



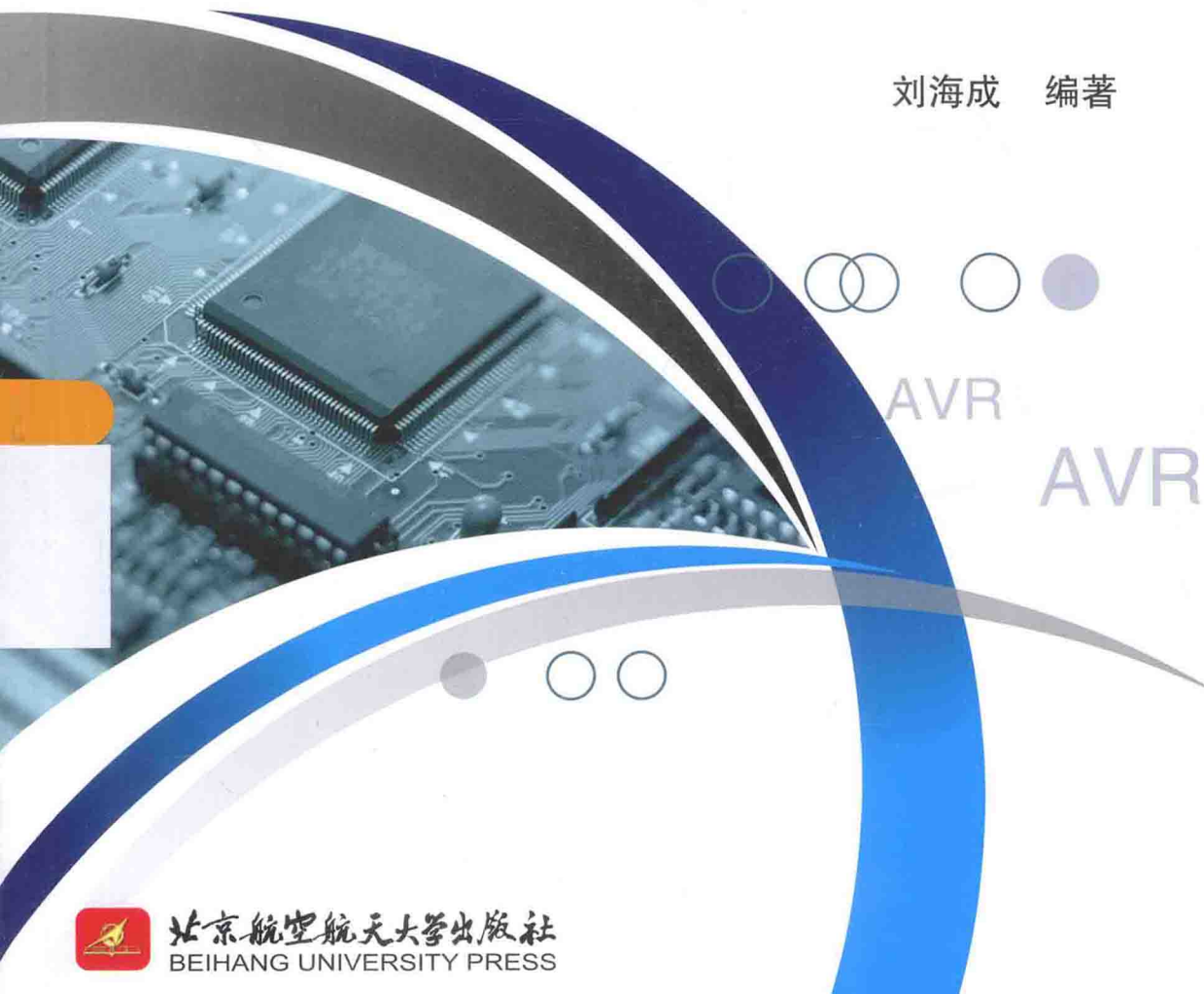
普通高校“十二五”规划教材

AVR 单片机原理 及测控工程应用

——基于ATmega48/ATmega16

(第2版)

刘海成 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



普通高校“十二五”规划教材

AVR 单片机原理及测控工程应用

——基于 ATmega48/ATmega16

(第2版)

刘海成 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书以 AVR 系列中极具性价比优势的 ATmega48 和 ATmega16 单片机为对象,在详细讲述 AVR 单片机应用原理的基础上构建时域测量、频域测量、单片机控制系统设计和分布式测控系统四大测控工程应用板块,深入剖析和融合相关知识,梳理知识脉络,抓住共性问题。通过详述大量应用实例的设计思路、原理、方法和步骤,将 AVR 单片机资源和应用技巧与具体工程实践有机结合,力求典型、实用,讲明嵌入式系统中的模拟电路设计要点,使读者建立起嵌入式系统设计的概念。全书以 C 语言(GCCAVR)作为编程设计语言展开 AVR 单片机应用原理的讲述,深入浅出,高度概括 GCCAVR 的应用特点和技巧,以增强读者嵌入式系统应用的软件设计能力,改变以汇编语言讲述单片机原理的现状。

