

高职高专通用教材



PIC[®]

单片机初级教程

李荣正 陈学军 编著



北京航空航天大学出版社

高职高专通用教材

PIC[®]单片机初级教程

李荣正 陈学军 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书以美国 Microchip 公司的 PIC16F877 单片机为主线,详细介绍其基本结构、工作原理及应用技术。全书共分 9 章,内容包括:PIC 系列单片机的基本结构、存储器模块、集成开发环境和在线仿真、PIC 指令系统及应用、I/O 端口、同步串行通信、定时器、中断处理和 A/D 转换等。

本书内容丰富而实用,通俗易懂,列举并分析了大量的应用实例,可作为高职高专院校的教材,也可供从事单片机开发的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

PIC 单片机初级教程/李荣正等编著. —北京:北京
航空航天大学出版社,2006. 3

ISBN 7-81077-830-7

I. P… II. 李… III. 单片微型计算机, PIC 系列
—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 012498 号

© 2006, 北京航空航天大学出版社, 版权所有。

未经本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式中手段复制或传播本书内容。

侵权必究。

PIC®单片机初级教程

李荣正 陈学军 编著

责任编辑 高 路

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhpress@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16·印张:16.25 字数:364 千字

2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 7-81077-830-7 定价:22.00 元

前 言

纵观计算机的发展史,运算和控制一直是计算机功能实施的 2 条主线,其角色的相互转换也常常困扰着人们的认识、思路和研发目标。这是一对矛盾,是不同的课题,也是在不同方面的应用,用单一的标准去衡量显然是不合适的。20 世纪 70 年代,半导体微电子专家为了绕开这一矛盾,另辟蹊径,按照嵌入式微控制器系统的发展思路,将一个微型计算机的核心部件集成在一个芯片上,形成了最早的单片机(Single Chip Microcomputer)。须指出的是,当第一台小型嵌入式控制器件形成以后,计算机的发展才真正开始沿着两个相互独立的方向发展,使得具有不同用途、不同价格和不同技术内涵的计算机应用于我们的日常生活之中,其中:一个方向以个人 PC 计算机为核心的群体为代表,承担高速、海量技术数据的处理和分析,一般以计算能力(即运算速度)为重要标志,形成一个独立的应用及发展空间;而另一个方向则以嵌入式独立系统为技术理念,主要与控制对象耦合,能够与控制对象互动和实时控制。嵌入式系统以成本低、体积小、可靠性高、功能强等优点脱颖而出,极大丰富了该研究领域的内涵。

面对全球计算机市场激烈的竞争,各微电子系统制造商集中各路大规模集成电路设计的精英,努力为单片机嵌入更多、更强的功能。在研究中,针对单片机的缺陷,相继开发出具有强大计算功能的数字信号处理器(DSP)芯片,特别是英国 ARM 核心技术以及多任务操作系统的移植和应用,从而使单片机原本已走到技术尽头的状况得以扭转,使得嵌入式微控制器系统形成了一个具有很大潜力的发展空间。计算机的发展过程及其应用在这里暂不做讨论,本书主要针对单片机技术展开分析。

单片机的发展和性能的日益完善,开创了微控技术的新天地,实际上是对传统控制技术的一场革命。现代控制理念的核心,就是嵌入式计算机应用系统。通过不断提高控制功能和拓展外围接口功能,使单片机成为最典型、最广泛、最普及的嵌入式微型控制单元(MCU, Micro Controller Unit)。单片机拥有计算机的基本核心部件,将其嵌入到电子系统中,可以满足控制对象的要求,实现嵌入到非计算机产品中的计算机系统,从而为电子系统的智能化奠定了基础。单片机的实现方式要比模拟控制思想更为简洁和方便得多;同时,可以跨越式地实现对外部模拟量的高速采集、逻辑分析处理以及对目标对象的智能控制。

早期的嵌入式系统的概念是将通用计算机经过适应性配制后嵌入到各种实际应用系统之中,如轮船的自动驾驶仪和飞机的导航仪等系统。与通用计算机相比,单片机的优势是显而易见的,尤其是目前单片机应用已渗入到各个领域,完全不能按照原有的嵌入式的思路去设计和应用。例如,控制一个家用的电子产品(智能电饭煲、模糊智能洗衣机和手机等),利用 PC 计算机控制几乎是不可能的;几十元或几百元的电子产品要求配套一台几千元的电脑,显然非常

