

“十一五”高等院校规划教材



嵌入式Linux系统设计



郑灵翔 编著



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书的主要特点是注重理论联系实际,注重软硬件知识结合。全书深入浅出地介绍了嵌入式系统的相关概念、基本原理和学习嵌入式系统设计所需的软硬件基础知识,并基于最新的 2.6 内核 Linux 全面介绍了嵌入式 Linux 系统构建的流程、方法和步骤。为了帮助读者掌握嵌入式 Linux 软件的设计方法,本书还介绍了一些常用嵌入式硬件接口的应用软件设计开发方法,以及嵌入式图形界面和嵌入式 Linux 网络应用开发等。

本书可作为高校电类与非电类或软件学院相关专业硕士研究生或高年级本科生的嵌入式系统教材,也可以作为嵌入式系统开发工程师的实用参考书。

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式 Linux 系统设计/郑灵翔编著. —北京:北京航空航天大学出版社,2008.3

ISBN 978-7-81124-263-8

I. 嵌… II. 郑… III. Linux 操作系统—程序设计
IV. TP316.89

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 012203 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内容。
侵权必究。

嵌入式 Linux 系统设计

郑灵翔 编著

责任编辑 董立娟

*

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

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787 mm×960 mm 1/16 印张:20.5 字数:459 千字

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

ISBN 978-7-81124-263-8 定价:32.00 元

前言

在嵌入式系统诞生之初,或许没有人意识到它会对我们的工作与生活产生如此巨大的影响。嵌入式系统这个不起眼的小东西,却使我们生活中的各种设备拥有了智能,帮人类指挥各种设备的运作。

如今,嵌入式系统产品已无处不在,渗透到各行各业之中,并形成了巨大的需求和产业效应。由于嵌入式系统设计所特有的复杂性,嵌入式系统设计工作很难由一个人独立完成诸如硬件设计、系统支撑软件、中间件以及嵌入式应用软件等一系列设计开发工作,它们通常需由一个设计团队或产业链相关的上下游企业合作完成。在嵌入式产业链中,嵌入式软件的设计开发处于产业链的中间,起到承上启下的作用。由于嵌入式系统具有面向应用的特点,所以如何设计开发嵌入式应用系统引起了人们极大的关注。

许多初学者在踏入嵌入式系统设计与开发这个行业的门槛时往往会产生很大的困惑,到底应该如何学习嵌入式系统的设计开发?是否应该像学习单片机那样,从了解具体的单片机体系结构、学习它的汇编语言开始?作者认为嵌入式系统具有其独特的特点,从在嵌入式系统中引入嵌入式操作系统开始,它的设计开发模式便发生了很大的变化,既不同于简单的单片机应用开发,也与PC机上的软件设计开发有所不同。理所当然,嵌入式系统设计开发的学习也与单片机的学习过程不太一样。嵌入式系统的设计开发需要掌握嵌入式操作系统的一些基础知识,学会在嵌入式操作系统的支持下进行软件的设计开发。同时,由于嵌入式系统是软硬件结合较为紧密的一种特殊的计算机系统,所以其设计与开发,即便是上层的嵌入式应用软件也难免会涉及对硬件操作的编程,因而初学者必须了解一定的硬件接口知识。总之,嵌入式系统软硬件紧密结合的特点决定了嵌入式系统设计与开发的学习也必须是软硬件结合的,既要学习在嵌入式操作系统的支持下使用高级语言进行软件设计,又需要了解一定的硬件知识,掌握硬件的软件操作原理。

嵌入式系统的初学者常会遇到的另一个困惑就是学习嵌入式到底该采用什么样的硬件平

前言

台? 面对市场上数量众多的各种型号的嵌入式开发板到底该选择哪一种? 由于嵌入式系统的一个重要特点就是根据需求量体裁衣, 不同的应用具有不同的硬件需求, 其所需的处理器与外部接口可能都不一样。因而, 初学者需根据自身的需求合理选择嵌入式开发板。若只是学习基本的嵌入式软件设计开发流程, 则对开发板的硬件需求较低, 不需要选择性能太高的处理器, 对外部接口的需求也不需要太多。而对于希望从事嵌入式多媒体应用设计开发的初学者, 则需选择具有较高处理器性能的开发板, 以满足多媒体应用所需的性能需求。此外, 选择开发板时应注意开发板的接口种类, 只要能满足自身的需要即可, 并不一定要求接口数量多。换言之, 开发板的选择应根据嵌入式项目或学习的需要量体裁衣合理选择, 以取得较高的性价比, 而不应盲目追求处理器的高性能或丰富齐全的接口种类。

