

PIC单片机



轻松入门

李金雄 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

PIC单片机 轻松入门

李金雄 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

当今微控制器已广泛应用在各工业领域中，其应用技术成为现代电子工程师必须掌握的知识。PIC 的 8 位单片机，短短几年从默默无闻，一跃成为世界应用最广的智能产品。本书以简单初级的基本机型为起始点，循序渐进地介绍 PIC 单片机，从基本原理、简单编程、系统编译、软件仿真、调试烧写，直至低价位地动手搭接电路试验。能使初学者简单易学地进入 PIC 单片机领域，减少学习障碍并提高兴趣，最终掌握整体 PIC 单片机开发技术。书中列出多种级别的 PIC 单片机，便于多了解、认识各类型的技术特点，为选择性开发 PIC 单片机，打下坚实基础。

图书在版编目 (CIP) 数据

PIC 单片机轻松入门/李金雄编著. —北京: 中国电力出版社, 2013. 4

ISBN 978-7-5123-4205-7

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 055042 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 6 月第一版 2013 年 6 月北京第一次印刷

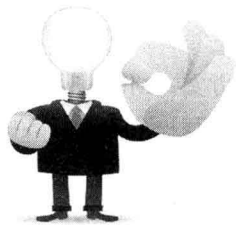
787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.5 印张 472 千字

印数 0001—3000 册 定价 38.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前言

在人们现代的日常生活中，单片机（又称微控制器、嵌入式微处理器等，符号：MCU， μC ）应用无处不在，如住宅的防盗门禁系统、电器遥控器、电视机、电饭煲等控制电路，都含有微控制器。从流行的手机、MP3、游戏机大到复杂的航天飞机控制电路，都离不开嵌入式微处理器。在一辆中高档轿车控制电路中，就集合了几十个单片机系统，完善车辆的智能控制、提高产品档次和经济效益。单片机的核心是微处理器，但与计算机的处理器不同，单片机控制系统将微处理器嵌入到各实际专业领域的控制对象电路中，以操作电子元件执行相应的任务，用高度自动化代替人类复杂、烦琐和机械式的工业控制。单片机诞生于20世纪70年代。所谓单片机是利用大规模集成电路技术把中央处理单元（Center Processing Unit，即常称的CPU）和数据存储器（RAM）、程序存储器（ROM）及其他I/O通信口集成在一块芯片上，构成一个最小的计算机系统，再加上中断单元，定时单元及A/D转换等更复杂、更完善的电路，使得单片机的功能越来越强大。单片机嵌入式技术被广泛应用于通信、消费电子、医疗电子、交通系统等领域，目前已经成为发展最迅速的计算机技术，是公认的当前最有发展前途的IT应用领域之一。与国际先进工业国家相比，我国单片机技术发展仍有较大距离。因此，学习和应用单片机技能有着广阔的前景。培养单片机应用人才，特别是在电子工程技术人员中普及单片机知识有着重要的现实意义。据有关权威部门联合统计指出，我国目前单片机技术人才缺口每年为50万人左右，仅在上海缺口就达到近10万人。由于单片机应用技术领域较新，行业发展太快，掌握新技术的单片机人才显得格外稀缺，因此市场将提供非常乐观的就业机会和就业前景。

如何在众多种类的单片机中选择适合的品种，本书推荐PIC单片机。因为在这众多微控制器生产厂商中，PIC单片机的系列型号多、开发工具完善且成本较低和系统指令少，具有易学、易上手等特点。在技术方面，PIC系列微控制率先推出采用精简指令集计算机RISC（Reduced Instruction Set Computer）、哈佛双总线和两级指令流水线结构的高性能价格比的8位嵌入式控制器。使其能高速度（每条指令最快可达160ns）、低电压（最低工作电压可为3V）、低功耗（3V，32kHz时15 μA ）、较大的输入输出直接驱动LED能力（灌电流可达25mA）、一次性编程OTP（One Time Programmable）芯片的低价位、仅30余条简单指令，易学易用等，都体现了微控制器工业发展的新趋势。促使PIC系列微控制器近年来在世界微控制器市场份额排名中逐年升位，在8位微控制器市场，已从1990年的第20位提高到目前的第2位，以致成为一种新的8位微控制器的世界标准和最有影响力的主流嵌入式控制器。PIC系列微控制器的多种类、型号的单片机，对不同类型、档次的产品，采用了这个系列的芯片后都能得到比较满意的解决方案。根据业界知名市场调查机构Gartner Dataquest 2006年的市场排名，Microchip Technology Inc.（美国微芯科技公司）勇夺全球单片机8位单片机销售额冠军，巩固了其作为全球单片机8位单片机市场占有率领头羊的地位。事实上，Microchip自2002年以来就一直位列全球单片机出货量之首。拥有超过1400款的单片机产品，Microchip能够提供全部8位、16位、32位MCU的

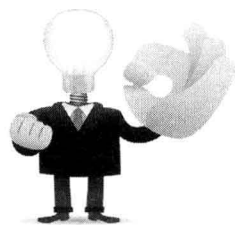
解决方案。Microchip 提供灵活的存储器技术、易于使用的开发工具、完备的技术文档和设计支持，并有一个遍布世界的销售代理网络。从 1990 年至今在全球，已销售超过 60 亿枚 PIC 单片机和 60 万套开发系统，受到客户的广泛认可。

