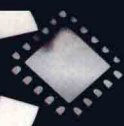


- 汇集一线PIC单片机开发专家数年实战经验
- 13个典型工程案例全面揭示项目流程与设计技巧
- 设计思路分析 + 硬件电路设计 + 软件设计与程序注释

PIC



刘向宇 秦 龙 编著
飞思科技产品研发中心 监制

单片机C语言 程序设计实例精粹

- 智能仪器仪表
- 数据采集与测量
- 网络传输与通信
- 消费电子



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

本书程序代码与电路图请
到<http://www.felicit.com.cn>
的“下载专区”进行下载。



PIC

单片机C语言

程序设计实例精粹

刘向宇 秦 龙 编著
飞思科技产品研发中心 监制

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以应用和实用为目标,通过大量实际工程实例,详细介绍了 PIC 单片机 C 程序设计的流程、方法与技巧。全书共 16 章,首先简要介绍了 PIC 系列产品、硬件结构、C 语言编程基础,以及常用开发工具,引导读者技术入门;然后精心选择了 13 个典型工程实例,以“设计思路分析+硬件电路设计+软件设计与程序注释”的主要形式,完整深入地讲解了 PIC 单片机在智能仪器仪表、数据采集与测量、网络传输与通信、消费电子领域应用开发的技术和技巧。实例热门新颖,实践指导性强,全部采用 C 语言编写,易学易懂;重点对 PIC 单片机项目开发的流程和设计思路进行讲解,并穿插介绍开发经验技巧与注意事项,利于读者积累项目开发经验,并提高举一反三的能力。

本书适合计算机、电子、通信、自动控制等相关专业的大学生,以及从事 PIC 单片机的研发人员参考使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

PIC 单片机 C 语言程序设计实例精粹 / 刘向宇, 秦龙编著. —北京: 电子工业出版社, 2010.2
ISBN 978-7-121-10111-3

I. P… II. ①刘…②秦… III. ①单片微型计算机—程序设计②C 语言—程序设计 IV. TP368.1 TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 233666 号

责任编辑: 杨 鸽 赵树刚

印 刷: 北京天宇星印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 19.25 字数: 492.8 千字

印 次: 2010 年 2 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 39.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

PIC 单片机是由美国 Microchip 公司推出的, 由于它的硬件系统设计便捷、指令系统设计精练、采用精简指令集和哈佛总线结构, 拥有速度高、功率低、驱动电流大及控制能力强等优点, 能满足用户的各种需要, 因此得到了广泛的应用。PIC 系列单片机支持采用汇编语言和 C 语言进行开发。由于采用 C 语言开发可以大大提高开发效率, 缩短开发周期, 并且采用 C 语言开发的程序具有非常好的可读性和可移植性, 因此本书实例全部使用 C 语言进行编写。

为了增加图书的实用性, 本书以应用为目标, 通过大量实际工程实例来详细介绍 PIC 单片机 C 程序设计的流程、方法与技巧。全书共 16 章, 具体安排如下:

第 1 章~第 3 章为 PIC 单片机基础知识, 简要介绍了 PIC 系列产品、硬件结构、C 语言编程基础, 以及常用开发工具, 引导读者技术入门, 打下扎实的开发基础。

第 4 章~第 16 章为 C 程序开发实例, 精心安排了 13 个丰富的工程实例, 详细深入地讲解了 PIC 单片机在智能仪器仪表、数据采集与测量、网络传输与通信、消费电子领域应用开发的技术和技巧。实例典型热门, 代表性和指导性强。每个实例介绍都包括内容说明、工作原理、硬件电路设计、程序设计与代码注释, 严格遵照实际开发过程来编写。其中有些实例是完整的系统, 有些则只是实现了主要的模块框架、介绍了其中的关键代码, 读者学习之后可以举一反三, 根据自己的情况来丰富这些程序功能, 实现自己需要的更为完整的系统。

本书适合计算机、电子、通信、自动控制等相关专业的大学生, 以及从事 PIC 单片机的研发人员参考使用。

本书主要由刘向宇、秦龙编写，另外参与编写的人还有：唐清善、邱宝良、李宁宇、黄小欢、严剑忠、黄小宽、付军鹏、张广安、王艳波、金平、徐春林、谢正义、郑贞平、张小红等，在此一并向他们表示感谢！

