

自動制御用素子としての磁氣的計数器

Magnetic Counting Circuit for Industrial Control Systems

前 川 敏 明* 宮 沢 浄**
Toshiaki Maekawa Kiyoshi Miyazawa

内 容 梗 概

工業設備用自動制御装置の新しい方向として、デジタル技術の採用と、それに対する実用的な要素として磁氣的論理回路の利用が注目されている。ここでは自己饋還型と Ramey の速応型磁氣増幅器の二種の基本回路をもつ磁氣的論理要素について概要を述べ、さらにデジタル自動制御装置においてしばしば必要となる磁氣計数器について若干の研究結果を報告してある。また磁氣計数器を応用した自動制御装置の例を二、三紹介した。

1. 緒 言

自動制御装置に用いられる要素には一般にアナログ型とデジタル型がある。自動制御の実用化はリレーなどの可動接点を用いる最も単純な装置によつて着手され、これらはデジタル型の一種ともいえるものであるが、その後種々の増幅装置の発達により漸次連続的なアナログ制御装置が、リレー、コンタクタなどのデジタル的素子に置き換えられつつあつた。しかし最近種々の面でアナログ的制御にも限界がみとめられ、この対策として長年電気計算機の技術として開発されてきたデジタル的方式がふたたびとり上げられるようになってきた。ところが初期のデジタル的要素としてのリレーやコンタクタなどには先に追放された理由となる欠点を相変らずもつており、そのため別種の要素が要求されるようになってきた。

工業設備においては磁氣増幅器はアナログ的要素としての立役者であつたが、またその使用法によつてはデジタル的要素として立派に役立ち、リレーやコンタクタのかわりに用いられるものである。

計数器を自動制御装置の一部に導入することは、その桁数の増加により簡単に精度向上をねらうことを可能にし、アナログ的制御装置における精度向上が幾何級数的に困難となることにひきかえ、とどまるところを知らない高精度の要求に対する方策を提供するものと考えられる。また諸種の設備に対する運転指令、あるいは運転結果の記録などの人為的処置はほとんどすべて数値的取り扱いがなされており、これらの部分に計数器を応用することはきわめて自然な方向であろう。そのほか計数器の独自の応用面も多いものと思われる。

そこでここには主として磁氣的計数器について述べ、製品化を完成した磁氣的制御素子、およびこれらを応用

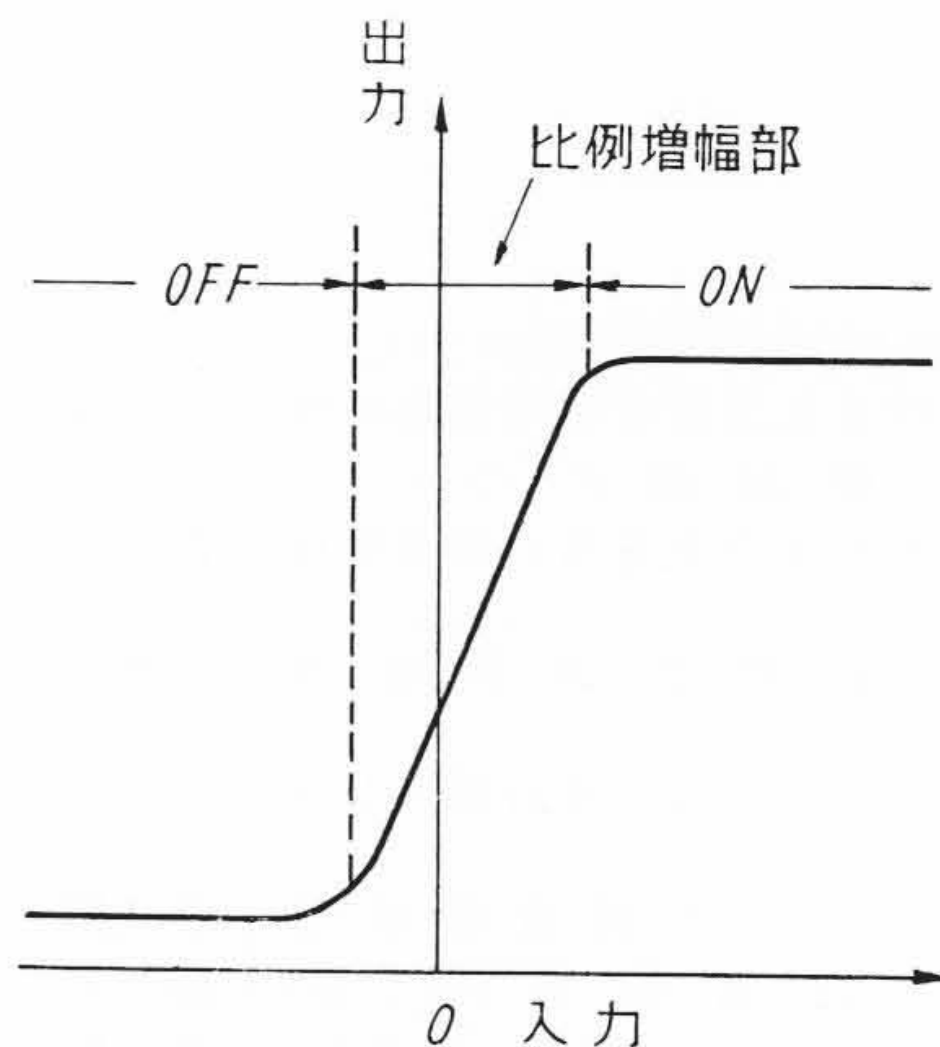
した制御装置の若干の例を紹介する。

2. 磁氣的論理要素

磁氣的計数器といつても、いくつかの基本的磁氣論理要素の組合せにすぎない。いかなる論理回路もアンド、オアおよびノットの3種の基本要素で組立てることができるといわれているが、実際の計数器をつくるにはこのほかにフリップフロップといわれる記憶要素が使われる。これらの要素を具体化する磁氣的回路には多くの種類があるが、それらの概観的記述はほかの文献にゆずり^{(1)~(5)} ここには主として自己饋還型および Ramey の速応型磁氣増幅器を基本としたものについて述べる。

2.1 自己饋還型磁氣増幅器を基本としたもの

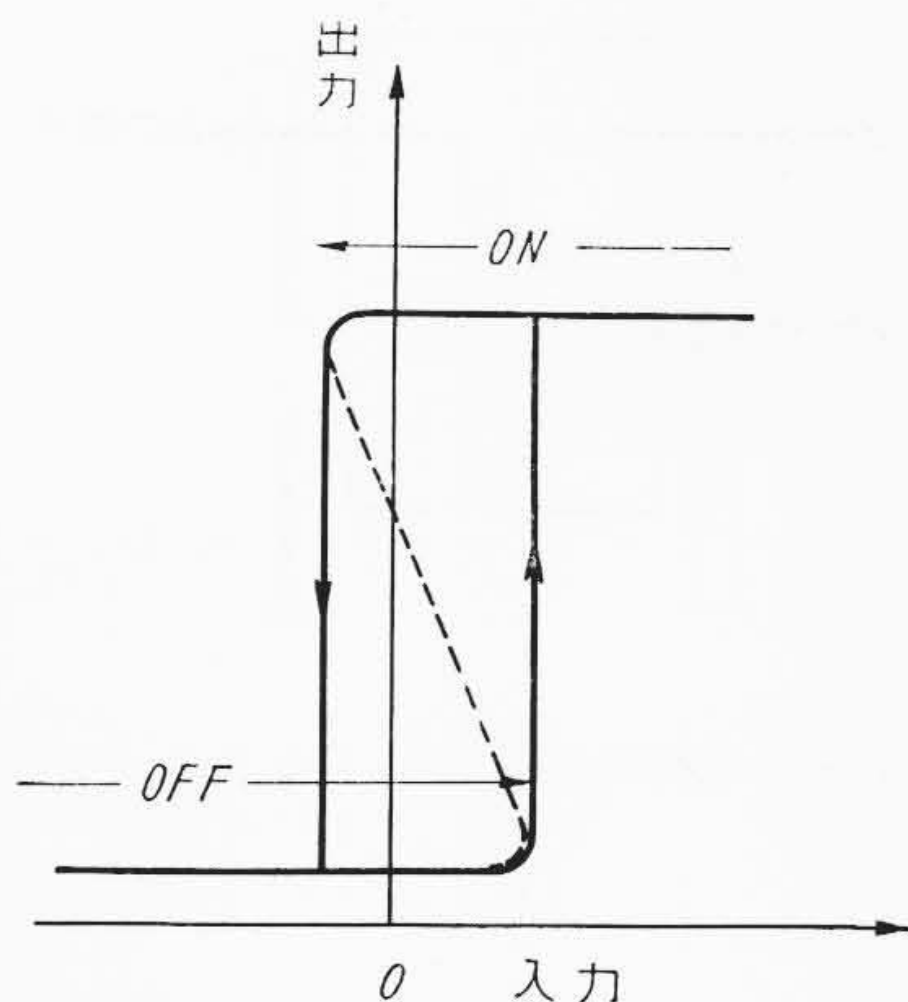
外部饋還型や各種の自己饋還型磁氣増幅器などはいずれも磁氣論理要素として用いることができる。これらを論理要素として用いる場合には普通の増幅器として使うときとはことなり、比例増幅部には意味をもたせない。すなわち増幅特性が第1図のようになる場合、最小と最大飽和出力の二つに注目し、比例増幅部は相対的に無視



