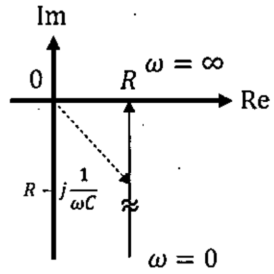
令和４年度（１０月期入学）及び令和５年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 解　答　例	
専　攻　名	電子情報通信学専攻
試験科目名	専門科目　①電気回路

I



問１　$R-j\frac{1}{\omega C}$，または $R+\frac{1}{j\omega C}$ となる。

問２　$\omega=0$ のとき，$R-j\frac{1}{\omega C}\to R-j\infty$，$\omega=\infty$ のとき，$R-j\frac{1}{\omega C}\to R$，したがって右図となる。

問３　$\dot{I}=\frac{\dot{E}}{R-j\frac{1}{\omega C}}=\frac{\dot{E}}{R-j\frac{1}{2\pi fC}}=\frac{\dot{E}}{500-j0.159\times\frac{1}{15.9\times10^{3}\times20\times10^{-9}}}=\frac{1000}{500-j500}=1+j$

求める電流 $\dot{I}$ は，直交座標形式が$1+j$ A，フェーザ形式が$\sqrt{2}\angle45°$ A となる。

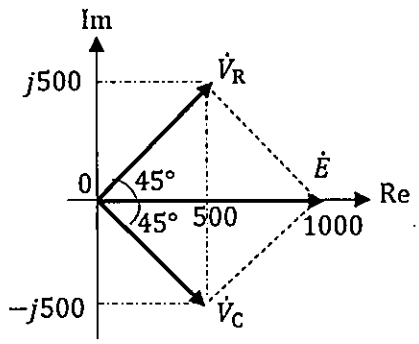
$\dot{V}_{\mathrm{C}}=-j\frac{1}{\omega C}\times\dot{I}=-j500\times(1+j)=500-j500$

求める電圧 $\dot{V}_{\mathrm{C}}$ は，直交座標形式が$500-j500$ V，フェーザ形式が$500\sqrt{2}\angle-45°$ V となる。

$\dot{V}_{\mathrm{R}}=R\times\dot{I}=500\times(1+j)=500+j500$

求める電圧 $\dot{V}_{\mathrm{R}}$ は，直交座標形式が$500+j500$ V，フェーザ形式が$500\sqrt{2}\angle45°$ V となる。

問４　下図の通り。



問５　$\frac{j\omega LR}{R+j\omega L}-j\frac{1}{\omega C}=\frac{j\omega LR(R-j\omega L)}{R^2+\omega^2L^2}-j\frac{1}{\omega C}=\frac{\omega^2L^2R}{R^2+\omega^2L^2}+j\frac{\omega LR^2}{R^2+\omega^2L^2}-j\frac{1}{\omega C}$

$$=\frac{\omega^2L^2R}{R^2+\omega^2L^2}+j\left(\frac{\omega LR^2}{R^2+\omega^2L^2}-\frac{1}{\omega C}\right)$$

問６　$\dot{E}=\dot{Z}\dot{I}$ の関係より，$\dot{E}$ と $\dot{I}$ の位相が一致するためには，$\dot{Z}$ が実数であることが必要である。したがって，問５の解における虚数部がゼロになれば同位相となるため，

$$\frac{\omega LR^2}{R^2+\omega^2L^2}-\frac{1}{\omega C}=0$$

$$\omega^2LCR^2=R^2+\omega^2L^2$$

$$(\omega^2LC-1)R^2=\omega^2L^2$$

と変形される。ここで，R^2 および ω^2L^2 は正数であるため，上式の成立には，$\omega^2LC-1>0$ である必要がある。すなわち，C の取りうる範囲は，$C>\frac{1}{\omega^2L}$ となる。また，このとき，求めたい R は正数であるため，$R=\frac{\omega L}{\sqrt{\omega^2LC-1}}$ となる。

令和４年度（１０月期入学）及び令和５年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 解　答　例	
専　攻　名	電子情報通信学専攻（一般選抜）
試験科目名	専門科目　②電子回路

I

問１

(1)

$v_{in} = R_1 i_1$より

$$\frac{v_{in}}{i_1} = R_1$$

(2)

