
2021年3月2日 9:40-10:40

大学院工学研究科	電気エネルギーシステム専攻
	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
大学院医工学研究科	工学系コース電気・情報系

大学院入学試験問題

専門科目

Specialized Subjects

注意： 6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．問題は和文と英文を併記してある．

Attention: Choose 2 questions out of the following 6 questions and answer each of them on a separate answer sheet. You may use the backside. Questions are written in both Japanese and English.

Question No. 1: Electrical engineering (1/2)

2021年3月実施
問題1 電気工学
(1頁目/2頁中)

- (1) 定格容量 1 kVA, 定格一次/二次電圧 100 V/200 V の単相変圧器において, 無負荷試験と短絡試験の結果は, 次のとおりである.

無負荷試験: 一次電圧 100 V, 一次電流 0.13 A, 入力電力 5.0 W

短絡試験: 一次電圧 1.7 V, 一次電流 10 A, 入力電力 8.0 W

この変圧器の L 型簡易等価回路を図示するとともに, 回路定数を求めよ.

- (2) Fig. 1 のフィードバック制御系について, 次の問に答えよ. ただし, K および K_T は正数とする.

(a) この制御系の閉ループ伝達関数を求めよ.

(b) この制御系の固有周波数 ω_n および減衰率 ζ を, K および K_T を用いて表せ.

(c) この制御系において, 減衰率 $\zeta = 0.5$ および定常速度偏差 $\varepsilon_v \leq 0.05$ を同時に満足するための K および K_T の範囲を求めよ.

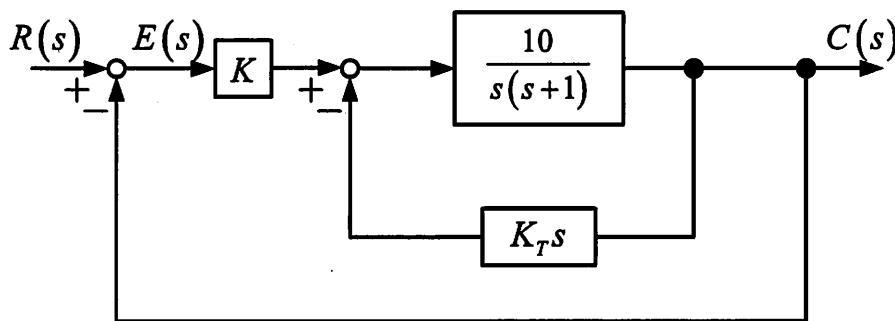


Fig. 1

Question No. 1: Electrical engineering (2/2)

2021年3月実施
問題1 電気工学
(2頁目/2頁中)

- (1) In a single-phase transformer with a rated capacity of 1 kVA, and primary / secondary voltages 100 V / 200 V, the results of the open circuit test and the short circuit test are as follows:

Open circuit test: Input voltage 100 V, Input current 0.13 A, Input power 5.0 W

Short circuit test: Input voltage 1.7 V, Input current 10 A, Input power 8.0 W

Draw the approximate equivalent circuit of the transformer, and find the circuit parameters.

- (2) Answer the following questions about the feedback control system shown in Fig. 1, where K and K_T are positive.

(a) Find the closed-loop transfer function of the control system.

(b) Express the natural frequency ω_n and the damping factor ζ of the control system, in terms of K and K_T .

(c) In the control system, find the range of values of K and K_T that satisfy both the damping factor $\zeta = 0.5$ and the steady state velocity error $\varepsilon_v \leq 0.05$.

