

普通高等教育“十二五”规划教材

单片机原理及应用

Danpianji Yuanli ji Yingyong

王丽 主编

张燕 王恒 副主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等教育“十二五”规划教材

单片机原理及应用

王丽 主编

张燕 王恒 副主编

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

MCS-51 系列单片机应用广泛,是学习单片机较好的系统平台,也是微控制系统应用开发的一个重要系列。本书以 AT89S51 单片机为主线,通过大量的实例,系统介绍单片机的工作原理及软硬件开发技术。

全书共 12 章。第 1 章介绍单片机的基础知识;第 2 章介绍单片机内部硬件结构及相关知识;第 3 章介绍单片机汇编指令系统;第 4 章介绍单片机 C51 程序设计;第 5 章~第 11 章,分别介绍单片机中断技术,单片机定时器/计数器技术,单片机异步通信串行口技术,单片机并行系统扩展技术,单片机串口扩展技术,单片机与键盘、显示器的接口技术,单片机与 A/D 转换器、D/A 转换器的接口电路与软件设计;第 12 章单片机应用系统设计调试,介绍辅助教学的“示教板”的设计实例。每章后附有思考题。

本书适合作为各类本科院校的电子工程、计算机、工业自动化、自动控制、测控技术、电气及自动化、机电一体化、车辆工程等相关专业单片机课程教材,也可供从事单片机应用系统设计的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用/王丽主编. —北京:国防工业出版社,
2014.8

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-118-09604-0

I. ①单... II. ①王... III. ①单片微型计算机-高等学校-教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 192260 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 22³/₄ 字数 522 千字

2014 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 39.80 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行传真:(010)88540755

发行邮购:(010)88540776

发行业务:(010)88540717

前 言

单片机技术作为计算机技术的一个重要分支,其应用进入一个飞速发展的阶段,涉及生活的各个方面。单片机具有体积小、质量轻、集成度高、功能强、可靠性高、应用灵活、易于掌握、价格低等优点,这为掌握、应用它提供了便利的条件。同时,单片机也受到越来越多的工程技术人员的关注。目前,大多数国内中、高等院校将单片机作为必修课程。

目前,单片机技术在不断快速发展。单片机的机型、种类繁多,但在小型单片机应用中,MCS-51单片机仍然是常见机型,已经成为单片机领域的实际标准。本书以美国Atmel公司的AT89S51单片机为基础,详细介绍了单片机的硬件结构与各个功能部件的工作原理、汇编指令系统及C51语言常用程序设计方法及技巧,并从应用设计的角度出发,介绍了AT89S51单片机的各种硬件接口设计,接口驱动程序设计及单片机的应用系统设计。最后,介绍了Proteus单片机硬件电路仿真设计及Keil C51程序设计,及仿真联调方法,同时对AT89S51单片机应用系统设计中涉及到的各种新型器件芯片做了简要的介绍,并给出了应用系统实例的仿真原理图和源程序代码。

全书参考学时40~64学时(含实验12~16学时),授课过程可根据实际情况,对教材内容进行取舍。建议第1~7章为教学基本内容,使学生掌握单片机基本结构和工作原理,其中5~7章程序设计方法侧重C51语言编程;第8章让学生了解并行扩展的地址、数据、控制总线的方法,可以不作为重点内容;第9章是目前较为流行和广泛应用的串口扩展技术,可作为重点内容介绍;第10~11章介绍人机(输入/输出)接口和A/D、D/A内容可作为次重点内容介绍;第12章介绍几个典型的单片机应用实例,给出具体软硬件设计过程(源代码和Proteus仿真原理图),此应用实例涉及中断技术,定时器技术,串行口技术,输入/输出接口技术,A/D、D/A转换技术的相关知识,因此,第12章内容可穿插在第5~11章的教学过程中。即,除去单片机基本内容外,结合第12章典型应用实例介绍单片机的应用系统的开发过程、手段和设备。

本书可作为本科、专科、高职高专等高等院校的电子工程、计算机、工业自动化、测控技术、电气及自动化、机电一体化、车辆工程等相关专业的教材,也可供从事单片机工程开发、应用等领域的技术人员阅读、参考。

