2008 年 2 月 28 日　9:30－11:30

大学院工学研究科　　電気・通信工学専攻
　　　　　　　　　　電子工学専攻
大学院情報科学研究科
　　　　　情報・生命系群（物理・情報系）
大学院医工学研究科
　　　　　工学系コース電気工学系

大学院入学試験問題用紙

専門科目

注意：　７設問中，２問題を選んで，答案用紙（問題ごとに１枚）に解答せよ．答案用紙が不足する場合は裏面を使って良いが，"裏面へ続く"と書くこと．問題は和文と英文を併記してある．

Attention: Choose 2 problems out of the following 7 problems and solve them on a separate answer sheet for each problem. If space of the sheet is shortened, use backside of the same sheet and note "continued to backside". Problems are written both in Japanese and English.

2008年2月実施
問題1 電気工学
(1頁目/2頁中)

ブロック線図が Fig. 1 で与えられるようなフィードバック制御系を考える．ここで，$R(s)$ は目標値，$D(s)$ は外乱，$C(s)$ は制御量である．次の問に答えよ．

(1) $D(s)=0$ とする．このフィードバック制御系の開ループ伝達関数を求めよ．

(2) $D(s)=0$ とする．このフィードバック制御系が安定となるようなゲイン定数 K の範囲を求めよ．ただし，$K>0$ とする．

(3) $D(s)=0$ とする．このフィードバック制御系の定常位置偏差の絶対値が 0.1 以下となるようなゲイン定数 K の範囲を求めよ．ただし，$K>0$ とする．

(4) $D(s)=0$ とする．このフィードバック制御系の開ループ伝達関数のナイキスト線図を描け．また，ゲイン余裕 GM を求めよ．

(5) 外乱 $D(s)=1/s^2$ に対する定常偏差の絶対値が 0.1 以下となるゲイン定数 K の範囲を求めよ．ただし，$K>0$ とする．

Consider the feedback control system shown in Fig. 1, where $R(s)$, $D(s)$ and $C(s)$ are the reference input, the disturbance and the controlled variable, respectively. Answer the following questions:

(1) Let $D(s)=0$. Derive the open-loop transfer function of the feedback control system.

(2) Let $D(s)=0$. Find the range of the gain factor K so that the feedback control system is stable, where $K>0$.

(3) Let $D(s)=0$. Find the range of the gain factor K so that the absolute value of the steady-state position error is less than or equal to 0.1, where $K>0$.

(4) Let $D(s)=0$. Draw the Nyquist diagram of the open-loop frequency transfer function of the feedback control system. Moreover, find the gain margin GM.

(5) Find the range of the gain factor K so that the absolute value of the steady-state error for the disturbance $D(s)=1/s^2$ is less than or equal to 0.1, where $K>0$.

2008年2月実施

問題1 電気工学

(2頁目/2頁中)

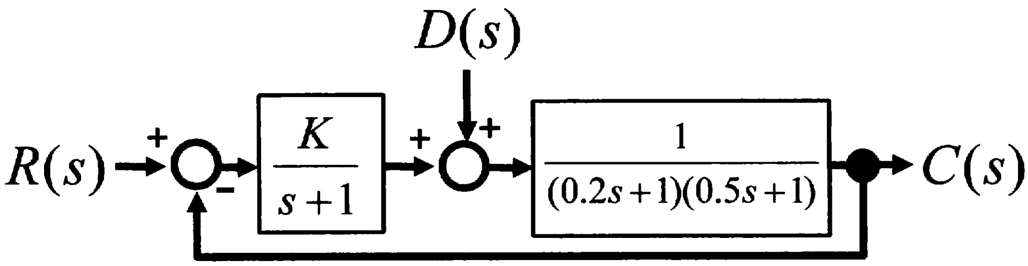

Fig. 1

2008年2月実施
問題2　通信工学
(1頁目/2頁中)

