

嵌入式系统 组成与设计

QIANRUSHI XITONG
ZUCHENG YU SHEJI

■ 纪金水 主编



兰州大学出版社

嵌入式系统 组成与设计

QIANRUSHI XITONG
ZUCHENG YU SHEJI

主 编 纪金水
副主编 刘彩虹 陈秀萍
齐爱琴 黄景廉



兰州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式系统组成与设计/纪金水主编. —兰州:

兰州大学出版社, 2010. 6

ISBN 978-7-311-03562-4

I. ①嵌… II. ①纪… III. ①微型计算机—系统设计
IV. ①TP360.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 099834 号

策划编辑 梁建萍
责任编辑 张 萍 佟玉梅
封面设计 管军伟

书 名 嵌入式系统组成与设计
主 编 纪金水
副 主 编 刘彩虹 陈秀萍 齐爱琴 黄景廉
出版发行 兰州大学出版社 (地址:兰州市天水南路 222 号 730000)
电 话 0931-8912613(总编办公室) 0931-8617156(营销中心)
0931-8914298(读者服务部)
网 址 <http://www.onbook.com.cn>
电子信箱 press@onbook.com.cn
印 刷 兰州德辉印刷有限责任公司
开 本 880×1230 1/16
印 张 16
字 数 518 千
版 次 2010 年 6 月第 1 版
印 次 2010 年 6 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-311-03562-4
定 价 32.00 元

(图书若有破损、缺页、掉页可随时与本社联系)

前言

在信息技术飞速发展的今天,随着微电子技术、网络通信技术、计算机软件及硬件技术的发展,计算机应用已处于一个后 PC 时代的春天。专用计算机应用已深入到生活的各个方面,嵌入式技术在社会各个行业中得到广泛应用,无限传感器网络技术与射频技术(RFID)的发展更拓宽了嵌入式技术的研究及应用。操作系统在嵌入式设备的普遍应用及软件设计技术的发展进一步推动了嵌入式系统的开发及研究。事实上,大量嵌入式技术已经应用于金融、电信、电子产品、航空等行业,涵盖信息家电、通信产品、智能玩具、图像语音等人工智能识别系统、工业设备、军事应用设备、环境保护监测系统、航空航天设备、数控机床、工业机器人、服务机器人、物联网、未来车联网等。嵌入式技术的发展正在逐渐改变着传统的工业生产和生活服务方式。嵌入式系统是信息产业走向 21 世纪知识经济时代的重要经济增长点之一,对中国的信息产业来说充满了机遇和挑战。因此,研究嵌入式设计技术,掌握嵌入式系统的理论、设计方法与应用具有极其重要的意义。

有感于嵌入式技术的飞速发展和广泛应用,作者在多年计算机应用研究以及对嵌入式系统深刻认识的基础上,结合多年本科生和研究生教育的知识积累,对嵌入式系统所涉及的部分知识进行了较详细的阐述,精心编写了这本书。

本书详细介绍了嵌入式系统的基本概念及嵌入式系统的组成与设计,全书共 6 章:第 1 章介绍嵌入式系统的定义、特点、组成、应用及发展。第 2 章介绍嵌入式系统设计、需求分析、科研开发、系统测试及开发调试方法。第 3 章介绍微处理器发展,ARM 存储系统和指令系统,ARM 的嵌入式系统的 I/O 模块及嵌入式可编程逻辑器件设计。第 4 章介绍嵌入式系统软件组成、软件的开发过程、软件系统的设计方法、软件的移植,嵌入式系统传统编程模式及软件组件化设计。第 5 章介绍嵌入式 RTOS 的概念,RTOS 的功能,RTOS 的重要评价指标及工作特性,RTOS 的基本术语,系统对 RTOS 的要求,RTOS 的应用系统开发方法,RTOS 的标准化,RTOS 的需求分析、设计方法综述以及实时程序设计。第 6 章介绍 Linux 的安装,ADS 开发环境,BootLoader 程序说明,嵌入式 Linux 的移植,嵌入式 Linux 下的设备驱动程序设计与开发,驱动程序编写实例,Linux 应用程序开发,Linux 系统网络设备驱动程序,嵌入式 Linux 下进程间通信,嵌入式 Linux 网络编程。

全书结构清晰、内容丰富,既可以作为嵌入式系统研究开发人员、工程技术人员的参考书,也可以作为高等院校计算机、网络、通信、电子科学、自动化等专业本科生及研究生的教材。

本书由纪金水主编,刘彩虹、陈秀萍、齐爱琴、黄景廉参编,研究生徐合龙对第 6 章的程序代码进行了调试验证,并参与了全书的校对。在此,衷心地感谢为本书付出辛勤劳动的所有老师和同学。

