



嵌入式研发系列丛书

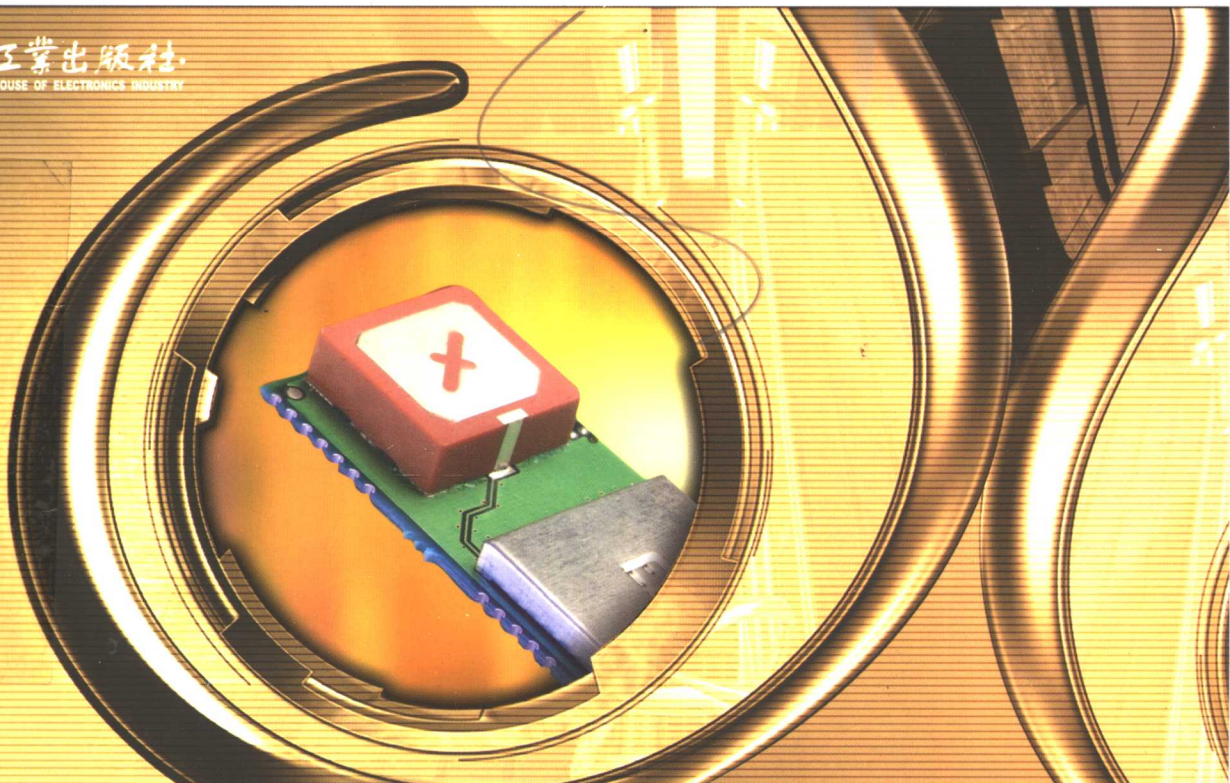
嵌入式Linux 应用开发详解

Embedded Linux
Development Guide

- ◆ 冼进 主编
- ◆ 许振山 刘峥嵘 张智超 等编著

<http://www.phei.com.cn>

 电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY



TP316.81/151

2007

嵌入式研发系列丛书

嵌入式Linux应用开发详解

冼 进 主编

许振山 刘峥嵘 张智超 骆 飞 靳大江 等编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书立足于嵌入式 Linux 平台,侧重于实际开发应用,是一本结合嵌入式 Linux 技术最新发展潮流和编者多年开发经验,精心编写的嵌入式 Linux 开发用书。主要介绍包括嵌入式 Linux 开发环境的配置、uClinux 操作系统相关的知识、串口通信、LED、LCD 显示器、USB 驱动、PCI 驱动、嵌入式文件系统和集成开发调试环境、GUI 编程、嵌入式数据库等内容。

本书既可作为各高等院校有关嵌入式 Linux 课程的教学用书,也可供在嵌入式 Linux 平台下进行应用开发的广大工作人员学习和参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式 Linux 应用开发详解 / 洗进主编. —北京: 电子工业出版社, 2007.11

(嵌入式研发系列丛书)

