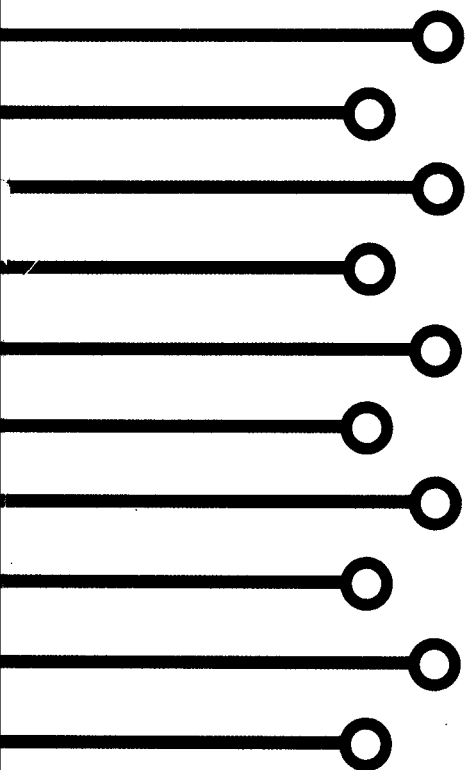


PIC单片机 应用开发典型模块

李海涛 仪维 吴筱坚 梁磊 编著

PIC单片机 应用开发典型模块

李海涛 仪维 吴筱坚 梁磊 编著



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

PIC 单片机应用开发典型模块/李海涛等编著. —北京:
人民邮电出版社, 2007.11
ISBN 978-7-115-16714-9

I. P… II. 李… III. 单片微型计算机 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 131767 号

内 容 提 要

本书用大量实例讲解了 PIC 单片机各个典型模块在实际开发中的应用。全书共 9 章, 内容包括 PIC 单片机的片内资源、人机接口、扩展 D/A 模块、信号发生与测量模块、通信与数据传输模块、控制算法模块、电机控制模块、常用运算模块以及单片机开发可靠性技术等, 详细讲解 PIC 单片机各个模块的设计思路、硬件设计、程序设计和典型应用。

本书语言通俗、实例丰富、代码分析详尽, 可供 PIC 单片机工程技术人员参考使用, 也适合计算机相关专业师生阅读使用。

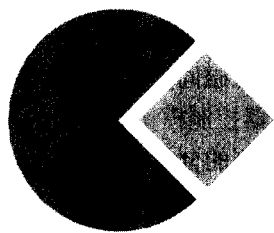
PIC 单片机应用开发典型模块

-
- ◆ 编 著 李海涛 仪 维 吴筱坚 梁 磊
责任编辑 黄 焱
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鸿佳印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 26.5
字数: 644 千字 2007 年 11 月第 1 版
印数: 1—4 000 册 2007 年 11 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16714-9/TP

定价: 45.00 元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223



前言

20 世纪 80 年代初,单片机开始进入电子产品设计领域。随着电子技术以及应用需求的发展,单片机技术也得到了迅速的发展,在高集成度、高速度、高性能及低功耗等方面取得了巨大的进步。

PIC 系列单片机采用了精简指令集(RISC)、哈佛总线(Harvard)结构和二级流水线取指方式,具有价格低、可靠性高、指令少、功耗低、体积小和简单易学等特点,已经成为世界上最有影响力的嵌入式微控制器之一。

本书通过大量的示例和具体应用实例来讲解 PIC 单片机各个模块的用法。其中每个模块包含该模块的设计思路、硬件设计、程序设计、典型应用以及经验总结等。本书代码注释丰富,读者只需稍加修改就可以将书中内容用于实际项目中。

本书内容

全书共分 9 章。

第 1 章介绍 PIC 单片机片内资源,介绍了 PIC 单片机内部模块的基本知识及其应用。其中对单片机内部 I/O 模块、主控同步串行端口(MSSP)模块、捕捉模块、模/数转换器 ADC 模块、复位系统模块、看门狗模块及中断模块进行了详细讲解。

第 2 章介绍 PIC 单片机人机接口模块,按照功能的不同讲述了键盘、显示及 I²C 读写的操作。其中对 I/O 直接扩展键盘、LED 显示接口模块、LCD 显示接口模块、硬件译码驱动显示模块及 IC 卡读写模块的工作原理及软硬件设计进行了详细讲解。

