

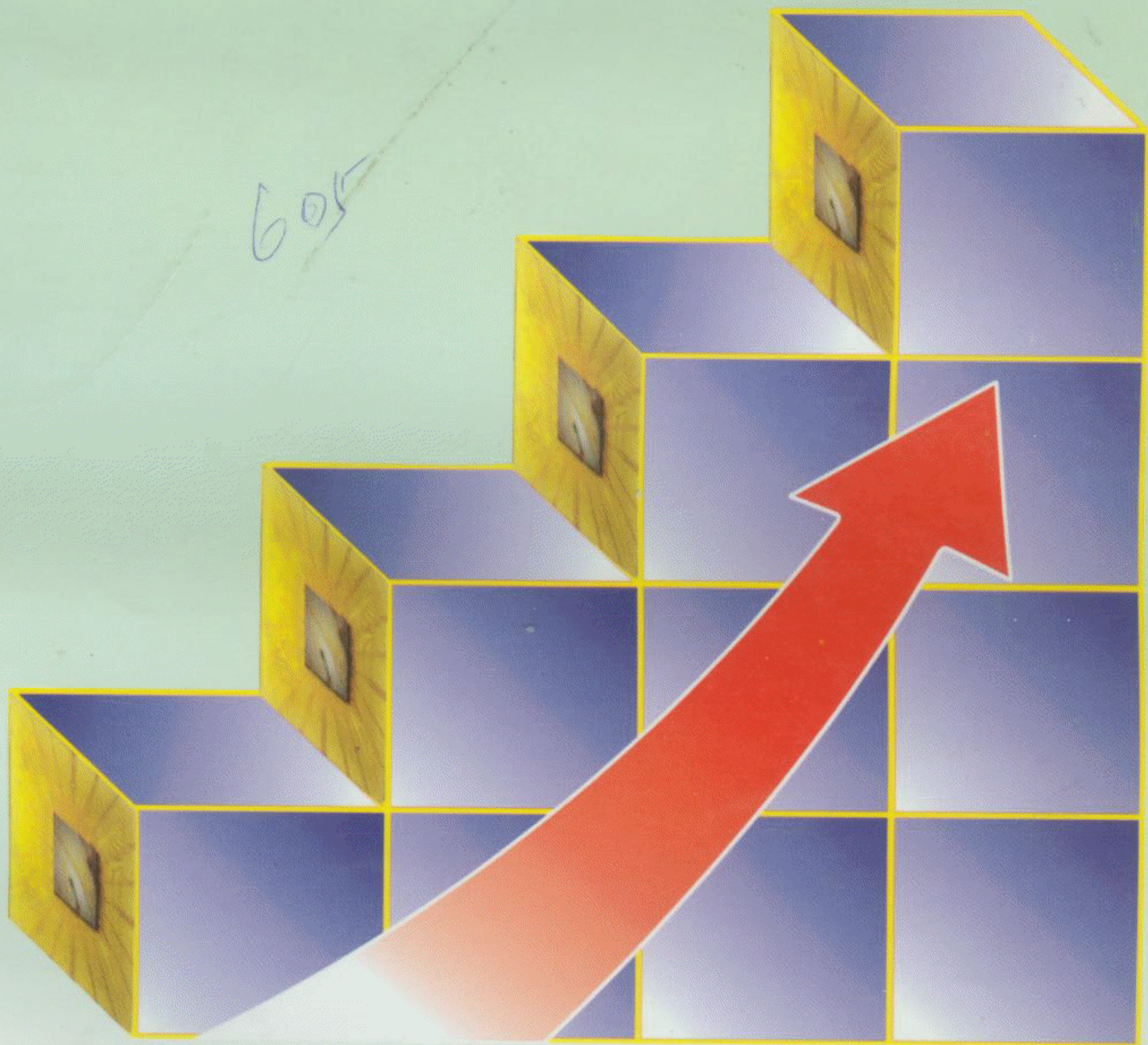
单片机系列教程

主编 何立民

# 单片机高级教程

—应用与设计—

何立民 编著



605

北京航空航天大学出版社

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

单片机系列教程

主编 何立民

# 单片机高级教程

—应用与设计—

何立民 编著

北京航空航天大学出版社

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

# 单片机系列教程

## 编委会

主 编:何立民

编 委:(按姓氏笔画排列)

