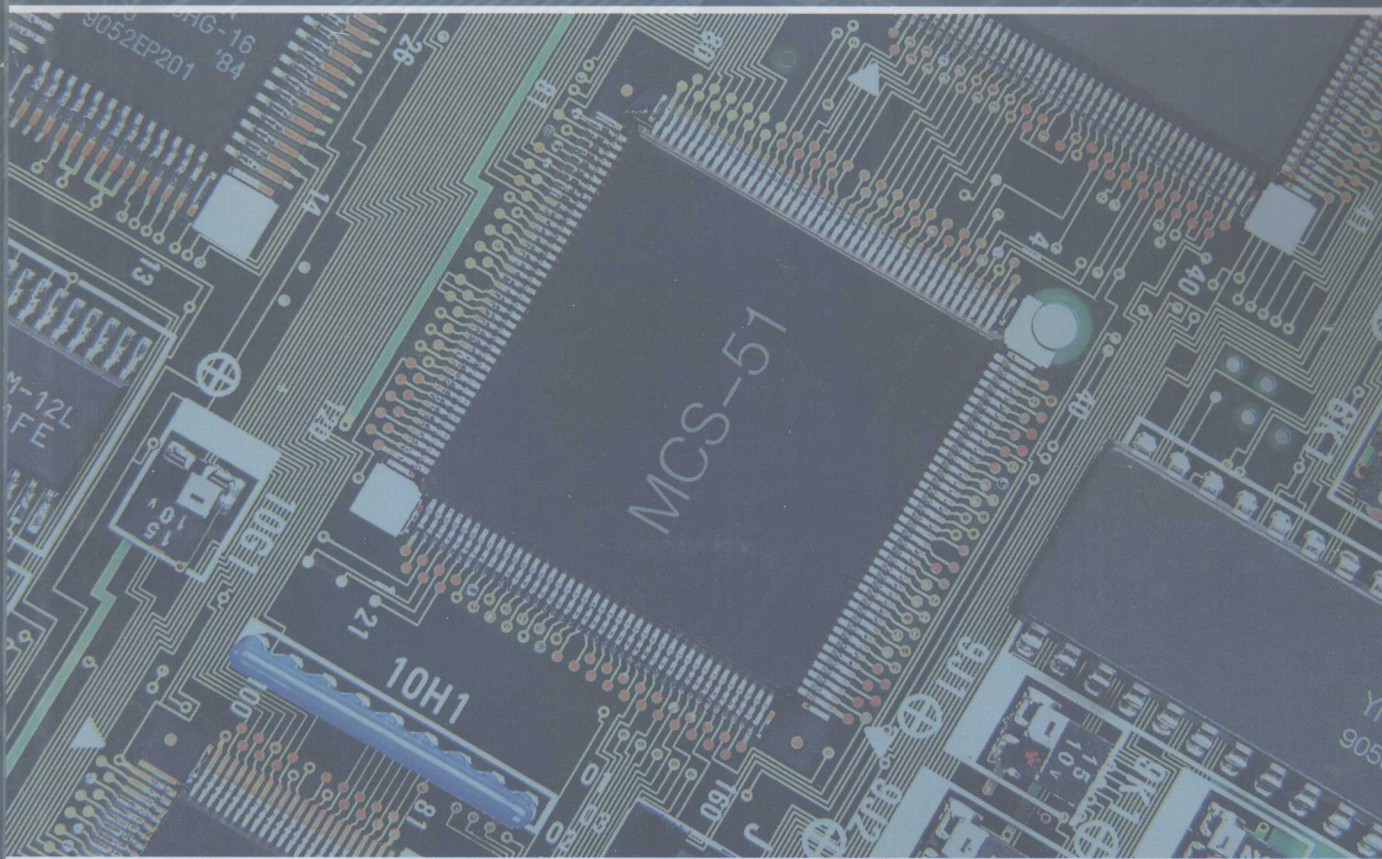


高等学校“十一五”规划教材

单片机原理及应用

宗成阁 编著



哈尔滨工业大学出版社

高等学校“十一五”规划教材

单片机原理及应用

宗成阁 编著

哈爾濱工業大學出版社

内 容 提 要

本书介绍了 MCS-51 系列单片机的基础知识、基本原理和基本结构;阐述了 MCS-51 系列单片机的指令系统,汇编语言程序设计,中断系统,定时器/计数器,串行通信,并行扩展技术,I/O 接口扩展技术,A/D、D/A 接口技术,串行总线扩展技术,MCS-51 增强核芯片特性,单片机 C51 程序设计,单片机应用系统设计与调试,单片机应用系统抗干扰设计等内容。本书基本概念突出,逻辑性强,结构新颖,内容充实,注重理论与实际相结合。为了便于教学和自学,每章附有习题,可供读者练习。

本书适合作为高等院校电子信息工程、通信工程、电气工程、自动化、仪器仪表和计算机应用及其他相关专业的单片机技术课程教材和教学参考书,也可作为相关专业的工程技术人员学习单片机应用技术的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用/宗成阁编著. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2009.4

ISBN 978 - 7 - 5603 - 2819 - 5

I .单… II .宗… 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 032355 号

策划编辑 王超龙 赵文斌

责任编辑 费佳明

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451 - 86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨市工大节能印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 22.5 字数 545 千字

