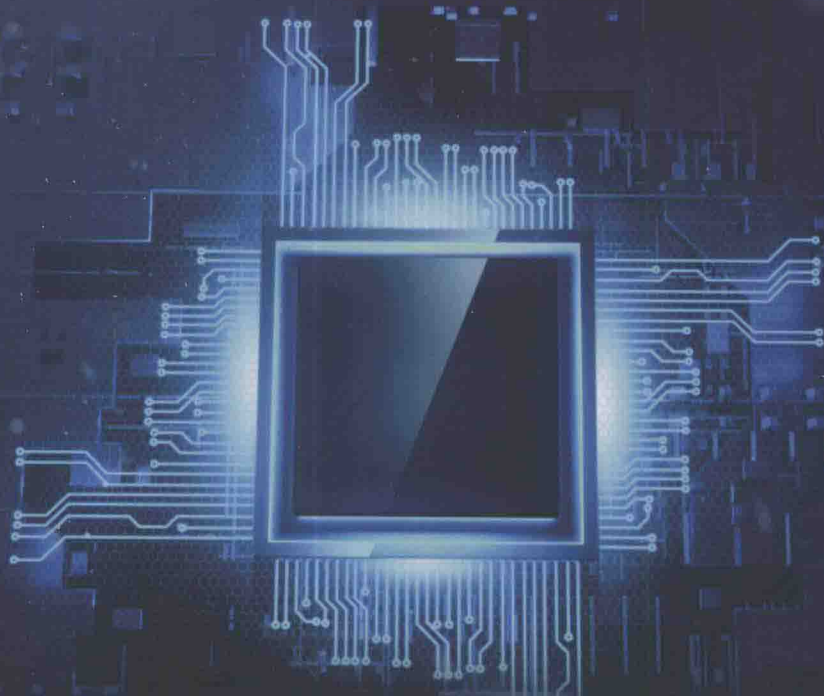




QIANRUSHIXITONGSHEJIIJIYINGYONG



应用型本科信息大类专业“十三五”规划教材

嵌入式系统设计及应用

韩洁 姚敏 高宇鹏 © 主编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



应用型本科信息大类专业“十三五”规划教材

嵌入式系统设计及应用

主 编 韩 洁 姚 敏 高宇鹏

副主编 王 瑞 刘 丽 黄向宇 江连海



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

从家用电器产品到汽车、火车和飞机的安全控制系统;从智能手机到 PDA(掌上电脑);从机械加工到生产线上的机器人、机械手;从航天飞机、载人飞船,到水下核潜艇,到处都有嵌入式系统和嵌入式技术的应用。可以说嵌入式技术是信息技术的一个新的发展,也是当前最热门的技术之一。

本书共分 10 章,主要包括以下几个部分的内容:①嵌入式系统的特点和发展情况;②ARM 技术和三星 S3C2440A 处理器结构;③ARM 汇编编程基础知识和 ARM 开发调试环境;④S3C2440A 处理器的时钟与电源管理单元,存储结构和相关存储器的使用,I/O 端口与中断控制器的使用,串行通信接口 UART 模块、IIC 总线接口和 SPI 总线接口的使用,以及 LCD 显示器接口的使用;⑤嵌入式 Linux 开发的流程和实例。

本书内容充实,体系完整,重点突出。阐述循序渐进,由浅入深。各章均安排了丰富的例题和习题,便于学生的学习。

为了方便教学,本书还配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网注册并浏览,任课教师还可以发邮件至 hustpeiit@163.com 索取。

本书可作为高等院校电子信息工程、通信工程、物联网工程、自动控制、电气自动化、计算机科学与技术等专业进行嵌入式系统教学的教材,也可作为工程技术人员进行嵌入式系统开发与应用的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式系统设计及应用/韩洁,姚敏,高宇鹏主编. —武汉:华中科技大学出版社,2019.2

应用型本科信息大类专业“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5680-4980-1

I. ①嵌… II. ①韩…②姚… ③高… III. ①微型计算机-系统设计-高等学校-教材 IV. ①TP360.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 034688 号

嵌入式系统设计及应用

Qianrushì Xìtóng Shèjì jì Yìngyòng

韩 洁 姚 敏 高宇鹏 主编

策划编辑:康 序

责任编辑:狄宝珠

封面设计:抱 子

责任监印:朱 玢

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

电话:(027)81321913

邮编:430223

录 排:武汉三月禾文化传播有限公司

印 刷:武汉市籍缘印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:15

字 数:384 千字

版 次:2019 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:38.00 元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前言

PREFACE

随着移动通信技术、物联网及云计算等新一代信息技术的迅猛发展,很多传统产业都开始出现新的发展。我们发现这些新的信息技术构成及其内涵,嵌入式系统技术作为新兴技术的发展基础其身影无处不在。从随身携带的 mp3、语言复读机、手机、PDA 到家庭之中的智能电视、智能冰箱、机顶盒,再到工业生产、娱乐中的机器人,无不采用嵌入式技术。

本书共分为 10 章。

第 1 章嵌入式系统概述介绍了嵌入式系统的特点和应用领域;第 2 章 ARM 技术与处理器体系结构重点讲述了 ARM 技术和 ARM 与 Thumb 工作状态下寄存器的结构,还介绍了 ARM920T 内核和处理器的结构;第 3 章 ARM 指令与汇编语言程序设计讲解了 ARM 汇编指令和汇编程序实例;第 4 章 ARM 集成开发环境介绍了常用的两种集成开发环境以及调试的方法;第 5 章时钟控制模块讲述了时钟模块配置的方法和电源管理的模式,重点介绍了 PWM 定时器和看门狗定时器以及实时时钟 RTC 模块的使用方法;第 6 章存储控制器模块讲述了嵌入式系统存储器结构和两种启动方式,重点介绍了 SDRAM 接口电路连接、Nor Flash 存储器和 Nand Flash 接口连接方法;第 7 章 I/O 端口与中断控制器模块介绍了 I/O 端口操作方法,以及中断控制器的配置实例;第 8 章串行通信接口模块介绍了常用的 UART 接口、IIC 总线和 SPI 总线控制器的使用方法;第 9 章讲述了 LCD 控制器及其应用;第 10 章介绍嵌入式操作系统 Linux 的实践。