作者在厦门大学为研究生开设的嵌入式系统课程从原来通信工程系/电子工程系的专业选修课逐渐发展为一门面向全校工科学生的选修课。由于通信工程系/电子工程系的同学具有较好的硬件基础, 此课程原来的授课内容更偏重于结合硬件系统设计, 说明嵌入式系统底层软件的设计。在课程转变为全校性工科学生的选修课之后, 授课的对象发生了较大的变化。许多同学选修此课程的目的是为了在自己的专业领域应用嵌入式技术, 因而课程针对嵌入式应用软件设计与开发的相关内容进行了扩充。为了与广大同行分享我们的工作成果和经验, 作者对《嵌入式系统设计与应用开发》一书进行扩充和改写, 为了减轻读者负担, 细分读者群, 作者将原书的内容分为针对初学者和针对嵌入式底层驱动工程师的两部分。本书是针对初学者的, 它针对初学者学习嵌入式系统设计与开发的需求, 重点阐述嵌入式软件系统设计所需的基础知识, 以嵌入式 Linux 为基础, 说明嵌入式系统开发的步骤与全过程, 同时, 本书还强化了嵌入式 Linux 应用软件设计与开发的内容。希望本书能帮助初学者尽快踏入嵌入式系统设计与开发的殿堂。原《嵌入式系统设计与应用开发》书中与 Linux 底层软件移植和驱动开发相关的部分, 作者将对其扩充和改写后另行出版。

本书基于 2.6 内核的 Linux 讲述嵌入式软件系统的设计与应用软件的设计开发, 它的主要内容有:

- 第 1 章主要讲述嵌入式系统的一些基本概念、设计流程和发展趋势等。
- 第 2 章以 ARM 体系结构为主, 介绍嵌入式处理器的一些基本概念, 并介绍一些常见的 ARM 处理器。
- 第 3 章介绍嵌入式软件设计开发中的一些基础知识与概念。本章的主要目的是帮助嵌入式软件的初学者了解嵌入式软件设计中涉及的、一些必要的基本概念与基础知识。
- 第 4 章主要介绍 Linux 操作系统及其使用, 嵌入式 Linux 的概况。
- 第 5 章主要介绍 Linux 下的程序设计开发方法。其中, 第 4, 5 两章主要是为没有接触过 Linux 操作系统的初学者准备。

- 第6章详细介绍构建一个完整的嵌入式Linux系统的全过程,它主要包括嵌入Linux内核的配置、裁剪与编译,嵌入式Linux根文件系统的构建等。本章还说明了在开发板上运行嵌入式Linux的方法。此外,为了便于没有嵌入式开发板的初学者学习,本章还介绍一款优秀的嵌入式硬件仿真环境SkyEye及其使用方法,并介绍在SkyEye中运行嵌入式Linux和进行Linux内核调试的方法。
- 第7章详细介绍嵌入式Linux应用程序的开发与调试方法,并结合几种常用的嵌入式接口,介绍相关的嵌入式应用程序设计与开发方法。
- 第8章首先介绍嵌入式图形界面实现的基础、帧缓冲设备的操作编程,接着介绍基于Qt/Embedded图形库的、两款优秀的图形界面Qtopia和OPIE的移植和应用程序设计。
- 第9章介绍嵌入式Linux网络应用开发的方法,考虑到IPv6有可能在嵌入式设备中得到广泛的应用,本章还介绍基于IPv4的网络应用程序移植到IPv6的方法。

本书在编写过程得到了各方面无私的帮助,在此深表感谢!

厦门大学的陈辉煌老师一直都非常关心和支持本书的编写工作。本书的出版正是在他的大力支持与鼓励下完成的。

感谢厦门大学智能图像与信息处理实验室的同事洪景新、石江宏、周剑扬、汤碧玉、施海彬、吴小芳及王飞舟等老师。无论是平时的工作,还是本书的编写,他们都给了我很多的帮助。