地不合理。单片机是芯片级的小型计算机系统,可以被嵌入到任何应用系统中,实现智能化控制。同时,单片机的应用领域随着其功能外沿的不断拓展而日益宽广,已渗入到现场控制、电信手机、家用电器、仪表仪器、汽车电子和电子玩具等领域的智能化控制和管理等方面。

目前,各个单片机生产厂家仍然立足于 8 位单片机市场,因为从其诞生以来,一直是应用最为广泛的器件。2005 年,美国 Microchip(Microchip Technology Incorporated,微芯科技股份有限公司,简称 Microchip 公司)和 Motorola 两家公司,已成为世界 8 位单片机产量最高的两个芯片制造商。

PIC 系列单片机是美国 Microchip 公司生产的单片机产品的标志性产品。Microchip 公司从 10 年以前的默默无闻,到今天成为全世界 8 位单片机销量第一的公司,与其过硬的技术支持和设计完善的系统内核有着直接的关系。PIC 系列单片机可以满足用户的各种需要。本教材将采用美国 Microchip 公司生产的中档产品 PIC16F877 单片机作为研究和分析的对象,借助于 MPLAB-IDE 集成开发环境,将读者引入一个色彩斑斓的单片机世界。

单片机的迅速发展,主要源于其性能价格比。一般单片机主要用于控制,而对其承担的计算性能却要求不高,只要能按照一定的程序进行在线检测和实时控制即可。例如,一台简单的温度测试仪,对数据采集和控制的要求并不是很高,因此可以利用 PIC 系列单片机的产品的多样性,选择一款较低档次的 PIC16C54 单片机即可满足控制和检测的要求。只花几元钱就可以拥有一个智能核心控件,这就是 PIC 系列单片机的优势。作者的教学重点为什么转向 PIC 单片机,也就不言而喻了。

为了推广和普及 PIC 单片机的基础知识,提高系统开发及应用能力,特别是适应高校专业改造和教学内容更新的需要,近年来在美国 Microchip 公司卓有成效的推广之下,PIC 单片机已逐渐为国内从事单片机开发应用的工程技术人员所认识和应用。特别是不少高职及专科院校电子及控制类专业的必修课程逐渐转到 PIC 单片机之上,51 单片机统一天下的局面已经被打破。正是基于这样的原因,在 PIC 单片机高职及专科使用的教材还比较缺乏的情况下,作者深感有责任去写一本相应的教材,为推动 PIC 产品在国内的广泛应用贡献绵薄之力。作者积累了长期教学经验,并在总结面向全国工程技术人员 PIC 初、高级培训班教学体会的基础上,形成了一个比较贴近产业技术开发的 PIC 单片机教学、实验和开发模式。

PIC 系列单片机的硬件系统设计简洁,指令系统设计精炼。在所有的单片机品种中,PIC 单片机具有性能完善、功能强大、学习容易、开发应用方便以及人机界面友好等突出优点。学好 PIC 单片机,掌握其核心技术内涵,拓展其应用范围,将具有划时代的意义。

本书专门是为高职类学生编写的 PIC 单片机基础性教材,适用于教学时数为 32~48 学时。重实际应用和编程技巧的辅导,由浅入深、循序渐进,通过大量例题分析和讲解,力求学员能够深刻领会 PIC 单片机的精髓,真正使本书成为就业获胜的阶梯。本书内容丰富而实用,通俗而流畅,可作为高等工科院校相关专业的教材,也可供从事单片机开发应用的工程技术人员参考。本书以美国 Microchip 公司 PIC16F877 单片机为主线,详细介绍其基本组成、原理和

实际应用。全书共分 9 章,内容包括:第 1 章 PIC 单片机基本组成,主要讨论 PIC 系列单片机的基本结构及内部组成模块;第 2 章 PIC 存储器,以 PIC16F877 配置的存储器模块为切入点,对地址寻址方式和存储器结构分布类型进行分析;第 3 章集成开发系统,分析 PIC 单片机 MPLAB - IDE 集成开发环境及使用方法;第 4 章 PIC 指令系统及应用,对指令集系统及格式进行分析和说明,并给出一些常用子程序范例;第 5 章 I/O 端口,讨论 I/O 端口的基本功能,并对其内部结构、初始化设置进行说明,并列举了很多应用实例;第 6 章同步串行通信模块,介绍主同步串行 SPI 通信方式;第 7 章定时器/计数器,重点讨论内部 2 个定时器/计数器的结构、配置及工作方式;第 8 章中断系统,主要涉及中断源分析及中断服务程序的处理过程;第 9 章 A/D 转换器,主要介绍 10 位 A/D 转换器的工作原理及其应用。

