

信息与电子学科百本精品教材工程

新编电气与电子信息类本科规划教材

单片微型计算机 与接口技术(第2版)

李群芳 张士军 黄建 编著

<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

新编电气与电子信息类本科规划教材

单片微型计算机与接口技术

(第2版)

李群芳 张士军 黄建 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是根据高等教育“单片机原理与接口技术”课程教学基本要求而编写的。

本书以目前使用最广泛的 MCS-51 系列单片机为主,介绍其工作原理、内部各功能部件的结构、应用编程及外部扩展技术。本书的特色是采用汇编语言和 C 语言相对照的编写方式,同时通过实例介绍汇编语言和 C 语言的混合编程。本书的另一特色是介绍很多新型的接口器件,如串行 EPROM、串行 D/A、串行 A/D、V/F、F/V、 μ P 监控器等,能使读者尽快适应以单片机为控制核心的嵌入式开发技术的新发展。本书附有实验指导,其以可在系统编程(ISP)的 51 系列单片机为核心实验板作为读者的实践环节。

本书是在作者总结多年的科研经验和长期单片机教学经验的基础上编写的,内容由浅入深、条理清晰;每章均有大量的应用实例,并附有习题和习题解答,书末附有常用集成电路引脚图,以方便读者查阅。

本书既可作为计算机专业和电子信息类各专业的本科生或高职高专相关专业的教材或教学参考书,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片微型计算机与接口技术/李群芳等编著. —2 版. 北京:电子工业出版社,2005.1

新编电气与电子信息类本科规划教材

ISBN 7-121-00881-5

I. 单… II. 李… III. 单片微型计算机—接口—高等学校—教材 IV. TP368.147

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 004627 号

责任编辑:凌 毅

印 刷:北京牛山世兴印刷厂

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

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:20 字数:512 千字

印 次:2005 年 1 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:25.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

单片微型计算机简称单片机,又称为微控制器(MCU),它的出现是计算机发展史上的一个重要里程碑,它以体积小、功能全、性价比高等诸多优点而独具特色,在工业控制、尖端武器、通信设备、信息处理、家用电器等嵌入式应用领域中独占鳌头。51 系列单片机是国内目前应用最广泛的一种 8 位单片机之一。经过 20 多年的推广与发展,51 系列单片机形成了一个规模庞大、功能齐全、资源丰富的产品群。随着嵌入式系统、片上系统等概念的提出和普遍接受及应用,51 单片机的发展又进入了一个新的阶段。许多专用功能芯片的内核集成了 51 单片机,与 51 系列单片机兼容的微控制器以 IP 核的方式不断地出现在 FPGA 的片上系统中。因此,目前国内众多高校仍以 51 单片机作为单片机课程或微机原理课程的基本机型。近年来,基于 51 单片机的嵌入式实时操作系统的出现与推广,表明了 51 系列单片机在今后的许多年中依然会活跃如故,而且在很长一段时间中将占据嵌入式系统产品的低端市场。

如果说 C 语言程序设计课程是软件设计的基础课,那么单片机以其系统硬件构架完整、价格低廉、学生能动手等特点,成为工科学生硬件设计基础课。本书以 51 系列单片机为背景,介绍嵌入式系统应用软件、硬件设计的基本技术。

1. 在内容的编排上注意由浅入深,方便自学,以“必须”、“够用”、“适用”、“会用”为度,通过大量的典型例题,使学生重点掌握基本原理、基本的分析方法和软、硬件的设计方法,全书将表格、示意图和语言描述相结合,使基本理论的表述一目了然,方便掌握和记忆。

2. 注意理论联系实际,使学生掌握以单片机为核心的嵌入式系统的开发技术。书中的例题或习题,都是采用学员自己在实验室或家中能动手做实验的元器件(当然最基本的要求要有一台电脑)。书中编有单片机实验指导,并提供一套价格低廉的在系统可编程(ISP)实验板作为一个实践平台供读者配套使用。该板兼实验功能和编程器功能于一体,使读者在家中也能做硬件实验。实验指导中介绍了单片机开发软件(仿真软件和在系统编程软件)的使用方法,安排的实验可以与 ISP 实验板结合使用,也可和任意外购实验平台结合使用,还可以用面包板自行搭建电路(此时需另购编程器,附录有集成电路引脚图)。总之,该实验指导具有普遍指导意义,可作为独立的实验教程。

