

琉球大学学術リポジトリ

パルスNQR実験のためのコンピューター制御パルスプログラマー

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学理学部 公開日: 2008-12-02 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: Horiuchi, Keizo, 堀内, 敬三 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/8367

A Computer Controlled Pulse Programmer for Pulsed NQR Experiments

Keizo HORIUCHI

General Education Division, University of the Ryukyus,
Nishihara, Okinawa 903-01, Japan

(Received 7 Nov. 1987)

Abstract

We constructed a computer controlled pulse programmer for the measurement of nuclear quadrupole resonance relaxation times. Programmable interval timer 8253 was used as device for pulse programming. The circuit is very simple and construction is also easy in comparison with the usual pulse programmer. This programmer is sufficiently useful concerning the pulse programming of simple pulse sequences such as $\pi-\tau-\pi/2$ and $\pi/2-\tau-\pi$, which are usually used in the measurement of relaxation times. We studied a Fourier Transform Spectrum and relaxation times using this pulse programmer.

パルスNQR実験のためのコンピューター制御パルスプログラマー

堀内敬三

要旨

核四極共鳴緩和時間の測定のためのコンピューター制御のパルスプログラマーを作成した。これはプログラマブルインターバルタイマー8253を用いてパルスプログラミングを行っており、従来のパルスプログラマーと比較して、回路が非常に簡単で、制作も容易であるが、通常の緩和時間の測定で用いられる $\pi-\tau-\pi/2$ and $\pi/2-\tau-\pi$ の様な単純なパルス系列のプログラミングに関しては十分有用である。このパルスプログラマーを用いてフーリエ変換スペクトルと緩和時間の測定を行った。

1. 序論

磁気共鳴の測定法は、大きく分けて定常法（連続波（c w）法）とパルス法の二つがある。定常法はラジオ波磁場を連続的に試料に照射して周波数領域の応答信号を得る方法であり、パルス法はパルス磁場を照射して時間領域の応答信号を得る方法である。周波数シンセサイザーから供給されるラジオ波がDCパルスによってオンオフのスイッチングを受けると、このラジオ波パルスが発生する。このDCパルスを作る装置がパルスプログラマーである。従って、パ

ルス系列の間隔 T_R やパルス間隔 τ はこのパルスプログラマーによって決定される。核四極共鳴 (Nuclear Quadrupole Resonance, 以下 NQR と略す) の場合, T_R は $1\text{ms} \sim 100\text{s}$, τ は $50\mu\text{s} \sim 10\text{s}$ ぐらいの範囲をカバーできることが望ましい。緩和時間が長い試料の場合にはこの上限はさらに長くなければならないが, 一般に NQR の緩和時間が 10s 以上になることはないのでこの程度で十分であると思われる。パルスプログラマーは市販品が簡単に入手できるが, 自作も容易なためいろいろな回路が考案されている。¹⁾ これらの多くは TTL IC によって回路が組み立てられており, パルス間隔等をカウンターから成るディレイ回路で調節するようになっている。本研究では, このパルスプログラミングをコンピューターで行う装置を考案した。

2. システムの概観

使用したコンピューターは NEC PC-9801E で, パルスプログラミングをコンピューターで行うために用いたデバイスはプログラマブルインターバルタイマー 8253 (C-MOS) である。この 8253 は CPU のプログラムに基づいて 6 種類のモードを出力することができるので, これらを組み合わせることによって希望するパルス系列を作ることが可能となる。パルスプログラマーはユニバーサルボード (ユーザーの自作回路をコンピューターに装備するための基板) PC-9801-04 にこの 8253 とアドレスデコード用の NOT と NAND を使用して組み立てた。図 1 に示したのは 8253 を二つ使用した 3 チャンネルのパルスプログラマーの回路図である。この 8253 からの出力は図 2 に示した単安定マルチバイブレイター 121 から成るパルスジェネレーターに入力され, 任意のパルス幅の DC パルスに整形されてトランスミッターに送られる。

3. プログラマブルインターバルタイマー 8253²⁾

8253 は図 3 から分かるように, 三つの独立した 16 ビットのカウンターとして構成され, この動作のモードは全て CPU のプログラムで決められる。 \overline{CS} (チップセレクト) 信号は, この回路動作全てを Enable (LOW) あるいは Disable (HIGH) する信号として, CPU のアドレスバスからデコーダを通して与えられる。 A_0 と A_1 は CPU のアドレスバスの 2 ビットで, この組合せによりカウンターの選択や, モード設定のコントロールワードレジスターの内容を決定する。 \overline{WR} (書き込み) は書き込みストロープ信号で LOW 信号の場合にモード設定やカウンターへのロードが実行される。 \overline{RD} (読み出し) は読み出しストロープ信号であるが, これは使用していない。

