平成28年度(10月期)及び平成29年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 **問　題　用　紙**		
専攻名	電子情報科学専攻（一般選抜）	
試験科目名	専門科目 ①電気回路	P.　1／7

注意：問１と問２の解答は別々の解答用紙に書くこと．

問１．図 1.1 に示すインダクタLとキャパシタCからなる２端子対回路に関する以下の問に答えよ．

(1) 電流$\dot{I}_1$，$\dot{I}_2$と電圧$\dot{V}_1$，$\dot{V}_2$の関係

$$\dot{V}_1 = \dot{Z}_{11}\dot{I}_1 + \dot{Z}_{12}\dot{I}_2$$
$$\dot{V}_2 = \dot{Z}_{21}\dot{I}_1 + \dot{Z}_{22}\dot{I}_2$$

を与えるインピーダンス$\dot{Z}_{11}$，$\dot{Z}_{12}$，$\dot{Z}_{21}$，$\dot{Z}_{22}$を求めよ．

(2) 端子対 1-1'に図 1.2 の角周波数ωの交流電圧源$\dot{E}$と抵抗Rの回路を接続する．ただし，$\dot{E} = Ee^{j0} = E$とする．この時の端子対 2-2'の電圧$\dot{V}_2 = V_2 e^{j\varphi}$を求めよ．さらに，$\omega$を横軸として$\omega$と$V_2$の関係を図示せよ．また，$\omega$を横軸として$\omega$と$\varphi$の関係を図示せよ．

(3) (2)の状態で，さらに端子対 2-2'を抵抗RとインダクタLの直列回路で終端する．$\omega = 1/\sqrt{LC}$のとき，$\dot{V}_2/\dot{V}_1 = \sqrt{2}e^{-j\frac{\pi}{4}}$となる$R$を求めよ．

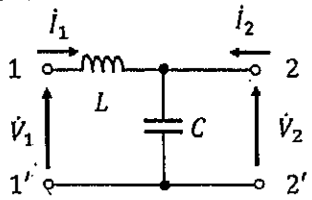


図 1.1

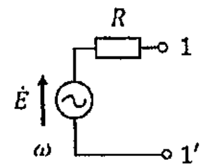


図 1.2

問２．図２はキャパシタC，抵抗R，スイッチS，直流電源Eからなる回路を示す．回路はスイッチSが閉じた状態で時間が十分に経過したものとする．以下の問に答えよ．

(1) キャパシタCの図中＋側に充電された電荷Qを求めよ．

(2) キャパシタCに蓄えられたエネルギーを求めよ．

(3) 時刻$t = 0$においてスイッチSを開く．このとき，左側閉路を時計回りに流れる電流をi_1，右側閉路を時計回りに流れる電流をi_2とおく．i_1とi_2を$t > 0$において求めよ．