第 3 章介绍扩展 D/A 模块,以扩展串行 16 位 D/A 芯片为例讲解了设计该类型电路的思路及方法。

第 4 章介绍信号发生与测量模块,举例讲解了不同的信号发生模块的组建及常用的检测模块的组建。在首先讲述多功能波形信号发生模块的基础上进一步讲述了 PWM 信号发生模块及正弦信号发生模块的设计思路、电路设计、程序设计及典型应用。针对经常应用的检测模块,本章给出了频率检测模块和交流电压测量模块的具体设计。

第 5 章介绍了通信与数据传输模块,给出了串口通信模块、USB 通信模块、CAN 通信模块及以太网模块的实例。其中串口模块分别讲解了 RS-485 通信、双机通信接口模块及 PIC 单片机与 PC 机串行通信模块。

第 6 章介绍了控制算法模块,给出了经典 PID 及单神经元 PID 控制算法在 PIC 单片机中

实现的实例。首先讲解经典 PID 中的位置式 PID 和增量式 PID 的基本理论、软件设计思路及在 PIC 单片机中的实现代码, 然后讲解单神经元 PID 的基础知识以及单神经元 PID 的设计思路和代码的实现。

第 7 章介绍了电机控制模块。本章主要针对现在市场上常用的步进电机及永磁同步电机的单片机控制模块进行讲述。本章首先介绍了步进电机稳压直流稳压电源模块、步进电机驱动模块及步进电机控制模块, 然后介绍了以 PIC16F877 为 CPU 的永磁同步电机控制模块的设计与实现最后讲解如何利用 PIC 单片机实现 BUCK DC/DC 变换器控制模块。

第 8 章讲解了常用 15 个运算模块, 对这些运算模块进行了实例的分析, 并给出了具体的汇编代码。

第 9 章介绍了单片机系统开发可靠性技术, 主要对 PIC 单片机硬件开发中的接地技术、PCB 布线技术、抗电磁干扰技术、电源技术、WDT 技术等关键的技术进行了详细讲解并给出了相应的实例。

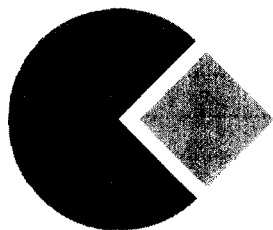
关于作者

本书主要由李海涛博士、仪维老师、吴筱坚博士和梁磊编写完成, 参与部分章节写作和资料收集的还有李斌、胡岩、曲丽丽、蒋越、王宇龙、邢雷、张媛、梁洪力、张春有、温鹏程。特别感谢王恒博士为本书提供的指导和华清远见嵌入式培训中心 (www.farsight.com.cn) 为本书提供的技术支持。

本书责任编辑的联系方式为 huangyan@ptpress.com.cn。由于编者水平有限, 加之时间仓促, 书中错误和疏漏之处在所难免, 恳请读者批评指正。

编者

2007 年 9 月



目 录

第 1 章 单片机片内资源	1
1.1 PIC 单片机 I/O 模块的应用	1
1.1.1 PIC16F877 单片机 I/O 端口介绍	1
1.1.2 设计思路	1
1.1.3 电路设计	2
1.1.4 程序设计	3
1.1.5 典型应用及经验分享	3
1.2 PIC 单片机主控同步串行端口 MSSP 模块的应用	3
1.2.1 SPI 工作方式及应用实例	3
1.2.2 I ² C 模式及其应用实例	8
1.2.3 利用 I ² C 访问 E ² PROM 24C02	19
1.3 PIC 单片机的定时器/计数器模块的应用	22
1.3.1 设计思路	23
1.3.2 程序设计	23
1.4 PIC 单片机捕捉模块的应用	28
1.4.1 捕捉方式	28
1.4.2 PWM 方式	38
1.5 PIC 单片机模/数转换器 ADC 模块的应用	39
1.5.1 设计思路	41
1.5.2 电路设计	41
1.5.3 程序设计	41
1.5.4 经验分享	44
1.6 PIC 单片机复位系统模块	44
1.6.1 内部上电延时复位 (POR)	45
1.6.2 外部上电延时复位电路	47
1.6.3 外部人工复位开关电路	49

