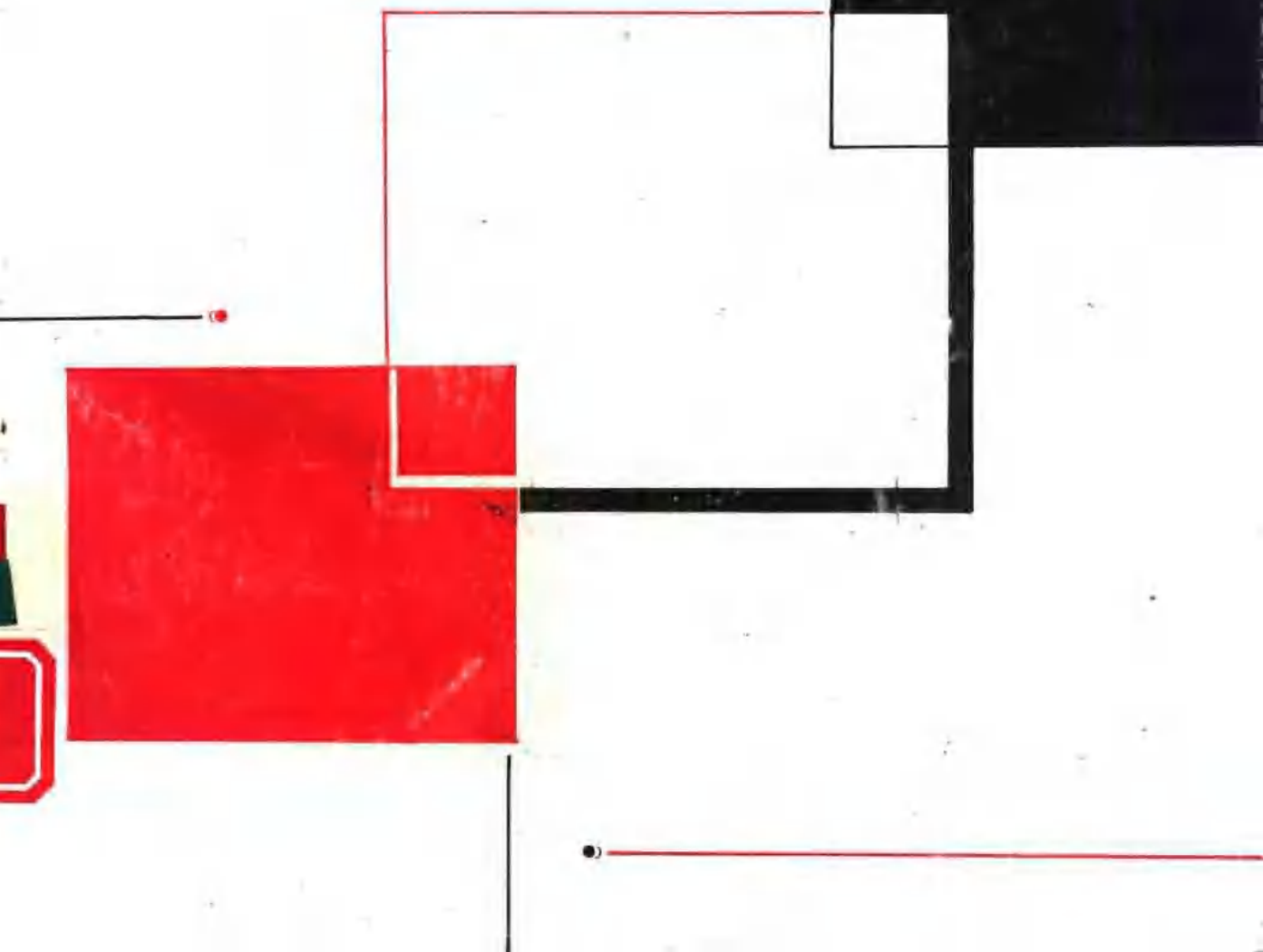


微型计算机 外部设备

WEIXING JISUANJI WAIBU SHEBEI

● 陈国瑞 编著 ● 重庆大学出版社



微型计算机外部设备

陈国瑞 编

重庆大学出版社

内 容 简 介

在计算机系统中,除中央处理机之外的设备都叫做外部设备。它们与中央处理机是互相依赖不可缺少的。

本书重点阐述微型计算机相关的外部设备。主要讲授计算机输入设备、输出设备、外存储设备三项内容。全书共分五章,包括:输入设备、打印机、显示设备、磁记录原理、外存储设备。

微型计算机外部设备

杨景春 编

责任编辑 谭 敏

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆建筑大学印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:6.75 字数:164千

