

嵌入式 操作系统

Linux 篇 | 微课版

华清远见嵌入式学院 刘洪涛 高明旭 主编
熊家 于博 副主编



扫一扫 立即观看配套视频



图书学习 + 在线学习

2个详解视频配合图书同步讲解，
辅助读者轻松掌握每一个知识点



学习拓展

华清创客学院资源丰富，更多学习
资料、视频帮助读者提高开发能力



在线答疑

如遇到学习问题，可在线提问，
辅导老师第一时间答疑



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

嵌入式 操作系统

Linux 篇 | 微课版

华清远见嵌入式学院 刘洪涛 高明旭 主编
熊家 于博 副主编

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

嵌入式操作系统. Linux篇 : 微课版 / 刘洪涛, 高明旭主编. -- 3版. -- 北京 : 人民邮电出版社, 2017.3
高等院校嵌入式人才培养规划教材
ISBN 978-7-115-44687-9

I. ①嵌… II. ①刘… ②高… III. ①实时操作系统—高等学校—教材②Linux操作系统—高等学校—教材
IV. ①TP316.2②TP316.89

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第008253号

内 容 提 要

本书较为全面地介绍了嵌入式操作系统, 全书共 10 章, 分别为嵌入式 Linux 操作系统简介、嵌入式 Linux 操作系统的使用、Linux 软件管理、Linux 用户管理、Linux 文件系统、Linux 网络配置管理、嵌入式 Linux 编程环境、Shell 编程环境、中断与设备管理、正则表达式, 书中还提供了练习题和配套视频。

本书可以作为高等院校嵌入式相关专业和计算机相关专业的教材, 也可以作为计算机软硬件培训班教材, 还可以作为嵌入式研究方向的专业人才和广大计算机爱好者的参考用书。

-
- ◆ 主 编 华清远见嵌入式学院 刘洪涛 高明旭
副 主 编 熊 家 于 博
责任编辑 桑 珊
执行编辑 左仲海
责任印制 焦志炜
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15 2017 年 3 月第 3 版
字数: 271 千字 2017 年 3 月北京第 1 次印刷
-

定价: 49.80 元

读者服务热线: (010) 81055256 印装质量热线: (010) 81055316
反盗版热线: (010) 81055315

前言

Foreword

随着消费群体对产品要求的日益提高,嵌入式技术在机械器具制造、电子产品制造、通信、信息服务等领域得到了大显身手的机会,应用日益广泛,相应地,企业对嵌入式人才的需求也越来越多。近几年来,很多院校纷纷开设了嵌入式专业或方向。虽然目前市场上的嵌入式开发相关书籍比较多,但很多是针对有一定基础的行业内研发人员而编写的,并不完全符合学校的教学要求。学校教学需要一套充分考虑学生现有知识基础和接受程度、明确各门课程教学目标的、便于学校安排课时的嵌入式专业教材。

针对教材缺乏的问题,我们以多年来在嵌入式工程技术领域内人才培养、项目研发的经验为基础,汇总了近几年积累的数百家企业对嵌入式研发相关岗位的真实需求,调研了数十所开设嵌入式专业的院校的课程设置情况、学生特点和教学用书现状。经过细致的整理和分析,对专业技能和基本知识进行合理划分,我们于2013年编写了这套高等院校嵌入式人才培养规划教材,包括以下4本。

《嵌入式操作系统(Linux篇)(微课版)》

《嵌入式Linux C语言程序设计基础教程(微课版)》

《ARM嵌入式体系结构与接口技术(Cortex-A9版)(微课版)》

《嵌入式应用程序设计综合教程(微课版)》

经过了3年,嵌入式行业发生了巨大变化,产品也得到了升级换代,同时,高等院校嵌入式专业日臻成熟,首批教材有些已无法满足新的需要,所以本次编写对原有教材进行修订。

本书作为嵌入式专业的Linux操作系统教材,共分为10章。第1章嵌入式Linux操作系统简介,主要介绍常用的嵌入式Linux操作系统和Linux操作系统安装方法;第2章Linux操作系统的使用,主要介绍Linux操作系统的一些常用命令;第3章Linux软件管理,主要介绍Linux软件管理的机制及如何在Linux下安装和卸载软件;第4章Linux用户管理,主要介绍Linux对用户的管理机制及不同用户在Linux操作系统中拥有的权限;第5章Linux文件系统,主要介绍Linux操作系统支持的文件系