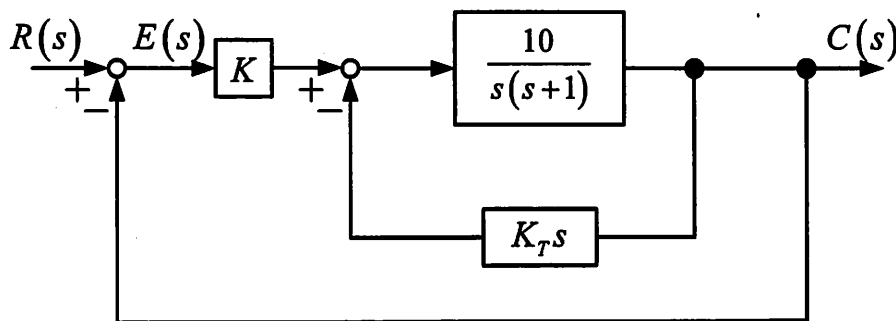


Fig. 1

2021年3月実施
問題2 通信工学
(1頁目/1頁中)

振幅 A 、周期 T をもつ正弦波信号 $s(t)$ に電力スペクトル密度 $P_n(f)$ が $N_0/2$ である白色雑音 $n(t)$ が重畳された信号 $s_n(t)$ を考える。信号 $s_n(t)$ は伝達関数 $H(f)$ をもつ帯域幅 B の理想低域フィルタに入力される。 $s(t)$ および $H(f)$ は次式で与えられる。

$$s(t) = A \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$$

$$H(f) = \begin{cases} 1, & |f| \leq B/2 \text{ のとき} \\ 0, & \text{その他} \end{cases}$$

ただし $B/2 > 1/T$ である。以下の問に答えよ。

- (1) 理想低域フィルタのインパルス応答 $h(t)$ を求め、その概形を図示せよ。
- (2) 信号 $s(t)$ の平均電力 P_s を求めよ。
- (3) フィルタ出力の信号対雑音比 S/N を求めよ。

Consider a signal $s_n(t)$ in which a white noise $n(t)$, whose power spectral density $P_n(f)$ is $N_0/2$, is superimposed onto a sinusoidal signal $s(t)$ having an amplitude A and a period T . The signal $s_n(t)$ is input to an ideal low-pass filter having a transfer function $H(f)$ with a band-width B . $s(t)$ and $H(f)$ are given by

$$s(t) = A \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right),$$

$$H(f) = \begin{cases} 1, & \text{when } |f| \leq B/2, \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases},$$

where $B/2 > 1/T$. Answer the following questions.

- (1) Derive the impulse response $h(t)$ of the ideal low-pass filter and sketch its outline.
- (2) Derive the average power P_s of the signal $s(t)$.
- (3) Derive the signal-to-noise ratio S/N of the filter output.

2021年3月実施
問題3 電子工学
(1頁目/2頁中)

Fig. 3(a) は n チャネル接合型電界効果トランジスタ (JFET) を用いた回路である。定電流領域における JFET のドレイン電流 I_D は以下の式で与えられる。

$$I_D = I_{D0} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p} \right)^2$$

ここで、 V_{GS} はソースに対するゲートの電圧、 V_p はピンチオフ電圧である。 I_{D0} および V_p の値はそれぞれ 8 mA, -1 V であり、出力バイアス電圧は 4 V である。以下の間に答えよ。

- (1) I_D の値を求めよ。
- (2) V_{GS} の値を求めよ。
- (3) R_S の値を求めよ。

次に、微小信号入力電圧 v_i に対する出力電圧 v_o について考える。JFET の微小信号モデルは Fig. 3(b) で与えられる。ここで、 v_{GS} はソースに対するゲートの電圧の微小信号成分、 g_m は JFET の相互コンダクタンスであり、動作点において

$$g_m = \frac{dI_D}{dV_{GS}}$$

で与えられる。交流信号に対して容量 C_C , C_S は短絡とみなせるものとする。

- (4) g_m の値を求めよ。
- (5) 微小信号電圧利得 v_o/v_i の値を求めよ。

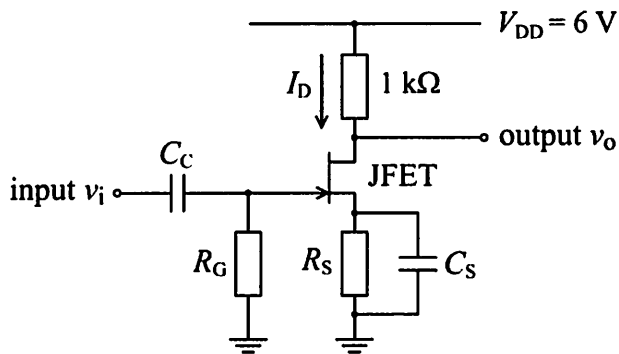


Fig. 3(a)

