

2006年

第四届全国高校嵌入式系统教学研讨会
第一届全国嵌入式系统学术交流会

论文集

全国高校嵌入式系统教学研讨会编委会
中国电子学会嵌入式系统专家委员会

联合主编



北京航空航天大学出版社

TP368.1-53

3

:2006

2006 年 第四届全国高校嵌入式系统教学研讨会
第一届全国嵌入式系统学术交流会

论文集

全国高校嵌入式系统教学研讨会编委会
中国电子学会嵌入式系统专家委员会

联合主编

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

所收录文章主要来自国内高校从事嵌入式系统教学与科研工作的教师和研究生。论文内容涵盖了嵌入式系统课程体系设置、嵌入式应用技术研究、嵌入式实例开发等诸多方面。从众多的嵌入式具体应用案例中不难发现,嵌入式技术已经在日常生活中的各个领域得到了越来越广泛的应用,由此也反映了目前国内嵌入式技术的发展状况。

本书适合从事嵌入式系统教学与科研工作的教师、学生及工程师参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

2006 年第四届全国高校嵌入式系统教学研讨会、第一届全国嵌入式系统学术交流会论文集/全国高校嵌入式系统教学研讨会编委会,中国电子学会嵌入式系统专家委员会联合主编. —北京:北京航空航天大学出版社, 2006. 7
ISBN 7-81077-860-9

I. 2… II. 全… III. 微型计算机—系统设计—学术会议—文集 IV. TP360.21-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 067039 号

2006 年 第四届全国高校嵌入式系统教学研讨会 论文集
第一届全国嵌入式系统学术交流会
全国高校嵌入式系统教学研讨会编委会 联合主编
中国电子学会嵌入式系统专家委员会
责任编辑 冯 颖 高 路 王鑫光

*

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: bhp@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: 14.25 字数: 504 千字

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 7-81077-860-9 定价: 50.00 元

**2006 年 第四届全国高校嵌入式系统教学研讨会
第一届全国嵌入式系统学术交流会**

2006 年 7 月 22 日~23 日

北 京

主办单位:

中国电子学会

中国计算机学会

中国软件行业协会嵌入式系统分会

承办单位:

北京博创兴业科技有限公司

协办单位:

《单片机与嵌入式系统应用》杂志社

北京航空航天大学出版社

论文编审委员会

(按姓氏笔画排序)

主 任: 王 越

副主任: 王田苗 贾智平

委 员: 马广云 田景文 石秀民 关 永 陈殿生

陈友东 张国印 周亦敏 康一梅 魏洪兴

前 言

2006年第四届全国高校嵌入式系统教学研讨会暨第一届全国嵌入式系统学术交流会于2006年7月22日~23日在首都北京举行。本届研讨会由中国电子学会、中国计算机学会、中国软件行业协会嵌入式系统分会主办,北京博创兴业科技有限公司承办,《单片机与嵌入式系统应用》杂志社、北京航空航天大学出版社协办。届时来自全国百余所高校近400名教师将云集北京航空航天大学如心会议中心,再掀嵌入式系统教学与科研的热潮。

通过近年来国内高校及企业的推广,嵌入式技术已经开始由高校、实验室、研究所走入了人们的日常生活,越来越多的嵌入式技术应用成果相继推出并得到了广泛应用。高校培养出的大批嵌入式技术人才也逐步填补着国内此类人才的缺口。嵌入式技术的广泛应用使得嵌入式技术人才的需求也变得多样化。人才培养与用人需求的契合是嵌入式技术发展中的一个不可忽视的重要问题。全国高校嵌入式系统教学研讨会三年来一直致力于嵌入式技术的推广及应用,为广大嵌入式教学和科研工作者提供了一个交流教学经验、展示科研成果的平台,更搭建了一座人才培养机构与用人单位沟通的桥梁。

本次研讨会涵盖了专家指导、国际资讯、学术交流、校企对话、科技体验等内容,全面体现了目前国内高校嵌入式系统教学与科研的最高水准。

此次征文共收到了来自全国各地的80余篇论文,经专家评审,录用了其中的55篇,汇编成本论文集。承蒙北京航空航天大学出版社的大力支持,使得此论文集能够如期出版。

在此,向所有的投稿人员、审稿专家、编辑及参与本次论文集出版发行的同仁表示诚挚的感谢。

全国高校嵌入式系统教学研讨会编委会
中国电子学会嵌入式系统专家委员会

2006年7月

目 录

第一部分 教学研讨篇

嵌入式操作系统内核级安全审计机制的研究	张国印	王晓霞	刘书勇	(2)		
嵌入式系统研究与教学架构模式的形成与应用			黄书汉	(5)		
培养嵌入式系统创新人才的探索与实践		马洪连	吕蕾蕾	(9)		
嵌入式系统动态补丁升级软件设计研究	刘 韬	王 方	殷 峰	(12)		
浅析嵌入式系统现状及其专业教学方案	陈 岱	牛 强	夏士雄	(16)		
嵌入式实验环境整合		田军营	韩建海	(20)		
高职院校嵌入式系统教学实践			欧阳禹	(24)		
嵌入式系统的 C 语言编程	何煦岚	夏 霖	朱正礼	(27)		
嵌入式系统中 FPGA 的开发流程及其发展方向		崔振兵	陈元滨	(30)		
一种嵌入式计算机系统的教学实例	姜晶菲	唐玉华	戴 葵	王志英	(32)	
浅谈嵌入式软件人才的培养模式		滕英岩	汤德俊	(35)		
在 PXA270 平台上开展研究型嵌入式系统教学的思考与实践	杨 刚	孙江敏	石光明	刘应南	吴建设	(38)
信息安全专业嵌入式系统课程体系初探	娄嘉鹏	李风华	庞岩梅	刘宇栋	刘 瑾	(41)
高职院校嵌入式专业课程设置的比较与研究					王秀平	(44)

