

无线电遥控遥测原理
课 题 八
显 示 设 备

302室编

西北电讯工程学院

一九七六年六月

课题八 显示设备

显示设备在课题一中已讲到，它是遥测（遥控）系统输出设备之一，它的作用是把系统的重要参数（被控对象的状态，及需测对象的各被测量）用人们易于接受的形式显示出来，通常用它来监视被控和被测对象的工作情况。记录各种需要的实时数据。

显示设备按系统工作情况同样也可分成如下两大类：模拟显示设备；数字显示设备。

模拟显示设备常见的有阴极射线管示波器，它把系统输出的数据变换成示波管荧光屏上可见的扫描波形。在需要分析数据时，往往通过照相把荧光屏上的波形拍照下来。

这种设备比较简单，但精度较低，通常为 $10 \sim 20\%$ 甚至更低。另外，在最后进行数据处理时，一定要由人工来进行判读，这样又要引入一个人工的判读误差，故精度一般要低于 $10 \sim 30\%$ 。尽管如此，由于设备简单，目前还有相当广泛的应用。

数字显示设备常见的有数码管显示设备，及 CRT（阴极射线管）字符显示设备。它们最容易和数字系统相连接，如要与模拟系统（线性系统）接续时，中间还需加模—数转换装置，即把系统输出的模拟量（如一般为连续变化的电压）转换成数字量（数码或脉冲个数），然后再和数字显示设备连接起来。

数字显示设备本身，在理论上讲并不损失精度，故精度较高。但由于种种原因也会引起错码，这只要加一些纠错措施就可以使其影响减至很低，以至对系统精度不会发生重大影响。

数字显示设备用数字形式来显示数据，故观察判读方便，清晰，且设备调整也容易。但是，设备和线路较庞杂。今后随着数字技术的不断发展及中、大规模集成电路的应用，数字设备体积小，重量轻，可靠等优点将进一步得到充分发挥。

本课题结合油罐遥测系统的数字显示设备，着重讨论一下数字管显示系统，最后再简略地介绍一下 CRT 字符显示设备的原理和大致构成。

此外，为了使大家更好地理解数字管显示系统的原理和线路，在本课题的第一章首先介绍一下数字显示系统中常用的几种数字显示管及本课题涉及的几种基本数字电路——加法器；移位寄存器；各种循环长度（或称各种模式）的计数器。

目 录

引 言

第一章 各种数字显示管及常用几种数字电路

§1-1 数字显示管

§1-1-1 半导体数字管

§1-1-2 荧光数字管

§1-1-3 气体放电数字管

§1-2 加法器

§1-3 移位寄存器

§1-4 各种循环长度的计数器

第二章 数字管显示系统

§2-1 数字管显示系统概述

§2-2 数字管显示系统组成及原理

§2-2-1 二进制码至二十进制码变换器

§2-2-2 数码寄存器, 译码器, 控制逻辑

§2-3 油罐遥测数据显示系统实例

§2-3-1 油罐遥测数据显示系统概况

§2-3-2 油罐遥测数据显示系统工作原理说明

第三章 CRT(阴极射线管)字符显示器简介

§3-1 显示方式

§3-2 采用光点图形法产生字符的实例

第一章 数字显示管及常用几种数字电路

§1-1 数字显示管

数字显示管是用光把数字显示出来的器件，它有很多种，下面着重介绍三种：半导体数字管，萤光管，气体放电数字管。

§1-1-1 半导体数字管

半导体数字管是一种小型固体显示器件，主要优点是发光电压低，耗电量少，可靠性高。目前应用的有磷化镓，磷砷化镓和碳化硅等材料做的数字管。

半导体数字管是由发光二极管组成，它可以用条状发光二极管排列成一定的阵列，也可以用点状发光二极管排列成矩阵。使用时，控制某些单元发光，从而显示出数字或符号。

发光二极管还有几种不同的发光机构，目前用得更多的是注入型发光，即在P-n结加正偏压而产生少数载流子注入，当注入的少数载流子与原半导体的多数载流子复合时，一部分变成光量子，另一部分把能量交给晶格振动，或其它电子；前者称发光复合，后者称非发光复合。根据原子物理学的分析，发光复合的幅射光波的波长和电子跃迁的能级差成反比。因此，为了得到波长短的可见光波，半导体的禁带宽度必须足够宽。锗和硅的禁带宽度都太小，砷化镓的禁带宽度比锗和硅的宽，但也只有1.43电子伏特，相当于红外线发光，如果要得到可见光，还须经过变换。磷化镓的禁带宽度为2.24电子伏特，相当于绿光；碳化硅的禁带宽度为3.02电子伏特(6H)型相当于青光。

实际上，发光复合不仅产生于从导带到价带的电子跃迁，电子从杂

质能级的跃迁而形成的重合也会发光。例如，磷化镓掺有¹⁻²氧和氧化锌
.....而碳化硅掺有一定的杂质

时，也能发出橙黄色或其它颜色的光。在制造发光二极管时，除了考虑光的颜色外，发光效率也是很重要的，通常是对P-n结的掺杂作适当控制，使发光复合在总复合里的比例加大。例如，磷化镓，用它发绿光时，发光效率只有0.1%；而发红光时，最大发光效率可达7%，大量生产时，也能达1~2%，这时相当高的①。碳化硅的发光效率远不如磷化镓，只有0.1%这是它的缺点。

