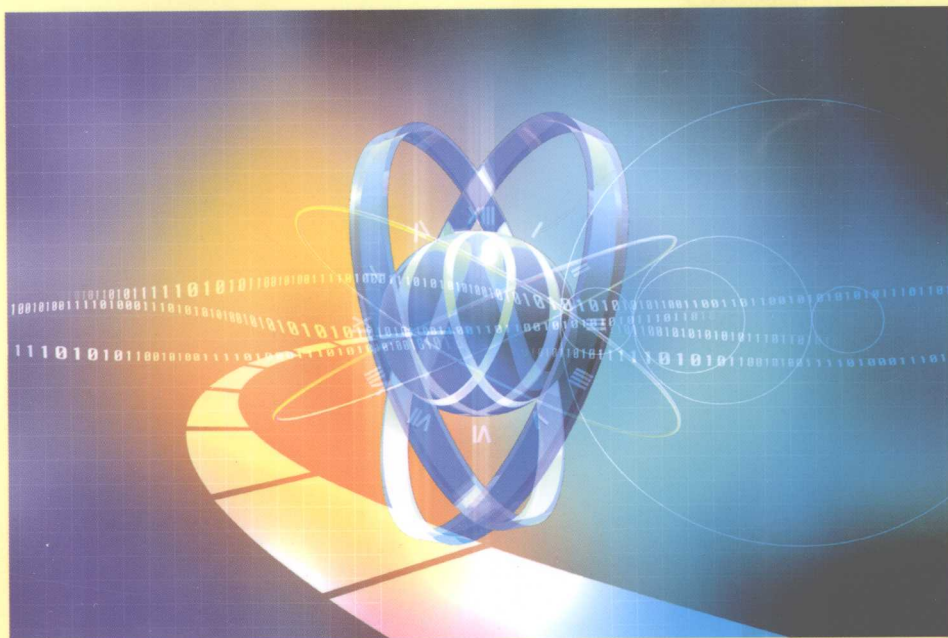


嵌入式系统 课程设计

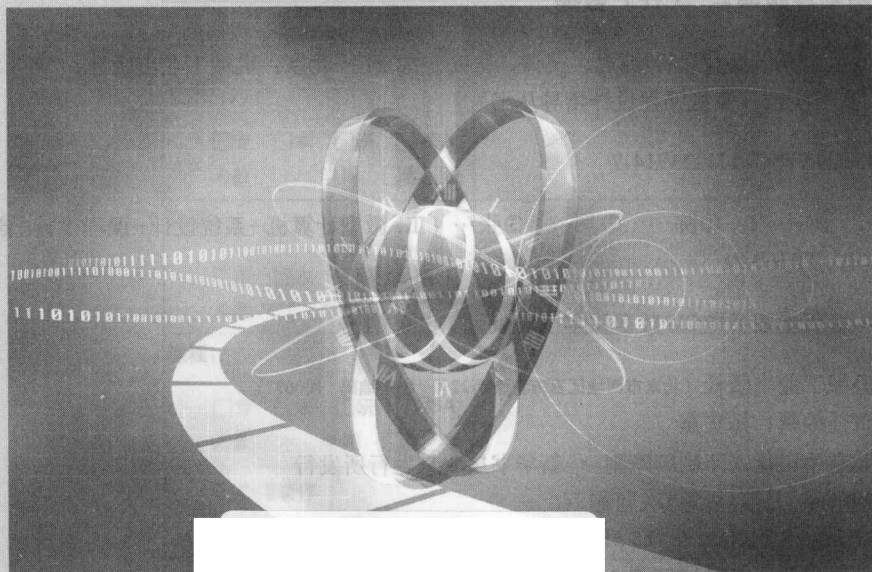
陈虎 吴涛 张安定 编著



机械工业出版社
China Machine Press

嵌入式系统 课程设计

陈虎 吴涛 张安定 编著



机械工业出版社
China Machine Press

本书根据嵌入式系统设计课程的基本概念、基本原理和实际设计方法的要求,总结提炼出9个课程设计题目,以配合教学过程。本书通过分析源代码和系统设计等手段,帮助读者学习基于ARM内核的微处理器原理、嵌入式软件技术和嵌入式Linux操作系统等嵌入式系统设计的基本原理和方法,并初步具备嵌入式系统设计能力。本书第二部分的每一章对应一个课程设计题目,其中包括课程设计的目的、要求、相关知识、课程设计分析和扩展内容,书后附有部分课程设计题目的参考程序,以及相关的参考资料。

本书可以作为高等院校计算机专业、电子工程专业及其相关专业“嵌入式系统”及相关课程配套的课程设计教材,也可作为嵌入式系统设计工程人员的参考读物。

版权所有,侵权必究。

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式系统课程设计/陈虎,吴涛,张安定编著. —北京:机械工业出版社,2008.5
(高等院校计算机课程设计指导丛书)