このデバイスの機能はシステムソフトウェアの中で一つの I/O ポート列として用いる事ができるようになっており, 各カウンターの動作は CPU より与えられるコントロールワードレジスターの内容によって決定される。PC-9801E は 256 コの I/O ポートを持っているが, そのうちユーザーが使用できるのは D0 ~ DF と EC ~ F0 の計 21 ポートである。このうちこのデバイスのための I/O ポートとして D1, D3, D5, D7, DD, DF を使用した。図 4 に示したコントロールワードレジスターのフォーマットでは, SC1 と SC0 でカウンターの選択, RL1 と RL0 でカウンターへの書き込み/読み出し方法の指定, M2, M1, M0 でモードの指定, BCD でバイナリーか BCD かの指定を行っている。

このデバイスではモード 0 からモード 5 まで 6 種類のモードを指定できるが, 今回パルスプログラミングのために使用したのは, モード 3 とモード 5 の二つのモードである。図 5 にこ

の二つのモードのタイミングチャートを示す。モード3は分周モードで、出力のHIGH状態がカウント値の二分の一の間だけ続き後の半分はLOWになる。モード5はゲート入力（トリガー）の立ち上がりエッジの後でカウンターがカウントを始め、ターミナルカウントに達したとき、1クロック分だけ出力がLOWになる。

4. パルスの発生

次にこの8253を使ってパルスプログラミングを行う方法を3チャンネルのパルスプログラミングを例にとって説明する。まずクロックであるが、通常これは水晶発振子を使用するけれども、ここではコンピューターのクロックを利用した。これはできるだけ装置全体のクロックの数を少なくするためである。パルス装置ではデジタル機器を多く使用しており、これらは各々クロックを持っているがこれは時としてノイズの原因となるからである。コンピューターのクロックは7.9872MHzなのでこれを直接使用するとパルス系列の間隔 T_R が最大で8.2msまでしかとれない。緩和時間の測定の際繰り返し時間の設定は重要であり、これは通常スピン-格子緩和時間 T_1 の7~10倍にとる。 ^{35}Cl NQRの T_1 は格子振動が支配的な緩和機構である場合、相転移の影響があるような特別な場合を除いて、普通10msより短くなることはほとんどない。従って T_R が最大で8.2msまでしかとれなくてはほとんどの場合緩和時間の測定を行うことはできない。そこでまずカウンター0をモード3すなわち分周モードで使用して、プログラマー全体の基本クロック(Base Clock)を作ることにした。これによって最大で $(2^{16}-1)$ 倍分周できるので、基本クロックは125nsから8.2msまでの値をとることができる。こうすれば繰り返し時間は最大で500s以上とれるので、NQRの測定には十分である。このようにして任意の周期に分周されたカウンター0からの出力はカウンター1とカウンター2のCLK、さらにもう一つの8253のカウンター2（ここではこれを便宜上カウンター3と呼ぶことにする）のCLKに基本クロックとして入力される。

この三つのカウンターで3チャンネルのパルス列を作るわけであるが、まずカウンター1をモード3に指定する。次にこのカウンターにパルス系列の間隔、すなわち繰り返し時間をカウント値として入力する。OUTの立ち上がりでパルスが出るようにすれば、カウンター1のOUTは常に第一パルスを発生させることになる。このカウンター1の出力は同時にカウンター2のGATEにも入力させる。次にカウンター2をモード5に指定する。このカウンターに第一パルスと第二パルスの間隔 τ_1 をカウント値として入力する。OUT1がトリガーとなり、その時点からカウントを初めてカウントをし終わると1クロック分だけ出力がLOWになる。このOUT2のネガティブエッジでパルスが出るようにすれば、カウンター2のOUTは第二パルスを発生させる。このカウンター2の出力は同時にカウンター3のGATEにも入力させる。このカウンター3も同時にモード5に指定し、第二パルスと第三パルスの間隔 τ_2 をカウント値として入力する。OUT2がトリガーとなり、カウンター2の場合と同様にしてカウンター3の出力が第三パルスを発生させる。さらに8253を増やし、各カウンターをモード5で使用していけば、原理的には何チャンネルのパルスプログラミングでも可能である。またのシステムでのパルス系列の最大間隔は538秒なのでそれ以上長くしたい場合には、先ほど述べた基本クロックを作る過程でさらに分周モードの段階を増やしてやればよい。

各カウンターからの出力はそれぞれシングルショット121に入り、トリガーパルス及び最終的な（トランスミッターに入力される）DCパルスが得られる。（図2）。121はトリガー

が入ったときにパルスを一発だけ発生するICで、発生したパルスの幅は外づけの抵抗及びコンデンサーの値によって決定される。パルス幅の調整は重要なのでポテンシオメーターを使用してパルス幅がアナログで微調整できるようにした。

カウンター1に8, カウンター2に2, カウンター3に2のカウンタ値を入力したときの8253及び121からの出力の様子を図6に示す。121はネガティブエッジでパルスを発生させるので、カウンター1の出力はINVERTERを通して121に入力されている(図2)。