抵抗R_3に流れる電流をi_3とすると、$-R_2(i_1 - i_3) = R_2 i_1$より，

$$i_3 = 2i_1$$

よって，２倍。

(3)

抵抗R_3に流れる電流をi_3とすると，

$R_2(i_1 - i_3) = R_3 i_3 + v_{out}$より，$v_{out} = -R_2 i_1 - 2R_3 i_1$

よって，

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = -\frac{R_2 + 2R_3}{R_1}$$

問２

(1)

抵抗Rに流れる電流を$i(\omega)$とすると，

$$v_1(\omega) = \left(R + \frac{1}{j\omega C}\right) i(\omega)$$

$$v_0(\omega) = -R_f i(\omega)$$

よって，

$$\frac{v_0(\omega)}{v_1(\omega)} = -\frac{R_f}{\left(R + \frac{1}{j\omega C}\right)} = -\frac{j\omega C R_f}{1 + j\omega CR}$$

(2)

$$v_1(t) = Ri(t) + \frac{1}{C}\int i(t)dt$$

令和４年度（１０月期入学）及び令和５年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 解　答　例	
専　攻　名	電子情報通信学専攻（一般選抜）
試験科目名	専門科目　②電子回路

(3)

前問(2)より，

$$v_1(t) = Ri(t) + \frac{1}{C}\int_0^t i(\tau)d\tau$$

$v_1(t) = u(t)$であり，ラプラス変換を行う。ただし，$i(t)$のラプラス変換を$I(s)$とする。

$$\frac{1}{s} = RI(s) + \frac{1}{C}\frac{I(s)}{s}$$

$$I(s) = \frac{1}{s}\cdot\frac{1}{\left(R + \frac{1}{sC}\right)}$$

$$I(s) = \frac{1}{R}\cdot\frac{1}{\left(s + \frac{1}{CR}\right)}$$

逆ラプラス変換より，

$$i(t) = \frac{1}{R}\exp\left(\frac{-t}{CR}\right)$$

よって，$v_0(t) = -R_f i(t)$より，

$$v_0(t) = -\frac{R_f}{R}\exp\left(\frac{-t}{CR}\right)$$

令和４年度（１０月期入学）及び令和５年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 解　答　例	
専　攻　名	電子情報通信学専攻
試験科目名	専門科目　③電気磁気学

問 1

(1) z軸まわりの角度をθとしたとき，$\theta \sim \theta + d\theta$の部分の微小電荷$\lambda a\, d\theta$による点 P での電位分布は

$$dV = \frac{\lambda a\, d\theta}{4\pi\varepsilon_0\sqrt{a^2+z^2}}$$

である。これを周回積分することで円状電荷からの電位が以下のように求まる。

$$V(z) = \int_0^{2\pi} dV = \frac{\lambda a}{2\varepsilon_0\sqrt{a^2+z^2}}$$

（別解）電界を求めてから積分することでも得られる。

(2) 電界は電位の勾配ベクトルであるため，

$$\boldsymbol{E} = -\mathrm{grad}\, V = \boldsymbol{e}_z\left(-\frac{\partial V}{\partial z}\right) = \boldsymbol{e}_z \frac{\lambda a z}{2\varepsilon_0(a^2+z^2)^{\frac{3}{2}}}$$

となる。

（別解）　微小電荷$\lambda a d\theta$による電界を，方向を考慮して重ね合わせても得られる。

この電界が最大となるz_0は$dE/dz = 0$のときなので

$$z_0 = \frac{a}{\sqrt{2}}$$

となる。

(3) 円周上の全電荷は$q = 2\pi a\,\lambda$である。また単位時間あたりの回転数（いわゆる周波数）は$\omega/2\pi$である。電流の定義は単位時間あたりに通過する電荷量なので

$$I = 2\pi a\,\lambda \times \frac{\omega}{2\pi} = \omega a \lambda$$

となる。

令和４年度（１０月期入学）及び令和５年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 解　答　例	
専　攻　名	電子情報通信学専攻
試験科目名	専門科目　③電気磁気学

