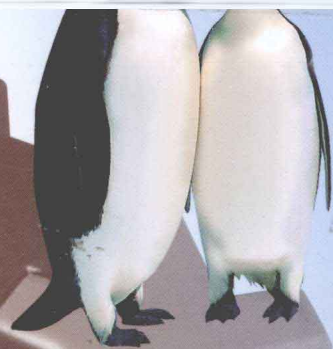




普通高校“十二五”规划教材

嵌入式Linux操作系统 原理与应用

文全刚 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



普通高校“十二五”规划教材

嵌入式 Linux 操作系统 原理与应用

文全刚 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书主要内容分成三个部分:第一部分介绍嵌入式操作系统基础,包括第1章和第2章;第二部分介绍基于嵌入式Linux软件的开发,包括bootloader、驱动程序的设计、内核的裁剪和移植及应用程序的开发,本书的重点在于介绍应用程序的开发,这部分内容由第3章~第6章组成;第三部分是实验内容,包括第7章。

本教材非常适合于应用型本科生的教学,此外,对于嵌入式入门工程师来说,这本书也能满足他们的需要。

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式Linux操作系统原理与应用/文全刚编著.--

北京:北京航空航天大学出版社,2011.3

ISBN 978-7-5124-0350-5

I. ①嵌… II. ①文… III. ①Linux操作系统—程序设计 IV. ①TP316.89

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第025708号

版权所有,侵权必究。

嵌入式Linux操作系统原理与应用

文全刚 编 著

责任编辑 李 青 李冠咏 李徐心

*

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(邮编100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:27 字数:605千字

2011年3月第1版 2011年3月第1次印刷 印数:4000册

ISBN 978-7-5124-0350-5 定价:48.00元

前言

目前,嵌入式产品已经无处不在,通信、信息、数字家庭和工业控制等领域,随处都能见到嵌入式产品。国内也掀起了学习嵌入式知识的高潮,嵌入式知识的学习范围很广,不仅要学习软件知识还要学习硬件知识,学习嵌入式知识要以应用为导向。因此,建议学习者首先选择一个主流芯片,以点带面、循序渐进地进行学习。从应用市场来看,以 ARM 为核心的嵌入式技术逐渐成为我国嵌入式教学的主流。

结合多年的教学实践,我们编写了嵌入式系列教材:《汇编语言程序设计——基于 ARM 体系结构》、《嵌入式系统接口原理与应用》、《嵌入式 Linux 操作系统原理与应用》和《嵌入式系统软件设计与应用》。这个系列教材,为学生学习嵌入式技术提供了一个系统的方案。通过本书的学习,读者能掌握嵌入式 Linux 软件的开发过程,能掌握嵌入式应用软件开发技术,如 MiniGUI、QT 和嵌入式数据库技术等。

本书内容

本书主要内容分成三个部分:第一部分介绍嵌入式操作系统基础,包括第 1 章和第 2 章;第二部分介绍基于嵌入式 Linux 软件的开发,包括 BootLoader、驱动程序的设计、内核的裁剪和移植及应用程序的开发,本书的重点在于介绍应用程序的开发,这部分内容由第 3 章~第 6 章组成;第三部分是实验内容,包括第 7 章。

具体章节安排如下

第 1 章嵌入式系统基础:首先介绍了嵌入式系统的基本概念和嵌入式软件的基本结构;然后介绍了嵌入式操作系统的基础知识,本章以 Linux 作为嵌入式操作系统进行介绍,对于 Linux 命令,本书只是介绍嵌入式开发中常用到的命令而不是所有的命令;本章最后对 Linux 基础知识进行了介绍,重点是 Linux 常用命令。

第 2 章 Linux 编程基础:首先介绍 Linux 环境下的 C 语言编程工具 VIM、GCC、GDB 和 Make 工程管理等内容;然后结合实例介绍了 C 语言开发和调试过程;接下来介绍了 Linux 下的集成开发环境 Eclipse 的开发调试过程;最后对 Linux 基础编程如文件 I/O 编程、进程控制编程、进程间通信编程和多线程编程进行了系统介绍。