感谢厦门大学电子工程系和通信工程系的程恩老师,肖明波老师、黄联芬老师和施芝元老师,在课程建设和本书的出版上都得到了他们热情的关心与支持。

感谢厦门大学通信工程系的陈华宾老师,厦门大学智能图像与信息处理实验室的卢敏、李佳、魏静、黄灵珠及谢思雄等同学,他们为本书的编写提供了许多帮助。

感谢热心的读者,感谢北京理工大学珠海学院计算机科学技术学院嵌入式系统实验室的刘海清老师,他为本书的编写提供了许多宝贵意见,并帮助整理了第8章内容的部分材料。

感谢北京航空航天大学出版社的马广云老师和嵌入式系统事业部主任胡晓柏先生及其他相关工作人员为本书出版所付出的辛勤劳动。

本书受福建省科技项目“通信技术及产品”重大专项支持(项目号:2007HZ0003)。

由于作者水平有限,许多问题还在摸索之中,书中难免有错误和不确切之处,敬请读者批评指正。

作 者

2008年元月于厦门大学

目 录

第 1 章 绪 论

1.1 嵌入式系统的概念	1
1.2 嵌入式系统的分类	2
1.3 嵌入式系统的组成	2
1.4 嵌入式系统设计流程	4
1.5 嵌入式技术的发展趋势	5
习题与思考题	8

第 2 章 嵌入式处理器与 ARM 体系结构

2.1 嵌入式处理器及其体系结构	9
2.1.1 冯·诺依曼和哈佛体系结构	9
2.1.2 CISC 与 RISC 体系结构	10
2.2 PowerPC 处理器	11
2.2.1 PowerPC 体系结构	11
2.2.2 飞思卡尔公司的 PowerQUICC 处理器	12
2.2.3 IBM 的 PowerPC4xx	12
2.3 MIPS 处理器	13
2.4 ARM 处理器	14
2.5 ARM 体系结构一些重要概念	16
2.5.1 处理器工作状态	16
2.5.2 处理器模式	17
2.5.3 ARM 寄存器	17
2.5.4 异 常	20
2.6 XScale 体系结构	22
2.6.1 XScale 超级流水线	23
2.6.2 协处理器	24
2.6.3 无线 MMX 指令单元	24
2.6.4 内存管理	25

目 录

2.6.5 指令高速缓存	25
2.6.6 数据高速缓存	26
2.6.7 转移目标缓冲器 BTB	26
2.6.8 写缓冲器	27
2.6.9 性能监视	27
2.6.10 电源管理	27
2.6.11 调 试	27
2.7 PXA 系列处理器	28
2.7.1 PXA255 处理器	28
2.7.2 PXA27x 处理器	30
本章小结	32
习题与思考题	32
第3章 嵌入式系统软件基础	
3.1 嵌入式程序中常见的 C 语言现象	33
3.1.1 宏定义	33
3.1.2 volatile 关键字	35
3.1.3 static 关键字	37
3.2 链表及其在 Linux 中的实现	38
3.2.1 链表简介	38
3.2.2 Linux 链表的定义	39
3.2.3 Linux 链表操作接口	40
3.3 什么是操作系统	43
3.4 操作系统发展过程	43
3.5 嵌入式操作系统	46
3.5.1 嵌入式操作系统的演化及其发展趋势	46
3.5.2 常见的嵌入式操作系统	47
3.5.3 嵌入式操作系统的选择	50
3.6 操作系统的功能	52
3.6.1 进程管理	52
3.6.2 存储器管理	55
3.6.3 设备管理	59
3.6.4 文件管理	60
本章小结	60
习题与思考题	61

第 4 章 Linux 概述

4.1 Linux 的历史	62
4.2 Linux 常见发行版简介	63
4.3 Linux 操作系统构成	64
4.3.1 总体结构	64
4.3.2 Linux 内核	64
4.3.3 根文件系统目录树结构	65
4.3.4 Shell 简介	67
4.3.5 Linux 的文件	68
4.4 Linux 基本操作	68
4.4.1 Linux 命令的使用	68
4.4.2 vi 编辑器的使用	86
4.4.3 Linux 的配置与管理相关命令	87
4.5 嵌入式 Linux 简介	88
4.5.1 自制嵌入式 Linux	89
4.5.2 商业版嵌入式 Linux	89
4.5.3 NMT RT-Linux 简介	90
4.5.4 RTAI 简介	90
4.5.5 μ Clinux 简介	91
本章小结	92
习题与思考题	93

第 5 章 Linux 程序开发简介

5.1 GNU Compiler Collection 简介	94
5.1.1 用 GCC 编译简单程序	95
5.1.2 GCC 使用简介	95
5.2 GNU make 与 Makefile 编写	98
5.2.1 Makefile 的编写	99
5.2.2 Makefile 的处理过程	100
5.2.3 Makefile 的变量	100
5.2.4 PHONY 目标	102
5.2.5 利用隐含规则简化 Makefile	103
5.2.6 make 的命令行参数	104
5.2.7 Makefile 示例	104
5.3 autoconf 和 automake 简介	105