本书可以作为电气、信息和仪表类专业单片机及仪器仪表类课程的本科或硕士研究生的教材和参考书,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

AVR 单片机原理及测控工程应用:基于 ATmega48/
ATmega16 / 刘海成编著. --2 版. --北京:北京航空
航天大学出版社,2015.6

ISBN 978-7-5124-1662-8

I. ①A… II. ①刘… III. ①单片微型计算机—自动
检测系统 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 309697 号

版权所有,侵权必究。

AVR 单片机原理及测控工程应用 ——基于 ATmega48/ATmega16 (第 2 版)

刘海成 编著

责任编辑 史 东

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

北京市同江印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:33.5 字数:714 千字

2015 年 6 月第 2 版 2015 年 6 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-1662-8 定价:75.00 元

前言

单片机作为计算机的一个重要分支,随着信息技术的发展,其应用需求日益增多,应用范围越来越广,促使其新的架构不断出现,性能不断改进。AVR 单片机采用哈佛结构,废除了机器周期,抛弃了复杂指令计算机(CISC)追求指令完备的做法,采用精简指令集(RISC),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均如此),取指周期短,又可预取指令,实现了流水作业,可高速执行指令。另外,AVR 系列单片机片上都集成了丰富且性能优异的外围电路元件,使得低价位的 AVR 系列单片机赢得了更多的市场。

本书重点介绍 AVR 系列中的 ATmega48/ATmega16 单片机,同时介绍具有同样结构存储器且容量稍大的 ATmega88、ATmega168/ATmega32,以测控工程应用为背景深入细致讲解。全书的编写主要基于以下几点考虑:

(1) AVR 系列单片机是 8 位机中的佼佼者。作为高端产品,其中 ATmega48/ATmega16 单片机资源丰富,性能优异,具有良好的抗干扰特性,价格低廉,吸引了很多用户,广泛应用于工业现场、家电和消费电子等领域,然而专门讲述 ATmega48/88/168 单片机及 ATmega16/32 单片机的书籍很少。基于 ATmega48/ATmega16 物美价廉的特点,在介绍极具性价比且已被工程界广泛应用的 ATmega48 的同时,讲解具有 JTAG 调试接口的高性能、廉价的 ATmega16,既考虑了工程师的需求,又满足了 AVR 初学者的愿望。

(2) 虽然单片机相关课程一直作为电气、信息及仪器仪表类专业的重点课程,是电子系统综合应用的平台课程,然而很多教材往往注重的是 CPU 本身结构的分析讲解,侧重汇编指令的分析和记忆,却很少提及单片机系统的开发过程和开发方法;通常只是说明针对某一工程应用该如何分析,以及给出硬件电路和程序流程,而没有具体讲述到底如何动手编写程序,怎样把程序下载进行软硬件联合调试等,使学生一直停留在理论设计水平。尤其是实验环节,多为以汇编编程的验证性实验,且大都是片断代码的验证,然而目前所面对的多为复杂的嵌入式系统工程设计,代码庞大,综合性强。另外,C 程序设计早已成为主流,C 程序的简单应用系统设计实验将成为实验环节的发展趋向。本书在强化单片机工作原理讲述的同时,以 C 语言(GCCAVR)作为编程设计语言,并将嵌入式 C 程序设计的技巧贯穿进去,增强读者嵌入式系统应用的软件设计能力,改变以汇编语言讲述单片机原理的现状。

(3) 目前,很多单片机书籍缺乏工程应用背景,内容组织上对嵌入式计算机的系统资源调配及各种接口技术的应用讲述较少,更没有站在工程实践角度构建单片机应用系统的设计思想和方法。学生没有形成学好一种机型是为了方便学习和应用其

他机型的意识,致使很多学生面对实际应用无从下手,甚至产生不知道为什么要学,学了又能用来干什么的疑问,学生学习该课程的兴致不高。另外一些书籍所讲述的内容,尤其是接口器件,既陈旧,又不切合实际,不但增加了学生负担,而且使学生接触到的并非新知识和新器件,不能跟踪主流技术。一些应用实例的书籍跳跃性大,实例起点不一,不适于自学提高。本书在符合认知规律的前提下,优化教材结构,与主流技术接轨,结合工程背景,从具体设计实例中进行循序渐进的总结性学习,使读者获得事半功倍的效果。

