

A graphic consisting of several concentric circles in white and yellow, centered on the blue background of the book cover.

新型计时仪

凌肇元

9435

4 Kinxingjishiyi

河北人民出版社

新型计时仪

凌肇元

河北人民出版社出版 (石家庄市北马路19号)

河北新华印刷一厂印刷 河北省新华书店发行

787×1092毫米 1/32 6 7/8 印张插页1 139,000字 印数: 1—5,700 1982年5月第1版
1982年5月第1次印刷 统一书号: 13086·85 定价: 0.61元

前 言

随着科学技术的发展,在工业生产、科学实验和教学中,对于时间的测量精度,要求越来越高。例如,为了准确测定重力加速度,对自由落体下落时间的计量应该达到 0.1 毫秒,使其具有四位有效数字;在测量物体的加速度或两个物体的碰撞运动时,也需要达到毫秒或 0.1 毫秒的精度。至于现代科学研究,需要测定的时间更为精确。这样,原先用来测量时间的常规仪器(如秒表、电动秒表等)就显得不够精确了。

本书介绍通用的新型计时仪器,大部分是物理、化学、生物等课程在教学实验中用来测定时间的仪器,也有各行各业通用的数字钟、钟控打铃、数字秒表、定时控制器、自动计数器以及时间程序控制等基本的计时仪器和控制仪器,都属于常规性仪器。附录里还列举了几种简便有效的集成延时电路和光电控时转换电路,并对常用的 CMOS 和 PMOS 集成电路的型号作了对照,主要供大、中学校的理、化、生学科教师、实验人员和学生参考,对从事自动控制的技术人员和工人以及自制教具的师生,也有一定的参考价值。

本书在制图和整理过程中承蒙徐鸣、金其伟、杨兰、王树华、张庆云同志协助,特此致谢。

作者 一九八一年八月

目 录

第一节	简式计时器和数字显示.....	(1)
第二节	数字计时器.....	(18)
第三节	数字毫秒计.....	(35)
第四节	演示用大型数字显示.....	(43)
第五节	袖珍式仪表用小型液晶数字显示器.....	(49)
第六节	多功能教学计时仪.....	(60)
第七节	能够贮存测量数据的计时仪.....	(76)
第八节	数字钟.....	(93)
第九节	预置定时控制器.....	(102)
第十节	数控自动打铃钟.....	(108)
第十一节	电化教学过程的自动程序控制.....	(117)
第十二节	自动定时控制应用实例	
	——洗衣机自动定时转动控制.....	(128)
第十三节	数字秒表及声控起动.....	(135)
第十四节	能够贮存测量数据的数字秒表.....	(143)
第十五节	电磁打点计时及其应用.....	(151)
第十六节	火花打点计时及其应用.....	(156)
第十七节	等时闪光照相及其应用.....	(165)
第十八节	电子声光节拍器.....	(171)

附录 1	光电控时转换电路和防止抖动电路·····	(175)
附录 2	几种简便有效的 CMOS 延时电路 ·····	(184)
附录 3	计时器和气垫导轨配合实验的方法·····	(194)
附录 4	本书所用 CMOS 集成电路型号对照 ·····	(199)
附录 5	本书所用 CMOS 集成电路引线图 ·····	(202)
附录 6	本书所用 PMOS 集成电路型号对照 ·····	(208)
附录 7	本书所用 PMOS 集成电路引线图 ·····	(210)

第一节 简式计时器和数字显示

数字计时器是一种测定时间的数字仪表，被测时间直接用数字显示出来。简式计时器是最简单的一种，它既能计时，又能计数，不仅可做为实验室里的一种通用仪器，还可运用于工业技术革新和技术改造中。

