

令和3年度専攻科入学者選抜（学力選抜）検査問題

電子機械システム工学専攻

専 門 科 目

（注意）

- 1 問題用紙は、指示があるまで開かないこと。
- 2 下記の8科目から3科目を選択して解答すること。
 - 材料力学
 - 熱・流体力学
 - 工業力学
 - 電気磁気学
 - 電気回路
 - 電子回路
 - 制御工学
 - 情報工学
- 3 解答は、すべて解答用紙に記入すること。
- 4 電卓は使用できない。

材料力学（問題用紙）

(1/1 ページ)

- [1] 図1のように、材質の異なる長さ l の円柱と円筒が同心円状に配置され、両端が剛体板で拘束されている。全体に圧縮荷重 P を加えたとき、円柱と円筒に生じる応力 σ_1 、 σ_2 を求めよ。ただし、円柱と円筒の断面積を A_1 、 A_2 、縦弾性係数を E_1 、 E_2 とする。

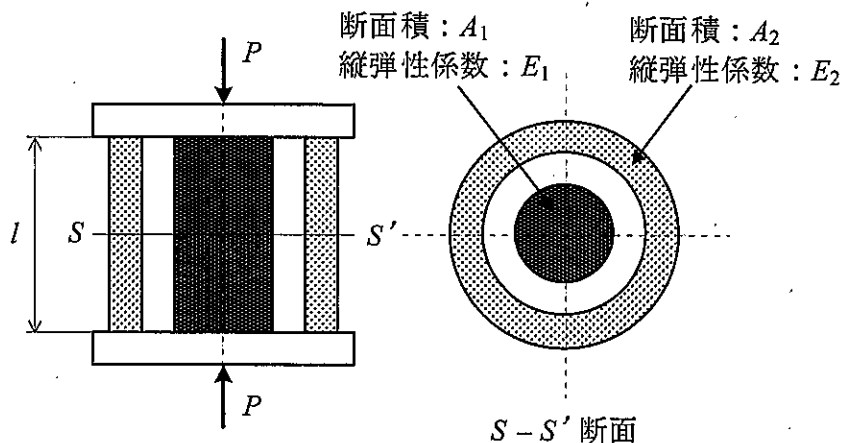


図1

- [2] 図2のように、同一の断面形状をもつ全長 l の片持ちはり(a)、(b)がある。
 はり(a)は左端に曲げモーメント M_0 を受け、はり(b)は左端に集中荷重 P を受けている。
 左端を原点として右向きに x 軸、下向きに y 軸をとるものとして、以下の問いに答えよ。
 ただし、はりの縦弾性係数を E 、断面二次モーメントを I 、断面係数を Z とする。

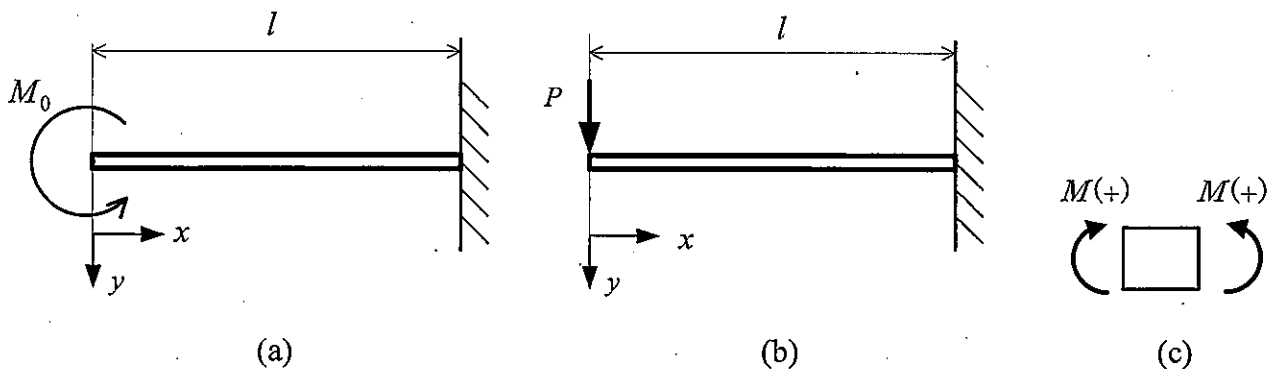


図2

- (1) はり(a) に生じる曲げモーメント M_a 、(b) に生じる曲げモーメント M_b の分布の式をそれぞれ求めよ。ただし、曲げモーメントは(c)に示す向きを正符号とする。
- (2) はり(a) に生じるたわみ y_a 、(b) に生じるたわみ y_b の式をそれぞれ求めよ。
- (3) はり(a)、(b) に生じる最大曲げ応力が等しい場合の両者のたわみの最大値の比 y_{bmax}/y_{amax} を求めよ。

