

微机原理 实验指导书

郑州大学计算机科学系

一九九一年六月



一. TP801—Z80单板机的结构和原理	1
二. TP801—A使用说明	7
三. 86—4C微机故障逻辑实验箱使用说明	13
四. 基本程序设计实验	20
实验一. 熟悉键盘操作	20
实验二. 简单程序练习	28
实验三. 分支与循环程序	34
实验四. 堆栈和子程序及查表技术	38
实验五. 单板机显示程序设计	46
实验六. 不同进位制数相互转换程序设计	54
实验七. 存储器扩充	60
实验八. 接口扩充实验	65
实验九. Z80—CTC应用实验	69
实验十. Z80—PIO接口实验(1)	72
实验十一. Z80—PIO应用实验(2)	81
实验十二. A/D转换实验	90
实验十三. D/A转换实验	96
五. 附录:	99

7-211.
張

第一节 TP801—Z80单板计算机 的结构与原理

一、概述

TP801—Z80单板计算机的原理如图所示。它有三条总线：数据总线DB，地址总线AB，控制(总)线CB。挂到这三条总线上的器件有下列三类：

- 1、Z80—CPU；
 - 2、存储器：有ROM、PROM1、PROM2、RAM；
 - 3、接口电路：有Z80—PIO、Z80—CTC、键盘和显示、录音机的接口；
- 此外，尚有译码电路、时钟和复位电路等。

二、时钟

时钟信号用于协调微型机内各部分的动作，使其有条不紊地进行操作。晶体振荡电路的频率为3.9936MHZ(兆赫)，经分频成为1.9968MHZ的CPU时钟频率。CTC时钟频率略低于2MHZ，时钟周期接近于500NS，从而可以使用8080A的接口芯片以及廉价的存储器。

三、Z80—CPU

Z80—CPU是TP801单板计算机的心脏，提供主要的控制信号来检测显示器和键盘以及进行读出和写入的存储器。Z80—CPU有一条16位的地址总线，一条8位的双向数据总线，一条13位的控制(总)线。13个控制信号中本机使用9个，未使用HALT、RFSH、BUSRQ、BUSA $\overline{K}$ 信号(BUSRQ输入线接高电位，使其无效)。所以总线均接向布线区和S—100总线开孔，以供用户附加电路时使用。

四、存储器

1、存储空间分配

存储空间的分配及片选信号见表1。

TRBUG—A监控程序安排在最下面的2K字节(其地址号0000—07FFH)。

0800—0FFFH为2K字节的PROM1，其中可存放用户的应用程序。

1000—17FFH为2K字节的PROM2，结果用户的应用程序超过2K字节，则可继续存放在PROM2。此外，TPBUG—A还可对插座的EPROM进行写入。

1800—1FFFH 2K字节，没被使用。

表1:

TP801的存储分配

地 址	器 件	A15-11	A10-A0	译码器的有效输出
3800-3FFFH	没 用	00111	可 变	$\overline{Y7} = \overline{CS7}$
3000-37FFH	没 用	00110	可 变	$\overline{Y6} = \overline{CS6}$
2800-27FFH	2KRAM2(U ₁₁ -U ₁₂)	00101	可 变	$\overline{Y5} = \overline{CS5} = \overline{RAM2SEL}$
2000-27FFH	2KRAM1(U ₁₃ -U ₁₄)	00100	可 变	$\overline{Y4} = \overline{CS4} = \overline{RAM1SEL}$
1800-17FFH	没 用	00011	可 变	$\overline{Y3} = \overline{CS3}$
1000-17FFH	2KPR0M2(U ₉)	00010	可 变	$\overline{Y2} = \overline{CS2} = \overline{PROM2SEL}$
0800-07FFH	2KPR0M1(U ₈)	00001	可 变	$\overline{Y1} = \overline{CS1} = \overline{PROM1SEL}$
0000-07FFH	2KPR0M (U ₇)	00000	可 变	$\overline{Y0} = \overline{CS0} = \overline{MONSEL}$

