

2017 年 2 月 9 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。解答用紙が 1 枚では不足する場合は試験監督に申し出て下さい。予備の用紙をお渡しします。
- (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) 次の線形微分方程式について、以下の (a), (b) に答えよ.

(a)  $\frac{d^2y(x)}{dx^2} - 2\frac{dy(x)}{dx} - 3y(x) = 0$  の一般解を求めよ.

(b)  $\frac{d^2y(x)}{dx^2} - 2\frac{dy(x)}{dx} - 3y(x) = e^x$  の特解（特殊解）を求めよ.

ただし、初期条件を  $y(0) = 0$ ,  $\frac{dy(0)}{dx} = 1$  とする.

(2) 次のように定義された行列  $A$  について、以下の (a), (b), (c) に答えよ.

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & a_{14} \\ 0 & 0 & a_{23} & a_{24} \\ 0 & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix}$$

(a) (2,3) 成分  $a_{23}$  の余因子  $A_{23}$  を求めよ.

(b) (2,4) 成分  $a_{24}$  の余因子  $A_{24}$  を求めよ.

(c) 余因子  $A_{23}$  および  $A_{24}$  を用いて、行列式  $|A|$  を求めよ.

(3) ベクトル場  $F(x, y, z) = x^2yi + y^2zj + z^2xk$  について、以下の (a), (b), (c), (d) に答えよ.

ただし、 $i, j, k$  は 3 次元直交座標系の基底ベクトルとする.

(a)  $\operatorname{div} F$  を求めよ.

(b)  $\operatorname{rot} F$  を求めよ.

(c)  $\operatorname{rot}(\operatorname{rot} F)$  を求めよ.

(d)  $\operatorname{div}(\operatorname{rot} F)$  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〕 電子システム専攻

2. 数学Ⅱ

- (1) 実数  $U, V, x, y$  と虚数単位  $i = \sqrt{-1}$  に対して、次のようにおく.

$$W = f(z) = U + iV, \quad z = x + iy \quad (1)$$

このとき、次の問いに答えよ.

- (ア) 関数  $f(z)$  が点  $z$  で正則なとき、次の関係が成り立つことを示せ.

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} = 0, \quad \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = 0 \quad (2)$$

- (イ) 定数  $A$  を用いて  $W$  が次のように表されるとき、 $U = \text{const.}$ ,  $V = \text{const.}$  の曲線を図示せよ.

$$W = f(z) = U + iV = Az^2 \quad (3)$$

- (2) 時間  $t$  の関数  $f(t)$  に対して、次式によってラプラス変換  $F(s)$  を定義する.

$$F(s) = \int_0^\infty f(t) e^{-st} dt \quad (4)$$

なお、 $e$  は自然対数の底であり、ここでは  $s$  は正の実数とする. このとき、次の問いに答えよ.

- (ア) 次式が成り立つことを示せ.

$$\int_0^\infty \frac{df(t)}{dt} e^{-st} dt = sF(s) - f(0) \quad (5)$$

- (イ) 関数  $f(t)$  が定数  $a$  を用いて次のように表されるとき、式(4)を用いてラプラス変換  $F(s)$  を求めよ.

$$f(t) = \sin(at) \quad (6)$$

さらに、式(5)と式(6)を用いて  $df(t)/dt$  のラプラス変換を求めよ.

- (ウ) 関数  $g(t)$  が定数  $a$  を用いて次のように表されるとき、 $g(t)$  のラプラス変換  $G(s)$  を求めよ.

$$g(t) = a \cos(at) \quad (7)$$

- (エ) 問題(2)の(イ)の結果と(ウ)の結果から、関数  $f(t)$  と関数  $g(t)$  の間の関係についてどのようなことが言えるか.

