

標準時刻装置と時刻信号について

斎藤 成文・高中 泓澄・今野 操太郎

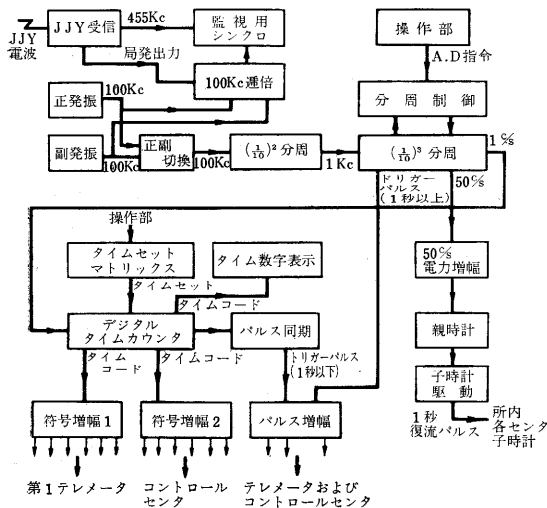
1. 概 説

本装置は JJY 標準電波により較正できる 1×10^{-7} の高精度水晶発振器出力を分周して各種繰返しパルス、正確な秒パルス、および 50 c/s を作り、秒パルスによって時刻論理にしたがったデジタルカウンタを駆動、2 進化 10 進符号にて発射場内に正確な時刻を与える一方、50 c/s の同期モータを回転させて大出力の 1 秒複流パルスを作り所内各センタの壁掛用 1 秒子時計を駆動する。また各種パルスはテレメータおよびコントロールセンタに送られ、各種装置のタイミング信号、同期信号になる。また当然デジタル時計用秒パルスおよび各種出力パルスは繰返しが正確であるばかりでなく、JJY 標準電波時刻信号とデジタル方式によりパルス位置を調整することができ、壁掛用子時計はアナログ方式によりパルススタート位置を調整することができるようになっている。以下本装置各部につき説明を述べる。

2. 構 成

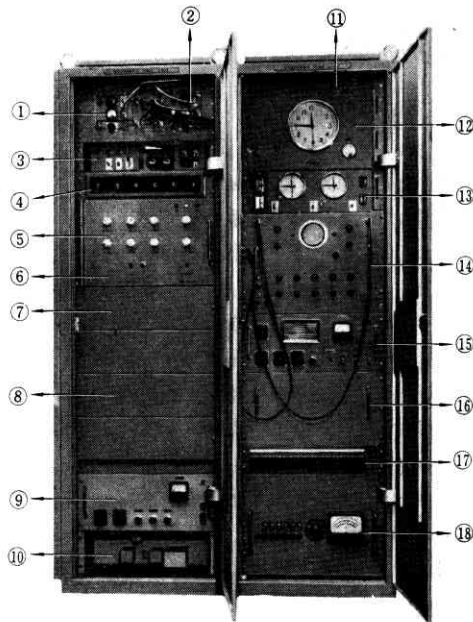
第 1 図に本装置構成の各部ブロック図を示す。発振部は装置の生命であるので主副 2 台の 1 Mc の発振器を置き精度はいずれも 1×10^{-7} である。発振器は発振器自

