

# 第 6 章 MCS-51 单片机系统的接口

在单片机应用系统中,键盘、显示器、过程通道是最常用的接口。通过接口构成人机对话的基本方式,提供数据输入/输出通道。键盘能实现数据录入、命令传送等功能,是人工干预计算机的主要手段;显示器用于显示控制的过程和结果;过程通道实现模数转换、信号调制与匹配。

## 6.1 键盘及显示器接口设计

在单片机应用系统中,通常需要实时显示运行状态与结果和打印输出,并能随时发出各种控制命令及输入数据等。显示器、键盘及打印机则是实现上述功能的必要设备。

### 6.1.1 键盘接口设计

键盘由一组规则排列的按键组成,一个按键实际上是一个开关元件,也就是说键盘是一组规则排列的开关。按键按照结构原理可分为两类,一类是触点式开关按键,如机械式开关、导电橡胶式开关等;另一类是无触点开关按键,如电气式按键,磁感应按键等。前者造价低,后者寿命长。目前,微机系统中最常见的是触点式开关按键。

常用的键盘电路有两种:独立式键盘和矩阵式键盘。

#### 1. 独立式键盘工作原理

单片机控制系统中,往往只需要几个功能键,此时,可采用独立式按键结构。独立式按键是直接接 I/O 口线构成的单个按键电路,其特点是每个按键单独占用一根 I/O 口线,每个按键的工作不会影响其他 I/O 口线的状态。独立式按键的电路如图 6-1 所示。

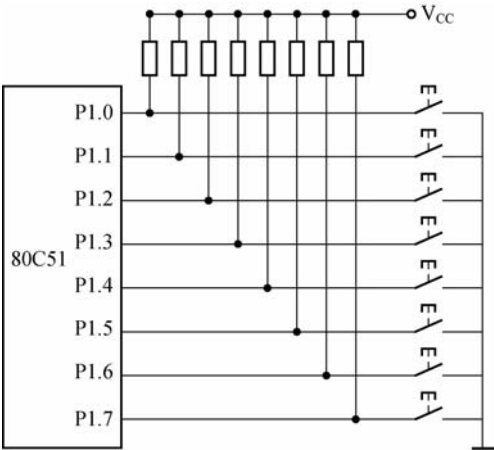


图 6-1 独立式按键电路

图 6-1 中按键输入均采用低电平有效,每个键对应 P1.0~P1.7 的一位,没有键闭合时,通过上拉电阻使 P1 口处于高电位,因此,CPU 只要检测到 P1.x 为 0,便可判断出对应键已按下。此外,上拉电阻保证了按键断开时,I/O 口线有确定的高电平。当 I/O 口线内部有上拉电阻时,外电路可不接上拉电阻。

独立式按键电路配置灵活,软件结构简单,但每个按键必须占用一根 I/O 口线,因此,在按键较多时,I/O 口线浪费较大,不宜采用。

独立式按键的软件常采用查询式结构。先逐位查询每根 I/O 口线的输入状态,如某一根 I/O 口线输入为低电平,则可确认该 I/O 口线所对应的按键已按下,然后,再转向该键的功能处理程序。

2. 矩阵式键盘工作原理

单片机系统中,若按键较多时,通常采用矩阵式(也称行列式)键盘。矩阵式键盘由行线和列线组成,按键位于行、列线的交叉点上,其结构如图 6-2 所示。

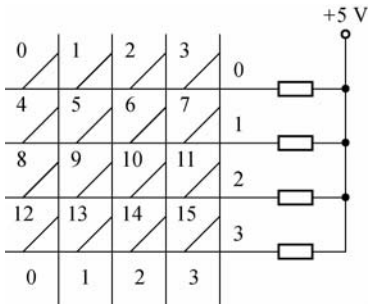


图 6-2 矩阵式键盘结构

由图 6-2 可知,一个 4×4 的行、列结构可以构成一个含有 16 个按键的键盘,显然,在按键数量较多时,矩阵式键盘比独立式键盘要节省很多 I/O 口线。

矩阵式键盘中,行、列线分别连接到按键开关的两端,行线通过上拉电阻接到 +5 V 电源上。当无键按下时,行线处于高电平状态;当有键按下时,行、列线将导通,此时,行线电平将由与此行线相连的列线电平决定。然而,矩阵键盘中的行线、列线和多个键相连,各按键按下与否均影响该键所在行线和列线的电平,各按键间将相互影响,因此,必须将行线、列线信号配合起来作适当处理,才能确定闭合键的位置。

矩阵式键盘按键的识别最常见的方法是扫描法。

3. 抖动与重键问题

键盘设计时,除了对键码的识别外,还有两个问题需要解决:抖动问题和重键问题。

1) 抖动

机械式按键在按下或释放时,由于机械弹性作用的影响,通常伴随有一定时间的触点机械抖动,然后其触点才稳定下来。其抖动过程如图 6-3 所示,抖动时间的长短与开关的机械特性有关,一般为 5~10 ms。

在触点抖动期间检测按键的通与断状态,可能导致判断出错。为了克服按键触点机械抖动所致的检测误判,必须采取去抖动措施,可从硬件、软件两方面予以考虑。在键数较少时,可采用硬件去抖,而当键数较多时,采用软件去抖。

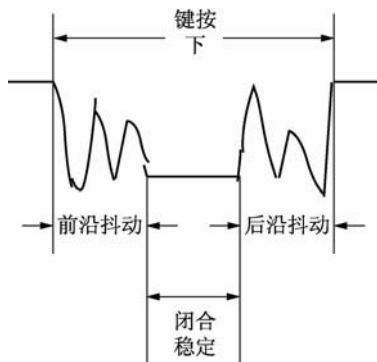


图 6-3 按键触点的机械抖动

在硬件上可采用在键输出端加 R-S 触发器(双稳态触发器)或单稳态触发器构成去抖动电路,图 6-4 是一种由 R-S 触发器构成的去抖动电路,触发器一旦翻转,触点抖动就不会对其产生任何影响。

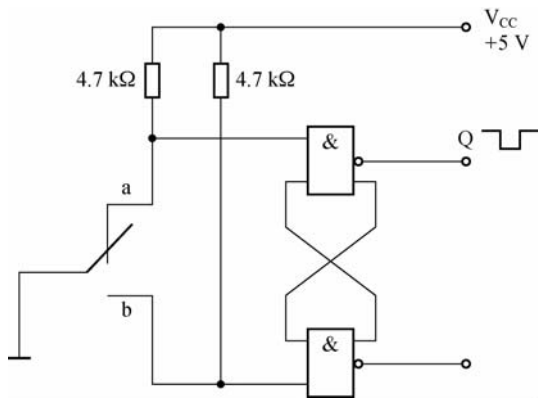


图 6-4 双稳去抖电路

软件去抖的办法是单片机检测到有键按下时,执行一个 10 ms 左右(具体时间应视所使用的按键进行调整)的延时程序后,再确认该键电平是否仍保持闭合状态电平,若仍保持闭合状态电平,则确认该键处于闭合状态,否则重新检测,从而可消除抖动的影响。

2)重键

重键就是指有两个或多个键同时闭合。对重键的处理方法一般采用连锁法和巡回法。连锁法处理重键的原则:在所有键释放后,只承认此后闭合的第一个键,对此键闭合时按下的其他键均不识别,直到所有键释放后,才读入一个键。

巡回法识别重键的思想:等前面所识别的键被释放以后,再识别其他闭合键。巡回法比较适合于快速的键入操作。

4. 键盘的工作方式

在单片机应用系统中,键盘扫描只是 CPU 的工作内容之一,CPU 对键盘的响应取决于键盘的工作方式。键盘的工作方式选取的原则是既要保证 CPU 能及时响应按键操作,又不要过多占用 CPU 的工作时间。键盘的工作方式有 3 种,即编程扫描、定时扫描和中断扫描。

1)编程扫描方式

编程扫描方式是利用 CPU 完成其他工作的空余调用键盘扫描子程序来响应键盘输入的要求。在执行键功能程序时,CPU 不再响应键输入请求,直到 CPU 重新扫描键盘为止。

键盘扫描程序一般应包括以下内容:

- (1)判别有无键按下。
- (2)延时去抖动。用软件延时 10 ms 后,再判断键盘状态。
- (3)键盘扫描取得闭合键的行、列值。
- (4)用算法或查表法得到键值。
- (5)判断闭合键是否释放,如没释放则继续等待。
- (6)将闭合键键号保存,同时转去执行该闭合键的功能。

编程扫描方式的程序流程图如图 6-5 所示。

2)定时扫描方式

定时扫描方式就是每隔一段时间对键盘扫描一次,它利用单片机内部的定时器产生一定时间(如 10 ms)的定时,当到达定时时间就产生定时器溢出中断,CPU 响应中断后对键盘进行扫描,并在有键按下时识别出该键,再执行该键的功能程序。定时扫描方式的硬件电路与编程扫描方式相同,程序流程图如图 6-6 所示。