### 3. 電磁気学

以下の(1)、(2)の各問いに答えよ。(1)の答には単位も付与すること。

- (1) 図1に示す厚さ  $d$  [m] の平行平板電極コンデンサ（電極形状：一辺の長さ  $a$  [m]、他辺の長さ  $b$  [m] の長方形）があり、比誘電率  $\epsilon_1$ 、 $\epsilon_2$ 、 $\epsilon_3$  の3種類の誘電体板が密に詰まっている（それぞれの一辺の長さ： $a_1$  [m]、 $a_2$  [m]、 $a_3$  [m]）。コンデンサには電圧  $V_0$  [V] がかけられている。このとき、以下の各問いに答えよ。ただし、真空中の誘電率を  $\epsilon_0$  [F/m] とする。

- 3種類の誘電体中の電界を求めよ。
- 3種類の誘電体中の電束密度を求めよ。
- コンデンサに蓄えられている電荷を求めよ。
- コンデンサの静電容量を求めよ。

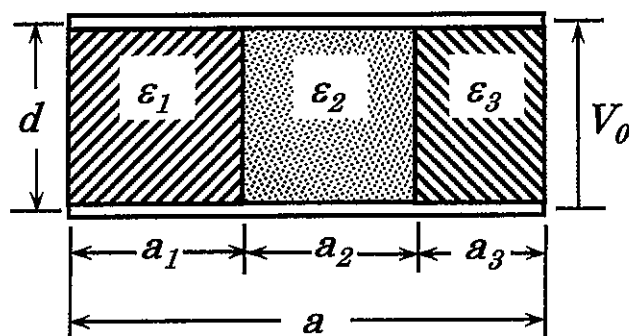


図1

- (2) 真空中に図2に示す間隔  $d$  の平行平板電極があり、電極間の図2に示す方向に、一様電界  $E$ 、一様磁界（磁束密度  $B$ ）が加えられている。図2のように  $(x, y)$  座標を定義する。電子（質量  $m$ ）が、時刻  $t=0$  で初速度  $v_0$  を与えられ、下側の電極上の原点から  $y$  軸の上方向に放出される。このとき、以下の各問いに答えよ。ただし、電気素量を  $e$  とする。

- 電子についての  $x$  軸方向および  $y$  軸方向の運動方程式を記せ。
- (a) で求めた運動方程式を解き、電子の  $y$  座標を時間の関数として求めよ。以下の初期条件を使用せよ。 $t=0$  で、 $y=0$ 、 $y'=v_0$ 、 $x'=0$ （ $'$  は  $t$  に関する微分）。
- 電子が上側の電極に到達しない条件を求めよ。

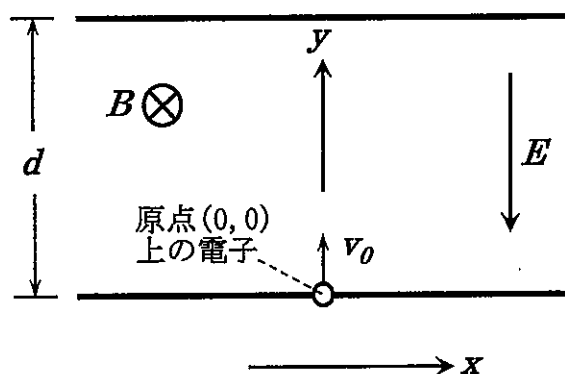


図2

## 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〕 電子システム専攻

#### 4. 物性／半導体

（１）次の文章の空欄に適切な語句を入れよ。

X線とは一般に真空紫外線より短い波長の〔あ〕のことである。X線を物質に入射させると、X線は物質中の〔い〕により散乱される。X線の散乱の素過程は弾性散乱の一種である〔う〕散乱である。この散乱を観察することで物質の構造解析を行うことができる。結晶は多数の原子から構成され、これらの原子は三次元的な〔え〕構造を有するため、〔あ〕の干渉の効果によって特定の方向へ散乱されるX線の強度が強くなる。この条件は、 $d$ を結晶の〔お〕の面間隔、 $\theta$ を〔お〕とX線の入射方向のなす角、 $n$ を任意の正整数、 $\lambda$ をX線の波長とすると、 $2d\sin\theta = n\lambda$ で表される。この条件を述べる法則を〔か〕の法則と呼ぶ。

（２）次の文章の空欄に適切な語句を入れよ。

結晶シリコンに〔あ〕族元素、例えば〔い〕や〔う〕、をドーピングするとn型半導体になり、〔え〕族元素、例えば〔お〕や〔か〕、をドーピングするとp型半導体になる。n型半導体やp型半導体のようにドーピングされた半導体を〔き〕半導体、ドーピングされていない半導体を〔く〕半導体と呼ぶ。

