

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

2019年8月実施
問題1 電気工学
(1頁目/2頁中)

- (1) Fig. 1(a)のフィードバック制御系について、次の問に答えよ。
- (a) この制御系の開ループ伝達関数 $G(s)$ を求めよ。
 - (b) この制御系の特性方程式を導出せよ。
 - (c) この制御系において、単位ステップ応答に対する行き過ぎ量 O_s が 10%、固有周波数 ω_n が 10 rad/s であるとき、 a 、 b の値を求めよ。ただし、行き過ぎ量 O_s が 10% のときの減衰率 ξ は 0.6 とする。また、 $K=10$ とする。
- (2) Fig. 1(b)のフィードバック制御系について、次の問に答えよ。
- (a) この制御系が安定限界となるときのナイキスト線図の概形を示せ。また、そのときの K の値を求めよ。
 - (b) この制御系が安定であるときのナイキスト線図の概形を示すと同時に、ゲイン交差周波数 ω_c 、および位相余裕 ϕ_M を図中に明示せよ。
 - (c) この制御系の位相余裕 ϕ_M を $30^\circ \leq \phi_M \leq 60^\circ$ とするための定数 K とむだ時間 τ の積 $K\tau$ の値の範囲を求めよ。
- (1) Consider the feedback control system shown in Fig. 1(a). Answer the following questions.
- (a) Find the open-loop transfer function $G(s)$ of the control system.
 - (b) Find the characteristic equation of the control system.
 - (c) Find the values of a and b in the control system when the overshoot O_s of the unit step response is 10% and the natural frequency ω_n is 10 rad/s. The damping ratio ξ is 0.6 when the overshoot O_s is 10%, and $K=10$.
- (2) Consider the feedback control system shown in Fig. 1(b). Answer the following questions.
- (a) Sketch the Nyquist diagram when the control system is at the stability limit, and find the value of K .
 - (b) Sketch the Nyquist diagram when the control system is stable, and show the gain crossover frequency ω_c and the phase margin ϕ_M in the diagram.
 - (c) Find the range of values of $K\tau$ which is product of the constant K and the dead time τ so that the phase margin ϕ_M of the control system is $30^\circ \leq \phi_M \leq 60^\circ$.

2019年8月実施
問題1 電気工学
(2頁目/2頁中)

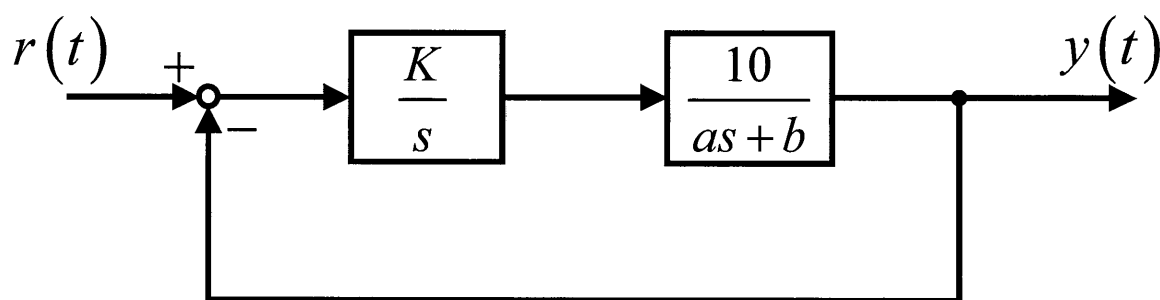


Fig. 1(a)

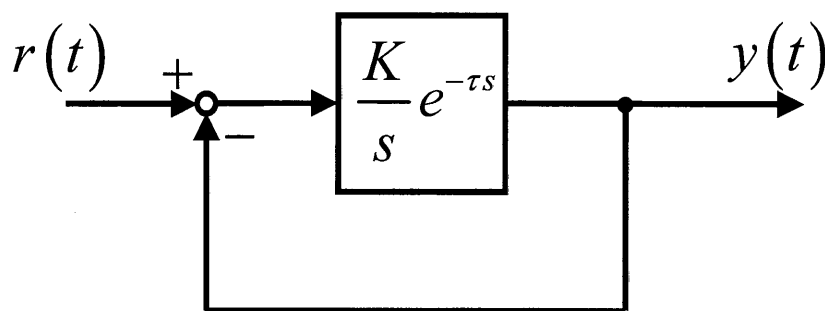


Fig. 1(b)