(4) スイッチSを開いて十分に時間が経過するまでに，4 個の抵抗で消費されるエネルギーの総和を求めよ．

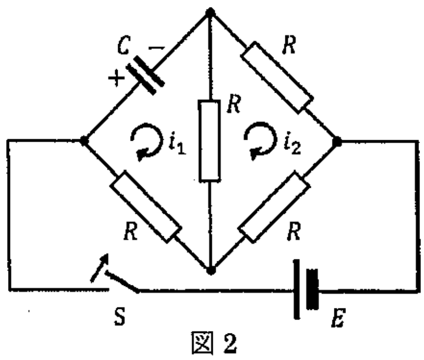


図 2

注意：問１と問２の解答は別々の解答用紙に書くこと．

問１．図１のように電荷密度$\rho(r)$の電荷が半径aの球内に分布している．電荷分布の周囲は真空として，以下の問に答えよ．

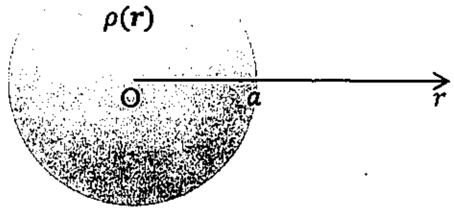


図１ 球状電荷分布

(1) 静電界における「真空中のガウスの法則」と「電界と電位の関係式」の微分形を示し，この２式から次のポアソンの方程式を導出せよ．

$$\nabla^2\phi(r) = -\rho(r)/\varepsilon_0$$

ここで$\phi(r)$は電位分布，ε_0は真空の誘電率，$\nabla^2\phi =$ grad div ϕである．

(2) まず球内$(0 \le r \le a)$を考える．この領域の電位分布が

$$\phi(r) = \frac{Q}{8\pi\varepsilon_0 a^3}(3a^2 - r^2)$$

であらわされるとき，電荷密度$\rho(r)$を求めよ．ここでQは電荷量である．また必要であれば，極座標系(r,θ,φ)における下記のベクトル公式を用いよ．

$$\nabla^2\phi = \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial\phi}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}\left(\sin\theta\frac{\partial\phi}{\partial\theta}\right) + \frac{1}{r^2\sin^2\theta}\frac{\partial^2\phi}{\partial\varphi^2}$$

(3) 球状に分布している全電荷量を求めよ．

(4) 次に球状電荷分布の外$(a \le r)$について考える．この領域の電界分布および電位分布を求めよ．

(5) 球状電荷分布の外の空間が蓄えているエネルギーを求めよ．

問題訂正

② 電磁気学

問1 (1)

誤) $\nabla^2\phi = \mathrm{grad}\ \mathrm{div}\ \phi$

正) $\nabla^2\phi = \mathrm{div}\ \mathrm{grad}\ \phi$

注意：問１と問２の解答は別々の解答用紙に書くこと．

問２．図２.１のように，３次元直交座標系のxz平面内 $(y=0)$ に，z軸に平行$(x=-d)$な無限長直線導線と，原点を中心とする半径aの１回巻き円形コイルがある．ただし，$d>a>0$とし，直線導線，円形コイルとも導線の太さは無視できるとする．直線導線の$+z$方向に直流電流I_1を流したとき，以下の問に答えよ．ただし，空間の透磁率をμ_0とする．また，必要に応じて以下の積分公式を用いてよい．

$$\alpha^2>\beta^2 \text{ のとき } \int_0^{2\pi}\frac{d\varphi}{\alpha+\beta\cos\varphi}=\frac{2\pi}{\sqrt{\alpha^2-\beta^2}}$$

