



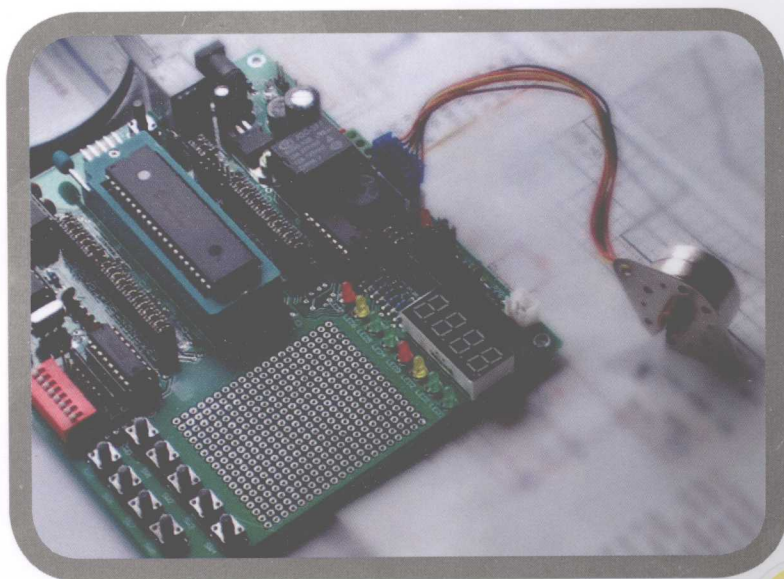
从校园到职场

CONG XIAOYUAN DAO ZHICHANG

PIC单片机原理与应用

——专业技能入门与精通

王昊天 李海涛 王志强 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

从校园到职场

PIC 单片机原理与应用 ——专业技能入门与精通

王昊天 李海涛 王志强 等编著



机械工业出版社

PIC 单片机是由微芯(Microchip)公司生产的一种单片机,它以其精简的指令集、哈佛总线结构、流水线取指方式、抗干扰能力强、性价比高等特点获得了广泛的应用。

本书将从单片机教学的角度出发,采用循序渐进的方法对其原理进行讲述,并结合具体设计实例对重点和难点内容进行深入讲解。同时将结合当前单片机的前沿应用技术,增加了 PIC 单片机在新技术领域中的典型扩展接口及应用等新内容,突出了本书内容与单片机应用发展相结合的特点。本书将详细、全面地为读者提供一个绝佳的学习环境,使读者能够按照基础—应用—提高的学习路线由浅入深地全面掌握 PIC 单片机的知识。

本书既可以作为教材使用,也可以作为参考书和培训教材等来使用,其读者群体是立志从事单片机开发工作的大专院校学生、技术开发人员以及广大单片机爱好者等。

图书在版编目(CIP)数据

PIC 单片机原理与应用——专业技能入门与精通/王昊天
等编著. —北京:机械工业出版社, 2009. 10
(从校园到职场)
ISBN 978-7-111-27894-8

I. P… II. 王… III. 单片微型计算机 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 130168 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:张俊红 责任编辑:顾 谦 版式设计:张世琴

责任校对:申春香 封面设计:饶 薇 责任印制:李 妍

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2010 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·24.5 印张·604 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-27894-8

定价:58.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

前言

在知识爆炸和经济飞速发展的今天，计算机已经深入了各行各业，可谓无处不在，人们进入了计算机时代。而只有从事嵌入式系统的应用，人们才能真正深入计算机内部的软硬件体系结构，领悟计算机智能化的真谛。

单片机又称为微控制器，学习单片机是最好地掌握计算机软硬件开发技术、理解计算机内幕的途径之一。可以用单片机设计不同的应用程序、实现不同的功能，既有硬件制作，又包括软件设计，是理论和实践的完美结合。

在众多的单片机系列中，由微芯(Microchip)公司生产的 PIC 8 位单片机作为后起之秀，在英特尔(Intel)公司生产的 51 系列单片机和摩托罗拉(Motorola)公司生产的 68 系列单片机中脱颖而出。PIC 单片机以其精简的指令集、哈佛总线结构、流水线取指方式、抗干扰能力强、性价比高等特点，自 1989 年生产的第一款 8 位 PIC 单片机起，每年都持续快速增长，到 2003 年跃居 8 位单片机年销售量全球排名第一。PIC 单片机已经逐渐成为新的流行趋势。也正是这个原因，本书——《PIC 单片机原理与应用从入门到精通》，从单片机课程教学角度出发，结合具体实践操作，讲清原理、突出与实践的结合，并结合具体设计实例对重点和难点内容进行了深入讲解。同时结合当前单片机的前沿应用技术，增加了其在新技术领域中的典型扩展接口及应用等新内容，突出了与单片机应用发展相结合的特点。本书将会详细、全面地为读者提供一个绝佳的学习环境，使读者能由浅入深、从基础到应用再到提高，一步步迈向应用 PIC 单片机的巅峰。