Fig. 2に示す乗算回路で，周期 T の周期信号

$$p_s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} p(t - nT) \tag{1}$$

を用いて，入力信号 $u(t)$ を変調し，信号 $v(t) = u(t)p_s(t)$ を出力させる．ここで，信号 $p(t)$ は

$$p(t) = \begin{cases} 1/\tau, & |t| < \tau/2 \\ 0, & \text{その他} \end{cases} \tag{2}$$

で与えられる．ただし，$\tau < T$ とする．以下の問に答えよ．

(1) 信号 $p(t)$ のフーリエ変換 $P(f)$ を求め，$|P(f)|$ を図示せよ．

(2) 信号 $p_s(t)$ のフーリエ級数を求めよ．

(3) 信号 $p_s(t)$ のフーリエ変換を求めよ．

(4) 出力信号 $v(t)$ のフーリエ変換 $V(f)$ を求めよ．ただし，入力信号 $u(t)$ のフーリエ変換を $U(f)$ とする．

In the multiplier as shown in Fig. 2, an input signal $u(t)$ is modulated by a periodic signal

$$p_s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} p(t - nT) \tag{1}$$

which has a period of T, and an output signal $v(t) = u(t)p_s(t)$ is obtained. Here, the signal $p(t)$ is given by

$$p(t) = \begin{cases} 1/\tau, & |t| < \tau/2 \\ 0, & \text{others} \end{cases} \tag{2}$$

where, $\tau < T$. Answer the following questions.

2008年2月実施
問題2　通信工学
(2頁目/2頁中)

(1) Derive the Fourier transform $P(f)$ of the signal $p(t)$, and sketch $|P(f)|$.

(2) Derive the Fourier series of the signal $p_s(t)$.

(3) Derive the Fourier transform of the signal $p_s(t)$.

(4) Derive the Fourier transform $V(f)$ of the output signal $v(t)$. Here, the Fourier transform of the input signal $u(t)$ is $U(f)$.

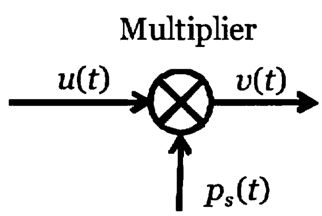

Fig. 2

2008 年 2 月実施
問題 3　電子工学
(1 頁目/2 頁中)

バイポーラトランジスタを用いたエミッタ接地増幅回路を Fig. 3(a) に示す. 以下の問に答えよ.

(1) このトランジスタの全端子を開放した熱平衡状態におけるエネルギーバンド図を Fig. 3(b) に示した.

(a) Fig. 3(a) に示す回路で能動領域で動作している場合のトランジスタのエネルギーバンド図を Fig. 3(b) に基づいて描け.

(b) ベース電圧によりコレクタ電流を制御するトランジスタの動作機構についてエネルギーバンド図を用いて説明せよ.

(2) このトランジスタの微小信号等価回路をFig. 3(c) に示す. なお, h_{ie} および h_{fe} はそれぞれエミッタ接地時の入力インピーダンスおよび電流利得を表す.

(a) Fig. 3(c) の等価回路を利用して, Fig. 3(a) の回路全体の微小信号等価回路を容量 C_C および C_E を含めて描け.

(b) Fig. 3(a) の回路の電圧利得率 K_V は微小正弦波信号による v_o/v_i とする. 信号の角周波数 ω によらず, この K_V を一定にするための C_C の条件を求めよ. なお, 容量 C_E によるインピーダンスは無視できるほど小さいものとする.

(c) Fig. 3(a) の電流帰還バイアス回路が, 固定バイアス回路に比べて優れている点について述べよ.

A common-emitter amplifier circuit using a bipolar transistor is shown in Fig. 3(a). Answer the following questions.

(1) An energy band diagram of the transistor is shown in Fig. 3(b), where all terminals of the transistor are opened and the transistor is in thermal equilibrium.

