

• 闫广明 张 扬 王冠然◎编著

嵌入式Linux

C语言基础与实例进阶



赠配书光盘： 包含实例源文件及相关学习资料，主要实例的设计过程都被采集成视频录像。

- 从零开始，轻松入门
- 图解案例，清晰直观
- 图文并茂，操作简单
- 实例引导，专业经典
- 学以致用，注重实践

清华大学出版社

嵌入式 Linux C 语言基础与实例进阶

闫广明 张 扬 王冠然 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书面向学习 Linux C 语言的初中级读者, 全书共 16 章, 分别介绍了嵌入式系统基础知识、Linux 环境下 C 语言的开发、Bootloader、Linux 环境下 C 语言编程基础、Linux Shell 编程、创建嵌入式系统开发环境、C 程序基础、嵌入式 GUI 技术、嵌入式文件系统与存储技术、嵌入式 Linux 设备驱动开发、进程、线程、Linux 网络编程、嵌入式视频采集系统、指纹识别门禁系统设计、基于 Web Service 的嵌入式智能家居系统等内容。

本书注重理论联系实践, 以培养读者的工程应用能力为目标, 全书内容详实、讲解透彻、案例丰富实用, 能够使读者边学边用, 更快更好地掌握所学知识。

本书不仅有详细的理论基础知识介绍, 还有大量的开发案例以供参考, 可读性和实用性强, 可作为初学者的自学教材以及各类培训学校的教材用书, 也可作为工程技术人员及中专、中技、高职高专、本科院校相关专业师生的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式 Linux C 语言基础与实例进阶/闫广明, 张杨, 王冠然编著. —北京: 清华大学出版社, 2012.2

ISBN 978-7-302-26888-8

I. ①嵌… II. ①闫… ②张… ③王… III. ①Linux 操作系统-程序设计 ②C 语言-程序设计
IV. ①TP316.89 ②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 193488 号

责任编辑: 钟志芳

封面设计: 刘 超

版式设计: 文森时代

责任校对: 王国星

责任印制: 何 芊

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者: 北京密云胶印厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm 印 张: 23 字 数: 531 千字

(附光盘 1 张)

版 次: 2012 年 2 月第 1 版

印 次: 2012 年 2 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 46.00 元

前 言

基本内容

嵌入式系统是目前最热门的计算机应用领域之一，嵌入式 Linux 是应用最广泛的嵌入式操作系统之一，越来越多的 Internet 应用服务器采用 Linux 操作系统。本书从嵌入式系统基础概念讲起，介绍在 Linux 系统中使用 C 语言编程的有关知识。通过本书的学习，读者可以快速学会 Linux 环境下 C 语言编程，掌握其中的编程方法和技巧，从而实现 Linux 环境下 C 语言编程的入门和提高。

针对市场上同类型入门书籍的不足，为了使读者迅速掌握使用嵌入式 Linux C 系统开发入门的要点与难点，每个知识点都通过典型的例题来说明其功能和用法，并给出重要的设置选项含义。本书根据作者多年使用嵌入式开发的实践经验，由浅入深，图文并茂，全面剖析了嵌入式 Linux C 语言的开发及应用。

全书包括 16 章，各章具体内容介绍如下。

- ✧ 第 1 章：概括地介绍嵌入式系统、嵌入式系统的组成、嵌入式系统的应用领域、嵌入式系统的发展趋势、ARM 处理器平台、Linux 的发展历史、Linux 发行版本、Linux 系统的特点和组成、Linux 常用命令、嵌入式系统开发等。
- ✧ 第 2 章：主要内容包括 C 语言简单回顾、Linux 程序设计基础知识、Linux 下的 C 语言开发环境、嵌入式 Linux C 语言开发流程和开发工具、嵌入式 Linux 中程序的运行原理、Linux 程序设计的特点、Linux 下 C 语言编码的风格等。
- ✧ 第 3 章：主要讲解 Bootloader 的工作原理、ViVi 的源代码结构、ViVi 的启动过程、U-Boot 的特点、U-Boot 的目录结构、U-Boot 的启动过程和移植等。
- ✧ 第 4 章：主要讲解 Linux 环境下 C 语言编程所用到的 Vi 编辑器、Vim 编辑器、GCC 编译器、GDB 调试器、make 工程管理器等的特点和使用。
- ✧ 第 5 章：主要讲解几种流行的 Shell、bash 的特点、Shell 的基本语法、Shell 程序的变量和参数、Shell 的测试命令、函数、运行 Shell 程序的方法等。
- ✧ 第 6 章：主要讲解嵌入式系统开发环境的构建、Cygwin、超级终端和 minicom 的配置及使用、嵌入式 Linux 操作系统内核编译、NFS、Tftp 等。
- ✧ 第 7 章：主要介绍 C 语言的数据、运算符、表达式、数据的输入和输出、基本语句、数组、函数与指针等。
- ✧ 第 8 章：主要介绍 Linux 下几种主流的 GUI，包括 X Window、MiniGUI、Qt/Embedded、MicroWindows、OpenGUI、GTK+等，重点介绍基于 MiniGUI 的图形界面开发。