下面结合目前国内应用较多的碳化硅数字管来介绍一些使用上的具体问题。

碳化硅数字管分“圆型管座式”和“扁平式”两种，其结构形式及外形尺寸（单位为毫米）如图1-1和1-2所示。

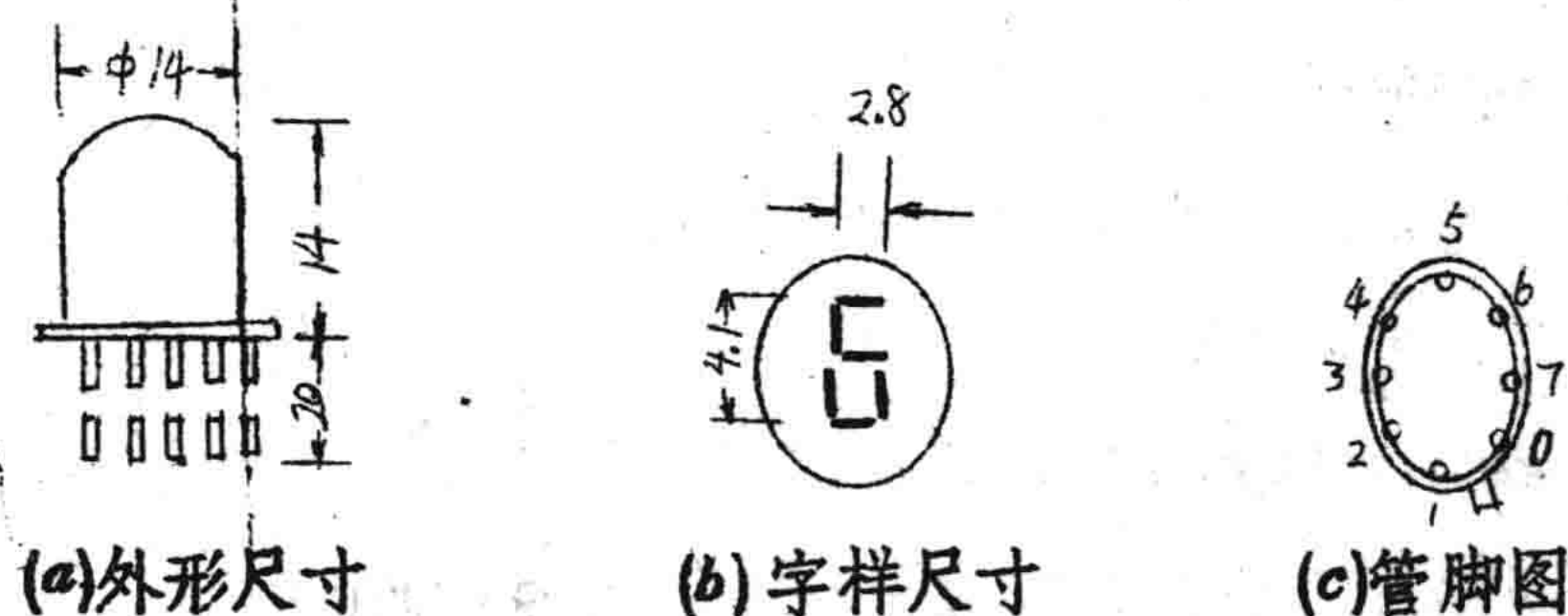
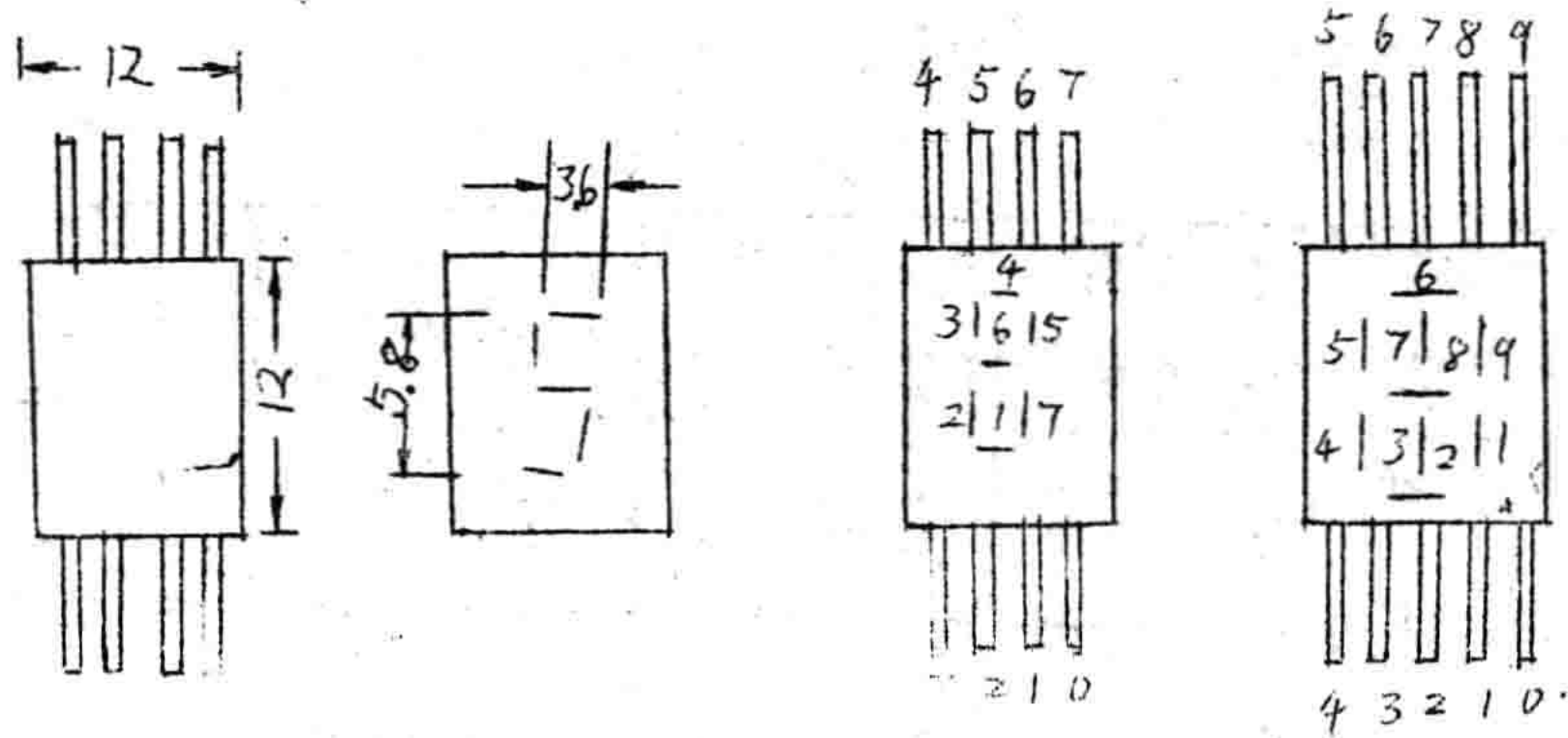


图1-1 T0-5型管式碳化硅数字管

碳化硅数字管分“日”字型和田字型两种阵列。“日”字型为七条发光二极管，显字0~9十个数字，“田”字型为九条发光二极管，显示0~9十个数字和“+”，“-”两个符号。管脚0为公共正极，它通过限流电阻接到+ E 电源上。对“日”字型管，管脚1~7分别