由于时间仓促，笔者水平有限，书中难免存在一些不足之处，欢迎广大读者批评和指正。

编 著 者

 联系方式

咨询电话：(010) 88254160 88254161-67

服务网址：<http://www.fecit.com.cn> <http://www.fecit.net>

通用网址：计算机图书、飞思、飞思教育、飞思科技、FECIT

技术答疑邮箱：support@fecit.com.cn

售后服务 QQ 号：support@fecit.com.cn

第 1 章 PIC 单片机入门基础.....	1	2.1.2 变量与常量.....	53
1.1 PIC 单片机的特点.....	1	2.1.3 数组.....	56
1.2 PIC 单片机的系列产品.....	4	2.1.4 指针.....	60
1.2.1 基本级 PIC 系列 单片机.....	5	2.1.5 结构.....	63
1.2.2 中级 PIC 系列单片机	5	2.1.6 共用体.....	67
1.2.3 高级 PIC 系列单片机	7	2.1.7 枚举.....	69
1.3 PIC16F87X 单片机的硬件 结构	8	2.2 运算符与表达式	70
1.3.1 PIC16F87X 的 主要特色.....	9	2.2.1 运算符分类与 优先级.....	70
1.3.2 PIC16F87X 的 内部结构.....	10	2.2.2 算术运算符与 表达式.....	71
1.3.3 PIC16F87X 的 引脚功能.....	15	2.2.3 关系运算符与 表达式.....	72
1.4 PIC 单片机的 CPU 和 中断系统	20	2.2.4 逻辑运算符与 表达式.....	72
1.4.1 PIC 单片机的 CPU.....	20	2.2.5 位操作运算符与 表达式.....	72
1.4.2 中断系统.....	36	2.2.6 赋值运算符与 表达式.....	73
1.5 本章小结.....	49	2.3 程序结构与函数.....	74
第 2 章 C 语言程序设计基础	51	2.3.1 程序结构.....	74
2.1 数据结构.....	51	2.3.2 函数.....	75
2.1.1 数据类型.....	51	2.4 流程控制语句.....	82
		2.4.1 选择语句	83

2.4.2	循环语句	86
2.4.3	转移语句	89
2.5	本章小结	91
第3章	PIC 单片机的常用开发工具	93
3.1	PIC 系列单片机的仿真器	93
3.2	PIC 系列单片机的编程器 及开发套件	98
3.3	MPLAB-IDE 7.4 版集成 开发环境	102
3.3.1	MPLAB-IDE 7.4 概述	103
3.3.2	MPLAB-IDE 7.4 工程创建实例	105
3.3.3	MPLAB-IDE 7.4 常用的菜单项	107
3.4	本章小结	108
第4章	数字电子时钟设计	109
4.1	实例功能说明	109
4.2	设计思路分析	109
4.3	硬件电路设计	110
4.3.1	PIC 单片机硬件 设计	110
4.3.2	段式液晶硬件设计	110
4.3.3	键盘输入硬件设计	111
4.4	软件设计与代码	112
4.4.1	程序流程图	112
4.4.2	预定义及全局变量	113
4.4.3	main 主函数及 初始化	114
4.4.4	定时器中断函数	115
4.4.5	时间运算程序	116
4.4.6	液晶底层驱动	117
4.4.7	液晶显示程序	118
4.4.8	键值读入程序	121
4.4.9	键盘响应程序	122
4.5	本章小结	124

第5章	触摸式密码锁设计	125
5.1	实例内容说明	125
5.2	设计思路分析	125
5.2.1	液晶型号的选择	125
5.2.2	触摸屏的选择	126
5.3	硬件电路设计	128
5.4	软件设计与代码	129
5.4.1	显示的界面	129
5.4.2	程序主流程	129
5.4.3	液晶显示程序	131
5.4.4	触摸屏输入程序	138
5.4.5	响应用户输入程序	141
5.5	本章小结	142
第6章	SD 存储卡读写设计	143
6.1	实例内容说明	143
6.2	设计思路分析	143
6.3	硬件电路设计	144
6.3.1	PIC 单片机硬件 设计	144
6.3.2	液晶硬件设计	144
6.3.3	SD 接口设计	145
6.3.4	键盘设计	146
6.4	软件设计与代码	146
6.4.1	流程图	146
6.4.2	预定义及全局变量	147
6.4.3	main 主函数及 初始化	147
6.4.4	SPI 协议	148
6.4.5	液晶底层驱动编写	152
6.4.6	液晶界面设计	154
6.4.7	键盘输入程序	157
6.4.8	键盘响应函数	158
6.5	本章小结	160
第7章	数字频率计设计	161
7.1	实例内容说明	161
7.2	总体设计思路	161
7.3	硬件电路设计	162