第 3 章基于 Linux 的嵌入式软件开发:首先介绍了通用的嵌入式软件体系结构以



及基于 Linux 的嵌入式软件结构；然后介绍 Linux 操作系统下嵌入式软件开发的基本流程和嵌入式开发环境；接下来由底向上分别介绍了嵌入式系统的引导代码、Linux 内核结构及移植、嵌入式文件系统及移植。通过这些介绍，使读者对嵌入式软件的开发流程有个基本的认识，在开发类似项目时，起到举一反三的作用。

第 4 章嵌入式应用程序设计：首先介绍了嵌入式软件开发中常用的 GUI；然后重点介绍了目前比较流行的 GUI 平台 MiniGUI 和 QT/Embedded 系统；并结合实例介绍了这两种平台下应用软件开发的基本流程。

第 5 章嵌入式数据库：首先介绍了嵌入式数据库的基本知识；然后对常用的嵌入式数据库 Sqlite、mSQL 和 Berkeley DB 进行了介绍。

第 6 章嵌入式 Linux 网络编程：首先介绍了两种网络参考模型；然后重点介绍 TCP 和 UDP 的基本原理；接下来介绍了网络程序设计的基础知识和 SOCKET 编程用到的基本函数；最后结合实例分别介绍了如何编写 TCP 程序和 UDP 程序。

第 7 章嵌入式操作系统实验：主要介绍了嵌入式 Linux 操作系统的实验过程，共分为十一个实验，考虑到读者使用的硬件平台各异，因此尽量淡化硬件平台的要求，大部分实验与硬件平台无关，在虚拟机中就可以实现，部分实验需要实验箱的支持。通过本章的学习和操作，读者可以掌握 Linux 平台下软件设计的基本过程，从而在此基础上设计出具体嵌入式产品。基本实验都有相应的视频作参考，读者可根据实际情况选做其中的实验。

本书特点

① 本书内容是嵌入式课程学习的嵌入式操作系统模块，适用于嵌入式方向应用型本、专科院校，高职高专学校，嵌入式资格认证考试的教学，也适合读者自学。

② 本书编写中融入了作者多年的项目经验，所有内容在编者五年的教学过程中不断地修改和完善，编写时注重实践操作部分，尽量避免繁琐、高深的理论介绍，强调培养学生的动手能力。

③ 配套的实验教学视频，结合国内常用的 UP - NETARM2410S 实验平台，本书所有的程序都可以在 Fedora11、Ubuntu9.0 开发环境中进行在线调试。针对这些实验，本书提供了相关的视频供学习者参考，真正做到了手把手教学。

④ 配套资料，本书中用到的工具软件、学习资料和所有的源程序都可以从北京航空航天大学出版社网站的“下载中心”得到，利于教学与自学。

本书在编写过程中得到了北京航空航天大学何立民教授、北京航空航天大学出版社马广云博士的很多帮助和鼓励。本书编写过程中得到了吉林大学珠海学院 2010 年度教材立项的支持。参与本书编写工作的人员如下：吉林大学珠海学院傅晓阳、张荣

高、纪绪、王艺璇、高铭言、陈红玲、洪霞、李一男、孙宝胜、曲志鹏、王懿鹏、王轶溥、罗建、乔睿、李泽维、蔡础城、林璇等，湖南铁道职业技术学院刘志成副教授。感谢王元良院长、庞振平副院长、教学工作部杨文彦主任、姜云飞教授、陈守孔教授等对我的大力支持。在编写本书期间，本人有幸在台湾宜兰大学进修学习，宜兰大学资工所的赵涵捷教授、郑岫盈教授、陳偉銘博士、陳懷恩博士等给予了大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。感谢家人对我的大力支持。本书成书仓促，作者水平有限，错误和不足之处在所难免，谨请读者和同行专家批评指正。我的邮箱：wen_sir_125@163.com。

文全刚

2010年10月于珠海

目 录

清华大学出版社 地址: 北京清华大学学研大厦A座 邮编: 100084 电话: (010)62770175 网址: www.tup.tsinghua.edu.cn

