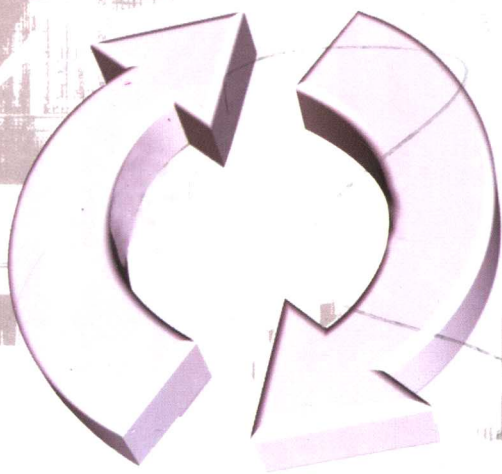




AVR 单片机原理 及测控工程应用 ——基于ATmega48/ATmega16

刘海成 编著



北京航空航天大学出版社

TP368.1/419

2008

AVR 单片机原理及测控工程应用 ——基于 ATmega48/ATmega16

刘海成 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书以 AVR 系列中的 ATmega48/ATmega16 单片机作为讲述对象,同时介绍具有同样结构、存储器容量稍大的 ATmega88、ATmega168/ATmega32 单片机。以计算机测控技术和单片机为核心的计算机测控系统设计为重点讲述内容,重点讲述设计原理、方法和设计步骤,给出常用传感器及仪器仪表的设计实例和典型控制系统设计实例。还重点讲述广泛应用的模糊 PID 控制及 PWM 应用技术,将课程体系深度融合,抓住共性问题,试图在讲述 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系统的概念,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。

本书适合作为大专院校电子、电气、通信及自动化等专业的“单片机及接口”、“计算机控制及智能测控仪表”等课程的教材,也适合作为电子设计竞赛自学或培训教材,同时,也可以作为工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

AVR 单片机原理及测控工程应用/刘海成编著. —北京:

北京航空航天大学出版社,2008.3

ISBN 978-7-81124-216-4

I. A… II. 刘… III. ①单片微型计算机—自动检测系统

IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 160983 号

© 2008,北京航空航天大学出版社,版权所有。

未经本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或手段复制或传播本书及其所附光盘内容。侵权必究。

AVR 单片机原理及测控工程应用——基于 ATmega48/ATmega16

刘海成 编著

责任编辑 崔肖娜

*

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(100083) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail:bhpress@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:24.75 字数:634 千字

2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978-7-81124-216-4 定价:39.00 元

前 言

单片机对每一位电气电子和仪表类大学生、工程技术人员以及广大电子爱好者来说都是或者曾经是一个难以突破的瓶颈,或者说是技术进步的一个门槛。不论拥有多少年的电子技术经验,如果不会单片机,总会有科技不如人的感觉,应对现代的每一个项目更是举步维艰。

单片机到底是什么,能做什么呢?单片机就是用同一块集成电路去实现千千万万个不同的具体功能!这就是单片机,也是单片机神奇之处。它只是一块 IC,但是它可以在您的指挥下实现无限的功能!

单片机不是完成某一个逻辑功能的芯片,而是把一个计算机系统集成到一个芯片上,一块芯片就成了一台计算机。它的体积小、质量轻、价格便宜,同时,学习使用单片机也是了解计算机原理与结构的最佳选择。因为它体积小,通常都藏在被控机体的“肚子”里,但是它在整个装置中,起着有如人类头脑的作用,一旦它出了毛病,整个装置就瘫痪了。现在,单片机的应用领域已十分广泛,如智能仪表、实时工控、通信设备、导航系统、家用电器、民用豪华轿车的安全保障系统、录像机、智能 IC 卡和医疗器械等。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。

单片机作为计算机的一个重要分支,随着信息技术发展所带来应用需求的增多,使单片机的应用范围和需求越来越广,促使新的架构不断出现,性能不断改进。现在更多的电子设计者和爱好者讨论最多的话题莫过于嵌入式系统的设计,C51、AVR、PIC、VHDL、RTOS、CPLD、FPGA、DSP、ARM 已是当今挂在电子工程师嘴边最多的几个词。其中功能越来越强大、体积越来越小、成本越来越低的 MCU 的出现正是这场革命的推动者。市面上的单片机器材从低端开发板到高端成品,从几元到上千元,名字也层出不穷,叫人眼花缭乱。那么,作为工程师或即将成为电子工程师的在校学生,为了迎接这场革命,或者说为了找到一份自己心怡的工作,应该具备哪些知识呢?面对这么多必须的技术,作为一个初学者我们又该从何学起?学好这些东西的代价如何?如何与人才市场接轨?……,这些都是单片机初学者问的最多的问题。本书将向每一位读者展示近年推向市场的高性能 8 位单片机——AVR 系列单片机。