1996年9月第1版 1996年9月第1次印刷

印数:1—3000

ISBN 7-5624-1258-8/TP·94 定价:9.50元

(川)新登字 020 号

概 论

在计算机系统中,除中央处理机之外的设备都叫做外部设备。它们与中央处理机是互相依赖不可缺少的。常用的电子数字计算机只能加工和处理电脉冲信息。客观世界信息种类非常多,需要各种信息转换装置,外部设备就是这种装置。在微机系统中(计算机主机、显示器、键盘、磁盘、打印机等),外部设备的数量占多数。其价值占(40~70)%。我国1994年计算机产值为171.33亿元,其中微机占45.7亿元,外部设备占58.23亿元。因此,外部设备的性能、质量与可靠性,对计算机系统来说是相当重要的。

随着计算机的广泛应用,外部设备也随之得到发展。反过来外部设备的发展和应用也促进计算机的发展。例如:多媒体应用的迅猛发展,促进了计算机功能升级换代和更广泛的发展。因此,外部设备这门课程是相当重要的。本书重点阐述微型计算机相关的外部设备。由于学时和篇幅所限,非微型机应用的外部设备就少讲或不讲了。

外部设备可分为:输入设备、输出设备、外存储设备、数据通讯设备、终端设备等。最后两项在别的课程中讲授。本书只讲前三项。

1. 输入设备

将程序、数据和命令,按一定的要求转换成计算机能接受的代码信息,并送入计算机内进行处理的设备,称为输入设备。例如:键盘、磁卡片、语音输入设备、磁带纸带输入设备等。从实质上说,磁盘、光盘也能输入,但是通常把它们列入外存储设备。

2. 输出设备

将计算机处理信息的中间结果和最终结果,以人们通常能识别的字符、图形、汉字等形式表示的设备,称为输出设备。常用的有:CRT监视器、液晶显示器、点阵针式打印机、激光和喷墨印字机、照相和语音输出设备、磁记录介质输出设备、绘图仪等。

3. 外存储设备

一般来说,装于系统板外的存储设备称外存储设备。例如:磁盘(软盘、硬盘)存储器、激光盘存储器、磁带机等。最近,快擦写存储器的飞速发展,使外存储设备又新添了一个有力的竞争者。

计算机外部设备的发展和计算机一样是很快的。有一台计算机就有:输入设备、输出设备、外存储设备各一台。只需看一看PC机的发展就可以看出外部设备的发展情况了。全世界1994年PC机的出货量为4600万台,年增长18%,1995年将达到6000万台,年增长30%。根据预测,全世界PC机的总使用量,1994年为1.93亿台,到2000年将达到7亿台,可见外部设备增长率也是很快的。

外部设备的发展方向是:高性能、高可靠性、高速度、低价格、大容量、小体积。

目 录

概论	1
第一章 输入设备	1
第一节 信息处理编码	1
第二节 键盘输入设备	2
一、键开关的结构及工作原理	2
二、键盘编码器及编码电路	4
第三节 汉字输入设备	9
一、汉字编码	9
二、汉字输入设备	9
第四节 磁卡片输入设备	12
一、磁卡的外形及数据格式	12
二、磁卡片机的结构和工作原理	12
第五节 语音输入设备	13
第六节 图像输入设备	15
第二章 打印机	18
第一节 点阵针式打印机	18
一、打印原理	18
二、串式点阵式打印机结构	19
三、控制原理与电路组成	22
四、打印针的控制与驱动	23
五、I/O 口的作用	25
六、步进电机的控制与驱动	26
七、字车位置、速度的检测	28
八、常见针式打印机的主要性能	29
九、彩色打印机	29
第二节 梳形点阵打印机	31
第三节 激光印字机	32
一、激光印字机的组成及工作原理	32
二、激光扫描部分	33
三、电子照相部分	34
四、控制系统	35
五、常见激光印字机的特性	36
第四节 喷墨印字机	37
一、随机喷墨型印字机	37
二、电荷控制型喷墨印字机	38