2019年8月実施
問題2 通信工学
(1頁目/2頁中)

搬送波抑圧両側波帯振幅変調を用いた Fig. 2 に示す伝送系を考える. 入力信号を $s(t)$ とし, 送信機の搬送波および受信機の局部発振波をそれぞれ $A_c \cos(2\pi f_c t)$, $\cos(2\pi f_c t + \Delta\phi)$ とする. 受信機中の BPF は理想帯域通過フィルタ, LPF は理想低域通過フィルタを表し, それぞれの周波数応答は次式で与えられる.

$$H_B(f) = \begin{cases} 1 & f_c - f_m \leq |f| \leq f_c + f_m \text{ のとき} \\ 0 & \text{上記以外} \text{ のとき} \end{cases}$$

$$H_L(f) = \begin{cases} 1 & |f| \leq f_m \text{ のとき} \\ 0 & \text{上記以外} \text{ のとき} \end{cases}$$

$s(t) = \cos(2\pi f_s t)$ であるとき, 以下の間に答えよ. ただし, $0 < f_s < f_m \ll f_c$ とする.

- (1) A における変調信号 $x(t)$ を求め, その振幅スペクトルを図示せよ.
- (2) 受信機中の理想低域通過フィルタの単位インパルス応答 $h_L(t)$ を求め, $h_L(t)$ の概形を図示せよ.
- (3) 任意の時刻 t において $n(t) = 0$ であるとき, B における出力 $y(t)$ を求めよ.
- (4) $\Delta\phi = 0$ とする. $n(t)$ が両側電力スペクトル密度 $N_0/2$ の白色雑音であるとき, B における出力の信号対雑音電力比を求めよ.

2019年8月実施
問題2 通信工学
(2頁目/2頁中)

Consider a transmission system using double side-band amplitude modulation with suppressed carrier as shown in Fig. 2. Let an input signal be $s(t)$. The carrier wave at the transmitter is $A_c \cos(2\pi f_c t)$ and the local oscillator signal at the receiver is $\cos(2\pi f_c t + \Delta\phi)$. BPF and LPF in the receiver are an ideal band pass filter and an ideal low pass filter, respectively. Their frequency responses are given by

$$H_B(f) = \begin{cases} 1 & \text{if } f_c - f_m \leq |f| \leq f_c + f_m \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$H_L(f) = \begin{cases} 1 & \text{if } |f| \leq f_m \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Let $s(t) = \cos(2\pi f_s t)$, where $0 < f_s < f_m \ll f_c$. Answer the following questions.

- (1) Find the waveform $x(t)$ at A and sketch its amplitude spectrum.
- (2) Find and sketch the unit impulse response $h_L(t)$ of the ideal low pass filter in the receiver.
- (3) Assume that $n(t) = 0$ is satisfied at any time t . Find the output $y(t)$ at B.
- (4) Assume that $\Delta\phi = 0$, and $n(t)$ is white noise of which power spectral density input into the receiver is $N_0/2$. Derive the signal-to-noise power ratio of the output at B.

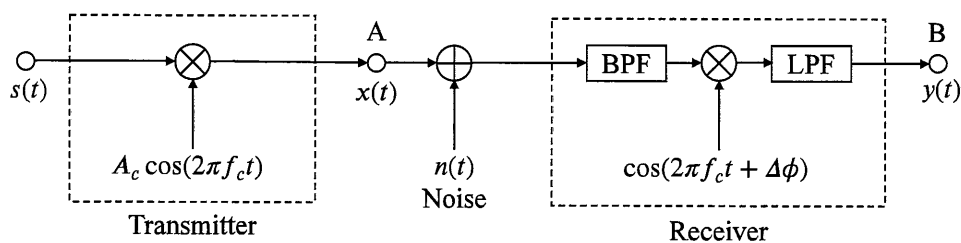


Fig. 2

2019年8月実施
問題3 電子工学
(1頁目/3頁中)

バイポーラトランジスタ, 発光ダイオード, 抵抗からなる Fig. 3 の回路を考える. 能動領域で動作するバイポーラトランジスタのエミッタ接地電流増幅率 β は 100, ベース・エミッタ間電圧 V_{BE} は 0.6 V である. 発光ダイオードに順方向電流が流れているとき, その両端電圧は 3.2 V で一定とする. 入力電圧 V_i を 4.6 V に設定したとき, バイポーラトランジスタは能動領域で動作し, コレクタ電流 I_C は 20 mA, コレクタ・エミッタ間電圧 V_{CE} は 2.8 V であった. 以下の問に答えよ.