(a) Draw an energy band diagram of the transistor based on Fig. 3(b), when the transistor is working at the active region in the circuit shown in Fig. 3(a).

(b) Explain the mechanism using an energy band diagram how the base voltage controls the collector current.

(2) A small-signal model for the transistor is shown in Fig. 3(c), where h_{ie} and h_{fe} indicate an input impedance and a current gain, respectively.

(a) Draw a small-signal equivalent circuit for Fig. 3(a) including the capacitors C_C and

2008年2月実施
問題3　電子工学
(2頁目/2頁中)

C_E using the small signal-model shown in Fig. 3(c).

(b) The voltage gain K_V of the circuit shown in Fig. 3(c) is given as v_o/v_i for a small sinusoidal-wave signal. Obtain a condition for C_C to give constant K_V regardless of the angular frequency ω of the signal. Here the impedance of the capacitor C_E is negligibly small.

(c) Describe the merits of the current feedback bias circuit shown in Fig. 3(a) compared to a fixed bias circuit.

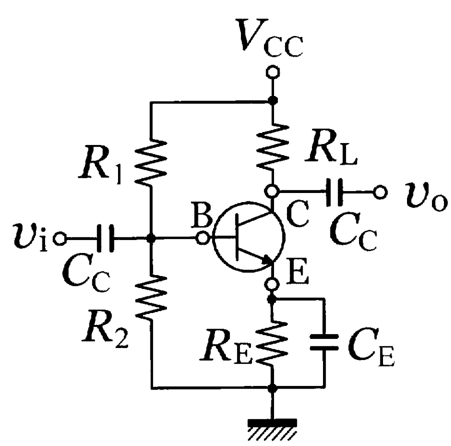

Fig. 3(a) Amplifier circuit.

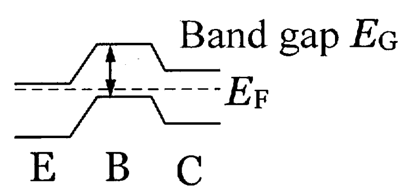

Fig. 3(b) Energy band diagram.

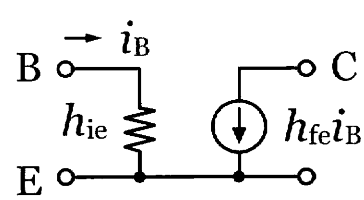

Fig. 3(c) Small-signal model of a bipolar transistor.

２００８年２月実施
問題４　計算機１
（１頁目／１頁中）

4 ビット 2 進整数 (x_3, x_2, x_1, x_0) $(x_i \in \{0, 1\})$ の 2 の補数について考える．ここで，

$$X = -2^3 x_3 + \sum_{i=0}^{2} 2^i x_i$$

とする．

以下の問に答えよ．

(1) 4 ビット 2 進整数 $(0, 1, 1, 0)$ の 2 の補数を求めよ．

(2) 任意の (x_3, x_2, x_1, x_0) の 2 の補数を求める組み合わせ回路を適当な論理ゲートを用いて構成せよ．

(3) 任意の (x_3, x_2, x_1, x_0) の 2 の補数を求める順序回路を D フリップフロップと適当な論理ゲートを用いて構成せよ．この回路には，クロックサイクルごとに，入力 x_i が $i = 0, 1, 2, 3$ の順で与えられる．D フリップフロップの初期状態も示すこと．

Consider the two's complement of a 4-bit binary integer (x_3, x_2, x_1, x_0) $(x_i \in \{0, 1\})$ where

$$X = -2^3 x_3 + \sum_{i=0}^{2} 2^i x_i.$$

Answer the following questions.

(1) Show the two's complement of a 4-bit binary integer $(0, 1, 1, 0)$.

(2) Design a combinational logic circuit to calculate the two's complement of (x_3, x_2, x_1, x_0) using adequate logic gates.

