

示波器游标自动测量和字符显示技术

合肥无线电三厂 何成付

关键词：示波器 游标 字符

[摘要]：在通用模拟示波器电路的基础上，加上CRT游标自动测量、读出及字符显示功能，便使通用模拟示波器升级为CRT读出示波器。CRT读出示波器是计算机技术同示波器技术结合的产物，在今后五年内，它将完全代替现在的模拟示波器。

1. 游标测量 ΔV 、 ΔT 、 f

传统示波器测量信号的电压、时间、频率，都是人工读出屏幕上信号的刻度数，然后乘以灵敏度，便得到信号的幅度或时间，用数学公式表示即为：

$\Delta V = \text{垂直偏转灵敏度} \times \text{信号垂直方向度刻度数}$

$\Delta T = \text{扫速偏转灵敏度} \times \text{信号水平方向度刻度数}$

$$f = \frac{1}{\text{信号周期}T}$$

和传统示波器一样，CRT游标自动测

量也是应用这一测试原理，但它不再需要人工读取和计算，而是用微处理器或单片机对垂直、水平偏转灵敏度进行自动识别并对两游标间的距离自动测量，然后自动计算出 ΔV 、 ΔT 、 f 等，并用字符显示在CRT上。示波管使用工作面一般按 $10\text{div} \times 8\text{div}$ 设计（ $1\text{div} = 1\text{cm}$ ，X方向 10div ，Y方向 8div ），通过线路设计，将两游标的移动范围正好限制在示波管屏幕刻度范围内，如图1-1，1-2所示。这样，将屏幕的X轴10度分成若干点 c ，点与点之间的距离为 $\frac{10}{c}(\text{cm})$ ，计算机检测A光标X方向计数值为 a ，B光标计数值为 b ，此时扫速灵敏度为 d ，那末两光标之间的时间为：

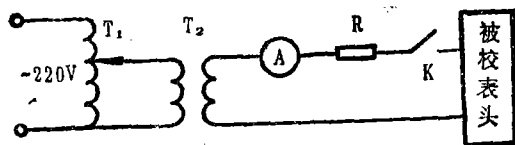


图 3

读出表头指示的电流峰值 i_2 ，则相对误差

$$e = \frac{\frac{i_2}{\sqrt{2}} \times 100 - i_1}{i_1} \times 100\%, e < \pm 2\%$$

②校验记忆时间 T_2 为降压变压器，输出 2V 左右电压，但应能输出 6A 以上电流。 R 为限流电阻。校验时，先闭合 k ，调节 T_1 使电流约为 5A ，然后断开 K ，同时用秒表开始计时，直到峰值电流检测装置的指示值跌落为止，该时间应在 3 秒左右。在峰值保持期间，应观察峰值指示的变化，其下降不应超过 0.5% 。

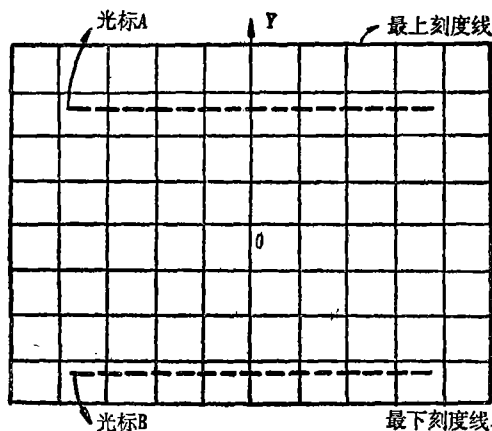


图 1—1, 光标A、B在y方向上移动范围严格限制在最上、最下刻度线范围内

$$\Delta t = (a - b) \times \frac{10}{c} \times d \dots\dots(1-1)$$

根据同样原理分析可得:

$$\Delta v = (a - b) \times \frac{8}{c} \times d \dots\dots(1-2)$$

式 1—2 中, a 为光标A y 方向计数值 b 为光标B y 方向计数值 c 为 y 方向 8 度等分点数 d 为垂直偏转灵敏度。

对于 f 值只要设置一个频率计数器, 就可自动测量 f 。

式 (1—1)、(1—2) 即为计算机自动测量 ΔV 、 ΔT 的数学原理, 它实际上是用数字量来逼近测试模拟值, 划分的点数 (C 值) 越大, 逼近测量的精度越高。