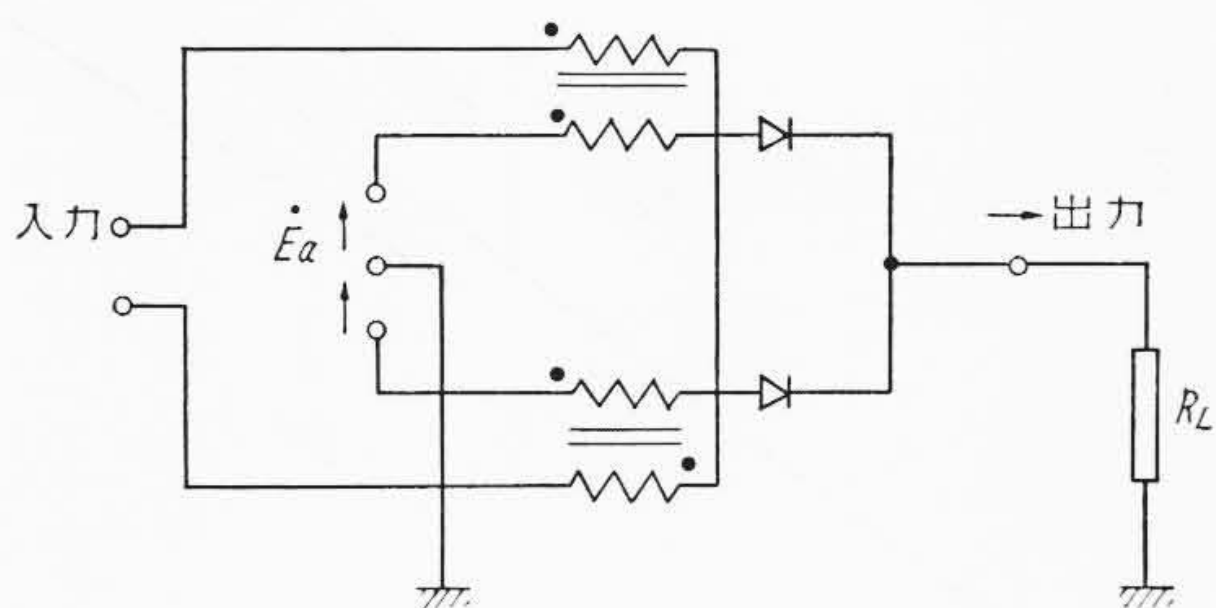
第1図 増幅器の入出力特性

* 日立製作所日立研究所

** 日立製作所日立工場



第2図 正饋還増幅器のヒステリシス特性



第3図 自己饋還型磁気増幅器

しうるような使い方をする。また実際に正饋還量を多少増すことによつて比例増幅部をなくすることが可能である。さらに正饋還量を増せば第2図のようなヒステリシス特性をあらわすことはよく知られたところである。これはフリップフロップ要素として利用される。

第3図は具体的な基本回路の一例を示すものである。一般にこの種の増幅器の最小出力値は鉄心の励磁電流のためにはほぼ(1)式に示すような値をもつ。

$$i_0 = H_c \frac{l}{N} \dots\dots\dots (1)$$

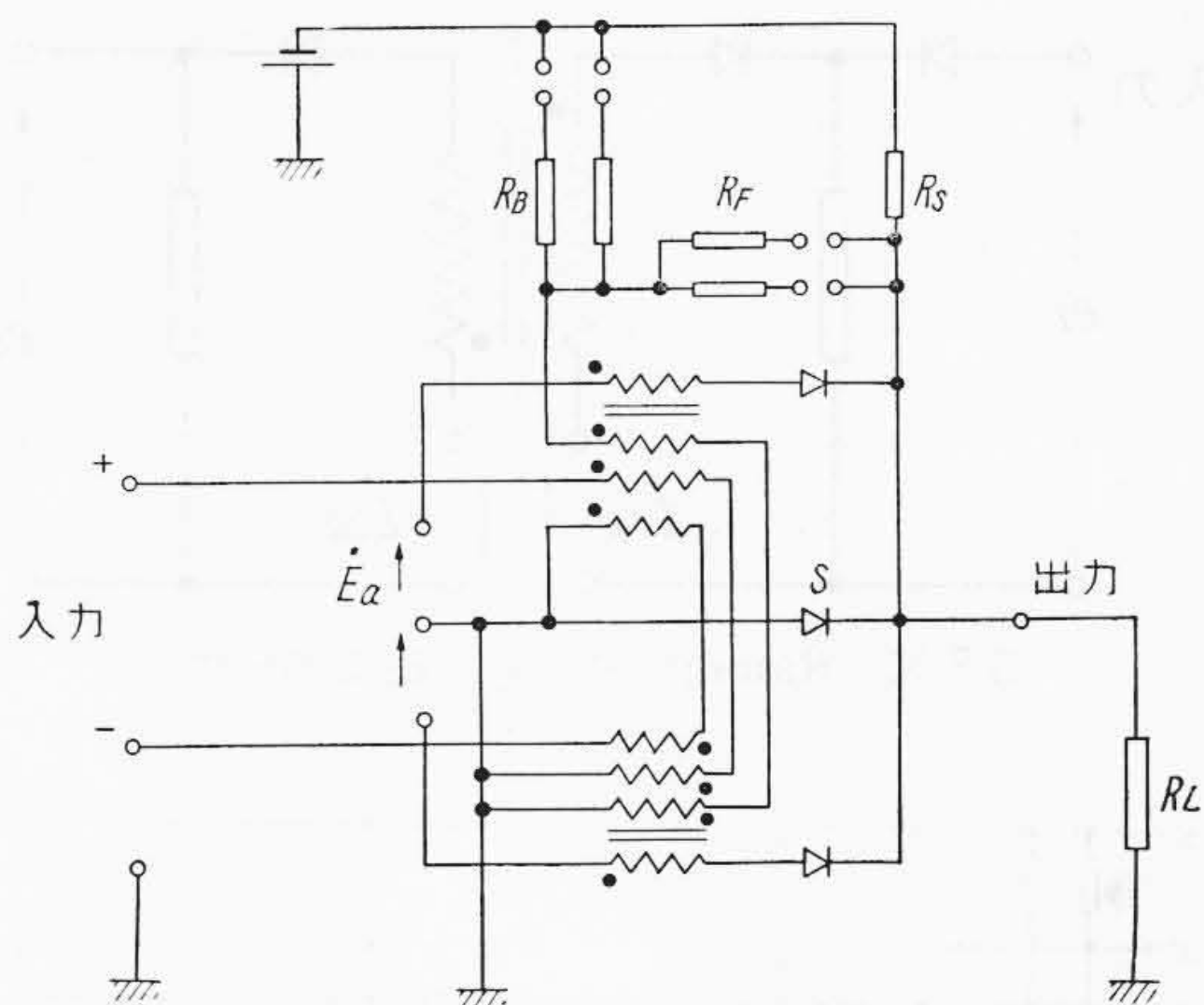
ただし、 i_0 ：励磁電流 (A) (最小出力値にほぼ等しい)

H_c ：鉄心の保磁力 (AT/m)

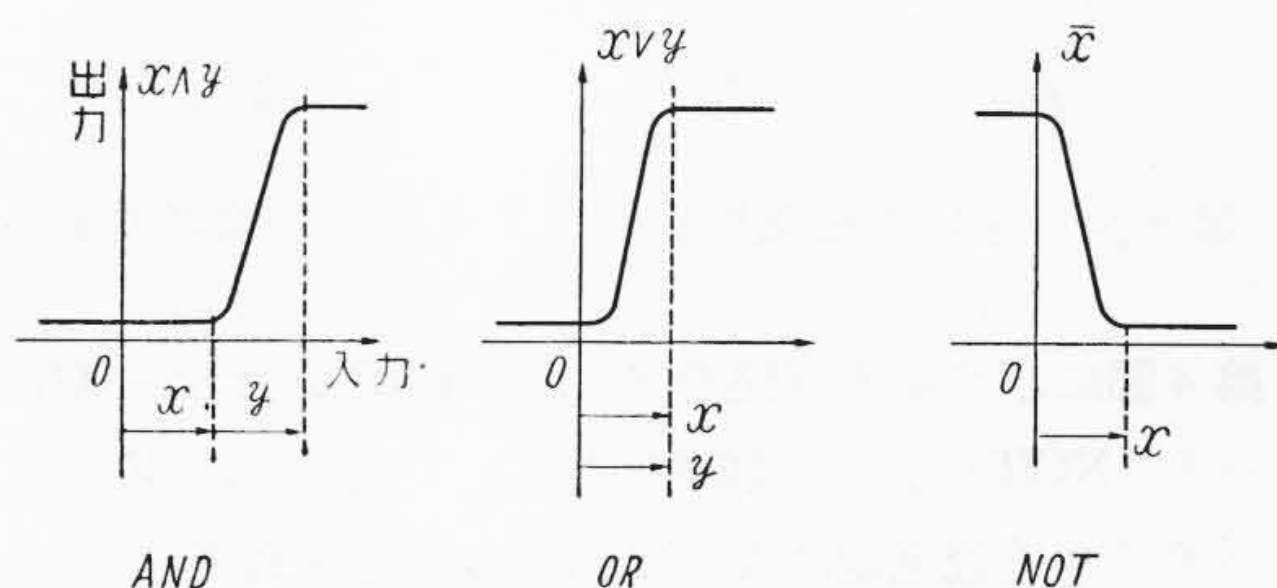
N ：巻数

l ：鉄心の磁路長 (m)

