

2010年2月11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

- 数学科型・物理型 13:00～15:00(120分)試験時間中の途中退室は認めない。
数学科型・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

次の各問いに答えよ(計算経過あるいは根拠を明示すること)。

(1) 行列 $A = \begin{bmatrix} 3 & 1+i \\ 1-i & 1 \end{bmatrix}$ の固有値を求めよ。ただし、 i は虚数単位である。

(2) 上記行列 A の2つの固有値に属する固有ベクトルを、列ベクトルとする行列を P とする。行列 P の1行1列成分が $(1+i)$ となるように設定して、行列 P およびその逆行列 P^{-1} を求めよ。

(3) 行列の積 $P^{-1}AP$ を求めよ。

(4) 行列の積 A^n を求めよ。ただし、 n は正の整数であり、解答では分母を有理化して表すこと。

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。

2. 数学Ⅱ

以下の問題に答えよ（ただし、 $z = x + iy$ であり、 x と y は実数で、 i は虚数単位とする）。

- (1) 次の関数 $u(x, y)$ が調和関数となるように係数 a を定め、 $u(x, y)$ を実部にもつ正則な関数 $f(z)$ を求めよ。

$$u(x, y) = x^3 - axy^2 + 3y$$

- (2) 経路 C に沿って、次の複素積分を求めよ。

(a) $\int_C \frac{-3z}{2z^2 - 5iz - 2} dz, \quad C: |z| = 1$

(b) $\int_C \frac{-z^2 \sin z}{4(z - 2i)^2} dz, \quad C: |z - 2i| = 1$

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。

3. 数学Ⅲ

(1) 関数

$$f_T(t) = e^{-\alpha|t|} \cos t, \quad (-T \leq t \leq T; \quad T > 0)$$

について以下の問に答えよ.

(a) $\alpha > 0$ とするとき, この関数 $f_T(t)$ の概略図を描け.

(b) オイラーの公式を用いて

$$\sin \omega t = \frac{e^{i\omega t} - e^{-i\omega t}}{2i}$$

が成立することを示せ.

(c) 関数 $f_T(t)$ のフーリエ変換 $F(\omega)$ は

$$F(\omega) \equiv \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-T}^T f_T(t) e^{-i\omega t} dt$$

として定義される. この関数 $f_T(t)$ のフーリエ変換 $F(\omega)$ を求めよ.

(2) 次の1階線形変係数微分方程式の初期値問題の解を求めよ.

$$\frac{dy(x)}{dx} = -xy(x), \quad y(0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}$$

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

- (1) 図1に示すように距離 $2D$ [m] 離れて張られた、直径が d [m] の無限に長い導線対 A, B がある。
空間の誘電率、透磁率は一様であり、それぞれ、 ϵ_0 [F/m]、 μ_0 [H/m] とし、導線の直径に比べて導線間の距離は十分大きいものとして ($d \ll D$)、以下の問題に答えよ。
- (a) 導線 A が単独で存在し、導線に単位長さあたり正電荷 $+q$ [C] の電荷を帯電させた場合、導線を含む半径 r (但し、 r は $d/2 \leq r$)、長さ dz の円筒にガウスの法則を適用して、導線周囲の電場 E_A を求めよ。
- (b) 導線 A, B において、導線 A に単位長さあたり正電荷 $+q$ [C] の電荷を、導線 B に単位長さあたり負電荷 $-q$ [C] の電荷を帯電させた場合、各導線の表面電位 V_A, V_B 、および、導線間の電位差 V_{AB} を求めよ。
- (c) 導線 AB 間の単位長さあたりの静電容量 C_{AB} は q/V_{AB} で求められる。静電容量 C_{AB} を求めなさい。
- (d) 導線 A に電流 i を、導線 B に電流 $-i$ を流した場合、導線 AB 間にできる単位長さあたりの磁束 Φ_{AB} を求めよ。
- (e) 導線 AB 間の単位長さあたりの自己インダクタンス L_{AB} は Φ_{AB}/i で求められる。単位長さあたりの自己インダクタンス L_{AB} 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。
- (2) 図2に示すように大地から距離 D [m] 離れて張られた、直径が d [m] の無限に長い導線 C がある。
空間の誘電率、透磁率は、一様に、それぞれ、 ϵ_0 [F/m]、 μ_0 [H/m]、とし、導線の直径に比べて大地面から距離は十分大きいものとして ($d \ll D$)、以下の問題に答えよ。
- (a) 導線 C の単位長さあたりの静電容量 C_0 を求めなさい。
- (b) 導線 C の単位長さあたりの自己インダクタンス L_0 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。