本书由南京航空航天大学刘文波教授担任主审,刘春生教授为提高书稿的质量提出了宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢。

南京航空航天大学金城学院王丽担任本书的主编,南京航空航天大学金城学院张燕、王恒担任副主编,全书由王丽统稿,定稿。此外,学生李超、谢斌为本书的插图和程序调试

工作付出了艰辛的劳动。

本书在编写过程中,参考了 Atmel、Keil 公司的数据手册与应用注释,广州周立功单片机发展有限公司的网站、众多 51 内核单片机提供的资料,以及相关 51 内核单片机的参考书,在此对这些网站、网站资料作者与参考书作者表示衷心感谢!

由于编写时间仓促,编者水平有限,书中难免存在疏漏或不妥之处,恳请读者随时提出批评。若有好的建议或意见请与我们联系:li-wang1116@163.com。

目 录

第 1 章 单片机概述	1
1.1 单片机的概念	1
1.2 单片机的体系结构和特点	1
1.2.1 单片机的体系结构	1
1.2.2 单片机的特点	3
1.3 单片机的发展	4
1.3.1 单片机的发展历史	4
1.3.2 单片机的发展趋势	5
1.4 单片机的应用及学习方法	8
1.4.1 单片机的应用领域	8
1.4.2 单片机应用系统的组成	9
1.4.3 单片机的学习方法	9
1.5 单片机与嵌入式系统	10
1.5.1 嵌入式系统	10
1.5.2 常见 51 单片机介绍	11
1.5.3 其他的单片机	15
1.5.4 各类嵌入式处理器简介	18
思考题与习题 1	19
第 2 章 AT89S51 单片机的硬件结构	21
2.1 AT89S51 单片机的内部结构	21
2.2 AT89S51 单片机的引脚功能	25
2.2.1 芯片封装	25
2.2.2 芯片引脚及功能	26
2.3 AT89S51 单片机的存储器系统	28
2.3.1 程序存储器	29
2.3.2 片内数据存储器	30
2.3.3 特殊功能寄存器	31
2.3.4 位地址空间	37

2.3.5	片外数据存储器	38
2.4	并行 I/O 口	39
2.4.1	P0 口	39
2.4.2	P1 口	41
2.4.3	P2 口	42
2.4.4	P3 口	44
2.5	AT89S51 单片机的工作时序	45
2.5.1	时钟电路	45
2.5.2	机器周期及指令周期	46
2.5.3	指令的执行时序	47
2.6	单片机的工作方式	48
2.6.1	复位方式	48
2.6.2	程序执行方式	50
2.6.3	低功耗方式	50
2.6.4	编程和校验方式	52
2.7	单片机的最小系统	57
	思考题与习题 2	58
第 3 章	AT89S51 单片机指令系统及汇编语言程序设计	61
3.1	单片机指令系统概述	61
3.1.1	指令格式	62
3.1.2	符号说明	64
3.2	单片机的寻址方式	65
3.3	指令分类及说明	70
3.3.1	数据传送类指令	70
3.3.2	算术运算类指令	74
3.3.3	逻辑操作类指令	79
3.3.4	控制转移类指令	81
3.3.5	位操作类指令	84
3.4	汇编语言程序设计	86
3.4.1	汇编语言程序设计步骤	86
3.4.2	汇编语言程序设计技巧	86
3.4.3	汇编	87
3.4.4	伪指令	87
3.5	汇编程序设计实例	89
3.5.1	顺序结构程序设计	89
3.5.2	分支结构程序设计	91