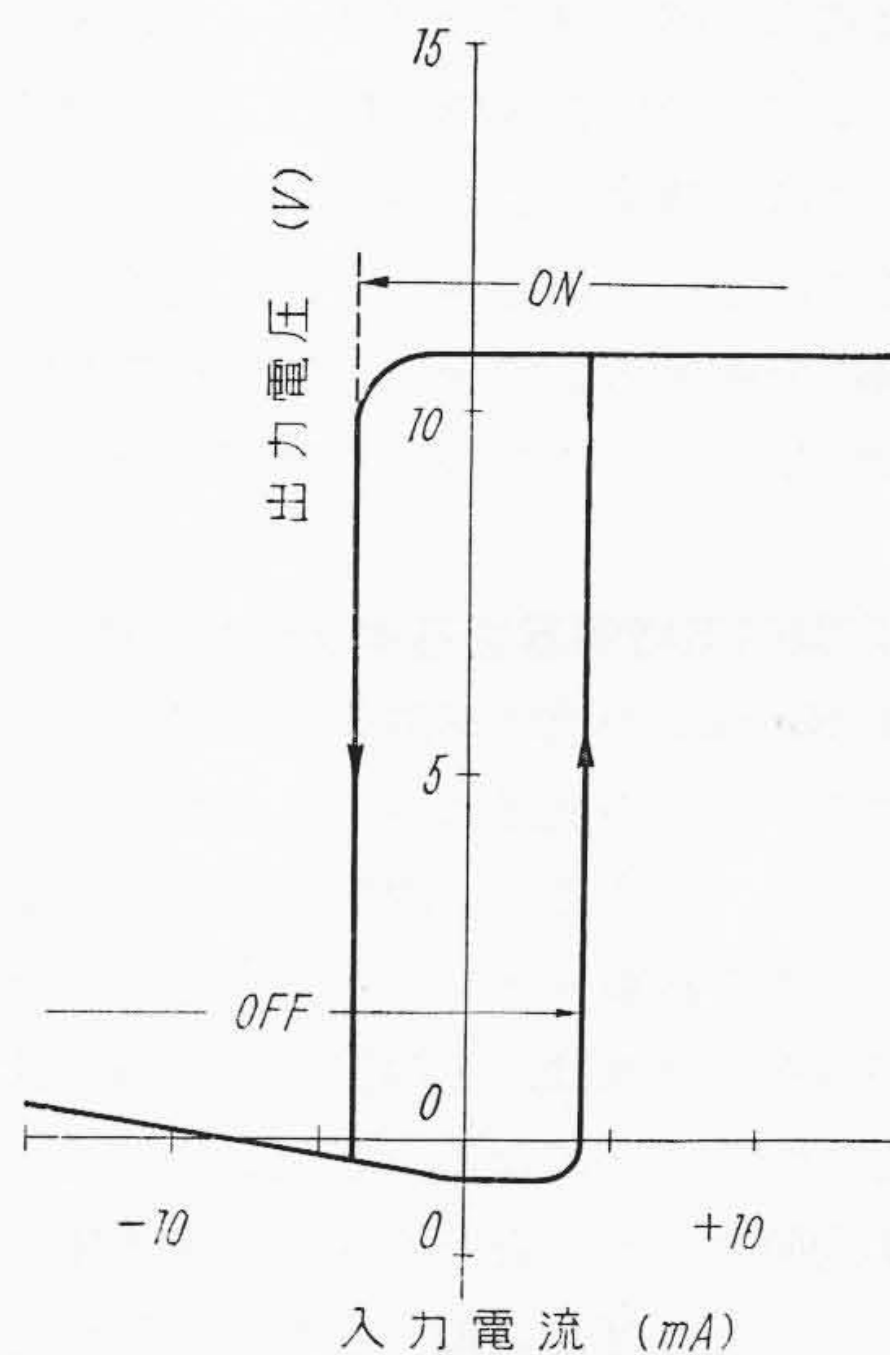
単位要素の小型化をはかる場合上記の i_0 は最大飽和出力に比べて相当大きな比率になる。このことは論理要素を多数相関連して組合す際に非常に不都合な影響をもたらす。第4図に示す回路は出力側に上記の励磁電流のみをバイパスする回路 S および R_s を付加して有効な出力最低値を零または若干負にしてこの欠点を除去したものである。また図において正饋還用抵抗 R_F を適当にえらべば比例増幅部をほとんどなくした理想的なスイッチ要素