(4) 目前,很多课程和技术较混乱,比如“单片机接口技术”、“计算机控制系统”、“传感器与检测技术”、“智能化测控仪表”等相关课程,都是以单片机为系统核心,进行信号检测采集处理、显示、传输和控制,包括器件接口技术和人机接口等,大量内容重复且缺乏系统性。其实,这些课程存在一些共性的技术问题,深入研究和系统介绍这些共性技术,无疑将对设计、研制和使用自动检测系统起到重要的作用,也可为打算进入该领域的读者寻找到一条捷径。目前,国内测控仪表方面的教科书不少,但是,大多数是一般性原理、方法和装置简介,较为系统地论述测控仪表中共性技术的书籍很少,尤其多以 MCS-51 为蓝本,设计方法落后且器件陈旧。本书在详细讲述 AVR 单片机应用原理的基础上,构建时域测量、频域测量、单片机控制系统设计和分布式测控系统四大应用板块,详述设计思路、原理、方法和步骤,给出常用传感器及仪器仪表设计实例和典型控制系统设计实例,将课程体系深度融合,抓住共性问题,力图在讲述 ATmega48/ATmega16 单片机原理的同时,通过单片机的应用来讲述单片机的相关应用技术及应用领域,使读者建立起嵌入式概念,从而架起电气、信息和仪器仪表类工程领域与计算机应用的桥梁。

全书由刘海成主持编写统稿,许亮、刘柏森、高旭东、杨春光、李艳苹任副主编。刘海成编写第 1、5、7 章,许亮编写第 4 章,刘柏森编写第 2 章,高旭东编写第 8 章,杨春光编写第 6 章和附录,李艳苹编写第 3 章。秦进平教授、叶树江教授和韩喜春教授审阅了全稿并提出了很多宝贵意见,在此对他们表示由衷的感谢。书中参考和应用了许多学者和专家的著作和研究成果,还有一些网友的作品,在此也向他们表示诚挚的敬意和感谢。北京航空航天大学出版社的胡晓柏主任一直关心本书的出版,在此表示深深的谢意。最后,感谢我的妻子和女儿对我的支持和鼓励!

该书叙述简洁,涵盖内容广,知识容量大,涉及的应用实例多,适于高等院校电子、电气、通信及自动化等专业学生单片机及接口类、计算机控制及智能测控仪表类等课程使用,也适合作为电子设计竞赛自学或培训的教材,同时,也可以作为工程技术人员的参考书。

本书虽然力求完美,但是水平有限,错误之处在所难免。敬请读者不吝指正和赐教,不胜感激!

作者

liuhaicheng@126.com

2015 年 6 月

目 录

第 1 章 ATmega48/ATmega16 单片机概述	1
1.1 AVR 系列单片机概述	1
1.1.1 单片机与嵌入式系统知识问答	1
1.1.2 当代单片机内核结构的发展趋势	3
1.1.3 AVR 单片机概述	5
1.1.4 AVR 系列单片机选型	6
1.2 ATmega48/ATmega16 单片机及其存储器结构	7
1.2.1 ATmega48/88/168 与 ATmega16/32 单片机性能概述	8
1.2.2 ATmega48/ATmega16 存储器结构	9
1.3 ATmega48/ATmega16 最小系统与系统初始配置	11
1.3.1 ATmega48/ATmega16 的引脚排列	11
1.3.2 ATmega48 和 ATmega16 最小系统设计	15
1.3.3 ATmega48/ATmega16 的系统时钟源及单片机熔丝配置	18
1.3.4 AVR 单片机 ISP 全攻略及熔丝补救方法	20
1.3.5 ATmega48/ATmega16 的掉电检测电路(BOD)	21
1.4 嵌入式 C 编程与 AVR	22
1.4.1 AVR 的 C 语言开发环境	23
1.4.2 C 语言环境访问 MCU 寄存器	24
1.4.3 GCC 编译器下 E ² PROM 和 Flash 存储器的访问	25
1.4.4 C 语言下 E ² PROM 存储器的通用访问方法	28
1.4.5 AVR C 编译器的在线汇编	31
1.4.6 标准 C 下位操作实现综述	32
1.4.7 GCCAVR 的 delay.h 文件与延时	35
1.4.8 如何优化单片机系统设计的 C 代码	36
1.4.9 C 语言宏定义技巧及常用宏定义总结	38