5. プログラム

先ほども説明したように8253はCPUからの指令で動くので、このパルスプログラマー/ジェネレーターを実際に作動させるためのプログラムソフトが必要である。 T_R , τ_1 , τ_2 といった数値をキーボードから入力するにはBASICモードで行うほうが便利なので、数値入力プログラムはBASICで作成し、8253への入力プログラムはマシン語で作成した。図7, 8に示したプログラムは前記の3チャンネルパルスジェネレーターを駆動するために作成したものである。BASICプログラムにおいて、100~120行ではマシン語プログラムの呼び出しが行われ、130~160行で基本クロックの長さ、 T_R , τ_1 , τ_2 等パルス系列に必要な数値の入力が行われている。180行以下ではこの入力数値を16進数に変換し、その数値をCALL文の引数としてマシン語プログラムに引き渡す(380行)。

マシン語プログラムのうち0000~0090では引数の引渡し及び0091~009A番地へのデータの転送を行っている。引数をマシン語プログラムに渡すためにはレジスター(アキュムレータ(AX), ベース(BX), カウント(CX), ソースインデックス(SI), エクストラセグメント(ES)の五つ)を使用するが、0000~0004でそのレジスターの内容をスタックポインタに一時退避させる。0005~0013で引数A%を0091番地に転送する(0005~000Cで引数の置かれているアドレスを得、000D~000Fでデータをアキュムレータに転送し、0010~0013で0091番地のメモリーにそのデータを転送する)。以下同様に0014~0022で0092番地にB%を、0023~0031で0093番地にC%を……という具合に引数の引渡しを行い、最後に008B~008Fでスタックポインタに退避させてあったレジスターの内容をレジスターにもどす。8253への入力プログラムは009B~00E8で、このうち009B~00AAで各カウンターのモードの指定を行い、00AB~00DAで各カウンターに0091~0098番地にある数値の入力を行っている。

6. 結果

我々はこのパルスプログラマーを、パルスFT NQR分光器の製作の一環として作製し、 $[(\text{CH}_3)_2\text{-NH}_2]_2\text{SnCl}_6$ の ^{35}Cl NQR フーリエ変換スペクトルとスピン-格子緩和時間の測定を行った。³⁾ その結果このコンピューター制御のパルスプログラマーがパルスNQRの測定に十分使えることが分かった。このパルスプログラマー/ジェネレーターの利点は部品が非常に少ないのでコストが安くつき、回路が簡単なので誰にでもすぐ作ることができることである。またコンピューターを使用しているので測定の自動化が容易にできることも重要な利点である。緩和時間が非常に長い試料、あるいはS/N比が悪くて多数回の積算が必要な試料を測定するときには、測定の自動化は非常に便利である。

謝辞

本装置を作製するに当たって、名古屋大学理学部化学教室の中村大雄教授並びに池田龍一助教授から貴重な御助言をいただきました。ここに深く感謝致します。

参考文献

- 1) パルスプログラマーの回路は多くあるが、比較的容易に自作できるものとして、
D.G.Taylor, S.Booth and P.S.Allen, J.Phys.E7 (1974) 105
が挙げられる。またコンピューター制御によるパルスプログラマーは、
 - a) F.Carson and R.F.Hersog, J.Magn.Resonance, 31 (1978) 357
 - b) T.Cosgrove, J.S.Littler and K.Stewart, *ibid.*,38 (1980) 207
- 2) 日本マイクロコンピュータ教育事業部編 “マイクロコンピュータ教科書” ワグナー出版 (1978) 276
- 3) K.Horiuchi, R.Ikeda, and D.Nakamura, Ber.Bunsenges.Phys.Chem., 91 (1987) 1351