AVR 单片机采用哈佛结构,废除了机器周期,抛弃了复杂指令集计算机(CISC)追求指令完备的做法;采用精简指令集计算机(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都是如此);取指周期短,又可预取指令,实现流水作业,可高速执行指令。而且,AVR 系列单片机片上都集成了丰富且性能优异的外围,使得低价位的 AVR 系列单片机一投放市场,就迅速抢占被 MCS-51 系列单片机占据多年的应用领域。

本书以 AVR 系列中的 ATmega48/ATmega16 单片机作为讲述对象,同时介绍具有同样结构但存储器容量稍大的 ATmega88、ATmega168/ATmega32 单片机,以测控工程应用为背景深入细致讲解。本书的编写主要是基于以下几点:

(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。其价格低廉,已经吸引很多用户,将其广泛应用于工业现场、家电和消费电子等领域。然而讲述 AVR 单片机的教材还很少,尤其是专

门讲述 ATmega48/88/168 单片机及 ATmega16/32 单片机的书籍还没有。本书在讲述极具性价比且已被工程界广泛应用的 ATmega48 单片机的同时,还讲解具有 JTAG 调试接口的高性能廉价 ATmega16 单片机。既考虑了工程师的需求,又满足了 AVR 初学者的愿望。总之,ATmega48 和 ATmega16 单片机充分体现了物美价廉的特色。

(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;然而教材本身往往注重的是 CPU 本身结构的分析讲解,侧重汇编指令的分析和记忆,却很少讲述系统的分析与综合应用。尤其是实验环节多为以汇编编程的验证性实验;然而面对目前多为复杂的嵌入式系统工程设计,代码庞大,综合性强,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想必将成为实验环节发展的趋势。本书在强化单片机工作原理的同时,将以 C 语言作为编程设计语言,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,彻底打破以汇编语言讲述单片机原理的现状。

(3) 目前,很多单片机教材缺乏工程应用背景教育,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。读者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,致使很多读者面对实际应用感到无从下手,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。而且所讲述的内容,尤其是接口器件,比较陈旧,不切合实际应用。不但增加学生负担,而且造成学生很少有机会接触并学习新知识和新的器件,使学生不能跟踪主流技术。一些应用实例的书籍跳跃性大,实例起点不一,不适合于自学提高。在符合认知规律的条件下,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循序渐进地总结性学习,势必会得到事半功倍的效果。

(4) 当前的单片机类书籍,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。虽然各学校也都开设单片机实验课,但是大多也都是片断代码的验证实验,致使学生没有学会以单片机为核心进行电子系统设计开发的开发手段和调试技巧。

(5) 目前,很多课程开设的比较混乱,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等,大量内容重复,且缺乏系统性,学生负担重,且疲惫不佳。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专著很少见。尤其是相关书籍多以 MCS-51 为蓝本,设计方法和器件陈旧。本书将以计算机测控技术和以单片机为核心的计算机控制系统设计为重点讲述内容。重点讲述设计原理、方法和设计步骤,给出常用传感器及仪器仪表的设计实例和典型控制系统设计实例。另外还重点讲述了广泛应用的模糊 PID 控制及 PWM 应用技术。将课程体系深度融合,抓住共性问题,试图在讲述 ATmega48/ATmega16 单片机原理的同时,通过单片机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的概念,从而架起电气信息及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。韩喜春和叶树江担任本书副主编。崔保华工程师为本书的

编写提出了很多宝贵意见;秦杰、宋起超和胡海波等同仁参与了部分章节的编写工作;张林城、王克新、刘嵩、赵磊、李博、郭强、潘东、闻培君、广通、王朝阳、张海良、董驰和张凯同学为本书的出版也做了很多的工作,在此一并表示感谢。全书由秦进平教授主审,并提出了诸多宝贵意见,在此表示由衷的感谢。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。