第二部分 科研交流篇

基于 NETARM3000 硬件平台的仿智能手机模拟开发	顾宇俊	周亦敏	邱立强(48)
机器人无线网络通信系统的研究	顾宇俊	周亦敏	邱立强(51)
基于嵌入式 web 技术的模糊空调控制系统的设计实现	陈文华	郭培源	陈 岩(55)
S3C44B0X 嵌入式系统中 Flash 文件系统的设计与实现	陈文华	郭培源	陈 岩(61)
基于组件开放式数控系统的研究与实现		李林辉	李美莹(67)
基于 ARM+μC/OS 的 LED 嵌入式控制器设计		王永波	冯辉宗(72)
从 MSC51 到 ARM7 的 IO 型器件的 C 代码移植——以 128×64 LCM 移植为例	周 融	周 颖	黄书汉(76)
基于蓝牙技术远程采集放射性测量数据的研究	邱化冬	方 方	黄锦华 罗健明 耿 波(82)
DSO 中信号显示应用技术研究	徐 洋	赖小红	王子斌(86)
VxWorks 下 USB2.0 主机驱动栈的研究与实现		郑学军	王晋东(90)
OEM 液晶显示终端研究设计报告		张 桦	滕国库(93)
基于红外遥控的六嘴回转式水泥包装机控制器的研制	许月霞	张 毅	杜少武(95)
利用双口 RAM 提高数据传输的速率		刘雨刚	范大鸣(98)
μC/OS-II 任务调度中 OSUnMapTbl[] 表的分析与构建	余贤达		郭兰英(101)
基于国产处理器 CCM3118DQ 的嵌入式系统开发平台			柏桂枝(104)

CRC 原理和程序实现	翁 斌	(108)
基于 Windows CE 5.0 操作系统的 CAN 卡驱动程序设计	仇 巍	李世华(111)
基于 S3C2410A 的 SD 卡文件系统的设计	刘 晋	刘 卓(115)
一种基于嵌入式系统的智能检测系统的设计	陈家照	于冀国(118)
嵌入式无线安全接入点硬件平台设计	杨奎武	韦大伟 屠 振(121)
嵌入式微型打印机开发平台的设计与实现	藤国库	张 楠(124)
一种低成本工业用 Ethernet/CAN 互联网关的设计	张瑞瑞	马展普 王立德(126)
TC400 嵌入式网管单元的设计与实现	彭 松	辛建锴(130)
车载多功能显示仪(MFD)	马富海	徐 川(133)
基于 AT89C51 的单片机智能报警器的设计	马富海	徐 川(138)
基于 S3C44B0+ μ Clinux 的嵌入式数据采集系统设计	于 军	张燕峰(143)
基于 μ C/OS-II 的嵌入式 TCP/IP 协议栈的设计与实现	陈胜涛	杨厚俊 范延滨(148)
基于 ARM 技术的船岸高速数据传输终端的设计	陈少华	李桂林(152)
μ C/OS-II 的工作原理及数控多任务调度	魏胜利	陈 玮 李继耀(156)
基于嵌入式 Linux 操作系统的中断处理的研究	郑德利	郑 红 张彦杰(160)
基于 VxWorks 操作系统的多任务调度在 VDR 系统中的应用	余瑞锋 金华标	陈蜀喆 喻方平(164)
基于 NET-Start 和 μ Clinux 的嵌入式 socket 网络通信设计与实现	田军营	韩建海(169)
PCM3643 卡共享中断驱动开发	赵 博	赵文栋 王 海(174)
基于 ARM 的语音电子肺活量计的设计	张跃常	胡仁杰(179)
数字时钟隐显问题的分析与解决	李瑛达	藤国库(185)
智能振动保护监视仪	常 悦	藤国库(188)
RTAI 在电机调速控制系统中的应用研究	周 婧	孔 飞(191)
移动数字化公文审批系统的设计	王 宇	杨 宁(195)
基于 ARM 的 μ Clinux Web 服务器的设计与实现	徐微俊	廖海洋(200)
基于 S3C44B0 的 μ C/GUI 与触摸屏协同应用	韩 玺	李哲英(205)
基于嵌入式 Linux 的 WEB 全方位视觉传感器的开发	汤一平 顾校凯 傅培军	沈孙斌 金海明(210)
一种嵌入式结构传感器网络中数据传输方法的实现	李霞丽	曹永存 潘秀琴(216)

第一部分

教学研讨篇

嵌入式操作系统内核级安全 审计机制的研究

张国印 王晓霞 刘书勇

哈尔滨工程大学计算机科学与技术学院, 哈尔滨, 150001

摘 要 本文设计实现了嵌入式操作系统内核级的安全审计机制。其实现是将 Linux 操作系统原应用程序级的审计机制改进为内核级的审计方法, 从而避免了某些可绕过应用程序级审计的恶意代码对系统进行攻击而无法进行事后追踪的情况。

关键词 嵌入式操作系统, 安全审计

1 引言

安全审计是计算机系统安全管理的一个重要组成部分, 通常记录涉及系统安全的操作, 以备当有违反系统安全规则的事件发生后能够有效地进行追查。它是用来监督系统的正常运行、保障安全策略正确实施的一种手段。审计记录数据通常存放在日志文件中, Linux 系统本身已经向系统管理员提供了必要的日志信息, 包括内核与系统程序信息、用户登录、退出信息以及进程统计日志信息。当用户登录系统时, Linux 缺省地将用户的登录信息记录在 /var/log/wtmp 和 /var/run/utmp 文件中, 同样 Linux 还可以统计系统中各进程的某些行为信息()如进程 ID、运行时间、I/O 传输信号等()存放在 /var/log/pacct 中, 另外一些错误日志被记录在文件 /var/log/message 中。