三、电场控制型喷墨印字机	38
第五节 热敏印字机	40
一、工作原理	40
二、印字机构	40
第六节 各种打印机、印字机性能比较	41
第七节 绘图机	41
一、滚筒式绘图机	42
二、平台式绘图机	42
第三章 显示设备	47
第一节 显示器件	47
一、CRT 器	47
二、平板显示器	49
三、扫描偏转技术	50
第二节 字符显示器和汉字显示	50
一、CRT 控制器	51
二、字符发生器和汉字显示	53
三、字符刷新存储器	54
第三节 图形显示器	56
一、概况	56
二、光栅扫描图形显示器	57
三、监视器	58
第四章 磁记录原理	59
第一节 概述	59
第二节 写入过程	60
一、边缘磁场	60
二、写入过程的分析	61
第三节 读出过程	62
一、磁头感应电动势	62
二、读信号的脉冲拥挤效应和读出损失	62
第四节 垂直磁记录	64
第五节 数字磁记录编码	65
一、改进调频码(MFM)	65
二、三单元调制码(3PM)	67
第五章 外存储设备	68
第一节 软磁盘存储器	68
一、概况	68
二、软磁盘驱动器的工作原理	69
三、软磁盘	69
四、软磁盘驱动器的机械结构	69

五、软磁盘驱动器的控制电路	73
六、软磁盘磁道格式	78
七、软盘控制器(适配器)	79
第二节 硬磁盘存储器	83
一、温盘驱动器的组成	84
二、温盘驱动器的机械结构	84
三、硬盘驱动器电路	86
四、硬盘控制器电路	92
第三节 光盘存储器	94
一、概况	94
二、光盘读写原理	96
三、光盘存储器的一些主要部件	97
四、可擦写光盘存储器与其它外存性能比较	98
第四节 快擦写存储器 Flash Memory	99

第一章 输入设备

计算机系统中,将各种数据、程序指令送入计算机的设备,称为输入设备。包括:键盘、穿孔纸带阅读机、穿孔卡片阅读机、磁卡阅读机、扫描仪、光电阅读机、语音输入设备等。其实磁带机、磁盘机也可以输入,但是通常把它列入外存设备中。

各种输入设备,原理基本上相同。只有键盘例外。基本上是:事先以特定的物理形式把要送入计算机的程序、原始数据记录在信息载体上。载体可分为纸带、卡片、磁卡、磁带、磁盘等。不同的载体记录的物理形式不同。对于纸带和卡片,有孔表示“1”,无孔表示“0”;对于磁卡、磁带和磁盘,是利用其磁介质表面上的两种剩磁状态或剩磁方向的变化规律来表示“1”和“0”的;对于条形码光电输入机,则利用条纹宽窄不同,黑白相间的条纹表示“1”和“0”。输入设备要通过相应的转换手段,把载体上不同的状态变换成计算机可以识别的 2 进制信息,送入计算机。

最广泛应用的是键盘。操作简便,无需中间媒体,手动按键直接产生代码,经处理后变成计算机可识别的 2 进制信息。

第一节 信息处理编码

信息是一些含有一定意义的字符的组合。要将这些字符输入计算机处理,必须将它们转换成计算机能接收的 2 进制形式,这种转换的规则就是编码。方式有:5 位的、7 位的、8 位的、BCD 码、EBCDIC 码等。

原则上不同的设备可以采用不同的编码。但是,采用统一的标准编码,对计算机的通用和普及,对数据通信技术的发展都是很必要的。

美国国家标准局制定的 ASCII 码,被公认为国际通用的标准编码。我国 1980 年颁发的国家标准《信息处理交换用的 7 位编码字符集》(GB1988-80)。基本上与 ASCII 码相同。有 32 个控制符和 96 个图形字符,见表 1-1。

表中: b_7 为最高位, b_1 为最低位,每个字符都对应一个 7 位 2 进制编码。 $b_7b_6b_5$ 为列, $b_4b_3b_2b_1$ 为行。0 和 1 两列是 32 个控制符,只起控制用,不能显示、打印。但其编码可以存储。后 6 列是图形字符 96 个。其中:间隔符 SP 和抹掉符 DEL 不能显示、打印。其余都可以显示、打印。

有些设备采用 8 单位的编码,如穿孔纸带。其中有一位作奇偶校验用。也可根据第 8 位为 0 或 1 面对字符集进行扩充;为 0 时,为标准字符集共 128 个编码。为 1 时,可得 128 个扩充的编码,可定义一些特殊的字母和符号。

表 1-1 信息处理交换用的七位编码字符集(摘自 GB1988-80)