该书叙述简洁,涵盖内容广,知识容量大,涉及的应用实例多。本书适合作为大专院校电子、电气、通信及自动化等专业学生单片机及接口类课程、计算机控制及智能测控仪表类等课程的教材,也适合作为电子设计竞赛自学或培训教材,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,但是由于作者水平有限,错误和不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

刘海成

Sauxo@126.com

2008年2月



目 录

第 1 章 ATmega48/ATmega16 单片机概述

1.1 AVR 系列单片机概述	1
1.1.1 单片机知识问答	1
1.1.2 单片机与嵌入式系统	2
1.1.3 当代单片机内核结构的发展趋势	3
1.1.4 AVR 单片机概述	4
1.1.5 AVR 系列单片机选型	5
1.2 ATmega48/ATmega16 单片机及其存储器结构	7
1.2.1 ATmega48/88/168 和 ATmega16/32 单片机性能概况	8
1.2.2 ATmega48/ATmega16 内核结构	9
1.2.3 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/ATmega16 最小系统设计	16
1.3.3 ATmega48/ATmega16 的系统时钟源及单片机熔丝配置	19
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	21
1.4 嵌入式 C 编程与 AVR	22
1.4.1 AVR 的 C 语言开发环境	22
1.4.2 C 语言环境访问 MCU 寄存器	23
1.4.3 GCC 编译器下 EEPROM 和 Flash 存储器的访问	24
1.4.4 C 语言下 EEPROM 存储器的通用访问方法	27
1.4.5 AVR C 编译器的在线汇编	30
1.4.6 标准 C 下位操作实现综述	31
1.4.7 如何优化单片机系统设计的 C 代码	33
1.4.8 C 语言宏定义技巧及常用宏定义总结	37
1.4.9 从 Keil C 到 AVR 的 C 编程	38
1.4.10 前后台式嵌入式软件结构	39
1.5 AVR 的开发工具与开发技巧	39
1.5.1 AVR 单片机嵌入式系统的软件开发平台 AVR Studio	40
1.5.2 AVR 的 JTAG 仿真调试与 ISP	40
1.5.3 基于 AVR Studio 和 GCCAVR 的 AVR 的单片机仿真调试步骤	42
1.5.4 只具备 ISP 调试条件下的 AVR 单片机调试技巧	48
1.6 如何成为单片机开发高手	50

1.6.1	充分了解设计需求,确定合适的解决方案	51
1.6.2	原理图设计中要注意的问题	51
1.6.3	PCB 设计中要注意的问题	52
1.6.4	TQFP 和 LQFP 器件的焊接方法	52
1.6.5	单片机与嵌入式技术的 3 层境界	54

第 2 章 ATmega48/ATmega16 单片机 I/O 接口与人机接口技术

2.1	AVR 单片机通用 I/O 端口	56
2.1.1	AVR 的通用 I/O 端口	56
2.1.2	通用 I/O 上下拉电阻的应用总结	58
2.2	人机接口——按键	59
2.2.1	机械触点按键常识	60
2.2.2	矩阵式键盘接口技术及编程	62
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	64
2.3	LED 显示技术原理与实现	66
2.3.1	数码管的译码显示	67
2.3.2	LED 数码管的静态驱动显示和动态驱动显示	67
2.4	AVR 的 SPI 通信接口及其应用	70
2.4.1	AVR 单片机的硬件 SPI 通信接口	71
2.4.2	AVR 单片机 SPI 通信的相关寄存器结构	72
2.4.3	AVR 单片机 SPI 通信驱动程序设计	75
2.4.4	SPI 总线接口 8 位共阴数码管驱动芯片 MAX7219	76
2.4.5	两个 AVR 实现硬件 SPI 双机通信	78
2.4.6	软件模拟 SPI 主机程序设计	80
2.4.7	用 SPI 与 74HC595 接口驱动多共阳数码管静态显示实例	81
2.5	AVR 两线串行通信接口 TWI(兼容 I ² C)及其应用	82
2.5.1	I ² C 总线概述	83
2.5.2	AVR 兼容 I ² C 的两线通信接口 TWI 及其相关寄存器	84
2.5.3	TWI 的使用方法	87
2.5.4	通过 TWI (I ² C)主机接口操作 AT24C02	88
2.5.5	ATmega48 通过 I ² C 从机模式模拟 AT24C02	89
2.5.6	软件模拟 I ² C 主机读/写 AT24C02	91
2.6	128×64 SPLC501 液晶控制器及应用	95
2.6.1	128×64 点阵图形液晶驱动芯片——SPLC501	96
2.6.2	SPLC501 程序设计举例	99
2.7	SMC1602A 液晶屏及其接口应用	101
2.7.1	SMC1602A 总线方式驱动接口及读/写时序	101
2.7.2	操作 SMC1602A 的 11 条指令	102
2.7.3	AVR 与 SMC1602A 液晶接口 C 代码	104

