

PIC单片机

自学笔记

主 编 魏学海

副主编 陈义平 郑 爽



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



PIC 单片机自学笔记

主 编 魏学海

副主编 陈义平 郑 爽

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 14 章,内容包括:集成开发环境、PIC 系列单片机的基本结构、存储器模块、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、A/D 转换以及应用实例等。

本书内容丰富而实用,通俗易懂,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。

图书在版编目(CIP)数据

PIC 单片机自学笔记 / 魏学海主编. — 北京:北京
航空航天大学出版社,2011.2
ISBN 978-7-5124-0305-5

I. ①P… II. ①魏… III. ①单片微型计算机 IV.
①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 000033 号

版权所有,侵权必究。

PIC 单片机自学笔记

主 编 魏学海

副主编 陈义平 郑 爽

责任编辑 宋淑娟

*

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(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:bhpress@263.net 邮购电话:(010)82316936

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:20.25 字数:454 千字

2011 年 2 月第 1 版 2011 年 2 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-5124-0305-5 定价:39.00 元(含光盘)

前言

单片机是芯片级的小型计算机系统,可以嵌入到任何应用系统中,实现智能化控制。近20年来,8位单片机以其价格低、功耗低、指令简练、易于开发等优点,加上近几年嵌入式C语言的推广普及,指令执行速度的不断提升,片载Flash程序存储器及其在系统内编程ISP和在应用中编程IAP技术的广泛采纳,片内配置外设模块的不断增多,以及新型外围接口的不断扩充,使得单片机越来越受到广大电子工程师的欢迎。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。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。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,为电子系统的智能化奠定了基础。

单片机的实现方式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。PIC系列单片机是美国Microchip(微芯)公司生产的单片机产品中的标志性产品。Microchip公司从10年前的默默无闻,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。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革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。在众多的PIC单片机家族成员中,PIC16F877型号具备在线调试功能和在线编程功能,并包含廉价的学习和开发工具套件。借助于这项独特的性能和优势,学习者可以边学边练、学用结合,既学习理论知识又掌握开发技能,而且在经济上还不需要投入太多。PIC系列单片机的硬件系统设计简洁,指令系统设计精练。在所有单片机品种中,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14章,第1、3、4、5、7、10、12、14章由魏学海编著,第2、11、13章由郑爽编著,第6、8、9章由陈义平编著。内容包括:第1章PIC单片机简介,主要介绍PIC单片机的硬件结构和开发所需的四件法宝;第2章PIC编译器的语法规则,对指令集系统及语法规则进行



分析和说明;第3章熟悉 PIC 开发环境,对 PIC 单片机 MPLAB 集成开发环境及使用方法进行详细介绍,并通过具体实例演示项目开发过程;第4章 I/O 端口实验,对 I/O 端口的基本功能及其内部结构、初始化设置进行介绍,并列举了很多 I/O 口应用开发实例;第5章按键及 B 口电平中断,介绍利用 PIC 单片机电平变化中断来实现一种新的按键扫描方法,并介绍电平变化中断在温度测量中的应用;第6章定时器/计数器的应用,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7章捕获/比较/脉宽调制 CCP 模块,介绍 CCP 模块的应用方法并给出具体实例;第8章 10 位模/数转换器模块,主要介绍 10 位 A/D 转换器的工作原理及其应用;第9章捕捉/比较/PWM(CCP)应用,2 个 CCP 模块与 TMR1 和 TMR2 配合,可实现捕捉外部输入脉冲,输出不同宽度的脉冲信号及输出脉冲宽度 PWM 调制;第10章休眠、看门狗和 EEPROM 应用,介绍看门狗、休眠和 EEPROM 的基本原理,并给出编程实例;第11章并行从动端口,介绍并行从动端口原理,并给出编程实例;第12章主从同步串行端口模块,介绍 SPI 总线和 I²C 总线原理及应用实例;第13章通用同步/异步收发器,介绍 USART 异步模式;第14章 GPS 应用实例,介绍当前比较流行的 GPS 的原理并给出开发实例。本书中各部分均给出了详细分析过程及参考程序,具有一定的实用价值。