这本书适合谁

如果您是下面所说的人员之一：

- 1) 希望用 PIC 单片机进行科技实践的高中生；
- 2) 参加电子竞技的本科生；
- 3) 以 PIC 单片机做研究的研究生；
- 4) 从事单片机教学的高校教师；
- 5) 控制行业的研发工程师；
- 6) 电子产品开发者；
- 7) 普通的电气维修人员；
- 8) 专业的电子计算机行业技术人员；
- 9) 正在学习 PIC 单片机的电子爱好者。

那么，这本书正是您需要的。

本书的主要特点

本书从理解性、系统性、应用性和完整性出发，使读者能从 PIC 单片机的初级理论学习阶段逐步达到熟练应用阶段，到最后进阶为精通 PIC 单片机的高手。

1) 将难点拆解, 适合于教学和自学。本书将难点进行分解, 逐章描述, 适应读者理解, 能从浅入深, 把难点消化, 理解透彻。在入门部分, 考虑到读者的接受程度, 不给出具体的程序段, 源程序将在后续章节中给出。使读者在学习理论知识后, 尽快进入到实例展示与编程阶段。

2) 致力于激发读者兴趣, 将理论与实践并举。在本书中涵盖了大量的工程实践应用, 使读者能对所学的理论有形象的认识, 以引起读者学习兴趣。“兴趣是最好的老师”, 当读者对所学的理论有浓厚兴趣后, 对碰到的难题就会积极主动、有信心、有毅力去攻克它, 从而获得提升。

3) 本书中的大部分程序代码兼顾汇编语言和 C 语言编程, 主要是考虑在实际应用中, 为了提高开发效率和程序的可移植性, 又满足对底层汇编器语言的使用。克服了一本书中只含有一种编程语言的瓶颈, 使读者全面掌握两种编程语言。

4) 结合图表, 增强理解性。本书中除了对普通的基本内容给出框图、流程图外, 还结合实际科研开发经验, 给出了一些有助于理解的示意图, 给读者一个直观展示。

5) 习题和思考题齐全, 便于读者及时自测。本书在每一个章后都有与该节内容相关的习题和思考题, 使读者对所学的知识进行思考, 并通过部分习题使得读者对所学知识从另一个角度去理解, 开拓了读者的思维。

6) 内容新颖, 结合最新的芯片信息。单片机的出现至今已有近 30 年的历史了。我国高校的单片机教学与研究也经历了 20 多年的历程。这期间单片机本身快速发展, 单片机教科书的内容也在不断更新。本书力求内容新颖, 使得读者对当前动态有一个良好的把握。

本书的组织结构

本书共分四部分, 共分为 9 章以及附录。

本书前三部分为基础入门篇、熟练应用篇和精通提高篇, 对 PIC 单片机进行了全面的介绍和系统的讲解。第 1 部分, 基础入门篇, 包括: 第 1 章——应用背景和基础理论, 第 2 章——PIC 单片机的硬件体系结构, 第 3 章——PIC 单片机的汇编语言和 C 语言基础, 第 4 章——PIC 单片机的指令系统。第 2 部分, 熟练应用篇, 包括: 第 5 章——硬件开发环境和硬件调试技术, 第 6 章——软件开发环境和软件模拟技术, 第 7 章——PIC 单片机应用实例。第 3 部分, 精通提高篇, 包括: 第 8 章——PIC 单片机常用功能模块, 第 9 章——PIC 单片机的高级功能。

本书每部分前均有一个该部分的导读内容, 在导读中, 给出读者宏观印象, 使读者有针对性地阅读本书。同时在附录中也加入了前期的电子学和数学的理论知识介绍, 力求使读者能够循序渐进地由一个“门外汉”成为一个精通 PIC 单片机的专业人员。

全书首先介绍了 PIC 单片机的应用背景和使用前景, 以及家族系列和主要特点, 然后介绍了 PIC 单片机的硬件体系结构、相应的性能指标和功能模块。在介绍指令系统前, 对汇编语言和 C 语言基础进行简要介绍, 使没有基础的读者能够对编程语言有一个清晰的认识。顺理成章, 在介绍 PIC 单片机的指令系统后, 读者就相对容易理解了。下面就是软硬件开发和仿真环境的介绍, 同时展示了应用 PIC 单片机的工程实例, 使读者能有一个形象的认识, 将第 1 部分所学的理论基础知识充分消化理解和掌握的基础上, 介绍了 PIC 单片机的一些高级应用和特殊功能, 使读者有继续深入学习 PIC 单片机的兴趣。

致谢

本书主要由王昊天、李海涛和王志强编写完成，参与部分章节写作的还有田希晖、杨东升、薛亮儒、赵飞、袁松达、宗燕、王中信、姜春和、吴鹏、朱磊、李晓凯、张海风、姜海亭、姜海燕、夏钦东和杜强等人。在编写过程中，赵宇思参与了部分资料的收集和全书的整理工作。特别感谢北京华清远见公司 (www.farsight.com.cn) 和微芯公司的中文论坛 (forum.microchip.com) 为本书提供的技术支持。同时，在本书的编写过程中，作者参考了很多专家和学者的著作、学术论文和经验总结等，这里对他们表示最诚挚的谢意。有些参考内容由于无法找到出处，因此未能在参考文献中列出，这里深表歉意！