					b7	0	0	0	0	1	1	1	1
					b6	0	0	1	1	0	0	1	1
					b5	0	1	0	1	0	1	0	1
b4	b3	b2	b1	列 行	0	1	2	3	4	5	6	7	
0	0	0	0	0	NUL 空白	DLE 转义	(SP)	0	@	P	,	p	
0	0	0	1	1	SOH 序始	DC ₁ 机控 1	!	1	A	Q	a	q	
0	0	1	0	2	WS 文始	DC ₂ 机控 2	"	2	B	R	b	r	
0	0	1	1	3	ETX 文终	DC ₃ 机控 3	#	3	C	S	c	s	
0	1	0	0	4	EOT 送毕	DC ₄ 机控 4	¥	4	D	T	d	t	
0	1	0	1	5	ENQ 询问	NAK 否认	%	5	E	U	e	u	
0	1	1	0	6	ACK 承认	SYN 同步	&	6	F	V	f	v	
0	1	1	1	7	BEL 告警	ETB 组终	'	7	G	W	g	w	
1	0	0	0	8	BS 退格	CAN 作废	(	8	H	X	h	x	
1	0	0	1	9	HT 横表	EM 载终	)	9	I	Y	i	y	
1	0	1	0	10	LF 换行	SUB 取代	※	10	J	Z	j	z	
1	0	1	1	11	VT 纵表	ESC 扩展	+	11	K	[	k	{	
1	1	0	0	12	FF 换页	FS 卷隙	,	12	L	\	l		
1	1	0	1	13	CR 回车	GS 群隙	—	13	M	]	m	}	
1	1	1	0	14	SO 移出	RS 录隙	.	14	N	^	n	~	
1	1	1	1	15	SI 移入	US 元隙	/	15	O	_	o	(DEL)	

第二节 键盘输入设备

键盘是计算机应用最广的输入设备,最常见是 QWERTY 键盘称标准键盘,第一行字母键按此顺序排列。可显示、打印的字符安排在盘中间,格式与英文打字机相同。两侧是:换档、控制、档锁及用户定义的功能键;空隔键做成长条,在盘中心下方。

键盘每个键都是结构相同的键开关。按键动作使开关由断变通,字符则由按键位置确定,它们通过编码器变为 2 进制码,再通过接口电路送入计算机。

一、键开关的结构及工作原理

键开关可分为:有触点式和无触点式两大类。

1. 有触点式开关

有机械簧片式、干簧管式、薄膜式等。

(1)机械簧片式,结构见图 1-1。

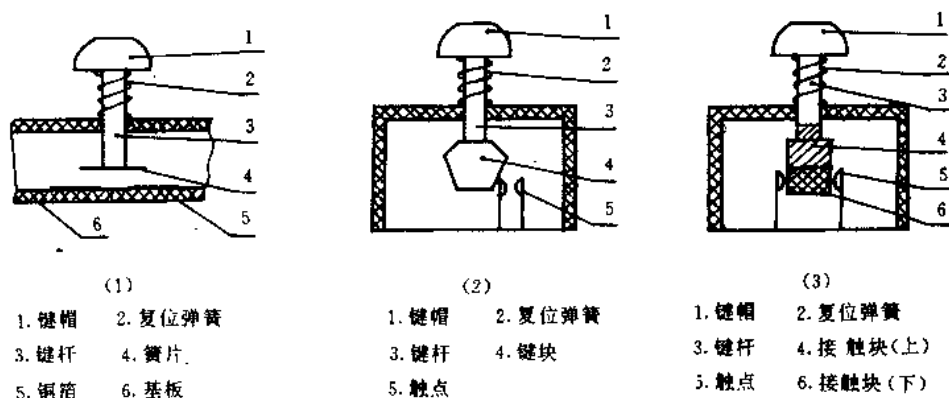


图 1-1 机械簧片式键开关

图(1)绝缘的键杆 3 下面,连着一个簧片 4,由于复位弹簧 2 向上的弹力,平时簧片与铜箔 5 和基板 6 不接触。按下键帽时,簧片下压才使电路接通。簧片也可用导电橡胶代替,弹性更好,接触更可靠。

图(2)按键时,锥形的绝缘的键块使触点接通。不按键复位弹簧 2 使键块向上,触点断开。

图(3)接触块上面是导体,下面是绝缘体。为了导电良好,这类开关的触点通常镀银。

优点是:结构简单、价格低、开关特性最理想(通、断电阻为零和无限大)、应用广泛。

缺点:尘埃和潮气侵入使接触不良。机械磨损和抖动,使可靠性降低。

(2)干簧管式,见图 1-2(1)。

管内抽成真空,内装两根磁性簧片。在复位弹簧 2 的作用下,磁铁 4 远离干簧管,磁力不足以使簧片吸合。键按下时,磁铁靠近磁力增大使簧片吸合导通。簧片完全不受尘埃、潮气影响,可靠性高,寿命长,应用广泛。