统种类,以及 Linux 文件系统的框架;第 6 章 Linux 网络配置管理,主要介绍 Linux 中网络的常用配置方法,以及常用网络服务开启的方法;第 7 章嵌入式 Linux 编程环境,主要介绍在嵌入式开发中,在 Linux 上搭建的开发环境的方法;第 8 章 Shell 编程,主要介绍 Linux 下 Shell 语言的基本语法及如何写 Shell 脚本;第 9 章中断及设备管理,主要介绍 Linux 内核对外围硬件设备和中断管理的机制;第 10 章正则表达式,主要介绍正则表达式的使用方法和命令。全书整个章节的设置主要是让不了解 Linux 操作系统的读者掌握 Linux 操作系统的使用方法和实现机制。

本书由刘洪涛、高明旭、熊家、于博合作完成。本书的完成需要感谢华清远见嵌入式学院,教材内容参考了学院与嵌入式企业需求无缝对接的、科学的专业人才培养体系。同时,在嵌入式学院从业或执教多年的行业专家团队也对教材的编写工作做出了贡献,季久峰、贾燕枫、关晓强等老师在书稿的编写过程中认真阅读了所有章节,提供了大量在实际教学中积累的重要素材,对教材结构、内容提出了中肯的建议,并在后期审校工作中提供了很多帮助,在此表示衷心的感谢。

本书所有源代码、PPT 课件、教学素材等辅助教学资料,请到人民邮电出版社教育社区 (www.ryjiaoyu.com) 免费下载。

由于作者水平所限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。对于本书的批评和建议,可以发到 www.embedu.org 技术论坛。

编者

2016 年 11 月

平台支撑 Platform

华清创客学院 (www.makeru.com.cn) 是一家创客 O2O 在线教育平台, 由国内高端 IT 培训领导品牌华清远见教育集团鼎力打造。学院依托于华清远见教育集团在高端 IT 培训行业积累的十多年教学及研发经验, 以及上百位优秀讲师资源, 专注为用户提供高端、前沿的 IT 开发技术培训课程。以就业为导向, 以提高开发能力为目标, 努力让每一位用户在这里学到真本领, 为用户成为嵌入式、物联网、智能硬件时代的技术专家助力!

一、我们致力于这样的发展理念

我们有一种情怀: 为中国、为世界智能化变革的发展培养更多的优秀人才。

我们有一种坚持: 坚持做专业教育、做良心教育、做受人尊敬的职业教育。

我们有一种变革: 在互联网高速发展的时代, 打造“互联网+教育”模式下的 IT 人才终身学习教学体系。



产品拆解课堂



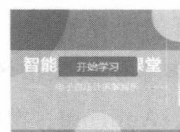
184人学习 | 1.1人好评



137人学习 | 1.1人好评



915人学习 | 1.1人好评



316人学习 | 2人好评

二、我们致力于提供这样的学习方式

1. 多元化的课程学习体系

(1) 学习模式的多元化。您可以根据自身的实际情况选择 3 种学习模式，在线学习、线下报班学习、线上线下结合式学习。每一种模式都有专业的学习路线指导，并有辅导老师悉心答疑，对于学完整套课程的同学有高薪就业职位推荐。

(2) 学习内容的多元化。我们提供基础知识课程、会员提升课程、流行技术精品套餐课程、就业直通车课程、职业成长课程等丰富的课程体系。不管您是职场“小白”还是 IT 从业人员，都可以在这里找到您的学习路线。

(3) 直播课程的多元化。包括基础类、技术问答类、IT 人的职业素养类、IT 企业的面试技巧类、IT 人的职业发展规划类、智能硬件产品解析类。

2. 大数据支撑下的过程化学习模式

(1) 自主学习课程。我们提供习题练习模式支持您的学习，每章学习完成后都有配套的练习题助您检验学习成果，整个课程学习完成后，系统会自动根据您的答题情况，分析出您对课程的整体掌握程度，帮助您随时掌握自身学习情况。