本书的主要特点如下。

(1) 通俗易懂:满足应用型本科能力培养的需要,重点介绍了 ARM 处理器的接口电路的使用,对实践中用到的开发环境和调试方法进行讲述,每个章节尽可能简述实例的应用。

(2) 体系完整:从 ARM 技术和汇编指令编程开始介绍,进一步到具体芯片的应用最后是系统的搭建和介绍了一个完整应用例程,涵盖了嵌入式系统的主要技术。

(3) 技术面广:由基础理论到系统的实现,包括底层 ARM 技术,处理器使用,开发和调试环境的使用,嵌入式 Linux 系统交叉开发调试环境搭建和嵌入式

驱动的开发例程的流程讲解。

本书由武昌首义学院韩洁、武汉东湖学院姚敏、山西农业大学信息学院高宇鹏担任主编，由哈尔滨远东理工学院王瑞、武昌首义学院刘丽和黄向宇、青岛理工大学琴岛学院江连海担任副主编。其中，第2章、第3章、第5章、第6章至第8章由韩洁编写，第4章由姚敏编写，第10章中10.1至10.3小节由高宇鹏编写，第9章中9.6至9.10小节由王瑞编写，第9章中9.1至9.5小节由刘丽编写，第1章由黄向宇编写，第10章中10.4至10.6小节由江连海编写。

在本书的编写过程中，我们力图全面反映嵌入式技术各方面的知识、理论、技术和实践经验。

同时在编写本书过程中编者尽量做到注重对学生综合应用能力的培养和训练，并注重理论联系实践，相关知识点尽可能做到深入浅出，在内容的组织和编写方法上力求新颖，在语言上力求通俗易懂。但由于编者水平有限，有待今后进一步完善。书中难免存在不妥和错误之处，恳请读者不吝赐教。

为了方便教学，本书还配有电子课件等教学资源包，任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网注册并浏览，任课教师还可以发邮件至 hustpeiit@163.com 索取。

编 者

2018 年 12 月

目
录

CONTENTS

第 1 章 嵌入式系统概述	1
1.1 嵌入式系统的发展历史及定义	1
1.2 嵌入式系统特点及组成	2
1.3 嵌入式系统应用领域及发展趋势	4
1.4 嵌入式系统开发流程	7
1.5 Linux 内核介绍	8
1.6 本章小结	10
1.7 本章习题	10
第 2 章 ARM 技术与处理器体系结构	11
2.1 ARM 体系结构的发展历程	11
2.2 ARM 技术	13
2.3 ARM 状态下的寄存器构成	16
2.4 Thumb 状态下的寄存器的构成	19
2.5 ARM 中断与异常	19
2.6 基于 JTAG 的 ARM 系统调试	22
2.7 ARM 流水线技术	22
2.8 ARM 处理器系列	22
2.9 ARM920T 核	23
2.10 S3C2440A 微处理器概述	24
2.11 本章小结	28
2.12 本章习题	28
第 3 章 ARM 指令与汇编语言程序设计	29
3.1 ARM 汇编语言程序框架	29
3.2 ARM 指令简介	29
3.3 ARM 处理器的寻址方式	32

3.4	ARM 处理器的指令集	35
3.5	ARM 汇编器支持的符号与指示符	46
3.6	ARM 汇编器支持的伪指令	56
3.7	ARM 汇编语言程序设计	58
3.8	汇编语言与 C 语言的混合编程	61
3.9	本章小结	64
3.10	本章习题	64
第 4 章	ARM 集成开发环境	66
4.1	RealView MDK 环境介绍	66
4.2	ULINK2 仿真器简介	66
4.3	RealView MDK 的使用	67
4.4	ADS1.2	68
4.5	本章小结	76
第 5 章	时钟控制模块	77
5.1	系统时钟与电源介绍	77
5.2	PWM 定时器	89
5.3	看门狗定时器	97
5.4	RTC 定时器	101
5.5	本章小结	108
5.6	本章习题	108
第 6 章	存储控制器模块	109
6.1	概述	109
6.2	SDRAM 接口电路	120
6.3	Nor Flash 接口电路	125
6.4	Nand Flash 接口电路	126
6.5	本章小结	130
6.6	本章习题	130
第 7 章	I/O 端口与中断控制器模块	131
7.1	I/O 端口描述	131
7.2	I/O 端口控制	136
7.3	中断控制器	143
7.4	综合应用实例	156
7.5	本章小结	161
7.6	本章习题	162
第 8 章	串行通信接口模块	163
8.1	UART	163
8.2	IIC 总线接口	173

8.3	SPI 总线接口	183
8.4	本章小结	188
8.5	本章习题	188
第 9 章	LCD 控制器及其应用	189
9.1	液晶显示器控制器概述	189
9.2	S3C2440A LCD 控制器的特点和接口信号	189
9.3	S3C2440A LCD 控制器组成	190
9.4	LCD 控制器操作	191
9.5	LCD 电源允许(STN/TFT)	193
9.6	LCD 控制器特殊功能寄存器	194
9.7	LCD 接口电路设计	202
9.8	LCD 控制器编程举例	202
9.9	本章小结	205
9.10	本章习题	205
第 10 章	嵌入式操作系统实践	206
10.1	嵌入式 Linux 开发环境简介	206
10.2	编译实例	207
10.3	Linux 内核裁剪与编译	209
10.4	设备底层驱动的开发	216
10.5	PWM 蜂鸣器驱动及控制举例	224
10.6	本章小结	231
参考文献		232