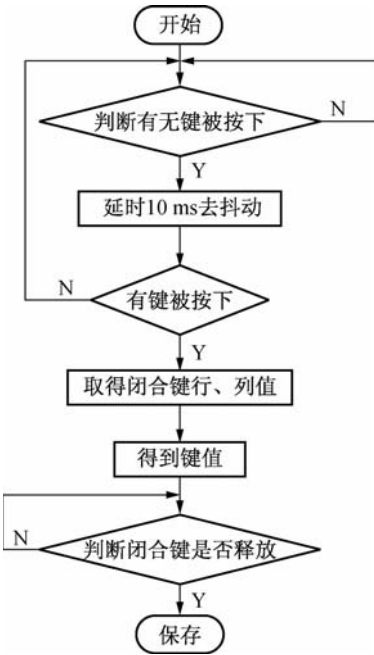


图 6-5 编程扫描方式程序流程图

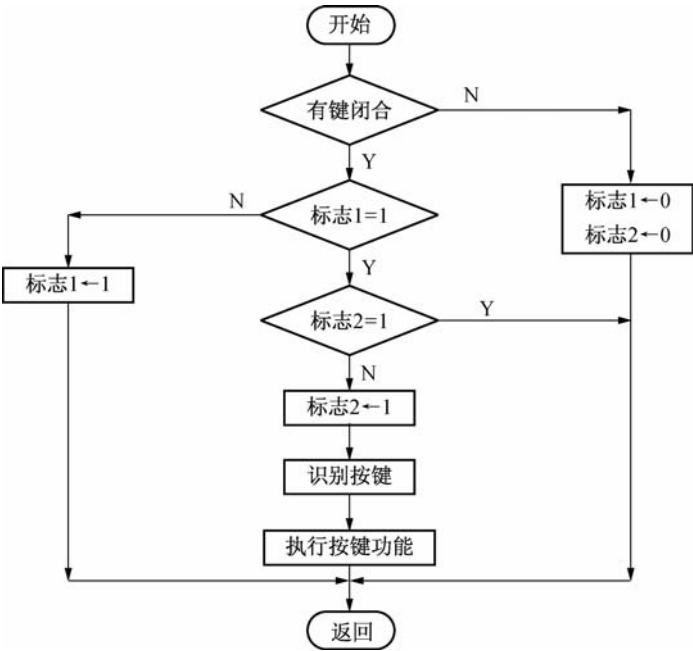


图 6-6 定时扫描方式程序流程图

图 6-6 中,标志 1 和标志 2 是在单片机内部 RAM 的位寻址区设置的两个标志位,标志 1 为去抖动标志位,标志 2 为识别完按键的标志位。初始化时将这两个标志位设置为 0,执行中断服务程序时,首先判断有无键闭合,若无键闭合,将标志 1 和标志 2 置 0 后返回;若有键闭合,先检查标志 1,当标志 1 为 0 时,说明还未进行去抖动处理,此时置位标志 1,并中断返回。由于中断返回后要经过 10 ms 后才会再次中断,相当于延时了 10 ms,因此,程序无须再延时。下次中断时,因标志 1 为 1,CPU 再检查标志 2,如标志 2 为 0 说明还未进行按键的识别处理,这时,CPU 先置位标志 2,然后进行按键识别处理,再执行相应的按键功能子程序,最后,中断返回。如标志 2 已经为 1,则说明此次按键已作过识别处理,只是还未释放按键,当按键释放后,在下次中断服务程序中,标志 1 和标志 2 又重新置 0,等待下一次按键。

3)中断扫描方式

采用上述两种键盘扫描方式时,无论是否按键,CPU 都要定时扫描键盘,而单片机应用系统工作时,并非经常需要键盘输入,因此,CPU 经常处于空扫描状态,为提高 CPU 工作效率,可采用中断扫描工作方式。其工作过程如下:当无键按下时,CPU 处理自己的工作;当有键按下时,产生中断请求,CPU 转去执行键盘扫描子程序,并识别键号。

图 6-7 是一种简易的中断扫描键盘电路,4 根列输入线经过与门综合为一个中断请求信号,与 8051 的外部事件中断输入 $\overline{\text{INT0}}$ 相连,构成了一个具有中断功能的键盘接口电路。其工作原理如下:初始化程序中,首先使键盘所有列线为低电平,即 P1.3~P1.0 输出是 0000,键盘上有键闭合时,必然会使某一行线为低电平,即 $\overline{\text{INT0}}$ 端为低电平,CPU 响应来自键盘的中断请求,执行中断服务程序。CPU 在中断服务程序中,完成键去抖、键识别及键功能处理等工作。

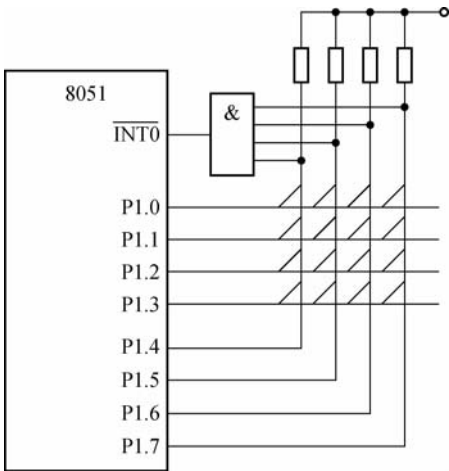


图 6-7 中断扫描键盘电路

6.1.2 显示器与单片机的接口

单片机应用系统最常用的显示器是 LED(发光二极管显示器)和 LCD(液晶显示器),这两种显示器可显示数字、字符及系统的状态,它们的驱动电路简单、易于实现且价格低廉,因此,得到了广泛应用。由于 LCD 显示器的驱动元件种类较多,显示方式差别较大,限于篇幅不作介绍,只介绍 LED 数码管显示器与单片机的接口设计。

1.LED 数码管显示器的结构

常用的 LED 显示器有 LED 状态显示器(俗称发光二极管)、LED 七段显示器(俗称数码管)和 LED 十六段显示器。发光二极管可显示两种状态,用于系统状态显示;数码管用于数字显示;LED 十六段显示器用于字符显示。下面重点介绍 LED 七段显示器。

LED 七段显示器是由 LED 发光二极管组合显示字段的显示器件,也称 LED 数码管,其外形结构如图 6-8(a)所示。它由 8 个发光二极管按“日”字形排列,其中 a~g 7 个发光二极管组成“日”字形的笔画段,另一个发光二极管 dp 为圆点形状,作为显示器的右下角的小数点使用。数码管又分为共阴极和共阳极两种结构,分别如图 6-8(b)和图 6-8(c)所示。

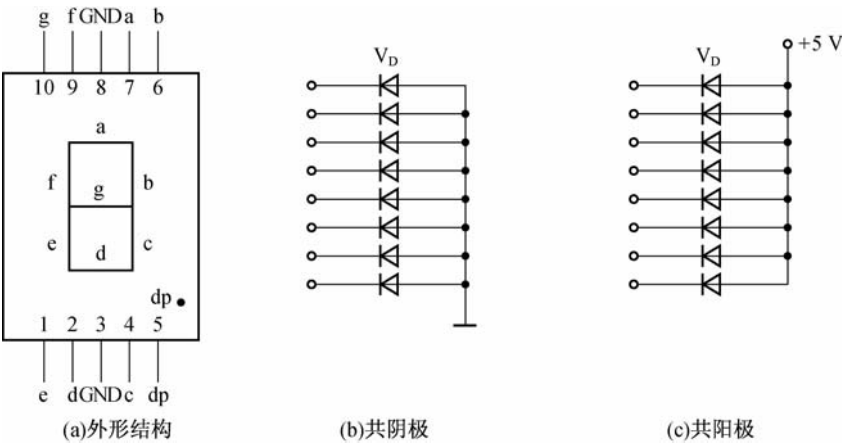


图 6-8 数码管结构图

2.LED 数码管工作原理

当某一个发光二极管导通时,相应的笔画段就被点亮。这样,若干个二极管导通,就构成 0~9 的阿拉伯数字符号以及其他能由这些笔画段构成的简单字符。在共阳极数码管中,导通点亮的二极管用 0 表示,其余用 1 表示;而在共阴极数码管中,导通点亮的二极管用 1 表示,其余用 0 表示。根据发光字段的不同组合可显示出各种数字或字符。

3.LED 数码管字型编码

要使数码管显示出相应的数字或字符,必须使数据口输出相应的字型编码。对照图 6-8(a),字型码各位定义为:数据线 D0 与 a 字段对应,D1 与 b 字段对应……依此类推。如使用共阳极数码管,数据为 0 表示对应字段亮,数据为 1 表示对应字段暗;如使用共阴极数码管,数据为 0 表示对应字段暗,数据为 1 表示对应字段亮。如要显示 0,共阳极数码管的字型编码应为 11000000B(即 C0H);共阴极数码管的字型编码应为 00111111B(即 3FH)。依此类推,可求得数码管字型编码如表 6-1 所示。

表 6-1 数码管字型编码表

显 示	字 型	共 阳 极									共 阴 极								
		dp	g	f	e	d	c	b	a	字型	dp	g	f	e	d	c	b	a	字型
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	C0H	0	0	1	1	1	1	1	1	3FH
1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	F9H	0	0	0	0	0	1	1	0	06H

续表

显示	字型	共 阳 极									共 阴 极								
		dp	g	f	e	d	c	b	a	字型	dp	g	f	e	d	c	b	a	字型
2	2	1	0	1	0	0	1	0	0	A4H	0	1	0	1	1	0	1	1	5BH
3	3	1	0	1	1	0	0	0	0	B0H	0	1	0	0	1	1	1	1	4FH
4	4	1	0	0	1	1	0	0	1	99H	0	1	1	0	0	1	1	0	66H
5	5	1	0	0	1	0	0	1	0	92H	0	1	1	0	1	1	0	1	6DH
6	6	1	0	0	0	0	0	1	0	82H	0	1	1	1	1	1	0	1	7DH
7	7	1	1	1	1	1	0	0	0	F8H	0	0	0	0	0	1	1	1	07H
8	8	1	0	0	0	0	0	0	0	80H	0	1	1	1	1	1	1	1	7FH
9	9	1	0	0	1	0	0	0	0	90H	0	1	1	0	1	1	1	1	6FH
A	A	1	0	0	0	1	0	0	0	88H	0	1	1	1	0	1	1	1	77H
B	B	1	0	0	0	0	0	1	1	83H	0	1	1	1	1	1	0	0	7CH
C	C	1	1	0	0	0	1	1	0	C6H	0	0	1	1	1	0	0	1	39H
D	D	1	0	1	0	0	0	0	1	A1H	0	1	0	1	1	1	1	0	5EH
E	E	1	0	0	0	0	1	1	0	86H	0	1	1	1	1	0	0	1	79H
F	F	1	0	0	0	1	1	1	0	8EH	0	1	1	1	0	0	0	1	71H
H	H	1	0	0	0	1	0	0	1	89H	0	1	1	1	0	1	1	0	76H
L	L	1	1	0	0	0	1	1	1	C7H	0	0	1	1	1	0	0	0	38H
P	P	1	0	0	0	1	1	0	0	8CH	0	1	1	1	0	0	1	1	73H
R	R	1	1	0	0	1	1	1	0	CEH	0	0	1	1	0	0	0	1	31H
U	U	1	1	0	0	0	0	0	1	C1H	0	0	1	1	1	1	1	0	3EH
Y	Y	1	0	0	1	0	0	0	1	91H	0	1	1	0	1	1	1	0	6EH
—	—	1	0	1	1	1	1	1	1	BFH	0	1	0	0	0	0	0	0	40H
.	.	0	1	1	1	1	1	1	1	7FH	1	0	0	0	0	0	0	0	80H
熄灭		1	1	1	1	1	1	1	1	FFH	0	0	0	0	0	0	0	0	00H