問２

(1) ビオ・サバールの法則は

$$dH = \frac{I\,ds \sin\theta}{4\pi r^2}$$

であり，本問では$r = a$，$\theta = 90°$なので

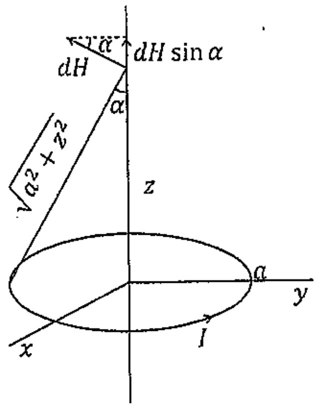
$$dH = \frac{I\,ds}{4\pi a^2}$$

となる。したがって磁界の大きさは

$$H = \int_0^{2\pi a} \frac{I\,ds}{4\pi a^2} = \frac{I}{2a}$$

となる。

(2) #2 のループ回路内の磁界の面内分布は一様とするため，鎖交磁束は



$$\Phi = \mu_0 H\pi b^2 = \frac{\mu_0 I\pi b^2}{2a}$$

となり，$\Phi = MI$より相互インダクタンスは

$$M = \frac{\mu_0 \pi b^2}{2a}$$

となる。

(3) zの位置での磁界の大きさは$r = \sqrt{a^2+z^2}$，$\theta = 90°$なので

$$dH = \frac{I\,ds}{4\pi(a^2+z^2)}$$

となる。そして，周回積分するとxy平面成分は打ち消されるので，磁界はz方向成分のみ考えればよい。

$$H = \oint dH \sin\alpha = \int_0^{2\pi a} \frac{I\,ds}{4\pi(a^2+z^2)} \frac{a}{\sqrt{a^2+z^2}} = \frac{Ia^2}{2(a^2+z^2)^{3/2}}$$

いま#2 のループ回路は$z = vt$で等速運動しているので，鎖交磁束は

$$\Phi = \mu_0 H\pi b^2 = \frac{\mu_0 I\pi a^2 b^2}{2(a^2+v^2t^2)^{3/2}}$$

となる。そしてファラデーの法則より抵抗間の起電力は

$$e = -\frac{\partial\Phi}{\partial t} = \frac{3\mu_0 I\pi a^2 b^2}{2} \frac{v^2 t}{(a^2+v^2t^2)^{5/2}} = \frac{3\mu_0 I\pi a^2 b^2 v}{2} \frac{z}{(a^2+z^2)^{5/2}}$$

が得られる。この起電力が最大となるのは$de/dz = 0$のときで，

$$z = \frac{a}{2}$$

のときである。

令和４年度（１０月期入学）及び令和５年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 解　答　例	
専　攻　名	電子情報通信学専攻（一般選抜）
試験科目名	専門科目　④情報理論

問１　$P(s_1s_1)=p^2, P(s_2s_2)=(1-p)^2, P(s_1s_2)=P(s_2s_1)=p(1-p)$ より，

$$H(S^2)=-p^2\log_2 p^2-2p(1-p)\log_2 p(1-p)-(1-p)^2\log_2(1-p)^2$$
$$=-2p^2\log_2 p-2p(1-p)\log_2 p-2p(1-p)\log_2(1-p)-2(1-p)^2\log_2(1-p)$$
$$=-2p\log_2 p-2(1-p)\log_2(1-p)=2H(p)$$

問２　ハミング重みが $w(c_1)=0, w(c_3)=w(c_4)=3$ であるため，$h(c_1,c_3)=h(c_1,c_4)=3\geq d_{\min}(\mathbb{C})$ を満たす。符号語 c_3,c_4 で１が立つ位置は c_2 で１が立つ３つの位置と最大１つだけ重複が許される。これは，c_2 で１が立つ３つの位置と２つ重複すると残り１個の１は c_2 で１が立っていない位置に配置され，その結果 $h(c_2,c_3),h(c_2,c_4)$ が２になり，$d_{\min}(\mathbb{C})=3$ より小さくなってしまうためである。以上より，右図の候補が得られる。

c_3,c_4 の符号語の候補
$c_{cand1,1}=1\ 1\ 1\ 0\ 0\ 0$
$c_{cand1,2}=1\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1$
$c_{cand1,3}=0\ 1\ 1\ 0\ 0\ 1$
$c_{cand2,1}=1\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0$
$c_{cand2,2}=1\ 0\ 0\ 1\ 0\ 1$
$c_{cand2,3}=0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1$
$c_{cand3,1}=1\ 1\ 0\ 0\ 1\ 0$
$c_{cand3,2}=1\ 0\ 0\ 0\ 1\ 1$
$c_{cand3,3}=0\ 1\ 0\ 0\ 1\ 1$
$c_{cand4}=1\ 1\ 0\ 0\ 0\ 1$