(3)薄膜式,见图 1-2(2)。

除薄膜 2 和基底 4 的相对面涂有导电金属外,其余都是绝缘体,衬垫 3 的厚度为 0.05~0.1mm。不按时,上下金属不导通。按下时,金属膜接触就导通了。

优点是:防护能力强,成本低。

缺点:薄膜弹力易消失,寿命不长。

2. 无触点式开关

无触点开关有很多种,共同点是:开关内部没有机械接触,只是利用按键动作改变某些参数或利用某种效应,来实现电路的通、断转换。有电容式、霍尔效应式、光电式等。

电容式是比较常用的,其结构和原理见图 1-3。底板上有两个固定电极:检测极 7 和驱动极 8。活动极 5 与键杆 3 相连。它们组成两个平行板电容器。键被按下时,极间距离缩短,电容变大;释放时,距离增大,电容量变小。

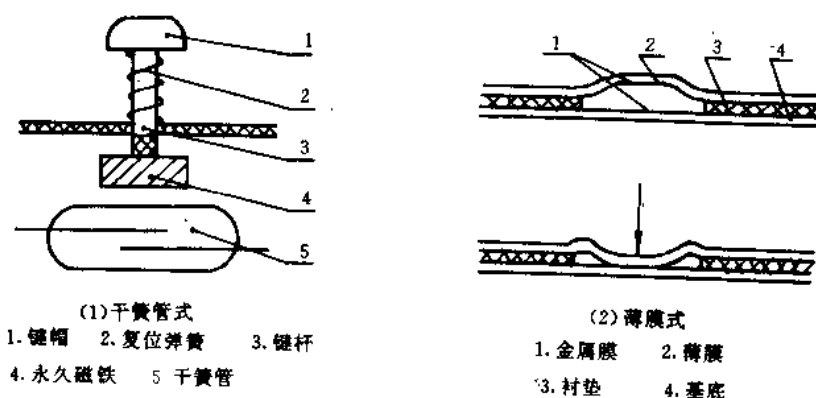


图 1-2 机械管式和薄膜式键开关

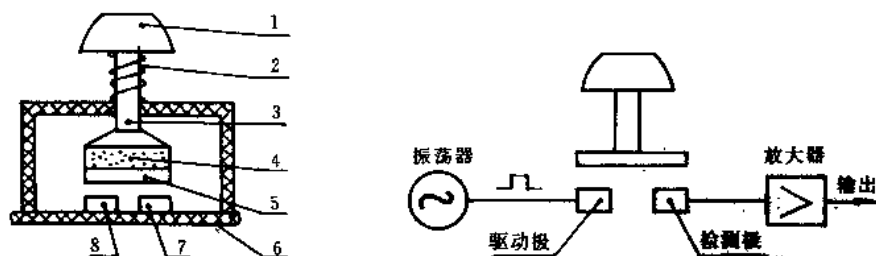


图 1-3 电容式键开关的结构与原理

振荡器接驱动极,放大器接检测极,振荡器的振荡信号通过电容耦合到放大器。电容量变化,耦合到放大器的信号强度也发生变化;经放大、整形就可得到完整的输出波形。

电容开关的优点是:灵敏、稳定、耐用、结构简单、功耗小、成本低、易批量生产。

缺点是:电路复杂。

霍尔效应式是利用磁钢和霍尔器件之间距离的变化产生开关信号,使用可靠,寿命长,但成本高。

二、键盘编码器及编码电路

键盘编码器可分为:静态编码器和动态编码器两类。主要区别为:前者开关驱动源是直流的电压或电流,后者为非直流的。

键在键盘上是按矩阵排列的。键开关的两个接头被焊在双面印刷板的两个面。键的布置要考虑操作方便和行、列线数目少。键的位置一般与英文打字机相同。

1. 静态编码器

图 1-4 是一个静态 5 位编码器电路。输出 $b_1b_2b_3b_4b_5$ 是 5 位标准编码,也代表 $2^5=32$ 个字符。通过上、下档可表示 64 个字符或功能码。

编码电路有 8 行($x_0 \sim x_7$),4 列($y_0 \sim y_7$)在行列线的交叉点上设键(如图 Q),全 0 不设故

有 31 个键。行线产生编码的前 3 位,列线产生后两位。由图可知:

$$b_1 = y_1 + y_3$$

$$b_2 = y_2 + y_3$$

$$b_3 = \overline{x_1 x_3 x_5 x_7}$$

$$b_4 = \overline{x_2 x_3 x_6 x_7}$$

$$b_5 = \overline{x_4 x_5 x_6 x_7}$$

不按键时,5 个与非门(1~5)输入端全为高电平,故输出为 0,无意义。当某一键按下,则所在的行、列线被键开关短接;第一列接地,另外三列将引起三极管导通,集电极电位变化。即任一键按下,都将使相应的行、列线变为低电平。例如:按下 x_7 和 y_1 交叉点的键, x_7 、 y_1 都变成低电平,则得到 11101 的代码,根据 5 位编码表,这是字母 Q 的编码,这个键就设置为 Q。余此类推。