王小青 王海虹 何立民 沈德金

杨昌竹 张迎新 张俊谟 满庆丰

# 序

在我国,单片机已不是一个陌生的名词,它的出现是近代计算机技术发展史上的一个重要里程碑,因为单片机的诞生标志着计算机正式形成了通用计算机系统和嵌入式计算机系统两大分支。在单片机诞生之前,为了满足工控对象的嵌入式应用要求,只能将通用计算机进行机械加固、电气加固后嵌入到对象体系(如舰船)中构成诸如自动驾驶仪、轮机监控系统等。由于通用计算机的巨大体积和高成本,无法嵌入到大多数对象体系(如家用电器、汽车、机器人、仪器仪表等)中。单片机则应嵌入式应用而生。单片机的单芯片的微小体积和极低的成本,可广泛地嵌入到如玩具、家用电器、机器人、仪器仪表、汽车电子系统、工业控制单元、办公自动化设备、金融电子系统、舰船、个人信息终端及通信产品中,成为现代电子系统中最重要的智能化工具。

计算机两大分支的产生,大大促进了现代计算机技术的飞速发展。通用计算机系统以发展海量高速数值计算为己任,不必兼顾控制功能,其数据总线宽度不断更新,迅速从8位、16位过渡到32位、64位,不断完善其通用操作系统,突出发展高速海量数值计算能力,并在数据处理、模拟仿真、人工智能、图像处理、多媒体、网络通信中得到了广泛的应用;单片机则以面向对象的实时控制为己任,不断增强控制能力,降低成本,减小体积,改善开发环境,以空前的速度迅速而广泛地取代经典电子系统。

单片机作为最典型的嵌入式系统,它的成功应用推动了嵌入式系统的发展。近年来,除了各种类型的工控机,各种以通用微处理器构成的计算机主板模块、以通用微处理器为核,片内扩展一些外围功能电路单元构成的嵌入式微处理器,甚至单片形态的PC机等,都实现了嵌入式应用,成为嵌入式系统的庞大家族。

作为典型嵌入式系统的单片机,在我国大规模应用已有十余年历史。在全国高等工科院校中,已普遍开设单片机及其相关课程。单片机已成为电子系统中最普遍的应用手段。除了单独设课程外,在涉及的许多实践环节,如课程设计、毕业设计、研究生论文课题中,单片机系统都是最广泛的应用手段。近年来,在高校中大力推行的各种电子设计竞赛中,采用单片机系统来解决各类电子技术问题已成趋势。因此,解决好高等工科院校单片机及其相关课程的教材具有十分重要的意义。

目前,许多单片机类课程教材都是以80C51系列为基础来讲授单片机原理及其应用的。这是因为MCS-51系列单片机奠定了8位单片机的基础,形成了单片机的经典体系结构。MCS-51系列中的8051成为许多半导体厂家、电气公司竞相选用的对象,并以此为基础,推出了许多兼容性的CHMOS单片机。这些单片机都

具有极好的兼容性,并有很强的生命力,统称为 80C51 系列。本系列教程以 80C51 系列为基础即缘于此。

单片机是现代计算机、电子技术的新兴领域,无论是单片机本身还是单片机应用系统设计方法都会随时代不断发生变化,作为单片机类课程的教材则要突出单片机技术的典型性和教学化特点。因此,单片机教程只提供单片机典型结构体系的基本原理与应用设计的基本方法。教程中的所有应用实例只是为了加深理解单片机基本原理及应用系统设计方法的需要而设置的,并不提供、也不可能提供单片机应用系统设计的最新、最优电路。通过本教程的学习,掌握基本原理和方法后,在未来的工作实践中,要通过各种渠道,如公司产品技术手册和网上查询,以获得最新器件、最佳技术来设计自己的产品系统。

目前,以及未来相当长的一段时间内,单片机相关的系统技术为:

(1) 全盘 CMOS 化。CMOS 电路具有众多的优点,如极宽的工作电压范围、极佳的本质低功耗及功耗管理特性,已成为目前单片机及其外围器件流行的半导体工艺。

(2) 单片机在片 ROM 应用。目前单片机已广泛使用在片程序存储器技术,最广泛的应用状态是 OTPROM、FlashROM、MaskROM。本系列教程中虽然也介绍了外部程序存储器的扩展方法,但实际应用中已很少见。

(3) 以串行方式为主的外围扩展。目前单片机外围器件普遍提供了串行扩展方式。串行扩展具有方便、灵活、电路系统简单、占用 I/O 口资源少等优点,是一种流行的扩展方式。

(4) 8 位机的主流地位。这是由面向对象、大多数嵌入应用对象有限响应时间要求所决定的。从 8 位机诞生至今,乃至今后相当长的时期内,单片机应用领域中 8 位机的主流地位不会改变。

因此,在学好单片机基本原理和应用方法时,不要忘记单片机在当前实际应用中的这些技术特征,正确处理教学典型性、教学示范内容与实际产品系统设计的差异。

参考上述技术趋势,以及 80C51 系列本身的新发展,选择 80C51 系列为基础的单片机体系结构,既符合教学特点的典型性,又不失内容的先进性。内容的典型性有利于触类旁通,迅速掌握与应用其他的单片机系列;内容的先进性则指 80C51 系列中仍有许多先进的产品型号可供选择。

本系列教程的筹划过程中,充分考虑到单片机的教学特点及先修课基础,根据不同对象、不同使用要求,组织了高校中多年从事单片机教学的老师,编写出这样一套适合于各类、各层次学习与应用的教程。

本系列教程包括“单片机初、中、高级教程”及“单片机实验与实践教程(一)、(二)”共 5 本,先修课基础为数字电路与计算机原理。该系列教程可提供高等工科

院校从大专、本科到研究生的讲课用书或综合实践教学用书。

《单片机初级教程——单片机基础》补充了一些数字电路及单片机入门基础,有助于单片机先修课程基础较差的学生掌握单片机原理与基本应用技术。该书适用于大专及非电专业本科单片机基础教学用书。

《单片机中级教程——原理与应用》深入介绍了单片机的基本原理、体系结构、典型功能单元以及系统扩展与配置方法,使学生在深入理解单片机基本原理的基础上,学会怎样构成一个单片机示范应用系统。该书适用于电专业本科作单片机原理及应用教学用书。

《单片机高级教程——应用与设计》在介绍单片机原理、典型结构、基本功能单元的基础上,着重介绍单片机应用系统设计的软、硬件技术。该书适用于电专业本科及研究生作单片机应用系统设计用书。

《单片机实验与实践教程(一)》、《单片机实验与实践教程(二)》总结了单片机实验教学与电专业本科、研究生教学成果,可选作单片机课程教学实验用书,也可单独选作单片机相关实践环节和毕业设计、研究生综合实践的参考资料。

“单片机初、中、高级教程”不是三个台阶体系,而是针对不同基础的三种教材选择。在教程内容的编写上,除了注意教学内容的典型性外,还注意了它的实践性与实用性。因此,本教程还可作各类单片机技术培训或各类技术人员自学用书。

由于考虑到教学的典型性,教程中有少数教学实例沿用了一些较陈旧的资料。这些实例有利于阐明单片机的基本应用原理,也可充分利用原有单片机的实验器材,但这些软、硬件技术不具有先进性。

“单片机实验与实践教程(一)、(二)”是颇具特色的实验教程。在编写时,并不强调与“单片机初、中、高级教程”的从属性,而是要求尽可能保持多年来单片机实验及综合实践的教学成果。在组织教学时,可根据具体情况选用。这套实验与实践教程也可作为学生课外科技活动、电子技术竞赛、课程设计、毕业设计及研究生综合实践的参考用书。

北京航空航天大学出版社在我国单片机界享有崇高的威望,有素质较高的单片机专业编辑队伍,与许多单片机学术团体、单片机专业人士有着密切的联系。使用本系列教程还可以得到从师资培训、实验设备建设到应用设计的咨询服务。

