

時分割多重化数値制御装置

Time Division Multiplex Numerical Controller for Machine Tools

大 矢 雄 一 郎*

Yûichirô Oya

内 容 梗 概

回路部品数の節減を目的として、コンデンサ一時記憶回路と多相同期パルス系よりなるパルス遅延回路を採り入れたデジタル基本回路を開発した。本回路を用いて時分割多重化を行なうことによって回路部品を大幅に節減し、価格の低減化、装置の安定化を実現しえた時分割多重化数値制御指令部装置についてその原理および方式などを説明する。

1. 緒 言

現在数値制御装置は低価格化および安定化が最も急務の問題となっている。本論文ではデジタル情報処理部分に通信で使用されているような時分割多重技術を適用することによって部品数低減を行ない、その目的を達した装置について述べる。

数値制御をはじめ一般にデジタル制御の分野では情報信号の繰り返しは数キロサイクルにすぎず、しかも多種のレジスタ、カウンタが主要構成要素となっている場合が多い。ところがトランジスタは最もはん用化された合金形のものでも動作周波数は数百キロサイクルに及んでおり、制御装置のデジタル情報処理部を時分割多重化方式で構成することがはなはだ望ましい。

デジタル装置の時分割多重化には安定かつ経済的な遅延装置を必要とするが、コンデンサ一時記憶回路と多相同期パルスによるパルス遅延装置を開発し、この問題を解決した。

パルス遅延装置としては他に電磁遅延線、磁気ひずみ遅延線およびコアシフトなどが考えられる。ただし電磁遅延線は所要長さの点で繰返し周波数が1 Mcをこえないと実用性がない。一方磁気ひずみ遅延線についてはデジタル制御で必要となる10~20ビットないしはそれ以下の一時記憶には効率悪く経済性もあまり上がらない。しかも本質的にアナログ的遅延ゆえ、遅延精度が問題となる。また一度音響的信号に変換しこれを再び電気的に読み出すときの信号レベルが数ミリボルトにすぎず、その安定な増幅には雑音および機械的衝撃などの問題が伴い制御用としては疑問がある。

それに対し、本論文で提案する遅延装置はすべて半導体素子とコンデンサおよび抵抗だけで構成され、主論理回路と同一技術で設計できる点、信号レベルも数ボルトで動作マージンも大きくとれる点ならびに遅延時間はビット数の整数倍に正確に規定されるなどの特長がある。

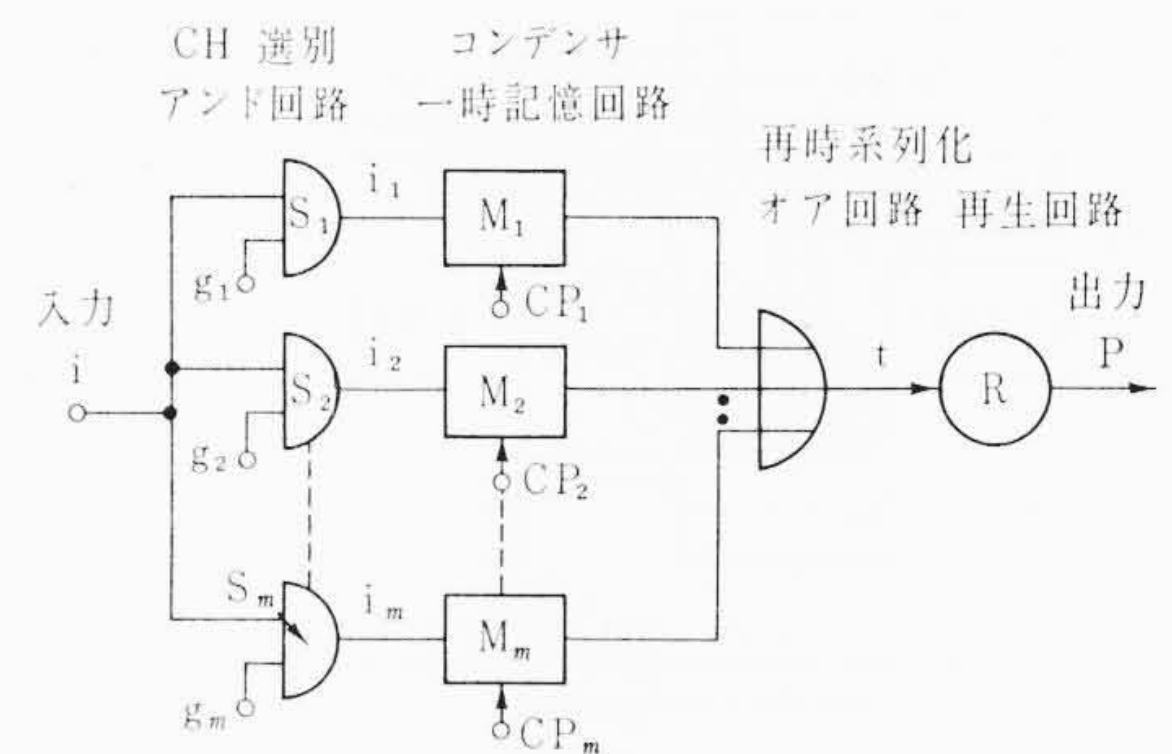
本論文はまず新しく開発したパルス遅延装置を使った時分割多重化基本回路について述べ、ついでこれを使って実現した時分割多重化数値制御指令部装置について説明する。