Slot Bus Terminal Number

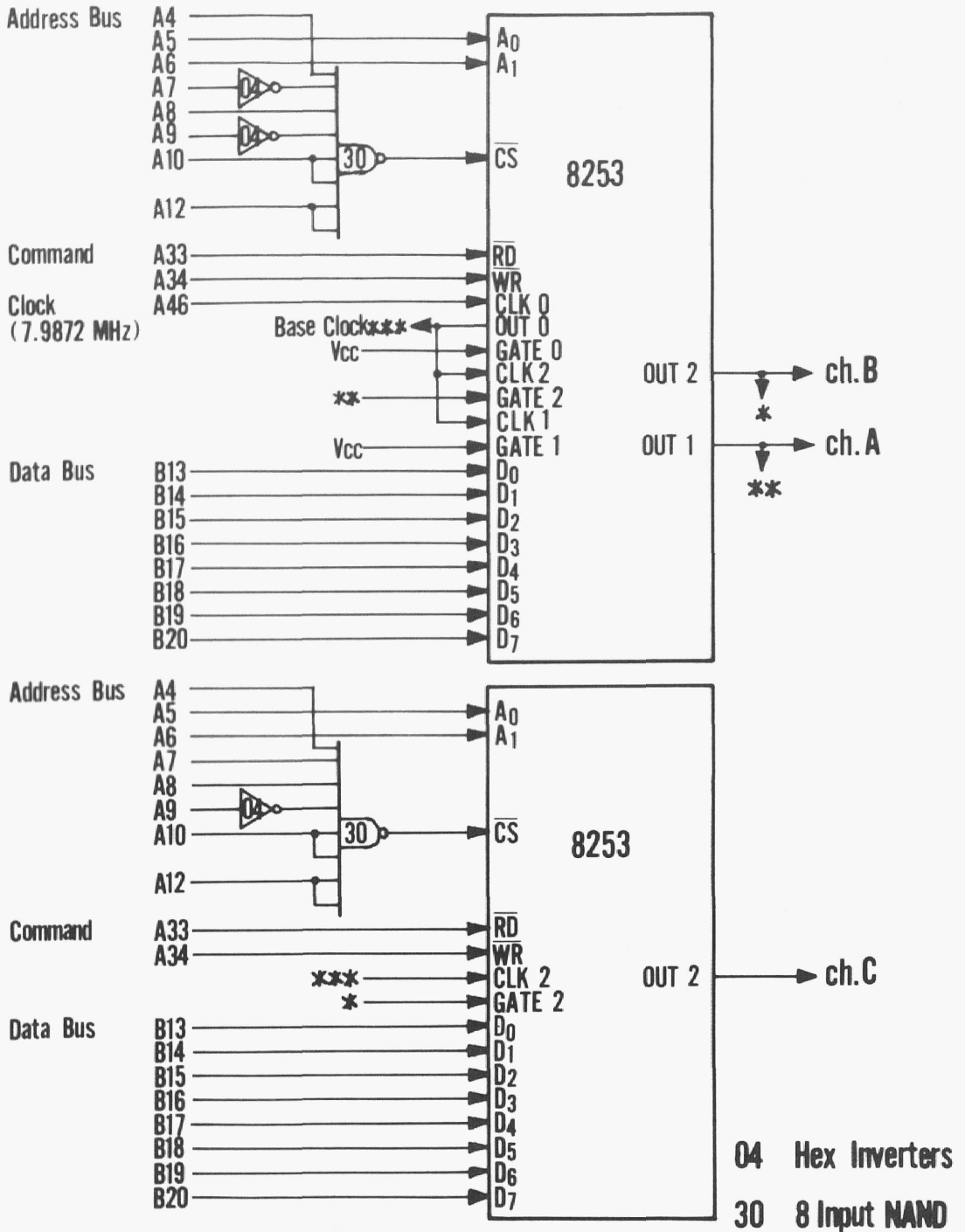


図1 パルスプログラマーの回路図