热切希望本系列教程对推动我国单片机技术教育作出有益的成绩。

《单片机系列教程》主编



1999年12月



# 前 言

本教程是《单片机系列教程》丛书之一,是为满足应用系统设计要求而设立的,适合于工科院校本科、研究生用作“单片机应用系统设计”课程教材或课题研究设计的参考用书。学习本教程前应有“微机原理”及“数字电路”基础。

为了满足学习单片机应用系统设计要求,本教程编排了三个基本教学内容,即熟悉单片机的经典体系结构、掌握应用系统设计方法、了解应用系统设计前沿技术。

1. 熟悉单片机的经典体系结构是掌握单片机应用系统设计的基础。应熟悉以下内容:

(1) 嵌入式系统与单片机技术发展史、单片机的技术发展方向;

(2) 单片机的基本组成结构,CPU 系统、CPU 外围、基本功能单元及外部扩展总线;

(3) 片内资源的 SFR 统一管理模式;

(4) 突出嵌入式应用特点的指令系统;

(5) 基本功能单元的结构与操作原理。

2. 掌握应用系统设计方法是本教程的教学目的。通过本教程的学习应掌握:

(1) 单片机应用系统的典型结构与系统结构的发展趋势;

(2) 最小应用系统设计方法;

(3) 单片机的外围扩展技术及外围扩展技术的发展方向。

3. 了解应用系统设计的前沿技术,为实现工程应用系统设计打下基础。本教程提供有以下内容:

(1) 最小功耗系统设计技术;

(2) 应用系统的可靠性设计技术;

(3) 单片机应用系统中的虚拟应用技术。

本教程在构思及选材上,注意尽量符合应用系统的发展要求,以保证单片机应用系统设计原理、方法上的先进性。当前这些先进性体现在以下几个方面。

1. 单片化应用趋势。淘汰片外程序存储方式,广泛选择最符合系统要求的单片机。在大批量产品中采用专用单片机模式等。

2. 全盘 CMOS 化的器件选择。

3. 串行为主、并行为辅的外围扩展方式。

4. 虚拟接口及虚拟器件应用增加了应用系统设计的灵活性、简易性。

5. 提供的应用系统前沿技术,使应用系统设计从单纯的功能性设计推进到综

合品质设计。

由于本教程的前沿性、先进性特点,使本书具有后续效益,不仅可用于课堂教学,也可作为后续相关课程设计、论文课题研究的参考用书。

在编写中,力图体现先进的教学观念和方法,希望使用本教程的同仁们在具体的教学实践中展现出来。

1. 强调讲练结合。重要概念之后都有相应的应用指导、典型应用练习。

2. 重要的内容安排有基本练习。全书共有34个基本练习,在基本练习中给出了完整的训练内容,包括练习要求、软硬件设计示例及思考与分析等,以利于对内容的深入掌握。

3. 指令操作先行。讲解指令系统前,在单片机工作原理、内部资源的应用实例练习中就引入了指令操作。既有利于对内部资源的深入了解,也为学好指令系统打好基础。

4. 指令系统讲授中,强调指令的操作特点、指令的寻址空间、空间寻址概念及典型指令的应用技术。

5. 教学全过程强调“授人以渔”的教学观念,学好应用系统设计的基本原理和方法。虽然,书中亦有许多“授人以鱼”的技术内容,但应将它们视作掌握基本原理与方法的示例。

如何在单片机应用领域中总结单片机应用系统设计的一般规律和方法,使之上升到单片机应用的学科体系建立上来,从而完全摆脱目前单片机应用中的随意性设计和定式设计的模式,这是大家共同关心的问题。希望从事单片机应用、开发的广大师生、工程技术人员共同努力,为开创我国单片机应用的新局面而奋斗。

编著者

2000年5月3日于北航

# 目 录

## 第一章 绪 论

1.1 单片机与嵌入式系统	(1)
1.1.1 计算机技术与嵌入式系统兴起	(1)
1.1.2 单片机技术发展史	(3)
1.1.3 单片机技术发展方向	(5)
1.2 单片机的应用模式	(7)
1.2.1 单片机应用系统结构	(7)
1.2.2 单片机种类与供应状态	(8)
1.2.3 单片机的应用模式	(10)
1.3 单片机应用系统开发过程	(11)
1.4 本教程特点及教学安排	(11)
1.4.1 教程编写的指导思想	(11)
1.4.2 教程体系结构	(14)
1.4.3 教学组织要求	(14)
练习与思考	(15)