由于嵌入式系统应用广泛,系统复杂,技术集成度高且软硬件等发展迅速,本书对其他相关技术不能一一叙述。加之时间仓促,本书难免有不足之处,敬请读者批评指正。

编 者
2010 年 4 月

目 录

第 1 章 嵌入式系统概述	(001)
1.1 嵌入式系统的定义	(001)
1.1.1 从不同的角度定义	(001)
1.1.2 从不同的组织结构定义	(002)
1.2 嵌入式系统的发展历史	(002)
1.2.1 嵌入式系统的分类	(002)
1.2.2 32 位嵌入控制系统	(003)
1.3 嵌入式系统的特点	(003)
1.3.1 特点	(003)
1.3.2 嵌入式处理器的共性	(004)
1.4 嵌入式系统的组成	(004)
1.4.1 嵌入式系统的结构及应用	(004)
1.4.2 嵌入式外围设备	(006)
1.4.3 嵌入式软件子系统的结构	(006)
1.5 嵌入式系统的应用	(006)
1.5.1 嵌入式技术在个人电子通信中的应用	(007)
1.5.2 嵌入式系统在信息家电中的应用	(007)
1.5.3 嵌入式技术在交通管理和环境监测中的应用	(008)
1.5.4 嵌入式技术在工业方面的应用	(008)
1.5.5 高性能武器平台的基础	(008)
1.5.6 嵌入式技术在汽车领域中的应用	(008)
1.5.7 计算机系统的基本硬件设备	(008)
1.5.8 人工智能设备	(008)
1.5.9 家庭智能管理系统	(008)
1.5.10 精确农业	(008)
1.5.11 机器人技术	(008)
1.6 嵌入式系统的发展方向	(008)
1.6.1 硬件	(008)
1.6.2 软件	(008)
1.6.3 嵌入式系统在各行业的发展应用	(009)
1.7 小结	(010)
第 2 章 嵌入式系统开发过程	(012)
2.1 嵌入式系统设计	(012)

2.2	需求分析	(013)
2.2.1	分析用户的需求	(013)
2.2.2	确定硬件和软件	(014)
2.2.3	检查需求分析的结果	(014)
2.2.4	确定项目的约束条件	(014)
2.2.5	概要设计	(015)
2.3	系统设计	(015)
2.3.1	概要设计内容	(015)
2.3.2	详细设计阶段	(015)
2.3.3	硬件平台简介	(016)
2.4	科研开发	(016)
2.4.1	选择硬件平台处理机的考虑	(016)
2.4.2	选择操作系统	(017)
2.4.3	编程语言的选择	(017)
2.4.4	关于评估板	(017)
2.4.5	关于板级支持包	(017)
2.4.6	软件开发	(017)
2.4.7	文档	(017)
2.5	系统测试	(018)
2.5.1	测试的原因	(018)
2.5.2	测试的时间	(018)
2.5.3	测试的内容	(018)
2.5.4	何时停止测试	(019)
2.5.5	选择测试用例	(019)
2.5.6	实时失败模式	(019)
2.5.7	评估测试的覆盖率	(019)
2.5.8	性能测试	(019)
2.5.9	维护和测试	(019)
2.6	嵌入式系统的开发调试方法	(020)
2.6.1	Monitor 方式	(020)
2.6.2	远程调试器与调试内核调试模式	(020)
2.6.3	ROM 仿真器	(021)
2.6.4	BDM 调试器(片上调试)	(021)
2.6.5	JTAG 仿真器	(021)
2.6.6	软件仿真器	(022)
2.6.7	主机的调试	(022)
2.7	小结	(022)
第 3 章	嵌入式硬件子系统	(023)
3.1	微处理器的发展	(023)
3.1.1	嵌入式处理器的分类	(023)
3.1.2	ARM 系列嵌入式处理器体系结构	(024)
3.1.3	ARM 内核分类	(025)
3.1.4	ARM 处理器的工作模式	(027)

3.1.5	ARM 寄存器介绍	(027)
3.1.6	ARM 体系结构中的存储系统	(030)
3.2	ARM 存储系统	(030)
3.2.1	ARM 存储系统概述	(030)
3.2.2	存储管理单元 MMU	(031)
3.2.3	存储系统设计	(032)
3.3	ARM 的指令系统	(033)
3.3.1	ARM 微处理器指令的分类与格式	(033)
3.3.2	指令的条件域	(034)
3.3.3	ARM 指令的寻址方式	(035)
3.3.4	Thumb 指令及应用	(037)
3.4	基于 ARM 的嵌入式系统的 I/O 模块介绍	(037)
3.4.1	电源电路设计	(037)
3.4.2	Reset 电路设计	(038)
3.4.3	时钟电路设计	(039)
3.4.4	串行接口电路	(039)
3.4.5	以太网接口电路	(041)
3.4.6	USB 接口电路	(043)
3.4.7	LCD 接口电路	(044)
3.4.8	触摸屏	(048)
3.4.9	键盘	(049)
3.5	嵌入式可编程逻辑器件设计介绍	(050)
3.5.1	可编程逻辑器件	(050)
3.5.2	硬件描述语言	(057)
3.5.3	Altera 可编程逻辑器件开发软件	(060)
3.5.4	可编程逻辑器件的设计	(062)
3.6	小结	(066)
第 4 章	嵌入式软件系统设计	(067)
4.1	嵌入式系统软件概况	(067)
4.1.1	嵌入式系统软件的发展	(067)
4.1.2	嵌入式系统软件的组成	(067)
4.1.3	各部分功能	(068)
4.1.4	嵌入式操作系统	(070)
4.1.5	网络协议栈	(070)
4.1.6	应用软件	(070)
4.1.7	GUI	(071)
4.1.8	嵌入式操作系统运行的必要条件	(071)
4.2	嵌入式系统软件开发过程	(071)
4.2.1	软件开发流程	(071)
4.2.2	基于 ARM/ADS 开发平台的软件开发流程	(071)
4.3	嵌入式软件系统的设计方法	(072)
4.3.1	无操作系统的嵌入式软件设计	(072)
4.3.2	基于嵌入式操作系统的软件设计	(075)

