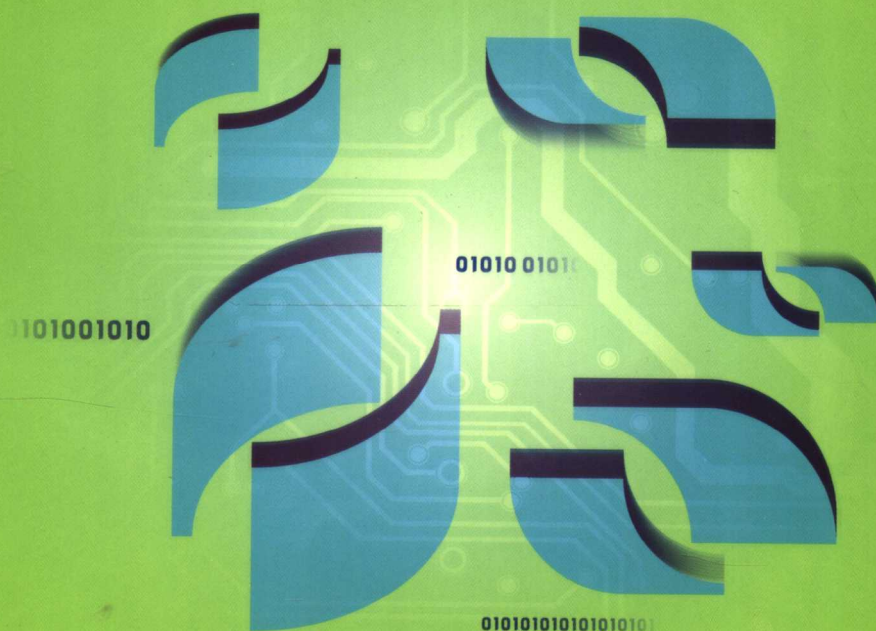


# PIC<sup>®</sup> 单片机

## 开发应用与实验工具制作

陈新建 编著



北京航空航天大学出版社

# PIC<sup>®</sup>单片机开发应用与 实验工具制作

陈新建 编著

北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

本书为 PIC 单片机开发应用与实验工具制作的入门指导。首先,介绍了 PIC 单片机的分类、性能特点、开发工具、实验板制作,并详细说明了 MPLAB IDE 开发环境的使用;然后,阐述了 MPLAB IDE 开发环境外接汇编器、编译器、调试和编程工具的方法;最后,以 ICD2 调试工具、PICSTART Plus 编程工具、IC-PROG 编程软件及其编程器的使用与实验制作为重点,详细说明了开发工具的使用与实验制作方法。所提供的实验板电路和编程实例简单、实用、易懂,读者可在工程实践中直接引用或扩展使用。所有源程序均已在作者制作的实验板上调试通过,详见本书所附光盘。

本书通俗易懂,具有非常强的实用性,能培养读者动手制作和开发应用的能力,可供 PIC 单片机爱好者、高等院校相关专业师生及工程技术人员阅读、参考与实验制作使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

PIC 单片机开发应用与实验工具制作/陈新建编著.

北京:北京航空航天大学出版社,2006.2

ISBN 7-81077-709-2

I. P… II. 陈… 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(2006)第 002356 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或手段复制或传播本书内容。侵权必究。

### PIC® 单片机开发应用与实验工具制作

陈新建 编著

责任编辑 冯 颖

\*

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

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

\*

开本:787×960 1/16 印张:15 字数:336 千字

2006 年 2 月第 1 版 2006 年 2 月第 1 次印刷 印数:5000 册

ISBN 7-81077-709-2 定价:25.00 元(含光盘 1 张)

# 前 言

美国微芯(Microchip)公司推出哈佛总线(Hovrard)结构的精简指令集(RISC)PIC 系列 8 位单片机,其结构、性能特点、运行速度及可靠性在同类产品中具有无可比拟的优越性,尤其单片机采用了 FLASH 程序存储器和 ICSP 在线串行编程技术,使开发工具变得简单、高效,成本低廉,并易于使用。

目前,在世界范围内,美国微芯公司是 8 位单片机产品最大的供应商之一。其 8 位单片机产品包括 PIC10、12、16、18 共 4 个系列,产品品种齐全,性能可靠,显示出强劲的发展势头。这些系列产品有开发工具——MPLAB IDE 集成开发环境的支持。MPLAB IDE 不仅支持外接硬件产品,如在线调试器、编程器、仿真器,而且支持外接软件产品,如汇编器、C 语言编译器等,因此,MPLAB IDE 是功能强大的集成开发平台,为 PIC 系列单片机的开发带来极大的便利。

