ブール係数マトリックスと計数型不連続制御回路への応用

手　塚　慶　一

1. はしがき

従来，2値パルス時系列を入力とするディジタル回路の解析ならびに構成には，論理数学が主な手段として用いられてきた。

しかし，この方法によれば，回路機能が論理的に描写できるか，入力パルス時系列が一定である時のみ有効であって，多数個の入・出力パルス時系列の組み合わせを同時に満足するような回路の構成は一般的には不可能である。このような，全く無作為的に択ばれた入出力信号対集合を満足する回路の構成は，現在数値制御系をはじめ，多くの計数型不連続制御系において必要視されている。

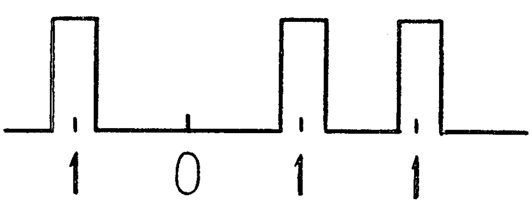
筆者はこの目的のために，入・出力2値パルス時系列対応の多数個の組み合わせを同時に表現しうるブール係数マトリックスを新しく定義し，それにより以下に述べるように，与条件を満足する回路構成を可能にすることができた。

2. 2値信号集合と n 次元立方束

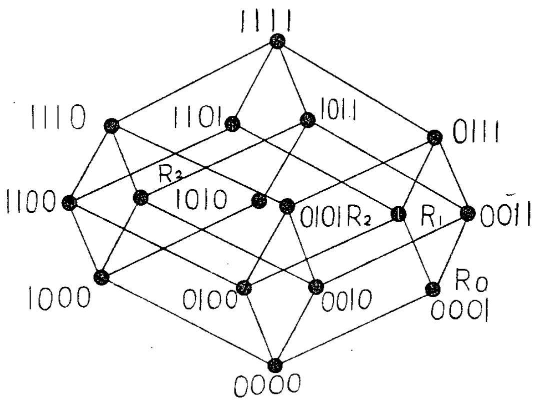
n 単位2値パルス信号を第1図のように1と0の時系列により表現するとき，これらの信号集合の濃度は 2^n となり，したがって第2図のような各辺の長さが1である n 次元立方体の頂点の集合に対応せしめることができる。いま，この n- 立方体をベクトル空間 L_n と見做せばこの集合の任意の元（信号）x_i を

$$\left.\begin{aligned} &L_n=\{x_i\}=\{\sum_{j=1}^{n}\lambda_{ij}e_j\} \\ \text{但し，}\quad &\lambda_{ij}=1 \text{ あるいは } 0, \\ &e_j=(\underbrace{00\cdots\cdots0}_{(j-1)}10\cdots\cdots0) \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

により表わすことができる。



第1図　4単位2値パルス信号の1例 $x=(1011)$



第2図　4次元立方束

一方，$x_i=\sum\lambda_{ij}e_j(\ni L_n)$, $x_k=\sum\lambda_{kj}e_j(\in L_n)$ に対して，

$$\left.\begin{array}{ll} & \lambda_{ij}\geqq\lambda_{kj} \\ \text{のとき} & x_i\geqq x_k \end{array}\right\} \qquad (2)$$

とし，順序“$\geqq$”を定義すれば信号集合 L_n は，この順序に対して順序集合をなす。したがって

$$\left.\begin{array}{l} x\equiv x_i\cup x_k=\sum\{\max(\lambda_{ij},\ \lambda_{kj})\}\,e_j \\ x'\equiv x_i\cap x_k=\sum\{\min(\lambda_{ij},\ \lambda_{kj})\}\,e_j \end{array}\right\} \qquad (3)$$

により，結合“$\cup$”および“$\cap$”を定義すれば，L_n はこの結合に対して束をなすことがわかり，しかもこの束はブール束となる。今後この空間 L_n を n 次元立方束と呼び，(1)を次式のように表現することにする。

$$L_n=\{x_i\}=\{\bigcup_j\lambda_{ij}\,e_j\},\quad \lambda_{ij}=1,\ 0 \qquad (4)$$