## 第二章 单片机基本结构与工作原理

2.1 单片机的典型结构及应用特性	(16)
2.1.1 单片机的典型结构	(16)
2.1.2 典型单片机的结构特点	(18)
2.1.3 单片机的运行管理方式	(19)
2.1.4 单片机应用的扩展方式	(20)
2.2 80C51系列单片机基础结构与资源配置	(20)
2.2.1 80C51系列基础结构	(20)
2.2.2 80C51系列的内部资源扩展	(22)
2.2.3 80C51系列的内部资源删减	(24)
2.3 80C51单片机的外部特性	(25)
2.3.1 引脚分配及功能描述	(25)
2.3.2 引脚功能分类	(26)
2.3.3 引脚应用特性	(27)
2.4 80C51的SFR运行管理模式	(28)
2.4.1 80C51的SFR	(28)
2.4.2 SFR的寻址方式	(31)

2.4.3	SFR 的复位状态 .....	(32)
2.5	80C51 的 I/O 端口及应用特性 .....	(32)
2.5.1	I/O 端口的结构 .....	(32)
2.5.2	I/O 端口应用特性 .....	(33)
2.6	80C51 的存储器系统及操作方式 .....	(34)
2.6.1	存储器系统结构 .....	(34)
2.6.2	程序存储器及其操作 .....	(34)
2.6.3	数据存储器及其操作 .....	(35)
	练习与思考 .....	(37)

### 第三章 80C51 系列单片机指令系统

3.1	指令系统基础 .....	(39)
3.1.1	指令格式与符号约定 .....	(39)
3.1.2	CPU 时序与指令操作 .....	(40)
3.1.3	指令系统的寻址方式 .....	(42)
3.2	指令系统分类与速解 .....	(44)
3.2.1	指令分类图解 .....	(44)
3.2.2	指令系统速解表 .....	(51)
3.2.3	指令系统速查表 .....	(56)
3.3	典型指令的应用 .....	(58)
3.3.1	查表与查表指令操作 .....	(58)
3.3.2	程序散转与散转指令 .....	(60)
3.3.3	十进制调整与调整指令 .....	(61)
3.3.4	比较指令的分支转移 .....	(61)
3.3.5	逻辑指令与字节状态操作 .....	(62)
3.3.6	移位指令与串行数据传送 .....	(63)
	练习与思考 .....	(64)

### 第四章 80C51 基本功能单元结构与操作原理

4.1	定时器/计数器的基本结构与操作方式 .....	(65)
4.1.1	定时器/计数器的基本组成 .....	(65)
4.1.2	定时器/计数器的 SFR .....	(65)
4.1.3	定时器/计数器的工作方式 .....	(66)
4.1.4	定时器/计数器应用指导与基本练习 .....	(68)
4.2	中断系统基本结构与操作方式 .....	(72)
4.2.1	中断系统的基本组成 .....	(72)
4.2.2	中断系统中的 SFR .....	(73)
4.2.3	中断响应的自主操作过程 .....	(74)
4.2.4	中断系统应用指导与基本练习 .....	(75)