2. 基 本 回 路

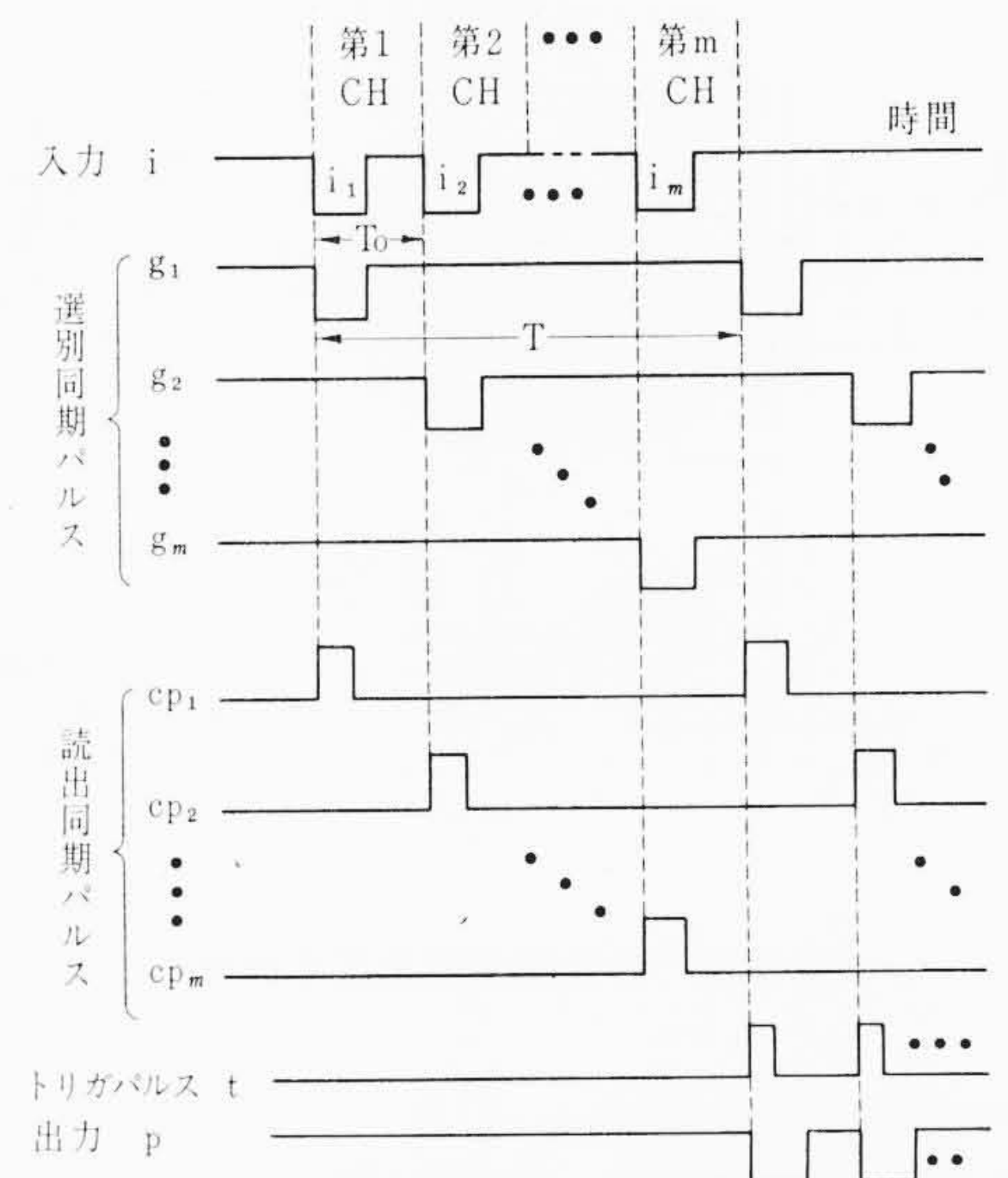
一般の論理作用を行なう論理回路部、 m ビットのパルス遅延を行なう遅延部および信号の整形を行なう再生回路部に分れる。

2.1 コンデンサ一時記憶式パルス遅延装置

第1図(a), (b)に本装置の略図およびタイムチャートを示す。図中CH選別回路 $S_1, S_2, \dots, S_m$ は多重時系列化された入力 i をCH選別同期パルス $g_1, g_2, \dots, g_m$ の作用と相まって、各CHごとに分離並列化するためのAND回路である。また図中 $M_1, M_2, \dots, M_m$ は抵抗、コンデンサおよびダイオードからなるコンデンサ一時



第1図(a) パルス遅延装置略図



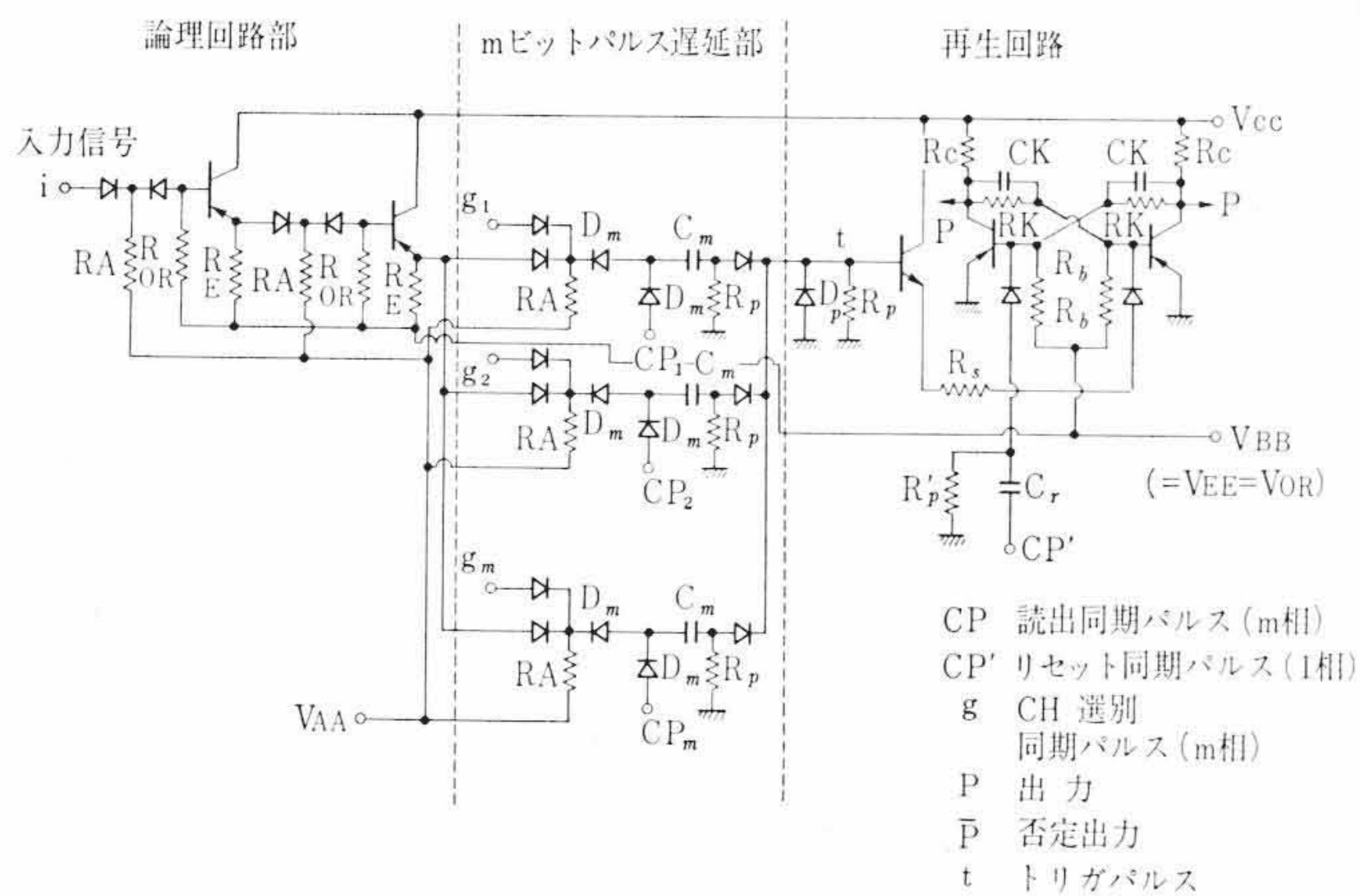
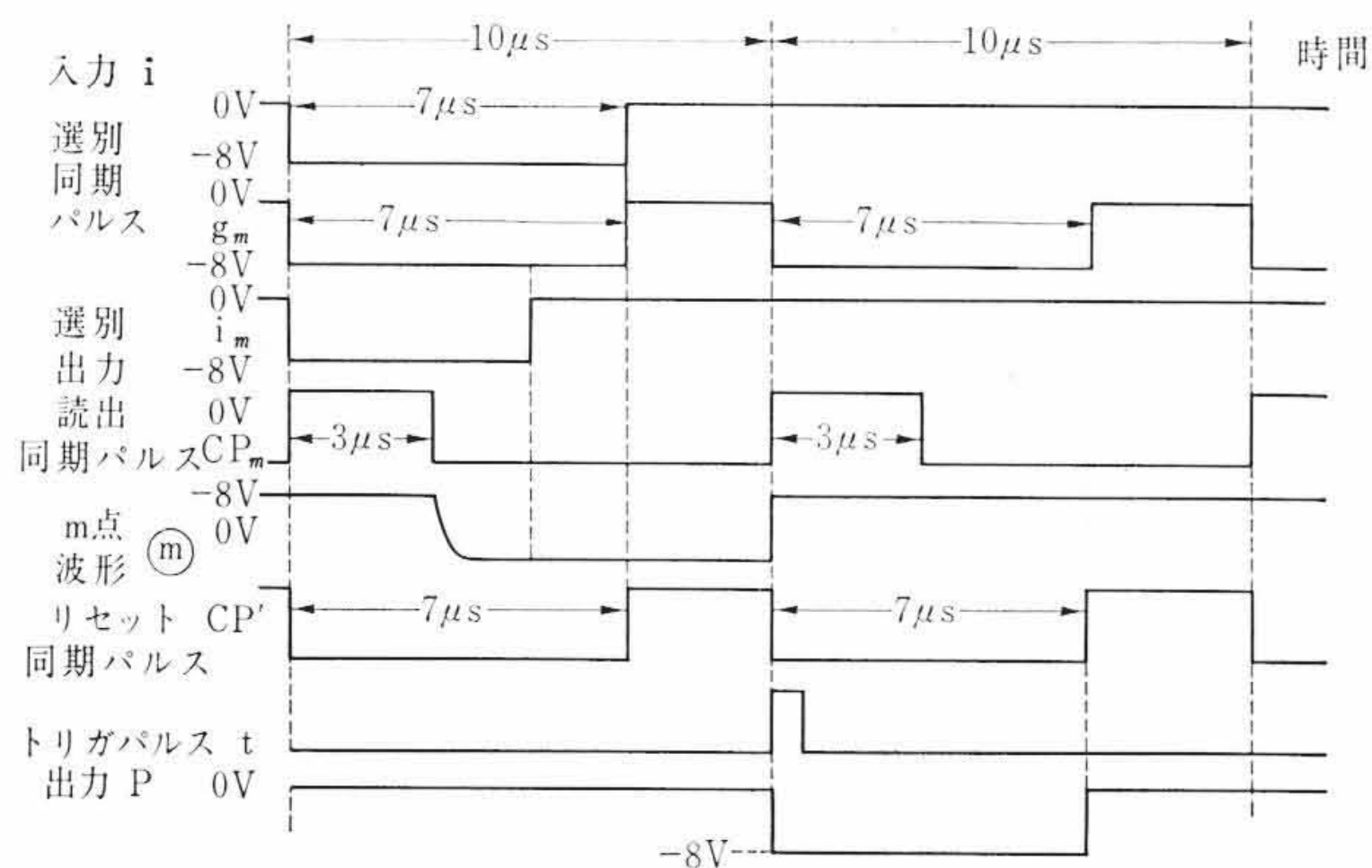
第1図(b) パルス遅延装置タイムチャート