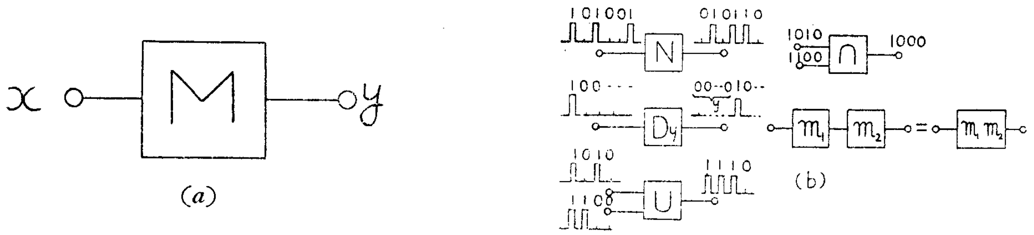
次に，任意の回路 M が与えられ，これに $x(\ni L_n)$ を入力信号として与えた場合，出力信号 $y(\ni L_n)$ が得られたとすると（第３図(a)），この回路の機能を L_n における元 x より元 y への写像として表現することができる。いまこの関係を

$$y=Mx \qquad (4)$$

にて表わし，M を回路の伝達作用素と呼ぶことにする。M を構成する単位写像としては，従来用いられてきた論理数学における否定(N)，論理和（$\cup$)，論理積（$\cap$）をそのまま用い，この外に２個の回路の従続接続(・)ならびに y 時域遅延作用素（D_y）を用いるものとし（第３図(b)）

$$M=M\,(N,\ D_y,\ \cup,\ \cap,\ \cdot\ ) \qquad (5)$$

とする。この作用素 M により，すべての計数型回路（開閉回路）を表現することが可能である。



第３図　伝達作用素(a)と基本回路(b)

3.　等価信号類とブール係数マトリックス

任意の開閉回路 M において，同じ出力信号 $y^{(i)}$, $(i=1\sim m)$ を与えうる入力信号を等価であるという。いま $y^{(i)}=Mx_k^{(i)}$ なる $x_k^{(i)}$ に等価な信号の集合を R_i とした場合，L_n を R_i により類別することができる。すなわち，$y^{(i)}$, $x_k^{(i)}$ を

$$y^{(i)}=\{\cup\lambda_{yj}^{(i)}e_j\},\quad x_k^{(i)}=\{\cup\lambda_{xkj}^{(i)}\,e_j\} \qquad (6)$$

とし，

$$R_i=\{x_k^{(i)}\mid y^{(i)}=Mx_k^{(i)}\},\ k=1\sim s \qquad (7)$$

とした場合

$$L_n=\{R_i\},\quad i=1\sim m \qquad (8)$$

となるわけである。この R_i を回路 M に対する等価類と呼ぶことにする。回路 M が与えられると $\{R_i\}$ は一意的に決定し，逆に対集合 $\{R_i,\ y^{(i)}\}_i$ を与えれば，これより回路を一意的に決定することができるわけである。一方，(7) の $y^{(i)}=Mx_k^{(i)}$ なる関係は類 R_i のすべての元に対して成立するため，いまこれをマトリックス形式により一挙に

$$[y^{(i)}]=\begin{pmatrix} y^{(i)} \\ \vdots \\ y^{(i)} \\ \vdots \\ y^{(i)} \end{pmatrix}=M\begin{pmatrix} \cup\lambda_{x_1j}^{(i)}e_j \\ \vdots \\ \cup\lambda_{x_kj}^{(i)}e_j \\ \vdots \\ \cup\lambda_{x_s}^{(i)}je_j \end{pmatrix} \tag{9}$$

として表わす。一方遅延作用素の性質より

$$e_j+y=D_ye_j \tag{10}$$

が成立するため，(9) のマトリックス演算が従来のマトリックス演算と同じ規約に従い，"+" のかわりに "∪" を，"×" のかわりに "・" を用いるものとすれば，(9) を次式のように変形することができる。

$$[y^{(i)}]=M\begin{pmatrix} \cup\lambda_{x_1}^{(i)}yD_{j-1}e_1 \\ \vdots \\ \cup\lambda_{x_kj}^{(i)}D_{j-1}e_1 \\ \vdots \\ \cup\lambda_{x_sj}^{(i)}D_{j-1}e_1 \end{pmatrix}=M\left\{\cup\begin{pmatrix} \lambda_{x_1j}^{(i)}D_{j-1} \\ \vdots \\ \lambda_{x_kj}^{(i)}D_{j-1} \\ \vdots \\ \lambda_{x_sj}^{(i)}D_{j-1} \end{pmatrix}(e_1)\right\}$$