单片机是把一个计算机基本的硬件系统，精简、集合到一块集成电路的芯片上，从而形成一个完整的超微型计算机控制模块。目前称呼的单片机即是单片微型计算机（Single Chip Microcomputer）的简称。单片机是一种用来开发的去控制外围设备的集成电路（IC），一种具有分散作用（多任务）功能的 CPU。与人类相比，其大脑就是 CPU，PIC 共享的部分相当于人的神经系统，经 I/O 口与外部建立关系。单片机作为应用系统中的控制部件使用，于 20 世纪 80 年代开始进入我国，当时较有影响的是 INTEL 的 MCS-48 系列和 Zilog 公司的 Z80 系列，20 多年来单片机获得了飞速的发展。现在，单片机做在微控制器芯片上的外设部件越来越多，功能不断增强，具有单片化、体积小、功耗低、可靠性高、芯片上的资源丰富等特点。针对具体的应用，利用微控制器可以设计出十分复杂的系统，所以它的用处不仅深入，而且广泛。目前单片机已经渗入到工农业生产，国防军事，教育科研等诸多领域，形成了计算机领域的一个重要分支。

美国微芯科技公司（Microchip Technology Inc.）研制的 PIC 系列单片机已成为当今世界最流行的机型，PIC 是英文 Peripheral Interface Controller 的缩写，直译为外围接口控制器。PIC 系列单片机产品的卓越性能，使其成为近年来在世界同行内发展最快的一种微控制器（Microcontroller），由于采用一些突破性变革技术，在运行速度和精简指令方面取得巨大优势。

书中以介绍应用性最广 PIC 型 8 位机为主要内容，与其他只论述单一型号的书籍不同，本书从基本级开始起步，从基础再过渡到中高级，总体地介绍 PIC 系列单片机，使开发者能轻松地入门，提高学习 PIC 单片机兴趣，循序渐进地掌握单片机应用技能，并能顺利地深入学习，还能使大家全面了解、认识 PIC 系列单片机，便于有针对性地开发某一型号产品。目前市面的关于 PIC 单片机书籍，多数以介绍流行的中档机某一型号为内容，起点高，结构复杂、抽象，使人难以理解，缺少入门基础环节，不利于技术人员学习、开发 PIC 单片机；而当今 PIC 的各类机型，已发展成庞大的家族体系，局限于一种型号的内容过于狭窄，不利于技术人员择机开发应用，只有对 PIC 机系列产品有大体上的认识，才能择机开发。本书由浅入深，有代表性地讲解了 PIC 单片机技术的特点、开发技巧和应用方法，从基本级的 PIC16C5X 基础入门，然后过渡到 PIC 系列样机。

编者



目 录

前言

第 1 章 PIC 微控制器概述	1
1.1 简介	1
1.2 PIC 单片机发展状况	2
1.3 PIC 单片机 8 位机系列产品	3
1.3.1 基本级系列	4
1.3.2 中级系列	4
1.3.3 高级系列	5
1.3.4 PIC 单片机后期产品的特点和功能	7
1.4 单片机构成与作用	8
1.4.1 单片机基本构成	8
1.4.2 单片机如何工作	8
1.5 单片机的编程语言	10
1.6 PIC 单片机的技术特点	11
1.6.1 双总线结构	11
1.6.2 两级指令流水线结构	12
第 2 章 基本级 PIC 机的硬件结构	14
2.1 PIC16C5XX 的特征参数	14
2.2 PIC16C5XX 的类型	15
2.2.1 PIC16C5X 系列	15
2.2.2 PIC16C5X 系列 I/O □	17
2.2.3 PIC16C5XX 系列类型	17
2.3 PIC16C5XX 内部结构	18
2.3.1 PIC16C5X 系列架构	18
2.3.2 中央处理器 CPU 与总线 BUS 的概念	20
2.3.3 程序存储器的构成	21
2.3.4 数据寄存器的组成	24
2.3.5 装置性器件	32
2.3.6 单片机的功能电路	37
2.3.7 硬件部分小结	46
第 3 章 PIC 基本级的指令系统	48
3.1 指令概述	48

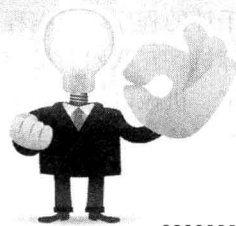
3.2	指令分类	49
3.3	指令格式	50
3.4	基本级指令系统	50
3.4.1	六位操作码指令	51
3.4.2	四位操作码指令	58
3.4.3	多位操作码指令	62
3.5	指令寻址方式	63
3.5.1	立即数寻址	63
3.5.2	直接寻址	64
3.5.3	位寻址	64
3.5.4	寄存器间接寻址	64
3.6	PIC 基本级指令集	65
第4章 PIC 编程及实际操作		68
4.1	单片机程序设计基础	68
4.1.1	常用设置	68
4.1.2	PIC 部分功能子程序	69
4.1.3	常用伪指令	73
4.2	PIC 项目开发实践	75
4.2.1	单片机的编程初步	75
4.2.2	简单应用编程举例	76
4.2.3	开发工具简介	78
4.2.4	MPLAB IDE 集成开发环境	79
4.3	调试简单的项目	80
4.3.1	MPLAB IDE 安装与组成	80
4.3.2	项目创建步骤	81
4.3.3	系统设置及调试准备	85
4.3.4	项目文件及管理	86
4.3.5	编译项目	90
4.4	软件模拟与脱机运行	97
4.4.1	MPLAB SIM 软件模拟器	97
4.4.2	模拟器的一些高级特性	103
4.4.3	在编程器模式下烧写目标代码	110
4.5	搭建简易试验电路	119
4.5.1	动手试验的必要性	120
4.5.2	准备实验材料	120
4.5.3	实验电路	121
4.5.4	单片机上机实验	123
4.5.5	PIC 电路的调试运行	124
第5章 PIC 机编程与应用		126
5.1	PIC 单片机编程的基础	126
5.1.1	编程的方法与步骤	126
5.1.2	编程的基础	127
5.2	PIC 编程的注意事项	128