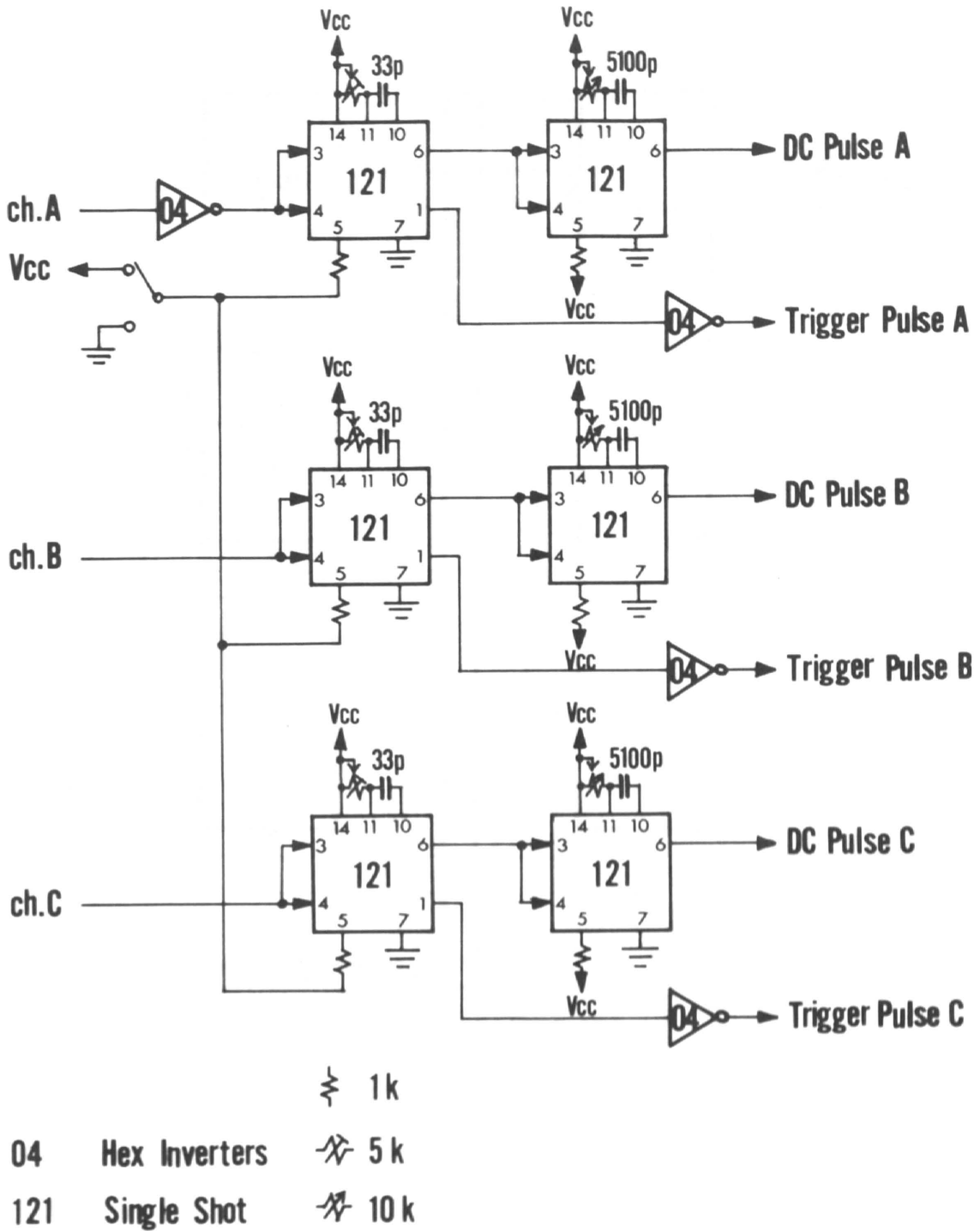


図2 パルスジェネレーターの回路図

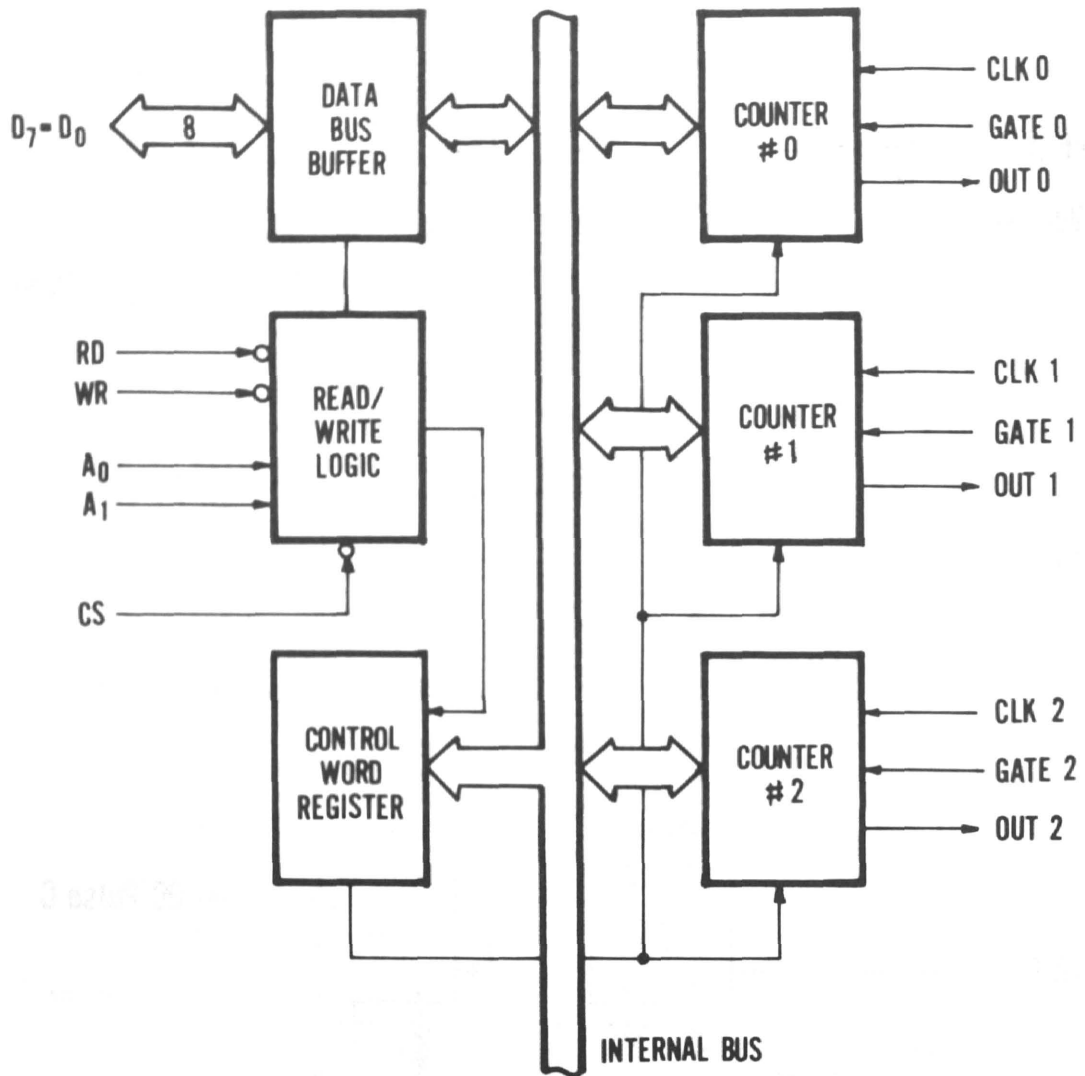


