

PIC 全系列 单片机原理与开发

蔡纯洁 杨维坚 伍先达 钱 玮 编



中国科学技术大学出版社

PIC 全系列

单片机原理与开发

蔡纯洁 杨维坚 伍先达 钱 玮 编

中国科学技术大学出版社

2003 · 合肥

内 容 简 介

本书非常全面地介绍了从 PIC12/16 低端家族, PIC16CXX 中端家族, 直到 PIC17/18 高端家族的所有 PIC 单片机系列, 同时以功能模块的分类描述方式, 详细介绍了各型号的性能与使用方法。并且首次以中文介绍了 CAN 总线、USB 总线、ECCP 等最新功能。书中还就广大读者特别关心的开发工具及开发环境等问题进行了深入浅出地讲解, 并配有大量的图表资料及光盘。内容丰富, 浅显易懂, 图文并茂。

本书对广大 PIC 开发工程师、爱好者以及大专院校师生, 是一本非常及时的和全面学习 PIC 单片机的入门教材, 也是一本详细实用的技术手册。

图书在版编目(CIP)数据

PIC 全系列单片机原理与开发/蔡纯洁等编. —合肥: 中国科学技术大学出版社, 2003.4
ISBN 7-312-01513-1

I. P… II. ①蔡… ②杨… ③伍… ④钱… III. 单片微型计算机—PIC 系列 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 103158 号

策划编辑: 黄 德

责任编辑: 孔庆合 黄 德 赵卫珍

封面设计: 刘俊霞 黄 旻

中国科学技术大学出版社出版发行

(安徽省合肥市金寨路 96 号, 邮编: 230026, 网址: www.press.ustc.edu.cn)

合肥远东印务有限责任公司印刷

全国新华书店经销

开本: 880×1230/16 印张: 45.75 字数: 1380 千

2003 年 4 月第 1 版 2003 年 4 月第 1 次印刷

印数: 1—5000 册

ISBN 7-312-01513-1/TP·299 定价: 66.00 元(本书附光盘一张)

前 言

10年前, PIC 单片机进入中国时, 仅有 PIC16C5X, PIC16C64/74/71/84 以及 PIC17C42 等几个品种, 可供选择的余地不大, 其时正值 MCS51 如日中天, 各大专院校开设的相关课程、有关书籍介绍的也基本以 MCS51 为主, 但作者作为一个科研人员, 还是毅然从 MCS51 转向了 PIC, 到今天, PIC 单片机已发展到拥有 160 个品种, 覆盖 OTP, FLASH, ROM 等多种类型, 至今已交付 20 亿颗产品, Microchip 也成为业界发展最为迅速、最具影响的公司之一。相信还在坚守 MCS51 的专业人员大多也向其衍生品转移了, 如采用 Atmel, Philips 等公司的产品。这从另一方面也佐证了 PIC 单片机的成功, 因为 MCS51 现在基本上是靠衍生品支撑天下, 而 PIC 的衍生品(如 MDT, EMC 公司的产品)则只能与 PIC 的低档产品兼容, 难以与其争雄。

作者 6 年前曾写了一本《PIC16/17 单片机原理和应用》, 因当时介绍 PIC 单片机的书少之又少, 所以还颇受欢迎, 书很快售罄。但作为技术书籍, 该书再版意义不大, 应相关方面要求, 同时也因为三年前在合肥成立了 Microchip 设计中心, 在工作中, 经常受困于资料的短缺, 并发现现今仍没有一本完整介绍 PIC 的书籍, 于是打算再写一本关于 PIC 的书, 经各方努力, 本书终得以出版。本书的最大特点就是全, 差不多涵盖了此时 PIC 单片机的所有品种。在原写作计划中, 本书还包括相当篇幅的应用部分, 但在近两年的写作过程中, 新器件不断出现, 书的内容及结构也在不断调整, 原在考虑之中的应用实例部分不得不舍弃, 首次增加了 PIC18CXXX 高档单片机, 这也是 Microchip 今后重点发展的系列, 读者在选用 16 位高档产品时, 除特殊情况外, 建议直接选用 PIC18CXXX。此外 CAN 总线、USB 接口、ECCP 等新内容也是首次出现。