嵌入式 Linux C 语言基础与实例进阶

- ◇ 第 9 章：主要介绍嵌入式文件系统的功能和特点、Linux 常见的文件系统、Linux 文件结构、FLASH 存储技术和基于 FAT 的嵌入式文件系统设计等。
- ◇ 第 10 章：主要介绍 Linux 设备驱动开发，包括设备驱动模块化编程、Linux 字符设备驱动、块设备驱动、网络设备驱动等。
- ◇ 第 11 章：主要讲解进程标识、获得进程 ID、进程控制、进程的内存映像、Linux 进程调度、进程间通信等。
- ◇ 第 12 章：主要介绍线程概述、创建线程、获取/设置线程属性、取消线程、线程的私有数据、等待线程、信号量、互斥锁、条件变量等。
- ◇ 第 13 章：主要介绍网络编程的基本概念，包括 IP 地址、端口、域名、TCP/IP 协议、PPP 协议及 Socket 通信等。
- ◇ 第 14 章：主要介绍嵌入式视频采集实例，包括系统方案论证、嵌入式开发平台搭建、S3C2440A 介绍、嵌入式软件平台、视频采集平台的软件实现。
- ◇ 第 15 章：主要介绍指纹识别门禁系统实例，包括指纹识别原理、系统硬件结构介绍、指纹传感器 U.are.U 4000b sensor、系统的软件结构、Linux 内核以及 Bootloader 移植、界面功能介绍等。
- ◇ 第 16 章：主要介绍基于 Web Service 的嵌入式智能家居系统实例，包括系统概述、Web Service 介绍、系统设计、家庭设备操作、服务器对外接口的 Web Service 实现、视频采集等。

主要特点

本书作者都是从事科研和实际生产工作的教师和博士研究生，有着丰富的教学和实践经验。在内容编排上，本书按照读者学习的一般规律，由浅入深，结合大量实例讲解操作步骤，使读者能够快速熟悉 Linux 操作系统和嵌入式开发环境，熟练掌握 Linux C 的使用。

具体地讲，本书具有以下特点：

- ◇ 从零开始，轻松入门。
- ◇ 图解案例，清晰直观。
- ◇ 图文并茂，操作简单。
- ◇ 实例引导，专业经典。
- ◇ 学以致用，注重实践。

读者对象

- ◇ 学习 Linux C 设计的初级读者。
- ◇ 具有一定 C 语言基础知识、希望进一步深入掌握 Linux 开发环境 C 设计的中级读者。
- ◇ 大中专院校计算机相关专业的学生。
- ◇ 从事嵌入式开发环境的工程技术人员。

本书既可以作为大中专院校计算机应用专业的教材，也可以作为读者自学的教程和专

业人员的参考手册。

配套光盘简介

为了方便读者学习，本书配套提供了多媒体教学光盘，其中包含本书主要实例源文件，这些文件都保存在与章节相对应的文件夹中。同时，主要实例的设计过程都采集成视频录像，相信会为读者的学习带来便利。

注意：由于光盘上的文件都是“只读”的，因此不可以直接修改这些文件。读者可以先将这些文件复制到硬盘上，去掉文件的“只读”属性，然后再使用。

本书由闫广明、张扬、王冠然编著，参加本书编写工作的还有王莉、邵宇、杜晔、管殿柱、宋一兵、付本国、赵秋玲、赵景伟、赵景波、张洪信、王献红、张忠林、王臣业、谈世哲、程联军、初航等。