ISBN 978-7-111-23914-7

I. 嵌… II. ①陈… ②吴… ③张… III. 微型计算机—系统设计—课程设计—高等学校—教材 IV. TP360.21

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第050961号

机械工业出版社(北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037)

责任编辑:杨庆燕

北京牛山世兴印刷厂印刷 · 新华书店北京发行所发行

2008年6月第1版第1次印刷

186mm×240mm · 15.5印张

标准书号:ISBN 978-7-111-23914-7

定价:28.00元

凡购本书,如有倒页、脱页、缺页,由本社发行部调换
本社购书热线(010) 68326294

言 著 作 丛

高等院校

计算机课程设计指导丛书

专家指导委员会

(以姓氏拼音为序)

陈向群

(北京大学)

陈 鸣

(解放军理工大学)

戴 葵

(国防科技大学)

何钦铭

(浙江大学)

廖明宏

(哈尔滨工业大学)

林 闯

(清华大学)

刘振安

(中国科技大学)

马殿富

(北京航空航天大学)

齐 勇

(西安交通大学)

宋方敏

(南京大学)

汤 庸

(中山大学)

王立福

(北京大学)

吴功宜

(南开大学)

赵一鸣

(复旦大学)

联络人 温莉芳

丛书序言

近年来,我国在计算机应用、计算机软件和电子类相关专业的人才培养方面,取得了长足的进展,每年的毕业生都有数十万人。但是这些毕业生走进企业、公司、政府机构或研究单位之后,往往深刻地感觉到缺乏实际开发设计项目的经验,不善于综合运用所学理论,对知识的把握缺乏融会贯通的能力。

综合考察目前高等院校教学大纲、课程设置以及内容安排等方面的情况,多数学校还是比较重视训练学生的实际设计能力。但是,从安排设计实践的内容上看,基本上围绕相关课程教学内容而展开的,不能够构成对实际问题的解决方案;从配套程序的规模上看,一般只是几十行到几百行的源代码,或者是一个单独电路的设计,远远小于一个小型项目的规模;从设计的结构上看,由于设计实践是围绕着课程教学内容而进行的,问题已经高度抽象,学生很难得到有关综合运用所学知识的整体训练机会。而且,这些内容相对简单、问题域已经高度抽象、规模较小的设计实践一人基本上就能完成,学生几乎无法通过这些设计实践,去真正获得有关项目管理和团队协作等方面的基本训练和工作经验。

由此可以看出,大多数学校对学生实际设计能力的训练与国外知名大学和国内精品课程相比较,还是存在一些差距的。为此,机械工业出版社华章分社和一批高等院校的教师,针对当前高等院校计算机硬件、软件和电子类相关课程教学中存在的问题,参考国内外知名大学相关课程成功的教学经验,设计编写了这套“高等院校计算机课程设计指导丛书”,其目的就是通过课程设计的一系列训练,把知识获取和项目实践两个方面有机地结合起来。

在这套“高等院校计算机课程设计指导丛书”中的每一门课程设计里,都安排了由多个子项目组成的一个课程设计项目。学生们可以在教师的指导下,逐步设计实现这些子项目,并最终完成一个功能相对完整,可以运行的系统,其代码可以是数千行,甚至上万行。通过这种设计课程,学生一方面可以结合课程的教学内容循序渐进地进行设计方面的实践训练,另一方面,在参与一系列子项目的实践过程中,还能提高如何综合运用所学知识解决实际问题的能力,以及获得有关项目管理和团队合作等众多方面的具体经验,增强对相关课程具体内容的理解和掌握能力,培养对整体课程知识综合运用和融会贯通能力。

参加丛书编写的各高等院校的教师都有着丰富的教学、科研,以及与企业合作开发项目等多方面的经验。每个课程设计中的子项目和整体项目,都来自教师们具体的科研和设计开发实践,所选设计项目与教学内容配合紧密,项目的难度与规模适宜。

最后,感谢机械工业出版社华章分社编辑们的大力支持,使出版有关这套丛书的计划,从单纯的构想演化成带有油墨芳香的真实。

丛书写作组

前言

嵌入式系统依托微电子技术、操作系统等相关技术的快速发展,目前已经渗透到日常生活、工业生产、通信、交通运输工具等众多领域,极大地推动了信息社会的构建和发展。嵌入式系统技术涵盖了计算机、电子与通信、自动控制等众多领域,已经成为高等院校计算机及相关专业的一门重要课程,也是相关领域研究、应用和开发专业技术人员必须掌握的重要技术之一。

