



高等院校规划教材

胡 辉 主 编

王 晓 戴永成 副主编

单片机原理及应用设计



强调理论与实践相结合，注重专业技术技能的培养
引入典型工程案例，提高工程实用技术的能力



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21 世纪高等院校规划教材

单片机原理及应用设计

胡 辉 主编

王 晓 戴永成 副主编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书共 12 章, 主要内容包括: MCS-51 系列单片机的基础知识、单片机的结构及工作原理、指令系统与程序设计、中断及定时、串行通信、C51 程序设计、并行 I/O 口的扩展、A/D 与 D/A 转换接口的设计、单片机的应用实例等。

本书结合应用型本科教育的特点, 在取材和编排上注重理论联系实际, 由浅入深、循序渐进。书中列举了大量的应用实例, 可作为单片机类课程设计的指导。针对目前高校 C 语言教学的普及性, 本书安排了 C51 程序设计, 目的是使 C 语言好的学生尽快掌握单片机的应用技术。本书突出实用性, 注重和加强对学生实践应用能力的培养。为了便于教学或自学, 每章附有习题, 可供读者练习。

本书可作为高等院校应用型本科的电子信息类、机电类、计算机及电类相关专业教材, 也可作为相关领域工程技术人员的学习参考书。

本书配有电子教案并提供程序源代码, 读者可以从中国水利水电出版社网站下载, 网址为: <http://www.waterpub.com.cn/softdown/>。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理及应用设计 / 胡辉主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2005
(21 世纪高等院校规划教材)

ISBN 7-5084-2910-9

I. 单… II. 胡… III. 单片微型计算机—高等学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 064702 号

书 名	单片机原理及应用设计
作 者	胡 辉 主编 王 晓 戴永成 副主编
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)、82562819 (万水) 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市天竺颖华印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 18.5 印张 451 千字
版 次	2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月第 1 次印刷
印 数	0001—5000 册
定 价	26.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

序

随着计算机科学与技术的飞速发展,计算机的应用已经渗透到国民经济与人们生活的各个角落,正在日益改变着传统的人类工作方式和生活方式。在我国高等教育逐步实现大众化后,越来越多的高等院校会面向国民经济发展的第一线,为行业、企业培养各级各类高级应用型专门人才。为了大力推广计算机应用技术,更好地适应当前我国高等教育的跨越式发展,满足我国高等院校从精英教育向大众化教育的转变,符合社会对高等院校应用型人才培养的各类要求,我们成立了“21世纪高等院校规划教材编委会”,在明确了高等院校应用型人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系的框架下,组织编写了本套“21世纪高等院校规划教材”。

众所周知,教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱及基础,作为体现教学内容和教学方法的知识载体,在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索和建设适应新世纪我国高等院校应用型人才培养体系需要的配套教材已经成为当前我国高等院校教学改革和教材建设工作面临的紧迫任务。因此,编委会经过大量的前期调研和策划,在广泛了解各高等院校的教学现状、市场需求,探讨课程设置、研究课程体系的基础上,组织一批具备较高的学术水平、丰富的教学经验、较强的工程实践能力的学术带头人、科研人员和主要从事该课程教学的骨干教师编写出一批有特色、适用性强的计算机类公共基础课、技术基础课、专业及应用技术课的教材以及相应的教学辅导书,以满足目前高等院校应用型人才培养的需要。本套教材消化和吸收了多年来已有的应用型人才探索与实践成果,紧密结合经济全球化时代高等院校应用型人才培养工作的实际需要,努力实践,大胆创新。教材编写采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式,分期分批地启动编写计划,编写大纲的确定以及教材风格的定位均经过编委会多次认真讨论,以确保该套教材的高质量和实用性。

教材编委会分析研究了应用型人才与研究型人才在培养目标、课程体系和内容编排上的区别,分别提出了3个层面上的要求:在专业基础类课程层面上,既要保持学科体系的完整性,使学生打下较为扎实的专业基础,为后续课程的学习做好铺垫,更要突出应用特色,理论联系实际,并与工程实践相结合,适当压缩过多过深的公式推导与原理性分析,兼顾考研学生的需要,以原理和公式结论的应用为突破口,注重它们的应用环境和方法;在程序设计类课程层面上,把握程序设计方法和思路,注重程序设计实践训练,引入典型的程序设计案例,将程序设计类课程的学习融入案例的研究和解决过程中,以学生实际编程解决问题的能力为突破口,注重程序设计的实现;在专业技术应用层面上,积极引入工程案例,以培养学生解决工程实际问题的能力为突破口,加大实践教学内容的比重,增加新技术、新知识、新工艺的内容。