本书由李荣正、陈学军主编。参加编写的还有王伟、苏力、戴育良、侯国强、杨晓毓、丁晨、梁湧、曹志刚、陈文杰、黄烨晨、杜威、杨璟、朱宇、谢露艳、应瑞和秦侃等。

作者真诚希望把正确、无误的前沿作品奉献给每一位读者,但由于学识所限,本书错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

本教程配套有电子教学文档(.ppt 文件),需要参考的教师,可与作者直接联系(E-mail: lrz_2008@126.com),作者将免费提供。或与北京航空航天大学出版社联系。联系方式如下:

通信地址:北京市海淀区学院路 37 号

邮 编:100083

电 话:010-82317027

网 址:<http://www.buaapress.com.cn>

E-mail: gl@mesnet.com.cn

与本书配套有硬件实验开发系统 YB03-1 实验开发系统,即“模块式 PIC 单片机实验教学系统”,由作者与江苏绿扬电子仪器集团有限公司合作研制,目前已申报国家专利。该实验装置全面考虑学生的动手实践环节,给予充分发挥和创新的余地。其特色是:硬件设备配置较全,组合灵活方便。敬请读者留意。凡需要购买该实验装置的读者,可与作者直接联系,也可按如下方式联系生产厂家:

江苏绿扬电子仪器集团有限公司

通信地址:江苏省扬中市金星路 88 号

邮 编:212200

电 话:0511-8356749

网 址:<http://www.lvyang.com>

E-mail: sale@lvyang.com

李荣正

2005 年 11 月于上海

目 录

第 1 章 PIC 单片机组成结构	1
1.1 PIC 系列单片机结构分析	1
1.1.1 PIC 系列单片机特点	1
1.1.2 PIC16F877 的结构	3
1.1.3 PIC16F877 的引脚	7
1.2 存储器概述	9
1.2.1 程序存储器	9
1.2.2 数据存储器	10
选择分析题	11
第 2 章 PIC 单片机存储器	13
2.1 存储器分类	13
2.2 程序存储器构架	13
2.3 数据存储器构架	14
2.3.1 通用寄存器	17
2.3.2 特殊功能寄存器	17
2.4 存储器选择方式	21
2.4.1 数据存储器体选方式	21
2.4.2 程序存储器页选方式	22
选择分析题	27
第 3 章 PIC 单片机集成开发系统	30
3.1 MPLAB - IDE 软件工具	30
3.1.1 MPLAB 的安装	30
3.1.2 MPLAB 界面介绍	31
3.1.3 MPLAB 的组成	34
3.2 创建源程序	36

3.2.1 建立项目	36
3.2.2 建立源程序文件	38
3.2.3 源程序编译	39
3.3 MPLAB-SIM 软件仿真	41
3.3.1 基本调试功能	41
3.3.2 设置观察窗口	43
3.4 MPLAB-ICD 在线调试	44
3.4.1 MPLAB-ICD 的组成	45
3.4.2 在线调试	47
选择分析题	49

第4章 PIC 单片机指令系统及应用 52

4.1 指令流水线操作原则	52
4.2 指令集说明	53
4.2.1 数据传送类指令	54
4.2.2 算术运算类指令	56
4.2.3 逻辑运算类指令	58
4.2.4 控制转移类指令	62
4.3 汇编语言结构	71
4.3.1 汇编语言指令格式	71
4.3.2 系统伪指令	73
4.4 常用子程序的设计	75
4.4.1 跳转和循环子程序	75
4.4.2 软件延时子程序	77
4.4.3 数据查表子程序	79
4.4.4 分支功能跳转子程序	83
4.4.5 常用数学运算类子程序	84
选择分析题	96