4.4	软件的移植	(076)
4.4.1	移植的必要性	(076)
4.4.2	嵌入式软件的移植	(076)
4.5	嵌入式系统传统编程模式	(079)
4.5.1	面向寄存器的编程模式特点	(080)
4.5.2	面向 API 的编程模式特点	(080)
4.5.3	面向端口的编程模式特点	(080)
4.5.4	传统网络设备开发模式分析	(080)
4.5.5	AnyWhere——面向设备的编程	(081)
4.6	软件组件化设计	(082)
4.7	小结	(083)
第 5 章	嵌入式 RTOS	(084)
5.1	概述	(084)
5.2	操作系统结构	(084)
5.3	嵌入式 RTOS	(085)
5.3.1	RTOS 基本概念	(085)
5.3.2	实时操作系统的发展过程	(086)
5.3.3	实时操作系统的主要研究方向	(086)
5.3.4	RTOS 的基本结构	(087)
5.4	实时操作系统 RTOS 的功能	(087)
5.4.1	任务管理	(087)
5.4.2	任务间同步和通信	(087)
5.4.3	内存管理	(088)
5.4.4	实时时钟服务	(088)
5.4.5	中断管理服务	(088)
5.4.6	优先级倒置发生的条件和解决途径	(088)
5.4.7	文件管理	(089)
5.4.8	设备管理	(089)
5.4.9	提供良好的人机接口	(089)
5.5	实时操作系统的几个重要评价指标及工作特性	(089)
5.5.1	评价指标	(089)
5.5.2	实时操作系统工作特性	(091)
5.6	RTOS 基本术语	(091)
5.6.1	硬实时	(091)
5.6.2	优先级驱动	(091)
5.6.3	优先级反转	(091)
5.6.4	优先级继承	(091)
5.6.5	实时执行体/内核	(091)
5.6.6	任务	(092)
5.6.7	任务上下文	(092)
5.6.8	调度延迟	(092)
5.6.9	可伸缩的体系结构	(092)

5.6.10	中断延迟	(092)
5.6.11	互斥	(092)
5.6.12	抢占	(092)
5.7	系统对 RTOS 要求	(092)
5.8	基于 RTOS 的应用系统开发	(092)
5.8.1	初始化与板级支持包	(093)
5.8.2	任务控制	(094)
5.8.3	任务之间的通信	(095)
5.8.4	任务之间的同步	(098)
5.9	如何选择嵌入式 RTOS	(100)
5.10	实时操作系统的标准化—— μ ITRON	(101)
5.11	实时系统需求分析、设计方法综述以及实时程序设计	(103)
5.11.1	实时系统设计的一些基本问题	(103)
5.11.2	实时系统设计的一些基本概念	(104)
5.11.3	实时系统分析和设计常用的方法	(105)
5.11.4	实时系统的并发	(107)
5.11.5	面向对象的并发模型概述	(109)
5.11.6	面向对象的实时系统设计方法——OCTOPUS 概述	(110)
5.11.7	实时程序设计的一些准则	(112)
5.12	小结	(114)
第 6 章	嵌入式 Linux 的软件设计	(115)
6.1	Linux 介绍与安装	(115)
6.1.1	什么是 Linux 操作系统	(115)
6.1.2	Linux 操作系统安装	(115)
6.1.3	μ COSII 操作系统介绍	(124)
6.2	ADS 开发环境介绍	(124)
6.2.1	ADS 安装	(124)
6.2.2	烧写电缆与仿真软件安装	(125)
6.2.3	ADS1.2 下建立工程	(127)
6.2.4	ADS1.2 下仿真、调试	(130)
6.2.5	在 ADS 环境下移植 μ COSII 操作系统	(131)
6.2.6	基于 μ COSII 的串口驱动编写实验	(138)
6.3	BootLoader 程序说明	(139)
6.3.1	vivi 程序架构	(139)
6.3.2	vivi 程序流程	(139)
6.3.3	vivi 命令使用说明	(140)
6.3.4	vivi 的烧写	(142)
6.4	嵌入式 Linux 的移植	(142)
6.4.1	Linux 内核目录结构说明	(142)
6.4.2	内核配置介绍	(143)
6.4.3	交叉编译环境安装	(147)
6.4.4	NFS 配置	(148)

6.4.5	Linux 下超级终端 minicom 配置	(149)
6.4.6	利用 vivi 通过超级终端下载 vivi	(149)
6.4.7	制作 cramfs 文件系统	(151)
6.4.8	Linux 内核编译与下载	(151)
6.4.9	编译下载内核	(153)
6.4.10	实验说明	(154)
6.5	嵌入式 Linux 下的设备驱动程序设计与开发	(155)
6.5.1	Linux 系统设备驱动程序概述	(155)
6.5.2	设备驱动程序的 file_operations 结构	(156)
6.5.3	设备驱动程序编写的具体内容	(158)
6.5.4	将设备驱动加载到 Linux 内核中	(159)
6.5.5	将设备驱动编译成驱动模块	(159)
6.6	驱动程序编写实例	(159)
6.6.1	Linux 的键盘驱动程序的编写	(159)
6.6.2	Linux 的 LCD 驱动程序的编写	(170)
6.7	Linux 应用程序的开发	(181)
6.7.1	键盘应用程序	(181)
6.7.2	Linux 基本绘图应用程序的编写	(181)
6.8	Linux 系统网络设备驱动程序	(184)
6.8.1	网络驱动程序中用到的数据结构	(186)
6.8.2	常用的系统支持	(188)
6.8.3	编写 Linux 网络驱动程序中需要注意的问题	(190)
6.9	嵌入式 Linux 下进程间通信	(191)
6.9.1	进程的基本概念和系统的基本数据结构	(191)
6.9.2	管道	(192)
6.9.3	信号	(197)
6.9.4	共享内存	(205)
6.9.5	消息队列	(210)
6.9.6	综合应用实例	(214)
6.9.7	多线程编程	(222)
6.10	嵌入式 Linux 网络编程	(231)
6.10.1	socket 概述	(231)
6.10.2	嵌入式 Linux 网络高级编程	(235)
6.11	小结	(242)
参考文献		(243)