1.4.10	从 C51 到 AVR 的 C 编程	40
1.4.11	前后台式嵌入式软件结构	40
1.4.12	基于时间触发模式的软件系统设计简介	41
1.5	AVR 的开发工具与开发技巧	43
1.5.1	AVR 单片机嵌入式系统的软件开发平台——AVR Studio	43
1.5.2	AVR 的 JTAG 仿真调试与 ISP	43
1.5.3	基于 AVR Studio 和 GCCAVR 的 AVR 单片机仿真调试	45
1.5.4	只具备 ISP 调试条件下的 AVR 单片机的调试技巧	50
1.5.5	单片机系统开发流程及要点	52
第 2 章	ATmega48/ATmega16 单片机 I/O 接口、中断系统与人机接口技术	54
2.1	AVR 单片机的 GPIO	54
2.1.1	AVR 的 GPIO 概述	54
2.1.2	AVR 的 GPIO 应用技术要点	56
2.1.3	GPIO 上下拉电阻的应用总结	60
2.2	人机接口——按键及其识别技术	62
2.2.1	机械触点按键常识	62
2.2.2	矩阵式键盘接口技术及编程	65
2.2.3	智能查询键盘程序设计与单片机测控系统的人机操作界面	69
2.3	LED 显示技术原理与实现	74
2.3.1	数码管的译码显示	75
2.3.2	LED 数码管驱动之静态显示和动态(扫描)显示及实例	75
2.3.3	LED 点阵屏技术	78
2.4	ATmega48/ATmega16 的中断系统	81
2.4.1	中断与中断系统	81
2.4.2	ATmega48/ATmega16 中断源和中断向量	82
2.4.3	AVR 单片机中断响应过程	84
2.4.4	AVR 单片机中断优先级	85
2.4.5	AVR 中断响应的的时间	85
2.4.6	高级语言开发环境中中断服务程序的编写	86
2.5	ATmega48/ATmega16 外中断及应用实例	87
2.5.1	INT0、INT1 和 INT2 中断控制相关寄存器	87
2.5.2	ATmega48 引脚电平变化中断寄存器	89
2.5.3	外中断实例	90
2.6	AVR 的 SPI 通信接口及其应用	92
2.6.1	SPI 串行总线接口	92

2.6.2	AVR 单片机的硬件 SPI 通信接口	93
2.6.3	AVR 单片机 SPI 通信相关寄存器结构	95
2.6.4	AVR 单片机 SPI 通信驱动程序设计	97
2.6.5	基于 SPI 总线实现 74HC595 驱动多共阳数码管 静态显示实例	98
2.6.6	AVR 实现硬件 SPI 从机器件驱动 8 个数码管	101
2.7	AVR 两线串行通信接口 TWI(兼容 I ² C)及其应用	103
2.7.1	I ² C 总线概述	103
2.7.2	AVR 兼容 I ² C 的两线通信接口 TWI 及其相关寄存器	106
2.7.3	TWI 的使用方法	112
2.7.4	通过 TWI(I ² C)主机接口操作 AT24C02	113
2.7.5	软件模拟 I ² C 主机读写 AT24C02	118
2.7.6	ATmega48 通过 I ² C 从机模式模拟 AT24C02	122
2.8	1602 字符液晶显示器及其接口技术	124
2.8.1	1602 总线方式驱动接口及读/写时序	125
2.8.2	操作 1602 的 11 条指令详解	126
2.8.3	1602 液晶驱动程序设计	129
2.9	ST7920(128×64 点)图形液晶显示器及其接口技术	135
2.9.1	ST7920 引脚及接口时序	135
2.9.2	ST7920 显示 RAM 及坐标关系	136
2.9.3	ST7920 指令集	138
2.9.4	ST7920 的 C 例程	141
2.10	128×64 点阵 SPLC501 液晶控制器及应用	146
2.10.1	128×64 点阵图形液晶驱动芯片 SPLC501	147
2.10.2	SPLC501 程序设计举例	151
第 3 章	ATmega48/ATmega16 单片机的定时器及相关技术应用	156
3.1	ATmega48/ATmega16 的定时/计数器概述	156
3.2	ATmega48/ATmega16 的定时/计数器 0——T/C0	161
3.2.1	T/C0 概述	161
3.2.2	ATmega48/ATmega16 的 T/C0 相关寄存器	161
3.2.3	ATmega48/ATmega16 的 T/C0 的定时应用举例	167
3.3	ATmega48/ATmega16 的定时/计数器 1——T/C1	168
3.3.1	T/C1 概述	168
3.3.2	T/C1 的输入捕捉单元	169
3.3.3	ATmega48/ATmega16 的 T/C1 相关寄存器	170

3.3.4 利用 ICP 测量方波的周期	174
3.4 ATmega 48/ATmega 16 的定时器/计数器 2——T/C2	177
3.4.1 T/C2 概述	177
3.4.2 ATmega48/ATmega16 的 T/C2 相关寄存器	178
3.4.3 基于 T/C2 的 RTC 系统设计	185
3.5 频率测量及应用	190
3.5.1 频率的直接测量方法——定时计数	190
3.5.2 通过测量周期测量频率	192
3.5.3 等精度测频法	192
3.5.4 频率/电压(F/V)转换法测量频率	196
3.6 PWM 技术及应用系统设计	197
3.6.1 PWM 技术概述	197
3.6.2 PWM 的频率控制应用	198
3.6.3 PWM 的功率控制应用	198
3.6.4 基于 PWM 实现 D/A	199
3.7 超声波测距仪的设计	203
3.7.1 超声波测距原理	203
3.7.2 基于单片机的超声波测距仪的设计	204
3.8 正交编码器的原理及设计	210
3.8.1 光电编码器	210
3.8.2 正交编码器	211
第 4 章 单片机测控系统与智能仪器	217
4.1 单片机测控系统与智能仪器概述	217
4.1.1 单片机测控系统及构成	217
4.1.2 传感器、检测技术、电子测量与智能化测量仪表	220
4.1.3 智能化测量仪表的自检功能及实现	222
4.2 信号调理与量程自动转换技术	223
4.2.1 信号调理技术	223
4.2.2 量程自动转换技术	224
4.3 智能多路数据采集系统	226
4.3.1 多路数据采集系统的基本构成	226
4.3.2 智能化多路数据采集系统原理	227
4.3.3 模拟开关、参考源与多路输入程控增益放大电路	230
4.4 ATmega48/ATmega16 片上 A/D 转换器及其应用	233
4.4.1 A/D 噪声抑制	234