$$=M\begin{pmatrix} \lambda_{x_1}^{(i)}1\cdots\cdots\lambda_{x_1}^{(i)}j\cdots\cdots\lambda_{x_1}^{(j)}n \\ \vdots \qquad\qquad\qquad \vdots \\ \lambda_{x_k}^{(l)}1\cdots\cdots\lambda_{x_k}^{(i)}j\cdots\cdots\lambda_{x_k}^{(i)}n \\ \vdots \qquad\qquad\qquad \vdots \\ \lambda_{x_s}^{(l)}1\cdots\cdots\lambda_{x_s}^{(j)}j\cdots\cdots\lambda_{x_s}^{(i)}n \end{pmatrix}\begin{pmatrix} D^0 \\ D_1 \\ D_2 \\ \vdots \\ D_{n-1} \end{pmatrix}(e_1)$$

$$=M[\lambda_{x_k}^{(i)}j]\,[D]\,(e_1) \tag{11}$$

(11) において，マトリックス $[\lambda_{x_k}^{(l)}j]$ は L_n の元 $x_k^{(i)}j\{=\cup\lambda_{x_k}^{(i)}je_j\}$ の係数 $\lambda_{x_k}^{(i)}j$ のみより構成される変換マトリックスであり，作用素 M ならびに作用素マトリックス $[D]$ と結合して任意の信号元に働く作用素を構成する Scalar matrix となる。いまこれをブール係数マトリックスと呼ぶ。すなわち，類 R_i が与えられれば $[\lambda_{x_k}^{(i)}i]$ は一意的に定まり，$\{C_i\}=\{[\lambda_{x_k}^{(i)}j],\ y^{(i)}\}_i$ により回路を構成することができ，逆に $\{C_i\}$ が与えられた場合この条件を満足する回路が実在するか否かを $[\lambda_{x_k}^{(i)}j]$ のみより判定することができるのである。

4. 与えられた $\{R_i,\ y^{(i)}\}$ を満足する回路の構成可能条件

等価類とその出力信号が与えられた場合，これを満足する回路が実在するための条件を考えてみる。

一般にすべての開閉回路は，その作用素集合が結合 "∪"，"∩" ならびに否定関係 "N" により束をなすことより

$$M=m\cup m_N \tag{12}$$

より構成されると考えることができる。ただし，m は否定作用素が縦続結合により偶数個含まれる作用素であり，m_N は奇数個含まれる作用素である。いま $y^i=\{\cup\lambda_{yj}^{(i)}e_j\}$ より，出力信号の係数マトリックスを作ると次式のようになる。

$$[y^{i}] = \begin{pmatrix} y^{(i)} \\ \vdots \\ y^{(i)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda_{y1}^{(i)} & \lambda_{y2}^{(i)} & \cdots\cdots & \lambda_{yn}^{(i)} \\ \vdots & & & \vdots \\ \lambda_{y1}^{(i)} & \lambda_{y2}^{(i)} & \cdots\cdots & \lambda_{yn}^{(i)} \end{pmatrix} [D]\ (e_1)$$

$$= [\lambda_{yj}^{(i)}]\ [D]\ (e_1) \tag{13}$$

(12), (13) を (11) に代入すると次式が成立する。

$$[y^{(i)}] = [\lambda_{yj}^{(i)}]\ [D]\ (e_1) = (m \cup m_N)\ [\lambda_{x_k j}^{(i)}]\ [D]\ (e_1) \tag{14}$$

作用素 m は交換可能のため,

$$me_1 = m(\cup \lambda_{e_1 j} e_j) \equiv [\lambda_{\varepsilon_1 j}]\ [D]\ (e_1) = \varepsilon_1 \tag{15}$$

とすると (14) は次式のようになる。

$$[y^{(i)}] = [\lambda_{yi}^{(i)}]\ [D]\ (e_1) = [\lambda_{x_k j}^{(i)}]\ [D]\ m\ (e_1) \cup m_N\ [\lambda_{x_k j}^{(i)}]\ [D]\ (e_1)$$

$$= \left\{ [\lambda_{x_k j}^{(i)}]\ [D]\ [\lambda_{\varepsilon 1 j}] \cup m_N\ [\lambda_{x_k j}^{(i)}] \right\} [D]\ (e_1) \tag{16}$$