2 现有 Linux 审计机制的不足

Linux 系统现行的安全审计机制是在应用程序级实现的, 即审计过程是通过一个应用程序实现的。Linux 系统安全审计是利用独立于操作系统的审计程序 syslogd 记录用户登录和相关操作信息的。对用户正常或异常的操作所产生的警告或提示等信息以统一的格式记录下来。其基本结构功能如图 1 所示。

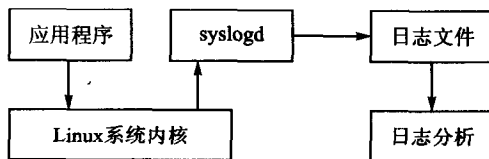


图 1 现行 Linux 审计逻辑结构

从图中可以看出, 现有 Linux 审计系统存在下述安全隐患: 由于所有的审计数据都是由用户态下服务程序收集的, 因此, 一旦某个收集审计数据的外部服务程序被恶意用户删除后, 由该服务程序所收集的某类审计记录就不会产生, 这样审计系统也就达不到记录所有安全相关系统活动的目的; 由于收集审计信息是在用户态下进行的, 所以审计信息获取量不足, 审计记录不够详细, 比如只能记录系统调用的名称, 而没有相关的客体的记录; 现有的 Linux 审计日志, 缺少安全保护, 任何用户均可访问, 并可对其进行删改等操作; 现有的日志存储方式不利于审计信息的查看与分析, 审计信息不能充分发挥作用。因此, 有必要改进 Linux 原有的审计机制, 加强审计日志的安全管理。

基于以上分析, 为了对抗日前已经广泛被采用的内核级的系统入侵技术, Linux 系统安全审计机制在一定安全级别的要求下, 应具备以下特征:

① 以独立于应用程序的方式进行审计, 获取充足的审计数据, 使得审计过程不会受到非法用户的干扰或被获取一定权限的用户绕过;

② 有效地审计数据的存储和访问控制, 使得审计数据能够得到很好的保护, 从而防止用户非法访问审计数据;

③ 此外, 自动、智能化的审计数据分析方法和技术, 也是安全审计系统中非常重要的部分。对审计数据进

行有效地分析,及时准确地发现与安全相关的问题,反映用户的行为,可以帮助系统及时作出响应。

3 审计机制的设计与实现

3.1 审计点的处理

审计点是用来记录审计事件的。审计事件是指所有与系统安全相关的操作。审计事件是系统审计用户动作的最基本的单位。POSIX.1e 标准定义了两类审计事件:系统审计事件和应用程序审计事件。系统审计事件是在系统接口层由程序执行的操作,也即系统调用,如 open、exec、chdir、chmod 等;应用程序审计事件是指与系统安全关系密切的系统命令和特权命令,如 login 等。系统审计事件和应用程序审计事件构成了审计事件全集。

因此要在内核中审计安全信息,首先要选择合适的审计点。审计点选取得合理与否也是审计功能实现成败的关键。本文中规定设计以下审计点:

① MAC 审计点:强制访问控制中队系统中的所有用户、进程、资源即客体都打上了安全标签,对资源访问权限只能由系统的安全管理员设定。进程访问资源时,需要比较进程的安全标签和资源的安全标签,以决定是否允许访问。本文中审计事件放在记录所有主体对客体访问的规则判断的地方。

② 敏感文件审计点:Linux 系统主要是通过 open 等系统调用去寻找某个文件的 inode,因此可以将敏感文件的审计事件放在 open 等系统调用中。

③ 用户敏感操作审计点:一般操作系统对用户操作的审计主要是由应用层的程序进行记录,这样繁琐且不安全。本文将大多数内核给用户提供的操作进行分类,由内核进行监控,这样可以将审计系统和大多数应用程序本身分离开,使审计系统更具有独立性。应用程序的审计信息来源于用户在应用层命令、用户的所有操作,最终都将通过系统调用由内核进行处理。因此,系统调用是连接用户空间和内核空间的枢纽。

④ 网络信息的审计点:人们感兴趣的信息一般包含 IP 地址、端口及数据包协议等信息,所以可以将审计事件放于内核中与协议相关的地方。

3.2 审计功能的实现

内核级的审计逻辑结构如图 2 所示。

整个审计系统主要由两部分构成:内核态的审计模块和用户态的守护进程。审计模块主要处理审计点提交的审计事件,守护进程用来把内核态审计数据读到用户态,并存储到系统安全审计日志文件中。

审计模块的实现是利用具有动态扩充内核功能的 LKM 技术,系统根据需要可以对其动态地加载,加载后是作为操作系统的一部分运行在内核空间的,不需要时即将其卸载。LKM 包括两个基本函数: init_module() 和 cleanup_module()。前者在模块装入内核时执行,后者在模块从内核卸出时执行。

审计系统功能如图 3 所示。

当发生某个系统审计事件(如 open)时,系统首先根据当前的审计事件标准确定是否需审计该事件,如需审计该事件,则采集审计数据,并向审计模块提交审计事件;当发生应用程序审计事件时,由于这些审计点处于用户态,不能直接访问内核的数据结构和过程,所以需借助于系统调用,应用程序审计点可通过审计系统新增的安全系统调用检查该事件是否需要审计,如需审计则收集审计数据,并向审计模块提交事件。审计模块在接收到审计点提交的审计事件后,把接收到的审计数据组装成符合 POSIX.1e 标准的审计记录结构,并把该记录放到系统循环缓冲区中。