記憶回路で選別回路 $S_1, S_2, \dots, S_m$ により分離された各CH信号 $i_1, i_2, \dots, i_m$ を次の相当読出同期パルス $CP_1, CP_2, \dots, CP_m$ が到来するまで一時的に記憶しておく。同期パルスの基本周期 T_0 は $10 \mu s$ で g_m, CP_m の周期 T は mT_0 である。

各一時記憶回路群 $M_1, M_2, \dots, M_m$ にたくわえられた各CHごとの情報信号は読出し同期パルス群 $CP_1, CP_2, \dots, CP_m$ によって順次読出され(この間 m ビット時間 $mT_0 = T$ 遅れる)図中のOR回路によって再度時系列化されたトリガパルスとなったのち、再生回路Rをトリガして信号レベルおよびタイミングの両者を再整形したうえ規定の多重化出力 P となる。かくして入力 i と出力 P との間には m ビット時間 T だけの遅延が得られ、所期の目的を果たせる。

CH選別AND回路 S_m を含めた具体的な一時記憶回路 M_m ならびに回路各部の信号波形をそれぞれ第2図(a), (b)に示す。

* 日立製作所中央研究所



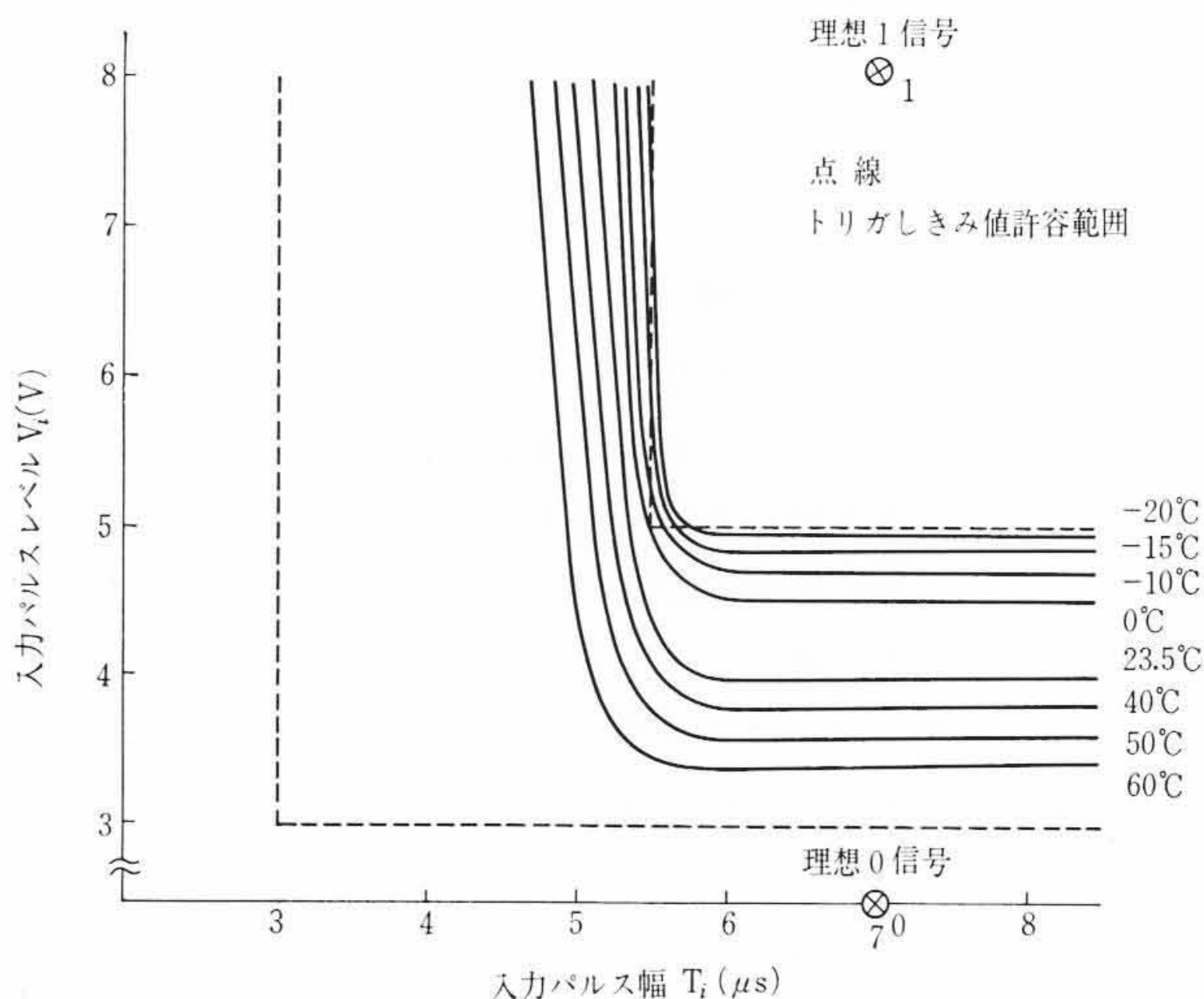
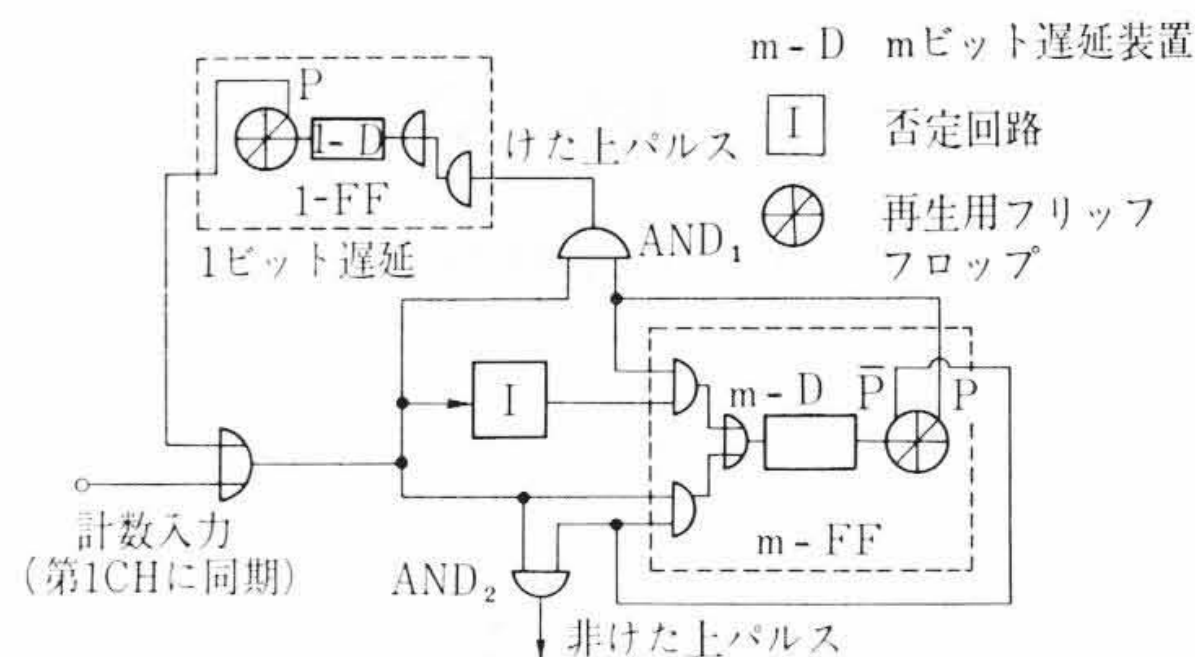
2.2 時分割多重化基本回路

前節説明のパルス遅延装置を使用して総合的に構成した基本回路を第3図に示す。回路方式、仕様は次のとおりである。

- | | |
|---------------|-------------------|
| (1) 回路方式 | 帰零—ダイナミック—負パルス論理 |
| (2) 基本クロック周波数 | 100 kc |
| (3) 多重チャンネル数 | 最大 16CH (以下CHと略称) |
| (4) 許容出力数 | 5 |

論理回路部はダイオード論理回路の経済性および安定性に着目して、2レベルダイオード論理の後エミッタホロワを入れる形式をとり、再生回路部としては安定でかつ使用トランジスタのコレクタ損失の小さい飽和形 Eccless Jordan フリップフロップを採用した。遅延装置からの出力トリガパルス t はフリップフロップのトリガの安定のため、NPN 形トランジスタによるエミッタホロワを介して電流増幅を行なったうえ再生回路のトリガ点に与えられる。

図中 CP' はリセット同期パルスで回路を帰零方式にするためのものである。本基本回路のタイムチャートは第1図(b)に示すもので



あるが、図に示す多相同期パルス系により、時間領域は相数に相当するCH数に分割される。この多重数に相当の相数の多相同期パルス系の作用と相まって出力 P を入力 i に帰還することにより本回路は m 個のおのおの独立なフリップフロップの機能を果たすことができるようになる。

しかして論理部の方法によって m けたの各種レジスタおよび各種カウンタその他をかなりの融通性をもって構成しうる。

一例として m けた 2 進カウンタの構成法を第 4 図に示すが、点線中の m -FF は m CH 多重化フリップフロップで論理部は 2 進カウンタ素子構成としてある。

次に回路の動作マージンに関連して、信号パルスが多種多様な論理回路を通過して情報1または零の信号レベルならびに信号パルスの前縁、後縁の立上がり、立下がり劣化を受けても基本回路として正常動作をする範囲を直流電源電圧、負荷、周囲温度およびトランジスタ特性などをパラメータとして確認しておく必要がある。

本回路の場合、信号レベルに関しては1信号に対しては設定値 $-8\sim-5\text{V}$ 、零信号に対しては設定値 $0\sim-3\text{V}$ の範囲を正常動作範囲とし、 $-3\sim-5\text{V}$ の間に回路のトリガしきみ値を置くことを目標とする。一方信号パルス幅の許容値ひいては許容スイッチ時間に関しては第2図(b)のタイムチャートから明らかなように読出同期パルス CP_m の持続時間 $3\mu\text{s}$ がそれに相当する。

ゆえに理想化動作マージン特性は第5図中点線のように想定され、点線部分以外の電圧レベルおよびパルス幅（同期パルス立ち上がりから測る）を有する入力信号はすべて動作の正常性を保証される。