ISBN 978-7-121-05188-3

I. 嵌… II. 洗… 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 (2007) 第 158415 号

责任编辑: 刘海艳

印 刷: 北京东光印刷厂

装 订: 三河市皇庄路通装订厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 28 字数: 717 千字

印 次: 2007 年 11 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 48.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

Linux 之父芬兰人 Linus Torvalds 曾经说过：“我对嵌入市场感兴趣，因为那里会有些别处找不到的特殊用途。”

自从进入后 PC 时代，计算机及其相关技术得到进一步的发展，计算将不再局限于传统的 PC 和服务环境，网络计算和移动计算将很快成为人们日常生活的一部分，并逐渐呈现出普及计算（Pervasive Computing）模式。

作为普及计算的支撑技术，嵌入式实时系统正逐步应用到越来越多的领域，包括智能过程控制、航空航天、交通、飞行控制、通信、多媒体、办公自动化、实时模拟、虚拟现实、医疗电子、军事电子、信息家电等领域。

目前企业对信息化解决方案简单化、智能化的需求，以及消费者对具有强大网络功能、简单易用、稳定低耗的下一代手持计算设备的期望，将进一步推动一个以智能网络计算部件、瘦服务器和消费电子设备等产品为代表的全新嵌入式系统及相关产品、解决方案市场的快速发展。嵌入式应用已经成为引人注目的热点。

嵌入式实时操作系统是嵌入式系统的“灵魂”。嵌入式实时操作系统的引入，改变了嵌入式系统落后的开发方式，加快了嵌入式系统的开发速度，提高了代码的可重用性和可靠性。

作为开放源代码的操作系统，嵌入式 Linux 有着与生俱来的诸多特性，使得其在满足嵌入式应用对操作系统平台的要求方面具有许多天生的优势。嵌入式 Linux 有着 Linux 的“血统”。它以可自由增减的内核为基础，采用模块化的结构，稳定小巧，易于裁剪和定制，这对于资源有限的嵌入式系统特别重要。嵌入式 Linux 是自由软件，它遵循 GPL 规范，采用开放和协作的开发模式，无偿提供源代码，任何人都可以任意取得、修改和发布源代码。这样，从开发成本来说，获取嵌入式 Linux 几乎是免费的，与其他专用嵌入式操作系统高昂的售价相比，这是它的又一大优势。而且由于它的自由性，极大地激发了世界各地软件开发人员的积极性和创造热情，各种应用软件层出不穷，它所支持的硬件芯片也日益广泛，这为开发者提供了更多的选择。另外，嵌入式 Linux 所具有的优秀网络性能也使它成为开发具有网络功能的嵌入式产品的正确选择。嵌入式 Linux 的飞速发展也从另一个侧面证明了其自身所具有的强大优势。

本书从实际开发出发，结合实例讲解了如何解决在嵌入式 Linux 开发中所遇到的诸多难题，对于所涉及的嵌入式开发底层细节也进行了详细的阐述，这些都是作者从事嵌入式 Linux 应用程序开发的经验与体会。同时，本书还对书中实例代码进行了详细解析，以期读者能更好地把握嵌入式 Linux 应用程序开发中的难点和重点。

全书分为 4 篇，共 15 章，具体内容安排如下：

第 1 篇 基础篇，包括第 1 章和第 2 章。主要介绍了嵌入式 Linux 应用开发的基础知识。其中，在第 1 章中对嵌入式系统、实时操作系统、嵌入式 Linux 的特点和目前国内国外嵌入式 Linux 的现状进行了相应介绍；在第 2 章中主要介绍了如何建立嵌入式 uClinux 开

发平台, 如何实现 uClinux 平台下的应用程序开发与调试, 以及各类开发工具的使用, 力求使读者能够搭建适合自己需要的嵌入式 Linux 开发平台, 学会使用常用工具进行应用程序的开发。

第 2 篇 系统篇, 包括第 3~7 章。主要介绍了与 uClinux 操作系统有关的知识, 如任务管理、任务间通信、内存与 I/O 管理、时钟管理、uClinux 中断处理机制以及网络编程等。

第 3 篇 驱动开发篇, 包括第 8~13 章。主要对嵌入式 Linux 系统外部扩展应用的各个专题进行了相应的介绍。主要包括串口通信、LED、LCD 显示器、USB 驱动、PCI 驱动、嵌入式文件系统和集成开发调试环境等相关知识。