感谢您选择了本书，希望我们的努力对您的工作和学习有所帮助，也希望您把对本书的意见和建议告诉我们。

零点工作室网站地址：www.zerobook.net

零点工作室联系信箱：gdz_zero@126.com

零点工作室
2011 年 12 月

目 录

第 1 章 嵌入式系统基础知识	1
1.1 嵌入式系统概述	1
1.1.1 嵌入式系统简介	1
1.1.2 嵌入式系统的组成	2
1.1.3 嵌入式系统的应用领域	4
1.1.4 嵌入式系统的发展趋势	5
1.2 ARM 处理器平台介绍	5
1.2.1 ARM 处理器简介	6
1.2.2 ARM 体系结构	6
1.2.3 ARM 微处理器系列	8
1.2.4 ARM 处理器的应用领域和特点	11
1.3 Linux 操作系统	12
1.3.1 Linux 的发展历史	12
1.3.2 Linux 发行版本	13
1.3.3 Linux 系统的特点和组成	14
1.3.4 Linux 常用命令	16
1.4 嵌入式系统开发	22
本章小结	24
思考与练习	24
第 2 章 Linux 环境下 C 语言的开发	25
2.1 C 语言简单回顾	25
2.2 Linux 程序设计基础知识	26
2.2.1 程序安装目录	26
2.2.2 头文件	27
2.2.3 库文件	27
2.3 Linux 下的 C 语言开发环境	30
2.4 嵌入式 Linux C 语言开发流程和开发工具	30
2.5 嵌入式 Linux 中程序的运行原理	31
2.6 Linux 程序设计的特点	33

2.7 Linux 下 C 语言编码的风格	34
本章小结	35
思考与练习	35
第 3 章 Bootloader	36
3.1 Bootloader 的工作原理	36
3.1.1 Bootloader 概述	36
3.1.2 Bootloader 的启动流程	37
3.2 ViVi	42
3.2.1 ViVi 的源代码结构	42
3.2.2 ViVi 的启动过程	43
3.3 U-Boot	50
3.3.1 U-Boot 的特点	50
3.3.2 U-Boot 的目录结构	50
3.3.3 U-Boot 的启动过程	51
3.3.4 U-Boot 的移植	55
3.3.5 U-Boot 与内核的关系	55
本章小结	61
思考与练习	61
第 4 章 Linux 环境下 C 语言编程基础	62
4.1 Vi 编辑器	62
4.1.1 Vi 的基本模式	62
4.1.2 Vi 的基本操作	63
4.2 Vim 编辑器	65
4.2.1 Vim 的启动	66
4.2.2 保存与打开文件	67
4.2.3 移动光标	67
4.2.4 插入	68
4.2.5 删除	69
4.2.6 取消	69
4.2.7 保存	70
4.2.8 退出	70
4.3 GCC 编译器	70
4.3.1 GCC 编译流程分析	71
4.3.2 实例：GCC 编译程序	71
4.3.3 实例：GCC 编译多重源代码文件	77
4.3.4 GCC 编译选项分析	78

4.3.5	GCC 使用库函数	80
4.3.6	实例：静态库的创建	81
4.4	GDB 调试器	82
4.4.1	GDB 调试器概述	82
4.4.2	实例：GDB 调试程序	83
4.5	Make 工程管理器	86
4.5.1	Makefile 文件的构成	87
4.5.2	Makefile 变量	88
4.5.3	Make 工程管理器的使用	90
	本章小结	91
	思考与练习	91
第 5 章	Linux Shell 编程	92
5.1	什么是 Shell	92
5.2	几种流行的 Shell	93
5.3	bash 的特点	94
5.4	Shell 程序设计基础	95
5.4.1	Shell 的基本语法	95
5.4.2	Shell 程序的变量和参数	96
5.4.3	Shell 的测试命令	100
5.4.4	Shell 的条件语句	101
5.4.5	Shell 的循环语句	102
5.4.6	函数	104
5.4.7	命令分组	104
5.4.8	引号的使用方法	104
5.4.9	实例：Shell 菜单程序	105
5.4.10	实例：自动调用 ftp 传输软件	106
5.5	运行 Shell 程序的方法	107
5.6	bash 的内部命令和外部命令	107
	本章小结	109
	思考与练习	109
第 6 章	创建嵌入式系统开发环境	111
6.1	嵌入式系统开发环境的构建	111
6.2	Cygwin	114
6.3	超级终端和 minicom 的配置及使用	115
6.4	嵌入式 Linux 操作系统内核编译	116
6.4.1	Linux 内核结构	116