5.3.1	使用前的准备	106
5.3.2	自动生成 Makefile 的方法	107
5.3.3	Makefile.am 的编写	109
5.3.4	自动处理复杂软件包	110
5.4	GDB/Insight 调试器的使用	112
5.4.1	GDB 调试工具简介	112
5.4.2	GDB 图形前端 Insight 简介	123
5.5	Linux 下集成开发工具的使用	130
5.5.1	Eclipse	130
5.5.2	KDevelop	134
	本章小结	137
	习题与思考题	138
第 6 章 嵌入式 Linux 开发入门		
6.1	嵌入式系统的开发模式	139
6.2	嵌入式 Linux 系统的开发流程	140
6.3	嵌入式 Linux 的构造	141
6.3.1	开发环境的安装	141
6.3.2	内核裁剪与编译	142
6.3.3	Busybox 与根文件系统的构造	148
6.4	在开发板上运行嵌入式 Linux	155
6.4.1	Linux 下的串口终端仿真程序 minicom 简介	155
6.4.2	Bootloader 简介	158
6.4.3	U-boot 烧写与使用	159
6.4.4	用 U-boot 启动嵌入式 Linux	163
6.5	嵌入式硬件仿真环境 SkyEye	171
6.5.1	SkyEye 编译安装	171
6.5.2	在 SkyEye 中运行嵌入式 Linux	173
6.5.3	利用 SkyEye 调试 Linux 内核	177
	本章小结	181
	习题与思考题	181
第 7 章 嵌入式 Linux 接口与应用开发		
7.1	嵌入式应用程序开发调试	182
7.1.1	将应用程序加入嵌入式 Linux 系统	182
7.1.2	应用程序的移植	183

7.1.3 通过 NFS 调试嵌入式应用	185
7.1.4 通过 Cross-gdb 调试程序	188
7.2 嵌入式 Web 控制接口与应用	191
7.2.1 嵌入式 Web 服务器的移植	192
7.2.2 嵌入式系统 Web 控制接口的设计	193
7.3 串口编程与 GSM 短信收发	195
7.3.1 RS-232C 串行接口标准	195
7.3.2 RS-232 串行接口通信连接方式	197
7.3.3 RS-232 串行接口编程	197
7.3.4 SMS 短信与 AT 命令	201
7.3.5 SMS 短信与 PDU	202
7.3.6 GSM 短信收发实例	207
7.4 USB 接口与应用	211
7.4.1 机械和电气标准	212
7.4.2 USB 总线拓扑结构	213
7.4.3 USB 存储设备在嵌入式系统中的应用	214
7.4.4 USB 摄像头的使用与编程	217
7.5 I ² C 总线接口与应用	222
7.5.1 I ² C 总线原理与基本操作	222
7.5.2 Linux 下 I ² C 总线的操作	224
7.5.3 利用 Linux 的 I ² C 字符设备文件接口读写 X1227 时钟芯片	227
7.6 音频接口编程	229
7.6.1 ALSA 简介	229
7.6.2 ALSA 内核配置与软件安装	230
7.6.3 ALSA API 接口简介	231
7.6.4 ALSA 录音回放	231
本章小结	235
习题与思考题	235
第 8 章 嵌入式图形用户界面	
8.1 常见的嵌入式图形用户界面	236
8.2 帧缓冲图形设备驱动接口	237
8.2.1 帧缓冲	237
8.2.2 帧缓冲编程原理	239
8.2.3 利用帧缓冲显示图像	241

8.3 Qt/Embedded 和 Qtopia 移植	244
8.3.1 Qt/Embedded 与 Qtopia 简介	244
8.3.2 Qtopia 移植	245
8.4 OPIE 移植	254
8.4.1 准备工作	255
8.4.2 OPIE 的移植	256
8.4.3 OPIE 的交叉编译与运行	258
8.5 Qtopia 与 OPIE 应用程序设计	260
8.5.1 基于 Qt/Embedded 的应用程序设计	260
8.5.2 在 Qtopia 与 OPIE 桌面添加应用程序	264
8.6 Qt/Embedded 应用软件的国际化和中文化	265
8.6.1 Qt/Embedded 应用程序的 I18N 支持与中文化	265
8.6.2 Qtopia 和 OPIE 的中文化	267
本章小结	268
习题与思考题	268
第 9 章 嵌入式 Linux 网络应用开发	
9.1 TCP/IP 和 Linux 网络简介	269
9.2 Linux 套接字编程接口介绍	271
9.3 基于 IPv4 协议 Socket 编程	273
9.3.1 基于 TCP 的 Socket 编程	273
9.3.2 基于 TCP Socket 的应用实例——猜数字游戏	276
9.3.3 基于 UDP 的 Socket 编程	279
9.3.4 基于 UDP Socket 的应用实例——服务查询	281
9.4 IPv6 网络应用程序开发	284
9.4.1 IPv6 简介	284
9.4.2 IPv4 程序移植到 IPv6 的方法	286
9.5 IPv4 到 IPv6 程序移植实例	291
9.5.1 基于 TCP Socket 的猜数字游戏程序移植	291
9.5.2 基于 UDP Socket 的服务查询程序移植	294
本章小结	300
习题与思考题	300
附录 基于 μ Clinux 的嵌入式开发	301
参考文献	313

