

高等院校信息技术规划教材

嵌入式操作系统

——组成、原理与应用设计

牛欣源 编著



清华大学出版社

高等院校信息技术规划教材

嵌入式操作系统

——组成、原理与应用设计

牛欣源 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书深入分析嵌入式操作系统的内核构成、框架结构、运行机制、设计目标、性能指标等,基于嵌入式操作系统内核研究嵌入式应用程序设计的理论和方法,对开发嵌入式应用系统、嵌入式系统应用程序的基本原理和基本方法进行技术论述和实例验证。以嵌入式操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 为例,介绍嵌入式操作系统内核各个模块及其接口,并给出应用实例的调用案例。通过 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内核基本框架与编程技术及应用分析,阐述嵌入式实时应用程序代码设计实现的基本过程和方法。对嵌入式实时操作系统接口功能及性能指标及特点进行实例分析。对 PC 和通用操作系统平台下的应用开发环境及工具,进行方便易行的使用说明,免受软硬环境的制约。

本书可作为高等学校本科生、专科生,学习“嵌入式操作系统”、“实时操作系统”、“开源系统软件开发技术”、“操作系统课程设计”等课程的课堂教学和实践环节的实用教材。也可作为嵌入式开发人员学习基于嵌入式操作系统进行应用程序开发的自学和指导教材。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式操作系统——组成、原理与应用设计/牛欣源编著. —北京:清华大学出版社,2013

高等院校信息技术规划教材

ISBN 978-7-302-33656-3

I. ①嵌… II. ①牛… III. ①实时操作系统—高等学校—教材 IV. ①TP316.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 204096 号

责任编辑:焦虹 顾冰

封面设计:傅瑞学

责任校对:梁毅

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:20.75

字 数:518 千字

版 次:2013 年 9 月第 1 版

印 次:2013 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.00 元

产品编号:038983-01

序

preface

软件技术发展日新月异,软件开发需求与日俱增,大学专业教育也从精英教育目标模式逐步转向大众教育目标模式,因此要求教材技术理论和应用实践紧密结合,具有实用性、可操作性和可验证性等。开源技术研究技术路线和技术方法值得借鉴。开放源代码操作系统产品具有先进、实用的研发技术,为软件从业人员提供了廉价、经济,甚至免费的开发平台和丰富的源代码资源。对于国内大学计算机专业的学生来说,用有限的经费去构建操作系统或应用软件进行应用开发或技术学习显然是杯水车薪,难以跟上软件技术发展和更新的速度。在对开放源代码的操作系统软件关键技术进行深入研究的基础上,总结适用于各种用途的应用程序开发模型和方法,无论从行业软件技术跟踪、软件应用开发实用技术提高,还是从本专业学生接触实用软件研发技术,建立操作系统相关软件开发的实际能力方面来考察,都有着便利、实用的意义。

坚持研究实时操作系统内核技术与应用技术并举的路线。通过分析开源操作系统的实时技术、功能特点、内核接口和实现方法,对实时应用程序开发的程序设计思路 and 实现方法进行系统提炼、归纳、总结,研究实时任务运行特点和实现技术,进行各种实时内核与应用方案的平台运行和应用编码调试,结合实时技术的基本思路和实现的基本方法,规划、设计出可实施、可操作的实时应用开发方法及模型,将以上结论应用于实时应用程序开发和相关教学实践活动中。

本书引入实时任务模型等程序设计技术。实时操作系统的技术核心就是实时技术的实现。实时操作系统及其应用程序的程序设计方法不同于一般软件的开发思路。如何将一个应用分解为多个实时任务,并实现控制多个实时任务在响应时间内并发执行是其关键技术核心。在此过程中,如何通过各种系统函数或中断技术实现实时任务是实现每个任务乃至整个实时应用程序的关键,通过对各项相关内核技术进行研究,进行各种实时应用程序方案的编码调试,总结并得出实现实时技术应用程序及其任务开发的基本思路 and