第1章

嵌入式系统概述

计算机技术无处不用,嵌入式系统无处不在,在信息技术飞速发展的今天,随着电子技术、通信技术、计算机软件及硬件技术的发展,专用计算机应用已深入到生活的各个方面。中国具有世界上最大的嵌入式技术市场,嵌入式技术的研究及应用也非常广泛,如信息家电、城市建设、工业控制、军事应用等。相应地,软件及硬件设计人才、应用开发人才、综合性人才等的需求进一步带动了嵌入式技术的发展。嵌入式技术发展的趋势从8位发展到16位、32位、64位,操作系统在嵌入式设备中的应用也进一步推动了嵌入式系统的开发及研究。因此,研究嵌入式设计技术,掌握嵌入式系统的理论、设计方法与应用具有极其重要的意义。

计算机系统的应用可分为三大领域:以高端服务器市场为应用对象,其特点为功能强大、可用性强,具有可扩展性;桌面市场是以PC为代表的微机应用,具有最广阔的市场;嵌入式市场是潜力最大的市场,应用最广泛,技术集成度最广。

计算机按照系统规模又可分为:大型计算机、中型计算机和小型计算机;超级计算机;工作站、微计算机、亚微计算机,其中亚微计算机(嵌入式计算机)就是以嵌入式系统的形式隐藏在各种装置、产品和系统中的。

中国在计算机基础工业方面落后于西方一些国家,在嵌入式处理器上也是如此,但是嵌入式系统面向应用的特点决定了处理器应用开发的产值要占整个嵌入式工业的大部分,而且将嵌入式处理器与具体应用相结合这种知识创新,只能由精通应用系统的用户来完成。因此,中国在嵌入式系统方面存在着相当大的发展机会。中国已经有几十万名单片机开发工程师,其中很多人都是在资料和信息有限的条件下通过实践,了解和掌握了单片机的技术,并研制出自己的产品。但是,和西方一些国家的开发相比,开发手段和水平还相对较低,标准化程度不够,重复劳动较多。这些问题主要是由于单片机开发中缺乏工程化、标准化管理,缺少行业联合,在引入实时多任务操作系统(RTOS)和嵌入式系统软件工程管理后可望得到较大的改变。

嵌入式系统是信息产业走向21世纪知识经济时代的最重要的经济增长点之一,这是一个不可垄断的工业,对中国的信息产业来说充满了机遇和挑战。

嵌入式工业的基础是以应用为中心的芯片设计和面向应用的软件开发。RTOS进入嵌入式系统工业的意义不亚于历史上在机械工业采用三视图后的发展,对嵌入式软件的标准化和加速知识的创新是一个里程碑。

1.1 嵌入式系统的定义

1.1.1 从不同的角度定义

(1)技术角度:嵌入式系统是以应用为中心、计算机技术为基础,软件及硬件可裁剪,应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗和应用环境有特殊要求的专用计算机系统,是将应用程序、操作系统和计算机硬件集成在一起的系统。

(2)系统角度:嵌入式系统是设计完成复杂功能的硬件和软件,并使其紧密耦合在一起的计算机系统。术语的嵌入式反映了这些系统通常是更大系统(被称之为嵌入的系统)的一个完整子系统。嵌入式系统可以包含多个嵌入式系统。

(3)广义定义:任何一个非计算机的计算系统。

1.1.2 从不同的组织结构定义

1. IEEE 定义

嵌入式系统是“用于控制、监视或者辅助操作的机器、设备或装置”(原文为 devices used to control, monitor or assist the operation of equipment, machinery or plants)。嵌入式系统通常是执行特定功能的设备,其核心是嵌入式微处理器,嵌入式系统有严格的执行时序和稳定性要求,嵌入式系统是全自动的操作循环。

2. 微机学会定义

嵌入式系统是以嵌入式应用为目的的计算机系统。可分为系统级、板级、片级。

(1)系统级:各种类型的工控机,如 STD、PC 工业控制机,其特点为配置操作系统,系统软件及硬件资源丰富,具有很好的人机界面。

(2)板级:各种类型的带 CPU 的主板及 OEM 产品,早期单板机,如 Z80 系列等。

(3)片级:各种以单片机、DSP、微处理器为核心的产品。如以 8051 为 CPU 的系列产品、ARM 系列产品等。

广义上讲,凡是带有微处理器的专用软、硬件系统都可称为嵌入式系统,如各类单片机和 DSP 系统。这些系统在完成较为单一的专业功能时具有简洁高效的特点,但由于他们没有操作系统,管理系统硬件和软件的能力有限,在实现复杂多任务功能时,往往困难重重,甚至无法实现。