c_3,c_4 の一方が c_{cand4} となることはない。これは，もう一方が $c_{cand\delta,\theta}, \delta,\theta\in\{1,2,3\}$ となり，$\delta,\theta\in\{1,2,3\}$ のいずれにおいても $h(c_{cand4},c_{cand\delta,\theta})=2<d_{\min}(\mathbb{C})$ となるためである。

c_3,c_4 の一方が $c_{cand\delta,\theta}, \delta,\theta\in\{1,2,3\}$ のとき，もう一方として$c_{cand\delta,\bar{\theta}}, \theta\neq\bar{\theta}\in\{1,2,3\}$ や $c_{cand\bar{\delta},\theta}, \delta\neq\bar{\delta}\in\{1,2,3\}$ が選ばれることはない。これらのいずれの場合においても，$h(c_{cand\delta,\theta},c_{cand\delta,\bar{\theta}})=h(c_{cand\delta,\theta},c_{cand\bar{\delta},\theta})=2<d_{\min}(\mathbb{C})$ となるためである。

以上より，重複カウントも考慮すると，$\frac{9\times4}{2}=18$ 通り。

問３　$P(b_1)=p(1-q)+(1-p)q=p+q-2pq=\alpha$,

$P(b_2)=pq+(1-p)(1-q)=1-p-q+2pq=1-\alpha$

$H(B)=-\alpha\log_2\alpha-(1-\alpha)\log_2(1-\alpha)=H(\alpha)$

問４　$P(a_1|b_1)=\frac{p(1-q)}{p+q-2pq}=\frac{p(1-q)}{\alpha}$, $P(a_1|b_2)=\frac{pq}{1-p-q+2pq}=\frac{pq}{1-\alpha}$

問５　問４の解と $P(a_2|b_1)=\frac{(1-p)q}{p+q-2pq}=\frac{(1-p)q}{\alpha}$, $P(a_2|b_2)=\frac{(1-p)(1-q)}{1-p-q+2pq}=\frac{(1-p)(1-q)}{1-\alpha}$ より，

$$H(A|B)=P(b_1)\left(-\frac{p(1-q)}{\alpha}\log_2\frac{p(1-q)}{\alpha}-\frac{(1-p)q}{\alpha}\log_2\frac{(1-p)q}{\alpha}\right)$$
$$+P(b_2)\left(-\frac{pq}{1-\alpha}\log_2\frac{pq}{1-\alpha}-\frac{(1-p)(1-q)}{1-\alpha}\log_2\frac{(1-p)(1-q)}{1-\alpha}\right)$$
$$=-p(1-q)\log_2\frac{p(1-q)}{\alpha}-(1-p)q\log_2\frac{(1-p)q}{\alpha}$$

$$-pq\log_2\frac{pq}{1-\alpha}-(1-p)(1-q)\log_2\frac{(1-p)(1-q)}{1-\alpha}$$

$$=-p(1-q)\log_2 p(1-q)-(1-p)q\log_2(1-p)q$$
$$-pq\log_2 pq-(1-p)(1-q)\log_2(1-p)(1-q)$$
$$+(p(1-q)+(1-p)q)\log_2\alpha+\big(pq+(1-p)(1-q)\big)\log_2(1-\alpha)$$
$$=-p(1-q)(\log_2 p+\log_2(1-q))-(1-p)q(\log_2(1-p)+\log_2 q)$$
$$-pq(\log_2 p+\log_2 q)-(1-p)(1-q)(\log_2(1-p)+\log_2(1-q))$$
$$+(p+q-2pq)\log_2\alpha+(1-p-q+2pq)\log_2(1-\alpha)$$
$$=-p\log_2 p-(1-p)\log_2(1-p)-q\log_2 q-(1-q)\log_2(1-q)$$

$$+\alpha\log_2\alpha+(1-\alpha)\log_2(1-\alpha)$$

$$=H(p)+H(q)-H(\alpha)$$

(通信路 C の通信路容量)

$$=\max_A I(A;B)=\max_A\big(H(A)-H(A|B)\big)=\max_p\big(H(A)-H(A|B)\big)=\max_p\big(H(\alpha)\big)-H(q)$$