计时器的基本原理如图 1.1 所示，图中“主控门”是“与”逻辑门，它有两个输入端，接收两种信号：一个叫时

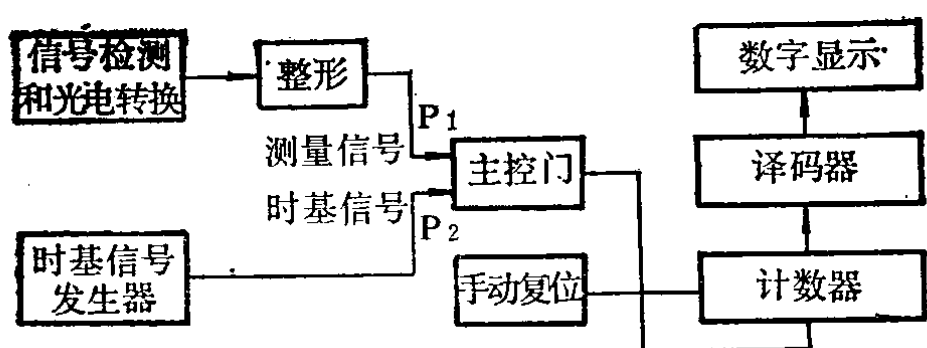


图 1.1 数字计时器原理框图

基信号；一个叫测量信号。时基信号周期决定计时器的最小计量单位，譬如时基信号频率为一百赫，最小计量单位为百分之一秒。在测量信号的宽度内，主控门打开，从主控门的输出端产生计数脉冲，由计数器计数，经译码后再由数码管显示出来。显示的数字等于被测的时间。

测量信号一般都是通过光电传感器和转换电路获得，即

计时器开始计时和停止计时的控制信号来自光电开关，或者叫光电门。也可以用触点开关取得。测量信号的宽度，由“计”、“停”信号的间隔时间决定，这个宽度控制着主控门的开门时间，只有在主控门开门时间里，时基信号脉冲才能通过主控门，进入计数器，见图 1.2。所以，计数器显示

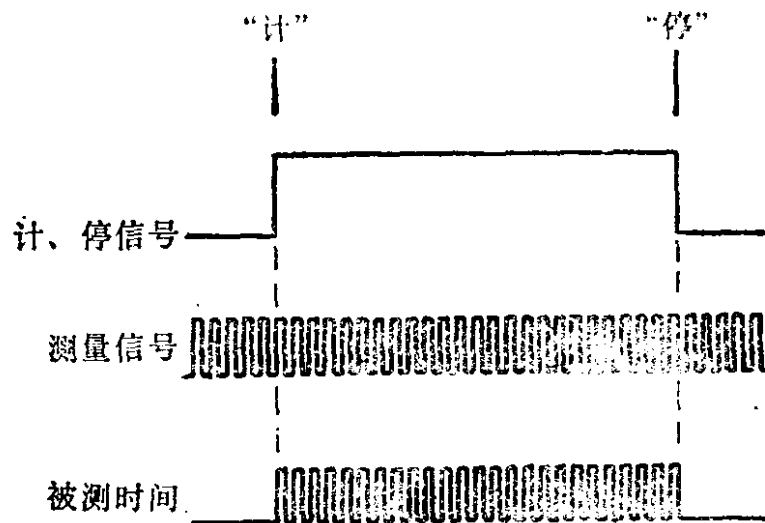


图 1.2 计时器波形图

的数字，表明在测量信号宽度内包含了多少个时基信号脉冲，换句话说，计数器显示的就是主控门的开门时间是多少个百分之一秒。

图 1.3 是简式计时器的线路图，它具体实现了图 1.1 所说明的原理。全部采用 CMOS 集成电路，光电转换电路采用附录 1 中的附图 1.6，两只光敏三极管平时处于常照射状态，所以内阻极小，A 点为高电平。当遮挡任一只光敏三极管时，光敏管呈高阻状态，A 点就变为低电平。H 是 CMOS 斯密特触发电路，型号 CH40106，起整形作用和消除光电