为了适应嵌入式技术的发展,当前国内众多院校都开设了这门课程,但是教学目标和内容各有特色和侧重。作者在近年的嵌入式系统教学实践和研究开发过程中深刻地体会到,嵌入式系统课程教学必须注意两个问题:一是如何通过嵌入式系统的教学让学生建立起完整的计算机系统运行框架,二是如何培养学生设计和实现嵌入式系统的能力。

作为一个完整的计算机系统,嵌入式系统包括微处理器、存储器、外围电路等硬件结构,以及操作系统、应用程序等软件系统,是经典计算机理论课程(包括计算机原理、计算机体系结构、操作系统)的具体物化。通过对嵌入式系统内部软硬件实现原理的分析,可以让学生从比较抽象的原理和概念出发,认识计算机系统运行的真实过程,从而建立完整的计算机系统运行框架,加深对计算机系统原理的理解和认识。为了达到这个目标,本书深入剖析了实际系统的指令集体系结构、中断、系统引导程序、操作系统内核的源代码等,以帮助读者深入理解实际计算机系统的运行原理。

嵌入式系统是一门应用性非常强的课程。这要求读者能从基础理论出发,根据应用的具体特点,阅读和分析相关的资料、源代码和器件手册,提出相应的系统解决方案,自主设计和实现软硬件系统,自主构造交叉编译工具链和定制操作系统内核,切实提高解决问题的能力。为达到这个目标,本书以生产者-消费者问题、心跳检测、功耗检测、CAN总线控制器和数码相框等实际案例为基础,全面介绍嵌入式系统设计中常用的关键技术,包括多线程程序设计、网络程序设计、AD转换、通信接口设计、图形接口设计、外部大容量半导体存储器等方面,包含了对实际器件资料、系统设计和源代码的分析,提供了比较丰富的嵌入式系统课程设计素材,有助于读者提高实际系统的分析和设计能力。

作者根据近年嵌入式系统设计教学和工程实践的经验体会到,只通过书本难以让学生提高嵌入式系统的实际设计能力。传统的以课堂讲授为主,以教师为中心的教学和学习方法会使学生感到枯燥和抽象,难以锻炼嵌入式系统设计所必需的对器件手册、源代码和相关领域的自学能力,难以提高嵌入式系统的实际设计能力。因此,希望读者通过结合理论课程的学习,在自主阅读嵌入式系统相关材料、分析应用需求和设计实际系统的过程中,理解嵌入式系统基本工作原理、一般设计流程和常用的设计技巧,具备初步的系统设计能力。

随着嵌入式系统技术的发展,目前嵌入式系统的开发已经从传统的单片机和汇编语言程序设计发展为基于高性能片上系统(System-on-Chip, SoC)硬件平台,广泛采用嵌入式操作系统和交叉开发工具,进行软硬件联合设计和测试。本书主要以ARM处理器和嵌入式Linux操作系

统为主要软硬件平台,其中少数课程设计需要采用一些常见外围芯片,实验环境相对简单,通用性较强,大多数嵌入式系统实验室都可以满足要求。

作者根据教学实践,针对嵌入式系统设计课程体系的特点,总结和提炼出9个课程设计题目。这些题目既包含了基本的嵌入式系统原理和设计方法,也提供了多个常见的嵌入式应用系统设计范例。它们可以分成嵌入式微处理器系统、嵌入式系统软件开发、嵌入式操作系统和综合应用四个方面。在“嵌入式微处理器系统”部分中,通过对Linux操作系统中的ARM汇编语言程序和系统引导程序的分析,着重介绍ARM系列微处理器的指令系统,SoC芯片的I/O引脚配置、时钟配置、存储器接口配置等关键技术。在“嵌入式系统软件开发”部分中,以生产者-消费者问题、心跳检测、CAN总线控制器三个技术专题为实例,介绍嵌入式系统中常用的一些应用软件开发方法,包括多线程程序设计、网络程序设计、外部通信端口控制等。在“嵌入式操作系统”部分中,通过对嵌入式Linux系统交叉开发工具链和内核定制,以及驱动程序分析两个设计案例,使得读者能比较全面地掌握嵌入式Linux系统环境配置、内核定制和驱动程序设计原理。“综合应用”环节通过对典型嵌入式应用系统的完整介绍,为读者提供了一个全面的嵌入式系统开发场景。这部分包含功耗监测系统、网络门禁系统和数字相框三个典型嵌入式产品。其中功耗监测系统包含系统分析、外围硬件电路设计、A/D转换、网络、多线程等多种设计要素;网络门禁系统包含外部设备连接、嵌入式系统安全、与控制主机数据库连接等关键技术问题;数字相框部分介绍了需求分析、软硬件总体设计、图形界面程序开发、外部大容量半导体存储器访问、测试等关键技术和相应的解决方案。通过对上述课程设计的实践,读者能够循序渐进地理解嵌入式系统的基本设计方法,掌握一般设计流程和常用工具,并接触到当前嵌入式系统设计的典型应用。本书从第2章开始,每一章均是一个课程设计题目,包括课程设计的目的、要求、相关知识、课程设计和扩展,书后附有参考程序和参考文献。本书在编写过程中参考了近年来出版的最新书籍和文献资料,以及国内外著名大学的教学课件,可以作为高等院校计算机、电子信息、通信、自动控制及相关专业的配套课程设计教材,也可作为从事嵌入式系统设计工程人员的参考资料。作者在教学中也利用这些素材做了一些尝试,并取得了比较好的教学效果。