5.2.1	字母的大小写问题	128
5.2.2	程序中注释、名称的表达	128
5.3	PIC 单片机编程	130
5.3.1	程序流程图	130
5.3.2	PIC 单片机程序格式	132
5.4	PIC 的部分功能应用举例	135
5.4.1	监视定时器控制电路	135
5.4.2	双输入开关控制电路	138
5.4.3	验证程序指针 PCL 跑飞	146
5.4.4	巧用 RTCC 作计时器	151
5.4.5	睡眠电路应用与模块的编程形式	156
5.5	PIC 应用范例	161
5.5.1	基本运算程序的编译和验证	161
5.5.2	若干例 PIC 基本运算符程序	171
第 6 章	PIC 分区与伪指令	176
6.1	PIC 单片机的分区	176
6.1.1	存储体的分区机制	176
6.1.2	程序空间的分页存储体	177
6.1.3	数据存储体分体	181
6.1.4	两存储体分区各自特点	184
6.2	PIC 分区机型的演练	184
6.2.1	多存储页机型的编程	184
6.2.2	分区机型程序的编译	190
6.2.3	程序页面的相互转换	191
6.2.4	多页码应用例题	193
6.2.5	分区机型的伪指令应用	221
6.3	PIC 系列单片机的伪指令	225
6.3.1	部分伪指令应用举例	225
6.3.2	数据伪指令	230
6.3.3	控制伪指令	231
6.3.4	条件汇编伪指令	233
6.3.5	宏伪指令	233
6.3.6	目标文件伪指令	234
6.4	宏汇编	234
6.4.1	宏指令	234
6.4.2	宏应用	236
6.4.3	宏汇编器 MPASM 伪指令总表	243
第 7 章	PIC 基本级应用小结	249
7.1	单片机的管脚处理	249
7.1.1	闲置的管脚处理	249
7.1.2	单片机的上、下拉电阻	249
7.2	PIC 机 I/O 口的操作特点	250
7.2.1	I/O 口之间的连接	250

7.2.2 I/O口的读写操作	251
7.3 单片机的可靠性设计	254
7.3.1 PIC芯片可靠性的测试	254
7.3.2 软件代码的稳定性	255
7.3.3 硬件电路测试	256
7.4 单片机抗噪声与电磁干扰的方法	256
7.4.1 电路板的设计制作方面	256
7.4.2 电路设计和元件选择方面	257
7.4.3 外界强干扰环境	257
7.5 PIC开发常见问题及经验交流	257
7.5.1 PIC实践过程中常见问题	258
7.5.2 单片机的仿真实践	260
7.5.3 PIC与其他单片机的区别	262
7.5.4 PIC开发经验交流集	264

第1章

PIC微控制器概述



PIC 产品是个庞大家族体系,拥有多种系列不同类型的单片机,如何选择学习认识这种片子?不少学过 PIC 单片机的人都会这样感叹:学 PIC,还是要从 54 开始!这里说的 54 就是指 PIC 单片机基本级的一个较典型的机型——PIC16C54。此型号单片机端口引脚少、整体结构简单直观,仅处理器、存储器、输入/输出接口和一只计数/计时器;编程操作方便,仅 30 余条操作指令,无涉及众多功能部件模块复杂内容、也没有内部寄存体选择、程序页转换等抽象难理解的、麻烦的问题。PIC16C54 是 PIC 系列机中最简单基本的机型之一,可作为单片机入门学习或认识 PIC 系列产品机的良好起始点。从基本级样机学习单片机的基本知识,无论在硬件电路还是程序软件,复杂性相对低且入门快,学习障碍小,动手试验费用低,是个切实可行的方法。

闪存的 PIC16F5X 推出后,学习、开发 PIC 基本级更方便、可行。PIC16C54 单片机在一些较简单的产品中得到广泛应用,具体使用范例很多,产品成熟、质量稳定,很容易找到相关的学习、借鉴的参考资料。可以说 PIC16C54 型号为基础级代表产品,其他型号就是建立在其基础上丰富发展的。尤其目前已产生出带 FLASH 功能 PIC16F54,不仅做到 54 片子易学习,而且方便动手开发调试。本部分主要以 PIC16C5X 系列的 PIC16C54 型号的结构为内容,兼顾其他型号,从 0 开始介绍 PIC 微控制器入门知识。

1.1 简介

现代科技工艺的超大规模集成电路智能技术,不仅做到在一块芯片上就能集成计算机的一些最基本功能,如运行程序的中央处理器(CPU)、存储可变数据的随机存取存储器(RAM)、可擦除的编程只读存储器(EPROM)、电路输入/输出接口(I/O)、基本功能的定时器和中断控制器等,而且可以实现 A/D 转换、数字通信、比较捕捉、EEPROM 和 FLASH 存储、乘法运算等强大功能。单片机作用日趋强大,可以触及到各个领域电器设备中。单片机已成为计算机系统独立且重要的一个分支系统。单片机可以把计算机部分的 CPU、内存、输入和输出等都做一个芯片内,再加上一些专业电路模块,使整个控制电路功能灵活方便、性能可靠和模块紧凑小巧。所以它在工业领域迅速得以推广。目前,我国科技部已经将嵌入式软件列入国家重大专项“核高核”的内容中。据悉,长三角嵌入式系统与软件产业联盟正在积极筹备中,该联盟将充分集合了上海、江苏和浙江在嵌入式技术上的优势,打造一条融合研发、产业应用以及制造的嵌入式系统产业链。单片机体积虽然小但商机无限,目前在中国,嵌入式软件产业的产值已达几千亿元人民币。