本基本回路の動作マージン特性の実測結果の代表例として、周囲温度を $-20\sim 60^{\circ}\text{C}$ に変化した場合の特性の変化を第 5 図に示すが、十分図中点線で示す設定トリガしきい値内にはいっていることがわかる。紙面の都合で割愛したが他のパラメータについての特性も同

様であることが実測で確かめられた。

3. 時分割多重化数値制御装置

前章までで明らかにした基本回路方式の有用性ならびに安定性を実証するとともに、部品数の節減をはかった低価格かつ安定な三次元輪郭切削制御を実現させるため、前述の時分割多重化基本回路を数値制御指令部装置に適用し試作を行なった。

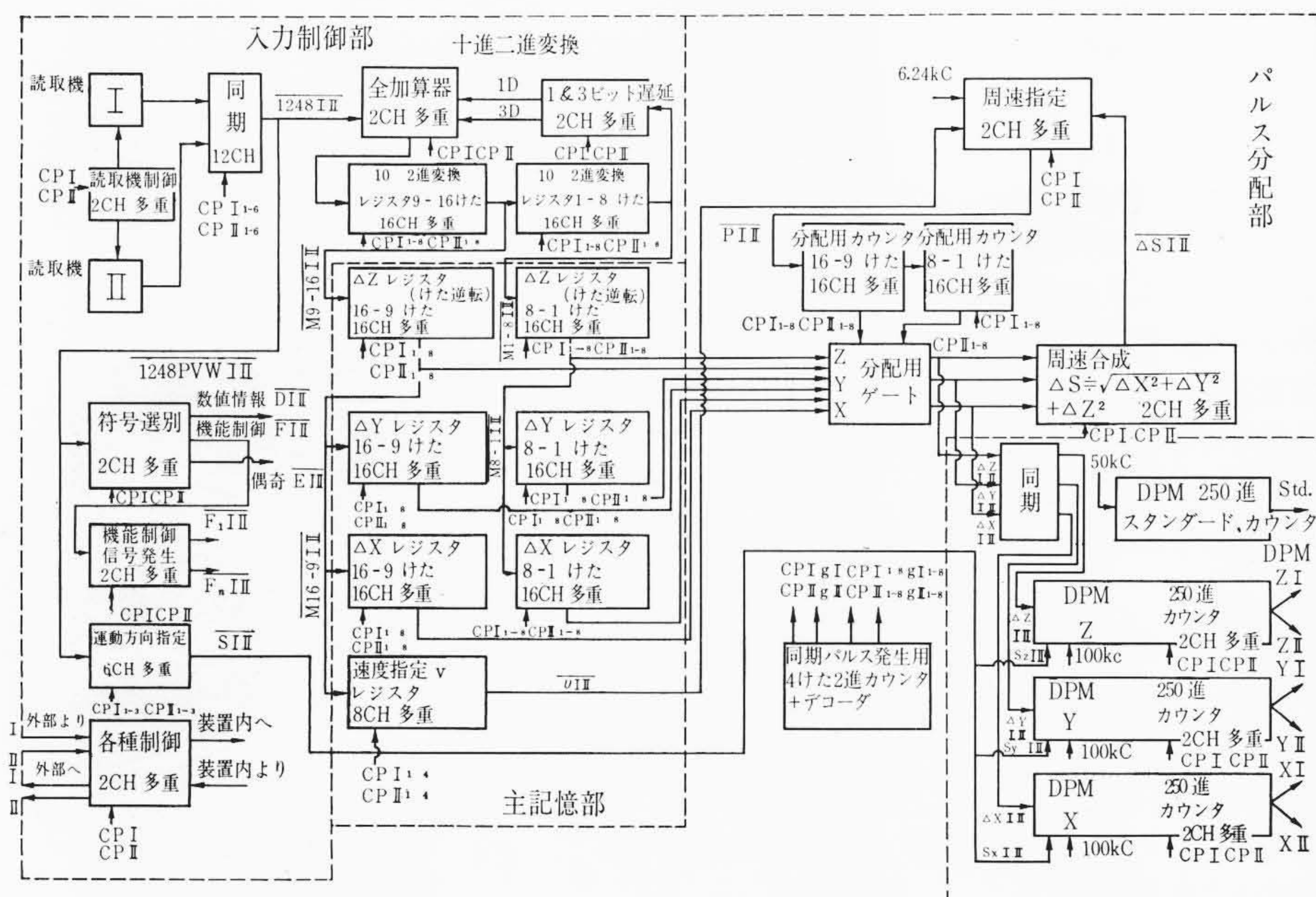
第1表 試作時分割多重化数値制御装置仕様

制 御 対 象	2 1/2 フライス盤(日立製)
制 御 軸 数	三 軸
設 定 精 度	1/100mm
最大ストローク/ブロック	655.35mm(2進6けた相当)
パルス分配方式	直線補間
多重可能台数	二 台
切 削 速 度	直接速度指定方式 0~1,800mm/分を256段階にて指定可能
入 力 方 式	八孔光電テープ読取機 2進化10進符号で指令
回 路 方 式	時分割多重化基本回路 基本クロック 100kc 最大多重数 16
D-A 変換方式	デジタル位相変換方式
工作機械駆動方式	油圧パワーサーボ

1	2	3	4	5	6	7	8	9
a	b	c	.	d	P	V	W	C
1	2	4	.	8	P	V	W	C
ブロック信号 Br								
速度指定 v 10進2けた								
切替制御信号 F								
ΔX 数 値 ±10進6けた								
切替制御信号 X								
ΔY 数 値 ±10進6けた								
切替制御信号 Y								
ΔZ 数 値 ±10進6けた								
ブロック信号 Br								

↑
進行方向

第6図 入力指令テープ(一切削ブロック分)



第7図 試作数値制御指令装置ブロック図

第2章で説明した基本回路により、数値制御装置内の各種デジタル回路を時分割多重化(直列化)するだけでもかなりの部品数低減を期待できるが、さらに適当なシステム構成をとれば複数台の装置に対し時分割多重化を行なうことができ部品数節減の効果をいっそう大きくしうる。本試作機では一応2台分に対する多重化を行なった。

試作機の仕様は第1表に示すとおりであるが、多重化の方法により2台の工作機械を全く独立に同時制御できる点が最も大きい特長である。

数値制御方式一般についてはすでに周知であるので、本章では多重化したことにより生ずる特長点に重点を置いて述べる。

3.1 テープ指令方式

本試作機は工作機械と直結して実時間運転されるゆえ入力テープ読取機の信頼性はかなり重要視されるが、本試作機に使用した読取機は速度300キャラクタ毎秒、5~45℃の周囲温度で使用可能である。

後の説明の便宜上、次に入力指令テープについて簡単に説明する。

第6図に示すように2進化10進符号で書き、しかも切削速度を直接指定できる方式をとっているのでテープの作成がかなり容易となっている。符号はアメリカ電気工業会で制定されたE. I. A. 標準符号を用いた。第4孔目のスプロケットを除く第1孔目から第5孔目までで1, 2, 4, 8の2進化10進符号を構成する。第6孔目のPなる列は偶奇判定用、第7孔目および第8孔目のV, Wなる列は切削数値情報Dか機能制御情報Fかの判別に用いられ、最後の孔はキャリージリターン用である。