本书包括 6 大部分, 第 2 章至第 4 章介绍的是指令字宽为 12 位的低档品种, 第 5 章至第 16 章为指令字宽为 14 位的中档产品, 高档品种 PIC17CXXX 和 PIC18CXXX 各占一章, 这 4 大类型的指令系统集中放在第 19 章中进行说明, 第 20 章则介绍了 PIC 单片机的开发工具。由于品种众多, 在章节安排上做了一定的处理, 尤其是 PIC16CXXX 中档品种, 系列划分与原厂资料略有不同, 如将 PIC16C71X 合并入 PIC16C7X, 这对使用及选型不会有任何影响。从实质上讲, PIC 单片机都是 CPU 核与功能模块的叠加, 本书也体现了这一特点, PIC16CXX 中档品种所共用的功能模块都在第 5 章中说明, 其中如 MSSP, USART 等同样也适用于 PIC17CXXX 和 PIC18CXXX。因此本书的 1, 5, 19, 20 章是必读的章节, 其它可有选择地进行阅读。理解了这一点, 今后在遇到本书没有包括的新品种时, 相信也不难掌握。

本书所用的原版资料均由 Microchip 公司提供, 在成书过程中, Microchip 和贝能科技始终给予了关心和帮助。张国利先生提供了开发系统方面的相关内容, 中国科学技术大学出版社也一直对 PIC 类书籍的出版倾注了很大的心血, 在此一并表示衷心感谢。

本书面向广大大专院校师生和工程技术人员, 以技术人员为主。限于作者的学识和经验, 书中的不足和不妥之处, 恳请广大读者批评指正。

作 者

2002 年 7 月于合肥

作者:

蔡纯洁 中国科学院合肥智能机械研究所 (230031)

EMAIL: caichunj@mail.hf.ah.cn

杨维坚 福州贝能科技有限公司 (350003)

EMAIL: yangwj@BURNONS.com

伍选达 中国科学院合肥智能机械研究所(230031)

EMAIL: xdwu@mail.iim.ac.cn

目次

第1章 概述	1
第2章 PIC16C5X 基础进制档 8 位 CMOS 微控制器系列	6
2.1 概述	7
2.2 PIC16C5X 引脚说明	7
2.3 结构概述	8
2.4 存储器结构	9
2.5 输入/输出端口	15
2.6 TIMER0 模块	16
2.7 CPU 的特性	19
2.8 监视定时器 (WDT)	23
2.9 低功耗 SLEEP 方式	24
第3章 PIC16C505 基础档 14 引脚 8 位微控制器	25
3.1 引脚说明	26
3.2 存储器结构	27
3.3 输入/输出端口	31
3.4 TIMER0 模块	32
3.5 CPU 特性	32
第4章 PIC12C5XX 基础档 8 引脚 8 位微控制器	36
4.1 概述	37
4.2 封装及引脚说明	38
4.3 存储器结构	38
4.4 输入/输出端口	45
4.5 TIMER0 模块	45
4.6 EEPROM 的外围操作	46
4.7 CPU 特性	46
4.8 程序验证/代码保护	51
4.9 识别码 ID 存储单元	51
4.10 在线串行编程	51
第5章 中档微控制器 PIC16CXXX 概述	53
5.1 PIC16CXXX 微控制器性能特点简介	53
5.2 程序存储器、程序计数器及堆栈	54
5.3 数据存储器	57
5.4 输入/输出端口	60
5.5 并行从端口 (PSP)	62
5.6 定时器模块	64

5.7 捕捉器/比较器/PWM 模块 (CCP 模块)	71
5.8 增强型捕捉器/比较器/PWM (ECCP) 模块	76
5.9 同步串行端口模块 (SSP)	84
5.10 主同步串行端口模块 (MSSP)	95
5.11 通用同步异步接收发送器(USART)	115
5.12 EEPROM 数据存储器和 FLASH 程序寄存器	128
5.13 EEPROM 外围操作	133
5.14 模拟/数字转换器模块	140
5.15 模拟比较器模块(CAMPARATOR MODULE)	145
5.16 参考电压(VOLTAGE REFERENCE)模块	151
5.17 CPU 特性	153
5.18 中断	160
5.19 监视定时器 (WDT)	162
5.20 低功耗 SLEEP 方式	163
5.21 程序验证/代码保护	164
5.22 识别码 ID 存储单元	164
5.23 在线串行编程	164
第 6 章 PIC12C67X/CE67X 8 引脚带有 A/D 转换器的 8 位 CMOS 微控制器	165
6.1 概述	166
6.2 存储器结构	167
6.3 输入/输出端口	173
6.4 EEPROM 的外围操作 (仅 PIC12CE673/674)	174
6.5 TIMER0 模块	175
6.6 模拟/数字转换器模块	176
6.7 CPU 特性	178
6.8 中断	181
6.9 监视定时器 (WDT)	182
6.10 低功耗 SLEEP 方式	182
第 7 章 PIC16C55X 以 EPROM 为基础的 8 位 CMOS 单片机	183
7.1 概述	184
7.2 存储器结构	184
7.3 输入/输出端口	187
7.4 TIMER0 模块	188
7.5 CPU 特性	188
7.6 中断	190
7.7 监视定时器 WDT	191
7.8 低功耗方式 SLEEP	191
第 8 章 PIC16C62X/CE62X/64X/66X 带有模拟比较器的 8 位 CMOS 微控制器	192
8.1 概述	193
8.2 存储器结构	197
8.3 输入/输出端口	203
8.4 并行从动端口 PSP (PIC16C66X)	204