审计模块一旦向内核缓冲区提交了一个审计记录后,就向应用态的审计守护进程发送一个信号,提醒守护进程缓冲区中又有新数据了,审计守护进程在接收到该信号后,就会读取内核缓冲区中的审计数据,并存储到系统日志文件中。

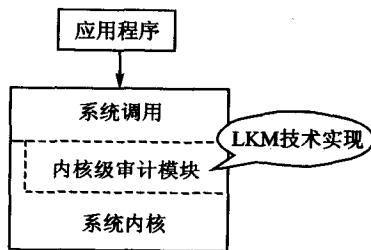


图 2 内核级审计逻辑结构

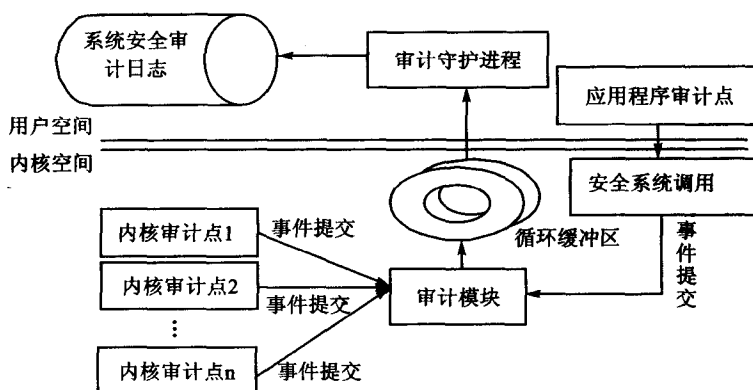


图3 安全审计功能的实现

3.3 审计数据的分析

审计数据的分析,目标是从审计数据中获取利于系统管理的信息,并以此为依据对系统的问题及时作出反应。目前,对于系统安全审计机制所产生的大量审计信息还缺乏有效的分析技术。对于审计信息往往是通过其他途径发现用户的异常行为或出现问题之后才来分析这些审计数据,从而使得审计数据只是作为一种事后证据,这实际上浪费了这些对于系统安全具有重要意义的宝贵资源。因此,要开发一套切实有效的审计数据分析方法是一项十分紧迫的任务。可以考虑采用数据挖掘技术。

4 结 语

本文的审计系统是基于 Linux2.4 版本设计、实现的。将原有应用程序级的审计机制,改进为由内核级完成,这样就避免了某些恶意程序刻意避开审计信息审计的问题,因此,系统的可靠性得到改进,安全性得以增强。

此外,后期研究的重点应考虑审计系统的安全保护,这需要结合安全系统其他方面的安全特性(自主访问控制、强制访问控制和最小特权管理等)来保证审计的安全。由于审计数据的采集部分在内核中实现,不受外界的影响,因此,审计系统的安全最主要的是保证审计日志中数据的安全性和完整性。

参 考 文 献

- [1] 刘海峰,卿斯汉,刘文清. 安全操作系统审计的设计与实现[J]. 计算机研究与发展, 2001, 38(10): 1262 - 1268.
- [2] 贾春福,徐伟,郑辉. Linux 系统内核级安全审计方法研究[J]. 计算机工程与应用, 2002(6): 53 - 55.
- [3] Lo E. C, Marchand M. Security Audit: A Case Study[J]. IEEE Electrical and Computer Engineering, Canadian. 2004(1): 193 - 196.
- [4] 中华人民共和国公共安全行业标准. 计算机信息系统安全等级保护操作系统技术要求[S]. GA/T 388 - 2002.
- [5] Wright C, Cowan C. Linux Security Modules: General Security Support for the Linux Kernel. 2002.

嵌入式系统研究与教学架构模式的形成与应用

黄书汉

浙江工商大学, 杭州, 310035

摘要 在系统架构建模思维指导下, 充分进行一般应用架构建模、关键技术规划与实现方案控制建模及工程组织和质量监控等过程或流程建模, 真正认识和建立妥当的嵌入式系统教学与研究的架构模式, 有效而高质量地指导教学与研究的体系建设和实施, 克服单一层次的技术模型和专业思路主导下系统开发与人才培养的规划缺陷和应用鸿沟。

关键词 嵌入式系统, 架构, 建模, 研究, 教学

1 引言

嵌入式系统开发与应用的相关专业(如软件、微电子与机电一体化或自动化控制、通信类)都在积极设立嵌入式系统设计与开发类的课程体系。全国高校嵌入式系统教学研讨会已经举办了三届, 各公司基于各自推出的嵌入式教学开发板也举办了专门的技术研讨或培训班。到底怎样培养嵌入式系统专门人才、开展嵌入式系统应用开发技术的教学与培训? 是从基本构成要件的开发与应用技术培训做起, 还是从系统理论和架构建模做起? 这实际上是怎样认识嵌入式系统的知识体系架构和开发技术工程以及人才培养规律的问题。

作者从软件开发技术发展、结构化到面向对象、组件化技术的演化过程, 从软件工程及网络通信工程、数字地球的复杂工程的重要性显现, 从信息化社会的复杂动态交互特性和系统工程与文化的根本作用等, 体会到只有从深层体系架构建模入手, 才能稳固而自适应地构建解决复杂动态巨系统开发问题。