（３）次の問いに答えよ。

- (a) 電子ボルト(eV)の定義を述べよ。また、1eVは何ジュールか答えよ。
- (b) 結晶シリコンの室温における禁制帯幅はいくらか。単位をeVで答えよ。
- (c) エネルギーと波長の関係式を  $E$  (エネルギー)、 $h$  (プランク定数)、 $c$  (光速)、 $\lambda$  (波長) を用いて記述せよ。
- (d) 結晶シリコンは何 nm より短い波長の電磁波を吸収するかを答えよ。ただし、 $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ 、 $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$  とする。

## 5. 電気回路

次の設問に答えよ。各設問において、答えを導くための計算の導出過程も明確に示せ。

- (1) 図1に示される、起電力  $E$  の直流電圧源、抵抗値  $R$  の抵抗、キャパシタンス  $C$  のコンデンサ、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、コンデンサに蓄えられる電荷  $q$  の時間変化  $q(t)$  を求めよ。ただし、 $t = 0$  において  $q = 0$  とする。
  - 2) 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。
  - 3) 抵抗の両端の電圧  $v_R$  の時間変化  $v_R(t)$ 、及びコンデンサの両端の電圧  $v_C$  の時間変化  $v_C(t)$  を求めよ。
  - 4) 3) で求めた  $v_R(t)$  と  $v_C(t)$  のグラフを、その時間変化の特徴がわかるように、横軸を時間、縦軸を電圧にとって、同一の座標軸上に描け。
  - 5) スイッチ  $S$  を閉じて十分に定常状態に達した際に、直流電圧源から、コンデンサに供給され蓄えられたエネルギー（電力量） $W$  を、積分計算を実行して求めよ。

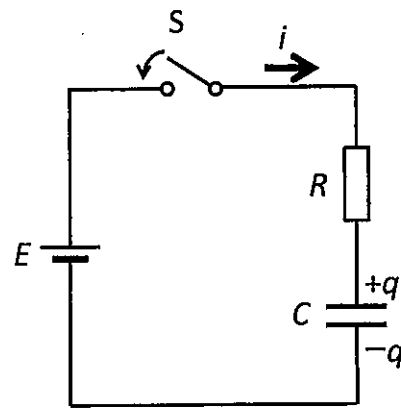


図1

- (2) 図2に示される交流ブリッジ回路がある。この回路は、抵抗値  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_4$  を持つ3つの抵抗、インダクタンス  $L_1$  を持つコイル、キャパシタンス  $C_3$ 、 $C_4$  を持つ2つのコンデンサ、及び電流計  $A$  で構成されている。端子  $a$ - $b$  間に、角周波数  $\omega$  の交流電圧  $E$  を印加する。これらの素子値のうち、抵抗値  $R_1$  とインダクタンス  $L_1$  の値は未知である。これら以外の素子値は、与えられた既知の値である。ただし、虚数単位は  $j$  を用いよ。
  - 1) 電流計  $A$  に電流が流れない交流ブリッジ回路の平衡条件を与える式を、以上の素子値を用いて求めよ。
  - 2) 1) で求めた平衡条件を与える式を解いて、抵抗値  $R_1$  およびインダクタンス  $L_1$  を、これら以外の素子値  $R_2$ 、 $R_4$ 、 $C_3$ 、 $C_4$  を用いて求めよ。
  - 3)  $R_2 = 1.2 \text{ k}\Omega$ 、 $R_4 = 50 \Omega$ 、 $C_3 = 1.0 \mu\text{F}$ 、 $C_4 = 2.0 \mu\text{F}$  であるとき、抵抗値  $R_1$  とインダクタンス  $L_1$  の具体的な値を、単位をつけて求めよ。

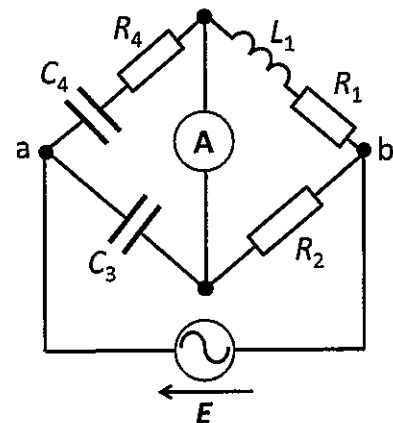


図2

## 6. アナログ電子回路

(1) 図1～4を参考に、トランジスタ増幅回路に関する下記の問いに答えなさい。

〔必要に応じて、図式を利用しなさい。〕

- 図1の入力回路における「小信号」、「バイアス」、「動作点」の相互関係について解説しなさい。
- 図1の出力回路における「負荷線」と「トランジスタ出力特性」との関係について解説しなさい。