嵌入式系统工作起来效率很高,功能也自由定义,还可以灵活地适应不同的控制要求,而不必在电路上去更换不同的 IC。单片机体积小、功能全、成本低、功耗小,容易“嵌入”(或隐藏)工业产品的电路中。单片机也称为“嵌入式控制器或嵌入式系统”。特别是需要把所有或大

部分功能元件都集中在一枚芯片上的时候，单片机便可在众多行业中大显身手，深受现代电子工程师的推崇。当把单片机植入到产品后有如人类头脑的智能作用，可极大提高其功能与作用，能起到使产品升级换代的功效，这类产品名称前常被冠以智能型。微控制器（MCU）能运行数以千计的程序，经编程后可以执行传统电子元器件难以承担的任务，所以也有人称单片机是继计算机、互联网后最伟大的技术发明。单片机的强大功能使其能迅速广泛地应用在航天航空、军事、机械电力和家用电器等现代工业中，常见的如计算机、数码相机、手机、摄像机、自动应答系统、激光打印机、特殊功能电话、各类智能型仪器仪表、高科技冰箱、洗碗机及洗衣干衣机、电动玩具等，极大提高了产品的自动化程度。根据总线或数据寄存器的宽度，单片机又

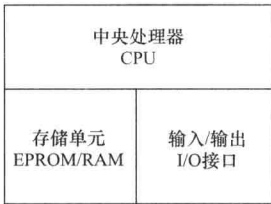


图 1-1 单片机最基本组成

分为 4 位、8 位、16 位和 32 位单片机。4 位单片机多用于冰箱、洗衣机、微波炉等家电控制中，已过时淘汰；8 位、16 位单片机主要用于一般的控制领域，一般不使用操作系统；32 位用于网络操作、多媒体处理等复杂处理的场合，一般要使用嵌入式操作系统。

单片机貌似块集成片，实质是个微型机，具备计算机的三个最基本的组成单元，即中央处理器 CPU、存储器、I/O 口，如图 1-1 所示。在此基础上集成其他功能的外围设备模块，形成一系列专业性强的控制器产品。

其中中央处理器（CPU）是微控制器的核心，负责指挥整个单片机工作，读取指令和执行指令，可进行数据运算、操作控制和整体协调等。存储单元包含程序存储单位和数据存储单位，单片机取程序指令而工作的。电路输入/输出接口（I/O）与外围电路联系桥梁，单片机通过这个桥梁读取和输出外围数据，是单片机与外界进行交换的最基本通道。

1.2 PIC 单片机发展状况

PIC 单片机是由美国微芯科技公司（Microchip Technology Inc.）开发、生产的微控制器系列产品，采用了 RISC 结构的嵌入式微控制器、运用哈佛总线结构，高速度、精简指令技术等都体现出单片机产业的新趋势；加上低电压、低功耗、大电流 LCD 驱动能力高运行率和低成本、90%良品率，得到国际电子行业内普及、认可。在短短几年时间里，PIC 单片机的销售量迅速发展世界前茅，显示 PIC 单片机产品的巨大优势，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。

早期的 PIC 单片机 8 位机和 16 位机系列，共有上百种不同型号、不同档次的产品，是品种最多的单片机，可适用于各类不同的产品中，以满足不同客户的需求，如图 1-2 所示。如电饭煲控制电路、摩托车点火器、时钟显示控制等，只需要基本级的产品；若用于复杂的工业生产线中，如温度、流量、速度等多参数的控制，就必须选择中级以上产品。对于 PIC 单片机开发者来说，如何在众多类型中，选择自己适合的型号至关重要，以提高产品开发的性价比，节约投资和有效利用资源。尽管 PIC 单片机有不同的档次和型号，但其最基本的组成则大同小异，保持较好的兼容性，有宽阔的选择性并使用方便。PIC 型的 8 位单片机具有指令少，具有学习容易、上手快等特点，学习 PIC 单

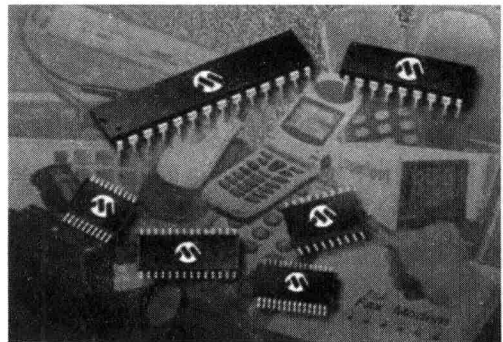


图 1-2 PIC 单片机

片机有不同的档次和型号，但其最基本的组成则大同小异，保持较好的兼容性，有宽阔的选择性并使用方便。PIC 型的 8 位单片机具有指令少，具有学习容易、上手快等特点，学习 PIC 单

片机是不错的选择。Microchip 公司的一系列产品的技术指标、参数，可查阅该公司的产品手册，或在网址 www.microchip.com 上查找下载。PIC 系列微控制器根据指令总线的位数，可分为 12 位（编号 PIC12CXX，16C5X 基本级）、14 位（编号 PIC16C6X，16C7X，16F87X 中等级）、16 位（编号 PIC17CXX，18CXX 高等级）三个级别。上述的三层次（级）的 PIC8 位单片机还具有很高的代码兼容性，用户很容易将代码从某型号转换到另一个型号中。

8 位机、16 位机之后，Microchip 推出新型 32 位微控制器系列。PIC32 机，具备更大的存储容量，其引脚、周边和软件能与 16 位微控制器/数字信号控制器系列产品兼容。新 PIC32 系列获 Microchip MPLAB 整合开发环境的全面支持，可简化升级过程。MPLAB 整合开发环境支持 Microchip 8、16 和 32 位全系列元件。PIC32 系列设有 7 款新型通用型元件，能够在 72MHz 频率下操作，并提供 512KB 闪存和 32KB 随机存。