表2

RAM的存储分配

地址空间 TPBUG	用 途	字节数 TPBUG-A	插座编号
2FFF	TPBUG-A使用的RAM		
2FC0	暂存区和断点表	64	
2FBF	TPBUG-A四个用户程序		
2FB8	入口地址		
2FB7	用户程序寄存器有效区		
2FA0	用户程序 工作区	24	
2F9F			
2F88	监控程序 工作区	24	
2F87	RAM2的用户程序工作区(1)	904	
2C00			
2BFF	RAM2的用户程序工作区(2)		
2800	——任选	1K	
27FF	RAM1的用户程序工作区(2)		
2400	——任选	1K	
23FF	RAM1的用户程序工作区	1K	
2000			

U20-U23

RAM2

U16-U19

RAM1

2000—27FFH为2K字节的RAM1，其中2400—27FFH的1K字节为任选。

2800—2FFFH为2K字节的RAM2，其中2800—2BFFH的1K字节为任选。

RAM(即RAM1和RAM2)的存储分配如表2所示。

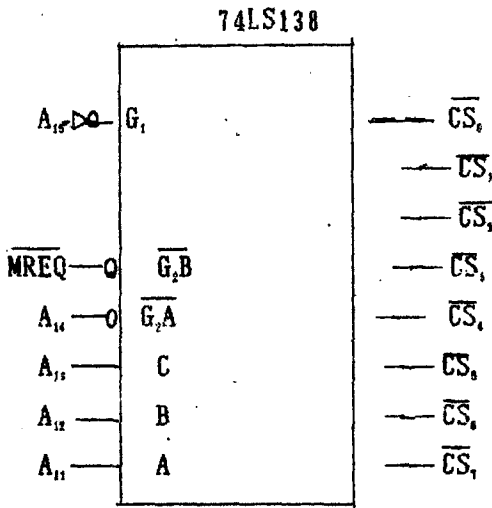
3000—37FFH为2K字节，没被使用。

3800—3FFFH为2K字节，没被使用。

2、存储器译码

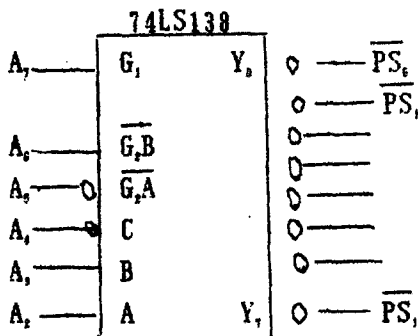
存储器的译码是由74LS138中取一译码器来完成。根据输出线全部用完可组成16K字节存储容量。用MREQ参予译码，目的在于与访问接口相区别。

3、可供扩充的译码线



这里有三条地址译码线($\overline{CS}_7$ 、 $\overline{CS}_6$ 、 $\overline{CS}_5$)尚未用完，用户可以用来扩充内存。

五、I/O接口



1、I/O译码及空间分配

(1) 74LS138作为接口地址译码，译码器将I/O口每四个为一组，每次选中一组，如表3。与内存译码不同的是：没有将IORQ直接加到它的输入端或控制端，在利用它的输出信号时，应注意到这一类区别，以便正确识别接口。

表3

译码器输入信号		所代表的	译码器的	选中的接口芯片
A7-A2	A1A0	口地址	输出信号	
100000	00	80H	Y0 = PS0	PIO口A数据寄存器
	01	81H		PIO口B数据寄存器
	10	82H	= PIOSEL	PIO口A命令寄存器
	11	83H		PIO口B命令寄存器
100001	00	84H	Y1 = PS1	CTC 0通道
	01	85H		CTC 1通道
	10	86H	= CTC SEL	CTC 2通道
	11	87H		CTC 3通道
100010	××	88-8H	$\overline{PS}_1$	七段选择(只写)
100011	××	8C-8FH	$\overline{PS}_2$	数位 (只写)
100100	××	90-93H	$\overline{PS}_3$	读键值(只读)
100101	××	94-97H	$\overline{PS}_4$	未用
100110	××	98-9BH	$\overline{PS}_5$	未用
100111	××	9C-9FH	$\overline{PS}_6$	未用