第4図 論理要素用自己饋還型磁気増幅器

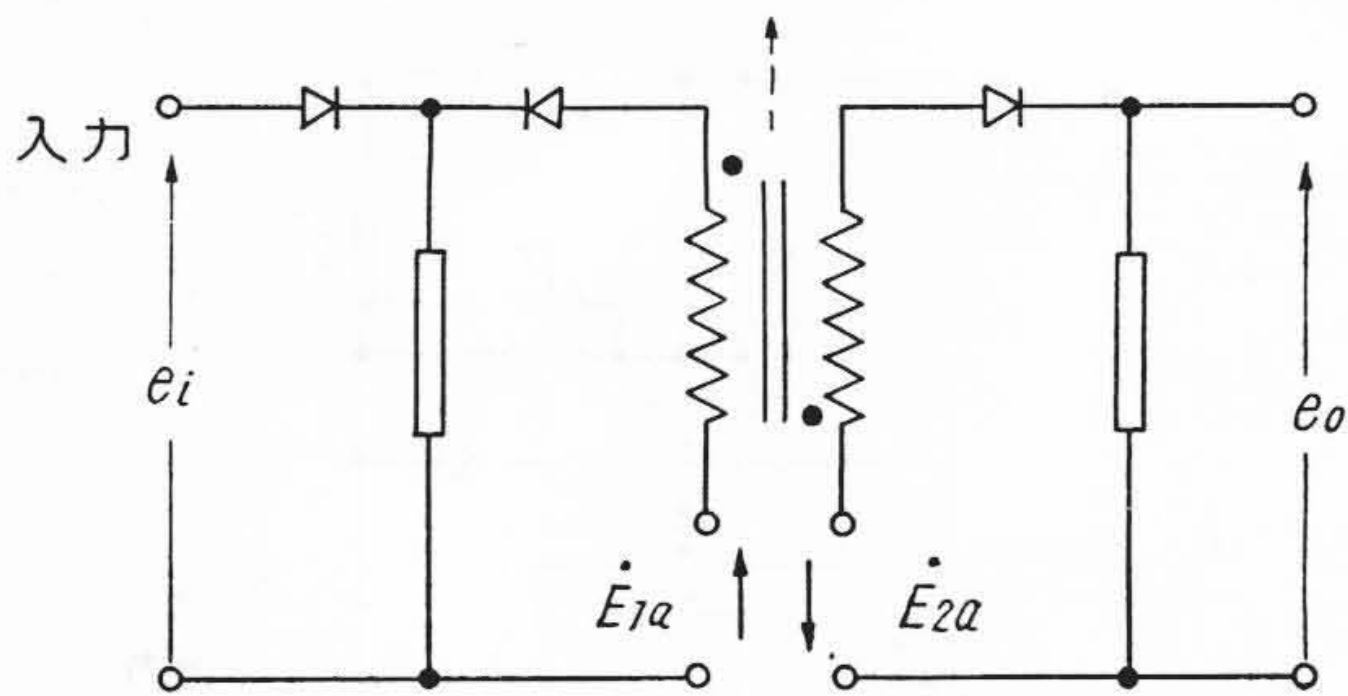


第5図 自己饋還型磁気増幅器による種々の論理要素の説明図

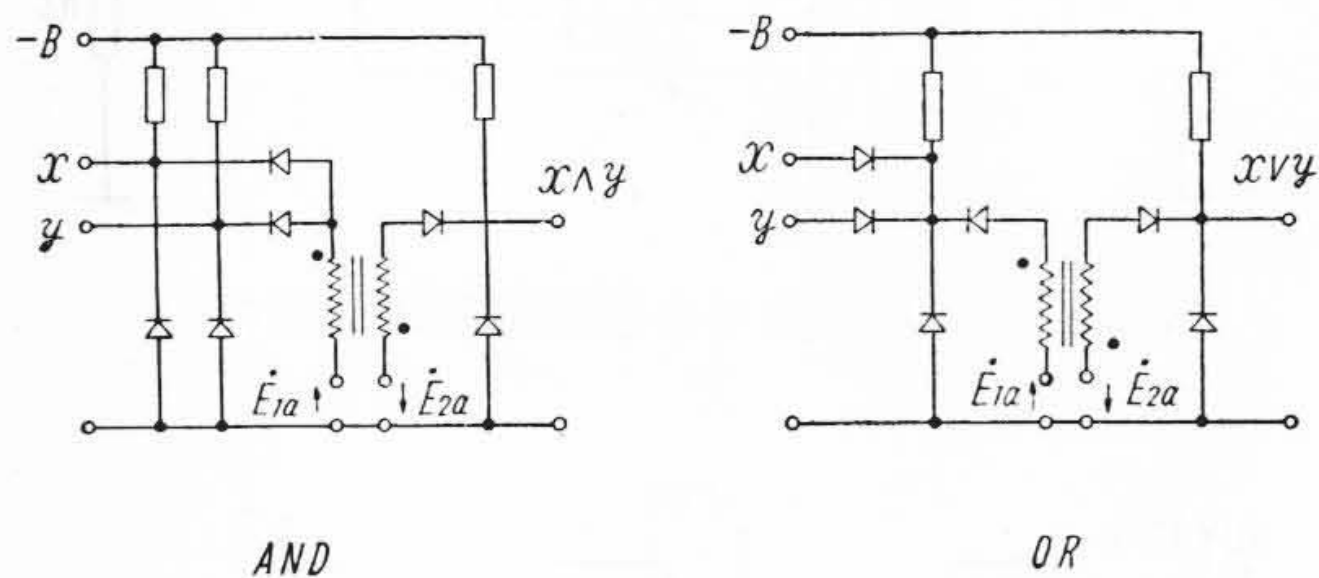


第6図 自己饋還型磁気増幅器によるフリップフロップ要素の特性

とすることができる。 R_F をさらに小さな値にすれば、適当なフリップフロップ要素になる。また抵抗 R_B によつて適当な動作基準点をえらぶことができる。



第7図 Ramey の速応型磁気増幅器



第8図 速応型磁気増幅器による種々の論理要素

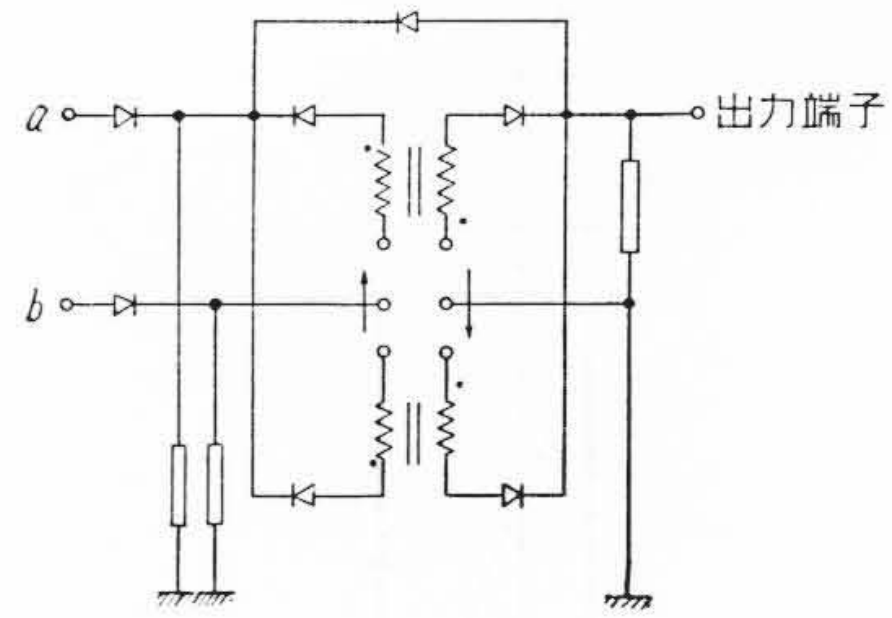
第4図に示す基本回路をアンド(AND)、オー(OR)、ノット(NOT)などの論理要素として使うには R_B によるバイアス電流選定によつて動作基準点を適当に定め、複数個の入力巻線に適当な方向と大きさの入力を与えるようにするだけでよく、その原理は第5図により容易に了解できよう。

第6図は基本回路をフリップフロップ要素とした場合の特性である。この場合 ON, OFF の限界値は簡単に適当な大きさに調整することができ、またその特性は負荷の大きさにほとんど影響されない。電源電圧、周波数などが大幅に変動すると多少特性が変わるが実験結果によると $\pm 20\%$ くらいになつても動作不能におちいることはない。

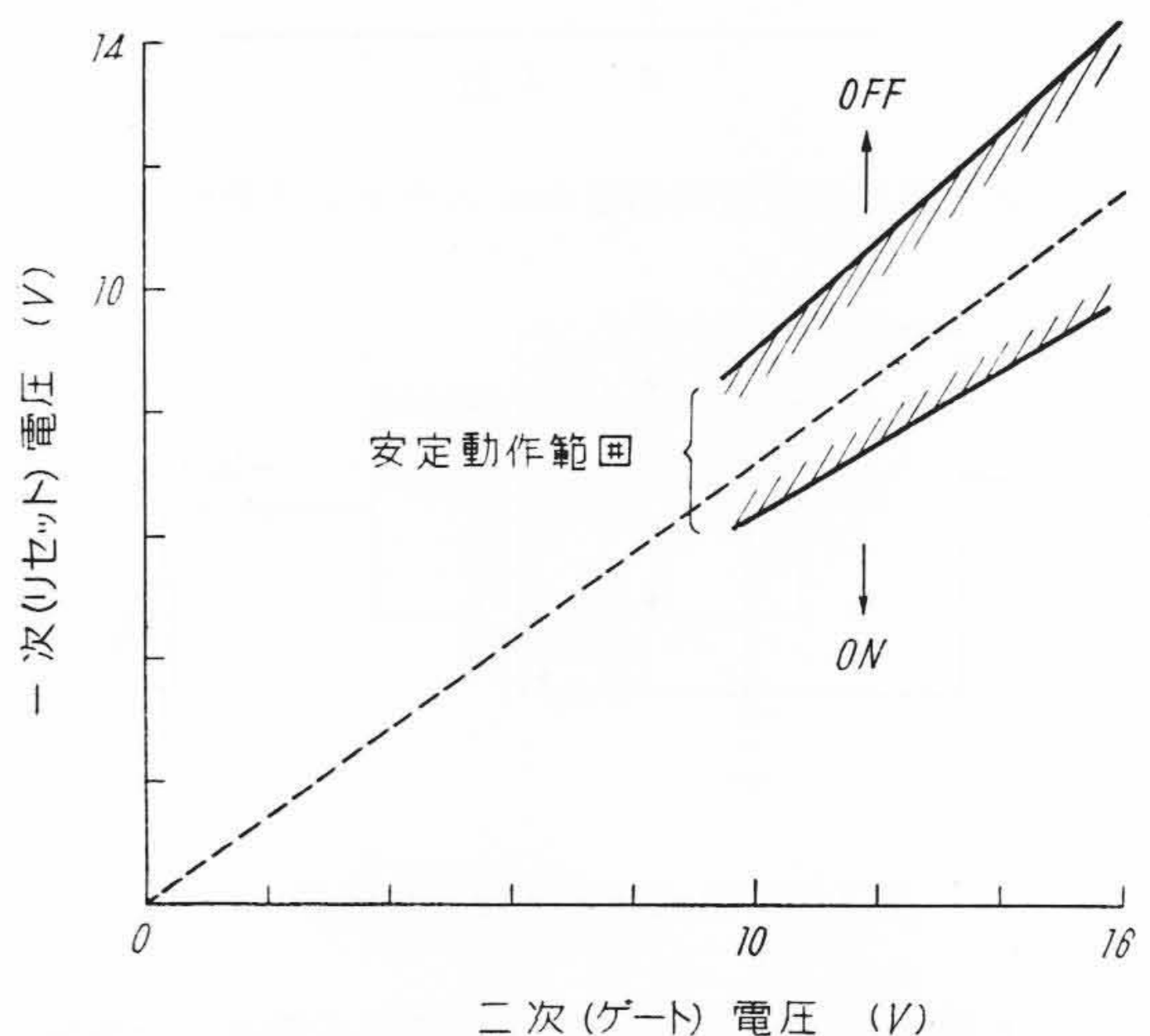
2.2 速応型磁気増幅器を基本としたもの⁽³⁾⁽⁶⁾

第7図は Ramey の速応型磁気増幅器である。この動作原理はすでに多くの文献に説明されているのでここでは詳述しないが、要するに一次側巻線の励振電圧(リセット電圧)による磁束リセット作用をさまたげるような入力信号が与えられれば、その打消した分に比例した出力信号が得られることになる。したがつて入力信号としてはその平均値よりも、むしろリセット電圧との瞬時値の差に注目しなければならぬ。この点前節で述べた自己饋還型回路が平均値的な取り扱い方でよかつたのに比べて注意すべき点である。後述するフリップフロップ要素の成立条件も上の考え方から導かれる。