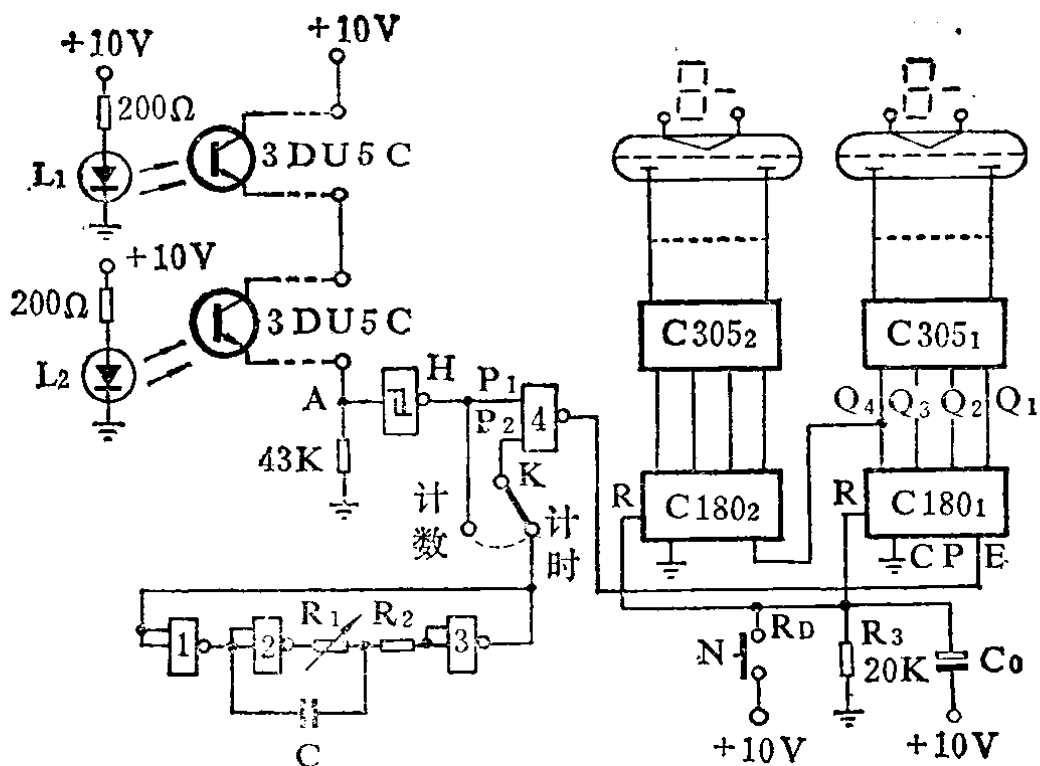


图 1.3 简式计时器线路图

脉冲边缘抖动的作用，其原理见附录 1。“与非”门 4 是主控门。

时基信号由“非”门 1、2、3 组成的环形振荡器产生，频率为一百赫。奇数个非门电路串接成闭合环路，每经一次非门反一次相，所以不可能稳定在某一个状态上，如果在某个环节中再加上电阻、电容，用来控制充放电时间，就可以形成振荡。图 1.4 用来说明环形振荡器的工作原理。设某一时刻 B_1 点由高电平变成低电平， B_2 点则由低变高，经电容 C 耦合，使 B_4 点立即由低变高。同时 B_2 点的高电平经门 2 反相后在 B_3 点由高变低，这就使 R_1 两端产生了电位差。因为 R_2 很小（也可以不加 R_2 ），所以 B_5 点和 B_4 点的电位相同，

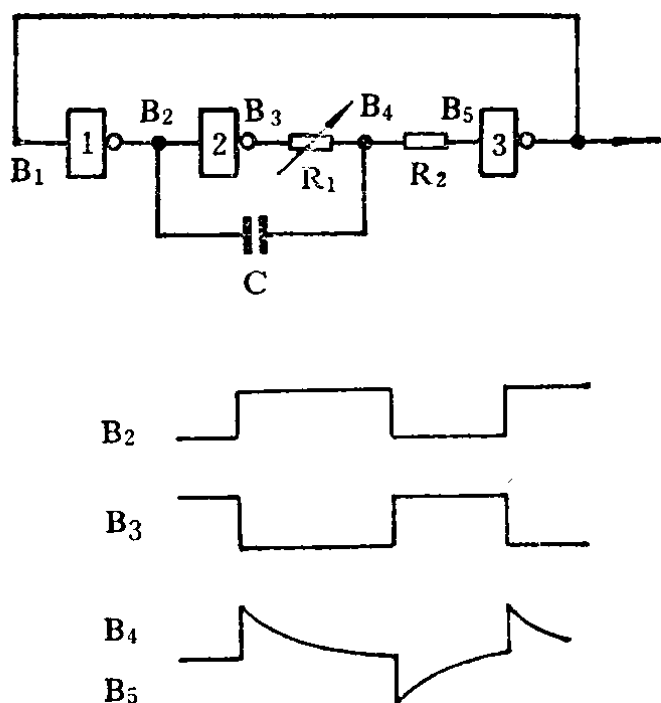


图 1.4 环行振荡器原理

也由低变高，使门 3 开启，输出点 B₁ 暂时仍保持低电平，这是一个稳态（各点波形见图 1.4 下半部分）。但由于 R₁ 的作用，C 经 R₁ 充放电，B₄ 点及 B₅ 点电位逐渐降低，当降到门 3 的转换电平时，门 3 关闭，B₁ 点变成高电平，B₂ 点变为低电平，B₄ 点变为低电平，保证门 3 关闭，这是另一个稳态。由于 C 的充放电，B₄ 点电位逐渐上升，B₅ 点电位随之上升，当上升到转换电平，又跳变到第一个稳态。这样周而复始，便形成振荡。矩形波的频率由 C 和 R₁ 决定，改换电容可作频率粗调，调节 R₁ 可作频率细调，R₁ 可用电位器。当需要产生 100Hz 信号时，C 约取 6800PF，R₁ 取 2MΩ 电位器。

