平成29年度(10月期)及び平成30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の解答は別々の答案用紙に書くこと．

問１．定常状態にある，図１に示す抵抗 R_0, R, インダクタ L, キャパシタ C とスイッチ S からなる回路を考える．ただし，交流電圧源は $e(t)=\sqrt{2}|E|\sin\omega t$ である．以下の問に答えよ．

(1) S が開放されているとき，回路のインピーダンスを求めよ．

(2) S が閉じられていて，かつ，$\omega L = 1/(2\omega C)$ という関係が成立しているときには，L を流れる電流の実効値は，R に依存しないことを示せ．

(3) S が開放されているとき，L を流れる電流 $i_L(t)$ と R を流れる電流 $i_R(t)$ のフェーザ表示（複素数表示）I_L と I_R に関する閉路方程式を導出せよ．

(4) (3)で導出した閉路方程式を解き，I_R を求めよ．

(5) (4)で求めた I_R より，$i_R(t)$ を求めよ．

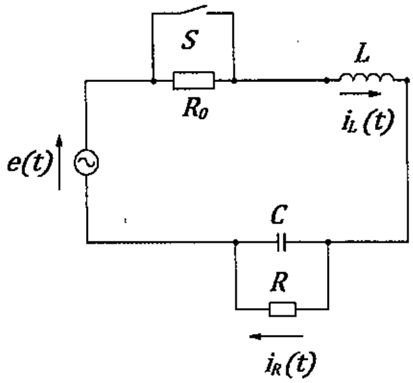

図１

問２．図２に示す回路の $e(t)$ について，図３に示すパルス電圧を印加する時，以下の問に答えよ．なお，キャパシタ C の初期電荷 $q(0)=0$ とする．

(1) 抵抗 R の両端電圧 $V_R(t)$ を求めよ．

(2) C の両端電圧 $V_C(t)$ を求めよ．

(3) $V_R(t)$ が $e(t)$ の微分出力となる条件を求めよ．また，この時の $V_R(t)$ の波形を図示せよ．

(4) $V_C(t)$ が $e(t)$ の積分出力となる条件を求めよ．また，この時の $V_C(t)$ の波形を図示せよ．

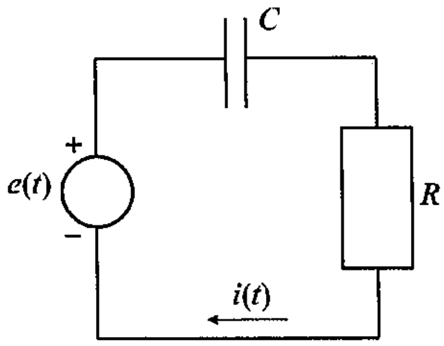

図２

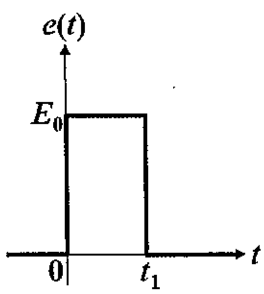

図３

平成29年度（10月期）及び平成30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 ②電気磁気学	P．２／７

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．以下の問に答えよ．電界$E(x)$の解答では方向も示せ．また，真空の誘電率はε_0とせよ．

(1) 図1(a)のように真空中において，$-d \le x \le 0$の領域A内に一様な正の体積電荷密度ρが分布している．このとき，$x \le -d$，$-d \le x \le 0$，$0 \le x$のそれぞれの領域における電界$E(x)$を求めよ．また，xと$E(x)$の関係をグラフで示せ．ただし，領域A内の電荷密度ρはy，z方向には無限に広がっているものとする．