本书由陈虎构思与统稿。第1~5章、第9~11章由陈虎编写,第6~8章由吴涛和张安定编写。本书的大部分内容在华南理工大学计算机软件学院的“嵌入式系统设计”课程中使用过,陈辉、周成、夏能波、蔡嘉立等同学对题目的设计,文字内容的完善提出了建议。在这里向参与过教学过程,并给予帮助的同学表示衷心感谢。本书中部分内容取材于亿道公司和博创公司的嵌入式系统材料,在此向他们表示感谢。

本书的编写得到了奚建清教授、齐德昱教授、张平健副教授、毕盛老师的大力帮助。他们对本书的构思,写作方法等提出了宝贵的意见,使作者受益匪浅。

嵌入式系统的发展与知识的更新速度很快,限于作者的学术水平,本书难免有错误与不妥之处,诚恳地希望读者批评指正,共同提高嵌入式系统课程设计的教学水平。

作者

于华南理工大学计算机科学与工程学院

2008年3月

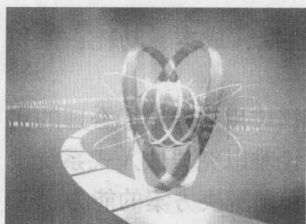
目 录

专家指导委员会	
丛书序言	
前言	
第1章 嵌入式系统课程教学、实验与课程设计的关系	1
1.1 嵌入式系统课程的教学特点	1
1.2 嵌入式系统实验教学与课程设计的关系	2
1.3 嵌入式系统课程设计的主要内容	2
1.4 课程设计要求及评分标准	4
第2章 ARM体系结构与汇编程序源代码分析	7
2.1 课程设计目的	7
2.2 课程设计要求	7
2.3 ARM处理器系列简介	7
2.4 ARM处理器的模式和寄存器结构	9
2.5 ARM处理器的指令系统	11
2.5.1 数据操作指令	11
2.5.2 比较指令	12
2.5.3 转移指令	13
2.5.4 存储器访问指令	13
2.6 ARM的中断结构	14
2.7 Linux中ARM汇编语言程序段分析	16
2.7.1 set_bit函数源代码分析	16
2.7.2 保存和恢复用户现场	17
2.7.3 memzero源代码分析	19
2.8 总结与问题	24
第3章 嵌入式系统引导程序分析	25
3.1 课程设计目的	25
3.2 课程设计要求	25
3.3 嵌入式系统引导程序	25
3.4 引导程序分析	27

3.4.1 IO引脚初始化	28
3.4.2 配置PXA255系统运行时钟	32
3.4.3 配置静态存储器和CF卡接口	33
3.4.4 配置SDRAM接口	36
3.5 本章总结和问题	38
第4章 生产者-消费者问题	41
4.1 课程设计目的	41
4.2 课程设计要求	41
4.3 Linux操作系统中的多线程API原语	41
4.4 线程间同步机制	43
4.5 生产者-消费者实例	47
4.6 总结与改进	50
第5章 心跳检测	53
5.1 课程设计目的	53
5.2 课程设计要求	53
5.3 心跳检测的基本原理	53
5.4 Linux下的socket程序设计	54
5.5 心跳检测系统的设计与分析	55
5.5.1 外围节点的设计	55
5.5.2 主控节点的设计	56
5.5.3 报文格式	57
5.5.4 通信协议的时间分析	58
5.6 总结与改进	59
第6章 CAN总线控制器	61
6.1 课程设计目的	61
6.2 课程设计要求	61
6.3 CAN总线简介	61
6.3.1 CAN总线的电气特性	62
6.3.2 CAN通信协议格式	62
6.4 CAN总线控制器SJA1000	65
6.4.1 SJA1000硬件结构	65