しかるに

$$[D]\ [\lambda_{\varepsilon 1 j}] = \begin{pmatrix} D_0 \\ D_1 \\ \vdots \\ D_{n-1} \end{pmatrix} [\lambda_{\varepsilon_1 1}\ \lambda_{\varepsilon_1 2} \cdots \lambda_{\varepsilon_1 n}] = \begin{pmatrix} \lambda_{\varepsilon_1 1} & \lambda_{\varepsilon_1 2} & \cdots\cdots & \lambda_{\varepsilon_1 n} \\ 0 & \lambda_{\varepsilon_1 1} & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots\cdots & 0 & \lambda_{\varepsilon_1 1} \end{pmatrix}$$

$$= [D\lambda_{\varepsilon 1 j}] \tag{17}$$

となるため，これを (16) に代入すると

$$[y^{(i)}] = [\lambda_{yj}^{(i)}]\ [D]\ (e_1) = \left\{ [\lambda_{x_k j}^{(i)}]\ [D\lambda_{\varepsilon 1 j}] \cup m_N\ [\lambda_{x_k j}^{(i)}] \right\} [D]\ (e_4) \tag{18}$$

となる。この (17) を係数遅延マトリックスということにする。

つぎに (18) の第1項を

$$[\lambda_{x_k j}^{(i)}]\ [D\lambda_{\varepsilon_1 j}] = \begin{pmatrix} \lambda'^{(i)}_{y_1 1} & \cdots\cdots\cdots & \lambda'^{(i)}_{y1n} \\ \vdots & & \\ \lambda'^{(i)}_{ys1} & \cdots\cdots\cdots & \lambda'^{(i)}_{ysn} \end{pmatrix} = [\lambda'_{y_i j}] \tag{19}$$

とすると，$[\lambda_{x_k i}^{(i)}]$, $[D\lambda_{\varepsilon_1 j}]$ は与条件より既知のため $[\lambda'^{(i)}_{y_i j}]$ を求めることは可能なり，したがってこれより

$$[\lambda_{xi}^{(i)}] = [\lambda'^{(i)}_{y_i j}] \cup [\lambda''^{(i)}_{y_i j}] \tag{20}$$

なる $[\lambda''^{(i)}_{y_i j}]$ を求めることができ，これと (18) を対比して

$$[\lambda''^{(i)}_{y_i j}]\ [D]\ (e_1) = m_N [\lambda_{xij}^{(i)}]\ [D]\ (e_1) \tag{21}$$

をうる。次に (21) の否定をとると，Nm_N は D と交換可能となるため

$$N\ [\lambda''^{(i)}_{y_i j}]\ [D]\ (e_1) = [\lambda_{xij}^{(i)}]\ [D]\ Nm_N\ (e_1) \tag{22}$$

となり,

$$Nm_N(e_1) = N\varepsilon_{1N} = N\ [\lambda_{\varepsilon_{1N}1},\ \lambda_{\varepsilon_{1N}2},\ \cdots\cdots \lambda_{\varepsilon_{1N}n}]\ [D]\ (e_1) \tag{23}$$

とすることより，$\lambda_{\varepsilon_1 Nj}$ は与条件より既知のため，(22) は次のようになる。

$$N[\lambda''^{(i)}_{y0j}]=[\lambda^{(i)}_{xij}][D\lambda'_{\varepsilon_1 Nj}]=\begin{pmatrix}\lambda'_{\varepsilon_1 N1} & \lambda'_{\varepsilon_1 N2} & \cdots\cdots & \lambda'_{\varepsilon_1 Nn}\\ 0 & \lambda'_{\varepsilon_1 N1} & & \\ \vdots & \ddots & \ddots & \\ 0 & \cdots\cdots & 0 & \lambda'_{\varepsilon_1 Nn}\end{pmatrix} \tag{24}$$