(2) 図1(a)において領域A内の$-d \le x \le 0$と$y\,z$面内の単位面積で定まる直方体の体積内に蓄えられている静電エネルギーWを求めよ．

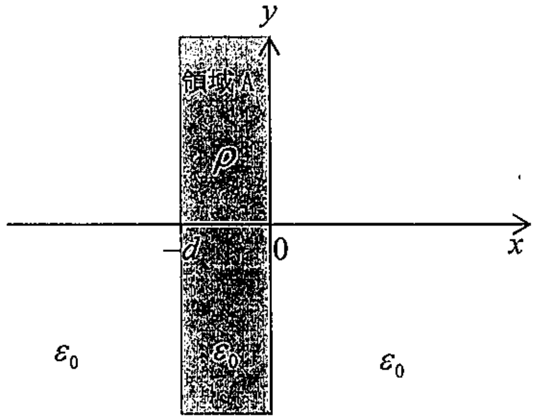

図1(a)

(3) 図1(b)のように真空中において，$-d \le x \le 0$の領域A内の体積電荷密度$+\rho$に加え，$0 \le x \le d$の領域B内に一様な負の体積電荷密度$-\rho$を置いた．このとき，$-d \le x \le 0$，$0 \le x \le d$のそれぞれの領域における電界$E(x)$と電位$V(x)$を求めよ．ただし，電位の基準点は$V(d)=0$とせよ．なお，領域A及び領域B内のそれぞれの電荷密度$\pm\rho$はy，z方向には無限に広がっているものとする．

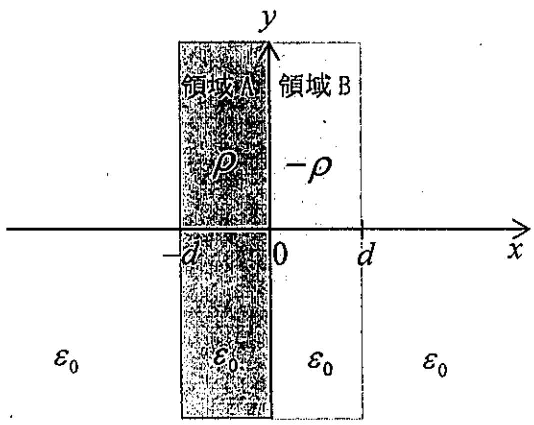

図1(b)

(4) 図1(c)のように，誘電体で満たされた平行平板コンデンサがある．2つの薄い電極の間隔はaとする．電極間$0 \le x \le a$に満たされた誘電体の誘電率$\varepsilon(x)$はxの関数で$\varepsilon(x) = \varepsilon_0 + \varepsilon_0(\varepsilon_r - 1)x/a$である．このとき，このコンデンサの単位面積あたりの静電容量Cを求めよ．ただし，平行平板コンデンサはy，z方向には無限に広がっているものとする．

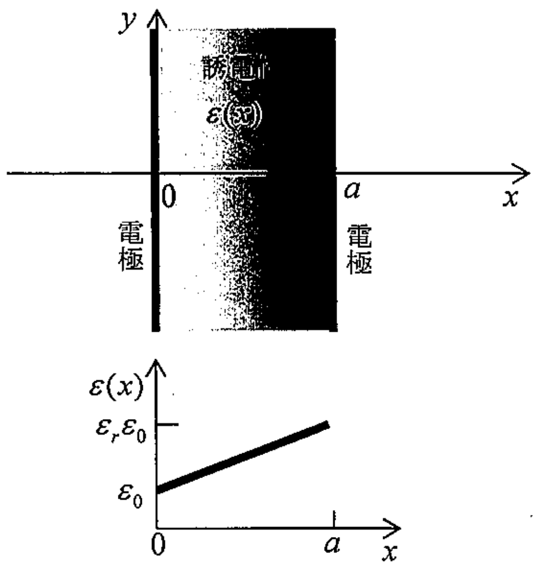

図1(c)

注意：問１と問２の解答は別々の答案用紙に書くこと.

問 2.　真空中に無限に長い直線導線と, 一辺 a の 1 回巻きの正三角形コイルがある. 図 2 に示すように, 直線導線と正三角形コイルは同一平面内にあり，また正三角形コイルの 1 つの辺は直線導線と平行である．直線導線に一定の電流 I を流したとき，この系に関する以下の問に答えよ．ただし，直線導線，正三角形コイルとも導線の太さ，および，内部抵抗は無視できるものとする．真空の透磁率は μ_0 とする.