第 1 章

绪 论

嵌入式技术是计算机技术、半导体技术和微电子技术等多种先进技术的融合。在所谓的后 PC 时代,随着计算机和通信技术的飞速发展,互联网的迅速普及和 3C 融合的加速,嵌入式技术成为新世纪最有生命力的技术之一,得到了飞速发展和广泛应用。它通过在各个行业的具体应用渗透到社会生活的各个角落。从日常用品到工业生产、军事国防、医疗卫生、科学教育乃至商业服务等方方面面,从小到个人身上的手机、MP3、PDA,大到汽车、飞机、导弹,嵌入式系统的身影已经无所不在。

1.1 嵌入式系统的概念

随着现代计算机技术的飞速发展,逐渐形成了计算机系统的两大分支:通用计算机系统和嵌入式计算机系统。通用计算机系统的硬件以标准化形态出现,它通过安装不同的软件满足各种不同的要求。通用计算机最典型产品就是 PC 机,市场上买到的 PC 机硬件都大同小异,只是根据不同的应用需求,安装的软件有所差别。而嵌入式计算机系统则是根据具体应用对象,软硬件采用量体裁衣方法定制的,不以一般计算机形态出现的、专用的计算机系统。

通用计算机系统采用标准化的设计,采用通用的 CPU 和大容量的外部存储设备,可进行高速、海量的数据处理。嵌入式系统与通用计算机系统一样,也是一种计算机系统,具有计算机的一般特点,拥有中央处理器、存储设备及输入输出设备等。但是嵌入式系统不以一般的计算机形态出现。它服务于所嵌入的应用对象,其功能、可靠性、成本、尺寸及功耗等方面受到应用需求及应用对象的制约。从嵌入式系统所运行的软件看,嵌入式系统的软件固化在硬件系统中,与硬件形成一个不可分割的整体。它所执行的功能也是面向特定的应用,同一个嵌入式硬件系统一般很难采用更改软件的方法用于其他领域。这就意味着,嵌入式系统是一种专用的计算机系统,不可能像通用计算机那样只要更改应用软件就可以

第1章 绪论

适用于不同的应用,其软硬件系统的设计应根据需要量体裁衣,去除冗余,降低成本。也就是说,从资源的使用角度看,嵌入式计算机系统是计算机能力和数据存储能力等资源受限的计算机系统,其外形、尺寸、功能及功耗等都受限于应用对象的设计需求,因而不可能有一个标准化的设计。嵌入式系统最大的特点也就在于此,它的系统构成多种多样,需要根据具体应用量身定制。

1.2 嵌入式系统的分类

根据不同的分类标准,嵌入式系统有不同的分类方法,根据嵌入式系统的复杂程度,可以简单分为:

① 简单嵌入式系统。简单嵌入式系统很早就已经存在,这些嵌入式系统一般都很简单,系统软硬件复杂度都很低。例如,常用的单片机系统和 DSP 系统等就是这类简单的嵌入式系统。

② 复杂嵌入式系统。随着复杂控制、汽车电子、医疗仪器、数字通信、Internet 网络应用和信息家电等复杂需求的出现,简单的嵌入式系统已无法满足需求。为了满足日益复杂的软硬件需求,出现了以 32 位 SoC(System on Chip)为硬件核心,以嵌入式操作系统的使用为标志的现代的、复杂的嵌入式系统(现在所说的嵌入式系统一般指的就是这种复杂的嵌入式系统)。这类系统硬件集成度高,外部接口众多,软件功能丰富,系统的复杂性大大增加。