目 录

4.4.2	片内基准电压	235
4.4.3	ATmega 48/ATmega 16 与 A/D 转换器有关的寄存器详述	235
4.4.4	AVR 的 A/D 转换应用举例	241
4.4.5	A/D 键盘	242
4.5	高性能外围 A/D 器件——TLC2543、ICL7135 和 AD7705	245
4.5.1	具有 11 通道的 12 位串行模拟输入 A/D 转换器——TLC2543	245
4.5.2	高精度 $4\frac{1}{2}$ 位 CMOS 双积分型 A/D 转换器——ICL7135	251
4.5.3	内置 PGA 的 16 位 $\Sigma-\Delta$ A/D 转换器——AD7705	256
4.6	单片机外围 D/A 器件——DAC0832 和 TLV5618	265
4.6.1	T 型电阻网络与 DAC0832	265
4.6.2	12 位双路 D/A——TLV5618	272
4.7	ATmega 48/ATmega 16 片上模拟比较器与综合应用	274
4.7.1	片上模拟比较器的相关寄存器	274
4.7.2	片上模拟比较器软件设计	276
4.7.3	模拟比较器应用——超限监测	277
4.7.4	模拟比较器及 ICP1 综合应用——正弦波周期测量	279
4.8	单片机测控系统的抗干扰设计	280
4.8.1	单片机应用系统抗干扰设计的基本原则	281
4.8.2	单片机应用系统 PCB 布线的基本原则	282
4.8.3	单片机软件抗干扰技术——看门狗技术	284
4.8.4	单片机睡眠工作方式在抗干扰中的应用	289
4.8.5	软件抗干扰的健壮性设计	289
4.9	便携式设备的低功耗设计	290
4.9.1	延长单片机系统电池供电时间的几项措施	290
4.9.2	利用单片机的休眠与唤醒功能降低单片机系统功耗	292
4.10	智能测控系统的典型数据处理技术	295
4.10.1	概 述	295
4.10.2	测量数据的标度变换	296
4.10.3	数字滤波技术	297
4.10.4	系统误差校正技术	309
4.10.5	测量结果的非数值处理方法——查表法	311
第 5 章	智能传感器与智能仪器设计——时域测量技术及应用	315
5.1	电阻电桥基础	315
5.1.1	基本直流电阻电桥配置	316
5.1.2	电阻电桥应用电路的几个关键技术	318

5.1.3	高精度 $\Sigma - \Delta$ A/D 转换器与直流电桥	321
5.1.4	双电源供电电阻电桥实际应用技巧	322
5.1.5	硅应变计	323
5.1.6	电压驱动硅应变计	324
5.1.7	电流驱动硅应变计	329
5.2	基于恒流源的铂电阻智能测温仪表的设计	331
5.2.1	铂电阻温度传感器	331
5.2.2	铂电阻测温的基本电路	332
5.2.3	Pt100 恒压分压式三线制测温电路	334
5.2.4	基于双恒流源的三线式铂电阻测温探头设计	335
5.2.5	基于 ICL7135 和双恒流源的铂电阻智能测温仪表的设计	338
5.3	精密数控电源的设计	339
5.3.1	精密数控对称双极性输出直流稳压电源的设计	339
5.3.2	精密数控恒流源技术	344
5.4	晶体三极管参数测试仪的设计	347
5.4.1	三极管 β 参数的测试	348
5.4.2	三极管输入、输出特性曲线的测量	348
第 6 章	智能传感器与智能仪器设计——频域测量相关技术及应用	352
6.1	正弦波参数测量技术	352
6.1.1	真有效值测量技术	352
6.1.2	正弦信号的幅度测量技术	356
6.1.3	正弦信号的相位测量技术	358
6.2	FFT 与谐波分析技术及应用	360
6.2.1	FFT 与谐波分析技术	360
6.2.2	基于 FFT 技术的失真度测量	366
6.2.3	基于 FFT 技术的双路同频正弦波参数测量	367
6.3	正弦波扫频信号源的设计	368
6.3.1	直接数字合成 (DDS) 信号源	368
6.3.2	DDS 专用集成电路 AD9833	369
6.4	线性网络频率响应测试仪的设计	375
6.4.1	频率响应测试仪概述	375
6.4.2	双 12 位 A/D 转换器——AD7862	376
6.4.3	基于扫频测试法及 FFT 技术实现频响测量	378
6.5	低频阻抗分析仪的设计	380
6.5.1	阻抗测量与应用概述	380