第1章

嵌入式系统概述



1.1 嵌入式系统的发展历史及定义

人类进入 21 世纪,随着移动通信技术、物联网及云计算等新一代信息技术的迅猛发展,很多传统产业都开始出现新的发展。我们发现这些新的信息技术构成及其内涵,嵌入式系统技术作为新兴技术的发展基础其身影无处不在。

1.1.1 嵌入式系统的发展历史

嵌入式系统的产生可以追溯到 20 世纪的 70 年代,从英特尔公司推出的第一片可编程四位微处理器 4004 开始,目前有上千种型号各种类型的微处理器在实际生活中被大规模应用。

嵌入式系统发展的初级阶段是以单片机的形式出现的。20 世纪 70 年代单片机的出现,使得汽车、家电、工业机器、通信装置以及成千上万种产品可以通过内嵌电子装置来获得更佳的使用性能。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一些低容量的存储器和简单的内部功能模块。在 20 世纪 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。8051 单片机的出现是嵌入式技术发展历史上的一个里程碑式的事件。迄今为止,51 系列的单片机仍然是最为成功的单片机芯片,在各种产品中有着非常广泛的应用。

51 系列单片机处理的数据字长是八位的,其内部资源也相对有限,进入 21 世纪,蓬勃发展的信息技术使得应用系统对于核心智能部件的数据处理、计算及控制能力要求越来越高,51 单片机已无法满足这种巨大的市场需求,由此,嵌入式计算机也就快速的由 8 位处理器过渡到 16 乃至 32 位处理器占据应用主流的时代,目前在市场上,以 ARM、POWERPC、MIPS 等系列的 32 位嵌入式微处理器已经成为市场主流,同时,嵌入式计算机技术仍在向更高、更快、更强的方向迅猛发展,64 位及多核并行处理器的年代即将到来。

微电子产业目前已成为许多国家优先发展的产业。以超深亚微米工艺和 IP 核复用技术为支撑的系统芯片技术是国际超大规模集成电路发展的趋势和 21 世纪集成技术的主流。嵌入式系统正是集成电路发展过程中的一个标志性成果,它把计算机直接嵌入到应用系统中,融合了计算机软/硬件技术、通信技术和微电子技术,是一种微电子产业和信息技术产业的最终产品。

1.1.2 嵌入式系统的定义

那么到底如何给嵌入式系统一个明确的定义呢?这里可以从以下两个角度来理解嵌入式系统的内涵。

1. 从应用对象的角度

根据 IEEE(国际电气和电子工程师协会)的定义,嵌入式系统是“用于控制、监视或者辅助操作机器和设备的装置”(原文为 devices used to control, monitor, or assist the operation of equipment, machinery or plants)。

2. 从计算机技术应用的角度

嵌入式系统是指以应用为中心,以计算机技术为基础,软硬件可减裁,适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积和功耗等严格要求的专用计算机系统。

这是目前国内普遍认同的定义。它体现了“嵌入、专用性、计算机”的基本要素和特征。

嵌入式系统即时一个复杂系统的一部分,即系统中的系统,负责完成某部分特定功能,但不具备完整的系统功能。例如汽车电子控制系统就是一个很复杂的电子控制中枢系统,它包含了几十个功能模块,每个功能模块都是一个独立的嵌入式系统,完成一种独立的子功能。实际上在汽车这样复杂的控制系统里常常会有几十颗嵌入式微处理器存在。

嵌入式系统也是作为一个独立的系统存在,可实现独立完整的功能。例如,人们常随身携带的 mp3 播放器,由一颗嵌入式微处理器、音频编解码模块及液晶显示屏组成,可以完成 mp3 等数字音频格式的乐曲播放。这里的“嵌入”我们可以理解成播放软件嵌入到微处理器,使其具备了智能播放能力。



1.2 嵌入式系统特点及组成

嵌入式系统与通用计算机系统既有相似之处(运算器,控制器,存储器,输入/输出设备),也有明显区别。

1. 嵌入式系统的特点

嵌入式系统是应用于特定环境下执行面向专业领域的应用系统,所以不同于通用型计算机系统应用的多样化和实用性。它与通用计算机相比具有以下特点。

1) 专用性强

嵌入式系统面向特定任务针对特定应用环境而设计的电子装置,其使用的处理器大多是为特定用户群体设计的专用处理器,软件系统和硬件的结合非常紧密,一般要针对硬件进行软件的系统移植。

2) 系统精简

和通用 PC 系统比较起来,嵌入式系统的内部资源还是相对有限的,不管是 CPU 工作频率还是系统存储空间都会受到限制,不可能无止境地提高,因此嵌入式系统的软件硬件必须高效率设计,软/硬件裁减到最佳,控制系统成本,也利于实现系统安全。

3) 软件代码固化存储

为了提高程序执行速度和系统可靠性,嵌入式系统的目标代码通常固化于非易失性存储器(EEPROM 和 Flash)芯片中,而不存储于外部磁盘等载体中。

4) 要求高可靠性

嵌入式系统运行环境千变万化,个体差异很大,常常需要系统能在较为严酷的环境下正常工作,这就要求设计者必须保证系统的高可靠性和冗余度,其软硬件应能长时间稳定运行。

5) 需要专门的开发工具和环境

由于嵌入式系统本身不具备自主开发能力,即使设计完成后,用户通常也不能对其中的程序功能进行修改。必须有一套完备的开发工具和环境才能进行开发。如 ARM 应用软件的开发需要编辑工具、编译工具、链接软件、调试软件等。