从狭义上讲,我们强调那些使用嵌入式微处理器构成的独立系统,具有自己的操作系统,具有特定功能,用于特定的场合。本书中的嵌入式系统是指狭义上的嵌入式系统。

1.2 嵌入式系统的发展历史

1.2.1 嵌入式系统的分类

嵌入式系统本身是一个相对模糊的概念,一个手持型的 MP3 和一个 PC104 的微型工业控制计算机都可以认为是嵌入式系统。

嵌入式系统的发展已经有了近 30 年的发展历史,可描述为硬件和软件交替发展的双螺旋式结构形式。最早的单片机是 Intel 公司的 8048,它出现在 1976 年。Motorola 同时推出了 68HC05, Zilog 公司推出了 Z80 系列,这些早期的单片机均含有 256 字节的 RAM、4K 的 ROM、4 个 8 位并口、1 个全双工串行口、两个 16 位定时器。在 80 年代初,Intel 又进一步完善了 8048,在它的基础上研制成功了 8051。随着硬件的发展,相应地嵌入式系统软件也在不断发展,1981 年 Ready System 开发了世界上第 1 个商业嵌入式实时内核 (VTRX32),包含了许多传统操作系统的特征,包括任务管理、任务间通信、同步与相互排斥、中断支持、内存管理等功能。随后,出现了如 Integrated System Incorporation (ISI)的 PSOS、IMG 的 VxWorks、QNX 公司的 QNX 等, Palm OS, WinCE, 嵌入式 Linux, Lynx, μ COS、Nucleux 以及国内的 Hopen、Delta OS 等嵌入式操作系统也相继出现。

在硬件方面,微处理器飞速发展的结果使嵌入式系统研究成为一门学科,并使得 8 位、16 位、32 位的嵌入式系统在不同方面得到广泛应用。在嵌入式系统的早期阶段,所有基本硬件构件相对较小也较简单,如 8 位的 CPU、74 系列的芯片及晶体管等,其软件子系统采用一体化的监控程序,不存在操作系统平台。而今天组成嵌入式系统的基本硬件构件已较复杂,如 16 位、32 位 CPU 或特殊功能的微处理器、特定功能的集成芯片、FPGA 或 CPLD 等,其软件设计的复杂性成倍增长。因此,研究嵌入式系统的设计原理及技术,掌握嵌入式系统的设计方法和开发工具是学习嵌入式系统设计的关键。

嵌入式系统从处理机的字长划分,主要有以下几种。

1. 典型的 8 位微处理系统

MCS-51 系列的单片机是 Intel 开发最成功的单片微控制器,是在低端嵌入式系统中用得最多的微处

理器,在多方面得到应用。一般基于 8051 的系统无操作系统,软件的开发主要基于裸机开发,开发以汇编语言为主,少量用 C-51。

2. 典型的 16 位微处理系统

MCS-96 系列单片机、80186 嵌入式处理机和 TI 的 16 位 DSP 芯片,支持操作系统。

3. 典型的 32 位微处理系统

ARM 系列是应用较广泛的 32 位微处理器。实际上该系列的 MCU 芯片很多,但大都以 ARM 微内核为核心的并集成不同的接口,软件开发基于嵌入式操作系统,软、硬件资源丰富;32 位 DSP 的应用也很广泛。

1.2.2 32 位嵌入控制系统

采用 32 位 RISC 嵌入式微处理器和实时操作系统组成的嵌入式控制系统近几年应用越来越广,与传统基于单片机的控制系统和基于 PC 的控制方式相比,具有以下突出优点。

1. 性能方面

采用 32 位 RISC 结构微处理器,主频从 30 MHz 到 624 MHz 以上,处理能力大大超出单片机系统,接近 PC 机的水平,但体积更小,能够真正地“嵌入”到设备中。

2. 实时性方面

嵌入式机控制器内嵌实时操作系统(RTOS),提供多任务的支持;能够完全保证控制系统的强实时性。

3. 人机交互方面

高效的 GUI 嵌入式控制器可支持大屏幕的液晶显示器,提供功能强大的图形用户界面,输入方法多种多样。

4. 系统升级方面

嵌入式控制器可为控制系统专门设计,其功能专一,成本较低,而开放的用户程序接口(API)保证了系统能够快速升级和更新;对硬件的适应性更好,具有良好的移植性,能支持尽量多的硬件平台;占有更少的硬件资源,例如,占用存储器十几 K 到几 K 字节,可靠性更高。同时,提供强大的网络功能,支持 TCP/IP 协议及其他协议,协议栈可裁剪,例如,设计成可裁剪的微内核结构和模块化结构。