为便于读者学习和实践,本书制作了两种实验板,主要用于 PIC 系列单片机初级和中级用户的学习、研究与制作。两种实验板的实验电路简单,用户根据原理图直接搭建电路即可开展实验。硬件电路和分布在本书各章节的实验源程序几乎覆盖了 PIC 系列单片机应用的各个方面,这些实验源程序已全部在实验板上调试通过,用户在工程实践中可直接引用或扩展使用。

本书前 5 章对 PIC 单片机的型号分类、功能特点、各种开发工具、实验板的硬件电路及其使用方法、MPLAB IDE 集成开发环境的安装使用、软件模拟调试,MPLAB IDE 外接汇编器和编译器以及外接调试与编程工具分别作了详细说明。后 3 章对 ICD2 调试工具的使用与实验制作、PICSTART Plus 编程工具的使用与实验制作、IC-PROG 及其编程器的使用与实验制作分别作了详细描述,这些制作项目具有很强的实用性,并能提高读者实际动手制作的能力;另外,这部分自成一体,读者可根据需要选择阅读。

本书在成书过程中得到北京航空航天大学出版社的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

限于作者的水平,书中难免存在错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

作 者

2005 年 9 月

## 版 权 声 明

本书引用以下资料已得到其版权所有者的授权。Microchip Technology Inc. (美国微芯科技公司) 的授权。

### Chinese Version:

- [1] MPLAB® ICD2 UG(DS51331A-CN)
- [2] PICSTART® Plus UG(DS51028F-CN)
- [3] MPLAB® C18 Getting Started(DS51295E-CN)
- [4] MPLAB® C18 UG(DS51288C-CN)
- [5] MPLAB® IDE UG(DS51519A-CN)
- [6] PIC12F629/675 datasheet(DS41190C-CN)
- [7] PIC12F635/16F636/639(DS41232B-CN)
- [8] PIC18FXX2 datasheet(DS39564B-CN)

### English Version:

- [1] PIC10F200/202/204/206 datasheet (DS41239B)
- [2] PIC12F508/509/16F505 datasheet (DS41236B)
- [3] PIC16F627A/628A/648A datasheet (DS40044D)
- [4] PIC16F87XA datasheet(DS39582B)

再版上述资料须经过其版权所有者的许可。Microchip Technology Inc. 的所有权保留。未得到该公司的书面许可, 不得再版或复制。

## 商 标 声 明

以下图案是 Microchip Technology Inc. 在美国及其他国家的注册商标:



以下文字是 Microchip Technology Inc. 的注册商标(状态:®):

Accuron, AmpLab, dsPIC, ENVOY, FilterLab, KEELoq, KEELoq Logo, Microchip Logo, Microchip Name and Logo, microID, Migratable Memory, MPLAB, MXDEV, MXLAB, PIC, PICmicro, PICMASTER, PICSTART, PowerSmart, PRO MATE, rfPIC, SEEVAL, SmartSensor, SmartShunt, *The Embedded Control Solutions Company*, TrueGauge

以下文字是 Microchip Technology Inc. 的商标(状态:TM):

Analog-for-the-Digital Age, Application Maestro, dsPICDEM, dsPICDEM. net, dsPICworks, ECAN, ECONOMONITOR, FanSense, FlexROM, *fuzzyLAB*, ICEPIC, ICSP or In-Circuit Serial Programming, Linear Active Thermistor, MPASM, MPLAB Certified Logo, MPLIB, MPLINK, MPSIM, Now Design It, PICDEM, PICDEM. net, PICKit, PICLAB, PICtail, PowerCal, PowerInfo, PowerMate, PowerTool, QuickASIC, Real ICE, rfLAB, rfPICDEM, Select Mode, Smart Serial, SmartTeal, The Emerging World Standard, Total Endurance, UNI/O, WiperLock, Zena

以下文字是 Microchip Technology Inc. 的服务标记(状态:SM):  
SQTP

以下所有其他商标的版权归各自公司所有:

PICC, PICC Lite, PICC-18, CWPIC, EWPIC, ooPIC, OOPIC

# 目 录

## 第 1 章 PIC 单片机及其开发工具概述

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 1.1 PIC 单片机概述 .....         | 1  |
| 1.1.1 PIC 单片机型号分类 .....     | 2  |
| 1.1.2 PIC 单片机的结构和性能特点 ..... | 5  |
| 1.2 开发工具概述 .....            | 11 |
| 1.2.1 软件模拟器 .....           | 12 |
| 1.2.2 在线调试器 .....           | 12 |
| 1.2.3 硬件仿真器 .....           | 12 |
| 1.2.4 编程器 .....             | 14 |
| 1.2.5 第三方开发工具 .....         | 16 |