3. 本书力图反映单片机领域的新技术、新器件。

(1)采用汇编语言和 C 语言对照的编程方法。对于 IT 行业工程师来说,两种语言的编程方法都必须掌握。这是因为汇编语言的代码效率高,适时性强,从中可以理解单片机的工作机理,而且目前很多资料使用的是汇编语言。对复杂的运算或大型程序,用汇编语言的编程时间远比 C 语言花费多,这就降低了开发效率;而 C 语言的编程无需考虑具体的寄存器或存储器的分配等细节,由 C51 编译系统安排,从而可以加快开发者的编程速度,缩短开发周期。为了发挥两种语言的长处,书中以较多的例题介绍了 C 语言和汇编语言的混合编程方法。对于学过 C 语言的读者,编 C 语言的程序是轻而易举的事情。为了照顾没学过 C 语言的读者,本书对 C 语言的基本语法也做了介绍,学过以后,也能编出高质量的 C 语言程序。

对于两种编程语言的教学,教学单位可根据情况取舍,另一种语言让学生参考或自学。

(2)随着非总线扩展芯片的增多,书中专门对串行总线做了详细论述,并介绍了一些新型

的串行器件,如串行的 EPROM、串行 D/A、串行 A/D 等。书中还以一定的篇幅介绍 V/F(电压/频率转换)、F/V(频率/电压转换)、增强型单片机中的定时/计数器 2、 μ P 监控器及看门狗等,以使读者适应单片机技术的新发展。

为了使没有先修微机原理的读者顺利学习本课程,本书安排了预备知识一章,因此该教材也可作为微机原理课程教材。

在教学中,可根据学时、对象安排教材的教学内容,其中标有 * 的内容为任选,可作为毕业设计或应用设计的参考资料。

本书由李群芳主笔,张士军副教授、肖看博士、黄建博士、丁国荣工程师参与编写了其中某些章节,李熠、冷岩松、张炜然、陶云彬做了实验验证工作,姚方、姚园等人完成了书中部分例题和习题的文字录入及电路绘制等工作。在此,对他们的辛勤劳动表示感谢。

感谢本书的主审谢瑞和教授,他在百忙之中抽出时间认真地审阅了全书,感谢杨明老师对本书提出了宝贵的意见和建议。

由于计算机的发展日新月异,本人水平有限,教材有很多不尽人意之处,敬请读者批评指导。

本书备有多媒体课件,如果采用本书作为教材,可向老师提供。多媒体课件、配套 ISP 实验板的索取及意见和建议请寄至:

430074 武汉市华中科技大学电子与信息工程系 李群芳

联系电话:027-87543581 李群芳

E-mail:call_lqf@163.com

编 者
2005 年元月

目 录

绪论	1
* 第 0 章 计算机的基础知识	7
0.1 微型计算机的基本结构和工作原理	7
0.1.1 微型计算机的系统结构	7
0.1.2 微型计算机的基本工作原理	8
0.1.3 微型计算机的主要技术指标	8
0.2 计算机中的数制与码制	8
0.2.1 计算机中的数	8
0.2.2 计算机中的有符号数的表示	10
0.2.3 进位和溢出	12
0.2.4 BCD 码	13
0.2.5 BCD 码的运算	13
0.2.6 ASCII 码	14
0.3 小结	14
思考题与习题 0	14
第 1 章 MCS-51 单片机结构	16
1.1 MCS-51 单片机内部结构	16
1.1.1 概述	16
1.1.2 CPU	17
1.2 存储器	17
1.2.1 程序存储器	18
1.2.2 外部数据存储器	19
1.2.3 内部数据存储器	19
1.3 特殊功能寄存器	21
1.4 时钟电路与复位电路	23
1.4.1 时钟电路	23
1.4.2 单片机的时序单位	23
1.4.3 复位电路	24
1.5 引脚功能	25
1.6 小结	26
思考题与习题 1	27
第 2 章 51 系列单片机的指令系统	28
2.1 寻址方式	29
2.1.1 立即寻址	29