(2) 具体接口地址分配

(3) 可供扩充的接口译码线

其中 $\overline{PS}_1$ 、 $\overline{PS}_2$ 、 $\overline{PS}_3$ 都未用到，利用这些信号，再加上A1与A0可以区分12个接口地址，可用于接口扩充。

2、Z80-PIO

Z80-PIO是通用的并行I/O口芯片。它有两个8位的口。每个口有两根联络线。Z80-PIO的两个口全部供用户使用，本机并不占用，因而这些线都接向布线区，可供用户附加电路。

每个口都可以使用联络线进行中断控制，且采用IM2中断方式。

3、Z80-CTC

Z80-CTC有四个通道：

通道0——供用户使用，中断服务程序的起始地址为2FD6H。

用户可在2FD6处安排一个转移指令，转移到中断服务程序。

通道1——用于“CASS DUMP”键的动作程序。该程序将RAM中信息转储到盒式录音机的磁带中。该通道的中断服务程序的起始地址为0732H。

通道2——用于PROM PROG键、SINGLE STEP键和MON键的动作程序。在PROM PROG键的程序中，通道2仅用来产生52MS的脉冲。在SINGLE STEP键和MPON键的动作程序中，通道2用来产生不可屏蔽中断。它们都没有使用IM2中断方式，因而也不需要中断矢量。该通道的中断服务程序的起始地址为2FFD。

通道3——用于“CASS LOAD”键的动作程序。该程序将盒式录音机磁带中的信息传送到RAM中，该通道的中断服务程序的起始地址为079DH。

通道0的输入和输出都接向布线区以供用户使用。

4、显示

D7				D0			
×	G	F	E	D	C	B	A

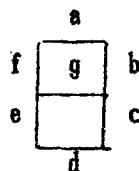
$$D_i = \begin{cases} 1 & \text{对应段不发光} \\ 0 & \text{对应段发光} \end{cases}$$

(1)段选码概念

每个七段发光管显示器由A·B·C·D·E·F·G七段组成，它们依次排列成“日”字型。

(2)位选码的概念

单板机共有六个七段发光管，常用左面的四位数字代表十六进制地址，右边的两位代表指令码或十六进制数据。



D7				D0			
0	0	DG0	DG1	DG2	DG3	DG4	DG5

$$D_i = \begin{cases} 1 & \text{对应位被选中} \\ 0 & \text{对应位被禁止} \end{cases}$$

(3) 改变七段显示字符的基本要点

段选码 $\rightarrow$ (88H)口

位选码 $\rightarrow$ (8CH)口

5、键盘

单板机用的简易键盘共有28个键，12个命令键和16个数字键，它们排列在一个6行 $\times$ 5列的方阵中。

可以用“行码”和“列码”来识别键盘的某一个键。

“行码”与各行的对应关系是：

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
×	×	第	第	第	第	第	第
		六	五	四	三	二	一
		行	行	行	行	行	行

$$D_i = \begin{cases} 1 & \text{对应的行开启} \\ 0 & \text{对应的行禁止} \end{cases}$$

“列码”与各列的对应关系是：

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
×	×	×	第	第	第	第	第
			五	四	三	二	一
			行	行	行	行	行

$$D_i = \begin{cases} 1 & \text{无键合上} \\ 0 & \text{有键合上} \end{cases}$$

应用逐行扫描读出列码的办法来识别所按下的键。

6、录音机接口电路

(1) 转储(DUMP)

转储过程中采用了“堪萨斯(KANSAS)城标准”的记录技术。具体参看IP801 Z80单板机使用手册。

(2) 输入(LOAD)