版 次 2009 年 4 月第 1 版 2009 年 4 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978 - 7 - 5603 - 2819 - 5

印 数 1 ~ 4 000

定 价 35.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

随着电子信息科学技术的进步和大规模超大规模集成电路技术的飞速发展,单片机技术也得到了迅速发展。单片机的特点是功能强、体积小、成本低、可靠性高。目前,单片机已在工业测控、智能化仪表、数据采集、机电一体化、家用电器、办公室自动化及航空航天等各个领域得到了广泛应用,极大地提高了这些领域的技术水平和自动化程度。因此,单片机的开发应用已成为工程技术领域的一项非常必要的课题,各大专院校相关专业都将单片机课程作为一门重要课程列入教学计划。

单片机技术的开发和应用水平已成为一个国家工业发展的重要标志之一。目前生产单片机的厂家很多,产品种类繁多,型号不断更新,性能各具特色。在单片机家族的众多成员中,MCS-51 系列单片机结构体系完整、内部寄存器规范、指令系统功能完善、技术成熟、性能优越、可靠性和性价比高,因而迅速占领了工业测控和智能化仪表等领域的主要市场。

本书是在多年的单片机教学实践基础上编写的,主要介绍了 MCS-51 系列单片机的基本概念,基本原理,硬件结构,指令系统,汇编语言程序设计,中断系统,定时器/计数器,串行通信,并行扩展技术,I/O 接口扩展技术,A/D、D/A 接口技术,串行总线扩展技术,MCS-51 增强核芯片特性,单片机 C51 程序设计,单片机应用系统设计与调试,单片机应用系统抗干扰设计等内容。

本书具有如下特点:

1. 以电子信息类学科课程体系和内容改革为目的,强化学生的创新意识和创新能力。
2. 针对高等院校学生的教学特点,注重基本概念、基本知识和基本技能的培养。
3. 融入作者多年教学和科研经验,选取内容突出实用性、典型性,强调应用系统设计的重要性。
4. 紧跟单片机发展的新技术。对串行总线扩展技术、MCS-51 增强核芯片特性作了详细介绍,有利于读者提高设计工作的效率。

本书适合作为电子类、电工类和测控类专业教材,也可作为非电类学生及广大工程技术人员学习单片机应用技术的参考书。第 14 章和 15 章内容可根据具体情况选修。

本书由宗成阁教授主编。在本书的编写过程中,参考和借鉴了国内近期出版的相关资料 and 优秀教材,在此谨向文献作者表示诚挚感谢。哈尔滨工业大学电子工程系冯英盈、马莹莹、刘清艳、徐战、陈丛静、王瑞、张翠翠、石一帆、毛智能、刘帅、谭玉磊、王芳等同志为本书作了大量的出版准备工作,在此谨向他们表示衷心感谢。

由于本书编写时间仓促,加上编者水平有限,书中难免出现一些疏漏之处,恳请广大读者和同仁批评指正。

作 者
2009 年 1 月

目 录

第1章 单片机概述	1
1.1 单片机的发展	1
1.2 单片机系列产品及特点	3
1.3 单片机的分类	5
1.4 单片机技术的发展趋势	9
1.5 单片机的应用	11
本章小结	12
习 题	12
第2章 MCS-51 单片机硬件结构	13
2.1 基本结构	13
2.2 封装及引脚	15
2.3 微处理器	18
2.4 存储器配置	20
2.5 I/O 端口结构及功能	25
2.6 时钟电路与时序	28
2.7 工作方式	32
本章小结	35
习 题	36
第3章 MCS-51 单片机指令系统	37
3.1 汇编语言的格式	37
3.2 寻址方式	39
3.3 指令系统	43
3.4 伪指令	62
本章小结	65
习 题	66
第4章 MCS-51 单片机汇编语言程序设计	68
4.1 汇编语言程序设计方法	68
4.2 代码转换类程序	74
4.3 运算类程序	77
本章小结	92
习 题	92
第5章 MCS-51 单片机的中断系统	94
5.1 中断系统概述	94

5.2	中断系统的功能	95
5.3	中断系统结构	95
5.4	中断控制	96
5.5	中断响应	100
5.6	外部中断的响应时间	101
5.7	外部中断的触发方式选择	102
5.8	中断请求的撤销	102
5.9	中断服务程序的设计	104
5.10	多外部中断源系统设计	106
	本章小结	110
	习 题	110
第 6 章	MCS-51 单片机定时器/计数器	112
6.1	定时器/计数器结构及工作原理	112
6.2	定时器/计数器的控制及工作方式	114
6.3	定时器/计数器的编程和应用	120
	本章小结	126
	习 题	127
第 7 章	MCS-51 单片机串行通信	128
7.1	串行通信概述	128
7.2	串行通信接口	130
7.3	MCS-51 单片机之间的串行通信	140
7.4	MCS-51 串行通信的波特率	141
	本章小结	142
	习 题	143
第 8 章	MCS-51 单片机并行扩展技术	144
8.1	并行扩展方式	144
8.2	程序存储器扩展	146
8.3	数据存储器扩展	153
8.4	存储器的综合扩展	158
8.5	简单并行 I/O 接口扩展	159
8.6	8255A 可编程并行接口扩展	162
8.7	8155 可编程并行接口扩展	171
	本章小结	177
	习 题	177
第 9 章	MCS-51 单片机 I/O 接口技术	179
9.1	LED 显示器及接口	179
9.2	LCD 显示器及接口	182
9.3	键盘及接口	187