第5章 I/O 端口 99

5.1 I/O 端口功能的通用结构	99
5.1.1 设置端口的 I/O 状态	100
5.1.2 查询端口的 I/O 状态	101
5.1.3 从端口输入数据	101

5.1.4 从端口输出数据	101
5.1.5 I/O 端口分析	102
5.2 I/O 端口寄存器及其初始化	106
5.3 基本 I/O 应用实例	107
选择分析题	118
第 6 章 同步串行通信模块	121
6.1 SPI 串行通信模块	121
6.1.1 SPI 模式相关寄存器	122
6.1.2 SPI 模式工作原理	125
6.2 SPI 串行通信应用	127
选择分析题	167
第 7 章 定时器/计数器	169
7.1 定时器/计数器 TMR0	169
7.1.1 TMR0 模块的功能和特性	170
7.1.2 TMR0 模块相关的寄存器	170
7.1.3 TMR0 模块的电路结构和工作原理	172
7.1.4 TMR0 模块的应用实例	174
7.2 定时器/计数器 TMR1	180
7.2.1 TMR1 模块的功能和特性	180
7.2.2 TMR1 模块相关的寄存器	180
7.2.3 TMR1 模块的电路结构和工作原理	182
选择分析题	194
第 8 章 中断系统	197
8.1 中断的概念和机理	197
8.2 PIC16F877 单片机的中断	198
8.3 中断服务程序的设计	199
8.4 中断相关的寄存器	200
8.5 中断响应和处理	204
8.5.1 中断信号的实时检测和延迟响应	205
8.5.2 中断现场处理	205
选择分析题	216

第 9 章 A/D 转换器	219
9.1 A/D 转换原理	219
9.2 A/D 转换器主要技术指标	220
9.3 A/D 转换器模块结构和操作原理	221
9.3.1 A/D 转换器模块相关的寄存器	221
9.3.2 A/D 转换器模块的应用	225
选择分析题	234
附录 A 选择分析题参考答案	237
附录 B PIC 系统配置文件 P16F877.INC 说明	238
参考文献	248

第 1 章 PIC 单片机组成结构

PIC(Periphery Interface Chip)系列单片机是美国 Microchip 公司生产的产品。PIC 系列单片机以其独特的硬件系统和指令系统的设计,逐渐被广大工程设计人员采用。特别对于初学者,更能充分感受到 PIC 单片机所具有的性能完善,功能强大,学习容易,开发与应用方便,以及人机界面友好等突出优点。

1.1 PIC 系列单片机结构分析

本书讨论重点以 PIC16F87X 系列单片机为主线,各章无特殊说明简言单片微机一般指 PIC16F87X 系列单片机。此外,PIC16F87X 系列包括 PIC16F870、PIC16F871、PIC16F872、PIC16F873、PIC16F874、PIC16F876 和 PIC16F877。其中,PIC16F877 具有一定的代表性,基本囊括本系列单片机的全部功能,其他 PIC16F87X 系列单片机都是在 PIC16F877 的基础之上,部分简化或功能缩简而得来的,它们之间的差别很小。为便于分析、说明,本书主要介绍 PIC16F877 单片机。

1.1.1 PIC 系列单片机特点

Microchip 公司是一家集研制、开发和生产为一体的专业单片机芯片制造商,其产品综合应用系统设计的思路,具有很强的技术背景。采用全新的流水线结构、单字节指令体系、嵌入闪存以及 10 位 A/D 转换器,使之具有卓越的性能,代表着单片机发展新的潮流。PIC 系列单片机,具有高、中、低三个档次,可以满足不同用户开发的需要,适合各个领域中的应用。

PIC 系列单片机具有如下特点:

1. 哈佛总线结构

PIC 系列单片机采用独特的哈佛总线结构,彻底将芯片内部的数据总线和指令总线分离,为采用不同的字节宽度、有效扩展指令的字长奠定了技术基础。图 1-1 所示为 PIC16F877 哈佛总线结构。基于这样的设计理念:即在执行一条指令的同时协同处理下一条指令的取指操作,以保证实现指令提取和执行的“流水操作”。两总线的分离,也为 PIC 单片机实现全部指令的单字节化和单周期化创造了条件,从而大大提高了 CPU 执行一条指令周期的速度和工作效率。这里需要说明一条指令执行时间的概念,人们通常认为 PIC 单片机一个指令周期

执行一条指令。如果嵌入的时钟振荡频率为 4 MHz, 那么一个指令周期就是 1 μ s, 即表明执行一条指令的时间也是 1 μ s。但这样一个结论是建立在宏观分析的基础上, 如果深究指令微观的执行过程, 应清晰地认识到, 一条指令分为取指过程和执行过程两个步骤, 实际上执行一条指令的时间为 2 μ s。