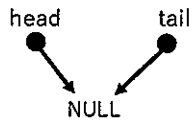
$H(\alpha)$ が最大値 1 となる $p+q-2pq=\alpha=\frac{1}{2}$ が成立するのは，$2(1-2q)p+2q=1$ より，$q=\frac{1}{2}$，もしくは，$q\neq\frac{1}{2}, p=\frac{1}{2}$ のときである。このとき，通信路 C の通信路容量は $1-H(q)$ となる。

令和４年度（１０月期入学）及び令和５年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 解　答　例	
専　攻　名	電子情報通信学専攻
試験科目名	専門科目　⑤アルゴリズムとデータ構造

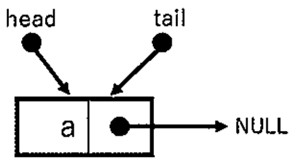
I.

問１

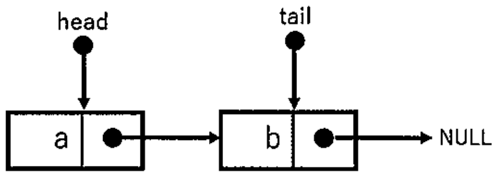
(1) ①



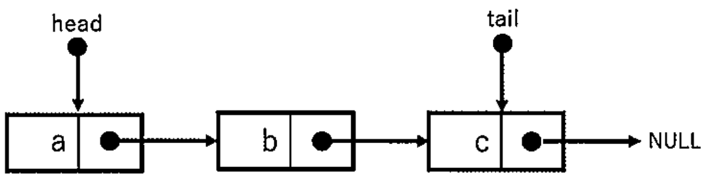
②



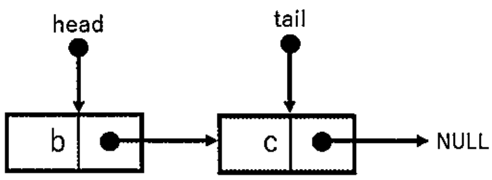
③



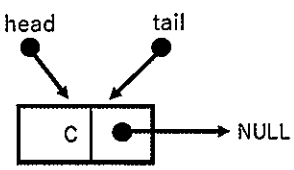
④



⑤



⑥



(2) キュー，待ち行列，First in First Out (FIFO)など

(3) 配列で構成する場合，あらかじめ配列の大きさを決める必要があるため，キューの最大の長さが固定値となる。線形リストの場合は，ノードの追加・削除を行う際に動的に記憶領域が確保できる。

配列は大きさが有限であるため，データの先頭・末尾を管理するためにリングバッファを構成するなどの対応が必要となる。これに対して線形リストの場合は，その問題は起こらない。

など

(4) プリンター出力，予約のキャンセル待ち，レジの順番待ち　など

令和4年度（10月期入学）及び令和5年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 解　答　例	
専　攻　名	電子情報通信学専攻
試験科目名	専門科目　⑤アルゴリズムとデータ構造

問2

(1) move(1, A, B),
move(2, A, C),
move(1, B, C),
move(3, A, B),
move(1, C, A),
move(2, C, B),
move(1, A, B)

(2) $a_1 = 1$

trans(n, A, B) を行うには，trans(n-1, A, C) の後に move(n, A, B) を行い，その後に trans(n-1, C, B) を行えばよい。よって，移動回数 a_n は

$a_n \ = \ 2a_{n-1} + 1$

(3) $a_n \ = \ 2^n - 1$

I　以下の設問に答えなさい。

問１　以下の論理式を主加法標準展開しなさい。

$$F = (A \oplus B) \oplus C$$

$$F = (A\bar{B} + \bar{A}B)\bar{C} + \overline{(A\bar{B} + \bar{A}B)}C = A\bar{B}\bar{C} + \bar{A}B\bar{C} + \left(\overline{A\bar{B}}\,\overline{\bar{A}B}\right)C = A\bar{B}\bar{C} + \bar{A}B\bar{C} + (\bar{A} + B)(A + \bar{B})C$$
$$= A\bar{B}\bar{C} + \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C + ABC$$