第8図は複数入力端子をもつアンドおよびオー要素である。また基本回路においてリセット電圧 E_{1a} を入力信号と考えれば E_{1a} がある場合は出力があらわれず E_{1a}



第9図 速応型磁気増幅器によるフリップフロップ

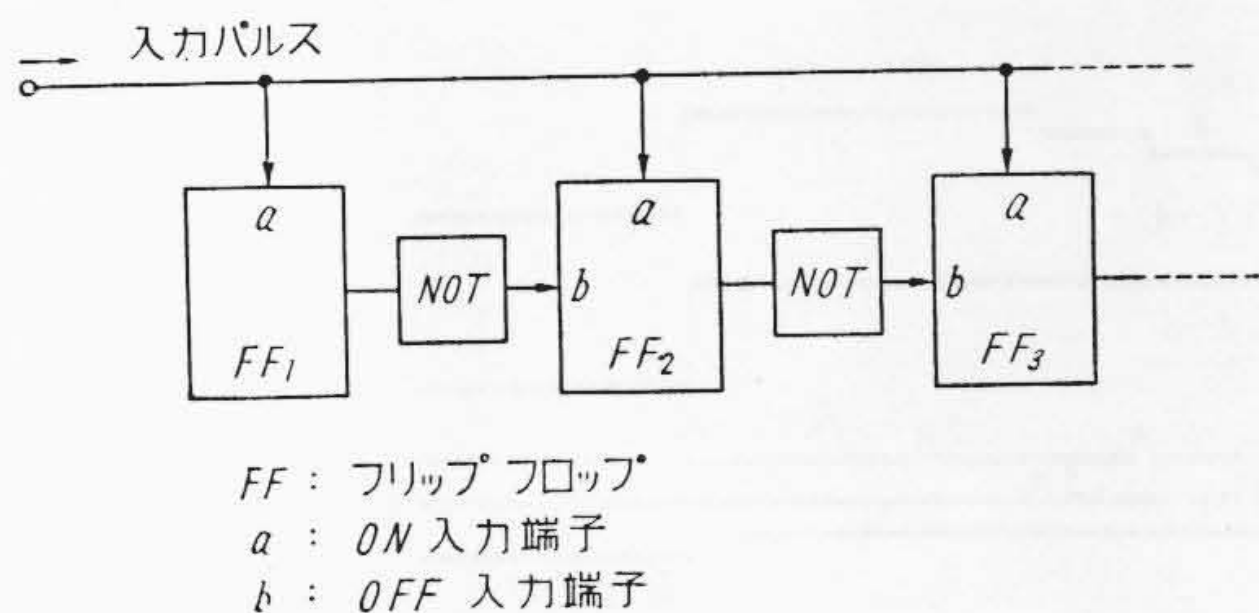


第10図 フリップフロップ要素の安定動作範囲

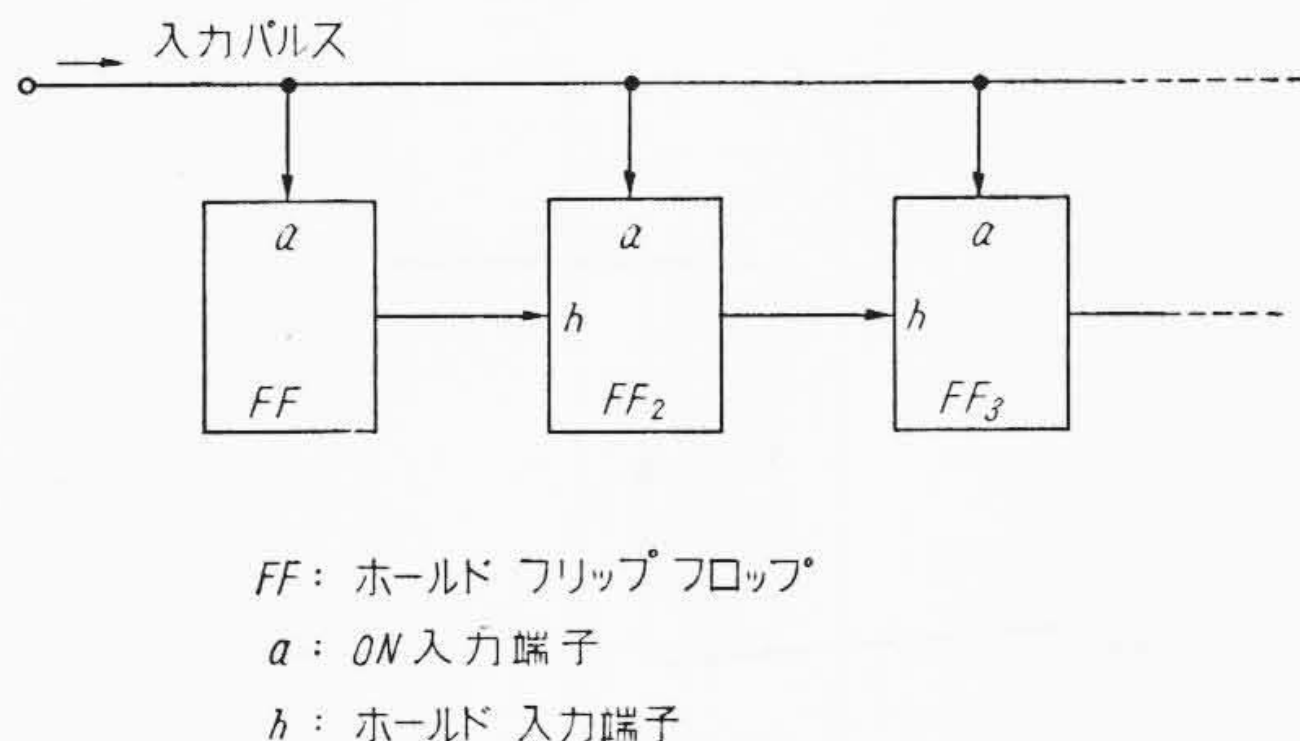
がない場合出力があらわれるから、ノット要素として使うことができる。

次に基本回路を二つ組合せて適当な正饋還回路をつければフリップフロップ要素をつくることができる。その一例を第9図に示す。図において端子 a に電圧を与えれば次の半サイクルに出力端子に出力電圧があらわれ、これが整流器を通つて入力端子に加わるから、以後は最初に加えた入力電圧をとり去つても出力をみずから保持する。すなわち ON の状態になる。次に端子 b に短時間正電圧を与えると、それが鉄心の磁束をリセットするから出力電圧が減少する。すると、それ以後自己保持信号を失つて出力電圧は零になる。すなわち OFF の状態になる。

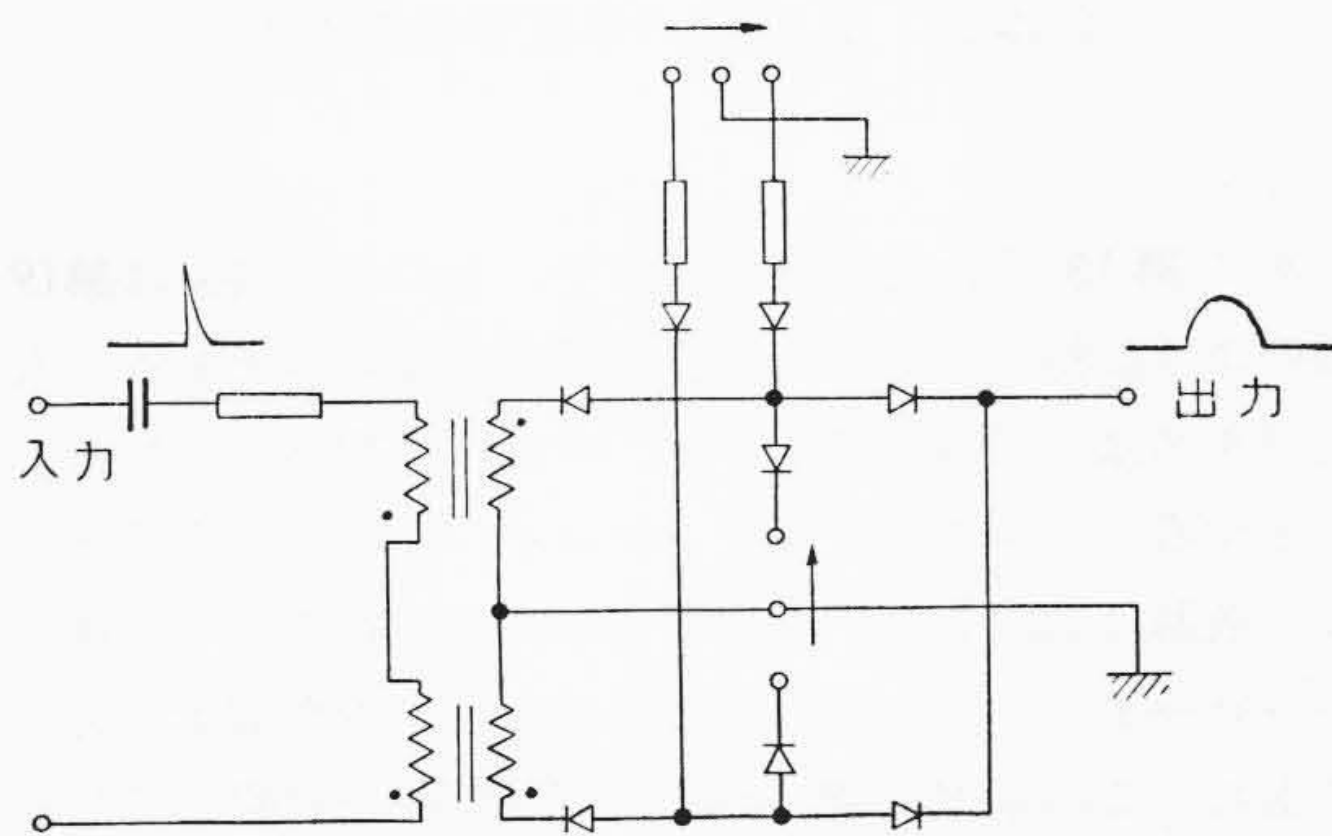
上の説明で明らかなようにこの回路は外部信号が全然ないという条件で、ON, OFF 二つの安定状態をもつていなければならない。すなわち ON 状態においては自己保持信号がいつまでも減衰しないこと、OFF においては回路内の残留信号がだんだん増幅されて大きくなるようなことがないことを必要とする。実際問題としてこの条件はリセットおよびゲート電圧、鉄心の磁化特性、両