由于微芯公司不断推出新型号的芯片，需要撰写的内容时新性强，尽管编写本书时作者已尽了最大努力，但由于时间仓促及学识所限，错误和疏漏之处在所难免，恳望读者们和相关专家们批评指正。

作者

目 录

前言

第 1 部分 基础入门篇

第 1 章 应用背景和基础理论 2

- 1.1 单片机的产生背景 2
- 1.2 单片机的家族 6
- 1.3 单片机的整体特性 10
- 1.4 PIC 单片机的优势 13
- 1.5 PIC 单片机的系列产品 14
- 1.6 PIC 单片机的应用领域及发展前景 16
- 习题和思考题 18

第 2 章 PIC 单片机的硬件体系结构 19

- 2.1 PIC 单片机内部体系结构 19
- 2.2 PIC 单片机的封装和引脚 23
 - 2.2.1 引脚的复用功能和符号 23
 - 2.2.2 各个系列的 PIC 单片机引脚 25
- 2.3 PIC 单片机的处理器模块 31
 - 2.3.1 运算器 31
 - 2.3.2 程序状态字 32
 - 2.3.3 控制器 33
- 2.4 PIC 单片机的存储器模块 33
 - 2.4.1 存储器概述 33
 - 2.4.2 程序存储器 34
 - 2.4.3 数据存储器 35
 - 2.4.4 堆栈 35
- 2.5 PIC 单片机的寄存器模块 36
 - 2.5.1 工作寄存器组 36
 - 2.5.2 程序计数器 36
 - 2.5.3 状态寄存器 36
 - 2.5.4 间接寻址 INDF 和 FSR 寄存器 37
 - 2.5.5 选项寄存器 37
 - 2.5.6 中断控制寄存器 38
 - 2.5.7 电源控制寄存器 39
- 习题和思考题 39

第 3 章 PIC 单片机的汇编语言和

C 语言基础 40

- 3.1 汇编语言程序设计基本特点 40
 - 3.1.1 程序结构与程序流程图 40
 - 3.1.2 语句格式 43
 - 3.1.3 伪指令 43
- 3.2 MPASM 交叉宏汇编语言 44
 - 3.2.1 MPASM 的特点 44
 - 3.2.2 MPASM 的伪指令 45
 - 3.2.3 MPASM 的宏指令 45
 - 3.2.4 在 MPLAB-IDE 下使用 MPASM 示例 45
- 3.3 C 语言程序设计基本特点 51
 - 3.3.1 C 语言的数据类型 51
 - 3.3.2 C 语言的程序结构 52
 - 3.3.3 C 语言的语句规则 53
- 3.4 PICC 语言 53
 - 3.4.1 PICC 语言的数据类型 53
 - 3.4.2 PICC 语言的程序结构 56
 - 3.4.3 在 MPLAB-IDE 下使用 PICC 语言示例 56
- 3.5 PICC 语言和汇编语言的混合编程概述 61
- 3.6 PIC 单片机的机器码 62
- 习题和思考题 63

第 4 章 PIC 单片机的指令系统 64

- 4.1 指令系统概述 64
- 4.2 指令分类 65
- 4.3 四类常用指令系统 66
 - 4.3.1 指令系统说明 66
 - 4.3.2 数据传送类指令 68
 - 4.3.3 算术运算类指令 69
 - 4.3.4 逻辑运算类指令 70
 - 4.3.5 控制转移类指令 73

4.4 指令系统小结	75	习题和思考题	76
------------------	----	--------------	----

第 2 部分 熟练应用篇

第 5 章 硬件开发环境和硬件

调试技术	78
5.1 MPLAB 开发环境	78
5.1.1 MPLAB-IDE 的背景	78
5.1.2 MPLAB-IDE 的组成	79
5.1.3 MPLAB-IDE 的获取、 安装与卸载	80
5.1.4 MPLAB-IDE 的菜单简介	83
5.2 PIC 单片机硬件开发工具	90
5.2.1 仿真器	90
5.2.2 芯片烧录器	91
5.2.3 开发面包板	91
5.3 PIC 单片机硬件开发流程	91
5.4 MPLAB-ICD2 使用方法	91
5.4.1 MPLAB-ICD2 简介	91
5.4.2 MPLAB-ICD2 调试电路	92
5.4.3 MPLAB-ICD2 在 IDE 中的 相关配置	92
5.4.4 MPLAB-ICD2 错误信息	98
习题和思考题	99

第 6 章 软件开发环境和软件

模拟技术	100
6.1 PIC 单片机的软件模拟	100
6.2 PIC 单片机的软件开发流程	100
6.3 MPLAB-SIM 模拟软件	101
6.3.1 MPLAB-SIM 简介	101
6.3.2 MPLAB-IDE 的配置	101
6.3.3 MPLAB-SIM 的应用	104
6.3.4 软件模拟器的常见问题	111
6.4 软件模拟的局限性	112
习题和思考题	112