2008 年年中，单片机和模拟半导体供应商——Microchip Technology Inc.（美国微芯科技公司）宣布推出由单一集成开发环境——免费的 MPLAB® IDE 支持的业内最完整的 8 位、16 位及 32 位 USB 单片机（MCU）产品线。在丰富的 8 位 USB PIC 单片机产品基础上，Microchip 现又推出全新的低功率 16 位 PIC24F USB 单片机系列，该系列器件与新的 80MHz 高性能 32 位 PIC32 USB 单片机系列在引脚、外设及软件方面完全兼容。此外，Microchip 还推出了低成本、占位面积小的 PIC18F1XK50 系列以扩展其 8 位 USB 低端产品线。整个 USB PIC 单片机系列均由免费的 USB 软件栈及 USB 类驱动程序支持。

USB 在个人计算机市场得到的广泛采用推动了大量基础设施和用户平台的研发。因此，嵌入式设计人员迅即将 USB 作为消费类及工业类应用的外部连接接口之选。以 USB 代替如 RS232 之类的传统的通信接口，工程师即可在保持低设计及制造成本的同时为其产品添加新的功能。与个人计算机市场不同，嵌入式应用需要通过接口实现其多功能性。较简单的嵌入式系统可能只需要发挥外设的作用，而其他的则需要提供 USB 主机功能或在不同情况下同时支持两种功能。Microchip 为设计人员提供了一应俱全的单片机产品，使他们可以选择适当的器件实现其 USB 应用任务。图 1-3 所示为 USB 单片机外形。

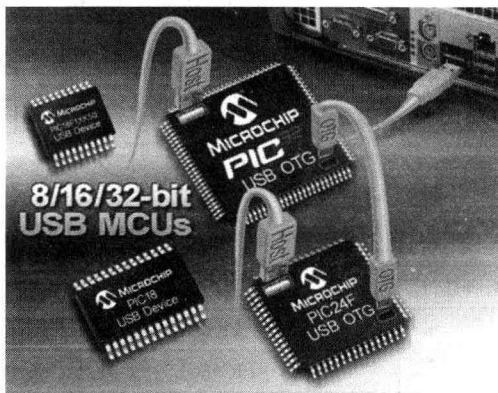


图 1-3 USB 单片机外形

1.3 PIC 单片机 8 位机系列产品

单片机 PICXX 序列命名：①前缀 PIC 是 MICROCHIP 公司产品代号；②XX 是二位数字符号，指各位单片机的代号。系列代号有：10、12、16、18、24、30、33、32。PIC10、PIC12、PIC16、PIC18 为 8 位单片机；PIC24、dsPIC30、dsPIC33 为 16 位单片机；PIC32 为 32 位单片机。

其中，dsPIC 为集成 DSP（数字信号处理芯片）功能的 PIC 单片机。

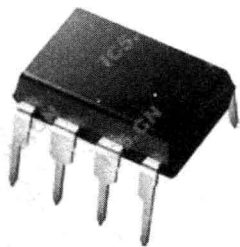
PIC 单片机较早期的系列产品可分 5 种，以各机型号码前缀分类：①PIC12 的，8 引脚系列；②PIC16C5X，是基本级系列；③PIC16C6X/7X/8X 的，属中级系列；④PIC17C 的，高级系列；⑤PIC18C 的，扩展（高端新产品）系列等。PIC 单片机引脚也是多品种的，有（引脚）8/14/18/20/28/40/44/64/68/80/84 等。可见 PIC 8 位单片机品种规格是十分齐全的，做到便于

产品的推广利用，在一种品牌范围内，可找到合适的类型，方便选择开发，便成为目前 8 位单片机中性能最高的机种之一，很适用于高、中档的电子设备中使用。

建议初学者不要一开始就学 PIC 高档复杂的单片机，太多功能、太多管脚会令人头晕心乱。建议先学 PIC10、PIC12、PIC16 的基本级系列单片机。但也不建议初学者开始学就用 C 编写。如果你不了解单片机内部结构和指令（指令就是汇编），那你永远也没法学懂单片机（无论是什么类型的单片机）。

1.3.1 基本级系列

基本级产品采用 12 位的 RISC 指令系统，该级产品的特点低价位，很适应低造价、低要求的商品开发、应用。对于初学者来说，也是应该首先关注的。基本级产品有 PIC12CXXX/12CEXXX、PIC16C5X/50X，适用于各种对成本要求严格的普通小电器产品应用，特别是 PIC16C5X 目前应用十分广泛。PIC12C5XX 是世界第一个 8 脚的低造价单片机，只有 512 字节 ROM、25 字节 RAM、一个 8 位定时器、一根输入线、5 根 I/O 线，是世界上体积最小的单片机，能灵活方便地嵌入各种小型控制电路内，样品如图 1-4 所示。低价位、小体积和指令简单，完全可以应用在以前受限制而不能使用单片机的普通电器等一些简单产品中，极大地提高 PIC 单片机使用范围。表 1-1 为基本级 PIC 单片机系列型号目录。



Device	Memory	
	EPROM Program	RAM Data
PIC12C508	512×12	25
PIC12C508A	512×12	25

图 1-4 PIC12C508 单片机外形及数据

表 1-1 基本级 PIC 单片机系列型号目录

引脚数目	型号	类型
8	PIC12C508、PIC12C509	普通型
	PIC12CE518、PIC12CE519	EEPROM
14	PIC16C505	普通型
18/20	PIC16C52、PIC16C54、PIC16C56、PIC16C58	普通型
	PIC16HV540	高电压型 (3.5~15V)
28	PIC16C55、PIC16C57	普通型