本套规划教材的编写原则是:

在编写中重视基础,循序渐进,内容精炼,重点突出,融入学科方法论内容和科学理念,反映计算机技术发展要求,倡导理论联系实际和科学的思想方法,体现一级学科知识组织的层次结构。主要表现在:背靠计算机学科的科学体系,明确目标定位,分类组织实施,兼容互补;理论与实践并重,强调理论与实践相结合,突出学科发展特点,体现学科

发展的内在规律；教材内容循序渐进，保证学术深度，减少知识重复，前后相互呼应，内容编排合理，整体结构完整；采取自顶向下设计方法，内涵发展优先，突出学科方法论，强调知识体系可扩展的原则。

本套规划教材的主要特点是：

(1) 面向应用型高等院校，在保证学科体系完整的基础上不过度强调理论的深度和难度，注重应用型人才的专业技能和工程实用技术的培养。在课程体系方面打破传统的研究型人才培养体系，根据社会经济发展对行业、企业的工程技术需要，建立新的课程体系，并在教材中反映出来。

(2) 教材的理论知识包括了高等院校学生必须具备的科学、工程、技术等方面的要求，知识点不要求大而全，但一定要讲透，使学生真正掌握。同时注重理论知识与实践相结合，使学生通过实践深化对理论的理解，学会并掌握理论方法的实际运用。

(3) 在教材中加大能力训练部分的比重，使学生比较熟练地应用计算机知识和技术解决实际问题，既注重培养学生分析问题的能力，也注重培养学生思考问题、解决问题的能力。

(4) 教材采用“任务驱动”的编写方式，以实际问题引出相关原理和概念，在讲述实例的过程中将本章的知识点融入，通过分析归纳，介绍解决工程实际问题的思想和方法，然后进行概括总结，使教材内容层次清晰，脉络分明，可读性、可操作性强。同时，引入案例教学和启发式教学方法，便于激发学习兴趣。

(5) 教材在内容编排上，力求由浅入深，循序渐进，举一反三，突出重点，通俗易懂。采用模块化结构，兼顾不同层次的需求，在具体授课时可根据各校的教学计划在内容上适当加以取舍。此外还注重了配套教材的编写，如课程学习辅导、实验指导、综合实训、课程设计指导等，注重多媒体的教学方式以及配套课件的制作。

(6) 大部分教材配有电子教案，以使教材向多元化、多媒体化发展，满足广大教师进行多媒体教学的需要。电子教案用 PowerPoint 制作，教师可根据授课情况任意修改。相关教案的具体情况请到中国水利水电出版社网站 www.waterpub.com.cn 下载。此外还提供相关教材中所有程序的源代码，方便教师直接切换到系统环境中教学，提高教学效果。

总之，本套规划教材凝聚了众多长期在教学、科研一线工作的教师及科研人员的教学科研经验和智慧，内容新颖，结构完整，概念清晰，深入浅出，通俗易懂，可读性、可操作性和实用性强。本套规划教材适用于应用型高等院校各专业，也可作为本科院校举办的应用技术专业的课程教材，此外还可作为职业技术学院和民办高校、成人教育的教材以及从事工程应用的技术人员的自学参考资料。

我们感谢该套规划教材的各位作者为教材的出版所做出的贡献，也感谢中国水利水电出版社为选题、立项、编审所做出的努力。我们相信，随着我国高等教育的不断发展和高校教学改革的不深入，具有示范性并适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高等院校教学质量的提高。

我们期待广大读者对本套规划教材提出宝贵意见，以便进一步修订，使该套规划教材不断完善。

21 世纪高等院校规划教材编委会

2004 年 8 月

前 言

随着电子信息科学技术的进步,大规模及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。目前,单片机已发展到了第三代的高性能微控制器产品。由于单片机具有体积小、成本低、性能稳定等优点,其开发应用已在工业测控、机电一体化、智能仪表、家用电器、航空航天及办公自动化等各个领域占据了重要地位。了解单片机的知识,掌握单片机的应用技术,更具有重要意义。各大专院校相关专业已将单片机课程作为一门重要课程列入教学计划。

单片机也叫做嵌入式微控制器,是指在一块芯片上集成了微处理器(CPU)、存储器、并串行输入/输出接口、定时器/计数器和中断控制器等部件。新型的单片机功能越来越多,速度越来越快,如内部集成了A/D转换器、脉宽调制器、CAN总线、倍频及低功耗设计等电路。目前,单片机的品种繁多,由于MCS-51单片机具有结构体系完整、指令系统功能完善和内部寄存器的规范化等特色,另外与其配套的各类开发系统和各类软件也比较完善,因此在中国的单片机市场上一直是主流芯片。各大学的单片机课程仍是以MCS-51系列单片机为主。