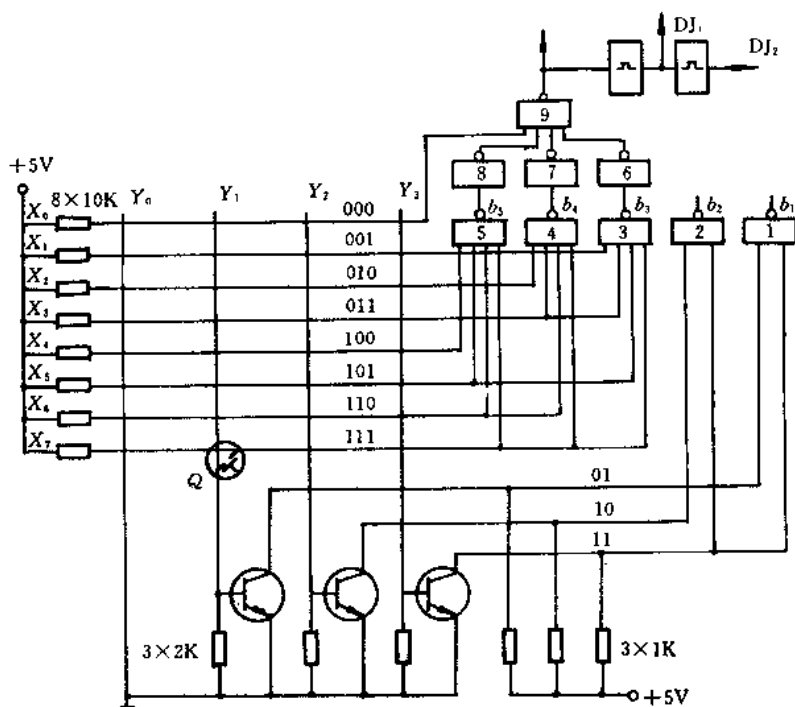


图 1-4 静态五位编码电路

2. 动态编码器

(1) 时序式扫描键盘

图 1-5 是时序式扫描键盘原理图。只画 4 位,可进行 16 个字符的编码。若要得到 128 个标准编码,则应有 6 位再加上换档键控制第 7 位。可直接产生代码,不必对 ROM 寻址。

工作原理是:在时钟(2MHz)的控制下,扫描计数器从 0000→1111 循环计数。其高两位通过 4 个与门依次使开关管 $BG_1 \sim BG_4$ 导通,使 4 条列线依次变为低电平。当有键按下,而扫描至该键所在的列时,其所在的行线也变为低电平。因而该行上的开关管($BG_5 \sim BG_8$)就由导通

The diagram illustrates a control system for a 1000-element matrix. It features a grid of 1000 elements, organized into 4 columns (labeled 00, 01, 10, 11) and 25 rows (labeled $2^3, 2^2, 2^1, 2^0$). Each element is controlled by a transistor (BG1 to BG8) and a switch. The system is powered by a constant current source I (恒流). The output is connected to a 10-bit digital output bus.

原理图见图 1-6。有 64 个键, 分别与 64 位移 1 位移寄存器各位相连。扫描计数器和编

码寄存器都是 6 位的。移位寄存器和计数器都由 2MHz 时钟驱动。移位寄存器只有一位是“1”，其余 63 位都是“0”。每来一个时钟脉冲，这个“1”向右移动一位，而计数器则同步地在 000000~111111 间变化。两者是一一对应的。即：移位寄存器第一位是“1”，计数器全“0”；移位寄存器第二位为“1”，计数为 000001；余此类推。当移位寄存器第 64 位为“1”时，计数器全“1”。

当某一键按下时，若所对应的移位寄存器位是“0”，与门无正脉冲输出，计数器的数不能传至编码寄存器的输出端；若移位寄存器的“1”移至该位，此高电平信号与时钟正脉冲相“与”，与门输出正脉冲，扫描计数器的 6 位数据就传至编码器的输出端。这恰好是该键的编码。

移位寄存器与扫描计数器，不断地工作，时钟 2MHz 循环周期是 $32\mu\text{s}$ 。每秒移位寄存器状态循环 31250 次。按键动作每秒顶多 10 次，扫描速度足够快了。