①由于人眼睛对绿光的视觉灵敏度为红光的三十倍，所以发绿光并不显得特别暗。



(a) 外形尺寸 (b) 字样尺寸 (c) 管脚定位示意图

图 1-2 扁平式碳化硅数字管

对应着 1~7 等七条发光二极管的负极，当某个负极处于低电位时，它对应的那一条发光二极管就导通而发光。0~9 十个数字就是由这七条发光二极管组合而成的，图 1-3 表示了十个数字组成的情况。

图 1-4 则表示用“田”字型组成十个数字和“+”，“-”符号的情况。

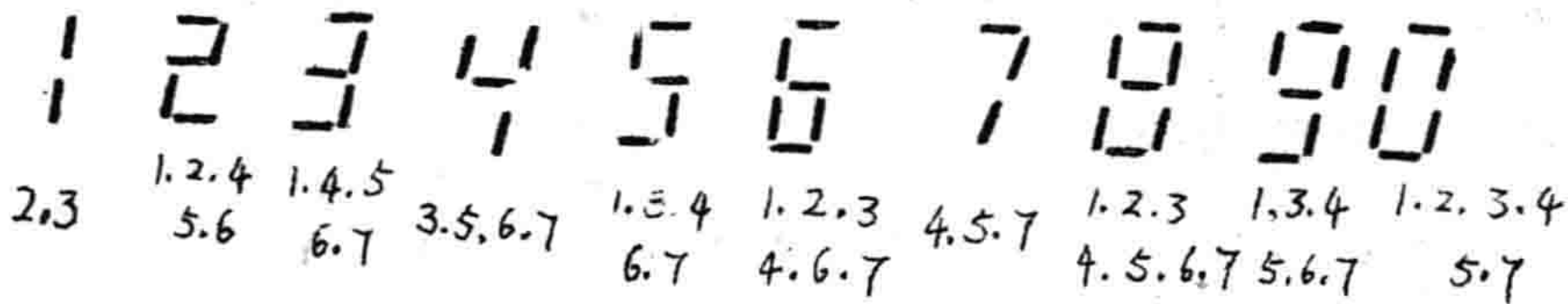


图 1-3 “日”字型数字管字型组成

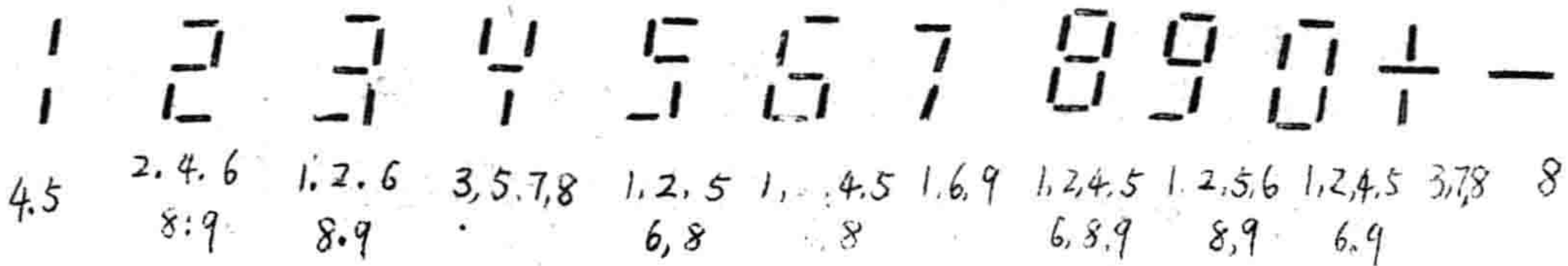


图 1-4 “田”字型数字管字型组成

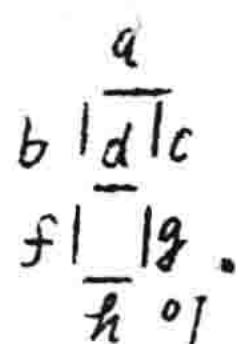
碳化硅数字管的主要参数如表 1-1 所示

表 1-1

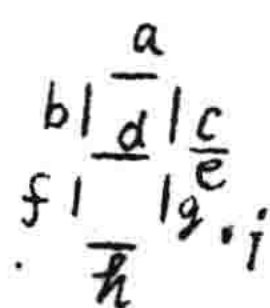
正向工作 电压(V)	正向工作 电流(mA)	发光亮度 (呋朗伯)	发光颜色	温度范围(℃)
2~10	1~20 ^②	5~50	黄 绿	-60~+80°

§1-1-2 荧光数字管

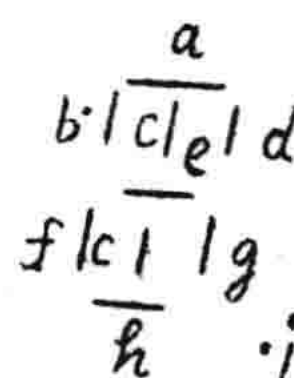
荧光数字管是一种直热式电子三极管，其发光原理和一般收音机中用的“猫眼管”（电子调谐指示管）相似，由灯丝加热而激发出来的电子经栅极加速，撞到涂有发光材料的阳极上，至使阳极发光，其发光颜色为绿色。管子的阳极做成符号所需要的形状。通常也和半导体数字管一样用线段来凑成各种数字和符号。目前常用的形式有“日”字型（又称7段数字管），“日”字型（又称8段数字管）及“田”字型三种。此外，三种型式右下方都有一个圆点，可作为小数点用，如图1-5所示。