第 4 篇 应用篇, 包括第 14 章和第 15 章。对 GUI 编程及嵌入式数据库方面的开发和应用进行详细的讨论。

另外, 在本书的配套文件中给出了书中所有实例的完整代码, 读者可以作为学习和研究之用, 可到 <http://yydz.phei.com.cn> 下载。

本书是面向嵌入式 Linux 应用开发人员而编写的学习和参考用书。它要求读者具有一定的 C 语言基础和 Linux 操作经验, 并且对微机结构、硬件体系有一定的了解。书中代码及其详尽的解析对于正在进行嵌入式 Linux 项目开发的研发人员来说具有较大的参考价值。另外, 本书也可作为各高等院校计算机专业的学习用书。

在本书的编写过程中, 我们得到了来自各方面的支持和帮助, 在此表示感谢。

感谢博嘉公司的王松先生, 在他的关心和帮助下, 本书才得以顺利编写完成; 感谢电子科技大学嵌入式系统教研室的熊光泽、桑楠和雷航老师给予的指导和帮助。同时, 本书在编写过程中得到了家人的大力帮助和支持, 在这里, 我要特别感谢他们。

另外, 在本书的编写过程中, 还得到了专业的嵌入式 Linux 厂家的帮助。在此, 我感谢华恒公司提供了嵌入式 Linux 开发板及相关资料授权。感谢北京飞漫软件技术有限公司提供的优秀的自由软件 MiniGUI 及其资料, 该公司总经理兼首席培训师魏永明先生是 MiniGUI 项目的创始人, 他对本书的编写给予了大力支持。

特别感谢电子产品世界和驱动开发网论坛的网友们的无私奉献以及对技术的执著追求为我们解决了很多疑难问题。另外, 本书的部分资料来自网上, 无法一一列出, 在此一并致谢。

本书由冼进主编, 许振山、刘峥嵘、张智超、骆飞、靳大江等编著, 另外参与本书编写的还有邹素琼、赵秋云、赵继军、彭艺、曲辉辉、周章、蒋波、徐留旺、曹振宇、张婷、温凌霜、鲁得翠、蒋泽平、魏乐、韩翔、程小英、谭小丽、卢丽娟、李小琼、周宏、罗吉、许翔燕、陈春、张忠、方小马、黄姹英、周明、宋晶、邓勇等, 在此一并致谢。

如果读者愿意参加“嵌入式 Linux 应用开发详解”的学习培训, 或是在学习过程中发现问题, 或是有更好的建议, 欢迎来函; 我们非常愿意随时同熟悉嵌入式 Linux 技术的高手保持经常的联系, 电子邮件地址: china_54@tom.com。我们将认真负责地对待每位读者的来函。

编 者

目 录

第 1 篇 基 础 篇

第 1 章 嵌入式 Linux 基础	2
1.1 嵌入式系统	2
1.1.1 嵌入式系统的应用	2
1.1.2 嵌入式系统的特点	4
1.2 实时与实时系统	5
1.2.1 实时与实时系统的基本概念	5
1.2.2 目前应用广泛的嵌入式实时操作系统	8
1.3 嵌入式 Linux	10
1.3.1 从 Linux 到嵌入式 Linux	10
1.3.2 嵌入式 Linux 的特点	11
1.3.3 嵌入式 Linux 发展现状	13
1.4 主流嵌入式芯片简介	15
1.4.1 Intel 公司 x86 体系结构嵌入式芯片简介	16
1.4.2 Motorola 公司嵌入式芯片简介	17
1.4.3 ARM 公司嵌入式芯片简介	18
1.5 小结	18
1.6 思考题	19
第 2 章 开发嵌入式 Linux 应用软件	20
2.1 建立嵌入式开发平台	20
2.1.1 嵌入式开发平台简介	20
2.1.2 uClinux 简介	21
2.1.3 uCsim	23
2.1.4 建立 uClinux 开发平台	23
2.2 嵌入式 Linux 应用软件开发工具	28
2.2.1 使用 gcc 编译嵌入式 C 应用程序	28
2.2.2 编写 Makefile	30
2.2.3 调试工具 GDB	34
2.3 嵌入式 Linux 应用软件开发流程	37
2.3.1 对需求进行分析	37
2.3.2 任务和模块的划分	38
2.3.3 生成代码	40