实现的基本方法,对进行各种类型的实时应用程序开发及其基本程序设计方法和实现有借鉴指导意义。本书作者在此领域方向的研究方法值得推荐。

探索实践教学思路和方法。培养实用型、创新型人才,提升学生的软件开发能力,一直是计算机专业课程的根本目标。作为计算机系统软件,操作系统承担的责任毋庸置疑。在多年的操作系统技术理论教学和实践环节教学过程中认识到:当学生完成操作系统原理课程的学习后,在后继的课程中引入操作系统软件的实用编程技术和开发环境,能拓展软件技术范围,完善课程知识体系,激发学生学习兴趣和主动性,开拓学生专业视野和实际工作能力。

本书作者长期从事计算机系统软件和应用软件技术的教学和科研工作,对嵌入式软件开发方面积累一定的研究基础。在本教材相关章节,对以上技术领域、教学与应用领域的尝试和探索,进行了深入分析和总结,并对实现技术提供实例程序进行验证。本书体系结构完善,具有自身特点,内容具有实用性和较好的可参考性。研究和提供的操作系统的软件理论教学和实践教学的技术思路和实施方案,也可供其他计算机科学与技术及相关专业课参考。

北京信息科技大学 计算机学院 教授

孟庆昌

2011-2-18

前言

foreword

嵌入式操作系统的工作模式、软件设计方法、应用开发方法等,都与通用操作系统有明显的不同,是操作系统基本概念面向特定应用领域的一个实现和延伸。其应用呈现越来越明显的市场需求,带来一个崭新的软件设计、开发理念。采用嵌入式操作系统作为开发技术平台,进行嵌入式系统开发,有利于支持模块化开发,提高开发效率,缩短开发周期,便于程序的调试、维护,使嵌入式系统性能得到保证,稳定性、可靠性增强。

目前,嵌入式操作系统研发技术类课程已经成为高等学校计算机专业的必修或选修课程。缺乏能够直接应用于本科教学的嵌入式操作系统教材,多是面向开发人员的手册性书籍,易受软硬件平台制约,不能直接切入操作系统技术主题内容,用于教学时受课时制约,可参考性、可操作性较差。编写嵌入式操作系统教程迫在眉睫,也是北京信息科技大学计算机学院操作系统系列课程和嵌入式系列课程建设的一个重要内容。

选择嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 作为学习了解嵌入式操作系统的范例,非常适合。首先,它是一个实时操作系统极好的范例,功能性能成熟、稳定。其次,提供开放源代码资源以及一个方便的开发平台,提供一个很好实用的开发工具环境,使学生能够专注于实时软件技术的学习,不必为程序结构、系统开发环境等问题耗费精力。而且有大量的移植范例下载参考, $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的商业价值也很高,可以支持嵌入式商业应用程序的开发需求。简单易行的开发运行环境作为开发平台,卓越的 C 语言内核代码作为技术基础,基于 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统内核应用实例程序作为参考。结合开源嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内核与应用技术,针对课程的具体要求,进行切实可行的规划、设计,学生通过理解操作系统内核的数据结构、系统模块基本功能和 workflows 设计,对应用程序实验方案进行设计,利用嵌入式系统应用程序开发环境,完成应用方案的程序编码实现。达到培养和提高学生软件创新能力和实时软件应用实践能力的目的。



本书的特色和价值:

本书作者以多年的操作系统及程序设计等教学实践和经验为借鉴,力图使该书具有操作系统理论与程序设计技术紧密结合特点,成为集操作系统理论技术和应用实践为一体,实验方案可操作性好的一本教材和技术书籍。本书适用于具有一定操作系统原理基础和高级语言程序设计基础的软件人员和计算机相关专业的学生,通过嵌入式操作系统的学习,掌握嵌入式实时软件的开发技术、开发方法、开发手段,这是专业学习和就业学习的良好途径。

本书确定嵌入式操作系统课程的开设技术思路,以嵌入式实时操作系统内核工作机制为基础,以基于 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统内核的应用程序的开发流程为技术主线,为开发者指明一条获得嵌入式实时软件开发最终结果——可执行程序的道路。开辟软件设计开发新思路、新方法,用以加强本科生计算机专业学生,关于操作系统及嵌入式系统的学习力度和深度,积累经验,增强就业实力。作者之前以此技术路线完成了一些教研学术工作,出版了相关技术论文等,为本书编写框架思路和理念奠定了基础。

