

# 多点監視記録制御装置

## Multipoint Monitoring and Data-Processing System

木村 尚一\* 伊藤 謙三\*  
Naokazu Kimura Kenzō Itō

### 内 容 梗 概

多点監視記録制御装置(以下日立スキャニング装置と仮称す)は1台の装置で多数の測定点を切替走査して監視、測定、記録、制御を行うものである。この種の装置は各社で色々な方式が発表され、それぞれ特長を有しているが、監視記録からさらに制御に及ぶに至っては工業計器の一環として特に信頼性の向上、さらに低レベルの信号を取り扱う必要上外部からの誘導障害に強い計器が望まれる。日立スキャニング装置は回路素子としてトランジスタ、ゲルマニウムダイオードの全面的な採用、自動検定および自動校正装置の完備、あるいはA-D変換器として独自の周波数計数方式を開発して目的を達している。すでに納入済のものは長時間無事故連続運転を行っている。本報では紙面の都合上装置の構成、機能の概要と性能の一部について述べる。

### 1. 緒 言

石油工業をはじめとする各種工業における自動制御はますます高度化され、またその規模の増大に対処してグラフィック形小形計器を中心とする集中管理の方向に向っているが、数多くの測定点の監視、記録には従来の計器のみではすでに限界にきつつある。したがって一つの装置で多数の測定点を高速で切替走査して監視するだけでなく記録、演算、さらに制御を行うために、スキャニング装置あるいはデーターロガー、コンピューティングロガーなどへと発展しつつある。

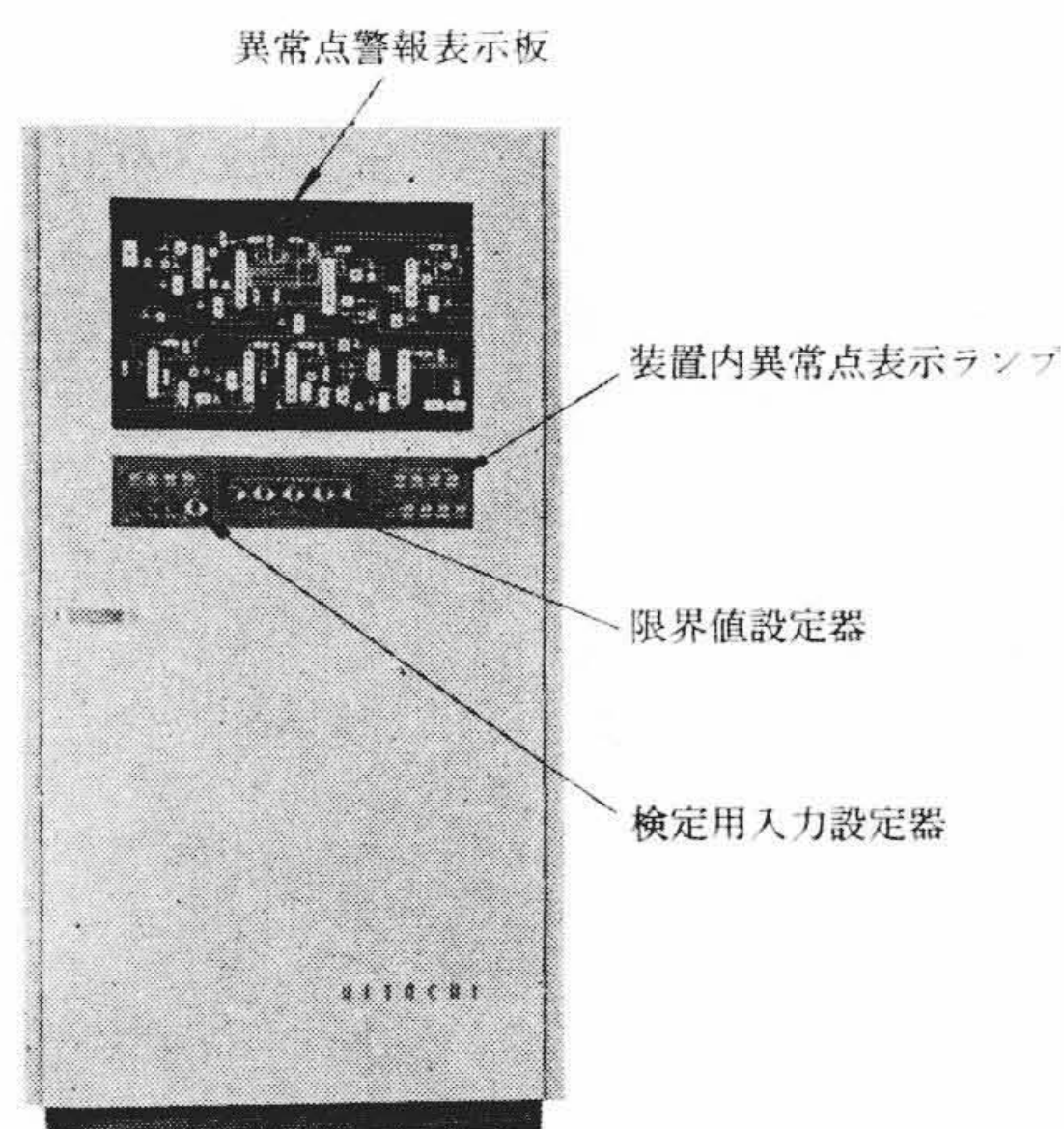
一般に情報の処理、伝達の方式には大別してアナログ式とデジタル式の2種類がある。両方式を比較すると、アナログ方式は概して単純な機能、小規模の装置を実現するのに適しており、これに反してデジタル方式は複雑で融通性のある機能、大規模な装置の実現に適している。このような事情に応じて日立スキャニング装置は第1表のように二つの標準仕様を定めて装置の設置計画あるいは製作の便を計っている。本報ではこのうち主としてデジタル方式のものについて述べる。

### 2. 装置の概要

第3図によって動作の概要を述べる。装置の各部分は指令器からの信号によって規則正しく動作する。入力切替器は電気量(電圧、電流、抵抗)を毎秒0.2~30点の速度で順次切替え走査する。入力に応じた測定回路をセレクトで選び出し、入力切替器からの信号

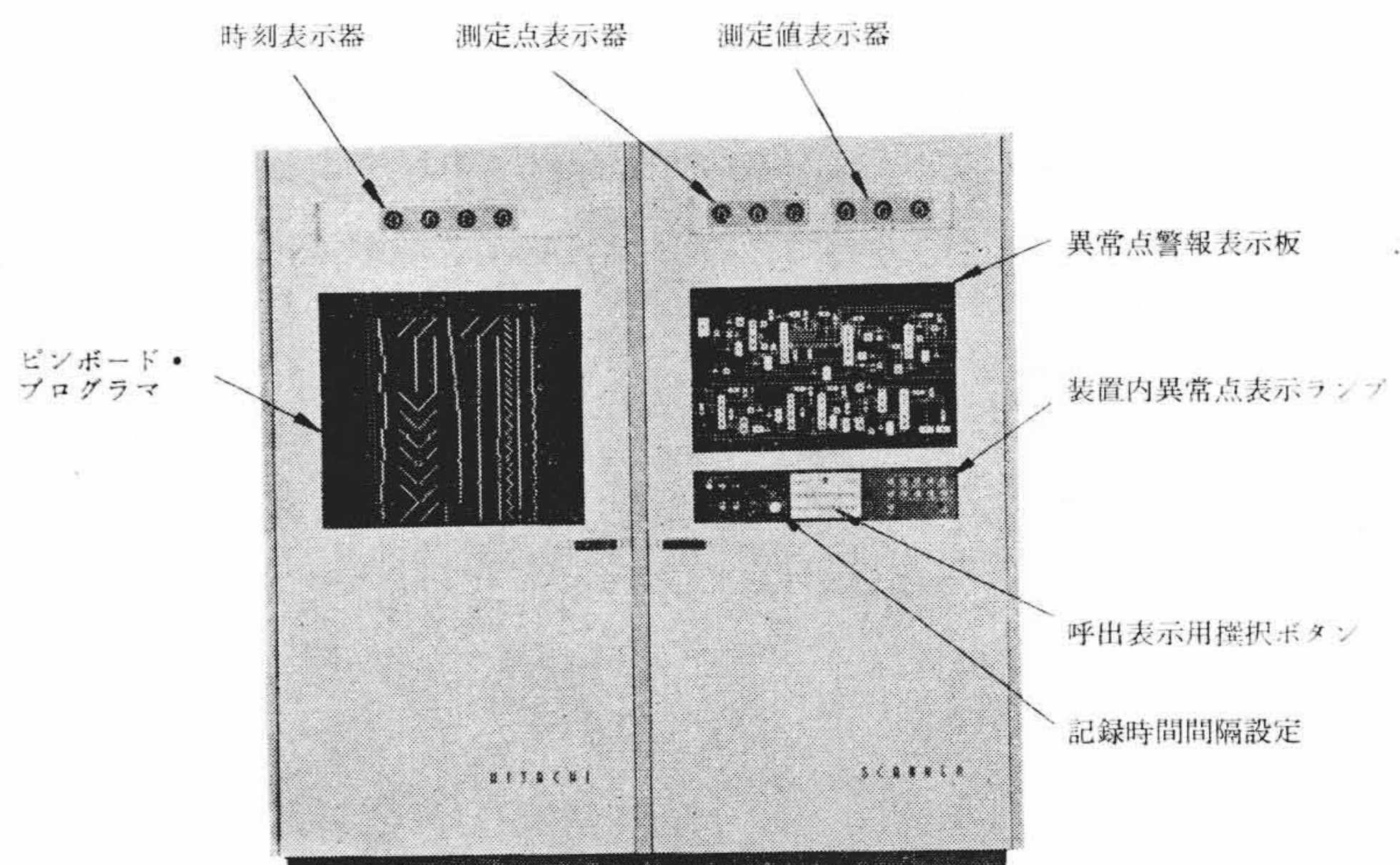
第1表 スキャニング装置仕様

| 形 式       | SPD-100形 (デジタル式)                       | SEA-100形 (アナログ式)                              |
|-----------|----------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 項 目       | 標準仕様                                   | 標準仕様                                          |
| 測 定 量     | 各種工業量                                  | 各種工業量<br>(おもに温度)                              |
| 入 力 数     | 100                                    | 100                                           |
| 入力切替速度    | 5点/秒                                   | 5点/秒                                          |
| 入 力 信 号   | D.C. 10mV                              | D.C. 10mV                                     |
| スケールファクタ  | 全点個別に可変<br>ビンボードにより設定                  |                                               |
| 限 界 値 設 定 | 上下限、各点<br>個別(ビンボードによる)                 | 調節設定<br>上限あるいは下限<br>ヘリカロールによる<br>ブロック別(5ブロック) |
| 警 報 ラ ン プ | 上下限共通、<br>各点個別                         | 各点個別                                          |
| 警 報 ブ ザ ー | 全点共通                                   | 全点共通                                          |
| 測 定 値 表 示 | 数表示管10進<br>3桁、全点呼<br>出表示               | 自動平衡形指<br>示片、全点呼<br>出表示                       |
| 記 録       | 電動タイプライ<br>タ、記録紙<br>中最大27"             | なし                                            |
| 制 御       | なし                                     | 2位置制御<br>3位置制御<br>比例制御                        |
| 精 度       | 0.2%                                   | 0.5%                                          |
| 積 算       | 2点                                     | 任意数                                           |
| 許容周囲温度    | 5~35℃                                  | 5~35℃                                         |
| 電 源       | A.C. 100V<br>±20% 50 c/s<br>または 60 c/s | A.C. 100V<br>±20% 50 c/s<br>または 60 c/s        |
| 消 費 電 力   | 約 1.3 kVA                              | 約 700 VA                                      |
| 重 力       | 約 1,200 kg                             | 約 700 kg                                      |