(1) 直線導線の周囲に生じる磁界 H を，直線導線からの距離 r の関数として求めよ.

(2) 図 2 の斜線部分に示すような，正三角形コイル内に極めて狭い幅 dr の細い帯状領域を考える．帯状領域を構成する 2 辺は直線導線と平行である．この極めて細い帯状領域に鎖交する磁束 $d\Phi$ を求めよ.

(3) 正三角形コイル全体に鎖交する磁束 Φ を求めよ.

(4) 直線導線と正三角形コイルとの間の相互インダクタンス M を求めよ.

(5) 次に, 正三角形のコイルの一端を切断する. 正三角形コイルが, 直線導線から一定の速さ $v\,(=dx/dt)$ で, 直線導線に対して垂直の方向に遠ざかる．このとき，正三角形コイルの両端に発生する起電力 e を求めよ．ただし，正三角形コイルにおける自己インダクタンスの効果は無視できるものとする.

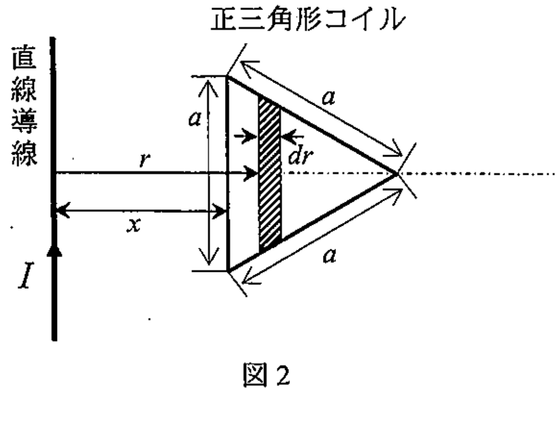

図 2

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 1a に示すバイポーラ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．ただし，C_1 のインピーダンスは十分に低く，小信号交流に対して短絡しているとみなしてよい．

(1) 抵抗 R_E の両端の電圧を測定したところ，0.4 V であった．直流電流増幅率を 200 として，V_C のバイアス電圧値を答えよ．

(2) バイポーラトランジスタ Q_1 の小信号等価回路が図 1b で与えられるとき，増幅回路の小信号等価回路を描け．

(3) 電圧利得 G を，R_C，R_L，R_E，r_π，g_m を用いて表せ．符号を付けて示すこと．

(4) 電圧利得 G を dB 値で有効数字 2 桁で答えよ．r_π，g_m，R_C，R_E，R_L の値は，図中に示された値を使用すること．$20\log 2 = 6.02$ と近似せよ．

(5) オープンループ利得の大きさを $|A|$，帰還率を β とするとき，帰還量 F は $F = 1 + |A|\beta$ で与えられる．$R_E = 0\,\Omega$ のときの電圧利得をオープンループ利得 A として，$R_E = 1\,\mathrm{k\Omega}$ のときの帰還量を有効数字 2 桁で答えよ．