本书秉承理论和实践环节并重的教学思路,设计为能同时应用于理论教学和实践教学环节的实用教材,注重实用性和可验证性,强调从理论到技术,从技术到实践应用,从实践应用到设计创新的路线。由本书作者负责编写的,由北京信息科技大学内部出版,用于操作系统课程设计的相关技术实用教程,已用于本科生教学多年,主导课程设计类教学基本思路,成效稳固,为本书的编写积累经验、奠定基础。

目前国内外介绍嵌入式操作系统基本知识和技术的书籍很多,但没有发现同类教材。现有多数书籍有的与硬件结合紧密,大部分章节介绍硬件平台,削弱了对操作系统内核及应用技术的论述;有的详尽介绍各种环境、工具的使用方法,但缺乏具体的应用开发实例,对学生没有明确实用的指导作用;有的开发实例没有设计层次,对实时内核技术的运用不充分,等等。这些教材或可作为科研人员、工程技术人员或学生的工程实践参考书,受具体使用平台的局限,不适宜大专院校计算机专业学生,系统了解嵌入式实时操作系统及其开发技术,需要切实可行、较为系统、实用的技术理论和实践的一体化教材。

本书的编写得到北京信息科技大学及计算机学院多位领导、教师、同事的鼓励和帮助,是共同教学和科研实践的结果,点滴沟通带给作者无限灵感和动力。也感谢作者教授过的所有学生,教学相长,没有你们的参与和促进,本书的内容不会切实可行。

由于作者的时间水平所限,书中观点及内容结构不当之处,敬请读者不吝指正,作者在此表示衷心感谢。

北京信息科技大学 计算机学院

牛欣源

niuxinyuan@bistu.edu.cn

2011-6-18

目录

Contents

第 1 章 嵌入式系统与嵌入式操作系统	1
1.1 嵌入式系统入门	1
1.1.1 系统与嵌入式系统	1
1.1.2 嵌入式应用系统	2
1.1.3 嵌入式系统结构	4
1.1.4 嵌入式计算机系统和通用计算机系统的比较	5
1.1.5 嵌入式系统功能与特征	6
1.2 嵌入式软件系统	7
1.2.1 软件和嵌入式软件	7
1.2.2 机器指令形式的可执行嵌入式软件	8
1.2.3 高级语言形式的嵌入式软件	9
1.3 嵌入式软件开发	10
1.3.1 软件设计程序模型	10
1.3.2 基于实时操作系统多个任务的 并发处理和调度软件	11
1.3.3 基于操作系统的设备驱动和设备管理软件	11
1.3.4 设计实现嵌入式系统的软件工具	13
1.3.5 嵌入式软件分类和分层	15
1.3.6 嵌入式软件结构分类	17
1.4 嵌入式操作系统	20
1.4.1 嵌入式操作系统的功能与应用	20
1.4.2 嵌入式操作系统的历史与发展	21
1.4.3 嵌入式操作系统的特点	22
1.4.4 嵌入式操作系统的基本概念	23
1.5 嵌入式应用程序概述	23
本章习题	25