第1図 SEA-100形スキャニング装置

\* 日立製作所那珂工場



第2図 SPD-100形スキャニング装置



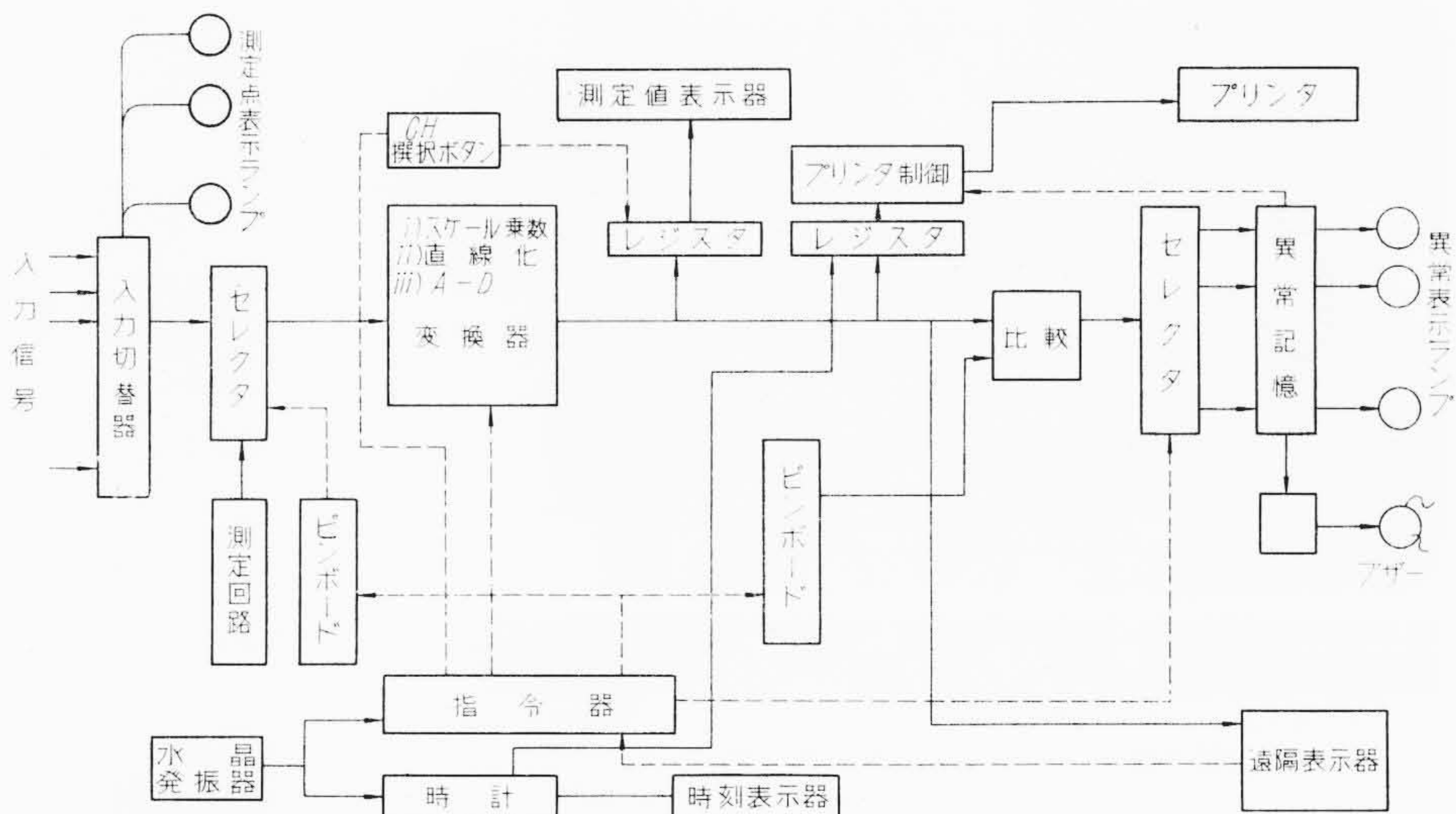
を基準化された電圧信号に変換する。この電圧は次の変換器でスケール変換、直線化を行い同時に測定量に比例した数字に変換(A-D変換)する。数字化された数字はプリンタによって記録、表示器による表示、あるいは設定値と比較して監視、制御を行う。

本装置の特徴の一つは、入力に関係した信号の分岐をデジタル量に変換してから行う点で、たとえば、比較器(上限用、下限用、調節用)などへの入力とA-D変換器への入力を入力アナログ信号で分岐して、それぞれに入力切替器、測定回路を設ける方法もあるが、このような方法に比べて、入力切替器や測定回路が共通に使用できて経済的であるほか、分岐後に接続される負荷による相互干渉や雑音などのトラブルから解放される利点がある。監視速度と印字速度の違いの調整、あるいは呼出表示時の待時間の短縮のため、割込み制御、あるいは時分割制御方式を採用している。第5図はこのような動作の一例を図解したものである。

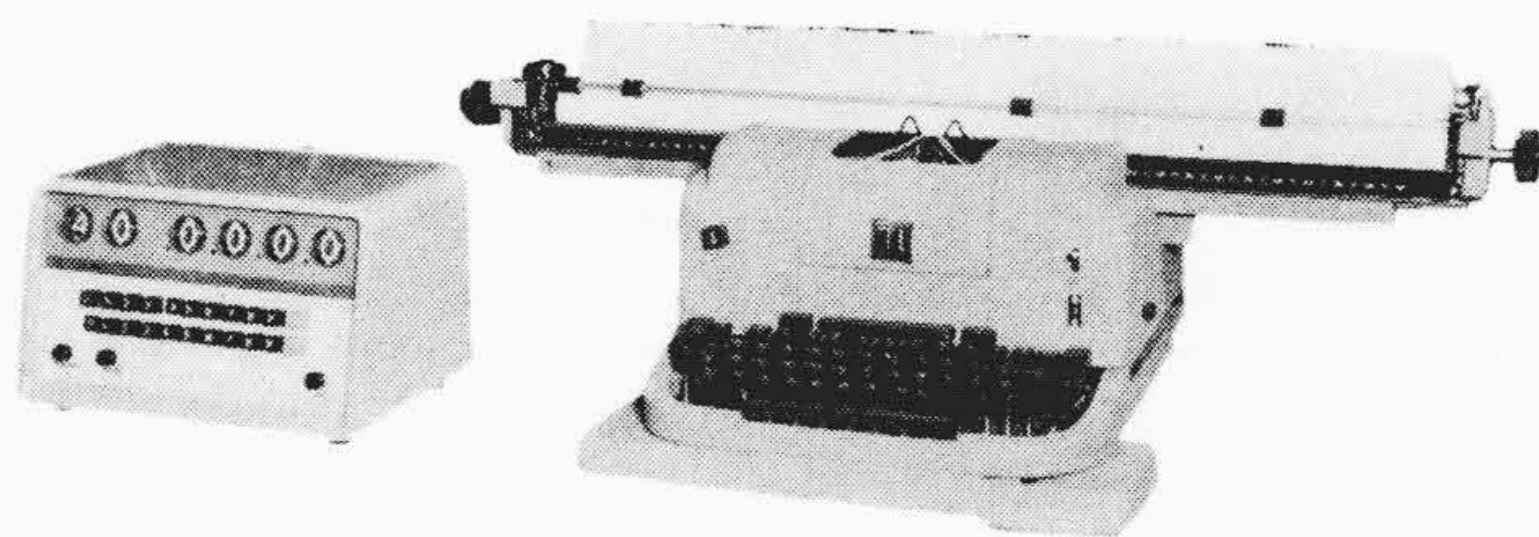
装置の構造は第6図に見られるように前面開きとし、内部機器の点検、取扱はすべて前面からできるようにしている。装置の機能の主要部分は約2,900個のトランジスタと約5,000個のゲルマニウムダイオードからなる論理回路によって果されている。装置内部を大きく二分し、向って左側はプリント配線をしたトランジスタ回路を右側には電源、V-F変換器、切替器など比較的発熱量の大きいものを配置している。トランジスタ回路の消費電力は実測によると全消費電力の約20%で、このような配置によってトランジスタ回路の温度上昇はほとんど無視できる程度に小さい。

### 3. 切 替 器

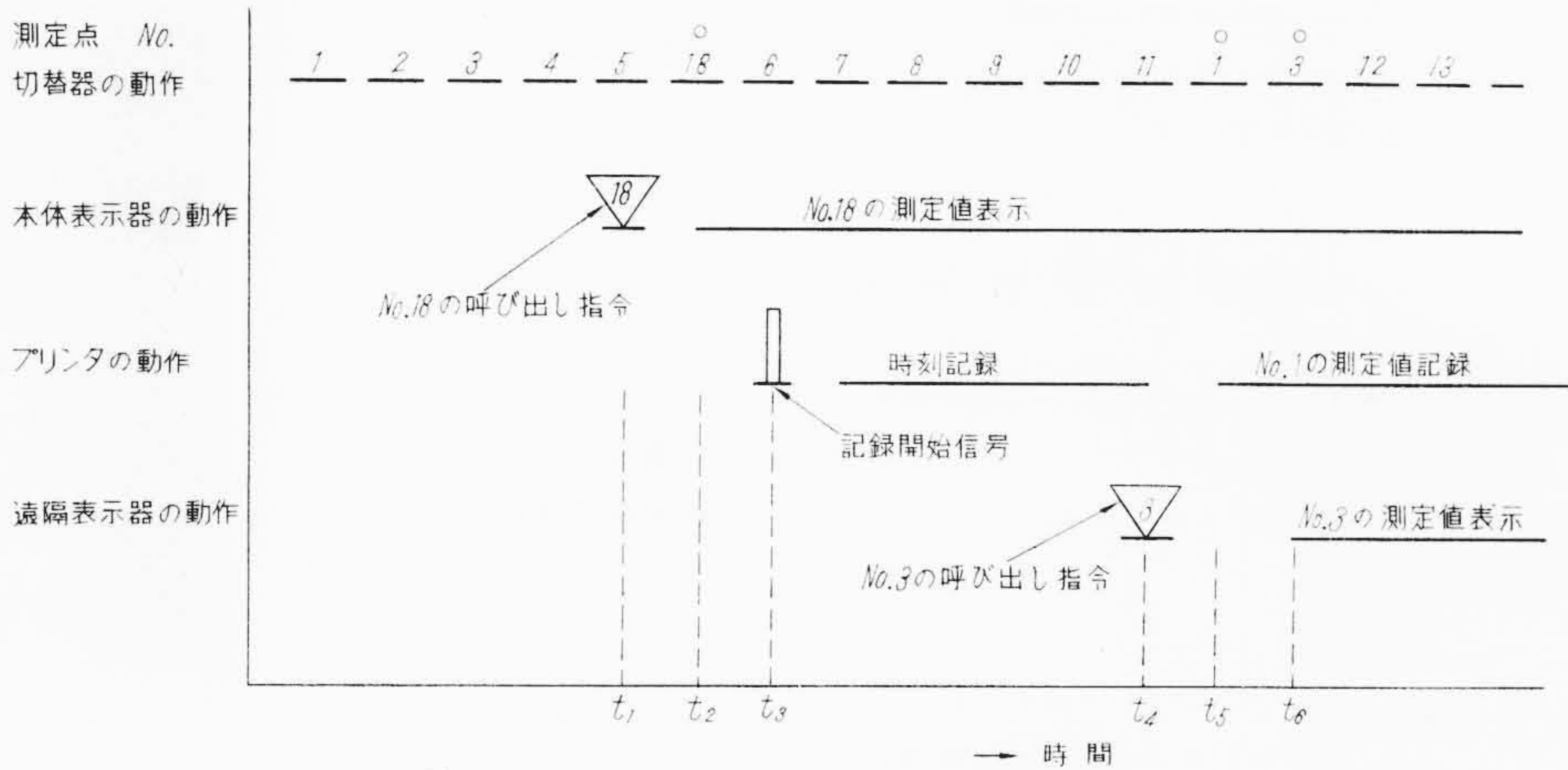
原理的にはロータリスイッチと同様な機能をもつもので、標準的仕様のものでは第9図のように多数の接点をも