虽然简单的嵌入式系统出现较早,但它并没有随着复杂的嵌入式系统出现而消亡。复杂嵌入式系统有更强大的功能,但是在嵌入式系统的世界里,并没有出现通用计算机世界所出现的新一代功能更强大的计算机淘汰老一代的情况。这是因为嵌入式系统的一个重要特点,就是根据需求量体裁衣,在对复杂嵌入式系统需求不断增加的同时,对简单嵌入式系统的需求依然旺盛。

1.3 嵌入式系统的组成

从组成上看,嵌入式系统可分为嵌入式硬件系统与嵌入式软件系统两大部分,如图 1-1 所示。

嵌入式硬件系统主要由嵌入式处理器及相关支撑硬件和外围电路等组成。其中,嵌入式处理器在嵌入式硬件系统中处于核心地位,按照功能和用途划分,它可以进一步细分为以下几种类型:嵌入式微控制器(Embedded Microcontroller)、嵌入式微处理器(Embedded Microprocessor)和嵌入式数字信号处理器(Embedded Digital Signal Processor)。

嵌入式软件系统通常可划分为嵌入式操作系统和应用软件两部分。在一些复杂的系统中,为了简化应用开发,还提供了—个中间层(嵌入式中间件层)。在早期的嵌入式系统中,系统的复杂性较低,这时的嵌入式系统通常不使用操作系统,而是由应用程序控制和管理硬件。例如,现在还大量存在的基于8位单片机的系统,一般仅完成一个单一的控制功能,其功能与硬件复杂度都较低,其软件通常都只有一个简单的控制程序。在这类简单系统中没有使用操作系统的必要。随着技术的进步与复杂需求的出现,嵌入式系统进入了一个新的阶段。这个阶段的嵌入式系统硬件大多采用了32位的嵌入式SoC处理器,软件系统则增加了嵌入式操作系统。

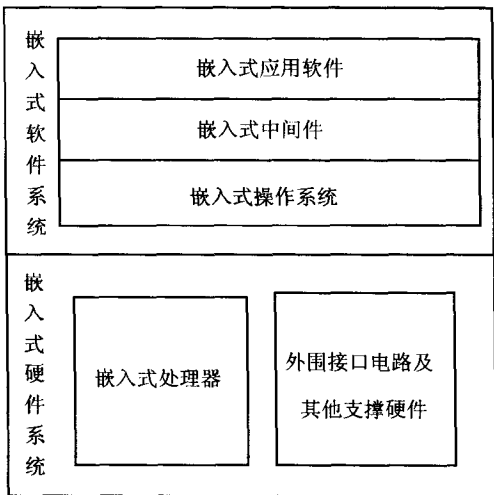


图 1-1 嵌入式系统组成

从图 1-1 可以看出,操作系统处于上层软件与嵌入式硬件系统的中间,在整个嵌入式系统中处于重要的地位,起着至关重要的作用。它负责控制与管理嵌入式硬件系统,将硬件的复杂性隐藏起来,为上层软件设计提供一个统一易用的应用程序编程接口,以降低应用软件开发复杂性。同时,作为嵌入式系统软硬件资源的管理者,它负责系统软硬件资源的调度与分配,保证系统资源被有效合理地使用。总而言之,嵌入式操作系统的出现与使用是嵌入式系统发展过程中的一个重要的里程碑,它掩盖了底层硬件的复杂性,提高了软件的开发效率和软件的可维护性。

现代的嵌入式系统(例如手机)的功能与硬件复杂度较原有的单片机系统大大增加,同时软件开发的复杂度也大大提高。这类复杂系统已无法使用原来单片机的开发方法实现,其开发模式发生了很大的变化。单片机的开发通常是由一个电子工程师完成电路设计和单片机软件编程仿真调试开发等工作;嵌入式系统的开发主要是属于电子工程领域的开发,它主要的工作是硬件设计的工作,软件的工作量并不大。但是,对于复杂的嵌入式系统,它的开发模式发生了极大的改变。一个复杂的嵌入式系统不仅硬件系统的开发比单片机复杂了许多,更重要的是在该系统中采用了嵌入式操作系统,其应用软件的开发转变为使用操作系统标准接口的计算机工程领域的应用软件开发。总之,复杂嵌入式系统的开发模式已从原来单片机时代电子工程领域的开发转变为电子工程和计算机工程的协同开发。一个复杂嵌入式系统的开发不仅需要完成嵌入式硬件系统的开发,也要完成嵌入式应用软件的开发,甚至嵌入式操作系统的移植开发。