2.1.2	直接寻址	29
2.1.3	寄存器寻址	29
2.1.4	寄存器间接寻址	30
2.1.5	变址寻址	30
2.1.6	相对寻址	30
2.1.7	位寻址	31
2.2	数据传送与交换指令	31
2.2.1	传送类指令	31
2.2.2	交换指令	34
2.3	算术运算和逻辑运算指令	34
2.3.1	算术运算和逻辑运算指令对标志位的影响	34
2.3.2	以 A 为目的操作数的算术运算和逻辑运算指令	35
2.3.3	以 dir 为目的操作数的逻辑运算指令	35
2.3.4	加 1、减 1 指令	35
2.3.5	十进制调整指令	36
2.3.6	专对 A 的指令	36
2.3.7	乘、除法指令	37
2.3.8	指令综合应用举例	37
2.4	控制转移指令	38
2.4.1	调用程序和返回类指令	38
2.4.2	转移指令	39
2.4.3	空操作指令	42
2.4.4	指令应用举例	42
2.5	位操作指令	44
2.6	小结	45
	思考题与习题 2	45
第 3 章	MCS-51 单片机汇编语言程序设计	48
3.1	概述	48
3.2	伪指令	49
3.3	顺序程序设计	51
3.4	分支程序设计	53
3.5	循环程序设计	56
3.6	位操作程序设计	60
3.7	子程序	61
3.8	小结	63
	思考题与习题 3	63
第 4 章	单片机的 C 语言编程——C51	65
4.1	C51 程序结构	65
4.2	C51 的数据类型	66
4.2.1	C51 变量的数据类型	66

4.2.2 关于指针型数据	67
4.3 数据的存储器类型和存储器模式	68
4.3.1 数据的存储器类型	68
4.3.2 存储器模式	68
4.3.3 变量说明举例	69
4.3.4 指针变量说明举例	69
4.4 C51 对 SFR、可寻址位、存储器和 I/O 口的定义	70
4.4.1 特殊功能寄存器 SFR 定义	70
4.4.2 对位变量的定义	70
4.4.3 C51 对存储器和外接 I/O 口的绝对地址访问	71
4.5 C51 的运算符	71
4.6 函数	72
4.6.1 函数的分类及定义	72
4.6.2 函数的定义	73
4.6.3 函数的调用	73
4.6.4 对被调函数的说明	73
4.7 C 语言编程实例	74
4.7.1 C 语言程序的反汇编程序(源代码)	74
4.7.2 顺序程序的设计	75
4.7.3 循环程序的设计	76
4.7.4 分支程序的设计	77
4.8 汇编语言和 C 语言的混合编程	80
4.8.1 C 语言程序和汇编语言程序参数的传递	80
4.8.2 C 语言程序调用汇编语言程序举例	81
4.8.3 C 语言和汇编语言混合编程传递的参数多于 3 个的编程方法	83
4.9 小结	87
思考题与习题 4	88
第 5 章 输入、输出接口 $P_0 \sim P_3$	90
5.1 $P_0 \sim P_3$ 端口的功能和内部结构	90
5.1.1 端口功能	90
5.1.2 端口的内部结构	91
5.2 编程举例	93
5.3 用并行口设计 LED 数码显示器和键盘电路	96
5.3.1 用并行口设计 LED 显示电路	96
5.3.2 用并行口设计键盘电路	99
5.4 小结	102
思考题与习题 5	103
第 6 章 MCS-51 单片机的中断系统	104
6.1 8XX51 中断系统结构	104
6.1.1 中断源	104

6.1.2 中断控制的有关寄存器	105
6.2 中断响应过程	107
6.2.1 中断处理过程	107
6.2.2 中断请求的撤除	108
6.3 中断的程序设计	108
6.3.1 汇编语言中断程序的设计	108
6.3.2 C51 中断程序的设计	111
6.4 小结	113
思考题与习题 6	113
第 7 章 单片机的定时/计数器	114
7.1 定时/计数器的结构和工作原理	114
7.2 定时/计数器的寄存器	115
7.2.1 定时/计数器方式寄存器 TMOD	115
7.2.2 定时/计数器控制寄存器——TCON	116
7.3 定时/计数器的工作方式	116
7.4 定时/计数器的应用程序设计	118
7.4.1 定时/计数器的计数初值 C 的计算和装入	118
7.4.2 定时/计数器的初始化编程	118
7.4.3 应用编程举例	119
7.4.4 门控位的应用	123
* 7.5 定时/计数器 T_2	124
7.5.1 定时/计数器 T_2 的结构和外部引脚	125
7.5.2 定时/计数器 T_2 的寄存器	125
7.5.3 定时/计数器 T_2 的工作方式	126
7.6 小结	128
思考题与习题 7	129
第 8 章 单片机的串行接口	131
8.1 概述	131
8.1.1 同步和异步方式	131
8.1.2 通信方向	132
8.1.3 串行通信接口的任务	132
8.1.4 串行通信接口	133
8.1.5 波特率和发送接收时钟	134
8.1.6 通信线的连接	134
8.1.7 关于 RS-232	135
8.1.8 单片机串行通信电路	136
8.2 单片机串行口的结构与工作原理	137
8.2.1 串行口结构	137
8.2.2 工作原理	138
8.2.3 波特率的设定	139