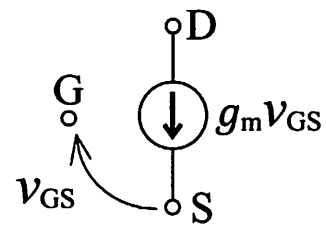


Fig. 3(b)

Question No. 3: Electronic engineering (2/2)

2021年3月実施
問題3 電子工学
(2頁目/2頁中)

Fig. 3(a) shows a circuit with an n-channel junction field-effect transistor (JFET). The drain current I_D of the JFET in the constant-current region is given by

$$I_D = I_{D0} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p} \right)^2,$$

where V_{GS} is the gate voltage with respect to the source and V_p is the pinch-off voltage. The values of I_{D0} and V_p are 8 mA and -1 V, respectively, and the output bias voltage is 4 V. Answer the following questions.

- (1) Calculate the value of I_D .
- (2) Calculate the value of V_{GS} .
- (3) Calculate the value of R_S .

Next, we consider the output voltage v_o for a small-signal input voltage v_i . The small-signal model of the JFET is shown in Fig. 3(b). Here, v_{GS} is the small-signal component of the gate voltage with respect to the source and g_m is the transconductance of the JFET given by

$$g_m = \frac{dI_D}{dV_{GS}}$$

at the operating point. The capacitors C_C and C_S can be considered as shorted for an AC signal.

- (4) Calculate the value of g_m .
- (5) Calculate the value of the small-signal voltage gain v_o/v_i .

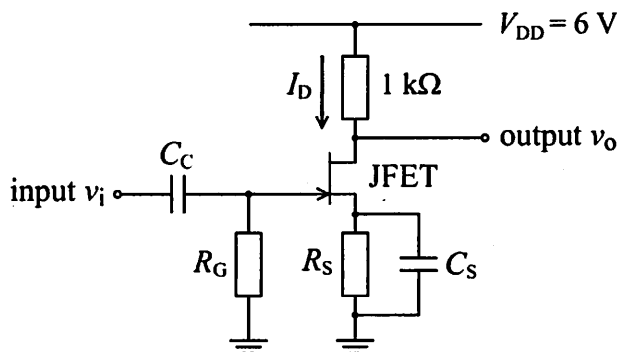


Fig. 3(a)

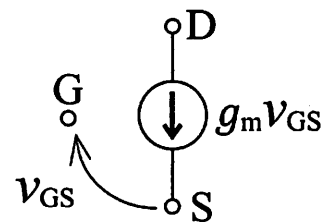


Fig. 3(b)

2021年3月実施
問題4 計算機1
(1頁目/2頁中)

クロックに同期して、各時刻 $t = 1, 2, 3, \dots$ に1ビット信号 $x_t \in \{0, 1\}$ を受け取り、1ビット信号 $z_t \in \{0, 1\}$ を出力する順序回路を考える。本順序回路は、入力系列 $x_1 x_2 \dots x_{t-1} x_t$ 中の4ビットのパターン $(x_{t-3} x_{t-2} x_{t-1} x_t) = (1100)$ の出現を検出して $t = i$ において $z_i = 1$ を出力し、それ以外の時は0を出力する。

\cdot , $+$, $\bar{\quad}$ を、それぞれ、論理積 (AND), 論理和 (OR), 論理否定 (NOT)の演算子記号として、以下の問に答えよ。