(2) 报班模式下的学习课程。系统会根据您选取的班级，为您制定详细的阶段化学习路线，学习路线采用游戏通关模式，课程章节有考核测验、课程有综合检验、每阶段有项目开发任务。学习过程全程通过大数据进行数据分析，帮助您与班主任随时了解您的课程学习掌握程度，班主任会定期根据您的学习情况开放直播课程，为您的薄弱环节进行细致讲解，考核不合格则无法通过关卡进入下一个环节。

三、我们致力于提供这样的服务保障

1. 与企业岗位的无缝对接

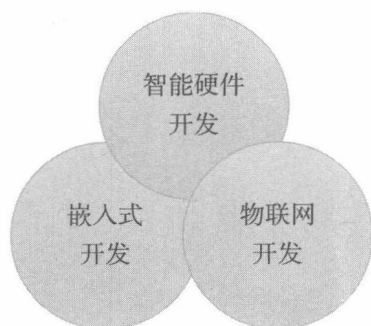
(1) 在线课程经过企业实体培训检验。华清远见是国内最早的高端 IT 定制培训服务机构，在业界享有盛誉。每年我们都会为不同的企业“量身定制”满足企业需求的高端企业内训课程，曾先后为 Intel、松下、通用电器、摩托罗拉、ST 意法半导体、三星、华为、大唐电信等众多知名企业进行员工内训。

(2) 拥有独立的自主研发中心。为开发和培训提供技术和产品支持，已经研发多款智能硬件产品、实验平台、实验箱等设备，并与中南大学、中国科学技术大学等高校共建嵌入式、物联网实验室。目前已经公开出版 80 多本教材，深受读者的欢迎。

(3) 平台提供企业招聘通道。学员可在线将自己的学习成果全部展现给企业 HR，增加您进入大型企业的机会。众多合作企业定期发布人才需求，还有企业上门招聘，全国 11 大城市就业推荐。

2. 丰富的课程资源

华清创客学院紧跟市场需求，全新录制高质量课程，深入讲解当下热门的开发技术，包括嵌入式、Android、物联网、智能硬件课程（VR/AR、智能手表、智能小车、无人机等），希望我们的课程能帮您抓住智能硬件时代的发展机遇，打开更广阔的职业发展空间。



3. 强大的师资团队

由华清远见金牌讲师团队+技术开发“大牛”组成的上百人讲师团队，有着丰富的开发与培训经验，其中不乏行业专家和企业项目核心开发者。

4. 便捷的学习方式

下载学院 APP 学习，不论您是在学校、家里还是外面，都可以随时随地学习。与教材配套使用，利用碎片时间学习，提升求职就业竞争力！

5. 超值的会员福利

会员可免费观看学院 70% 的课程，还可优先参加直播课程、新课程上线抢先试学、学习积分翻倍等活动，并有机会免费参加线下体验课。

四、我们期待您的加入

欢迎关注华清创客学院官网 www.makeru.com.cn，见证我们的成长。期待您的加入，愿与您一起打造未来 IT 人的终身化学习体系。

本书配套课程视频观看方法：注册华清创客学院，手机扫描二维码即可观看课程视频；或在计算机上搜索书名，查找配套课程视频。

目录

Contents

第 1 章 嵌入式 Linux 操作系统简介 1

1.1 操作系统	2
1.1.1 操作系统的基本概念	2
1.1.2 操作系统的主要组成	4
1.2 嵌入式系统与通用 PC 系统的不同	5
1.3 嵌入式操作系统	7
1.4 嵌入式 Linux 基础	9
1.4.1 Linux 发展概述	9
1.4.2 Linux 作为嵌入式操作系统的优势	11
1.4.3 Linux 发行版本	12
1.5 Linux 系统安装	13
1.5.1 文件系统和硬盘分区概念	13
1.5.2 安装准备	15
1.5.3 安装过程	15
1.6 安装虚拟机工具	27
1.7 配置 vim 编辑环境	33
思考与练习	33