## 第 2 章 PIC 单片机实验板

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 2.1 实验板概述 .....               | 21 |
| 2.2 PICDEMO1 实验板 .....        | 23 |
| 2.2.1 PICDEMO1 实验板的功能 .....   | 23 |
| 2.2.2 PICDEMO1 实验板的硬件电路 ..... | 24 |
| 2.2.3 PICDEMO1 实验板的使用说明 ..... | 27 |
| 2.3 PICDEMO2 实验板 .....        | 27 |
| 2.3.1 PICDEMO2 实验板的功能 .....   | 27 |
| 2.3.2 PICDEMO2 实验板的硬件电路 ..... | 28 |
| 2.3.3 PICDEMO2 实验板的使用说明 ..... | 34 |
| 2.4 实验板原理图和器件选择 .....         | 35 |
| 2.4.1 实验板原理图 .....            | 35 |
| 2.4.2 器件选择 .....              | 35 |

## 第 3 章 MPLAB IDE 开发环境的安装和使用

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 3.1 MPLAB IDE 开发环境的安装 ..... | 41 |
| 3.2 MPLAB IDE 开发环境的使用 ..... | 43 |
| 3.2.1 源程序的编辑 .....          | 43 |
| 3.2.2 项目管理向导 .....          | 46 |
| 3.2.3 项目的编译和汇编 .....        | 53 |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 3.2.4 源文件模拟仿真与调试 .....   | 53 |
| 3.2.5 外接调试、仿真和编程工具 ..... | 70 |

## 第4章 MPLAB IDE 与汇编器、编译器的连接

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| 4.1 MPLAB IDE 与汇编器的连接 .....                | 71 |
| 4.2 MPLAB IDE 与 PICC、PICC18 编译器的连接 .....   | 77 |
| 4.2.1 PICC、PICC18 编译器的安装 .....             | 78 |
| 4.2.2 MPLAB IDE 与 PICC、PICC18 编译器的连接 ..... | 84 |
| 4.3 MPLAB IDE 与 C18 编译器的连接 .....           | 90 |
| 4.3.1 C18 编译器的安装 .....                     | 91 |
| 4.3.2 MPLAB IDE 与 C18 编译器的连接 .....         | 94 |

## 第5章 MPLAB IDE 外接调试和编程工具

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| 5.1 MPLAB IDE 外接 ICD2 调试器 .....          | 100 |
| 5.1.1 ICD2 调试器的特点和支持芯片 .....             | 100 |
| 5.1.2 ICD2 调试器与计算机和目标板的连接 .....          | 104 |
| 5.2 MPLAB IDE 外接 PICSTART Plus 编程器 ..... | 107 |
| 5.2.1 PICSTART Plus 编程器的特点和支持芯片 .....    | 107 |
| 5.2.2 PICSTART Plus 编程器与计算机的连接 .....     | 111 |
| 5.3 外接仿真和其他编程工具 .....                    | 111 |

## 第6章 ICD2 调试工具的使用与实验制作

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 6.1 ICD2 调试器的使用 .....           | 112 |
| 6.1.1 ICD2 硬件配置及驱动程序的安装 .....   | 114 |
| 6.1.2 ICD2 作为调试器使用 .....        | 120 |
| 6.1.3 ICD2 作为编程器使用 .....        | 134 |
| 6.2 ICD2 调试器的实验制作 .....         | 136 |
| 6.2.1 ICD2 的硬件电路和根下载程序 .....    | 137 |
| 6.2.2 ICD2 的器件选择和电路制作 .....     | 137 |
| 6.2.3 ICD2 使用的目标板 .....         | 140 |
| 6.2.4 烧写根下载程序和下载操作系统 .....      | 140 |
| 6.2.5 ICD2 与目标板的连接 .....        | 144 |
| 6.3 ICD2 作为调试器使用的实验 .....       | 144 |
| 6.3.1 汇编器应用实验 .....             | 145 |
| 6.3.2 PICC、PICC18 编译器应用实验 ..... | 155 |
| 6.3.3 C18 编译器应用实验 .....         | 165 |
| 6.4 ICD2 作为烧写器使用的实验 .....       | 172 |

**第 7 章 PICSTART Plus 编程工具的使用与实验制作**

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 7.1 PICSTART Plus 编程器的使用 .....       | 175 |
| 7.1.1 PICSTART Plus 硬件配置 .....       | 175 |
| 7.1.2 PICSTART Plus 的使用 .....        | 176 |
| 7.2 PICSTART Plus 的实验制作 .....        | 186 |
| 7.2.1 PICSTART Plus 的硬件电路 .....      | 186 |
| 7.2.2 PICSTART Plus 的器件选择和电路制作 ..... | 186 |
| 7.2.3 下载操作系统 .....                   | 188 |
| 7.3 烧写实验 .....                       | 189 |