2.3.4	调试代码	40
2.3.5	固化运行	41
2.4	一个简单的应用程序——Hello World	42
2.5	小结	48
2.6	思考题	48

第2篇 系统篇

第3章	任务管理	50
3.1	任务概述	50
3.1.1	进程和线程	51
3.1.2	任务的数据结构表示	52
3.1.3	实时任务	52
3.1.4	嵌入式 Linux 中的进程	52
3.2	任务状态的转变	52
3.2.1	基本任务状态	52
3.2.2	Linux 的任务状态	53
3.3	任务调度	58
3.3.1	调度目标	58
3.3.2	调度方法分类	61
3.3.3	经典常用实时调度算法	63
3.3.4	多处理器调度算法	68
3.3.5	Linux 进程调度	69
3.4	常用任务管理 API	78
3.5	关于任务的实例	84
3.6	小结	87
3.7	思考题	87
第4章	任务的同步与通信	88
4.1	多任务系统	88
4.2	任务间的同步	89
4.2.1	几个重要概念	89
4.2.2	信号量	95
4.3	任务间的通信	97
4.4	嵌入式 Linux 中的任务间同步与通信	98
4.4.1	Linux 中的信号	98
4.4.2	Linux 中的管道	108

4.4.3	先进先出文件 FIFO	110
4.4.4	System V IPC 机制	112
4.5	小结	122
4.6	思考题	122
第 5 章	存储器管理	123
5.1	存储器管理概述	123
5.1.1	基本概念	124
5.1.2	内存管理的分类	127
5.1.3	早期连续内存分配	127
5.1.4	基于段、页的存储管理	129
5.1.5	虚拟存储器管理	134
5.2	Linux 存储器管理	137
5.2.1	物理内存管理	138
5.2.2	虚拟内存管理	140
5.3	小结	154
5.4	思考题	154
第 6 章	中断处理与时钟管理	155
6.1	中断概述	155
6.1.1	中断源	156
6.1.2	中断类型号、中断向量表和中断描述符表	156
6.1.3	中断服务程序及其入口地址	157
6.1.4	中断优先级和中断嵌套	158
6.2	中断机制	158
6.2.1	中断过程	158
6.2.2	中断服务程序设计	160
6.3	使用中断驱动 UART	161
6.3.1	UART 基本概念	161
6.3.2	UART 驱动程序的实现	163
6.4	嵌入式 Linux 时钟管理	167
6.4.1	时间日期管理	167
6.4.2	用户任务中的定时器	171
6.4.3	内核中的时钟管理	174
6.5	小结	176
6.6	思考题	176

第 7 章 嵌入式 Linux 网络编程	177
7.1 嵌入式 Linux 网络体系结构	177
7.1.1 TCP/IP 网络简介	178
7.1.2 嵌入式 Linux 中 TCP/IP 网络结构	181
7.2 嵌入式 Linux 环境下的套接字 (socket) 编程	182
7.2.1 套接字接口	182
7.2.2 socket 编程基础	185
7.2.3 socket 通信用 API 函数	186
7.2.4 数据流通信和数据报通信	191
7.2.5 socket 编程高级特性	198
7.3 网络编程实例——使用 socket 编写代理服务器	201
7.3.1 功能说明	202
7.3.2 代码	202
7.3.3 代码分析	207
7.4 小结	212
7.5 思考题	212

第 3 篇 驱动开发篇

第 8 章 嵌入式 Linux 下串口通信	214
8.1 串行 I/O 的基本概念	214
8.1.1 同步通信与异步通信	214
8.1.2 串口传输速率与流控	216
8.1.3 差错控制	217
8.1.4 DTE 和 DCE 通信过程	219
8.1.5 RS-232C 串口规范简介	220
8.2 编写串口通信程序	223
8.2.1 嵌入式 Linux 驱动程序简介	223
8.2.2 串口访问函数	229
8.2.3 设置串口属性	231
8.3 嵌入式 Linux 串口通信实例	232
8.4 小结	240
8.5 思考题	240
第 9 章 用 LED 和 LCD 做系统输出	242
9.1 在嵌入式 Linux 系统中扩展 LED 输出	242
9.1.1 LED 显示输出的原理和结构	243
9.1.2 LED 显示方式	244