6.4.2 内核的配置	119
6.4.3 内核编译的过程	120
6.4.4 内核的移植	121
6.5 NFS.....	122
6.6 Tftp.....	124
本章小结.....	125
思考与练习	125
第 7 章 C 程序基础	126
7.1 数据、运算符、表达式	126
7.1.1 C 程序的结构和语法规则	126
7.1.2 C 程序语句概述	126
7.1.3 标识符	127
7.1.4 关键字	128
7.1.5 常量	128
7.1.6 变量	128
7.1.7 基本数据类型	129
7.1.8 算术运算符、赋值运算符及其表达式	130
7.1.9 关系运算符、逻辑运算符及其表达式	132
7.2 数据的输入和输出	133
7.2.1 数据的输出	134
7.2.2 数据的输入	135
7.2.3 实例：汉诺塔	136
7.3 基本语句	138
7.3.1 语句和复合语句	138
7.3.2 条件语句	139
7.3.3 实例：查找最小值	140
7.3.4 循环控制	141
7.4 数组	143
7.4.1 一维数组	143
7.4.2 二维数组	145
7.4.3 字符数组和字符串	146
7.4.4 实例：数值顺序输出	147
7.5 函数与指针	148
7.5.1 函数	149
7.5.2 指针	151
7.5.3 函数使用实例：数值比较	154
7.5.4 指针使用实例：倒序输出	155

本章小结	156
思考与练习	157
第 8 章 嵌入式 GUI 技术	158
8.1 嵌入式图形用户界面简介	158
8.2 Linux 下几种主流 GUI 介绍	158
8.2.1 紧缩的 X Window 系统	158
8.2.2 MiniGUI	159
8.2.3 Qt/Embedded	159
8.2.4 MicroWindows	160
8.2.5 OpenGUI	161
8.2.6 GTK+	161
8.3 基于 MiniGUI 的图形界面开发	162
8.3.1 MiniGUI 程序框架	163
8.3.2 MiniGUI 的窗口和消息	164
8.3.3 实例: MiniGUI 窗口编程	167
8.3.4 菜单	172
8.3.5 键盘与鼠标	172
8.3.6 对话框	173
8.3.7 常用控件	174
8.3.8 实例: MiniGUI 控件编程	177
本章小结	181
思考与练习	181
第 9 章 嵌入式文件系统与存储技术	183
9.1 嵌入式文件系统的功能和特点	183
9.2 Linux 常见的文件系统	184
9.3 Linux 文件结构	186
9.3.1 Linux 文件类型	188
9.3.2 Linux 文件的访问权限控制	190
9.3.3 MTD	192
9.4 FLASH 存储技术	193
9.4.1 FLASH 的类型	196
9.4.2 NOR FLASH 与 NAND FLASH 的区别	197
9.5 基于 FAT 的嵌入式文件系统设计	198
9.5.1 FAT 文件系统的组成	198
9.5.2 FAT 层逻辑文件系统的总体框架	199
本章小结	202

思考与练习	202
第 10 章 嵌入式 Linux 设备驱动开发	203
10.1 Linux 设备驱动开发概述	203
10.1.1 设备驱动和文件系统的关系	204
10.1.2 设备类型和设备号	204
10.2 设备驱动模块化编程	205
10.2.1 设备驱动程序原理	205
10.2.2 设备访问方式及实现	207
10.2.3 内核与驱动程序的关系	209
10.2.4 中断处理	210
10.3 Linux 字符设备驱动	211
10.3.1 字符设备驱动概述	211
10.3.2 实例：字符设备驱动	214
10.4 块设备驱动	217
10.4.1 块设备驱动简介	217
10.4.2 块设备相关结构体	218
10.5 网络设备驱动	223
10.5.1 网络设备概述	223
10.5.2 网络设备的运行机制	224
10.5.3 sk_buff 数据结构	225
10.5.4 数据包的发送与接收	227
10.5.5 网络设备驱动程序加载	228
本章小结	229
思考与练习	229
第 11 章 进程	230
11.1 进程概述	230
11.1.1 进程标识	230
11.1.2 实例：获得进程 ID	231
11.1.3 Linux 进程的结构	232
11.1.4 Linux 进程状态	232
11.1.5 Linux 进程控制块结构描述	233
11.2 进程控制	234
11.2.1 创建进程	234
11.2.2 实例：创建进程	234
11.2.3 创建守护进程	235
11.2.4 实例：创建守护进程	236