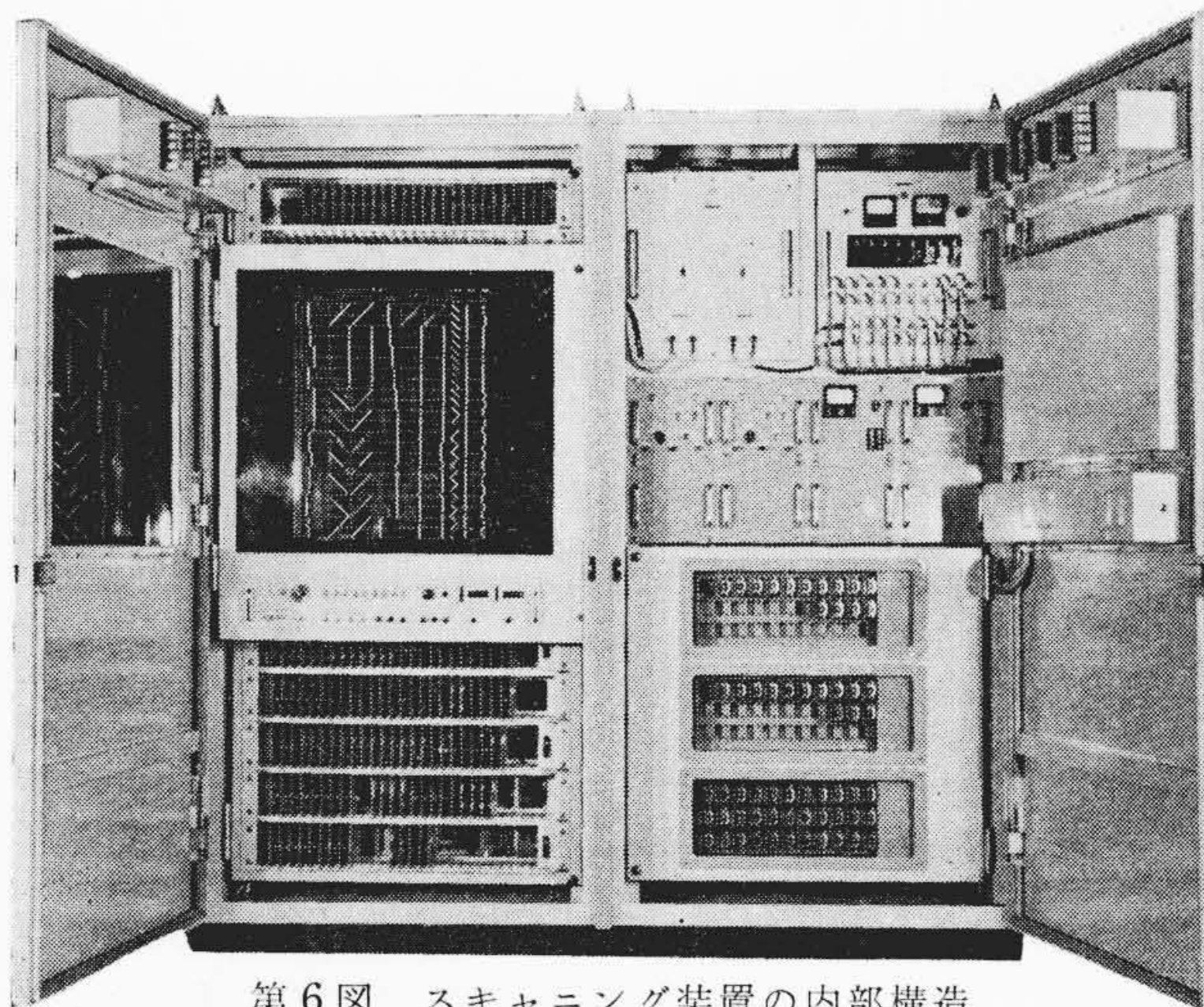
第3図 SPD-100形スキヤニング装置ブロック線図



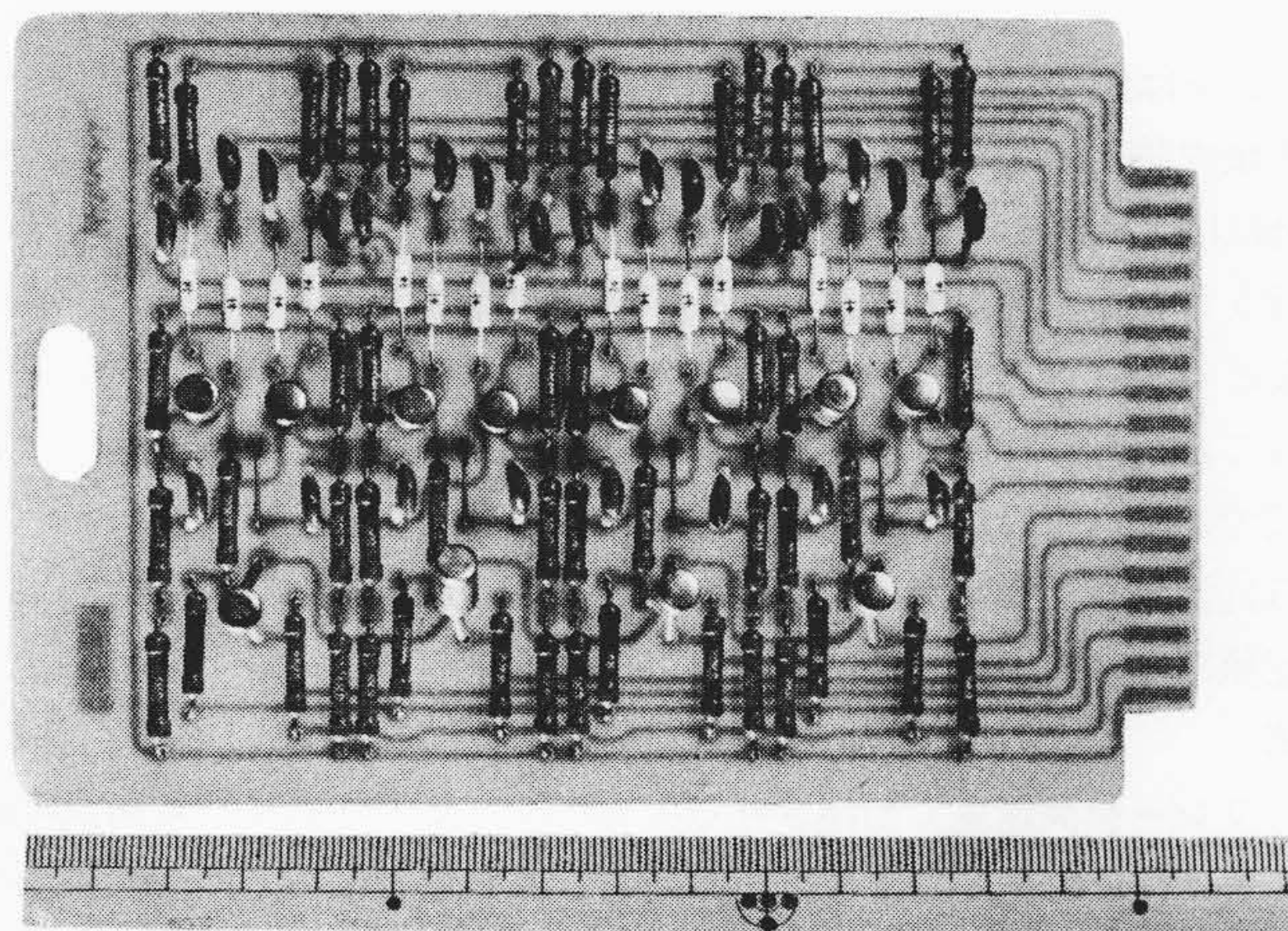
第4図 遠隔表示器(左)とプリンタ



第5図 スキヤニング装置のタイムチャート



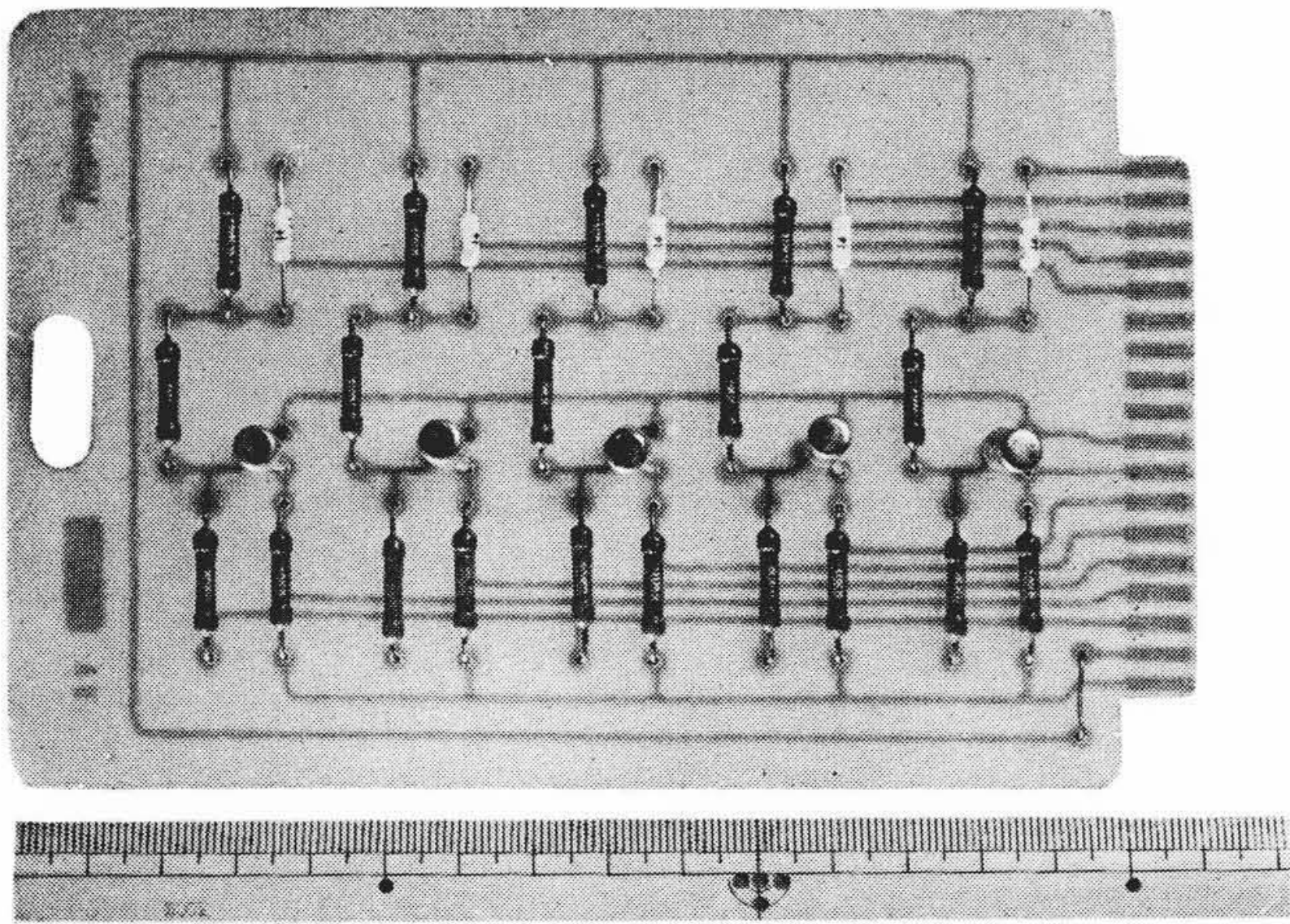
第6図 スキヤニング装置の内部構造



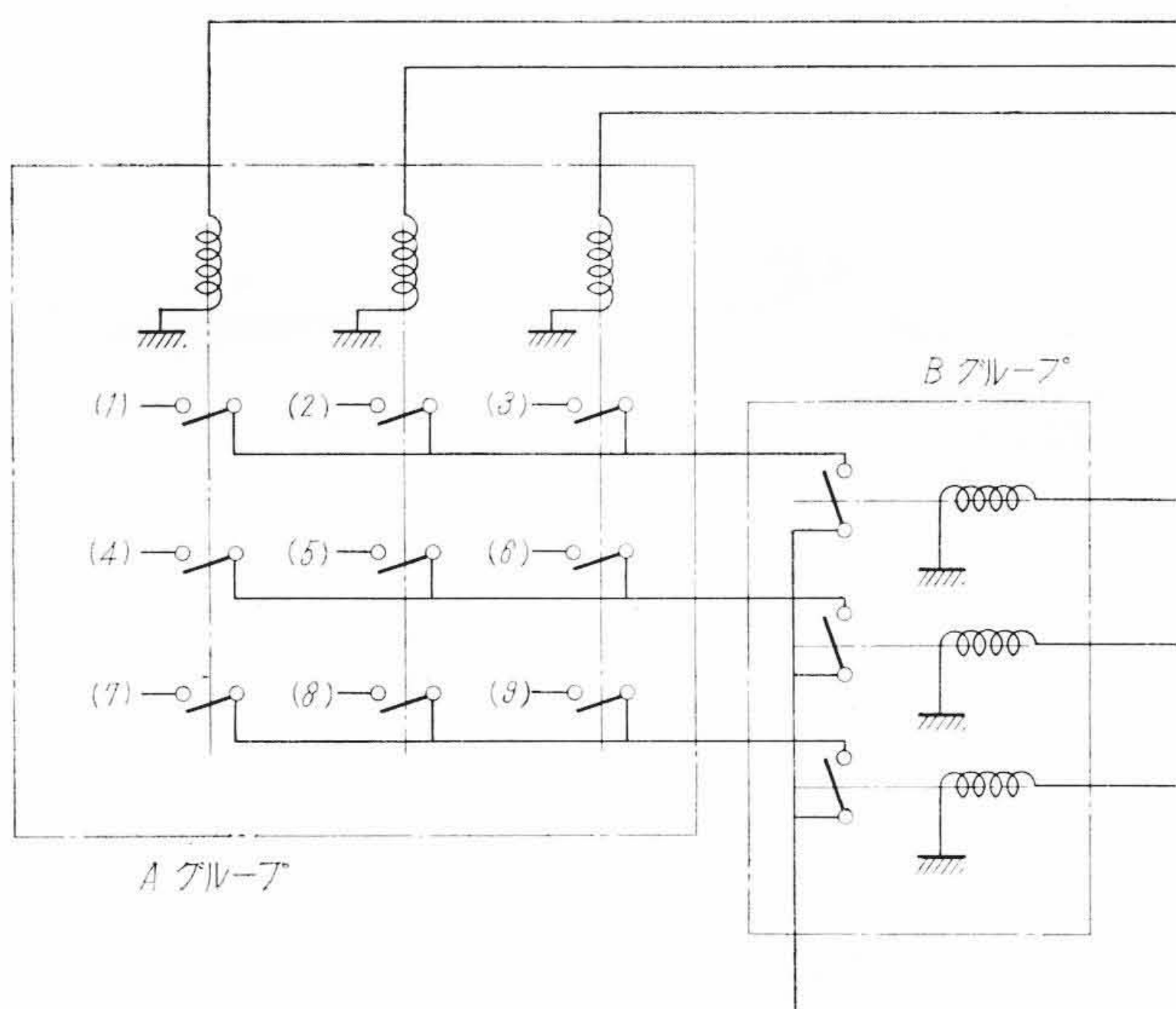
(フリップフロップ回路)

第7図 プリント基板





(アンプパッケージ)  
第 8 図 プ リ ン ト 基 板



第 9 図 切 替 器 の 構 成

つ W. S. R. (Wire Spring Relay) の組合せによって行い、所要リレー数を減少し、構成も見やすくしている。 $m$  個の接点を有するリレー  $m$  個で第 9 図の A グループあるいは B グループを構成すれば次の関係が成り立つ。