(a) “日”字型



(b) “日”字型



(c) “田”字型

图 1-5 荧光数字管三种常见的显示型式

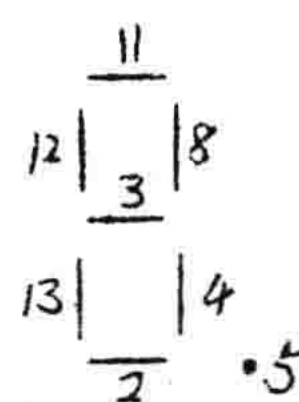
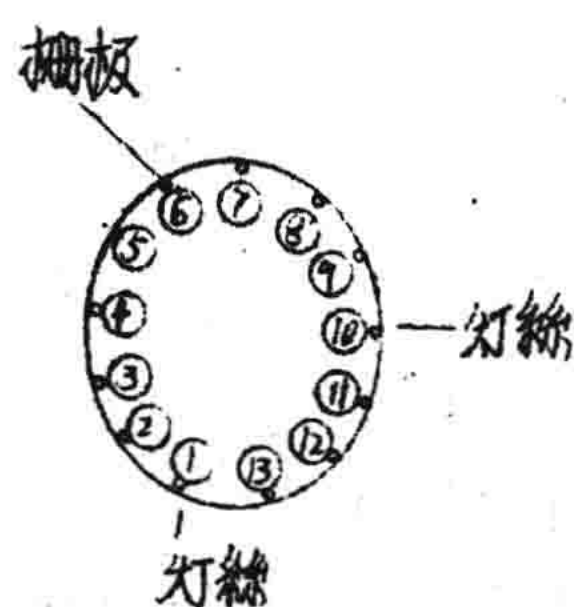
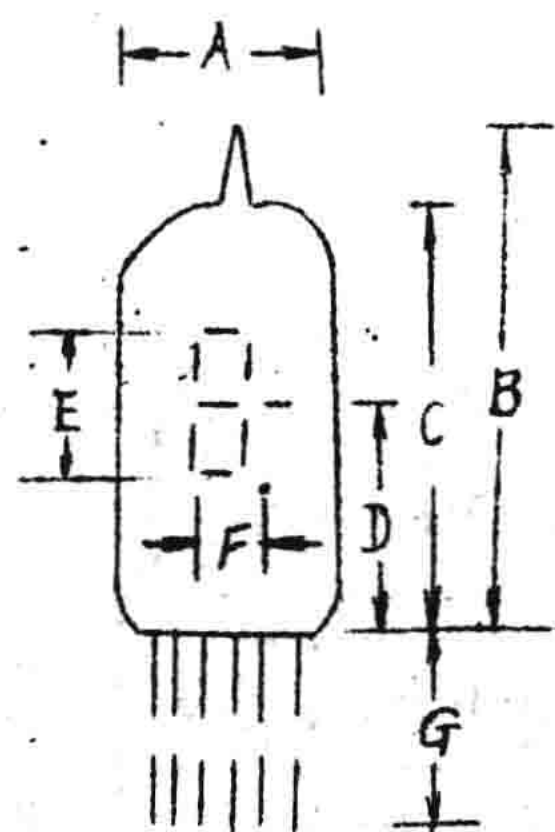
② 指数字管一条发光二极管的电流，当显示8时，七条全部发光，总电流应为七倍。如需提高亮度，工作电流可取得更大一些，但每 每条二极管最大不要超过20 mA。

控制阳极线段(加不加电压)可以使其发光或不发光,从而显字各种数字和符号,萤光数字管的栅极可以同时对所有线段进行控制以控制显示时机。

表1-2是典型的国产YS13-3型萤光数字管的特性数据,图1-6是它的外形图和字符图形及管脚接线图。

表1-2

型号	灯丝		栅极		阳极		亮度 (呎一 朗伯)	字型 (段)	外型尺寸(mm)							寿命 (时)
	电压 (V)	电流 (mA)	电压 (V)	电流 (mA)	电压 (V)	电流 (mA)			A	B	C	D	E	F	G	
YS13-3	1.5	≤50	2.0	≤3	2.0	≤1	≥65	8	13	46	40	20	12	8	38	2000



(a) 外形尺寸

(b) 管脚图

(c) 接线图

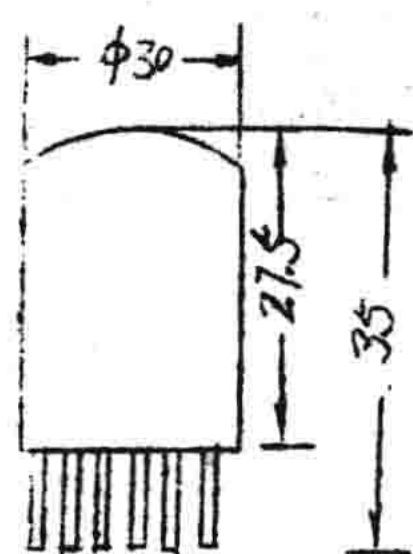
图1-6 YS13-3型萤光数字管

这种数字管字形较清晰,有平面显示优点,有控制栅,在必要时

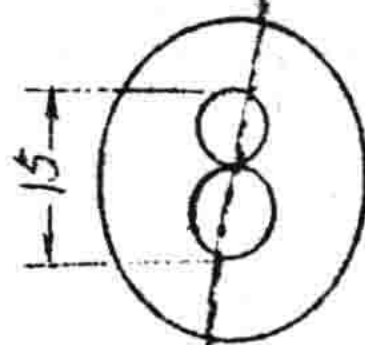
易于进行控制。但电源电压较高，一般 TTL 组件不能直接推动，需用晶体管转换。如用 MOS 组件就可直接推动。另外需要灯丝电流这表不足之处。字符大小一般在 $5 \sim 20 \text{ mm}$ 范围以内。

§ 1-1-3 气体放电数字管

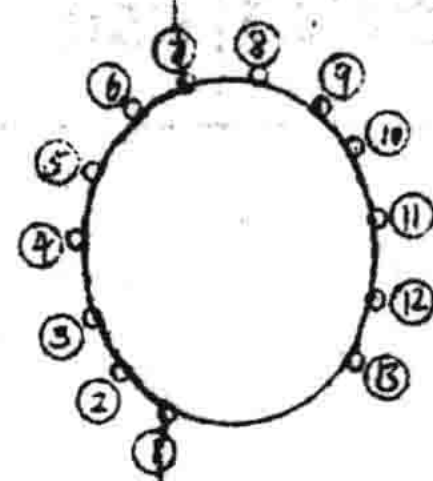
气体放电数字管也叫辉光放电管。它是一种具有一个阳极，十个阴极的冷阴极辉光放电器件。将管子的十个阴极分别做成 0, 1, 2, …… 十个数字的形状，这些阴极相互重叠，中间留较小的间隙。图 1-7 是 SZ-1 型气体放电数字管的外形尺寸（单位：mm），字样大小和管脚图。图 1-8 是气体放电数字管的符号。