2. 字符显示

实现字符显示的方法主要有两种, 其一是阶梯循环法 (也称点阵法), 其二是坐标法 (亦称笔划法)。国内刚开始研究示波管字符显示原理时, 大多采用第一种方法实现, 现在都趋向于第二种方法, 国外 CRT 读出

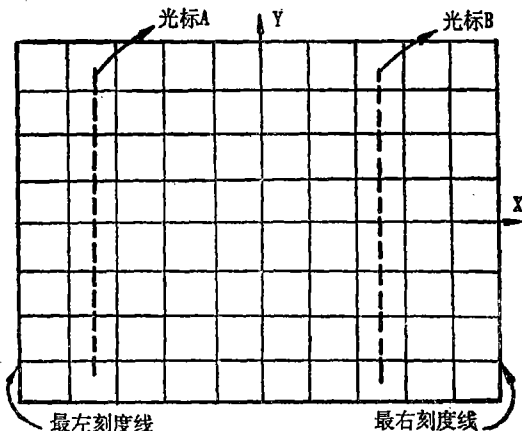


图 1—2, 光标A、B在x方向上移动范围严格限制在最左、最右刻度线范围内

示波器都采用第二种方法。

①阶梯循环法: 示波管上显示字符是用点阵来实现的, 点阵中点数的选择应根据示波管本身的亮度、聚焦和尽可能逼真、不产生闪烁感、不占用过多的时间为依据而综合考虑的。以 6×7 ($y = 7$, $x = 6$) 为例, 先把每个字符以二进制数的形式存放在只读存储器中, 如表 2—1 所示, 由二进制数 “1” 组成的轨迹就是字符 “0” 图形, 在示波管屏幕上, 把这些 “1” 变成亮点, 并按表 2—1 排列起来, 就能在示波管屏幕上显示出 “0” 字符来。

首先规定地址方向为 “行”, 数据方向为 “列”, 让 B 寄存器存放行数据, C 寄存器存放列数据, 先把 B、C 寄存器清 “0”, 即从 “0” 行 “0” 列开始, 接着把字符页面放到 H 寄存器中, 把字符首地址放到 L 寄存器中, 从 (HL) 所指向的地址中取出的数据放到 “E” 寄存器中, 为了使这些数据沿水平方向顺序排列, 就需要 “列阶梯波”, 把 “C” 寄存器的内容送 “I/O、X” 并经 D/A 转换, 就可达此目的, 与列阶梯相对应把 E 寄存器的内容通过 C, 进位右移一次, 若 “ $C_y = 1$ ” 则加亮, 这就做完了字符中的一个

点。接着使列阶梯再增加一梯,即 $C+1$,再重复上述过程,当 $C=7$ 时,说明已做完字符中的一行。此时,要把 $L+1$,为取下一行的数据做准备,同时,也要把 C 寄存器清“0”,也就是做第二行时必须重新从0列开始,另外也要把行寄存器 B 提升一级,即 $B+1$ 并将 B 寄存器的内容送到“ $I/O, Y$ ”,并经 D/A 转换器转成行阶梯波。该整个过程要循环进行,一直到 B 寄存器的内容为7时,说明已做完一个完整的字符。

表2-1、字符库中“0”的二进制数据

地 址	数 据							
00H	0	0	0	0	1	1	0	0
01H	0	0	0	1	0	0	1	0
02H	0	0	1	0	0	0	0	1
03H	0	0	1	0	0	0	0	1
04H	0	0	1	0	0	0	0	1
05H	0	0	0	1	0	0	1	0
06H	0	0	0	0	1	1	0	0

如果要显示若干个字符,则要设置“位”寄存器,以便确定每个字符所在的位置,以及保证字符之间的足够距离,例如若每个字符的宽度为06H,字符之间的距离为03H,则每做完一个字符就要做 $D+06H+03H$ (D 是位寄存数操作数)。若字符为水平排列,则要把 D 的内容送到“ $I/O, X$ ”,若字符为垂直排列,则要把 D 的内容送到“ $I/O, Y$ ”。以上叙述的。即为阶梯循环法的基本原理。