第 7 章 PIC 单片机应用实例

7.1 频率检测器	114
7.1.1 设计思想	114
7.1.2 硬件设计	115
7.1.3 软件设计	116
7.1.4 应用场合	120
7.2 二进制码和 BCD 码转换器	120
7.2.1 设计思想	120
7.2.2 软件设计	121
7.2.3 应用场合	124
7.3 交流电压测量器	124
7.3.1 设计思想	124
7.3.2 硬件设计	124
7.3.3 软件设计	125
7.3.4 应用场合	127
7.4 永磁无刷直流电动机控制器	128
7.4.1 设计思想	128
7.4.2 硬件设计	128
7.4.3 软件设计	131
7.4.4 应用场合	140
7.5 IC 卡读写器	140
7.5.1 设计思想	140
7.5.2 硬件设计	140
7.5.3 软件设计	147
7.5.4 应用场合	150
7.6 软开关双向 DC/DC 变换器	150
7.6.1 设计思想	150
7.6.2 硬件设计	156
7.6.3 软件设计	164
7.6.4 应用场合	176
习题和思考题	177

第 3 部分 精通提高篇

第 8 章 PIC 单片机常用功能模块

8.1 PIC 单片机中断功能	179
8.1.1 定时器溢出中断	181
8.1.2 端口 RB 中断	183

8.1.3 INT 中断	190
8.2 PIC 单片机 I/O 功能	195
8.2.1 设计思想	198
8.2.2 硬件设计	198

8.2.3 软件设计	198	9.1 通信与数据传输功能	252
8.3 PIC 单片机主控同步串行端口 MSSP 功能	199	9.1.1 PIC 单片机与 PC 串行通信模块 ...	252
8.3.1 主控同步串行端口 MSSP 简介 ...	199	9.1.2 双机通信接口模块	261
8.3.2 SPI 工作方式	201	9.1.3 USB 数据通信接口模块	267
8.3.3 I ² C 总线	206	9.1.4 以太网控制器接口模块	277
8.3.4 I ² C 访问 EEPROM	215	9.2 自动控制功能	289
8.4 PIC 单片机捕捉功能	218	9.2.1 位置式 PID 控制模块	289
8.4.1 CCP 模块	218	9.2.2 增量式 PID 控制模块	292
8.4.2 捕捉方式	218	9.2.3 步进电动机控制模块	294
8.4.3 PWM 方式	227	9.3 数学运算功能	305
8.5 PIC 单片机定时/计数功能	229	9.3.1 16×16 位定点数加减法模块	305
8.5.1 定时器/计数器简介	229	9.3.2 16×16 位定点数乘法模块	306
8.5.2 设计思想	230	9.3.3 16×16 位定点数除法模块	308
8.5.3 硬件设计	230	9.3.4 浮点数加减法模块	310
8.5.4 软件设计	230	9.3.5 浮点数乘法模块	313
8.6 PIC 单片机 A/D 转换功能	235	9.3.6 浮点数除法模块	317
8.6.1 A/D 转换模块简介	235	9.3.7 定点数转化为浮点数模块	321
8.6.2 设计思想	237	9.3.8 浮点数转换为定点数模块	322
8.6.3 硬件设计	237	9.4 信号产生功能	323
8.6.4 软件设计	237	9.4.1 多功能波形信号发生模块	323
8.7 PIC 单片机监视功能	240	9.4.2 PWM 信号发生模块	331
8.7.1 设计思想	243	9.4.3 正弦信号发生模块	333
8.7.2 软件设计	243	9.5 屏幕显示功能	339
8.8 PIC 单片机复位功能	244	9.5.1 LED 显示接口模块	339
8.8.1 内部上电延时复位电路	245	9.5.2 LCD 显示接口模块	354
8.8.2 外部上电延时复位电路	247	9.6 扩展键盘功能	367
8.8.3 外部人工复位按钮开关电路	248	9.6.1 设计思想	367
8.8.4 内部掉电锁定复位功能	249	9.6.2 硬件设计	368
习题和思考题	251	9.6.3 软件设计	370
习题和思考题	251	习题和思考题	373
第 9 章 PIC 单片机的高级功能	252		

第 4 部分 附 录

附录 A 宏汇编器 MPASM 伪指令总表	375	功能表	378
附录 B ASCII 码表	377	附录 D 常用 PIC 芯片的额定参数	380
附录 C 常见 PIC 单片机的 I/O 端口		参考文献	381

第 1 部分

基础入门篇

本部分是全书的基础理论部分，包括应用背景和基础理论、PIC (Peripheral Interpace Controller, 外围接口控制器) 单片机的硬件体系结构、PIC 单片机的汇编语言和 C 语言基础以及 PIC 单片机的指令系统四章内容。