1.4 嵌入式系统设计流程

嵌入式系统设计过程与一般的工程设计方法没有太大的差别,都有需求分析、系统设计、系统集成以及系统测试等流程。为了加快嵌入式系统的开发,通常可以采用软硬件并行设计的方法,如图1-2所示。

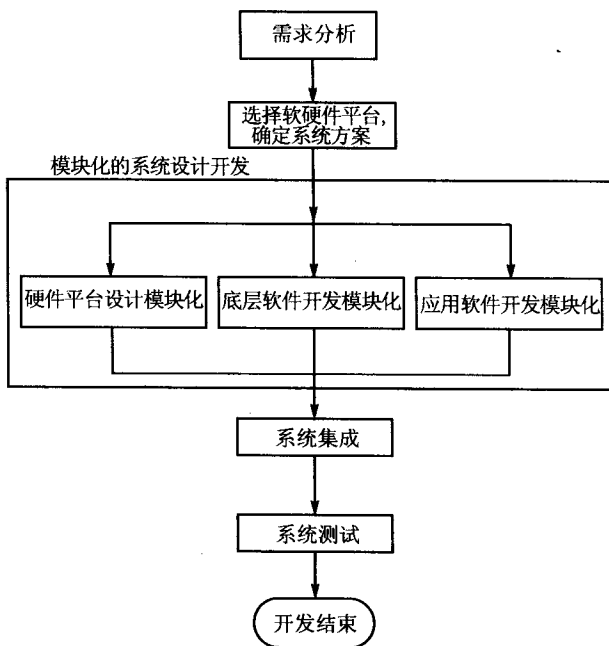


图 1-2 软硬件并行设计的嵌入式系统设计流程

嵌入式系统项目的需求分析主要是根据应用需求确定要解决的问题及需要达到的目标,并将这些应用需求转变为嵌入式系统的系统需求,确定该嵌入式系统在性能、存储容量和所需的外设等设计限制条件。

完成需求分析后,接下来的工作就是根据需求分析得出的设计限制条件选择系统的软硬件平台,确定整个系统的方案。通常情况下,软件平台与硬件平台联系十分紧密,它们的选择是相互影响、相互限制的,因此,在软硬件平台的选择过程中应综合考虑软硬件平台两方面的各种因素。在硬件平台的选择中,处理器的选取是最重要的,它是嵌入式系统的核心部件。选择合适的处理器对实现用户需求、提高系统性能、降低系统成本和缩短开发周期都是十分重要的。通常,设计者在选择处理器时可以综合考虑所需的处理器性能,是否有集成了合适的外围

设备功能,处理器的功耗和封装等技术指标以及是否有良好的软件支持等。在软件平台的选择中,主要是选择一个合适的嵌入式操作系统,这通常应根据应用需求综合考虑硬件条件、开发人员的技能及可用的开发工具等各个方面的因素进行选择。

在选定软硬件平台并确定系统的总体方案后,接下来的工作就是系统的设计开发阶段。对于一些小规模的系统,软硬件系统设计工作常采用串行的设计方法,先完成硬件开发,再完成软件开发。但是在规模稍大的嵌入式系统设计中,这种方法就不太适用了。一般稍具规模的嵌入式系统的设计常需要耗费好几年的时间,整个系统的设计往往都是一个系统性的工作,需要多个技术人员分工合作、协同实现。为了加快项目的速度,可以将系统的各个部分(如硬件平台、底层软件和应用软件)细分为多个模块,采用模块化的并行设计流程完成软硬件系统的设计开发工作。在现代的嵌入式项目中,软件所占的比重越来越大,复杂度越来越高,而硬件的开发周期又较长,采用这种模块化的并行设计方法可以有效缩短项目的开发周期。

1.5 嵌入式技术的发展趋势

最初嵌入式系统多用于工业控制领域,它对嵌入式系统要求较低,那时的嵌入式系统处理器运算速度较低,系统结构和功能都相对简单。进入20世纪90年代后,以计算机和软件为核心的数字化技术取得了迅猛发展,不仅广泛渗透到社会经济、军事、交通及通信等相关行业,而且深入到家电、娱乐、艺术及社会文化等各个领域,掀起了一场数字化技术革命。随着后PC时代的到来,嵌入式系统成了这场数字革命的主角之一得到了广泛的应用。

根据VDC公司的调查,当前占据主要市场份额的嵌入式应用主要有消费类电子产品、电信和数据通信类产品、军事和航空领域应用、汽车电子类产品、工业自动化类应用、医疗电子类和办公自动化类产品。