図3 8253のブロックダイアグラム

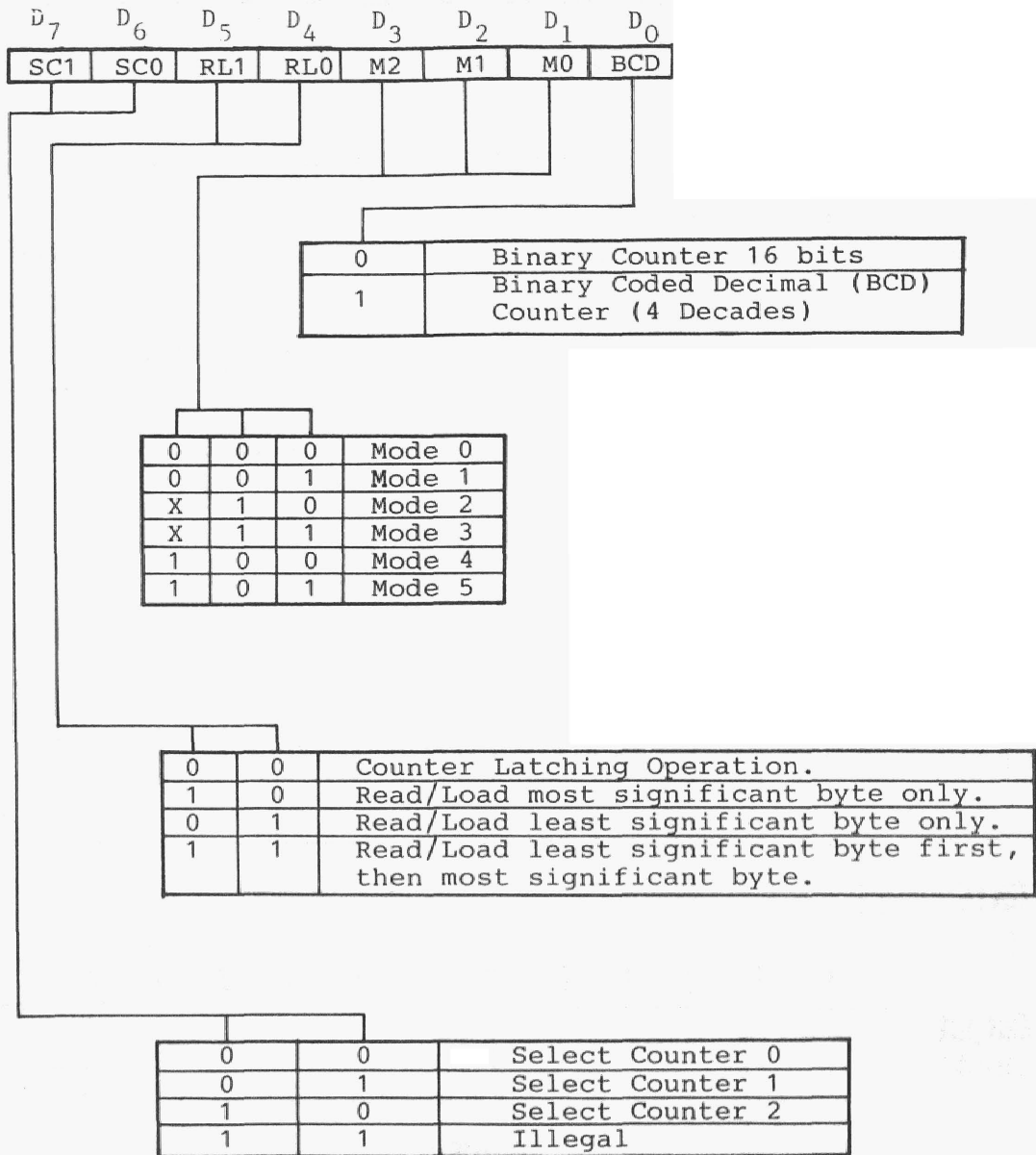


図4 コントロールワードレジスタのフォーマット