1.3 嵌入式系统的特点

1.3.1 特点

1. 功耗限制

嵌入式系统中尤其是在用电池供电的嵌入式系统中,这是一个主要考虑的因素。大功耗电量直接影响到硬件费用,并影响电源寿命以及带来的散热问题。

2. 低成本

包含硬件成本和软件成本。硬件成本主要决定于所使用的微处理器、所需的内存及相应的外围芯片;软件成本通常难于预测,但一个好的设计方法有利于降低软件成本。

3. 多速率

系统同时运行多个实时性任务,系统必须同时控制这些动作,但这些动作有些速度慢,有些速度快。

4. 环境相关性

嵌入式系统不是独立的,而是与其被嵌入的设备紧密相关联。

5. 系统内核小

由于嵌入式系统一般是应用于小型电子装置的,系统资源相对有限,所以内核较之传统的操作系统要

小得多。比如 ENEA 公司的 OSE 实时 OS,内核只有 5 KB,而 Windows 的内核则要大得多。

6. 专用性强

嵌入式系统的个性化很强,其中的软件系统和硬件的结合非常紧密,一般要针对硬件进行系统的移植,同时针对不同的任务,往往需要对系统进行较大修改,程序的编译下载要和系统相结合,这种修改和通用软件的“升级”是完全不同的概念。

7. 不可垄断性

嵌入式系统工业的基础是以应用为中心的“芯片”设计和面向应用的软件产品开发。硬件平台多,软件资源丰富,无法垄断。

8. 产品相对稳定性

普通处理器的相对稳定性为 18 个月,嵌入式处理器的相对稳定性为 8~10 年。

9. 实时性

实时性的本质是任务处理所花费时间的可预测性,即任务需要在规定的时限内完成。任务执行的时间可以根据系统的软、硬件的信息而进行确定性的预测。也就是说,如果硬件可以做这件工作,那么基于实时操作系统的软件将可以确定性的做这件工作。

10. 实时系统

实时系统的正确性依赖于运行结果的逻辑正确性和运行结果产生的时间正确性,即实时系统必须在规定的时间范围内正确地响应外部物理过程的变化。嵌入式系统不等于实时系统,有些嵌入式系统没有实时性要求,下面为硬实时与软实时的区别。

(1)“软”意味着如果没有满足指定的时间约束并不会导致灾难性的后果,而对于硬实时系统来说却是灾难性的。

(2)从实践上说,软实时和硬实时之间的区别通常(隐含的和错误的)与系统的时间精度有关,由于这个原因,典型的软实时任务的调度精度必须大于 $1/1\,000\text{ s}$,而硬实时任务为微秒级。