(1) 円形コイル内の点Ｐにおける磁界の大きさと方向を求めよ．ただし，$\overline{\mathrm{OP}}=r$，OPとx軸との成す角をθとする．

(2) 円形コイルの内部を貫く磁束を求めよ．

(3) 直線導線と円形コイルの間の相互インダクタンスを求めよ．

次に，図２.２のように円形コイルに直流電流I_2を流した．直線導線には直流電流I_1を流したままである．

(4) このとき直線導線と円形コイルの間に働く力の大きさと方向を求めよ．

次に，円形コイルの直流電流I_2を流すのをやめ，直線導線に直流電流I_1に替えて，角周波数ωの交流電流$I_0\sin\omega t$を流した．

(5) 円形コイルを切断したときに，その両端に発生する電圧を求めよ．

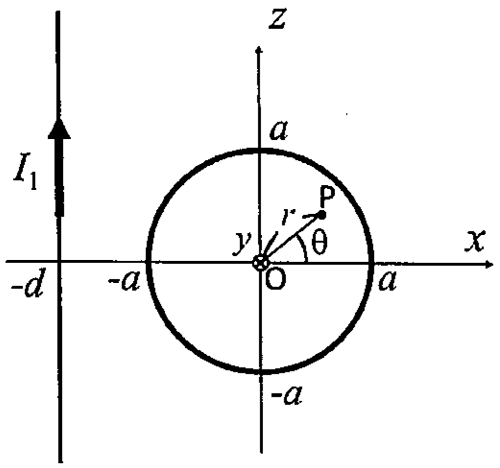


図２.１

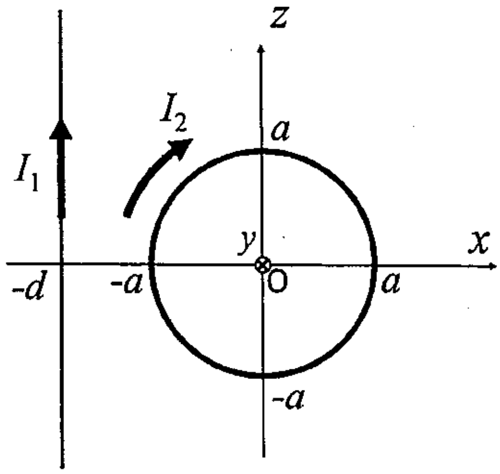


図２.２

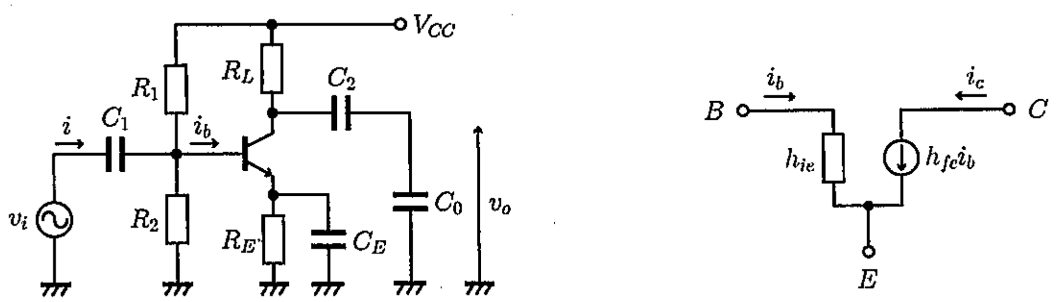
注意：問１と問２の解答は別々の答案用紙に書くこと．

問 1．図 1(a) に示すトランジスタを用いた増幅回路について，以下の問に答えよ．

(1) トランジスタの小信号等価回路を図 1(b) とする．図 1(a) の回路の小信号等価回路を描け．ただし，C_1 と C_2 のインピーダンスは十分小さいものとし，C_E と C_0 のインピーダンスは無視せず考慮すること．

(2) 電圧利得 $G(\omega) = v_o/v_i$ を求めよ．

(3) $|G(0)|$，$|G(\infty)|$ 及び $|G(\omega)|$ の最大値 G_{max} を求めよ．ただし，$C_E R_E \gg C_0 R_L$ である．



(a) 回路構成　　(b) 小信号等価回路

図 1．トランジスタを用いた増幅回路

問 2．オペアンプを使った図 2 のような回路を考える．ここで電流源 I_1 は，物理量に応じた電流量となるセンサ (光センサとして用いるフォトダイオードなど) のモデルである．またオペアンプの特性は理想的であるとする．

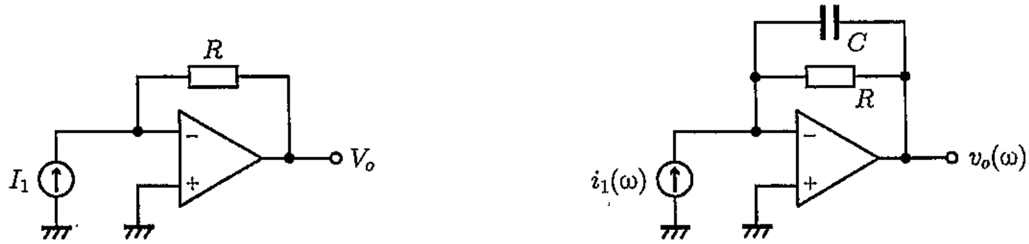
(1) 図 2(a) の回路の出力電圧 V_o を求めよ．

(2) I_1 が $0 \sim 1\,\mu\mathrm{A}$ の範囲で変化するとき，V_o が $0 \sim -2\,\mathrm{V}$ まで変化するように R の値を求めよ．