输入录音机的脉冲信息，经过限幅、整形、频率检测器的鉴别，并拼装成一

个ASCII字符，再由程序转换成二进制数。

TP801 鍵盤配置

2FB8	2FBA	2FBC	2FBE	
PROM	MOVE	PORT	BP	
DISP	REG	DUMP	LOAD	
MEM	REG	LAST	NEXT	
7	8	9	A	MON'
H	L			
4	5	6	B	MON
IX	IY	I		
1	2	3	C	STEP
PC	SP	IFF		
0	F	E	D	EXEC

第二节 TP801—A 使用说明

*** 一、按钮S1(红色)——位于机器右侧中部**

功能:对整机提供复位(RESET)信号。

用法：机器接通电源后，按S1则数码管最左边的一位会出现机器响应符“P”。

说明机器已在监控程序管理下准备接受用户的各种命令。

※二、开关S2(黑色长方形)——位于S1下方

功能:开关S2有两个位置,即:

1、向上拨动打倒“MON”位置。此位置的作用是机器复位后处在监控程序管理下,此时,显示器出现“P”。

2、向下拨到PROM1位置,则在按S1(复位键)后,在机器完成了初始化后直接运行PROM1内的程序(此时就不在监控程序的管理之下工作)。

三、开关S3(黑色长方形)——位于S2下方

功能:开关S3有两个位置,即:

1、向上拨到“READ”位置,即处在监控程序下进行工作。

2、向下拨到“PGM”位置,即处于EPROM的写入状态

四、十六个数字键即0-9、A、B、C、E、D、F。

功能:

1、用来向计算机输入十六进制数字。这些数字可以组成四位十六进制的地址,它显示在数码管的左边四位。也可以组成两位十六进制数据,则在数码管的右边两位显示。

2、用于选择寄存器:当要求检查寄存器内容时,用一部分十六进制数码来选择寄存器。

(1)与要选择寄存器A、B、C、D、E、F。(标志位寄存器)时,可按相应的十六进制数字键A、B、C、D、E、F。则在数码管的最左边显示A、B、C、D、E、F。等寄存器号,在最右边两位显示相应的寄存器的内容。

(2)当要选择H、L、IX、IY、I、PC、SP、IFF等寄存器时,则相应地按数字键7、8、4、5、6、1、2、3则在数码管的最左边一位显示所按的数字键,但它代表相应的寄存器,即7代表H,8代表L...,3代表IFF。在数码管的右边两位显示该寄存器的内容。

五、十二个功能键的使用说明:

数字键右则有四个键MON'、MON、STEP、EXEC。

数字键上方有八个功能键,这八个键可以实现十六种命令。每个键上有两种命令。横线上方的键符为上档键,受MON'键控制,横线下方的键符为下档键,受MON键控制。

1、MON键(MON ITOR监控键)

用途:

(1)使机器进入监控程序;

(2)中止现行程序的执行:若在程序的运行过程中按MON键,则在保护CPU内部寄存器后返回监控程序,在最左边的数码管显示出提示符“P”。此功能可使当程序进入死循环时,退出死循环。

(3)中止或退出当前的命令或输入的数据:无论在执行任何命令或输入任何数据时,按MON键,则中止当前的命令返回监控,显示提示符“P”。只有终止了前一个命令,方能进入下一个命令。所以,按MON键是结束一个命令操作的正常措施。

同时,按下MON键后,是下档功能键起作用。

注意:MON键与RESET键都使用机器进入监控程序,但前者能保护CPU各寄存器的内容,而后者不保护。

2、MEN键(EMNORY EXAMINE存储单元检查键)

用途:按此键可检查或更改RAM中的某存储单元的内容,利用更改存储单元内容的方法来输入程序,利用检查存储单元的内容可调试程序。

3、NEXT键

用途:

(1)检查或修改下一个RAM单元或I/O端口内容;

(2)检查EPROM编程时的下一个错误。

4、LAST键

用途:检查或修改上一个内存单元的内容。

5、REG键(REG ISTER EXAMINE寄存器检查键)