1.3.2 嵌入式处理器的共性

(1)嵌入式处理器由通用处理器内核加上外部设备及存储器组成。

(2)嵌入式软件开发人员需要关心硬件的细节。

(3)嵌入式软件开发是在内核层编程/外层编程。

(4)嵌入式系统的开发人员,特别是系统/产品的设计师,必须掌握硬件和软件的综合知识,进行硬件系统和软件系统的综合设计。

(5)嵌入式系统的软件开发人员需要掌握多种嵌入式操作系统的用法。

(6)嵌入式系统具有操作系统、编程语言和开发工具的多样性。

(7)嵌入式系统开发时需根据应用选择软件平台和硬件平台。

(8)嵌入式系统的开发往往需要行业人员和计算机专业人员协作完成。

1.4 嵌入式系统的组成

1.4.1 嵌入式系统的结构及应用

嵌入式系统的软、硬件框架结构和嵌入式系统硬件描述,如图 1-1、1-2 所示。

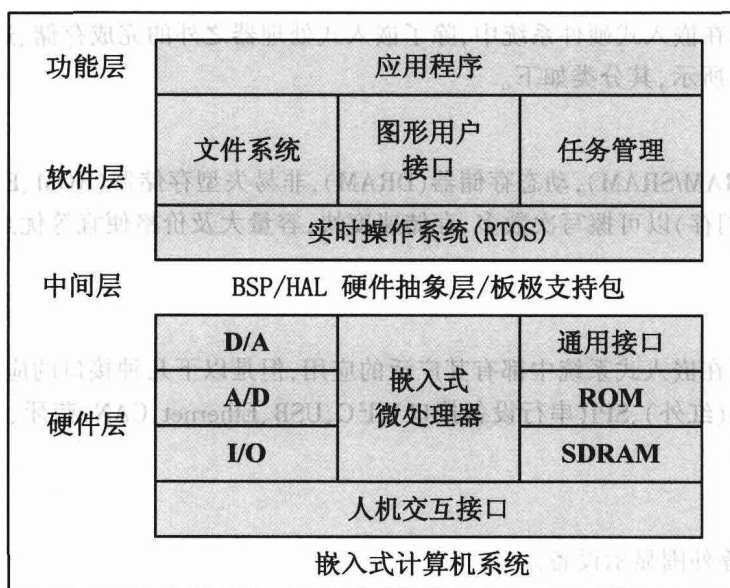


图 1-1 嵌入式系统的软、硬件框架结构

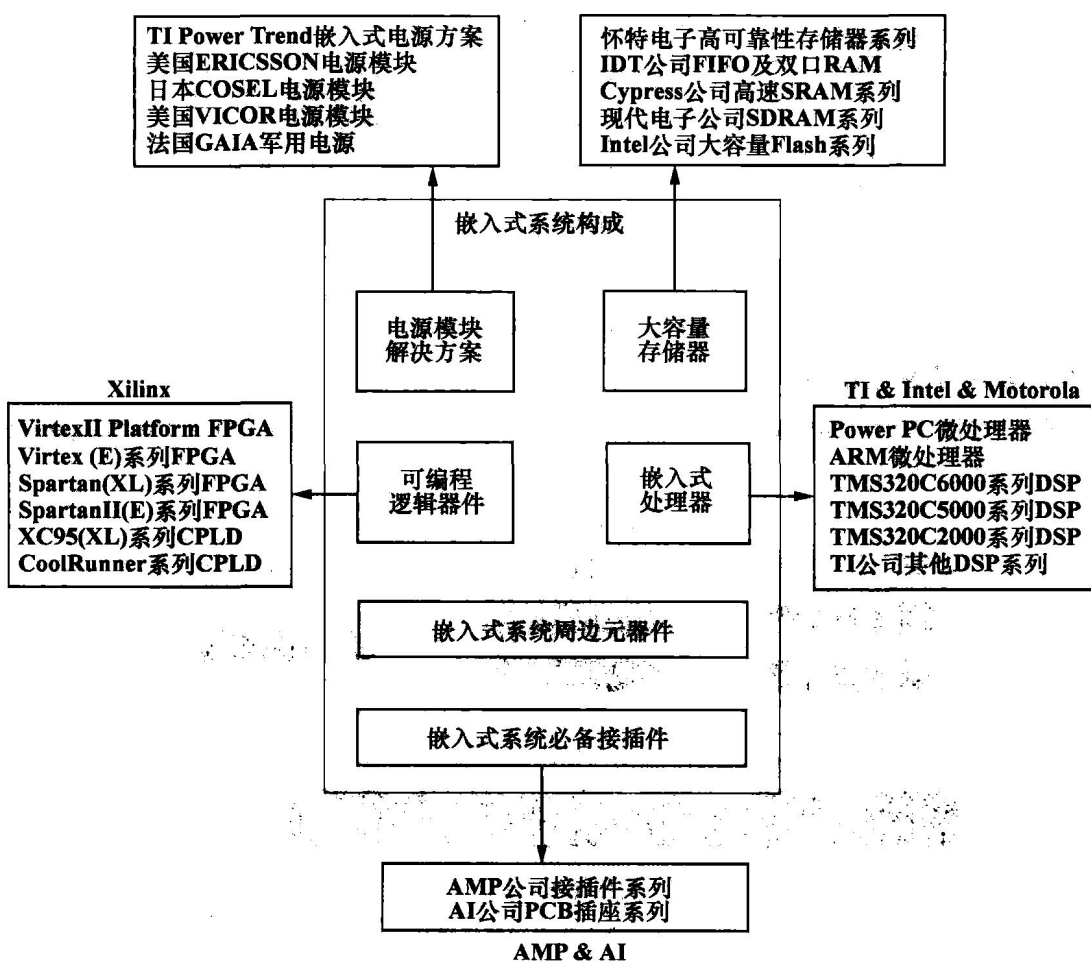


图 1-2 嵌入式系统硬件描述

1.4.2 嵌入式外围设备

嵌入式外围设备是指在嵌入式硬件系统中,除了嵌入式处理器之外的完成存储、通信、I/O、调试等功能的其他部件。如图 1-3 所示,其分类如下。

1. 存储器类型

静态易失型存储器(RAM/SRAM),动态存储器(DRAM),非易失型存储器(ROM、EPROM、EEPROM、FLASH)。其中,FLASH(闪存)以可擦写次数多,存储速度快,容量大及价格便宜等优点在嵌入式领域得到广泛的应用。

2. 接口类型

目前存在的所有接口在嵌入式系统中都有其广泛的应用,但是以下几种接口的应用最为广泛,包括 RS-232 接口(串口)、IrDA(红外)、SPI(串行设备接口)、I²C、USB、Ethernet、CAN、蓝牙、A/D、D/A、GPRS、GPS、IIS 和普通并口。