9.4 专用键盘显示接口芯片 8279 的扩展	193
9.5 微型打印机接口	202
本章小结	206
习 题	207
第 10 章 MCS-51 单片机 A/D、D/A 接口技术	208
10.1 A/D 转换器接口的扩展	208
10.2 D/A 转换器接口的扩展	219
本章小结	226
习 题	227
第 11 章 串行扩展技术	228
11.1 串行扩展概述	228
11.2 串行标准接口的扩展	241
本章小结	246
习 题	247
第 12 章 MCS-51 增强核芯片特性	248
12.1 P89C51Rx2 概述	248
12.2 P89C51Rx2 增强核单片机	250
12.3 中断源	263
12.4 可编程计数阵列(PCA)	265
本章小结	272
习 题	272
第 13 章 单片机应用系统设计与调试	273
13.1 应用系统的设计步骤	273
13.2 应用系统的硬件设计	274
13.3 应用系统的软件设计	280
13.4 应用系统的可靠性设计	282
13.5 单片机应用系统的开发和调试	290
本章小结	296
习 题	296
第 14 章 单片机 C51 程序设计	298
14.1 C 语言在单片机开发中的应用	298
14.2 C51 的数据结构	300
14.3 MCS-51 并行 I/O 口及其 C51 定义方法	307
14.4 位变量及其 C51 定义方法	308
14.5 C51 中断服务函数的定义方法	308
14.6 C51 数据的存储类型与 MCS-51 的存储关系	310
14.7 MCS-51 汇编语言与 C51 的混合编程	311

14.8 C51 编程举例	314
本章小结	320
习 题	320
第 15 章 单片机应用系统的抗干扰技术	321
15.1 干扰的来源	321
15.2 供电系统干扰及抗干扰措施	322
15.3 传输通道干扰的抑制措施	323
15.4 空间干扰及抗干扰措施	327
15.5 反电势干扰的抑制	331
15.6 印刷电路板的抗干扰设计	332
15.7 软件抗干扰技术	337
本章小结	344
习 题	344
附录 MCS-51 兼容单片机选型	346
参考文献	350

第1章 单片机概述

【学习目的和要求】 通过本章的学习,应该了解单片微型计算机与一般微型计算机的区别,单片机的发展概况,单片机的基本概念、主要特点和分类,单片机的主要应用领域。

自从1946年世界上第一台电子计算机问世以来,计算机的发展经历了电子管、晶体管、集成电路、大规模及超大规模四个时代。现代的计算机都是大规模及超大规模集成电路计算机,它们具有结构合理、功能强大、系统可靠等特点,其发展趋势是巨型化、微型化、网络化及智能化。微型化是计算机发展的重要方向。

单片机全称为单片微型计算机(Single Chip Microcomputer),又称为微控制器(Microcontroller Unit)或嵌入式控制器(Embedded Controller)。它是将计算机的基本部件微型化并集成到一块芯片上的微型计算机,是计算机微型化的典型代表之一,通常片内都含有CPU、ROM、RAM、并行I/O、串行I/O、定时器/计数器、中断控制、系统时钟及系统总线等。

微型计算机的诞生与发展给人类生活带来了根本性的变化,使现代科学研究产生了质的飞跃,而单片机的出现则给现代工业测控及智能化仪表等领域带来一次新的技术革命。可以说单片机技术的开发和应用水平已成为一个国家工业发展的重要标志之一。目前生产单片机的厂家很多,产品种类繁多,性能各具特色。本书将主要介绍在我国应用较早,且仍占有较大市场份额的Intel公司的MCS-51系列单片机。

1.1 单片机的发展

单片机的发展经历了以下五个阶段:

(1) 单片机初级阶段(1974—1976年)

这一阶段制造工艺落后,集成度低,功能比较简单,而且采用了双片形式。典型的代表产品有美国Fairchild(仙童)公司的F8系列。其特点是:片内只包括了8位CPU,64B的RAM和两个并行口,需要外加一块3851芯片(内部具有1KB的ROM、定时器/计数器和两个并行口)才能组成一台完整的计算机。

(2) 芯片化探索阶段(1976—1978年)

这一阶段改进制造工艺,提高集成度,增强片内功能。在单片内集成CPU、并行口、定时器/计数器、RAM和ROM等功能部件,但性能低,品种少,应用范围也不是很广。典型的产品有Intel公司的MCS-48系列。其特点是:片内集成有8位的CPU,1KB或2KB的ROM,64B或128B的RAM,只有并行接口,无串行接口,有1个8位的定时器/计数器,2个中断源,片外寻址范围为4KB,芯片引脚为40个。MCS-48单片机系列的推出标志着在工业控制领域,进入到智能化嵌入式应用的单片机探索阶段。主要是寻求最佳的单片形态嵌入式系统的最佳体系结构。参与这一探索阶段的还有Motorola、Zilog和TI等大公司,它们都取得了

满意的探索效果,确立了单片微型计算机(SCM, Single Chip Microcomputer)在嵌入式应用中的地位。这种创新模式获得成功,奠定了 SCM 与通用计算机完全不同的发展道路。在开创嵌入式系统独立发展道路上,Intel 公司功不可没。

(3)8 位单片机成熟阶段(1978—1982 年)