②坐标法

由于阶梯循环法对于字符点阵中的每一个点都要进行移位、比较、判断、计数,占用的时间很长,给设计带来一定的困难。坐标法虽然也是利用点阵来实现字符显示,但

它主要考虑字符点阵中的有效点,如 6×7 点阵“0”字符中,二进制“1”的数字为14,0为 $42-14=28$,这里1为有效位,0为无效位,我们只要把有效数字“1”在点阵中的位置用坐标 (x, y) 来表示,并存放在存储器中,按一定的规律读出,送到“ $I/O, X$ ”、“ $I/O, Y$ ”、“ $I/O, Z$ ”,便更简单地实现了字符显示。

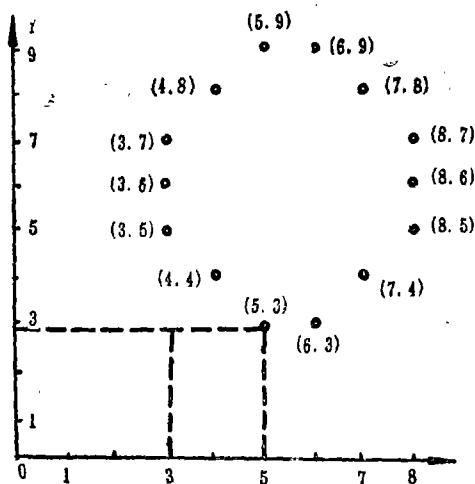


图2-1、字符“0”坐标位置

表2-2、字符“0”存储器

地 址	数 据	地 址	数 据
00H	53H	0AH	86H
01H	44H	0BH	85H
02H	35H	0CH	74H
03H	36H	0DH	63H
04H	37H		
05H	48H		
06H	59H		
07H	69H		
08H	78H		
09H	87H		

首先,把字符存贮长度(字符占用的存贮空间)送入B寄存器,接着把字符页面放到H寄存器中,把字符首地址放到L寄存器中,从(HL)所指向的地址中取出数据,高四位送“I/O、X”,低四位送“I/O、Y”,接着计算机发出加亮信号到z轴,这样在x、y坐标形成后,马上点亮该点,实现了字符中一个点的显示,接着使 $B-1$, $L+1$,重复上述过程,当 $B=0$ 时,说明已做完了一个完整的字符。如果要显示多个字符,则要设置位置寄存器D,由于在坐标法中把字符间的间距直接考虑在坐标设定中(如图2—1字符“0”的字符间距 $x_0=3$, $y_0=3$),因此做完一个字符时,只要把该字符的x方向或y方向的最大坐标点和D的内容相加,然后就可以做第二个字符了。

从以上叙述我们可以看出,阶梯循环法程序设计复杂,字符显示占用时间长,速度慢,但字符库规则(每个字符占用的存贮空间一样大),占用的内存少。而坐标法程序简单,占用时间短,速度快,但字符库不规则,占用内存略多一点。在CRT读出示波器中,最主要的是速度问题,因此,现在国外CRT读出示波器毫无例外地采用坐标法。

3. 波形、字符显示

在CRT读出示波器中,既要稳定地显示信号波形,又要稳定地显示字符、游标等,这就要合理地分配波形显示和字符显示的时间。字符显示的频率应依据示波管荧光粉余辉时间和人眼不产生闪烁感而确定。如果波形、字符采用交替扫描显示,字符占用时间太长,而且在慢扫描时,字符不能显示。如果字符、波形采用固定频率断续显示,高速时,信号又会丢失大量有用成份。因此,在CRT读出示波器中,既不能采用扫描交替显示,又不能采用固定频率断续显示。为了避免交替、断续的缺点,同时保持波形、字符的稳定显示,在CRT读出示波器中,采用了字符有效时间优先权显示,这是示波器字符显示的关键技术之一,字符有效时间是显示字符中的一个点一次,字符信号所占用的时间,如图3—1C图中的 T_2 字符有效时间优先权就是在字符有效时间内,关闭所有的通道不让信号波形通过,只让字符信号通过,而当字符有效时间结束后,打开所有信号通道,让波形正常显示。也就是不论示波器当前工作在什么状态,只要字符信号到来时,都