PIC 系列单片机的程序、数据、堆栈三者各自采用互相独立的地址空间, 前两者的地址访问需要用户特别注意四个分区的范围, 而堆栈过程无须用户关心。

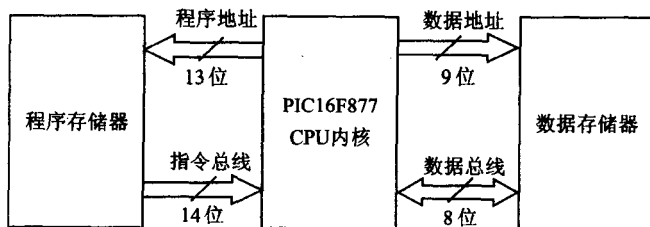


图 1-1 哈佛总线结构

2. RISC

1979 年美国加州大学伯克利分校提出了 RISC (Reduced Instruction Set Computer, 精减指令集计算机) 的概念。RISC 并非只是简单地减少指令, 而是着眼于如何改善计算机的结构, 更加简单、合理地提高计算机的运算速度。PIC 系列单片机的指令系统, 由于采用精减指令 RISC 技术, 优先选取使用频率最高的简单指令, 从而避免了复杂指令。PIC16F877 指令集系统只有 35 条指令, 这为人们有效掌握和理解指令系统的结构和设计应用程序提供了很大的方便。此外, PIC 系列单片机全部采用单字节指令, 而且除四条条件判断转移指令发生间跳外, 均为单周期指令, 执行速度较高。

PIC 系列单片机各类档次具有不同的指令字节宽度, 如 PIC 初级产品的指令字节为 12 位; 中级产品的指令字节为 14 位, 高级产品的指令字节为 16 位; 而它们的数据存储器宽度都为 8 位。

3. 功耗低

由于 PIC 系列单片机采用 CMOS 结构, 使其功耗处于极低的水平, 是目前世界上首推的低功耗产品之一。有些特殊型号单片机, 在工作模式下耗电仅为几毫安; 而在睡眠模式下耗电甚至达到几微安。因此, PIC 系列单片机的低功耗性能使其在控制仪表以及在汽车电子中得到了广泛应用, 尤其适用于野外移动仪表以及户外免维护的控制系统。

4. 驱动能力强

I/O 端口驱动负载的能力较强, 每个输出引脚可以驱动多达 20~25 mA 的负载, 对于发光二极管 LED、光电耦合器、小型继电器等, 既能够高电平直接驱动, 也可以低电平直接驱动,

这样可大大简化控制电路。但是,请读者注意,每个引脚的驱动能力并不表示端口引脚同时都具有这样的功效。一般端口总驱动能力为 60~70 mA;而所有端口合计驱动电流小于 200 mA。详细数据可参考有关数据手册。

5. 同步串行数据传送方式

在 PIC 系列单片机中,有些型号具有很强的同步串行传输功能,如 PIC16F877,可以满足 I²C(主控/从动)和 SPI(主控)总线要求。I²C(Inter Integrated Circuit Bus)和 SPI(Serial Peripheral Interface)分别是 Philips 公司和 Motorola 公司研制的两种广泛使用的串行总线标准,是在芯片和系统之间实现同步串行数据交换的首选技术。目前,不少外围器件开发商已经广泛采用这两种总线技术标准,开发出通用模块式产品,例如:各类存储器、温度传感器、LCD 驱动器、日历时钟芯片 RTC 等。同时,这些技术也已在电视机、手机等电子产品中得到广泛应用。

6. 应用平台界面友好开发方便

Microchip 公司为用户提供了周全的技术方案,不管是初学者还是后续的应用、开发人员,都为之提供了完善的硬件和软件支持,包括有各种档次的硬件仿真器和编程器。Microchip 公司研制出多种版本的软件仿真器和软件集成开发环境(MPLAB-IDE),实现程序编写、模拟仿真和在线调试,为用户学习与实验、应用与开发提供了相应的技术空间。借助这套廉价的开发系统,用户可以完成一些较低层次的电子产品的开发。所以,对于初次接触单片机的用户,PIC 单片机是一种比较合理的选择方案。尤其是 PIC16F877 单片机具有较高的技术性能和众多可选用的外围功能模块,且配套有面向教学实验的开放型的应用平台,其界面友好,操作方便,更容易被初学者接受。

1.1.2 PIC16F877 的结构

PIC16F87X 是 Microchip 公司于 1998 年底推出的新产品,可以实现在线调试和在线编程。Microchip 公司还为 PIC16F87X 系列单片机开发了一套小巧、廉价的在线调试工具 MPLAB-ICD 和相应的开发平台。借助于这套在线调试工具,既可以实现硬件仿真,又可以实现程序固化。为了满足初学者学习 PIC 单片机基本概念与开发的需要,Microchip 公司还提供了一套免费的集成开发环境软件 MPLAB-IDE,可以免费从 www.microchip.com.cn 下载。借助这套软件,可以对 PIC16F87X 进行软件仿真,程序调试。