2.8 ATmega48/ATmega16 片上 A/D 及其应用	107
2.8.1 片内基准电压	107
2.8.2 ATmega48/ATmega16 与 A/D 有关的寄存器	108
2.8.3 AVR 的 A/D 使用和应用方法总结	113
2.8.4 A/D 键盘	114

第 3 章 ATmega48/ATmega16 单片机中断系统与定时控制

3.1 ATmega48/ATmega16 的中断系统	116
3.1.1 中断的功能	116
3.1.2 ATmega48/ATmega16 中断源和中断向量	117
3.1.3 AVR 单片机中断响应过程	119
3.1.4 AVR 单片机的中断优先级	119
3.1.5 AVR 中断响应的时间	120
3.1.6 高级语言开发环境中中断服务程序的编写	120
3.2 ATmega48/ATmega16 的外中断及应用实例	121
3.2.1 INTO、INT1 和 INT2 中断控制的相关寄存器	122
3.2.2 ATmega48 引脚电平变化中断寄存器	124
3.2.3 外中断实例	125
3.3 ATmega48/ATmega 16 的定时器/计数器 0——T/C0	127
3.3.1 ATmega48/ATmega16 的定时器/计数器	127
3.3.2 T/C0 概述	128
3.3.3 T/C0 的输出比较功能及 PWM 输出模式	129
3.3.4 ATmega48/ATmega16 的 T/C0 相关寄存器	131
3.3.5 ATmega48/ATmega16 中 T/C0 的定时应用举例	136
3.4 ATmega48/ATmega 16 的定时器/计数器 1——T/C1	137
3.4.1 T/C1 的输入捕捉单元	139
3.4.2 T/C1 的输出比较单元	140
3.4.3 T/C1 的输出比较功能及 PWM 输出模式	141
3.4.4 T/C1 的相关寄存器	146
3.4.5 利用 ICP 测量方波的周期	150
3.5 ATmega48/ATmega16 片上模拟比较器与 ICP 捕获应用	151
3.5.1 模拟比较器的相关寄存器	151
3.5.2 模拟比较器应用——超限监测	153
3.5.3 模拟比较器及 ICP1 综合应用——正弦波周期测量	154
3.6 ATmega48/ATmega16 的定时器/计数器 2——T/C2	155
3.6.1 T/C2 的输出比较功能及 PWM 输出模式	156
3.6.2 T/C2 的相关寄存器	158
3.6.3 基于 T/C2 的 RTC 系统设计	166
3.7 PWM 技术应用举例	170

3.7.1 基于 PWM 调制的红外线遥控器的设计	170
3.7.2 基于 PWM 实现 DAC	173
3.8 AVR 单片机看门狗定时器	176
3.8.1 抗干扰与看门狗技术	176
3.8.2 AVR 的看门狗及应用技巧	178
 第 4 章 单片机测控系统与智能仪器	
4.1 单片机测控系统与智能仪器概述	183
4.1.1 单片机测控系统及构成	184
4.1.2 电子测量与单片机检测技术	185
4.1.3 智能化测量仪表	186
4.1.4 智能传感器与自动检测技术	189
4.1.5 小 结	195
4.2 信号检测的数字滤波技术	195
4.2.1 限幅滤波法	195
4.2.2 中值滤波法	196
4.2.3 算术平均滤波法	196
4.2.4 递推平均滤波法	197
4.2.5 加权递推平均滤波法	197
4.2.6 一阶滞后滤波法	198
4.2.7 高通滤波器和带通滤波器	198
4.3 系统误差校正技术	199
4.3.1 系统误差的模型校正法	199
4.3.2 利用校准曲线通过查表法修正系统误差	201
4.3.3 非线性校正	203
4.4 智能仪表量程自动转换与标度变换技术	208
4.4.1 量程自动转换技术	208
4.4.2 标度变换	209
4.5 单片机测控系统的抗干扰设计	210
4.5.1 单片机应用系统抗干扰设计的基本原则	210
4.5.2 电子线路中的屏蔽技术	211
4.5.3 单片机应用系统中 PCB 布线的基本原则	212
4.5.4 单片机软件抗干扰技术	214
4.6 便携式设备的低功耗设计	215
4.6.1 延长单片机系统电池供电时间的几点措施	215
4.6.2 利用单片机的休眠与唤醒功能降低单片机系统功耗	217