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。

本书附带 1 张光盘,光盘中包含第 4~14 章详细的程序文件,程序文件均经过测试。光盘中的实例集以章节号命名,便于查询,供读者自学参考使用。

由于微芯公司不断推出新品,可查阅的中文新资料尚不十分丰富,需要撰写的内容不仅量大而且新颖,加之作者的水平有限,书中不妥之处敬请广大读友不吝赐教。

编 者
2010 年 9 月

目 录

第 1 章 PIC 单片机简介	1
1.1 PIC 单片机概述	1
1.1.1 PIC 单片机的优势	2
1.1.2 PIC 单片机的选型	3
1.2 硬件结构和引脚定义	5
1.2.1 内部结构	5
1.2.2 引脚定义	8
1.3 PIC 单片机开发中的四件法宝	19
1.3.1 实验开发板	19
1.3.2 下载线	20
1.3.3 编程软件	24
1.3.4 下载软件	28
第 2 章 PIC 编译器的语法规则	31
2.1 数据类型	31
2.1.1 PICC 中的常量	32
2.1.2 PICC 中的变量	33
2.2 位指令	34
2.3 变量的绝对定位	36
2.4 结构和联合	37
2.4.1 结构和联合的定义	37
2.4.2 结构和联合的引用	39
2.4.3 结构和联合的限定词	39
2.4.4 结构中的 bit 域	40
2.5 PICC 对数据寄存器 bank 的管理	41
2.6 局部变量和全局变量	42



2.6.1 自动变量	42
2.6.2 静态变量	42
2.6.3 全局变量	43
2.7 特殊类型限定词	43
2.8 指针	44
2.9 函数	47
2.9.1 函数的参数传递	47
2.9.2 函数返回值	48
2.9.3 调用层次的控制	49
2.9.4 中断函数的实现	50
2.9.5 标准库函数	51
2.10 #pragma 伪指令	52
2.11 C 语言和汇编语言的互利合作	55
2.11.1 嵌入行内汇编的方法	56
2.11.2 汇编指令寻址 C 语言定义的全局变量	56
2.11.3 汇编指令寻址 C 函数的局部变量	57
2.12 特殊区域值	59
2.12.1 定义工作配置字	59
2.12.2 定义芯片标记单元	60
第 3 章 熟悉 PIC 开发环境	62
3.1 MPLAB 编程软件的应用	62
3.2 PICkit2 下载软件的应用	67
3.2.1 PICkit2 窗口简介	67
3.2.2 下载目标文件	69
3.3 程序的调试	72
3.3.1 设置断点和单步调试	72
3.3.2 测试延时函数的延时时间	73
第 4 章 I/O 端口实验	75
4.1 I/O 端口介绍	75
4.2 古老流水灯实验	75
4.3 共阳极数码管显示当前日期	77
4.4 液晶显示屏的应用	79

4.4.1 液晶显示屏 1602 的应用	80
4.4.2 1602 的应用程序	83
4.5 巧用按键	92
4.5.1 独立按键与流水灯的配合	92
4.5.2 矩阵键盘与数码管的配合	95
4.5.3 利用定时器实现长短按键	98
4.6 用 I/O 口模拟 93C46 时序	101
第 5 章 按键及 B 口电平中断	113
5.1 电平变化中断构成的键盘电路	113
5.2 按键的两种设计方法	114
5.2.1 查询方式判别按键	114
5.2.2 电平变化中断方式判别按键	117
5.2.3 电平变化中断的设计技巧	119
5.2.4 电平变化中断唤醒单片机	123
5.2.5 用电平变化和定时器测量 TMP03/TMP04 的温度	126
第 6 章 定时器/计数器的应用	134
6.1 定时器/计数器 0 模块	134
6.1.1 定时器 0 中断	134
6.1.2 定时器 0 预分频器	135
6.1.3 寄存器	135
6.1.4 用定时器 0 实现小灯闪烁	137
6.2 定时器/计数器 1 模块	140
6.2.1 定时器 1 中断	141
6.2.2 定时器 1 寄存器	141
6.2.3 定时器 1 计数器操作	142
6.2.4 TMR1 振荡器	143
6.2.5 用 CCP 触发输出复位定时器 1	143
6.2.6 定时器 1 程序设计	143
6.3 定时器/计数器 2 模块	147
6.3.1 定时器 2 中断	148
6.3.2 定时器 2 输出	148
6.3.3 定时器 2 程序设计	149