这一阶段存储容量和寻址范围增大,而且中断源、并行 I/O 口和定时器/计数器个数都有了不同程度的增加,并且集成有全双工串行通信接口。在指令系统方面增设了乘除法、位操作和比较指令。代表产品有 Intel 公司的 MCS-51 系列, Motorola 公司的 MC6805 系列, TI 公司的 TMS7000 系列, Zilog 公司的 Z8 系列等。其特点是,片内包括了 8 位的 CPU, 4 KB 或 8 KB 的 ROM, 128 B 或 256 B 的 RAM, 具有串/并行接口, 2 个或 3 个 16 位的定时器/计数器, 有 5~7 个中断源。片外寻址范围可达 64 KB, 芯片引脚为 40 个。MCS-51 系列单片机的推出,奠定了典型的通用总线型单片机的体系结构,标志单片微型计算机体系结构的完善。Intel 公司将其 MCS-51 系列中的 80C51 内核使用权以专利互换或出售形式转让给全世界许多著名 IC 制造厂商,如 Philips、NEC、Atmel、AMD、华邦等,这些公司都在保持与 80C51 单片机兼容的基础上改善了 80C51 的许多特性,生产出各具特色的单片机。

(4)从 SCM 向 MCU 过渡阶段(1983—1990 年)

这一时期 16 位单片机和 8 位高性能单片机并行发展,16 位机的工艺先进,集成度高,内部功能强,运算速度快,而且允许用户采用面向工业控制的专用语言。代表产品有 Intel 公司的 MCS-96 系列, Motorola 公司的 MC68HC16 系列, TI 公司的 TMS9900 系列, NEC 公司的 783 × × 系列和 NS 公司的 HPC16040 等。其特点是,片内包括了 16 位的 CPU, 8 KB 的 ROM, 232 B 的 RAM, 具有串/并行接口, 4 个 16 位的定时器/计数器, 有 8 个中断源, 具有看门狗(Watchdog), 总线控制部件, 增加了 D/A 和 A/D 转换电路, 片外寻址范围可达 64 KB。MCS-96 单片机,将一些用于测控系统的模数转换器(ADC)、程序运行监视器(WDT)、脉宽调制器(PWM)、高速 I/O 口纳入片中,体现了单片机的微控制器(MCU)特征。然而,由于 16 位单片机价格比较贵,销售量不大,大量应用领域需要的是高性能、大容量和多功能的新型 8 位单片机。MCS-51 单片机系列向各大电气商的广泛扩散,许多电气商竞相采用 80C51 为内核,将许多测控系统中使用的电路技术、接口技术、可靠性技术应用到单片机中,强化了智能控制器特征。因此,微控制器成为单片机较为准确表达的名词。在发展 MCU 方面,最著名的厂家当数 Philips 公司。

(5)MCU 百花齐放阶段(1990 年—)

近年来出现的 32 位单片机,是单片机的顶级产品,具有较高的运算速度。代表产品有 Motorola 公司的 M68300 系列和 Hitachi(日立)公司的 SH 系列、ARM 等。单片机发展到这一阶段,表明单片机已成为工业控制领域中普遍采用的智能化控制工具。小到玩具、家电行业,大到车载、舰船电子系统,以及计量测试、工业过程控制、机械电子、金融电子、商用电子、办公自动化、工业机器人、军事和航空航天等领域。为满足不同的要求,出现了高速、大寻址范围、强运算能力和多机通信能力的 8 位、16 位、32 位通用型单片机,小型廉价型、外围系统集成的专用型单片机,以及形形色色各具特色的现代单片机。可以说,单片机的发展进入了百花齐放的时代,为用户的选择提供了空间。

1.2 单片机系列产品及特点

单片机种类繁多,而且还在不断推出新的更高性能的单片机品种。从国内使用情况来看,MCS-51 系列单片机的应用最广泛。下面介绍几个著名单片机生产厂家的产品型号及功能特点。

1.8051 类单片机

最早由 Intel 公司推出的 8051/31 类单片机是世界上用量最大的几种单片机之一。由于 Intel 公司在嵌入式应用方面将重点放在 x86、奔腾等与 PC 类兼容的高档芯片的开发上,8051 类单片机主要由 Philips、三星、华邦和 Atmel 等公司生产。这些公司都在保持与 8051 单片机兼容的基础上改善了 8051 许多特性(如时序特性)。提高了速度,降低了时钟频率,放宽了电源电压的动态范围,降低了产品价格。表 1.1 列出了常用的 MCS-51 系列单片机的产品。