$$N_i = n m^2 \dots\dots\dots (1)$$

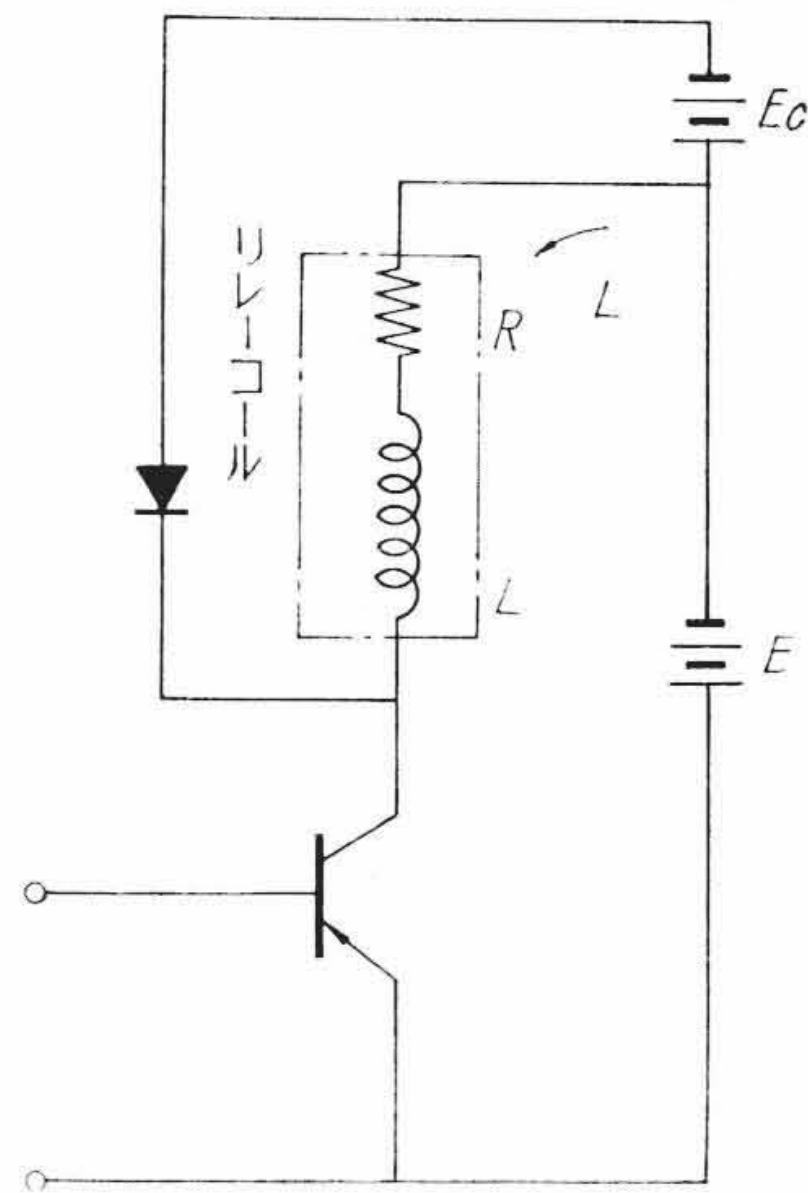
$$N_R = \left\{ \begin{array}{ll} (n+1)m & (n=1) \\ (n+1)m+n & (m \geq n \neq 1) \end{array} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 $N_i$  は入力数 ( $< m^3$ )、 $N_R$  は所要リレー数である。

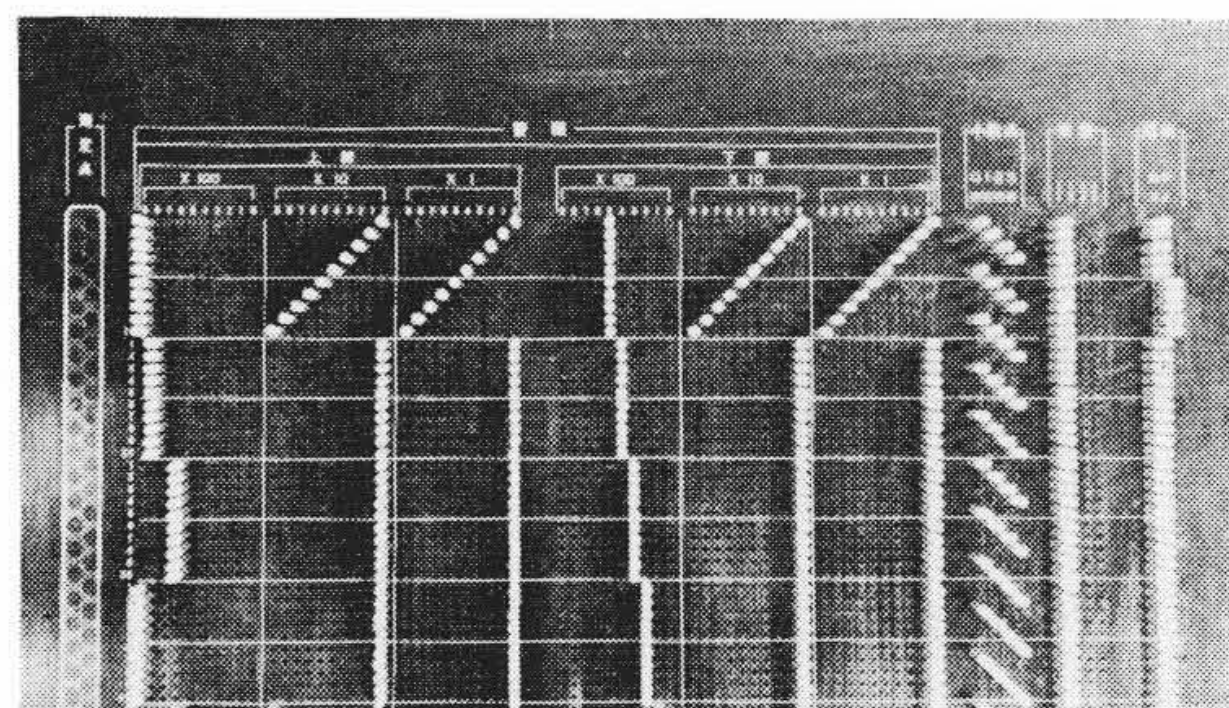
標準的仕様のものについては  $m=10$  として、リレーブロックを製作している。