(3) I_1 が (2) と同様の範囲で変化するとき，$0 \sim 1\,\mathrm{V}$ の範囲の出力を得られる回路を，2 個のオペアンプを用いて設計せよ．

(4) 角周波数 ω の交流電流源 $i_1(\omega)$ に対して，出力電圧 $v_o(\omega)$ の帯域を制限するために，コンデンサ C を付加した図 2(b) のような回路を考える．この $v_o(\omega)$ を求めよ．

(5) 図 2(b) の回路で $R = 1\,\mathrm{k\Omega}$，$C = 1\,\mu\mathrm{F}$，$|i_1(\omega)| = 1\,\mu\mathrm{A}$ の場合の，ω に対する $|v_o(\omega)|$ のグラフの概略を示せ．ただし両軸はともに対数軸とし，グラフの形状が変化する箇所の ω の値をグラフ中に明記すること．



(a) 回路 (その 1)　　(b) 回路 (その 2)

図 2．オペアンプを用いた回路

注意：問１と問２の解答は別々の解答用紙に書くこと．

問１．無記憶情報源 $A = \begin{Bmatrix} a_1, & a_2, & \cdots, & a_n \\ P(a_1), & P(a_2), & \cdots, & P(a_n) \end{Bmatrix}, B = \begin{Bmatrix} b_1, & b_2, & \cdots, & b_m \\ P(b_1), & P(b_2), & \cdots, & P(b_m) \end{Bmatrix}$ において，$i = 1,2,\cdots,n$に対して情報源記号 a_i の発生確率 $P(a_i)$ が $P(a_i) > 0, \sum_{i=1}^{n} P(a_i) = 1$ を満たし，$i = 1,2,\cdots,m$に対して情報源記号 b_i の発生確率 $P(b_i)$ が $P(b_i) > 0, \sum_{i=1}^{m} P(b_i) = 1$ を満たす．このとき，以下の問に答えよ．

(1) $n < m$ のとき，$i = 1,2,\cdots,n-1$ に対して$P(a_i) = P(b_i)$であり，$i = n, n+1, \cdots, m$ に対して $P(b_i)$ は全て等しいとする．エントロピー$H(A)$と$H(B)$ の差 $H(B) - H(A)$を $P(a_n), m, n$ の式で表せ．

(2) $n = m$ のとき，$-\sum_{i=1}^{n} P(a_i) \log_2 P(a_i) \le -\sum_{i=1}^{n} P(a_i) \log_2 P(b_i)$ が成り立つことを示せ．ただし，$x > 0$ に対して，$\ln x \le x - 1$が成り立つことを用いてよい．ここで，$\ln x$はxの自然対数を表す．

(3) Aに対するr元符号を考える．$i = 1,2,\cdots,n$ に対して$l_i \ge -\log_2 P(a_i)/\log_2 r$を満たす正の整数 l_i を a_i の符号語の長さとするとき，クラフトの不等式が成立することを示せ．ただし，$r \ge 2$とする．

(4) $n = 2$, $P(a_1) = P(a_2) = 1/2$とする．Aの出力を雑音のない通信路 C を介して送信すると受信記号集合$B' = \{b'_1, b'_2, b'_3\}$の要素として受信された．この通信路 C において，$i = 1,2$ と$j = 1,2,3$ に対して条件付き確率$P(b'_j|a_i)$を$p_{ij} = P(b'_j|a_i)$とおく．$p_{11} = 1, p_{22} = p_{23} = 1/2$であるとき，エントロピー$H(B')$を求めよ．なお，雑音のない通信路では，受信記号が定まれば，送信記号は一意に定まる．