3.5.3	循环结构程序设计	94
3.5.4	子程序设计	100
	思考题与习题3	105
第4章	C51 语言程序设计基础	109
4.1	C51 程序的基础知识	109
4.1.1	C51 的特点	109
4.1.2	标识符和关键字	111
4.1.3	运算符与表达式	113
4.2	C51 的数据类型	117
4.2.1	C51 的基本数据类型	117
4.2.2	存储器类型	119
4.2.3	存储模式	120
4.2.4	常量和变量	121
4.2.5	特殊功能寄存器及位变量的定义	125
4.2.6	数组和指针	127
4.2.7	绝对地址访问	132
4.3	C51 的函数	134
4.3.1	函数的定义	134
4.3.2	函数的声明	135
4.3.3	函数的调用	136
4.3.4	函数参数传递及返回值传递	136
4.3.5	中断函数	137
4.3.6	可重入函数	138
4.3.7	常用库函数	139
4.3.8	常用编译预处理命令	140
4.4	C51 程序设计	143
4.4.1	C51 的程序结构	143
4.4.2	C51 程序基本结构与相关语句	144
4.4.3	启动程序 STARTUP.A51	148
4.4.4	C51 与汇编语言混合编程	149
4.4.5	C51 程序设计实例	157
	思考题与习题4	160
第5章	AT89S51 单片机的中断系统	164
5.1	单片机与外设的数据传输方式	164
5.2	中断系统概述	166

5.2.1	中断的概念	166
5.2.2	中断系统的结构	166
5.3	中断处理过程	171
5.4	中断请求的撤销	173
5.5	外部中断源扩展	174
5.6	中断服务程序的设计及应用	176
5.6.1	设计思想和方法	176
5.6.2	中断程序设计实例	178
思考题与习题 5		181
第 6 章	AT89S51 单片机的定时/计数器	182
6.1	定时/计数器的结构及工作原理	182
6.1.1	定时/计数器的结构	182
6.1.2	定时/计数器的控制	183
6.2	定时/计数器的工作模式及其应用	184
6.2.1	模式 0 和模式 1	184
6.2.2	模式 2	188
6.2.3	模式 3	190
思考题与习题 6		193
第 7 章	AT89S51 单片机的串行口	194
7.1	串行通信的概念	194
7.1.1	串行通信的传输方式	194
7.1.2	串行通信的异步通信方式	195
7.2	串行口的结构	196
7.2.1	串行口控制寄存器 SCON	197
7.2.2	电源控制寄存器 PCON	198
7.3	串行口的通信工作方式	198
7.3.1	工作方式 0	198
7.3.2	工作方式 1	201
7.3.3	工作方式 2	208
7.3.4	工作方式 3	211
7.3.5	多机通信	217
7.4	串行通信接口标准	221
思考题与习题 7		223
第 8 章	单片机系统的并行口扩展	224
8.1	单片机的三总线结构	224

8.2	外部存储器的扩展	225
8.2.1	程序存储器扩展	225
8.2.2	静态数据存储器扩展	228
8.2.3	多个存储芯片的综合扩展	230
8.3	并行 I/O 口扩展	231
8.3.1	并行扩展芯片 8255	231
8.3.2	74LS 系列芯片扩展并行口	236
	思考题与习题 8	237
第 9 章	AT89S51 单片机串行口扩展技术	238
9.1	RS-232C 串行通信标准及应用	238
9.2	SPI 串行总线	240
9.3	单总线串行扩展技术	245
9.4	Microwire 总线	247
9.5	I ² C 总线	247
9.5.1	I ² C 总线概述	247
9.5.2	I ² C 总线的工作原理	249
9.6	AT89S51 单片机的 I ² C 总线扩展系统	252
	思考题与习题 9	260
第 10 章	AT89S51 单片机的人机接口	262
10.1	键盘输入接口	262
10.1.1	键盘输入应解决的问题	262
10.1.2	键盘的工作原理	263
10.1.3	键盘接口电路	266
10.1.4	键盘的工作方式	266
10.2	发光二极管显示	270
10.3	LED 数码管显示器	272
10.4	单片机与 LCD 的接口	276
10.4.1	LCD 的分类	276
10.4.2	点阵字符型液晶显示模块介绍	276
10.4.3	点阵字符型液晶显示 SMC1602 介绍	277
	思考题与习题 10	281
第 11 章	AT89S51 单片机的 A/D 和 D/A 转换器接口	283
11.1	D/A 转换器接口技术	283