7.3.1	PIC 单片机硬件设计...	162	9.3	硬件电路设计	184
7.3.2	前端调理电路设计.....	163	9.3.1	温度测量部分硬件 设计	184
7.3.3	标准方波电路设计.....	164	9.3.2	PIC 单片机硬件设计...	186
7.3.4	1604 液晶电路设计...	164	9.3.3	温度控制回馈部分 硬件设计	186
7.4	软件设计与代码.....	164	9.4	软件设计与代码.....	187
7.4.1	流程图	165	9.4.1	程序流程框架.....	187
7.4.2	预定义及全局变量.....	165	9.4.2	温度测量软件编写	188
7.4.3	main 主函数及 初始化.....	166	9.4.3	温度控制软件编写	191
7.4.4	定时器中断.....	167	9.5	本章小结.....	192
7.4.5	标准信号产生.....	168	第 10 章	I ² C 总线通信应用设计	193
7.4.6	LCD1604 程序.....	168	10.1	实例内容说明	193
7.5	本章小结.....	171	10.2	I ² C 总线介绍.....	193
第 8 章	压力测量系统设计	173	10.3	硬件电路设计	198
8.1	实例内容说明	173	10.4	软件设计与代码	199
8.2	设计思路分析.....	174	10.5	本章小结	207
8.2.1	A/D 转换的原理说明...	174	第 11 章	USB 数据传输应用设计.....	209
8.2.2	PIC 单片机相关寄存 器介绍.....	174	11.1	实例内容说明	209
8.2.3	A/D 转换操作对时间 的要求.....	177	11.2	设计思路分析	209
8.3	硬件电路设计	177	11.2.1	USB SIE 相关寄 存器.....	210
8.4	软件设计与代码.....	177	11.2.2	HID 设备类.....	211
8.4.1	程序设计流程.....	177	11.3	硬件电路设计	216
8.4.2	程序代码说明.....	178	11.4	固件程序设计及代码	217
8.5	本章小结.....	180	11.4.1	USB 设备的状态	217
第 9 章	温度测量控制系统设计	181	11.4.2	USB 枚举过程	218
9.1	实例内容说明	181	11.4.3	USB 固件协议栈 整体描述	218
9.1.1	温度测量部分.....	181	11.4.4	USB 程序代码 分析	219
9.1.2	温度控制回馈部分.....	182	11.5	本章小结	223
9.2	设计思路分析.....	182	第 12 章	软件模拟 2262 IC 遥控 编码器设计	225
9.2.1	温度传感器的选择.....	182	12.1	系统功能说明	225
9.2.2	运算放大器的选择.....	183			
9.2.3	PIC 单片机型号 的选择.....	183			
9.2.4	ADC 的选择	184			

12.2	2262 IC 介绍	225
12.3	硬件电路设计	226
12.4	系统软件设计	227
12.4.1	程序设计流程	227
12.4.2	初始化程序	228
12.4.3	延时子程序	228
12.4.4	程序代码与注释	228
12.5	本章小结	233
第 13 章	软件模拟 2272 IC 无线解	
	码器设计	235
13.1	系统功能说明	235
13.2	2272 IC 介绍	236
13.3	硬件电路设计	237
13.4	系统软件设计	238
13.4.1	程序设计流程	238
13.4.2	程序代码与注释	239
13.5	本章小结	243
第 14 章	红外收发通信系统设计	245
14.1	实例内容说明	245
14.2	设计思路分析	245
14.3	硬件电路设计	246
14.3.1	红外接收电路	246
14.3.2	红外发送电路	247
14.3.3	人机交互硬件设计	247
14.3.4	PIC 单片机硬件设计	248
14.4	软件设计与代码	249
14.4.1	流程图	249
14.4.2	红外接收程序设计	251
14.4.3	红外发送程序设计	253
14.4.4	键盘输入程序设计	253
14.4.5	液晶显示设计	257