2. 嵌入式系统的基本组成

通常,嵌入式系统中的系统程序(包括操作系统)和应用程序是浑然一体的。嵌入式系统本身是一个外延性极广的名词,目前通常指的是能够运行操作系统的软硬件综合体。

总体上,嵌入式系统可以划分成硬件部分和软件部分。硬件部分一般由高性能的嵌入式处理器、存储器和外围的接口电路组成。软件部分由嵌入式实时操作系统(RTOS: real-time operating system)和运行的应用程序构成。软件和硬件之间由所谓的中间层(BSP 层, board support package 即板级支持包)连接。嵌入式系统组成框图如图 1-1 所示。

从图 1-1 可以看出,嵌入式系统由硬件和软件构成,下面介绍硬件层和软件层。

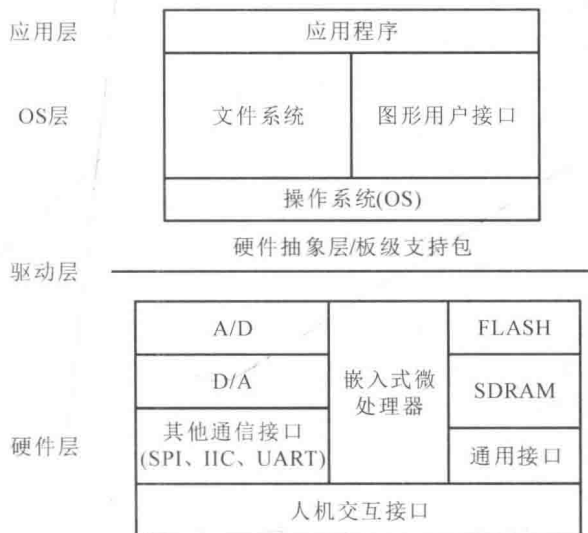


图 1-1 嵌入式系统组成框图

1) 硬件部分

嵌入式处理器是嵌入式系统的硬件核心部件,与通用处理器不同之处是它的专用性。市场主流嵌入式处理器有 ARM 系列、Power PC 系列、X86 系列等。

ARM 微处理器是目前应用领域非常广的处理器,到目前为止,ARM 微处理器及技术的应用几乎已经遍及工业控制、消费类电子产品、通信系统、网络系统、无线系统等各类产品市场,深入到各个领域。ARM 系列处理器是英国先进 RISC 机器公司(Advanced RISC Machines ARM)的产品。ARM 公司是业界领先的知识产权供应商,是 IP 核(Intellectual Property core)设计公司,采用 IP 授权的方式允许半导体公司生产基于 ARM 的处理器产品,提供基于 ARM 处理器内核的系统芯片解决方案核技术授权,不提供具体的芯片。此外,ARM 芯片还获得了许多实时操作系统供应商的支持,如 Win_CE、Linux、Vxworks、 μ C/OS 等。

Power PC 体系结构规范是在 20 世纪 90 年代,由 IBM、Apple 和 Motorola 公司联合开发的芯片,其架构的特点是伸缩性好、方便灵活,Power-PC 架构处理器的主频为 25~700 MHz 不等,在能量消耗、整合程度及价格方面差异悬殊,PowerPC 市场占有率不是很高,但在通信系统的控制和管理中用得很多。

X86 是一个 Intel 通用计算机系列的标准编号缩写,也标识一套通用的计算机指令集合。X86 系列处理器包括 Intel8086、80186、80286、80386 以及 80486 以 86 结尾系列,其采用了典型的 CISC 体系结构,性能强大、速度快,常用于工控系统。

嵌入式系统外围设备是指在一个嵌入式系统硬件构成中,除了核心控制部件嵌入式微处理器以外的各种存储器、输入/输出接口、通信接口及电源时钟电路等。

存储器是计算机系统的记忆设备。它用于存放计算机的程序指令、要处理的数据、中间运算结果以及各种需要计算机保存的信息,是嵌入式系统中不可缺少的一个重要组成部分。目前常见的存储设备按使用的存储器类型分为以下几种。

- (1) 静态易失型存储器(RAM,SRAM)。
- (2) 动态易失型存储器(DRAM)。
- (3) 非易失性存储器 ROM(MASK ROM,EPROM,EEPROM,FLASH)。
- (4) 外部辅助存储器(硬盘、光盘及 SD/MMC/TF 卡等)。

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已得到广泛的应用。



CPU 与外部设备的连接和数据交换都需要通过接口设备来实现。这些接口设备被称为输入/输出接口,其功能是负责实现 CPU 通过系统总线把 I/O 电路和外围设备联系在一起,实现与外围设备的信息交互。典型的输入/输出接口有 LCD 显示器接口、键盘接口及触摸屏接口等。

2) 软件部分

如果把微处理器比作嵌入式系统的核心,那么嵌入式软件则可看成是整个系统的大脑和灵魂,只有注入了具备控制和计算能力的软件思维,嵌入式系统才能真正具有类似人类的分辨判断及决策行动能力。

对于功能简单仅包括应用程序的嵌入式系统一般不使用操作系统,仅有应用程序和设备驱动程序。随着技术的发展和应用需求的不断提高,高性能嵌入式系统应用越来越广泛,嵌入式系统中操作系统使用成为必然发展趋势。

具有操作系统的嵌入式软件结构一般包含四个层面:驱动层程序、嵌入式操作系统(EOS)、操作系统的应用程序接口(API)及应用程序层。

驱动层程序是为上层软件提供设备的操作接口,上层软件不必理会外围设备的具体操作,只需调用驱动程序提供的接口即可。驱动层程序又包括硬件抽象层 HAL、板级支持包 BSP 和设备驱动程序。