6.5.2 R、L、C 阻抗元件的基本特性及电路模型	382
6.5.3 阻抗测量技术	385
6.6 电能质量测量仪的设计	389
6.6.1 电能质量测量仪总体方案论证	390
6.6.2 电能质量测量仪相关理论及分析	391
6.6.3 信号输入及调理电路设计	393
6.6.4 电源电路设计	395
6.6.5 软件设计及总结	396
第 7 章 基于模糊 PID 控制的计算机控制系统设计与应用	397
7.1 PID 与控制系统	397
7.1.1 计算机控制技术及算法概述	397
7.1.2 PID 控制技术	398
7.1.3 数字 PID 控制技术	400
7.1.4 PID 参数的整定	403
7.2 基于数字 PID 的热水器恒温控制系统设计	406
7.2.1 恒温控制系统的构成	407
7.2.2 传感器的选择	407
7.2.3 温控器功率输出控制	408
7.2.4 温控器系统软件设计	409
7.3 模糊控制技术与嵌入式模糊控制系统设计	417
7.3.1 模糊数学与模糊控制概述	417
7.3.2 系统变量的模糊化	419
7.3.3 模糊推理及解模糊化	421
7.3.4 嵌入式模糊控制器	423
7.4 基于模糊 PID 控制的计算机控制系统设计	427
7.4.1 模糊 PID 控制器	428
7.4.2 智能 PID 控制器参数的智能调整	428
7.4.3 模糊自整定 PID 控制器原理	429
第 8 章 分布式智能测控系统及其应用	433
8.1 AVR 的串行通信接口 USART	433
8.1.1 串行通信常识	433
8.1.2 AVR 的通用同步和异步串行接口 USART	435
8.1.3 USART 寄存器描述	436
8.1.4 自适应波特率技术	442

目 录

8.1.5	UART 基本应用程序模块设计及说明	442
8.1.6	ATmega48 SPI 模式下的 USART——MSPIM	447
8.2	基于 RS-232 的通信系统设计	452
8.2.1	RS-232C 介绍与 PC 硬件	453
8.2.2	UART 电平协议转换芯片 MAX232 和 MAX3232	455
8.2.3	单片机点对点 RS-232 通信设计举例	456
8.2.4	PC 端 Windows 操作系统下 RS-232 通信程序设计	464
8.3	基于 RS-485 的现场总线监控系统设计	468
8.3.1	RS-485 总线系统	468
8.3.2	RS-485 总线通信系统的可靠性分析及措施	471
8.3.3	基于 RS-485 和 Modbus 协议的分布式总线网络	476
8.3.4	循环冗余校验——CRC	480
8.3.5	基于 Modbus 和 RS-485 的网络节点软件设计	485
8.4	Bootloader 及应用	491
8.5	基于 DS18B20 的多点温度巡回检测仪的设计	501
8.5.1	DS18B20 概貌	501
8.5.2	DS18B20 内部构成及测温原理	502
8.5.3	DS18B20 的访问协议	503
8.5.4	DS18B20 的自动识别技术	506
8.5.5	DS18B20 的单总线读写时序	507
8.5.6	DS18B20 使用中的注意事项	508
8.5.7	ATmega48 读取单片 DS18B20 转换温度数据程序	509
8.6	一线通信技术及红外遥控应用	514
8.6.1	一线通信技术	514
8.6.2	红外遥控技术	516
	附录 ASCII 表	519
	参考文献	520

第 1 章

ATmega48 / ATmega16 单片机概述

1.1 AVR 系列单片机概述

嵌入式计算机作为计算机的一个重要分支,得到了越来越广泛的应用。随着信息技术的发展所带来的应用需求的增多,嵌入式计算机的应用范围越来越广,需求越来越大;嵌入式计算机的性能不断改进,新的架构不断出现,各种单片机和数字信号处理器(DSP, Digital Signal Processor)相继面世。嵌入式计算机主要分为微处理器(MPU, Micro-Processor Unit)和微控制器(MCU, Micro-Controller Unit),微控制器俗称为单片机。

1.1.1 单片机与嵌入式系统知识问答

1. 什么是单片机? 何为嵌入式系统?