第 1 章 嵌入式系统基础	1
1.1 嵌入式系统概述	1
1.1.1 嵌入式系统的基本概念	1
1.1.2 嵌入式系统的应用领域	2
1.1.3 嵌入式系统的组成	3
1.1.4 嵌入式系统的特点	4
1.1.5 嵌入式系统的发展趋势	5
1.2 嵌入式操作系统	8
1.2.1 操作系统的基本功能	8
1.2.2 嵌入式操作系统	9
1.2.3 嵌入式操作系统体系结构.....	10
1.2.4 嵌入式操作系统的选择.....	14
1.2.5 几种代表性嵌入式操作系统比较.....	15
1.3 嵌入式 Linux 基础	16
1.3.1 Linux 简介	16
1.3.2 嵌入式 Linux	21
1.3.3 Linux 的安装基础	22
1.3.4 基于虚拟机的 Linux 的安装	25
1.3.5 Linux 虚拟机的设置	31
1.4 Linux 目录结构及文件	36
1.4.1 Linux 文件系统	36
1.4.2 Linux 目录结构	39



1.4.3	文件类型及文件属性	41
1.5	Linux 常用操作命令	45
1.5.1	Shell 命令基础	45
1.5.2	文件与目录相关命令	46
1.5.3	磁盘管理与维护命令	55
1.5.4	系统管理与设置命令	57
1.5.5	网络相关命令	60
1.5.6	压缩备份命令	62
	习题一	64
第 2 章	Linux 编程基础	66
2.1	Linux 下的 C 语言编程	66
2.1.1	Linux 下的 C 语言编程概述	66
2.1.2	Linux 下的 C 语言开发流程	68
2.2	Vim 编辑器	71
2.2.1	Vim 的模式	71
2.2.2	Vim 常用操作	73
2.3	GCC 编译器	77
2.3.1	GCC 编译器简介	77
2.3.2	GCC 编译流程	79
2.3.3	GCC 常用编译选项	82
2.3.4	库依赖	85
2.4	GDB 调试器	85
2.4.1	GDB 概述	85
2.4.2	GDB 使用流程	86
2.4.3	GDB 基本命令	91
2.4.4	Gdbserver 远程调试	97
2.5	Make 工程管理器	97
2.5.1	Make 工程管理器概述	97
2.5.2	Makefile 基本结构	99
2.5.3	Makefile 变量	104
2.5.4	Makefile 规则	108
2.5.5	使用自动生成工具生成 Makefile	109
2.6	Linux 下的集成开发环境	113

2.6.1	Eclipse 集成开发环境简介	113
2.6.2	Eclipse 的开发流程	116
2.6.3	使用 CVS 进行版本管理	119
2.7	文件 I/O 编程	125
2.7.1	文件 I/O 编程基础	125
2.7.2	基本 I/O 操作	126
2.7.3	标准 I/O 操作	130
2.8	进程控制编程	134
2.8.1	Linux 下的进程概述	134
2.8.2	Linux 进程编程	137
2.8.3	Zombie 进程	147
2.9	进程间的通信和同步	149
2.9.1	Linux 下进程间通信概述	149
2.9.2	管道通信	149
2.9.3	共享内存通信	159
2.9.4	其他方式通信	163
2.10	多线程编程	163
2.10.1	线程的基本概念	163
2.10.2	线程的实现	164
2.10.3	修改线程属性	167
2.10.4	多线程访问控制	168
	习 题 二	171
第 3 章	基于 Linux 的嵌入式软件开发	172
3.1	嵌入式软件结构	172
3.1.1	嵌入式软件体系结构	172
3.1.2	基于 Linux 的嵌入式软件	175
3.2	嵌入式软件开发流程	176
3.2.1	嵌入式 Linux 设计概述	176
3.2.2	基于开发板的二次开发	177
3.2.3	基于 Linux 的嵌入式软件开发流程	178
3.3	嵌入式 Linux 开发环境	180
3.3.1	ARM 处理器硬件开发平台	180
3.3.2	建立嵌入式交叉编译环境	181