具体实施是通过编程将需要显示的字型码存放在程序存储器的固定区域中,构成显示字型码表。当要显示某字符时,通过查表指令获取该字符所对应的字型码。

4.LED 七段数码管的静态显示和动态显示

1)静态显示

静态显示是指数码管显示某一字符时,相应的发光二极管恒定导通或恒定截止。

这种显示方式的各位数码管相互独立,公共端恒定接地(共阴极)或接正电源(共阳极)。每个数码管的 8 个字段分别与一个 8 位 I/O 口地址相连,I/O 口只要有段码输出,相应字符即显示出来,并保持不变,直到 I/O 口输出新的段码。采用静态显示方式,较小的电流即可获得较高的亮度,且占用 CPU 时间少,编程简单,显示便于监测和控制,但其占用的口线多,

硬件电路复杂,成本高,只适合于显示位数较少的场合。

静态显示器可以采用 CPU 的并行 I/O 口,如 P1 口、8155、8255 芯片的扩展口等实现;也可由单片机串行口扩展移位寄存器来实现,如 74LS164、74LS47 等。

2)动态显示

动态显示是一位一位地轮流点亮各位数码管,这种逐位点亮显示器的方式称为位扫描。通常,各位数码管的段选线相应并联在一起,由一个 8 位的 I/O 口控制;各位的位选线(公共阴极或阳极)由另外的 I/O 口线控制。动态方式显示时,各数码管分时轮流选通,要使其稳定显示,必须采用扫描方式,即在某一时刻只选通一位数码管,并送出相应的段码,在另一时刻选通另一位数码管,并送出相应的段码。依此规律循环,即可使各位数码管显示将要显示的字符。虽然这些字符是在不同的时刻分别显示,但由于人眼存在视觉暂留效应,只要每位显示间隔足够短就可以给人以同时显示的感觉。

采用动态显示方式比较节省 I/O 口,硬件电路比静态显示方式的硬件电路简单,但其亮度不如静态显示方式,而且在显示位数较多时,CPU 要依次扫描,占用 CPU 较多的时间。

用 MCS-51 系列单片机构建数码管动态显示系统时,常采用 8155 可编程 I/O 扩展接口,其典型应用如图 6-9 所示。

图 6-9 中,数码管采用共阴极 LED,8155 的 A 口线经过 8 路驱动电路后接至数码管的各段。当 A 口线输出 1 时,驱动数码管发光。8155 的 C 口线经过 6 路驱动电路后接至数码管的公共端。当 C 口线输出 0 时,选通相应位的数码管发光。

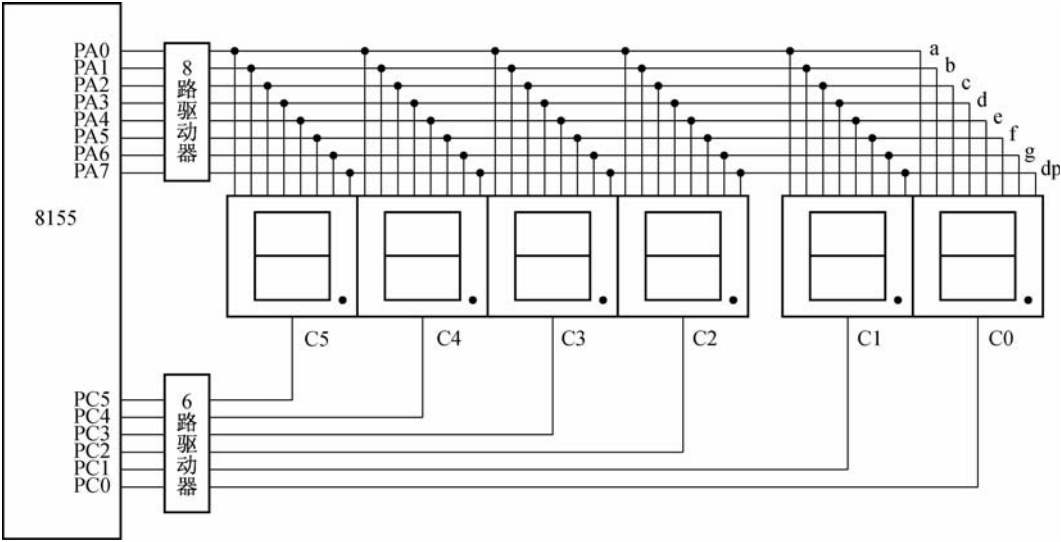


图 6-9 8155 构成的 6 位数码管动态显示电路

A 口、C 口应定义为基本输出,分别控制数码管的段码(段驱动端)和位码(公共端),B 口未用,可定义为基本输入。此时,命令寄存器中的 PA=1,PB=0,PC1=1,PC2=1。因不用 A、B 口中断,也不用定时器/计数器,故 IEA=0,IEB=0,TM1=1,TM2=0。由此可得命令字为:01001101B=4DH。编程时的步骤如下:

```
MOV  DPTR, #CWR    ;选中 8155 的命令寄存器
MOV  A, #4DH        ;命令字送 A
MOV  @DPTR,A        ;命令字写入命令寄存器
```



多位动态显示接口应采用 8051 与 8155 接口,再采用 8155 的 I/O 口控制数码管的段码和位码,同时,采用动态扫描方式依次循环点亮各位数码管,即可构成多位动态数码管显示电路。

### 6.1.3 键盘/显示接口电路

#### 1. 典型的键盘/显示接口电路

在单片机应用系统中,键盘和显示器往往需同时使用,为节省 I/O 口线,可将键盘和显示电路做在一起,构成实用的键盘/显示电路。图 6-10 是用 8155 并行扩展 I/O 口构成的典型的键盘/显示接口电路。

由图 6-10 可知,LED 显示器采用共阴极数码管。8155 的 B 口用做数码管段码输出口;A 口用做数码管位码输出口,同时,它还用做键盘列选口;C 口用做键盘行扫描信号输入口。当其选用 4 根口线时,可构成  $4 \times 8$  键盘,选用 6 根口线时,可构成  $6 \times 8$  键盘。LED 采用动态显示软件译码,键盘采用逐列扫描查询工作方式,LED 的驱动采用 74LS244 总线驱动器。

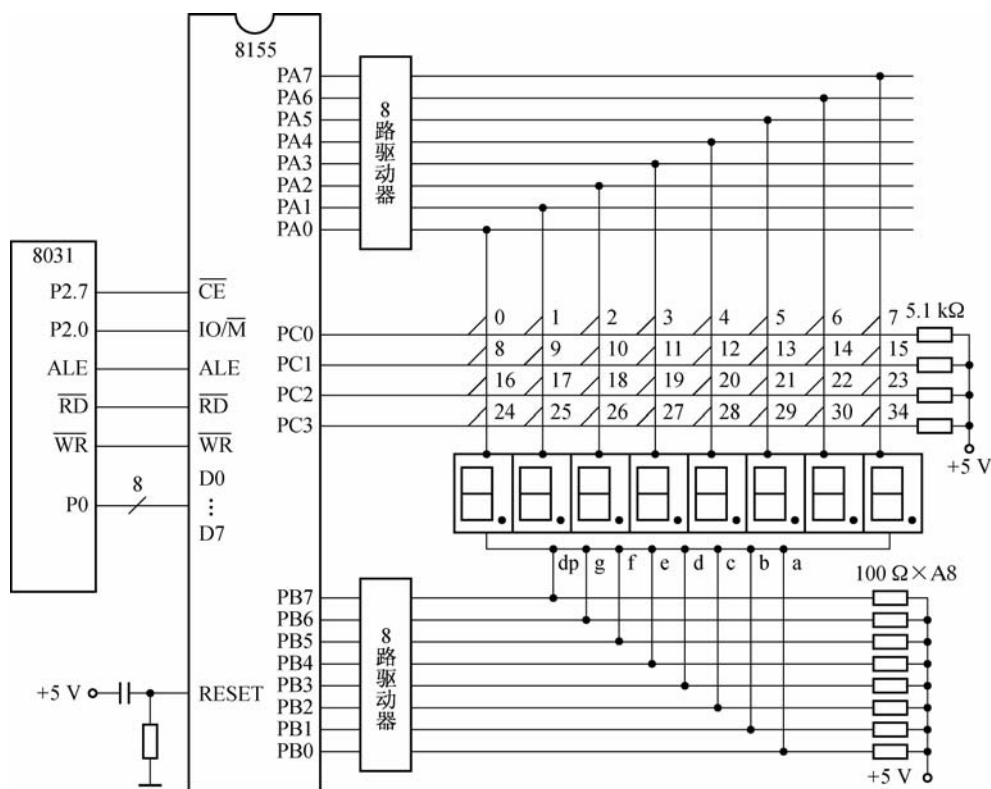


图 6-10 8155 构成的键盘/显示接口电路

键盘/显示器共用一个接口电路的设计方法除上述方案外,还可采用专用的键盘/显示器接口芯片——8279。

#### 2. 可编程键盘/显示器接口——INTEL 8279

INTEL 8279 是一种可编程键盘/显示器接口芯片,它具有键盘输入和显示器输出两种功能。键盘输入时,它提供自动扫描,能与按键或传感器组成的矩阵相连,接收输入信息,它能自动消除开关抖动并能对多键同时按下提供保护。显示输出时,它有一个  $16 \times 8$  位显示

RAM,其内容通过自动扫描,可由 8 位或 16 位 LED 数码管显示。

1)8279 的内部结构和组成模块

8279 的引脚图及外部接口如图 6-11 所示。

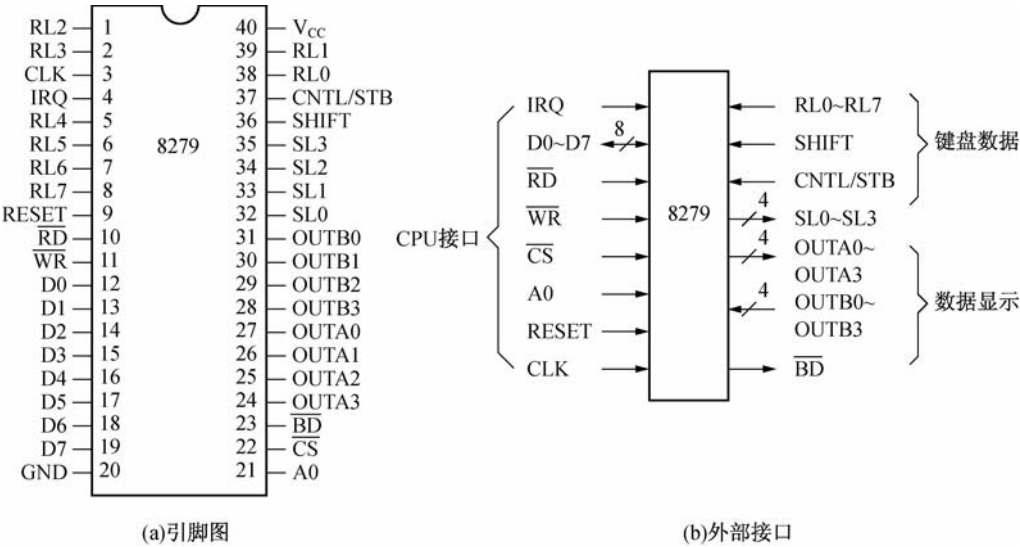


图 6-11 8279 引脚图及内部结构图

8279 由 6 个模块组成:I/O 控制和数据缓冲模块、控制与定时器及定时控制模块、扫描计数器模块、返回缓冲器和键盘消抖及控制模块、FIFO/传感器 RAM 和状态模块、显示地址寄存器和显示 RAM 模块。