振器に切り換えられかつ警報を出す。正発振器への復帰は正発振器のレベル確認の後手動にて行なう。正副切換器よりの 100 Kc 出力はその後分周部に与えられ 1/10 ずつ 5 回分周され 1 秒出力となる。この分周部は JJY 時刻信号パルスとパルス位置を ± 1 ms 以内に合わせるため 1/10 分周の下 3 桁の分周器は分周制御回路に結合され、パルス位置を調整の際は前面操作部にて選択された任意の段すなわち 10 ms 調整のときは 100 c/s より 10 c/s への分周段が進ませるか遅れさせるかによって、1/9 分周または 1/11 分周に分周比が変化しパルスの位置を 10 ms ずつ移動させるようになっている。またこの分周器は 1 秒以下の繰返しの 1 ms, 10 ms, 100 ms の各パルスを出すためのパルス出力増幅器へのトリガー信号および 100 c/s 段出力を 1/2 した子時計駆動用の 50 c/s 信号を 50 c/s 電力増幅部に与えている。なおこの分周器はパルス出力のジッタおよび立上がりがとくに小さく、かつ鋭く要求されていないのでクロックパルス選別方式を使用していない。分周器よりの 1 秒パルス出力はデジタルタイムカウンタに与えられ、タイムカウンタを 1 秒ごとに駆動する。タイムカウンタは各桁とも通常の 2 進法カウンタであるが各桁が順次秒位、10 秒位、分位、10 分位、時位、10 時位を表わし 24 時間で全部 0 にセットされるようになっているため、各桁 10 進、6 進と時計の進法と一致するようになっている。このカウンタはただ秒パルスで駆動されている限りにおいては、なんら絶対時刻と関係がなく無意味であるので、希望する時刻にカウンタの内容を希望する時刻にセットするために操作部にタイムセットが設置され希望する時刻に時刻をセットし、セット押ボタンを押すことによって、ダイオードマトリックによって操作部の 10 進数字で与えられた電圧が 2 進法に変換されカウンタの内容をセット時刻にセットする。通常この操作は JJY 標準時刻を耳でできくことを行なわれる。このカウンタの内容は 2 進化 10 進法にしたがって毎秒変化するが、この内容は符号増幅器を通じて 2 進化 10 進コードとして並列に外部に与えられた時刻を与えるし、また装置内の数字表示管部も与えら、再び 10 進法に変換され時刻をデジタルに表示する。なおこの外繰返し 5, 10, 20, 30, 60 の出力パルスはパルス同期部によってタイムカウンタの内容と同期して外部に与える。次に壁掛用子時計の駆動であるが前に述べたように分周段で作られた 50 c/s を同期モータを回転させる電力に増幅してのちの 50 c/s 同期モータに与えこれをギャーダウンして親時計を回転さ



第 1 図 構成ブロック図

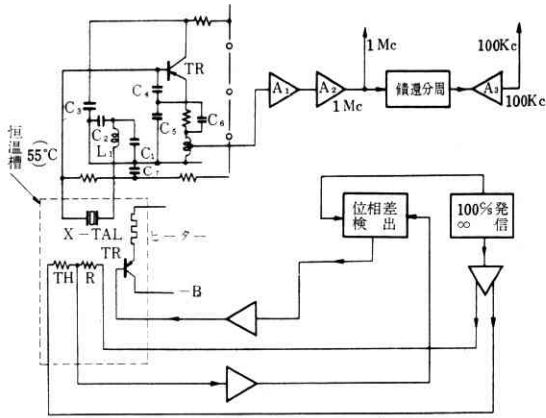
体内に内蔵している「き選分周器」により 1/10 に分周して 100 Kc で外部に出力を取り出す。通常は正発振器の出力が正副切換装置を経て分周段の 100 Kc パルス成型回路に与えられているが、正発振器が事故により発振レベルが 6 db 以上低下したときは自動的に正副切換器のレベル検出回路よりの信号により 200 ms 以内に副発



- | | |
|----------------|----------------------|
| 1. 正発振器 | 10. 50 c/s 電力増幅部 |
| 2. 副発振器 | 11. ゼナダイオード安定化電源(裏面) |
| 3. 正副切換器 | 12. 親時計 |
| 4. デジタルタイム表示器 | 13. パイロット子時計 |
| 5. 操作盤 | 14. 較正用2現象シンクロ |
| 6. 分周部(操作盤裏) | 15. JJY受信機 |
| 7. 打込パルス増幅部 | 16. シンクロ電源 |
| 8. デジタルタイムカウンタ | 17. ヒューズ盤 |
| 9. 100 Kc 連倍器 | 18. DC-DC コンバータ |

第2図 標準時刻装置外観図

せ、これに連動して回る回転ディスクによって、フォトトランジスタに与える光線を1秒ごとに変化させて1秒複流パルスを作り、このパルスを送り出して子時計を駆動する。実際上壁掛子時計は使用する側にとっても機械的に指針が動作し出すのを目視して時刻を知るものである。機械的の遅れ、知覚的の遅れがかなり大でかつ個人差がでやすいものゆえ、デジタルタイムコードのように数 μ sの精度は必要ないので、このように機械的な方法に

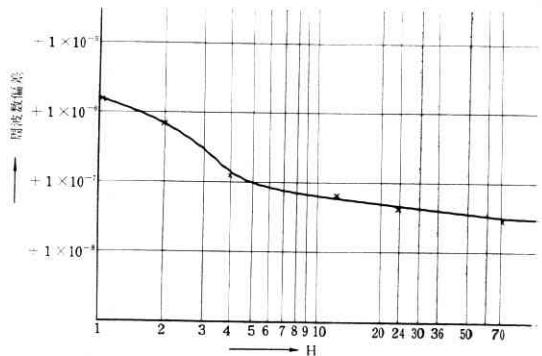


第3図 水晶発振器回路およびブロック
(図中 100 c/s は、1000 c/s の誤り)

