search1 を実行したときの返り値を答えよ．

(3) N=10，s[N]="abbbccccdd"，m=3 という条件で関数 search1 を実行したとき，6 行目の条件判定が何回実行されるか答えよ．

(4) N=10，s[N]="abbbccccdd"，m=4 という条件で関数 search1 を実行したとき，6 行目の条件判定が何回実行されるか答えよ．

(5) N=10，s[N]="abbbccccdd"，m=5 という条件で関数 search1 を実行したとき，6 行目の条件判定が何回実行されるか答えよ．

(6) 関数 search1 の最悪時間計算量のオーダーを，N と m を用いて答えよ．なお，N と m のどちらか一方しか使用しなくてもよい．

(7) N=10，s[N]="abbbccccdd"，m=4 という条件で関数 search2 を実行したとき，17 行目の条件判定が何回実行されるか答えよ．

(8) N=10，s[N]="abbbccccdd"，m=5 という条件で関数 search2 を実行したとき，17 行目の条件判定が何回実行されるか答えよ．

(9) 関数 search2 の最悪時間計算量のオーダーを，N と m を用いて答えよ．なお，N と m のどちらか一方しか使用しなくてもよい．