第 7 章 捕获/比较/脉宽调制 CCP 模块	152
7.1 捕获/比较/脉宽调制 CCP 模块简介	152
7.2 CCP1CON/CCP2CON 控制寄存器	153
7.3 捕获模式	153
7.4 比较模式	154
7.5 PWM 模式	156
7.6 各种模式程序设计	158
7.6.1 捕获模式程序设计	158
7.6.2 比较模式程序设计	165
7.6.3 PWM 模式程序设计	169
第 8 章 10 位模/数转换器模块	172
8.1 模/数转换器 A/D 模块	172
8.2 A/D 转换时钟的选择	176
8.3 A/D 结果寄存器	176
8.4 休眠期间 A/D 的工作	177
8.5 复位的结果	177
8.6 A/D 转换程序设计	178
第 9 章 捕捉/比较/PWM(CCP)应用	186
9.1 CCP 模块简介	186
9.2 捕捉模式应用	189
9.2.1 捕捉模式寄存器设置	189
9.2.2 捕捉测量信号频率	190
9.3 比较模式应用	195
9.3.1 比较模式寄存器设置	195
9.3.2 比较模式应用实例	195
9.4 PWM 模式应用	198
9.4.1 PWM 模式寄存器设置	198
9.4.2 PWM 模式下控制电机调速	198
第 10 章 休眠、看门狗和 EEPROM 应用	201
10.1 看门狗原理	201

10.1.1	WDT 基本原理	201
10.1.2	WDT 相关寄存器	203
10.1.3	使用 WDT 注意事项	203
10.2	休眠节电模式及其激活	204
10.2.1	休眠模式简介	204
10.2.2	从休眠到唤醒状态	204
10.2.3	中断唤醒应用	205
10.3	数据存储器 EEPROM 应用	206
10.3.1	与 EEPROM 相关的寄存器	207
10.3.2	EEPROM 的读取	208
10.3.3	EEPROM 的写入	208
10.4	编 程	209
第 11 章	并行从动端口	214
11.1	并行从动端口的工作原理	214
11.2	并行从动端口编程实例	218
第 12 章	主从同步串行端口模块	223
12.1	SPI 总线方式	223
12.1.1	寄存器设置	224
12.1.2	93C46 编程	226
12.1.3	M25P80 Flash 芯片应用	229
12.2	I ² C 总线方式	247
12.2.1	寄存器设置	247
12.2.2	波特率发生器	251
12.2.3	24C02 编程应用	253
12.2.4	PCF8563 I ² C 实时时钟/日历芯片	258
12.2.5	PCF8563 时钟软件设计	271
第 13 章	通用同步/异步收发器	283
13.1	USART 寄存器设置	283
13.2	USART 波特率发生器 BRG	286
13.3	USART 异步模式	287
13.3.1	发送模式	288

13.3.2 接收模式	291
13.4 接口硬件电路	294
13.5 USART 异步模式编程	295
第 14 章 GPS 应用实例	301
14.1 GPS 定位原理浅析	301
14.2 GPS 卫星的身世	304
14.3 GPS 系统的构成	305
14.4 GPS 程序设计	307
参考文献	314

第 1 章

PIC 单片机简介

首先恭喜大家找到了学习单片机的法宝。虽然我们学会了 51 单片机,但是距离嵌入式系统应用还有很大的差距。近年来随着信息技术的发展,嵌入式系统已经渗透到各个领域,如果现在不往嵌入式应用方向发展,今后会很难取得更大的成就。要想学好嵌入式系统的理论和应用,就必须先学好一款高级单片机,这里就推荐 PIC 系列单片机供大家学习参考。