表 1.1 MCS-51 系列单片机的产品

产品型号	片内存储容量				寻 址	时钟	I/O 特性		其他功能	
	ROM	EPROM	E ² PROM	RAM	ROM/RAM	MHz	并行口	串行口	计数器	中断源
8031	-	-	-	128 B	64 KB	12	4×8	1	2×16	5
80C51	-	-	-	256 B	64 KB	12	4×8	1	3×16	6
80C451	-	-	-	128 B	64 KB	12	4×8	1	2×16	5
8051/80C51	4 KB	-	-	128 B	64 KB	12	4×8	1	2×16	5
8751/87C51	-	4 KB	-	128 B	64 KB	12	4×8	1	2×16	5
8032	-	-	-	256 B	64 KB	12	4×8	1	3×16	6
8052AH	8K B	-	-	256 B	64 KB	12	4×8	1	3×16	6
8752/87C52	-	8 KB	-	256 B	64 KB	33	4×8	1	3×16	6
87C452	-	8 KB	-	256 B	64 KB	33	5×8	1	2×16	5
W78E51	-	4 KB	-	128 B	64 KB	40	4×8	1	2×16	5
W78E52	-	8 KB	-	256 B	64 KB	40	4×8	1	3×16	6
W78E54	-	16 KB	-	256 B	64 KB	40	4×8	1	3×16	6
W78E58	-	32 KB	-	256 B	64 KB	40	36	1	3×16	6
W78E516	-	64 KB	-	256 B	64 KB	40	36	1	3×16	6
89C51	-	-	4 KB	128 B	64 KB	24	4×8	1	2×16	6
89C52	-	-	8 KB	256 B	64 KB	33	5×8	1	2×16	7

2. Motorola 单片机

Motorola 是世界上最大的单片机厂商,产品特点品种全、选择余地大、新产品多。在 8 位机方面有 68HC05 和升级产品 68HC08。68HC05 有 30 多个系列,200 多个品种,产量已超过 20 亿片。8 位增强型单片机 68HC11 也有 30 多个品种,年产量在 1 亿片以上,升级产品有

68HC12。16 位机 68HC16 也有十多个品种。32 位的 683 × × 系列也有几十个品种。近年来,以 PowerPC、Coldfire、M. CORE 等为 CPU 将 DSP 作为辅助模块集成的单片机也纷纷推出,目前仍是单片机的首选品牌。Motorola 单片机的优点之一是在同样速度下所用的时钟频率较 Intel 类单片机低很多,因而其高频噪声较低,抗干扰能力强,更适合用于工控领域及恶劣的环境。Motorola 8 位单片机过去的策略是以掩膜为主的,最近推出 OTP(一次性编程)计划以适应单片机发展新趋势,在 32 位机上,M. CORE 在性能和功耗方面都胜过 ARM7。

3. Microchip 单片机

Microchip 单片机是市场增长最快的单片机。主要产品是 16C 系列 8 位单片机,其特点是 CPU 采用 RISC 结构,仅 33 条指令,运行速度快,且以低价位著称。Microchip 最近推出全新的高性能 8 位闪存单片机,并有 16 种集成高分辨率片上模数转换器的高性能 PIC18 单片机,扩展了 Microchip 通用 PIC18F4523 系列产品线,极大地丰富了客户的选择。在三个新产品系列中,PIC18F8723 大容量存储器通用系列提供了丰富的外设集,以及高达 10 MIPS 的卓越性能;PIC18F4553 系列提供了集成全速 USB 收发器和 12 MIPS 性能;而 PIC18F8493 LCD 单片机系列则可提供低功耗显示应用所需的集成 LCD 驱动能力。

4. Scenix 单片机

Scenix 单片机 I/O 模块有新意,I/O 模块的集成与组合技术是单片机技术不可缺少的重要方面。除传统的 I/O 功能模块如并行 I/O、URT、SPI、I²C、A/D、PWM、PLL、DTMF 等,新的 I/O 模块不断出现,如 USB、CAN、J1850。最具代表性的是 Motorola 32 位单片机,它集成了包括各种通信协议在内的 I/O 模块。而 Scenix 单片机在 I/O 模块的处理上引入了虚拟 I/O 的新概念。Scenix 采用了 RISC 结构的 CPU,使 CPU 最高工作频率达 50 MHz,运算速度接近 50 MIPS。有了强有力的 CPU,各种 I/O 功能便可以用软件的办法模拟。Scenix 公司提供了各种 I/O 的库函数,用于实现各种 I/O 模块的功能。这些用软件完成的模块包括多路 UART、多路 A/D、PWM、SPI、DTMF、FSK、LCD 驱动等,都是通常用硬件实现起来也相当复杂的模块。

5. NEC 单片机

NEC 单片机自成体系,以 8 位单片机 78K 系列产量最高,也有 16 位、32 位单片机。16 位以上单片机采用内部倍频技术,以降低外时钟频率。有的单片机采用内置操作系统。

6. 东芝单片机

东芝单片机的特点是从 4 位机到 64 位机门类齐全。4 位机在家电领域仍有较大的市场。8 位机主要有 870 系列、90 系列等,该类单片机允许使用慢模式,采用 32 K 时钟时功耗降至 10 μ A 数量级。CPU 内部多组寄存器的使用,使得中断响应与处理更加快捷。东芝的 32 位单片机采用 MIPS 3000A RISC 的 CPU 结构,面向 VCD、数码相机、图像处理等市场。

7. 富士通单片机

富士通也有 8 位、16 位和 32 位单片机,但 8 位机使用的是 16 位机的 CPU 内核。也就是说 8 位机与 16 位机所用的指令相同,使得开发比较容易。8 位单片机有著名的 MB8900 系列,16 位机有 MB90 系列。

8. Epson 单片机

Epson 公司以擅长制造液晶显示器著称,故 Epson 单片机主要为该公司生产的 LCD 配

套。其单片机的特点是 LCD 驱动部分做得特别好,在低电压、低功耗方面也很有特点。目前 0.9V 供电的单片机已经上市,不久的将来,LCD 显示的手表类单片机将使用 0.5 V 供电。