問２．アルファベット{a,b}上の言語$L = \{x | x$は aa を含まない文字列$\}$を考える．例えばε, a, ab, bb, abaなどはLに含まれるが，aa, aab, aaaなどはLに含まれない．このとき，以下の問に答えよ．

(1) Lに含まれる長さ４の文字列を全て列挙せよ．

(2) Lを認識する状態数２の非決定性有限オートマトンを示せ．

(3) Lを認識する状態数最小の決定性有限オートマトンを示せ．ただし，各状態からは全てのアルファベット文字の遷移が存在していなければならないものとする．

(4) Lを生成する正規文法を示せ．ただし，変数集合を$\{A, B\}$，開始変数をAとせよ．

(5) (4)の正規文法による終端記号列bbaの構文解析木を示せ．

(6) (4)の正規文法を Chomsky の標準形に変形せよ．ただし，開始変数のε-規則が存在してもよい．

平成28年度(10月期)及び平成29年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験		
問 題 用 紙		
専攻名	電子情報科学専攻（一般選抜）	
試験科目名	専門科目 ⑤計算機ソフトウェア	P.6／7

注意：問１と問２の解答は別々の解答用紙に書くこと．

問１．プログラム１は、フィボナッチ数列を求める処理をＣ言語で記述したものである．フィボナッチ数列とは，第n項をF_nとしたとき$F_n = F_{n-1} + F_{n-2}$となる数列を指し，$F_1 = F_2 = 1$であるものとする．

(1) プログラム１を実行したときに画面に出力される結果を書け．

(2) 関数 fib の引数nに対する時間計算量をオーダー記法で表したとき、最も近いものを以下から選択せよ．

a) $O(n)$ b) $O(n^2)$ c) $O(2^n)$ d) $O(\log n)$ e) $O(n \log n)$

(3) プログラム２は，再帰を用いずに関数 fib の処理を記述したものである．【A】欄に適切な答えを入れ，プログラム２を完成させよ．

(4) (3)の関数 fib の引数nに対する時間計算量をオーダー記法で表したとき、最も近いものを以下から選択せよ．

a) $O(n)$ b) $O(n^2)$ c) $O(2^n)$ d) $O(\log n)$ e) $O(n \log n)$

(5) ある環境で，同プログラムのnを増やして試行したところ，第47項以降が正しくない数値となった．試行結果の一部を以下に示す．この原因について述べよ．

第45項： 1,134,903,170
第46項： 1,836,311,903
第47項：－1,323,752,223
参考：2^{32} ＝ 4.29×10^9

```c
#include <stdio.h>

int fib(int n);

int main(void){
   int n;
   int i;
   n = 10;

   for(i=1; i<n; i++){
     printf("%d:%d¥n", i, fib(i));
   }
   return 0;
}

int fib(int n){
   if(n == 1 || n == 2) return 1;
   else return fib(n-1) + fib(n-2);
}
```

プログラム１

```c
int fib(int n){
   int n1, n2, tmp;
   int i;

   n1=n2=1;
   for(i=2; i<n; i++){

            【 A 】

   }
   return n2;
}
```

プログラム２

問２．以下の問に答えよ．

(1) 配列aの０から９番目の各要素に，数値列$\{5, 6, 2, 8, 7, 4, 9, 10, 1, 3\}$が，この順番で格納されている．この配列$a$をヒープ木に変換したときのヒープ木を図示せよ．ただし，親要素には子要素より常に大きい値が入るものとする．

(2) (1)で求めたヒープ木から根を取り出し，一番深いレベルの最も右側の葉を根に移動した後，再構築したときのヒープ木を図示せよ．

(3) (2)で求めたヒープ木を配列bに格納したとき，$b[i]$に格納されている値をそれぞれ答えよ．ただし，変数iは０から８の整数値であるものとする．

(4) 高さhのヒープ木全体が持つ要素数の最大値と最小値を答えよ．ただし，根の高さは０として扱うこと．

(5) 入力データサイズがNのとき，(1)で行ったデータのヒープ化のみに必要な時間計算量，そしてデータのヒープ化を含めたヒープソート全体に必要な時間計算量をそれぞれオーダー記法で答えよ．

注意：問 1 と問 2 の解答は別々の解答用紙に書くこと.