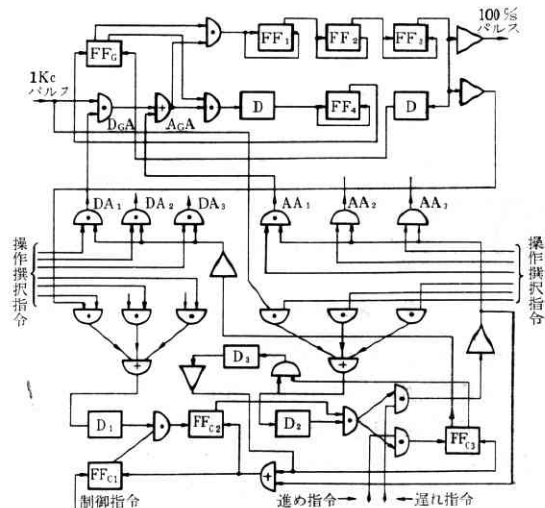
よって数 10 個並列に入る子時計駆動のための大出力を出しているし時刻の最終合せ精度もギヤ機構に差動ギヤの調整方式を入れることによって 100 ms にとどめている。この外 JJY 受信機, 100 Kc 連倍機, 較正用 2 現象シンクロスコープがあるがいずれも発振器較正, パルス位置修正, 標準時刻合せのための較正用装置である。なお装置の外観を第 2 図に示す。

3. 各部

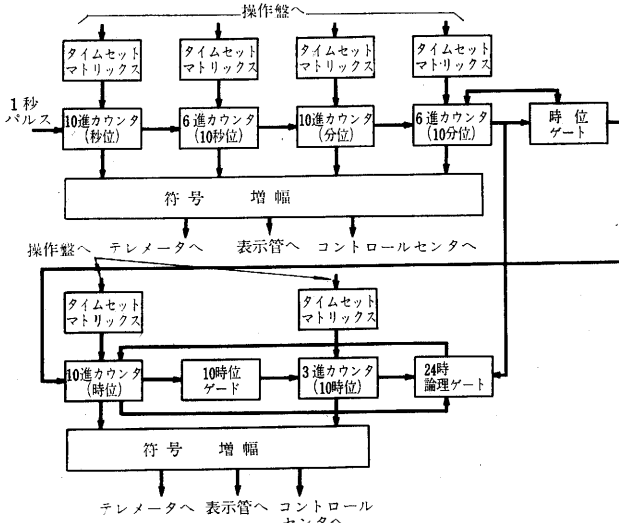
(1) 発振器第 3 図は正副 2 個の水晶発振器を示す。発振子はいわゆる「プラノコンベックス」の 1 Mc 発振子で Q が非常に高く C_T が極めて低い。回路は「ゲーリ、クラップ」発振回路で安定であり、かりに負荷の増幅器 A_1 の入力インピーダンスが $\pm 10\%$ の変動があつて、発振周波数の変動は 1×10^{-8} 以下に押えることができる。また発振子自体は魔法ピンの恒温槽に収納され、1,000 c/s の位相ブリッジにより常に温度制御されているので、外部温度の変動に対しても変動をほとんど受けることがない。第 4 図はこの発振器のスイッチイン後の周波数変動特性を示す。スイッチイン後約 4.5 時 \sim 5 時程度で 1×10^{-7} の精度に達するが、これは主と



第4図 発振器スイッチイン後の周波数変動特性



第5図 分周制御回路ブロック図

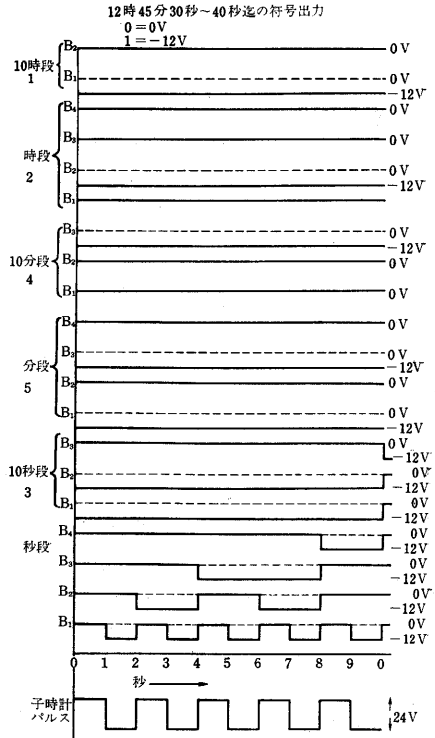


第 6 図 デジタル時計ブロック図

して恒温槽の温度がちょうど設定温度 55°C に達する時間であり約 3 日後 5×10^{-8} に達して安定する。この安定度は 1 日は 8.64×10^4 秒であるから 24 時間で 4~5 ms 標準時刻よりのズレを本装置が起こすことを示している。