6.4.2 SJA1000外部引脚定义	66	8.3.2 设备文件和设备号	94
6.4.3 SJA1000内部寄存器定义	67	8.3.3 设备文件的操作数据结构	95
6.4.4 SJA1000的验收滤波机制	68	8.3.4 驱动程序的注册与注销	96
6.5 CAN总线节点硬件结构	70	8.3.5 设备的轮询与中断	97
6.6 CAN总线节点软件设计	71	8.3.6 设备驱动程序的其他问题	97
6.6.1 SJA1000初始化	72	8.4 A/D转换驱动程序的的分析	97
6.6.2 发送程序	73	8.4.1 驱动程序的结构	98
6.6.3 接收程序	75	8.4.2 S3C2410嵌入式处理器中的A/D 转换器	98
6.7 总结与改进	77	8.4.3 A/D转换器的设备注册和注销	100
第7章 嵌入式系统开发环境和Linux内核 的构建	79	8.4.4 A/D转换驱动程序的文件访问 功能实现	102
7.1 课程设计目的	79	8.4.5 驱动程序在嵌入式Linux系统中 的安装和使用	107
7.2 课程设计要求	79	8.5 总结与改进	108
7.3 嵌入式系统开发模式	79	第9章 功耗检测系统	111
7.4 创建交叉编译工具链	80	9.1 课程设计目的	111
7.4.1 创建编译环境	81	9.2 课程设计要求	111
7.4.2 创建binutils二进制开发工具集合	82	9.3 功耗检测系统的基本构成	111
7.4.3 创建gcc交叉编译器	83	9.4 功耗检测的电流传感器	112
7.4.4 创建glibc	83	9.5 A/D转换的软件操作	113
7.4.5 建立gcc C++编译器	84	9.6 功耗检测设备和控制主机之间的 通信协议	114
7.5 开发主机和嵌入式系统之间的通信	85	9.7 嵌入式检测设备的软件结构	117
7.5.1 minicom终端	85	9.8 控制主机的软件结构	119
7.5.2 BOOTP协议	85	9.9 总结与改进	123
7.5.3 TFTP协议	86	第10章 网络门禁系统	125
7.5.4 NFS网络共享	87	10.1 课程设计目的	125
7.6 嵌入式Linux操作系统配置与编译	88	10.2 课程设计要求	125
7.6.1 Linux内核重编译命令	88	10.3 网络门禁系统的需求分析	125
7.6.2 Linux内核配置选项	89	10.4 磁条读写器原理与使用	127
7.7 总结与练习	91	10.4.1 磁卡基本原理	127
第8章 A/D转换器驱动程序分析	93	10.4.2 磁条读写器的原理	128
8.1 课程设计目的	93		
8.2 课程设计要求	93		
8.3 Linux下设备驱动程序简介	93		
8.3.1 设备分类	94		

10.4.3 磁条读写器的编程接口	129	11.5 基于Qt的图形界面程序设计	155
10.5 嵌入式门禁控制器	129	11.5.1 Qt简介和信号/槽机制	155
10.5.1 主控CPU的硬件结构	129	11.5.2 数字相框中的对象通信机制	157
10.5.2 网络接口	131	11.5.3 浏览界面的实现方案	158
10.5.3 门禁控制器软件结构	134	11.6 CF卡的连接	160
10.6 网络安全机制	136	11.6.1 CF卡的基本原理	160
10.6.1 网络安全技术简介	136	11.6.2 CF卡的加载	161
10.6.2 门禁系统中的网络安全方案	138	11.7 控制按钮的实现	162
10.7 数据传输通信协议设计	140	11.8 测试	164
10.8 控制主机软件结构	144	11.8.1 软件测试的基本原理	164
10.8.1 控制主机软件总体结构	144	11.8.2 数字相框的测试计划	165
10.8.2 在线部分软件结构	145	11.9 总结与改进	167
10.8.3 控制主机数据库系统设计	146	附录A 第2章参考答案	169
10.9 总结与改进	147	附录B PXA255中若干寄存器的说明	173
第11章 数字相框	149	附录C 生产者、消费者源代码	183
11.1 课程设计目的	149	附录D 心跳检测系统源代码	187
11.2 课程设计要求	149	附录E SJA1000的寄存器说明	201
11.3 数字相框的需求分析	149	附录F Linux的命令和配置内容	209
11.3.1 数字相框产品的主要特点和 设计要求	149	附录G Linux内核中常用的内部函数接口	219
11.3.2 半导体存储卡的选择	150	附录H 功耗检测终端源代码	227
11.3.3 数字相框软硬件平台的选择	151	参考文献	234
11.4 数字相框的软件总体设计	153		



第1章

嵌入式系统课程教学、实验与课程设计的关

随着微电子技术、软件技术的进步,嵌入式系统成为当前电子和信息产业中发展最为迅速的技术之一。本书将以嵌入式系统设计为主线,提供丰富的分析和设计实例,全面剖析嵌入式系统中微处理器指令系统、引导程序、驱动程序的基本原理和内部结构,并通过多个设计实例介绍嵌入式系统中基本的程序设计方法和技术,以帮助学生将理论知识转化为实际嵌入式系统的设计能力。