第 2 章 嵌入式系统开发概述	26
2.1 嵌入式系统开发平台	26
2.1.1 嵌入式系统开发工具	26
2.1.2 嵌入式系统开发机器环境	27
2.1.3 嵌入式系统开发的交叉编译技术	28
2.1.4 嵌入式系统开发的仿真技术及平台	29
2.2 嵌入式系统开发模式与开发流程	32
2.2.1 嵌入式系统开发模式	32
2.2.2 嵌入式系统开发流程	33
2.2.3 嵌入式系统开发基本步骤和技术手段示例	35
2.3 实时软件分析设计方法	37
2.4 一个基于实时操作系统内核的实时软件开发模型	41
2.4.1 实时应用系统的特征分析	41
2.4.2 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 嵌入式操作系统下的实时应用系统的特征	43
2.4.3 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 嵌入式操作系统下的实时应用系统的设计与实现	45
2.5 仿真开发环境 Borland C/C++ V4.5 及其源代码资源	47
2.6 Make 文件的使用方法	49
本章习题	52
第 3 章 嵌入式实时操作系统基本概念及设计方法	53
3.1 操作系统服务的方式和目标	53
3.2 用户模式和管理模式	54
3.3 实时系统概念	55
3.3.1 早期的实时系统	55
3.3.2 代码的临界段	56
3.3.3 资源及其共享	56
3.3.4 任务和多任务	56
3.3.5 上下文切换和任务切换	58
3.3.6 内核	58
3.3.7 调度程序	59
3.3.8 不可剥夺型内核	59
3.3.9 可剥夺型内核	60
3.3.10 可重入	61
3.3.11 任务优先级	63
3.3.12 优先级反转	63
3.3.13 任务优先级分配	66

3.3.14	互斥条件	66
3.3.15	关中断和开中断	66
3.3.16	测试并置位	67
3.3.17	关闭和允许任务切换	68
3.3.18	信号量(Semaphores)	68
3.3.19	死锁	73
3.3.20	同步及其实现	73
3.3.21	事件标志	75
3.3.22	任务间的通信	76
3.3.23	消息邮箱	77
3.3.24	消息队列	78
3.3.25	中断	79
3.3.26	时钟节拍	83
3.3.27	存储管理功能	85
3.3.28	实时内核的优缺点	86
3.3.29	实时系统小结	87
	本章习题	87

第 4 章 嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内核结构与运行流程 89

4.1	操作系统服务	89
4.2	基于 RTOS 的嵌入式系统基本设计	90
4.2.1	RTOS 支持嵌入式系统设计基本机制	90
4.2.2	RTOS 支持下的嵌入式系统基本设计原则	91
4.2.3	实时任务调度模型, 中断延迟与任务响应时间作为性能指标	96
4.2.4	实时操作系统安全的讨论	98
4.3	实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 基本模块功能	99
4.4	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的内核结构及核心技术	106
4.4.1	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内核结构	106
4.4.2	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内核的核心功能	106
4.4.3	临界段	107
4.4.4	任务	108
4.4.5	任务状态	110
4.4.6	任务控制块	111
4.4.7	就绪表	115
4.4.8	任务调度(Task Scheduling)	119
4.4.9	任务调度关闭函数和任务调度打开函数	120
4.4.10	空闲任务	122
4.4.11	统计任务	122



4.4.12	$\mu\text{C}/\text{OS}$ 中的中断处理	126
4.4.13	时钟节拍	129
4.4.14	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 初始化	132
4.4.15	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内核的启动	132
本章习题		133
第 5 章 嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的任务管理技术		134
5.1	单个任务的结构	134
5.2	创建任务函数 OSTaskCreate()	135
5.3	创建扩展任务函数 OSTaskCreateExt()	137
5.4	任务堆栈的定义	140
5.5	堆栈检验函数 OSTaskStkChk()	141
5.6	任务删除函数 OSTaskDel()	143
5.7	请求删除任务函数 OSTaskDelReq()	145
5.8	改变任务优先级函数 OSTaskChangePrio()	146
5.9	挂起任务函数 OSTaskSuspend()	147
5.10	恢复任务函数 OSTaskResume()	148
5.11	查询任务信息函数 OSTaskQuery()	148
本章习题		149
第 6 章 嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内核任务同步通信		150
6.1	任务通信基本概念	150
6.2	事件机制	151
6.2.1	事件	151
6.2.2	事件控制块 ECB	153
6.2.3	事件控制块操作	159
6.3	信号量机制	162
6.3.1	信号量	162
6.3.2	信号量操作	163
6.4	邮箱机制	168
6.4.1	邮箱定义	168
6.4.2	邮箱操作	168
6.4.3	邮箱的应用	174
6.5	消息队列	175
6.5.1	消息队列的定义及其数据结构	175
6.5.2	消息队列的操作	179
6.5.3	消息队列的应用	185