8.3 串行口的控制寄存器	139
8.3.1 串行口的控制寄存器 SCON	139
8.3.2 电源控制寄存器 PCON	140
8.4 串行口的工作方式	140
8.5 串行口的应用编程	141
8.5.1 查询方式	142
8.5.2 中断法	142
8.6 利用串口方式 0 扩展 I/O 口	149
* 8.7 单片机和 PC 的串行通信	150
8.8 小结	154
思考题与习题 8	155
第 9 章 单片机总线与系统扩展	157
9.1 单片机系统总线和系统扩展方法	157
9.1.1 单片机系统总线信号	157
9.1.2 系统扩展的方法	157
9.1.3 地址译码器	159
9.2 程序存储器的扩展	161
9.2.1 EPROM 的扩展	161
9.2.2 E ² PROM 的扩展	163
9.2.3 FLASH 存储器(闪速存储器)	163
9.3 数据存储器的扩展	166
* 9.4 同时扩展 SRAM 和大于 64KB FLASH 的例子	168
9.5 并行 I/O 接口的扩展	170
9.5.1 通用锁存器、缓冲器的扩展	170
9.5.2 可编程并行接口芯片的扩展	171
9.6 存储器和 I/O 口综合扩展电路	174
* 9.7 扩展多功能接口芯片 8155	175
9.8 小结	179
思考题与习题 9	180
第 10 章 单片机应用接口技术	181
10.1 并行 D/A 接口技术	181
10.1.1 D/A 概述	181
10.1.2 DAC0832 的扩展接口	182
* 10.1.3 DAC1210 的扩展接口	185
10.2 A/D 接口技术	186
10.2.1 A/D 概述	186
10.2.2 ADC0809 的扩展接口	186
* 10.2.3 AD574 的扩展接口	188
* 10.3 V/F(电压/频率)转换接口	191
* 10.4 F/V(频率/电压)转换接口	192

10.5 人机接口技术·····	193
10.5.1 键盘接口扩展 ·····	193
10.5.2 LED显示器扩展 ·····	195
* 10.5.3 用8279扩展键盘与LED显示器·····	195
10.5.4 LCD显示器扩展 ·····	201
10.6 隔离与驱动接口·····	205
思考题与习题10 ·····	207
* 第11章 串行接口技术 ·····	208
11.1 I ² C总线扩展技术 ·····	208
11.1.1 I ² C总线简介 ·····	208
11.1.2 I ² C总线的通信规程 ·····	209
11.1.3 串行I ² C E ² PROM AT24CXX ·····	209
11.1.4 I ² C总线的编程实现 ·····	213
11.1.5 串行E ² PROM和8XX51接口实例 ·····	217
11.1.6 串行铁电FRAM的扩展·····	218
11.2 SPI总线扩展接口及应用·····	219
11.2.1 SPI的原理·····	219
11.2.2 SPI总线的软件模拟及扩展技术 ·····	220
11.2.3 串行D/A转换器TLC5615的扩展 ·····	222
11.2.4 8位串行A/D转换器TLC549的扩展 ·····	225
11.3 小结·····	226
思考题与习题11 ·····	227
第12章 以MCU为核心的嵌入式系统的设计与调试 ·····	228
12.1 嵌入式系统开发与开发工具·····	228
12.1.1 MCU为核心的嵌入式系统的构成 ·····	228
12.1.2 嵌入式应用系统的设计原则 ·····	229
12.1.3 嵌入式系统的开发工具 ·····	230
12.1.4 嵌入式系统的调试 ·····	230
* 12.2 嵌入式系统的抗干扰技术·····	232
12.2.1 软件抗干扰 ·····	232
12.2.2 硬件抗干扰 ·····	232
12.2.3 “看门狗”技术 ·····	233
12.3 单片机应用系统举例——电子显示屏·····	236
12.4 小结·····	239
思考题与习题12 ·····	239
第13章 单片机实验指导 ·····	241
13.1 单片机可在线编程多功能实验板介绍·····	242
13.1.1 单片机可在线编程多功能实验板的结构框图 ·····	242
13.1.2 单片机可在线编程多功能实验板的面板 ·····	242
13.1.3 多功能实验板的电路图 ·····	243