用途:检查或修改CPU内部寄存器A、B、C、D、E、F、H、L、I、IFF、PC、IX、IY的内容。SP的内容只能读出,不能写入。

注意:寄存器内容的修改或检查,不能用NEXT键连续检查。每检查完一个寄存器的内容后,就用MON键中止命令返回到监控程序,再按下一个要检查的寄存器号,并按REG键完成新的寄存器检查。

6、EXEC键(EXEC UTE连续执行程序键)

此键用来连续执行存放在RAM、ROM或EPROM内的程序。

使用方法:(1)当程序输入完成后,按MON键,机器显示“P”,再输入程序的起始地址,并按EXEC键,则程序从输入地址开始运行。若程序中有HALT指令,或

程序中不停地循环，则当程序运行时显示器变暗。程序运行完，显示器也不出现“P”。只有按下MON键，显示器才出现“P”。

(2)当程序没有运行完，此时按MON键，则程序暂停运行，程序中的断点及CPU寄存器的内容会自动保护，并在显示器上出现“P”。或在程序中设置断点，当运行到断点时，若接着再按EXEC键，则程序从PC中包含的地址开始继续运行。

7、BP键(BREAK POINT设置断点键)

该键用来在用户程序中设置一至五个断点。在调试程序时要求程序运行到某一条指令之前，就停止运行。这样可以检查前一段程序的运行结果是否正确，以便修改程序或者修改寄存器的内容及I/O端口地址中的内容。

设置断点的方法：

- (1)按MON键显示“P”；
- (2)键入断点地址显示××××(即键入的地址)；
- (3)按BP键，仍显示××××(地址)。

说明你设置的断点地址已装入断点地址表(专门用于装入断点地址的一段存储区)。

所设置的断点地址必须某条指令的第一个字节的地址。

设置第二个断点时，重复上述动作即可。

一个程序中最多可设置五个断点，要求最后一个断点设在停机指令所在的地址。

可用下述方法消除断点：

- (1)按RESET键；
- (2)按SETP键；
- (3)在未键入4位16进制地址前按BP键。

三种方法任选一种即可消除所设置的全部断点。

8、STEP键(SINGLE STEP单步执行程序键)

用途：按此键只执行程序的一条命令，执行完这条命令后，在显示器的左边四位显示出一条指令的地址，右边两位显示出累加器A的内容。

用法：

- (1)按MON键，显示出“P”；
- (2)用检查与更改寄存器内容的方法，给PC计数器置要执行指令的地址。

(3)按STEP键。

按一次STEP键，机器运行一条指令。然后按MON键回到监控程序。可以根据需要对存储器、寄存器或外设端口等进行检查。检查结果后按MON键回到监控程序。若要继续执行下一条指令时，则直接按STEP即可。

9、MOVE键(存储块移动)

功能:当显示器上显示某一单元的地址时，按MOVE键，则从显示的地址单元开始，它以下各存储单元内容均向下移动一个字节，而原显示的地址单元内容被清“0”。

注意:TP801-A单板机在4K字节的RAM中，分配给用户可用的区域为2000H—2F87H，而MOVE键可移动的范围为2000H—2EFFH，也就是说从2F00—2F87H的136个字节的内容不受MOVE键的控制。这136个字节可放置数据表格和变量。

10、PORT键(PORT EXAMTNE端口检查键)

此键的用法与MEN键相似，只是它用来检查和修改输入输出端口地址的内容。

但注意:端口地址只需要两位十六进制数字。这两位数字显示在数码管的最左边两位。此端口地址的内容，显示在数码管的最右边两位。

11、MON' (交换键)

使机器回到监控程序的同时，使上档键有效。

从使机器回到监控程序的角度来说，MON' 和MON键的功能是相同的，区别在于:按了MON键后是下档功能键有效;而按MON' 键后是上档功能键有效。

在MON' 键后，在显示器的最左边一位出现提示符“'”，然后再按上面8个功能键中的任何一个，则上档键功能有效。

12、REG' 键(CPU辅助寄存器访问键)