2)8279 的工作方式

8279 工作方式的确是通过 CPU 对 8279 送入命令字实现的。当数据选择端 A0 置 1 时,CPU 对 8279 写入的数据为命令字,读出的数据为状态字。

(1)键盘部分。通过对键盘/显示方式命令字的设置,可置为双键互锁方式和 N 键巡回方式。

- 双键互锁:双键互锁是为两键同时按下提供的保护方法。若有两键或多个键同时按下,则无论这些键是以什么次序按下的,它只识别最后一个释放的键,并把该键值送入 FIFO/传感器 RAM 中。
- N 键巡回:N 键巡回是为 N 个键同时按下时提供的保护方法。若有多个键同时按下时,键盘扫描能按按键先后顺序依次将键值送入 FIFO/传感器 RAM 中。

(2)显示部分。对 LED 七段数码管、白炽灯或其他器件提供显示接口。8279 有一个内部的 16×8 显示 RAM,组成一对 16×4 存储器。显示 RAM 可由 CPU 写入或读出。显示方式有从右进入的计算器方式和从左进入的电传打字方式。显示 RAM 每次读写之后,其地址自动加 1。

3)8279 与单片机的接口电路

(1)8279 与单片机的一般接口方法如图 6-12 所示。

单片机在初始化 8279 后,把显示字符送到 8279 内部的一个 16 字节寄存器内,并将字符转换成段码,经 A0~A3、B0~B3 线把段码送到显示器,同时经 SL0~SL3 线发出 4 位数位选通码。4-16 译码器对选通码进行译码后轮流选通各位显示器。SL0~SL2 线同时连到

3-8 译码器。该译码器的输出用于扫描键盘 8 行。8279 经 8 根返回线(RL0~RL7)读取键盘的状态。如果发现按键闭合则等待 10 ms,抖动过去后再检验按键是否闭合。若按键仍然闭合,则把被按的键值选通输入 8279 内部的先进先出(FIFO)存储器,同时经 INT 线发出一个高电平,指出 FIFO 内已经有一个字符。INT 线连接到 CPU 的中断请求输入线。当单片机接收到中断请求后,若开中断,则转到键盘服务程序,从 FIFO 中读取按键的键值。在这种接口中,单片机要做的事仅是初始化 8279、送出要显示的字符、接到中断请求后读取按键的键值,其他工作均由 8279 自动完成。

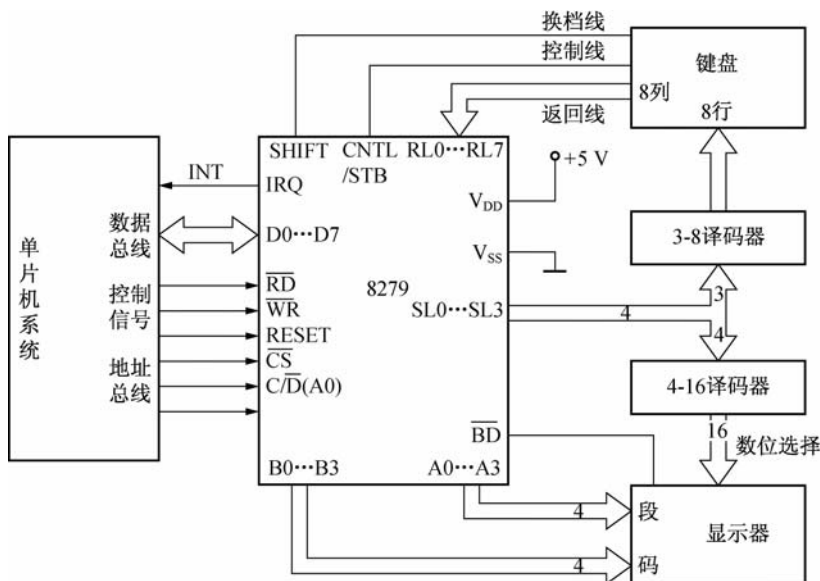


图 6-12 8279 与单片机的接口电路

(2)MCS-51 单片机与 8279 的具体接口电路如图 6-13 所示。

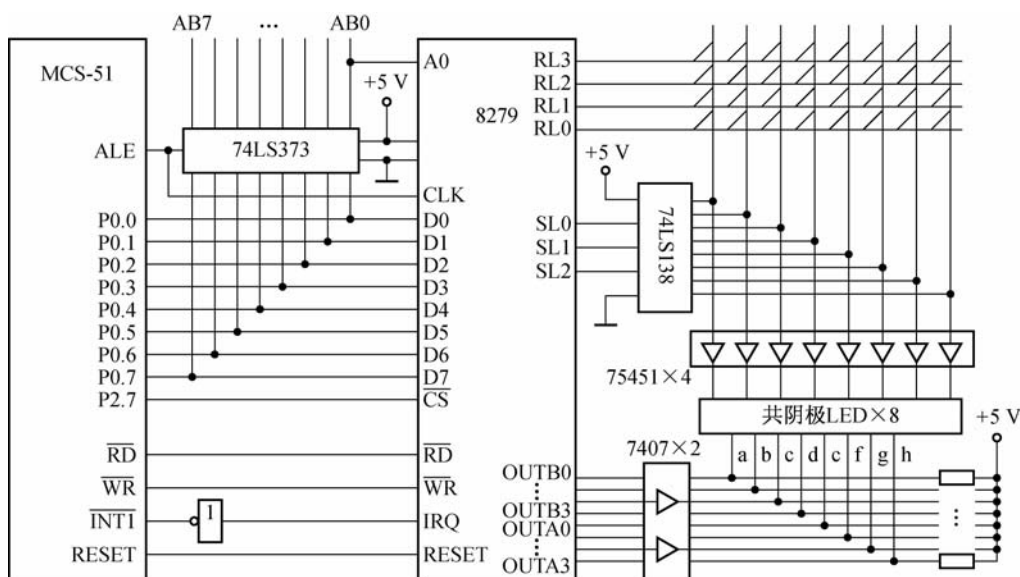


图 6-13 8279 与单片机的具体接口电路

由电路连接关系可以分析得到,该接口对用户来说只有两个口地址:命令口地址 7FFFH 和数据口地址 7FFE H。SL0~SL2 接 74LS138 译码器产生键盘行扫描和 LED 数码管显示器的位置控制信息。图 6-13 中 8279 外接 4×8 键盘和 8 位共阴极 LED 显示器,采用编码扫描方式。

8279 初始化程序:

```
INI79:  MOV    DPTR,#7FFFH           ;清除命令→8279
        MOV    A,#0D1H
        MOVX   @DPTR,A
WNDU:   MOVX   A,@DPTR              ;等 8279 清除结束
        JB     ACC.7,WNDU
        MOV    A,#0                 ;方式命令→8279
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    A,#34H               ;扫描频率设置命令→8279
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    IE,#84H              ;允许 8279 中断
        RET
```

显示器更新程序:

```
RDIR:   MOV    DPTR,#7FFFH           ;写显示 RAM 命令→8279
        MOV    A,#90H
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    R0,#78H              ;显示缓冲器首地址→R0
        MOV    R7,#8
        MOV    DPTR,#7FFE H
RDLO:   MOV    A,@R0                 ;取显示数据
        ADD    A,#5                  ;加偏移量
        MOVC   A,@A+PC               ;查表转换为段码数据
        MOVX   @DPTR,A
        INC    R0
        DJNZ   R7,RDLO
        RET
SEG:    DB 3FH,06H,5BH,4FH           ;根据硬件线路设计的段码
        DB 66H,6DH,7DH,07H
        DB 7FH,6FH,77H,7CH
```

输入中断服务程序:

```
PKEYI:  PUSH   PSW
        PUSH   DPL
        PUSH   DPH
        PUSH   ACC
        PUSH   B
        SETB   PSW.3                 ;选工作寄存器 1 区
```

```
MOV    DPTR,#7FFFH           ;读 FIFO 状态字
MOVX   A,@DPTR
ANL    A,#0FH
JZ     PKYR                   ;判断 FIFO 中是否有数据
MOV    A,#40H                 ;读 FIFO 命令→8279
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR,#7FFEh
MOVX   A,@DPTR               ;读数据
MOV    R2,A
ANL    A,#38H                 ;计算键值
RR     A
MOV    B,#04H
MUL    AB
XCH    A,R2
ANL    A,#7
ADD    A,R2
MOV    R0,40                  ;键值→(40H)指出的环形缓冲器单元
MOV    @R0,A
INC    R0
MOV    A,R0
ANL    A,#3FH                 ;环形缓冲器指针处理
ORL    A,#30H
MOV    40H,A
SETB   0                      ;置标志供主程序查询处理
PKYR:  POP    B
        POP    ACC
        POP    DPH
        POP    DPL
        POP    PSW
        RETI
```

6.2 A D 转换器及应用

A/D 转换器是模拟信号源与计算机其他数字系统之间联系的桥梁,它的任务是将连续变化的模拟信号转换为数字信号,以便计算机或数字系统进行处理、存储、控制和显示。在工业控制和数据采集系统中,A/D 转换器是不可缺少的重要组成部分。

6.2.1 A D 转换器

A/D 转换器是一种能把输入模拟电压或电流变成与其成正比的数字量的电路芯片,从

而实现模拟量到数字量的转换。A/D 转换器的种类很多,目前常用的有计数式 A/D 转换器、双积分式 A/D 转换器、逐次逼近式 A/D 转换器、并行式 A/D 转换器和  $\Sigma - \Delta$  式 A/D 转换器。