11.1.1	D/A 转换器简介	283
11.1.2	AT89S51 单片机与 DAC0832 接口技术	284
11.1.3	AT89S51 单片机与 TLC5615 的接口技术	289
11.2	A /D 转换器接口技术	294
11.2.1	A /D 转换器简介	294
11.2.2	AT89S51 单片机与 ADC0809 的接口技术	295
11.2.3	AT89S51 单片机与 TLC1549 的接口设计	299
思考题与习题 11		303
第 12 章 AT89S51 单片机应用系统设计与调试		304
12.1	单片机应用系统的设计步骤	304
12.2	典型的单片机应用系统	306
12.3	Keil μ Vision4 软件开发环境	307
12.3.1	Keil μ Vision4 的基本操作	308
12.3.2	添加用户源程序文件	310
12.3.3	工程的设置	312
12.3.4	程序的调试	313
12.4	Proteus 电子仿真软件	313
12.4.1	电子产品的设计流程	314
12.4.2	Proteus ISIS 的工作环境	315
12.4.3	Proteus 的操作与仿真	316
12.4.4	Proteus 与 Keil C 的联合调试设置	321
12.5	单片机课程教学“示教板”	322
12.5.1	实例 1:中断技术应用	322
12.5.2	实例 2:D/A 转换接口应用	330
12.5.3	实例 3:基于 AD590 的温度显示系统	332
12.5.4	实例 4:科学计算器	336
12.5.5	实例 5:AT89S51 单片机的下载器	343
12.5.6	实例 6:单片机控制继电器(220V 交流)	343
思考题与习题 12		345
附录 1 指令系统速查表		346
附录 2 指令矩阵		351
参考文献		352

第 1 章 单片机概述

1.1 单片机的概念

单片机全称单片微型计算机(Single Chip Microcomputer)，是一种集成电路芯片，是采用超大规模集成电路技术把具有数据处理能力的中央处理器(Central Processing Unit, CPU)、随机存储器(Random Access Memory, RAM)、只读存储器(Read-Only Memory, ROM)、多种 I/O(Input/Output)口和中断系统、定时器/计时器等功能部件(可能还包括显示驱动电路、脉宽调制电路、模拟多路转换器、A/D 转换器(Analog to Digital Converter)集成到一块硅片上构成的一个小而完善的微型计算机系统。因此单片机主要由图 1-1 所示的几部分组成。



图 1-1 单片机的组成框图

由于单片机从功能和形态来说都是应控制领域应用的要求而诞生的，并且在发展过程中又进一步扩展了各种控制功能，已突破了微型计算机(Microcomputer)的传统内容，所以国际上通常把单片机称为微控制器(Microcontroller Unit, MCU)，但国内仍习惯使用“单片机”这一名称。

由于单片机在应用时，常作为被控系统的核心并嵌入其中，为了强调其“嵌入”的特点，也常常把单片机称为嵌入式控制器(Embedded Microcontroller Unit, EMCU)。

单片机按照其用途可分为通用型和专用型两大类。

通常所说的和本书所介绍的单片机是指通用型单片机。通用型单片机应用范围宽，通过不同的外围扩展就可以用在不同的设备中。专用型单片机是专门为某一产品设计生产的。如各种家用电器中的控制器、电子体温计、计费电度表、游戏机、收银机、通信设备等。在用量不大的情况下设计和制造这样的专用芯片成本很高，而且设计和制造的周期也很长，但是在用量很大的情况下，由于在设计中已经对专用型单片机的系统结构、可靠性和成本等方面做了全面的考虑，所以专用型计算机具有显著的综合优势。但是无论专用型单片机多么“专”，其基本结构和工作原理都是以通用型单片机为基础的。

1.2 单片机的体系结构和特点

1.2.1 单片机的体系结构

1. 存储器结构

目前，单片机有两种基本结构形式：一种是在传统计算机设计中广泛采用的冯·诺

依曼(Von Neumann)结构, 也称为普林斯顿(Princeton)结构; 另一种是哈佛(Harvard)结构。

冯·诺依曼结构是一种将程序存储器和数据存储器合用一个物理存储空间的结构。在这个物理存储器空间中, 每个存储单元都可以用于存储程序或数据。由于程序指令存储地址和数据存储地址指向同一个存储器的不同物理位置, 因此程序指令和数据的宽度相同, 如英特尔公司的 8086 中央处理器的程序指令和数据都是 16 位宽。