3.3.3	配置开发环境	182
3.4	嵌入式系统引导代码	193
3.4.1	BootLoader 简介	193
3.4.2	常用的 BootLoader	194
3.4.3	BootLoader 基本原理	196
3.4.4	BootLoader 移植实例一:U-Boot	200
3.4.5	BootLoader 移植实例二:Vivi	204
3.5	Linux 内核结构及移植	206
3.5.1	Linux 内核结构	206
3.5.2	Linux 的移植	211
3.5.3	修改 Linux 内核源码	215
3.5.4	内核的裁剪	217
3.5.5	内核的编译和下载	219
3.6	嵌入式文件系统及移植	220
3.6.1	嵌入式文件系统的基础	220
3.6.2	嵌入式文件系统的设计	224
3.6.3	嵌入式根文件系统的制作	226
3.7	Linux 设备驱动概述	227
3.7.1	Linux 设备驱动的作用	227
3.7.2	Linux 设备驱动程序的基本结构	228
3.7.3	Linux 设备驱动的分类	229
3.7.4	Linux 设备文件和设备文件系统	230
3.8	设备驱动程序接口	231
3.8.1	Linux 设备驱动的加载方式	231
3.8.2	设备驱动程序接口	233
3.8.3	Linux 设备的控制方式	235
3.9	Linux 设备驱动开发流程	237
3.9.1	设备驱动开发流程	237
3.9.2	字符设备驱动框架	240
	习题三	249

第 4 章 嵌入式应用程序设计 250

4.1	嵌入式应用程序设计概述	250
4.1.1	嵌入式软件的分类型	250

4.1.2	嵌入式 GUI	251
4.1.3	常用嵌入式 GUI	252
4.2	MiniGUI 概述	254
4.2.1	MiniGUI 简介	254
4.2.2	MiniGUI 的架构	256
4.2.3	MiniGUI 的移植	257
4.2.4	MiniGUI 的编译和安装	258
4.3	MiniGUI 编程基础	261
4.3.1	MiniGUI 的窗口与消息机制	261
4.3.2	MiniGUI 的控件	264
4.3.3	MiniGUI 的对话框	266
4.4	MiniGUI 程序框架	266
4.4.1	MiniGUI 程序框架	266
4.4.2	编译、链接和运行	273
4.4.3	利用 Eclipse 编写 MiniGUI 程序	273
4.5	QT 编程基础	278
4.5.1	QT 简介	278
4.5.2	QT/Embedded	280
4.5.3	QT 开发环境的搭建	282
4.5.4	QT 程序设计基本流程	283
4.6	信号和槽机制	285
4.6.1	基本概念	285
4.6.2	信号和槽机制的原理	287
4.6.3	信号和槽实例	290
4.7	图形界面设计	292
4.7.1	QT 的窗口类 Widgets	292
4.7.2	使用 QT Designer 编写 QT 程序	293
4.7.3	QT 中常用的控件	300
4.8	使用 Eclipse 开发 QT 程序	303
4.8.1	QT 插件的安装	303
4.8.2	Eclipse 平台下 QT 开发过程	304
4.9	QT 程序综合实例	307
4.9.1	需求说明	307
4.9.2	界面设计	308



4.9.3 功能实现	308
习题四	312
第5章 嵌入式数据库	313
5.1 嵌入式数据库概述	313
5.1.1 嵌入式数据库简介	313
5.1.2 嵌入式数据库的特点及分类	314
5.1.3 嵌入式数据库的应用	317
5.2 SQLite 数据库	318
5.2.1 SQLite 数据库概述	318
5.2.2 SQLite 数据库的安装	319
5.2.3 SQLite 数据库的基本命令	321
5.2.4 SQLite 数据库的管理命令	323
5.2.5 SQLite 数据库的 API 函数	325
5.2.6 SQLite 数据库的实例分析	327
5.3 mSQL 数据库	330
5.3.1 mSQL 数据库的简介	330
5.3.2 mSQL 数据库的安装	330
5.3.3 mSQL 数据库的常用 API 函数	332
5.3.4 mSQL 数据库的使用	332
5.4 Berkeley DB 数据库	334
5.4.1 Berkeley DB 数据库的简介	334
5.4.2 Berkeley DB 数据库的安装	335
习题五	336
第6章 嵌入式 Linux 网络编程	337
6.1 网络协议概述	337
6.1.1 网络协议参考模型	337
6.1.2 TCP/IP 协议族	338
6.1.3 TCP 和 UDP	339
6.2 网络编程基础	343
6.2.1 Socket 概述	343
6.2.2 基本数据结构和函数	343
6.2.3 Socket 基础编程	346