本教材以电子类学科面向21世纪课程体系和课程内容的改革为目的,以强化学生的创新精神和实践能力为出发点,针对应用型本科教育的特点,以MCS-51系列单片机为机型,介绍了单片机的基础知识、基本原理结构、51指令系统、中断、定时器/计数器、串行通信、C51程序设计、单片机的扩展、应用实例及抗干扰设计等知识。学生通过学习可较全面地掌握单片机的应用技术。本教材的特点是基本概念突出、逻辑性强、突出实践性环节、结构新颖和注重理论与实际相结合,务求实用。

本教材的编写人员都是长期从事单片机教学与科研工作的教师和工程技术人员,具有丰富的教学和科研经验。本书既可作为普通高等院校电子信息类及计算机类的应用型本科教材,也可作为相关人员的科研参考及培训教材。

本教材参考学时为60学时左右,各院校可根据具体情况进行讲授。要求通过本课程的学习,能使学生在单片机应用技术方面具备一定的实用能力。

本书由胡辉主编,王晓、戴永成任副主编。主要编写人员分工如下:第1~4章由胡辉编写,第5章、第7~8章、第12章由王晓编写,第6章、第9~11章由戴永成编写,附录部分由郜文参、孟冬青编写,全书由胡辉统稿。参加本书编写的还有孟庆敏、李文杰、安志远、杨立、荆淑霞、宗文闯、杜春凯、杨路等,参加本书绘图及校对工作的有李杰、李武等。本书在编写过程中,得到了许多同行的帮助,其中,参加廊坊“21世纪高等院校规划教材”编写定稿会的邹逢兴教授以及连卫民、姬秀荔、陈光军、王成端、赵坚、王红、王承君等各位老师为本书的定稿提出了很多宝贵的意见,在此一并表示感谢。

由于编写时间仓促,编者水平有限,书中难免出现一些错误和不妥之处,恳请广大读者和同仁批评指正。

编者

2005年2月

目 录

序

前言

第 1 章 单片机系统基础知识	1
本章学习目标	1
1.1 概述	1
1.1.1 单片机的基本概念.....	1
1.1.2 单片机的发展概况.....	3
1.1.3 单片机的特点和应用.....	5
1.1.4 单片机的系列产品介绍.....	6
1.2 单片机的数制表示法	8
1.2.1 二进制、十进制与十六进制.....	8
1.2.2 数制的转换.....	9
1.2.3 原码、反码与补码.....	11
1.2.4 计算机中常用的编码.....	13
1.3 单片机常用逻辑电路简介.....	16
1.3.1 基本门电路.....	16
1.3.2 触发器.....	17
1.3.3 寄存器.....	19
1.3.4 计数器.....	20
1.3.5 三态门与缓冲器.....	21
1.3.6 译码器.....	22
本章小结	23
习题一	24
第 2 章 单片机的内部结构及工作原理	25
本章学习目标	25
2.1 单片机的内部结构	25
2.1.1 内部结构.....	25
2.1.2 引脚定义及功能.....	27
2.2 单片机的存储器结构	29
2.2.1 内部数据存储器及专用寄存器.....	29
2.2.2 外部数据存储器.....	33
2.2.3 程序存储器.....	35
2.3 单片机并行 I/O 口	36
2.3.1 P0 口的结构及特点	36
2.3.2 P1 口的结构及特点	37

2.3.3	P2 口的结构及特点	38
2.3.4	P3 口的结构及特点	38
2.4	单片机的时钟与时序	39
2.4.1	时钟电路	39
2.4.2	单片机的 CPU 时序	40
2.5	单片机的工作方式	42
2.5.1	程序执行方式	42
2.5.2	节电工作方式	42
2.5.3	复位	44
	本章小结	46
	习题二	46
第 3 章	单片机的指令系统	47
	本章学习目标	47
3.1	单片机指令系统概述	47
3.1.1	指令格式	47
3.1.2	指令符号	48
3.1.3	指令分类	48
3.2	寻址方式	50
3.2.1	立即寻址	51
3.2.2	直接寻址	51
3.2.3	寄存器寻址	51
3.2.4	间接寻址	51
3.2.5	相对寻址	52
3.2.6	变址寻址	53
3.2.7	位寻址	53
3.3	指令系统	54
3.3.1	数据传送类指令	54
3.3.2	算术运算类指令	58
3.3.3	逻辑运算指令	62
3.3.4	移位指令	62
3.3.5	控制转移类指令	63
3.3.6	位操作指令	66
3.4	伪指令	68
3.4.1	起始地址伪指令	68
3.4.2	汇编结束伪指令	68
3.4.3	数据地址赋值伪指令	68
3.4.4	赋值伪指令	69
3.4.5	定义字节伪指令	69
3.4.6	定义字伪指令	69