1.1 PIC 单片机概述

由美国 Microchip 公司推出的 PIC 单片机系列产品,率先采用了精简指令集(RISC)结构的嵌入式微控制器,其高速度、低电压、低功耗、大电流 LCD 驱动能力和低价位 OTP 技术等都体现出单片机产业的新趋势。现在,PIC 系列单片机在世界单片机市场的份额排名中已逐年上升,尤其在 8 位单片机市场上,据称已从 1990 年的第 20 位上升到目前的第 2 位。PIC 单片机从覆盖市场出发,已有 3 种(又称 3 层次)系列多个型号的产品问世,所以在全球都可以看到 PIC 单片机从计算机的外设、家电控制、电信通信、智能仪器、汽车电子到金融电子各个领域的广泛应用。现今的 PIC 单片机已经是世界上最有影响力的嵌入式微控制器之一。

据统计,我国的单片机年容量已达 1 亿~3 亿片,且每年以大约 16% 的速度增长,但相对于世界市场,我国的占有率还不到 1%。这说明单片机应用在我国才刚刚起步,有着广阔的前景。因此,培养单片机应用人才,特别是在工程技术人员中普及单片机知识就更具重要的现实意义。

当今单片机厂商繁多,产品性能各异。针对具体情况,应选择何种型号呢?首先,要弄清以下两个概念:集中指令集(CISC)和精简指令集(RISC)。采用 CISC 结构的单片机的数据线与指令线分时复用,即所谓冯·诺伊曼结构。它的指令丰富,功能较强;但取指令和取数据不能同时进行,速度受限,价格亦高。采用 RISC 结构的单片机的数据线与指令线分离,即所谓哈佛结构。它使得取指令和取数据可同时进行,且由于一般指令线宽于数据线,故使其指令较同类 CISC 单片机指令包含更多的处理信息,执行效率更高,速度亦更快。同时,这种单片机

指令多为单字节,程序存储器的空间利用率大大提高,有利于实现超小型化。属于 CISC 结构的单片机有 Intel 公司的 8051 系列、Motorola 公司的 M68HC 系列、Atmel 公司的 AT89 系列、中国台湾 Winbond(华邦)公司的 W78 系列和荷兰 Philips 公司的 PCF80C51 系列等;属于 RISC 结构的单片机有 Microchip 公司的 PIC 系列、Zilog 公司的 Z86 系列、Atmel 公司的 AT90S 系列、韩国三星公司的 KS57C 系列 4 位单片机和中国台湾义隆公司的 EM—78 系列等。目前,两种结构的单片机共存,各有优势,CISC 单片机提供了更好的代码深度以及成熟的开发工具,而 RISC 单片机则有更高的时钟速度和广阔的市场前景。RISC 单片机在控制技术上不断完善,大有超过 CISC 单片机的趋势,是单片机发展的方向。

1.1.1 PIC 单片机的优势

自笔者开始进行单片机开发以来,不少朋友询问 PIC 单片机有哪些优势?现在就把笔者的使用心得与大家分享。

1. 高性能价格比

PIC 单片机不搞功能堆积,而从实际应用出发,设计各种类型和型号的单片机以适应不同场合的应用。PIC 单片机有 8 位、16 位和 32 位,每种类型又有很多型号供开发者选用。

2. 采用精简指令集

采用 RISC 结构,指令数量少,执行效率高。PIC 系列 8 位 CMOS 单片机具有独特的 RISC 结构,数据总线和指令总线分离的哈佛总线(Harvard)结构,使得指令具有单字长的特性,且允许指令码的位数多于 8 位的数据位数,这与传统的采用 CISC 结构的 8 位单片机相比,可以达到 2:1 的代码压缩,速度提高 4 倍。

3. 优越的开发环境

PIC 在推出一款新型号的同时,也推出相应的仿真芯片,所有的开发系统都由专用的仿真芯片支持,实时性非常好。

4. 引脚具有瞬态抑制能力

PIC 单片机引脚可以直接驱动继电器,不需要加光电耦合器进行隔离,抗干扰能力强。

5. 安全保密性

PIC 以保密熔丝来保护代码,用户在烧入代码后熔断熔丝,别人再也无法读出,除非恢复熔丝。目前,PIC 采用熔丝深埋工艺,恢复熔丝的可能性极小。

6. 自带看门狗

看门狗不需要外接,提高了应用程序的可靠性。

7. 睡眠和低功耗模式

PIC 可以工作在睡眠和低功耗模式下,特别是在便携式设备中,满足电池供电场合应用。当然,具有这种方式的单片机很多,比较典型的是 MSP430,PIC 单片机虽然在低功耗方面无法与之比拟,但是也能满足一些低功耗场合的应用。