图 1.3 的右边是计数、译码、显示部分，图中型号 C180

的集成电路片是十进制计数器，它有两个输入端，一个叫“时钟”输入端 CP，一个叫“使能”端 E；有四个输出端 Q_4 、 Q_3 、 Q_2 、 Q_1 ，按“8、4、2、1”编码；还有一个复位端 R。具备两个输入端，给使用计数器带来了方便，当要求用脉冲上升沿触发时，只要将 CP 端接输入信号，E 端接高电平；当要求用脉冲下降沿触发时，将 E 端接输入信号，CP 端接低电平。而当 E 端接低电平或 CP 端接高电平时，不论有无输入信号，也不论是信号上升沿还是下降沿，计数器保持原状态不变，也就是封锁了计数器，让它停止计数。R 端平时接低电平，当 R 端为高电平状态“1”时，四个输出端全部回复到“0”，这叫计数器的“复位”，也叫“清零”，所以说，CMOS 计数器用高电平复位。上述 CP、E、R 及四个输出端之间的波形关系如图 1.5 所示。从输入和输出间的波形关

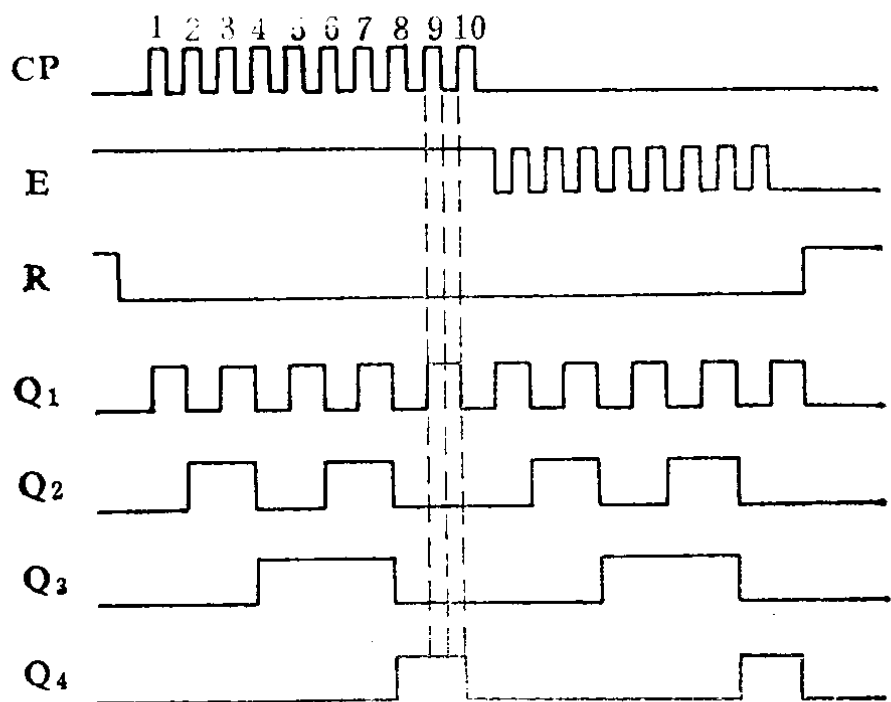


图 1.5 计数器波形图

系可以看出，十进计数器的十个状态和输入脉冲数之间的对应关系如下表所示：

表1.1

输 入 脉 冲 数	计 数 器 状 态			
	Q ₄	Q ₃	Q ₂	Q ₁
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

从表中看出，当Q₄、Q₃、Q₂、Q₁中某端为“1”时，相应的十进制数为8、4、2、1，如“1000”表示8，“0100”表示4，“0010”表示2，“0001”表示1。由此可知，“1001”就表示9。

图1.3 中将二位十进计数器的复位端R_D（加个脚码D表示直接复位）连在一起，接到清零手动按钮N，N的另一端接电源V_{DD}（CMOS集成电路的V_{DD}=+10V）。N的两个接点平时总是断开的，只有按下N时，才接通，使R_D获得高电位，计数器复位。同时，R_D还通过电阻R₃接地，还连一电容C₀接+10V。电阻R₃使R_D端平时钳位于低电