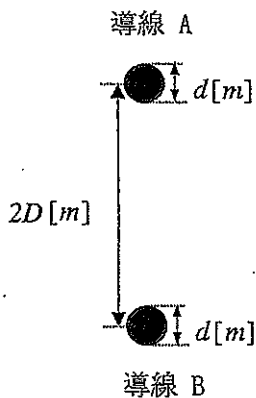


図 1

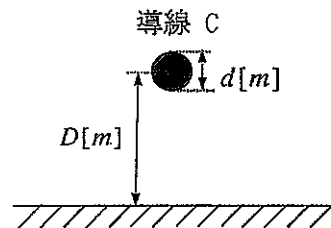


図 2

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。

- ・室温でのシリコンの真性キャリア密度 $n_i=1.5 \times 10^{16} [\text{m}^{-3}]$
- ・電子の素電荷 $q=1.6 \times 10^{-19} [\text{C}]$
- ・ボルツマン定数 $k_B=1.38 \times 10^{-23} [\text{J}/\text{K}]$

(1) 下記の①～⑨の欄にもっともふさわしい言葉を、後ろの語句選択肢から選んで書きなさい。また、[A]、[B]には数値を書き入れなさい。

アルミニウムは、単位格子あたりの原子数が4個の[①]構造を持っており、隣接する原子と[②]結合によって結びついている。アルミニウム中の電子は結晶中で自由に動けるため、抵抗率は低く、約 $3.0 \times 10^{-8} \Omega \text{m}$ である。アルミニウムは集積回路中の配線材料としてよく使われており、集積回路中に膜厚(高さ) $0.5 \mu \text{m}$ 、幅 $1.0 \mu \text{m}$ 、長さ 3.0mm の配線を作ったときの抵抗値は[A] Ω となる。

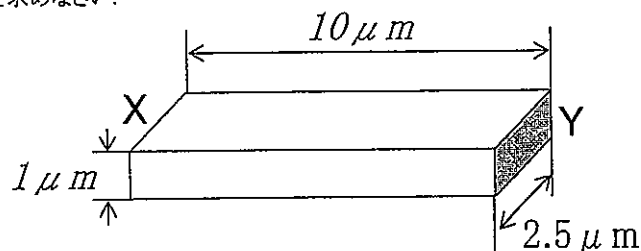
シリコンは、単位格子あたりの原子数が8個の[③]構造を持っており、隣接する原子と[④]結合によって結びついている。シリコンは、エネルギー帯図において約 1.1eV の幅の、[⑤]を持っており、非常に純度の高いシリコンの場合には、伝導帯に存在する電子の数は、室温で $1.5 \times 10^{16} [\text{m}^{-3}]$ と少なく抵抗率が高い。このような不純物を含まない半導体は[⑥]半導体と呼ばれている。不純物を含まないシリコン中に、ホウ素(B)原子を不純物として導入すると、ホウ素はシリコン原子から電子を奪う[⑦]として働き、電荷を運ぶキャリアとして[⑧]を多く持つ、[⑨]型半導体となる。ホウ素の不純物量が $1.5 \times 10^{23} [\text{m}^{-3}]$ である時の少数キャリア密度は室温において約[B] 個 $[\text{m}^{-3}]$ となる。

【語句選択肢】

単純立方、体心立方、面心立方、塩化ナトリウム、六方細密充填、せん亜鉛鉱、ダイヤモンド、サファイア、金属、共有、分子、水素、クローン、イオン、エネルギーバンドギャップ、フェルミエネルギー、ショットキーバリア、真性、不純物、バウリ、偽性、ドナー、ボーズ、アクセプタ、ニュートリノ、エーテル、伝導電子、正孔、P、A、N、B、S

(2) 下図のように長さ (L) $1.0 \times 10 \mu \text{m}$ 、幅 (W) $2.5 \mu \text{m}$ 、高さ (H) $1.0 \mu \text{m}$ のシリコン結晶がある。このシリコンの多数キャリアは電子であり、電子密度 n が $3.0 \times 10^{22} [\text{m}^{-3}]$ であった。X-Y 電極間に 5.0V の電圧を印加したとき、以下の問いに答えなさい。ただし、少数キャリアの影響は考えなくてよいものとする。