目前,消费类电子产品增长最快的是手持式音视频设备、IP机顶盒以及数字影像设备(如数码相机和便携式摄像机)等。这些数字消费类电子产品的出现和发展,极大丰富了人们的生活。数字技术蓬勃发展,已经覆盖和渗透到我们生活中的各个领域,为消费者带来了丰富多彩的数码新产品和前所未有的视听享受。在数字化潮流的推动下,数字消费电子与多媒体应用已成为当前信息家电发展的主流,将更丰富、更高品质的数字内容整合到更多样化的产品中,并通过硬件、软件、内容及服务等方面有机链接成一个网络已经成为必然趋势。

数据通信类产品增长最快的是无线类手持式设备和家庭网关等。短短的10年时间,经过一系列技术革新,移动通信系统完成了从模拟到GSM再到GPRS、CDMA的飞跃,向3G迈进的趋势也已清晰可见。由此可见,在移动语音通信大范围普及的前提下,移动数据通信市场正成为电信运营商和设备制造商关注的黄金市场。随着信息社会的发展,网络和信息家电越来越多地出现在人们的生活中。人们普遍要求将家庭内的所有家用电器与互联网连接起来,在

第1章 绪论

家庭范围内实现信息设备、通信设备、娱乐设备、家用电器、自动化设备、照明设备、水电气热表设备、家庭保安监控及求助报警设备等的互联和管理,以及数据和多媒体信息共享,以实现家庭内部信息与家庭外部信息的交换,通过网络为人们提供各种丰富、多样化、个性化、方便、舒适、安全和高效的服务。

汽车电子设备包括汽车的控制、驱动、安全、显示、通信以及娱乐等。随着信息技术在汽车领域的深度应用,汽车正发生革命性变化,从汽车燃油、控制系统,到底座、车载及行驶调度系统等都在通过信息技术实现智能化。随着消费者对汽车智能化、电子化、信息化、网络化要求逐步提高,综合计算机、通信、控制、微电子及电子传感器等技术的嵌入式设备将逐步融入汽车,使汽车由传统意义上的机械产品向高新技术产品演进。

总之,随着以计算机技术、通信技术和软件技术为核心的信息技术的迅猛发展,嵌入式技术各个领域得到了广泛的应用,在需求的推动下,它展现出了一些新的发展趋势。

1. 嵌入式系统硬件集成化发展——SoC

嵌入式系统,特别是MCU的出现与普及,使传统电子系统全面进入了现代电子系统。电子系统追求的目标就是最大限度地简化电路设计,并获得整体产品系统的可靠性和稳定性等品质指标。随着微电子技术 with 集成电路工艺技术的不断发展和集成度的大幅度提高,将整个嵌入式系统集成在单一芯片上,即片上系统(SoC)已成为现实。SoC作为系统集成电路,能在单一硅芯片上实现信号采集、转换、存储、处理和I/O等功能,将数字电路、存储器、MPU、MCU及DSP等集成在一块芯片上实现一个完整系统的功能。它将电路系统设计的可靠性及低功耗性等都解决在IC设计中,把过去许多需要系统设计解决的问题集中在IC设计中解决。而且随着现场可编程技术的发展,SoC还将走入用户可重构的时代,用户可以根据需要动态地更改SoC的功能。更强的功能、更低的成本、更小的体积、更好的可靠性和更灵活的配置,使得SoC成为新一代应用电子技术的核心,它是当今超大规模集成电路发展的趋势和21世纪集成电路技术的主流。

2. 嵌入式操作系统得到快速发展

作为嵌入式系统灵魂,嵌入式操作系统是随着嵌入式系统的发展而出现的,它是嵌入式系统发展到一定阶段的产物,是嵌入式处理器性能提高和硬件复杂度增加的必然结果。在嵌入式系统发展的早期,嵌入式处理器的性能较低,系统资源较少,系统所需的功能简单,操作系统的使用并不流行。随着半导体工业的发展,嵌入式系统硬件性能得到了很大的提高,嵌入式处理器从8位、16位发展到32位甚至64位,系统的硬件功能越来越强大,接口也越来越复杂,在一个小小的嵌入式系统中就包含了串口、网络接口、USB控制器及LCD控制器等各种各样的外围设备,在这样复杂的系统中,若不使用操作系统,其开发的难度将大大增加。如果每增加一个新的功能就要重新进行系统设计,重新人为分配系统资源,这将使开发成本大大增加,甚至导致项目失败。嵌入式操作系统的出现,大大提高了嵌入式系统开发的效率,改变了以往