1.3.2 中级系列

PIC 中级品家族有 PIC16C/55X/6X/7X/71X/8X/87X/9XX，该级产品是 PIC 最丰富的品种系列，采用 14 位的 RISC 指令系统。它是在基本级产品上进行了改进升级，并保持了很高的兼容性。外部结构也是多种的，从 8 引脚到 68 引脚的各种封装，以及由低级至高级的外围集成的一系列产品。如 PIC12C6XX 只有 8 引脚，其他分别有 8 引脚到 68 引脚。该级产品其性能很高，在推出了新的 PIC16CXXX 家族成员后，Microchip 现已在该产业中具备向单片机提供最高性能的 12 位模拟数字转换器能力的供应商。该系列具备 14 位宽指令集，中断处理能力及 8 级硬件深堆栈。PIC16XXX 家族提供了高性能及多功能的中档应用产品，以适应当今市场的价格竞争。如内部普遍带有 A/D 变换器、EPROM 程序存储器、电压比较器、PWM 输出、CCP、I²C 和 SPI 等接口；

PIC16C9XX 还另带有 LCD 显示模块、PIC14000 混合信号处理器、温度传感器。PIC 中级系列产品适用于各种高、中和低档的电子产品的设计中。表 1-2 为 PIC 单片机中级系列型号目录。

表 1-2 PIC 单片机中级系列型号目录

PIC12CXXX 单片机	PIC12C6XX 单片机	PIC12C671、PIC12C672	
PIC16CXXX 单片机	PIC16C55X 单片机	PIC16C554、PIC16C558	
	PIC16C43X 单片机	PIC16C432 PIC16C433	
	PIC16C6X 单片机	PIC16C62、PIC16C63、PIC16CR63、PIC16C64A、PIC16CR64、PIC16C65A、PIC16CR65、PIC16C66、PIC16C67、PIC16C62B	
	PIC16C62X/64X/66X 单片机	PIC16C620 (A)、PIC16C621 (A)、PIC16C622 (A)	
		PIC16C642、PIC16C662	
	PIC16CE62X 单片机	PIC16CE623、PIC16CE624、PIC16CE625	
	PIC16F62X 单片机	PIC16F627、PIC16F628	
	PIC16C71X 单片机	PIC16C71、PIC16C710、PIC16C711、PIC16C715 PIC16C712、PIC16C716、PIC16C717	
	PIC16C7X 单片机	PIC16C72、PIC16CR72、PIC16C72A、PIC16C73 (B)、 PIC16C74 (B)、PIC16C73A、PIC16C74A、PIC16C76、PIC16C77	
	PIC16F7X 单片机	PIC16F73、PIC16F74、PIC16F76、PIC16F77	
	PIC16C77X 单片机	PIC16C770、PIC16C771、PIC16C773、PIC16C774	
	PIC16C7X5 单片机	PIC16C745、PIC16C765	
	PIC16C78X 单片机	PIC16C781、PIC16C782	
	PIC16F8X 单片机	PIC16F83、PIC16CR83、PIC16F84、PIC16CR84、PIC16F84A	
	PIC16F81X 单片机	PIC16F812 PIC16F819	
	PIC16F87X 单片机	PIC16F870、PIC16F871、PIC16F872、PIC16F873、PIC16F874、 PIC16F876、PIC16F877、PIC16F873A、PIC16F876A、PIC16F874A、 PIC16F877A	
	PIC16C9XX 单片机	PIC16C923、PIC16C924、PIC16C925、PIC16C926	
PIC14000 单片机	PIC14000		
PIC16F 单片机	PIC16FXXX 单片机	16F505、16F506、16F54、16F59、16F627A、628A、648A、 16F630、676、16F635/636/639、16F684、16F688 16F716、16F737、747、767、777、785、16F87、88 16F917、PIC16F91X (16F913/914/916/917)	

1.3.3 高级系列

高级系列产品如 PIC17CXX 和 PIC18C (F) XXXR 的单片机，PIC17CXXX 家族将 PICmicro MCU 的高性能 RISC 结构扩展为 16 位指令词，增强型指令集与强大的矢量中断处理能力。强大的队列式精确地在片外设提供了能适应更多应用场合的各种性能。PIC18CXXX 具备增强型中心特性，32 位深堆栈，以及内外多中断源。Harvard 系列中的分离指令与数据总线允许 16 位宽指令与独立 8 位宽数据。两级指令通道允许所有指令在一个周期内执行，除非子程序中设定必须在两个周期内完成。精简指令集共有 77 条指令。另外，一个大寄存器组使采用了结构性创新的 MCU 达到 10MIPS 的极高的性能。PIC18CXXX 家族具备的特殊特性减少外部组件以降低成本，增强系统可靠性并降低功耗。这些特性包括可编程低压检测 (LVD) 及可编程 Brown - Out 检测 (BOD)。

高级系列机的特点是速度快，适用于高速数字运算的应用场合中，加之它具备一个指令周期内（160ns）可以完成 8×8 （位）二进制乘法运算能力，可取代某些 DSP 产品。高级系列机还具有丰富的 I/O 控制功能，并可外接扩展 EPROM 和 RAM，成为目前 8 位单片机中性能最高的机种之一。高级系列机还普遍带有 10 位 ADC、比较器、PWM、AUSART、EMA 等功能接口，所以很适用于高、中档的电子设备中使用。表 1-3 为 PIC 单片机高级系列型号目录。