14.5	本章小结	259
第 15 章	带触摸功能的投影仪	
	面板设计	261
15.1	实例功能说明	261
15.2	电容触摸原理和测量方法	261
15.3	基于 PIC16F72X 的触摸	
	按键设计方案	262
15.3.1	Microchip 公司电容	
	触摸技术	262
15.3.2	PIC16F72X 系列	
	单片机特点	262
15.3.3	容性传感器模块	263
15.4	硬件电路设计	264
15.4.1	PCB 方面	264
15.4.2	硬件电路图	265
15.5	软件设计与代码	265
15.5.1	流程图	265
15.5.2	代码与注释	269
15.6	本章小结	273
第 16 章	基于 SPI 接口的语音录放	
	系统设计	275
16.1	实例说明	275
16.2	芯片原理介绍	275
16.2.1	语音芯片的功能	
	特点	276
16.2.2	语音芯片的数据	
	操作	278
16.3	硬件电路设计	283
16.4	软件设计与代码	285
16.4.1	语音录放模块的	
	设计	285
16.4.2	软件流程与	
	主程序	290
16.4.3	其他程序模块	
	代码	293
16.5	本章小结	300

第 1 章 PIC 单片机入门基础

PIC 单片机由美国 Microchip 公司推出, 具有硬件系统设计便捷、指令系统设计精练、采用精简指令集和哈佛总线结构, 拥有速度快、功率低、驱动电流大及控制能力强等优点, 能满足用户的各种需要。本章将主要讲述 PIC 单片机的特点、系列产品及硬件结构、CPU 和中断系统知识。

1.1 PIC 单片机的特点

美国微芯公司是一家专门从事单片机开发、研制和生产的半导体厂商。其 PIC 单片机率先采用了精简指令集 (Reduced Instruction Set Computer, RISC) 结构, 突破了传统单片机对 PC 在结构上存在的自然依赖性, 加上哈佛总线的存储器结构、两级流水线指令结构、单周期指令等技术, 从而在单片机硬件结构上独辟蹊径, 大大提高了系统运行的效率。除此之外, 在功耗、驱动能力、外围模块设计等方面, PIC 单片机也拥有一些独到之处, 使 PIC 成为一款方便实用的高性价比的单片机。PIC 单片机特点归纳起来有以下几个方面。

1. 精简指令集技术

传统的单片机生产厂商采用复杂指令集 (Complex Instruction Set Computer, CISC) 结构, 在设计上多带有 PC 的 CPU 结构的痕迹, 采用 CISC 结构的单片机指令通常有 50~110 条, 且多为多周期指令。而 PIC 单片机的指令系统则是专门根据小型机特点设计的, 力求使每一条指令达到更高的效率, 减少指令功能的重复。高、中、低档的 PIC 单片机指令数分别为 58 条、35 条和 33 条。这就带来了两方面的好处, 一方面可以使代码的利用率大大提高, 有利于提高执行速度; 另一方面为用户学习、记忆和应用带来了极大的好处, 编程和调试相对更加容易, 而且同样的功能所需的编码减少, 节约了开发时间。

2. 哈佛 (Harvard) 总线结构

所谓哈佛总线结构就是指程序存储器和数据存储器独立编址, 即两者位于不同的物理空间。与之相对的是冯·诺依曼结构 (又称普林斯顿结构), 其程序存储器和数据存储器位于同一物理空间。冯·诺依曼结构的单片机指令和数据在同一存储空间, 限制了工作的带宽, 同时数据读取的可靠性也得不到保证。而哈佛结构将两者分开, 从而避免了这种瓶颈效应。Intel 公司的 MCS-51 系列单片机采用了哈佛结构, 但是程序和数据共用一条总线, 在总线上仍然类似有冯·诺依曼结构的瓶颈效应, 不能充分体现哈佛结构的优越性; 而 PIC 系列单片机不仅采用了哈佛体系结构, 还采用了哈佛总线结构, 从而充分地发挥了哈佛结

构的潜在优势,大大提升了系统的运行效率和数据可靠性。上述两种总线结构的对比示意图分别如图 1-1 (a) 和图 1-1 (b) 所示。

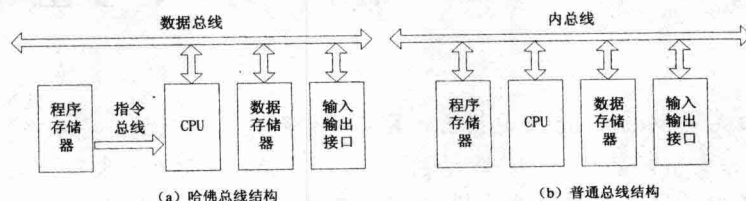


图 1-1 两种总线结构的对比示意图

3. 单字节指令

单字节指令对单片机系统是一个革新性的变化。从系统内部机理来讲,采用普林斯顿结构的单片机数据存储器 and 程序存储器统一编址,共用总线,故 8 位机的指令总线(也即程序总线)必然也是 8 位。但是由于数据线和指令总线的分离,8 位单片机的指令总线可以不是 8 位,即所谓的宽字位指令。高、中、低档的 PIC 单片机的指令位数分别为 16 位、14 位、12 位。ROM 和 RAM 的寻址相对独立,所有的指令实现了单字节化,这样不仅使数据的存取更加安全,运行速度也得到了显著的提高。从应用上来讲,一方面寻址方式变得简单,PIC 单片机只有 4 种寻址方式,而 MCS-51 单片机为 7 种,68HC05 单片机为 6 种;另一方面节省了存储器空间,提高了代码压缩率,与同类单片机相比,相同的存储器空间可以存储更多的指令。