平, $R_3 = 20\text{K}\Omega$ 。电容 C_0 有两个作用: 一个作用是利用“电容器两端电压不能突变”的特性, 实现“开机自动清零”。因为在刚加上电源的瞬间, 电容器尚未充电, C_0 立即把 $+10\text{V}$ 电压耦合到 R_D 端, 使计数器的 R_D 端获得高电位而清零, 之后, 随着电容器的充电, C_0 两端出现电位差, 使 R_D 端电位很快变为低电平; 另一个作用是与 R_3 协同起来, 提高抗干扰能力, 将 R_D 端可能出现的尖脉冲吸收掉。 C_0 的大小随计数频率而异, 在一百赫计数频率时, 可取 $C_0 = 0.1\ \mu\text{F}$ 。

图 1.3 中的计数器用输入信号的下降沿触发, 所以从 E 端输入, CP 端接地。计数器接收十个计数信号后, 由 Q_4 向下一级输出一个进位信号, 同样也是用下降沿触发下一级。

上述几种 CMOS 集成电路的管脚引线排列, 可查本书附录 5。

显然, 计数器的位数可以任意增减, 而时基信号源的振荡频率也可由 R_1 和 C 来增大和变小。

图 1.3 中的单刀双掷开关 K 用于选择仪器的功能。 K 拨到“计数”端时, 仪器变成光电计数器, 只要遮挡一下两只光敏三极管中的任一只, 计数器就接收到一个脉冲信号, 数字管就增加一个数。这就是最简单的数字计数器。由于计数器集成片可以任意扩大, 所以同样原理可做成三位、四位、五位……计数器。光敏三极管的响应时间很短, 只有 10^{-6} 秒, 所以计数速度很快, 一秒钟可计几千次、几万次。这种计数器可广泛用于工业、交通、运输、商业等部门, 如计产品的产量、传送

带上货物的数量，装车装船的货物数量、卸货的数量等等。

照射光敏管的光源，可以用聚光电珠，手电筒，或者采用寿命长、耗电低、温升极微的红外线发光管。

具有二进制代码输出的十进制计数器叫做二—十进制计数器，记作 BCD 计数器。二—十进制计数器输出的二进制代码和数字管显示的十进制数之间，要经过译码器，可见译码之意就是对给定的二进制代码进行“翻译”，变成相应的十进制状态，这个状态由显示器以数字笔划形式显示出来。

下面让我们对集成电路计数器的输出如何经过译码器并由数字管显示出数字，作一简要说明。目前用得最多的显示器是荧光数码管和辉光数码管。它们装在仪器上使用，在教室里可使几十人都看得清楚。

荧光数码管结构如图 1.6 所示，由八个笔划形成 0—9 十

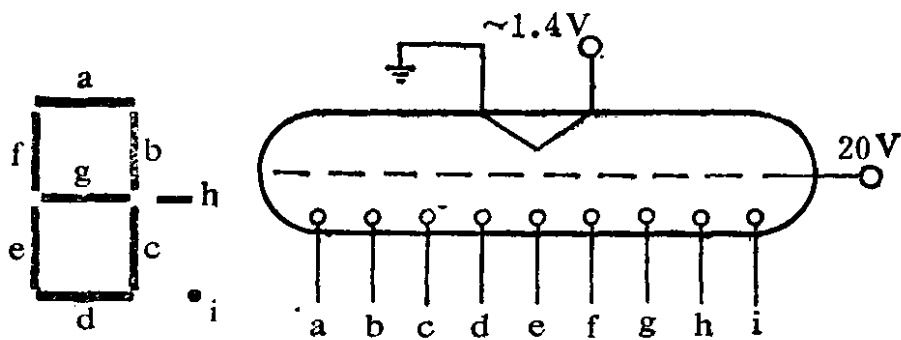


图 1.6 荧光数码管

个数字，所以和荧光数码管配合使用的译码器叫八段译码器，当译码器输出端 a、b、c 为高电平时，数字呈现 7；当译码器输出端 a、b、c、d、g 为高电平时，数字呈现 3，依此类推……荧光数码管发绿色荧光，显示清晰，它的阳极和

栅极工作电压为直流 20V，也有用 10V 的。阳极总电流小于 2 mA，栅极电流也小于 2 mA，所以驱动电流不大。灯丝电压 1.2V 至 1.4V，灯丝电流 30 至 50mA，可用交流或直流。灯丝电流较大，是荧光数码管的一个缺点。