计数式 A/D 转换器转换速度较慢;双积分式 A/D 转换器抗干扰能力强,转换精度很高,但速度较慢,主要用于对速度要求不高的场合;逐次逼近式 A/D 转换器是一种转换速度较快、转换精度较高的 A/D 转换器,使用范围较广;并行式 A/D 转换器的转换速度最快,但因结构复杂而造价较高,只用于对转换速度要求极高的场合; $\Sigma - \Delta$  式 A/D 转换器是一种新型的 A/D 转换器,具有积分式和逐次逼近式 A/D 转换器的双重优点,具有较高的信噪比和串模干扰抑制能力,分辨率较高,线性度好,被应用到各种测控仪器和系统中。

按照 A/D 转换器输出数字量的位数来分,A/D 转换器有 8 位、10 位、12 位、16 位等。A/D 转换器的数字量位数与其分辨率有关,它定义为 A/D 转换器的满量程电压与  $2^N$  的比值,其中  $N$  为 A/D 转换器的位数。一个 5 V 满量程的 8 位 A/D 转换器的分辨率约为 0.02 V,即输入模拟量每变化 0.02 V,数字量的最低位变化一个数字量,低于 0.02 V 数字量不发生变化。一个 5 V 满量程的 12 位 A/D 转换器能够分辨输入电压变化的最小值为 1.2 mV,A/D 转换器的位数越多,分辨率越高。

A/D 转换器的主要技术指标有:

(1)分辨率。A/D 转换器的分辨率是指使输出数字量变化一个相邻数码所需输入模拟电压的变化量,常用二进制的位数表示。例如,12 位 A/D 转换器的分辨率就是 12 位,或者说分辨率为满刻度 FS 的  $1/2^{12}$ 。一个 10 V 满刻度的 12 位 A/D 转换器能分辨输入电压变化最小值是  $10 \text{ V} \times (1/2^{12}) = 2.4 \text{ mV}$ 。

(2)量化误差。A/D 转换器把模拟量变为数字量,用数字量近似表示模拟量,这个过程称为量化。量化误差是 A/D 转换器的有限位数对模拟量进行量化而引起的误差。实际上,要准确表示模拟量,A/D 转换器的位数需很大甚至无穷大。一个分辨率有限的 A/D 转换器的阶梯状转换特性曲线与具有无限分辨率的 A/D 转换器转换特性曲线(直线)之间的最大偏差即是量化误差。

(3)偏移误差。偏移误差是指输入信号为零时,输出信号不为零的值,所以有时又称为零值误差。假定 A/D 转换器没有非线性误差,则其转换特性曲线各阶梯中点的连线必定是直线,这条直线与横轴相交点所对应的输入电压值就是偏移误差。

(4)满刻度误差。满刻度误差又称为增益误差。A/D 转换器的满刻度误差是指满刻度输出数码所对应的实际输入电压与理想输入电压之差。

(5)线性度。线性度有时又称为非线性度,它是指转换器实际的转换特性与理想直线的最大偏差。

(6)绝对精度。在一个转换器中,任何数码所对应的实际模拟量输入与理论模拟量输入之差的极大值,称为绝对精度。对于 A/D 转换器而言,可以在每一个阶梯的水平中点进行测量,它包括了所有误差。

(7)转换速率。A/D 转换器的转换速率是能够重复进行数据转换的速度,即每秒转换的次数。而完成一次 A/D 转换所需的时间(包括稳定时间),则是转换速率的倒数。

### 6.2.2 8 位 A/D 转换器 ADC0809 及其应用

ADC0809 是一个逐次比较型的转换器,它包括一个高阻抗斩波比较器、一个带有 256

个电阻分压器的树开关网络、一个逻辑控制环节、一个 8 位逐次逼近寄存器和一个 8 位三态输出锁存器。

1. ADC0809 的内部结构和引脚

ADC0809 是一种 8 位 8 通道的 A/D 转换器,可实现 8 路模拟信号的分时转换,每个通道均能转换出 8 位数字量。转换时间为 100  $\mu$ s 左右。ADC0809 内部逻辑结构如图 6-14 所示。

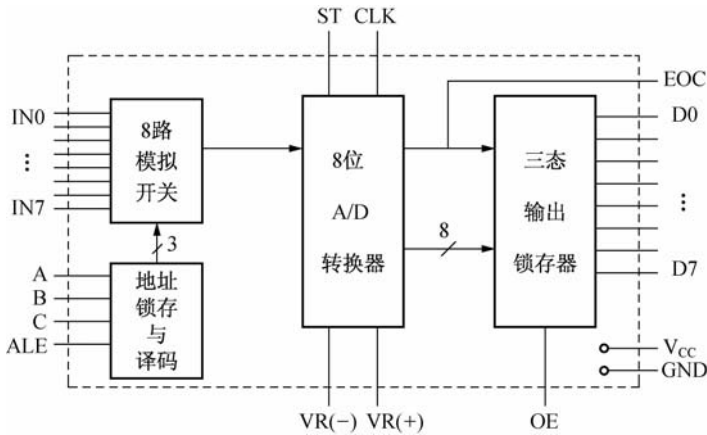


图 6-14 ADC0809 内部逻辑结构图

ADC0809 内部多路开关可选通 8 个模拟通道,允许 8 路模拟量分时输入,共用一个 A/D 转换器进行转换,这是一种经济的多路数据采集方法。地址锁存与译码电路完成对 A、B、C 3 个地址位进行锁存和译码,其译码输出用于通道选择,其转换结果通过三态输出锁存器存放、输出,因此可以直接与系统数据总线相连。

ADC0809 芯片为 28 引脚芯片,双列直插封装,引脚排列如图 6-15 所示。其主要信号引脚的功能如下:

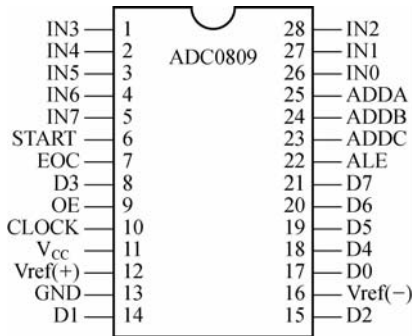


图 6-15 ADC0809 引脚图

(1)IN7~IN0:模拟量输入通道。ADC0809 对输入模拟量的要求主要有:信号单极性,电压范围 0~5 V,若信号过小还需进行放大。另外,在 A/D 转换过程中,模拟量输入的值不应变化太快,因此,对变化速度快的模拟量,在输入前应增加采样保持电路。

(2)ALE:地址锁存允许信号。在对应 ALE 上升沿时,A、B、C 地址状态送入地址锁存器中。

(3)A、B、C:地址线。A 为低位地址,C 为高位地址,用于对模拟通道进行选择。图 6-15

中为 ADDA、ADDB 和 ADDC,其地址状态与通道相对应的关系见表 6-2。

表 6-2 ADDA、ADDB、ADDC 编码与输入通道对应关系

C	B	A	模拟量输入通道	C	B	A	模拟量输入通道
0	0	0	IN0	1	0	0	IN4
0	0	1	IN1	1	0	1	IN5
0	1	0	IN2	1	1	0	IN6
0	1	1	IN3	1	1	1	IN7

(4)START:转换启动信号。START 在上升沿时,所有内部寄存器清零;START 在下降沿时,开始进行 A/D 转换;在 A/D 转换期间,START 应保持低电平。

(5)D7~D0:数据输出线。其为三态缓冲输出形式,可以和单片机的数据线直接相连。

(6)OE:输出允许信号。其用于控制三态输出锁存器向单片机输出转换得到的数据。OE=0,输出数据线呈高电阻;OE=1,输出转换得到的数据。

(7)CLOCK:时钟信号。ADC0809 的内部没有时钟电路,所需时钟信号由外界提供,因此有时钟信号引脚。通常使用频率为 500 kHz 的时钟信号。

(8)EOC:转换结束状态信号。EOC=0,正在进行转换;EOC=1,转换结束。该状态信号既可作为查询的状态标志,又可以作为中断请求信号使用。

(9)V<sub>CC</sub>:+5 V 电源。

(10)V<sub>ref</sub>:参考电压。参考电压用来与输入的模拟信号进行比较,作为逐次逼近的基准。其典型值为+5 V(V<sub>ref</sub>(+)=+5 V,V<sub>ref</sub>(-)=0 V)。

2.MCS-51 单片机与 ADC0809 接口

ADC0809 与 8031 单片机的一种连接如图 6-16 所示。

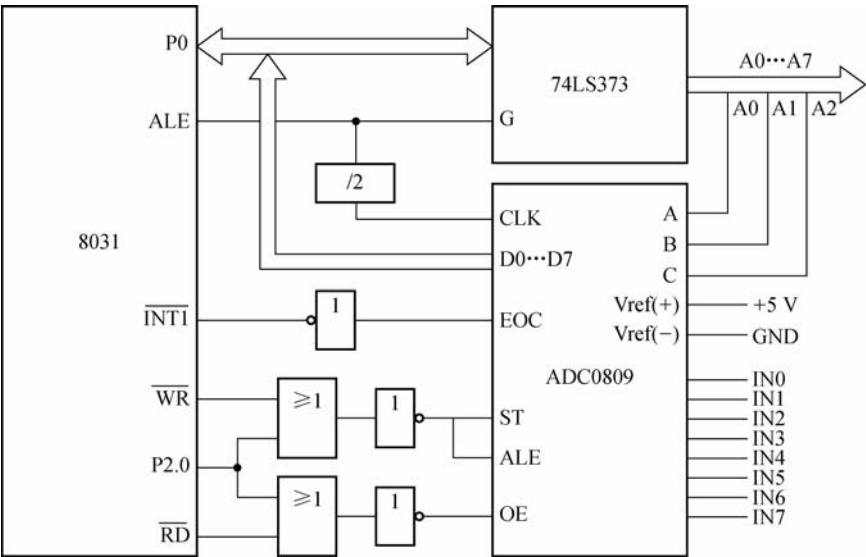


图 6-16 ADC0809 与 8031 单片机的连接

电路连接主要涉及两个问题,一是 8 路模拟信号通道选择,二是 A/D 转换完成后转换



数据的传送。

### 1) 8 路模拟通道选择

A、B、C 分别接地址锁存器提供的低 3 位地址,只要把 3 位地址写入 ADC0809 中的地址锁存器,就实现了模拟通道选择。对系统来说,地址锁存器是一个输出口,为了把 3 位地址写入,还要提供口地址。ADC0809 没有设置单独的片选端,因此采用综合方法使 ST/ALE 和 OE 包含单片机控制和片选信息,用 P2.0=0 作为 ADC0809 的片选。另外,A/D 转换所需的时钟信号是单片机 ALE 的二分频后的信号。EOC 经反相器与 P3.3( $\overline{\text{INT1}}$ )相连。