为了区别于原有的通用计算机系统,人们把嵌入到目标应用体系中,实现对象系统智能化管理和控制的专用计算机系统称为嵌入式系统(Embedded system)。嵌入式系统被定义为以应用为中心,以计算机技术为基础,软件硬件可裁剪,适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用系统。“嵌入式”“专用性”与“计算机系统”是嵌入式系统的三个基本要素,嵌入式计算机是嵌入式系统的核心单元。嵌入式系统设计技术已成为后 PC 时代最热门的研究领域之一。单片机作为最典型的嵌入式系统核心,就是用同一块集成电路(单片机)去实现千千万万个不同的具体功能,其最显著的特点就是一片芯片就是一个计算机系统。单片机具有性能高、速度快、体积小、价格低、稳定可靠、应用广泛、通用性强等突出优点,以增强“控制”能力,满足实时控制(就是快速反应)方面的需要。单片机的成功应用推动了嵌入式系统的发展。

在理解嵌入式系统定义时,不要与嵌入式设备相混淆。嵌入式设备是指内部有嵌入式系统的产品,例如,内含单片机的家用电器、仪器仪表、工控单元、机器人、手机、PDA 等。各种产品一旦用上了单片机,就能起到使产品升级换代的功效,常在产品名称前冠以形容词——“智能型”,如智能型洗衣机等。

目前单片机已渗透到我们生活的各个领域,几乎很难找到哪个领域没有单片机的踪迹。导弹的导航装置,飞机上各种仪表的控制,计算机的网络通信与数据传输,工业自动化过程的实时控制和数据处理,广泛使用的各种智能 IC 卡,民用豪华轿车的安全保障系统,录像机、摄像机、全自动洗衣机的控制,以及程控玩具、电子宠物等等,这些都离不开单片机。自动控制领域的机器人、智能仪表和医疗器械等更是重要的应用领域。因此,单片机的学习、开发与应用是电类专业的核心课程之一。

2. 为什么要学习单片机?

- (1) 简化了多而繁杂的各类电路设计,设计思路回归统一性;
- (2) 体现了 SOC/SOPC 的设计理念——小体积、低功耗、低成本和高性能;
- (3) 智能化设备核心,包括工业设备及家电等。

3. 学习哪种单片机?

学习和选择单片机要从普适性技术(51 系列、ARM)、工程应用主流技术、性价比优势和开发过程的便易程度等方面综合考虑。我认为主要看以下几点:

- (1) 能不能满足市场对产品的要求;
- (2) 成本比较低,且凸显性价比优势;
- (3) 开发费用低,包括硬件成本和软件成本;
- (4) 印刷电路板(PCB)设计容易;
- (5) 加密性能优良,且可以加权利保护(比如利用 E²PROM 或定时器等对产品功能加以限制);
- (6) 有一定的升级余地;
- (7) 引脚驱动能力大,可以尽量少地外扩器件;
- (8) 开发语言可以很容易加入软件抗干扰,而且占用的代码资源少;
- (9) 工作温度范围宽,电源适应能力强。

4. 如何学好单片机?

单片机应用技术是实践性很强的一门技术,学好单片机是电气信息和仪表类工程师的必备素质。有人说“单片机是玩出来的”,只有多“玩”,也就是多练习、多实际操作,才能真正掌握它。

掌握单片机的应用开发需要一个过程。在没有学会单片机之前应该只去研究一种单片机,不要观望,防止徘徊不前,一事无成。坚定信念后要注意以下几点:

首先,必须掌握数字电路和模拟电路方面的知识,还必须学习单片机原理、硬件结构、扩展接口和编程语言。初次开发时由于没经验,可能要经过多次反复才能完成项目。这时,你会得到较大的收获和积累,表现在硬件设计方面的积累、软件设计方面的积累和设计经验方面的积累。

其次,单片机的开发应用还涉及硬件扩展接口和各类传感器,更重要的是必须尽

第 1 章 ATmega48 / ATmega16 单片机概述

可能地了解各学科中适应单片机完成的控制项目以及控制过程。

再次, C 语言既有高级语言的各种特点, 又可对硬件进行操作, 并可进行结构化程序设计。用 C 语言编写的程序较容易移植, 它们可生成简洁、可靠的目标代码。学习单片机的 C 语言编程, 是成为单片机高手的必经之路。

还有, 软件的开发是建立在硬件之上的, 软硬件设计的巧妙结合是项目开发质量保证的关键。单片机硬件开发设计者应学习、应用最新机型。新机型的优势表现在时钟频率的进一步提高, 指令执行速度的提高, 内部程序存储器和数据存储器容量的进一步扩大, A/D 和 D/A 转换器的内部集成, 外部扩展功能的增强, 以及在系统编程 (ISP) 和仿真等。扩展接口的开发尽可能采用 CPLD (或 FPGA) 等器件开发, 这类器件都有开发平台的支持, 开发难度较低, 开发出的硬件性能可靠、结构紧凑、利于修改、保密性好。这种方法也是硬件接口开发的趋势。