PIC16F877 的内部结构框图如图 1-2 所示,从其执行功能考虑,可以将单片机分成两大组件,即基本功能模块和专用功能模块,下面进行分析。

1. PIC16F877 的基本功能模块

首先对 PIC16F877 的基本功能区域所包含的主要部件及其功能进行介绍,以便读者对其基本功能硬件有一个概要的认识。基本功能区域的主要功能模块包括以下 6 部分:

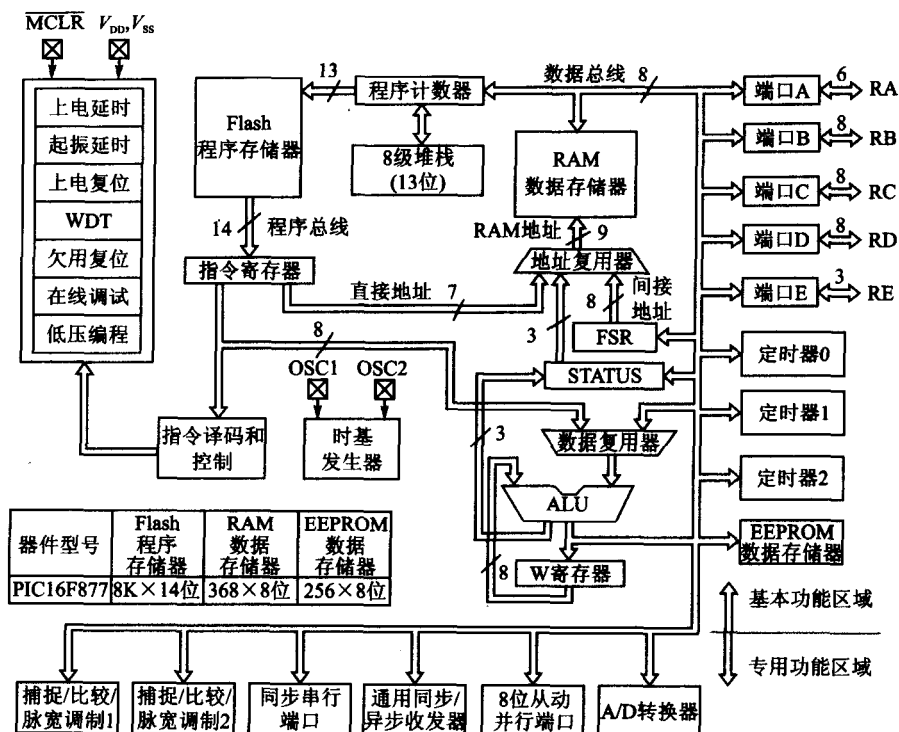


图 1-2 PIC16F877 功能框图

(1) 程序存储器区域

PIC16F877 单片机带有 Flash 程序存储器结构,主要存放由用户预先编制好的程序和一些固定不变的数据。共有 $8K \times 14$ 位程序单元空间,即 $0000H \sim 1FFFH$ 。由程序计数器提供 13 根地址线进行单元选择,每个单元宽 14 位,能够存放一条 PIC 单片机系统指令。在系统上电或其他复位情况下,程序计数器均从 $0000H$ 地址单元开始工作。如果遇到调用子程序或系统发生事件中断时,则将当前程序断点处的地址送入 8 级 $\times 14$ 位的堆栈区域进行保护。堆栈是一个独立的存储区域,在子程序或中断服务程序执行完后,再恢复断点地址,使主程序得以继续执行。通过 14 位程序总线,取出对应程序指令的机器码,送入指令寄存器,将组成的操作码和操作数进行有效分离。如果操作数为地址,则进入地址复用器;如果操作数为数据,则进入数据复用器,而操作码将在指令译码和控制单元中转化为相应的功能操作。

(2) 数据存储器区域

PIC16F877 单片机数据存储器主要包括特殊功能寄存器和通用寄存器两部分,用于存取 CPU 在执行程序过程中产生的中间数据或预置的参数。RAM 数据存储器的每个存储单元除具备普通存储器功能之外,还能实现移位、置位、清零、位测试等通常只有寄存器才能完成的操

作。PIC16F877 共有 512 字节单元空间(包括无效的地址单元),即 000H~1FFH。地址复用器组合 9 根地址线,实现 512 个数据存储器单元地址的有效选择。对于不同的数据访问,地址复用器的组合方式也存在差异。采用直接寻址时, RAM 地址的形成采用“7+2”模式,即 7 位数据来源于指令操作数,2 位数据来源于 STATUS 状态寄存器 RP1、RP0;而采用间接寻址时, RAM 地址的形成采用“8+1”模式,即 8 位数据来源于文件选择寄存器 FSR,1 位数据来源于 STATUS 状态寄存器 IRP。