4. 两级流水线指令结构

由于采用了哈佛总线结构,在芯片内部将数据总线和指令总线分离,并且采用了不同的总线宽度,因此在处理一条指令的同时可以对下一条要执行的指令进行预处理,而不必担心与数据读取产生冲突,这样就可以避免瓶颈效应,所谓预处理就是取指令的过程,从而产生了 PIC 单片机的两级流水线结构。如图 1-2 所示,当一条指令被执行时,下一条指令同时被取出,使得在每个时钟周期内可以获得更高的效率。



图 1-2 流水线结构工作示意图

由于 PIC 单片机具有以上 4 点优势, 因此 PIC 单片机的运行速度相对于普通单片机有显著的提高。如图 1-3 所示为几种常用单片机运行速度的比较, 从图中可以看出 PIC 系列单片机的运行速度远远高于其他同档次单片机。

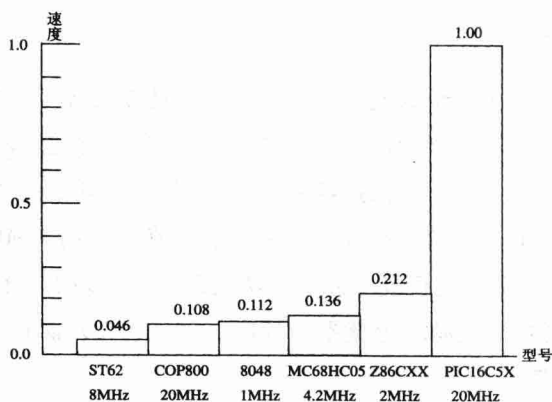


图 1-3 几种常用单片机运行速度的比较

5. 寄存器组结构

PIC 的所有寄存器, 包括 I/O 端口、定时器和程序计数器等均采用 RAM 结构形式, 并且只需要一个指令周期就可以完成访问和操作, 而对于许多其他单片机 (如 MCS-51), 则需要两个或两个以上的周期才能改变寄存器的内容。

6. 一次性可编程 (OTP) 技术

单片机按存储器类型可分为 Mask (掩膜) ROM、OTP (一次性可编程) ROM、Flash ROM 等类型。Mask ROM 的单片机价格便宜, 但程序在出厂时已经固化, 适合程序固定不变的应用场合。同时, 掩膜需要大批量定制, 周期较长, 对小批量的市场需求不能做出快速反应。Flash ROM 的单片机程序可以反复擦写, 灵活性很强, 但价格较高, 适合对价格不敏感的应用场合或做开发用途。OTP ROM 的单片机价格介于前两者之间, 同时又拥有一次性可编程能力, 适合既要求有一定灵活性, 又要求低成本的应用场合。随着市场的竞争越来越激烈, 产品的功能不断翻新, 顾客对产品的需求不断增加, 是否具有快速改变的响应能力对赢得竞争变得相当关键。OTP ROM 可以实现产品上市零等待 (Zero time to market), 并且可以根据用户定制, 满足特定需要。产品定制可以显著提高产品的生命周期, 增强产品的市场竞争力。

7. 其他特性

1) 功耗低

自 20 世纪 80 年代中期以来, 随着 NMOS 工艺单片机逐渐被 CMOS 工艺单片机代替,

功耗得以大幅度下降,同时允许使用的电源电压范围也越来越宽。以 PIC16F87X 系列为例,供电电压为 2.0V~5.5V,当使用 4MHz 晶振,供电电压为 3V 时,耗电电流典型值不超过 6mA;当使用 32kHz 晶振,供电电压为 3V 时,耗电电流典型值为 20mA,睡眠模式耗电电流更是低于 1 μ A。