8.5	EEPROM 的外围操作 (仅 PIC16CE62X)	205
8.6	TIMER0 模块	205
8.7	比较器模块(CAMPARATOR MODULE)	205
8.8	参考电压(VOLTAGE REFERENCE)模块	206
8.9	CPU 特性	206
8.10	中断	210
8.11	监视定时器 (WDT)	210
8.12	低功耗 SLEEP 方式	210
第 9 章	PIC16F62X 以 FLASH 为基础的 8 位 CMOS 微控制器	211
9.1	概述	212
9.2	存储器结构	214
9.3	输入/输出端口	221
9.4	定时器模块	223
9.5	模拟比较器模块	223
9.6	捕捉器/比较器/PWM 模块	224
9.7	参考电压模块	225
9.8	通用同步异步接收发送器 (USART)	225
9.9	数据 EEPROM 存储器	225
9.10	CPU 特性	226
9.11	中断	229
9.12	监视定时器 (WDT)	230
9.13	低功耗 SLEEP 方式	230
第 10 章	PIC16C6X 中档 8 位 CMOS 微控制器	231
10.1	PIC16C6X 概述	232
10.2	存储器结构	235
10.3	输入/输出端口	249
10.4	并行从端口 (PSP)	251
10.5	TIMER 模块概述	251
10.6	捕捉器/比较器/PWM 模块 (CCP 模块)	252
10.7	同步串行端口 (SSP)	252
10.8	通用同步异步接收发送器 (USART)	254
10.9	CPU 特性	254
10.10	中断	257
10.11	低功耗 SLEEP 方式	258
第 11 章	PIC16C7X 带有 A/D 的 8 位 CMOS 微控制器	259
11.1	PIC16C7X 概述	260
11.2	存储器结构	263
11.3	输入/输出端口	284
11.4	并行从端口	287
11.5	TIMER 模块概述	287
11.6	捕捉器/比较器/PWM 模块 (CCP 模块)	288
11.7	同步串行端口模块 (SSP)	290

11.8 通用同步异步接收发送器 (USART)	290
11.9 模拟/数字转换器模块	290
11.10 CPU 特性	294
11.11 中断	298
11.12 监视定时器 (WDT)	299
11.13 低功耗 SLEEP 方式	300
第 12 章 PIC16C77X 带 10/12 位 A/D 转换器 8 位 CMOS 单片机	301
12.1 概述	302
12.2 存储器结构	305
12.3 输入/输出端口	318
12.4 并行从端口 (PSP)	325
12.5 读程序存储器	325
12.6 定时器模块	327
12.7 增强型捕捉器/比较器/PWM (ECCP) 模块	327
12.8 捕捉器/比较器/PWM 模块 (CCP 模块)	327
12.9 主同步串行端口模块 (MSSP)	328
12.10 通用同步异步接收发送器 (USART)	328
12.11 电压参考模块和低电压检测	329
12.12 模拟/数字转换器模块	332
12.13 CPU 特性	335
12.14 中断	339
12.15 监视定时器 (WDT)	341
12.16 低功耗 SLEEP 方式	341
第 13 章 PIC16C7X5 带有 USB 的 8 位 CMOS 单片机	342
13.1 概述	343
13.2 存储器结构	345
13.3 输入/输出端口	353
13.4 并行从端口 (PSP)	355
13.5 定时器模块	355
13.6 捕捉器/比较器/PWM 模块 (CCP 模块)	356
13.7 通用串行接口 (USB)	357
13.8 通用同步异步接收发送器 (USART)	371
13.9 模拟/数字转换器模块	372
13.10 CPU 特性	374
13.11 中断	377
13.12 监视定时器 (WDT)	377
13.13 低功耗 SLEEP 方式	378
第 14 章 PIC16F8X 18 引脚增强的 FLASH8 位单片机	379
14.1 概述	380
14.2 存储器结构	381
14.3 输入/输出端口	383
14.4 TIMER0 模块	384