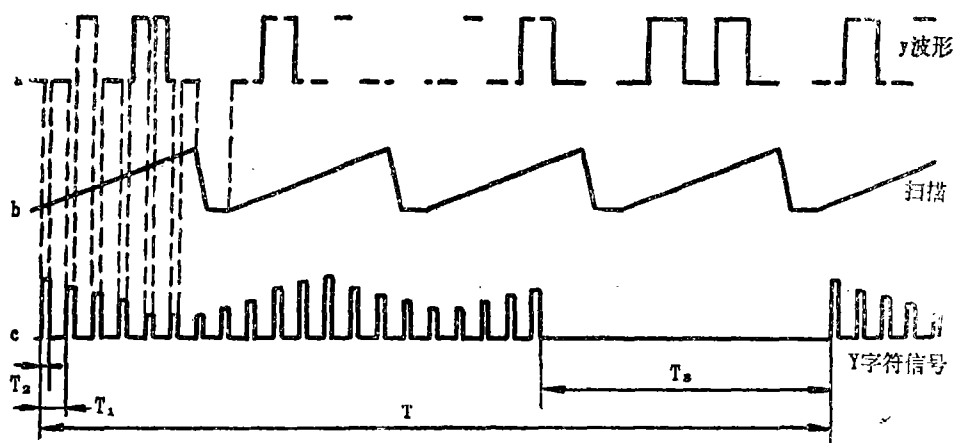


图3—1, y波形、扫描、Y字符信号时序关系

暂停示波器当前状态,让示波器工作在字符显示状态。图3—1示出y波形、扫、描、字符三个信号的时序关系,其中 T 为所有字符显示一次所用的时间,称字符显示周期 T , T_1 为字符点阵中点与点的时间, T_2 称字符有效时间,在 T_2 这个时间内,将Y信号关闭,字符信号进入Y通道,而在 T_1-T_2 时间内,波形又正常显示。 $(T_1-T_2)/T_2$ 称波形、字符切换比。在 T_3 区域内,没有字符信号,进入示波器正常状态。从图3—1还可看出,虽然字符显示周期的 $T-T_3$ 时间内,字符信号规则地截断y波形信号,但在 T_3 区域内,却显示了完整的周期波形,因此,在字符显示的一个周期内,y信号没有因规则截断而丢失。另外,还可以选择好 T_3 ,使 $T_3/T_1 \approx$ 整数,则在字符显示的每个周期内,字符有效时间规则截断y信号的点不相同,也保证了不失真显示波形。综上所述,字符优先权显示波既保证了字符的稳定显示,又使波形不失真,取得了最佳效果。

4. 电路框图

因单片机较微处理器功能更强,内部可

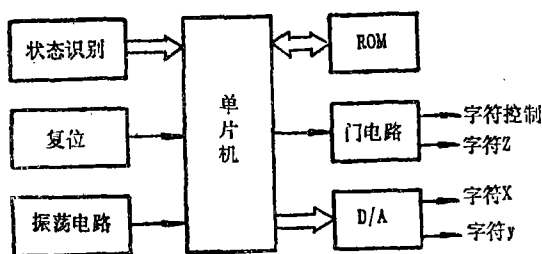


图4—1 电路框图

带A/D转换器和众多的输入输出口,所以本电路选择了单片机,单片机是本电路的核心部件。当电源打开时,晶体振荡电路起振,复位电路使单片机工作在起始状态,单片机根据ROM内的内容工作。

面板状态、垂直灵敏度识别、扫速灵敏度识别等信息以数据或模拟信号传递给单片机,单片机自动识别各种状态,然后进行程序运算,通过单片机的输出口发出数据和控制信号。

D/A转换电路将单片机输出的数字信号转换成模拟信号,直接送到示波器Y通道和X通道。

当单片机同时送出字符x、y信号后,立即送出字符Z增辉信号和字符控制信号,字符控制信号控制X通道和Y通道。

参 考 资 料

- ①张乃国,“新型电子示波器”,中国计量出版社,1990年7月。
- ②赵中心,“示波器原理、维修与检定,”电子工业出版社,1990年11月。
- ③HITACHI MODEL V-525 OSCILLOSCOPE SERVICE MANUAL.
- ④HITACHI MODEL V-1065 OSCILLOSCOPE SERVICE MANUAL.