第 2 章 Linux 操作系统的使用 34

2.1 认识 Shell	35
2.2 Shell 命令的格式	36
2.2.1 命令提示符	36
2.2.2 命令格式	37
2.3 Linux 命令	37
2.3.1 用户系统相关命令	37
2.3.2 文件、目录相关命令	42
2.3.3 压缩打包相关命令	52
2.3.4 文件比较命令 diff	55
2.4 Linux 环境变量	57
思考与练习	59

第 3 章 Linux 软件管理 60

3.1 Linux 系统的软件管理机制	61
3.1.1 常用软件包管理工具简介	61
3.1.2 软件的安装与卸载	62

3.1.3 静态软件包的管理	64
3.1.4 软件包的制作	68
3.2 APT 高级软件包管理工具	69
3.2.1 APT 的运行机制	69
3.2.2 3 个重要的配置文件	72
3.2.3 apt-get 工具集	72
3.2.4 apt-cache 工具集	79
思考与练习	83

第 4 章 Linux 用户管理 84

4.1 用户的定义	85
4.1.1 用户的属性	85
4.1.2 用户与组	85
4.1.3 相关的配置文件	86
4.2 管理命令	87
4.2.1 创建用户	87
4.2.2 删除用户	88
4.2.3 修属性	89
4.2.4 组管理	89
4.2.5 用户间通信	90
4.3 磁盘配额	90
4.3.1 磁盘配额的概念	90
4.3.2 相关命令	91
4.3.3 应用实例	93
思考与练习	96

第 5 章 Linux 文件系统 97

5.1 文件和目录	98
5.1.1 Linux 文件的分类	98
5.1.2 Linux 目录结构	99
5.2 文件系统	100
5.3 文件系统体系结构	101
5.4 使用 BusyBox 制作根文件系统	103
5.4.1 配置与编译 BusyBox	103
5.4.2 制作 initrd 镜像	105
思考与练习	108

第6章 Linux 网络配置管理 109

6.1 网络基础知识介绍	110
6.1.1 IP 地址	110
6.1.2 子网掩码	111
6.1.3 网关	111
6.1.4 DNS 服务器	112
6.2 Linux 系统网络配置	112
6.2.1 ifconfig 命令	112
6.2.2 修改配置文件来配置 IP 地址、 网关、子网掩码	114
6.2.3 配置 DNS 服务器	115
6.3 Linux 系统常用网络服务配置	116
6.3.1 TFTP 服务	117
6.3.2 NFS 服务	120
思考与练习	123

第7章 嵌入式 Linux 编程环境 124

7.1 Linux 编辑器 vi 的使用	125
7.1.1 vi 的工作模式	125
7.1.2 使用 vi 的基本流程	126
7.1.3 vi 的模式按钮说明	127
7.2 GCC 编译器	130
7.2.1 GCC 编译流程及编译选项分析	130
7.2.2 GCC 编译选项分析	133
7.3 GDB 调试器	134
7.3.1 GDB 使用流程	134
7.3.2 GDB 命令行参数	138
7.3.3 GDB 基本命令	139
7.4 Make 工程管理器	143
7.4.1 Makefile 基本规则	144
7.4.2 Makefile 假目标	149
7.4.3 Makefile 变量	150
思考与练习	152

第8章 Shell 编程 153

8.1 认识 Shell 脚本	154
8.2 Shell 脚本的基本语法	154
8.2.1 开头	155
8.2.2 执行	155
8.2.3 注释	156
8.2.4 变量	156
8.2.5 Shell 程序和语句	161
8.2.6 Shell 函数	172

8.2.7 Shell 脚本调用	174
8.3 Shell 俄罗斯方块游戏	174
8.3.1 方块定义	175
8.3.2 方块移动	178
8.3.3 随机数	185
8.3.4 随机方块移动	188
8.3.5 随机方块降落	193
思考与练习	198

第9章 中断及设备管理 199

9.1 中断的概念	200
9.2 嵌入式平台硬件中断特点	201
9.3 Linux 内核中断机制概述	204
9.3.1 中断处理系统结构	208
9.3.2 注册中断处理函数	209
9.3.3 中断标志 flags	211
9.3.4 ISR 上下文	212
9.4 设备及设备管理的功能	212
9.4.1 设备分类	212
9.4.2 设备管理	213
9.4.3 Linux 字符设备	213
9.4.4 Linux 块设备	215
9.4.5 Linux 网络接口	216
9.4.6 Linux 设备文件	216
思考与练习	218