本部分的相关计算机理论知识，可以结合附录中的相关内容，使基础薄弱的读者能充分掌握 PIC 单片机的相关概念，为后续学习奠定基础。

第 1 章 应用背景和基础理论

重点与难点:

本章重点是掌握单片机的功能和用途、PIC 单片机的特性,对 PIC 单片机有一个宏观的认识;PIC 单片机作为单片机的一个特例,其优越性在哪里,为什么要使用 PIC 单片机进行工业生产设计。

基本要求:

- 1) 了解单片机的背景知识;
- 2) 了解单片机的家族系列;
- 3) 认识单片机的整体特性;
- 4) 熟悉 PIC 单片机的特性和优势;
- 5) 了解 PIC 单片机的系列产品。

本章内容:

- 1) 单片机的产生背景;
- 2) 单片机的家族;
- 3) 单片机的整体特性;
- 4) PIC 单片机的优势;
- 5) PIC 单片机的系列产品;
- 6) PIC 单片机的应用领域及发展前景。

1.1 单片机的产生背景

科技的发展,从 20 世纪中的无线电时代进入到了 21 世纪以计算机技术为中心的智能化现代电子系统时代。社会也随之发生了巨大的变革,从农业社会进入到工业社会,从工业社会又进入到了信息社会。同时,世界经济也从资本经济时代进入到了知识经济时代。

单片机作为电子计算机的一个重要的分支,是电子计算机与控制论、嵌入式等技术相结合的产物。单片机拥有计算机的基本核心部件,是最典型、最广泛、最普及的嵌入式计算机应用系统。将单片机嵌入到电子系统中,能够满足控制对象的要求,实现电子系统的智能化发展。因此了解单片机的产生背景需要从电子和计算机技术的发展开始,逐步表述。

1. 电子技术的发展和计算机的四代变革

19 世纪末 20 世纪初,电子技术是当时开始发展起来的新兴技术。它在 20 世纪发展最迅速、应用最广泛,成为现代科学技术发展的一个重要标志。表 1-1 给出了四代计算机技术的发展,下面逐一论述。

表 1-1 计算机的四代发展

分 类	时间段/年	基 本 器 件	特 点	应 用	代 表 产 品
第一代计算机	1946 ~ 1958	电子管	体积庞大、价格昂贵、速度慢、容量小	军事理论研究	UNIVAC-I
第二代计算机	1959 ~ 1964	晶体管	体积较小、重量较轻、速度较快、工作温度低	数据处理和计算事务管理	IBM-700
第三代计算机	1965 ~ 1971	小规模和中规模集成电路	体积、重量、功耗进一步减小	应用进一步广泛	IBM-3600
第四代计算机	1972 至今	大规模和超大规模集成电路	性能的飞跃	应用在各个领域	IBM-4300

1904 年, 由英国物理学家弗莱明发明的具有划时代意义的电子管标志着人类进入了无线电时代。无线电技术作为最先进的电子技术, 包括了无线电广播、收音、电台、电报、遥测遥控、仪器仪表、遥信技术和其他工业自动控制等领域。直到 1946 年, 美国宾夕法尼亚大学莫奇来 (Mauchly) 博士和他的学生爱克特 (Eckert) 设计的“电子化”电脑——ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculator, 电子数字积分器与计算器), 就是使用 18800 个真空电子管取代继电器制造而成的。它最初被专门用于弹道运算, 后来经过许多次的改进, 成为能进行各种科学计算的通用电子计算机。从 1946 年 2 月交付使用, 到 1955 年 10 月最后切断电源, ENIAC 服役长达 9 年。尽管当时的 ENIAC 还存在许多弱点, 但是在人类计算工具发展史上, 它依然是一座不朽的里程碑。它使用真空电子管为核心技术, 代表了电子计算机时代的到来, 开辟了高速运算的广阔领域。

1948 年, 美国贝尔实验室发明了晶体管。晶体管的诞生大大促进了计算机的发展, 晶体管代替了体积庞大的电子管, 电子设备的体积不断减小。1956 年, 晶体管在计算机中使用, 晶体管和磁心存储器导致了第二代计算机的产生。与第一代电子管计算机相比, 晶体管计算机体积小、耗电少、成本低、逻辑功能强、使用方便、稳定性高。1960 年, 用晶体管代替电子管, 标志着第二代计算机时代的到来。伴随着第二代计算机时代的到来, 如打印机、磁带、磁盘、内存、操作系统等接踵而至。在这一时期出现了更高级的 COBOL 和 FORTRAN 等计算机语言, 以单词、语句和数学公式代替了含混的二进制机器码, 使计算机编程更容易。在我国, 第一台晶体管计算机于 1967 年制成, 运算速度为 5 万次/s。