(3) Design a sequential circuit to calculate the two's complement of (x_3, x_2, x_1, x_0) using D flip-flops and adequate logic gates. In each clock cycle, the circuit receives inputs x_i in the order of $i = 0, 1, 2, 3$. Specify the initial state of the D flip-flops.

２００８年２月実施
問題５　計算機２
（１頁目／２頁中）

並行プロセスに関して以下の問に答えよ．

(1) 変数 account を共有し並行動作する以下の２つのプロセスを考える．

```
process Deposit
  1: x = read(account) + 100;
  2: write(account,x);
end
```

```
process Withdraw
  1: y = read(account) - 50;
  2: write(account,y);
end
```

ここで，1，2 は行番号，x，y はローカル変数，read(account) は account の読み込み，write(account,z) はローカル変数 z の値の account への書出し処理を表す．システム開始時，全ての共有変数と全てのローカル変数は 0 に初期化されているとする．また，それぞれのプロセスは 1 回だけ実行されるものとする．

システム状態を

(account の値，Deposit の x の値，Withdraw の y の値)

の組で表す．また，各プロセスの行う動作を以下のように表記する．

- $D(i)$: Deposit が i 行の処理を実行する．($i = 1$ または $i = 2$)
- $W(i)$: Withdraw が i 行の処理を実行する．($i = 1$ または $i = 2$)

(a) このシステムの状態遷移は，プロセスの動作でラベル付けられた状態間のエッジで表せる．例えば，初期状態にて動作 $D(1)$ が引き起こす状態遷移は以下のように表せる．

$$(0,0,0) \xrightarrow{D(1)} (0,100,0)$$

このシステムの状態遷移図を描け．

(b) このシステムの意図する振る舞いは Deposit と Withdraw の効果が共に最終状態に反映され，account の最終の値が 50 になるものである．状態遷移図の中で，意図する振る舞いを実現する実行経路（エッジの列）をすべて列挙せよ．

(2) 上記のようなシステムが常に意図する実行を行うようにするための一つの方法は，ハードウエア命令 Test-and-Set を用いてロックによる排他制御機構を導入することである．

(a) Test-and-Set 命令の動作を記述せよ．

(b) 共有変数 lock でロックを表現することにする．また lock に対して Test-and-Set 命令を呼び出す関数 test_and_set(lock) が与えられているとする．ロックを取得するための疑似コードを書け．

（注）疑似コードでは，while や if などの適当なプログラミングの制御構文を使用してよい．

２００８年２月実施
問題５　計算機２
（２頁目／２頁中）

Answer the following questions concerning concurrent processes.

(1) Consider the following concurrent processes that manipulate the shared variable `account`:

```
process Deposit                      process Withdraw
  1: x = read(account) + 100;          1: y = read(account) - 50;
  2: write(account,x);                 2: write(account,y);
end                                  end
```

where 1, 2 are statement numbers, `x` and `y` are local variables, `read(account)` reads `account`, and `write(account,z)` writes the value of the local variable `z` to `account`. At the start up time of the system, all the shared variables and all the local variables are initialized to 0. Each process executes only once.

A state of the system is represented by a 3-tuple:

(the value of `account`, the value of `x` in `Deposit`, the value of `y` in `Withdraw`).

The following notations are used to represent actions in this system.

- $D(i)$: `Deposit` executes the statement i ($i = 1$ or $i = 2$).
- $W(i)$: `Withdraw` executes the statement i ($i = 1$ or $i = 2$).

(a) Each of the state transitions in this system is represented by an action-labeled edge between two states. For example, the transition induced by action $D(1)$ performed in the initial state is represented by the following edge.

$$(0, 0, 0) \xrightarrow{D(1)} (0, 100, 0)$$

Draw the state transition graph of this system.

(b) The intended behavior of this system is the one where the effects of both `Deposit` and `Withdraw` are reflected in the final state, and the final value of `account` becomes 50. List all the execution paths (sequences of edges) in the state transition graph that achieve the intended behavior.