4.3 串行口基本结构与操作方式	(80)
4.3.1 串行口的基本组成	(80)
4.3.2 串行口的 SFR	(81)
4.3.3 串行口的工作方式	(81)
4.3.4 串行口应用指导与基本练习	(83)
练习与思考	(89)
<b>第五章 单片机最小应用系统设计</b>	
5.1 典型单片机应用系统结构设计	(90)
5.1.1 单片机应用系统的典型结构	(90)
5.1.2 单片机的广泛选择	(92)
5.1.3 应用系统中的系统扩展和系统配置	(95)
5.2 80C51 系列单片机的广泛选择	(97)
5.2.1 80C51 系列单片机的兼容性	(97)
5.2.2 80C51 系列单片机的类型选择	(98)
5.2.3 80C51 系列单片机供应状态选择	(101)
5.3 80C51 单片机最小系统设计	(103)
5.3.1 最小系统结构	(103)
5.3.2 时钟系统设计	(105)
5.3.3 复位电路设计	(109)
练习与思考	(112)
<b>第六章 单片机的并行扩展技术</b>	
6.1 并行外围扩展方式	(113)
6.1.1 并行 I/O 口与并行扩展总线	(113)
6.1.2 并行 I/O 口的扩展特性	(114)
6.1.3 并行总线的扩展特性	(114)
6.2 并行 I/O 口外围扩展技术	(114)
6.2.1 并行 I/O 口扩展方式	(114)
6.2.2 并行 I/O 口扩展的键盘电路	(116)
6.2.3 并行 I/O 口扩展的 LED 显示电路	(121)
6.3 并行总线外围扩展技术	(125)
6.3.1 并行总线扩展基本问题	(125)
6.3.2 80C51 并行扩展总线	(126)
6.3.3 80C51 程序存储器扩展	(128)
6.3.4 80C51 外围设备(器件)扩展	(130)
练习与思考	(135)

## 第七章 单片机的串行扩展技术

7.1 单片机的串行扩展方式 .....	(136)
7.1.1 串行扩展总线与串行扩展接口 .....	(136)
7.1.2 单片机串行扩展的虚拟技术 .....	(138)
7.2 移位寄存器的串行扩展技术 .....	(139)
7.2.1 80C51 UART 方式 0 的归一化子程序 .....	(139)
7.2.2 80C51 I/O 口虚拟的归一化子程序 .....	(141)
7.2.3 移位寄存器串行扩展基本练习 .....	(144)
7.3 I <sup>2</sup> C 总线的串行扩展技术 .....	(154)
7.3.1 I <sup>2</sup> C 总线的串行外围扩展 .....	(154)
7.3.2 主方式下的 I <sup>2</sup> C 总线虚拟技术 .....	(156)
7.3.3 主方式下的虚拟 I <sup>2</sup> C 总线软件包 .....	(159)
7.4 虚拟 I <sup>2</sup> C 总线应用实例 .....	(168)
7.4.1 虚拟 I <sup>2</sup> C 总线实验演示系统 .....	(168)
7.4.2 E <sup>2</sup> PROM 的读写应用练习 .....	(169)
7.4.3 LED 显示应用练习 .....	(172)
7.4.4 I/O 口扩展应用练习 .....	(176)
7.4.5 ADC、DAC 应用练习 .....	(180)
练习与思考 .....	(183)

## 第八章 应用程序设计技术

8.1 概 述 .....	(184)
8.1.1 应用程序设计内容 .....	(184)
8.1.2 系统应用程序结构 .....	(186)
8.2 汇编语言程序设计基础 .....	(192)
8.2.1 汇编语言语句格式 .....	(193)
8.2.2 汇编程序设计中的编辑与汇编 .....	(194)
8.2.3 汇编语言程序调试 .....	(196)
8.3 子程序设计技术 .....	(197)
8.3.1 任务模块与子程序 .....	(197)
8.3.2 子程序的规范化设计 .....	(199)
8.3.3 子程序的应用技巧 .....	(204)
8.4 中断程序设计技术 .....	(207)
8.4.1 中断程序设计的一般方法 .....	(207)
8.4.2 限制响应点的中断程序设计 .....	(213)
8.4.3 中断服务程序中的散转操作 .....	(215)
练习与思考 .....	(218)