表 1-3 PIC 单片机高级系列型号目录

PIC17CXXX 单片机	PIC17C4X 单片机	PIC17C42、PIC17C42A、PIC17C43、PIC17CR43、PIC17C44
	PIC17C7XX 单片机	PIC17C752、PIC17C756A、PIC17C762、PIC17C766
PIC18C/FXXX 单片机	PIC18CX01 单片机	PIC18C601、PIC18C801
	PIC18C/FXX2 单片机	PIC18C252、PIC18C242、PIC18C442、PIC18C452
		PIC18F252、PIC18F242、PIC18F442、PIC18F452
		PIC18F6520、PIC18F8520、PIC18F6620、PIC18F6720、PIC18F8720、PIC18F8620
	PIC18C/FXX8 单片机	PIC18F258、PIC18F248、PIC18F448、PIC18F458、PIC18C658、PIC18C858
	PIC18F 单片机	PIC18F2331、PIC18F2431、PIC18F4331、PIC18F4431
		PIC18F2220、PIC18F4220、PIC18F4320、PIC18F2320
		PIC18F2510、PIC18F2515、PIC18F2410、PIC18F2610、PIC18F4410、PIC18F4510、PIC18F4515
		PIC18F2620、PIC18F4525、PIC18F4620、PIC18F2525
		PIC18F6525、PIC18F6722、PIC18F8525、PIC18F8722、PIC18F6621、PIC18F6627、PIC18F8621、PIC18F8627
		PIC18F8585、PIC18F8680、PIC18F6585、PIC18F6680
		PIC18F87J10、PIC18F4439、PIC18F4539、PIC18F2439、PIC18F2539、PIC18F2550、PIC18F4455、PIC18F4550、PIC18F2455
		PIC18F6490、PIC18F6390
PIC18F8390、PIC18F8490、PIC18F6410、PIC18F6310、PIC18F8410、PIC18F8310、PIC18F2585、PIC18F2680、PIC18F458、PIC18F4680、PIC18F2420、PIC18F2520、PIC18F4420、PIC18F4520、PIC18F2580、PIC18F4480、PIC18F4580、PIC18F2480		
PIC18F8615、PIC18F8711、PIC18F66J15、PIC18F6711、PIC18F1220、PIC18F1320、PIC18F6620		

PIC 单片机选型相当丰富，到目前已有上百种款型供设计人员选用。可根据硬件条件、功能要求、程序容量来选取相应的型号：如要多少根 I/O 口，要不要带 A/D 转换的，要几个定时/计数器，需不需要外部中断，所编程序需要多大的 RAM 和 ROM/FLASH，这些都是最基础的选型；另外根据系统的要求，如需不需要带通信模块——SPI/I2C/PSP/USART，需不需要带 CCP 模块——捕捉/比较/PWM，需不需要带 PLVD 模块——可编程低压检测，要不要自带 EEPROM，要不要选择内部 OSC，要不要带低频（LF）模拟前端——用于双向对讲通信等；用户都可以根据自己的需求，选择适合于自己的型号。不过有一点，在满足于自己要求的条件下，还得了解市场情况，通常要选用市场上常用的，不仅采购方便，价格便宜，而且还开发资料多、容易借鉴、技术交流。

1.3.4 PIC 单片机后期产品的特点和功能

1. 程序存储器存储量和代码的增加

PIC 单片机的后期产品主要指 PIC18C 和部分的 PIC17C、PIC16C 等。PIC18C242/442/441/241, 其程序存储器和代码都是 16 位指令系列 8 位数据线 9182×16 (位)——16384 字节。PIC18C252/452 的程序存储器和代码量更高为 16384×16 (位)——32768 字节。PIC 单片机带闪速存储器产品也增加了品种, 如 PIC18F852/652, 其程序存储器和代码为 16384×16 (位)——32768 字节, 而 PIC16F641 的为 8192×16 (位)——16384 字节。PIC17C7 的程序存储器的代码量也多, 如 PIC17C752/762 为 8192×16 (位)——16384 字节, 而 PIC17C75 (A)/766 为 16384×16 (位)——32768 字节等。PIC 单片机程序存储器的存储量和代码的增加, 加之它们高速处理数据的特性 (执行速度可达 120ns), 使这些新产品在工业产品的深层控制领域得到广泛的应用。

2. 数据存储器中的 RAM 和 E²PROM

PIC 单片机后期产品的数据存储器 RAM 区也不断扩大, 如 PIC18C242/442/241 的 RAM 数据区为 512 字节; PIC18C252/452 的 RAM 数据区为 1536 字节 (包括了 PIC18F641), 而 PIC18F852/652 的 RAM 数据区却为 2048 字节等。RAM 数据区的扩大会给用户编程处理各类数据带来极大的方便。此外, 后期产品中的 PIC16F872 (带闪速的程序存储器) 除程序存储器代码为 2048×12 (位) 外, 芯片内还设有 64 字节的 E²PROM, 在用户的 PIC 单片机实时处理数据遇到停电时, 其数据也不会丢失。

3. 8 位的 A/D 通道转换和其他功能

PIC 后期产品中增加了模拟量处理功能, 即 A/D 变换、D/A 变换、掉电复位、低电压检测等多种功能。其中的 A/D 转换品种最多。它们的共同特点是多通道的。此外, PIC18C242/442/252/452 均是 10 位 A/D 转换输入; PIC18F852/652/641 和 PIC18C441/241 均是 12 位 A/D 转换输入的。可见这些 A/D 转换器其分辨率很高, 用它们完成 A/D 转换其最小分辨率可达 1mV (以 12 位为准)。PIC18C601、PIC18F852/652 还具有 10 位 D/A 转换功能。