11.2.5 进程退出	238
11.2.6 改变进程的优先级.....	238
11.2.7 执行新程序	240
11.2.8 等待进程结束	240
11.2.9 实例：进程等待.....	241
11.3 进程的内存映像	243
11.4 Linux 进程调度.....	243
11.5 进程间通信	244
11.5.1 管道	245
11.5.2 有名管道	246
11.5.3 消息队列	246
11.5.4 信号量	249
11.5.5 共享内存	250
11.5.6 实例：进程通信.....	252
本章小结	255
思考与练习	255
第 12 章 线程	256
12.1 线程概述	256
12.2 创建线程	256
12.2.1 创建线程概述	256
12.2.2 实例：创建线程.....	257
12.3 获取/设置线程属性	258
12.3.1 获取/设置线程属性的函数.....	259
12.3.2 实例：读取和设置线程属性.....	262
12.4 取消线程	263
12.5 线程的私有数据	264
12.5.1 操作线程私有数据的函数.....	264
12.5.2 实例：线程私有数据.....	265
12.6 等待线程	266
12.7 信号量	267
12.8 互斥锁	269
12.8.1 互斥锁操作函数.....	269
12.8.2 实例：互斥锁	271
12.9 条件变量	272
12.9.1 条件变量操作	272
12.9.2 实例：条件变量使用.....	274
本章小结	275



思考与练习	276
第 13 章 Linux 网络编程	277
13.1 网络编程的基本概念	277
13.1.1 IP 地址	277
13.1.2 端口	278
13.1.3 域名	278
13.1.4 TCP/IP 协议	279
13.1.5 PPP 协议	280
13.2 Socket 通信	281
13.2.1 Socket 概述	281
13.2.2 Socket 基础	282
13.2.3 Socket 网络编程	283
13.2.4 实例: Socket 聊天编程	287
13.2.5 实例: 利用 Socket 进行通信	292
本章小结	296
思考与练习	296
第 14 章 嵌入式视频采集系统	297
14.1 系统方案论证	297
14.2 嵌入式开发平台搭建	298
14.2.1 Linux 操作系统	298
14.2.2 建立交叉编译环境	298
14.3 S3C2440A 介绍	300
14.4 嵌入式软件平台	303
14.4.1 U-Boot 移植	304
14.4.2 Linux 内核移植	309
14.4.3 根文件系统移植	311
14.4.4 配置对 USB 设备的支持	314
14.4.5 USB 摄像头驱动移植	315
14.5 视频采集系统平台的软件实现	316
14.5.1 嵌入式 Web 服务器	316
14.5.2 嵌入式视频服务器	318
本章小结	322
第 15 章 指纹识别门禁系统设计	323
15.1 自动指纹识别系统概述	323
15.2 指纹识别原理	323
15.2.1 指纹特征	324

15.2.2 指纹图像增强的方法.....	325
15.2.3 指纹特征的提取.....	326
15.2.4 指纹图像匹配	326
15.2.5 指纹识别系统的性能参数.....	327
15.3 系统硬件结构介绍	327
15.4 指纹传感器 U.are.U 4000b sensor.....	328
15.5 系统的软件结构	329
15.6 Linux 内核以及 Bootloader 移植	330
15.7 界面功能介绍	335
本章小结	336
第 16 章 基于 Web Service 的嵌入式智能家居系统	337
16.1 系统概述	337
16.2 Web Service 介绍.....	338
16.3 系统设计	339
16.4 家庭设备操作	341
16.5 服务器对外接口的 Web Service 实现.....	342
16.6 视频采集	343
本章小结	351

第 1 章 嵌入式系统基础知识

嵌入式系统以数字技术为基础，以计算机科学技术为框架，目前普遍应用在工业控制、信息家电、医疗设备、智能仪器仪表等众多领域。嵌入式系统的出现至今已经有 30 多年的历史，近几年来，计算机、通信及消费性电子的一体化趋势日益明显，嵌入式技术已成为一个研究热点，越来越多的公司、科研院所、大专院校以及个人都在从事嵌入式系统的设计开发工作。