20 世纪 60 年代以后, 由于半导体 (Semiconductor) 的产生和电子科技日趋成熟, 半导体电子技术使有源器件的成本降低、体积微型化, 将人们带入了一个电子技术普及的时代。半导体技术发展导致集成电路器件的产生, 电子技术从分立元器件时代走进了电路集成的时代, 电子技术有了新的飞跃。分立电子元器件转为集成化的系统, 使得电路设计由元器件设计转变为系统设计, 大大地提高了科技生产力。半导体集成电路第一次在基本数字逻辑电路上取得突破, 使传统的机械控制转向为电子控制。第三代计算机, 也因此以小规模集成电路和中规模集成电路为基本部件。计算机的主存储器开始使用体积更小、更可靠的半导体存储器代替磁心存储器, 机种开始多样化、系统化, 外部设备不断增加, 操作系统进一步发展和

完善,提高了计算机的运行效率,也更加方便于使用。由于小规模和中规模集成电路的大量使用,第三代电子计算机的总体性能比第二代电子计算机提高了一个数量级,这时电子计算机在科学计算、数据处理和过程控制方面得到了更加广泛的应用。第三代电子计算机系统(见图 1-1)和当今的电子计算机系统分类是一致的。



图 1-1 第三代电子计算机系统分类

进入 20 世纪 70 年代以后,大规模集成电路出现,促进了常规的电子电路单元的专用电子系统发展。原来许多专用设计的小型电子系统单元,转变成了集成化的器件,使电子产品趋于模块化,如电子时钟、计算器、电视机、电子表等。随着集成了上千甚至上万个电子元件的大规模集成电路和超大规模集成电路的出现,电子计算机发展进入了第四代。第四代计算机的基本部件是大规模集成电路,甚至是超大规模集成电路,集成度很高的半导体存储器替代了磁心存储器,运算速度可达每秒几百万次,甚至上亿次基本运算。在规模上,它分为两个极端:一方面向巨型化发展,出现了运算速度达几亿次的巨型机;另一方面向微型化发展,出现了小巧灵活的微型机。网络的出现,使物理上独立的电子计算机通过通信设备(交换机、路由器)连通为一个超大的网络系统。人工智能的出现,使得计算机能够更多地为人类提供服务,模拟人的行为。在我国,于 1983 年研制成功运算速度达上亿次的巨型机。

2. 嵌入式计算机的应用

进入 20 世纪 80 年代以后,电子计算机表现出逻辑运算、处理、控制能力,电子控制领域的专家要求发展能满足控制对象要求的、实现嵌入到非计算机产品中应用的计算机系统。如果将满足海量数据处理的计算机系统称为通用计算机系统,那么则可把嵌入到对象体系(如电视机、照相机、VCD 机、DVD 机、寻呼机、移动电话、舰船、飞机、机车等非计算机产品)中的计算机系统称作嵌入式计算机。这就改变了在很长的时间内,电子计算机都是以发展海量数值计算为主要目标。显而易见,以前对计算机的要求定位于海量数据存储、数据吞吐、高速数据处理分析及传输。而之后的计算机发展要求在被控对象环境中可靠运行,对外部物理参量的高速采集、单片机将计算机系统内核嵌入到电子系统中,为电子系统智能化奠定了基础,使经典电子系统迅速过渡到智能化的现代电子系统。

根据 IEEE(电气和电子工程师学会)的定义,嵌入式系统是“控制、监视或者辅助装置、机器和设备运行的装置”(原文表述为 devices used to control, monitor, or assist the operation of equipment, machinery or plants)。这主要是从应用上加以定义的,从中可以看出,嵌入式系统是软件和硬件的综合体,还可以涵盖机械等附属装置。不过部分观点认为,这个定义并不能充分体现出嵌入式系统的精髓,现今国内一个比较普遍被认同的定义:它是以应用为中心,以计算机技术为基础,软件硬件可裁剪,适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统。

3. 嵌入式系统与单片机的发展变革

早期的嵌入式系统首先是一个计算机系统,其次它被嵌入到对象体系中,在对象体系中实现被控对象要求的数据采集、分析处理、状态显示、输出控制等功能。单片机完全是按照嵌入式系统要求设计的。早期的单片机,只是按嵌入式应用技术要求设计的单芯片化集成电路器件,也就是将电子计算机的全部特征器件统统集成到一片芯片上,故国人形象地将其俗称为单片机。

单片机最早被用在工业控制领域,由芯片内仅有 CPU 的专用处理器发展而来。最早的设计理念是通过将大量外围设备和 CPU 集成在一个芯片中,使计算机系统更小、更容易集成进复杂而相对要求严格的控制设备当中。Intel 公司的 Z80 是最早按照这种思想设计出的处理器,从此以后,单片机和专用处理器的发展便分道扬镳。

下面来看看单片机的变革与发展。早期的单片机都是 4 位或 8 位的。随着工业控制领域要求的提高,开始出现了 16 位单片机,但因为性价比不理想并未得到很广泛的应用。20 世纪 90 年代后,随着消费电子产品大发展,单片机技术得到了巨大的提高。随着 Intel 公司 i960 系列,特别是后来的 ARM 系列芯片的广泛应用,32 位单片机迅速取代了 16 位单片机的高端地位,并且进入了主流市场。而传统 8 位单片机的性能也得到了飞速提高,处理能力比起 20 世纪 80 年代提高了数百倍。目前,高端的 32 位单片机主频已经超过了 300MHz,性能直追 90 年代中期的专用处理器。当代单片机系统已经不再只在裸机环境下开发和使用,大量专用的嵌入式操作系统被广泛应用在全系列的单片机上。而作为掌上电脑和手机核心处理的高端单片机,甚至可以直接使用专用的 Windows 和 Linux 操作系统。