图 1-2 即为冯·诺依曼结构的系统框图, 地址总线的位数决定了系统中存储器单元的个数, 数据总线的宽度则决定了程序指令编码和存储数据编码的长度。冯·诺依曼结构中取指令和存取数据要从同一个存储空间存取, 经由同一总线传输, 因而它们无法重叠执行, 只能通过分时复用的方式进行。也正是因为指令和数据共享同一总线, 使得信息流的传输成为限制系统性能的瓶颈。

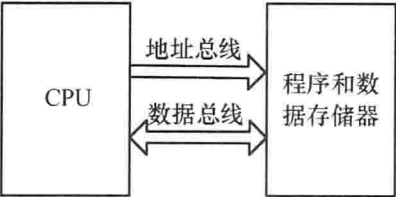


图 1-2 冯·诺依曼结构

冯·诺依曼结构简单, 编程灵活, 目前有很多 CPU 和微控制器使用冯·诺依曼结构。例如 Intel 公司的 8086 及其他 CPU, ARM 公司的 ARM7, TI 的 MSP430 处理器, MIPS 公司的 MIPS 处理器。

哈佛结构则是指将程序存储器和数据存储器分开的存储器结构, 如图 1-3 所示。哈佛结构的主要特点是将程序和数据存储在不同的存储空间中, 即程序存储器和数据存储器是两个独立的存储器, 每个存储器独立编址、独立访问, 目的是减轻程序运行时的访问瓶颈。

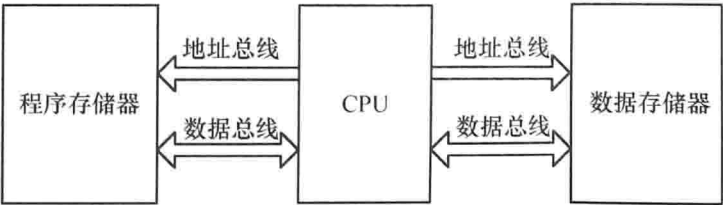


图 1-3 哈佛结构

在哈佛结构中程序存储器和数据存储器采用不同的总线, CPU 可同时对程序存储器和数据存储器进行访问, 使数据的移动和交换更加方便, 尤其提供了较高的数字信号处理性能。哈佛结构的程序存储器总线位数和数据存储器总线位数可以相同, 也可以不同。比如, Microchip 公司的 PIC 系列单片机, 其 CPU 内部的程序存储器总线的位数有 12 位、14 位、16 位等几种, 而数据存储器总线位数都是 8 位。

目前使用哈佛结构的中央处理器和微控制器有很多, 除了上面提到的 Microchip 公司的 PIC 系列芯片, 还有 Motorola 公司的 MC68 系列、Zilog 公司的 Z8 系列、Atmel 公司的 AVR 系列和 ARM 公司的 ARM9、ARM10 和 ARM11 等。

2. 指令结构

CISC(Complex Instruction Set Computer, 复杂指令集计算机)和 RISC(Reduced Instruction Set Computer, 精简指令集计算机)是当前 MCU 的两种架构。

早期的 MCU 全部是 CISC 架构,它的设计目的是要用最少的机器语言指令来完成所需的计算任务。RISC 的设计目的则是系统只用少数指令,但是每个指令的执行时间相当短,因此 MCU 可以用相当高的频率来运算。

CISC 是一种为了便于编程和提高记忆体访问效率的晶片设计体系。CISC 设计者认为,CPU 能够执行的基本操作越多越容易编程,因为单条指令可以实现多种类型的任务,尽管许多指令在技术上是多余的。庞大的指令集可以减少编程所需要的代码行数,减轻工程师的负担。指令集以及晶片的设计比上一代产品更复杂,不同的指令,需要不同的时钟周期来完成,指令编码多样,因此在 CISC 中很难实现流水操作,将影响整台机器的执行效率。CISC 简化了软件编程,但是增加了硬件的复杂程度。