1.1 嵌入式系统概述

本节对嵌入式系统的基本概念、嵌入式系统的组成、嵌入式系统的应用领域、嵌入式系统的发展趋势等内容进行简单的介绍。

1.1.1 嵌入式系统简介

嵌入式系统是以应用为中心，以计算机技术为基础，并且软硬件可裁剪，适用于应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗有严格要求的专用计算机系统。广义上说，凡是带有微处理器的专用软硬件系统都可以称为嵌入式系统，如各类单片机和 DSP 系统。狭义上说，那些使用嵌入式微处理器构成独立系统，具有自己的操作系统，具有特定功能的系统都是嵌入式系统。作为一个系统，往往是在硬件和软件交替发展的双螺旋的支撑下逐渐趋于稳定和成熟，嵌入式系统也不例外。

嵌入式系统的出现最初是基于单片机的。最早的单片机是 Intel 公司的 8048，它出现在 1976 年。Motorola 公司同时推出了 68HC05，ZiLOG 公司推出了 Z80 系列，这些早期的单片机均含有 256B 的 RAM、4KB 的 ROM、4 个 8 位并口、一个全双工串行口、两个 16 位定时器。之后在 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，这在单片机的历史上是值得纪念的一页。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。

从 20 世纪 80 年代早期开始，嵌入式系统的程序员开始用商业级的“操作系统”编写嵌入式应用软件，这可以获取更短的开发周期、更低的开发资金和更高的开发效率，“嵌入式系统”真正出现了。确切地说，这时的操作系统是一个实时核，这个实时核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。其中比较著名的有 Ready System 公司的 VRTX、Integrated System Incorporation (ISI) 公司的 pSOS、Wind River System 公司的 VxWorks、QNX 公司的 QNX 等。这些嵌入式操作系统都具有嵌入式的典型特点：它们均采用占先式的调度，响应的时间很短，任

务执行的时间可以确定；系统内核很小，具有可裁剪、可扩充和可移植性，可以移植到各种处理器上；较强的实时和可靠性，适合嵌入式应用。这些嵌入式实时多任务操作系统的出现，使得应用开发人员得以从小范围的开发解放出来，同时也促使嵌入式有了更为广阔的应用空间。

20 世纪 90 年代以后，随着对实时性要求的提高，软件规模不断上升，逐渐出现实时多任务操作系统（RTOS），并作为一种软件平台逐步成为目前国际嵌入式系统的主流。这时更多的公司看到了嵌入式系统的广阔发展前景，开始大力发展自己的嵌入式操作系统。除了上面的几家老牌公司以外，还出现了 Palm OS、Windows CE、嵌入式 Linux、Lynx、Nucleux 以及国内的 Hopen、Delta Os 等嵌入式操作系统。随着嵌入式技术的发展前景日益广阔，相信会有更多的嵌入式操作系统软件出现。

1.1.2 嵌入式系统的组成

一个嵌入式系统装置一般都由嵌入式计算机系统和执行装置组成，嵌入式计算机系统是整个嵌入式系统的核心，由硬件层、中间层、软件层和功能层组成，如图 1-1 所示。

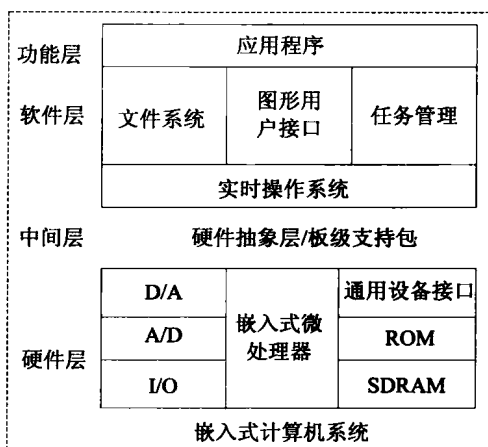


图 1-1 嵌入式计算机系统的组成

下面对嵌入式计算机系统的组成进行介绍。

1. 硬件层

硬件层中包含嵌入式微处理器、存储器（SDRAM、ROM、FLASH 等）、通用设备接口和 I/O 接口（A/D、D/A、I/O 等）。在一片嵌入式处理器的基础上添加电源电路、时钟电路和存储器电路，就构成了一个嵌入式核心控制模块。其中操作系统和应用程序都可以固化在 ROM 中。

（1）嵌入式微处理器

嵌入式系统硬件层的核心是嵌入式微处理器，嵌入式微处理器与通用 CPU 最大的不同在于嵌入式微处理器大多工作在为特定用户群所专门设计的系统中，它将通用 CPU 许多由板卡完成的任务集成在芯片内部，从而有利于嵌入式系统在设计时趋于小型化，同时还具