滚按式扫描键盘，结构简单，原理与前述的不同，近年应用较广泛。

(3) 智能键盘

智能键盘是指：内有单片机，执行已固化在 ROM 或 EPROM 中的程序，去控制完成各种功能的键盘。它也具有多键滚按的功能。

现以 IBM-PC 机为例，说明智能键盘的原理和工作过程。它有 83 个键，电容式开关。内装一块 8048 单片机；是 8 位 CPU、ROM、RAM 和 I/O 组装在一个芯片内的单片机；双列直插封装结构；40 条引脚，其中 I/O 线有 27 根（3 组 8 位输入、输出线和 3 根测试线；8 位数据总线 DB7~DB0 是双向线，而 P_1 、 P_2 线在输出时有锁存能力，输入时只有缓冲功能，它们每根线都可以单独指定为输入、输出或双向。8048 内部 ROM 容量为 1K 字节（ 1024×8 位），存放着全部键盘控制程序，CPU 的程序计数器 PC 是 12 位字长的，用 10 位对 ROM 寻址；RAM 为 64 字节，32 字节给用户安排。

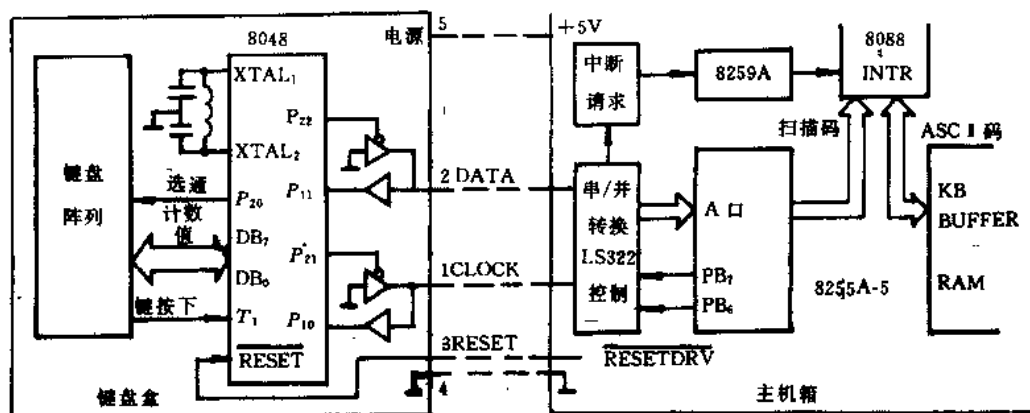


图 1-7 PC 机键盘与主机的连接

8048 单片机有多种功能。如：系统上电自检时，检查是否有键被卡住；ROM 是否有效；发现故障，扬声器报警，并显示错误代码；正常工作时，担任键盘扫描、去抖、生成扫描码，并/串转换，将串行时钟脉冲和数据位送计算机，内部 RAM 用户区具有多键滚按功能。

8048 与键盘和计算机的连接见图 1-7。引脚 XTAL1 和 XTAL2 与石英晶体相连时，内部振荡器工作，时钟频率由石英晶体谐振频率决定；若使用外部振荡源时，信号由此输入。PC 机

机箱内的接口电路见图 1-8。它包括:串/并转换器 LS322,及其下面的中断请求触发器和两级同步器(都由 D 触发器构成)。变换后的 8 位扫描码并行地送到 8255A-5 的 A 口。并转入键盘缓冲器 KB-BUFFER 中,B 口的 PB_6 、 PB_7 作控制用。



8

码暂不要送来。

键盘中断服务程序,使 CPU 读取扫描码后 PB_7 产生 0 至 1 的跳变,使 CLR 清 0,为接收下一批串行数据做好准备。 PB_6 为 1 时,三态门呈高阻态,KBD-CLK 可输入 D 触发器;当 PB_6 为 0 时,三态门接通,KBD-CLK 接地,接口电路便不能工作。系统自检完毕,应使 PB_6 为 1。

键盘的有触点开关,操作时的抖动是常有的,刚按下时有 15ms 左右抖动,对高速的扫描电路而言,是多次的开关通断,会误为多次按键。为此要消除抖动影响,方法有二:1. 硬件去抖,即用各种延迟电路,按下时 20ms 之内不理它,稳定之后再取走。2. 软件去抖。在程序中加入延时子程序,待 20ms 后稳定再取走。

第三节 汉字输入设备

将汉字送入系统内部的各种设备,都叫汉字输入设备。本质上是输入汉字代码,由此就有编码问题。

一、汉字编码

与西文信息处理编码原理相同:利用计算机进行汉字信息处理,要将汉字转换成计算机能识别的 2 进制代码。汉字比英文字母多得多,因此汉字编码要复杂得多。

国家标准 GB2312《信息处理交换用汉字编码字符集》有 6763 个常用汉字,还有 682 个非汉字图形字符代码,共 7445 个。输入码的转换以及点阵字模库的设计都以它为基础。但机器的不同,软件设计的不同,输入汉字方式不同会有许多编码方案。目前有 500 多种。产生的编码是输入码,在计算机内还要变换成 GB2312 的标准代码。