1.1.2 PIC 单片机的选型

面对那么多系列和那么多型号的 PIC 单片机,初学者应该选择哪一款比较合适呢?为了能与 51 单片机衔接,应该首先选择 8 位高档单片机进行学习。8 位单片机中也有很多系列,如 PIC10 MCU,PIC12 MCU,PIC16 MCU 和 PIC18 MCU,鉴于网上 PIC16 MCU 的资料丰富,且价格易接受,故推荐选择 PIC16 MCU 系列中的 PIC16F877 型号单片机进行学习。

PIC16F877 有 40 个引脚,3 种封装形式。这 3 种封装形式分别是 DIP,PLCC 和 QFP,各种封装图形如图 1-1~图 1-3 所示。

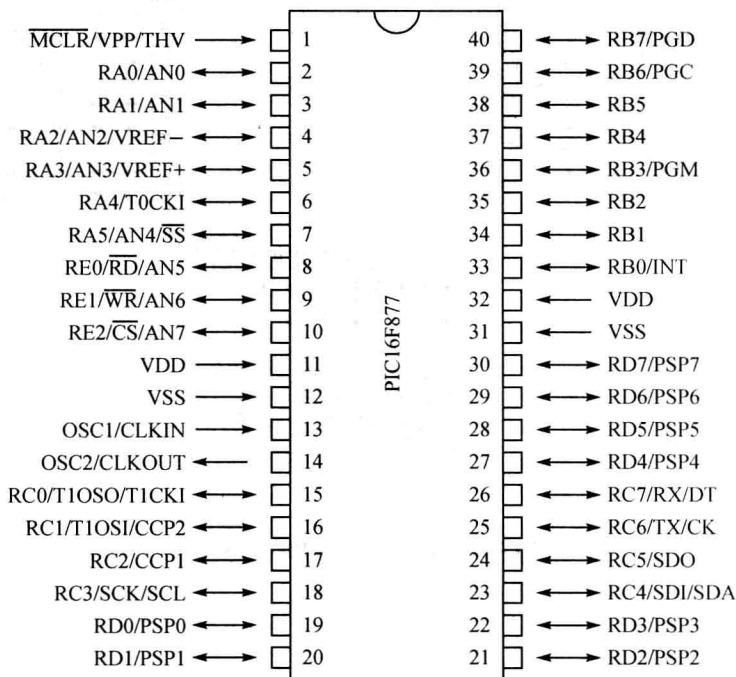