熱・流体力学（問題用紙）

（1/2 ページ）

[1] 「熱機関」とは、高温熱源から熱量を取り入れ、低温熱源へ熱量を放出して作動し、外部へ仕事をする装置のことである。 $Q_H > Q_L$ として、以下の問いに答えなさい。

(1) 図1のように抽象化して表した場合、熱力学の第1法則より、これらの熱量と仕事の関係を、図中の記号を用いて、式で表しなさい。

(2) 熱機関の性能を表す指標としてもっともよく用いられるのは何か、答えなさい。

(3) (2)の指標を求める式を示しなさい。またその式からわかることを述べなさい。
なお指標を表す記号は、適宜定めなさい。

(4) 熱機関を逆に作動させると、低温熱源から高温熱源へ熱量を移動させることができる。工学的に2つの用途に用いられ、以下の目的の装置をそれぞれ何と呼ぶか、答えなさい。

- ・ 低温熱源から熱を取り去る装置
- ・ 高温熱源へ熱をくみ上げる装置

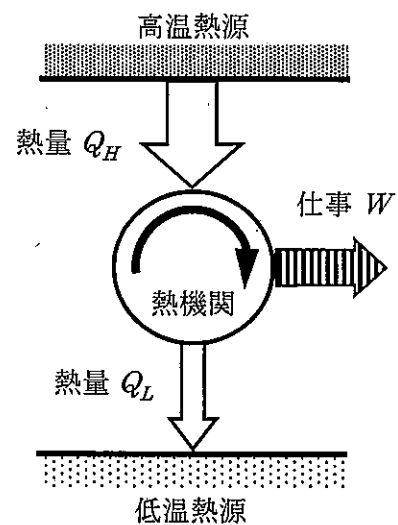


図1

[2] 図2に示すように、圧力 p_1 、比体積 v_1 の理想気体を、温度一定を保ちながら比体積 v_2 にまで膨張させた。この気体が単位質量あたりに外部にした仕事 l_{12} を求めなさい。

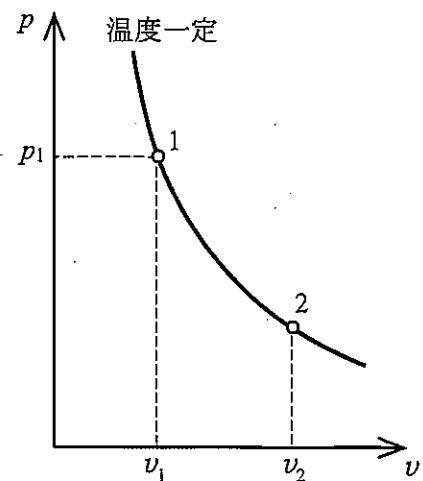


図2

熱・流体力学（問題用紙）

(2/2 ページ)

[3] 図3に示すような、車輪のついた容器があり、中に水が満たされている。大気に開放された液面から深さ H の壁面に、面積 a の小孔が開いている。水の密度は ρ 、重力加速度は g であるとし、液面の面積は小孔の面積に比べ大きく、液面の降下は無視できるものとする。以下の問いに答えなさい。

- (1) 小孔から流出する水の速度 u を求めなさい。ただし小孔における損失は無視する。
- (2) 水の流出によって容器が受ける力 F を求めなさい。答えに u を残さないこと。
- (3) 容器はどちら向きに動くか、理由を付して答えなさい。容器と車輪の重量、車輪の摩擦は無視する。

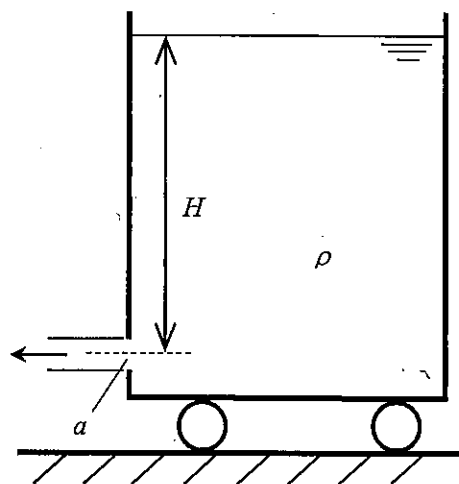


図3

[4] 図4に示すように、平板によって隔てられた平行な流路に、異なる粘度 μ_1 、 μ_2 の流体が充填されている。この板を流路と平行に一定の速度 U で動かしたとき、板を動かすために必要な単位面積当たりの力 F を求めなさい。流路壁面と平板との間隔は図に示すとおりそれぞれ h_1 、 h_2 であり、壁面・平板に垂直な方向の速度分布は直線になるとする。