硬件抽象层 HAL(hardware abstraction layer)是位于操作系统内核与硬件电路之间的接口层,其目的在于将硬件抽象化,使得嵌入式系统的设备驱动程序与硬件设备无关,从而提高系统的可移植性。

板级支持包 BSP(board support package)是介于嵌入式系统主板硬件和操作系统内部驱动程序之间的一层,是实现操作系统的支持,为驱动程序提供访问硬件设备寄存器的函数包,使其能够更好地运行于硬件主板。主要功能是系统启动时,完成对硬件的初始化,为驱动程序提供访问硬件的手段。

设备驱动程序是为上层软件提供设备的操作接口,系统中安装设备后,只有在安装相应的设备驱动程序之后才能使用。上层软件只需调用驱动程序提供的接口,而不去理会设备具体内部操作,就能实现对设备的操作。

嵌入式操作系统(EOS)是具有存储器管理、分配、中断处理、任务调度与任务通信、定时器响应并提供多任务处理等功能的稳定的、安全的软件模块集合,是整个软件系统的核心。操作系统中提供的 API(application programming interface)是一系列的复杂函数、消息和结构的集合,软件开发人员通过使用 API 函数,可以加快应用程序的开发,统一应用程序的开发标准。目前常见的嵌入式操作系统有 Vxworks、PSOS、Windows-CE、uC/OS 及 Linux 等。

目前免费型的嵌入式操作系统主要有 Linux 和 μ C/OS-II,它们在价格方面具有很大的优势。如嵌入式 Linux 操作系统以价格低廉、功能强大、易于移植而且程序源码全部公开等优点正在被广泛采用,已成为嵌入式设备软件平台的首选。

应用程序层是实现系统各种功能的关键,好的应用软件使得同样的硬件平台能更高效的完成系统功能,使设备具有更大的经济价值。嵌入式应用层软件是建立在系统的主任务(Main Task)基础之上,针对特定的实际专业领域,基于相关嵌入式硬件应用平台的并能完成用户预期任务的计算机软件,主要通过调用系统的 API 函数对系统进行操作,完成用户应用功能开发。



1.3 嵌入式系统应用领域及发展趋势

1. 嵌入式系统应用领域

中国正处于由世界制造大国向制造强国转型升级的过程中,要求我们制造的产品具有

更高的性能、丰富的功能和更高的附加值,这就促进了嵌入式技术在国民经济生活中各个层面的广泛应用,当前嵌入式系统的应用已涉及生产、工作、生活各个方面,如图 1-2 所示。从家用电子电器产品中的冰箱、洗衣机、电视、微波炉到 MP3、DVD;从汽车控制到火车、飞机的安全防范;从手机电话到 PDA;从医院的 B 超、CT 到核磁共振器;从机械加工中心到生产线上的机器人、机械手;从航天飞机、载人飞船,到水下核潜艇,到处都有嵌入式系统和嵌入式技术的应用。可以说它是信息技术的一个新的发展,是信息产业的一个新的亮点,也成为当前最热门的技术之一。

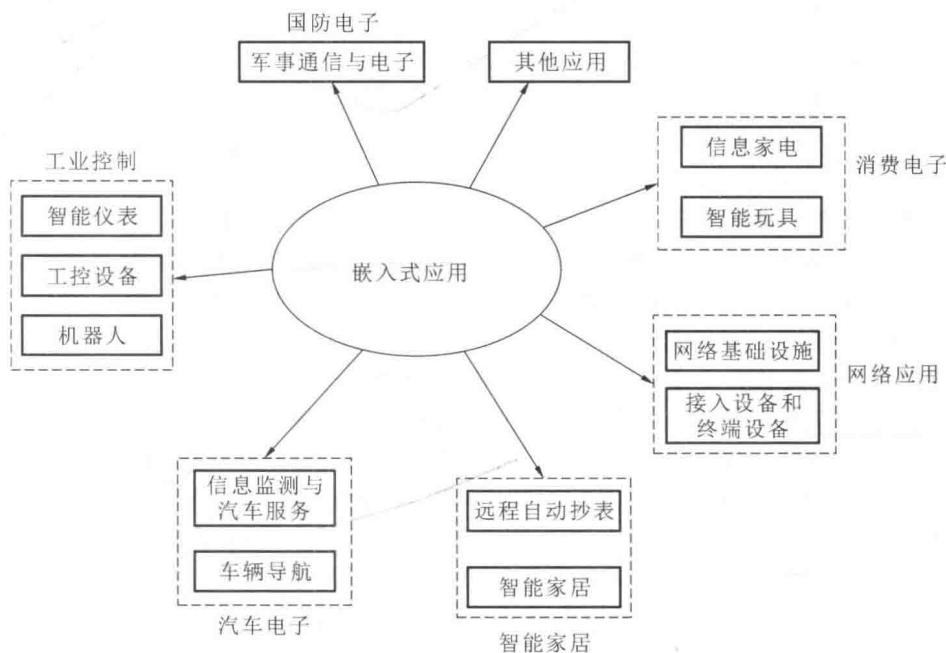


图 1-2 嵌入式系统应用领域

目前,嵌入式系统中的核心芯片大多采用的是 ARM(acorn RISC machine)微处理器。

1) 消费类电子产品

消费类电子产品的销量早就超过了 PC 若干倍,并且还在以每年 10%左右的速度增长。消费类电子产品主要包括便携音频视频播放器、数码相机、掌上游戏机等,当前最热门的消费类电子产品就是智能手机的迅猛发展了。以智能手机为代表的移动设备可谓是近年来发展最为迅猛的嵌入式行业,随着国内 5G 时代的脚步日益临近,可以预料到手机领域的软硬件都必将面临一场更大的变革。

