

試験日 : 2024年9月7日(土)

入試種別 : 2025年度大学院(修士課程)入学試験問題

学部・研究科 : 先端理工学研究科 電子情報通信コース

科目名 : 専門科目

解答又は解答例

問題群 I (電子分野)

I A (電気回路)

(1) コンデンサーにかかる電位差 : $Q(t)/C$

抵抗にかかる電位差 : $R \frac{dQ(t)}{dt}$

$$(2) R \frac{dQ(t)}{dt} + \frac{1}{C} Q(t) = V$$

$$(3) Q(t) = CV(1 - e^{-t/RC})$$

$$(4) L \frac{d^2Q(t)}{dt^2} + \frac{1}{C} Q(t) = 0$$

$$(5) Q(t) = Q_0 \cos \frac{t-t_1}{\sqrt{LC}}$$

$$(6) I(t) = -\frac{Q_0}{\sqrt{LC}} \sin \frac{t-t_1}{\sqrt{LC}}$$

この式より「電流は周期 $2\pi\sqrt{LC}$ で周期的に振動する。この現象を電気振動という。」

I B (電磁気学)

(1) ガウスの法則、またはガウスの法則 積分形

(2) B から A

(3)

(i) $0 < r < a$ のとき $|\mathbf{E}(\mathbf{r})| = 0$

(ii) $a < r < b$ のとき $|\mathbf{E}(\mathbf{r})| = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$

(iii) $b < r$ のとき $|\mathbf{E}(\mathbf{r})| = 0$

(4) $q = CV$

(5) $V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0}(a^{-1} - b^{-1})$

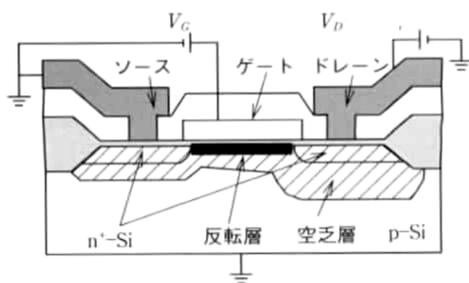
(6) $C = \frac{4\pi ab\epsilon_0}{b-a}$

IC (電子物性・材料)

(1)

- ・ 電子が伝導する半導体
- ・ 多数キャリアが電子である半導体
- ・ ドナーがドーピングされた半導体 など

(2)



ゲート電圧: V_G 、ドレイン電圧: V_D 、閾値電圧: V_{th}

(3) $V_G \geq V_{th}$ 、 $V_D < V_G - V_{th}$ の場合

$$I_D = \left(\frac{W}{L}\right) C_{ox} \mu \left[(V_G - V_{th}) - \frac{V_D}{2} \right] V_D \quad (i)$$

$$\left(\begin{array}{l} V_G \geq V_{th}, V_D \geq V_G - V_{th} \text{ の場合} \\ \\ I_D = \frac{1}{2} \left(\frac{W}{L}\right) C_{ox} \mu (V_G - V_{th})^2 \\ \\ V_G < V_{th} \text{ の場合 } I_D = 0 \end{array} \right) \quad (ii)$$

(i)式の導出例:

チャンネル幅: W 、チャンネル長: L 、ゲート酸化膜容量(単位面積あたり): C_{ox} 、位置 x における電位: V
移動度: μ

位置 x における電界効果(ゲート直下に発生する単位面積あたりの電荷量):

$$q_n = C_{ox}(V_G - V_{th} - V) \quad (iii)$$

位置 x におけるドリフト電流:

$$I_D = W \mu q_n E, \quad \left(E = \frac{dV}{dx} \right) \quad (iv)$$

(iii)式、(iv)式より

$$I_D = W \mu C_{ox} (V_G - V_{th} - V) \left(\frac{dV}{dx} \right) \quad (v)$$

(v)式の両辺を x で積分

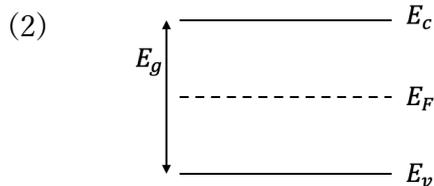
$$I_D L = \left[W \mu C_{ox} \left[(V_G - V_{th})V - \left(\frac{1}{2}\right)V^2 \right] \right]_0^{V_D} = W \mu C_{ox} \left[(V_G - V_{th})V_D - \left(\frac{1}{2}\right)V_D^2 \right] = W \mu C_{ox} \left[(V_G - V_{th}) - \left(\frac{1}{2}\right)V_D \right] V_D$$

$$\therefore I_D = \left(\frac{W}{L}\right) C_{ox} \mu \left[(V_G - V_{th}) - \frac{V_D}{2} \right] V_D$$

I D (電子工学)

(1) 光電効果

(概略図)



$$(3) \nu_0 = \frac{E}{h} = 2.7 \times 10^{14} \text{ [Hz]}$$

$$(4) \lambda_0 = \frac{c}{\nu_0} = 1.1 \times 10^{-6} \text{ [m]}$$

$$(5) \sigma_0 = \frac{1}{\rho_0} = 3.3 \times 10^{-6} \text{ [S/cm]}$$

$$(6) R = \rho \frac{L}{wt} = 0.63 \text{ } [\Omega \cdot \text{cm}]$$

問題群 II (情報分野)