3.4.7 位地址赋值伪指令.....	69
3.4.8 定义存储区伪指令.....	70
本章小结	70
习题三	70
第4章 程序设计	74
本章学习目标	74
4.1 简单汇编语言程序设计.....	74
4.1.1 分支程序.....	74
4.1.2 循环程序.....	77
4.1.3 延时程序.....	79
4.2 MCS-51 常用子程序.....	80
4.2.1 代码转换类程序设计.....	80
4.2.2 查表程序设计.....	82
4.2.3 定点数运算符程序.....	83
4.2.4 浮点数运算符程序.....	89
本章小结	96
习题四	97
第5章 单片机的中断系统	99
本章学习目标	99
5.1 中断系统.....	99
5.1.1 中断的功能.....	100
5.1.2 中断请求.....	101
5.1.3 中断的控制.....	103
5.1.4 中断响应.....	104
5.2 外部中断.....	105
5.2.1 外部中断的方式选择.....	105
5.2.2 外部中断的系统设计应用.....	106
5.2.3 多级外部中断的扩展应用.....	109
本章小结	110
习题五	110
第6章 单片机的定时器/计数器	112
本章学习目标	112
6.1 单片机的定时器/计数器的工作原理.....	112
6.1.1 定时/计数器的结构.....	112
6.1.2 定时/计数器的方式寄存器和控制寄存器.....	113
6.1.3 定时/计数器的工作方式.....	114
6.2 单片机定时器/计数器的应用.....	117
6.2.1 定时器方式0的应用.....	117
6.2.2 定时器方式1的应用.....	118

6.2.3 外部脉冲宽度的测量.....	119
本章小结.....	120
习题六.....	120
第7章 单片机的串行通信.....	122
本章学习目标.....	122
7.1 串行通信的概念.....	122
7.1.1 异步通信与同步通信.....	122
7.1.2 串行通信的波特率.....	123
7.1.3 串行通信的方式.....	123
7.2 单片机串行的通信原理及工作方式.....	124
7.2.1 单片机串行口的结构.....	124
7.2.2 单片机串行口的控制.....	125
7.2.3 单片机串行口的工作方式.....	126
7.3 单片机串行口的应用.....	128
7.3.1 串行口扩展显示器.....	128
7.3.2 串行口扩展的键盘.....	130
7.3.3 双机通信.....	131
7.3.4 多机通信.....	132
7.3.5 计算机与单片机的通信.....	138
本章小结.....	140
习题七.....	140
第8章 单片机 C51 程序设计.....	141
本章学习目标.....	141
8.1 C51 的程序结构.....	141
8.1.1 C51 的结构特点.....	142
8.1.2 C51 的数据类型.....	142
8.1.3 C51 的常量与变量.....	143
8.2 C51 程序的格式.....	146
8.2.1 C51 的运算符.....	146
8.2.2 C51 的基本语句.....	153
8.3 C51 程序设计.....	156
8.3.1 头文件.....	156
8.3.2 特殊功能寄存器的读写.....	157
8.3.3 位的控制.....	158
8.3.4 基本 I/O 口.....	159
8.3.5 中断的设计.....	160
8.4 C51 程序应用.....	161
8.4.1 延时程序.....	161
8.4.2 I/O 口的应用.....	164

8.4.3	LED 显示器的扩展	166
8.4.4	方波发生器	167
	本章小结	168
	习题八	169
第 9 章	并行 I/O 口的应用与扩展	171
	本章学习目标	171
9.1	I/O 扩展概述	171
9.1.1	I/O 接口电路的功能	171
9.1.2	I/O 端口的编址	172
9.2	基本 I/O 口的应用与扩展	172
9.2.1	I/O 口的直接应用	172
9.2.2	简单并行 I/O 接口的扩展	174
9.3	键盘与显示器的扩展	175
9.3.1	基本 LED 显示原理	175
9.3.2	矩阵式键盘的扩展	177
9.3.3	LCD 显示的扩展	181
9.3.4	8255A 的应用	188
9.3.5	8155 的应用	193
9.3.6	8279 的应用	197
9.4	存储器扩展	206
9.4.1	利用 P0 口与 P2 口扩展数据存储器	206
9.4.2	串行数据存储器的扩展	209
	本章小结	213
	习题九	214
第 10 章	A/D、D/A 转换器的应用	215
	本章学习目标	215
10.1	A/D 转换器的应用	215
10.1.1	8 位逐次比较式 A/D 转换器 0809 的应用	215
10.1.2	12 位串行接口 A/D 转换器的应用	219
10.1.3	12 位并行 A/D 转换器的应用	222
10.2	D/A 转换器的应用	226
10.2.1	8 位 D/A 转换器 0832 的应用	226
10.2.2	I ² C 总线接口芯片 PCF8591 的应用	230
	本章小结	239
	习题十	239
第 11 章	单片机的应用实例	241
	本章学习目标	241
11.1	三相步进电机的控制	241
11.1.1	步进电机工作原理	241