图 1-1 DIP 封装的 PIC16F877

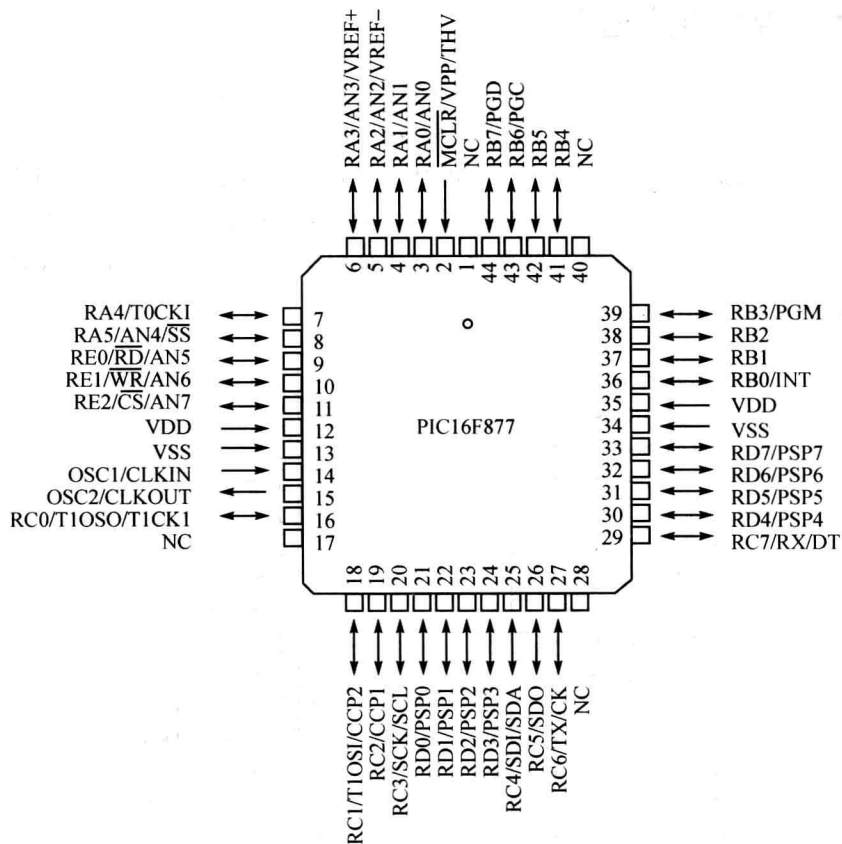


图 1-2 PLCC 封装的 PIC16F877

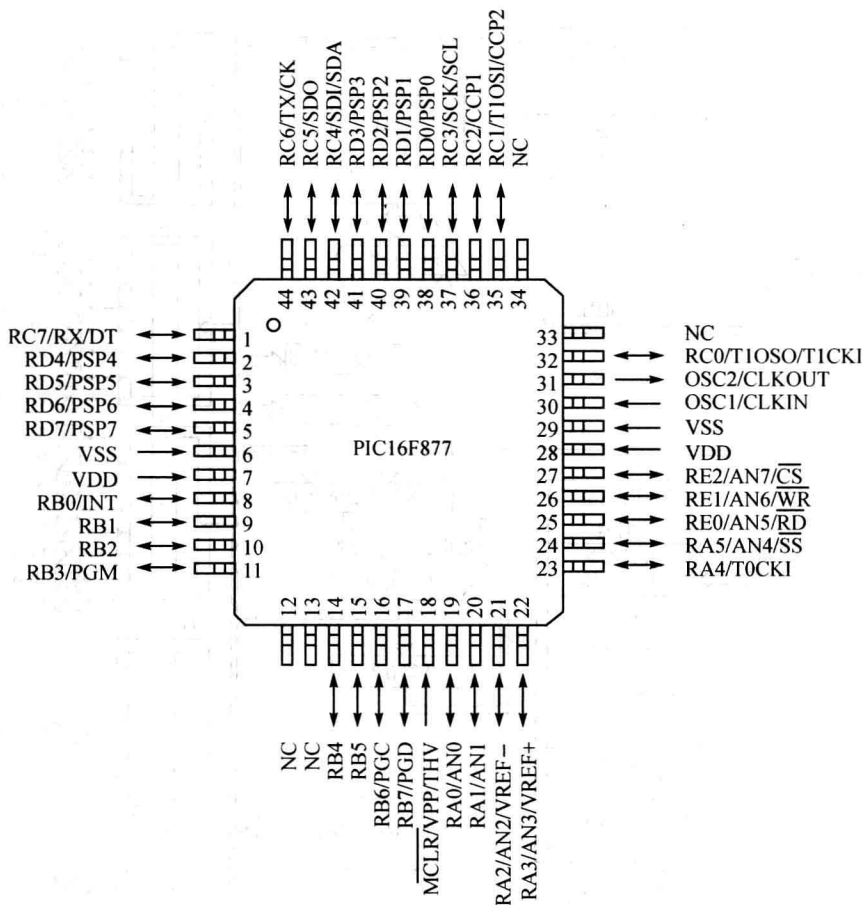


图 1-3 QFP 封装的 PIC16F877

1.2 硬件结构和引脚定义

想必大家通过 1.1 节的学习对 PIC16F877 这款单片机已有了初步的了解,为了能够更加顺利地开发单片机程序,有必要对其内部硬件结构和引脚定义进行探讨。

1.2.1 内部结构

从图 1-4 所示的结构框图可以看出, PIC16F877 采用了哈佛结构。下面介绍其内核特性:

