
2021年8月25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 8 月実施
問題 1 電気工学
(1 頁目 / 2 頁中)

- (1) Fig. 1 に制御系を示す. 図において, $R(s)$ は目標値, $E(s)$ は偏差, $Y(s)$ は制御量, K は正の定数である.
- (a) 開ループ伝達関数 $G(s)$ を求めよ.
- (b) この制御系のナイキスト線図の概形を描け. その際, 軌跡が負の実軸を横切るときの角周波数およびその実軸の値を示し, K の安定条件を求めよ.
- (c) フルビッツの安定判別法により K の安定条件を求めて, 問(b)の答えと比較せよ.
- (2) 定格出力 4 kVA の単相変圧器がある. 一次/二次電圧が 2000 V/200 V である. 一次側を開放し, 二次電圧を 200 V にしたところ, 二次電流は 4 A で, 入力電力は 400 W であった. また, 一次側を短絡し二次電圧が $5\sqrt{2}$ V のとき, 二次電流は 50 A で入力電力は 250 W であった. 一次側を短絡した場合, 励磁アドミタンスを流れる電流は十分小さいとする.
- (a) 二次換算した簡易 L 型等価回路の回路パラメータ (励磁アドミタンス Y_0 , 励磁コンダクタンス g_0 , 励磁サセプタンス b_0 , 巻線抵抗 r , 漏れリアクタンス x) を求めよ.
- (b) この変圧器に遅れ力率 80% の全負荷をかけたときの電圧変動率を求めよ.

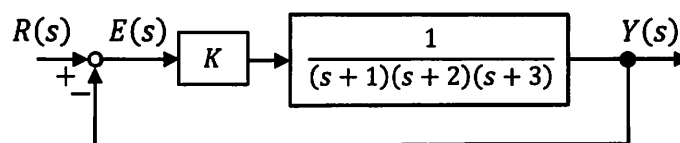


Fig. 1

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

2021 年 8 月 実施
問題 1 電気工学
(2 頁目 / 2 頁中)

- (1) Fig. 1 shows a control system. In the figure, $R(s)$ is the target value, $E(s)$ is the deviation, $Y(s)$ is the controlled variable, and K is a positive constant.
- (a) Find the open-loop transfer function $G(s)$.
- (b) Draw a schematic of the Nyquist diagram of this control system. In doing so, calculate the value of the angular frequency when the trajectory crosses the negative real axis and the value of the real axis, and find the stable condition of K .
- (c) Find the stability condition using the method of Hurwitz stability criterion, and compare your answer with a question (b).
- (2) There is a single-phase transformer with a rated power of 4 kVA, the primary/secondary voltage is 2000 V/200 V. When the primary side was opened and the secondary voltage was set to 200 V, the secondary current was 4 A and the input power was 400 W. In addition, when the primary side was shorted, and the secondary voltage was $5\sqrt{2}$ V, the secondary current was 50 A and the input power was 250 W. When the primary side was shorted, the current flowing through the exciting admittance was assumed to be sufficiently small.
- (a) Find circuit parameters (exciting admittance Y_o , exciting conductance g_o , exciting susceptance b_o , winding resistance r , leakage reactance x) of a simplified L-type equivalent circuit converted to the secondary side.
- (b) Find the voltage regulation when this transformer is under full load with a lagging power factor of 80%.

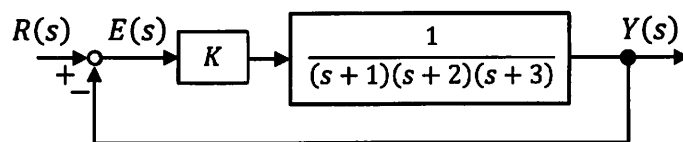


Fig. 1

2021年8月実施
問題2 通信工学
(1頁目/2頁中)

振幅 A 、周波数 f_c をもつ搬送波を信号 $s(t)$ によって振幅変調した信号は

$$g(t) = \{1 + m s(t)\}A \cos(2\pi f_c t)$$

で与えられる。ここで m は $0 < m \leq 1$ を満たす変調指数である。また $s(t)$ の振幅の絶対値の最大値は1に正規化されているものとする。以下の問に答えよ。