- (1) 本順序回路の Mealy 型状態遷移図を描け。ただし、状態は S_0, S_1, S_2, S_3 とし、初期状態を S_0 とせよ。
- (2) 本順序回路の状態遷移表を示せ。
- (3) 問(1)において、状態 S_0 に状態値00, S_1 に01, S_2 に10, S_3 に11を割り当てる。現在の状態を表す状態ベクトルを $y = (y_2, y_1)$, 次の状態を表す状態ベクトルを $Y = (Y_2, Y_1)$ とする。ここで、 $y_k, Y_k \in \{0, 1\}$ ($k = 1, 2$)である。 x を入力信号, z を出力信号として、 Y_1 および Y_2 を与える状態遷移関数, および z を与える出力関数を最簡積和形の論理式で示せ。
- (4) 本順序回路を、2個のJKフリップフロップ(FF) (JK-FF-1とJK-FF-2)を用いて構成することを考える。ここで、JK-FF-1の入力を J_1, K_1 , 出力を Q_1, \bar{Q}_1 , JK-FF-2の入力を J_2, K_2 , 出力を Q_2, \bar{Q}_2 とする。JK-FF-1により問(3)の Y_1 を実現し、JK-FF-2により問(3)の Y_2 を実現するとき、 J_1, K_1, J_2, K_2 をそれぞれ与える論理式 (JK-FFの励起関数)を最簡積和形の論理式で示せ。

Question No. 4: Computer science 1 (2/2)

2021 年 3 月実施
問題 4 計算機 1
(2 頁目 / 2 頁中)

Consider a sequential circuit which receives a 1-bit signal $x_t \in \{0, 1\}$ as an input, and outputs a 1-bit signal $z_t \in \{0, 1\}$ at each time $t = 1, 2, 3, \dots$ in synchronization with a clock. This sequential circuit detects occurrences of a 4-bit pattern $(x_{i-3}x_{i-2}x_{i-1}x_i) = (1100)$ in the input sequence $x_1x_2 \cdots x_{t-1}x_t$, and outputs $z_i = 1$ at $t = i$. Otherwise, a signal 0 is output.

Answer the following questions using \cdot , $+$, and $\bar{\quad}$ operators for the logical conjunction (AND), disjunction (OR), and negation (NOT), respectively.

- (1) Draw a Mealy type state transition diagram of the sequential circuit using 4 states, S_0 , S_1 , S_2 , and S_3 , where S_0 is the initial state.
- (2) Show the state transition table of the sequential circuit.
- (3) Following question (1), assign a 2-bit state value 00 to S_0 , 01 to S_1 , 10 to S_2 , and 11 to S_3 . Let $y = (y_2, y_1)$ and $Y = (Y_2, Y_1)$ be the state vectors representing the current state and the next state, respectively, where $y_k, Y_k \in \{0, 1\}$ ($k = 1, 2$). Let x and z be the input signal and the output signal, respectively. Show the state transition functions for Y_1 and Y_2 , and the output function for z , using logical equations in the minimum sum-of-products form.
- (4) Consider how to realize the sequential circuit using two JK Flip-Flops (FFs), JK-FF-1 and JK-FF-2. Let the inputs and outputs for JK-FF-1 be J_1 and K_1 , and Q_1 and $\overline{Q_1}$, respectively. Let the inputs and outputs for JK-FF-2 be J_2 and K_2 , and Q_2 and $\overline{Q_2}$, respectively. Show logical equations (excitation functions for JK-FFs) in the minimum sum-of-products form which give J_1 , K_1 , J_2 , and K_2 , respectively, when Y_1 and Y_2 in question (3) are realized by JK-FF-1 and JK-FF-2, respectively.