問１．図１に示すコンピュータについて以下の問に答えよ.

(1) 図 1 (a)～(h) のユニット名を次の名称から選べ.

Address Decoder (AD)
Arithmetic and Logic Unit (ALU)
Instruction Decoder (ID)
Memory Address Register (MAR)
Program Counter (PC)
Random Access Memory (RAM)
Read Data Register (RDR)
Read Only Memory (ROM)

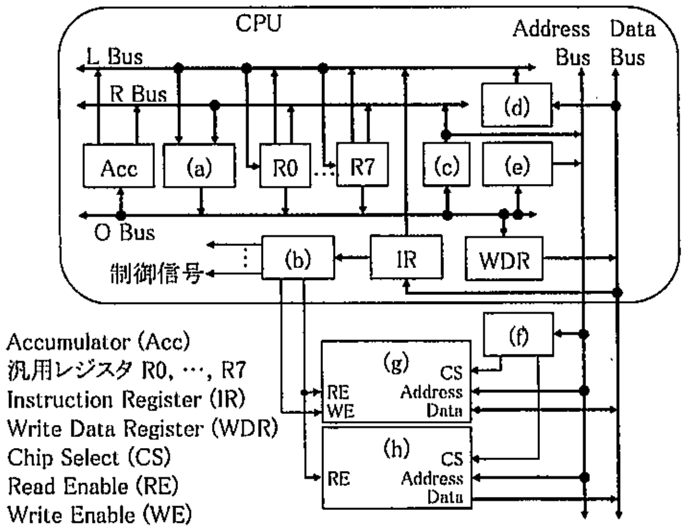


図 1．コンピュータの構成

(2) 加算命令「Add Acc, [R7]」を実行する手順を説明せよ．この命令は，R7 の示す (g) 内のデータと Acc の値を加算し，結果を Acc に格納する．ただし，説明には図中のユニット名またはそれを示す記号を用いること.

(3) (2) の命令において，アドレスの指定に任意の汎用レジスタを使用できるようにするためには，レジスタの指定に何ビットが必要になるかを答えよ.

(4) 実効アドレスの計算に (a) を 1 回のみ必要とするアドレス指定方式を示し，その手順を説明せよ.

(5) 命令フェッチの手順を説明せよ．ただし，命令は (h) に格納されているものとする.

問２．図 2 に示す順序論理回路について以下の問に答えよ．ただし，3 つの D フリップフロップ D_i $(i = 1,2,3)$ の現在の状態を Q_i^n，次の状態を Q_i^{n+1} とする.

(1) 3 つの D フリップフロップにおける応用方程式を示せ.

(2) Q_i^n，Q_i^{n+1} $(i = 1,2,3)$ を用いて状態遷移表を示せ.

(3) 10 個のクロックパルス CK に対する出力 Q_3，Q_2，Q_1 のタイミングチャートを示せ．ただし，初期状態は $(Q_3, Q_2, Q_1) = (0,0,0)$ とする.

(4) この回路がどのような機能を持つかを答えよ.

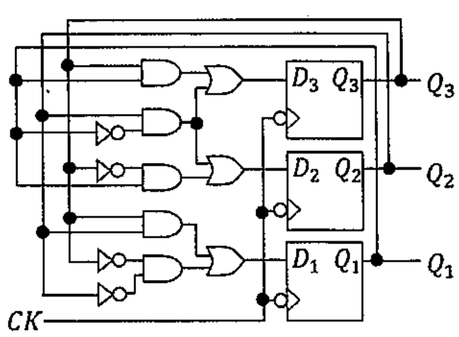


図 2．順序論理回路図