ただし　$\lambda'_{\varepsilon_1 Nj}=1-\lambda_{\varepsilon_1 Nj}$

(24) を (18) に代入すると次式をうる。

$$[\lambda^{(i)}_{yj}]=[\lambda'^{(i)}_{yij}]\cup[\lambda''^{(i)}_{yij}]$$

$$=[\lambda^{(i)}_{xij}][D\lambda_{\varepsilon_1 j}]\cup N[\lambda^{(i)}_{xii}][D\lambda_{\varepsilon 1Nj}] \tag{25}$$

(25) において，$(e_1\to\cup\lambda_{\varepsilon_1 j}e_j)$，$(e_1\to\cup\lambda_{\varepsilon_1 Nj}e_j)$ を満足する回路が実在することを証明できれば，この式が実現可能条件となる。

いま $M=m$ なる回路において，単位ベクトル信号 e_j $c_j=1\sim n$) に対する応答を $\mathcal{E}_u=\cap\lambda_{\varepsilon jk}e_k$ とすると，m と D は交換可能のため，

$$[\mathcal{E}_i]=\begin{pmatrix}\mathcal{E}_1\\ \mathcal{E}_n\\ \vdots\\ \mathcal{E}_m\end{pmatrix}=m[e]=m[D](e_1)=[D][\lambda_{\varepsilon_1 j}](e_1)=[D\lambda_{\varepsilon_1 j}](e_1) \tag{26}$$

となり，単位ベクトル応答マトリックスは係数遅延マトリックスとなる。

同様に，$M=m_N$ のときの e_j の応答を $\mathcal{E}_{jN}$ とすると

$$[\mathcal{E}_{\varepsilon N}]=[\cup\lambda_{\varepsilon_i Nj}e_j]=m_N[\partial_i]=m_N[D](e_1)$$

となり，したがって上式の否定をとると次式が成立する。

$$\begin{aligned}N[\mathcal{E}_{iN}]&=Nm_N[D](e_1)=[D]Nm_N(e_1)\\&=[D]N[\mathcal{E}_{1N}]=[D]N[\lambda_{\varepsilon_1 Nj}][D](e_2)\\&=[D\lambda'_{\varepsilon_1 Nj}][D](e_1),\quad \text{ただし}\quad \lambda'_{\varepsilon_1 Nj}=1-\lambda_{\varepsilon_1 Nj}\end{aligned} \tag{27}$$

このことより，

$$[\mathcal{E}_{iN}]=N[D\lambda'_{\varepsilon_1 Nj}](e_1)=\begin{pmatrix}\lambda_{\varepsilon_1 N1} & \lambda_{\varepsilon_1 N2} & \cdots\cdots & \lambda_{\varepsilon_1 Nn}\\ 1 & \lambda_{\varepsilon_1 N1} & & \vdots\\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots\\ 1 & \cdots\cdots & 1 & \lambda_{\varepsilon_1 N1}\end{pmatrix}[D](e_1) \tag{28}$$

となり，mn の単位応答マトリックスは係数遅延マトリックスの否定形となる。以上のことより $m\cup m_N$ で実現されるための単位応答マトリックスは

$$[\mathcal{E}_i]=\left\{\begin{pmatrix}\lambda_{\varepsilon_1 1} & \cdots\cdots & \lambda_{\varepsilon_1 n}\\ 0 & \ddots & \vdots\\ \vdots & \ddots & \vdots\\ 0 & \cdots\cdots\ 0 & \lambda_{\varepsilon_1 1}\end{pmatrix}\cup\begin{pmatrix}\lambda_{\varepsilon_1 N1} & \cdots\cdots & \lambda_{\varepsilon_1 Nn}\\ 1 & \ddots & \\ \vdots & \ddots & \ddots\\ 1 & \cdots\cdots\ 1 & \lambda_{\varepsilon_2 N1}\end{pmatrix}\right\}[D](e_1) \tag{29}$$

となることを必要とする。

以上の (25)，(29) より次の定理をうる。

定　理　入出力時系列の対応 $\{R_i(\ni x_{ij},\ j=1,2,\cdots\cdots s);\ y_i\}$ を満足する回路が $M=m\cup m_N$ で実現されるためには，与えられた単位ベクトル信号応答において

$$[\varepsilon_i]=[\lambda_{\varepsilon_i j}][D](e_1)=\left\{[D\lambda_{\varepsilon j_1}]\cup N[D\lambda'_{\varepsilon_1 Nj}]\right\}[D](e_1)$$

$$\lambda'_{\varepsilon_1 Nj}=1-\lambda_{\varepsilon_1 Nj}$$

となる $\lambda_{\varepsilon 1Nj}$, $\lambda'_{\varepsilon 1Nj}$ が存在し，しかも各類 R_i において

$$[\lambda^{(i)}_{yj}]=[\lambda^{(i)}_{x_i j}][D\lambda_{\varepsilon_1 j}]\cup N[\lambda^{(i)}_{x_i j}][D\lambda_{\varepsilon_1 Nj}]$$