13.1.4 实验板面的跳线、开关、按钮功能	244
13.2 多功能实验板涉及的软件介绍	245
13.2.1 综合测试程序的使用	245
13.2.2 运用在线编程软件 Atmel ISP 实现在线编程	246
13.2.3 单片机仿真调试集成软件包 WAVE 的使用	248
13.3 实验指导	252
实验1 程序设计	252
实验2 并行接口实验	253
实验3 中断实验	256
实验4 定时/计数器实验	258
实验5 串行通信实验	261
* 实验6 串行 E ² PROM 实验(选做)	263
* 实验7 串行 D/A 实验(选做)	264
* 实验8 串行 A/D 实验(选做)	266
13.4 系统设计选题(课程设计)	269
思考题与习题解答	270
附录 A MCS-51 指令表	295
附录 B C51 的库函数	300
附录 C C51 的编译、连接定位控制指令	303
附录 D 常用集成电路引脚图	305
参考文献	308

绪 论

1. 计算机的新分类

长期以来,计算机按照体系结构、运算速度、结构规模、适用领域,将其分为大型计算机、中型计算机、小型计算机和微型计算机。随着计算机技术的迅速发展,计算机技术和产品对其他行业的广泛渗透,人们以应用为中心、按计算机的嵌入式应用和非嵌入式应用进行新的分类,将其分为嵌入式计算机和通用计算机。

通用计算机具有计算机的标准形态,通过装配不同的应用软件,以类同面目出现,并应用在社会的一个各方面,其典型产品为 PC 机;而嵌入式计算机则是以嵌入式系统的形式隐藏在各种装置、产品和系统中。

嵌入式系统是以应用为中心,以计算机技术为基础、软硬件可裁剪、针对具体应用系统,对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统。

嵌入式计算机在应用数量上远远超过各种通用计算机,一台通用计算机的外部设备中就包含了 5~10 个嵌入式微处理器,键盘、鼠标、软驱、硬盘、显示卡、显示器、网卡、Modem、声卡、打印机、扫描仪、数码相机、USB 集线器等均是由嵌入式处理器控制的。在制造工业、过程控制、通信、仪器、仪表、汽车、船舶、航空、航天、军事装备、家电产品等方面,都是嵌入式计算机的应用领域。

(1) 嵌入式系统

嵌入式系统是将先进的计算机技术、半导体技术和电子技术与各个行业的具体应用相结合的产物,这决定了它必然是一个技术密集、资金密集、高度分散、不断创新的知识集成系统。嵌入式系统的核心部件有以下 3 类。

① 嵌入式微处理器(Embedded Micro Processor Unit, EMPU)

功能同标准的 CPU,但在工作温度、电磁干扰、可靠性等方面做了各种增强。

② 嵌入式微控制器(MicroController Unit, MCU,又称单片机)

顾名思义,单片机就是将整个计算机系统集成到一块芯片中。它以某一种微处理器为核心,芯片内部集成 ROM/EPROM、RAM、总线、总线逻辑、定时/计数器、并行 I/O 口、串行 I/O 口、看门狗、脉宽调制输出、A/D、D/A 等。和嵌入式微处理器相比,微控制器的最大特点是单片化,体积大大减小,从而使功耗和成本下降,可靠性提高。单片机是目前嵌入式系统工业的主流,以单片机为核心的嵌入式系统约占市场份额的 70%。

③ 嵌入式 DSP 处理器(Embedded Digital Signal Processor, EDSP)

DSP 处理器对系统结构和指令进行了特殊设计,使其适合于执行 DSP 算法,编译效率较高,指令执行速度也较高。在数字滤波、FFT、谱分析等方面,DSP 算法正在大量进入嵌入式领域,DSP 的应用使通过单片机以普通指令实现数字信号处理功能过渡到采用专用的嵌入式 DSP 处理器阶段。