随着社会的发展和需求的提高,计算机也在不断地更新与发展。由于计算机的产生是因数值计算而产生的,因此长期以来,电子计算机技术都是沿着满足大量高速数值计算而发展的,直到 20 世纪 70 年代,电子计算机在数字逻辑运算、推理、自动控制等方面显露出非凡的功能后,在各种控制领域开始对计算机技术发展提出了与传统大量高速计算完全不同的要求。这些要求是:面对控制对象、各种传感器信号和人机交互操作控制,能方便地嵌入工控应用系统中等。

作为芯片级的计算机系统,单片机的作用是显而易见的,它可以嵌入到任何对象体系中实现智能化控制。由单片机构成的现代电子系统已深入到各家各户,正改变着人们的生活,如微波炉采用单片机控制后,可方便地进行时钟设置、程序记忆、功率控制;空调机采用单片机控制后,不但遥控参数设置方便、运行状态自动变换,还可实现变频控制等。尽管单片机的大部分功能集成在一块小芯片上,但是它具有一个完整计算机所需要的大部分部件:CPU、内存、内部和外部总线系统,目前大部分还会具有外存。同时集成诸如通信接口、定时器,实时时钟等外部设备。而现在最强大的单片机系统甚至可以将声音、图像、网络、复

杂的 I/O 系统集成在一块芯片上。单片机正为满足嵌入式应用要求不断增强其控制功能与外部接口功能。

1.2 单片机的家族

一台电子计算机,主要由 CPU(运算单元、控制单元)、RAM(数据存储,临时存储单元)、ROM(程序存储,永久存储单元)、I/O 设备(如串行口、并行输出口、人机交互单元等)等部分组成。这些零部件全部被集成到一块电子芯片上,于是就形成了单片机。就像电脑有各式各样的型号一样,单片机也有其家族系列,并且可以按照不同的分类标准进行区分。

按照不同的原则,单片机有不同的分类标准:

1. 按存储器的类型分类

(1) OTPROM 类

只能一次性写入程序。

(2) ROMless 类

无 ROM,如 80C31,由于其电路扩展的复杂性,现在较少使用。

(3) MASKROM 类

在芯片封装过程中,把掩膜工艺以程序形式写入到 ROM 区中,如 80C51,适合于大批量生产。

(4) PROM 类

紫外线可擦写存储器类,经过太阳光照射,就可以实现数据的擦除,如 87C51,价格较昂贵。

(5) FlashROM(EEPROM)类

可多次编程写入存储器,如 89C51、89S51 等,其成本较低,开发调试方便,可重复烧写程序,是现在比较常用的单片机型号,深受广大用户喜爱。

2. 按位数分类

(1) 4 位机

(2) 8 位机

(3) 16 位机

(4) 32 位机

3. 按用途分类

(1) 专用型单片机

专用型单片机是指用途比较单一、出厂时程序已经一次性固化好、不能再修改的单片机,如电子表里的单片机就是其中的一种。其生产成本很低。

(2) 通用型单片机

通用型单片机的用途很广泛,使用不同的接口电路及编制不同的应用程序就可完成不同的功能。小到家用电器、仪器仪表,大到机器设备和整套生产线都可用单片机来实现自动控制。

4. 按应用领域分类

(1) 家电类

(2) 工业控制类

(3) 通信类

(4) 个人信息终端类

5. 按厂家分类(国内最常用的单片机)

(1) Microchip 单片机

Microchip 单片机的主要产品是 PIC 16C 系列和 17C 系列 8 位单片机, CPU 采用精简指令集计算(RISC)结构, 采用哈佛总线结构, 运行速度快、工作电压低、功耗小、价格低、一次性编程、体积小。适用于批量生产的低档产品, 在办公自动化设备、消费类电子产品、电信通信、智能仪器仪表、汽车电子、金融电子、工业控制等不同领域都有广泛的应用。

(2) Intel 单片机

由 Intel 公司最早推出的 8051 单片机, 各家公司都竞相购买了其内核, 使得以 8051 为内核的 MCU 系列单片机在世界范围内产量最大、应用最广, 在当时成为了事实上的标准 MCU 典型芯片。

(3) Motorola 单片机

Motorola 公司是世界上最大的单片机制造厂商。从 M6800 开始, 它开发了广泛的品种, 其中典型的代表有: M6805、M68HC05 系列 8 位机, M68HC11、M68HC12 系列 8 位增强型机, M68HC16, 16 位机 M683XX, 32 位机。Motorola 单片机在同样的速度下所用的时钟频率较低, 高频噪声低, 抗干扰能力强, 适合于在恶劣的环境下工作。