以上は 1 回路の切替えについて考えたものであるが、入力信号の種類や測定回路によって回路数は変化する。電圧信号の切替えの場合には 2 回路必要である (注：片側共通として、切替えを 1 回路で行うこともできるがスキミング装置から検出器に至る途中で地絡などの事故を起すと、事故を発生した点以外の点の測定値に影響することがある。スキミング装置のように多数の点の測定を行う装置ではある点の事故がほかに波及しないよう特に注意する必要がある)。測温抵抗体のような抵抗入力の場合には、接点の接触抵抗が測定値に及ぼす影響を少なくするために、4 回路の切替えを必要とする。

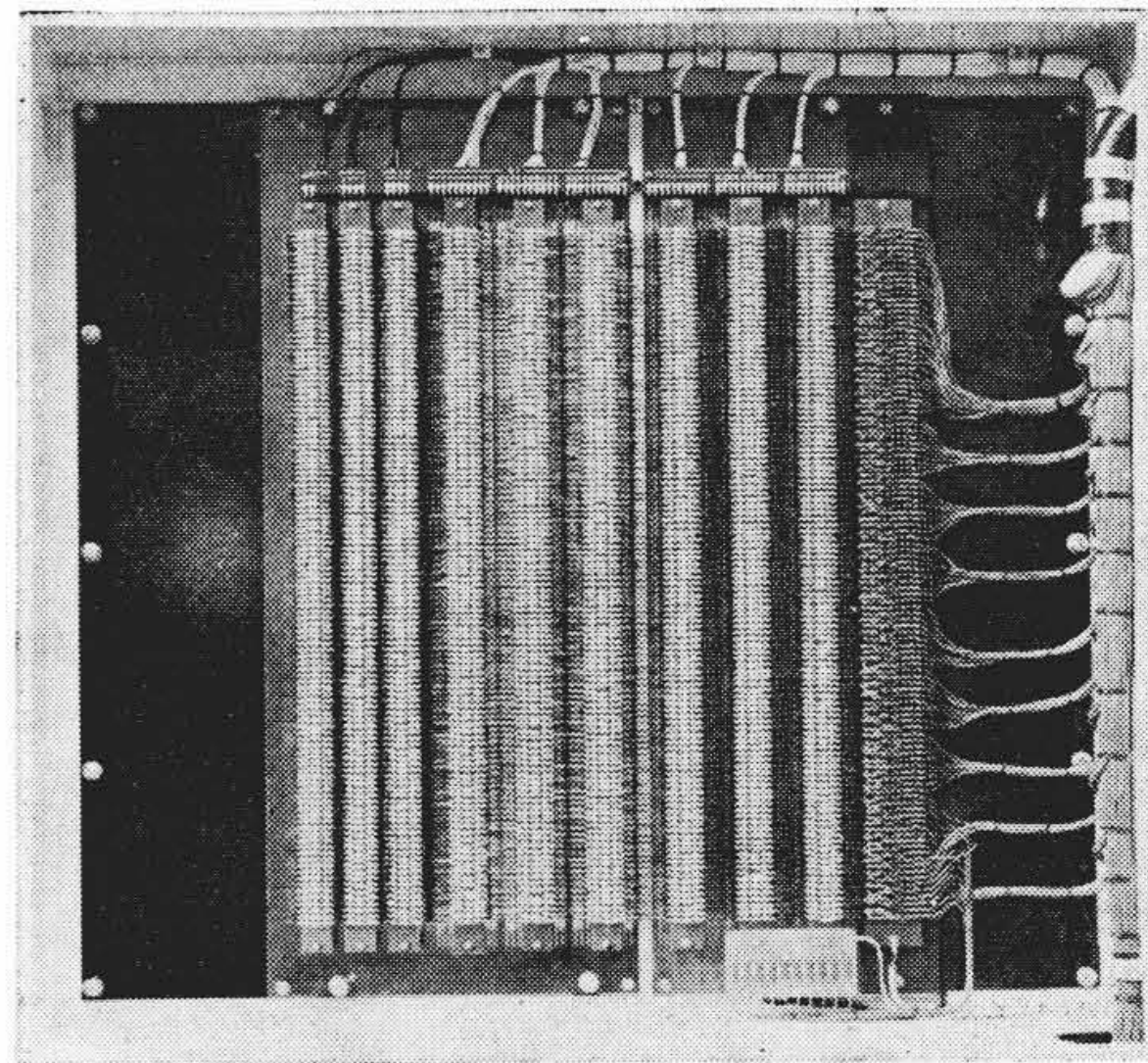
リレーを高速度で動作させる場合には、動作時間よりも開放時間を短くする必要がある。それはもしこれが逆の場合には、 $n$  番目の点が遮断されないうちに  $n+1$  番目の点が接続され、これらの 2 点は互に相手のインピーダンスで短絡され、これが元にもどるまでの



第 10 図 トランジスタによるリレー駆動回路



第 11 図 ピンボードプログラマ



第 12 図 ピンボードの内部構造

過渡応答時間によって測定結果に誤差を生ずることがある。第 10 図のようなトランジスタによる駆動回路を使用し、 $E_c$  を変化して開放時間の調整を行う方法をとっているが、図において、リレー電流はトランジスタ  $T$  が遮断状態になったときに次式で示される。

$$i = \left( I_0 + \frac{E_c}{R} \right) \left( e^{-\frac{R}{L}t} - 1 \right) + I_0 \dots\dots\dots (3)$$

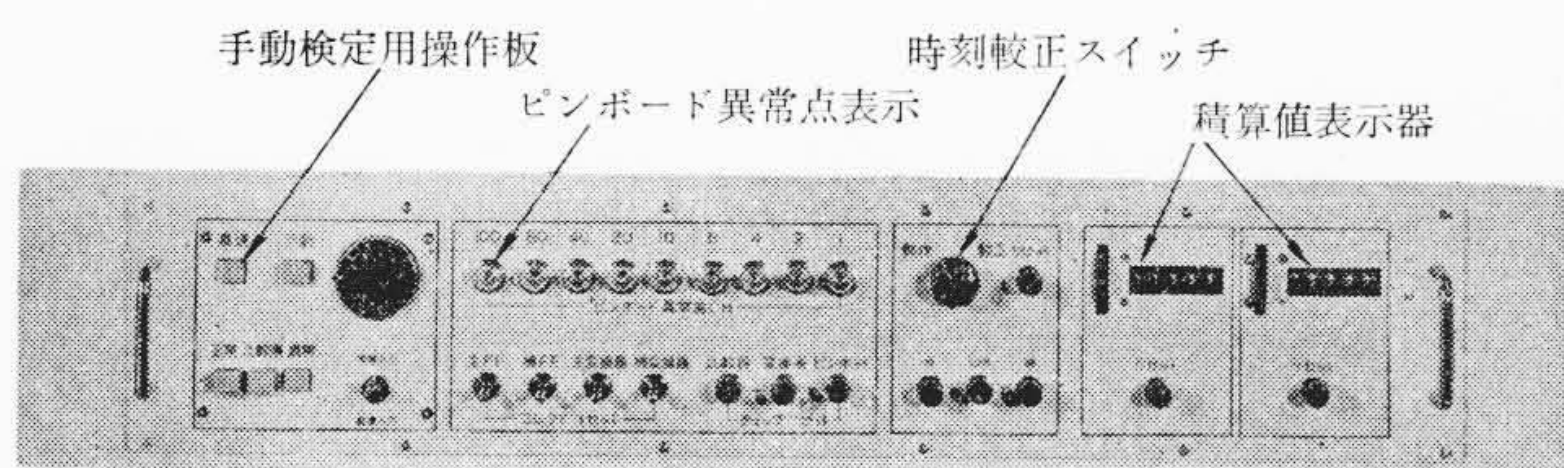
ここに、 $i$  はリレーコイルの電流、 $L$  はリレーコイルのインダクタンス、 $R$  はリレーコイルの抵抗分、 $I_0$  はリレーコイルの初期電流、 $t$  は時間とする。

すなわち  $E_c$  が大なるほど、リレー電流は速く減少して動作速度は大となる。

#### 4. ピンボードプログラマ

限界値、小数点の位置、スケールファクタなど測定点ごとに異なる仕様を持ち、かつ運転中に変更する可能性のある部分、あるいは装置の計画時に不定の仕様の部分はピンボードプログラマによって変更できるようにして、融通性と製作の際における標準化を計って





第 13 図 内部スイッチボード

いる。ピンボードの縦の方向には測定点の番号を、横方向には設定内容を示している(第 13 図の例では 2 番目の上限設定値は 911)。構造的には 5 mm 間隔であけられた穴にピンをそう入することによって二つの電気回路が接続されるようになっている。

多数の接触部分を持つピンボードプログラマでは接触不良に基づく事故を極力少なくすることが重要な問題になる。これに対して接触部分の形状、材質の検討を行い、特に接触面には金メッキを施して耐蝕性を増加して、接触不良の起る可能性を減少している。さらに設定方法として、1 out of  $m$  すなわち定められた区間に必ず 1 個のピンを使用するようにし、これを利用して接触不良、設定漏れを自動的に検出し、警音とともに何番目のピンが異常を起しているかをランプ表示して万全を期している。