本书以市场占有率最高的 MCS-51 单片机(或称 8051、51 系列、8XX51 单片机)为核心,介绍嵌入式系统设计基础和设计方法。

(2) 单片机

单片机全称单片微型计算机(Single Chip Microcomputer), 又称 MCU(Micro Controller Unit), 是将计算机的基本部分微型化, 使之集成在一块芯片上的微机。片内含有 CPU、ROM、RAM、并行 I/O、串行 I/O、定时/计数器、A/D、D/A、中断控制、系统时钟及系统总线等。它本身就是一个嵌入式系统, 同时它也是其他嵌入式系统的核心。

为适应不同的应用需求, 一般一个系列的单片机具有多种衍生产品, 每种衍生产品的处理器内核都是一样的, 只是存储器和接口的配置及封装不同。这样可以使单片机最大限度地和应用需求相匹配, 功能不多不少, 从而减少功耗和成本。

2. 单片机的发展趋势

(1) 单片机的字长由 4 位、8 位、16 位发展到 32 位。这几种字长的单片机目前同时存在于市场, 用户可以根据需要进行选择。

(2) 运行速度不断提高。单片机的使用最高频率由 6MHz, 12MHz, 24MHz, 33MHz 发展到 40MHz。

(3) 单片机内的存储器的发展体现在 3 个方面: ① 容量越来越大, 由 1KB, 2KB, 4KB, 8KB, 16KB, 32KB 发展到 64KB, 乃至更多; ② ROM 存储器的编程也越来越方便, 有 ROM 型(掩模型)、OTP 型(一次性编程)、EPROM(紫外线擦除编程)、E²PROM(电擦除编程)及 FLASH(闪速编程)等; ③ 编程(烧录)方式也越来越方便, 目前有脱机编程、在系统编程(ISP)和在应用编程(IAP)等。

以上各类产品并存, 可供用户选择。

(4) I/O 端口多功能化。单片机除集成有并行接口、串行接口外, 还集成有 A/D、D/A、LED/LCD 显示驱动、DMA 控制、PWM(脉宽调制输出)、PLC(锁相环控制)、PCA(逻辑阵列)、WDT(看门狗)等。

(5) 功耗越来越低。采用 CHMOS 制作工艺使单片机集 HMOS 的高速、高集成度和 CMOS 的低功耗技术为一体, 使单片机的功耗进一步降低, 适应的电压范围更宽(2.6~6V)。

(6) 结合专用集成电路 ASIC、精简指令集和 RISC 技术, 使单片机发展成为嵌入式的处理器, 深入到数字信号处理、图像处理、人工智能、机器人等领域。

以上单片机各种发展系列并非一代淘汰一代, 均可供用户根据情况选择。

目前较有影响的单片机有:

- Intel; MCS-51、MCS-96 系列;
- Motorola; 68HCXX 系列;
- Microchip; 16C5X/6X/7X/8X 系列;
- Zilog; Z86EXXXPSC 系列;
- Texas; MSP430FXX 系列。

● 诸多公司的 32 位, ARM 由于带有更多的嵌入式微处理器的因素, 而不仅仅是微控制器的特征。

各类单片机的指令系统各不相同, 功能各有所长, 其中市场占有率最高的是 MCS-51 系列, 因为世界上很多知名的 IC 生产厂家都生产 51 兼容的芯片。生产 MCS-51 系列单片机的厂家如美国的 AMD 公司、Atmel 公司、Intel 公司、Winbond 公司、Philips 公司、ISSI 公司、Temic 公司、韩国的 LG 公司、日本的 NEC 公司、Siemens 公司等。到目前为止, MCS-51 单片

机已有数百个品种,还在不断推出功能更强的新产品。其他系列的单片机均未发展到如此规模。近年来,Philips 公司又推出了指令和 MCS-51 兼容的 16 位单片机,这样保证了 MCS-51 单片机的先进性,因此 MCS-51 单片机成为教学的首选机型。

3. MCS-51 系列单片机类型

MCS-51 系列单片机品种很多,如果按照存储器配置状态,可划分为:片内 ROM 型,如 80(C)5X;片内 EPROM 型,如 87(C)5X;片内 FLASH E²PROM 型,如 89C5X;内部无 EPROM 型,如 80(C)3X。详见绪表 1。如果按照其功能,则可划分为以下一些类型。

(1) 基本型

基本型有 8031,8051,8031AH,8051AH,8751AH,8751BH 等。8051AH 与 8051 的不同点在于前者采用 HMOS 工艺制造。基本型的代表产品是 8XX51,其基本特性如下:

- ① 具有适于控制的 8 位 CPU 和指令系统;
- ② 128 字节的片内 RAM;
- ③ 21 个特殊功能寄存器;
- ④ 32 线并行 I/O 口;
- ⑤ 2 个 16 位定时/计数器;
- ⑥ 一个全双工串行口;
- ⑦ 5 个中断源、2 个中断优先级的中断结构;
- ⑧ 4KB 片内 ROM;
- ⑨ 一个片内时钟振荡器和时钟电路;
- ⑩ 片外可扩展 64KB ROM 和 64KB RAM。

由此可见,它本身就是一个功能相当强的 8 位微型计算机。

(2) 增强型

增强型有 8052AH,8032AH,8752BH,89C52,89S52 等,此种类型单片机的内部 ROM 和 RAM 容量比基本型的增大一倍,同时把 16 位计数增为 3 个。87C54 内部 ROM 增加到 20KB,87C58 增加到 32KB。

(3) 低功耗型

低功耗型有 80C5XBH,80C31XBH,87C5X,89C5X 等。这类型号带有“C”字的单片机采用 CHMOS 工艺,其特点是功耗低。另外,87C51 还有两级程序存储器保密系统,可防止非法复制程序。

(4) 高级语言型

如 8052AH-BASIC 芯片内固化有 MCS BASIC52 解释程序,其 BASIC 语言能与汇编语言混用。

(5) 可编程计数阵列(PCA)型

可编程计数阵列型如 83C51FA,80C51FA,87C51FA,83C51FB 等,这些产品都是 CHMOS 器件。它具有两个特点:一个特点是具有 5 个比较/捕捉模块,每个模块可执行 16 位捕捉正跳变触发、16 位捕捉负跳变触发、16 位软件定时器、16 位高速输出及 8 位脉冲宽度调制等功能;另一个特点是有一个增强的多机通信串行接口。

(6) A/D 型

如 83C51GA,80C51GA,87C51GA 等系列单片机具有下述新功能:带有 8 路 8 位 A/D 及

半双工同步串行接口;拥有 16 位监视定时器,扩展了 A/D 中断和串行口中断,使中断源达到 7 个;可进行振荡器失效检测。

(7) DMA 型

一类是 DMA, GSC 型,如 83C152JA, 80C152JA, 80C152JB 等。这类单片机由新的特殊功能寄存器支持,具有 DMA 目的地址、DMA 源地址、DMA 字节计数等共 58 个特殊功能寄存器。它们除了具有局部串行通道 LSC 外,还有一个全局串行通道 GSC(多规程、高性能的串行接口)。另一类是 DMA, FIFO 型,如 83C452, 80C452, 87C452P 等。此类单片机新增加的功能是:128B 的双向先进先出(FIFO)RAM 阵列,采用环形指针管理读和写;有两个相同的 DMA 通道,允许从一个可写入的存储器到另一个可写入的存储器的高速数据传送;特殊功能寄存器增至 34 个;增加先进先出人机接口、DMA₀ 和 DMA₁ 3 个中断源。

(8) 多并行口型

多并行口型如 83C451C, 80C451 等。此类单片机是在 80C51 基础上,新增加和 P₁ 相同的 8 位准双向口 P₄ 和 P₅ 口,还增加一个特殊的内部具有上拉电阻的 8 位双向 P₆ 口。它既可以作为标准的输入输出口,也可以进行选通方式操作(新增 4 位控制线)。

(9) 在系统可编程(ISP)型

Atmel 公司已经宣布停产 AT89C51, AT89C52 等 C 系列的 51 产品,转而全面生产 AT89S51, AT89S52 等 S 系列的产品。S 系列产品最大的特点就是具有在系统可编程功能。用户只要连接好下载电路,就可以在不拔下 51 芯片的情况下,直接在系统中进行编程。编程期间,系统是不能运行程序的。该系列产品还带看门狗,除此以外,其他和 AT89C51, AT89C52 等 C 系列的 51 产品完全兼容。

(10) 在应用可编程(IAP)型

在应用可编程 IAP 比在系统可编程 ISP 更进了一步。IAP 型的单片机允许应用程序在运行时可以通过自己的程序代码对自己进行编程,一般为了达到更新程序的目的。它通常在系统芯片中采用多个可编程的程序存储区来实现这一功能,如 SST 公司的 ST89XXXX 系列产品等。