第10章 正则表达式 219

10.1 正则表达式的起源	220
10.2 正则表达式的基本概念	220
10.3 正则表达式中常用符号的定义	221
10.3.1 普通字符	221
10.3.2 非打印字符	221
10.3.3 特殊字符	222
10.3.4 限定符	222
10.4 正则表达式常用匹配规则	223
10.4.1 基本模式匹配	223
10.4.2 字符簇	224
10.4.3 确定重复出现	225
10.5 正则表达式应用部分示例	226
10.5.1 简单表达式	226
10.5.2 字符匹配	226
10.5.3 中括号表达式	227
10.5.4 替换和分组	228
10.5.5 其他示例	229
思考与练习	230

第1章

嵌入式Linux操作系统简介

■ Linux 是发展最快、应用最广泛的操作系统之一。Linux 本身的种种特性使其成为嵌入式开发者的首选。在进入市场的头两年中，嵌入式 Linux 设计就因为应用广泛获得了巨大的成功。随着技术的成熟，Linux 提供了对更小尺寸和更多类型的处理器的支持，并从早期的试用阶段逐渐成为嵌入式的主流。

1.1 操作系统

1.1.1 操作系统的基本概念

操作系统 (Operating System, OS) 是管理和控制计算机硬件与软件资源的计算机程序, 它是直接运行在“裸机”上的最基本的系统软件, 任何其他软件都必须在操作系统的支持下才能运行。换句话说, 操作系统是用户和计算机的接口, 同时也是计算机硬件和其他软件的接口。操作系统的功能包括管理计算机系统的硬件、软件及数据资源, 控制程序运行, 改善人机界面, 为其他应用软件提供支持等, 以使计算机系统所有资源最大限度地发挥作用。现代操作系统提供了各种形式的用户界面, 使得用户可以拥有一个好的工作环境, 并且为其他软件的开发提供必要的服务和相应的接口, 其关系说明如图 1-1 所示。

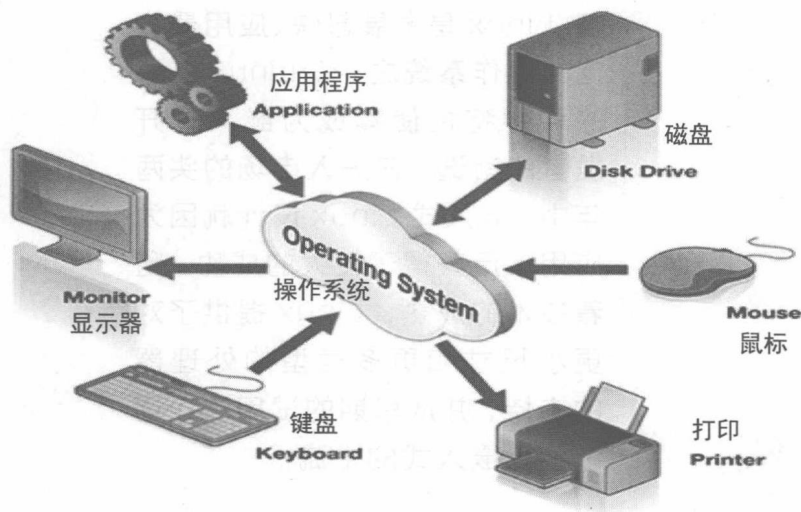


图 1-1 嵌入式操作系统组成

操作系统根据用户界面的使用环境和功能特征的不同, 一般可分为 3 种基本类型, 即批处理操作系统、分时操作系统和实时操作系统。随着计算机体系结构的发展, 又出现了许多种操作系统, 它们是嵌入式操作系统、个人操作系统、网络操作系统和分布式操作系统。目前流行的操作系统主要有 Android、BSD、iOS、Linux、Mac OS X、Windows、Windows Phone 和 z/OS 等, 除了 Windows 和 z/OS 等少数操作系统, 大部分操作系统都为类