请不要做浮躁的嵌入式计算机系统工程。把时髦的技术挂在嘴边, 还不如把基本的技术记在心里; 不要被一些专用词汇所迷惑, 最根本的是先了解最基础的知识。掌握单片机的应用开发, 入门并不难, 难的是长期坚持实践和不遗余力地学习进取。

1.1.2 当代单片机内核结构的发展趋势

可靠性高、功能强、速度快、功耗和价位低, 一直是衡量单片机性能的重要指标, 也是单片机占领市场、赖以生存的必要条件。为了提高性能, 各个单片机设计公司都提出了自己的解决方案, 以下介绍其基本形态。

1. CISC 与 RISC 共存

数字计算机可分为复杂指令集计算机 (CISC, Complex Instruction Set Computer) 和精简指令集计算机 (RISC, Reduced Instruction Set Computer)。

CISC 的指令一般完成较复杂的任务, 指令丰富, 功能较强, 因此指令长度和执行周期不尽相同。另外, CPU 结构较复杂。Intel 公司的 8086 系列和 ARM7 都采用该结构。RISC 指令系统中的每一条指令大都具有相同的指令长度和周期, 不追求指令的复杂程度, 因而, 计算机的内核较简练。AVR 和 ARM9 等都是采用该结构。

注意, 这里只是说 RISC 与 CISC 是不同的, 而不是说一个就比另一个好, 两者各有其优势。CISC 芯片提供了更好的代码深度 (更少的内存引脚) 以及更成熟的软件工具, 而 RISC 芯片则有更高的时钟速度和更诱人的市场。选择哪一种由个人决定, 但最好是大家比较熟悉的型号。各公司的单片机两种指令集的结构都有, 不过 RISC 是单片机发展的方向。

2. 哈佛 (Harward) 结构成为重要发展方向

1945 年, 冯·诺依曼首先提出了“存储程序”的概念和二进制原理, 后来, 人们把利用这种概念和原理设计的电子计算机系统统称为“冯·诺依曼型结构”计算机。所

第 1 章 ATmega48 /ATmega16 单片机概述

谓的冯·诺依曼(von Neumann)结构,也称为普林斯顿结构。冯·诺依曼结构计算机,其 CPU 采用单一总线与程序指令存储器和数据存储器连接。在任何时刻,CPU 只能通过这一条总线与外围交换数据,即在任何一个时钟节拍内,CPU 只能进行一种操作,总线只能支持单一性质的数据流(程序或数据),因此,冯·诺依曼结构计算机速度慢。同时,冯·诺依曼结构计算机多采用 CISC 指令,指令数目多,周期长,执行所需机器周期差别较大,不统一,极难实现流水线操作,这也是冯·诺依曼结构计算机的先天劣势。

哈佛结构是指将程序存储器和数据存储器分开的存储器结构。程序存储器和数据存储器分别有自己的总线。程序存储器和数据存储器分开,可以使指令和数据有不同的数据宽度,如 Microchip 公司的 PIC16 芯片的程序指令是 14 位宽度,而数据是 8 位宽度。

哈佛结构计算机采用 RISC 指令。RISC 指令有一个特征就是指令是等长的。这就为提高执行指令的效率提供了方便,大部分处理器可以做到平均一个时钟处理一条指令。因此,其不但取指令和取数据可同时进行,而且执行效率更高,速度也更快,易实现流水线。

3. SOC 型单片机成为发展方向

SOC(System On a Chip)是嵌入式应用系统的最终形态。单片机从单板机向微控制器(MCU)发展,体现了单片机向 SOC 的发展方向,即按系统要求不断扩展外围功能、外围接口并实现模拟、数字混合集成。在向 SOC 发展的过程中,许多厂家引入 8051 内核构成 SOC 单片机。例如,Silabs 公司为 8051 配置了全面的系统驱动控制、前向/后向通道接口,构成了较全面的通用型 SOC。

4. 从传统的仿真调试到基于 JTAG 接口的在系统调试

目前,很多公司的单片机都配置了标准的 JTAG 接口(IEEE1149.1)。引入 JTAG 接口,将使单片机传统的仿真调试产生彻底的变革。在上位机软件的支持下,通过串行的 JTAG 接口直接对产品在实际系统进行仿真调试。JTAG 接口不仅支持 Flash ROM 的读/写操作及非侵入式在系统调试,它的 JTAG 逻辑还为在系统测试提供边界扫描功能。通过边界寄存器的编程控制,可对所有器件引脚、总线和 I/O 口弱上拉功能实现观察和控制。

5. 在系统编程 ISP 和在应用编程 IAP

近几年,8 位微控制器竞相采用 Flash 存储器,这已成为趋势。它集成度高,价廉,可以取代 PROM、EPROM、OTP 等。另外,利用 Flash 存储器能高速读/写,实现在系统编程(ISP, In System Programming)和在应用编程(IAP, In Application Programming)。

一般地说,为了实现在系统编程(ISP)和在应用编程(IAP),在微控制器片内