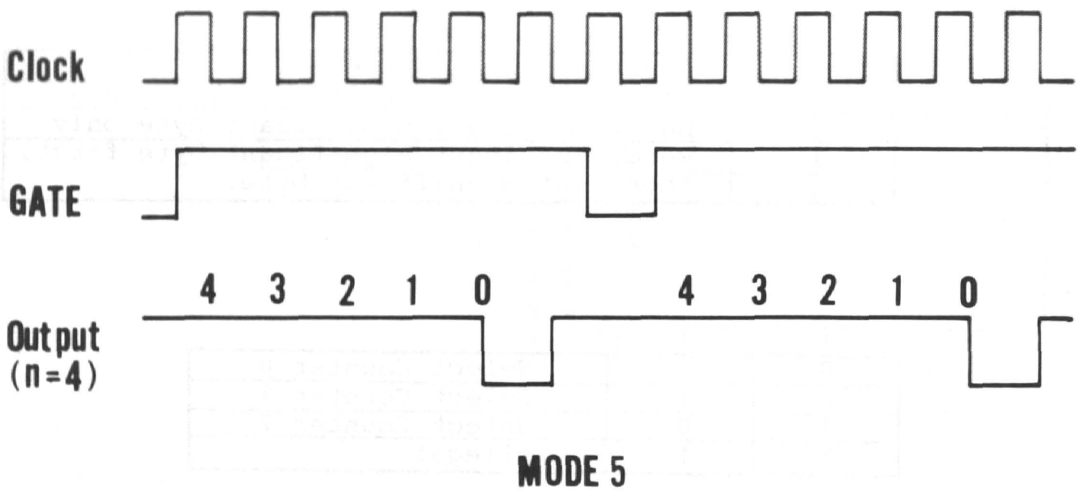
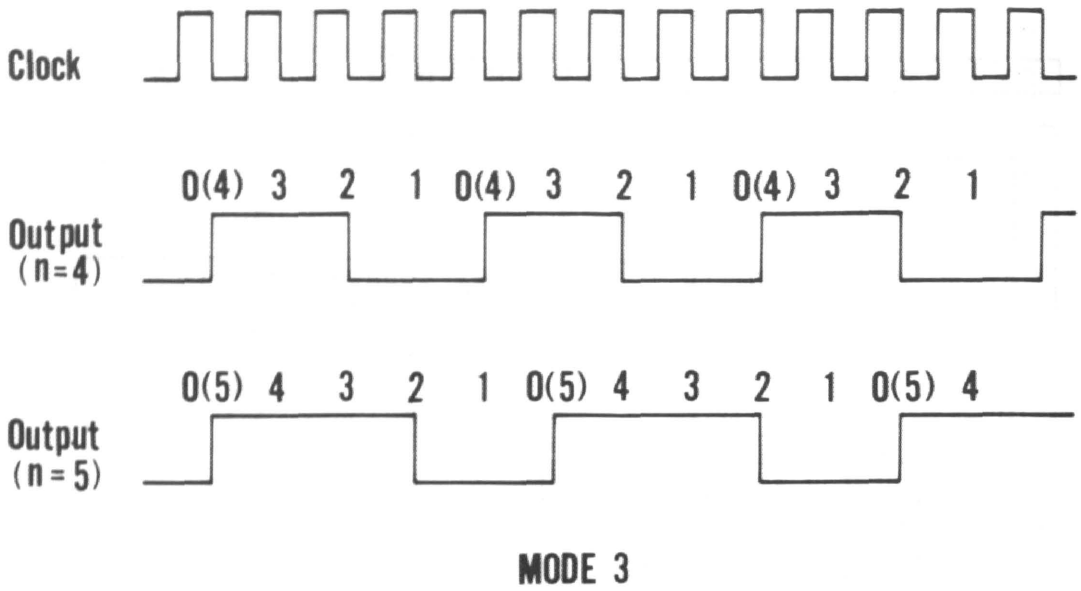