3.2 指令部装置構成

指令部装置の総合システムはその構成図を第7図にあげるように、入力制御、主記憶、パルス分配およびデジタル位相変換部の四つに分けられる。

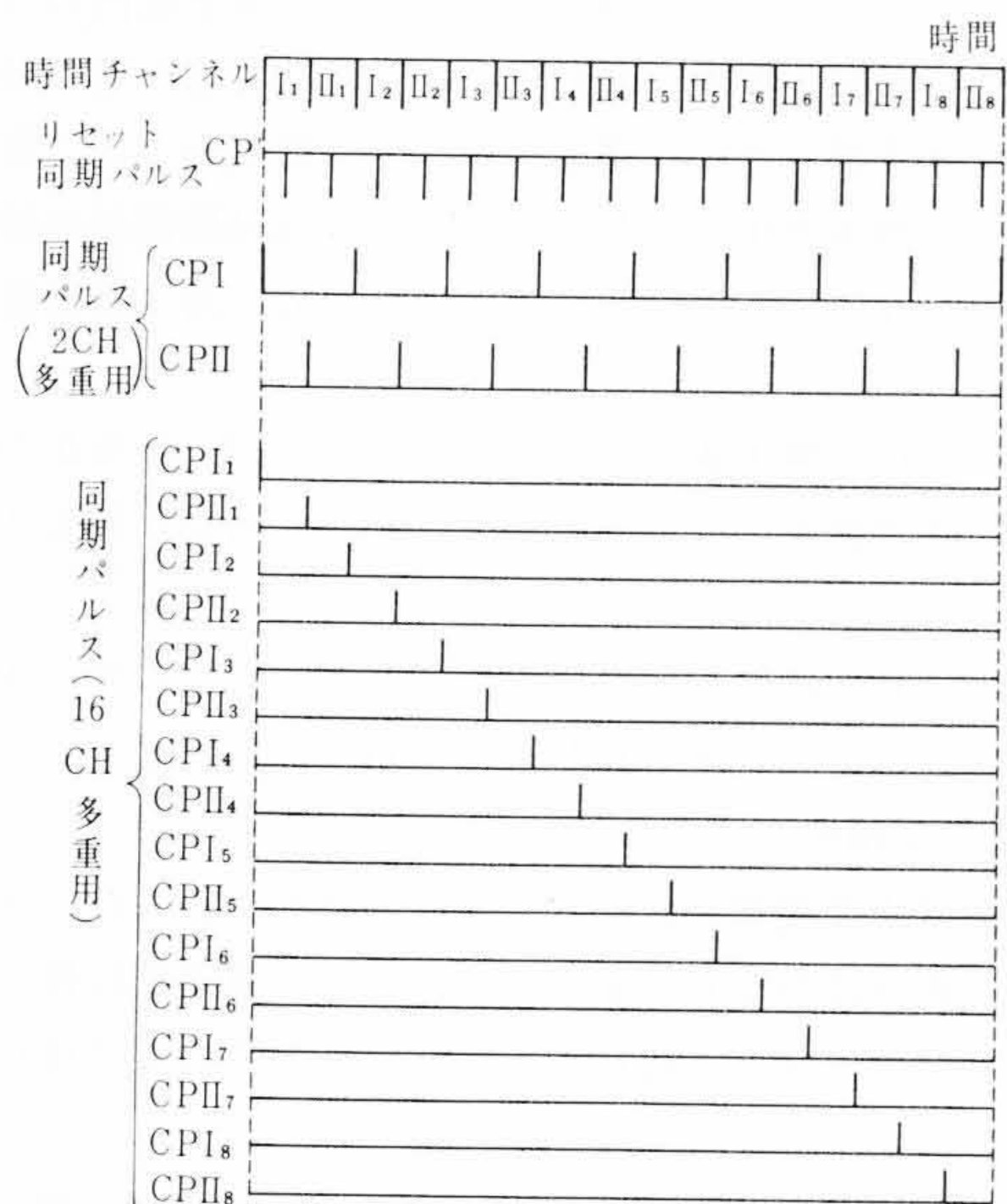
入力制御部はさらに2台の入力読取機およびその制御、入力同期化、10進2進化変換、符号選別ならびに運動方向指定回路、そのほか起動停止などの制御回路に組み分けされる。主記憶部はΔX, ΔY, ΔZなる三次元切削量を記憶するため、おのおの16ビットのレジスタ3台を2装置分と2装置分の切削速度指定を記憶するためのvなる16ビットのレジスタからなる。

パルス分配部は指令クロック発生、切削速度指定回路、パルス分配用16けた2進カウンタ2装置分、パルス分配用ゲートならびに周速合成回路からなっている。

デジタル位相変換部は本試作機のD-A変換部に相当し、標準波を発生する250進カウンタ1台と、三次元切削デジタル量をそれぞれの位相変化量に変換しうるX, Y, Z用250進カウンタ2装置分からなっており、最終出力としてX, Y, Z方向の3軸2装置分の工作機械駆動部に位相変調指令を供給することができる。

3.3 多重化法

以上の諸機能回路をいかなる多重数の基本回路の組み合わせで構成したら使用効率のよい装置となるかが問題となる。1語分のレジスタ(またはカウンタ)は16ビットゆえ、本装置内の多重CH数の最



第 8 図 試作数値制御装置同期パルス系

大を 16 にとる。第 8 図に本装置の同期パルス系のタイムチャートを示すが、 $CP_{I1} \sim CP_{I8}$ および $CP_{II1} \sim CP_{II8}$ なる十六相同期パルスにより時間領域を第 1 ～第 16 までの 16 区間の CH に分割する。

一方 I, II なる 2 台の機械を制御するため、指令部装置全体を 2 CH に多重化しなければならない。そのため CP_I , CP_{II} なる二相の同期パルスを準備し、時間領域を I, II なる 2 区間に分割する。

被制御機械 I に関する情報に対しては CH_I を、機械 II に対しては CH_{II} を割り当てる。さきに分割された 16 の時間 CH はそれが CH_I に属するかまたは CH_{II} に相当するかによって交互に $CH_{I1} \sim CH_{I8}$ および $CH_{II1} \sim CH_{II8}$ となる。

以下第 7 図を参照しながら、信号系統の流れおよび多重化の方法について説明する。読取機 I, II からの 1, 2, 4, 8 信号および P, V, W 列信号は 14 CH 並列信号として読み取られ同期化回路にはいる。この回路において読取機 I からの信号に対しては $CH_{I1} \sim CH_{I7}$ が、II からの信号に対しては $CH_{II1} \sim CH_{II7}$ がそれぞれ割り当てられ、時系列多重信号 $1248PVW_{I,II}$ をうる。この信号は 2 CH に多重化された符号選別回路に導かれ、各種制御信号に変換される。