9.1.3	在嵌入式 Linux 系统中使用 LED 显示器	246
9.2	LCD 显示器的使用	250
9.2.1	LCD 简介	250
9.2.2	在嵌入式 Linux 中驱动 LCD	254
9.3	在嵌入式 Linux 中使用 LCD	257
9.3.1	EZ328 对 LCD 的支持	258
9.3.2	uClinux 对 LCD 显示器的支持	259
9.3.3	图形 API 使用实例	263
9.4	小结	267
9.5	思考题	268
第 10 章	USB 设备驱动程序开发	269
10.1	USB 体系结构	269
10.1.1	USB 系统的描述	270
10.1.2	电气特性	271
10.1.3	电源分配与管理	272
10.2	USB 通信协议	272
10.2.1	USB 数据流模型	272
10.2.2	USB 数据单元	273
10.2.3	USB 设备请求	277
10.2.4	USB 设备枚举	278
10.3	USB 设备驱动程序设计	278
10.3.1	USB 设备驱动程序分类	278
10.3.2	主机端设备驱动程序分析	280
10.3.3	设备端 USB 驱动程序分析	284
10.4	小结	295
10.5	思考题	295
第 11 章	在嵌入式 Linux 系统中扩展 PCI 设备	296
11.1	PCI 总线规范	296
11.1.1	PCI 总线规范简介	297
11.1.2	PCI 配置空间	301
11.2	嵌入式 Linux 对 PCI 设备的支持	308
11.2.1	扫描 PCI 设备	308
11.2.2	为 PCI 设备分配资源	313
11.2.3	对 PCI 配置空间的访问	316
11.3	编写嵌入式 Linux 下 PCI 驱动程序	317
11.3.1	编写 PCI 驱动程序	317

11.3.2	嵌入式 Linux 下 PCI 驱动实例——NE2000 网卡驱动程序	322
11.4	小结	326
11.5	思考题	327
第 12 章	嵌入式文件系统与存储技术	328
12.1	嵌入式文件系统概述	328
12.1.1	嵌入式文件系统的功能和特性	329
12.1.2	Linux 操作系统支持的常见文件系统	329
12.2	Flash 存储技术	331
12.2.1	Flash 的类型	331
12.2.2	Flash 的技术特点	332
12.2.3	NOR Flash 与 NAND Flash 的区别	332
12.2.4	Flash 存储管理系统	334
12.3	uClinux 块设备驱动程序	335
12.3.1	块设备驱动种类	335
12.3.2	MTD 驱动程序	335
12.3.3	基于 MTD 驱动程序的文件系统	337
12.4	NOR Flash 与 JFFS2 文件系统	338
12.4.1	JFFS2 原理	339
12.4.2	JFFS2 文件系统在 uClinux 中的实现	345
12.5	Nand Flash 与 YAFFS 文件系统	350
12.5.1	YAFFS 原理	350
12.5.2	YAFFS 文件系统在 uClinux 中的实现	354
12.6	小结	356
12.7	思考题	356
第 13 章	嵌入式系统集成与调试	357
13.1	建立高效开发环境	357
13.1.1	NFS 开发环境	358
13.1.2	主机端环境配置	358
13.1.3	目标板设置	360
13.2	uClinux 应用程序调试	362
13.2.1	嵌入式应用程序调试方法	363
13.2.2	GDB 调试技术	367
13.2.3	建立 GDB+gdbserver 应用程序调试环境	370
13.3	uClinux 内核调试	373
13.4	小结	375
13.5	思考题	376

第4篇 应用篇

第14章 图形界面应用程序开发	378
14.1 嵌入式 GUI 特点及种类	378
14.2 MiniGUI 简介	379
14.2.1 MiniGUI 是什么	379
14.2.2 MiniGUI 特点及优势	380
14.3 MiniGUI 程序框架及示例	380
14.3.1 主函数 MiniGUIMain()	381
14.3.2 消息处理函数	382
14.3.3 第一个 MiniGUI 程序	382
14.4 MiniGUI 中的窗口与消息	383
14.4.1 窗口的建立与销毁	383
14.4.2 消息与消息循环	384
14.4.3 几个重要的消息	386
14.5 键盘与鼠标	387
14.5.1 键盘消息与字符消息	387
14.5.2 鼠标消息	388
14.6 绘图工具与图形设备接口	389
14.6.1 设备描述表	389
14.6.2 画点与画线	391
14.6.3 封闭曲线及区域填充	392
14.6.4 字体与文字输出	393
14.7 MiniGUI 中的常用控件	394
14.7.1 静态控件与按钮控件	396
14.7.2 列表框	399
14.7.3 编辑控件	401
14.7.4 工具栏控件	403
14.7.5 控件子类化	404
14.7.6 自定义控件	406
14.8 对话框	407
14.8.1 创建模式对话框	407
14.8.2 创建非模式对话框	409
14.8.3 带属性页的对话框	409
14.9 菜单的使用	414
14.9.1 创建菜单	414
14.9.2 处理菜单消息	417
14.9.3 更改菜单项状态	417