11.1.2	步进电机控制原理.....	242
11.1.3	步进电机接口技术与软件设计.....	243
11.2	温度巡检系统的设计.....	247
11.2.1	设计方案.....	247
11.2.2	软件设计.....	248
11.3	IC卡读写器的设计.....	254
11.3.1	SLE4442 IC卡.....	254
11.3.2	SLE4442的通信协议.....	255
11.3.3	80C51单片机和SLE4442卡的接口设计.....	257
11.4	64路数据采集系统的设计.....	259
11.4.1	系统结构框图.....	260
11.4.2	系统原理.....	260
11.4.3	工作原理.....	262
11.4.4	系统应用软件.....	262
	本章小结.....	263
	习题十一.....	264
第12章	单片机的可靠性设计与抗干扰设计.....	265
	本章学习目标.....	265
12.1	单片机应用系统的可靠性设计.....	265
12.1.1	可靠度.....	265
12.1.2	提高可靠性的措施.....	266
12.2	抗干扰的设计原则.....	266
12.2.1	干扰的来源.....	267
12.2.2	抗干扰的设计原则.....	267
12.3	硬件抗干扰的设计.....	267
12.3.1	滤波技术.....	267
12.3.2	隔离技术.....	268
12.3.3	接地技术.....	270
12.3.4	单片机的自动复位与电源的监测技术.....	271
12.4	软件抗干扰的设计.....	272
12.4.1	软件冗余.....	272
12.4.2	软件陷阱.....	272
12.4.3	软件看门狗技术.....	273
12.4.4	数字滤波的设计.....	273
	本章小结.....	276
	习题十二.....	276
附录1	MCS-51系列单片机指令集.....	278
附录2	MCS-51系列单片机反汇编指令表.....	282
参考文献	284

第 1 章 单片机系统基础知识

本章学习目标

本章主要讲解单片机的基本概念、单片机的发展概况、单片机的特点及应用。最后介绍单片机应用技术的预备知识,单片机的数制表示法与单片机常用逻辑单元,以便为读者在后续章节的学习打下一个基础。通过本章学习,读者应该掌握以下内容:

- 单片机及微型计算机的基本概念
- 单片机的特点及单片机的发展和应用
- BCD 码和 ASC II 码的基本概念
- 二进制数、十进制数和十六进制数之间的换算关系
- 二进制数原码、反码和补码的表示方法

1.1 概述

自 1946 年第一台电子计算机诞生以来,经过 50 多年的发展,计算机能够对信息进行加工处理,并得到了各行各业的广泛应用。计算机对人类社会的发展起到了极大的推动作用。然而,使计算机的应用能够真正深入到社会生活的各个方面,促使人类社会大步跨入电脑时代的一个重要原因,是微型计算机和单片微型计算机的产生和发展。

1.1.1 单片机的基本概念

随着微型计算机的高速发展,微型计算机系统、微处理器、单片微型计算机、嵌入式系统和 SOC(片上系统)等新系统不断涌现。为了学习掌握好单片微型计算机,从概念上弄清这些系统之间的关系是十分重要的。

1. 微处理器的概念

MPU 是微处理器的缩写(Microprocessor),简称为 MP。MPU 是集成在同一块芯片上的具有运算和控制功能逻辑的中央处理器。微处理器不仅是构成微型计算机、单片微型计算机系统、嵌入式系统的核心部件,而且也是构成多微处理器系统和现代并行结构计算机的基础。

2. 微型计算机的概念

微型计算机(Microcomputer)是指由微处理器加上采用大规模集成电路制成的程序存储器和数据存储器,以及与输入/输出设备相连接的 I/O 接口电路,微型计算机简称 MC。如果将微处理器、存储器和输入/输出接口电路集成在一块集成电路芯片上,称为单片微型计算机;如果将组成微型计算机的各功能部件都做在一块电路板上,称为单板机;如果分做在多块电路板上,称为多板机。微型计算机基本组成框图如图 1-1 所示。