第 5 章 智能传感器与智能仪器设计

5.1 基于恒流源的铂电阻智能测温仪表的设计	221
------------------------------	-----



5.1.1	铂电阻温度传感器	222
5.1.2	铂电阻测温的基本电路	222
5.1.3	基于双恒流源的 3 线式铂电阻测温探头设计	224
5.1.4	基于 ICL7135 的 Pt100 测温系统设计	225
5.1.5	基于恒流源的铂电阻智能测温仪表的设计	231
5.1.6	关于精密基准源 TL431	232
5.2	真有效值仪表的设计	234
5.2.1	真有效值测量的 4 种途径	235
5.2.2	单片真有效值/直流变换器——AD736	236
5.2.3	真有效值仪表的智能仪表设计	238
5.3	晶体管 β 参数测试仪的设计	241
5.3.1	根据晶体三极管共射极放大电路测试 β	242
5.3.2	晶体管 β 参数测试仪的工作状态设定	242
5.3.3	基于 TLC2543 的高精度电压测量电路及软件设计	244
5.3.4	关于液晶显示单元的说明	249
5.3.5	系统软件总体设计流程	249
5.4	精密压控恒流源的设计	249
5.4.1	几种 V/I 转换和恒流源电路图的比较	249
5.4.2	数控宽范围调整、大电流输出恒流源核心电路方案	250
5.4.3	系统软件设计	252
5.5	精密数控对称双极性输出直流稳压电源的设计	252
5.5.1	对称双极性数控电压源及功率驱动电路设计	253
5.5.2	过流保护单元电路的设计	255
5.5.3	系统供电电源设计	256
5.5.4	总 结	256
5.6	线性网络频率响应测试仪的设计	258
5.6.1	频域测量仪器仪表概述	258
5.6.2	正弦扫频信号源	259
5.6.3	正弦信号的幅度测量	267
5.6.4	正弦信号的相位测量	268
5.6.5	频响特性测试仪的软件设计	269
5.7	基于 MCU 和光栅的高精度位移、速度传感器的原理及设计	269
5.7.1	光栅传感器	270
5.7.2	基于 MCU 和光栅的高精度位移、速度传感器的原理	270
5.8	等精度数字频率计的设计	273
5.8.1	仪器仪表中的频率测量技术	273
5.8.2	等精度频率计的实现	276

第 6 章 基于模糊 PID 控制的计算机控制系统设计与应用

6.1 计算机控制技术及算法概述	279
6.1.1 传统的 PID 控制	280
6.1.2 自适应控制	280
6.1.3 鲁棒控制	280
6.1.4 预测控制	280
6.1.5 最优控制	281
6.1.6 智能控制	281
6.2 数字 PID 控制技术	282
6.2.1 PID 控制技术	282
6.2.2 复合式数字 PID 控制技术	284
6.2.3 PID 参数的整定	287
6.3 基于增量式数字 PID 的热水器恒温控制系统设计	289
6.3.1 恒温控制系统的构成	290
6.3.2 传感器的选择	290
6.3.3 温控器功率输出器件——过零式固态继电器	291
6.3.4 水温特性及其传递函数分析	291
6.3.5 温控器系统软件设计	292
6.4 模糊控制技术与模糊控制系统设计	300
6.4.1 模糊控制概述	300
6.4.2 模糊集合与隶属函数	301
6.4.3 模糊推理	303
6.4.4 采用增量式模糊控制器的水温控制系统	304
6.5 基于模糊 PID 控制的计算机控制系统设计	305
6.5.1 模糊 PID 控制器	306
6.5.2 智能 PID 控制器参数的智能调整	306
6.5.3 模糊自整定 PID 控制器原理	307
6.6 步进电动机的单片机控制	308
6.6.1 步进电动机的工作方式	308
6.6.2 步进电动机的控制方法	309
6.6.3 步进电动机的运行控制及程序设计	309
6.6.4 步进电动机的选用	312