2) 驱动能力强

I/O 端口驱动负载能力强,灌电流和拉电流最大可达 25mA,可直接驱动发光二极管、光耦等器件工作。在一些低功耗应用场合下,也可以充分发挥这一潜在的优势。例如,在一些低功耗的设计中,希望一些周围的器件在系统待命时不耗电或尽量少耗电,此时即可考虑将这些器件的电源供电由一条 I/O 引脚负责提供,在工作时,MCU 在该引脚上输出高电平(接近 V_{DD}),可带几毫安的负载;进入低功耗模式后,该引脚输出就自动变为低电平(接近 0V),被控器件没有了电源,也就不会耗电,例如 LCD 显示电路、信号调制电路等都非常适合采用此类控制。

3) 片内看门狗(WDT)

无须外接专用看门狗芯片,从而节约了硬件资源。

4) 片上 ADC

片内带 10 位精度的 A/D 转换器。以 PIC16F877 为例,最多可以有 8 个 A/D 通道。

5) 中断丰富

内置 8 级硬件堆栈,支持多种中断源。例如,外部触发中断 INT、TMR0 溢出中断、RB 端口电平变化中断、TMR1 溢出中断、TMR2 中断、CCP1 中断、CCP2 中断、SCI 同步发送中断、SCI 同步接收中断、SSP 中断、SSP 和 I²C 总线冲突中断、并行端口中断、A/D 转换中断及 E²PROM 中断等。

6) 品种齐全,方便选择

PIC 系列单片机目前已形成具有高、中、低 3 档共 50 多种型号的庞大家族,功能灵活多样,能适应多种应用场合的不同需要。

1.2 PIC 单片机的系列产品

PIC 系列微控制器根据其指令总线的位数可分为 12 位(基本级产品)、14 位(中级产品)和 16 位(高级产品)3 种。所有系列的 PIC 微控制器都可提供选择一次性编程(OTP)芯片、低工作电压芯片和低功耗芯片,并且还有各种形式的封装以满足各种应用需要,下面分别介绍。

1.2.1 基本级 PIC 系列单片机

微芯公司目前已开发的 PIC 单片机系列产品可分为基本级、中级和高级 3 档。基本级产品 PIC12CXXX/12CEXXX 和 PIC16C5X/50X 系列单片机采用的是 12 位的 RISC 指令系统, 价格较低, 适用于低成本的应用。在上述两个系列产品中, PIC16C5X 目前的应用很广; PIC12C5XX 则是世界上第一个 8 引脚封装的低价 8 位单片机, 其体积小、功耗低、价格低廉, 在便携式电子产品(如各种 IC 卡、电子身份牌、照相机、充电器、智能传感器、计时器和儿童玩具等)中都得到了广泛的应用。表 1-1 对基本级 PIC 单片机按照引脚数目进行了分类。

表 1-1 基本级 PIC 单片机选择表

引脚数目	型号	功能特点
8	PIC12C508	普通型
	PIC12C509	普通型
	PIC12CE518	E ² PROM
	PIC12CE519	E ² PROM
14	PIC16C505	普通型
18/20	PIC16C52	普通型
	PIC16C54	普通型
	PIC16C56	普通型
	PIC16C58	普通型
	PIC16HV540	高电压 (3.5V~15V)
28	PIC16C55	普通型
	PIC16C57	普通型

1.2.2 中级 PIC 系列单片机

中级产品 PIC14000 和 PIC16C (F) 55X/6X/62X/7X/71X/8X/87X/9XX 采用的是 14 位的 RISC 指令系统, 在 PIC16C5X 的基础上进行了很多改动, 并与 PIC16C5X 系列保持了很好的兼容性。它们有 18~68 引脚各种形式的封装, 是品种最丰富的系列。它们在保持低价的前提下, 增加了温度传感器(如 PIC14000)、A/D 转换器、内置 E²PROM 存储器、Flash 存储器、比较输出、捕捉输入、PWM 输出、I²C 和 SPI 接口、异步串行通信 (USART)、模拟电压比较器和 LCD 驱动等许多功能, 可广泛地应用于各种档次的电子产品中。表 1-2 对中级 PIC 单片机按照引脚数目进行了分类。