- シリコン中の電界強度 E $[\text{V}/\text{m}]$ を求めなさい。
- 電子移動度 μ_n が $5.0 \times 10^{-2} [\text{m}^2/\text{V}\cdot\text{s}]$ であるときの、電子の平均速さ v $[\text{m}/\text{s}]$ を求めなさい。
- X-Y 電極間に流れる電流 I $[\text{A}]$ を求めなさい。



立命館大学大学院理工学研究科 (博士課程前期課程)

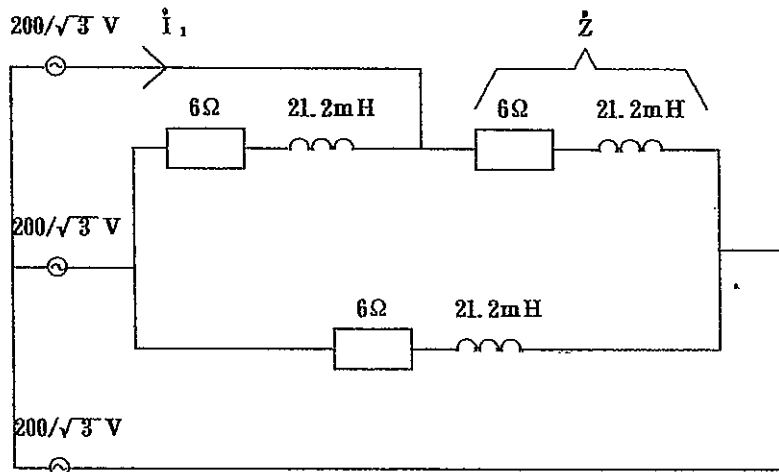
[専門科目] 電子システム型

1～9の中から4問選択して解答すること。

6. 電気回路

図のように、Y結線された三相對称電圧の電源を三つの負荷に接続した。電源電圧の周波数は60 Hzである。以下の問に答えよ。

- (1) 電流の大きさ I_1 を求めよ。
- (2) 負荷インピーダンス Z の力率および無効率を求めよ。
- (3) 負荷の全有効電力を求めよ。
- (4) 負荷の全皮相電力を求めよ。