II A (情報理論)

(1)

$$p(x_0) = p(x_1) = 0.5$$

$$p(y_0|x_0) = 1$$

$$p(y_1|x_0) = 0$$

$$p(y_0|x_1) = 0.25$$

$$p(y_1|x_1) = 1 - 0.25 = 0.75$$

である。これより、

$$p(y_0) = p(x_0)p(y_0|x_0) + p(x_1)p(y_0|x_1) = 0.5 \times 1 + 0.5 \times 0.25 = 5/8 = 0.625$$

$$p(y_1) = p(x_0)p(y_1|x_0) + p(x_1)p(y_1|x_1) = 0.5 \times 0 + 0.5 \times 0.75 = 3/8 = 0.375$$

(2)

$$p(x_0|y_0) = p(x_0)p(y_0|x_0)/p(y_0) = 0.5 \times 1 / 0.625 = 1/2 \times 8/5 = 4/5 = 0.8$$

$$p(x_1|y_0) = p(x_1)p(y_0|x_1)/p(y_0) = 0.5 \times 0.25 / 0.625 = 1/2 \times 1/4 \times 8/5 = 1/5 = 0.2$$

$$p(x_0|y_1) = p(x_0)p(y_1|x_0)/p(y_1) = 0.5 \times 0 / 0.375 = 0$$

$$p(x_1|y_1) = p(x_1)p(y_1|x_1)/p(y_1) = 0.5 \times 0.75 / 0.375 = 1/2 \times 3/4 \times 8/3 = 1$$

(3)

各エントロピーは、

$$H(X) = -p(x_0)\log_2 p(x_0) - p(x_1)\log_2 p(x_1) = -0.5 \times (-1) - 0.5 \times (-1) = 1 \text{ [bit]}$$

$$\begin{aligned} H(Y) &= -p(y_0)\log_2 p(y_0) - p(y_1)\log_2 p(y_1) = -5/8 \times \log_2(5/8) - 3/8 \times \log_2(3/8) \\ &= -5/8 \times (\log_2 5 - 3) - 3/8 \times (\log_2 3 - 3) = -5/8 \times (-0.68) - 3/8 \times (-1.42) \end{aligned}$$

$$= 0.425 + 0.5325 = 0.9575 \approx 0.96 \text{ [bit]}$$

$$\begin{aligned} H(X|Y) &= -p(x_0|y_0)\log_2 p(x_0|y_0) - p(x_1|y_0)\log_2 p(x_1|y_0) - p(x_0|y_1)\log_2 p(x_0|y_1) - p(x_1|y_1)\log_2 p(x_1|y_1) \\ &= 4/5 \times (\log_2 5 - 2) + 1/5 \times (\log_2 5) + 0 + 0 = 4/5 \times (0.32) + 1/5 \times (2.32) \\ &= (1.28 + 2.32)/5 = 3.6/5 = 0.72 \text{ [bit]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H(Y|X) &= -p(y_0|x_0)\log_2 p(y_0|x_0) - p(y_1|x_0)\log_2 p(y_1|x_0) - p(y_0|x_1)\log_2 p(y_0|x_1) - p(y_1|x_1)\log_2 p(y_1|x_1) \\ &= 0 + 0 + 1/4 \times (\log_2 4) + 3/4 \times (2 - \log_2 3) = 2/4 + 3/4 \times (0.42) \\ &= (2 + 1.26)/4 = 3.26/4 = 0.815 \approx 0.82 \text{ [bit]} \end{aligned}$$

II B (プログラミング)

(1)

- ① 14, 24, 35, 43, 52, 65, 78, 85, 92

リストの中央の値である52と85を比較し、
85のほうが大きいので52より右側を探索候補とする

- ② 65, 78, 85, 92

4つの数字の中央は、切り捨て計算で左から2番目とし、
78と85を比べ85のほうが大きいので、78より右側を探索候補とする。

- ③ 78, 85, 92

3つの数字の中央の値である85と85を比べ、一致したので、探索完了とする。

#探索手順なので戻り値の話はなくてもよいし、85はリストの7番目に格納されていたので7を返すやリストの8番目とも言えるので8を返すでも良い

(2)

- ① `middle = (left + right) // 2` #[他には] `middle = (int)((left + right) / 2)`

- ② `left = middle + 1`

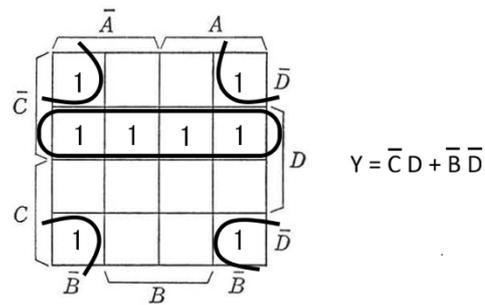
- ③ `right = middle - 1`

II C (デジタル論理)