第 7 章 分布式智能测控系统及其应用

7.1 AVR 的串行通信接口 USART	314
7.1.1 AVR 的通用同步和异步串行接口 USART	314
7.1.2 USART 寄存器描述	315
7.1.3 自适应波特率技术	321

7.1.4	USART 基本应用程序模块设计及说明	321
7.1.5	ATmega48 SPI 模式下的 USART——MSPIM	328
7.2	基于 RS232 的通信系统设计	333
7.2.1	RS232C 介绍与 PC 硬件	333
7.2.2	UART 电平协议转换芯片 MAX232 和 MAX3232	334
7.2.3	单片机点对点 UART 通信设计举例	335
7.2.4	PC 端 Windows 操作系统下 RS232 通信程序设计	341
7.3	基于 RS485 的现场总线监控系统设计	342
7.3.1	RS485 驱动芯片及接口应用	343
7.3.2	RS485 现场总线测控系统组成结构	343
7.3.3	PC 与 RS485 通信接口设计	344
7.3.4	RS485 网络节点的软件设计	346
7.3.5	RS485 总线通信系统的可靠性分析及措施	352
7.4	基于 DS18B20 的多点温度巡回检测仪的设计	355
7.4.1	DS18B20 概貌	356
7.4.2	DS18B20 的内部构成及测温原理	357
7.4.3	DS18B20 的访问协议	358
7.4.4	DS18B20 的自动识别技术	360
7.4.5	DS18B20 的单总线读/写时序	361
7.4.6	DS18B20 使用中的注意事项	362
7.4.7	ATmega48 读取单片 DS18B20 转换温度数据程序	362
7.5	nRF401 短距离无线通信系统设计	364
7.5.1	短距离无线电通信技术简介	365
7.5.2	nRF401 短距离无线通信系统介绍	367
7.5.3	nRF401 无线通信模块设计	368
7.5.4	AVR 单片机和 nRF401 接口设计	373
7.5.5	PC 机和 nRF401 接口电路设计	373
7.5.6	AVR 单片机控制 nRF401 通信软件设计	374
附录	ASCII 表	380
参考文献		381

{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,随着信息技术发展所带来应用需求的增多,嵌入式计算机的应用范围和需求越来越广,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),微控制器也称为单片机。

1.1.1 单片机知识问答

1. 什么是单片机

单片机就是用同一块集成电路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个芯片就是一个计算机系统,各种产品一旦用上了单片机一般都会加入“智能型”的称号。

2. 为什么要学习单片机

单片机之所以能吸引越来越多的学习者,主要是因为它具有如下特点:

- 简化了多而繁杂的各类电路设计,设计思路回归统一性;
- 体现了 SOC/SOPC 的设计理念:小体积、低功耗、低成本和高性能;



➤ 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,主要归结为如下几点:

- 能不能满足市场对产品的要求;
- 成本比较低,且突显性价比优势;
- 开发费用低,包括硬件成本和软件成本;
- 印刷板设计容易;
- 加密性能优良,且可以加权利保护(例如,利用 E2PROM 或定时器等对产品功能加以限制);
- 有一定的升级余地;
- 引脚驱动能力大,可以尽量少的外扩器件;
- 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;
- 工作温度范围宽,电源适应能力强。

4. 如何学好单片机

学好单片机是电气信息和仪表类工程师的必备素质,本书 1.6 节将详细介绍学好单片机的方法。

1.1.2 单片机与嵌入式系统

1. 嵌入式系统定义

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。“嵌入式”、“专用性”与“计算机系统”是嵌入式系统的 3 个基本要素,其核心是单片机。

2. 嵌入式系统的特点

嵌入式系统的特点是由定义中的 3 个基本要素衍生出来的。不同的嵌入式系统其特点会有所差异。

- “嵌入性”的相关特点:由于是嵌入到对象系统中,必须满足对象系统的环境要求,例如,物理和环境(小型)、电气/气氛环境(可靠)、成本(价廉)等要求。
- “专用性”的相关特点:软、硬件配置等。
- “计算机系统”的相关特点:嵌入式系统必须是能满足对象系统控制要求的计算机系统。与上两个特点相呼应,这样的计算机必须配置有与对象系统相适应的接口电路。

3. 嵌入式设备

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。各种产品一旦用到了单片机,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”,例如智能型洗衣机等。