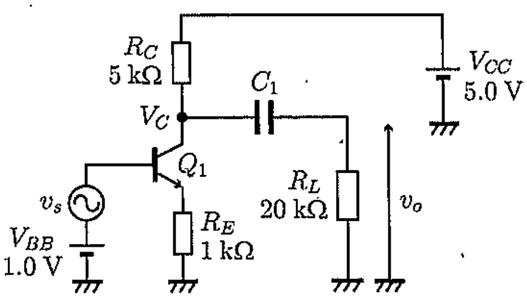

図 1a. バイポーラトランジスタ増幅回路

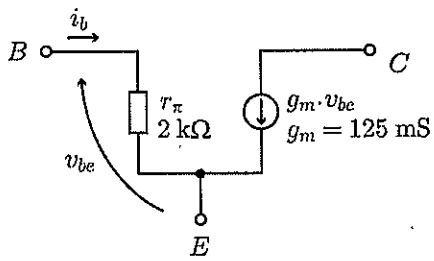

図 1b. バイポーラトランジスタ Q_1 の小信号等価回路

問 2. オペアンプを用いた図 2 の回路について，以下の問に答えよ．ただし，オペアンプの特性は理想的であるとする．

(1) 回路の入力 v_i に角周波数 ω の正弦波が入力されたとき，伝達関数 $H(\omega) = v_o/v_i$ を求めよ．

(2) $|H(\omega)|$ の最大値 H_0 と，遮断角周波数 ω_c を求めよ．

(3) 任意波形の入力 $v_i(t)$ が入力されたとき，出力 $v_o(t)$ に関する微分方程式を導出せよ．

(4) 入力 $v_i(t) = V_0\, u(t)$ ($u(t)$: ステップ関数) で与えられるとき，(3) で導出した微分方程式を解いて $v_o(t)$ を求めよ．ただし，C の初期電荷は 0 とする．また，(2) で求めた ω_c を用いて表すこと．

(5) 入力 $v_i(t)$ を振幅 1 V (電圧変化 $-1 \sim 1$ V)，周期 T，デューティー比 50％の方形波とする．$T \ll 1/\omega_c$ のときの出力波形 $v_o(t)$ の概略図を描け．

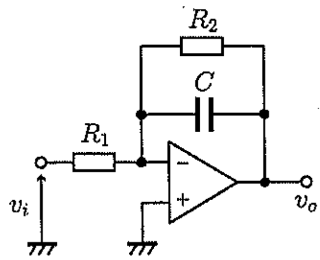

図 2. オペアンプを用いた回路

平成29年度（10月期）及び平成30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 ④情報基礎	P.５／７

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．座標 (0,0) に置いた駒を xy 平面上で移動させるために，0 と 1 の 2 つの面を持つコインを 1 回投げて 0 が出ると駒の置かれている座標から x 軸の正の方向に距離 1 だけ移動させ，1 が出ると y 軸の正の方向に距離 1 だけ移動させる試行を取り上げる．このコインの 0 が出る確率を p，1 が出る確率を q とし，n 回試行した後に駒が存在し得る xy 平面上の座標を値として取る確率変数を S_n とする．このとき，以下の問に答えよ．但し，$p+q=1$ である．

(1) 3 回試行した後に駒が存在し得る xy 平面上の座標を全て列挙せよ．

(2) エントロピー $H(S_3)$ をエントロピー関数 $H(p)=-p\log_2 p-(1-p)\log_2(1-p)$ と p,q を用いた式として求めよ．

(3) 条件付きエントロピー $H(S_3|S_5)$ について，$H(S_3|(5,0)), H(S_3|(3,2)), H(S_3|(1,4))$ をそれぞれ求めよ．

(4) このコインを 2 回投げることにより得られる 0,1 の出力系列の集合を情報源アルファベットとする情報源を考える．このとき，この情報源のハフマン符号の平均符号長を p のみの式として求めよ．但し，$p>q$とする．

問２．形式言語とオートマトンに関する以下の問に答えよ．

(1) 図 1 はアルファベット$\{a,b,c\}$上の非決定性有限オートマトン(NFA)である．

(a) 図 1 の NFA で認識される言語 L を表す正規表現を示せ．

(b) 言語 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．

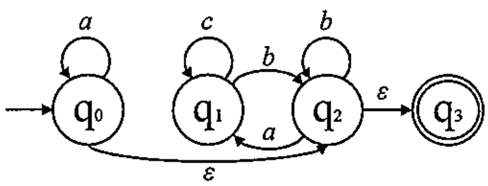

図 1

(2) 変数集合$\{S\}$，終端記号集合$\{a,b\}$，生成規則集合$\{S\rightarrow aSa \mid bSb \mid a \mid b\}$，開始変数$S$ で定義される文脈自由文法をG_1とする．また、変数集合$\{S,A,B\}$，終端記号集合$\{a,b\}$，生成規則集合 $\{S\rightarrow aSa \mid bSb \mid aA \mid bB,\ A\rightarrow a,\ B\rightarrow b \mid \varepsilon\}$，開始変数$S$ で定義される文脈自由文法をG_2とする．