一方上記信号のうち、 $1248_{I,II}$ をゲート操作により取り出し 10 進 2 進変換回路へ導き、2 進 10 進符号は純 2 進符号に変換される。

10 進 2 進変換用レジスタは装置 I, II の第 1 けた～第 8 けたまでをそれぞれ $CH_{I1} \sim CH_{I8}$, $CH_{II1} \sim CH_{II8}$ に割り当てた。第 9 けた～第 16 けたについても同様 $CH_{I1} \sim CH_{I8}$, $CH_{II1} \sim CH_{II8}$ を割り当て、前半分と後半分の 8 けたずつは並列的な 2 グループの情報とした。かくして 2 台のレジスタ内に $M_{1-8I,II}$ および $M_{9-16I,II}$ なる時系列信号をうる。

2 進化された信号は第 6 図の指令テープの情報書込順にしたがって、 ΔX , ΔY , ΔZ および v 記憶用レジスタへと、同じく 2 CH 多重各切替制御信号、 $F_{I,II}$, $X_{I,II}$, $Y_{I,II}$ の働きと相まって順次転送される。記憶部レジスタでは時系列信号は $M_{8-1I,II}$ および $M_{16-9I,II}$ となり、信号の配列順序が逆転させてある。

パルス分配では規準周波数のパルスを 2 CH 多重の周速指定回路に導き、指令テープ内の切削速度指令情報にしたがって記憶されたレジスタの内容 $v_{I,II}$ と相まって、装置 I, II に対し独立に密度変調を受けさせ、所定のパルス密度の時系列信号 $P'_{I,II}$ をうる。

この信号はパルス分配用カウンタの入力となるが、カウンタは 16 CH 多重の基本回路から構成した第 4 図に示すような遅延線式 2 進カウンタである。これを 2 台接続して、2 装置分計 32 ビットの

要求を満たすのであるが、カウンタ内では若い番号の CH が高いけたの数に対応している。

カウンタからの非けた上パルス（発生けたに相当する CH から発生する）と、 ΔX , ΔY , ΔZ なる主記憶部内各軸レジスタの内容との間で直列的な AND 作用が行なわれ、 X , Y , Z に対応してそれぞれパルス分配出力 $\Delta X_{I,II}$, $\Delta Y_{I,II}$, $\Delta Z_{I,II}$ をうる。

3 成分に分解された分配出力は周速指定の作用を完結するため、2 CH 多重の周速合成回路で近似的に合成され $\Delta S_{I,II}$ なる時系列信号を発生し、前述の周速指定回路に帰還する。

X , Y , Z 3 軸の切削デジタル量を位相変化に変換するための論理回路および 250 進カウンタはすべて 2 CH 多重化されている。

そのほか起動停止などの制御回路はすべて I, II なる 2 台の装置の制御のため 2 CH 多重化が行なわれている。

以上のような多重化の方法により、2 台のテープ読取機で全く独立な指令を本指令装置に与え、かくして全く独立に 2 台の工作機械の数値制御を可能にする 2 CH の指令信号を発生することが、きわめて節減された部品数でもってできるようになった。

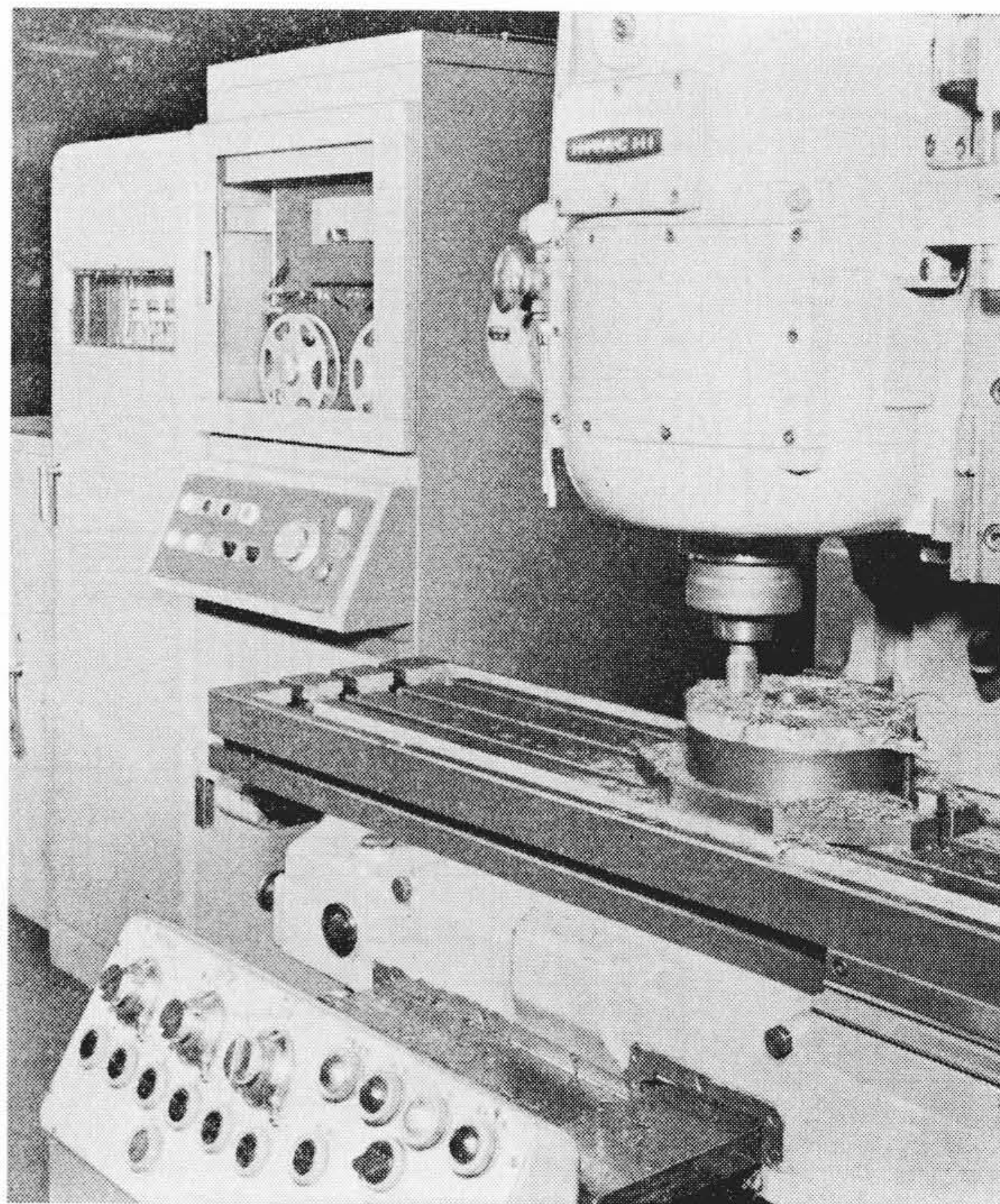
本論文では 2, 16 CH 多重の組み合わせの場合を扱ったが 16 CH 以下なら相当の融通性をもって任意 CH の多重化の組み合わせが容易に得られる。