常见编码方案有:区位码输入,五笔字形输入,拼音输入,自然码输入等。

二、汉字输入设备

可分两类:1. 人工操作的物理设备。如:键盘和字盘;2. 采用人工智能方式,直接对文字和语音进行识别输入的设备。如:汉字字形识别,语音识别系统等。

1. 汉字输入键盘和字盘

按操作方式可分三类:间接输入式、直接输入式和人-机对话式。

(1) 间接方式

利用键盘输入汉字的编码,将编码经过处理变成标准代码,再在字库中取出汉字字形信息,最后输出汉字。这是目前应用最广泛的一种。

(2) 直接方式

每个字作成一个键,许多汉字组成一个字盘,按下选中的键(汉字),直接输入汉字编码。此法,虽直观易学,但汉字多、字盘太大、价格不低。

为缩小字盘,将每个汉字只占 4mm 见方用笔去按,故称笔触式字盘。字盘上布有 x 、 y 扫描线,这些线形成许多交叉点——文字位置检测点。字盘上的汉字正与交叉点相对应。当笔触及它时,坐标盘上就产生该汉字的 x 、 y 坐标信息,并转换成对应的编码,最后由接口送入计算

机。这是一字一触的输入,直观易学。但单手操作,输入速度不会超过 60 字/min。因字盘小,长时间操作很疲劳。

(3) 入-机对话式

通过入-机对话,利用终端设备的处理功能输入汉字。

2. 汉字识别输入法

汉字识别输入由光学字符阅读机进行识别。对于手写体汉字,还可以利用联机文字识别装置进行输入。

(1) 光学文字识别

光学文字识别是利用光学原理,对文字稿本进行扫描,得到文字图像信息,并决策出识别结果进行输入的。其流程图见图 1-9。

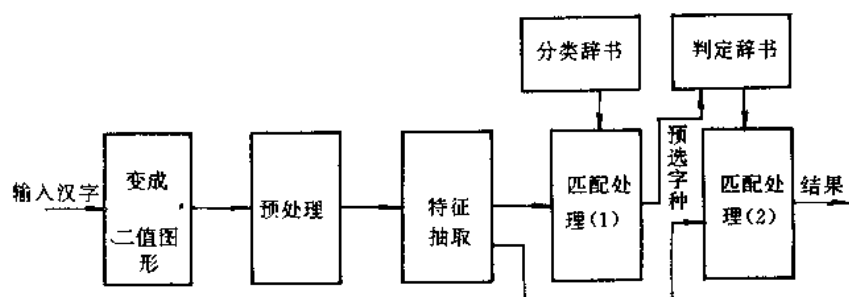


图 1-9 汉字光学识别流程

用光学扫描对原稿上的文字扫描,以 8~10 点/mm 的分辨率取样。有笔划经过的点赋值为 1,无笔划的点赋值为 0。将汉字字形变成由 1,0 组成的二值化图形。然后进行预处理,除去污染(纸表面带有的似印非印的污点)和噪音(机械运动误差在字形信息中产生的噪音),以免文字的误判。再经过特征抽取,抽出其图形特征(如:笔划长度、角度、端点、交叉点、笔划分布,四周特征或背景特征等),表示为多维矢量的形式。作为识别标准的学习图形也以多维矢量的形式存放在分类辞书和判定辞书中。将输入汉字的图形与辞书中的标准图形进行比较(匹配处理),最接近的作为判定的结果输出到处理系统中去。

扫描法有 3 种:

① 阴极射线飞点扫描法

原理见图 1-10。光源是飞点扫描管。与阴极射线管相似,阴极发出的电子束在偏转线圈的作用下,顺序轰击荧光屏上的荧光粉,发出的光经过聚焦镜,对原稿上的汉字进行顺序扫描。原稿上即有反射光产生;有笔划的地方反射光弱,无笔划的地方反射光强。强弱不同的反射光经光电倍增管变成相应的电信号。

飞点扫描管的扫描速度,取决于荧光粉的余辉时间,余辉短,扫描速度高。它对汉字的取样速度可达每秒 1000 字以上。

② 激光扫描法

此法采用的光源是激光束,其特点是:光的强度大,方向性强,可以聚焦成极微小的光点。比飞点扫描的分辨率提高很多,信噪比高得多,对外界光线的抗干扰能力强得多。原理见图 1-11。激光照射到旋转的多面棱镜上,垂直反射镜和光学透镜组,实现对原稿的垂直方向扫描。