14.5	EEPROM 数据存储器 and 快速程序寄存器	384
14.6	CPU 特性	385
14.7	中断	387
14.8	监视定时器 (WDT)	388
14.9	低功耗 SLEEP 方式	388
第 15 章	PIC16F87X 28/40 引脚 10 位 A/D 8 位 FLASH 单片机	389
15.1	PIC16C87X 概述	390
15.2	存储器结构	392
15.3	输入/输出端口	402
15.4	并行从端口 (PSP)	404
15.5	EEPROM 数据存储器 and 快速程序寄存器	405
15.6	TIMER 模块概述	405
15.7	捕捉器/比较器/PWM 模块	406
15.8	主同步串行端口模块 (MSSP)	406
15.9	通用同步异步接收/发送器	406
15.10	模拟/数字转换器模块	407
15.11	CPU 特性	408
15.12	中断	411
15.13	监视定时器 (WDT)	411
15.14	低功耗 SLEEP 方式	411
15.15	在线调试器	412
15.16	在线串行编程	412
15.17	低电压 ICSP 编程	413
第 16 章	PIC16C9XX 带有 LCD 的 8 位 CMOS 单片机	414
16.1	概述	415
16.2	存储器结构	418
16.3	输入/输出端口	425
16.4	TIMER 模块概述	428
16.5	捕捉器/比较器/PWM 模块	429
16.6	同步串行端口模式	429
16.7	模拟/数字转换器模块	429
16.8	LCD 模块 (液晶显示器模块)	431
16.9	CPU 特性	441
16.10	中断	443
16.11	监视定时器 (WDT)	444
16.12	低功耗 SLEEP 方式	444
第 17 章	PIC17CXXX 高性能带有 10 位 A/D 转换器的 8 位 CMOS 单片机	445
17.1	概述	446
17.2	PIC17CXXX 封装及引脚说明	448
17.3	片内振荡器电路	454
17.4	复位	455
17.5	中断	457

17.6 存储器结构	467
17.7 读表和写表	479
17.8 硬件乘法器	481
17.9 输入/输出端口	483
17.10 定时器资源概述	486
17.11 通用同步异步接收发送器	495
17.12 主同步串行端口模块 (MSSP)	500
17.13 模拟/数字转换器模块	501
17.14 CPU 特性	503
17.15 监视定时器 (WDT)	505
17.16 低功耗 SLEEP 方式	506
第 18 章 PIC18CXXX 带有 10 位 A/D 转换器的高性能单片机	507
18.1 概述	508
18.2 振荡器设置	519
18.3 复位	525
18.4 存储器结构	526
18.5 外部存储器接口	551
18.6 读表和写表	559
18.7 8×8 硬件乘法器	562
18.8 中断	562
18.9 输入/输出端口	572
18.10 TIMER0 模块	581
18.11 TIMER1 模块	583
18.12 TIMER2 模块	587
18.13 TIMER3 模块	588
18.14 捕捉器/比较器/PWM 模块(CCP 模块)	591
18.15 主同步串行端口模块 (MSSP)	596
18.16 通用同步异步接收发送器 (USART)	596
18.17 CAN 模块	597
18.18 模拟、数字转换器模块	624
18.19 比较器模块	628
18.20 参考电压(VOLTAGE REFERENCE)模块	631
18.21 低电压检测 (LVD)	632
18.22 CPU 特性	635
第 19 章 PIC 指令系统	641
第 20 章 开发系统	680
20.1 PICRICE 实时在线仿真器	680
20.2 ICE2000 PIC 单片机在线仿真器	690
20.3 MPLAB-ICD 在线调试器	703
20.4 MPLAB-ICD 2 在线调试器	711
20.5 PICSTART PLUS 编程器	718
参考文献	721

第1章 概 述

在单片机（也称微控制器 Microcontroller）应用领域日益广泛的今天，激烈的竞争也向微控制器厂商提出了更高的要求。为了顺应时代的要求，老的半导体厂商不断推出新的产品，而新的半导体厂商则后来居上，把越来越多的外围器件集成到片内，使得芯片的功能越来越强大，性能越来越高。就是在这样一种环境下，Microchip 的 PIC 系列微控制器脱颖而出。在 8 位微控制器市场，PIC 系列在世界微控制器市场份额的排名逐年上升，至今已经稳定在第 2 位。