### 2) 转换数据的传送

A/D 转换后得到的是数字量的数据,这些数据应传送给单片机进行处理。数据传送的关键问题是如何确认 A/D 转换完成,因为只有确认数据转换完成后,才能进行传送。为此,可采用下述 3 种方式。

(1) 定时传送方式。对于一种 A/D 转换器来说,转换时间作为一项技术指标是已知的和固定的。例如,ADC0809 转换时间为 128  $\mu\text{s}$ ,相当于 6 MHz 的 MCS-51 单片机共 64 个机器周期。可据此设计一个延时子程序,A/D 转换启动后即调用这个延时子程序,延迟时间一到,转换肯定已经完成了,接着就可进行数据传送。

(2) 查询方式。A/D 转换芯片有表明转换完成的状态信号,例如,ADC0809 的 EOC 端。因此,可以用查询方式,软件测试 EOC 的状态,即可确知转换是否完成,然后进行数据传送。

(3) 中断方式。把表明转换完成的状态信号(EOC)作为中断请求信号,以中断方式进行数据传送。

在图 6-16 中,EOC 信号经过反相器后送到单片机的  $\overline{\text{INT1}}$ ,因此可以采用查询该引脚或中断的方式后进行转换数据的传送。

不管使用上述哪种方式,一旦确认转换完成,即可通过指令进行数据传送。

首先送出口地址,并将它作为选通信号,当信号有效时,OE 信号即有效,把转换数据送上数据总线,供单片机接收,即:

```
MOV    DPTR, #0000H          ;选中通道 0
MOVX   A, @DPTR              ;信号有效,输出转换后的数据到累加器 A
```

## 3. 应用举例

设计一个 8 路模拟量输入的巡回检测系统,采样数据依次存放在片内 RAM 78H~7FH 单元中,其数据采样的初始化程序和中断服务程序如下:

初始化程序:

```
ORG    0000H                ;主程序入口地址
AJMP   MAIN                 ;跳转主程序
ORG    0013H                ;中断入口地址
AJMP   INT1                 ;跳转中断服务程序
```

主程序:

```
MAIN:  MOV  R0, #78H         ;数据暂存区首地址
        MOV  R2, #08H        ;8 路计数初值
        SETB IT1             ;边沿触发
        SETB EA              ;开中断
        SETB EX1             ;允许中断
```

```
MOV DPTR, #6000H      ;指向 0809 INO 通道地址
MOV A, #00H            ;此指令可省,A 可为任意值
LOOP: MOVX @DPTR,A      ;启动 A/D 转换
HERE: SJMP HERE        ;等待中断
      DJNZ R2, LOOP      ;巡回未完继续中断服务程序
INT1: MOVX A,@DPTR      ;读 A/D 转换结果
      MOV @R0,A          ;存数
      INC DPTR           ;更新通道
      INC R0             ;更新暂存单元
      RETI              ;返回
```

上述程序是用中断方式来完成转换后数据的传送的,也可以用查询的方式实现,源程序如下:

```
ORG 0000H              ;主程序入口地址
AJMP MAIN              ;跳转主程序
ORG 1000H
MAIN: MOV R0, #78H
      MOV R2, #08H
      MOV DPTR, #6000H
      MOV A, #00H
L0:   MOVX @DPTR,A      ;启动 A/D 转换
L1:   JB P3.3, L1       ;查询 P3.3 是否为 0
      MOVX A,@DPTR      ;若为 0,则转换结束,读出数据
      MOV @R0,A
      INC R0
      INC DPTR
      DJNZ R2, L0
$:    SJMP $
```

### 6.3 D A 转换器及应用

D/A 转换器的作用是把数字量信号转换成与此数字量成正比的模拟量信号。目前使用的 D/A 转换电路多是以集成 D/A 芯片的形式出现的,其转换时间一般在几十纳秒到几微秒之间,转换精度按芯片位数分为 8 位、10 位、12 位、16 位等。

#### 6.3.1 D A 转换器

D/A 转换器的功能是把一个用二进制表示的数字量转换成相应的模拟量。在控制系统中,D/A 转换器可以实现对被控对象的控制,CPU 按照预先设置的控制算法计算出控制量,由 D/A 转换器输出,再通过执行结构就可以完成控制任务。另外,D/A 转换器也可以作为波形发生器,用软件产生所需要的波形。

从 D/A 转换器输出信号的形式来看,D/A 转换器有电流和电压两种信号输出形式。电流输出形式的 D/A 转换器可以在其输出端增加电流/电压转换电路,把电流转换成电压输出。

从芯片内部是否带输入数据锁存器来分,D/A 转换器可分为带锁存器的 D/A 转换器和不带锁存器的 D/A 转换器。由于 D/A 转换过程中,要求输入的数字量在这段时间内保持不变,所以,转换数据必须锁存,直到新的数据到来。对于不带锁存器的 D/A 转换器,在使用时必须设计独立的输出接口电路与 D/A 转换器连接。

通常用输入数据的位数来描述 D/A 转换器,常用 D/A 转换器有 8 位、10 位、12 位、14 位、16 位等。输入数据的位数与 D/A 转换器的分辨率有关。

有关 D/A 转换器的技术性能指标很多,例如,绝对精度、相对精度、线性度、输出电压范围、温度系数和输入数字代码种类(二进制或 BCD 码)等。

(1)分辨率。分辨率是指输入数字量的最低有效位(LSB)发生变化时,所对应的输出模拟量(常为电压)的变化量。它反映了输出模拟量的最小变化值。

分辨率与输入数字量的位数有确定的关系,可以表示成  $FS/2^N$ 。FS 表示满量程输入值,N 为二进制位数。对于 5 V 的满量程,采用 8 位的 DAC 时,分辨率为  $5\text{ V}/256 = 19.5\text{ mV}$ ;当采用 12 位的 DAC 时,分辨率则为  $5\text{ V}/4096 = 1.22\text{ mV}$ 。显然,位数越多分辨率就越高。

(2)线性度。也称非线性误差,是实际转换特性曲线与理想直线特性之间的最大偏差。常以相对于满量程的百分数表示。如  $\pm 1\%$  是指实际输出值与理论值之差在满刻度的  $\pm 1\%$  以内。

(3)绝对精度和相对精度。绝对精度(简称精度)是指在整个刻度范围内,任一输入数码所对应的模拟量实际输出值与理论值之间的最大误差。绝对精度是由 DAC 的增益误差(当输入数码为全 1 时,实际输出值与理想输出值之差)、零点误差(数码输入为全 0 时,DAC 的非零输出值)、非线性误差和噪声等引起的。绝对精度(即最大误差)应小于 1 个 LSB。

相对精度与绝对精度表示同一含义,用最大误差相对于满刻度的百分比表示。

(4)建立时间。建立时间是指输入的数字量发生满刻度变化时,输出模拟信号达到满刻度值的  $\pm 1/2$  个 LSB 所需的时间,是描述 D/A 转换速率的一个动态指标。

电流输出型 DAC 的建立时间短。电压输出型 DAC 的建立时间主要决定于运算放大器的响应时间。根据建立时间的长短,可以将 DAC 分成超高速( $<1\text{ }\mu\text{s}$ )、高速( $1\sim 10\text{ }\mu\text{s}$ )、中速( $10\sim 100\text{ }\mu\text{s}$ )、低速( $\geq 100\text{ }\mu\text{s}$ )几档。

应当注意,精度和分辨率具有一定的联系,但概念不同。DAC 的位数多时,分辨率会提高,对应于影响精度的量化误差会减小。但其他误差(如温度漂移、线性不良等)的影响仍会使 DAC 的精度变差。

### 6.3.2 8 位 D/A 转换器 DAC0832 及其应用

DAC0832 是一种双列直插式的 8 位 D/A 转换器,单电源供电,电流形式输出;当需要电压输出时,应外接运算放大器,把输出电流转换成电压。它在  $+5\sim +15\text{ V}$  下均可正常工作。基准电压的范围为  $\pm 10\text{ V}$ ;电流建立时间为  $1\text{ }\mu\text{s}$ ;CMOS 工艺,低功耗  $20\text{ mW}$ 。

1. DAC0832 内部结构框和引脚

DAC0832 内部结构如图 6-17 所示,是由 8 位输入寄存器、8 位 DAC 寄存器、8 位 D/A 转换控制电路构成,其内部转换电路采用 R-2R T 形电阻网络。输入寄存器和 DAC 寄存器可以实现两次缓冲,因此,在输出模拟量的同时,还可以接收新的数据,可提高转换速度。在多芯片工作时,可以实现多路模拟信号同步输出。

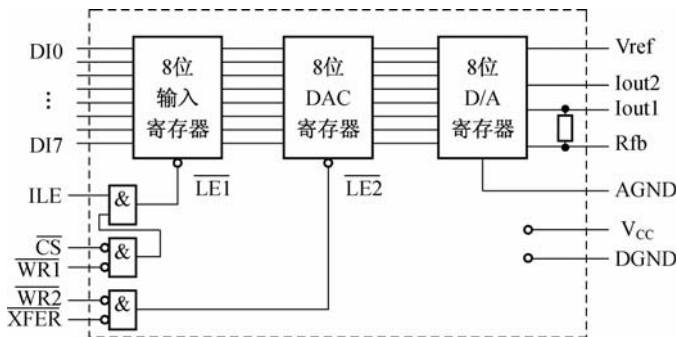


图 6-17 DAC0832 内部结构图

此外,由 3 个与门电路组成寄存器输出控制逻辑电路,该逻辑电路的功能是进行数据锁存控制,当 ILE=0 时,输入数据被锁存;当 ILE=1 时,锁存器的输出跟随输入的数据。

DAC0832 为 20 脚双列直插式封装结构,引脚信号如图 6-18 所示。各引脚功能如下:

- (1)DI7~DI0:转换数据输入。
- (2)CS:片选信号(输入),低电平有效。
- (3)ILE:数据锁存允许信号(输入),高电平有效。
- (4)WR1:第 1 写信号(输入),低电平有效。