- (1) R_i および R_L の値を求めよ.
- (2) 入力電圧 V_i を 2.6 V に設定したとき, 抵抗 R_i , R_L , バイポーラトランジスタおよび発光ダイオードのそれぞれにおいて消費される電力を求めよ. ただし, バイポーラトランジスタで消費される電力はコレクタ損失で近似できるものとする.
- (3) 飽和領域で動作するバイポーラトランジスタのコレクタ・エミッタ間電圧 V_{CE} は 0.1 V であるとする. この回路において, 発光ダイオードで消費される電力の最大値を求めよ.
- (4) 発光ダイオードで消費される電力の 60% が光エネルギーに変換されるものとする. 単位時間あたりに生成されるフォトン数と, 単位時間あたりに発光ダイオードを流れる電子の数の比を求めよ. フォトン1個のエネルギーは 2.5 eV とする.

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

2019年8月実施
問題3 電子工学
(2頁目/3頁中)

Consider the circuit in Fig. 3, which consists of a bipolar junction transistor, a light-emitting diode and resistors. The common-emitter current gain β and the base-emitter voltage V_{BE} of the bipolar junction transistor operating in the active region are 100 and 0.6 V, respectively. Assume that the voltage between the two terminals of the light-emitting diode is constant at 3.2 V, when a forward current flows through it. When the input voltage V_i was set at 4.6 V, the bipolar junction transistor operated in the active region with the collector current I_C being 20 mA and the collector-emitter voltage V_{CE} being 2.8 V. Answer the following questions.

- (1) Calculate the values of R_i and R_L .
- (2) Calculate the power consumed in each of the resistors R_i and R_L , the bipolar junction transistor and the light-emitting diode, for the case where the input voltage V_i is set at 2.6 V. Here, the power consumed in the bipolar junction transistor is approximated with the collector loss.
- (3) Assume that the collector-emitter voltage V_{CE} of the bipolar junction transistor operating in the saturation region is 0.1 V. Calculate the maximum power consumed in the light-emitting diode in this circuit.
- (4) Assume that 60% of the power consumed in the light-emitting diode is converted into the energy of light. Calculate the ratio of the number of photons generated in a unit of time and the number of electrons flowing through the light-emitting diode in a unit of time. Here, the energy of a photon is 2.5 eV.

2019年8月実施
問題3 電子工学
(3頁目/3頁中)

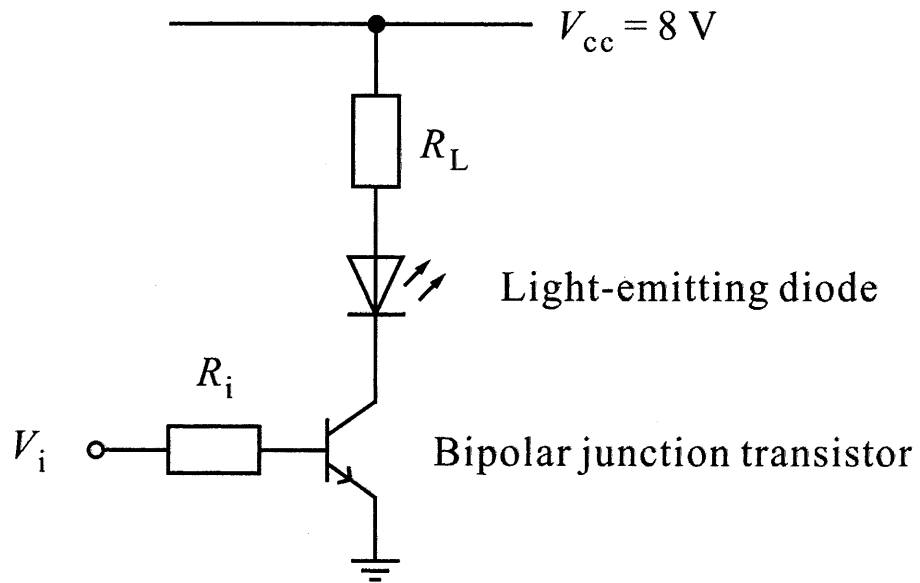


Fig. 3

2019年8月実施
問題4 計算機1
(1頁目/2頁中)