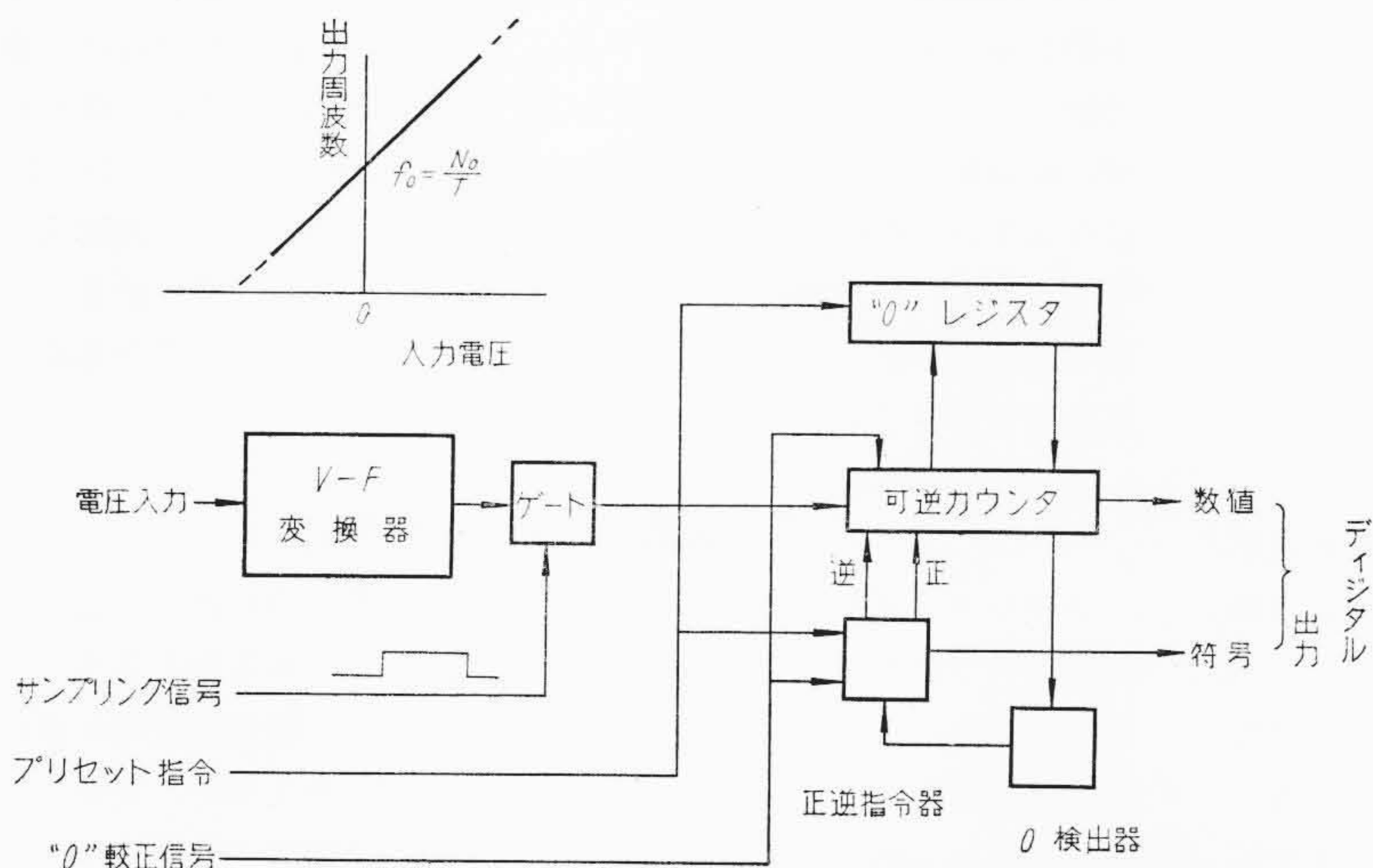
## 5. A-D 変換器

計数形の一種であるが、通常行われている方法、すなわち入力信号を時間幅に変えて、これをクロックパルスで計数するものと異なり、入力信号を周波数に変換して計数する方式を採っているが、前者の方法と区別する意味で“周波数計数方式”と呼んでいる。

### 5.1 A-D 変換器の構成と動作

変換器の構成は第 14 図のようなものであるが、これによって動作を説明する。V-F 変換器は電圧入力に応じて変化する周波数の矩形波を発生するが、入力“0”の場合にも一定周波数  $f_0$  を発生する。プリセット指令パルスによって“0”レジスタの内容  $N_0$  が可逆カウンタに移され、同時に正逆指令器は逆の指令を出すようにセットされる。これによって可逆カウンタは逆カウンタとして動作する。水晶振動子を基準にして作った一定時間幅  $T$  をもつサンプリング信号によって、ゲートが開くと可逆カウンタの内容は減じていく、ゲートからのパルス数がプリセットした数  $N_0$  に等しくなると、可逆カウンタの内容は 0 になり“0”検出器が作動して正逆指令器を正に切替える。これによって可逆カウンタは正カウンタとなって内容を増加していく。“0”レジスタの内容は次のようにして定める。

- (1) V-F 変換器の入力を 0 にする。出力周波数は  $f_0$  となる。



第 14 図 周波数計数形 A-D 変換器ブロック線図

- (2) 可逆カウンタを 0 にセットする。
- (3) 可逆カウンタを正カウンタとして動作させて  $f_0$  を計数する。(結果は  $N_0$ )
- (4) 可逆カウンタの内容  $N_0$  を“0”レジスタに移す。

このような動作を“0”校正と呼んでいるがスキミングの周期ごとに“0”校正を行っている。

このような方法によって、V-F 変換器その他のドリフトをスキミングの周期ごとに補正するとともに双極性の A-D 変換器を得る。

### 5.2 周波数計数形 A-D 変換器の特性

V-F 変換器の特性は次式のように記述される。

$$f = k_1 v_i + f_0 \dots\dots\dots (4)$$

ここに  $f$  は出力周波数、 $v_i$  は入力電圧、 $k_1$  は定数、 $f_0$  は入力 0 のときの出力周波数とする。

A-D 変換器の出力  $N$  はこの周波数をゲート信号幅  $T$  でサンプリングして計数し、すなわち積分して“0”校正のために  $N_0$  を減ずることから

$$N = \int_0^T f dt - N_0 = \int_0^T k_1 v_i dt \dots\dots\dots (5)$$

$$N_0 = f_0 T \dots\dots\dots (6)$$

交流入力の場合は

$$v_i = E \sin(\omega t + \phi) \dots\dots\dots (7)$$

と書ける。このような入力に対する出力数  $N_1$  は

$$N_1 = \int_0^T k_1 E \sin(\omega t + \phi) dt \\ = k_1 \frac{2E}{\omega} \sin \frac{\omega T}{2} \sin \left( \frac{\omega T}{2} + \phi \right) \dots\dots\dots (8)$$

$$\text{ただし } E < \frac{f_0}{k_1} \dots\dots\dots (9)$$

とする。一般にひずみ波形の交流成分を含む入力電圧は

$$v_i = v_0 + \sum_{k=1}^{\infty} v_k \sin(k\omega + \phi_k) \dots\dots\dots (10)$$

と書ける。これに対する計数出力  $N_2$  は

$$N_2 = k_1 v_0 T + k_1 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{2v_k}{k\omega} \sin \frac{k\omega T}{2} \sin \left( \frac{k\omega T}{2} + \phi_k \right) \dots\dots (11)$$

スキミング装置の A-D 変換器では(10)式の第 1 項は信号成分、第 2 項は雑音成分を表わす。したがって(11)式の第 2 項は雑音に基づく誤差出力とみなすことができる。ここで注意すべきことは(11)式の第 2 項が次の条件を満足するときに値 0 をとることである。

$$\frac{k\omega T}{2} = n\pi \dots\dots\dots (12)$$

$$\text{または } \frac{k\omega T}{2} + \phi_k = n\pi \dots\dots\dots (13)$$

このことはサンプリングの開始時刻、あるいは時間幅を入力雑音と適当な関係にすれば雑音の影響が出力に現われてこないという実際的な効果を意味する。このような意味から(8)式において

$$\sin \left( \frac{\omega T}{2} + \phi \right) = 1 \dots\dots\dots (14)$$

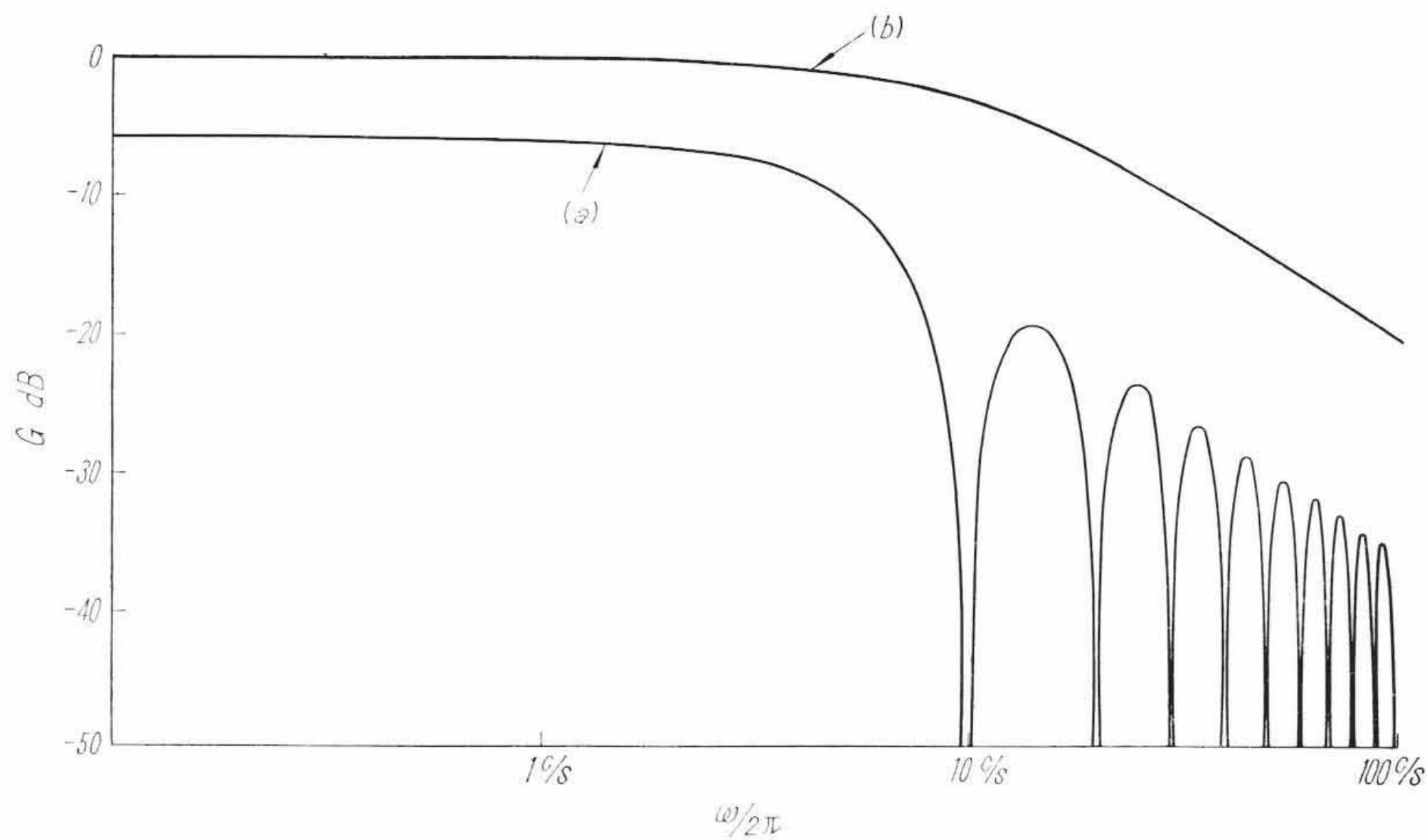
として導かれる次式を周波数計数形 A-D 変換器の周波数特性と呼んでいる。

$$G = 20 \left( \log_{10} \frac{2}{\omega T} + \log \left| \sin \frac{\omega T}{2} \right| \right) (\text{dB}) \dots\dots (15)$$