図5 モードのタイミングチャート

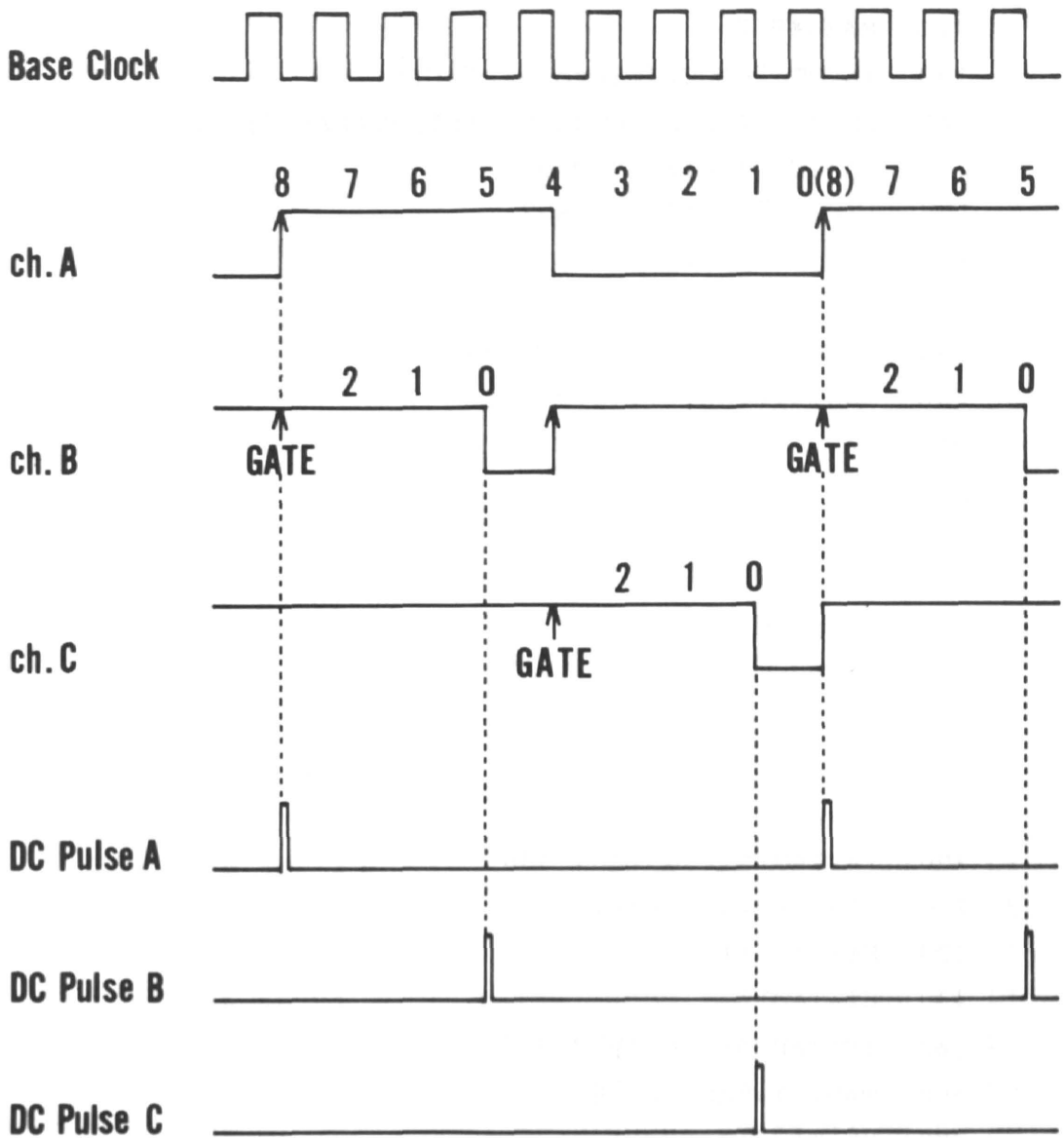


図6 パルスプログラマー及びパルスジェネレーターからの出力例

```
100 DEF SEG=&H5700
110 BLOAD "FT"
120 MAX=&H58
130 INPUT "CLOCK/micro sec";CLK
140 INPUT "PULSE SEQUENCE INTERVAL/ms";PSI
150 INPUT "TAU1/ms";TAU1
160 INPUT "TAU2/ms";TAU2
170 INPUT "INCREMENT";I%
180 CLK%=CLK*7.9872-1
190 PSI%=(PSI*7.9872)/CLK%+1
200 TAU1%=(TAU1*7.9872)/CLK%-1
210 TAU2%=(TAU2*7.9872)/CLK%-2
220 IF CLK%<256 THEN 250
230 CLK1%=CLK%/256
240 B%=CLK1%
250 A%=CLK%
260 IF PSI%<256 THEN 290
270 PSI1%=PSI%/256
280 D%=PSI1%
290 C%=PSI%
300 IF TAU1%<256 THEN 330
310 TAU11%=TAU1%/256
320 F%=TAU11%
330 E%=TAU1%
340 IF TAU2%<256 THEN 370
350 TAU21%=TAU2%/256
360 H%=TAU21%
370 G%=TAU2%
380 CALL MAX(A%,B%,C%,D%,E%,F%,G%,H%,I%)
390 MON
400 END
```

図7 数値入力プログラム

0000	50 53 51 56 06	0064	8B 77 08
0005	8B 4F 22	0067	26 8B 04
0008	8E C1	006A	2E A3 06 00
000A	8B 77 20	006E	8B 4F 06
000D	26 8B 04	0071	8E C1
0010	2E A3 00 00	0073	8B 77 04
0014	8B 4F 1E	0076	26 8B 04
0017	8E C1	0079	2E A3 07 00
0019	8B 77 1C	007D	8B 4F 02
001C	26 8B 04	0080	8E C1
001F	2E A3 01 00	0082	8B 37
0023	8B 4F 1A	0084	26 8B 04
0026	8E C1	0087	2E A3 08 00
0028	8B 77 18	008B	07 5E 59 5B 58
002B	26 8B 04	0090	CF
002E	2E A3 02 00		
0032	8B 4F 16		
0035	8E C1	009B	B0 B6 E6 D7
0037	8B 77 14	009F	B0 36 E6 D7
003A	26 8B 04	00A3	B0 7A E6 D7
003D	2E A3 03 00	00A7	B0 BA E6 DF
0041	8B 4F 12	00AB	2E A0 91 00 E6 D5
0044	8E C1	00B1	2E A0 92 00 E6 D5
0046	8B 77 10	00B7	2E A0 93 00 E6 D1
0049	26 8B 04	00BD	2E A0 94 00 E6 D1
004C	2E A3 04 00	00C3	2E A0 95 00 E6 D3
0050	8B 4F 0E	00C9	2E A0 96 00 E6 D3
0053	8E C1	00CF	2E A0 97 00 E6 DD
0055	8B 77 0C	00D5	2E A0 98 00 E6 DD
0058	26 8B 04	00DB	2E A1 95 00
005B	2E A3 05 00	00DF	2E 03 06 99 00
005F	8B 4F 0A	00E4	2E A3 95 00
0062	8E C1	00E8	F4

図8 パルスプログラマー駆動プログラム