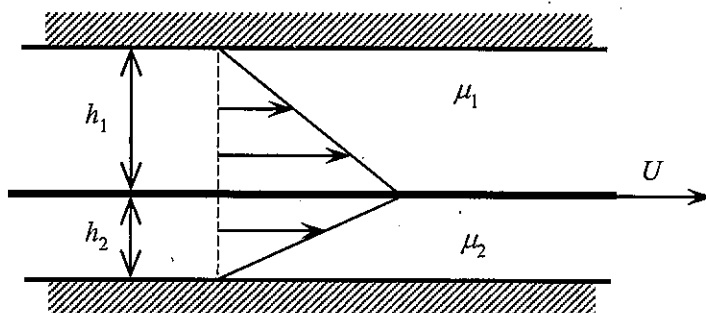


図4

工業力学（問題用紙）

(1/2 ページ)

[1] ある機械が加速、減速を含む直線走行している。図 1(a)および(b)は、その走行に関する時間 t に対する加速度 α および速度 v の変化である。ここで、最大速度 $v_{\max}=600.0$ [m/min]、走行開始から停止までの距離 $x_{\max}=360.0$ [m]、加速度 $\alpha_0=1.0$ [m/s²]として、以下の問いに答えよ。

- (1) 走行開始から最大速度 $v_{\max}$ まで至るまでの所要時間 t_1 [s]および距離 x' [m]を求めよ。
- (2) 最大速度まで至った後、減速するまでの区間の距離 x'' [m]を求めよ。
- (3) 減速後、停止するまでの区間の距離 x''' [m]を求めよ。
- (4) 走行開始から減速を始めるまでの所要時間 t_2 [s]を求めよ。
- (5) 走行開始から停止するまでの所要時間 t_3 [s]を求めよ。

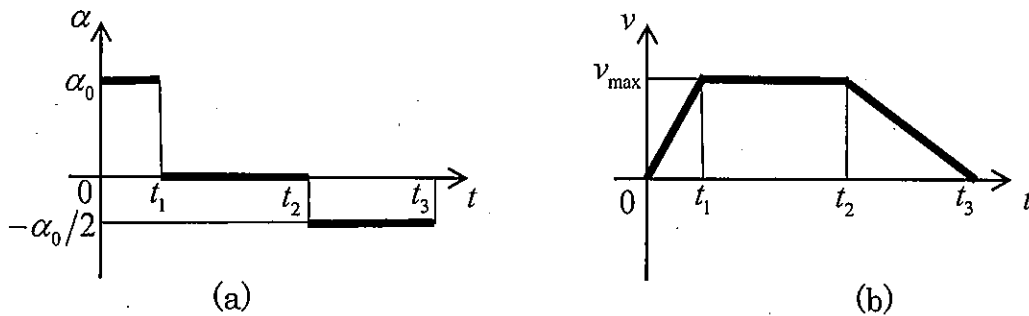


図 1

[2] 物体の重心に関する以下の問いに答えよ。なお、問題中の板は一様であるとする。

- (1) 図 2(a)に示す座標系中の三角形板の重心の y 座標 y_{G1} を求めよ。
- (2) 図 2(b)に示す座標系中の三角形と長方形が連結した板の重心の y 座標は、点線上(三角形と長方形の境界上)に位置した。この板の重心の y 座標 y_{G2} を求めよ。

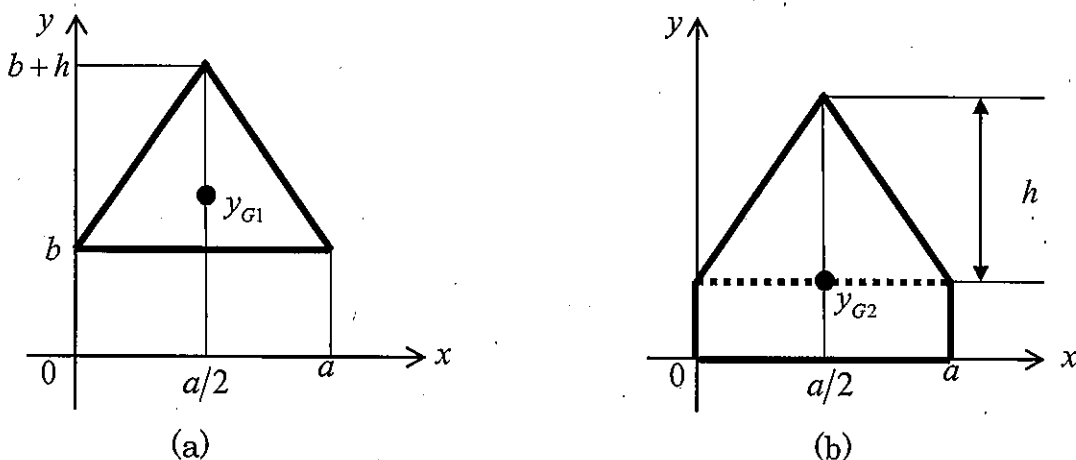


図 2

工業力学（問題用紙）

(2/2 ページ)