基本功能区域配置有地址和数据两种复用器,是一种信号的选择开关,将根据指令功能不同而选择其中一个通路。

(3) EEPROM 数据存储器模块

PIC16F877 单片机嵌入一个 256×8 位 EEPROM 数据存储器模块,它与内部数据存储器最大的差异在于可在线擦/写,存储的内容掉电时不会丢失。对于数据存取功能, PIC 单片机指令集没有提供现成的机器指令,而必须采用特殊的程序段。

(4) 算术逻辑运算区域

PIC16F877 单片机一个非常重要的部件就是算术逻辑单元 ALU, 主要实现算术运算和逻辑运算。一般对于双目操作类指令,如加、减、与、或,两个操作数来源于工作寄存器 W 和数据复用器。而执行的结果可以送入工作寄存器 W 或返回数据总线(进入特定外围模块或给定的数据寄存器单元),同时会将运算结果的状态送入 STATUS 状态寄存器。与算术逻辑运算区域关联的特殊功能寄存器主要有:

- 工作寄存器 W: PIC 中的 W 相当于其他单片机中的累加器 A,是数据传送的桥梁,是最为繁忙的工作单元。在运算之前, W 可以暂存准备参加运算的一个操作数(称为源操作数);在运算之后, W 可以暂存运算的结果(称为目标操作数)。
- 状态寄存器 STATUS: 反映最近一次算术逻辑运算结果的状态特征,如是否产生进位、借位,结果是否为零等,共涉及 3 个标志位(Z、DC 和 C)。该寄存器在其他单片机中又称为“标志寄存器”或“程序状态字(PSW)寄存器”。另外,状态寄存器还包括数据寄存器区域的选择信息(IRP、RP1 和 RP0),如图 1-2 所示,状态寄存器 STATUS 指向数据存储器地址复用器的三条控制线,配合完成间接寻址(IRP)和直接寻址(RP1、RP0)。
- 间接寻址寄存器 FSR: 是与 INDF 完成间接寻址的专用主体寄存器,用于存放间接地址,即预先将要访问单元的地址存入该寄存器。

(5) I/O 端口模块

PIC16F877 单片机具有丰富的接口资源,共设置了 5 个 I/O 端口,分别为 RA(6 位)、RB(8 位)、RC(8 位)、RD(8 位)和 RE(3 位),共有 33 个引脚。大多数引脚除了基本 I/O 功能外,还配置了其他特殊功能,譬如模拟量输入通道、串并行通信线、MPLAB-IDE 专用控制线等。这些端口引脚在使用中存在着差异,特别是 RA(6 位)和 RE(3 位)中 8 条模拟量输入通道,只

有对 ADCON1 进行设置后才能用作数字量 I/O 引脚。另外, RB 端口的高 4 位具有特殊的电平变化中断功能, 为实时监控提供了很大方便。RC 端口拥有各类串行通信功能, 包括主控同步串行通信 MSSP(SPI、I²C)和通用同步/异步收发器 USART。

(6) 多功能定时器模块

PIC16F877 单片机配置有 3 个功能较强的多功能定时器模块, TMR0(8 位)、TMR1(16 位)及 TMR2(8 位): 具有不同位宽的可编程定时器, 除 TMR2 以外都可作为计数器使用。每个定时器/计数器模块, 都配置了不同比例的预分频器或后分频器。另外还有两个重要的专门用途: 在同步计数方式下, TMR1 可与捕捉/比较/脉宽调制 CCP 模块配合实现捕捉和比较功能; TMR2 可以与捕捉/比较/脉宽调制 CCP 模块配合实现脉宽调制输出功能。

2. PIC16F877 的专用功能模块

PIC16F877 内部集成了多个专用功能模块, 其功能和使用方法比较复杂, 将在以后章节中详细讲解。本节仅对专用功能区域各模块的功能作一简要介绍, 让读者有一个概要了解。PIC16F877 专用功能区域主要包括 3 类充分体现 PIC16F877 单片机特色的专用功能模块:

(1) 串行通信和并行数据传送模块

在 RC 端口汇集有多种串行数据传送方式, 主要包括同步串行端口 SSP 和通用同步/异步收发器 USART。前者具有 SPI 和 I²C 两种系统内部进行数据传送的工作方式, 实现多机或外接专用器件之间进行特殊通信; 后者是一种常规的二线式串行通信模式, 在 PC 机和单片机中都有配置。可以定义为两种工作方式: 半双工同步方式和全双工异步方式, 实现外接专用器件之间或远距离多机进行特殊通信; 另外, 在 RD 端口可作为并行从动端口 PSP, 是一个处于被动工作方式下数据传送的高速通道, 并行数据总线的权限将由与其进行数据交换的另一方控制。

(2) 捕捉/比较/脉宽调制模块

PIC16F877 单片机配置有 2 个功能较强、颇具特色的功能模块 CCP1 与 CCP2, 分别能与 TMR1 和 TMR2 配合实现对信号的输入捕捉、输出比较和脉宽调制输出功能。

- 输入捕捉功能: 主要通过 TMR1 定时器, 及时捕捉外加信号的边沿触发, 用来间接测量信号周期、频率、脉宽等;
- 输出比较功能: 主要通过 TMR1 定时器和比较电路, 输出宽度可调的方波信号, 以驱动那些工作于脉冲型的电气部件;
- 脉宽调制 PWM 输出功能: 主要通过 TMR2 定时器、PR2 周期寄存器和比较电路, 输出周期和脉宽可调的周期性方波信号, 以控制可控硅的导通状态、步进电机转动角度或调整发光器件亮度等。

(3) A/D 转换器(ADC)模块

A/D 转换器是专用功能区域重要的器件之一, PIC16F877 单片机本身就嵌入一个 10 位分辨率的模/数转换器, 最多可带 8 个模拟量输入通道, 用来将外部模拟量转换成单片机可以

接受和处理的数字量。A/D 转换器采用常规的逐次比较法,参考电压既可使用标准的 V_{DD} 和 V_{SS} 信号,也可使用外加参考电压。A/D 转换器内部配置有独立的时钟信号,即使 PIC 单片机处于睡眠情况下,照样可以进行 A/D 转换。

1.1.3 PIC16F877 的引脚

PIC16F87X 系列单片机有双列直插式 28 引脚和 40 引脚及表面贴装式 44 引脚等几种封装形式。PIC16F877 则采用双列直插式 40 引脚及表面贴装式 44 引脚等几种封装形式。图 1-3 是双列直插式 40 引脚的 PIC16F877 引脚功能图。

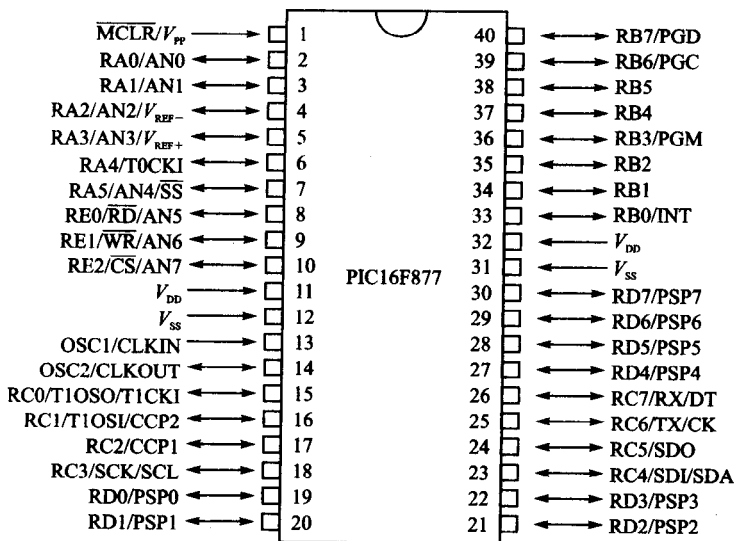


图 1-3 双列直插式 40 引脚的 PIC16F877 引脚功能图

PIC16F877 单片机是目前世界上片内集成外围模块最多、功能最强的单片机品种之一,所有接口引脚除具有基本 I/O 功能以外,一般都设计有第 2 功能,甚至第 3 功能。采用引脚复用技术,可以增加功能而又不增大体积和引脚数量。为了便于记忆,将 PIC16F877 单片机引脚分成两大类,共有 7 根系统配置引脚和 33 根 I/O 功能引脚。下面分类对这些引脚进行分析和介绍,在这里初学者只要建立起相应的概念即可,详细的功能分析将在后续章节进行。

1. 系统配置引脚

(1) 电源和接地引脚(均配置两组)

V_{DD} : 正电源端。

V_{SS} : 接地端。