4. 運 転 結 果

第 9 図に本試作による数値制御装置の外観を掲げる。向かって左が本論文の対象となる時分割多重化数値制御指令装置、右に入力テープ読取機および各種サーボ増幅器ならびに制御卓のための制御部きょう体を示す。この制御部きょう体を 1 台追加すれば 2 台の工作機械の数値制御が可能となる。

AC 電源は M. G. により供給されているが、指令部関係の所要直流電源としては $-8V$, $2.5A$, $+8V$, $1.2A$, $-12V$, $1.2A$ で、所要直流電力は 44W である。総合電圧動作マージンとしてはそれぞれ 22%, 43% および 25% という結果となった。

恒温室における総合温度試験では恒温室の能力限界である $10 \sim 52^\circ C$ の周囲温度範囲では誤動作を起こさず正常に動作することが確かめられた。第 2 章第 5 図の基本回路単体に関するデータから判断



第 9 図 時分割多重化数値制御装置

すると、動作可能温度範囲はなおかなり広いものと思われる。

はじめ懸念された工場現場における外部電気雑音による誤動作も交流電源に M. G. を使用し、デジタル回路分をきょう体により遮へいする形にし、かつ必ずエミッタホロワを介して外部へ信号を出すとともに外部から信号を受取る場合には必ずコンデンサ、抵抗による積分回路を通すような対策を施すことによりかなり軽減された。事実当社川崎工場での現場切削運転の結果ではほとんど外部雑音による誤動作は経験されなかった。

上記対策もさることながら、本装置に採用された基本回路方式それ自身も雑音による誤動作軽減に少なからず役だったものと思われる。すなわちコンデンサによる積分遅延形同期回路方式を採用しているゆえ、積分の時定数より小なるパルス幅の雑音パルスおよび同期パルスのタイミングからはずれた雑音に対しては全く不感であること、またトリガ用コンデンサの値から決まる限界よりゆるい立ち上がり時間の雑音パルスに対しても不感であり、回路を誤動作させるにいたる外部雑音はかなり制限されている。

かくして本試作機は工場現場での工作機械と直結しての使用に十分耐えている。

5. 結 言

以上、100~200 kc 程度の基本クロック周波数において時分割多重化を実現するため、コンデンサ一時記憶回路と多相同期パルス系によるパルス遅延装置を新たに開発し、これを取り入れて基本回路を構成した結果、動作マージンの広いかなり安定でかつ経済的な回路が得られた。

本基本回路を実際の数値制御装置に適用するに当たり、比較的整然とした論理設計が可能であり、かつ全体の部品数も従来に比べ $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ に低減することができ総合的に安定な装置が実現された。

近い将来数値制御が本格的実用期にはいった場合、本論文の時分割多重化方式が装置の低価格化および安定化に役だつことを期待する。

終わりにあたり、常日ごろご指導いただいている日立製作所中央研究所須藤部長および方式上有益な意見をお受けした関研究員ならびに試作に対し始終後援をいただいた日立製作所川崎工場花岡副工場長、松本課長、片桐主任、落合課員および神奈川工場中谷部長、山岸課長、尾塔、安藤両課員に深く感謝する。



特 許 と 新 案

最近登録された日立製作所の特許(その2)

(39頁よりつづく)

特許番号	名 称	氏 名	特許登録日	特許番号	名 称	氏 名	特許登録日
408418	メー ター リレー	矢内 博	38. 7. 12	410871	精溜塔	葛岡 常雄	38. 9. 23
408419	メー ター リレー	矢内 博	"	410872	アルミニウム又はその合金の減圧封緘溶接法	鈴木 宗伸	"
408420	クラ ッ チ 機 構	西村 正治	"	410873	外部断路型空気遮断器の操作装置	仲野 善一	"
408421	单相誘導電動機	園山 裕雄	"	410874	モノレールカー走行装置	永弘 太郎	"
408422	金属板清浄ワイパー	石井 英和	"		取付け取外し装置	小橋 実	"
408423	同期電動機の運転装置	大西 泰夫	"	410875	アンキュラー鑄鉄の焼戻し処理方法	谷川 雅幸	"
408424	低圧熱陰極整流放電管	木崎 紀至	"	410876	電 車 用 手 動 制 御 器	高山 敏明	"
408425	二段型電気集塵装置	水野 昭義	38. 7. 29	410877	可逆巻取機の自動減速装置	前川 敦彰	"
408955	多数共同電話設備における呼出装置	水野 昭義	"	410878	ヘリックス型遅波回路製法	佐藤 彰	"
		高橋 次鉄	"	410879	流体制動機	鈴木 憲雄	"
408956	直流アーク溶接機の制御装置	堀田 信二	"	410880	送電損失率計算装置	河村 重武	"
408957	無火花タップ切換装置	金沢 信二	"		河三河竹村田塚	浦村 好克	"
408958	ドラムカッタローダ	青木 武勝	"	410881	遮蔽タンク付体原子炉圧力容器	浜田 邦雄	"
408959	進行波管およびこれと類似装置用磁界装置	草野 三正	"	410882	原 子 炉 圧 力 容 器	小口 邦雄	"
408960	ハイドロカッタ	坂本 正克	"	410883	電動機停止指令装置	小西 務	"
408961	内燃機関の燃料噴射装置	本多 俊一	"	410884	定 圧 バ ネ	桑原 繁太郎	"
408962	内燃機関における燃料噴射装置	本多 俊一	"	410885	誘導円板型継電器	比良 清一	"
408963	ゲルマニウム切削屑の回収法	牟田 明徳	"	410886	多翼型送風機	堀永 榮敏	"
311031	短形波磁気録音再生方式	猪瀬 藤雄	38. 9. 26	410887	スタータダイナモ装置	島本 裕夫	"
311032	風呂の温度過熱警報装置	真利 俊彦	"	410888	電子レンズ用磁性材料	片桐 信二	"
311033	複数のポテンショメータを時差を有して動作せしめる装置	伊藤 誠司	"	410889	電子レンズ用強磁性材料	片桐 信二	"
311034	通信機の指示方式	山崎 誠司	"	410890	電話機用給電装置	岩田 幸二	"
311035	高感度サーボ掛算器	沼倉 俊郎	"	410891	直流機の整流改善装置	石川 博利	"
311036	通信機の指示方式	近浦 雄司	"	410892	収容箱に板状物体を連続的に収容する装置	長井 坦	"
311037	通信機指示方式	山崎 誠司	"	410893	半導体整流器故障検出装置	池田 正一郎	"
311038	自動車試験機の慣性補償装置	小川 儀郎	"	410894	移相器を含む送電系統の送電損失率算出方式	河竹 好一	"
311039	電弧消滅装置	細川 正男	"		河三本西橋	本間 四郎	"
311040	研削盤における砥石車往復動装置	近水 江康	"	410895	小型同期電動機起動装置	大西 和夫	"
311041	内部一様磁界型永久磁石	関田 壮良	"	410896	極数変換型電動機の制御装置	高橋 昭二	"
		沢田 喜久	"				
311594	可逆計数装置	前川 明男	38. 10. 18				
311595	巻上機の非常制動方法	氏渡 良富	"				
		若森 俊健	"				
		高原	"				

(67頁へつづく)