为什么会有众多的用户从别的型号改用 PIC 呢？因为 Microchip 的基于精简指令集（RISC）的 PICmicro® MCUs 是专门为那些要求高效率而低价格的应用来设计的，是真正的单片结构。PICmicro® MCUs 共有 160 多个型号，具有低电压、低功耗以及易于使用等特点。并且，它们还配置有各种大小的存储器。它极小的封装解决了因为空间受限制等很多令人头疼的问题。当你的设计变得越来越复杂时，你可以将你的代码很轻松地移植到更高档的 Microchip MCUs 上。在 PICmicro® MCUs 系列之间的无缝产品移植路径为嵌入式控制设计提供了完全的向上兼容性。如果你已经知道了你的应用所需要的特性，你可以通过 Microchip 的参数搜索引擎来选择那个标准。这个用于选择处理器的标准包括程序存储器、数据存储器、存储器类型和封装形式。

本书主要介绍 Microchip 的 PIC 单片机产品，包括 12 位程序存储器的低档单片机、14 位程序存储器的中档单片机、16 位程序存储器的高档单片机、16 位程序存储器的扩展型单片机，本章主要是对这些单片机进行概述。

按照习惯，其产品可分为 4 大类（参见表 1-1）。

一、12 位程序存储器的 PIC12C5XX/16C5X 系列低档型单片机

PIC16C5X 系列是最早在市场上得到发展的系列，因其价格较低，且有较完善的开发手段，因此在国内应用最为广泛。而 PIC12C5XX 是世界第一个 8 引脚低价位单片机，可用于简单的智能控制等一些对单片机体积要求较高的地方，前景十分广阔。

二、14 位程序存储器的 PIC12C6XX/PIC16CXXX/PIC16FXXX 系列中档型单片机

PIC 中档产品是 Microchip 近年来重点发展的系列产品，品种最为丰富，其性能比低档产品有所提高，增加了中断功能，指令周期可达到 200ns，带 A/D，内部 E²PROM 数据存储器，双时钟工作，比较输出，捕捉输入，PWM 输出，I²C 和 SPI 接口，异步串行通讯（USART），模拟电压比较器及 LCD 驱动等等，其封装从 8 脚到 68 脚，可用于高、中、低档的电子产品设计，价格适中，广泛应用在各类电子产品中。

三、16 位程序存储器的 PIC17CXXX 系列高档型单片机

PIC17CXX 是适合复杂系统开发的系列产品，其性能在中档位单片机的基础上增加了硬件乘法器，指令周期可达 100 ns，它是目前世界上 8 位单片机中性价比较高的机种，可用于高、中档产品的开发，如马达控制、音调合成。

四、16 位程序存储器的 PIC18CXXX/PIC18FXXX 系列高档型单片机

PIC18CXXX 系列单片机是功能复杂的增强型单片机，其 28/40pin 封装型引脚功能与 PIC16CXX 系列完全兼容，RAM 寻址更为方便，具有 31 级硬件堆栈，更大的程序存储空间，程序代码完全可以实现 C 调试，部分还带有 CAN 等接口电路，可用于极为复杂的控制场合。

表 1-1 PIC 单片机一览表

类 别	主要特点	名 称	工 艺	型 号
低 档	PIC16C5X PIC12C5XX •12 位指令系统, 8 位数据线 •指令周期 200ns •DC~20MHz 时钟 •8 脚封装 (PIC12C5XX) •低级价格	PIC16C5X	OTP/EPROM 程序存储器	PIC16C52, 54, 55, 56, 57, 58, 505
		PIC12C5XX	OTP/EPROM 程序存储器	PIC12C508, 509 PIC12CE518, 519
中档	PIC12C6XX PIC16CXXX PIC16FXXX •14 位指令系统, 8 位数据线 •内外部中断 •指令周期 200ns •DC~20MHz 时钟 •A/D(PIC16C7X, PIC16F87X) •电压比较器 (PIC16C62X) •FLASH(PIC16F8X) •LCD 驱动 (PIC16C9XX) •SSP, USART, USB 等串行接口 •混合信号处理 (PIC14000) •低价格	PIC12C6XX	OTP/EPROM 程序存储器、8 脚封装	PIC12C671, 672 PIC16CE673, 674
		PIC16C55X	OTP/EPROM 程序存储器	PIC16C554, 555, 557, 558
		PIC16C6X	OTP/EPROM 程序存储器	PIC16C61, 62, 63, 65, 66, 67
		PIC16C6XX PIC16F62X	OTP/EPROM 程序存储器	PIC16C620, 621, 622, 642, 662, CE623, CE624, CE625, PIC16F627, 628
		PIC16C7X PIC16C7XX PIC16F7X	OTP/EPROM 程序存储器、含 A/D	PIC16C7X, PIC16C7XX PIC16F87X PIC16C924
		PIC16F8XX	FLASH 程序存储器、数据存储器	PIC16F83, 84, 872, 873, 874, 876, 877
		PIC16C9XX	OTP/EPROM 含 LCD 驱动	PIC16C923 PIC16C924
		PIC14000	OTP/EPROM 含 A/D, D/A, 温度传感器	PIC14000
高档	PIC17CXXX •16 位指令系统, 8 位数据线 •内外部中断 •指令周期 131ns •DC~33MHz 时钟 •硬件乘法器	PIC17C4X PIC17C7XX	OTP/EPROM 程序存储器、含 A/D	PIC17C42, 43, 44, 752, 756, 762, 766
增强型	PIC18CXXX PIC18FXXX •16 位指令系统, 8 位数据线 •优先级内外部中断 •带有 4X 时钟锁相环	PIC18CXXX PIC18FXXX	OTP/EPROM/FLASH 程序存储器、含 A/D、CAN 总线接口	PIC18C242, 442, 252, 452, 658, 858, 601, 801 PIC18F252, 452