(2) One way to ensure the intended behavior of such a system is to introduce a lock based mutual exclusion mechanism using a hardware instruction `Test-and-Set`.

(a) Describe the behavior of `Test-and-Set`.

(b) Suppose a lock is represented by a shared variable `lock`, and there is a function `test_and_set(lock)` that executes `Test-and-Set` instruction on `lock`. Write pseudo-code to obtain the lock.

(Note) In your pseudo-code, you may use standard control statements such as `while` and `if`.

２００８年２月実施
問題６　物理専門１
（１頁目／２頁中）

原点からの距離 r の関数として定義される3次元ポテンシャル

$$V(r) = \begin{cases} 0 & (0 \le r < R) \\ \infty & (R \le r) \end{cases}$$

があり，エネルギーEを持つ，質量 m の1個の粒子がこのポテンシャルに閉じ込められている．粒子はＳ状態（角運動量＝０）にあり，その波動関数は$\psi(r)$，波数の絶対値は k で与えられるものとする．このとき

$$\nabla^2\psi(r) = \frac{1}{r^2}\frac{d}{dr}(r^2\frac{d}{dr})\psi(r)$$

となることを用い，以下の問に答えよ．ただし $\hbar = h/2\pi$　（ h はプランク定数）とせよ．

(1)　この粒子の，時間に独立なシュレーディンガー方程式を記せ．

(2)　$\psi(r) = \dfrac{f(r)}{r}$ とおき，$f(r)$ に対する方程式を導くことにより，$\psi(r)$ を求めよ．またこれを規格化せよ．

(3)　$\psi(r)$ に課せられた境界条件を記し，粒子の取り得る最低エネルギーを求めよ．

Consider a three-dimensional potential defined by a function of the distance r from the origin as

$$V(r)=\begin{cases}0 & (0\le r<R)\\ \infty & (R\le r)\end{cases}.$$

A particle of mass m with energy E is confined within this potential. Assume that the particle is in an S state (angular momentum = 0) and its wave function is given by $\psi(r)$ with the absolute value of the wave number being k. Using the relation

$$\nabla^2\psi(r)=\frac{1}{r^2}\frac{d}{dr}(r^2\frac{d}{dr})\psi(r),$$

answer the following questions. Let $\hbar = h/2\pi$ (h : Planck's constant).

(1) Write the time-independent Schrödinger equation for this particle.

(2) By putting $\psi(r)=\dfrac{f(r)}{r}$ and by deriving the equation for $f(r)$, obtain $\psi(r)$. Then normalize $\psi(r)$.

(3) Write the boundary condition for $\psi(r)$, and obtain the lowest possible energy for the particle.

２００８年２月実施
問題７　物理専門２
（１頁目／１頁中）

$-\pi \leq x \leq \pi$ で関数

$$f(x) = x^2, \qquad g(x) = \cos(px)$$

を考え，次の問に答えよ．ただし，p は整数でない実数であるとする．

(1)　関数 $f(x)$ のフーリエ級数を求めよ．

(2)　$\displaystyle\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2}$ の値を求めよ．

(3)　関数 $g(x)$ のフーリエ級数を求めよ．

(4)　$\displaystyle\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{4n^2 - 1}$ の値を求めよ．

(5)　$\displaystyle\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{2n - 1}$ の値を求めよ．

Consider the following functions

$$f(x) = x^2, \qquad g(x) = \cos(px)$$

for $-\pi \leq x \leq \pi$. Here p is a non-integer real number. Answer the following questions.

(1)　Find the Fourier series of the function $f(x)$.

(2)　Find the value of $\displaystyle\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2}$.

(3)　Find the Fourier series of the function $g(x)$.

(4)　Find the value of $\displaystyle\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{4n^2 - 1}$.

(5)　Find the value of $\displaystyle\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{2n - 1}$.