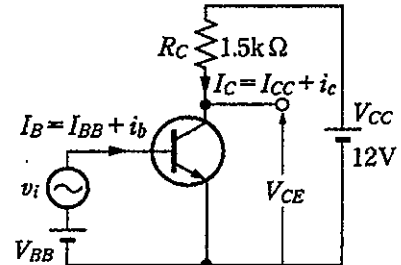


図1 エミッタ接地トランジスタ増幅回路

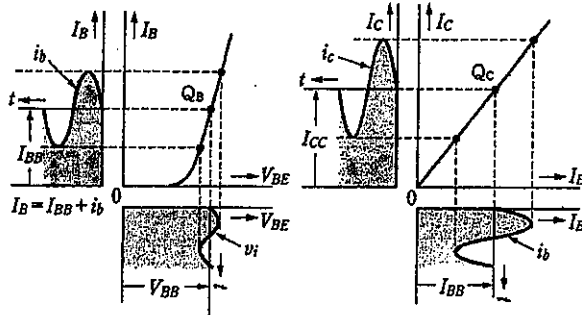


図2 入力特性と信号

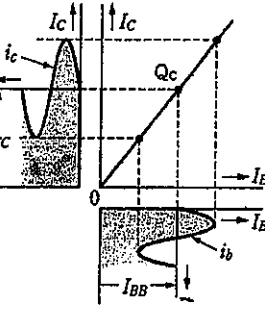


図3 入出力伝達特性

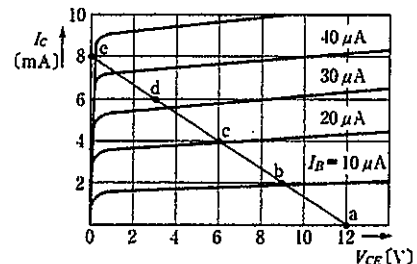


図4 出力特性と負荷線

(2) 図5を参考に、演算増幅回路に関する下記の問いに答えなさい。

〔必要に応じて、図式を利用しなさい。〕

- 理想的特性を鑑みながら、入力端子間に「仮想短絡」が発生する事由について解説しなさい。
- 加算回路の構成について、回路図および入出力関係式を示しながら、解説しなさい。

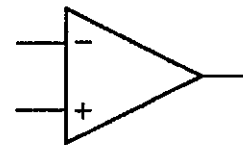


図5 演算増幅回路

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) 以下の論理式をできるだけ簡単な論理式または論理値に変形しなさい。

(a)  $x \oplus x =$

(b)  $x \oplus x \cdot \bar{x} =$

(c)  $x \oplus x \oplus x =$

(d)  $\overline{x \oplus y} \oplus x \oplus \bar{y} =$

(e)  $x \oplus 1 =$

(2) 以下の論理式で示される論理関数 $f$ の真理値表を書き、主加法標準形と主乗法標準形をそれぞれ求めなさい。

$$f = (\bar{x} \cdot y \cdot \bar{z} + x \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + x \cdot y \cdot z + x \cdot y \cdot \bar{z} + x \cdot \bar{y} \cdot z)(x + \bar{y} + \bar{z})(x + \bar{y} + z)(x + y + z) + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z}$$

| $x$ | $y$ | $z$ | $f$ |
|-----|-----|-----|-----|
| 0   | 0   | 0   |     |
| 0   | 0   | 1   |     |
| 0   | 1   | 0   |     |
| 0   | 1   | 1   |     |
| 1   | 0   | 0   |     |
| 1   | 0   | 1   |     |
| 1   | 1   | 0   |     |
| 1   | 1   | 1   |     |