上述两个信号控制输入寄存器是数据直通方式还是数据锁存方式,当 ILE=1 和 WR2=0 时,为输入寄存器直通方式;当 ILE=1 和 WR1=1 时,为输入寄存器锁存方式。

- (5)WR2:第 2 写信号(输入),低电平有效。
- (6)XFER:数据传送控制信号(输入),低电平有效。

上述两个信号控制 DAC 寄存器是数据直通方式还是数据锁存方式,当 WR2=0 和 XFER=0 时,为 DAC 寄存器直通方式;当 WR2=1 和 XFER=0 时,为 DAC 寄存器锁存方式。

- (7)Iout1:电流输出 1。
- (8)Iout2:电流输出 2。
- (9)Rfb:反馈电阻端。
- (10)Vref:基准电压,其电压可正可负,范围是-10~+10 V。
- (11)DGND:数字地。
- (12)AGND:模拟地。

2. 单片机与 DAC0832 的接口

通常,CPU 与 DAC0832 接口时,可以有 3 种工作方式:直通方式、单缓冲方式和双缓冲

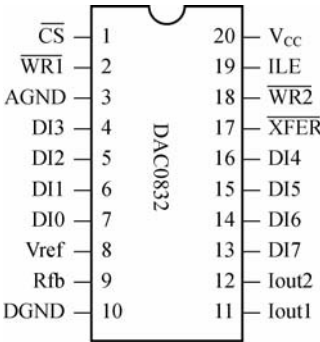


图 6-18 DAC0832 引脚图

方式。

### 1) 直通方式

直通方式是将  $\overline{\text{CS}}$ 、 $\overline{\text{WR1}}$ 、 $\overline{\text{WR2}}$ 、 $\overline{\text{XFER}}$  引脚都直接接数字地。ILE 引脚为高电平时, 芯片内两个寄存器均处于直通状态。此时, 8 位数字量一旦到达  $\text{DI7} \sim \text{DI0}$  输入端, 就立即执行 D/A 转换而输出。但在此种方式下, DAC0832 不能直接和 CPU 的数据总线相连接, 而应通过三态门连接, 故很少采用。

### 2) 单缓冲方式

所谓单缓冲方式就是使 DAC0832 的两个输入寄存器中有一个处于直通方式, 而另一个处于受控的锁存方式, 或者说两个输入寄存器同时受控的方式。在实际应用中, 如果只有一路模拟量输出, 或虽有几路模拟量但并不要求同步输出时, 就可采用单缓冲方式。

单缓冲方式的两种连接如图 6-19 和图 6-20 所示。

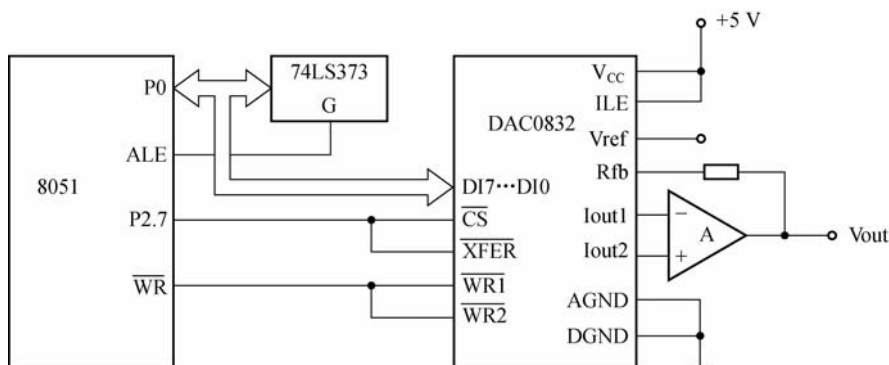


图 6-19 DAC0832 单缓冲方式接口

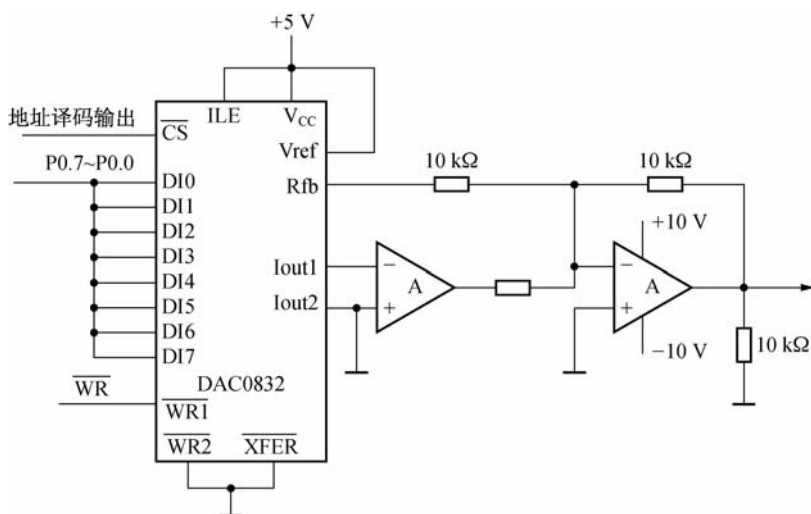


图 6-20 用 DAC0832 产生锯齿波原理图

下面就以产生锯齿波为例, 介绍单缓冲方式的用法。

在许多控制应用中, 要求有一个线性增长的电压(锯齿)来控制检测过程, 移动记录笔或移动电子束等。对此可通过在 DAC0832 的输出端接运算放大器, 由运算放大器产生锯齿波来实现, 电路连接如图 6-20 所示。图中的 DAC0832 工作于单缓冲方式, 其中输入寄存器受

控,而 DAC 寄存器直通。

假定输入寄存器地址为 7FFFH,产生锯齿波的源程序清单如下:

```
ORG 0200H
DASAW:MOV DPTR,#7FFFH      ;输入寄存器地址
        MOV A,#00H          ;转换初值
WW:     MOVX @DPTR,A         ;D/A 转换
        INC A
        NOP                  ;延时
        NOP
        NOP
        AJMP WW
```

运行上述程序,在运算放大器的输出端就能得到如图 6-21 所示的锯齿波。

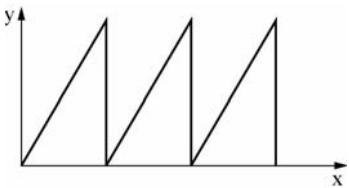


图 6-21 D/A 转换产生的锯齿波示意图

对锯齿波的产生作如下几点说明:

(1)程序每循环一次,A 加 1,因此实际上锯齿波的上升边是由 256 个小阶梯构成的,但由于阶梯很小,所以宏观上看就是线性增长锯齿波。

(2)可通过循环程序段的机器周期数计算出锯齿波的周期,并可根据需要,通过延时的办法来改变波形周期。当延迟时间较短时,可用 NOP 指令来实现(本程序就是如此);当需要延迟时间较长时,可以使用一个延时子程序。延迟时间不同,波形周期不同,锯齿波的斜率就不同。

(3)通过 A 加 1,可得到正向的锯齿波;如要得到负向的锯齿波,改为减 1 指令即可实现。

(4)程序中 A 的变化范围是 0~255,因此得到的锯齿波是满幅度的。如要求得到非满幅锯齿波,可通过计算求得数字量的初值和终值,然后在程序中通过置初值判断终值的办法实现。

用同样的方法也可以产生三角波、矩形波、梯形波。

3)双缓冲方式

所谓双缓冲方式,就是把 DAC0832 的两个锁存器都连接成受控锁存方式。双缓冲方式用于多路数模转换系统,以实现多路模拟信号同步输出的目的。例如,使用单片机控制数字示波器和 X-Y 绘图仪。施加在示波器的 X、Y 偏转电压需要同步输出,才能使示波器在新的位置上显示出图形的轨迹。

在多路 D/A 转换的情况下,若要求同步转换输出,必须采用双缓冲方式。DAC0832 采用双缓冲方式时,数字量的输入锁存和 D/A 转换输出是分两步进行的。

(1)CPU 分时向各路 D/A 转换器输入要转换的数字量并锁存在各自的输入寄存器中。

(2)CPU 对所有的 D/A 转换器发出控制信号,使各路输入寄存器中的数据进入 DAC 寄存器,实现同步转换输出。图 6-22 为两片 DAC0832 与 8031 的双缓冲方式连接电路,能实现两路同步输出。

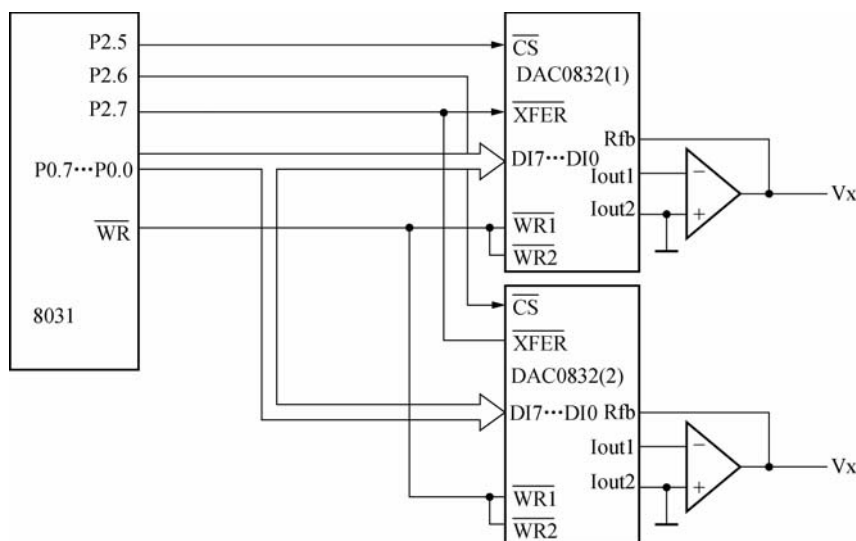


图 6-22 DAC0832 与单片机的双缓冲方式连接电路

在图 6-22 中,用 P2.5 作为 IC2 的输入寄存器片选,则 IC2 第一级输入寄存器的地址为 DFFFH,P2.6 作为 IC3 的输入寄存器片选,它的地址为 BFFFH,IC2 和 IC3 的 DAC 寄存器(第二级)的传输控制端  $\overline{\text{XFER}}$  都采用 P2.7 来选通,它们的地址都是 7FFFH。DAC0832 的输出分别接示波器的 X、Y 偏转放大器。设 X、Y 偏转数字量分别存放在内部 RAM Data 单元,同步输出 X、Y 偏转信号的子程序如下:

```

MOV    DPTR, #0DFFFH          ;送 0832(1)输入锁存器地址
MOV    A,X_data1              ;data1 送 0832(1)输入锁存器
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR, #0BFFFH          ;送 0832(2)输入锁存器地址
MOV    A,Y_data2              ;data2 送 0832(2)输入锁存器
MOVX   @DPTR,A
MOV    DPTR, #7FFFH           ;送两路 DAC 寄存器地址
MOVX   @DPTR,A                ;两路数据同步转换输出