[3] 剛体の運動に関する、下記の説明文について、空欄①～⑤に入る適切な式を、解答用紙の記入欄に示せ。なお、重力加速度を g とする。

『図3に示すように、半径 r 、質量 m 、慣性モーメント $1/2mr^2$ の円板に、伸縮しない軽い糸を巻きつけ、糸の他端を天井に固定する。そして、円板から静かに手を放し落下させる。

まず、円板から手を放した後、円板が距離 h だけ落下することにより、円板が失った位置エネルギー U_1 を、 m 、 g 、 h を使って表すと、

$$U_1 = \boxed{\text{①}}$$

となる。

次に、円板が距離 h だけ落下した時の速度を v とし、この時の鉛直下向き方向の並進運動の運動エネルギー T_1 を、 m 、 v を使って表すと、

$$T_1 = \frac{\boxed{\text{②}}}{2}$$

となる。また、この時の回転加速度を ω とすると、回転運動の運動エネルギー T_2 を、 m 、 r 、 ω を使って表すと、

$$T_2 = \frac{\boxed{\text{③}}}{4}$$

となる。なお、回転加速度 ω を、 v 、 r を使って表すと、

$$\omega = \boxed{\text{④}}$$

となる。

以上により、力学的エネルギー保存の法則を考慮して、円板が距離 h だけ落下した時の速度 v を、 g 、 h を使って表すと、

$$v = \sqrt{\frac{\boxed{\text{⑤}}}{3}}$$

となる。』

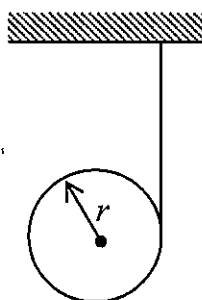


図3

電気磁気学（問題用紙）

(1/2 ページ)

【1】以下の文章で正しいものには○、誤っているものには×を答えよ。

- (1) 帯電していない物体に電荷を近づけると静電力が働く。
- (2) 電束の向きは電界の向きと同じである。
- (3) 導体球の表面から出る電気力線は表面に対して垂直である。
- (4) 導体の抵抗は長さに反比例して断面積に比例する。
- (5) 静電容量は電極間隔が狭いほど大きい。
- (6) 磁化された強磁性体内部に磁界は存在する。
- (7) 電流による磁界の強さは透磁率の大きさに比例する。
- (8) 同一方向に電流が流れる2本の電線には吸引力が働く。
- (9) トランスは直流電圧を変換することができない。
- (10) インダクタンスは周波数の低い電流に対して抵抗として働く。

【2】以下の問いに答えよ。

- (1) 抵抗に電流を流すことによって熱が発生する。このことを表す法則の名称は何か。
- (2) 任意の形状の導線を流れる微少部分の電流によりある点に磁界が発生する。この関係を表す法則の名称は何か。
- (3) 電磁誘導によって生じる誘導電流は磁束の変化を妨げる向きに発生する。このことを表す法則の名称は何か。
- (4) 誘電率を真空の誘電率で除した値の名称は何か。
- (5) 電場と磁場の両方が存在する領域で荷電粒子が運動するとき、この荷電粒子に作用する合力の名称は何か。

電気磁気学（問題用紙）

(2/2 ページ)

[3] 真空中において、図1に示すような同心導体球がある。内部導体の半径を a [m]、外部導体の内半径を b [m]、真空の誘電率を ϵ_0 [F/m]とする。今、内部導体球に電荷 $+Q$ [C]を、外部導体球に電荷 $-Q$ [C]を与えたとする。導体球の中心からの距離を r [m]とし、以下の問いに答えよ。

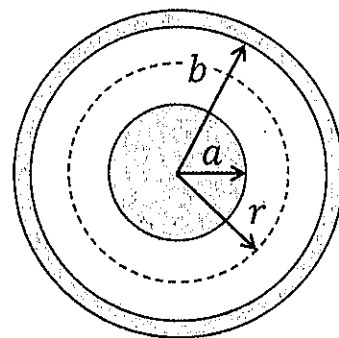


図 1

- (1) $r < a$ の領域における電界の強さ E_1 を求めよ。
- (2) $a < r < b$ の領域における電界の強さ E_2 を求めよ。
- (3) 電界の強さの最大値 E_{max} を求めよ。
- (4) 両導体間の電位差 V_{ab} を求めよ。
- (5) 同心導体球間の静電容量 C_{ab} を求めよ。

[4] 真空中において、図2に示すような十分長い同軸導体円柱がある。内部導体の半径を a [m]、外部導体の内半径及び外半径をそれぞれ b [m]、 c [m]、真空中の透磁率を μ_0 [H/m]とする。今、この同軸円柱には往復電流 I_0 [A]が一様な密度で流れている。同軸円柱の中心からの距離を r [m]とし、以下の問いに答えよ。