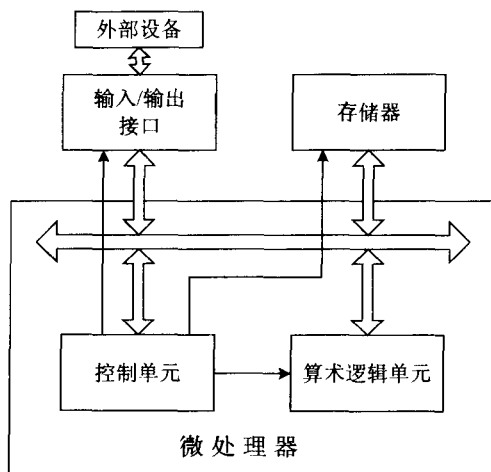


图 1-1 微型计算机结构框图

3. 单片机的基本概念

单片机是单片微型计算机的简称，也就是把微处理器（CPU）、一定容量的程序存储器（ROM）和数据存储器（RAM）、输入/输出接口（I/O）、时钟及其他一些计算机外围电路，通过总线连接在一起并集成在一个芯片上，构成的微型计算机系统。

单片机的另外一个名称就是嵌入式微控制器，原因在于它可以嵌入到任何微型或小型仪器或设备中。Intel 公司在单片机在出现时，就给予取名为嵌入式微控制器（embedded microcontroller）。单片机最明显的优势就是可以嵌入到各种仪器、设备中，这一点是其他机器和网络所不能做到的。因此了解单片机知识，掌握单片机的应用技术，更具有重要的意义。

单片微型计算机具有体积小、重量轻、价格低和可靠性好等许多优点。经常用在家用电器、智能仪器仪表中。在工业控制领域可以很方便地实现多机和分布式控制。

4. 嵌入式系统的基本概念

嵌入式系统是以应用技术产品为核心，以计算机技术为基础，以通信技术为载体，以消费类产品为对象，引入各类传感器，采用 Internet 网络技术的连接，达到适应应用环境的产品。嵌入式系统是计算机技术，通信技术，半导体技术，微电子技术，语音图像数据传输技术，甚至传感器技术等先进技术和具体应用对象相结合后的更新换代产品。因此往往是技术密集，投资强度大，高度分散，不断创新的知识密集型系统，反映了当代最新技术的先进水平。针对不同的具体应用而设计的嵌入式系统之间差别也很大，一般的嵌入式系统功能简单，且在兼容性方面要求不高，但是在大小，成本方面限制较多。

嵌入式系统泛指嵌入于宿主设备的系统中，嵌入的目的主要是用智能化提升宿主设备的功能。嵌入式系统可大可小，位数可多可少，完全由能满足宿主设备的功能要求而定。一般的嵌入式系统都具有计算机的功能。

嵌入式系统的核心是嵌入式微处理器。嵌入式微处理器一般具备以下 3 个特点：

(1) 嵌入式微处理器对实时多任务有很强的支持能力，能完成多任务并且有较短的中断响应时间，而使内部的代码和实时内核的执行时间减少到最低限度。可扩展的处理器结构，能最迅速地开发出满足应用的最高性能的嵌入式微处理器。

(2) 嵌入式微处理器具有功能很强的存储区保护功能。这是由于嵌入式系统的软件结构

已模块化,而为了避免在软件模块之间出现错误的交叉作用,需要设计强大的存储区保护功能,同时也有利于软件诊断。

(3) 嵌入式微处理器功耗很低,因为嵌入式微处理器用于便携式的无线及移动的通信设备中,是靠电池供电的,因此它的功耗只有 mW 甚至 μ W 级。

嵌入式系统一般都具有系统编程的功能。其可靠性高,成本低,体积小,功耗低,因此它已广泛地应用到各种不同类型设备当中,且具有不断创新特征,系统中采用片上系统(SOC)将是其发展趋势。

5. SOC 的基本概念

SOC 是片上系统的简称。所谓 SOC 技术,是一种高度集成化、固件化的系统集成技术。使用 SOC 技术设计系统的核心思想,就是要把整个应用电子系统全部集成在一个芯片中。在使用 SOC 技术设计应用系统时,除了那些无法集成的外部电路或机械部分以外,其他所有的系统电路全部集成在一起。

在传统的应用电子系统设计中,根据设计要求的功能选择合适的集成电路组合在一起,对整个系统进行综合,这种设计是一个以功能集成电路为基础,器件分布式的应用电子系统结构。因此传统应用电子系统的实现,采用的是分布功能综合技术。