1.6.4	内部掉电锁定复位 (BOR) 功能	50
1.6.5	外接电压检测复位电路举例	52
1.7	PIC 单片机看门狗模块	56
1.7.1	设计思路	58
1.7.2	程序设计	58
1.7.3	经验共享	59
1.8	PIC 单片机中断模块	59
1.8.1	定时器溢出中断	60
1.8.2	端口 RB 中断	62
1.8.3	INT 中断	70
第 2 章	PIC 单片机人机接口模块	75
2.1	利用 I/O 直接扩展键盘	75
2.1.1	独立式按键结构器	75
2.1.2	4×4 行列式键盘	81
2.2	LED 显示接口模块	104
2.2.1	LED 显示器工作原理	104
2.2.2	设计思路	108
2.2.3	元器件选型	109
2.2.4	电路设计	110
2.2.5	程序设计	111
2.2.6	典型应用及经验分享	120
2.3	LCD 显示接口模块	120
2.3.1	LCD 显示器工作原理	120
2.3.2	设计思路	121
2.3.3	元器件选型	122
2.3.4	接口电路	125
2.3.5	程序设计	129
2.3.6	典型应用及经验分享	135
2.4	硬件译码驱动显示模块	136
2.4.1	硬件译码驱动简介	136
2.4.2	元器件选型	136
2.4.3	电路设计	137
2.4.4	程序设计	137
2.4.5	经验分享	141
2.5	IC 卡读写模块	141
2.5.1	IC 卡简介	141
2.5.2	元器件选型	142
2.5.3	电路设计	148

2.5.4 程序设计	148
2.5.5 典型应用	153
第3章 扩展 D/A 模块	154
3.1 PIC 单片机与 16 位串行 D/A 转换器接口模块	154
3.1.1 D/A 转换原理	154
3.1.2 D/A 转换类型概述	156
3.1.3 D/A 性能参数概述	157
3.1.4 设计思路	162
3.1.5 芯片选择	163
3.1.6 电路设计	164
3.1.7 程序设计	165
3.2 PIC 单片机与 8 位并行 D/A 转换器接口模块	165
3.2.1 设计思路	165
3.2.2 元器件选型	166
3.2.3 电路设计	167
3.2.4 程序设计	167
3.2.5 经验分享	168
第4章 信号发生与测量模块	169
4.1 多功能波形信号发生模块	169
4.1.1 设计思路	169
4.1.2 元器件选型	169
4.1.3 电路设计	171
4.1.4 程序设计	172
4.1.5 典型应用	177
4.2 PWM 信号发生模块	178
4.2.1 设计思路	178
4.2.2 电路设计	179
4.2.3 程序设计	179
4.2.4 典型应用	180
4.3 正弦信号发生模块	180
4.3.1 设计思路	180
4.3.2 元器件选型	181
4.3.3 电路设计	182
4.3.4 程序设计	183
4.4 频率检测模块	186
4.4.1 设计思路	186
4.4.2 程序设计	187

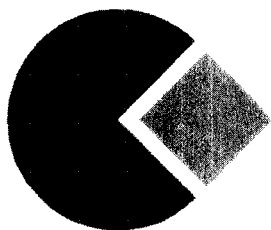
4.4.3 典型应用	191
4.5 交流电压测量模块	191
4.5.1 设计思路	191
4.5.2 电路设计	192
4.5.3 程序设计	193
第 5 章 通信与数据传输模块	196
5.1 RS-485 接口模块	196
5.1.1 RS-485 接口简介	196
5.1.2 元器件选型	197
5.1.3 电路设计	197
5.1.4 程序设计	197
5.1.5 典型应用及经验分享	204
5.2 双机通信接口模块	204
5.2.1 通信工作模式简介	204
5.2.2 设计思路	204
5.2.3 电路设计	205
5.2.4 程序设计	205
5.2.5 典型应用及经验分享	209
5.3 PIC 单片机与 PC 机串行通信模块	209
5.3.1 设计思路	209
5.3.2 元器件选型	210
5.3.3 电路设计	211
5.3.4 程序设计	212
5.3.5 典型应用及经验分享	218
5.4 USB 数据通信接口模块	219
5.4.1 通用串行总线简介	219
5.4.2 元器件选型	219
5.4.3 电路设计	222
5.4.4 程序设计	222
5.4.5 典型应用及经验分享	228
5.5 CAN 总线接口模块	228
5.5.1 CAN 总线工作原理	228
5.5.2 设计思路	232
5.5.3 元器件选型	233
5.5.4 电路设计	235
5.5.5 程序设计	235
5.5.6 典型应用	243
5.6 以太网控制器接口模块	243