(a) 外形尺寸



(b) 字样大小



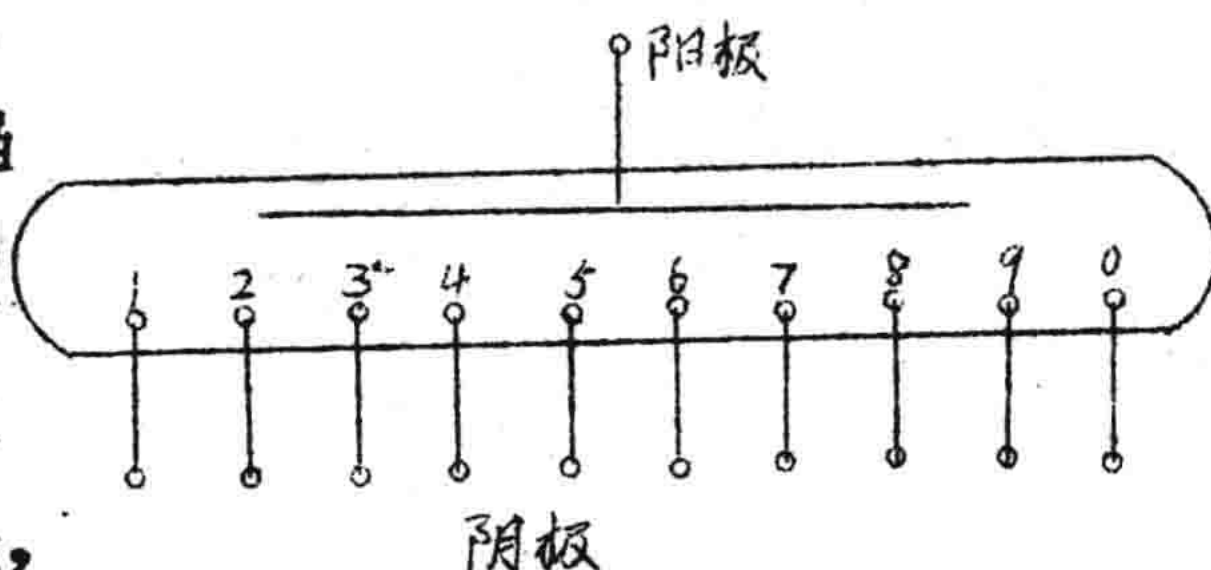
(c) 管脚图

图 1-7 SZ-1 气体放电数字管

管脚	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭
电极名称	空脚	阳极	阴极 0	阴极 9	阴极 8	阴极 7	阴极 6	阴极 5	阴极 4	阴极 3	阴极 2	阴极 1	空脚	

1-7

将数字管的阳极通过限流电阻接到电源 $+E$ 上, 当任一阴极与阳极之间的电压大于某一值 V_z 时, 该阴极就点燃, 发出桔红色的辉光,



并根据阴极的形状显示出相应的数字。点燃后工作电压低一些仍能维持发光, 但到小于某个数 V_H 值时, 该阴极就熄灭。 V_z 称为起辉电压, V_H 称为熄灭电压。

SZ-1 型气体放电数字管的主要特性参数列于表1-2。

表 1-2 SZ-1 型气体放电数字管主要参数

阳极电压 (V)	阳极电流 (mA)	起辉电压 (V_z)	熄灭电压 (V_H)	限流电阻 (K Ω)	寿命 (小时)	阅读距离 (米)
>170	2	≤ 160	≥ 120	15	500	10

气体放电数字管由于各个数字是分开制作的, 字型比较美观, 清楚。但是, 所用电压较高, 耗电较多, 故在与数字集成电路相接时就带来许多不便, 一般在测量仪表中常可见到。

§ 1-2 加法器

1. 半加器:

若有两个二进制数相加, 其加法规则如表 1-3 所示。设 A_K , B_K 是相加两数的某一位 (即第 K 位) 数码, S_K 为相加后得到的第 K 位和的数码, C_K 为相加后给其高位 (第 $K+1$ 位) 的进位信号。能够实现表 1-3 功能的线路称为半加器, 表 1-3 也称半加器真值表。

根据表 1-3 便可得到如下输入与输出的逻辑关系:

$$S_k = \bar{A}_k B_k + A_k \bar{B}_k$$

$$C_k = A_k B_k$$

如果我们用与非门来组成半加器，那末，对上述逻辑关系要作相应的变换。

$$S_k = \bar{A}_k B_k + A_k \bar{B}_k$$

利用公式

$$(\bar{A} + B)B = \bar{A}B + BB = \bar{A}B$$

$$(\bar{A} + B)A = \bar{A}A + AB = AB$$

$$\bar{A}_k B_k = \bar{A}_k (\bar{A}_k + B_k)$$

$$S_k = \bar{A}_k (\bar{A}_k + B_k) + B_k (\bar{A}_k + B_k)$$

$$= \bar{A}_k \bar{A}_k B_k + B_k \bar{A}_k B_k$$

$$S_k = \bar{A}_k \bar{A}_k B_k + B_k \bar{A}_k B_k$$

$$= \bar{A}_k \bar{A}_k B_k + B_k \bar{A}_k B_k$$

图 1-9 是用与非门组成的半加器线路。

2 全加器

在两个二进制数相加时，对于某一位来说，除了 A_k ， B_k 相加外，还需考虑低位来的进位信号，所以不考虑低位来的进位而进行加法运算，实际上只完成了加法运算的一半，故称这样的线路为半加器，只有考虑低位来的进位才能得到某一位完整的加法结果，完成这种运算功能的加法器称“全加器”，表 1-4 就是全加器的真值表。