对于 SOC 来说,应用电子系统的设计也是根据功能和参数要求设计系统,但与传统方法有着本质的差别。SOC 是以功能 IP 为基础的系统固件和电路综合技术。首先,功能的实现不再针对功能电路进行综合,而是针对系统整体固件实现进行电路综合,也就是利用 IP 技术对系统整体进行电路结合。其次,电路设计的最终结果与 IP 功能模块和固件特性有关,使设计的电磁兼容特性得到极大提高。

1.1.2 单片机的发展概况

从单片机走过的 30 年发展历程可以看出,单片机的发展趋势将是向大容量、高性能化,外围电路内装化等方面发展。单片机技术的发展以微处理器(MPU)技术及超大规模集成电路技术的发展为先导,以广泛的应用领域为动力,表现出较微处理器更具个性的发展趋势。目前,把单片机嵌入式系统和 Internet 连接已是一种趋势。

1. 单片机的发展阶段

单片机的发展大致经历了以下三个阶段:

(1) 单片机的初级阶段。单片机始于 20 世纪 70 年代中期,我们把 1978 年以前的单片机称为单片机的初级阶段。这时,美国的仙童公司(Fairchild)首先推出了第一款单片机 F-8,随后,Intel 公司推出了那一阶段具有代表意义的 MCS-48 单片机,此阶段的单片机是 8 位机,有并行 I/O 口,没有串行口,寻址范围小于 4K。

(2) 单片机的中级(成熟)阶段。把 1978 年~1982 年称为单片机的成熟阶段,在这个时期,单片机的性能得到了很大的发展,硬件结构日趋成熟,指令系统逐渐完善。最具代表意义的单片机就是 Intel 公司的 MCS-51、Motorola 公司的 6801 以及 Zilog 公司的 Z8 等,这些单片机具有多级中断处理系统、16 位中断定时器/计数器、串行端口。存储器寻址范围可达 64K,有些芯片还扩展了 A/D 转换器接口。由此,这一类单片机的应用领域极其广泛,在我国工业控制领域和电子测量方面也得到了广泛的应用。

(3) 单片机的高级(发展)阶段。1982 年以后单片机的发展进入了高级阶段,这一时期

的主要特征是速度越来越快、功能越来越强、品种越来越多。8 位机进入改良阶段, 16 位机和 32 位机相继出现, 8 位、16 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。目前, 单片机技术的发展仍然以 8 位机为主。随着移动通讯、网络技术、多媒体技术等高科技产品进入家庭, 32 位单片机应用得到了长足发展。而 16 位单片机的发展无论是从品种和产量方面, 近年来都有较大幅度的增长。

2. 单片机技术的发展方向

目前, 计算机系统的发展已明显地朝巨型化、单片化、网络化等三个方向发展。巨型机用以解决复杂系统计算和高速数据处理。单片机的最明显的优势, 就是可以嵌入到各种仪器、设备中。这一点是巨型机和网络不可能做到的。随着单片机需求的发展, 各个生产厂家都在不断地改善单片机的功能, 主要表现在内部结构上, 增加了各种新的功能, 提高了运算速度, 降低了功耗, 提高了存储能力, 增加了与 Internet 连接的能力, 并在电源电压方面、工艺方面及抗干扰能力方面有了较大的进步和发展。

(1) 内部结构。单片机在内部已集成了越来越多的部件, 这些部件包括一般常用的电路, 例如: 定时器、比较器、A/D 转换器、D/A 转换器、串行通信接口、Watchdog 电路和 LCD 控制器等。

为了构成控制网络或形成局部网, 有些单片机内部设计了内部含有局部网络控制模块 CAN。例如, Infineon 公司的 C505C, C515C, C167CR, C167CS-32FM, 81C90; Motorola 公司的 68HC08AZ 系列等。在单片机 C167CS-32FM 中, 内部含有两个 CAN。这类单片机十分容易构成网络, 特别是在控制系统较为复杂时, 构成一个控制网络十分有用。有些单片机内部设置了专门用于变频控制的脉宽调制控制电路, 这些单片机有 Fujitsu 公司的 MB89850 系列、MB89860 系列; Motorola 公司的 MC68HC08MR16、MR24 等。在这些单片机中, 脉宽调制电路有 6 个通道输出, 可产生三相脉宽调制交流电压, 并且内部含死区控制等, 形成最具经济效益的嵌入式控制系统。

有些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。Motorola 公司的 68HC08 单片机使用 4.9M 外部振荡器, 而内部时钟达 32MHz, M68K 系列 32 位单片机使用 32k 的外部振荡器频率内部时钟可达 16MHz 以上。