6.3 TCP 通信编程	348
6.3.1 TCP 通信过程	348
6.3.2 TCP Server 程序设计	354
6.3.3 TCP Client 程序设计	356
6.3.4 TCP 程序测试过程	358
6.4 UDP 通信编程	358
6.4.1 UDP 通信过程	358
6.4.2 UDP 服务器端程序设计	359
6.4.3 UDP 客户端程序设计	361
6.4.4 UDP 程序测试过程	363
习题 六	363
第 7 章 嵌入式操作系统实验	364
7.1 Linux 常用命令	364
7.2 Linux 下 C 语言开发环境	370
7.3 文件 I/O 及进程控制编程	375
7.4 进程通信以及多线程编程	381
7.5 嵌入式 Linux 开发环境	391
7.6 BootLoader 内核和根文件系统	395
7.7 驱动程序设计	403
7.8 MiniGUI 应用编程	407
7.9 QT 应用编程	409
7.10 嵌入式数据库	410
7.11 网络通信编程	412
参考文献	415

第 1 章

嵌入式系统基础

本章首先介绍嵌入式系统的基本概念和嵌入式软件的基本结构；然后介绍嵌入式操作系统的基础知识，以 Linux 作为嵌入式操作系统进行介绍，对于 Linux 命令，本书只是介绍嵌入式开发中常用到的命令而不是所有的命令；最后对 Linux 基础知识进行介绍，重点是 Linux 常用命令。

1.1 嵌入式系统概述

1.1.1 嵌入式系统的基本概念

除了 PC 以外，数码相机、摄像机、大街上的交通灯控制、监视系统、数字式的示波器、数字万用表、数控洗衣机、电冰箱、VCD、DVD 和 iPad 等，都是嵌入式系统的典型产品。可以说，嵌入式系统已经渗透到我们生活中的每个角落，包括工业、服务业和消费电子等，那么什么是嵌入式系统呢？

根据 IEEE 的定义，嵌入式系统是“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）。这主要是从应用上加以定义的，从中可以看出嵌入式系统是软件和硬件的综合体，还可以涵盖机械等附属装置。

不过上述定义并不能充分体现出嵌入式系统的精髓，目前国内一个普遍被认同的定义是：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、体积和功耗严格要求的专用计算机系统。

根据这个定义，可从三个方面来理解嵌入式系统：

嵌入式系统是面向用户、面向产品、面向应用的，它必须与具体应用相结合才会具有生命力，才更具有优势。因此嵌入式系统是与应用紧密结合的，它具有很强的专用性，必须结合实际系统需求进行合理的裁剪利用。

嵌入式系统是将先进的计算机技术、半导体技术、电子技术和各个行业的具体应用相结合后的产物，这一点就决定了它必然是一个技术密集、资金密集、高度分散和不断创新的知识集



成系统。

嵌入式系统必须根据应用需求对软硬件进行裁剪,满足应用系统的功能、可靠性、成本和体积等要求。因此,如果能建立相对通用的软硬件基础,然后在其上开发出适应各种需要的系统,则是一个比较好的发展模式。目前的嵌入式系统的核心往往是一个只有几 KB 到几十 KB 大小的微内核,需要根据实际应用进行功能扩展或者裁剪,由于微内核的存在,这种扩展能够非常顺利地进行。