5.6.1	设计思路	243
5.6.2	元器件选型	246
5.6.3	电路设计	247
5.6.4	程序设计	248
5.6.5	典型应用及经验分享	255
第 6 章	控制算法模块	257
6.1	位置式 PID 控制模块	257
6.1.1	设计思路	257
6.1.2	程序设计	258
6.1.3	经验分享	260
6.2	增量式 PID 控制模块	260
6.2.1	设计思路	260
6.2.2	程序设计	261
6.2.3	经验分享	263
6.3	单神经元 PID 控制模块	263
6.3.1	设计思路	263
6.3.2	程序设计	265
6.3.3	典型应用	267
第 7 章	电机控制模块	268
7.1	步进电机稳压直流稳压电源模块	268
7.1.1	设计思路	268
7.1.2	元器件选型	269
7.1.3	电路设计	269
7.1.4	程序设计	269
7.2	步进电机驱动模块	276
7.2.1	步进电机简介	276
7.2.2	设计思路	276
7.2.3	元器件选型	278
7.2.4	电路设计	279
7.2.5	程序设计	280
7.3	步进电机控制模块	285
7.3.1	步进电机工作原理简介	285
7.3.2	设计思路	285
7.3.3	电路设计	286
7.3.4	程序设计	286
7.3.5	典型应用	294
7.4	永磁无刷直流电动机控制模块	294

7.4.1	永磁无刷电动机简介	294
7.4.2	设计思路	296
7.4.3	元器件选型	296
7.4.4	电路设计	297
7.4.5	程序设计	298
7.4.6	典型设计及经验分享	307
7.5	BUCK DC/DC 变换器控制模块	307
7.5.1	设计思路	307
7.5.2	元器件选型	308
7.5.3	电路设计	308
7.5.4	程序设计	309
7.5.5	典型应用及经验分享	309
7.6	软开关双向 DC/DC 变换模块	310
7.6.1	设计思路	310
7.6.2	元器件选型	315
7.6.3	电路设计	320
7.6.4	程序设计	323
第 8 章	数学运算典型模块	337
8.1	16×16 位定点数加、减法模块	337
8.1.1	设计思路	337
8.1.2	程序设计	337
8.1.3	典型应用	338
8.1.4	经验分享	338
8.2	16×16 位定点数乘法模块	338
8.2.1	设计思路	338
8.2.2	程序设计	339
8.2.3	典型应用	341
8.2.4	经验分享	341
8.3	16×16 位定点数除法模块	341
8.3.1	设计思路	341
8.3.2	程序设计	342
8.3.3	典型应用	344
8.3.4	经验分享	344
8.4	浮点数加减法模块	344
8.4.1	设计思路	344
8.4.2	程序设计	344
8.4.3	典型应用	348
8.5	浮点数乘法模块	348

8.5.1	设计思路	348
8.5.2	程序设计	348
8.5.3	典型应用	351
8.6	浮点数除法模块	352
8.6.1	设计思路	352
8.6.2	程序设计	352
8.6.3	典型应用	356
8.7	定点数转化为浮点数模块	357
8.7.1	设计思路	357
8.7.2	程序设计	357
8.7.3	典型应用	358
8.8	3 字节浮点数转换为定点整数模块	359
8.8.1	设计思路	359
8.8.2	程序设计	359
8.8.3	典型应用	360
8.9	双字节定点数至 5 位 BCD 码转换模块	360
8.9.1	设计思路	360
8.9.2	程序设计	361
8.9.3	典型应用	362
8.10	浮点数至 5 位压缩 BCD 码转换程序	362
8.10.1	设计思路	362
8.10.2	程序设计	363
8.10.3	典型应用	365
8.11	进制码和 BCD 码转换模块	365
8.11.1	设计思路	365
8.11.2	程序设计	366
8.12	定点数开方模块	370
8.12.1	设计思路	370
8.12.2	程序设计	370
8.12.3	典型应用	373
8.13	浮点数开方模块	373
8.13.1	设计思路	373
8.13.2	程序设计	374
8.13.3	典型应用	376
8.14	均值滤波模块	376
8.14.1	设计思路	376
8.14.2	程序设计	377
8.15	中值滤波模块	381
8.15.1	设计思路	381