**第 8 章 IC - PROG 及其编程器的使用与实验制作**

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 8.1 IC - PROG 编程软件的使用 .....         | 196 |
| 8.1.1 IC - PROG 概述 .....            | 197 |
| 8.1.2 IC - PROG 支持的器件 .....         | 197 |
| 8.1.3 IC - PROG 的使用 .....           | 200 |
| 8.2 IC - PROG 编程器的实验制作 .....        | 213 |
| 8.2.1 IC - PROG 编程器的硬件电路 .....      | 213 |
| 8.2.2 IC - PROG 编程器的器件选择和电路制作 ..... | 215 |
| 8.3 IC - PROG 编程器的使用 .....          | 216 |
| 8.3.1 IC - PROG 编程器与计算机的连接 .....    | 216 |
| 8.3.2 烧写实验 .....                    | 216 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 附录一 PIC 系列单片机开发工具 ..... | 227 |
|-------------------------|-----|

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 附录二 配套光盘内容简介 ..... | 228 |
|--------------------|-----|

|            |     |
|------------|-----|
| 参考文献 ..... | 229 |
|------------|-----|

## {第1章}

# PIC 单片机及其开发工具概述

---

美国微芯(Microchip)公司推出了哈佛总线(Hovrard)结构的精简指令集(RISC))PIC 系列 8 位单片机。由于哈佛总线结构的特点是程序存储器空间和数据存储器空间完全分开,读取指令总线和存取数据总线完全分开,因此,其可以允许指令总线 and 数据总线的位数不同。PIC 系列单片机通常含有丰富的片内资源,如程序存储器、数据存储器、EEPROM 存储器、A/D 转换器、MSSP 主同步串行口、捕捉器、比较器、PWM、低电压检测、CAN 模块、USB 模块、各种复位低功耗电路、LCD 模块等,真正体现了单片机的“单片”特性。PIC 系列单片机相同封装的引脚保持高度兼容性,为产品设计和芯片的更新换代带来了极大的便利。基于上述结构、功能和特点,PIC 系列单片机在家电、汽车、计算机外设、办公自动化、通信和工业控制等诸多领域得到了最为广泛的应用。

## 1.1 PIC 单片机概述

PIC 系列单片机中的数据总线为 8 位,故称作 8 位单片机,而其指令总线则有 12 位(基本级产品)、14 位(中级产品)和 16 位(高级产品)3 种。

在 PIC 各系列单片机产品中,基本级 PIC10F2XX、PIC12F50X、PIC12C5XX、12CE5XX、PIC16C5X、PIC16C50X、16F5X、16F50X 系列产品采用 12 位 RISC 指令系统,价格很低,适于低成本应用。在这几个系列产品中,PIC10F2XX 和 PIC12F50X 是新近推出的 6 引脚或 8 引脚单片机,16F50X、16F5X 属于 16 系列,也是新近推出的 14 引脚、18 引脚、28 引脚单片机。PIC16C5X 目前应用很广,PIC12C5XX 则是世界上第一个 8 引脚封装的低价 8 位单片机。这些单片机小巧、

低价的特点使得其可以应用在很多以前不能应用单片机的场合,因此,其应用前景十分广阔。

中级产品 PIC14000 和 PIC12F6XX、PIC12C6XX、PIC16C(F)55X/6X/6XX/7X/7XX/8X/8XX/9XX 采用的是 14 位 RISC 指令系统(其中 PIC12F6XX、PIC16FXX/XXX 为 FLASH 型)。其在 PIC16C5X 的基础上进行了很大改进,并与 PIC16C5X 系列保持了很高的兼容性;它有 18~68 引脚各种形式的封装,是品种最丰富的系列。其在保持低价的前提下,增加了温度传感器(仅 PIC14000 具有)、A/D 转换、内部 EEPROM 存储器、FLASH 程序存储器、比较输出、捕捉输入、PWM 输出、I<sup>2</sup>C 和 SPI 接口、异步串行通信(USART)、模拟电压比较器、LCD 驱动等许多功能,可广泛应用于各种高、中、低档电子产品中。

高级产品 PIC17CXX、PIC17CXXX、PIC18C(F)XXX、PIC18FXXXX 系列采用 16 位 RISC 指令系统(其中 PIC18FXXXX 和 PIC18FXXXX 为 FLASH 型),目前 PIC17CXX 和 PIC18C(F)XXX 系列在世界上同档次 8 位单片机中运行速度最快,具备一个指令周期内(最短 160 ns)完成 8 位×8 位二进制乘法的功能,可在一些需高速数字运算的场合取代 DSP(数字信号处理器)芯片。因此,其已成为目前 8 位单片机中性能最好的机种之一,可广泛应用于各种高、中档电子设备中。