按照此思路, 作者考察了嵌入式系统的技术知识架构和教学与研究架构模式。

2 嵌入式系统的技术知识架构

大规模集成电路的集成度和工艺水平不断提高, 低成本、高可靠性和高精度的微电子结构模块的出现, 推动了器件可编程思想和微处理(器)技术发展到采用软件来改变和实现硬件的功能。

应用微处理器和各种可编程大规模集成专用电路、半定制器件以及实时操作系统、组件化应用软件开发等构建嵌入式系统, 影响并逐步改变着人类的生产、生活和学习等社会活动。必须基于嵌入式系统研究与开发的内容需要和应用规划来设计嵌入式计算机系统工程技术的教学与研究架构。

2.1 嵌入式系统的应用架构

嵌入式系统的应用架构可以分成三层: 特定(行业)应用层、业务支持层和基础支撑层。如图1所示。

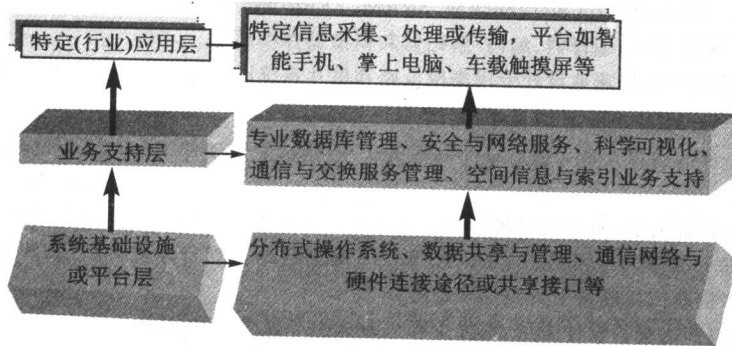


图1 嵌入式系统的应用架构

目前, 流行的解决方案主要从技术途径和人才专业倾向出发来决策, 应该逐步转向应用驱动, 如从工业控制、智能系统、实时监控、消费电子等应用的需求建模出发, 真正从应用环境或要嵌入的对象系统建模出发, 按

照架构建模→对象组件化并行开发建模与实现的技术路线和团队协作模块化集成与原型迭代测试等产品管理模式,从比较稳固的架构模式与流程上统一各种行业化嵌入式应用开发的技术流程和管理模式,减少发展阻力。

2.2 嵌入式系统的技术体系

模型驱动的计算机系统开发潮流改变了嵌入式系统的知识体系内容。

标准建模语言 UML 和统一开发过程 RUP(EUP)支撑下的软件工程开发体系,现代 EDA、FPGA、SOPC 等微电子技术体系和 HDL、虚拟仪器开发工程架构相应的硬件编程与仿真测试等电子工程开发体系,都迈向可视化建模和组件化并发迭代开发过程模式。

无论是技术模型还是工程模型,在复杂嵌入式计算机系统的开发中,系统架构思维都是必不可少的决策基础。

下面从软、硬件设计两个方面进行说明。

2.2.1 硬件设计

计算机硬件平台性能大幅提高,实现了复杂算法和易于高效使用的界面,提供了复杂嵌入式系统辅助设计的物理基础。

高性能 EDA 综合开发工具(平台)的自动化和智能化程度不断提高,为复杂的嵌入式系统设计提供了不同用途和不同级别集编辑、布局、布线、编译、综合、模拟、测试、验证和器件编程等一体化的易于学习和方便使用的开发集成环境。

硬件描述语言 HDL(Hardware Description Language)是复杂电子系统硬件建模的工作媒介,描述能力和抽象能力强。用得较多的有已成为 IEEE STD1076 标准的 VHDL、IEEE STD1364 标准的 VerilogHDL 和 Altera 公司企业标准 AHDL 等。

HDL 的发展和标准化产生了一批利用 HDL 进行各种集成电路功能模块专业设计的公司。

1. 设计对象——IP 内核

IP(Intellectual Property)内核模块是用 HDL 描述并经过不同级别的验证形成的、芯片设计人员可直接装配或集成选用的、具有某种常用或专用功能和结构的集成电路器件,有行为(behavior)、结构(structure)和物理(physical)3 级不同程度的设计,对应有主要描述功能行为的“软 IP 内核(soft IPcore)”、完成结构描述的“固 IP 内核(firm IPcore)”和基于物理描述并经过工艺验证的“硬 IP 内核(hard IPcore)”3 个层次。这相当于集成电路(器件或部件)的毛坯、半成品和成品的设计技术。

软 IP 内核(又称作虚拟器件)是 HDL 文本,经过行为级设计优化和功能验证,但其中不含有任何具体的物理信息。据此,用户可得出正确的门电路级网表,进行后续结构设计,具有最大的灵活性,很容易借助于 EDA 综合工具与其他外部逻辑电路集成,根据不同的半导体工艺,设计成具有不同性能的器件。

常用的 IP 内核模块有:各种不同的 CPU(32/64 位 CISC/RISC 结构的 CPU 或 8/16 位微控制器/单片机,如 8051 等)、32/64 位 DSP(如 320C30)、DRAM、SRAM、EEPROM、FlashMemory、A/D、D/A、MPEG/JPEG、USB、PCI、标准接口、网络单元、编译器、编码/解码器和模拟器件模块等。

丰富的 IP 内核模块库为快速地设计专用集成电路和单片系统以及尽快占领市场提供了基本保证。

2. 设计方法——HDL/原型仿真或调试

过去擅长软件设计的编程人员一般对硬件电路设计“敬而远之”,硬件设计和软件设计被认为是性质完全不同的技术。

电子工程出身的设计人员,通过微控制器的应用学会相应的汇编语言编程。在设计规模更大的集成控制系统时,要用 PC 而进一步学习使用 C、C++、VC 和 VB 等高级语言进行编程、设计系统界面,通过与单片机控制的前端机进行多机通信构成集中分布控制系统。