8.15.2 程序设计	382
第9章 可靠性设计技术	390
9.1 接地技术	390
9.1.1 接地技术概述	390
9.1.2 接地技术总结	391
9.1.3 接地技术举例	393
9.2 PCB 布线	393
9.2.1 PCB 布线技术	394
9.2.2 PCB 布线技术举例	395
9.3 抗电磁干扰技术	401
9.3.1 抗电磁干扰技术概述	401
9.3.2 两种抗电磁干扰技术	401
9.3.3 抗电磁干扰技术举例	401
9.4 电源技术	403
9.4.1 电源技术概述	403
9.4.2 电源技术举例	404
9.4.3 电源故障监控	407



第1章 单片机片内资源

1.1 PIC 单片机 I/O 模块的应用

1.1.1 PIC16F877 单片机 I/O 端口介绍

PIC16F877 单片机有 5 个 I/O 端口: PORTA、PORTB、PORTC、PORTD 和 PORTE, 共 33 个引脚。各个端口的设计思想和内部结构都是不同的, 甚至同一端口不同引脚的内部结构也存在差异, 但其线路很相似。

- 端口 A 是一个 6 位的双向输入/输出端口, 对应的数据方向寄存器是 TRISA。当作为一般数据输入/输出时, TRISA 寄存器用来设定该引脚为输入或输出, 且每个引脚都可以单独作为输入/输出使用。PORTA 寄存器为端口 A 的数据缓冲器, 与端口 A 共享引脚的外围功能模块包括 A/D 转换通道、模拟参考电压和定时器 0 外部时钟输入等。

- 端口 B 是一个 8 位的双向输入/输出端口, 对应的数据方向寄存器是 TRISB。它除了具有与端口 A 一样的通用 I/O 功能外, 其 RB4~RB7 引脚还提供了电平变化中断功能。

- 端口 C、D、E 的功能与端口 A 类似, 除具有通用输入/输出功能外, 还与某些外围功能模块共享引脚。端口 C、D 都是 8 位的双向输入/输出端口, 对应的数据方向寄存器是 TRISC 和 TRISD; 端口 E 仅有 3 个引脚作为双向输入/输出端口, 它也有相应的数据方向寄存器 TRISE。

此外, 端口 D 还可作为并行从动口 (PSP) 的总线引脚, 作为和其他微处理器连接的并行接口, 而端口 E 的 TRISE 寄存器中的 PSPMODE 位则用于选择端口 D 作为 PSP 的总线引脚。

1.1.2 设计思路

该设计以端口 C 为例, 简单介绍 I/O 端口的应用。端口 C 的 8 个引脚 RC0~RC7 分别通过 8 只电阻 (起限流作用) 与发光二极管相连, 从而控制发光二极管的点亮与熄灭。当端口 C 相应的引脚输出为低电平时, 发光二极管点亮; 当端口 C 相应的引脚输出高电平时, 发光二极管熄灭。

根据硬件电路对端口 C 进行编程, 实现如下功能: 程序运行后, 前 4 个发光二极管点亮, 后 4 个熄灭。

注意 在调试程序前，应打开与端口 C 相连的 8 位拨码开关。

1.1.3 电路设计

图 1-1 所示为 PIC16F877 单片机最小系统，图 1-2 所示为单片机与发光二极管的接线原理图，其中 8 个发光二极管与地之间通过一个 8 位拨码开关连接。