2021年3月実施
問題5 計算機2
(1頁目/2頁中)

以下の問に答えよ。

- (1) BNF 記法による次の文法 G を考える。ただし, a, b は終端記号を表し, 非終端記号を含む構文木の例を Fig. 5 に示す。

$$\langle S \rangle ::= a\langle S \rangle\langle S \rangle \mid \langle S \rangle b \mid a \mid b$$

- (a) G から生成される文字列 $abab$ に対する非終端記号を含む構文木を一つ示せ。
(b) G から生成される文字列 abb に対する非終端記号を含む最左導出の構文木を全て示せ。
- (2) 加算 $+$, 乗算 $*$, および変数 x, y, z で構成される算術式の集合 F を考える。ただし, $*$ は $+$ より優先順位が高いものとし, 全ての演算子は左結合的とする。
- (a) F の算術式を生成する曖昧でない文法を BNF 記法で示せ。
(b) 問 (2)(a) で与えた文法を用いて, 次の算術式を生成する非終端記号を含む構文木を示せ。

$$x + y * z + y$$

- (c) 問 (2)(a) で与えた文法を減算 $-$, 除算 $/$ および括弧 (および) を含むように拡張し, BNF 記法で示せ。ただし, $*$ と $/$ は $+$ と $-$ より優先順位が高いとする。さらに, $*$ と $/$ の優先順位は同じとし, $+$ と $-$ の優先順位は同じとする。全ての演算子は左結合的とせよ。

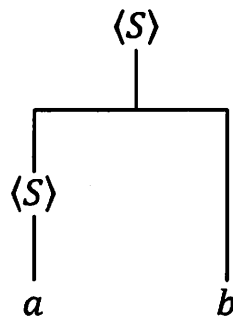


Fig. 5

Question No. 5: Computer science 2 (2/2)

2021年3月実施
問題5 計算機2
(2頁目 / 2頁中)

Answer the following questions.

- (1) Consider the following grammar G in BNF. Here, a and b denote terminal symbols and an example of a syntactic tree with nonterminal symbols is shown in Fig. 5.

$$\langle S \rangle ::= a\langle S \rangle\langle S \rangle \mid \langle S \rangle b \mid a \mid b$$

- (a) Give a syntactic tree with nonterminal symbols for a string $abab$ generated from G .
(b) Give all the syntactic trees with nonterminal symbols of the left-most derivations for a string abb generated from G .
- (2) Consider a set F of arithmetic formulas consisting of addition $+$, multiplication $*$, and variables x, y, z . Here, $*$ has a higher precedence than $+$, and all operators are left-associative.
- (a) Give an unambiguous grammar using BNF that generates arithmetic formulas in F .
(b) Give the syntactic tree with nonterminal symbols for the following arithmetic formula generated from the grammar given in question (2)(a).

$$x + y * z + y$$

- (c) Expand the grammar given in question (2)(a) to include subtraction $-$, division $/$, and parentheses (and) and give it using BNF. Here, $*$ and $/$ have a higher precedence than $+$ and $-$. Moreover, $*$ and $/$ have the same precedence, and $+$ and $-$ have the same precedence. Suppose that all operators are left-associative.

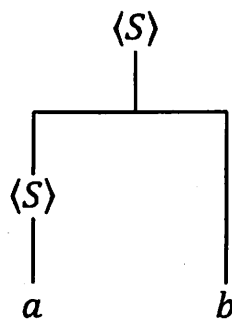


Fig. 5

Question No. 6: Advanced Physics (1 / 2)

2021年3月実施
問題6 物理専門
(1頁目 / 2頁中)

- (1) 次式で与えられる x 軸上の 1 次元井戸型ポテンシャル $V(x)$ (Fig. 6) の中の質量 m , エネルギー $\varepsilon (> 0)$ の粒子を考える.

$$V(x) = \begin{cases} 0 & (0 \leq x \leq \delta) \\ +\infty & (x < 0, \delta < x) \end{cases}$$

$0 \leq x \leq \delta$ における粒子の定常状態の波動関数 $\psi(x)$ を

$$\psi(x) = Ae^{ikx} + Be^{-ikx}$$

とする. ここで, A, B は複素数の定数, $k = \sqrt{2m\varepsilon/\hbar^2}$, $\hbar = h/2\pi$ (h はプランク定数) である.