なる関係が成立することである。

5. 回路の構成法

等価類 $R_i=\{x_{ij}\}$ およびその出力信号 y_i が与えられた場合，これを満足する回路の構成法を考える。

いま回路が $M=m\cup m_N$ により実現されるものとすると，与条件は前節の定理を満足しなければならない。

したがって，この定理を満足することがわかると後は単位応答マトリックスを

$$[\varepsilon_i]=\{[D\lambda_{\varepsilon_1 j}]\cap N[D\lambda'_{\varepsilon_1 Nj}]\}[D](e_1) \tag{29}$$

の形に分解し，これより

$$\left.\begin{aligned}\varepsilon_1&=\cup\lambda_{\varepsilon_1 j}e_j=me_1\\ \varepsilon_{1N}&=\cup\lambda_{\varepsilon_1 Nj}e_j=\cup(1-\lambda'_{\varepsilon_1 Nj})e_j=m_N e_j\end{aligned}\right\} \tag{30}$$

として $m\cup m_N$ を求めれば，直ちに回路を構成することができるわけである。ただし，この場合 (29) の分解法は一意的でなく数個の組み合わせが考えられ，したがってこれより数個の等価回路が構成される可能性がある。

次に $M=m\cap m_N$ で構成される場合を考える。前節でも述べたように，この場合は全体の否定をとり，

$$NM=Nm\cup Nm_N=m'\cup m'_N \tag{31}$$

とすると，m'_N, m' を前述の "$\cup$" 結合による場合の m, m_N と全く同様に考えることができる。すなわち，与えられた単位応答マトリックス $[\varepsilon]$ はこの場合

$$[\varepsilon]=[m\cap m_N][e]=m[D]e_1\cap m_N[D]e_1 \tag{32}$$

なる関係を満足するため両辺の否定をとると

$$\begin{aligned}N[\varepsilon]&=Nm[D]e_1\cup Nm_N[D]e_1\\&=m'_N[D]e_1\cup m'[D]e_1\end{aligned} \tag{33}$$

となる。したがって，$m'e_1=[\cup\lambda_{\varepsilon'1j}\,e_j]$

$$Nm'_N\,e_1=[\cup\lambda'_{\varepsilon'1Nj}\,e_j]$$

とすると (33) は

$$N[\varepsilon]=\left\{[D\lambda_{\varepsilon'_1 j}]\cup N[D\lambda'_{\varepsilon'_1 Nj}]\right\}[D](e_1) \tag{34}$$

となり，(29) と全く同形となる。

すなわち，この場合は与単位応答マトリックスの否定を (34) の形に分解し，

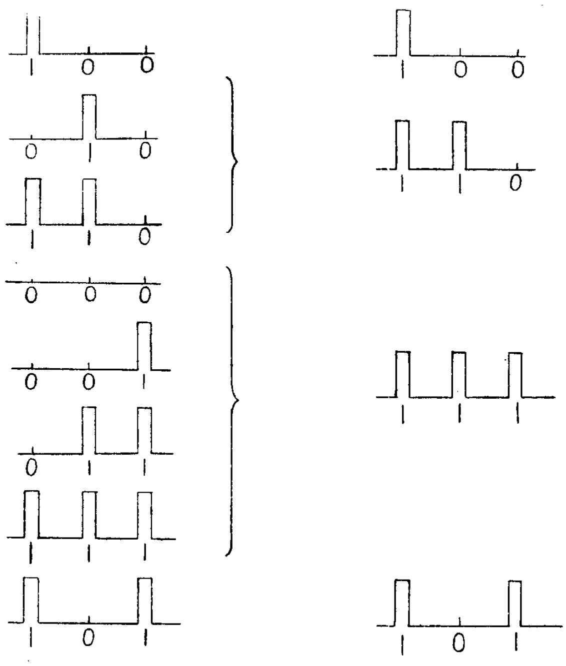
$$\left.\begin{aligned} \mathcal{E}'_1 &= \cup\, \lambda_{\varepsilon'_{1j}}\, e_j = m'e_1 \\ \mathcal{E}'_{1N} &= \cup\, \lambda_{\varepsilon'_{1Nj}}\, e_j = \cup(1-\lambda'_{\varepsilon'_{1Nj}}(e_j)) \\ &= m'_N e_1 \end{aligned}\right\} \qquad (35)$$