1.1 嵌入式系统课程的教学特点

当前,嵌入式系统的教学内容还没有通行的标准,但是嵌入式系统课程教学要从实战出发,从培养学生的实际工程设计能力出发,掌握嵌入式系统设计的主要方法和技能已成为共识。一般而言,嵌入式系统课程有综合性、专用性和学科交叉性三个特点。

1. 综合性

嵌入式系统是一门综合性很强的课程。与传统的软件或硬件开发相比,嵌入式系统中集成了微处理器、存储器、外围电路等硬件结构,以及应用软件、操作系统、开发工具链等软件系统。这就要求在嵌入式系统课程的学习中要融会贯通计算机原理、计算机体系结构、接口技术、操作系统等多门课程知识,同时还应掌握多种程序设计方法和具备一定的编程能力。

嵌入式系统中的硬件平台往往采用单片机、32位微处理器或数字信号处理器(DSP)等可编程平台,对于这些可编程平台一般可以采用C语言等高级语言来设计程序。但是在很多情况下,例如设计操作系统中的硬件控制部分,往往需要设计者具备一定的汇编语言程序设计能力,这需要对处理器的指令系统和体系结构有比较深入的了解。

当前嵌入式系统的开发大多基于各种嵌入式操作系统和相应工具链,例如Linux、Windows CE、VxWorks等。对这些操作系统和开发工具链的理解和应用水平直接决定了嵌入式应用程序开发的效果。特别是对于特定的应用往往需要开发专门的硬件驱动程序,这就更加需要了解嵌入式操作系统内核的结构和原理。

嵌入式系统往往包含A/D和D/A转换、网络接口、无线通信接口等外围电路。这就需要在嵌入式系统课程学习过程中对常用的外围接口电路有所了解,并能灵活应用。因此,在嵌入式系统课程教学和实践过程中,必须充分理解和灵活运用多门相关的计算机专业课的知识。

2. 专用性

嵌入式系统自身就是实现特定功能的计算机系统。在嵌入式系统设计过程中需要从具体的

应用背景出发,分析应用的特点,确定系统的具体需求(包括功能、性能、成本、功耗、体积等),从而选择合理的实现方案和系统的软硬件分工。

如何从一个模糊的应用背景提取出清晰而明确的应用需求,如何根据应用需求选择合理的实现方案,也是嵌入式系统课程教学过程中一个重要的内容。单纯通过理论难以完成嵌入式系统设计方法学的教学,而必须通过具体的实例才能提高分析应用需求和寻找合理解决方案的能力。

同时,面向特定应用的嵌入式系统设计方法大同小异。通过对某一类有代表性嵌入式应用系统的深入分析可以使学生在最短时间内了解此类嵌入式系统的关键特征,做到举一反三,提高系统设计能力。

3. 多学科交叉性

嵌入式系统应用领域非常广泛,单纯的计算机系统知识并不能解决嵌入式系统中的所有问题。根据应用背景,嵌入式系统往往可以分为基于单片机的小型微控制系统、自动控制系统、分布式嵌入式系统、人机交互系统、网络系统、无线通信系统、信号处理系统等。对于特定应用领域的嵌入式系统需要有各种专门的知识作为支撑。例如在自动控制系统中,需要掌握闭环控制原理;在信号处理系统中,需要掌握数字信号处理的方法。

面对纷繁复杂的嵌入式应用背景,必须加强相关领域知识的学习和实践才能有效地提高嵌入式系统的设计能力。

1.2 嵌入式系统实验教学与课程设计的关系

嵌入式系统的教学可以分为课堂理论学习、实验教学和课程设计三个层面。这三个层面的目标有所不同。理论学习的主要目的是掌握嵌入式系统的一般原理,例如实时调度策略、自动控制算法等;实验教学的主要目的是掌握嵌入式系统的主要开发流程和基本方法,例如开发工具链的使用、小型应用开发等;课程设计的主要目的是通过实际的嵌入式应用系统开发实例掌握嵌入式系统设计和开发的技能和专门知识,积累实践和工程经验。

嵌入式系统实验教学和课程设计的不同之处有三点:首先,课程设计是面向实际的系统,无论是嵌入式处理器还是操作系统的分析,乃至具体应用的设计,都是完全取材于真实的系统和特定的应用;其次,课程设计更加重视从应用需求到实际系统设计过程的实例教学,力求使学生通过实例掌握嵌入式系统设计的方法和原理;最后,课程设计更加注重开放性,鼓励学生能提出不同的解决方案,在功能或性能上改进原有设计。