(11) JTAG 调试型

JTAG 技术是先进的调试和编程技术。它支持在系统、全速、非嵌入式调试和编程,不占用任何片内资源。目前具有 JTAG 调试功能的 51 单片机的种类很少,美国 Cygnal 公司(目前已被美国 Silicon Lab 公司收购)的 C8051FXXX 系列高性能单片机便是典型的一款。

绪表 1 中列出 Intel 公司、Philips 公司、Atmel 公司、SST 公司、Cygnal 公司等生产的几种型号的单片机的性能资料,仅供参考。

绪表 1 MCS-51 单片机系列产品

公司	型 号	片内存储器		I/O 口		中 断 源	定时器				最大 晶振 频率	引 脚 数	A/D	
		ROM// /EPROM/ //FLASH	RAM	并 行	串 行		数 量	看 门 狗	PMW	PCA			通 道 数	位 数
Intel	80(C)31	—	128	32	UART	5	2	N	N	N	24	40	—	—
	80(C)51	4KB//	128	32	UART	5	2	N	N	N	24	40	—	—
	87(C)51	/4KB/	128	32	UART	5	2	N	N	N	24	40	—	—
	80(C)32	—	256	32	UART	6	3	Y	N	N	24	40	—	—
	80(C)52	8KB//	256	32	UART	6	3	Y	N	N	24	40	—	—
	87(C)52	/8KB/	256	32	UART	6	3	Y	N	N	24	40	—	—
	80C58	32KB//	256	32	UART	6	3	Y	N	N	33	40	—	—
	87C54	/16KB/	256	32	UART	6	3	Y	N	N	33	40	—	—
	87C58	/32KB/	256	32	UART	6	3	Y	N	N	33	40	—	—
	80C51FA/B/C	—	256	32	UART	5	2	N	N	N	33	40	—	—
	83C51FA/B/C	8~32KB//	256	32	UART	5	2	N	N	N	33	40	—	—
	87C51FA/B/C	/8~32KB/	256	32	UART	5	2	N	N	N	33	40	—	—
	80C51RA/B/C	—	512	32	UART	5	2	N	N	N	33	40	—	—
	83C51RA/B/C	8/32KB//	512	32	UART	5	2	N	N	N	33	40	—	—
	87C51RA/B/C	/8~32KB/	512	32	UART	5	2	N	N	N	33	40	—	—
	80C252	8KB//	256	32	UART	7	3	Y	N	N	24	40	—	—
	83C252	/8KB/	256	32	UART	7	3	Y	N	N	24	40	—	—
	87C252	—	256	32	UART	7	3	Y	N	N	24	40	—	—
Philips	P87LPC762	/2KB/	128	18	I ² C, UART	12	2	Y	N	N	20	20	—	—
	P87LPC764	/4KB/	128	18	I ² C, UART	12	2	Y	N	N	20	20	—	—
	P87LPC767	/4KB/	128	18	I ² C, UART	12	2	Y	N	N	20	20	4	8
	P87LPC768	/4KB/	128	18	I ² C, UART	12	2	Y	Y	N	20	20	4	8
	P87LPC768	/4KB/	128	18	I ² C, UART	12	2	Y	N	N	20	20	4	8
	P8XC591	16KB/16KB/	512	32	I ² C, UART	15	3	Y	Y	Y	12	44	6	10
	P89C51RX2	//6~64KB	1024	32	UART	7	4	Y	Y	Y	33	44	—	—
	P89C66X	//6~64KB	2048	32	I ² C, UART	8	4	Y	Y	N	33	44	—	—
	P8XC554	16KB/16KB/	512	48	I ² C, UART	15	3	Y	Y	N	16	64	8	10
Atmel	AT89C51	//4KB	128	32	UART	5	2	N	N	N	24	40	—	—
	AT89C52	//8KB	256	32	UART	6	3	Y	N	N	24	40	—	—
	AT89C55	//20KB	256	32	UART	6	3	Y	N	N	24	40	—	—
	AT89C1051	//1KB	64	15	UART	3	1	N	N	N	24	20	—	—
	AT89C2051	//2KB	128	15	UART	5	2	N	N	N	24	20	—	—
	AT89C4051	//4KB	128	15	UART	5	2	N	N	N	24	20	—	—