表 1-2 中级 PIC 单片机选择表

引脚数目	型 号	功 能 特 点
8	PIC12C671	8 位 ADC
	PIC12C672	8 位 ADC
	PIC12CE673	E ² PROM、8 位 ADC
	PIC12CE674	E ² PROM、8 位 ADC
18/20	PIC16C554	普通型
	PIC16C558	普通型
	PIC16C432	LIN 总线、比较器
	PIC16C433	LIN 总线、8 位 ADC
	PIC16C620	电压比较器
	PIC16C621	电压比较器
	PIC16C622	电压比较器
	PIC16CE623	E ² PROM、电压比较器
	PIC16CE624	E ² PROM、电压比较器
	PIC16F627	Flash、E ² PROM、比较器、PWM、AUSART
	PIC16F628	Flash、E ² PROM、比较器、PWM、AUSART
	PIC16C710	8 位 ADC
	PIC16C711	8 位 ADC
	PIC16C715	8 位 ADC
	PIC16C712	8 位 ADC、CCP
	PIC16C716	8 位 ADC、PWM、CCP
	PIC16C717	10 位 ADC、ECCP、M ² C/SPI
	PIC16C781	8 位 ADC、比较器、运放、DAC
	PIC16C782	8 位 ADC、比较器、运放、DAC、PSMC
	PIC16C770	12 位 ADC、PWM、M ² C/SPI
	PIC16C711	12 位 ADC、PWM、M ² C/SPI、ECCP
	PIC16F83	Flash
	PIC16F84	Flash
	PIC16F85	Flash、8 位 ADC、比较器
	PIC16F86	Flash、8 位 ADC、比较器
	PIC16F812	Flash、8 位 ADC、CCP
	PIC16F816	Flash、8 位 ADC、CCP
28	PIC16C62	I ² C/SPI、CCP
	PIC16C63	PWM、USART/I ² C/SPI、CCP
	PIC16C66	PWM、USART/I ² C/SPI、CCP
	PIC16C642	比较器
	PIC16C72	8 位 ADC、PWM、USART/I ² C/SPI、CCP
	PIC16F73	Flash、8 位 ADC、PWM、USART/I ² C/SPI、CCP

(续表)

引脚数目	型 号	功能特点
28	PIC16F76	Flash、8 位 ADC、PWM、USART/I ² C/SPI、CCP
	PIC16C745	8 位 ADC、PWM、USART、USB1.1、CCP
	PIC16C773	12 位 ADC、PWM、AUSART/MI ² C/SPI、CCP
	PIC16C870	Flash、PWM、10 位 ADC、AUSART、CCP
	PIC16F872	Flash、PWM、10 位 ADC、MI ² C/SPI、CCP
	PIC16F873	Flash、PWM、10 位 ADC、AUSART/MI ² C/SPI、CCP
	PIC16F876	Flash、PWM、10 位 ADC、AUSART/MI ² C/SPI、CCP
	PIC14000	混合信号处理、8 位 ADC、DAC、温度传感器、比较器、I ² C/SMB
40/44	PIC16C64	CCP、USART/I ² C/SPI
	PIC16C65	CCP、USART/I ² C/SPI
	PIC16C67	CCP、USART/I ² C/SPI
	PIC16C661	比较器
	PIC16C662	比较器
	PIC16C74	8 位 ADC、CCP、USART/I ² C/SPI
	PIC16C77	8 位 ADC、CCP、USART/I ² C/SPI
	PIC16C765	CCP、USB1.1、USART
	PIC16C774	12 位 ADC、比较器、AUSART/MI ² C/SPI、CCP
	PIC16F74	Flash、8 位 ADC、PWM、USART/I ² C/SPI、CCP
	PIC16F77	Flash、8 位 ADC、PWM、USART/I ² C/SPI、CCP
	PIC16F874	Flash、10 位 ADC、PWM、AUSART/MI ² C/SPI、CCP
	PIC16F877	Flash、10 位 ADC、PWM、AUSART/MI ² C/SPI、CCP
	PIC16C923	I ² C/SPI、CCP、LCD 显示模块
64/68	PIC16C924	8 位 ADC、PWM、I ² C/SPI、CCP、LCD 显示模块
	PIC16C925	10 位 ADC、PWM、I ² C/SPI、CCP、LCD 显示模块
	PIC16C926	10 位 ADC、PWM、I ² C/SPI、CCP、LCD 显示模块

1.2.3 高级 PIC 系列单片机

高级产品 PIC17CXX 和 PIC18C (F) XXX 系列采用的是 16 位的 RISC 指令系统 (其中, PIC18FXXX 为 Flash 型)。PIC17CXX 和 PIC18C (F) XXX 系列均被列入目前世界上运行最快的 8 位单片机, 具备一个指令周期内 (最短 160ns) 完成 8 位×8 位二进制乘法的能力, 可在一些需要高速数字运算的场合取代 DSP 芯片。它们已成为目前 8 位单片机中性能最高的机种之一, 可广泛地应用于各种高、中档电子产品中。表 1-3 对高级 PIC 单片机按照引脚数目进行了分类。