2) 信息家电

这将称为嵌入式系统最大的应用领域,冰箱、空调等的网络化、智能化将引领人们的生活步入一个崭新的空间。即使人不在家里,也可以通过电话线、网络进行远程控制,在这些设备中,嵌入式系统将大有用武之地。

3) 工业控制

在过去的十几年里基于嵌入式芯片的工业自动化设备已获得长足的发展,目前已经有大量的 8、16、32 位嵌入式微控制器应用在工业生产领域中。在工业过程控制、数字机床、电力系统、电网安全、电网设备监测、石油化工系统里采用先进的嵌入式技术来实现信息化、网络化、智能化是提高生产效率和产品质量、减少人力资源的主要途径,也是实现中国制造 2025 规划的必然路径。

4) 军事国防

军事国防历来就是嵌入式系统的重要应用领域。20 世纪 70 年代,嵌入式计算机系统首

先被应用在武器控制系统中,后来又用于军事指挥控制和通信系统,这些技术的应用极大地提高了军队的战斗力。目前,在各种武器控制装置(火炮、导弹和智能炸弹制导引爆等控制装置)、坦克、舰艇、轰炸机、陆海空各种军用电子装备、雷达、电子对抗装备、军事通信装备、野战指挥作战用各种专用设备等等中,都可以看到嵌入式系统的身影。例如,使用嵌入式技术的武器就曾为美军在海湾战争中发挥重要的作用。

5) 网络应用

Internet 的发展,产生了大量网络基础设施、接入设备、终端设备的市场需求。这些设备中大量使用嵌入式系统。

6) 其他应用

各类收款机、POS 系统、电子秤、条形码阅读机、商用终端、银行点钞机、IC 卡输入设备、取款机、自动柜员机、自动服务终端、防盗系统、各种银行专业外围设备以及各种医疗电子仪器,无一不用到嵌入式系统。

2. 嵌入式系统的发展前景

信息时代、数字时代使得嵌入式产品获得了巨大的发展契机,为嵌入式市场展现了美好的前景,也对嵌入式生产厂商提出了新的挑战,从中我们可以看出未来嵌入式系统的几大发展趋势。

1) 网络互联成为必然趋势

未来的嵌入式设备为了适应网络发展的要求,必然要求硬件上提供各种网络通信接口。传统的单片机对于网络支持不足,而新一代高性能嵌入式处理器已经普遍内嵌网络接口,除了支持 TCP/IP 协议,还有的支持 IEEE1394、USB、CAN、Bluetooth 或 IrDA 通信接口中的一种或者几种,也需要提供相应的通信组网协议软件和物理层驱动软件。软件方面系统内核支持网络模块,甚至可以在设备上嵌入 Web 浏览器,真正实现随时随地用各种设备上网。

2) 嵌入式系统将在移动互联网和物联网应用中大放异彩

国家“十三五”发展规划中明确地将移动互联网和物联网技术应用作为新一代信息技术发展的两个重要的发展方向来推动,而无论是移动互联网中的移动智能终端还是物联网系统中的智能传感节点及数据网关,其核心技术基础就是嵌入式系统,嵌入式技术必将在这两个重要的应用方向上发挥巨大的作用。

物联网时代是嵌入式系统的网络应用时代。无线传感器网络出现后,将嵌入式系统局域物联网带入到一个全面(有线、无线)的发展时代。与此同时,嵌入式微处理器的以太网接入技术有了重大的突破,使众多的嵌入式系统、嵌入式系统局域物联网方便地与互联网相连,将互联网与嵌入式系统推进到一个全新物联网时代。

3) 嵌入式微处理器将会向多核融合技术发展

无所不在的智能必将带来无所不在的计算,大量的音视频信息、物理感知数据等需要高速的处理器来处理,面对海量数据单个处理器可能无法在规定的时间完成处理,因此引入并行计算技术采用多个执行单元同时处理信息将成为必然的发展趋势,目前含有四核乃至八核的嵌入式微处理器已在智能手机中得到广泛应用。同时更应关注的一个新的发展趋势就是,在复杂的信息处理系统中 ARM+DSP 及 ARM+FPGA 这种不同功能取向的多核融合技术也正成为业界研究的热点。

4) 精简系统内核、算法,降低功耗和软硬件成本

未来的嵌入式产品是软硬件紧密结合的设备,为了减低功耗和成本,需要设计者尽量精简系统内核,只保留和系统功能紧密相关的软硬件,利用最低的资源实现最适当的功能,这就要求设计者选用最佳的编程模型和不断改进算法,优化编译器性能。因此,既要软件人员有丰富的硬件知识,又需要发展先进嵌入式软件技术,如 Java、Web 和 WAP 等。

5) 提供友好的多媒体人机交互界面

嵌入式设备能与用户亲密接触,最重要的因素就是它能提供非常友好的用户界面。直

观漂亮的图形界面、灵活的控制方式,使得人们感觉嵌入式设备就像是一个熟悉的老朋友。这方面的要求使得嵌入式系统设计者要在人机交互界面及多媒体技术上痛下苦功。手写文字输入、语音识别输入、类 windows 的图形操作界面都会让使用者获得自由的感受。如苹果手机的巨大成功关键就在于苹果公司的设计师将关注点聚焦在用户的直观体验上,设计出的产品常常引领了消费新潮流。