## 第九章 最小功耗系统设计

9.1 概 述 .....	(220)
9.1.1 最小功耗系统设计的意义 .....	(220)
9.1.2 应用系统的功耗分析 .....	(220)
9.1.3 最小功耗系统设计内容 .....	(222)
9.1.4 最小功耗系统中的功耗测试 .....	(223)
9.2 CMOS 电路的功耗特性 .....	(223)
9.2.1 CMOS 电路的功耗分析 .....	(223)
9.2.2 CMOS 电路中的功耗异常 .....	(227)
9.2.3 CMOS 器件的本质功耗与功耗管理 .....	(227)
9.3 最小功耗系统的器件选择 .....	(229)
9.3.1 数字逻辑器件选择 .....	(229)
9.3.2 单片机选择 .....	(229)
9.3.3 外围器件选择 .....	(232)
9.4 最小功耗系统的电路设计 .....	(234)
9.4.1 系统中的防异常功耗设计 .....	(234)
9.4.2 CMOS 电路功耗管理设计 .....	(235)
9.4.3 实现供电管理的电源设计 .....	(237)
9.4.4 微功耗值守电路设计 .....	(240)
9.5 最小功耗系统的软件设计 .....	(243)
9.5.1 适合功耗管理的任务划分 .....	(244)
9.5.2 单片机的低功耗管理程序设计 .....	(244)
9.5.3 外围电路的功耗管理设计 .....	(249)
练习与思考 .....	(250)

## 第十章 应用系统可靠性设计

10.1 可靠性设计概述 .....	(252)
10.1.1 可靠性与可靠性设计 .....	(252)
10.1.2 单片机应用系统的可靠性等级 .....	(254)
10.1.3 应用系统的可靠性模型 .....	(255)
10.2 硬件系统的可靠性设计 .....	(257)
10.2.1 总体方案的可靠性设计 .....	(257)
10.2.2 器件选择的可靠性设计 .....	(258)
10.2.3 电路系统的可靠性设计 .....	(259)
10.2.4 电源系统的可靠性设计 .....	(262)
10.3 PCB 的可靠性设计 .....	(265)
10.3.1 PCB 可靠性设计概述 .....	(265)
10.3.2 PCB 中的电磁干扰 .....	(266)

---

10.3.3	PCB 的总体设计 .....	(268)
10.3.4	电源、地线设计 .....	(268)
10.3.5	去耦设计.....	(271)
10.3.6	布线设计常规.....	(274)
10.4	软件的可靠性设计.....	(274)
10.4.1	本质可靠性的软件设计.....	(275)
10.4.2	可靠性控制的软件设计.....	(278)
	练习与思考.....	(287)
	<b>参考文献</b> .....	<b>(288)</b>

# 第一章 绪 论

单片机的出现是计算机技术发展史上的一个重要里程碑,它使计算机从海量数值计算进入到智能化控制领域。从此,计算机技术在两个重要领域——通用计算机领域和嵌入式(Embedded)计算机领域都获得了极其重要的进展。

## 1.1 单片机与嵌入式系统

### 1.1.1 计算机技术与嵌入式系统兴起

#### 1. 嵌入式系统的由来

计算机是应数值计算要求而诞生的。长期以来,电子计算机技术都是沿满足海量高速数值计算要求的道路发展的。直到70年代,电子计算机在数字逻辑运算、推理、实际控制方面显露出非凡能力后,在工业控制领域开始对计算机技术发展提出了与传统海量高速数值计算完全不同的要求,这些要求是:

(1) 面对控制对象。面对物理量传感变换的信号输入;面对人机交互的操作控制;面对对象的伺服驱动控制。

(2) 嵌入到工控应用系统中的结构形态。

(3) 能在工业现场环境中可靠运行的可靠性品质。

(4) 突出控制功能。对外部信息及时捕捉;对控制对象能灵活地实时控制;有突出控制功能的指令系统,如I/O口控制、位操作、丰富的转移指令等。

可以看出,满足上述要求的计算机与满足海量高速数值计算的计算机是不可兼得的。我们将满足海量高速数值计算的计算机称为通用计算机系统;而将面对工控领域对象,嵌入到工控应用系统中,实现嵌入式应用的计算机称之为嵌入式计算机系统,简称嵌入式系统(Embedded System)。