RISC 是为了提高处理器运行的速度而设计的晶片体系。RISC 的着眼点不是简单地放在简化指令系统上,而是通过简化指令系统使计算机的结构更加合理,从而提高运行效率。它的关键技术在于流水线操作(Pipelining):在一个时钟周期里完成多条指令。而超流水线以及超标量技术已普遍在晶片设计中使用。RISC 的 CPU 通常有一个大的寄存器组和比较简单的寻址方式,指令规范、简单、对称,便于流水操作。RISC 技术使得硬件设计极为简洁,指令执行速度快,但软件编程则不如 CISC 方便,多指令的操作使得程序开发者必须小心地选用合适的编译器,而且编写的代码量会变得非常大。

其实,CISC 和 RISC 各有优势,在通用微机和单片机领域内都有相应的成功产品。Intel 的 MCS-51 系列单片机是典型的 CISC 结构,而像 Microchip 的 PIC 系列、Atmel 的 AVR 系列等都是 RISC 单片机的代表。

1.2.2 单片机的特点

单片机是集成电路技术与微型计算机技术高速发展的产物,在短短几十年时间里,单片机就经过了 4 位机、8 位机、16 位机、32 位机等几大发展阶段,尤其是集成度高、内部结构愈加完美、片内外围功能部件越来越完善的单片机不断问世,更使得单片机在工业控制及工业自动化领域获得长足的发展和大量应用。在单片机出现以前,人们要想制作一套控制系统,往往采用大量的分立元件,系统不仅体积庞大,而且线路复杂,连接点太多,极易出现故障。单片机出现以后,这些控制功能的绝大部分都已经由单片机的软件程序实现,其他电子线路则由片内的外围功能部件来替代。因此单片机的发展和普及给工业自动化等领域带来了重大变革和技术进步。

单片机在各个应用领域都得到了迅猛的发展,主要是以单片机为核心构成的应用系统具有以下优点:

(1) 性能价格比高。单片机体积小,运用灵活,能容易地嵌入到系统中组成各种智能化的控制设备和仪器,实现各种方式的检测、计算或控制,因此应用广泛,生产批量大。由于世界上各大公司的商业竞争使得单片机产品的性能越来越强而价格进一步降低,有优异的性能价格比。

(2) 集成度高、体积小。单片机把实际应用所需要的 CPU、RAM、ROM、I/O 接口

及定时器/计数器等功能部件都集成在一块芯片内，与常规的计算机系统相比，具有体积小、集成度高的特点。

(3) 可靠性高，抗干扰能力强。单片机把各种功能部件集成在一块芯片上，内部采用总线结构，减少了各芯片之间的连线，大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。另外，单片机体积小，对于强磁场环境易于采取屏蔽措施，适合在恶劣环境下工作。

(4) 控制功能强。单片机结构、功能和指令系统都突出了控制功能，能有针对性地解决各类从简单到复杂的控制任务。为满足控制的需要，单片机有很强的逻辑控制能力，特别是具有很强的位处理能力。单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微型计算机。单片机还能方便地实现多机和分布式控制，使整个控制系统的效率和可靠性大为提高。

(5) 低功耗、低电压。许多单片机的工作电压只有 2~4V，电流为几百微安，功耗很低，适用于便携式产品。

(6) 可扩展性好。单片机的资源一般能满足较小应用系统的要求。若应用系统大，单片机内部的资源不能满足应用需求时，可以非常方便地在外部进行扩展(如扩展 ROM、RAM、I/O 接口、定时/计数器、中断系统等)，构成各种规模的单片机应用系统，给应用系统设计带来极大的方便和灵活性。

(7) 易于普及。技术人员通过学习就可以很快地掌握单片机的应用设计技术，因此单片机技术是一门较为容易掌握的普及技术。另外单片机资源具有广泛的通用性。同一种单片机可用于不同的对象系统中，只要固化不同的应用程序即可。