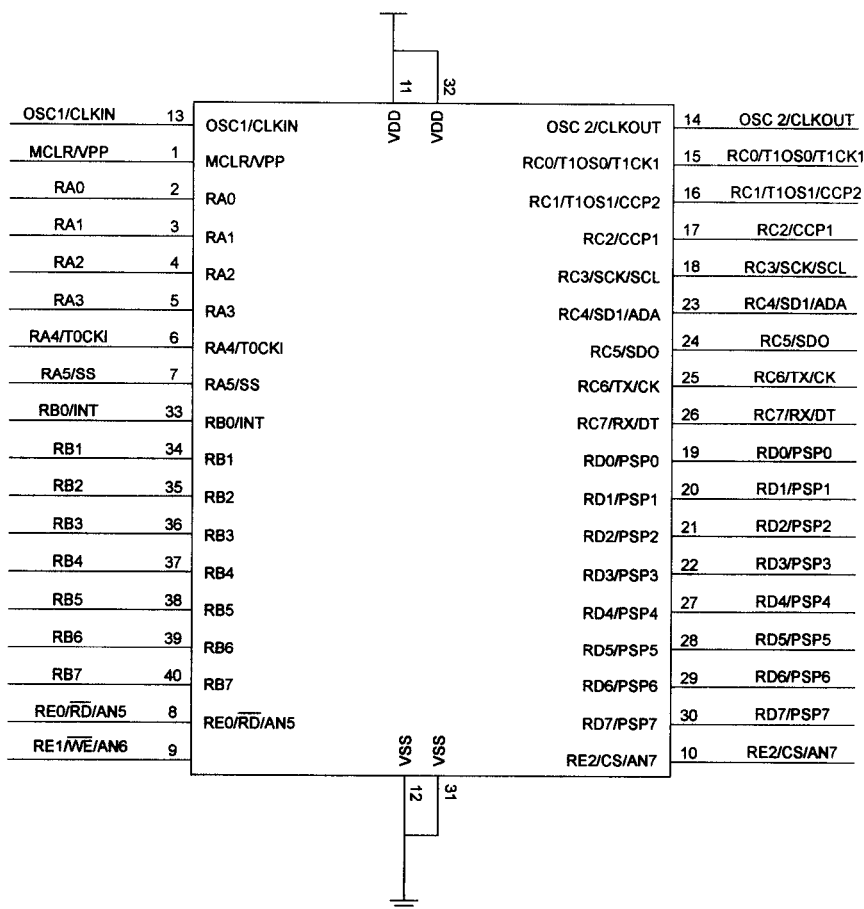


图 1-1 PIC16F877 最小系统

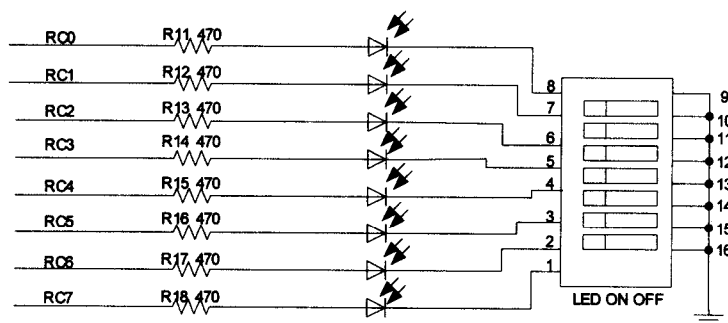


图 1-2 单片机与发光二极管的接线原理图

1.1.4 程序设计

该程序利用 PIC 单片机的端口 C 来控制发光二极管阳极的电平, 当该端口输出高电平且相对应的拨码开关打开的时候, 这个发光二极管被点亮。

```
#include <pic.h>
main()
{
    TRISC=0X00;          /*TRISC 寄存器被赋值, PORTD 每一位都为输出*/
    while(1);            /*循环执行点亮发光二极管的语句*/
    {
        PORTC=0XF0;      /*向 PORTC 送数据, 点亮下面 4 个 LED
    }
}
```

1.1.5 典型应用及经验分享

I/O 端口的通用输入/输出功能是单片机最基本的应用, 几乎每个实时监控类和应用类的实例都涉及数据的输入/输出, 如实现 LED 的追灯功能和键盘监控扫描等。

所有写 I/O 端口的操作实际上都是一个“读取—修改—写入”的操作。因此, 写 I/O 端口的操作意味着, 先读取 I/O 引脚上的数据, 然后修改这个值, 最后再写入 I/O 端口的数据寄存器中。用户在编写程序时应对该操作机理加以注意。

1.2 PIC 单片机主控同步串行端口 MSSP 模块的应用

PIC16F877 单片机主要配置了两种形式的串行通信模块, 即主控同步串行端口 (MSSP) 和通用同步/异步收发器 (USART)。MSSP 模块是用来与其他外围芯片或其他单片机芯片进行通信的串行接口, 其工作模式有两种: 串行外围芯片接口 (SPI) 和芯片间总线 (I²C)。