另一方面,软件编程出身的设计人员,则很少有兴趣去学习应用电路设计。

但硬件描述语言 HDL 可完全描述和仿真数字系统的硬件组成及其行为,使系统硬件设计方法发生变化,设计硬件电路不再是硬件设计工程师的专利,擅长软件编程的设计人员可借助于 HDL 工具来描述硬件电路的行为、功能、结构、数据流、信号连接关系和定时关系,设计出满足各种要求的硬件系统。

EDA 工具允许有两种设计输入工具,分别适应硬件电路设计人员和软件编程人员两种不同背景的需要:

原理图,适用于具有硬件背景的设计人员;HDL,具有软件背景的设计人员。

由于用 HDL 描述与系统行为描述更接近,且更便于综合、时域传递和修改,还能建立独立于工艺的设计文件,所以,擅长软件编程的人一旦掌握了 HDL 和一些必要的硬件知识,往往可以比习惯于传统设计的工程师设计出更好的硬件电路和系统。

2.2.2 软件设计

软件技术,特别是功能强大、应用广泛的实时多任务的系统软件——嵌入式实时操作系统 EOS(Embedded Operation System),是复杂嵌入式系统应用软件开发的基础支持和高效率开发平台,一般都具有操作系统所具有的应用程序接口 API 调用各种功能和函数来实现各种系统资源管理。用户程序可以在 EOS 的基础上开发并运行。

1. 设计对象——应用软件

基于应用模型、系统架构分析与组件设计模型、实现模型和测试与验证模型、产品控制工程等各种模型进行系统构建设计。

2. 设计方法——UML/EUP

采用统一的、最佳实践支撑的软件建模语言和开发过程模型,即 UML/EUP。

2.2.3 系统设计

系统设计有以下 3 个不同层次。

1. 板级设计

以 PCB CAD 软件和 ICE 为主要工具,先抽象后具体。

抽象设计是应用功能的系统分析与功能细化、组件模块架构设计,形成系统架构图,再决定系统功能的软、硬件实现的分配方案。

具体设计包括硬件设计和软件设计。

硬件设计是根据性能参数要求选择和组合各功能块可用的元器件。基本原则是商业化性价比最高,即市场可购买的通用元器件。必要时可进行原型架构测试,保证各部分搭试、功能检验和性能测试通过,从组件模块到系统都相对优化的方案,画出电路原理图或 HDL。关键步骤是利用印制板(PCB)计算机辅助设计(CAD)软件对系统的元器件进行布局和布线、印制板加工、装配和硬件调试。

软件设计贯穿整个系统的设计过程工作量最大的部分,主要包括任务分析、资源分配、模块划分、流程设计和细化、编码调试等。软件调试是设计关键,最常用和最有效的方法是基于在线仿真器(ICE)。

2. 辅助平台设计

利用这些半定制器件,逐步把原先要通过印制板线路互连的若干标准逻辑器件自制成专用集成电路(ASIC)使用,把印制板布局和布线的复杂性转换成半定制器件内配置的复杂性,以 EDA 工具软件和 EOS 为开发平台的设计方法。

半定制器件化设计,降低了系统功耗和综合成本,增加了可编程应用的灵活性,提高了系统工作效率、可靠性和安全性;但并不需要有半导体工艺和片内集成电路布局和布线的知识和经验;随着规模增大、可集成的器件越多,印制板的面积和接插件的数量大大减少,板上互连器件的线路、装配和调试费用越来越少。硬件设计方法从选择和使用标准通用集成电路器件,逐步转向各种 EDA 工具支持的设计和制作部分专用的集成电路器件。

半定制逻辑器件经历了可编程逻辑阵列 PLA、可编程阵列逻辑 PAL、通用阵列逻辑 GAL、复杂可编程逻辑器件 CPLD 和现场可编程门阵列 FPGA 的发展过程。其趋势是集成度和速度不断提高,功能不断增强,结构趋于更加合理,使用变得更加灵活、方便。

设计人员可以利用各种 EDA 工具和标准的 CPLD 和 FPGA 等设计和自制用户专用的大规模集成电路,然后再通过自下而上的设计方法,把用半定制器件设计自制的集成电路、可编程外围器件、所选择的 ASIC 与嵌入式微处理器或微控制器在印制板上布局、布线构成系统。

3. 片级设计

片级设计是单片系统 SOC(System On a Chip)集成设计方式,根据现有基础、时间、资金和其他条件权衡

选定或购买的 IP 内核库,软/硬件协同设计,可降低开发风险,节省开发费用,符合产业化协作发展的潮流。

单片系统设计模式,最有效的就是通过授权重用成熟优化的 IP 内核模块,进行集成设计和二次开发。IP 内核模块是单片系统设计的基础。

单片化系统设计方法,不是简单地二次集成,而从整个系统性能要求出发,把微处理器、模型算法、芯片结构、外围器件各层次电路直至器件的设计紧密结合起来,并基于架构模型驱动的全新理念进行系统软/硬件的协同设计,在单芯片上完成整个系统的功能。

不从系统架构整体模型出发,就不可能达到所要求的高密度、高速度、高性能、小体积、低电压、低功耗等指标。有时可能因为技术或工艺成本而通过几个芯片去实现。

3 嵌入式系统研究与教学架构模式的形成与应用

一般教学体系架构有基础、专业、扩展三个层次的内容,需要针对实现、分析设计和开发主管、业务信息系统规划管理主管等不同人才培养目标,设计对应的基础课程、专业课和选修课或研究课的教学体系。