14.10 小结	418
14.11 思考题	418
第 15 章 嵌入式数据库	419
15.1 嵌入式系统中的数据库	419
15.1.1 嵌入式数据库特点	419
15.1.2 嵌入式数据库现状与发展	420
15.2 mSQL 简介	420
15.3 在 Linux 上安装和配置 mSQL	421
15.3.1 mSQL 的安装	421
15.3.2 mSQL 系统配置	421
15.4 mSQL 工具程序	424
15.5 mSQL 的 C API 函数	427
15.6 mSQL 嵌入式数据库应用实例分析	430
15.7 小结	432
15.8 思考题	432
参考文献	433

第 1 篇

基础篇

- 第 1 章 嵌入式 Linux 基础
- 第 2 章 开发嵌入式 Linux 应用软件

01

第 1 章

嵌入式 Linux 基础

知识点:

- 嵌入式系统的应用
- 嵌入式系统的特点
- 实时与实时系统
- 嵌入式 Linux 的特点与现状
- 各种主流嵌入式微处理芯片

本章导读:

本章将主要介绍嵌入式 Linux 的基本知识。通过本章的学习，读者可以对嵌入式系统的应用场合、特点及实时与实时操作系统的基本特点有所了解，为学习后续章节的内容打下良好的基础。

1.1 嵌入式系统

1.1.1 嵌入式系统的应用

当前，各类信息极度丰富，数字信息技术和网络技术高度发达，常需借助各种计算机对各类信息进行处理。同时，这些计算机不再局限于以前的 PC，而是包括形态各异、性能千差万别的各类嵌入式系统——从基于群集的超级计算机到嵌入在冰箱中的微控制器。

后 PC 时代的到来，使得人们开始越来越多地接触到一个新的概念——嵌入式产品。嵌入式产品遍布于人们的日常生活，从手机、PDA 到家中的空调、冰箱，从小汽车到波音飞机，甚至武器库中的巡航导弹。数字时代的标志不再是一台一台的 PC，而是形态各异的嵌入式系统。

嵌入式系统概念的提出已经有相当长的时间，其历史几乎和计算机的历史一样长。但在以前，它主要用于军事领域和工业控制领域，所以很少被常人关注和了解。直到最近，

随着数字技术的发展和新的体积更小的控制芯片和功能更强的操作系统的出现，它才被广泛地应用于人们的日常生活中。

现在，嵌入式产品已经在很多领域得到广泛应用，如国防、工业控制、通信、办公自动化和消费电子领域等。

1. 工业过程控制

工业过程控制即是对工业生产过程中的生产流程加以控制。这种控制是建立在对被控对象和环境不断进行监控的基础上的。在应用嵌入式系统的控制过程中，嵌入式的计算机处于中心位置，它通过分布在工业生产中的各个传感器收集信息，并对这些信息进行加工处理和判断，然后向执行器件发出控制指令。工业控制中的嵌入式应用模型如图 1-1 所示。

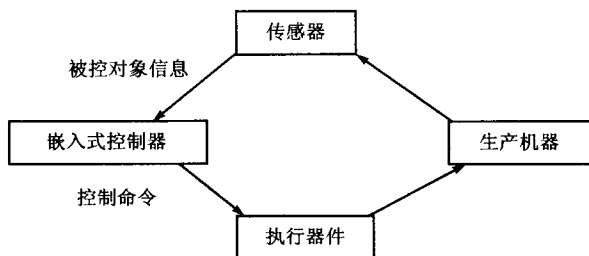


图 1-1 工业控制中的嵌入式应用模型

2. 军事电子设备和现代武器

军事领域从来就是许多高新技术的发源地，是早期嵌入式系统的重要应用领域。由于内装嵌入式计算机的设备反应速度快，自动化程度高，所以威力巨大，自然很受军方青睐。从爱国者导弹的制导系统到战斗机的瞄准器，从 M1A2 的火控系统到单兵系统的通信器，都可觅得嵌入式系统的踪迹。