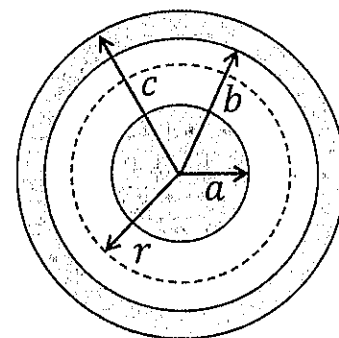


図 2

- (1) $r < a$ の領域における磁界の強さ H_1 を求めよ。
- (2) $a < r < b$ の領域における磁界の強さ H_2 を求めよ。
- (3) $b < r < c$ の領域における磁界の強さ H_3 を求めよ。
- (4) $c < r$ の領域における磁界の強さ H_4 を求めよ。
- (5) 導体間の単位長さ当たりの自己インダクタンス L_0 を求めよ。

電気回路（問題用紙）

(1/2 ページ)

[1] 起電力 E [V]、内部抵抗 r_0 [Ω]の直流電源に負荷抵抗 R [Ω]を接続して、電源から電力を取り出す場合を考える。このとき、以下の問に答えよ。

- (1) $R = 2r_0$ のとき、負荷抵抗に供給される電力 P_1 [W]を E と r_0 を用いて示せ。
- (2) 電源から取り出しうる最大の電力 P_m [W]を E と r_0 を用いて示せ。

[2] 図1の回路において、電源の角周波数を ω [rad/s]とすると、電流 i [A]が電圧 e [V]と同相となるためには、 R [Ω]はいかなる値をとればよいか答えよ。ただし、 $\omega < \frac{1}{\sqrt{LC}}$ とする。

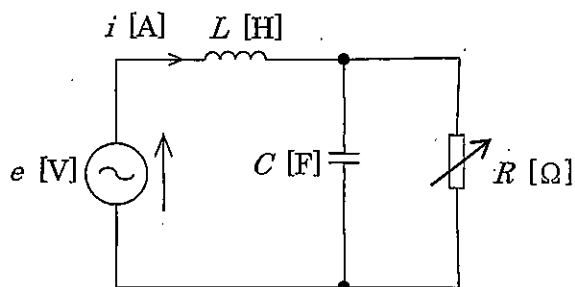


図1

電気回路（問題用紙）

(2/2 ページ)

- [3] 図2の回路で、時刻 $t = 0$ [s]においてスイッチが閉じられ、50 [V]の電圧が図のように印加される。このとき、以下の問に答えよ。

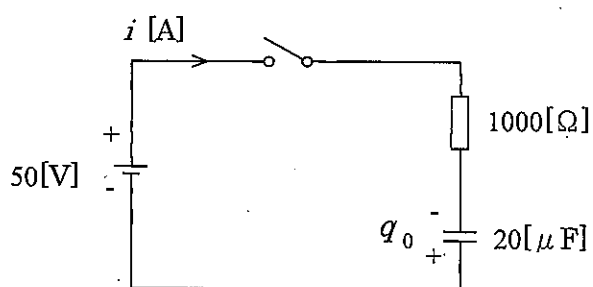


図 2

- (1) スイッチが閉じられたときの電流 i [A]に関する方程式を求めよ。
- (2) 図に示す極性で、キャパシタに初期電荷 $q_0 = 500[\mu\text{C}]$ が充電されている場合の電流 i を求めよ。

電子回路（問題用紙）

(1/2 ページ)

- [1] 図1(a) はダイオード D の近似電圧－電流特性であり、図1(b) はそのダイオード2個と抵抗による直流回路である。この回路において、ダイオードに流れる電流 I を求めなさい。ただし、 $E = 4.0 \text{ V}$ 、 $R_A = 1.0 \text{ k}\Omega$ 、 $R_B = 2.0 \text{ k}\Omega$ とする。

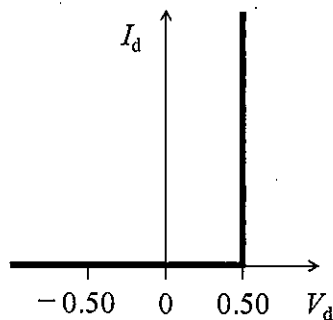


図1(a) 近似ダイオード特性

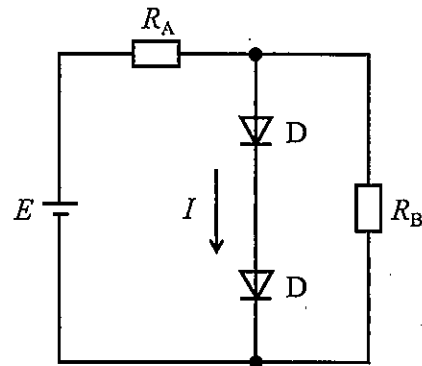


図1(b) 直流回路

- [2] 図2に示すトランジスタのエミッタ接地増幅回路に関し、以下の問いに答えなさい。
 ただし、電流増幅率 $h_{fe} = 1.5 \times 10^2$ 、入力インピーダンス $h_{ie} = 2.0 \text{ k}\Omega$ 、 $R_1 = 1.0 \text{ k}\Omega$ 、 $R_2 = 3.0 \text{ k}\Omega$ である。また、コンデンサのリアクタンス成分、出力アドミタンス h_{oe} 、電圧帰還率 h_{re} は、十分に小さいので無視してよい。