(a) G_1によって生成される言語を説明せよ．

(b) G_1によって生成される言語を認識するプッシュダウンオートマトンを示せ．

(c) G_2を Chomsky の標準形に変形せよ．

(d) G_2によって生成される言語を説明せよ．また，G_2はG_1が導出する終端記号列をすべて導出できるかどうか，理由とともに説明せよ．

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．変数xのN次多項式を計算することを考える．以下の間に答えよ．

(1) C言語で記述されたプログラム１を実行したときに出力される結果を答えよ．

(2) プログラム 1 を実行したとき関数 func1 のコメント“乗算演算”，“加算演算”で示した乗算，加算について，それぞれの演算回数を答えよ．また，$N = 100$としたときのそれぞれの演算回数も答えよ．

(3) プログラム 2 は，プログラム 1 の関数 main から func2(x, a, N)と呼びだしたときに，関数 func1(x, a, N)を呼び出したときと同じ計算結果が得られるよう，再帰を用いて記述したものである．(ア) と (イ) に当てはまる命令を答えてプログラム２を完成させよ．

(4) 次数$N = 100$とするとき，関数 func2(x, a, N)を呼び出して計算結果が得られるまでの乗算回数を答えよ．また，関数 func2(x, a, N)の時間計算量をNに対するオーダー記法で答えよ．

(5) 関数 func2 で用いられているアルゴリズムの名称を答えよ．

(6) 次数Nが大きくなるとき，プログラム２のように再帰を用いると，計算機資源に対しどのような懸念があるか答えよ．

```
#include <stdio.h>
#define N 4
double func1(double, double *, int);

int main(void){
    int i;
    double a[N+1], x=2.0;

    for(i=0; i<N+1; i++)
        a[i]=(double)i+1.0;

    printf("f(%.1f)=%.2f", x, func1(x, a, N));
    return 0;
}

double func1(double x, double a[], int n){
    int i, j;
    double f = 0.0, g;

    for(i=0; i <= n; i++){
        g = a[i];
        for(j=0; j < i; j++)
            g *= x;     // 乗算演算
        f += g;         // 加算演算
    }
    return f;
}
```

プログラム１

```
double func2(double x, double a[], int k){
    if (    (ア)    )
        return a[N];
    else
        return func2(x, a, (イ)) *x + a[N-k];
}
```

プログラム２

問 2．数列 A=(7, 1, 8, 9, 2, 4, 5, 3, 6) を，あるソートアルゴリズムで昇順に並べ替えたところ，数の入れ替えは図１に示した通りに行われた．以下の問に答えよ．

(1) このソートアルゴリズムを以下より選択せよ．

　(a) クイックソート　(b) 選択ソート

　(c) 挿入ソート　　　(d) ヒープソート

(2) 数列Aを，バブルソートを用いて昇順に並べ替える場合，数の入れ替えはどのように行われるか，図１の表記に倣い，記述せよ．

(3) 数列Aを，クイックソートを用いて昇順に並べ替える場合，Aが２分割された時点における，それぞれの数列を記述せよ．ただし，ピボット（基準値）を５とする．

(4) (1)の(a)～(d)のアルゴリズムのうち，平均時間計算量のオーダーが $O(n \log n)$ になるものをすべて答えよ．ただし，n は数列の要素数である．

(1, 7, 8, 9, 2, 4, 5, 3, 6)
(1, 2, 7, 8, 9, 4, 5, 3, 6)
(1, 2, 4, 7, 8, 9, 5, 3, 6)
(1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 3, 6)
(1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 6)
(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)

図１

平成29年度(10月期)及び平成30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 ⑥ 計算機ハードウェア	P. 7/7

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はコンピュータの模式図である．このコンピュータ上で，ロード命令(LD)，ストア命令(ST)および加算命令(AD)が定義され，ニーモニックで次のように記述される．