### 1.1.1 PIC 单片机型号分类

PIC 单片机基本级、中级和高级产品的具体型号分类参见表 1.1、表 1.2 和表 1.3 所列。

表 1.1 PIC 单片机基本级型号分类

| 等 级         | 主要特性                                                                                                                                                                                                                             | 系列名称       | 工艺特点      | 型 号                                                                  |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|----------------------------------------------------------------------|
| 基<br>本<br>级 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 12 位 RISC 指令系统, 8 位数据线</li> <li>• DC~20 MHz* 时钟</li> <li>• 最快指令周期 200 ns</li> <li>• 多种复位锁定</li> <li>• EEPROM 和 FLASH 存储器</li> <li>• 低功耗电路</li> <li>• 低价格</li> <li>• 支持在线串行编程</li> </ul> | PIC10F2XX  | FLASH     | PIC10F200/202/204/206/220/222                                        |
|             |                                                                                                                                                                                                                                  | PIC16F50X  | FLASH     | 16F505/506                                                           |
|             |                                                                                                                                                                                                                                  | PIC12FXXX  | FLASH     | PIC12F508/509, PIC12F510/506                                         |
|             |                                                                                                                                                                                                                                  | PIC16F5X   | FLASH     | 16F54/57/59                                                          |
|             |                                                                                                                                                                                                                                  | PIC12CXXX  | OTP/EPROM | PIC12C508A/509A                                                      |
|             |                                                                                                                                                                                                                                  | PIC12CEXXX | EEPROM    | PIC12CE518(A)/519(A)                                                 |
|             |                                                                                                                                                                                                                                  | PIC16C5X   | OTP/EPROM | PIC16C54(A,C)/55(A)/56(A)/57(C)/58(B)、PIC16CR54(A,C)/56A/57A/57C/58B |
|             |                                                                                                                                                                                                                                  | PIC16C505  | OTP/EPROM | PIC16C505                                                            |
|             |                                                                                                                                                                                                                                  | PIC16HV540 | OTP/EPROM | PIC16HV540                                                           |

注: CE 表示有 EEPROM 数据存储器。

\* “DC~20 MHz”表示法指的是直流供电电源满足要求的情况下,芯片最高可以在 20 MHz 的频率下工作。本书中相同表示法意义同此。——作者注

表 1.2 PIC 单片机中级型号分类

| 等 级    | 主要特性                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 系列名称                                                                       | 工艺特点                                                                  | 型 号                                                                                                                                                      |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 中<br>级 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 14 位 RISC 指令系统, 8 位数据线</li> <li>• 最快指令周期 200 ns</li> <li>• DC~20 MHz 时钟</li> <li>• EEPROM 和 FLASH 存储器</li> <li>• 多种中断, 复位锁定</li> <li>• 捕捉器、比较器、PWM</li> <li>• SSP、USART 和 USB</li> <li>• A/D 转换</li> <li>• 混合信号处理</li> <li>• 低电压检测</li> <li>• 低功耗电路</li> <li>• LCD 驱动</li> <li>• 支持在线串行编程</li> <li>• 多种封装</li> </ul> | PIC12F6XX                                                                  | KEELOQ 外围硬件                                                           | PIC12F629/635/675/683                                                                                                                                    |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | PIC12C67X                                                                  | OTP                                                                   | PIC12C671/672                                                                                                                                            |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | PIC12CE67X                                                                 | OTP                                                                   | PIC12CE673, 674                                                                                                                                          |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | PIC14000                                                                   | OTP/EPROM                                                             | PIC14000                                                                                                                                                 |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | PIC16C43X                                                                  | LIN 总线                                                                | PIC16C432/433                                                                                                                                            |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | PIC16C55X                                                                  | OTP/EPROM                                                             | PIC16C554/557/558/559                                                                                                                                    |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | PIC16C6X<br>PIC16C62X<br>PIC16C64X<br>PIC16C66X<br>PIC16CE62X<br>PIC16CR6X | OTP/EPROM                                                             | PIC16C62/62B/63/63A/64A/<br>65A/65B/66/67, PIC16CR63/<br>64/65/PIC16C620(A)/621<br>(A)/622(A), PIC16C642,<br>PIC16C662, PIC16CE623/<br>624/625           |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | PIC16C7X<br>PIC16C71X<br>PIC16C7X5<br>PIC16C77X<br>PIC16C78X<br>PIC16CR7X  | OTP/EPROM,<br>PIC16C745/765<br>有 USB 接口,<br>PIC16C781/782<br>有 D/A 转换 | PIC16C71/72/72A/73A/73<br>(B)/74(B)/74A/76/77,<br>PIC16C710/711/712/715,<br>716/717, PIC16C745/765,<br>PIC16C770/771/773/774,<br>PIC16C781/782/PIC16CR72 |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | PIC16C92X                                                                  | OTP/EPROM,<br>LCD 驱动                                                  | PIC16C923/924/925/926                                                                                                                                    |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | PIC16F6XXX<br>PIC16CE62X                                                   | PIC16F636/639<br>KEELOQ 外围硬件                                          | PIC16F627/627A/628/628A/<br>630/636/639/648A/676/684/<br>685/687/688/689/690,<br>PIC16CE623/624/625                                                      |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | PIC16F7X/<br>71X/7XX                                                       | FLASH                                                                 | PIC16F72/73/74/76/77/716,<br>PIC16F716/PIC16F737/747/<br>767/785                                                                                         |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | PIC16F8X<br>PIC16CR8X<br>PIC16F8XX                                         | FLASH                                                                 | PIC16F83/84/84A/87/88,<br>PIC16CR83/84/88,<br>PIC16F818/819/870/871/<br>872/873/873A/874/874A/<br>876/876A/877/877A                                      |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | PIC16F9XX                                                                  | FLASH, LCD<br>驱动                                                      | PIC16F913, 914, 916/917/946                                                                                                                              |