1.3 单片机的发展

1.3.1 单片机的发展历史

单片机发展速度十分迅猛，应用面很广。单片机种类繁多，自 1971 年诞生至今已发展为上百种系列的近千个机种。

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。

单片机的发展经历了五个主要阶段。

第一阶段(1971—1976): 单片机的初级阶段。由于生产工艺和集成度的限制，单片机的功能比较简单。单片机是嵌入式系统的独立发展之路，在这一发展道路上，Intel 公司功不可没。Intel 公司在 1971 年 11 月首先推出了 4 位微处理器 Intel 4000。1972 年 4 月 Intel 又研制出功能较强的 8 位微处理器 Intel 8008。1974 年 12 月 Fairchild 公司推出 8 位的单片机 F8。这一阶段的微处理器虽不能称为单片机，但从此拉开了研制单片机的序幕。

第二阶段(1976—1978): 单片机的探索阶段。这一阶段的单片机是真正的 8 位微型计算机。以 1976 年 Intel 公司推出的 MCS-48 系列为代表，将单片机推向市场，促进了单片机的变革和发展。MCS-48 的推出是在工控领域的探索，参与这一探索的公司还有 Motorola、Zilog 等，都取得了满意的效果。这就是 SCM 的诞生年代，“单片机”一词即

由此而来,但这一阶段的单片机仍然处于低性能阶段。

第三阶段(1978—1983):单片机的完善阶段。这一阶段的单片机片内 RAM、ROM 都相对增大,寻址范围可达 64KB,普遍带有串行输入/输出接口,还可进行多级中断处理,16 位定时器/计数器,使单片机发展跃上一个新的台阶。1980 年,Intel 公司在 MCS-48 的基础上推出了典型的 MCS-51 单片机系列。它在以下几个方面奠定了公认经典的单片机体系结构。

(1) 完善的外部总线。MCS-51 设置了经典的 8 位单片机的总线结构,包括 8 位数据总线、16 位地址总线、控制总线及具有多机通信功能的串行通信接口。

(2) CPU 外围功能单元的集中管理模式。

(3) 体现工控特性的位地址空间及位操作方式。

(4) 指令系统趋于丰富和完善,并且增加了许多突出控制功能的指令。

第四阶段(1983—1990):8 位单片机的巩固发展及 16 位单片机的推出阶段,也是单片机向微控制器发展的阶段,此时的单片机实时处理能力强,生产工艺先进,集成度高、内部功能强。在这一阶段一方面发展 16 位单片机及专用单片机,另一方面不断完善高档 8 位单片机,改善其结构,以满足不同用户的需求。Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机,将一些用于测控系统的 A/D 转换器、程序运行监视器、脉宽调制器等纳入片中,体现了单片机的微控制器特征。随着 MCS-51 系列的广泛应用,许多电气厂商竞相使用 80C51 为内核,将许多测控系统中使用的电路技术、接口技术、多通道 A/D 转换部件、可靠性技术等应用到单片机中,增强了外围电路功能,强化了智能控制的特征。而且允许用户采用工业控制的专用语言编程,如 C 语言、BASIC 语言等。

第五阶段(1990 至今)微控制器的全面发展阶段。随着单片机在各个领域全面、深入地发展和应用,出现了高速、大寻址范围、强运算能力的 8 位/16 位/32 位通用型单片机,以及小型廉价的专用型单片机。本阶段的微控制器不断扩展满足嵌入式应用对象系统要求的各种外围电路与接口电路,提高智能化控制能力。所涉及的领域都与对象系统有关,因此,发展微控制器的重任不可避免地落在电气、半导体厂商的肩上。随着半导体技术的发展,巨型计算机单片化将成为现实。

伴随着单片机软硬件性能的提高,它与嵌入式系统领域中的高性能微处理器(如 ARM 及专用数字信号处理器 DSP)的性能也越来越接近了。前一些年,后两类处理器还被称为高端产品,它们与单片机之间存在着天堑鸿沟,可以推测,不久的将来,单片机、高端嵌入式处理器及 DSP 间的性能差异会变得越来越模糊,就像现在的 PC 与原来的大型工作站一样。