- (1) $g(t)$ の周波数スペクトル $G(f)$ を $s(t)$ のフーリエ変換 $S(f)$ を用いて表せ。
- (2) $S(f)$ が Fig. 2 のように $-f_{\max} < f < f_{\max}$ に帯域制限されたスペクトルとして与えられるとき、 $G(f)$ の概形を図示し、復調により $s(t)$ を復元するために f_c が満たすべき条件を示せ。
- (3) $g(t)$ の平均電力 P および電力効率 η を $s(t)$ の平均電力 $\overline{s^2(t)}$ を用いて表せ。ただし $\overline{s(t)} = 0$ であるとする。
- (4) $s(t) = \cos(2\pi f_s t)$ のときの最大電力効率 η_{\max} およびそのときの m の値を求めよ。ただし f_s は $f_s \ll f_c$ を満たすものとする。

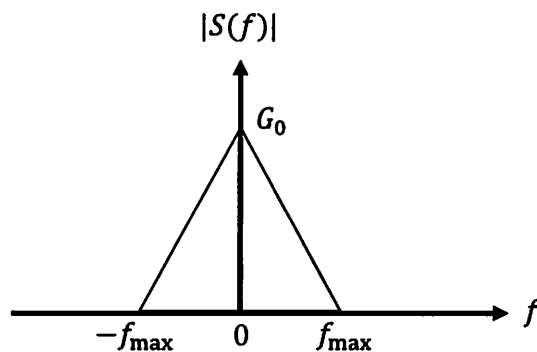


Fig. 2

2021 年 8 月実施
問題 2 通信工学
(2 頁目 / 2 頁中)

An amplitude modulated signal of a carrier wave with amplitude A and frequency f_c by a signal $s(t)$ is given by

$$g(t) = \{1 + m s(t)\}A \cos(2\pi f_c t).$$

Here m is a modulation index that satisfies $0 < m \leq 1$. In addition, the maximum value of the absolute amplitude of $s(t)$ is normalized to 1. Answer the following questions.

- (1) Derive the frequency spectrum $G(f)$ of $g(t)$ using the Fourier transform $S(f)$ of $s(t)$.
- (2) When $S(f)$ is given as a band-limited spectrum to $-f_{\max} < f < f_{\max}$ as shown in Fig. 2, sketch the outline of $G(f)$ and show the condition that f_c must satisfy to recover $s(t)$ by demodulation.
- (3) Derive the average power P of $g(t)$ and power efficiency η using the average power $\overline{s^2(t)}$ of $s(t)$. Here, $\overline{s(t)} = 0$ is assumed.
- (4) Derive the maximum power efficiency η_{\max} and the corresponding m when $s(t) = \cos(2\pi f_s t)$. Here, f_s satisfies $f_s \ll f_c$.

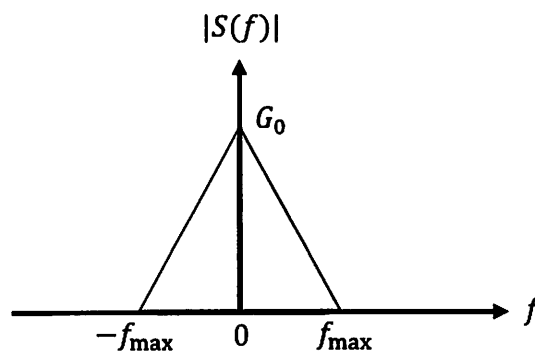


Fig. 2

2021 年 8 月実施
問題 3 電子工学
(1 頁目 / 2 頁中)