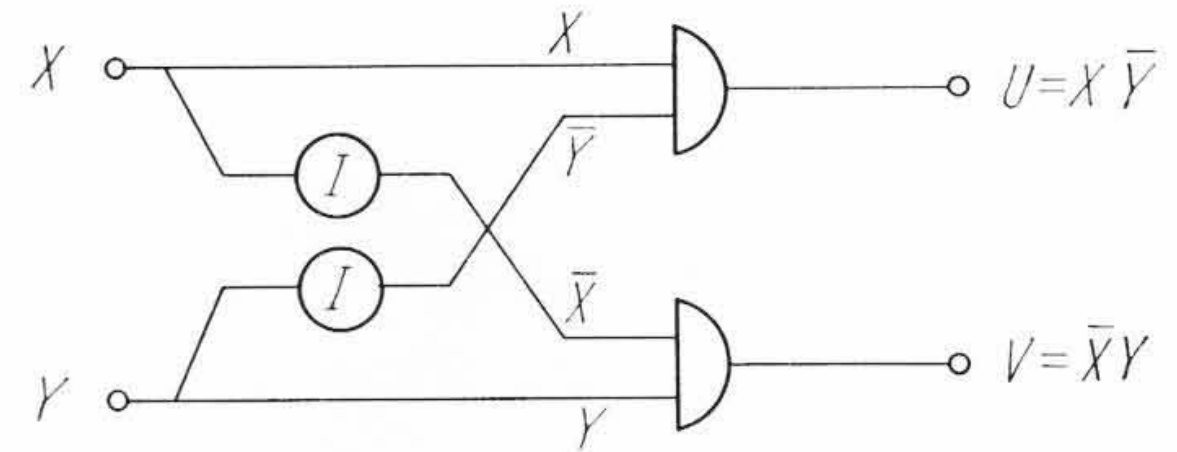
通常の回路では、電源(50 c/s または 60 c/s)からの誘導雑音が問題になる(ほかの雑音は簡単なフィルタで除去できるのが普通でほとんど問題にならない)。したがって電源周波数に対して(12)式を満足するように計画すれば実用上雑音の影響を除去しうる。

このような意味で標準的仕様のものではサンプリング





第15図 A-D変換器(a)とCRフィルタ(b)の周波数特性の比較



(a) 1 bit 比較回路

| X | Y | U<br>X AND NOT Y | V<br>NOT X AND Y |
|---|---|------------------|------------------|
| 1 | 1 | 0                | 0                |
| 1 | 0 | 1                | 0                |
| 0 | 1 | 0                | 1                |
| 0 | 0 | 0                | 0                |

(b) 上記の真理値表

第17図 2進数または2進化10進数  
各けたの比較回路

## 6. 比較器

警報あるいは調節出力を得るために、測定値と限界設定値との比較を行うが、比較の方法には2種考えられる。その一つは設定をアナログ量で行い、入力アナログ信号と比較を行う方式であり、他は次に述べるように入力をデジタル量に変換したのち設定値(デジタル量)と比較する方式である。これら2方式はそれぞれ特長があるが、後者が前者よりもすぐれている点の一つは比較器で誤差を生じない点にある。2数の比較の方法としては減算による方法もあるが、単に大小判別を行うのみならばもっと簡単になる。次にこれを説明する。

たとえば、10進数でAは534、Bは543として両者の比較を行うのに、最初のけた同志では双方ともに5で同じ、2けた目はBが大きく、3けた目はAが大きく。このように双方の各けたの大きい方から比較して行き、最初に大きい数値の出た方が大きいことになる。2進数あるいは2進化10進数での各けたの比較は第17図の方法でできる。

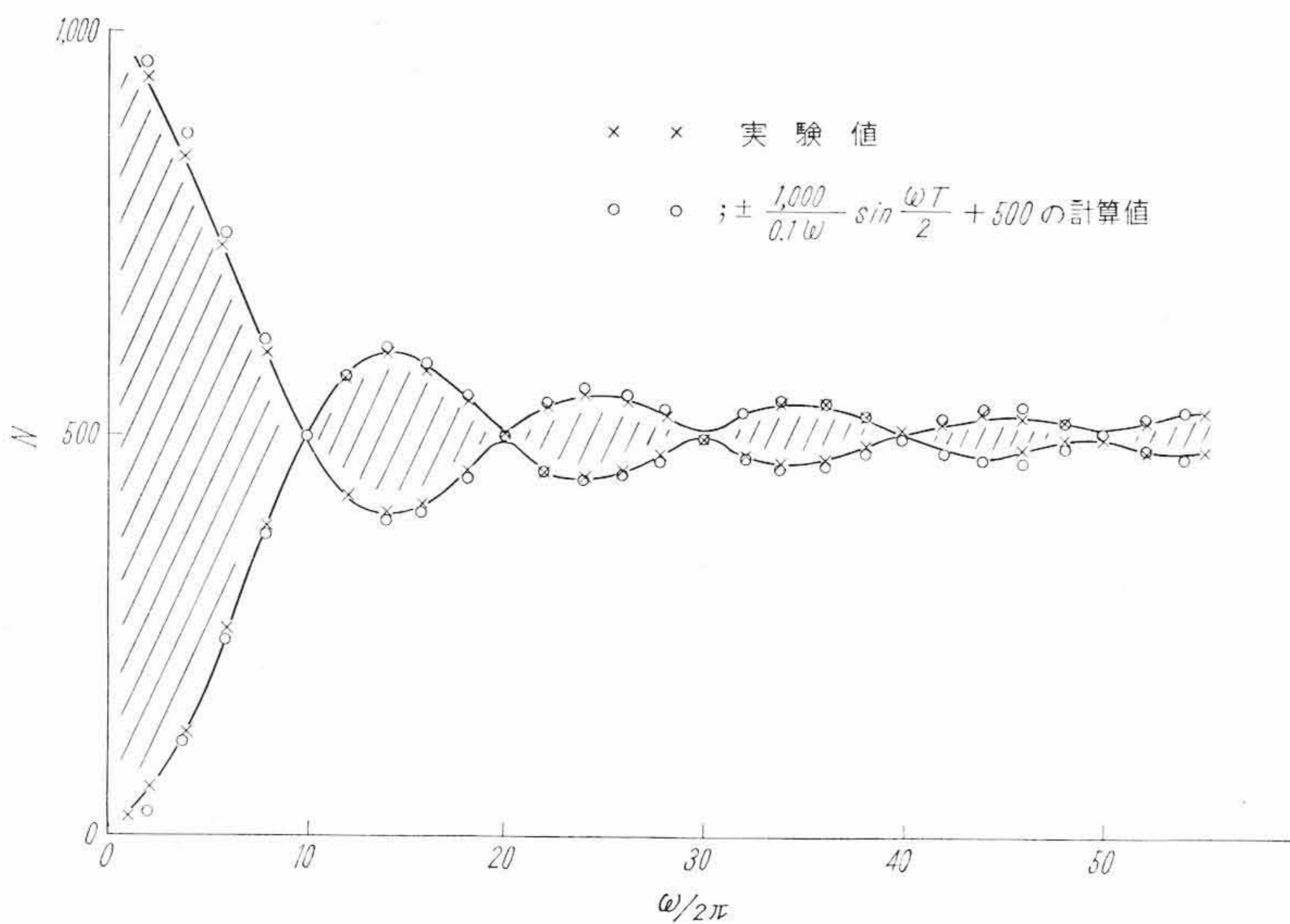
$X=1, Y=0$ (すなわち $X>Y$ )ならばUが1になる。

その逆に  $Y=1, X=0$ (すなわち $X<Y$ )ならばVが1になる。

数値の大小判別は第18図のような順序回路で行う。図中端子Aからは2進化10進数(8,421符号)AがM.S.D. (Most Significant Digit) から直列信号としてはいる。同様に端子Bからは数値Bがはいる。比較を開始する前にリセット信号によってフリップフロップ回路FF-1、FF-2を“0”にしておく。図示の例ではM.S.D. から6けた目のパルス( $t_6$ )によってFF-2が“1”に反転しゲート1が閉じる。図中f点の波形はフリップフロップ回路がなければ点線で示したようになるが、ゲートが閉じているために実際には現われず、 $t_7$ 以後の比較結果は無効になる。FF-1、FF-2のいずれが“1”になっているかによって大小判別ができる。上限、下限、調節用に各1組ずつ、各1組には2個の比較器を設けて両者の動作結果が一致しているかどうかによって動作状態を検定し、結果が異なる場合には警報を発するようにしている。

## 7. 装置の信頼度、保守

スキヤニング装置のように1台の装置で多数の点の測定、監視、制御を行う装置では、増幅器、A-D変換器、比較器など各点で共用する部分が1台～数台ですみ全体が見やすく、経済的なほか複雑な機能や高度の性能が得られるなど多くの利点があるが、反面これを特にOn Lineで使用する場合には装置の故障によって全工場の機能を停止する場合も起りうる。このため装置の信頼度および保守



(斜線の部分は出力数字のバラツキの範囲を示す)

第16図 周波数計数形変換器の特性

時間 $T$ を100msに取っている。このように周波数計数形A-D変換器はフィルタとしての特質をあわせ持つが、(15)式の極点を利用すれば、たとえばCRフィルタを入れた場合よりも、雑音抑止特性がすぐれ、かつ応答速度の速いフィルタの特性を示す。第15図は同じ応答速度(99.9%)を持つCRフィルタの周波数特性(b)と(15)式の値(a)を図示したものである。(12)式を満足するときには雑音に基く誤差出力は0になるが、実際には電源周波数(したがって雑音周波数)変動のために誤差出力は0でなくなる。(12)式を満たす $\omega$ の値を $\omega_0$ とし $\delta\omega$ だけ角周波数が変動した場合の誤差出力は(8)式より

$$\delta N_1 \div \frac{k_1 E}{\omega_0} \sin\left(\frac{\omega_0 T}{2} + \phi\right) \delta\omega \quad (16)$$