9. 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。产品为 OTP 型,Z8 单片机的开发工具可称物美价廉。Z8 单片机以低价位的优势面向低端应用,以 18 引脚封装为主,ROM 为 0.5~2 KB。最近 Zilog 公司又推出了 Z86 系列单片机,该系列内部可集成廉价的 DSP 单元。

10. NS 单片机

美国国家半导体(NS)公司以生产先进的模拟电路著称,能生产高水平的数字模拟混合电路。该公司生产的 COP8 单片机片内集成了 16 位 A/D,这是单片机中不多见的。COP8 单片机内部使用了抗 EMI 电路,在看门狗电路以及 STOP 方式下单片机的唤醒方式上都有独到之处。此外,COP8 的程序加密控制也做得比较好。

11. 三星单片机

三星单片机有 KS51 和 KS57 系列 4 位单片机,KS86 和 KS88 系列 8 位单片机,KS17 系列 16 位单片机和 KS32、32 位单片机。三星单片机为 OTP 型 ISP 在片编程功能。三星公司以生产存储器芯片著称,在存储器市场供大于求的形势下,涉足参与单片机的竞争。三星公司在单片机技术上以引进消化发达国家的技术,生产与之兼容的产品,然后以价格优势取胜。例如在 4 位机上采用 NEC 的技术,8 位机上引进 Zilog 公司 Z8 的技术,在 32 位机上购买 ARM7 内核,还有 NEC、东芝的技术等。其单片机裸片的价格相当有竞争力。

12. 华邦单片机

华邦单片机属 8051 类单片机,它们的 W78 系列与标准的 8051 兼容。W77 系列为增强型 51 系列,对 8051 的时序作了改进,在同样时钟频率下速度提高 2.5 倍,FLASH 容量从 4 KB 到 64 KB,有 ISP 功能。在 4 位单片机方面华邦有 921 系列和带 LCD 驱动的 741 系列。在 32 位机方面,华邦使用惠普公司 PA-RISC 单片机技术,生产低位的 32 位 RISC 单片机。

13. Philips 单片机

Philips 公司的 8 位 8051 单片机系列提供完整的产品类型,包括 FLASH、OTP、ROM 和无 ROM 器件。Philips 的 XA 是在 80C51 的基础上,对其结构和指令进行扩展而形成的一种功能强大的 16 位单片机,XA 与 80C51 的兼容性为 80C51 用户提供了更高的性能和更大的存储器空间。Philips 推出的基于 32 bit 微处理器的 ARM9 系列,已达到了 90 nm 的技术水平。ARM9 系列同时提供了多种能耗控制的优越性能,极大程度上降低了能耗并节省了开支。

1.3 单片机的分类

目前据不完全统计,全世界嵌入式处理器的品种总量已经超过 1 000 种,流行体系结构有 30 几个系列,其中 8051 体系的占有多半。生产 8051 单片机的半导体厂家有 20 多个,共 350 多种衍生产品。单片机可以按位数、用途和系列进行分类。

1.3.1 按用途分类

按用途单片机可分为两大类:专用型单片机和通用型单片机。

专用型单片机用途比较专一,出厂时程序已经一次性固化好,用户不能进行修改。其特点是成本低,适合大批量生产。电子表里的单片机就是其中的一种,来电显示电话中配有液晶驱动器接口的单片机和全自动洗衣机中的微控制器,都是专用单片机。特别是小家电、玩具领域的单片机,因其小封装、价格低廉,外围器件、外设接口集成度高,多数为专用单片机。

通用型单片机的主要特点是内部资源比较丰富,性能全面,而且通用性强,可覆盖多种应用要求。所谓资源丰富就是指片内集成的功能部件多,性能全面通用性强就是指可以应用在非常广泛的领域。使用不同的接口电路及编制不同的应用程序,通用型单片机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化控制。

1.3.2 按位数分类

通常按单片机数据总线的位数将单片机分为4位、8位、16位、32位机。

1.4 位单片机

4位单片机适合用于各种规模较小的家电类消费产品。一般的单片机厂家均有自己的4位单片机产品,有OKI公司的MSM64164C、MSM64481, NEC公司的75006×系列、EPSON公司的SMC62系列等。典型应用领域有:PC机用的输入装置(鼠标、游戏杆)、电池充电器、运动器材、带液晶显示的音频视频产品控制器、一般家用电器的控制及遥控器、玩具控制、计时器、时钟、表、计算器、多功能电话、LCD游戏机。

2.8 位单片机

8位单片机是目前品种最为丰富、应用最为广泛的单片机,有着体积小、功耗低、功能强、性能价格比高、易于推广应用等显著优点。目前主要分为MCS-51系列及其兼容机型和非MCS-51系列单片机。MCS-51兼容产品因开发工具及软硬件资源齐全而占主导地位,Atmel、Philips、Winbond是MCS-51单片机生产的老牌厂家,CYGNAL及ST也推出新的产品,其中ST新推出的 μ PSD系列片内有大容量FLASH(128/256 KB)、8/32 KB的SRAM、集成A/D、看门狗、上电复位电路、两路UART、支持在系统编程ISP及在应用中编程IAP等诸多先进特性,迅速被广大51单片机用户接受。非51系列单片机在中国应用较广的有Motorola 68HC05/08系列、Microchip的PIC单片机以及Atmel的AVR单片机。8位单片机在自动化装置、智能仪器仪表、过程控制、通信、家用电器等许多领域得到广泛应用。