第11図 磁気計数器

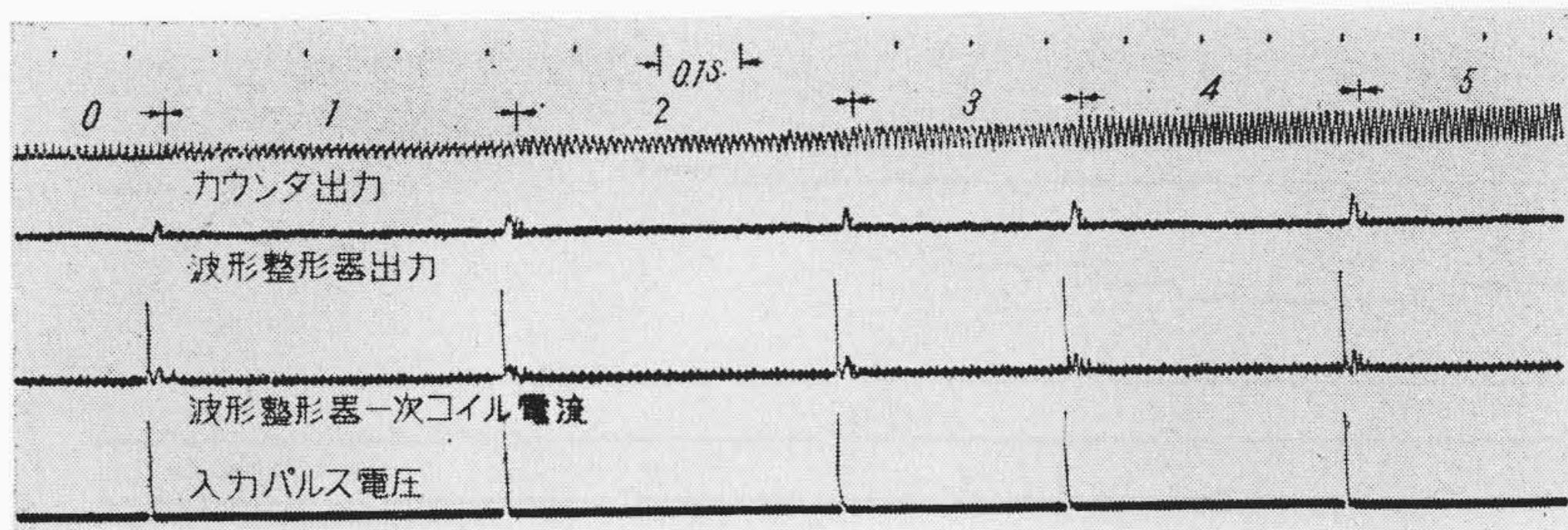


第12図 ホールドフリップフロップを用いた磁気計数器

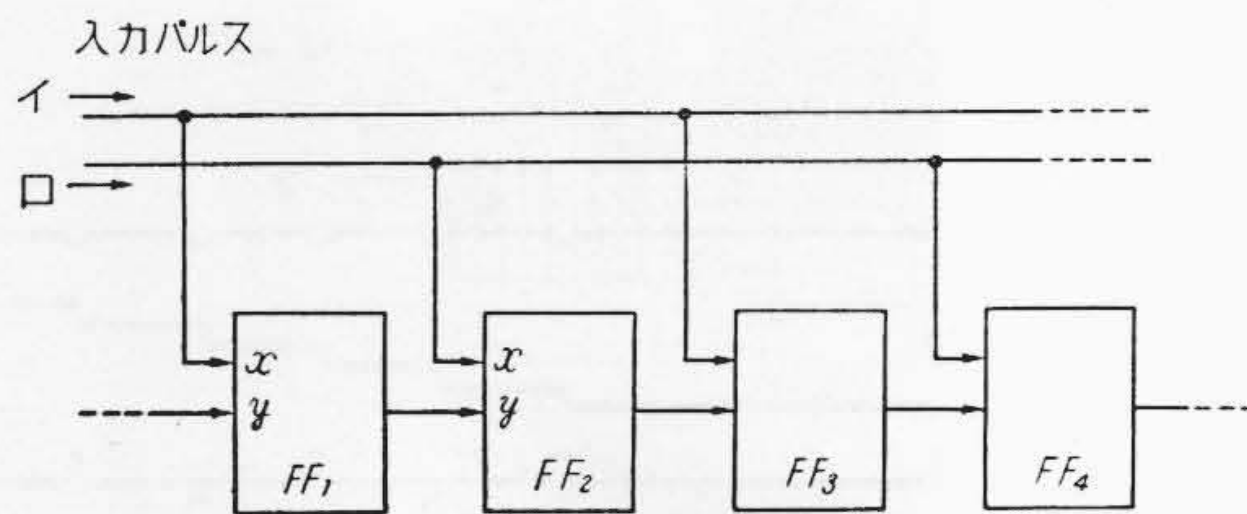


第13図 パルス電圧整形回路

巻線における励磁電流の流れる通路の電圧降下などに影響される。第10図はリセットおよびゲート電圧をいろいろ変化した場合に安定なON, OFF動作を行いうる



第14図 磁気計数器の動作オシログラム（第12, 13図を用いたもの）



第15図 2入力端子をもつ磁気計数器

範囲を示す一実験結果である。この安定動作範囲がひろいほど使いよい要素といえよう。この範囲を理論的に導びくこともできる⁽⁷⁾。

3. 磁気計数器とその応用

3.1 磁気計数器

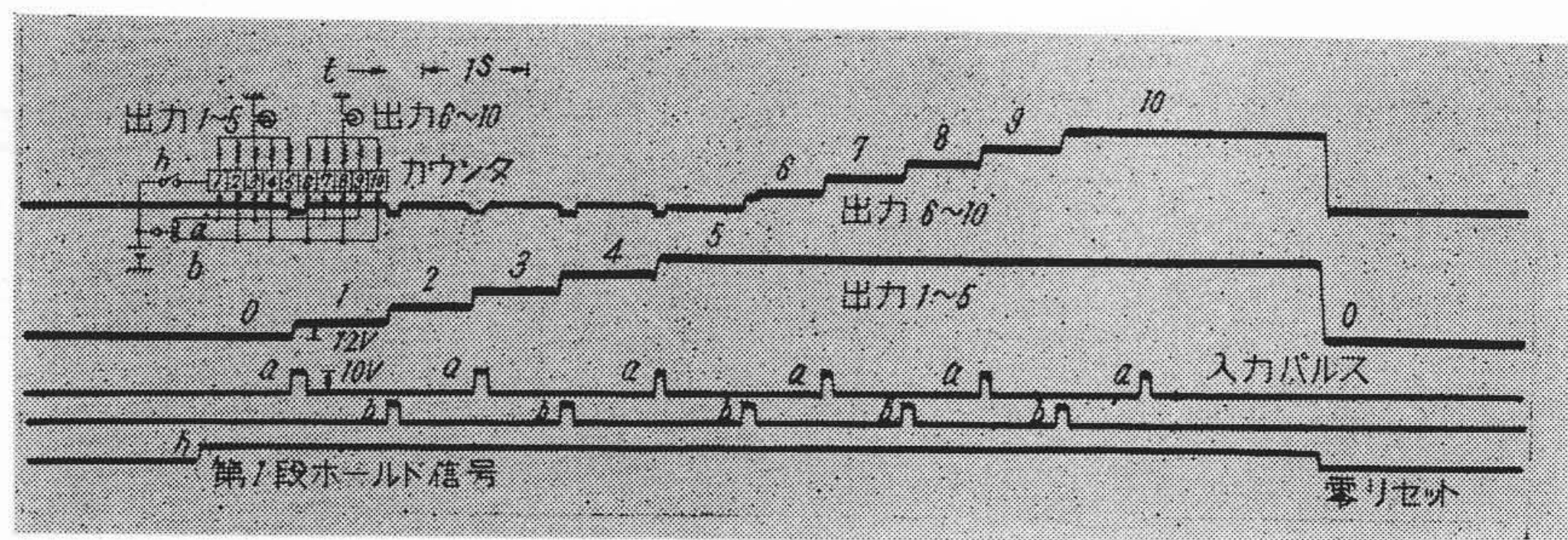
前述の各種磁気論理要素を組合せて計数器をつくることができる。

第11図はフリップフロップとノット要素を用いた計数器である。また第12図はフリップフロップとアンド要素をたくみに結合したホールドフリップフロップ⁽³⁾といわれる要素を利用した計数器である。

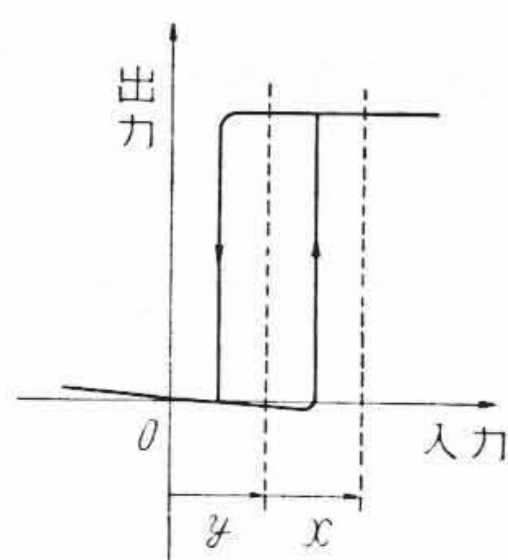