- (a) $x = 0, x = \delta$ における境界条件を示せ.
(b) 波動関数とエネルギー固有値を求めよ.
(c) 問(1)(b)で求めた波動関数に対する粒子の位置の期待値を求めよ.
- (2) 1次元ポテンシャル $V(x) = 0$ の中の質量 m , エネルギー $\varepsilon (> 0)$ の粒子の定常状態の波動関数 $\psi(x)$ が周期的境界条件 $\psi(x) = \psi(x + \delta)$ を満たす場合を考える.
- (a) 波動関数を求めよ.
(b) 波動関数が定数になる場合を除いたエネルギー固有値の最小値を求めよ.

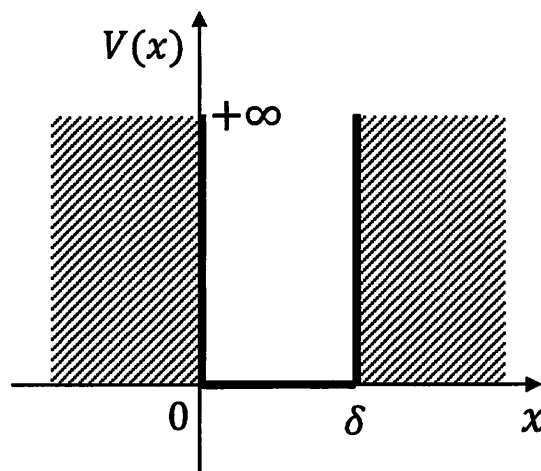


Fig. 6

Question No. 6: Advanced Physics (2 / 2)

2021 年 3 月 実施
問題 6 物理 専門
(2 頁目 / 2 頁中)

- (1) Consider a particle of mass m and energy $\varepsilon (> 0)$ in an one-dimensional square-well potential $V(x)$ along the x -axis (Fig. 6) given by the following equation.

$$V(x) = \begin{cases} 0 & (0 \leq x \leq \delta), \\ +\infty & (x < 0, \delta < x). \end{cases}$$

Let the wave function $\psi(x)$ in a stationary state in the region $0 \leq x \leq \delta$ be

$$\psi(x) = Ae^{ikx} + Be^{-ikx}.$$

Here, A and B are complex constants, $k = \sqrt{2m\varepsilon/\hbar^2}$ and $\hbar = h/2\pi$ (h : Plank constant).

- (a) Show the boundary conditions at $x = 0$, $x = \delta$.
- (b) Obtain the wave function and the energy eigenvalue.
- (c) Determine the expectation value of the particle's position for the wave function obtained in question (1)(b).
- (2) Consider the case that the wave function $\psi(x)$ in a stationary state for a particle of mass m and energy $\varepsilon (> 0)$ satisfies the periodic boundary conditions $\psi(x) = \psi(x + \delta)$ in an one-dimensional potential $V(x) = 0$.
- (a) Obtain the wave functions.
- (b) Obtain the minimum energy eigenvalues excluding the case that the wave function is a constant.

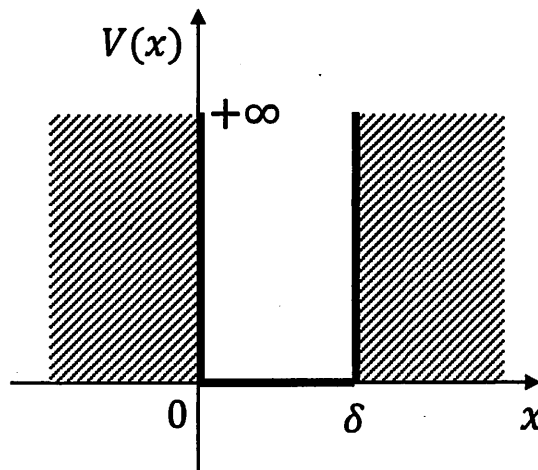


Fig. 6