- ◆ 高性能的精简指令集 CPU。
- ◆ 16 位字长的 35 条指令。

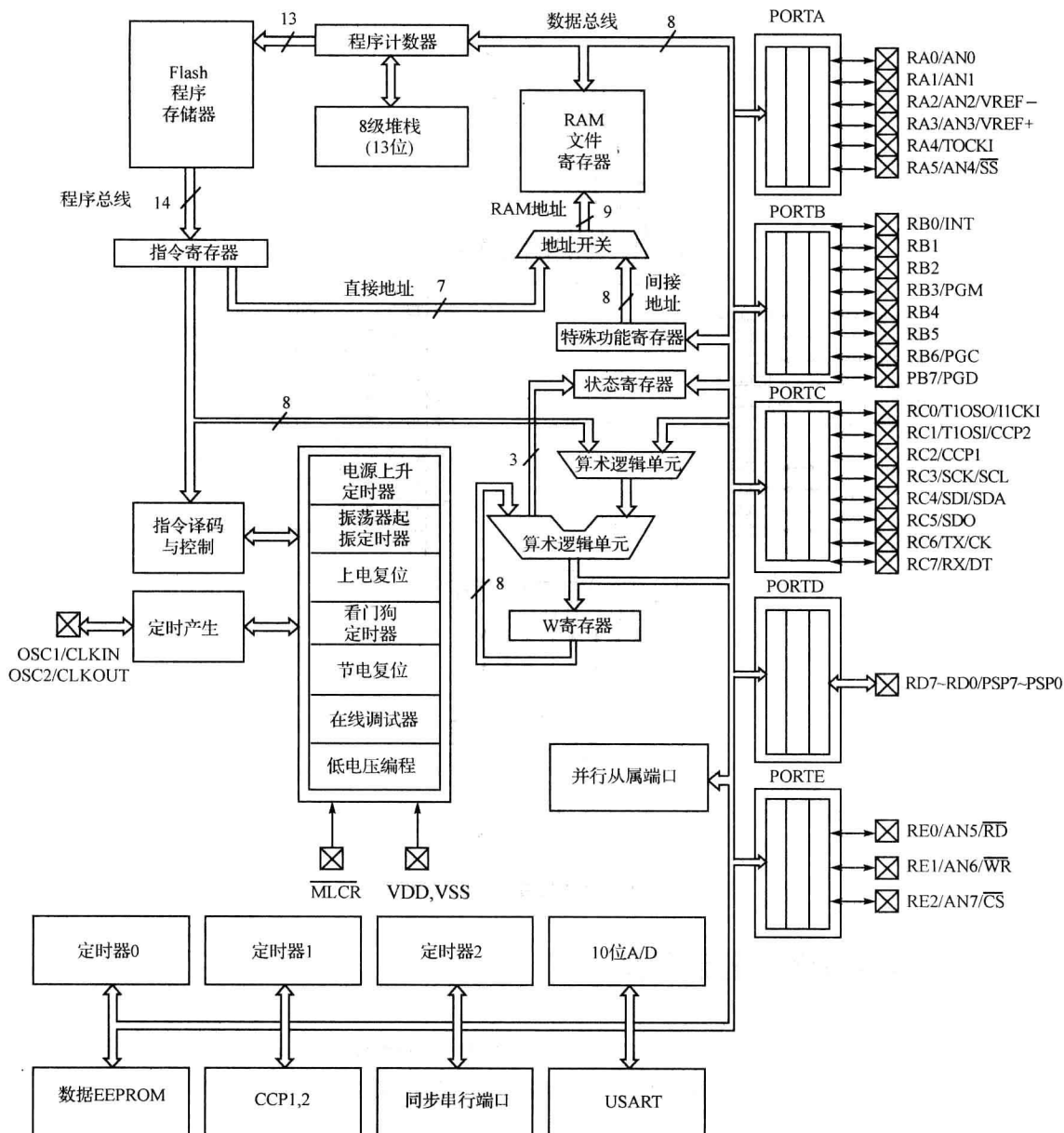


图 1-4 PIC16F877 内部结构框图