ところで注意すべきことはこれらの計数器への入力パルスの形である。すなわちその波高値はある値以上高ければよいが、パルス幅は短かすぎても長すぎても不都合である。単位フリップフロップをONにするためにはあるエネルギーが要るはずであり、それでパルス幅最小値がきまる。一方長すぎた場合は次のようになる。一つの入力パルスである段のフリップフロップがONになるとその出力が次段に与えられ、次段がON信号の受入体勢をととのえる。そこで入力パルスは次段フリップフロップが受入体勢をととのえる以前に消滅していなければならない。Ramey型回路を用いるときはこの最適パルス波形は電源電圧の正の半サイクル波で与えられる。しかし電気計算機などの場合は別として一般には電源電圧と同期的な上述のような入力パルスを期待することは無理な場合が多い。任意の瞬間に入ってくるパルスに対しては

第13図のようなパルス整形回路を通すと確実な計数ができる。この型の計数器の動作オシログラムを第14図に示す。図の入力信号は放電間隙のスパークによつて得たパルス電圧である。

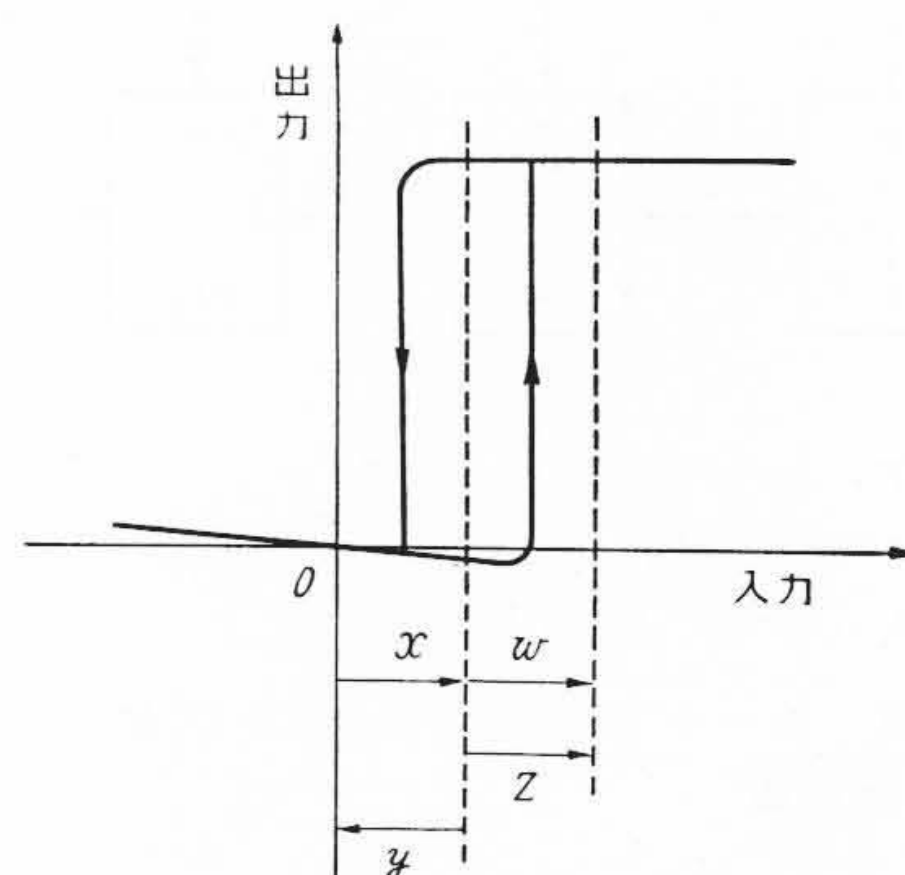
入力パルスが2組の端子から交互に得られるような場合は第15図のような計



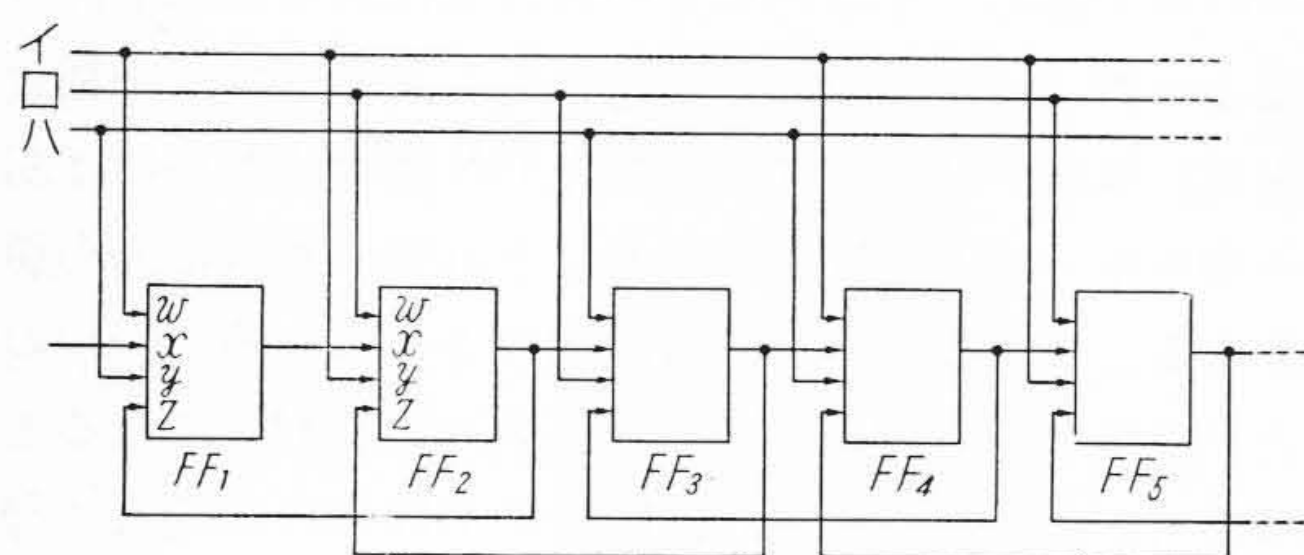
第16図 磁気計数器の動作オシログラム (第15図に示すもの)