(2) 分周器分周器は 100 Kc より 1 c/s までデジタルに $(1/10)^8$ まで分周する。正副切換器を通じて発振器よりの入力が 75 Ω 1V の連続波であるので入力で、波形成型を行ない 100 Kc のクロックパルスにしてから順次分周する。分周段はクロック・パルス選出方式を使用していないが、 T_r, T_f とも 50 mμs の FF を使用しているので、最終出力 1 秒パルスのクロックパルスに対するジッタ、遅延はともに 1 μs 以内である。この分周器は、1 秒パルス位置を標準時刻に ± 1 ms に合わせるために第 5 図に示す分周制御回路が下 3 段 1 Kc 以下の分周段に付加され、ms まで操作できる。すなわち遅延のときは D_{GA} の AND-GATE が 1 分周サイクルの次のサイクルの 2 番目の入力パルスを 1 個 CUT して入力パルス 11 個で 1 分周サイクルを完成させ、進めるときはその逆に A_{GA} の OR-GATE により 1 番目と 2 番目の入力パルス間に 1 個パルス挿入し、見かけ上入力パルス 9 個で 1 分周サイクルを完了して 1/11 または 1/9 分周にしてパルス位置を移動させる。この操作は較正用現象シンクロスコープを使用して、パルス位置相互関係を目視しながら操作盤を使用して手動で行なう。なお子時計用 50 c/s は 1 Kc~100 c/s 分周の出力より取る関係上 ± 1 ms の操作のときは両者関連するが 10 ms, 100 ms の操作のときは関連性がなくなるので、子時計駆動の親時計の差動ギヤを使用して別個に合わせなくてはならない。

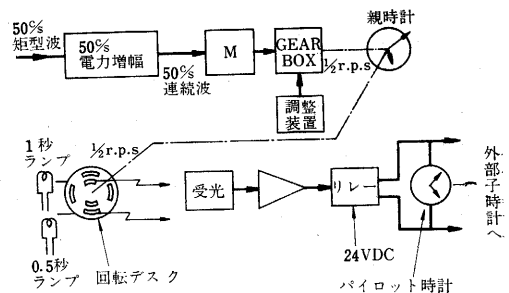
(3) デジタル時計および時刻信号 第 6 図にデジタ



第 7 図 デジタル時計時刻符号波形

ル時計部のブロック図を示す。各桁カウンタの内容はいずれも 4 ビットの 2 進法 10 進法にて表わされる。表示法は負の負論理で $1 = -12V$ または $-10V$ であり $0 = 0V$ である。このタイムカウンタ駆動パルスは秒パルスであるゆえ、カウンタの内容は 1 秒ごとに変わるので、内容を表示するコードは 1 秒間持続し、そのコードが変化した瞬間の時刻を表示する。第 7 図にちょうど時刻 12 時 45 分 30 秒より 40 秒までのこのデジタル時計の出力波形を示した。ただ 10 時位の B_4, B_3 10 分位の B_4 、10 秒位の B_4 の各符号は 4 ビットで表示する限り常に 0 であるので符号出力の中よりは除かれている。この表示に従うと、例を 12 時 45 分 36 秒にとれば、この符号出力は下より表示すると

$[0110 \ 110 \ 1010 \ 0010 \ 0100 \ 10]$ になる。なお各桁カウ
秒 10秒 分 10分 時 10時

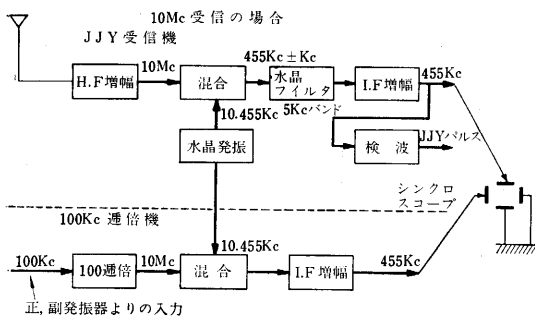


第 8 図 子時計駆動部ブロック図

ンタは瞬時方式を使用しているため、入力秒パルスに対して符号出力最大の遅れ、およびジッタは出力段において $5\mu\text{s}$ 以内であり、各桁にダイオードマトリックスの符号変換回路が付されて操作盤にてセットされた 10 進法による時刻セットを変換してカウンタのフリップフロップをセットするようになっている。