主加法標準形

主乗法標準形



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

二分木を配列で表現する。節点には文字型のラベルを与え、配列Vに格納する。節点の格納順序は任意とする。左右の子の番号（Vの添字）をそれぞれ配列L,Rに格納する。子が存在しない場合には-1を格納する。図1に二分木の例を、図2にそれを表す配列データの例を示す。図3は別の二分木の配列データの例である。図4に二分木を探索するプログラムを示す。関数f1,f2,f3はそれぞれ探索を開始する節点の番号を引数とし、探索した順に節点のラベルを表示する。関数f1,f2は深さ優先探索、f3は幅優先探索を行う。左右の子では左の子を優先とする。枠外の数字は行番号であり、プログラムの一部ではない。#include文は省略している。配列bufはint型で十分な大きさを持つものとする。なお、x++, x--は変数xの値を読み出した後にxを+1,-1する操作であり、++x, --xはxを+1,-1した後にxの値を読み出す操作である。このプログラムについて以下の問いに答えよ。

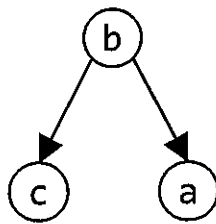


図1. 二分木の例

```

/* 節点番号      0    1    2 */
/* 節点名 */ char V[]={ 'a', 'b', 'c' };
/* 左の子 */ int L[]={ -1,  2,  -1 };
/* 右の子 */ int R[]={ -1,  0,  -1 };
  
```

図2. 二分木の定義(1)

```

/*      0    1    2    3    4    5    6    7    8 */
char V[]={ 'a', 'b', 'c', 'd', 'e', 'f', 'g', 'h', 'i' };
int L[]={  8,  6, -1, -1,  5,  1, -1, -1, -1 };
int R[]={  2, -1, -1,  7,  3,  0, -1, -1, -1 };
  
```

図3. 二分木の定義(2)

```

1 void f1(int i){
2   if (i!=-1) {
3     printf(" %c",V[i]);
4     f1(L[i]);
5     f1(R[i]);
6   }
7 }
  
```

```

8 void f2(int i){
9   int s=0;
10  buf[s++]=i;
11  while (s>0){
12    i=buf[--s];
13    if (i!=-1) {
14      printf(" %c",V[i]);
15      buf[s++]=R[i];
16      buf[s++]=L[i];
17    }
18  }
19 }
  
```

```

20 void f3(int i){
21   int s=0,t=0;
22   buf[s++]=i;
23   while (a){
24     i=buf[t++];
25     if (i!=-1) {
26       printf(" %c",V[i]);
27       buf[v]=u;
28       buf[v]=e;
29     }
30   }
31 }
  
```

図4. 二分木探索のプログラム

- (1) 節点数  $n$  の二分木について、深さ（高さ）が最大および最小となるときの高さをそれぞれ答えよ。なお、一点からなる木の深さを1とし、記号  $\lceil x \rceil$ ,  $\lfloor x \rfloor$  でそれぞれ値  $x$  の切上げ、切捨てを表すものとする。
- (2) 図3の配列で定義される二分木を図示せよ。また、この木の根から深さ優先探索および幅優先探索した場合の節点の訪問順を示せ。
- (3) 関数f1のように、ある関数からその関数自身を呼び出すことを何というか、答えよ。
- (4) 図3の配列に対してf1(5)を実行したときの出力を示せ。また、このとき関数f1は何回呼び出されるか、答えよ。
- (5) 関数f2は配列bufをスタックとして利用し深さ優先探索を行う。10, 15, 16行目のようにスタックにデータを入れる操作を何というか、また、12行目のようにスタックからデータを取り出す操作を何というか、答えよ。
- (6) 図3の配列に対してf2(4)を実行し、14行目でbが出力されたときのスタックの状態（配列bufとsの値）を示せ。配列bufは有効な値を格納した部分のみを示すこと。
- (7) 関数f3は配列bufをキューとして利用し幅優先探索を行う。キューの「先に入れたデータが先に出てくる」特徴から、アルファベット4文字で何と呼ばれるか、答えよ。また、a～eに入るプログラムコードを示せ。
- (8) 図3の配列に対してf3(4)を実行し、26行目でbが出力されたときのキューの状態（配列bufとs,tの値）を示せ。配列bufは有効な値を格納した部分のみを示すこと。