1.3.2 单片机的发展趋势

在单片机家族中 80C51 系列是其中的佼佼者,加之 Intel 公司将其 MCS-51 中的 80C51 内核使用权以专利互换或出售形式转让给世界许多著名 IC 制造厂商,如 Atmel、Philips、NEC、ADI、Maxim、DALLAS、AMD、Siemens、华邦等公司。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。随着半导体技术的发展和成熟,各大芯片制造商研制出了能够适用于各种应用领域的单片机,从 8 位、16 位到 32 位,应有尽有,采用新技术使单片机的种类、性能不断提高,应用领域迅速扩大,单片机出现了百家争鸣、百花齐放的局面。

纵观单片机的发展过程,可以预见单片机正在向多功能、高性能、高速度、低电压、低功耗、低价格、外围电路内装化以及存储器容量不断增大的方向发展。下面从体系结构、工业实现及系统三个方面介绍单片机的主要发展趋势。

1. 体系结构方面的发展趋势

1) CPU 的改进

(1) 增加 CPU 的数据总线宽度,其数据处理能力明显优于一般 8 位单片机。

(2) 采用多核结构,以提高处理速度和处理能力。

(3) 高性能化。一般是指进一步改进 CPU 的性能,加快指令运算的速度和提高系统控制的可靠性,采用精简指令集(RISC)结构和流水线技术,可以大幅度提高运行速度。

2) 存储器的发展

(1) 加大存储容量。目前有的单片机片内存储器容量可达 128KB 甚至更多,片内存储容量增大可以简化外围扩展电路,以达到提高产品的稳定性及降低产品成本的目的。

(2) 片内的程序存储器现在普遍采用闪存(Flash Memory),可在线读/写。闪存是一种非易失性存储器,即断电数据也不会丢失,能长期保存某些需要保留的数据和参数,以提高单片机的可靠性。在系统不大的情况下使用片内 Flash 存储器,单片机可不用片外扩展程序存储器,大大简化了其应用系统结构。

(3) 程序保密化。采用编程加密位或 ROM 加锁方式,就可以防止程序被复制,这就达到了程序保密、更好地保护知识产权的目的。

3) 片内 I/O 的改进

一般单片机都有较多的并行口,以满足外围设备、芯片扩展的需要,并配有串行口,以满足多机通信功能的要求。对片内 I/O 口的改进体现在以下几个方面:

(1) 增加并行口的驱动能力,以减少外围驱动芯片的使用。有的单片机可以直接输出大电流和高电压,以便能直接驱动 LED 和 VFD(荧光显示器)。

(2) 增加 I/O 口的逻辑控制功能,大大加强了 I/O 口线控制的灵活性。

(3) 有些单片机设置了一些特殊的串行 I/O 功能,为构成分布式、网络化系统提供了丰富的接口资源。

为了减少引脚数量和提高应用性,单片机制造中普遍采用了引脚复用的设计方案。在很长一段时期里,通用型单片机通过三总线结构扩展外围器件成为单片机应用的主流结构,随着外围接口不断进入片内,推动了单片机“单片”应用结构的发展。

4) 外围电路内装化

随着集成电路技术的快速发展和“以人为本”思想在单片机设计上的体现,很多单片机生产厂家充分考虑到用户的需求,把众多可能的外围功能器件集成在单片机内,即系统的单片化是目前单片机发展趋势之一。

现在常规的单片机普遍都是将中央处理器(CPU)、随机存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、并行和串行通信接口,中断系统、定时电路、时钟电路集成在一个单一的芯片上,增强型的单片机集成了如 A/D 转换器、PWM(脉宽调制电路)、WDT(看门狗),有些单片机将 LCD(液晶显示屏)驱动电路都集成在单一的芯片上,这样单片机包含的单元电路就更多,功能就越强大,可以说一片芯片是一个“测控”系统。随着低价位 OTP(One Time Programmable)及各种类型片内程序存储器的发展,特别是 I²C、SPI、CAN、Ethernet 等的