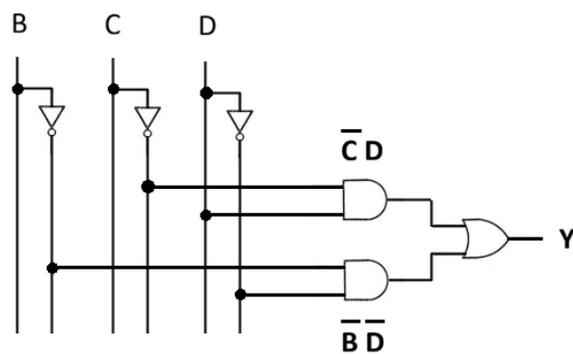
(1) 真理値表

A	B	C	D	Y	A	B	C	D	Y
0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
0	0	0	1	1	1	0	0	1	1
0	0	1	0	1	1	0	1	0	1
0	0	1	1	0	1	0	1	1	0
0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
0	1	0	1	1	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	1	1	1	0	0
0	1	1	1	0	1	1	1	1	0

(2) カルノー図



(3) 回路図



問題群Ⅲ (通信分野)

ⅢA (符号理論)

(1)

- (a) 符号語(0011)と符号語(0101)間のハミング距離は2
- (b) 符号語(1100)と符号語(1010)間のハミング距離は2

(2)

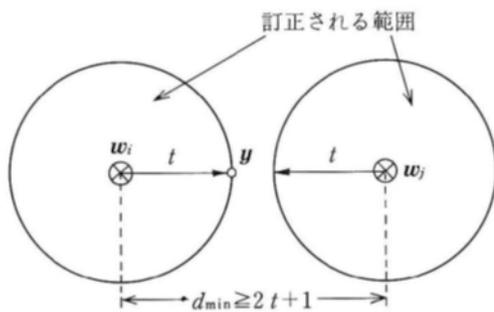
最小距離 d_{min} は2

(3)

1ビットの誤り（単一誤り）が発生した受信語は、符号語からハミング距離1離れたビット列の集合の中に含まれる。しかし、最小距離 d_{min} が2であるため、その集合の中に他の符号語が含まれないことが保証される。したがって、受信語が符号語ではなく、1ビットの誤りだと仮定すれば、誤りが発生したと判断することが出来る。

(4)

最小距離 d_{min} が3以上になるようにブロック符号を設計すれば、下図に示すように単一誤り ($t=1$) が含まれる範囲は、他の符号語の単一誤りの範囲と重ならないため、正しい符号語に訂正することができる。



(5)

受信語に検査行列を掛けて計算されるベクトルをシンδροームと呼ぶ。送信語（符号語）に対しては、シンδροームはゼロベクトルになる。また、送信語に通信路で誤りパターンが加わって受信語となっているため、シンδροームは送信語には影響されず、誤りパターンのみで定まる。

III B (高周波回路)

(1)

$$S_{11} = \frac{Z_S}{Z_S + 2Z_0} \quad S_{21} = \frac{2Z_0}{Z_S + 2Z_0}$$

(2)

$$S_{22} = \frac{Z_S}{Z_S + 2Z_0} \quad S_{12} = \frac{2Z_0}{Z_S + 2Z_0}$$

$$[S] = \begin{bmatrix} \frac{Z_S}{Z_S + 2Z_0} & \frac{2Z_0}{Z_S + 2Z_0} \\ \frac{2Z_0}{Z_S + 2Z_0} & \frac{Z_S}{Z_S + 2Z_0} \end{bmatrix} = \frac{1}{Z_S + 2Z_0} \begin{bmatrix} Z_S & 2Z_0 \\ 2Z_0 & Z_S \end{bmatrix}$$

(3)

(4)

$$[S] = \frac{1}{Z_S + 2Z_0} \begin{bmatrix} Z_S & 2Z_0 \\ 2Z_0 & Z_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.333 & 0.667 \\ 0.667 & 0.333 \end{bmatrix}$$

(5)

$$[S] = \frac{1}{-j31.8 + 2 \times 50} \begin{bmatrix} -j31.8 & 2 \times 50 \\ 2 \times 50 & -j31.8 \end{bmatrix}$$
$$= \begin{bmatrix} 0.092 - j0.289 & 0.908 + j0.289 \\ 0.908 + j0.289 & 0.092 - j0.289 \end{bmatrix}$$

III C (伝送線路)

(1) $\Gamma_L = -1$

(2) $\Gamma_L = 0.6 + j0.8$

(3) $\Gamma_L = 0.333$ ($\Gamma_L = 1/3$)

(4)
$$Z_{IN} = Z_0 \frac{R \cos \beta d + jZ_0 \sin \beta d}{jR \sin \beta d + Z_0 \cos \beta d}$$

$$Z_{IN} \text{ の実数部} = \frac{RZ_0^2}{(Z_0 \cos \beta d)^2 + (R \sin \beta d)^2}$$

$$Z_{IN} \text{ の虚数部} = \frac{Z_0(Z_0^2 - R^2) \sin \beta d \cos \beta d}{(Z_0 \cos \beta d)^2 + (R \sin \beta d)^2}$$