(4) 子時計駆動部および子時計動作 第 8 図に子時計駆動部のブロック図を示す。親時計と子時計の秒針の動作は機械的回転デスクの固定により連動されている。秒針の位置および標準時刻との「合せ」は調整装置によって差動ギヤを回転させアナログ的に行なう。また子時計が遅れているとき進ませることは 1 秒ランプと 0.5 秒ランプの切換によって行なわれる。また子時計は図のようにリレーの切換による複流パルスによって行なわれるから $\pm 10\text{ms} \sim 15\text{ms}$ の遅延および数 ms のジッタはさけることができないがこれは壁掛子時計のもつ性能上無視すべきものである。第 7 図の子時計パルス波形からもわかるように子時計はパルスの極性の変換するときより動作を始めるゆえ、たとえば 5 秒より 6 秒に指針が動作するとき 5 の位置より動作し始める時刻が 6 秒の正時である。

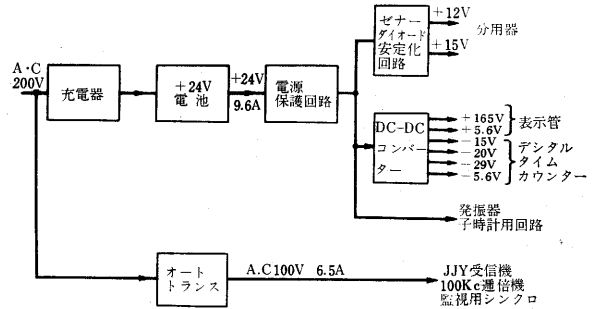
(5) 校正装置 第 9 図に発振器周波数校正方式を示す。校正の際は JJY 電波に雑音が多いので 455Kc で行なう。局部発振を水晶発振器としかつ受信機、通倍機ともに共用することによって不要の変動分をなくし両者



第 9 図 発振器校正ブロック図 (10 Mc 受信)

のリサージェをオシロで観測により行なう。実際は JJY 標準電波のフェージングを考慮に入れ、リサージェの 10 回以上の平均を数回にわたってとり周波数の偏差を決定し、第 3 図の C_1 を変えることによって修正する。 C_1 によって 2×10^{-6} 周波数を変化させることが可能である。1964 年 4 月 8 日より 4 月 14 日まで内之浦実験場で観測したデータは次の第 10 図でこの間の秒パルスの位置の変動と傾向的にはほぼ一致する。

(6) 電源装置 第 11 図に電源ブロック図を示す。



第 11 図 電源装置ブロック図

第 10 図 内之浦実験場における JJY との周波数偏差測定結果

月日	リサーチ 1 回転所要時間 (秒)	JJY 標準時刻パルスとのずれ (ms/DAY)	備考
4. 8	1.5	6~7	10 Mc で測定
4. 9	2	4	"
4. 10	5	2	"
4. 11	5~6	2	"
4. 12	5	3	"
4. 13	4~5	2~3	"
4. 14	5	2	"
4. 15	—	—	—

注 ただし発振器スイッチイン後 4.8 で 3 日目

主ルートは全部 +24V の電池より動作し、校正装置のみは AC 商用電源にて動作する。これは AC 電源にしばしば起こる瞬断の問題、および短い停電によって主ルートの誤動作、動作の停止をさけるためで 5 時間までの停電にはならさしつかえがない。

4. 結語—保守および将来に関して

本装置は本質的には時計であるが、一方各種打込みパルスを出力としたり、あるいはタイムカウンタ、符号増幅等通常の電子機器構成よりなっている。時計としてより考えると常にいかなるときに発生した誤動作も許されず、また発振器より考えると長期間の連続運転が望ましい。この点を考慮して主ルートには真空管のような短寿命のものは 1 個も使用していないが、保守に関してなお今後問題があると思う。また現在はロケットの飛行時間が短時間であるので問題はないが、将来人工衛星打上げの場合長時間の連続の場合各数百個のトランジスタ、ダイオードを使用しているため、経時劣化よりくる部品の劣化による不意の事故を予想することができるし、また避けることができないと思われるので、少なくとも分周、タイムカウンタは 2 台並列運転し、両者の一致をとり、誤動作の場合警報を出す方式が望ましいと考えられる。

(1964 年 8 月 18 日受理)