6.6	互斥信号量和优先级反转	187
6.6.1	优先级反转及其解决方案	187
6.6.2	互斥信号量机制及其定义	188
6.6.3	互斥信号量的操作	188
6.6.4	互斥信号量的应用编程及应用范例	193
6.7	信号量集及事件标志组	197
6.7.1	信号量集及事件标志组机制及定义	197
6.7.2	信号量集等待任务链表公共操作函数	200
6.7.3	信号量集及其事件标志组操作	202
6.7.4	事件标志组应用	207
	本章习题	211
第 7 章	嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内核动态内存管理技术	212
7.1	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内存管理模块的基本目标、结构与功能	212
7.1.1	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内核动态内存管理的基本目标和基本方法	212
7.1.2	动态内存管理的结构与功能	213
7.2	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内存管理模块基本服务和应用接口函数	213
7.2.1	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 动态分配内存	214
7.2.2	内存控制块	215
7.2.3	动态内存管理应用接口函数	216
7.3	内存管理模块应用实例分析	222
	本章习题	223
第 8 章	嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内核的中断时钟管理技术	225
8.1	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的中断管理和中断服务程序的结构	225
8.1.1	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内核的中断	225
8.1.2	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统响应中断的过程	227
8.1.3	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内核的中断管理实现方法	228
8.1.4	中断关闭和打开及其实现方法	231
8.1.5	应用程序中的临界段及其实现	233
8.2	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的系统时钟及实现方法	233
8.2.1	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的系统时钟	233
8.2.2	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的系统时钟实现方法	234
8.3	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的时间管理	236
8.3.1	任务延时函数 $\text{OSTimeDly}()$	237
8.3.2	按时分秒延时函数 $\text{OSTimeDlyHMSM}()$	238



8.3.3	结束任务延时函数 OSTimeDlyResume()	240
8.3.4	获取系统时间函数 OSTimeGet()和设置系统 时间函数 OSTimeSet()	240
8.4	应用编程实例分析	241
	本章习题	249
第9章	嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内核的移植接口设计	251
9.1	操作系统软件的移植	251
9.1.1	软件的移植	251
9.1.2	操作系统移植	252
9.1.3	操作系统移植的规划	252
9.2	嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的内核移植	253
9.2.1	移植 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内核的技术条件	253
9.2.2	移植 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内核的硬件条件	254
9.2.3	移植 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内核的软件条件	255
9.2.4	移植 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内核的相关文件	257
	本章习题	258
第10章	基于内核的应用程序结构与运行流程	259
10.1	嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 基本应用编程接口	259
10.2	嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 应用程序结构与实例分析	262
10.2.1	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 应用程序基本结构	262
10.2.2	应用实例程序基本结构分析	263
10.3	嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 多任务运行流程分析	267
10.3.1	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 应用程序基本运行特征	267
10.3.2	应用实例程序基本运行流程分析	268
10.4	嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 应用任务设计及编程方法	270
第11章	嵌入式实时系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内核的应用方案及实现方法	275
11.1	设计应用方案的基本思路及方法	275
11.2	基于嵌入式实时系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的内核的应用案例1及实现方法	277
11.3	基于嵌入式实时系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的内核的应用案例2及实现方法	286
11.4	实验指导	295
11.4.1	任务管理实验指导	296
11.4.2	任务通信管理实验指导	301

附录 A 实验项目	312
A.1 实验 1	312
A.2 实验 2	313
A.3 实验 3	313
A.4 实验 4	315
参考文献	317

嵌入式系统与嵌入式操作系统

本章学习内容与目标

本章主要通过分析嵌入式系统的基本功能、基本结构,了解嵌入式系统硬件及其软件的分类型、特点、体系结构、运行特征;使读者建立嵌入式操作系统及应用程序开发的基本理论和方法,引入嵌入式操作系统及应用程序开发的基本架构和构建方法,为基于嵌入式操作系统开发嵌入式实时应用软件,奠定基本技术思路、基本理论基础;从而建立一个逻辑结构清晰、开发平台支持充分的嵌入式系统及其开发系统的基本架构。