注: CE 表示有 EEPROM 数据存储器。

表 1.3 PIC 单片机高级型号分类

| 等 级    | 主要特性                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 系列名称                                 | 工艺特点                 | 型 号                                                                          |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 高<br>级 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 16 位 RISC 指令系统, 8 位数据线</li> <li>• 最快指令周期 120 ns</li> <li>• DC~40 MHz 时钟</li> <li>• EEPROM 和 FLASH 存储器</li> <li>• 多种中断, 复位锁定</li> <li>• 捕捉器、比较器、PWM</li> <li>• SSP、USART、CAN 和 USB</li> <li>• A/D 转换</li> <li>• 8×8 位硬件乘法器</li> <li>• 可读/写程序存储器</li> <li>• 高效 C 语言编译器</li> <li>• 低电压检测</li> <li>• 低功耗电路</li> <li>• LCD 驱动</li> <li>• 对 16 系列向上兼容</li> <li>• 支持在线串行编程</li> <li>• 多种封装</li> </ul> | PIC17CXX/<br>PIC17CXXX/<br>PIC17CRXX | OTP/EPROM,<br>A/D 转换 | PIC17C42/42A/43/44/752/<br>756/756A/762/766/752/756/<br>762/766, PIC17CR42   |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | PIC18CXXX                            | OTP/EPROM            | PIC18C601/801, PIC18C24/<br>252/442/452/658/858                              |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | PIC18FXXX                            | FLASH                | PIC18F010/020/242/252/<br>442/452/248/258/448/458                            |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | PIC18FXXXX                           | FLASH                | PIC18F2220/4220/4320/2320                                                    |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                      | FLASH                | PIC18F2510/2515/2410/<br>2610/4410/4510/4515                                 |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                      | FLASH                | PIC18F2620/4525/4620/2525                                                    |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                      | FLASH                | PIC18F6525/6722/8525/<br>8722/6621/6627/F8621/8627                           |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                      | FLASH                | PIC18F8585/8680,<br>PIC18F6585/6680                                          |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                      | FLASH                | PIC18F87J10                                                                  |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                      | FLASH, 马达控制          | PIC18F4439/4539/2439/<br>2539, PIC18F1220/1320,<br>PIC18F2331/2431/4331/4431 |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                      | FLASH, USB           | PIC18F2550/4455/4550/2455                                                    |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                      | FLASH, LCD           | PIC18F6490/6390/8390/8490                                                    |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                      | FLASH                | PIC18F6410/6310/8410/8310                                                    |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                      | FLASH, CAN           | PIC18F2585/2680/4585/<br>4680/6620                                           |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                      | FLASH                | PIC18F2420/2520/4420/4520                                                    |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                      | FLASH                | PIC18F2580/4480/4580/2480                                                    |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                      | FLASH, USB           | PIC18F8615/8711/66J15/6711                                                   |

注: CE 表示有 EEPROM 数据存储器。

## 1.1.2 PIC 单片机的结构和性能特点

### 1. PIC 单片机的结构

单片机的结构特点决定了其特性。PIC 单片机之所以具有很高的性能,是因为其具有如下结构特点:

- 内部为哈佛结构,即指令和数据分开存储,均为独立的存储空间;
- 指令流水线操作,允许取指令和执行指令同步进行;
- 引入寄存器文档的概念,把 RAM 存储器看成一组通用寄存器,周边模块也作为寄存器,这样所有指令操作都可以针对所有寄存器;
- 单指令周期,且所有指令为单字;
- 指令实现的功能基本不重复;
- 灵活的寻址方式;
- 指令数很少,基本级产品有 33 条指令,中级产品有 35 条指令,高级产品的 17 系列有 58 条指令,18 系列有 77 条指令;
- 具备多种内、外部中断,周边模块中断优先级可通过软件设定,有全局和独立中断使能控制位,绝大多数中断可将单片机从睡眠中唤醒,固定 3 个指令周期的中断响应延时。

### 2. PIC 单片机的性能特点

PIC 单片机内部资源丰富,品种齐全,总共有 4 大系列的几百种产品可供选择。每种产品的内部结构和性能特点各不相同,因此,用户总能选择到自己所需的产品。以下对每个系列各选择一种或几种最为常用的、带有 FLASH 程序存储器单片机的性能特点进行说明。

#### (1) PIC10F200/202/204/206 系列单片机

- 12 位宽度指令,仅 33 条指令。
- 除程序分支跳转指令为双周期指令外,其余所有指令均为单周期指令。
- 2 级硬件堆栈。
- 直接、间接和相对寻址模式。
- 8 位数据宽度。
- 8 个特殊功能寄存器。
- 精确的内部 4 MHz 振荡器:
  - 4 MHz 1% 3.0 V, 25 °C;
  - 4 MHz 2% 2.5~5.5 V, 0~+ 85 °C;

- 4 MHz 5% 2.0~5.5 V, -40~+125 °C。

- 在线串行编程(ICSP)。
- 在线调试(ICD2)。
- 各 I/O 口均有 25 mA 的拉/灌电流。
- 上电复位(POR)。
- 复位时间(DRT)。
- 看门狗定时器(WDT)。
- 低功耗睡眠电流(100 nA)。
- 一个 8 位定时器(TMR0)。
- 可编程代码保护。
- 引脚电平变化唤醒睡眠。

PIC10F200/202/204/206 内部的存储器、片内振荡、比较器参见表 1.4。

表 1.4 PIC10F200/202/204/206 内部的存储器、片内振荡、比较器

| 器 件       | 程序存储器/字 | 数据存储器/字节 | 片内振荡 | 比较器 |
|-----------|---------|----------|------|-----|
| PIC10F200 | 256     | 16       | Yes  | —   |
| PIC10F202 | 512     | 24       | Yes  | —   |
| PIC10F204 | 256     | 16       | Yes  | 1   |
| PIC10F206 | 512     | 24       | Yes  | 1   |

## (2) PIC12F635/PIC16F636/639 系列单片机

### 1) 高性能 RISC CPU

- 12 位宽度指令, 仅 33 条指令。
- 除程序分支跳转指令为双周期指令外, 其余所有指令均为单周期指令。
- 工作速度:
  - DC~20 MHz 振荡器/时钟输入;
  - DC~200 ns\* 指令周期。
- 中断能力。
- 8 级硬件堆栈。
- 直接、间接和相对寻址方式。

### 2) 特殊单片机功能

- 精确的内部振荡器:

\* “DC~200 ns”表示法指的是直流供电电源满足要求的情况下, 芯片最大指令周期是 200 ns。——作者注

- 出厂时,其精度已校准到 $\pm 1\%$ ;
  - 软件可选择频率范围为 31 kHz~8 MHz;
  - 可用软件调整;
  - 双速启动模式;
  - 用于关键应用的晶振故障检测。
  - 时钟模式切换以使器件低功耗运行。
  - 可进入省电的休眠(Sleep)模式。
  - 宽范围电源电压:2.0~5.5 V。
  - 工业级和扩展级温度范围。
  - 上电复位(POR)、唤醒复位(WUR)。
  - 独立的弱上拉/下拉电阻。
  - 可编程低电压检测(PLVD)。
  - 上电延时定时器(PWRT)和振荡器起振定时器。
  - 带软件控制选择的欠压检测(BOD)。
  - 增强型低电流看门狗定时器(WDT),带有独立振荡器(预分频器最大时,软件可选择的标称值为 268 s),可用软件启动。
  - 带上拉/输入引脚的复用式主复位功能。
  - 可编程代码保护(程序存储器和数据存储器分开)。
  - 高耐久性的闪存/数据 EEPROM 存储单元:
    - 闪存耐写次数达 100 000 次;
    - EEPROM 耐写次数达 1 000 000 次;
    - 闪存/数据 EEPROM 的数据保存期限 $>40$  年。
- 3) 低功耗性能
- 待机电流:2.0 V 时,典型值为 1 nA。
  - 工作电流
    - 32 kHz,2.0 V 时,典型值为 8.5  $\mu$ A;
    - 1 MHz,2.0 V 时,典型值为 100  $\mu$ A。
  - 看门狗定时器电流:2.0 V 时,典型值为 1  $\mu$ A。
- 4) 外设功能
- 6 或 12 个具有独立方向控制功能的 I/O 口:
    - 高拉/灌电流能力,可直接驱动 LED;
    - 引脚电平变化引起中断;
    - 独立可编程弱上拉/下拉电阻;
    - 超低功耗唤醒。