- (1) h パラメータを用いて、図2の交流等価回路を描きなさい。なお、ベース電流の交流分は i_b としなさい。
- (2) 電圧増幅度 $A_v = \left| \frac{v_o}{v_i} \right| = 75$ とするための負荷抵抗 R_L の値を求めなさい。

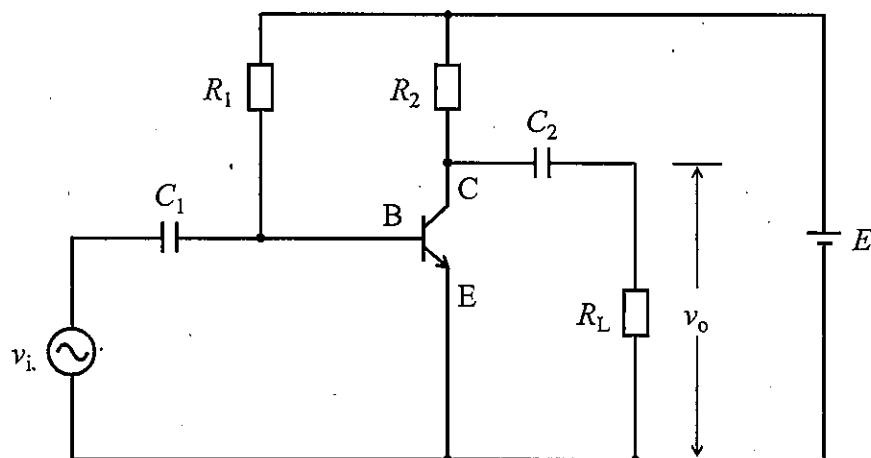


図2 エミッタ接地増幅回路

電子回路（問題用紙）

(2/2 ページ)

[3] 図3のオペアンプを用いた増幅回路について、以下の問いに答えなさい。ただし、オペアンプは理想的な特性を有し、反転入力端子の電圧が V_A 、非反転入力端子の電圧が V_B である。

- (1) 図3の点 a に対してキルヒホッフの電流則を適用しなさい。なお、式は入力電圧 V_1 、出力電圧 V_o 、 V_A 、 R_1 、 R_2 を用いて表しなさい。
- (2) 入力電圧 V_2 、 R_3 、 R_4 を用いて、非反転入力端子の電圧 V_B を式で表しなさい。
- (3) V_1 、 V_2 、 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 を用いて、出力電圧 V_o を式で表しなさい。
- (4) $\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3} = A_d$ として、(3)で求めた出力電圧 V_o の式を簡単にしなさい。

また、その式から、この増幅回路の動作を説明しなさい。

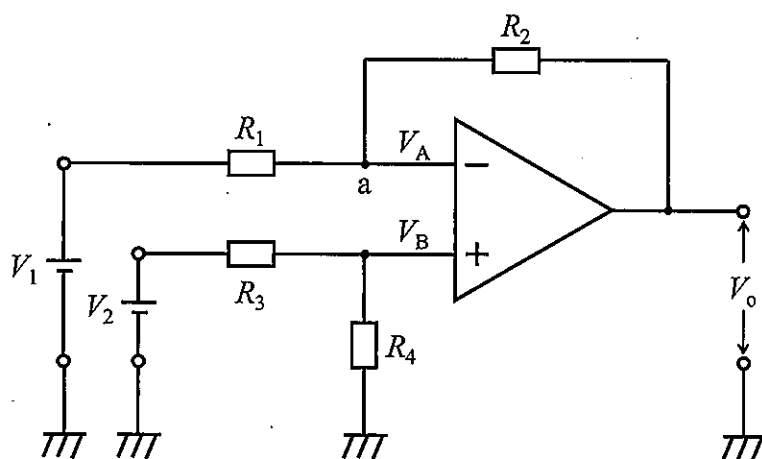


図3 オペアンプを用いた増幅回路

制御工学（問題用紙）

(1/2 ページ)

[1] 図1のブロック線図で表される制御系について、以下の問に答えよ。

- (1) $E(s)$ から $F(s)$ への伝達関数 $L(s)$ を求めよ。
- (2) $R(s)$ から $Y(s)$ への伝達関数 $G(s)$ を求めよ。
- (3) $K=20, 40, 60$ としたときの $L(s)$ のベクトル軌跡が図2に示されている。
 $K=60$ のときのものは (a)、(b)、(c) のどれか答えよ。
- (4) $K=60$ のときの制御系全体の安定性を判別せよ。