功能与REG相同，只是检查与修改的是CPU的辅助寄存器组。

用法:(1)按MON' 键显示“'”;

(2)按A 即要显示的寄存器号显示A;

(3)按REG' 显示A' ××(内容)。

以此类推，用同样方法可检查或修改其它辅助寄存器内容。

13、DISP键

用途:计算相对转移指令中的偏移量。

方法:(1)相对转移指令的源地址送入IY;

(2)相对转移指令的目的地址送入IX;

(3)按MON' 键;

(4)按DISP键。

监控程序就进行偏移量的计算。计算完后，在显示器左边两位显示跳转方向，若为00，说明正向转移；若为FF，表示为负向转移。若为其它数据，说明偏移量是超出了使用范围，在显示器的右边两位显示计算结果，即用补码表示的偏移量，且把此偏移量填入到相对转移指令的第二字节。

14、DUMP键(转贮键)

把RAM中的程序或数据转录到盒式磁带上(在后面将结合实验介绍用法)。

15、LOAD键(装入键)

将已存储在磁带上的信息，输入到RAM中去(在后面将结合实验介绍用法)。

16、PROM键(EPR0M编程键)

利用此键可把RAM中的信息，写入到在PROM2位置上的EPR0M中去(对EPR0M编程)。使用方法请参阅TP801—Z80单板计算机使用手册。

17、2FB8、2FBA、2FBC、2FBE四个程序启动键

当程序不太长时，可将四个程序同时输入到RAM中，且把它们的入口地址放到内存单元2FB8、2FB9、2FBA、2FBB……等6个单元中，则按上述四个键中的一个，就可随时运行相应的一个程序，相当于EXEC键的作用。

第三节 86-4C微机数字逻辑实验器 使用说明

一、概述

86-4C微机数字逻辑实验器是为了方便微机系统试验和数字逻辑电路试验而研制的新产品。

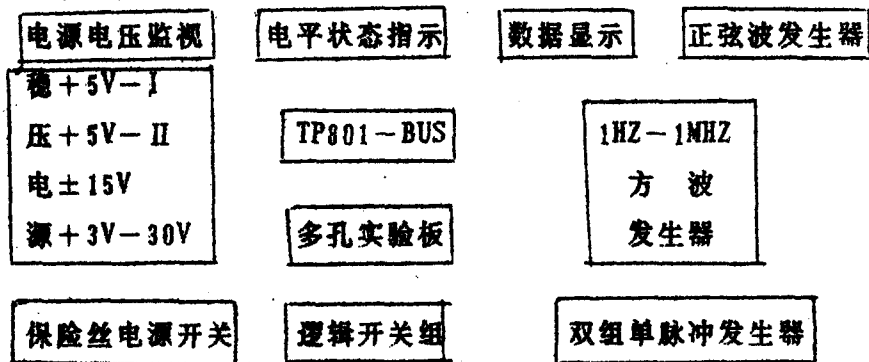
86-4C微机数字逻辑实验器基本性能有：

- 1、实验器具有插接各种类型集成块和联接线的多孔实验板。
- 2、实验器具有1HZ-1MHZ双可调时脉冲发生器。
- 3、实验器具有3KHZ-6KHZ正弦波信号发生器。
- 4、实验器具有二组+5.0V电源电压输出，一组±15V电源电压输出，一组-1.5V-30V可调电源电压输出。
- 5、实验器具有输出正、负极性脉冲发生器。
- 6、实验器具有二位LED显示和显示字符与十六进制数的对照表。
- 7、实验器具有与TP801/A微机联接的总线。
- 8、实验器还设置了开关及电平指示，供试验时使用。