Fig. 4 (a) に示されるように、リセット信号 R とトリガー信号 G を受け取った後に、クロックに同期して、各時刻 $t = 0, 1, 2, \dots$ に 6 ビット 2 進非負整数 $F = (f_5 f_4 f_3 f_2 f_1 f_0)_2$ を出力する順序回路を考える。ここで、 R, G は 1 ビット信号、 $(F)_{10}$ は F の 10 進数表記である。以下の問に答えよ。

- (1) Fig. 4 (b) の空欄部に 10 進数を記入し、完成した表を示せ。
- (2) $t > 1$ における $F(t)$ を $F(t-1)$ と $F(t-2)$ から求める式を示せ。
- (3) この順序回路を 6 つの全加算器を用いて構成するものとする。
 - (a) 全加算器の他に必要となる回路ブロックの名称と個数を示せ。
 - (b) 全加算器および(a)にあげた回路ブロックを用いて、この順序回路の回路図を描け。クロック、リセット、トリガーの各信号の配線も示せ。
- (4) (3)の順序回路に用いる各全加算器における和と桁上げはそれぞれ1つのマルチプレクサによって計算され、各マルチプレクサにおける最大計算時間は T_M であるとする。
 - (a) 2 つのマルチプレクサと 1 つの NOT ゲートを用いた全加算器の回路図を描け。
 - (b) 各クロックサイクルにおいて F の出力に要する最大時間を、 T_M を用いて表せ。

Consider a sequential circuit which outputs a 6-bit non-negative binary integer $F = (f_5 f_4 f_3 f_2 f_1 f_0)_2$ at each time $t = 0, 1, 2, \dots$ in synchronization with a clock after receiving a reset signal R and a trigger signal G , as shown in Fig. 4 (a). Here, R and G are a 1-bit signal, and $(F)_{10}$ is decimal notation of F . Answer the following questions.

- (1) Fill decimal integers in the blanks of Fig. 4 (b) and show the complete table.
- (2) Find an equation for $F(t)$ at $t > 1$ by using $F(t-1)$ and $F(t-2)$.
- (3) Suppose that the sequential circuit is composed of six full adders.
 - (a) Show the names and the numbers of necessary circuit blocks other than full adders for the sequential circuit.
 - (b) Draw a circuit diagram of the sequential circuit using the full adders and the circuit blocks shown in (a). Also show wires for the clock, reset and trigger signals.
- (4) Suppose that sum and carry at every full adder used for the sequential circuit in (3) are calculated respectively by a multiplexer and that the maximum calculation time in every multiplexer is T_M .
 - (a) Draw a circuit diagram of a full adder by using two multiplexers and a NOT gate.
 - (b) Express the maximum time required for output of F in every clock cycle in terms of T_M .

2019年8月実施
問題4 計算機1
(2頁目/2頁中)

t	R	G	$(F(t))_{10}$
0	1	0	0
1	0	1	1
2	0	0	1
3	0	0	2
4	0	0	3
5	0	0	5
6	0	0	8
7	0	0	13
8	0	0	21
9	0	0	34
10	0	0	55

Fig. 4 (a)

t	$(F(t))_{10}$	$(F(t-1))_{10}$	$(F(t-2))_{10}$
0	0	N/A	N/A
1	1		N/A
2	1		
3	2		
4	3		
5	5		
6	8		
7	13		
8	21		
9	34		
10	55		

注: “N/A” は “該当なし” を意味する。
Note: “N/A” means “not available”.

Fig. 4 (b)

2019年8月実施
問題5 計算機2
(1頁目/2頁中)

Fig. 5 (a) に示す構文と意味を持つ手続き型プログラミング言語を考える。以下の問に答えよ。

- (1) 文字列 $5 + 2 * 3$ に対して2通りの構文解析木がある。ただし、 $+$ と $*$ は演算子である。それらの構文解析木を示せ。
- (2) 演算子 $*$ は演算子 $+$ より高い優先順位をもつものとし、全ての演算子は左結合とする。
 - (a) 算術式 $5 + x * y + y * z$ を逆ポーランド記法（後置記法）に変換せよ。逆ポーランド記法では、各演算子をその全ての被演算子の後に置く。例えば、算術式 $1 + 2$ は逆ポーランド記法では $1 2 +$ となる。
 - (b) 問(2)(a)の変換結果をスタックを用いて評価することを考える。 x, y, z の値をそれぞれ $1, 2, 3$ として、評価の全ステップを示せ。評価の各ステップについて、スタックの内容および残りの文字列の内容を示せ。
- (3) プログラム P は Fig. 5 (b) によって定義されているものとする。
 - (a) 初期状態における x, y の値をそれぞれ $3, 1$ とする。プログラム P を実行後の y の値を求めよ。
 - (b) 任意の非負の整数 x と y に対して P が停止することを示せ。