Fig. 3(a)に示す n チャネル MOS 電界効果型トランジスタ (n-channel MOSFET) を用いた増幅回路を考える。以下の問に答えよ。

- (1) Fig. 3(a)に示す増幅回路の入力抵抗が極めて大きくなる理由を、n-channel MOSFET の断面構造を描いて説明せよ。
- (2) Fig. 3(a)に示す増幅回路の微小信号等価回路を考える。ここで電圧 v_i および v_o は、それぞれ入力および出力端子の微小信号交流電圧であり、出力端は開放とする。交流信号に対して容量 C_s は短絡とみなせるとする。n-channel MOSFET の微小信号モデルは Fig. 3(b) で与えられる。 g_m , r_D はそれぞれ相互コンダクタンス, ドレイン抵抗である。
 - (a) 微小信号等価回路を描け。
 - (b) 微小信号電圧利得 v_o/v_i を g_m , r_D , R_L を用いて表せ。
 - (c) Fig. 3(c)に示す様に、駆動用トランジスタと特性の等しい別の n-channel MOSFET を用いて負荷抵抗 R_L を構成する場合を考える。 R_L を g_m , r_D を用いて表せ。また、この様に増幅回路の負荷抵抗をトランジスタで構成する利点を述べよ。

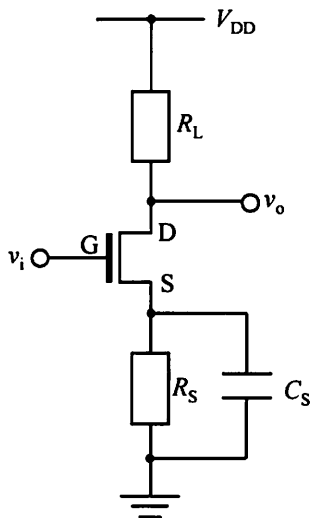


Fig. 3(a)

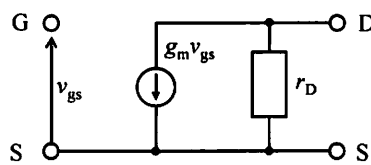


Fig. 3(b)

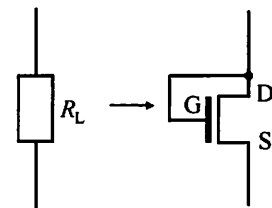


Fig. 3(c)

2021 年 8 月 実施
 問題 3 電子工学
 (2 頁目 / 2 頁中)

Consider an amplifier circuit with an n-channel metal-oxide-semiconductor field-effect transistor (n-channel MOSFET) shown in Fig. 3(a). Answer the following questions.

- (1) Explain the reason why the input resistance of the amplifier circuit shown in Fig. 3(a) is extremely high, by drawing the cross-sectional structure of an n-channel MOSFET.
- (2) Consider the small-signal equivalent circuit for the amplifier circuit shown in Fig. 3(a). Here, v_i and v_o are the small-signal alternating voltages at the input and the output terminals, respectively, and the output terminal is open. The capacitor C_S can be considered as shorted for an AC signal. The small-signal model of the n-channel MOSFET is given in Fig. 3(b). g_m and r_D are the transconductance and the drain resistance, respectively.
 - (a) Draw the small-signal equivalent circuit.
 - (b) Express the small-signal voltage gain v_o/v_i in terms of g_m , r_D and R_L .
 - (c) Consider the case that the load resistance R_L is comprised of the circuit shown in Fig. 3(c) with another n-channel MOSFET having the same characteristics as the driver transistor. Express R_L in terms of g_m and r_D . Also, state the advantages of using a transistor as a load resistance of an amplifier circuit, as in this case.

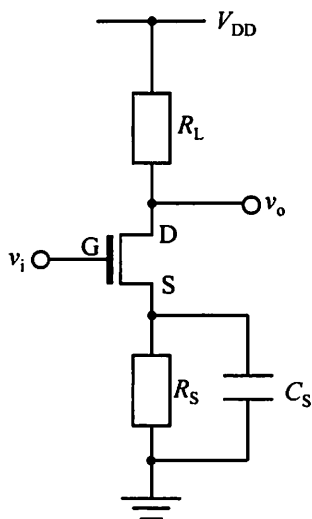


Fig. 3(a)

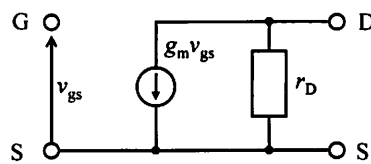


Fig. 3(b)