```

## 6.4 USB 接口

通用串行总线 USB(universal serial bus)是一种新型的微机总线接口规范。随着计算机的广泛应用,与计算机通信的方式也越来越多,对通信速度和易用性要求也越来越高,这使得 USB 通信方式显得越来越突出,应用领域也越来越广泛。因此,在鼠标、键盘、游戏杆、数据采集卡、数码相机和掌上电脑中都有 USB 的应用。

### 6.4.1 USB 接口技术

USB 是用于将适用 USB 的外围设备连接到主机的外部总线结构,其主要用在中速和低速的外设上。USB 通过 PCI 总线和 PC 的内部系统数据线连接实现数据的传输,USB 同时又是一种通信协议,用来支持主系统(host)和 USB 的外围设备(device)之间的数据传输。

USB 有 4 种传输方式:控制(control)方式、同步(isochronous)方式、中断(interrupt)方式和大量(bulk)方式。如果是从硬件开始来设计整个系统,就要正确选择传输方式。而作为一个驱动程序的书写者就只需要弄清楚它采用的是什​​么工作方式,通常所有的传输方式下的主动权都在 PC 边,也就是 host 边。

#### 1. 控制方式

控制传输是双向传输,数据量通常较小。USB 系统软件主要进行查询配置和给 USB 设备发送通用的命令。控制传输方式可以包括 8、16、32 和 64 字节的数据,这依赖于设备和传输速度。控制传输典型的用法是在主计算机和 USB 外设之间的端点之间的传输,某些指定供应商的控制传输可能用到其他的端点。

#### 2. 同步方式

同步传输提供了确定的带宽和间隔时间,它用于时间严格并具有较强的容错性的流数据传输,或者用于要求恒定的数据传输率的即时应用中。例如,执行即时通话的网络电话应用时使用同步传输模式是很好的选择。同步数据要求确定的带宽值和确定的最大传输次数,对于同步传输来说,即时的数据传递比完美的精度和数据的完整性更重要一些。

#### 3. 中断方式

中断方式传输主要用于定时查询设备是否有中断数据要传输,设备的端点模式器的结构决定了它的查询频率为 0~255 ms。这种传输方式典型的应用是在少量的分散的不可预测数据的传输,键盘操纵杆和鼠标就属于这一类型。中断方式传输是单向的并且对于 host 来说只有输入的方式。

#### 4. 大量方式

大量方式传输主要应用在数据大量传输,传输和接收数据同时又没有带宽和间隔时间要求的情况下。打印机和扫描仪属于这种类型的设备。适合于传输非常慢和大量被延迟的传输,可以等到所有其他类型的数据的传输完成之后再传输和接收数据。

USB 将其有效的带宽分成各个不同的帧(frame),每帧通常是 1 ms,每个设备每帧只能传输一个同步的传输包,在完成了系统的配置信息和连接之后,USB 的 host 就会对不同的传输点和传输方式作一个统筹安排用来适应整个的 USB 的带宽。通常情况下,同步方式和中断方式的传输会占据整个带宽的 90%,剩下的就安排给控制方式传输数据。

### 6.4.2 USB 接口芯片 FT245AM

FT245AM 是美国 FTDI 公司生产的一种 USB 专用芯片。它具有功能强、体积小、传输速度快、符合 USB1.1 技术规范、易于与微处理器接口等特点,因而备受用户的青睐。

#### 1. FT245AM 的工作原理

FT245AM 集成了 USB1.1 通信协议和外设接口,可以方便地实现 USB 主机与外设



MCU、CPLD 的接口,其数据传输速率可达 1 Mb/s。FT245AM 内部 128 字节的接收 FIFO 和 384 字节的发送 FIFO,大大提高了 USB 主机与外设的通信质量。另外,FT245AM 还具备 3.3 V 的 LDO 调整器、八倍频器、USB 数据时钟恢复 PLL、USB 收发器,且 EEPROM 接口逻辑单元可外接串行存储器 93C46,以实现 USB VID、PID、序列号和设备说明字符串的存储。使用 FT245AM 可大大简化其外围电路,使用户设备更趋于小型化。FT245AM 的内部结构如图 6-23 所示。

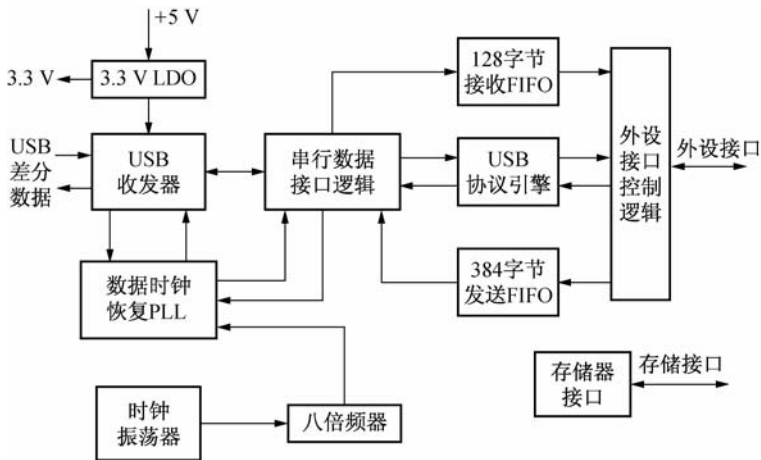


图 6-23 FT245AM 内部结构

FT245AM 具有外设接口控制单元,可以方便地与 MCU、CPLD 接口实现数据交换。当外设从 FT245AM 中读取 USB 主机数据时,如果 FT245AM 的引脚 RXF 为高电平,则表明 FT245AM 没有接收到 USB 主机发送的数据,此时外围 MCU(CPLD)不能读取数据。而当 MCU(CPLD)检测到 RXF 为低电平时,表明 FT245AM 的接收 FIFO 中已有 USB 主机发送的数据,此时外围 MCU(CPLD)便可以通过外设数据总线读取数据。

当外设通过 FT245AM 写数据到 USB 主机时,如果 FT245AM 的引脚 TXE 为高电平,则表示 FT245AM 内部正忙,外围 MCU(CPLD)不能向 FT245AM 的发送 FIFO 中写数据。而当外围 MCU(CPLD)检测到 TXE 为低电平时,则表明 FT245AM 的发送 FIFO 空闲,外围 MCU(CPLD)可以向 FT245AM 中写数据到 USB 主机。

2. FT245AM 在 ARINC429 总线测试仪中的应用

ARINC429 总线在航空领域有着广泛的使用,该总线采用差分数据传输方式,支持 12.5 kb/s 和 100 kb/s 两种传输速率。由于 ARINC429 总线设备需要较高的可靠性,为了方便该总线设备的测试,使该总线设备的测试可以在计算机中自动完成,提出了基于 USB 总线的 ARINC429 总线测试仪。

考虑到 USB 总线为自供电式,最大可驱动 500 mA 电流,故 ARINC429 测试仪选取 4 路接收、2 路发送的结构。当然,如果允许外接电源,还可以实现更多的收发路数,但这样会降低 USB 总线的方便性。由于 ARINC429 总线的传输速率最大为 100 kb/s,而 USB1.1 的通信能力可达 12 Mb/s,考虑到协议的额外开销,1 路 USB 总线同时完成 2 路 ARINC429 总线的发送和 4 路接收。

为了提高 ARINC429 总线测试仪的实时性,可选用高速 MCU 控制 USB 接口芯片

FT245AM,但 MCU 没有足够的 I/O 数,无法满足与 ARINC429 控制芯片连接的 I/O 引脚,因此,可选用 CPLD EPM7128S 来完成 FT245AM 的控制和数据传输。

基于 USB 的 ARINC429 总线测试仪结构如图 6-24 所示。

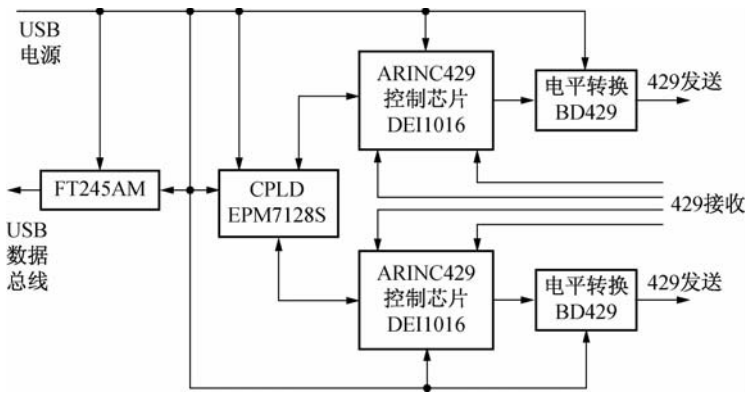


图 6-24 基于 USB 的 ARINC429 总线测试仪结构

## 本章小结

单片机系统的输入/输出接口是 CPU 与外部设备进行数据交换的桥梁。它可以实现单片机与外设之间的速度匹配、数据锁存、数据缓冲和数据交换。本章介绍了一些常见的单片机的接口,A/D、D/A 技术的工作原理、典型的芯片及其与单片机的接口电路是本章的重点和难点,学习本章时运用工作原理结合实际电路的方法可以达到事半功倍的效果。

## 习 题 6

1. 为什么要消除键盘的机械抖动? 有哪些消除抖动的方法?
2. 什么是 LED 数码显示器? 它有哪几种接法?
3. 简述 8279 芯片各个主要模块的功能和主要引脚的定义。
4. 利用静态串行口方式,编写程序并设计接口电路,使 6 位共阴极数码管显示英文字母 HAPPY。
5. A/D 和 D/A 转换器各自的作用和适用场合是什么?
6. D/A 和 A/D 转换器都有哪些主要技术指标?
7. 用 ADC0809 实现一个电压量的采集和转换,试画出电路图。
8. 如何用 DAC0832 产生三角波、方波和正弦波? 画出电路连接图并编写程序实现。