当显示数字不够明亮时，还可以提高栅极电压，从 20V 升至 30V。

荧光数码管品种繁多，直径有 9mm、13mm、18mm、27mm、30mm 等几种；有侧面显示，有端面显示，有圆形、有矩形等。根据直径，相应型号为 YS9-3（其中的 9 表示直径 9mm，3 是编号），YS13-3，YS18-3，YS18-4，YS27-3，YS30-3 等，其中 YS18-4 和 YS27-3、YS30-3 均有管脚插座，其余都是直接引线。

低压荧光数码管（如 YS9-5，直径为 9 mm）的阳极电压和栅极电压分别为直流 10V 至 12V，所以能和 CMOS 集成电路的电源电压统一使用 10V 电源，使用起来就方便得多。灯丝电压也是 1.2V 至 1.4V，灯丝电流小于 35mA，可用交流或直流。驱动电流比 20V 荧光数码管还低，阳极电流小于 2 mA，栅极电流小于 1 mA。

关于八个字段和管脚 a、b、c……的排列关系，过去没有统一起来，一般取图 1.7 中三种，用得最多的是图中上半部。它们和引线之间的对应关系，如图 1.8 所示，常用的有图中的四类。所以使用荧光数码管时必须注意和显示管配合的译码器输出端符号，要和字段之间的 a、b、c……关系相对应。