1.2.1 SPI 工作方式及应用实例

1. SPI 工作方式简介

SPI 是由美国摩托罗拉公司最先推出的一种同步串行传输规范, 也是一种单片机外设芯片串行扩展接口。

SPI 模式可以允许同时同步发送和接收 8 位数据, 并支持 4 种工作方式:

- 串行数据输出, 对应 RC5/SDO 引脚;
- 串行数据输入, 对应 RC4/SDI/SDA 引脚;
- 串行时钟, 对应 RC3/SCK/SCL 引脚;
- 从动方式选择, 对应 RA5/SS/AN4 引脚。

SPI 模式下与之相关的寄存器有 10 个, 其中 4 个是与 I²C 模式共用的。

图 1-3 所示是由一个主机对接一个从机进行全双工通信的系统构成的方式。在该系统中,由于主机和从机的角色是固定不变的,并且只有一个从机,因此,可以将主机的 $\overline{SS}$ 端接高电平,将从机的 $\overline{SS}$ 端固定接地。

若干个具备 SPI 接口的单片机和若干片兼容 SPI 接口的外围芯片,可以在软件的控制下,构成多种简单或者复杂的应用系统,例如以下 3 种。

(1) 一个主机和多个从器件的通信系统。

如图 1-4 所示,各个从器件是单片机的外围扩展芯片,它们的片选端 $\overline{SS}$ 分别独占单片机的一条通用 I/O 引脚,由单片机分时选通它们建立通信。这样省去了单片机在通信线路上发送地址码的麻烦,但是占用了单片机的引脚资源。当外设器件只有一个时,可以不必选通而直接将 $\overline{SS}$ 端接地即可。

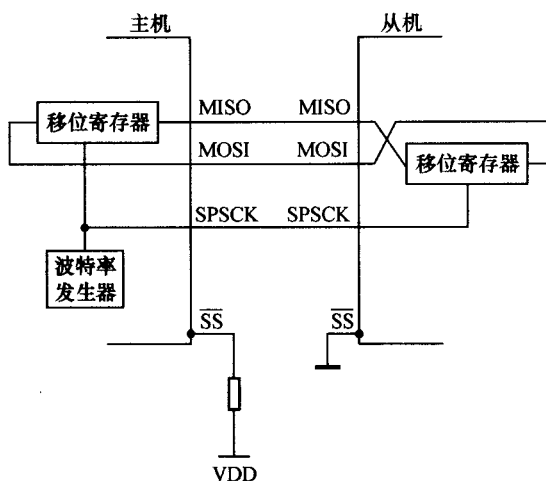


图 1-3 全双工主机/从机连接方法

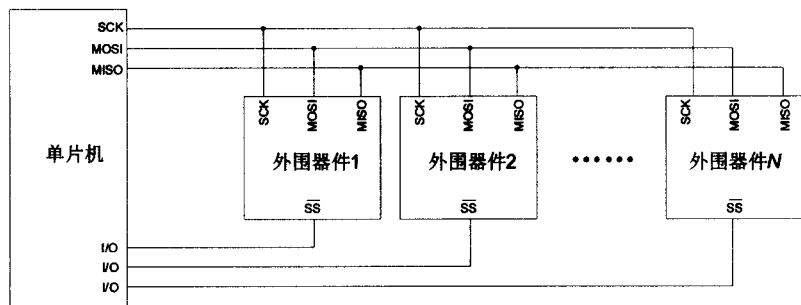


图 1-4 一个主机扩展多个外围器件

(2) 几个单片机互相连接构成多主机通信系统。

图 1-5 所示为 3 个既可以当做主机也可以当做从机的单片机组成的系统。

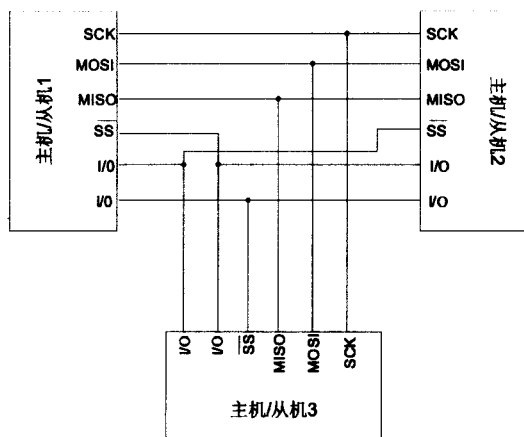


图 1-5 多主机通信系统连接方法