1.1.2 嵌入式系统的应用领域

嵌入式系统种类繁多,广泛应用于工业、交通、商业、金融和国防等领域。据美国 Gartner Group 公司调查,2000 年全世界投入使用的嵌入式系统约有 500 亿个,如自动控制领域的工业自动化仪表与检测设备、化工过程自动化设备、电网系统、自动抄表设备、空中交通控制系统、自动收费、航天器姿态与轨道定位装置、移动电话、自动柜员机、IC 卡系统、POS 系统、全球定位系统(GPS)、手持电脑(HPC)、个人数字处理(PDA)、信息家电和 Internet 接入终端设备等。嵌入式系统技术具有非常广阔的应用前景,其应用领域可以包括:

1. 工业控制

基于嵌入式芯片的工业自动化设备将获得长足的发展,目前已经有大量的 8 位、16 位和 32 位嵌入式微控制器在应用中,网络化是提高生产效率和产品质量、减少人力资源的主要途径,如工业过程控制、数字机床、电力系统、电网安全、电网设备监测和石油化工系统。就传统的工业控制产品而言,低端型采用的往往是 8 位单片机。但是随着技术的发展,32 位和 64 位的处理器逐渐成为工业控制设备的核心,在未来几年内必将获得长足的发展。

2. 交通管理

在车辆导航、流量控制、信息监测与汽车服务方面,嵌入式系统技术已经获得了广泛的应用,内嵌 GPS 模块、GSM 模块的移动定位终端已经在各种运输行业获得了成功的使用。目前 GPS 设备已经从尖端产品进入了普通百姓的家庭,只需要几百元,就可以随时随地找到你的位置。

3. 信息家电

这将成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。即使你不在家里,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。

4. 家庭智能管理系统

水、电、煤气表的远程自动抄表,安全防火、防盗系统,其中嵌有的专用控制芯片将代替传统的人工检查,并实现更高、更准确和更安全的性能。目前在服务领域,如远程点菜器等已经体现了嵌入式系统的优势。

5. POS 网络及电子商务

公共交通无接触智能卡 CSC(Contactless Smart Card)发行系统、公共电话卡发行系统、自动售货机和各种智能 ATM 终端将全面走入人们的生活,到时手持一卡就可以行遍天下。

6. 环境工程与自然

在很多环境恶劣,地况复杂的地区,如水文资料实时监测,防洪体系及水土质量监测、堤坝安全,地震监测网,实时气象信息网,水源和空气污染监测等,嵌入式系统将实现无人监测。

7. 机器人

嵌入式芯片的发展将使机器人在微型化、高智能方面的优势更加明显,同时会大幅度降低机器人的价格,使其在工业领域和服务领域获得更广泛的应用。

这些应用中,可以着重于在控制方面的应用。就远程家电控制而言,除了开发出支持 TCP/IP 的嵌入式系统之外,家电产品控制协议也需要制订和统一,这需要家电生产厂家来做。同样的道理,所有基于网络的远程控制器件都需要与嵌入式系统之间实现接口,然后再由嵌入式系统来控制并通过网络实现控制。因此,开发和探讨嵌入式系统有着十分重要的意义。

1.1.3 嵌入式系统的组成

嵌入式系统是软硬件结合紧密的系统,一般而言,嵌入式系统由嵌入式硬件平台和嵌入式软件组成。

其中,嵌入式系统硬件平台包括各种嵌入式器件,如图 1-1 下半部分所示的是一个以 ARM 嵌入式处理器为中心,由存储器、I/O 设备、通信模块以及电源等必要辅助接口组成的嵌入式系统。嵌入式系统的硬件核心是嵌入式微处理器,有时为了提高系统的信息处理能力,常外接 DSP 和 DSP 协处理器(也可内部集成),以完成高性能信号处理。

嵌入式系统不同于普通计算机组成,是量身定做的专用计算机应用系统,在实际应用中的嵌入式系统硬件配置非常精简,除了微处理器和基本的外围电路以外,其余的电路都可根据需求和成本进行裁剪、定制,非常经济、可靠。随着计算机技术、微电子技术和应用技术的不断发展及纳米芯片加工工艺技术的发展,以微处理器为核心,集成多功能的 SOC 系统芯片已成为嵌入式系统的核心。在嵌入式系统设计中,要尽可能地选择满足系统功能接口的 SOC 芯片。这些 SOC 集成了大量的外围 USB、UART、以太网和 AD/DA 等功能模块。