基于底层接口驱动特定化实现技术去定义嵌入式系统,可丰富工程产业化的基础资源,但不符合复杂、动态系统中的嵌入式计算机系统应用与开发规律,导致忽视架构化协作接口设计的标准化研究,也容易误导对整个嵌入式系统的正确认识和系统规划,误导相应的人才培养和系统开发,进而不利于产业化(架构模型指导下的产业化分工与协作关系与接口不明确是不行的)。尤其是在目前产业化的关键性起步阶段,在系统开发与行业发展的基础研究及相关人才培养诸多方面,应该避免已知的这种缺陷。

显然,必须基于系统架构思维,分析嵌入式系统产业化人才体系目标,面向特定目标制定相应的人才培养规划。

在教学与研究的架构中,参考技术知识体系架构,根据高等教育规律和学制规范,规定出课程体系的层次目标、大纲内容设计与课程关系模型,按照 workflow 分析的方法和任务分解方法,面向具体的目标定位裁剪技术内容,组成系统化的课程序列和教学设计。

目前,拥有新专业设置资格的重点大学走在前列,如南京大学、山东大学的软件学院、北京航空航天大学 and 清华大学开设了嵌入式系统的理论课程,深圳与温州的高职、高专开设了实用型技术实验专题课程,取得了宝贵的经验。

北大更是超前,在软件与微电子学院设立了嵌入式系统系,将国际上先进的嵌入式系统知识体系和工程实践有机结合,设计出注重能力培养的课程体系。

本文主要阐述思路和方法,供各类学校进行课程体系设计规划时参考,具体的如嵌入式系统课程体系,可参考北大的实例,在网络上浏览后修剪成适合于自己学校的课程体系。

4 结 语

在系统架构建模思维指导下,根据应用架构建模、关键技术规划与实现方案控制建模及工程组织和质量监控等过程或流程建模等,真正认识和建立妥当的嵌入式系统教学与研究的架构模式,有效而高质量地指导教学与研究的体系建设和实施,能够克服单一层次的技术模型和专业思路主导下系统开发与人才培养的规划缺陷和应用鸿沟,有助于有效培养理论型、实用型等各种人才。

培养嵌入式系统创新人才的探索与实践

马洪连 吕蕾蕾

大连理工大学电子与信息工程学院, 大连, 116023

摘 要 本文主要针对目前在校就读的本科生如何能够尽快地被培养成社会上急需的“嵌入式系统”设计人才所需的课程体系、教学计划、教学方法和教学方式等相关的问题进行了探讨和实践。

关键词 嵌入式系统, 就业培训, 综合设计, 科研助手, 通用教学平台

1 引 言

嵌入式系统及应用是当前计算机与信息领域的“后起之秀”, 已经广泛应用于工业控制、智能仪器、通信设备、医疗仪器等领域, 成为无所不在的新兴技术之一。各行各业需要大量的掌握嵌入式技术的人才, 他们拥有良好的就业前景。因此, 武校电信学院自 2004 年起开始建立了“嵌入式系统”实验教学平台, 于 2005 年在参考国内相关教材和嵌入式科研中积累的经验并结合现有实验平台的基础上, 编写了课程教材和电子课件。该教材于 2006 年由电子工业出版社出版, 教材名称为《嵌入式系统设计教程》。下面从四方面介绍我们进行“嵌入式系统创新人才培养”的探索与实践工作。

2 先行试点积累经验, 以点带面

2005 年, 我们首先在电信学院计算机系开设“嵌入式系统设计”课程及相关实验, 学生基本掌握了基于嵌入式系统的解决实际问题的思路和方法, 取得了较好的效果。

我们在课程中主要讲授目前流行的基于 ARM 架构的嵌入式微处理器的原理、设计方法及实例编程开发。具体包括: 如何在嵌入式实时内核基础上扩展一个实用的嵌入式系统的硬、软件设计方法(如微处理器、存储系统、外设驱动及其应用程序接口的设计), 从而达到能够独立完成一个嵌入式系统设计的要求; 在实验中, 基于博创公司的“ARM2410-S 嵌入式系统”实验教学平台, 采用新的设计方法, 其重点在于完成对嵌入式操作系统进行选型、移植以及裁剪和驱动程序的编写。同时安排了较多的自主设计实验, 如多种通信方式实验、电子硬盘及 SD 卡等外部存储器的设计与实现、触摸屏与 LCD 显示器驱动程序的编写等。

3 进行“嵌入式系统设计”相关的就业前培训

目前, 国际上也迫切需要大量掌握嵌入式技术的人才, 而中国大学生受到青睐。我们已经与日本的松下公司、阿尔派公司和福尔卡斯特三家公司合作, 为日本知名公司培养掌握嵌入式技术的人才。首先, 在电信学院各专业即将毕业的本科学生中选拔专业基础扎实、实践能力强、有兴趣从事“嵌入式系统”产品开发工作的学生, 按照日本企业的需求制定教学计划, 在毕业前进行短期或长期的关于“嵌入式系统设计”方面的软、硬件系列课程的集中培训, 时间为 6 个月~12 个月不等。

比如, 我们以给日本福尔卡斯特公司开办的培训班为例, 在 6 个月的培训时间里, 开设了九门专业课程与实验及一门综合设计, 分别是“嵌入式系统设计”、“嵌入式汇编语言程序设计”、“嵌入式 Linux 操作系统与编程技术”、“嵌入式 Win CE 操作系统及编程技术”、“实时操作系统与接口编程技术”、“JAVA 语言程序设计”、“C 语言基础强化训练”、“电子 CAD 设计”和“软件工程与现代项目管理”。综合设计分为三个题目, 分别是“网络型嵌入式视频监测系统”、“基于无线网络的购票系统”和“基于网络的饭店点菜及结算系统”。这三个选题由学生任选其一。最后通过这些课程的学习, 学生基本具备了基于 ARM 架构的嵌入式系统的研发能力, 得到日本用人单位的认可和好评, 也为我们进一步开展培养嵌入式系统创新人才的工作积累了有益的经验, 奠定了良好的基础。