として $m' \cup m'_N$ を求め，これより（31）を用いて M を求めることが可能である。すなわち

$$M = N(m' \cup m'_N) = m \cap m_N$$

となる。

以上の結果より，2値不連続制御回路の構成方法を操作順に述べれば次のようになる。



第4図　入・出力信号対集合

（1） 与条件より，各等価類における出力信号係数マトリックス，等価入力信号係数マトリックス，ならびに単位出力信号の遅延係数マトリックスを作る。

（2） 各係数マトリックスの間に前節の定理が成立するか否かを判定し，解の有無を調べる。

（3） 解が存在すれば，単位ベクトル応答マトリックスを（29）の形に分解し解を求める。

（4） 解が存在しない場合は単位ベクトル応答の否定をとり，それよりできるマトリックスに対し前節の定理を適用する。

（5）（4）の判定に対して解があれば，これを（34）の形に分解し解を求める。

（6）（2），(4)の判定に対し解がなければこの条件を満足する回路は実在しない。

例　第4図の入・出力信号の対応を満足する回路を構成する。

解　与条件より，この場合の等価信号数と出力信号の対応を作れば次のようになる。

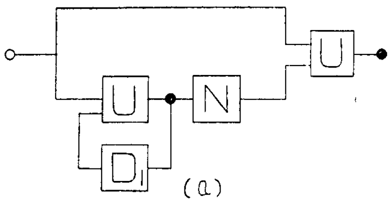
$$\begin{aligned} &R_1 = \{100\} && y_1 = 100 \\ &R_2 = \{010,\ 110\} && y_2 = 110 \\ &R_3 = \{111,\ 011,\ 001,\ 000\} && y_3 = 111 \\ &R_4 = \{101\} && y_4 = 101 \end{aligned}$$

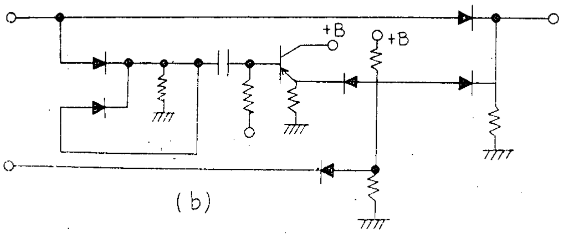
これより，各類に対し作られた入・出力信号係数マトリックスを前節の定理を満足する。したがって，単位ベクトル応答マトリックスを作り（29）の形に分解すると次式をうる。

$$[\mathcal{E}] = M[e] = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cup \begin{pmatrix} \bullet & 0 & 0 \\ 1 & \bullet & 0 \\ 1 & 1 & \bullet \end{pmatrix}$$

ただし上式で“•”は1•0いずれでもよいことを示す。故に便宜上これを次式のようにする，

$$[\mathcal{E}] = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cup \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} = [D]\, E\,(e_1) \cup \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$





第５図　解回路（a）と半導体による構成（b）

ただし写像 E は $E=N^2$ とし，自己写像すなわち短絡回路を表わす。

$$\therefore\quad [E]=\{[D]E\cup NH\}[e]$$

となる。ここで，

$$H=\bigcup_{y=1}^{n}Dy$$

であり，開閉回路における自己保持回路となり，帰還作用により実現可能な作用素である。

以上より，この場合の解回路として第５図をうる。

6. む　す　び

上述の所論より，２値不連続制御回路の構成が原理的には可能となった。しかし複雑な回路の構成は単位信号応答マトリックスの展開方法が一意的でないため困難であり，さらにこの方法の一般化が必要となる次第である。

文　　献

1）G. H. Mealy ; B. S. T. J. (1857. Oct.)
2）手　塚；電気通信学会誌（昭32.1）
3）手　塚；電気通信学会回路綱専門委員会資料（昭32.2）