1.3 嵌入式系统课程设计的主要内容

嵌入式系统所涉及的知识面非常广泛,目前我们在此课程中所讲授的内容主要分为三个部分:嵌入式系统硬件原理、嵌入式软件开发技术和嵌入式操作系统。

嵌入式系统硬件原理着重介绍嵌入式微处理器系统,特别是基于ARM微处理器内核的片上系统的原理,主要包括以下两个部分。

1. ARM微处理器体系结构与汇编语言程序设计

ARM微处理器内核具有功耗低、面积小、中断开销小、支持16/32位指令长度等独特优势,

在嵌入式系统中得到了广泛的应用。通过对其体系结构和指令系统的学习和理解,可以加深对计算机原理、计算机体系结构和操作系统基本概念的理解。通过对Linux操作系统中经典汇编语言程序段的分析,读者可以体会到ARM汇编语言设计的主要技巧和特点,以提升嵌入式系统软件开发水平。

2. 嵌入式引导程序分析

引导程序是嵌入式系统加电后引导操作系统运行的一段代码,主要功能是初始化硬件设备。现代嵌入式SoC芯片中不仅包含了微处理器内核,而且还具有多种存储器接口、时钟系统、外围I/O接口等部件。在嵌入式系统设计中,往往需要考虑使用软件配置I/O引脚复用、系统时钟、初始化存储器控制器等软硬件结合的问题。本课程设计以Intel公司PXA255微处理器系统的引导程序汇编代码为例,仔细分析了其硬件初始化过程,能够帮助读者比较全面地理解嵌入式SoC芯片的I/O引脚复用、时钟系统、存储器控制器等关键部分,提高读者的软硬件综合设计能力。

嵌入式软件开发技术主要介绍在操作系统的基础上如何进行嵌入式应用软件开发。本书针对这个部分拟定了三个技术专题。

1. 多线程程序设计——生产者—消费者问题

多线程系统是构成嵌入式软件系统的常用软件结构。本课程设计以嵌入式Linux为基础,详细介绍了相关的多线程应用程序接口(Application Programming Interface, API),包括线程的创建和中止,互斥锁、信号量、条件变量等线程的同步机制,并以经典的生产者—消费者问题作为多线程程序设计范例,使读者掌握嵌入式系统设计中的多线程软件设计方法。

2. 网络程序设计——心跳检测

现代嵌入式系统大多需要在各种网络条件下运行,这就要求嵌入式系统的开发者具备网络应用程序设计的能力。本课程设计以嵌入式Linux为基础,首先介绍嵌入式Linux下基于socket的网络程序设计方法,然后介绍在分布式嵌入式系统中经常使用的心跳检测技术,详细描述了心跳检测软件系统的主要设计方法和内部结构,以及心跳检测中的报文格式设计,并在附录中给出了相应的源程序。通过本课程设计的学习,读者应该能掌握分布式嵌入式系统中网络应用程序开发的基本方法,以及心跳检测实现原理。

3. 外部通信接口——CAN总线控制器

CAN总线是当前嵌入式系统,特别是汽车电子中经常使用的通信协议。本课程设计采用单片机为嵌入式系统硬件平台,直接通过汇编语言对外部CAN总线接口芯片进行控制。通过对CAN总线接口芯片和相关汇编语言程序的分析,读者可以比较深刻地理解嵌入式系统与外部通信单元进行数据交换的程序设计方法,掌握中断和查询等基本设计手段。

嵌入式操作系统是当前嵌入式系统领域的一个重要主题。本课程设计以嵌入式Linux操作系统为基础,着重从以下两个方面加强读者对嵌入式操作系统的理解。

1. 嵌入式系统开发环境和Linux内核的构建

嵌入式Linux在嵌入式系统中得到了广泛的应用。本课程设计主要围绕嵌入式Linux交叉编译工具链和宿主机通信环境的构建,以及嵌入式Linux内核的定制等方面详细介绍嵌入式Linux

系统的构建和定制技术。

2. 嵌入式Linux驱动程序分析

驱动程序开发是嵌入式系统中重要的一环,需要对内核有比较深入的了解,难度比较大。本课程设计以S3C2410芯片的A/D转换驱动程序为例,通过分析其源代码,说明了一个实际驱动程序的操作原理和处理过程,为读者自主分析和设计嵌入式Linux的驱动程序奠定良好的基础。

在上述软件和操作系统学习的基础上,本课程设计拟定了功耗监测、网络门禁、数码相框三个综合应用题目。在这三个题目中,既包含A/D转换、嵌入式系统安全、图形界面设计等技术要素,而且更加着重介绍嵌入式应用系统的需求分析、软硬件平台选择、总体设计、测试等嵌入式系统产品开发中所必需的阶段,使得读者可以更加全面地掌握嵌入式应用产品开发的整个流程。