根据表 1-4 就可写出如下全加器的输入输出逻辑关系：

表 1-3

输 入		输 出	
A_k	B_k	S_k	C_k
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

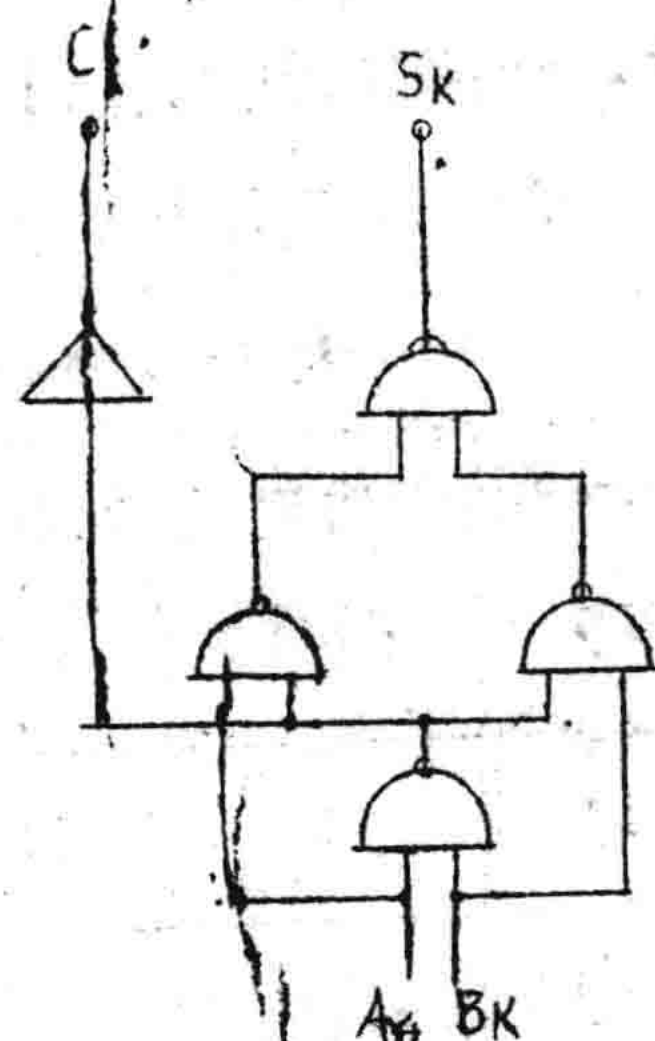


图 1-9

$$\Sigma_K = \bar{A}_K \bar{B}_K \pi_{K-1} + \bar{A}_K B_K \pi_{K-1} + A_K \bar{B}_K \pi_{K-1} + A_K B_K \pi_{K-1}$$

$$\pi_K = A_K B_K \pi_{K-1} + A_K \bar{B}_K \pi_{K-1} + A_K B_K \pi_{K-1} + A_K B_K \pi_{K-1}$$

经简化可写成:

$$\Sigma_K = (\bar{A}_K B_K + A_K \bar{B}_K) \pi_{K-1} + (A_K B_K + A_K B_K) \pi_{K-1}$$

$$\pi_K = (\bar{A}_K B_K + A_K \bar{B}_K) \pi_{K-1} + A_K B_K$$

由于半加器的半和 $S_K = A_K B_K + A_K \bar{B}_K$, 所以 $S_K = \bar{A}_K B_K + A_K \bar{B}_K$,

因此上式又可写成:

$$\Sigma_K = S_K \pi_{K-1} + S_K \pi_{K-1}$$

$$\pi_K = S_K \pi_{K-1} + A_K B_K$$

由此可知, Σ_K 是 S_K 和 π_{K-1} 的半加和。所以只要二个半加器和一个或门就可构成全加器, 其逻辑符号如图 1-10 所示。

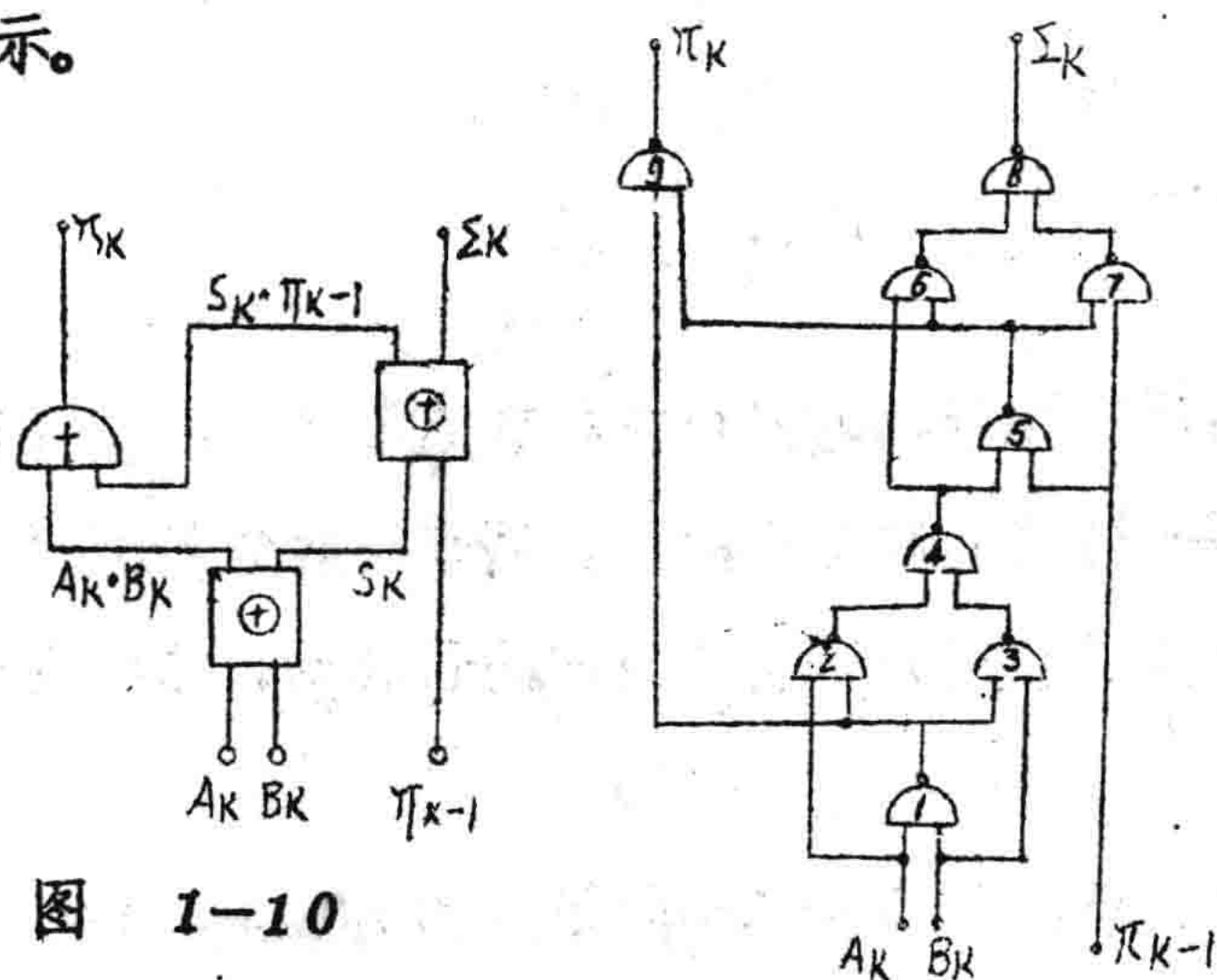


图 1-10

如果组成线路所用的元 图 1-11

件是集成电路与非门, 则全

加器逻辑线路图就如图 1-11 所示。与图 1-9 比较可以看出, 此逻辑

表 1-4

输 入			输 出	
A_K	B_K	π_{K-1}	Σ_K	π_K
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