第17図 第15図の単位要素の特性



第19図 第18図の単位要素の特性



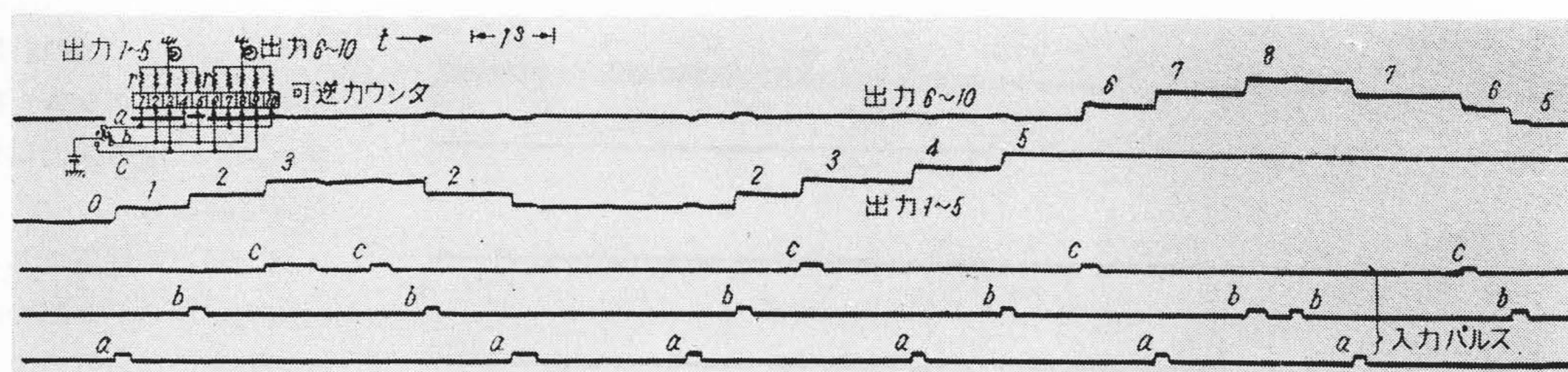
第18図 可逆磁気計数器

数回路を用いると、上述のパルス幅最大値に制限がなくなる。この回路の動作オシロを第16図に示す。この回路要素は第17図のような特性をもつ自己饋還型磁気増幅器を用いたものである。

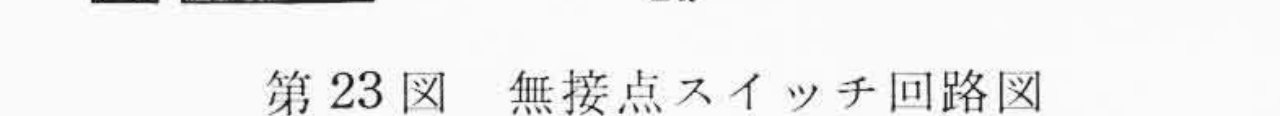
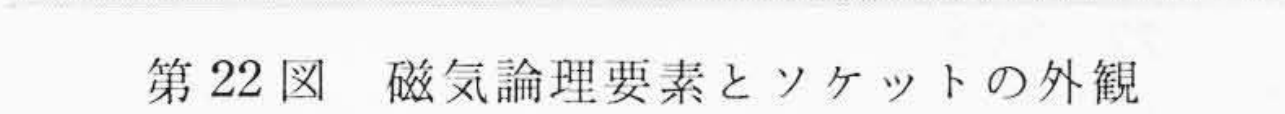
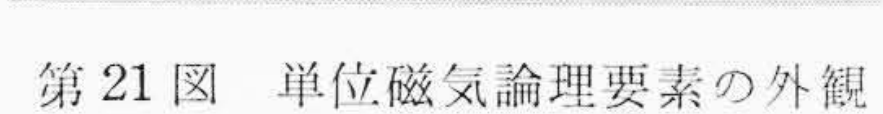
次に第18図は可逆計数回路で、その単位要素は第19図のような特性をもつ自己饋還型磁気増幅器である。入力パルスは三組の端子イ、ロ、ハから順次与えられるものとする。パルスがイ→ロ→ハ→イ....の順に入るときは計数器は順次カウント数増加の方向に進み、その逆にハ→ロ→イ→ハ....の順に入ればカウント数減少の方向に進む。この原理は第18図と第19図を対照してたどれば簡単に了解できると思う。この計数器の動作オシロを第20図に示す。この可逆計数器はデジタルサーボ系などに利用しうると思う。

3.2 磁気計数器の応用

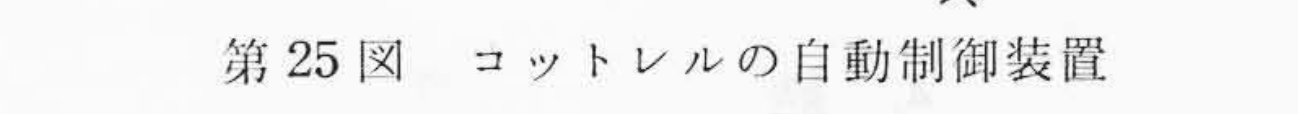
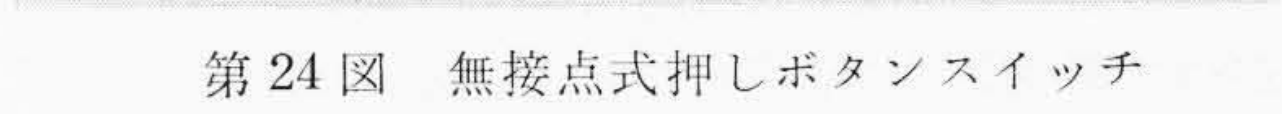
以上述べた各種の磁気論理要素はほとんど同一様式の単位要素を相当の個数組合して利用することになるので



第20図 可逆磁気計数器の動作オシログラム



また計数器への入力信号は電氣的に与えられる場合も



第 25 図はコットレルの高能率運転用制御装置である。これは集塵電極印加電圧を電極間のスパーク放電頻度をほぼ一定値（持続放電に至る直前の値）に保つように制御して集塵効率を最高にするための装置である。この装置には磁気計数器のほか多くの回路を含むが、すべて磁氣的回路要素を用い接点は皆無となつている。

第 26 図は磁気計数器を用いた回転機の停止確認装置を示す。大容量の同期調相機などにおいては運転休止に際し動力源を切断後も長時間惰性で回転をつづける。したがって潤滑関係の補機類などは主機がほとんど停止したことを確認して後に止めるようにすることが必要である。図に示す装置は主機の回転により得られるパルスの周期が所定時間以上長くなつたことを検出するもので、この検出信号によつて補機類の運転を停止させることができる。この装置の計数器は第 15 図に述べた 2 入力端子をもつものである。

以上に簡単な応用例をあげたが、そのほか各種方面に利用されるデジタルサーボ装置、工作機、圧延機などのシーケンスコントロール装置など多数の工業応用が開発されている。

4. 結 言

工業設備の自動制御装置の新しい方向として最近デジタル技術の採用と、それに対する実用的な要素として磁氣的論理回路の利用が注目されている。ここに自己饋還型と Ramey の速応型磁気増幅器の二種の基本回路を

もつ磁気論理要素について概要を述べ、これらを用いた磁気計数器ならびにその応用例をあげた。

本論文は計数回路を軸として述べてきたが、計数器を含むと含まざるとにかかわらずこの種の磁気論理要素を利用した自動制御装置は今後とも各方面に多数実用化されるであろう。

終りに臨み本研究に際し種々御指導御激励を賜つた日立製作所日立研究所ならびに日立工場の方々に厚く御礼申上げる。

参 考 文 献

- (1) R. K. Richards: Digital Computer Components and Circuits, 187 (1957 D. Van Nostrand Co.)
- (2) 電気通信学会: 最近のパルス技術, 99 (昭-32 電気通信学会)
- (3) W. G. Evans, W. G. Hall, R. I. Van Nice: Magnetic Logic Circuits for Industrial Control Systems, A. I. E. E. (July 1956)
- (4) R. A. Mathias: Static Switching Devices, Control Eng. 4, 67 (May 1957)
- (5) D. Loey, W. Miehle, J. Paivinen, J. Wylen: Magnetic Core Circuits for Digital Data Processing Systems, I. R. E. (Feb. 1956)
- (6) R. A. Ramey: The Single Core Magnetic Amplifier as a Computer Element, A. I. E. E. 72 (1953)
- (7) 前川: 磁氣的フリップフロップの解析, 電学会東京支部大会 42 (昭-32)

最近の日立製作所社員の自動制御に関する社外寄稿一覧

(その 3)

(第 23 頁より続く)

題 目	氏 名	誌 名	巻 号	頁	年 月
日立式熱管理自動制御装置最近の進歩	吉 岡	燃 料 と 燃 焼	22 6	588	30— 6
火 力 発 電 所 の 中 央 制 御	広 吉	日 立 評 論	別冊第12号	113	32— 2
火 力 機 器 用 工 業 計 器	島 田	日 立 評 論	別冊第12号	121	32— 2
東京電力株式会社日立火力発電所納自動燃焼制御装置	吉 岡	日 立 評 論	39 2	181	32— 2
負荷変動時の汽罐特性について	菅 原	火 力 発 電	8 2	87	32— 3
過 熱 蒸 気 温 度 の 調 整 法	岸	火 力 発 電	8 3	156	32— 5
自動化へのタービン機構の改造	和 田	オートメーション	2 7	61	32
タービン監視用計器	井 沢, 西 垣 岩 谷	日 立 評 論	39 7	767	32— 7

(第 38 頁へ続く)