- 模拟比较器模块：
    - 最多有 2 个模拟比较器；
    - 片上可编程比较器参考电压(CVREF)模块( $V_{DD}\%$ )；
    - 可从外部访问比较器的输入和输出。
  - Timer0: 带有 8 位可编程预分频器的 8 位定时器/计数器。
  - 增强型的 Timer1:
    - 带有预分频器的 16 位定时器/计数器；
    - 外部门控输入模式；
    - 如果选用 INTOSC 模式, 在 LP 模式中可选择 OSC1 或 OSC2 作为 Timer1 的振荡器。
  - KEELOQ 兼容的硬件加密模块。
  - 通过 2 个引脚可实现在线串行编程(ICSP)。
- 5) 低频模拟前端特性(仅 PIC16F639 具有此功能)
- 3 个输入引脚用于 124 kHz LF 输入信号。
  - 高输入检波灵敏度(典型值  $V_{PP}=3\text{ mV}$ )。
  - 解调数据、载波时钟或 RSSI 输出选择。
  - 输入载波频率: 典型值 125 kHz。
  - 输入调制频率: 最大 4 MHz。
  - 8 个内部配置寄存器。
  - 双向收发器通信(LF 对讲)。
  - 可编程天线调节电容(可达 63 pF, 1 pF/步)。
  - 低待机电流: 典型值为 5  $\mu\text{A}$ (启用 3 个信道时)。
  - 低工作电流: 典型值为 15  $\mu\text{A}$ (启用 3 个信道时)。
  - 串行外设接口(SPI), 带有内置 MCU 和外部器件。
  - 支持电池后备方式, 即支持带有外部电路的无电池工作方式。

### (3) PIC16F87X 系列单片机

#### 1) 性能特点

- 高性能 RISC CPU, 仅有 35 条指令。
- 除程序分支跳转指令是双周期指令外, 其余所有指令均为单周期指令。
- DC~20 MHz 时钟输入时, 指令周期为 DC~200 ns。
- 高达 8K 字的 FLASH 程序存储器(14 位字长), 高达 368 字节的数据存储器(RAM), 高达 256 字节的 EEPROM 数据存储器。
- 引脚的高度兼容性。

- 多达 14 个内部和外部中断源。
- 8 级硬件堆栈。
- 直接、间接和相对寻址方式。
- 上电复位电路(POR)、上电延时定时器(PWRT)、振荡器起振定时器(OST)。
- 片内带有 RC 振荡器的监视定时器(WDT)以保证可靠工作。
- 可编程的代码保护功能。
- 省电休眠(Sleep)模式。
- 可选择不同的振荡器工作方式。
- 高速、低功耗 CMOS FLASH/EEPROM 技术。
- 全静态设计。
- 可在线串行编程和在线调试,且编程和调试时只需 5.0 V 电源电压。
- 可读/写的程序存储器。
- 宽范围的工作电压:2.0~5.5 V。
- 最大拉/灌电流可达 25 mA。
- 商业级和工业级的工作温度。
- 低功耗:在 4 MHz 时钟下,电源电压为 5.0 V 时,典型工作电流小于 2 mA;在 32 kHz 时钟下,电源电压为 3.0 V 时,典型工作电流小于 20  $\mu$ A;典型待机状态电流值小于 1  $\mu$ A。

### 2) 外围功能模块特性

- 定时器 TMR0:带有 8 位前分频器的 8 位定时器/计数器。
- 定时器 TMR1:带有前分频器的 16 位定时器/计数器,休眠时期可通过外部晶振/时钟计数。
- 定时器 TMR2:带有前分频器和后分频器的 8 位定时器/计数器。
- 2 个捕捉/比较/脉冲宽度调制(PWM)模块。
- 16 位捕捉输入的最大分辨率为 12.5 ns,16 位比较输出的最大分辨率为 200 ns,脉冲宽度调制(PWM)输出的最大分辨率为 10 位。
- 10 位多通道模拟转换器(A/D)。
- 同步串行口(SSP),可满足 SPI(主控)和 I<sup>2</sup>C(主控和从动)总线要求。
- 具有地址第 9 位检测的通用异步接收器和发送器(USART/SCI)。
- 具有并行从动端口(PSP)。
- 用于锁定(Brown-out)复位(BOR)的锁定检测电路。

## (4) PIC18FXXX 系列单片机

### 1) 高性能 RISC CPU