1. 功耗检测系统

嵌入式系统应用的一个主要方向是采集外部数据并向控制主机传送,这需要融合A/D转换、网络程序设计,以及多线程程序设计等要素。本课程设计详细介绍了一个功耗检测系统的外围硬件电路设计、A/D转换结果的获取、报文结构设计、嵌入式系统和控制主机的软件结构等内容,使得读者能够体验比较完整的嵌入式系统设计过程,并提高相关软件和硬件的联合设计能力。

2. 网络门禁系统

数字家庭和数字办公环境是嵌入式系统应用的一个重要内容。本项目结合磁卡读写设备、门禁控制器、网络和服务器等构成了一个完整的门禁控制系统。除了传统嵌入式系统中外部设备连接、网络连接等知识点外,本项目还比较详细地介绍了嵌入式系统安全这一重要主题,以使读者能够初步掌握分布式嵌入式系统中网络安全的关键性技术。此外,在这个系统中还包含了服务器端的数据库系统,这也使得读者能够综合各种软件开发技术构成一个完整的嵌入式系统。

3. 数码相框

数码相框是一种新型的消费类电子产品,该项目中包含了需求分析、软硬件平台选择、外部存储卡访问、图形界面设计、驱动程序设计、系统测试等产品开发各个环节的关键内容,具有很强的实践性和综合性。可以作为一个大的课程作业,由一个设计小组联合完成。

1.4 课程设计要求及评分标准

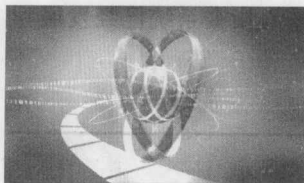
本书中项目的开发主要基于当前应用广泛的ARM处理器系统和嵌入式Linux系统,使用了亿道公司提供的PXA 255嵌入式系统开发板,以及博创公司提供的Samsung S3C2410开发板,同时使用了一些市场上易于采购的外围芯片器件。教师可以根据实际情况对实验内容进行取舍。

由于本书中各章主题有所不同,因此相应的要求和评分标准也有所不同。对于第2章、第3章、第8章,主要要求读者能够完全理解汇编语言程序、系统引导程序和驱动程序的基本运行

原理，能够看懂相应程序。如果能准确回答各章所附的问题，即达到良好水平，如果能对原有代码进行改进，则达到优秀水平。

对于第4~7章，要求读者能在嵌入式系统上独立实现设计。若读者能独立按照操作步骤完成，即可以达到合格水平。如果能对原有设计进行改进或者扩展，则可以达到良好或者优秀水平。

对于第9~11章，需要搭建相应的外围电路，因此要求读者根据实际硬件条件加以选择。如果能完成所有硬件和软件系统，则可以达到良好或优秀水平。如果不具备相应硬件条件，那么至少应完全读懂整个设计。这三章涉及的内容比较多，而且技术难度比较大，建议分组完成。如果能实现基本功能，即可达到良好水平；如果能改进其性能，并进行完善的软件测试，则可以达到优秀水平。



第2章

ARM体系结构与汇编程序源代码分析

ARM处理器内核是当前应用最为广泛的嵌入式硬件平台之一。该处理器的寄存器结构、指令系统和中断处理机制很有特色。对其体系结构和汇编语言的分析可以帮助读者更加深入了解其实现特点，并具备自主阅读、修改和编写汇编语言代码的能力，以提高系统级程序设计的能力。

2.1 课程设计目的

通过本课程设计，要对ARM处理器的体系结构有比较深入的学习和分析，并通过阅读Linux中经典汇编程序源代码，加深对ARM体系结构和指令系统的特点以及用途的理解。

2.2 课程设计要求

本课程设计要求读者能理解ARM处理器的关键体系结构特征，包括寄存器结构、指令系统和中断处理三个方面。然后根据上述体系结构的特点，分析ARM指令系统上的汇编程序源代码，特别是涉及操作系统内核操作的关键代码，从而更加深刻地理解ARM体系结构和指令系统的特点，以及与操作系统底层配合的机制。

2.3 ARM处理器系列简介

ARM处理内核是由英国ARM公司（Advanced RISC Machine, Inc.）提供的。与Intel等全定制微处理器系统不同的是，ARM公司不提供实际的微处理器产品，只向众多微电子厂商提供微处理器内核。由微电子厂商将内核与各种外围部件结合形成各具特色的片上系统SoC（System on Chip）。同时，ARM公司还与各个主要的嵌入式操作系统、开发工具、嵌入式软件开发商等结成战略同盟，形成了一个完整的嵌入式微处理器系统产业链，如图2-1所示。



图2-1 ARM的商业合作伙伴