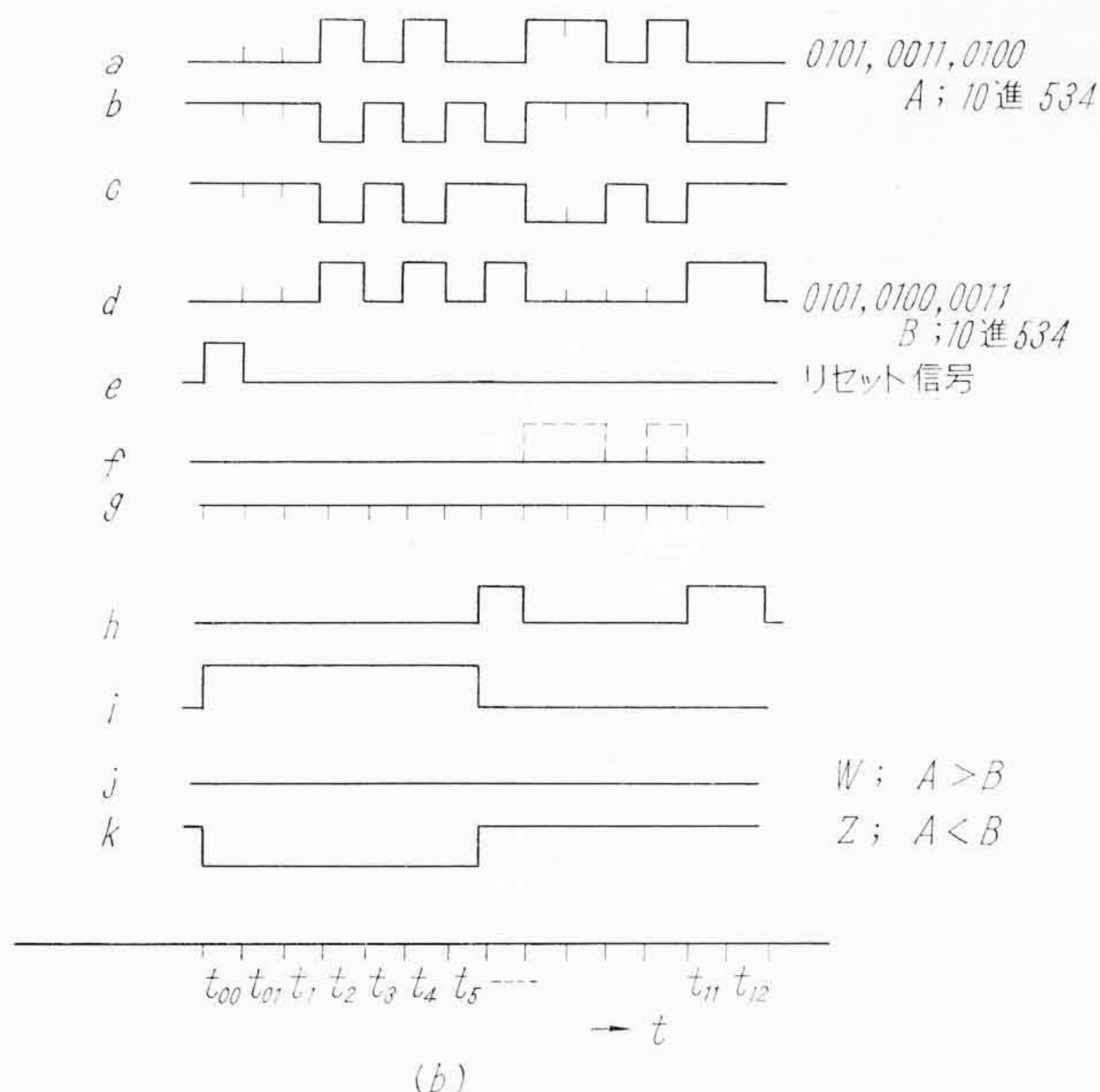
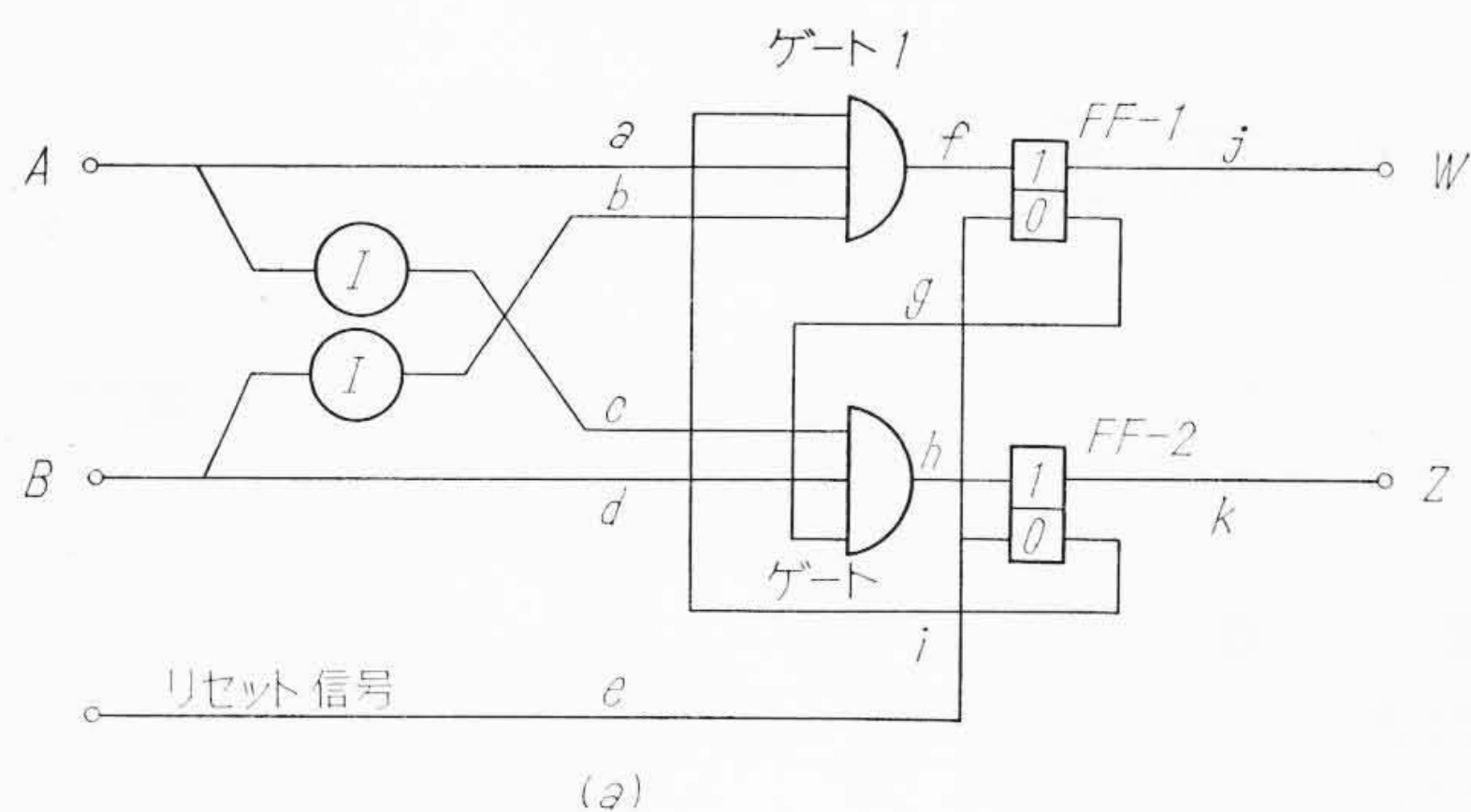
フルスケール入力に対する最大比誤差 $\varepsilon_{\max}$ は

$$\varepsilon_{\max} = E \frac{\delta\omega}{\omega_0} \quad (17)$$

通常の電源では周波数変動は大体1%程度であるから、雑音電圧(波高値)がフルスケールの10%(入力換算値)以下であれば誤差出力は0.1%以下となる。

第16図はV-F変換器の入力としてフルスケールの半分(出力で500)の直流電圧と、ほぼこれに等しい交流電圧(波高値)を重ねて加え、交流の周波数を変えてA-D変換器の出力をプリンタで印字させ、印字された数値の分布をグラフ表示したものである。





第 18 図 2 数の比較回路 (a) と動作時における各部の波形例 (b)

の容易さがきわめて重要な問題となってくる。

スキャンニング装置では特にこの点に留意して、主要構成要素として可動部分を有するリレーの数を少なくし半永久的な寿命を持つトランジスタ、ゲルマニウムダイオードを使用しているほか、表示ランプにはフィラメントのないネオンランプを使用している。半導体製品は特に温度特性に留意しなければならないが、部品、回路定数、工作方法の検討の結果  $0 \sim 40^\circ\text{C}$  の周囲温度で異常なく動作することを確認、実用しているトランジスタ、ゲルマニウムダイオードなどは十分信頼できる安定度と寿命のあることを確かめた。

本装置ではこのように構成部品、構造、製作方法を吟味した上にさらに万一の装置の故障によって起る影響を少なくし、すみやかな対策ができるように自動検定装置あるいは自動校正装置を付加して万全を期している。次にその要点を述べる。

#### (a) クロックパルス発振器

時間の標準となるクロックパルス発振器は主器のほかに予備器を設け、主器故障の場合には予備器に自動的に切替えて装置の動作を続行し、同時にランプ、ブザーによる警報を発する。

#### (b) V-F 変換器

主器のほかに予備器を設けスキャンニングの各周期ごとに、フルスケールに近い基準入力を入れて双方の利得を検定する (0 点を自動的に校正することはすでに述べたとおりである)。いずれか一方に異常を認めた場合にはランプ、ブザーによる警報を発するが、特に主器に異常のある場合には自動的に予備器に切替えて装

置の動作を続行する。

#### (c) カウンタ

A-D 変換器の一部をなすカウンタはスキャンニングの周期ごとに水晶発振器からの基準パルスを計数し、ピンボード上の設定値と比較を行う。この結果異常を検知すればランプ、ブザーによる警報を行う。

#### (d) 符号変換器

比較器の入力回路となる 10 進-2 進変換器、並-直列変換器などはスキャンニングの周期ごとにチェック用の符号を入れて検定し、異常があればランプ、ブザーによる警報を行う。

#### (e) 比較器

比較器については本文に述べたので省略する。

#### (f) ピンボードプログラマ

ピンボード上の設定もれ、接触不良の検知についてはすでに述べた。

#### (g) 表示ランプ

多数使用する異常点警報ランプ、測定点表示ランプは点灯表示時の約 1/100 の明るさの弱点灯によってランプの正常なることを表示する。

以上に述べた自動検定、自動校正を行うほかスキャンニング装置では次のような各操作ができるようにして異常箇所を迅速かつ適確に発見できるようにしている。

#### (h) 各部動作のランプ表示

ほとんど全部の回路にチェック端子 (約 700 箇所) を設け、必要に応じてネオンランプを取り付けて動作を見ることが出来る。

#### (i) 任意点の連続表示

スキャンニングを停止し、任意の点を繰返し測定して測定値の表示を行う。

#### (j) 正常、異常の強制書込み

異常点記憶器に正常、異常を押ボタンにより強制的に書き込みを行わせる。これにより異常点記憶器そのほかのテストができる。

#### (k) 主器、予備器の強制動作

2 台の V-F 変換器、比較器の任意の一方を強制的に動作させて故障状態を詳細に調べられる。

## 8. 結 言

以上スキャンニング装置の概要を述べたがおもな点は

- (1) 装置の主要構成部品にはトランジスタ、ゲルマニウムダイオードを使用し、小形化とともに安定度、長寿命を計った。
- (2) 周波数計数形 A-D 変換器が雑音に強い性質のあることを発見し、これにより低レベル入力を高速度でスキャンニングできるようにした。
- (3) 自動検定、自動校正装置を完備して保守の容易さとともに装置の信頼度を向上した。

紙数の都合で指令器、積算器など割愛した。

終りに当り種々ご指導いただいた需要家の各位をはじめ関係各位に謝意を表する。

## 参 考 文 献

- (1) McDonald, D.C. and others: A Functional Analysis of Automatic Logging System, Control Engineering, 67/82 (Feb. 1956)
- (2) J. Millman and H. Taub: Pulse and Digital Circuits, Mc GRAW-HILL (1956)
- (3) R. F. SHEA: Transistor Circuit Engineering, JOHN WILEY & SONS (1957)
- (4) A. K. Susskind: Notes on Analog-Digital Conversion Techniques