线路图亦是由两个图 1-9 线路组成。

图 1-11 中与非门 1~8 构成二个半加器，与非门 9 负逻辑工作起或门作用。

全加器和半加器一样，有多种逻辑函数表达式，故逻辑线路也不是唯一的，实际应用时，要根据具体情况来选择逻辑线路。

上述是一位全加器，如果需要多位全加器时，那末只要依次把低位全加器的进位输出线和高一位的进位线相接就行了。图 1-12 就是 4 位全加器逻辑线路图。

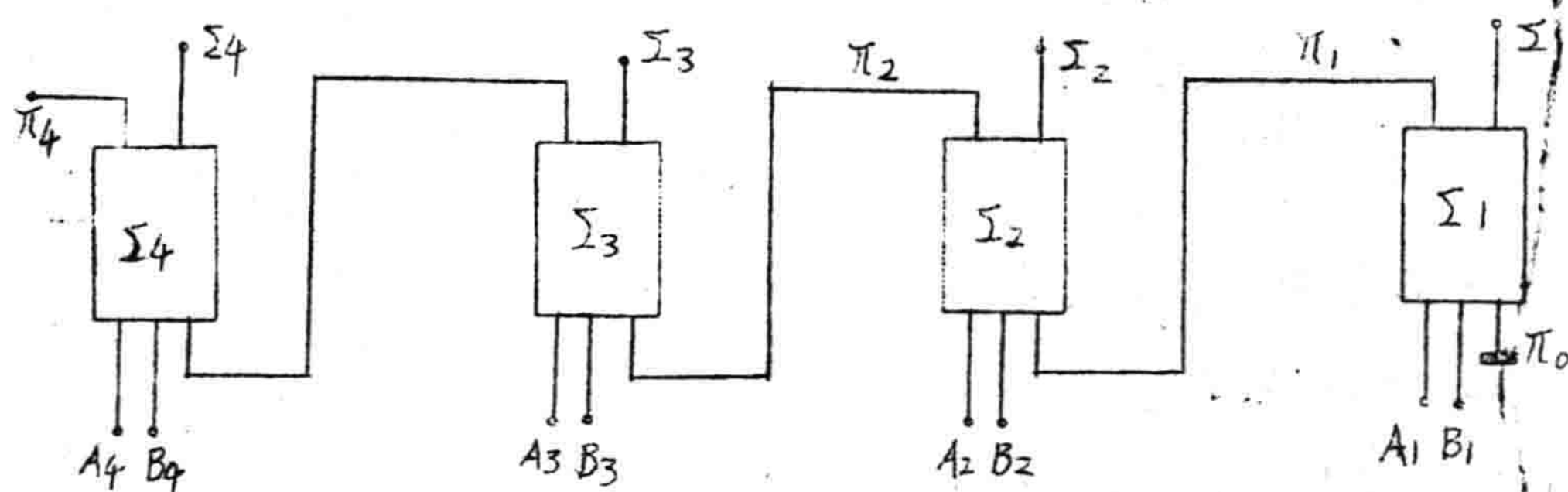


图 1-12 四位全加器

§1-3 移位寄存器

移位是一种重要的逻辑功能，它可分左移和右移二种。而移位寄存器则是实现这一逻辑功能的具体逻辑组件。同样，移位寄存器也有左移和右移之分。所谓左移就是数码由低位向高位移动，右移则相反是由高位向低位移动。

现以左移为例作一说明。设有一二进制数 N 为 1001，其左移 4 次情况如图 1-13 所示。数 N 左移 4 次其十进制值变化如下：

左移一次

$N = 10010$ (十进制值为 2^4)

左移二次

$N' = 100100$ (2^5)

左移三次

$N'' = 1001000$ (2^6)

左移四次

$N''' = 10010000$ (2^7)

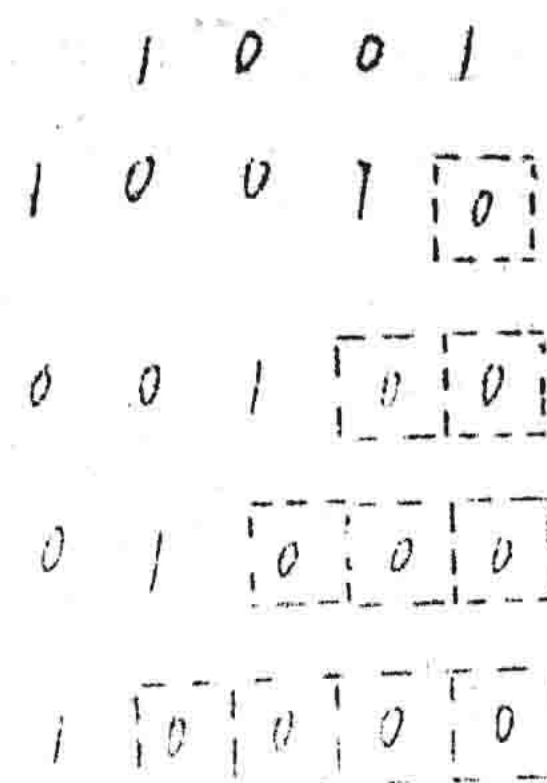


图 1-13

从上述四式和图 1-13 可以看出一个二进制数左移一次相当于乘一次 2，左移 n 次相当于乘以 2^n 。同理右移一次相当于除以一次 2，右移 n 次相当于除以 2^n 。它常用于二进制的乘法与除法运算。实际上移位逻辑功能用处还是相当广泛的，如把串行二进制码变成并行二进制码，并行二进制码变成串行二进制码以及循环计数等场合都需要移位寄存器。