CMOS 八段译码器有 C305 和 C302 两种型号，C305 可以和阳极电压为 20V 或者 10V 这两种荧光数码管连接，

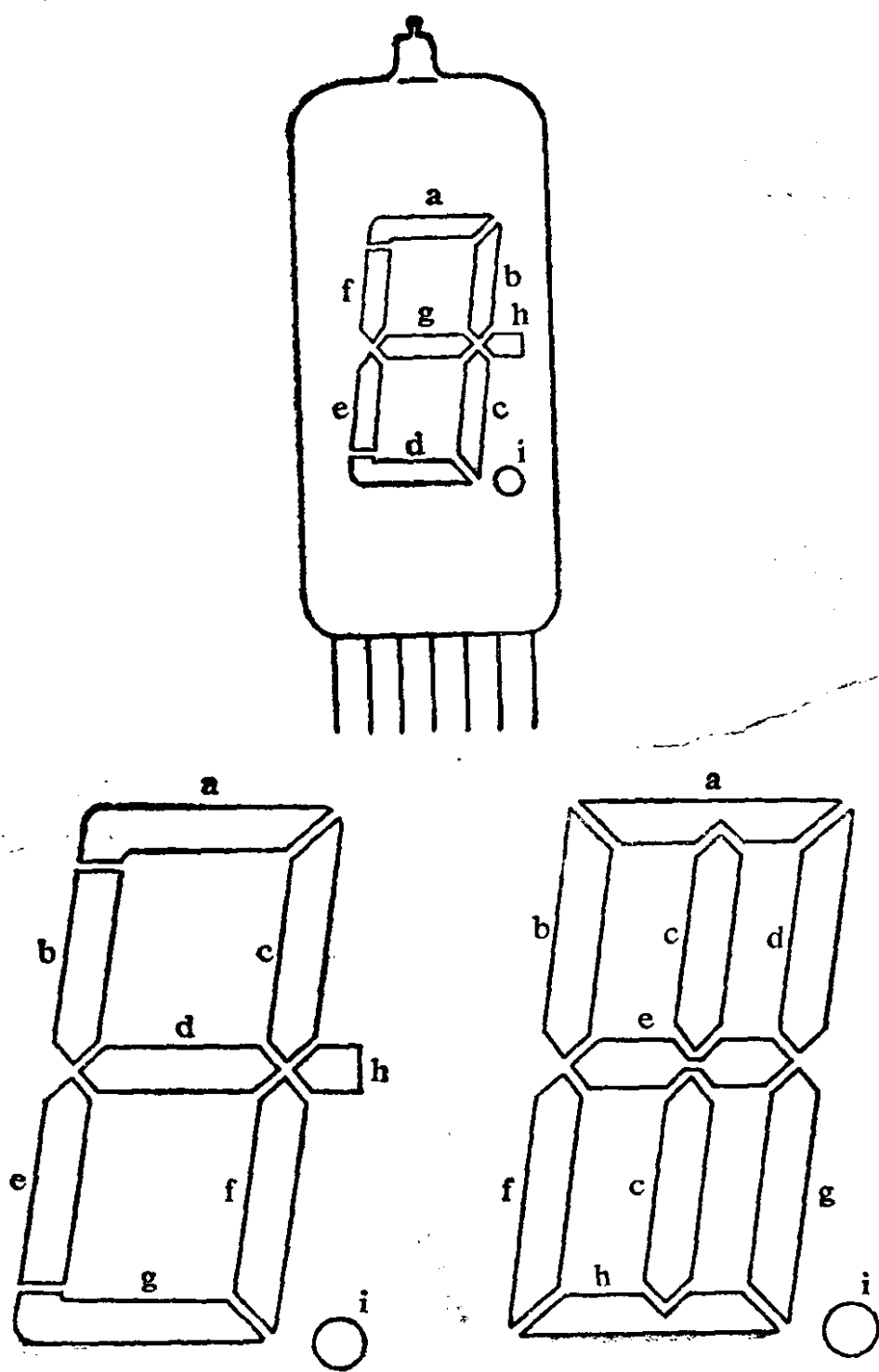


图 1.7 荧光数码管字段形状

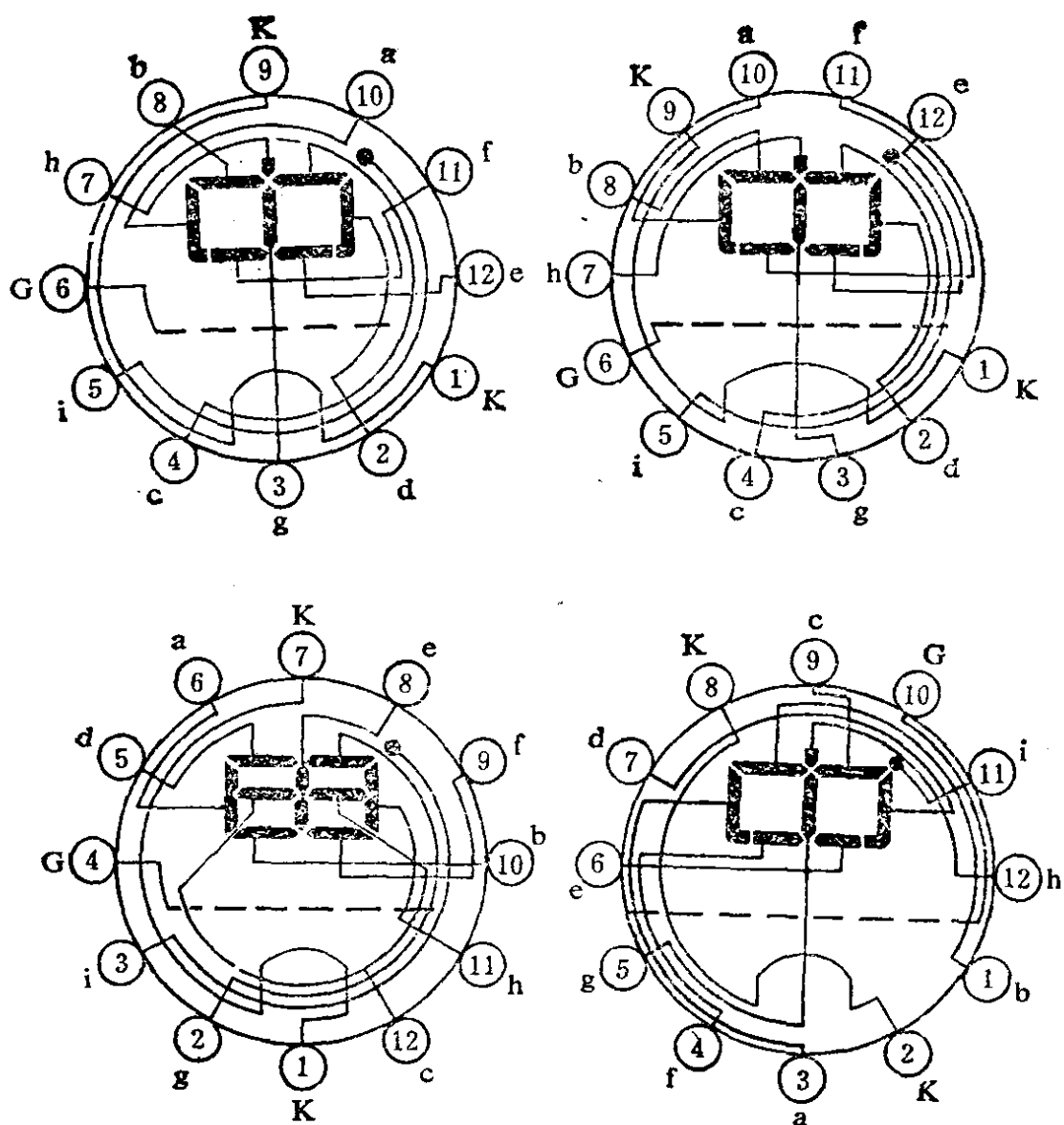


图 1.8 荧光数码管管脚排列

C302 只能和阳极电压为 20V 的荧光数码管连接，它们的 连接线路如图 1.9 和图1.10 所示。图 1.10 中在荧光数码管的 八个阳极和八段译码器 C302 的连接端分别 接一个 100 K Ω 电阻，电阻的另一端都连接 +20V 电源。