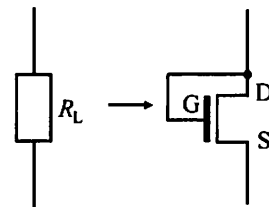


Fig. 3(c)

**2021 年 8 月実施
問題 4 計算機 1
(1 頁目 / 2 頁中)**

以下の問に答えよ。

(1) $P = (p_7p_6p_5p_4p_3p_2p_1p_0)_2$, $Q = (q_7q_6q_5q_4q_3q_2q_1q_0)_2$, $R = (r_7r_6r_5r_4r_3r_2r_1r_0)_2$, $S = (s_7s_6s_5s_4s_3s_2s_1s_0)_2$ を, 8 ビットの 2 進数とする. ここで, $i = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ について $p_i, q_i, r_i, s_i \in \{0, 1\}$, $s_7 = 0$ である. S が与えられたとき, 式(4A)により, R が S の 2 の補数となるよう, P と Q を定めよ. 式中の \oplus は排他的論理和(EXOR)を, $+$ は算術加算をそれぞれ表す.

$$R = S \oplus P + Q \quad (4A)$$

(2) 8 ビットの各整数メモリアドレスに 8 ビットのデータが格納できる 1 つのメモリ M と, 1 つの 8 ビット整数レジスタ A , 1 つの 8 ビット整数プログラムカウンタ PC を持つ計算機を考える. 負の整数は 2 の補数で表されたとする. また, メモリアドレス $80(H)$ には正の整数 X が, $81(H)$ には正の整数 Y が, $82(H)$ には整数 C が, $83(H)$ には整数 D が, $90(H)$ には整数 $01(H)$ が, それぞれ格納されており, PC の初期値は $00(H)$ である. なお, (H) は 16 進数表記を表す.

Fig. 4 の命令のみを用いて, $X > Y$ の場合は整数 C を, $X < Y$ の場合は整数 D を, $X = Y$ の場合は整数 $00(H)$ を, それぞれレジスタ A に格納するプログラムを作成せよ. なお, プログラムはアドレス $00(H)$ から順に M に格納されるものとする. また, 操作コードおよびオペランドは, それぞれ 8 ビット長とする.

Instruction code		Operation
Operation code	Operand	
ADD	ADR	Add the value stored at the address ADR of the memory to the value of A, and store the result to A. $A \leftarrow A + M[ADR]$
LDR	ADR	Load the value stored at the address ADR of the memory to A. $A \leftarrow M[ADR]$
CMP	/	Invert each bit of the number in A, and store the result to A. $A \leftarrow \bar{A}$
JLZ	ADR	If the value of A is less than 0, then set the value of PC to ADR. If $A < 0$, $PC \leftarrow ADR$
HLT	/	Halt the program.

Fig. 4

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

2021 年 8 月実施
問題 4 計算機 1
(2 頁目 / 2 頁中)

Answer the following questions.

(1) Let $P = (p_7p_6p_5p_4p_3p_2p_1p_0)_2$, $Q = (q_7q_6q_5q_4q_3q_2q_1q_0)_2$, $R = (r_7r_6r_5r_4r_3r_2r_1r_0)_2$, and $S = (s_7s_6s_5s_4s_3s_2s_1s_0)_2$ be 8-bit binary numbers, where $p_i, q_i, r_i, s_i \in \{0, 1\}$ for $i = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$, and $s_7 = 0$. Given S , find P and Q so that R will give the 2's complement of S in equation (4A). In equation (4A), \oplus is a logical exclusive disjunction (EXOR), and $+$ is an arithmetic addition.

$$R = S \oplus P + Q \quad (4A)$$

(2) Consider a computer with a memory M, in which an 8-bit data is stored at each 8-bit integer address of the memory, an 8-bit integer register A, and an 8-bit integer program counter PC. Here, a negative integer number is expressed by 2's complement. A positive integer X is stored at address 80(H) of the memory, a positive integer Y is stored at address 81(H), an integer C is stored at address 82(H), an integer D is stored at address 83(H), and an integer 01(H) is stored at address 90(H), respectively, where (H) shows a hexadecimal representation. The initial value of PC is 00(H).