Consider a procedural programming language whose syntax and semantics are shown in Fig. 5(a). Answer the following questions.

- (1) There are two parse trees for the string $5 + 2 * 3$, where $+$ and $*$ are operators. Show those parse trees.
- (2) Suppose that the operator $*$ has a higher precedence than the operator $+$ and that all operators are left-associative.
 - (a) Translate the arithmetic expression $5 + x * y + y * z$ into the reverse Polish notation (postfix notation). In the reverse Polish notation, each operator follows all of its operands. For example, the arithmetic expression $1 + 2$ is translated to $1 2 +$ in the reverse Polish notation.
 - (b) Consider evaluating the result of the translation in question (2) (a) using a stack. Suppose that the values of x, y, z are $1, 2, 3$, respectively. Describe all steps of the evaluation. Show the contents of the stack and the rest of the string in each step of the evaluation.
- (3) Suppose that the program P is defined by Fig.5 (b).
 - (a) Suppose that the values of x and y are 3 and 1 , respectively, in the initial state. Find the value of y after executing the program P.
 - (b) Show that P terminates for any non-negative integers x and y .

2019年8月実施 問題5 計算機2 (2頁目 / 2頁中)

整数変数 (integer variable)

$\langle V \rangle ::= x \mid y \mid z \mid \dots$

算術式 (arithmetic expression)

$\langle E \rangle ::= n$
| $\langle V \rangle$
| $\langle E \rangle + \langle E \rangle$
| $\langle E \rangle * \langle E \rangle$

整数 (integer)

整数変数 (integer variable)

加算 (addition)

乗算 (multiplication)

プログラム (program)

$\langle C \rangle ::= \langle V \rangle := \langle E \rangle$
| $\langle C \rangle_1 ; \langle C \rangle_2$
| **while** $\langle E \rangle_1 < \langle E \rangle_2$ **do** $\langle C \rangle$ **end**

代入 (assignment) *1

合成 (composition) *2

ループ (loop) *3

*1 $\langle V \rangle$ に $\langle E \rangle$ の値を代入する。

Assign the value of $\langle E \rangle$ to $\langle V \rangle$.

*2 $\langle C \rangle_1$ を実行し、その後 $\langle C \rangle_2$ を実行する。

Execute $\langle C \rangle_1$ and then execute $\langle C \rangle_2$.

*3 $\langle E \rangle_1$ の値が $\langle E \rangle_2$ の値以上であれば何もしない。そうでなければ、 $\langle C \rangle$ を実行し、その後再び **while** $\langle E \rangle_1 < \langle E \rangle_2$ **do** $\langle C \rangle$ **end** を実行する。

Do nothing if the value of $\langle E \rangle_1$ is greater than or equal to the value of $\langle E \rangle_2$. Otherwise, execute $\langle C \rangle$ and then execute **while** $\langle E \rangle_1 < \langle E \rangle_2$ **do** $\langle C \rangle$ **end** again.

Fig. 5 (a)

P = $z := 0; \text{while } z < x \text{ do } y := y * 2; x := x - 1 \text{ end}$

Fig. 5 (b)

**2019 年 8 月実施
問題 6 物理専門
(1 頁目 / 3 頁中)**

x 軸上の 1 次元箱型ポテンシャル障壁

$$V(x) = \begin{cases} 0 & (x < 0) \\ V_0 & (0 \leq x \leq \delta) \\ 0 & (x > \delta) \end{cases} \quad (6A)$$

を考える (Fig. 6). 質量 m , エネルギー $\varepsilon (> 0)$ の粒子が $x = -\infty$ の方向からこの障壁に入射する. 以下の間に答えよ.

粒子の定常状態の波動関数を $\psi(x)$ とする. V_0 は正の定数であり, $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ (h はプランク定数) とする.