移位寄存器可用 D 触发器，J K 触发器等集成电路组件构成，下面我们以前 J K 触发器组成的左移移位寄存器为例，说明其工作过程。

图 1-14 是由 4 个 J K 触发器组成的 4 位移位寄存器的实用线路

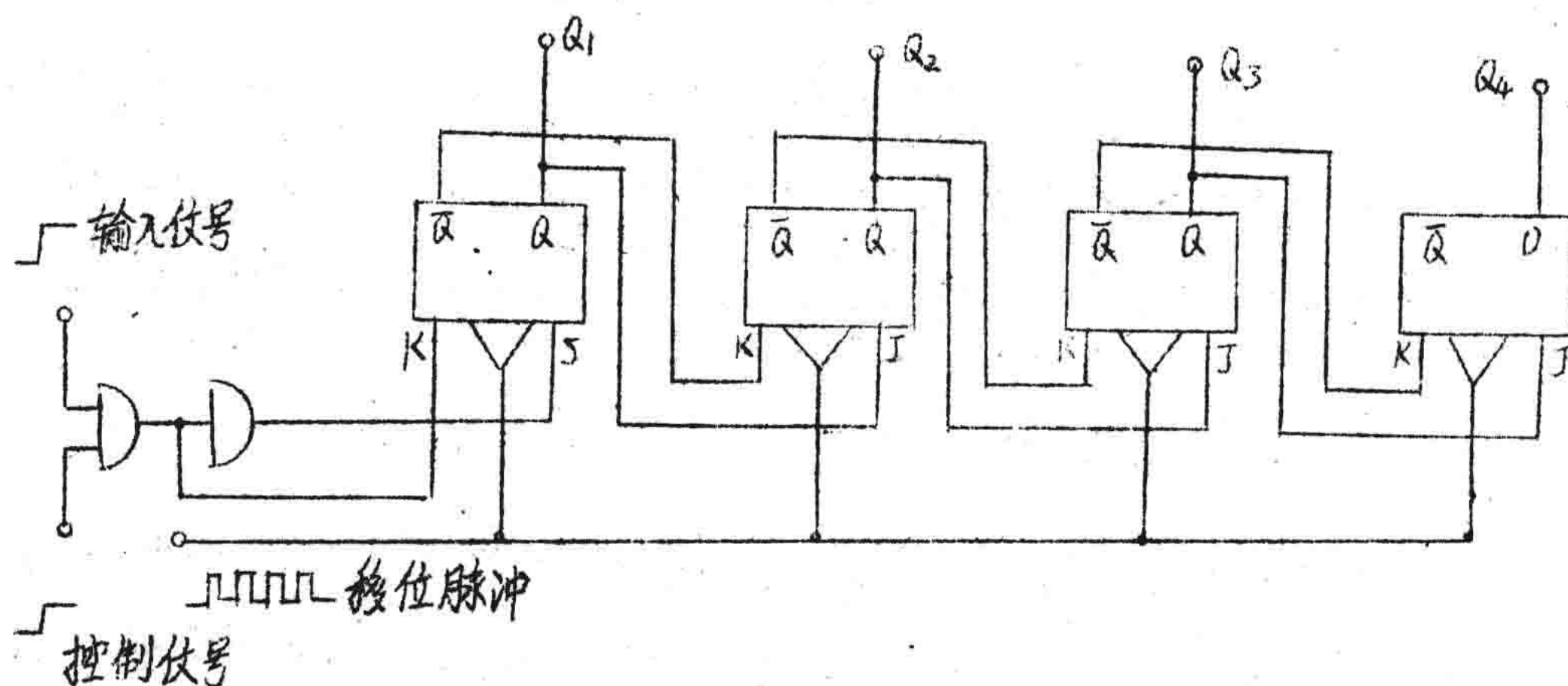


图 1-14 采用 J K 触发器组成的移位寄存器

移位寄存器各位起始状态都为零即 $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = 0$ (为低电位) 若此时控制信号是低电位, 那末输入信号被封住, 即使有移位脉冲加到各级 J K 触发器的计数端 (CP 端), 移位寄存器的状态仍旧维持起始零状态不变。

当控制信号变成高电位时, 在输入信号和移位脉冲共同作用下, 就逐一将输入信号状态 (1 或 0) 移到移位寄存器中。

设输入信号仍为 1001 形式的数码。当控制信号成为高电位后, 输入数码就通过二个与非门加到触发器 J, K 端, 数码最高位为 1, 故第一个移位脉冲到来以前, 第一个触发器 J_1 端呈现高电位, K_1 端呈现低电位, 在第一个移位脉冲作用下, 第一个触发器置“1”即 $Q_1 = 1$ ($\bar{Q}$ 为低电位, Q 为高电位), 由于第 2, 3, 4 触发器 $J_2 = J_3 = J_4 = 0$ $K_2 = K_3 = K_4 = 1$, 故仍旧维持原来状态。移位寄存器状态为 0001。在第二个移位脉冲来到以前, 由于数码次高位为 0, 故 $J_1 = 0$, $K_1 = 1$; $Q_1 = 1$, 故 $J_2 = 1$, $K_2 = 0$, 第三, 第四个触发器状态未变, 在第二个移位脉冲作用下, $Q_1 = 0$ $Q_2 = 1$; $Q_3 = Q_4 = 0$, 移位寄存器状态为 0010 这样依次在第三, 第四移位脉冲作用下, 使移位寄存器状态最后变成 1001 ($Q_1 = 1$ $Q_2 = 0$ $Q_3 = 0$ $Q_4 = 1$), 相当于把输入信号数码全部移到移位寄存器中。

图 1-14 线路实际用于数码的串—并变换。输入是 4 位串行数码, 当移位 4 次以后, 就可从 Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 , 输出并行数码。

§ 1-4 各种循环长度的计数器

在数字电路中, 除了二进制, 十进制计数器以外, 还要用到各种循环长度 (即各种数值进位) 的计数器, 如 11, 14 进位计数器等。当组成计数器时, 虽然它们循环长度不一致, 但都是以二进制计数器

为基础,加以适当的反馈控制线而构成。

从计数器工作方式来分和二进制计数器一样,也可分为行波计数和同步计数二种,下面分别叙述一下此二种计数器的原理,设计方法和构成实例。

一、行波计数器

行波计数器(或称非同步计数器)顾名思义,其状态转换象波浪一样,一级推动一级,逐级串行触发工作。前级的输出作为后一级的计数端输入。这种计数器逻辑比较简单,容易设计。但是由于它不是受同一时钟脉冲控制,而是由前级推动后级工作,故速度较低。例如,我们用4块7CS43B型J-K触发器组成11进位行波计数器时,从计数脉冲输入到最后第4位触发器输出(即从1111变成0000)最大延迟时间为一个触发器延迟时间的4倍,7CS43B每块延迟时间为 $50ns$ 。那末计数器的最大延迟时间为 $200ns$,这样就限制了计数脉冲频率不能大于 $5MHz(\frac{1}{200ns})$,计数器的工作频率也就不能再提高了。

此种计数器一般用于波形时间关系要求不严,速度较低场合。

行波计数器设计步骤大致如下:

1. 根据计数器的循环长度(或模值) N 求出所需要的触发器数 n 。

N 必须满足

$$2^{n-1} \leq N \leq 2^n$$

如果 N 不是2的幂,就用2的下一个较高次幂。

2. 把 n 个触发器连接成行波计数器。

3. 求出 $N-1$ 的二进制数。

4. 把计数到 $N-1$ 数值时,输出为1的所有触发器输出端分别连接到一个与非门的各输入端,同时将时钟脉冲(计数脉冲)也馈送到