上述课程达到的教学效果主要有以下几方面:

- 学生能够掌握目前流行的基于 ARM 架构的嵌入式微处理器的原理、设计方法及实例编程开发。可以用硬、软件设计方法在嵌入式实时内核基础上扩展一个实用的嵌入式系统, 例如微处理器、存储系统、

外设驱动及其应用程序接口的设计,从而达到独立完成一个嵌入式系统设计的要求。

- 学生能够掌握目前流行的基于 ARM 架构的嵌入式程序设计方法、技巧及实例编程开发,可以编写高效的嵌入式程序代码以满足应用中所提出的各种要求,实现一个基于应用的嵌入式软件。
- 学生能够掌握基于 ARM 架构的嵌入式平台引导程序设计与 Linux 内核移植方法,掌握各种外围接口与驱动程序设计,具备在嵌入式系统平台上采用 Linux 操作系统独立进行开发和设计的能力。
- 学生能够了解嵌入式 Windows CE 操作系统的基本原理、概念,学会内核定制、驱动开发的方法,并能够运用嵌入式开发工具 EVC 进行 Windows CE 应用程序的开发,从而独立完成基于 Windows CE 操作系统的应用开发。
- 了解嵌入式实时操作系统(RTOS)的基本原理以及嵌入式实时内核的关键性设计问题、主要功能和性能指标。以 $\mu\text{COS-II}$ 为例,通过实践环节使学生掌握嵌入式 RTOS 的调试方法、实时系统的设计方法及任务的设计指导。
- 软件项目管理是组织软件开发人员和控制系统开发过程、确保软件开发质量和进度的关键。通过本课程的学习,学生了解软件工程和项目管理的基本知识,掌握规范化的软件开发与管理方法,学会将项目管理方法应用于软件产品开发过程中,从而能在规定的时间、规定的预算内完成项目并达到预期的效果。
- 基于以 Protel99SE 为电子 CAD 开发平台讲解电路设计的技巧和方法,通过具体电路设计实例分析讲解和学生上机实际操作相结合的方式,使学生掌握原理图和印刷线路板的开发流程和相关技巧。
- 能够掌握 JAVA 语言规范、JAVA 程序设计以及利用 J2ME 平台进行手机/PDA 等智能设备上的程序开发。

4 为在校优秀学生创造条件,培养出更优秀的嵌入式系统设计人才

我们在电信学院三年级本科生中通过考核选拔成绩优良、学有余力、有进行创新实践活动愿望的学生,开放部分实验室来建立大学生创新实践活动基地,以“科研助手”的形式多渠道培养本科生其实践能力和创新能力。

我们的具体做法是,安排科研助手与导师的硕士研究生在一起工作,使大学生尽早进入本学科的科研领域,接触本学科领域的前沿技术。导师还拟定项目,为学生参加国家、省、市的各项竞赛作准备。该项工作在我系开展近十年,培养出 100 多名本科生科研助手。此方式无需向学校要求额外的经费投入,不但自行解决资金问题,而且解决了代表学校参加国内大学生竞赛的问题,同时也满足了学生从事科研实践的热切愿望。探索了在院系级培养高素质创新人才的有效途径,也为我校培养创新人才的特色做了一定的工作。培养出的科研助手们在全国大学生电子设计大赛(索尼杯)、全国大学生嵌入式系统设计大赛(Intel 杯)、全国“挑战杯”等竞赛活动中荣获过全国奖三次,辽宁赛区特等奖、一等奖和二等奖共十一次。在我校举办的“攀登杯”、“创新杯”等校级竞赛中,科研助手们也获得一等奖、二等奖共十五项。80%以上的科研助手被保送或考取了硕士研究生,其余的以突出的工作才能被 IBM、松下、阿尔派、中兴、联想、华为、大唐等国内外 IT 公司优先聘用,体现出绝对的就业优势。

近年来,我们培养的科研助手不仅参加了 2004 年全国大学生嵌入式设计竞赛并获得了三等奖,而且还参与了与日本公司的合作项目“嵌入式物流盘点机”的开发与研制,该产品销往亚洲和欧美市场。今年科研助手正在参与“Interl 杯”和“博创杯”两项全国嵌入式大学生设计竞赛。

5 建立跨院系跨学科的“嵌入式系统设计”实践教学平台

随着“嵌入式系统”技术的不断发展与普及,“嵌入式系统”的有关课程已经不局限在计算机系的专业课程范围,正在渗透到各个学科中,尤其是 IT 领域的电子工程、自动化、测控技术等专业。日前,电信学院作出计划,充分整合和利用现有的实践教学资源,在学院范围内筹建跨系跨学科的“嵌入式系统”实验教学平台;同时,针对电信学院不同学科的特点和需求,制定跨系跨学科的“嵌入式系统”实验教学计划,在 2006~2007 学年第一学期(今年秋季)对电信院其他两个系开设嵌入式系统设计课程及实验。

在我国高校中,由于传统的教学模式而造成相近学科相近实验室重复建设的现象普遍存在。比如,在我校范围内,电气工程和应用电子技术系、能源与动力学院的汽车电子专业、机械工程学院的机电一体化专业等都