Write a program that stores the integer C to the register A when $X > Y$, stores the integer D to the register A when $X < Y$, and stores an integer 00(H) to the register A when $X = Y$, respectively, using the instructions given in Fig. 4 only. The program is stored in M at addresses starting from 00(H). The length of instruction codes and operands is 8 bits.

Instruction code		Operation
Operation code	Operand	
ADD	ADR	Add the value stored at the address ADR of the memory to the value of A, and store the result to A. $A \leftarrow A + M[ADR]$
LDR	ADR	Load the value stored at the address ADR of the memory to A. $A \leftarrow M[ADR]$
CMP		Invert each bit of the number in A, and store the result to A. $A \leftarrow \bar{A}$
JLZ	ADR	If the value of A is less than 0, then set the value of PC to ADR. If $A < 0$, $PC \leftarrow ADR$
HLT		Halt the program.

Fig. 4

2021年8月実施
問題5 計算機2
(1頁目/2頁中)

BNF 記法による次の2つの文法 G_1 と G_2 を考える.

文法 G_1

$E ::= x_1 \mid x_2 \mid \cdots \mid x_{10} \mid \neg E \mid EE \mid E \vee E$

文法 G_2

$F ::= T \mid F \vee F$

$T ::= V \mid \neg V \mid TV \mid T \neg V$

$V ::= x_1 \mid x_2 \mid \cdots \mid x_{10}$

ただし, E, F, T, V は非終端記号である. 以下で μ は文字列 $x_1 \neg x_2 x_4 \vee \neg x_5$ を意味する. 以下の問に答えよ.

- (1) G_1 が生成する文字列 μ に対して, 非終端記号を含む構文木を1つ示せ.
- (2) G_2 が生成する文字列 μ に対して, 非終端記号を含む構文木を1つ示せ.
- (3) G_1 は曖昧な文法であることを示せ.
- (4) 文字列 μ は, リテラルの積 $x_1 \neg x_2 x_4$ と単独のリテラル $\neg x_5$ という2つの積項を論理和 (\vee) で結んでいるとみなせる (\neg は否定を表す). G_2 は, 1つ以上の積項を論理和で結んだ積和形 (sum-of-products 形) の集合を生成するとみなせる.
 - (a) 非終端記号 V の定義は変えずに G_2 を変更し, 生成される任意の積和形の各積項がちょうど3つのリテラルを持つような, 積和形を生成する曖昧でない文法を BNF 記法により構築せよ. (生成したい文字列の例は $x_3 x_8 x_9$ や $x_1 x_5 \neg x_6 \vee \neg x_2 x_4 x_6 \vee x_3 \neg x_8 \neg x_{10}$ であり, 文字列 μ のように3つのリテラルではない積項をもつ積和形を生成してはいけない.)
 - (b) 問 (a) で構築した文法が曖昧でなく, 生成される任意の積和形の各積項がちょうど3つのリテラルを持つ理由を説明せよ.

2021年8月実施
問題5 計算機2
(2頁目 / 2頁中)

Consider the following two grammars G_1 and G_2 in BNF:

grammar G_1
 $E ::= x_1 \mid x_2 \mid \cdots \mid x_{10} \mid \neg E \mid EE \mid E \vee E$

grammar G_2
 $F ::= T \mid F \vee F$
 $T ::= V \mid \neg V \mid TV \mid T\neg V$
 $V ::= x_1 \mid x_2 \mid \cdots \mid x_{10}$

where E, F, T, V are nonterminal symbols (variables). Hereinafter, μ means the string $x_1\neg x_2x_4\vee\neg x_5$. Answer the following questions.