3.16 位单片机

16位单片机操作速度及数据吞吐能力在性能上比8位机有较大提高。目前以Intel的MCS-96/196系列、TI的MSP430系列及Motorola的68HC11系列为主。16位单片机主要应用于工业控制、智能仪器仪表、便携式设备等场合。其中TI的MSP430系列以其超低功耗的特性广泛应用于低功耗场合。

4.32 位单片机

32位单片机是单片机的发展趋势,随着技术发展及开发成本和产品价格的下降将会与8位机并驾齐驱。生产32位单片机的厂家与8位机的厂家一样多。Motorola、TOSHIBA、HITACHI、NEC、EPSON、MITSUBISHI、SAMSUNG群雄割据,其中以32位ARM单片机及Motorola的MC683××、68K系列应用较广。基于Internet、无线数字传输的嵌入式应用,32位机将具

有更广泛的市场。

1.3.3 按系列分类

单片机按系列可分为 80C51 系列、PIC 系列和 AVR 系列等。

PIC 系列单片机是 Microchip 公司的产品,与 51 系列单片机不兼容。PIC 系列单片机的主要特性如下:

(1) PIC 系列单片机最大的特点是从实际出发,重视产品的性能与价格比,发展多种型号来满足不同层次的应用要求。PIC 系列从低到高有几十个型号,可以满足各种需要。其中, PIC12C508 单片机仅有 8 个引脚,是世界上最小的单片机。该型号有 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。PIC 的较高档型号,如 PIC16C74 有 40 个引脚,其内部资源为 ROM 共 4 K、192 字节 RAM、8 路 A/D、3 个 8 位定时器、2 个 CCP 模块、三个串行口、1 个并行口、11 个中断源、33 个 I/O 脚。这样一个型号可以和其他品牌的高档型号媲美。

(2) 精简指令使其执行效率大为提高。PIC 系列 8 位 CMOS 单片机具有独特的 RISC 结构,数据总线和指令总线分离的哈佛总线(Harvard)结构,使指令具有单字长的特性,且允许指令码的位数可多于 8 位的数据位数。这与传统的采用 CISC 结构的 8 位单片机相比,可以达到 2:1 的代码压缩,速度提高 4 倍。

(3) 产品上市零等待(Zero time to market)。采用 PIC 的低价 OTP 型芯片,可使单片机在其应用程序开发完成后立刻使该产品上市。

(4) PIC 有优越开发环境。OTP 单片机开发系统的实时性是一个重要的指标, PIC 在推出一款新型号的同时推出相应的仿真芯片,所有的开发系统由专用的仿真芯片支持,实时性非常好。

(5) 其引脚具有防瞬态能力,通过限流电阻可以接至 220 V 交流电源,可直接与继电器控制电路相连,无须光电耦合器隔离,给应用带来极大方便。

(6) 彻底的保密性。PIC 以保密熔丝来保护代码,用户在烧入代码后熔断熔丝,别人再也无法读出,除非恢复熔丝。目前, PIC 采用熔丝深埋工艺,恢复熔丝的可能性极小。

(7) 自带看门狗定时器,可以用来提高程序运行的可靠性。

(8) 睡眠和低功耗模式。虽然 PIC 在这方面已不能与新型的 TI-MSP430 相比,但在大多数应用场合还是能满足需要的。

AVR 单片机是 1997 年由 Atmel 公司研究开发的增强型内置 FLASH 的 RISC(Reduced Instruction Set CPU)精简指令集高速 8 位单片机。AVR 单片机的主要特性如下。

(1) AVR 单片机以字作为指令长度单位,将内容丰富的操作数与操作码安排在一字之中(指令集中占大多数的单周期指令都是如此),取指周期短,又可预取指令,实现流水作业,故可高速执行指令。

(2) AVR 单片机硬件结构采取 8 位机与 16 位机的折中策略,即采用局部寄存器堆(32 个寄存器文件)和单体高速输入/输出的方案(即输入捕获寄存器、输出比较匹配寄存器及相应控制逻辑)。提高了指令执行速度(1 MIPS/MHz),克服了瓶颈现象;同时又减少了对外设管理的开销,相对简化了硬件结构,降低了成本。

(3) AVR 单片机内嵌高质量的 FLASH 程序存储器,擦写方便,支持 ISP 和 IAP,便于产品

的调试、开发、生产、更新。内嵌长寿命的 E²PROM,可长期保存关键数据,避免断电丢失。片内大容量的 RAM 不仅能满足一般场合的使用,同时也更有效地支持使用高级语言开发系统程序,并可像 MCS-51 单片机那样扩展外部 RAM。

(4)AVR 单片机的 I/O 线全部带可设置的上拉电阻、可单独设定为输入/输出、可设定(初始)高阻输入、驱动能力强(可省去功率驱动器)等特性,使得 I/O 口资源灵活、功能强大、可充分利用。

(5)AVR 单片机片内具备多种独立的时钟分频器,分别供 URAT、I²C、SPI 使用。其中与 8/16 位定时器配合的具有多达 10 位的预分频器,可通过软件设定分频系数提供多种档次的定时时间。AVR 单片机独有的“以定时器/计数器(单)双向计数形成三角波,再与输出比较匹配寄存器配合,生成占空比可变、频率可变、相位可变方波的设计方法(即脉宽调制输出 PWM)”更是令人耳目一新。