LD　GRt, addr, GRs；addr で指定されるメモリ番地のデータをレジスタ GRt に格納する．
ST　GRt, addr, GRs；レジスタ GRt のデータを addr で指定されるメモリ番地に格納する．
AD　GRd, GRs, GRt；レジスタ GRs と GRt のデータを加算してレジスタ GRd に格納する．

ここで，GRs, GRt, GRd は汎用レジスタ(GR0〜GR7)を表し，メモリ番地はインデックスレジスタ GRs でアドレス修飾されるものとする．このコンピュータに関して，以下の問に答えよ．

(1) LD, ST 命令において，図１の算術論理演算装置ではどのような演算が実行されるか，ニーモニックのオペランドを用いて説明せよ．

(2) データメモリの 110 番地と 120 番地のデータを加算して 130 番地に格納するコードをニーモニックで書け．インデックスレジスタは GR7 で，値 100 が格納されているとする．必要なレジスタは適宜割り当てよ．

(3) LD, ST, AD 命令を実行するとき，セレクタ①，②，③ではどのデータが選択され，データメモリでは write 信号，read 信号のいずれがアサートされるか．命令毎に，セレクタでは a〜f で，データメモリでは write, read で答えよ．セレクタでは，どちらでも良い場合は“任意”とし，メモリではアサートされる信号のみを答えよ．

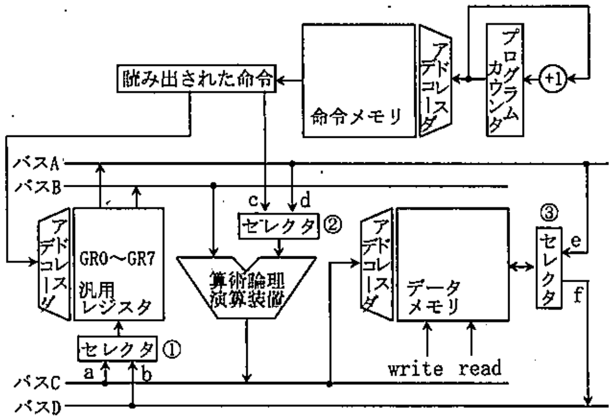

図１　コンピュータの模式図

問２．自動販売機の順序論理回路を考える．商品は 100 円であり，100 円硬貨の投入を変数A，50 円硬貨の投入を変数B，状態変数をQ_1とQ_0，商品の出庫を変数X，50 円硬貨の払出を変数Yで表す．投入された硬貨の合計額が商品価格以上になった時点で，必要な釣銭の払出とともに商品が出庫され，合計額は出庫後にリセットされるものとする．合計額が商品価格以上になった後の硬貨の投入や，硬貨の複数同時投入や，他の種類の硬貨の使用は考えない．このとき以下の問に答えよ．

(1) この回路の動作を表す状態遷移表を示せ．ただし，投入硬貨の合計額の小さい順に２進数を２ビットの状態Q_1Q_0に割り当てよ．ドントケアの入力に対する状態遷移および出力は示さなくてよい．出力変数を正論理とし，その値が状態変数だけで決まるようにせよ．

(2) この回路の応用方程式をできるだけ簡単化した積の和形式で示せ．

(3) この回路の出力の論理式をできるだけ簡単化した積の和形式で示せ．

(4) この回路の回路図を立ち上がりエッジトリガの D フリップフロップを用いて示せ．

(5) 合計 150 円投入された場合の(4)の回路のタイミング図を示せ．タイミング図は，問で定義された全ての変数とクロック信号 CK の波形を含み，初期状態から初期状態へ戻るまでを表し，クロックサイクル数をできるだけ少なくすること．ただし，初期状態は硬貨が投入されていない状態を指す．

平成２９年度１０月期・平成３０年度金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程
（一般選抜・特別選抜）

問　題　訂　正　に　つ　い　て

補　足

専門科目（電子回路）

問１（４）

誤　　電圧利得 G を dB 値で…

正　　電圧利得 G の大きさ |G| を dB 値で…