- (1) Give a syntactic tree with nonterminal symbols for the string μ generated from G_1 .
- (2) Give a syntactic tree with nonterminal symbols for the string μ generated from G_2 .
- (3) Show that G_1 is an ambiguous grammar.
- (4) The string μ can be considered to combine two product terms, namely a product of literals $x_1\neg x_2x_4$ and a single literal $\neg x_5$, with a logical OR (\vee), where \neg represents negation. G_2 can be considered to generate a set of disjunctive forms (namely, sum-of-products forms), each of which combines one or more product terms with logical ORs.
 - (a) By modifying G_2 while keeping the definition of the nonterminal symbol V unchanged, construct an unambiguous grammar in BNF generating disjunctive forms such that any generated disjunctive form consists of product terms, each of which has exactly three literals. (Examples of desired strings to be generated are $x_3x_8x_9$ and $x_1x_5\neg x_6\vee\neg x_2x_4x_6\vee x_3\neg x_8\neg x_{10}$; a disjunctive form having a product term whose number of literals is not three, such as the string μ , must not be generated.)
 - (b) Explain why the grammar constructed in question (a) is unambiguous, and why each product term of any generated disjunctive form has exactly three literals.

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

2021年8月実施
問題6 物理専門
(1頁目/2頁中)

1次元ポテンシャル $V(x)$

$$V(x) = \begin{cases} 0 & (x < 0) \\ V_0 & (0 \leq x \leq \delta) \\ 0 & (\delta < x) \end{cases}$$

を考える. V_0 は正の定数である. このポテンシャルに質量 m , エネルギー ε ($V_0 < \varepsilon$)の粒子が $x = -\infty$ から x の正の方向に向かって入射する. 粒子の定常状態の波動関数を $\psi(x)$, $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ (h はプランク定数), i を虚数単位とする. 以下の問に答えよ.

(1) $x < 0$, $0 \leq x \leq \delta$ および $\delta < x$ の領域における時間に依存しないシュレディンガー方程式を記せ.

(2) $\psi(x)$ を

$$\psi(x) = \begin{cases} Ae^{ikx} + Be^{-ikx} & (x < 0) \\ Ce^{iqx} + De^{-iqx} & (0 \leq x \leq \delta) \\ Fe^{ikx} & (\delta < x) \end{cases}$$

とおく. ここで, A, B, C, D および F は複素数の定数である. 以下の問に答えよ.

(a) k および q を, $m, \varepsilon, V_0, \hbar$ を用いて表わせ.

(b) $x = 0$ および $x = \delta$ において, 波動関数が満たすべき境界条件を記せ.

(c) 粒子の $\delta < x$ の領域への透過率 $T = \frac{|F|^2}{|A|^2}$ は $q\delta = n\pi$ ($n = 1, 2, \dots$)のときに1となるが, その物理的な理由を論ぜよ.

(d) 問(c)の T を k, q, δ を用いて表わせ.

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

2021 年 8 月 实施
問題 6 物理 専門
(2 頁 目 / 2 頁 中)

Consider the one-dimensional potential $V(x)$

$$V(x) = \begin{cases} 0 & (x < 0) \\ V_0 & (0 \leq x \leq \delta) \\ 0 & (\delta < x). \end{cases}$$

V_0 is a positive constant. A particle of mass m and energy ε ($V_0 < \varepsilon$) is injected from $x = -\infty$ to the positive direction of x . Let the wave function of the particle in a stationary state be $\psi(x)$, $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ (h : Planck's constant), and i is the imaginary unit. Answer the following questions.

(1) Write down the time-independent Schrödinger equations in the regions of $x < 0$, $0 \leq x \leq \delta$, and $\delta < x$.

(2) Let $\psi(x)$ be

$$\psi(x) = \begin{cases} Ae^{ikx} + Be^{-ikx} & (x < 0) \\ Ce^{iqx} + De^{-iqx} & (0 \leq x \leq \delta) \\ Fe^{ikx} & (\delta < x), \end{cases}$$

where A, B, C, D , and F are complex constants. Answer the following questions.

- (a) Obtain k and q in terms of m, ε, V_0 , and \hbar .
- (b) Write down the boundary conditions that the wave function must satisfy at $x = 0$ and $x = \delta$.
- (c) The transmission probability $T = \frac{|F|^2}{|A|^2}$ for the particle into the region $\delta < x$ becomes 1 when $q\delta = n\pi$ ($n = 1, 2, \dots$). Discuss the physical reason for this.
- (d) Obtain T in question (c) in terms of k, q , and δ .