UNIX 操作系统。

1. 批处理操作系统

批处理 (Batch Processing) 操作系统的工作方式是用户将作业交给系统操作员, 系统操作员将许多用户的作业组成一批作业, 之后输入到计算机中, 在系统中形成一个自动转接的连续的作业流, 然后启动操作系统, 系统自动、依次执行每个作业。最后由操作员将作业结果交给用户。批处理操作系统的特点是多通道和成批处理。

2. 分时操作系统

分时 (Time Sharing) 操作系统的工作方式是一台主机连接了若干个终端, 每个终端有一个用户在使用。用户交互式地向系统提出命令请求, 系统接收每个用户的命令, 采用时间片轮转方式处理服务请求, 并通过交互方式在终端上向用户显示结果。用户根据上步结果发出下道命令。分时操作系统将 CPU 的时间划分成若干个片段, 称为时间片。操作系统以时间片为单位, 轮流为每个终端用户服务。每个用户轮流使用一个时间片而并不感到有别的用户存在。分时系统具有多路性、交互性、独占性和及时性的特征。多路性是指同时有多个用户使用一台计算机, 宏观上看是多个人同时使用一个 CPU, 但微观上是多个人在不同时刻轮流使用 CPU。交互性是指用户可根据系统响应结果进一步提出新请求 (用户直接干预每一步)。独占性是指用户感觉不到计算机为其他人服务, 就像整个系统为他所独占。及时性是指系统对用户提出的请求及时响应。

常见的通用操作系统是分时系统与批处理系统的结合。其原则是分时优先, 批处理在后。前台响应需频繁交互的作业, 如终端的要求; 后台处理时间性要求不强的作业。

3. 实时操作系统

实时操作系统 (Real Time Operating System, RTOS) 是指使计算机能及时响应外部事件的请求, 在规定的时间内完成对该事件的处理, 并控制所有实时设备和实时任务协调一致地工作的操作系统。实时操作系统追求的目标是对外部请求在严格时间范围内做出反应, 具有高可靠性和完整性。

4. 嵌入式操作系统

嵌入式操作系统 (Embedded Operating System, EOS) 是运行在嵌入式系统环境中, 对整个嵌入式系统以及它所操作、控制的各种部件装置等资源进行统一协调、调度、指挥和控制的系统软件。

5. 个人计算机操作系统

个人计算机操作系统是一种单用户多任务的操作系统。它主要供个人使用, 功能强, 价格便宜, 几乎可以在任何地方安装使用, 能满足一般操作、学习、游戏等方面的需求。个人计算机操作系统的主要特点是计算机在某一

时间内为单个用户服务；采用图形界面人机交互的工作方式，界面友好；使用方便，用户无需专门学习，也能熟练操作。

6. 网络操作系统

网络操作系统基于计算机网络，是在各种计算机操作系统上按网络体系结构协议标准开发的软件套件，包括网络管理、通信、安全、资源共享和各种网络应用。其目标是相互通信及资源共享。