(6)增强型的高速同/异步串口,具有硬件产生校验码、硬件检测和校验纠错、两级接收缓冲、波特率自动调整定位(接收时)、屏蔽数据帧等功能,提高了通信的可靠性,方便程序编写,更便于组成分布式网络和实现多机通信系统的复杂应用,串口功能大大超过 MCS-51/96 单片机的串口,加之 AVR 单片机高速,中断服务时间短,故可实现高波特率通信。

(7)面向字节的高速硬件串行接口 TWI、SPI。TWI 与 I²C 接口兼容,具备 ACK 信号硬件发送与识别、地址识别、总线仲裁等功能,能实现主/从机的收/发全部 4 种组合的多机通信。SPI 支持主/从机等 4 种组合的多机通信。

(8)AVR 单片机有自动上电复位电路、独立的看门狗电路、低电压检测电路 BOD,多个复位源(自动上电复位、外部复位、看门狗复位、BOD 复位),可设置的启动后延时运行程序,增强了嵌入式系统的可靠性。

(9)AVR 单片机具有多种省电休眠模式,且可宽电压运行(5~2.7 V),抗干扰能力强,可降低一般 8 位机中的软件抗干扰设计工作量和硬件的使用量。

(10)AVR 单片机技术体现了单片机集多种器件(包括 FLASH 程序存储器、看门狗、E²PROM、同/异步串行口、TWI、SPI、A/D 模数转换器、定时器/计数器等)和多种功能(增强可靠性的复位系统、降低功耗抗干扰的休眠模式、品种多且门类全的中断系统、具有输入捕获和比较匹配输出等多样化功能的定时器/计数器、具有替换功能的 I/O 端口等)于一身,充分体现了单片机技术的从“片自为战”向“片上系统 SOC”过渡的发展方向。

目前最常用的单片机有以下几种:

- * Intel 公司生产的 80C51 系列、MCS96 系列单片机。
- * Atmel 公司生产的 AT89 系列(80C51 内核)单片机。
- * Philips 公司生产的 87、80 系列(80C51 内核)单片机。
- * Siemens 公司生产的 SAB80 系列(80C51 内核)单片机。
- * Atmel 公司生产的 AVR 系列等单片机。
- * Microchip 公司生产的 PIC 系列单片机。
- * Motorola 公司生产的 68HC×× 系列单片机。
- * Zilog 公司生产的 Z86 系列单片机。
- * NEC 公司生产的 78 系列单片机。

1.4 单片机技术的发展趋势

从 20 多年来单片机发展历程可以看出,单片机技术的发展以微处理器(MPU)技术及大规模集成电路技术的发展为先导,以广泛的应用领域为拉动,表现出以下技术特点及发展趋势。

1.4.1 单片机技术的特点

单片机技术具有以下几个特点。

1. 单片机寿命长

所谓寿命长,一方面指用单片机开发的产品可以稳定可靠地工作 10 年、20 年,另一方面是指与微处理器相比生存周期长。MPU 更新换代的速度越来越快,以 386、486、586 为代表的 MPU,几年内就被淘汰出局。而传统的单片机如 8051、68HC05 等年龄已有 20 多岁,产量仍是上升的。一些成功上市的相对年轻的 CPU 核心,也会随着 I/O 功能模块的不断丰富,有着相当长的生存周期。

2. 8 位、32 位单片机共同发展

这是当前单片机技术发展的另一动向。长期以来,单片机技术的发展是以 8 位机为主的。随着移动通信、网络技术、多媒体技术等高科技产品进入家庭,32 位单片机的应用得到了长足、迅猛的发展。

3. 低噪声与高速度

为提高单片机抗干扰能力,降低噪声,降低时钟频率而不牺牲运算速度是单片机技术发展之追求。一些 8051 单片机兼容厂商改善了单片机的内部时序,在不提高时钟频率的条件下,使运算速度提高了很多。Motorola 单片机使用了锁相环技术或内部倍频技术使内部总线速度大大高于时钟产生器的频率。68HC08 单片机使用 4.9 MHz 外部振荡器而内部时钟达 32 MHz。三星电子新近推出了 1.2 GHz 的 ARM 处理器内核。

4. 低电压与低功耗

几乎所有的单片机都有 Wait、Stop 等省电运行方式,允许使用的电源电压范围也越来越宽。一般单片机都能在 3~6 V 范围内工作,对电池供电的单片机不再需要对电源采取稳压措施。低电压供电的单片机电源下限已由 2.7 V 降至 2.2 V、1.8 V。0.9 V 供电的单片机已经问世。

5. 低噪声与高可靠性

为提高单片机系统的抗电磁干扰能力,使产品能适应恶劣的工作环境,满足电磁兼容性方面更高标准的要求,各单片机商家在单片机内部电路中采取了一些新的技术措施。如 ST 公司的由标准 8032 核和 PSD(可编程系统器件)构成的 μ PSD 系列单片机片内增加了看门狗定时器,NS 公司的 COP8 单片机内部增加了抗 EMI 电路,增强了“看门狗”的性能。Motorola 推出了低噪声的 LN 系列单片机。

6. ISP 与 IAP

ISP(In-System Programming)技术的优势是不需要编程器就可以进行单片机的实验和开