3. 网络通信设备

众多网络通信设备都是嵌入式系统使用的典型例子，如路由器、交换机、Web 服务器、网络接入设备等。另外，在后 PC 时代将会产生比 PC 时代多成百上千倍的瘦服务器和超级嵌入式瘦服务器，这些瘦服务器将为人们提供需要的各种信息，并通过 Internet 自动、实时、方便、简单地提供给需要这些信息的对象。设计和制造嵌入式瘦服务器、嵌入式网关和嵌入式因特网路由器已成为嵌入式系统的一大应用方向，这些设备为企业信息化提供了廉价的解决方案。

4. 消费电子产品

后 PC 时代的消费电子产品应具有强大的网络和多媒体处理能力，易用的界面和丰富的应用功能。这些特性的实现，都依赖于嵌入式系统提供的强大的数字处理能力和简洁实用的特性。

作为移动计算设备的 PDA 和手机已出现融合趋势，未来必然是二者合一，提供给用户随时随地访问 Internet 的能力；同时还具有其他信息服务功能，如文字处理、邮件管理、个人事务管理和多媒体信息服务等；而且简单易用，价格低廉，维护简便。

嵌入式系统在消费电子产品中的另一大应用领域是信息家电。信息家电是指所有能提供信息服务或通过网络系统交互信息的消费类电子产品。例如，前几年打得火热的“维纳斯”与“女娲”之战就是信息家电中的机顶盒之争。如果在家电中的冰箱、空调、监控器等设备中嵌入计算机并提供网络访问能力，用户就可以通过网络随时随地地了解家中的情况，并控制家中的相应电器。

总之，随着信息技术的发展，人类进入了一个全新的数字时代，数字化产品空前繁荣，嵌入式系统被应用于空前广泛的领域。在以后相当长一段时间内，嵌入式技术将在消费电子领域进一步飞速发展，嵌入式产品将与人们的生活结合得越来越紧密。

1.1.2 嵌入式系统的特点

什么叫嵌入式系统？嵌入式系统就是以应用为中心，以计算机技术为基础，软、硬件可裁剪，适合应用系统对功能、可靠性、成本、体积和功耗要求的专用的计算机系统。

在嵌入式系统中，计算机系统一般作为智能控制部件嵌入到整个应用系统中，是整个系统的控制中心，主要用于对系统的信息处理部件和用户交互界面加以控制。在这种情况下，用户并不知道（或者不需要知道）嵌入的计算机的存在，系统控制软件一般被固化在嵌入式计算机中，嵌入式计算机一般不需要（或不能）被用户重新编程，通过特殊的输入/输出设备与系统进行交互。

任何嵌入式系统都包括硬件和软件两个方面。硬件包括微处理器、存储器、I/O 端口和图形控制器等。软件包括操作系统软件和应用软件；应用软件控制着嵌入式系统的运作和行为；而操作系统软件则为应用程序提供必要的底层支持，它一般是通过提供应用编程接口（API）来实现的。在嵌入式系统开发中，操作系统软件和应用软件的区别不是绝对明显的，有时嵌入式系统的开发者可能要做操作系统和应用编程两方面的工作。

因为嵌入式系统是面向应用、产品和用户的，所以不可能不研究应用特点以开发出一个如 PC 般通用的嵌入式系统。在嵌入式系统中，具体的应用将决定对硬件和软件的需求，如芯片、存储器、I/O 扩展和操作系统、应用程序编制等。和通用计算机不同，嵌入式系统的硬件和软件都必须高效率地设计，量体裁衣，去除冗余，尽量以最小的系统、最低的成本去实现目标功能，这样的产品才具有竞争力。它通常都具有低功耗、体积小、集成度高等特点，能够把通用 CPU 中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设计趋于小型化，移动能力大大增强，跟网络的结合也越来越紧密。

下面具体介绍嵌入式系统的软、硬件特点。

1. 硬件特点

嵌入式系统总是面向特定应用的，与通用 PC 的硬件相比，它的硬件系统具有以下特点：

- 体积小，集成效率高。嵌入式系统总是去除冗余，力争用最小的系统完成目标功能，特别在一些手持设备中更是这样。
- 面向特定应用的特点。具体嵌入式系统只能适合某一特定应用，针对另一应用就需要重新设计硬件系统。