6) 向系统化方向发展

嵌入式开发是一项系统工程,因此要求嵌入式系统厂商不仅要提供嵌入式软硬件系统本身,而且需要提供强大的硬件开发工具和软件包支持。目前很多厂商已经充分考虑到这一点,在主推系统的同时,将开发环境也作为重点推广。比如三星在推广其 ARM 系列芯片的同时还提供开发板和板级支持包(BSP),而 WindowsCE 在主推系统时也提供 Embedded VC++ 作为开发工具,还有 Vxworks 的 Tonado 开发环境、DeltaOS 的 Limda 编译环境等都是这一趋势的典型体现。当然,这也是市场激烈竞争的结果。

作为智能设备及终端产品的核心基础,嵌入式技术的应用已经渗透到社会工作及生活的各个领域。嵌入式技术的成熟应用,也进一步加速了物联网、智能硬件、移动互联网的产业化进程。行业调查数据显示,目前嵌入式产品应用最多的三大领域依然是“消费电子、通信设备、工业控制”,所占比例分别是 23%、17% 和 13%,三大领域所占比例之和占 53%,未来嵌入式系统将会走进 IT 产业的各个领域,成为推动整个产业发展的核心中坚力量。

目前我国对嵌入式系统设计人才需求较大的行业主要是分布在消费电子、汽车电子、医疗电子、信息家电、通信设备、手持设备、工业控制、安防监控等领域。其中消费类电子产品开发是当前最热门,是从业工程师最多的行业,占到 62%,其次是 53% 在通信通讯领域,46% 在工业控制领域。

当前,嵌入式技术研发人才需求缺口巨大。以嵌入式领域的 3G/4G 为例,目前我国的 3G/4G 核心人才不足万人,基本上都受雇在几个大型的运营商和设备厂商。市场急需的嵌入式开发人才以及 4G 时代所需的增值业务开发人才非常抢手,业内人士认为,目前嵌入式系统开发出现 30~50 万的人才缺口。随着车载电子应用、手持娱乐终端及信息家电在国内的普及,近年来国内外企业纷纷加大了对嵌入式业务的投入,相关人才需求也逐渐加大。具备较丰富的软硬件综合设计能力的嵌入式开发工程师已成为人才市场上的稀有资源。



1.4 嵌入式系统开发流程

当前,嵌入式开发已经逐步规范化,在遵循一般工程开发流程的基础上,嵌入式开发又具备了自身的一些特点。如图 1-3 所示为嵌入式系统开发的一般流程。主要包括系统需求分析(要求有严格规范的技术要求)、体系结构设计、软硬件及机械系统设计、系统集成、系统测试,最终得到可交付产品等。

嵌入式系统开发模式最大特点是软件、硬件综合开发。这是因为嵌入式产品是软硬件的有机结合体,软件针对硬件开发、固化、不可修改。

1. 系统需求分析

确定设计任务和设计目标,并提炼出设计规格说明书,作为正式设计指导和验收的标准。

系统的需求一般分功能性需求和非功能性需求两方面。功能性需求是系统的基本功能,如输入输出信号、操作方式等;非功能需求包括系统性能、成本、功耗、体积、重量等因素。

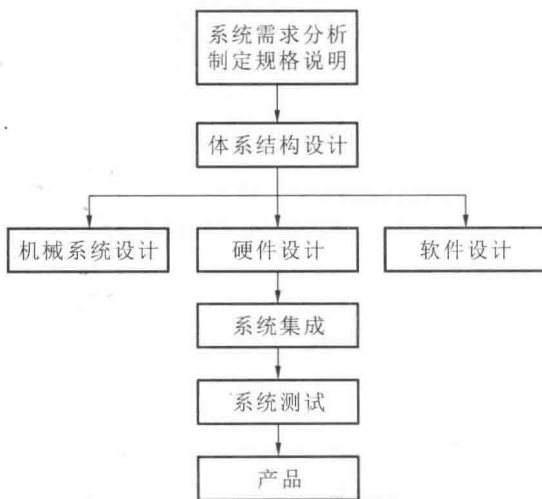


图 1-3 嵌入式系统开发流程

2. 体系结构设计

描述系统如何实现所述的功能和非功能需求,包括对硬件、软件和执行装置的功能划分,以及系统的软件、硬件选型等。一个好的体系结构是设计成功与否的关键,实际工作中可采取绘制系统功能框图的方式来定义描述系统,它可以较为准确地说明系统的功能分配及体系架构。

3. 硬件/软件协同设计

基于体系结构,对系统的软件、硬件进行详细设计。为了缩短产品开发周期,设计往往采取并行的方式。嵌入式系统设计的工作大部分都集中在软件设计上,采用面向对象技术、软件组件技术、模块化设计是现代软件工程经常采用的方法。

4. 软硬件集成调试

把系统的软件、硬件和执行装置集成在一起,进行调试,发现并改进单元模块设计过程中的错误。

5. 系统功能测试

对设计好的系统进行测试,看其是否满足规格说明书中给定的功能要求,检验其是否达到系统规格的标准。

1.5 Linux 内核介绍

1. Linux 内核的概念

在 IT 术语中,内核既是操作系统的核心,也是它的大脑,因为内核控制着基本的硬件。内核是操作系统的核心,具有很多最基本功能,如虚拟内存、多任务、共享库、需求加载、共享的写时拷贝(copy-on-write)可执行程序 and TCP/IP 网络功能。Linux 系统框图如图 1-4 所示。