本书在编写中, 将 PIC 单片机的 4 种 CPU 内核与功能模块分开说明, 针对具体的某种型号, 只要将其相应的 CPU 内核和功能模块组合起来即可。

一、PIC 的 CPU 内核的特点

1) 采用哈佛 (Harvard) 结构, 数据总线和指令总线相互独立, 采用长字指令, 除在 PIC18CXXX 中存在极少部分双字指令外, 绝大多数指令都为单字指令。

2) RISC 指令级, 相对小的指令集合, 指令高度对称, 容易学习和记忆。两级指令流水线结构, 提高了指令执行效率。

3) 片内程序存储器以 OTP (一次性烧录) 和 FLASH (多次烧录) 型为主。

4) 先进的 CMOS 工艺, 工作电压范围宽, 一般可从 2.5V 到 5.5V, 不同型号略有差别。外部晶振可从近似静态直到 33MHz。低功耗, 正常运行时一般为 2mA, 电压和工作频率降低时, 功耗更低。其在睡眠方式下耗电可降低到 1 μ A。I/O 口具有高驱动能力, 减少用户使用外部驱动芯片。

5) 可灵活配置的特殊控制器特性, 通过对配置寄存器编程, 可选择不同的芯片配置。具有外部 RC, 内部 RC, XT, HS, EC, PLL 等多种振荡方式。多种复位功能, 如 POR, BOR, PER, MCLR, WDT, 可有效减少外部器件, 提高系统的可靠性。PIC 单片机内部有上电定时器、振荡器启动定时器等用于复位延时, 可满足一般条件下的复位要求。程序代码可选择全部或部分加密。带有内部独立 RC 的监视定时器 WDT 可有效提高系统运行的可靠性, 增强系统的抗干扰能力。

6) FLASH 系列中的部分产品还可以使用 ICD (一种廉价在线调试器) 进行调试, 使得产品的开发成本大大降低。

7) 在线串行编程。

二、PIC 的主要功能模块

1) I/O, 所有 PIC 单片机都有数量不等的双向 I/O, 在中高档品种中, 大部分 I/O 有复用功能。

2) 定时器, 所有品种都有一定数量的定时器资源。

Timer0: 所有品种

Timer1: PIC16C62/63/64/65/66/67/F627/F628/712/716/717/72/73/74/76/77/770/771/773/774/745/765/
F872/F873/F874/F876/F877/923/924,

PIC17C42A/43/44/752/756/762/766, PIC18C242/252/442/452/658/858/601/801

Timer2: PIC16C62/63/64/65/66/67/F627/F628/712/716/717/72/73/74/76/77/770/771/773/774/745/765/
/F872/F873/F874/F876/F877/923/924,

PIC17C42A/43/44/752/756/762/766,

PIC18C242/252/442/452/658/858/601/801

Timer3: PIC17C42A/43/44/752/756/762/766,

PIC18C242/252/442/452/658/858/601/801

3) 并行从端口 (PSP), 大多数引脚数在 40 以上的品种都有此功能:

PIC16C64/65/67/74/77/774/765/F874/F877, PIC18C442/452/658/858

4) 捕捉/比较/PWM (CCP) 模块:

PIC16C62/63/64/65/66/67/F627/F628/712/716/72/73/74/76/77/773/774/745/765/F872/F873/F874/
/F876/F877/923/924,

PIC17C42A/43/44/752/756/762/766, PIC18C242/252/442/452/658/858/601/801

5) 增强型捕捉/比较/PWM (ECCP) 模块: PIC16C717/770/771

6) 同步串行口 (SSP):

PIC16C62/63/64/65/66/67/72/73/74/76/77/923/924

7) 主同步串行口 (MSSP):

PIC16C717/770/771/773/774/F872/F873/F874/F876/F877,

PIC17C752/756/762/766, PIC18C242/252/442/452/658/858/601/801

8) 同步异步接收发送器 (USART):

PIC16C63/65/66/67/F627/F628/73/74/76/77/773/774/745/765/F873/F874/F876/F877

PIC17C752/756/762/766/42A/43/44, PIC18C242/252/442/452/658/858/601/801

9) 通用串行接口 (USB): PIC16C745/765

10) EEPROM 数据存储器:

PIC16F627/F628/F83/F84/F872/F873/F874/F876/F877

11) 外围 EEPROM 存储器:

PIC12CE518/CE519/CE673/CE674, PIC16CE623/CE624/CE625

12) LCD 模块: PIC16C923/924

13) 模拟/数字转换器 (ADC):

PIC12C671/672/CE673/CE674, PIC17C752/756/762/766,

PIC16C710/711/712/715/716/717/72/73/74/76/77/770/771/773/774/745/765/F872

/F873/F874/F876/F877/924, PIC17C752/756/762/766,

PIC18C242/252/442/452/658/858/601/801

14) 模拟比较器(Comparator):

PIC16C620/621/622/CE623/CE624/CE625/F627/F628/642/662, PIC18C658/858

15) 可编程内部参考电压 (V_{REF}):

PIC16C620/621/622/CE623/CE624/CE625/F627/F628/642/662/717/770/771,

PIC18C658/858

16) 可编程低电压检测模块 (PLVD):

PIC16C717/770/771/773/774, PIC18C658/858

17) CAN 总线: PIC18C658/858

三、PIC 引脚封装

PIC 引脚从 PIC12CXXX 的小型 8 引脚直到 PIC18C858 的 84 引脚封装(表 1-2), 其形式主要有 PDIP, SDIP, SOIC, SSOP, PLCC, QFP, TQFP, MQFP 等。大多数芯片都有不止一种的封装形式。特别要注意的是, 在中高档产品中, 28pin 芯片其封装为窄双列直插 SDIP 形式。

表 1-2 PIC 封装

引脚兼容器件	封装
PIC12C508s, PIC12C508s, PIC12C671, PIC12C672, PIC12CE673, PIC12CE674	8-pin
PIC16C52, PIC16C54s, PIC16C56, PIC16C58s, PIC16C61, PIC16C554, PIC16C558, PIC16C620s, PIC16C621s, PIC16C622s PIC16CE623, PIC16CE624, PIC16CE625, PIC16F627, PIC16F628 PIC16C710, PIC16C711, PIC16C712, PIC16C715, PIC16C716, PIC16C717 PIC16F83, PIC16F84s	18-pin
PIC16C770, PIC16C771	20-pin
PIC16C55s, PIC16C57s	28-pin
PIC16C62s, PIC16C63s, PIC16C66, PIC16C641, PIC16C642 PIC16C72s, PIC16C73s, PIC16C76, PIC16C773, PIC16C745 PIC16F872, PIC16F873, PIC16F876, PIC18C242, PIC18C252	28-pin
PIC16C64s, PIC16C65s, PIC16C67, PIC16C661, PIC16C662, PIC16C74s, PIC16C77, PIC16C774, PIC16C765, PIC16F874, PIC16F877 PIC18C442, PIC18C452	40-pin
PIC17C42s, PIC17C43, PIC17C44	40-pin
PIC16C923, PIC16C924	64/68pin
PIC17C752, PIC17C756s	64/68pin
PIC17C762, PIC17C766	80/84pin

注: 表中各器件型号后缀 s 代表同一序列号的所有器件, 如 PIC16C73s 代表 PIC16C73, PIC16C73A, PIC16C73B,

PIC16C73C 的总和。

目前显露的发展趋势主要有:

1) 在高档品种中, 重点发展 PIC18CXXX, PIC17CXXX 很少有新型号出现。这一点必须引起读者的足够重视。

2) 在现有主导品种中使用 FLASH 工艺, 如 PIC16F7X, PIC18F242/252 等, 这对使用者没有影响, 反而带来了更多的方便。

3) 功能模块越来越多, 但 PIC 不做简单的功能堆积, 将那些不需要的功能也集成到芯片内, 而是发展多种型号来满足不同层次的需求。

4) 制造工艺不断改进, 工作条件向极端参数发展, 如工作电压极低, 电压允许波动范围极宽, 封装向大小两个方面发展。

5) 串行接口种类越来越多, 如最新的 USB 和 CAN 总线等。

6) 大力发展 C 语言编程。

7) 开发工具本土化, 降低了开发成本。

第 2 章 PIC16C5X 基础进制档 8 位 CMOS 微控制器系列

该系列有以下型号：

PIC16C52, PIC16C54 (A), PIC16CR54 (A), PIC16C55 (A), PIC16C56 (A), PIC16CR56
PIC16C57, PIC16CR57 (A), PIC16C58, PIC16CR58 (A)

高性能 RISC CPU

- 仅 33 条单字指令
- 除转跳指令为双周期外，其余指令均为单周期（200ns）
- 工作速度：DC——20MHz 时钟输入
DC——200ns 指令周期
- 12 字宽指令
- 8 位字宽数据通路
- 7 个或 8 个特殊功能硬件寄存器
- 2 级深度的硬件堆栈
- 对指令和数据可进行直接、间接和相对寻址
- 无中断能力

外围特征

- 8 位实时时钟/计数器（TMR0），它带有 8 位可编程预分频器
- 上电复位电路（POR）
- 器件复位定时器（DRT）
- 能可靠运行的监视定时器（WDT），它自己带有 RC 振荡器
- 可编程的程序代码保护
- 低功耗睡眠方式
- 振荡器方式可选择：
 - EXTRC：外部低成本 RC 振荡器
 - XT：标准晶体/陶瓷振荡器
 - HS 高速晶体/陶瓷振荡器
 - LP：低功耗低频晶体振荡器

CMOS 工艺

- 低功耗、高速 CMOS EPROM/ROM 技术
- 全静态设计
- 宽工作电压

- EPROM 商用/工业: 2.0V~6.25V
- ROM 商用/工业: 2.0V~6.25V
- EPROM 军用: 2.5V~6.0V
- ROM 军用: 2.5V~6.0V
- 低功耗
- 在 5V, 4MHz 时小于 2mA
- 在 3V, 32kHz 典型值为 15 μ A
- 维持电流的典型值小于 0.6 μ A

2.1 概 述

PIC16C5X 是 Microchip 公司开发的具有低价格、高性能、8 位、全静态和以 EPROM/ROM 为基础的 CMOS 单片机系列。它采用 RISC 结构, 只有 33 条单字指令, 除转跳指令为两个指令周期外, 其余所有指令均为单周期 (200ns) 指令。PIC16C5X 系列微控制器在和其它同类单片机价格相同时, 其性能更高。它具有 12 位字宽指令而且高度对称, 从而导致比其它同类 8 位单片机压缩了一半程序量, 其很容易使用和记忆的指令系统有效地减少了开发时间。

PIC16C5X 系列产品是为了减少系统成本和功耗的要求而设计的特殊单片机。它的上电复位和器件复位定时器消除了对外部复位电路的需要。有 4 种振荡器配置可供选择, 包括低成本的 RC 振荡器模式和低功耗的 LP 振荡器模式。低功耗的 SLEEP 方式, 监视定时器和程序代码保护等特性降低了系统的成本、功耗, 提高了可靠性。

2.2 PIC16C5X 引脚说明

PIC16C5X 引脚排列如图 2-1, 各引脚功能如下:

RA3~RA0: 4 位输入/输出端口, 寄存器为 PORTA, 可按位控制, TTL 输入电平。

RB7~RB0: 8 位输入/输出端口, 寄存器为 PORTB, 可按位控制, TTL 输入电平。

RC7~RC0: 8 位输入/输出端口, 寄存器为 PORTC, 可按位控制, TTL 输入电平。仅在 PIC16C55/57 中存在。

T0CKI: TMR0 外部计数时钟输入, 施密特缓冲输入。

$\overline{\text{MCLR}}$: 外部复位, 低电平有效, 施密特缓冲输入。

OSC1: 振荡输入。XT, LP, HS 模式下接晶体一脚, RC 模式接 RC 电路。

OSC2: 振荡输出。XT, LP, HS 模式下接晶体一脚, RC 模式输出 CLKOUT ($F_{\text{OSC}}/4$)。

VDD: 电源。

VSS: 地线。

N/C: 无用端, 不做任何连接。