3. 显示类型

CRT、LCD 和触摸屏等外围显示设备。

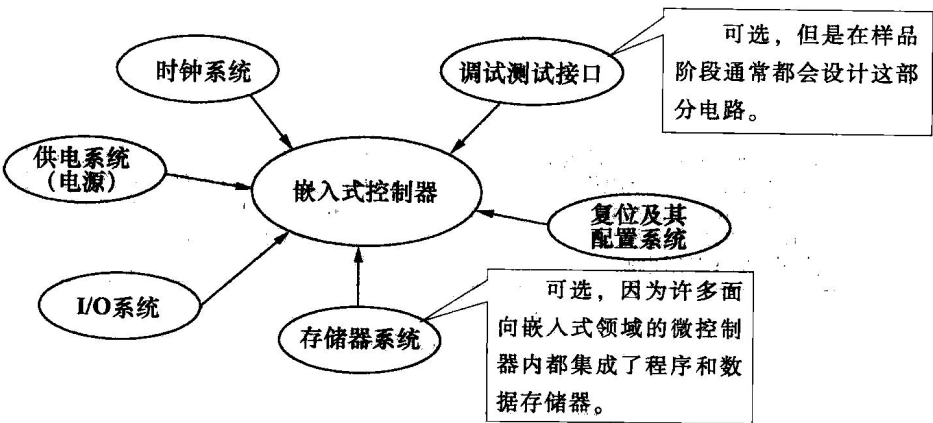


图 1-3 嵌入式系统硬件组织

1.4.3 嵌入式软件子系统的结构

嵌入式系统软件一般由 BSP(板级支持包)、EOS(嵌入式 OS)、包含网络协议栈、GUI(图形用户界面)、应用软件组成。结构如图 1-4 所示。

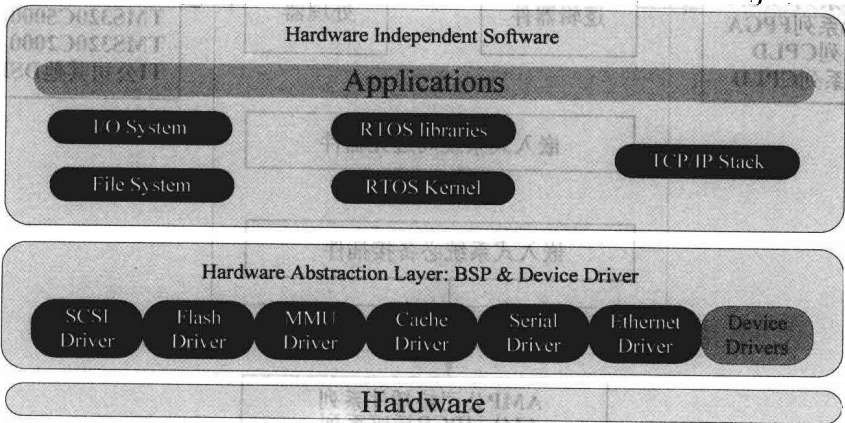


图 1-4 嵌入式系统软件结构

1.5 嵌入式系统的应用

目前嵌入式产品已深入到我们生活的方方面面。

1.5.1 嵌入式技术在个人电子通信中的应用

主要应用有 PDA、IC 卡、二代身份证、手机、MP3、MP4、数码相机、VCR、游戏机等。

1.5.2 嵌入式系统在信息家电中的应用

信息家电 (Information Appliance, IA)。一般可认为,那些低单价、操作简单、可通过因特网发送或获取信息,将逐步分割或替代 PC 的某些功能,并能与其他信息产品交换资料或信息的家电产品可统称为信息家电。

1. 信息家电的分类及特点

(1)信息家电的分类:①网络电视(NetTV);②网上游戏机(Internet gaming device);③智能掌上型设备(Internet smart handheld device);④网络电话(Internet screen phone)。

(2)信息家电技术特点:①处理器发展趋向低成本、高整合性与低耗能;②整合数字与模拟处理的技术较 PC 更强调通信能力;③利用软件增加产品的差异性(高附加价值的关键)。

2. 信息家电提供的服务

(1)安全防范:智能安防可以实时监控着非法闯入、火灾、煤气泄露、紧急呼救的发生。

(2)消费电子产品的智能控制:智能控制的消费电子产品应用十分广泛,例如可以自动控制加热时间、加热温度的微波炉,可以自动调节温度、湿度的智能空调,可以根据指令自动搜索电视节目并摄录的电视机、录像机等等。

(3)交互式智能控制:可以通过语音识别技术实现智能家电的声控功能,通过各种主动式传感器(如温度、声音、动作等)实现智能信息家电的主动性动作响应。用户还可以自己定义不同场景智能信息家电的响应。

(4)家庭信息服务:智能家庭服务器可以提供最新的股市情报、新闻、天气预报、电视节目预报,甚至当前公路上的交通流量状况,还可以自动管理用户的水电账单、银行和信用卡账户等财务信息。

(5)自动维护:智能信息家电可以通过服务器直接从制造商的服务网站上自动下载、更新驱动程序和诊断程序,实现智能化的故障自诊断、新功能自动扩展。

(6)家庭医疗保健:通过网络化的智能传感器,医院可以通过网络对用户进行身体检查。

3. 目前信息家电平台的标准

(1)HAVI(Home Audio/Video Interoperability)体系。是关于家庭网络中音频、视频电子产品的互联和控制方面的标准。它建立在 IEEE-1394 的底层协议基础上,主要实现 HAVI 设备之间的数字音频、视频内容的传送以及对该内容操作,如播放、录像、回放等。典型的 AV 内容有由信息家电平台接受的数字电视和由数字录像机、CD 等所产生的内容。互操作性是 HAVI 标准的主要特点,一个 HAVI 设备上的应用软件可以探测并直接使用联入 HAVI 网络上其他设备所提供的功能。

(2)Jini 技术。是 Sun 公司提出的基于 Java 的一项技术。它可以使各种设备方便地连到网络上。即:任何计算设施不需预先配置和安装,便可在任何时间地点加入网络,并能和网络中已有的各种软、硬件一起协调工作完成分布式计算。Jini 体系结构的目的是将成组的设备和软件构件联合成一个单一、动态的分布式系统。联合后的系统向用户提供如下能力:①简单的网络访问;②网络的易于管理;③在保持单机或工作站的灵活性、统一响应和控制的情况下,支持由系统提供的共享能力。

(3)OSGi(Open Service Gateway initiative)开发服务网关。由 Ericsson、ABB、Alcatel、Cisco、IBM、Nortel、Siemens、HP、Oracle、Philips、Sun、Motorola、Lucent 等电信、计算机、电器巨人发起建立的一个工作组和开放式的论坛。其主要的功能是为连接 Internet 上的商业服务和下一代智能电器定义一个开放的标准。因此,OSGi 将成为智能信息家电平台服务标准。OSGi 规范将为 Internet 服务提供商(ISP)、网络控制员、设备制造厂商提供通过运行在家中或远程地点的网关服务器传递各种电子商务服务的公共平台。OSGi 在 2000 年刚刚发布了它的服务网关规范 1.0。