1.1 嵌入式系统入门

1.1.1 系统与嵌入式系统

什么是嵌入式系统?它与其他系统相比有何特殊之处?树立正确的嵌入式系统基本概念和基本目标,对于开发嵌入式系统,了解、掌握安装运行于嵌入式系统之上的软件,具有重要意义。

首先明确什么是系统,应该如何理解系统的概念和含义。看下面两个例子。

一般说来,系统就是按照一些固定的程序和规则,完成某些任务的组织或工作方式。例如,表是一个能显示时间的系统。首先,从硬件结构上看,它由指针、电池、表盘等机械部件组成,计时工作开始后,按照严格的计时规则计算、更新时间,计算时间的规则是完善的、受程序控制的,按照秒、分、时、十二小时等规则循环自动计时,并且有一定的误差。再如,洗衣机是一个能自动洗衣的系统。首先,从硬件结构上看,它由控制面板、电机、涡轮等机电部件组成,洗衣工作开始后,按照用户预置的步骤完成洗衣动作,洗衣步骤或规则是完善的、可操作的,并存在一些可调整的处理步骤,这些可调整或预制的步骤是通过人工手动输入系统的。表明该系统可以支持有条件编程。

从以上两个系统的工作控制过程上考察,两个系统存在共性,也存在差异。都可以看成系统的一个应用。

基于以上对一般系统的定义与说明,与之对比而言,嵌入式系统的定义可以这样说明。

嵌入式系统就是一个具有嵌入软件和计算机硬件,并受嵌入软件和计算机硬件的运行控制,完成特定功能的系统。通常嵌入式计算机系统简称为嵌入式系统。

上面举例说明的两个系统实例中,表可以看成是一个机械系统,洗衣机可以看成是一个嵌入式系统,是一个具有嵌入软件和计算机硬件,并受嵌入软件和计算机硬件运行控制,完成特定功能系统。

嵌入式系统是不同于通用计算机系统的一种专用计算机系统,它不以独立的物理设备的形态出现,即它没有一个统一的外观,它的部件根据主体设备以及应用的需要,嵌入在该设备的内部,发挥着运算、处理、存储以及控制等作用。

不少国内外相关学术著作对嵌入式系统的概念和定义进行了自己的解释和说明。虽然各有不同,总结起来,无外乎一致将嵌入式系统的特点归结为如下几点,基本能够达到共识。对明确嵌入式系统基本概念,用正确的技术思路和方法开发嵌入式系统,起到了指导作用。

下面对嵌入式系统做出解释,以此作为嵌入式系统及其应用开发的理论和技术基础。

- 嵌入式系统受内置于其中的计算机部件控制,这个部件可能是微控制器。
- 嵌入式系统由微控制器控制,软件驱动运行,可靠性好,具有实时控制性能。
- 嵌入式系统就是将计算机系统内置于一个电子产品中。
- 嵌入式系统就是包含微处理器或微控制器的电子产品。
- 嵌入式系统包含一个可编程的非通用计算机,即基于可编程的微处理器控制的系统。

1.1.2 嵌入式应用系统

进一步建立、明确嵌入式系统的概念,应该从嵌入式系统的应用领域说起,从而了解各类嵌入式系统的功能及特点,然后再对嵌入式系统的结构组成及其实现技术进行基础理论说明。以达到对嵌入式系统软件架构及其运行机制全面了解的目的。

通俗地说,把计算机可执行程序嵌入到(或称安装到)某个设备中,如手机、汽车、照相机、洗衣机、空调器等家用电器,或飞机、导弹、卫星等大型设备,控制这些设备的运转,使设备工作运行的自动化程度大大提高,并在功能和性能方面都得到提升,整体系统的质量大大提高。这些设备就可视为嵌入式系统,这些预制或安装的软件就是嵌入式软件。所以,一般认为,嵌入式系统是以具体应用需求为中心,以计算机技术控制为基础,并且采用软硬件可裁剪的程序设计技术,适用于既对功能有明确目标,也对可靠性、成本、体积、功耗等性能指标有严格要求的专用计算机程序控制的应用系统。由于对嵌入式系统的系统运行效率的要求,可以这样理解,嵌入式系统运行控制中,迟来的动作就是错误的动作,迟来的控制操作视为错误的控制操作。这也是嵌入式系统及其软件运行的一大特点。目前,应用领域非常广泛,可以说涉及几乎所有设备控制系统。