(4) Scenix 单片机

在 1998 年, Scenix 公司推出的 8 位 RISC 结构 SX 系列单片机与 Intel 公司的 Pentium II 芯片等一起被 <<Electronic Industry Yearbook 1998 >> 评选为世界十大处理器。Scenix 处理器具有 SX 系列双时钟设置, 指令运行速度可达 50/75/100MIPS[⊖]。Scenix 处理器具有强大的外部设备功能: 所有的 I/O 端口都可单独编程设定, 公司提供各种 I/O 库函数, 用于实现各种 I/O 模块的功能; 采用 EEPROM/Flash 程序存储器, 可以实现在线系统编程; 通过计算机 RS232C 接口, 采用专用串行电缆即可对目标系统进行在线实时仿真。

(5) EPSON 单片机

日本 EPSON 公司生产的单片机具有特有的优点: 电压低、功耗低和 LCD 驱动器内置。EPSON 单片机被广泛用于工业控制、医疗设备、家用电器、仪器仪表、通信设备和手持式消费类产品等领域。

(6) GMS90 系列单片机

LG 公司生产的 GMS90 系列单片机能够与 Intel 公司 MCS-51 系列单片机兼容, 使用 CMOS 技术, 具有高达 40MHz 的时钟频率, 多应用于多功能电话、智能传感器、电能表、防盗报警装置、各种计费器、各种 IC 卡装置、DVD 机、VCD 机、CD-ROM 等。

(7) 华邦单片机

华邦公司的 W77、W78 系列 8 位单片机的引脚位和指令集与 8051 兼容, 但每个指令周期只需要 4 个时钟周期, 速度提高了 3 倍, 工作频率最高可达 40MHz。同时增加了看门狗定时器、6 组外部中断源、2 组(通用异步收发器) UART、2 组数据指针及状态等待控制引脚。华邦公司生产的 4 位单片机带液晶驱动, 支持在线烧录, 保密性高, 操作电压低。

⊖ MIPS (Million Instruction Per Second) 即百万条指令/s。

(8) Zilog 单片机

Z8 单片机是 Zilog 公司的产品,采用多累加器结构,有较强的中断处理能力,开发工具价廉物美。Z8 单片机以低价位面向低端应用,在教学中常常使用 Z80 单板机来讲述微机原理。

(9) NS 单片机

美国国家半导体(NS)公司生产的 COP8 单片机,最明显的特点是内部集成了 16 位 A/D 转换器,这在当时是很少有的。此外,在看门狗的使用、程序加密和 STOP 方式下单片机的唤醒方式都有其独到之处。

6. 按编程语言分类

(1) 汇编语言

(2) C 语言

(3) 汇编语言与 C 语言混合

7. 按通常分法分类

(1) 51 系列单片机

MCS51 系列单片机是 Intel 公司单片机的系列代号。Intel 公司推出有 MCS-48、MCS-51、MCS-96 系列单片机。这里,系列是指同一厂家生产的具有相同系统结构的单片机。

每种系列单片机又有其各自不同的型号,MCS-51 系列单片机就包括三个基本型号,即 8031、8051 和 8751,及其相应的低功耗型号,即 80C31、80C51 和 87C51,通常所说的 MCS-51 系列,正是特指 Intel 公司的这几种型号。

MCS-51 指令系统兼容的单片机在 20 世纪中后期大量涌现,以 Amtel、Philips、Analog Devices、Dallas 公司产品为代表,其内核均以 Intel 8051 为基准,为不同厂商生产制作。

相应的低功耗型号采用 CMOS 工艺,它们对 8051 一般都作了一些扩充,具有功能更强、使用更方便、市场竞争力更强等特点,因而不应该把它们单纯地称为 MCS-51 单片机,而应该称为功能更加强大的 51 系列单片机的扩展机。

这些功能强大的扩展机的常用型号有: Intel 公司 80C31、80C51、87C51, AT 系列(AT89C51/52、AT89C1051/2051/4051、AT89S51/52、AT89LP2051、AT89S/LS53、AT89S/LS8252 等), SST 系列, STC 系列, Philips 公司 LPC900 系列、P87C 系列等,华邦公司 W77、W78, Motorola 公司 M68 系列等。

(2) AVR 单片机

与 51、PIC 单片机相比,ATMEL 公司研制开发的 AVR 单片机具有一系列优点,主要体现在以下 10 个方面:

1) Flash 存储器可擦写 1000 次以上,不再有报废品产生。

2) 在相同的系统时钟下,AVR 运行速度最快。

3) 高速低耗,硬件应用哈佛总线结构,具有预取指令功能,能够保障指令可以在一个时钟周期内执行。

4) 芯片内部的 Flash 存储器、EEPROM、SRAM 容量较大,而且都可以反复烧写,全部支持系统在线程序设计(ISP)。

5) 高度保密,不可破解的 Lock bit(锁死位)技术,可多次烧写的 Flash 存储器深藏于芯片内部,且具有多重密码保护锁死功能。