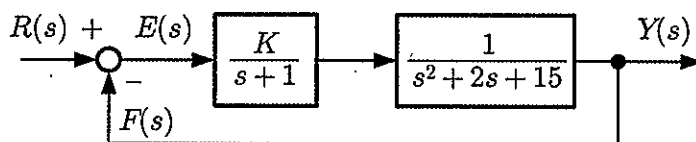


図1

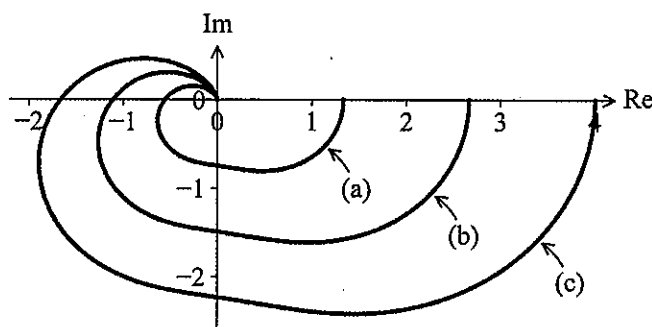


図2

[2] 質量・バネ・ダンパ系の入力である外力 $u(t)$ と出力である変位 $x(t)$ の関係は

$$m \frac{d^2 x(t)}{dt^2} = u(t) - c \frac{dx(t)}{dt} - kx(t)$$

という式で表される。このシステムについて以下の問に答えよ。

- (1) 初期値はすべてゼロとして入力から出力への伝達関数 $P(s)$ を求めよ。
- (2) このシステムの減衰係数 ζ と固有角周波数 ω_n を m, c, k の式で表せ。
- (3) このシステムのゲイン特性が $\omega = 0$ 以外に極値を持つための c の条件と、極値における共振角周波数 ω_r を求めよ。

制御工学（問題用紙）

(2/2 ページ)