目前单片机采用的最先进技术是所谓的三核 (TrCore) 结构。这是一种建立在系统级芯片 (System on a chip) 概念上的结构。这种单片机由三个核组成: 一个是微控制器和 DSP 核, 一个是数据和程序存储器核, 最后一个外围专用集成电路 (ASIC)。这种单片机的最大特点在于把 DSP 和微控制器同时做在一个片上。虽然从结构定义上讲, DSP 是单片机的一种类型, 但其作用主要反映在高速计算和特殊处理 (如快速傅立叶变换) 等上面。把 DSP 技术和传统单片机集成大大提高了单片机的功能。这种单片机最典型的有 Infineon 公司的 TC10GP; Hitachi 公司的 SH7410、SH7612 等。这些单片机都是高档单片机, MCU 都是 32 位的, 而 DSP 采用 16 或 32 位结构, 工作频率一般在 60MHz 以上。

(2) 功耗和电源电压方面。单片机的进步还表现在单片机的功耗越来越低, 许多单片机都设置了多种工作方式, 这些工作方式包括等待, 暂停, 睡眠, 空闲, 节电等。例如 Philips 公司的 P87LPC762 单片机在空闲时, 其功耗为 1.5mA, 而在节电方式中, 其功耗只有 0.5mA。TI 公司的单片机 MSP430 系列, 是一个 16 位的系列, 有超低功耗工作方式。它的低功耗方式有 LPM1、LPM3、LPM4 等三种。当电源为 3V 时, 功耗达到 μA 级。有些厂家最近推出的单

片机可在 1.8V 电压下以 50M/48MIPS 全速工作, 功率约为 20mW。0.9V 供电的单片机已经问世。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 3~6V 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。

(3) 工艺的进步及抗干扰能力的提高。CMOS 工艺的单片机代替 NMOS 工艺单片机, 使得功耗大幅度下降, 随着超大规模集成电路技术由 3 μ m 工艺发展到 1.5、1.2、0.8、0.5、0.35 近而实现 0.2 μ m 工艺, 全静态设计都使功耗不断下降。

为了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, 各单片机厂家在单片机内部电路中采取了一些新的技术措施。如美国国家半导体的单片机内部增加了抗 EMI 电路, 并增强了“看门狗”的功能, Motorola 也推出了低噪声的 LN 系列单片机。

采用 EFT (Ellectrical Fast Transient) 抗干扰技术, 在振荡电路的正弦信号受到外界干扰时, 其波形上会迭加各种毛刺信号, 如果使用施密特电路对其整形, 则毛刺会成为触发信号干扰正常的时钟, 在交替使用施密特电路和 RC 滤波电路时, 就可以消除这些毛刺, 从而保证系统的时钟信号正常工作。这样, 就提高了单片机工作的可靠性。

(4) 存储能力和 Internet 连接。过去的单片机存储器是以掩膜型为主的。由于掩膜需要一定的生产周期, 为了降低产品的成本, 一些生产厂家推出的单片机不再是掩膜型, 而是具有在线可编程功能的单片机。目前, MTP 可多次编程的单片机被普遍使用。一些单片机厂家, 如 ATMEL AVR 单片机, 片内采用 FLASH, 可多次编程。华邦公司生产的与 8051 兼容的单片机也采用了 MTP 性能。

有些公司把以单片机为核心的嵌入式系统和 Internet 相连, 给用户带来了更大的方便。EmWare 公司提出嵌入式系统入网的方案—EMIT 技术。这个技术包括三个主要部分: emMicro、emGateway 和网络浏览器。其中, emMicro 是嵌入设备中的一个只占内存容量 1K 字节的极小的网络服务器; emGateway 作为一个功能较强的用户或服务器, 用于实现对多个嵌入式设备的管理, 还有标准的 Internet 通信接入以及网络浏览器的支持。网络浏览器使用 emObjects 进行显示和嵌入式设备之间的数据传输。目前, TASKING 公司正在解决如何使 8 位、16 位单片机与互联网互连的问题, 不久将会有个较好的答案。

1.1.3 单片机的特点和应用

从单片机的结构和发展概况上, 可以看出单片机的特点和应用。

1. 单片机的特点

(1) 体积小、使用灵活、成本低、易于产业化。它能方便地嵌入到各种智能式测控设备及各种智能仪器仪表中。

(2) 可靠性好, 适应温度范围宽。由于单片机的生产厂商不断地提高产品的抗干扰能力, 单片机芯片本身也是按工业测控环境要求设计的, 能适应各种恶劣的环境, 其抗工业噪声干扰的能力优于一般通用的 CPU。

(3) 易扩展, 很容易构成各种规模的应用系统, 控制功能强。I/O 接口多, 指令系统丰富, 易于单片机的逻辑控制功能的实现。

(4) 系统内无监控或系统管理程序。单片机系统内部一般无监控或系统管理程序, 使用