4. 更高位机 PIC 单片机

2011 年美国微芯科技公司又推出全新低引脚数的 32 位 PIC32 单片机 (MCU) 系列, 以小至 $5\text{mm} \times 5\text{mm}$ 的封装为空间受限和成本敏感的设计提供了 61 DMIPS 的性能。PIC32 “MX1” 和 “MX2” MCU 是体积最小、成本最低的 PIC32 单片机, 也是第一款具有专用音频和电容式传感外设的 PIC32 单片机, 其外形如图 1-5 所示。这些新型 MCU 还包括众多的其他有用功能, 适合消费类、工业、医疗和汽车市场的各类应用。

PIC32 MX1 和 MX2 MCU 的额定工作温度高达 105°C , 具有最大 32KB 的闪存和 8KB 的 SRAM; 两个处理音频的 I2S 接口; 用来增加 mTouch™ 电容触摸式按键或先进传感器的 Microchip 充电时间测量单元 (CTMU) 外设, 以及用于图形或外部存储器的 8 位并行主端口 (PMP) 接口。新器件还配备了一个 13 通道的 1Msp/s 片上 10 位模数转换器 (ADC), 以及 USB 2.0 和串行通信外设。这些 MCU 为 PIC32 MCU 产品线提供了 8 种新的封装, 引脚数从 28 到 44, 最小尺寸为 $5\text{mm} \times 5\text{mm}$ 和 0.5 mm 间距。Microchip 的外设引脚选择功能进一步降低了设计

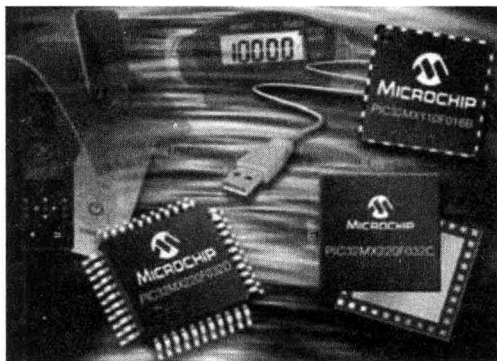


图 1-5 PIC32 单片机

难度，允许开发人员“重映射”芯片上的大多数数字功能引脚，使布线和设计修改更为简单。PIC32 MX1 和 MX2 器件兼容 Microchip 的 16 位 PIC24F 产品线，从而实现轻松迁移，针对所有 Microchip 8 位、16 位和 32 位 MCU 的单一开发环境，MPLAB® X IDE 均支持这些器件。

1.4 单片机构成与作用

1.4.1 单片机基本构成

外表看去，单片机也是一个集成电路片，如有直插式、贴片式，与普通的集成块无异。一般的集成电路片按规定接上电路板就可以工作了，而单片机集成片则不同，还需要经过专业设备进行软件程序处理。单片机不是一般的集成电路片，它的内部含有计算机最基本的部件：CPU（进行处理数据、运算、逻辑控制）、RAM（数据存储）、ROM（程序存储）、I/O（输入/输出设备）等部分。把计算机的基本部件缩小体积与规模，全部被压缩到一块集成电路芯片中了，构成了单片型计算机（单芯片）。可见单片机有计算机的基本功能，将其安装到电路中就可控制电器按人的意愿运行。

市场上销售的单片机集成片是无程序的，内部的存储空间是空白的，新单片机也称为裸片。因为单片机是一种可编程器件，如果没有往片内输入预先写好的程序，单片机是毫无作用的，即使将再先进的单片机接入电路中也不会工作，不会发挥任何功能。要使单片机按预定要求去工作，就必须往单片机内烧写预定的程序，将它接入电路中才能正常工作。单片机的工作原理，就是听取 CPU 给它设置的指令并在外部辅助电路和设备的帮助下完成相应的动作，以达到某种控制目的。单片机的指令一般来说是汇编或者是 C 语言。从原理上说，单片机是一种可以输入程序的微型计算集成片，它是以一种集成外电路块的外形出现的智能集成块。

只有注入程序，单片机才能发挥作用。而程序是由指令有序组成的，涉及存放指令的存储体的地址，还有信息数据等。单片机的基本构成，不仅有硬件 CPU、存储器、I/O 口，而且还有程序的软件系统。而程序包含有指令、地址、数据等，通过数据线传输执行指令、交换信息。单片机最终执行的也是二进制数据。

④ 指令：由单片机芯片的设计者规定的一种数字，具有特定的功能。它与各厂家常用的指令助记符有着严格的一一对应关系，不可以由单片机的开发者自行更改。

④ 地址：寻找单片机寄存器（数据存储器）的位置符号，特殊寄存器的地址值已由芯片设计者规定好，不可更改；普通寄存器的单元可以由单片机开发者自行决定，用于存储、周转程序的执行过程中的临时数据。

④ 数据：由微处理机处理的对象，在各种不同的应用电路中各不相同，与计算机系统相同，由多位序列 0、1 数字组成。

④ 时钟：为单片机操作提供时间，在时钟驱动下的时序执行逻辑电路。

指令也就是逐条机器码（PIC 机基本级是 12 位 0 和 1，有序排列组成的编码）不断循环运行。程序由指令、地址、数据编制而成，这三者的本质都是一样的——二进制 0 和 1 数字。换言之，地址、指令实质也都是数据，都是 0 和 1 有序排列的数字串。图 1-6 所示为 PIC 机基本级初步结构。

1.4.2 单片机如何工作

单片机实际上是一种复杂的数字逻辑电路，要数字电路运作，必须相应输入高、低电平。对正逻辑体系，高电平为 1，低电平为 0。众多一连串 1 和 0 数字的有序排列（即程序），组成逻辑严密的机器命令和数据（机器语言），就可执行某些特定任务。接入电路的单片机一上电，通常就一直不停地循环执行（包括实施睡眠功能）。单片机的工作过程实质上是执行程序的过程，经烧写