表 1-3 高级 PIC 单片机选择表

引脚数目	型 号	功能特点
8	PIC18F010	Flash、8×8 乘法器
	PIC18F020	Flash、8×8 乘法器
	PIC18F012	Flash、8×8 乘法器、10 位 ADC
	PIC18F022	Flash、8×8 乘法器、10 位 ADC
28	PIC18F232	Flash、10 位 ADC、CCP、8×8 乘法器、USART/MI ² C/SPI
	PIC18F248	Flash、10 位 ADC、PWM、CCP、CAN2.0B、AUSART/MI ² C/SPI
	PIC18F258	Flash、10 位 ADC、PWM、CCP、CAN2.0B、AUSART/MI ² C/SPI、8×8 乘法器
	PIC18C/F242	Flash、10 位 ADC、PWM、CCP、CAN2.0B、AUSART/MI ² C/SPI、8×8 乘法器
	PIC18C/F252	10 位 ADC、PWM、CCP、AUSART/MI ² C/SPI、8×8 乘法器
40/44	PIC17C (R) 43	PWM、USART、CAPTURE、8×8 乘法器、EMA
	PIC17C (R) 42	CCP、EMA、8×8 乘法器、USART
	PIC17C44	PWM、USART、CAPTURE、8×8 乘法器、EMA
	PIC18C/F442	10 位 ADC、PWM、AUSART/MI ² C/SPI、CCP、8×8 乘法器、PSP
	PIC18F432	10 位 ADC、USART/MI ² C/SPI、CCP、8×8 乘法器
	PIC18C/F452	10 位 ADC、PWM、AUSART/MI ² C/SPI、CCP、8×8 乘法器、PSP
	PIC18F448	10 位 ADC、PWM、比较器、AUSART/MI ² C/SPI、CAN2.0B、CCP/ECCP、8×8 乘法器、PSP
	PIC18F458	10 位 ADC、PWM、比较器、AUSART/MI ² C/SPI、CAN2.0B、CCP/ECCP、8×8 乘法器、PSP
64/68	PIC17C752	10 位 ADC、PWM、USART (2) /MI ² C/SPI、8×8 乘法器、EMA、CAPTURE
	PIC17C756	10 位 ADC、PWM、USART (2) /MI ² C/SPI、8×8 乘法器、EMA、CAPTURE
	PIC18F6520	10 位 ADC、比较器、PWM、2AUSART/MI ² C/SPIC/SPI、CCP、PSP、8×8 乘法器
	PIC18F6620	10 位 ADC、比较器、PWM、2AUSART/MI ² C/SPI、CCP、PSP、8×8 乘法器
	PIC18F6720	10 位 ADC、比较器、PWM、2AUSART/MI ² C/SPI、CCP、PSP、8×8 乘法器
	PIC18C658	10 位 ADC、比较器、PWM、AUSART/MI ² C/SPI、CCP、PSP、8×8 乘法器、CAN2.0B
	PIC18C601	10 位 ADC、PWM、AUSART/MI ² C/SPI、CCP、EMA、8×8 乘法器、ROMless
80/84	PIC17C762	10 位 ADC、PWM、USART (2) /MI ² C/SPI、CAPTURE、EMA、8×8 乘法器
	PIC17C766	10 位 ADC、PWM、USART (2) /MI ² C/SPI、CAPTURE、EMA、8×8 乘法器
	PIC18F8520	10 位 ADC、比较器、PWM、2AUSART/MI ² C/SPI、CCP、PSP、EMA、8×8 乘法器
	PIC18F8620	10 位 ADC、比较器、PWM、2AUSART/MI ² C/SPI、CCP、PSP、EMA、8×8 乘法器
	PIC18F8720	10 位 ADC、比较器、PWM、2AUSART/MI ² C/SPI、CCP、PSP、EMA、8×8 乘法器
	PIC18C858	10 位 ADC、比较器、PWM、AUSART/MI ² C/SPI/CAN2.0B、CCP、PSP、8×8 乘法器
	PIC18C801	ROMless、10 位 ADC、PWM、CCP、8×8 乘法器、AUSART/MI ² C/SPI

1.3 PIC16F87X 单片机的硬件结构

PIC16F87X 是微芯公司于 1998 年底推出的一款特色鲜明的 MCU 子系列，其突出优点是内部集成了一个在线调试器 (In Circuit Debugger)，可以实现在线调试和在线编程，这是