如果以公元 2000 年作为 PC 发展史的一个分界线,那么公元 2000 年之前可以称之为 PC(Personal Computer)时代;而公元 2000 年后则被称为后 PC(Post-Personal Computer)时代,以表明对计算机应用层次和水平到达了一个崭新阶段。

后 PC 时代的显著标志是指,将计算机、通信和消费产品的技术结合起来,称为 3C 产品,因为以上三者英文都是以 C 字母开头,即 Computer、Communication 和 Consume。简单地说,后 PC 时代是以网络应用为主,各种电子设备也将具备上网功能。后 PC 时代的网络通信具有“无限”与“无线”两大特点。“无限”指的是上网的工具与应用无限制,“无线”指的是使用无线网络。在后 PC 时代,不一定要通过个人计算机上网,机顶盒(Set-top-box)、掌上电脑、手机等电子产品也可以提供上网功能,这是个人计算机功能可能被取代的例证之一。采用无线传输方式,无论走到哪里,都可上网并传输资料。

显而易见,嵌入式系统已成为后 PC 时代的技术主力。为了实现人们在后 PC 时代对客户终端设备提出的新需求,嵌入式技术(embedded technology)提供了一种灵活、高效和高性价比的解决方案。伴随信息技术与网络技术的高速发展,嵌入式技术已被广泛地应用于科学研究、工程设计、军事技术以及文艺商业等方方面面,成为后 PC 时代 IT 领域发展的主力军。

随着后 PC 时代的到来,人们越来越多地接触到嵌入式产品,可以说深入到各行各业、各个角落,无处不在。针对其常用的应用领域,可以简要了解嵌入式应用系统在如下领域的应用,如过程控制、汽车业、办公自动化、计算机外设、通信类、机器人、航空航天、民用消费品等领域。以下是这些嵌入式系统应用领域的实例。

- (1) 过程控制:包括食品加工、化工厂。
- (2) 汽车业:包括发动机控制、防抱死系统(ABS)。
- (3) 办公自动化:包括传真机、复印机。
- (4) 计算机外设:包括打印机、计算机终端、扫描仪、调制解调器。
- (5) 通信类:包括交换机、路由器。
- (6) 机器人。
- (7) 航空航天:包括飞机管理系统、武器系统、喷气发动机控制。
- (8) 民用消费品:包括微波炉、洗碗机、洗衣机、稳温调节器。

可以看出,嵌入式系统是以应用为中心、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计算机系统。嵌入式系统是将先进的计算机技术、半导体技术和电子技术与各个行业的具体应用相结合后的产物。这种计算机应用系统中所包含的计算机并不是通用的计算机。

对嵌入式系统的分类,可以从不同方面和角度进行,如硬件平台、规模、时限、应用领域、操作系统类型等。例如,从嵌入式操作系统的商业模式来看,可以分为商用型和开源型。商用型系统功能稳定、可靠,有完善的技术支持和售后服务,商品价格由开发费用和版税决定,常用商用嵌入式操作系统,如 Windows CE、VxWorks。开源型系统开放源码,使用花销只包括服务费,不包括版税,如 Embedded Linux、RTEMS、 μ C/OS-II。再如,从嵌入式操作系统的实时性上分类,可分为实时操作系统和非实时操作系统,时限要求严格的系统称为硬实时系统,时限要求不严格的称为软实时系统。

通过上述对嵌入式系统及应用系统的分析可得出以下结论,嵌入式硬件系统的功能和构成是随应用系统的不同而不同的,所以,剥离具体嵌入式应用系统,提取其中计算机硬件部分,及安装、控制计算机部件,进而控制嵌入式应用系统设备的软件程序部分,研