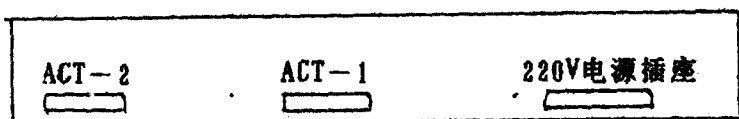
86-4C微机数字逻辑实验器是一种多功能的实验器，它能满足大专院校、工矿企业及科研单位的教育与科研生产的需要。它将成为教育与科研生产的有效工具。

二、86-4C微机数字逻辑实验器面板框图及后盖板框图。

面板框图：



后板框图:



三、86-4C微机数字逻辑实验器的使用:

1、多孔实验板的使用:

多孔实验板的插孔是由高弹性铜质簧片组成。在多孔实验板的列与列之间电气上高度绝缘,而每列小孔间电气上相互导通。

小孔的间距是双列直插式集成电路管脚的标准间距,它不但适用于双列直插式集成块,而且还适用于圆型封装的集成块中小功率晶体管,小功率电阻,小型电容器等电气元器件。由此,用户在多孔实验板上可进行多种试验。

86-4C微机数字逻辑实验器共使用8块多孔实验板,其中:

SJB-118实验板4块,可插入点3160个

SJB-46实验板4块,可插入点1120个

2、稳压电源及电源监视:

A、稳压电源

电源规格	说 明
+5V-II(1.5A)	本组电源0.5A供实验器本身使用,用户可使用电流为1A(本组电源地线与可调时钟脉冲发生器、单脉冲发生器、数码显示、逻辑开关等地线相联,但与BUS线地线不联)
+5V-I(4.5A)	本组电源全部供用户使用(独立)
±15V-I(4.5A)	本组电源供用户使用(关作正弦波发生器电源,共地)
+1.5V-35V 0.2A	本组电源输出电压可调,全部供用户使用(独立)

B、电压监视:由0-30V表头及电源选择波段开关,组成对上述五组电源电压

值的监视。

3、双可调时钟脉冲发生器:双可调时钟脉冲发生器设有1HZ、10HZ、100HZ、1KHZ、10KHZ、1MHZ七个频率档。

双可调时钟脉冲发生器,频率可调范围宽($f_H - f_L > 60 \times f_0$),脉宽可调范围大(占空比 $> 80\%$),采用OC门作为整形输出,负载能力强,脉冲波形指标高,输出电压为TTL电平。

以100KHZ输出脉冲为例:

脉冲上升沿10 μ s可调脉宽占空比:35%

可输出频率: $f_L = 60.8\text{KHZ}$ $f_H = 120.9\text{KHZ}$

4、本实验器所设正弦波信号发生器基中心频率为5KHZ,微调范围 $\pm 30\%$,可调输出幅度0—3V,采用射随输出方式。

典例: $f_L = 2.5\text{KHZ}$ $f_H = 6.5\text{KHZ}$ $V_O = 0 - 3.5\text{V}$

$SK < 10\%$ (失真度)

5、双组单脉冲发生器:

单脉冲发生器,其上升沿为10 μ s,用OC门输出,负载能力强,输出有正、负脉性供用户选择,输出电平为TTL电平。

6、七段数码管(LED)的数据显示

七段数码管采用进口红色七段显示器(LED),显示器有七段译码器驱动,输入要求八位BCD码,输出则显示二位十六进制数,显示字符与十六进制数对照关系为:

显示字符: $\square$ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 $\square$ $\square$ $\square$ E $\square$

十六进制数: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F

7、数据、地址、状态的电平显示

数据、地址、状态的电平显示由Ss、Mo、Mi、Lo、L等十一只发光二极管担任。二极管亮表示“1”,二极管灭表示“0”。

a、Ss(黄色)通常用于系统状态的显示。b、MoMi(绿色)通常用于控制信号的显示。c、LoL_i(红色)通常用于八位二进制数的显示。

8、十二位逻辑开关组

十二位逻辑开关组是由K₁K₂K₃K₄...开关组成,逻辑开关高电平为“1”(+5V),