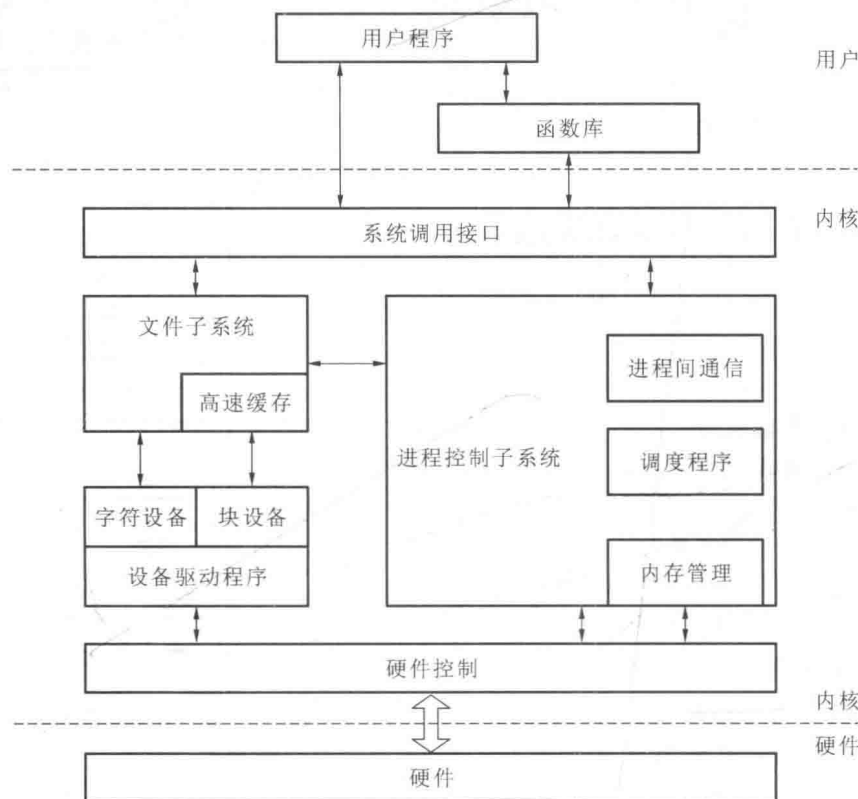


图 1-4 Linux 系统框图

一个完整可用的操作系统主要由4部分组成:硬件、操作系统内核、操作系统服务和用户应用程序。最上面是用户(或应用程序)空间。这是用户应用程序执行的地方。用户空间之下是内核空间,Linux内核正是位于这里。

Linux内核的起源可追溯到1991年芬兰大学生Linus Torvalds编写和第一次公布Linux的日子。尽管到目前为止Linux系统早已远远发展到了Torvalds本人之外的范围,但Torvalds仍保持着对Linux内核的控制权,并且是Linux名称的唯一版权所有人。自发布Linux 0.12版起,Linux就一直依照GPL(通用公共许可协议)自由软件许可协议进行授权。

Linux内核本身并不是操作系统。它是一个完整操作系统的组成部分。Red Hat、Novell、Debian和Gentoo等Linux发行商都采用Linux内核,然后加入更多的工具、库和应用程序来构建一个完整的操作系统。

2. Linux 内核的发展

自1991年11月由芬兰的Linus Ttorvalds推出Linux 0.1.0版内核至今,Linux内核已经升级到Linux3.5(写本文档时,www.kernel.org发布的最新版Linux内核)。其发展速度是如此的迅猛,是目前市场上唯一可以挑战Windows的操作系统。如图1-5所示,内核版本发展和使用者数量呈正比的关系。

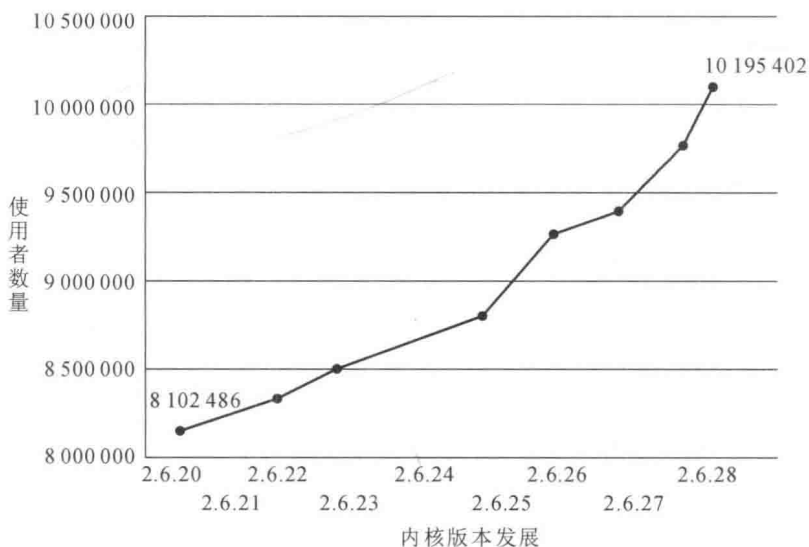


图 1-5 Linux 内核发展

Linux内核在其发展过程中得到分布于全世界的广大OpenSource项目追随者的大力支持。尤其是一些曾经参与Unix开发的人员,他们把应用于Unix上的许多应用程序移植到Linux上来,使得Linux的功能得到巨大的扩展。

目前比较稳定的版本是Linux3.16.3。在Linux的版本号中,第一个数为主版本号。第二个为次版本号。第三个为修订号。次版本号为偶数表明是稳定发行版本,奇数则是在开发中的版本。

随着其功能不断加强,灵活多样的实现加上其可定制的特性以及开放源码的优势,Linux在各个领域的应用正变得越来越广泛。目前Linux的应用正有舍去中间奔两头的趋势,即在PC机上Linux要真正取代Windows,或许还有很长的路要走,但在服务器市场上它已经牢牢站稳脚跟。而随着嵌入式领域的兴起更是为Linux的长足发展提供了无限广阔的空间。目前专门针对嵌入式设备的Linux改版就有好几种,包括针对无MMU的uClinux和针对有MMU的标准Linux在各个硬件体系结构的移植版本。基于像Exynos4412这