可编程片上系统 SOPC(System On Programmable Chip)结合了 SOC 和 PLD、FPGA 各自的技术特点,使得系统具有可编程的功能,是可编程逻辑器件在嵌入式应用中的完美体现,极大地提高了系统在线升级和换代能力。以 SOC/SOPC 为核心,用最少的外围部件和连接部件构成一个应用系统,满足系统的功能需求,这是嵌入式系统发展的一个方向。

嵌入式系统软件一般包含 4 个方面:设备驱动层、实时操作系统 RTOS、中间件层和实际应用程序层,嵌入式软件结构将在第 3 章详细介绍。

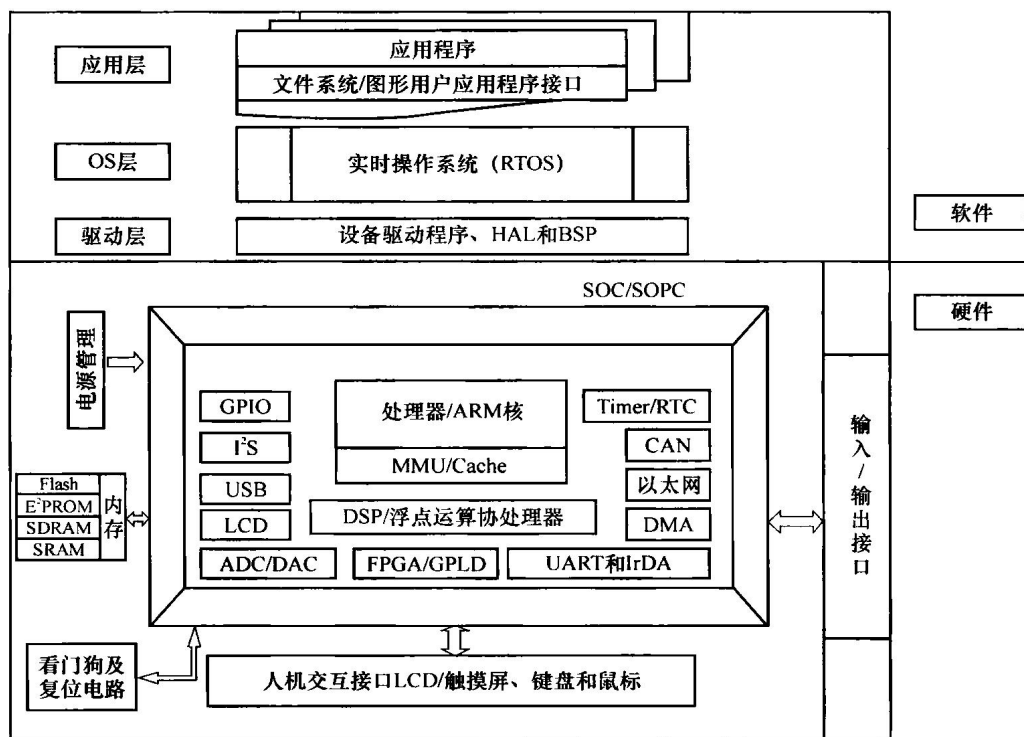


图 1-1 典型的嵌入式系统组成

1.1.4 嵌入式系统的特点

嵌入式系统的特点是相对通用计算机系统(通常指 PC)而言的。与通用计算机相比,嵌入式系统的不同之处在于:

1. 嵌入式

嵌入式指的是嵌入式系统通常需要与某些物理世界中特定的环境和设施紧密结合。这也是嵌入式系统名称的由来。例如,汽车的电子防抱死系统必须与汽车的制动、刹车装置紧密结合;电子门锁必须嵌入到门内,数控机床的电子控制模块通常与机床也是一体的。

2. 专用性

与通用计算机不同,嵌入式系统通常是面向某个特定应用的,所以嵌入式系统的硬件和软件,尤其是软件,都是为特定用户群设计的,它通常都具有某种专用性的特点。例如,方便实用的 MP3、MP4 有许多不同的外观形状,但都是实现某种特定功能的产品。