从灯丝发射的电子受到栅极 20V 电位的加速，射 向阳

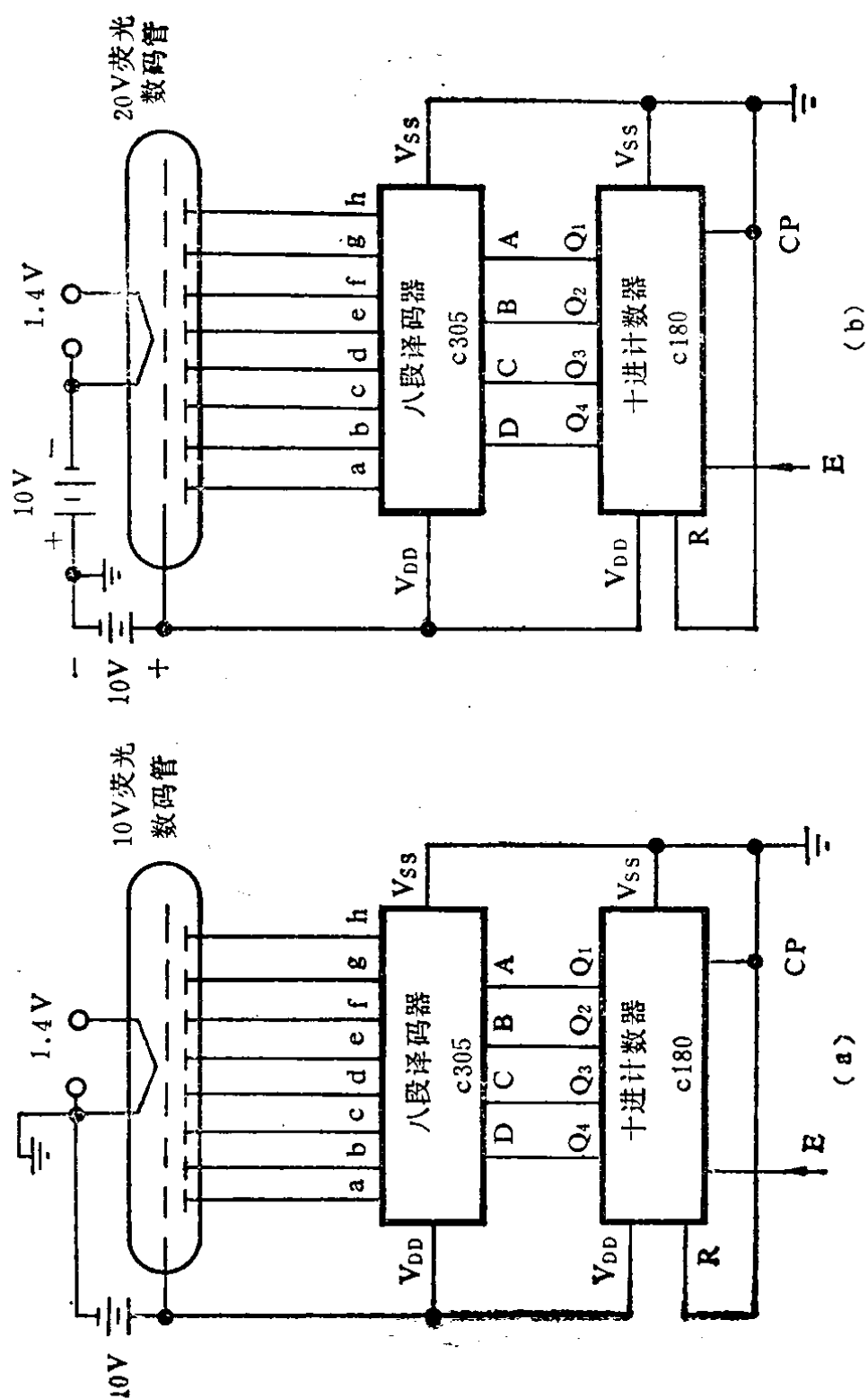


图 1.9 计数器、译码器(C305)和荧光数码管的接线图