(1) $x < 0, 0 \leq x \leq \delta, x > \delta$ のそれぞれ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書け.

(2) $\varepsilon < V_0$ のとき, $x < 0, 0 \leq x \leq \delta, x > \delta$ における定常状態の波動関数 $\psi(x)$, すなわち時間に依存しないシュレディンガー方程式の解を

$$\psi(x) = \begin{cases} Ae^{ikx} + Be^{-ikx} & (x < 0) \\ Ce^{\alpha x} + De^{-\alpha x} & (0 \leq x \leq \delta) \\ Fe^{ikx} & (x > \delta) \end{cases} \quad (6B)$$

とおく. A, B, C, D, F は複素数, i は虚数単位である. k と α を $m, \varepsilon, V_0, \hbar$ を使って表せ.

(3) Eq. (6B) に与えられる波動関数 $\psi(x)$ の表式を用い, $x = 0, x = \delta$ において $\psi(x)$ およびその空間微分 $\psi'(x)$ が満たすべき全ての境界条件を考慮する.

(a) トンネル効果で粒子が障壁を通り抜ける透過率 $T \equiv \frac{|F|^2}{|A|^2}$ を求めよ.

(b) $\varepsilon \rightarrow V_0$ の極限において $T = 0.2$ となるとき, m, V_0, δ, \hbar の関係を表す式を求めよ. y が十分小さい時, $\sinh^2 y \approx y^2$ の近似を用いてよい.

Question No. 6: Advanced physics (2 / 3)

2019 年 8 月実施
問題 6 物理専門
(2 頁目 / 3 頁中)

Consider a one-dimensional potential barrier

$$V(x) = \begin{cases} 0 & (x < 0), \\ V_0 & (0 \leq x \leq \delta), \\ 0 & (x > \delta), \end{cases} \quad (6A)$$

along the x -axis (Fig. 6). A particle of mass m , and energy $\varepsilon (>0)$ is incident to this barrier from the $x = -\infty$ direction. Answer the following questions.

Let the wave function in a stationary state be $\psi(x)$. In the following, V_0 is a positive constant and

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} \quad (h: \text{Plank constant}).$$

- (1) Write the time-independent Schrödinger equations for the regions $x < 0$, $0 \leq x \leq \delta$, and $x > \delta$, respectively.
- (2) In case $\varepsilon < V_0$, let $\psi(x)$ be the stationary wave function, i.e., the solution of the time-independent Schrödinger equation, in the region $x < 0$, $0 \leq x \leq \delta$, and $x > \delta$ be

$$\psi(x) = \begin{cases} Ae^{ikx} + Be^{-ikx} & (x < 0), \\ Ce^{\alpha x} + De^{-\alpha x} & (0 \leq x \leq \delta), \\ Fe^{ikx} & (x > \delta), \end{cases} \quad (6B)$$

where A, B, C, D , and F are complex constants and i is the imaginary unit. Obtain k and α in terms of m, ε, V_0 , and \hbar .

- (3) By using the wave function given in Eq. (6B), consider all the boundary conditions for $\psi(x)$ and its spatial derivative $\psi'(x)$ at $x = 0$ and $x = \delta$.

(a) Obtain the transmission coefficient $T \equiv \frac{|F|^2}{|A|^2}$ for a particle to pass through the barrier

by the tunneling effect.

- (b) In case $T = 0.2$ at the limit of $\varepsilon \rightarrow V_0$, derive the equation showing the relationship between m, V_0, δ , and \hbar . When y is sufficiently small, the approximation $\sinh^2 y \approx y^2$ can be used.

Question No. 6: Advanced physics (3 / 3)

2019 年 8 月実施
問題 6 物理専門
(3 頁目 / 3 頁中)

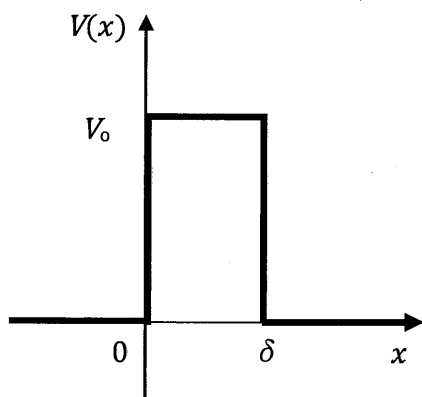


Fig. 6