7. 分布式操作系统

大量的计算机通过网络被连接在一起，可以获得极高的运算能力及广泛的数据共享。这种系统被称为分布式系统 (Distributed System)。

总之，操作系统位于底层硬件与用户之间，是两者沟通的桥梁。用户可以通过操作系统的用户界面输入命令；操作系统则对命令进行解释，驱动硬件设备，实现用户要求。

1.1.2 操作系统的主要组成

对一个操作系统我们可以大致把它分为 4 部分：驱动程序、内核、接口库、外围，如图 1-2 所示。

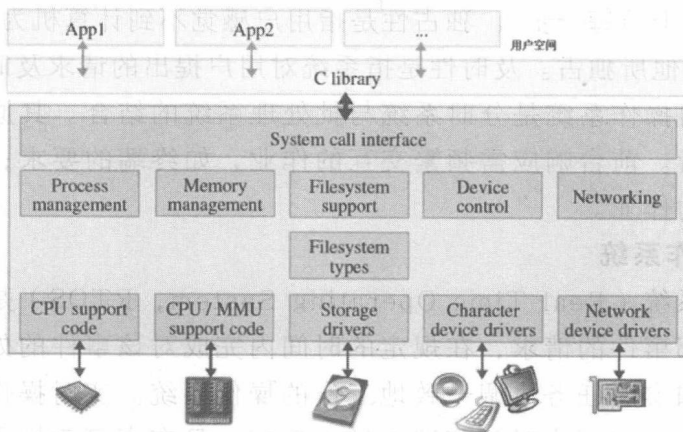


图 1-2 嵌入式系统组成图

1. 驱动程序

驱动程序是操作系统最底层的、直接控制和监视各类硬件的部分，它们的职责是隐藏硬件的具体细节，并向其他部分提供一个抽象的、通用的接口。

2. 内核

内核为操作系统之最核心部分，包括进程管理、内存管理、文件系统管理、设备管理等核心单元。其中，内存管理和进程管理可以用来作为衡量一个操作系统的标准。

3. 接口库

接口库是一系列特殊的程序库，它们的职责在于把系统所提供的基本服务包装成应用程序所能够使用的编程接口（API），因而是最靠近应用程序的部分。例如，GNU C 运行库就属于此类，它把各种操作系统的内部编程接口包装成 ANSIC 和 POSIX 编程接口的形式。

4. 外围

所谓外围，是指操作系统中除上述 3 部分以外的所有其他部分，通常是用于提供特定高级服务的部件。例如，在微内核结构中的大部分系统服务，以及 UNIX/Linux 中各种守护进程都通常被划归此列。

当然，这里所介绍的 4 部分不能说所有的操作系统都这样划分。例如，在早期的微软视窗操作系统中，各部分耦合程度很深，难以区分彼此。而在使用外核结构的操作系统中，则根本没有驱动程序的概念。因而，本节的讨论只适用于一般情况，具体特例需具体分析。

1.2 嵌入式系统与通用 PC 系统的不同

嵌入式系统是以应用为中心，以计算机技术为基础，软硬件可裁剪，适用于应用系统，对功能、可靠性、成本、体积、功耗等方面有特殊要求的专用计算机系统。

从上面的定义我们可以知道，嵌入式系统也是一个计算机系统。下面我们就从一个计算机系统的基本组成来对比一下嵌入式系统与通用 PC 系统的不同，见表 1-1。

表 1-1 嵌入式系统与 PC 系统对比

设备名称	嵌入式系统	PC 系统
CPU	嵌入式处理器（ARM、MIPS）	CPU（Intel 的 Pentium、AMD 的 Athlon 等）
内存	SDRAM/DDR 芯片	SDRAM，DDR 内存条
存储设备	Flash 芯片	硬盘
输入设备	按键、触摸屏	鼠标、键盘
输出设备	LCD(640×480, 320×240)	显示器
声音设备	音频芯片	声卡
接口	MAX232 等芯片	主板集成
其他设备	USB 芯片、网卡芯片	主板集成或外接卡

嵌入式计算机系统与通用计算机系统相比具有如下特点。

(1) 嵌入式系统是面向特定系统应用的。嵌入式处理器大多数是专门为特定应用设计的,具有功耗低、体积小、集成度高等特点,一般是包含各种外围设备接口的片上系统。

(2) 嵌入式系统涉及计算机技术、微电子技术、电子技术、通信、软件等各行各业。它是一个技术密集、资金密集、高度分散、不断创新的知识集成系统。

(3) 嵌入式系统的硬件和软件都必须具备高度可定制性,只有这样才能适应嵌入式系统应用的需要,在产品价格、性能等方面具备竞争力。

(4) 嵌入式系统的生命周期相当长。当嵌入式系统应用到产品以后,还可以进行软件升级,它的生命周期与产品的生命周期几乎一样长。

(5) 嵌入式系统不具备本地系统开发能力,通常需要有一套专门的开发工具和环境。

在计算机后 PC 技术时代,嵌入式系统将拥有庞大的市场。计算机和网络已经全面渗透到日常生活的每一个角落。各种各样的新型嵌入式系统设备在应用数量上已经远远超过通用计算机,任何一个普通人都可能拥有从小到大的各种使用嵌入式技术的电子产品,小到 MP3、PDA 等微型数字化产品,大到网络家电、智能家电、车载电子设备。而在工业和服务领域中,使用嵌入式技术的数字机床、智能工具、工业机器人、服务机器人也将逐渐改变传统的工业和服务方式,如图 1-3 所示。