与通用计算机系统相比,嵌入式系统最显著的特点是面对工控领域的测控对象。这一特点决定了它和通用计算机在技术发展道路上的本质差别。工控领域测量对象都是一些物理参量,如力、热、速度、加速度、位移等;控制对象都是一些机械参量,这些参量要求嵌入式计算机系统采集、处理、控制的速度是有限的,而控制方式与控制能力的要求是无限的。与之相反,在通用计算机系统中,为了实现海量高速数值计算,对计算机运行速度要求是无限的,而对计算机的控制功能要求是有限的。虽然,在涉及DSP(Digital Signal Processor)领域的嵌入式系统也要求高速处理能力,在涉及多媒体技术的外设管理的通用计算机系统也要求良好的控制能力,但两者的本质差别则是显而易见的,这从典型嵌入式系统——单片机的“8位机现象”中得到了证实。从1976年8位单片机诞生以来,在单片机领域中一直是以8位机为主流机型,预计这种情况还将继续下去。而与之相对应的通用计算机的CPU却迅速从8位过渡到16位、32位,并向64位挺进。

嵌入式系统的出现,特别是单片机的出现,是计算机技术发展史上的一个里程碑。嵌入式计算机系统与通用计算机系统形成了计算机技术发展的两大分支,通用计算机系统全力实现海量高速数据处理,兼顾控制功能;嵌入式系统全力满足测控对象的测控功能,兼顾数据处理能力。两大分支的形成与发展实现了近代计算机技术的突飞猛进。

## 2. 嵌入式系统的种类

嵌入式计算机系统是面对测控对象,嵌入到应用系统中的计算机系统的统称。嵌入式系统通常有工控计算机、通用 CPU 模块、嵌入式微处理器(Embedded Processor)和嵌入式微控制器(Embedded Microcontrollers)。前两者是基于通用 CPU 的计算机系统;后两者则是芯片形态的计算机系统。嵌入式微控制器则是嵌入式系统概念广泛使用后,给传统单片机定位的称呼。

### (1) 工控机

工控机是早期嵌入式计算机系统常常采取的方式。大多将通用计算机系统进行了机械加固、电气加固后构成,以满足应用系统的应用环境要求。工控机有通用计算机丰富的软件及周边外设支持,有很强的数据处理能力,应用软件开发十分方便。但由于体积庞大,适用于具有大空间嵌入应用的环境中,如舰船、大型试验装置、分布式测控系统等。

### (2) 通用 CPU 模块

通用 CPU 模块是由通用 CPU 构成的各种形式的主机板系统。与工控计算机相比,体积较小,可以满足较小空间的嵌入应用环境。为了满足工控测控对象要求,通用 CPU 模块上常常会设置一些满足测控对象要求的接口电路。由于通用 CPU 模块具有较强的数据处理能力,借助通用计算机系统可方便地开发应用软件。通用 CPU 模块常用在需要大量数据处理、逻辑判断的系统中,如中、大型试验系统、电视机顶置盒(TOP BOX)、收银机等。

### (3) 嵌入式微处理器

早期微处理器 MPU(MicroProcessor Unit)主要用来构成通用计算机系统,而后,随着嵌入式应用的发展及其庞大的市场潜力,众多的 MPU 生产厂家开始发展嵌入式微处理器。

嵌入式微处理器是在通用微处理器 MPU 的基核上,添加 MPU 外围单元和满足对象测控要求的外围接口电路,构成一个嵌入式应用的单芯片形态计算机系统。早期 Intel 公司将通用微处理器 80386 与定时器/计数器、DMA、中断系统、串行接口、并行口、WDT 及 MMU 存储器管理部件集成在一个芯片上,构成的 386EX 是典型的嵌入式微处理器。

嵌入式微处理器由于其总线、I/O 地址与微处理器构成的 PC 机兼容,易于开发,有较好的操作系统支持,又是单片形态的嵌入式系统,因此在许多中小型嵌入式应用系统中广泛使用。

### (4) 单片机(微控制器)

在四种嵌入式系统中,单片机有唯一的专门为嵌入式应用设计的体系结构与指令系统,因此,它最能满足嵌入式的应用要求。目前,国内外公认的标准体系结构是 Intel 的 MCS-51 系列,其中 8051 已被许多厂家作为基核,发展了许多兼容系列,所有这些系列都统称为 80C51 系列。

由于单片机是完全按嵌入式系统要求设计的单芯片形态的嵌入式系统,它最广泛地应用在中、小型工控领域,是电子系统智能化的最重要工具。