1.1.3 当代单片机内核结构的发展趋势

高可靠性、功能强、高速度、低功耗和低价位,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,主要包括以下几方面。

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)两类。

采用 CISC 结构的计算机数据线和指令线是分时复用的,即所谓的冯·诺伊曼(Von Neumann)结构,也称普林斯顿结构,是一种将程序指令存储器和数据存储器合并在一起统一编址的存储器结构。程序指令存储地址和数据存储地址指向同一个存储区的不同物理位置,因此程序指令和数据的宽度相同。采用 CISC 结构的计算机指令丰富,功能较强,但取指令和取数据不能同时进行,因而使速度受到限制。Intel 公司的 8086 系列、ARM7 及 MIPS 等都采用这种结构。

采用 RISC 结构的单片机数据线和指令线分离,即所谓哈佛(Harward)结构。使得其取指令和取数据可同时进行,且由于一般指令线宽于数据线,使其指令较同类 CISC 单片机指令包含更多的处理信息,执行效率更高,速度也更快。同时,这种计算机指令多为单字节,程序存储器的空间利用率大大提高,有利于实现超小型化。AVR、ARM9 等均采用这种结构。

注意:这里只说 RISC 与 CISC 是不同的,并无优劣之分,二者都有各自的优势。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 芯片有更高的时钟速度和更诱人的市场。选择哪种由用户自己决定,但最好是大家比较熟悉的型号。各个公司的单片机采用两种指令集的都有,不过 RISC 是单片机发展的方向。

2. 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、外围接口以及实现模拟、数字混合集成。在向 SOC 发展过程中,有很多厂家引入 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。

3. 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。在上位机软件支持下,通过串行的 JTAG 接口直接对产品 in 系统进行实际仿真调试。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。

4. 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,价格便宜,可以取代 PROM、EPROM、OTP 等。并可利用 Flash 存储器进行高速读/写,实现在系统编程和在应用编程。

一般来说,为了能实现在系统编程和在应用编程,在微控制器片内提供了 1 KB 左右的引导 ROM 固件(Boot ROM),这是实现 ISP 和 IAP 的基础。

(1) 在系统编程 ISP(In System Programming)

ISP 技术是在已焊成的板级系统上,直接对微控制器进行擦除和编程的技术。

在 ISP 模式下,电路板上的空白器件可以编程写入最终用户程序代码而不需要从板上去取下器件,已经编程的器件也可以用 ISP 方式擦除或再编程。通常,在 ISP 模式下,单片机通过串行端口从主机接收命令和数据用于擦除和再编程代码存储区。

这种编程方式只需要一根下载线(ISP 电缆)支持,无需别的编程器。现代的单片机上一般都配备了 ISP 的再现可编程功能,结束了必须通过烧写器来烧录程序的历史,使系统开发设计更加方便。

(2) 在应用编程 IAP(In Application Programming)

IAP 技术是指在用户的应用程序中完成对程序存储器进行擦除和编程的技术。

在 ISP 模式中执行编程擦除和读取存储器功能的 Boot ROM 程序也可用于最终用户应用程序。实际上,擦除和编程等子程序已经固化在 Boot ROM 固件中,只要在应用程序中调用即可。

1.1.4 AVR 单片机概述

AVR 是 Atmel 公司在 1997 年由 A 先生和 V 先生共同研发的采用 Harvard 结构的 RISC 单片机,AVR 单片机吸取 PIC 及 MCS51 等系列单片机的优点,片上系统丰富,具有较高的性价比。

早期单片机由于工艺及设计水平不高、功耗高和抗干扰性能差等原因,所以采取稳妥方案,即采用较高的分频系数对时钟分频,使得指令周期长,执行速度慢。以后的 CMOS 单片机虽然采用提高时钟频率和缩小分频系数等措施来提高单片机运行速度,但这种状态并未被彻底改观(例如,MCS51 以及其改进型)。

AVR 单片机的推出,彻底打破了这种旧的设计格局。它废除了机器周期,抛弃了复杂指令集计算机追求指令完备的做法,采用精简指令集,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都是如此),取指周期短,又可预取指令,实现流水作业,故可高速执行指令。当然这种速度上的升跃,是以高可靠性为其后盾的。

AVR 单片机硬件结构采取 8 位机与 16 位机的折中策略,即采用局部寄存器堆(32 个