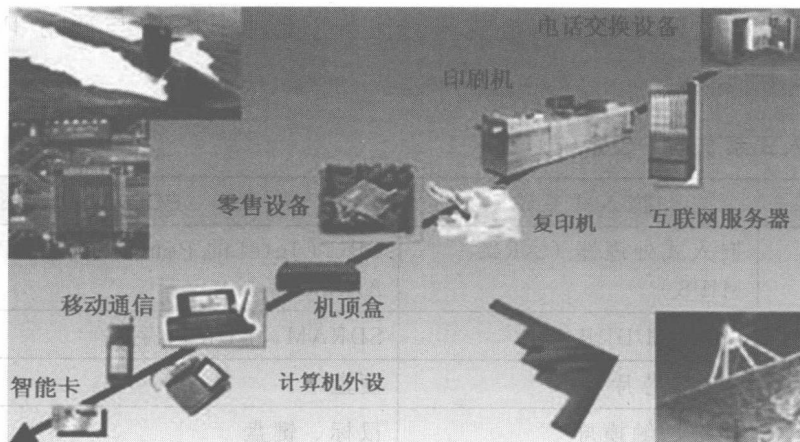


图 1-3 嵌入式产品

美国著名的未来学家尼葛洛庞帝在 1999 年访华时曾预言,4~5 年后嵌入式系统将是继 PC 和 Internet 之后最伟大的发明。这个预言已经成为现实,现在的嵌入式系统正处于高速发展阶段,它无处不在。

1.3 嵌入式操作系统

嵌入式操作系统的一个重要特性是实时性。所谓实时性，就是在确定的时间范围内响应某个事件的特性。操作系统的实时性在某些领域是至关重要的，如工业控制、航空航天等领域。想象一下飞机正在空中飞行，如果嵌入式系统不能及时响应飞行员的控制指令，那么极有可能导致空难事故。而有些嵌入式系统应用并不需要绝对的实时性，如 PDA 播放音乐，个别音频数据丢失并不影响效果，这可以使用软实时的概念来衡量。

据调查，目前全世界的嵌入式操作系统已经有 200 多种。从 20 世纪 80 年代开始，出现了一些商用嵌入式操作系统，它们大部分都是为专有系统而开发的。随着嵌入式领域的发展，各种各样的嵌入式操作系统会相继问世。有许多商用嵌入式操作系统，也有大量开放源代码的嵌入式操作系统。其中著名的嵌入式操作系统有 Linux、 μ C/OS、Windows CE、VxWorks 和 QNX 等，下面分别进行介绍。

1. Linux

根据 IDC 的报告，Linux 已经成为全球第二大操作系统。预计在服务器市场上，Linux 在未来几年内将以每年 25% 的速度增长，中国的 Linux 市场更是保持 40% 左右的增长速度。

嵌入式 Linux 版本还有多种变体。例如，RTLinux 通过改造内核实现了实时的 Linux；RTAI、Kurt 和 Linux/RK 也提供了实时能力； μ CLinux 去掉了 Linux 的 MMU（内存管理单元），能够支持没有 MMU 的处理器。

2. μ C/OS

μ C/OS 是一个典型的实时操作系统。该系统从 1992 年开始发展，目前流行的是第二个版本，即 μ C/OS II。它的特点是开放源代码，代码结构清晰，注释详尽，组织有条理，可移植性好；可剪裁，可固化；抢占式内核，最多可以管理 60 个任务。该系统短小精悍，是研究和学习实时操作系统的首选。

3. Windows CE

Windows CE 是微软公司的产品，它是从整体上为资源有限的平台设计的多线程、完整优先权、多任务的操作系统。Windows CE 采用模块化设计，并允许针对从掌上电脑到专用的工控电子设备进行定制。操作系统的基本内核需要至少 200KB 的 ROM。从 SEGA 的 DreamCast 游戏机到现在大部分的高价掌上电脑都采用了 Windows CE。

随着嵌入式操作系统领域日益激烈的竞争，微软公司不得不应付来自