問２　以下の等式を証明しなさい。

$$(A \oplus B) \oplus C = A \oplus (B \oplus C)$$

$$(右辺) = A \oplus (B \oplus C) = A\overline{B \oplus C} + \bar{A}(B \oplus C) = A\overline{(B\bar{C} + \bar{B}C)} + \bar{A}(B\bar{C} + \bar{B}C)$$
$$= A\left(\overline{B\bar{C}}\,\overline{\bar{B}C}\right) + \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C = A(\bar{B} + C)(B + \bar{C}) + \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C$$
$$= A\bar{B}\bar{C} + ABC + \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C = A\bar{B}\bar{C} + \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C + ABC = (左辺)$$

問３　以下の論理式を簡単化しなさい。ただし，４ビットの２進数($ABCD$)について，(0011)，(1001)，(1110)をドントケアとみなしなさい。

$$F(A,B,C,D) = \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}\bar{C}\bar{D} + \bar{A}B\bar{C}D + A\bar{B}CD + A\bar{C}\bar{D} + AB\bar{C}D$$

$$F = \bar{C} + \bar{B}D$$

AB＼CD	00	01	11	10
00	1	1	Φ	
01	1	1		
11	1	1		Φ
10	1	Φ	1	

問４　AND 論理と OR 論理と NOT 論理をそれぞれ NAND 論理のみで表しなさい。

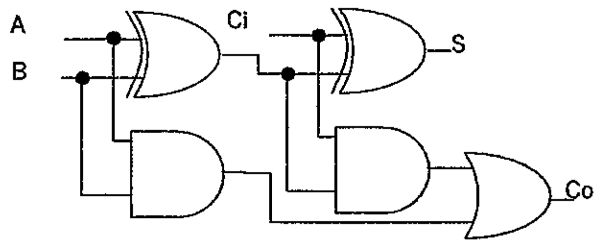
$$A \cdot B = \overline{\overline{A \cdot B}} = \overline{\overline{A \cdot B} \cdot \overline{A \cdot B}}$$
$$A + B = \overline{\overline{A + B}} = \overline{\bar{A} \cdot \bar{B}} = \overline{\overline{A \cdot A} \cdot \overline{B \cdot B}}$$
$$\bar{A} = \overline{A \cdot A}$$

問５　全加算器の真理値表を示しなさい。ただし，入力をAとB，桁上がり入力をC_i，和をS，桁上がり出力をC_oと表しなさい。

A	B	Ci	S	Co
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

令和４年度（１０月期入学）及び令和５年度　金沢大学大学院自然科学研究科　博士前期課程入学試験 解　答　例		
専攻名	電子情報通信学専攻	
試験科目名	専門科目 ⑥論理回路	P. 6／6

問６　排他的論理和ゲート２個と AND ゲート２個と OR ゲート１個を用いた全加算器の論理回路図を示しなさい。



問７　図１の論理回路図について，特性表を示しなさい。

A	B	Q'
0	0	Q
0	1	0
1	0	Q
1	1	1

問８　図１の論理回路図について，特性方程式を示しなさい。

$$Q' = AB + \bar{B}Q$$

問９　図２の論理回路図について，出力信号Ｙを含む状態遷移表を示しなさい。

Q_1	Q_0	Q_1'	Q_0'	Y
0	0	1	1	0
1	1	1	0	1
1	0	0	1	0
0	1	0	0	0

問１０　図２の論理回路図について，応用方程式と出力の論理式を示しなさい。

$$Q_1' = \overline{Q_1 \oplus Q_0}$$

$$Q_0' = \overline{Q_0}$$

$$Y = Q_1 \cdot Q_0$$

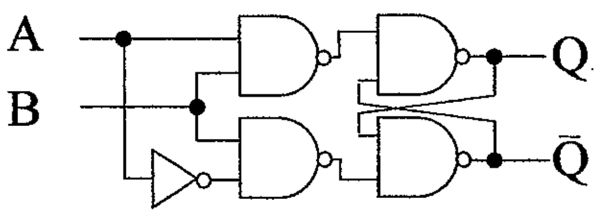


図 1

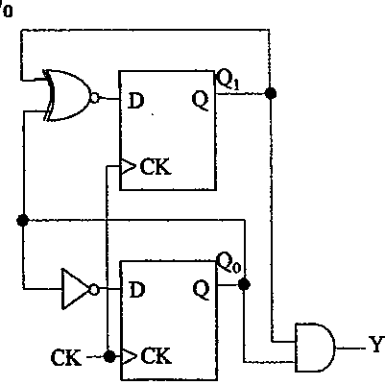


図 2