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。

小信号トランジスタ増幅回路を設計・解析する際には、
バイアス回路と小信号等価回路に分離する。

- 1) 「バイアス」および「小信号」について解説しなさい。
- 2) バイアス回路を示しなさい。
- 3) 小信号等価回路を示しなさい。

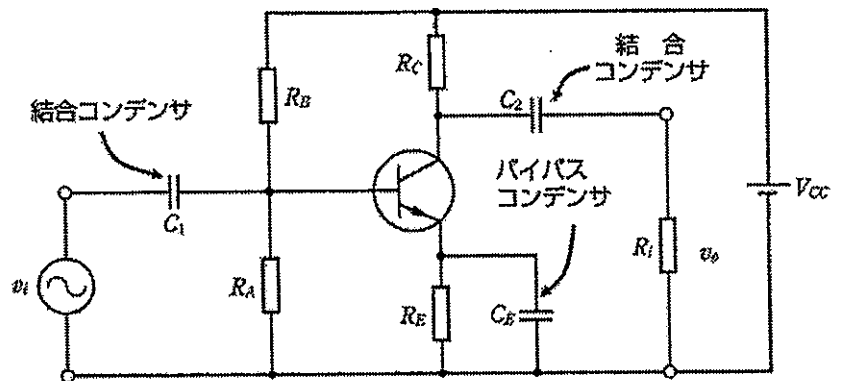


図1 小信号トランジスタ増幅回路（電流帰還形）

[2] 図2を参照し、次の問いに答えなさい。

増幅器に負帰還を施すことにより、
下記のような特徴が得られる。

- 1) 利得の安定性
- 2) 周波数帯域幅の広域化
- 3) 歪・雑音の低減

それぞれの特徴について解説しなさい。

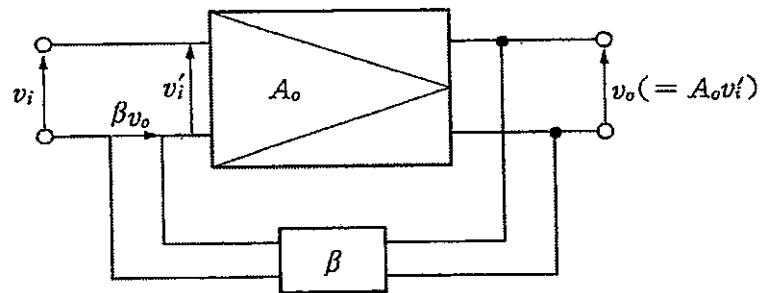


図2 負帰還増幅回路の基本構成

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。

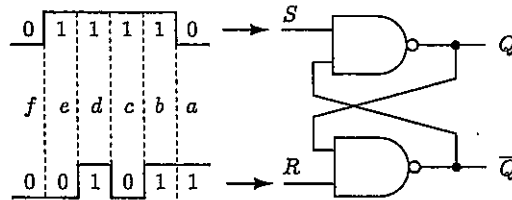
8. 論理回路

(1) 下記の真理値表について、次の問いに答えよ。

x	y	f	g
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	0
1	1	0	0

- (a) f に対する論理式を示せ。
- (b) g に対する論理式を示せ。
- (c) f を表す論理回路を論理ゲートを用いて示せ。
- (d) g を表す論理回路を論理ゲートを用いて示せ。

(2) 下図のように、RS フリップフロップにパルス列が入力する。解答用紙に下記のような表を作り、各パルスに対する出力 Q, \bar{Q} を記入せよ。ただし、RS フリップフロップに、最初にパルス a が入力し、以下、パルス b, c, d, e, f の順番で入力する。



パルス	Q	\bar{Q}
a		
b		
c		
d		
e		
f		

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

半順序のついた2分木構造であるヒープを用いた整列アルゴリズム（ヒープソート）をC言語で記述したソースプログラムを以下に示す。

```
void heapsort(int a[], int n)
{
    int i;
    for(i = n / 2; i >= 1; i--)
        pushdown(a, i, n);
    /* A */
    for( [ ア ] ){
        swap( [ イ ] );
        pushdown( [ ウ ] );
    }
}
```

```
void swap(int *p, int *q)
{
    int temp;
    temp = *p;
    *p = *q;
    *q = temp;
}
```

```
void pushdown(int a[], int first, int last)
{
    int r = first;
    while(r <= last / 2) {
        if(2 * r == last) {
            /* r は左の子のみを持つ */
            if(a[r] < a[2 * r])
                swap(&a[r], &a[2 * r]);
            r = last;
        } else {
            /* r は二つの子を持つ */
            if((a[r] < a[2 * r]) &&
                (a[2 * r] >= a[2 * r + 1])) {
                swap(&a[r], &a[2 * r]);
                r = 2 * r;
            } else if((a[r] < a[2 * r + 1]) &&
                (a[2 * r + 1] > a[2 * r])) {
                swap(&a[r], &a[2 * r + 1]);
                r = 2 * r + 1;
            } else
                r = last;
        }
    }
}
```

heapsort 関数の A までは、添字が 1 から n の n 個の要素を持つ配列 a をヒープに作り直している。すなわち、a[1] を根とし、a[i] の左の子を a[2i]、右の子を a[2i + 1] とする 2 分木と考え、ヒープの条件に従うように並びを替える。

A 以降では、ヒープとなった配列 a を昇順に整列した配列に並べ替える処理を行う。

(1)～(4)の設問に答えよ。

- (1) 要素が {5, 7, 2, 0, 8, 1, 3, 6, 9, 4} の配列を heapsort 関数に与えた場合 (a[1] が 5, a[2] が 7, ...) , A まで処理が進んだときのヒープの状態を木構造で示せ。
- (2) 空欄 [ア], [イ], [ウ] をうめよ。
- (3) pushdown 関数を引数(a, 1, n)として呼び出した場合の計算量のオーダーを以下の選択肢の中から選べ。また、n 個の要素を持つ配列を heapsort 関数で整列させる場合の計算量のオーダーを同じく以下の選択肢の中から選べ。ただし、n > 1 とする。

- | | | |
|-------------------|-------------------|---------------------|
| (a) $O(n)$ | (b) $O(n^2)$ | (c) $O(n^3)$ |
| (d) $O(\log n)$ | (e) $O(n \log n)$ | (f) $O(n^2 \log n)$ |
| (g) $O(\log^2 n)$ | (h) $O(2^n)$ | (i) $O(n 2^n)$ |

- (4) 昇順ではなく降順に整列するようにプログラムを変更するには、どの部分にどのような変更を加えるべきかを示せ。ただし、変更箇所が最小限で済むように考慮すること。