[3] あるシステムの周波数応答を測定したら図3のボード線図が得られた。

(1) このシステムの伝達関数 $P(s)$ の式を答えよ。

(2) このシステムに $\sin(10t)$ を入力した時の定常応答 $y(t)$ のグラフとして最も適切なものは図4(a)～(d)のどれか。

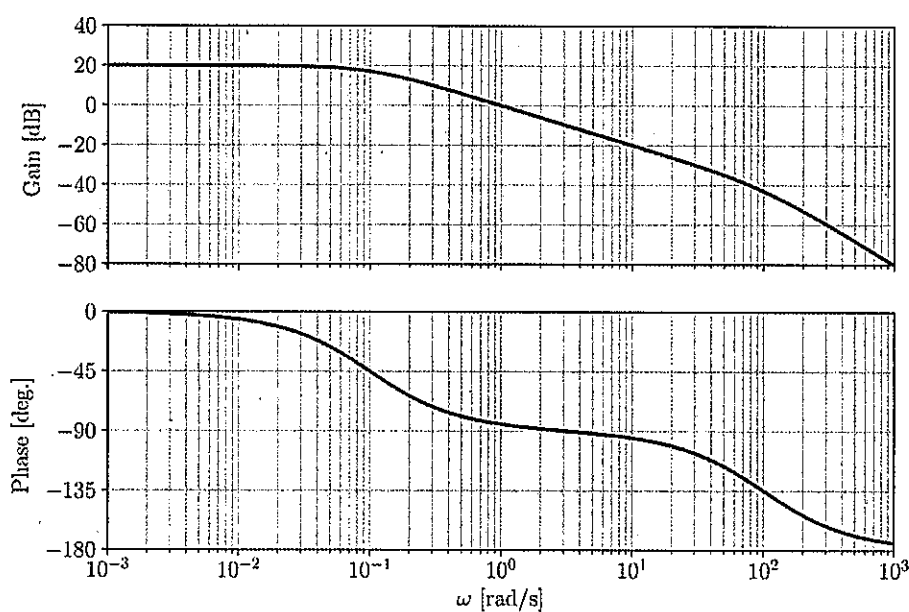


図3

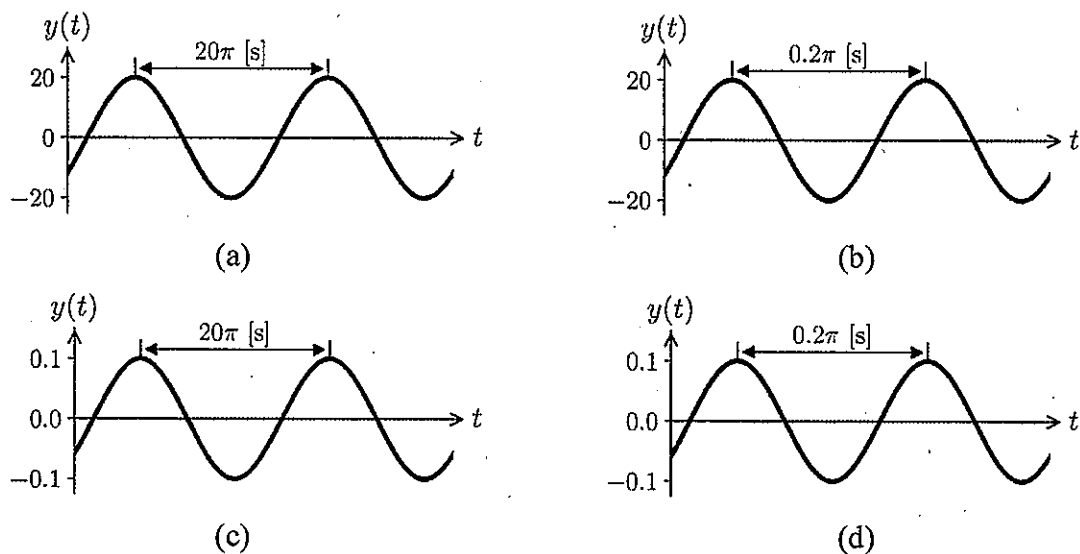
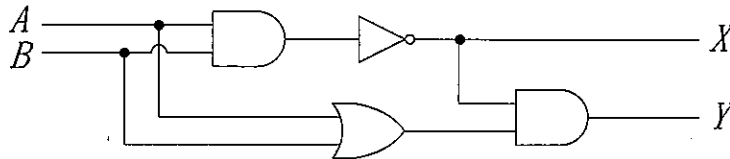


図4

情報工学（問題用紙）

(1/3 ページ)

- [1] 次の論理回路における、入力 A 、 B に対する出力 X 、 Y の関係について、以下の設問に答えよ。



- (1) 入力 A 、 B の論理式として、出力 X 、 Y をそれぞれ表せ。
 - (2) 入力 A 、 B と出力 X 、 Y に関する真理値表を書け。
- [2] ド・モルガンの定理とは、 $\overline{A+B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$ および $\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$ が成立するという定理である。ここで、 $\overline{X}$ は X の否定を意味し、 $+$ は論理和、 $\cdot$ は論理積を意味する。この定理は、 n 変数の場合についても成立する。
- 3 変数 (A 、 B 、 C) の場合について、(1) ド・モルガンの定理の論理式を示すとともに、(2) 真理値表を用いて、この定理が成立することを示しなさい。
- [3] デジタルカメラで撮影したカラー画像があるとする。この画像の大きさが、横 4096px、縦 3072px であったとき、1px の記録に 3B 必要であるとする、1 枚の画像全体をコンピュータのメモリ上に読み込むのに必要なメモリ容量は何 MB になるか。1MB は 2^{20} B とする。データの圧縮処理は施さないものとする。
- [4] 数値表現について、以下の問いに答えよ。
- (1) 2 進数 $(101010101)_2$ を 8 進数、16 進数で示せ。
 - (2) 10 進数 2020 を 2 進数で表わせ。
 - (3) 10 進数 68 を 2 の補数表現による 8 ビット 2 進数で表しなさい。
 - (4) 10 進数 -100 を 2 の補数表現による 8 ビット 2 進数で表しなさい。
 - (5) 2 進数 $(10.10101)_2$ を 10 進数で表現しなさい。

情報工学（問題用紙）

(2/3 ページ)

[5] 以下に示す数式と同じ計算を C 言語プログラムによって実現したい。

$x, y, z, a, b, c, i, n, u$ は変数である。変数は予め定義してあるものとして、数式と同じ計算に該当する部分を C 言語で記述しなさい。右辺の計算結果が、左辺の変数に代入されるものとして考えること。なお、ヘッダファイル `math.h` がインクルードされているものとして、必要に応じて数学関数を用いてよい。また、(2) の x_i は、配列 x の i 番目の要素と考えればよい。(3) の x, y の添字も同様である。

$$(1) \quad y = \frac{1}{x^2 + a^2}$$

$$(2) \quad y = \sum_{i=0}^{n-1} (x_i - u)^2$$

$$(3) \quad z = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

$$(4) \quad x = 2 \cos a \sin b$$

$$(5) \quad y = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

情報工学（問題用紙）

(3/3 ページ)

[6] 次に示す C 言語プログラムの一部分を実行した後の各変数の値を示せ。値が確定できない変数については「不定」と示すこと。

- (1)

```
int a = 1, b = 2, c = 3, d;  
d = a;  
a = b;  
b = c;  
c = d;  
d = a + b * c + d;
```
- (2)

```
int i, j = 1;  
for (i=1; i<=5; i++) {  
    j = j+i*j;  
}
```
- (3)

```
int t = 4321, h = 0, m = 0, s;  
while (t > 3600) {  
    t = t - 3600;  
    h = h+1;  
}  
while (t > 60) {  
    t = t - 60;  
    m = m+1;  
}  
s = t;
```
- (4)

```
double a;  
a = 5/2;
```
- (5)

```
int a = 10, b = 20, c, d;  
c = a/b;  
d = b/a;
```