

嵌入式系统

科技新贵

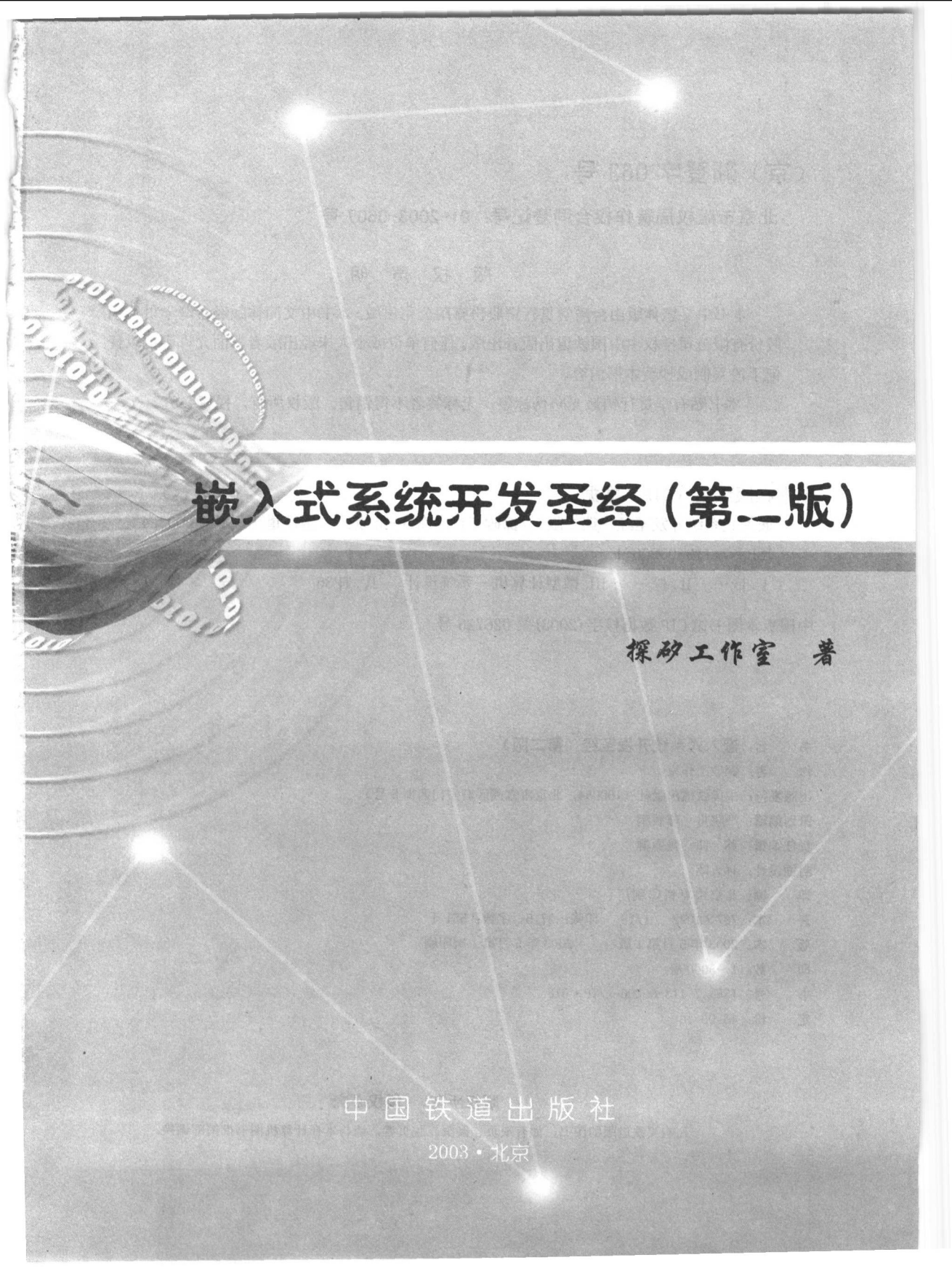
开发圣经

探矽工作室 著

(第二版)



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



嵌入式系统开发圣经 (第二版)

探砂工作室 著

中国铁道出版社

2003·北京

(京)新登字 063 号

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2003-0607 号

版 权 声 明

本书中文繁体版由台湾学贯行銷股份有限公司出版。本书中文简体版经台湾学贯行銷股份有限公司授权由中国铁道出版社出版。任何单位或个人未经出版者书面允许不得以任何手段复制或抄袭本书内容。

本书贴有学贯行銷激光防伪标签,无标签者不得销售。版权所有,侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

嵌入式系统开发圣经 (第二版) / 探矽工作室著. —北京: 中国铁道出版社, 2003. 4
ISBN 7-113-05206-1

I. 嵌… II. 探… III. 微型计算机—系统设计 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 026725 号

书 名: 嵌入式系统开发圣经 (第二版)

作 者: 探矽工作室

出版发行: 中国铁道出版社 (100054, 北京市宣武区右安门西街 8 号)

策划编辑: 严晓舟 郭毅鹏

责任编辑: 苏 茜 张丽群

封面设计: 孙天昭

印 刷: 北京市彩桥印刷厂

开 本: 787×1092 1/18 印张: 27.5 字数: 551 千

版 本: 2003 年 5 月第 1 版 2003 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 1~5000 册

书 号: ISBN 7-113-05206-1/TP·918

定 价: 45.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社计算机图书批销部调换。

出 版 说 明

目前个人计算机相关产业上的技术已经相当成熟，然而嵌入式软硬件技术人才却非常缺乏，为了培养这方面的人才，我社引进了这本《嵌入式系统开发圣经（第二版）》。本书通过介绍嵌入式领域的相关知识，包括新一代 SoC、热门的 RTOS 及跨平台的移动 Java，引导读者了解并彻底分析集通讯、信息、娱乐于一身的嵌入式系统技术。

本书由台湾学贯行销股份有限公司提供版权，经中国铁道出版社计算机图书中心审选，在出版过程中得到了北方交大的裘正定教授以及李强、王升辉、刘志等同志的大力支持，进行了整稿及改动工作，陈兰芳、崔仙翠、程瑞芬等同志完成了本书的编排工作，在此一并感谢。

书中难免有疏漏之处，诚请各位专家和读者批评指正。我们也会在适当时间进行修订和补充，并发布在天勤网站 <http://www.tqbooks.net> 的“图书修订”栏目中。

中国铁道出版社

2003. 3

目 录

第 1 章 嵌入式系统的介绍	1
1-1 嵌入式系统概述	2
1-1-1 嵌入式系统的组成	3
1-1-2 典型的嵌入式系统	6
1-1-3 嵌入式系统的发展趋势	7
1-2 信息家电	9
1-2-1 信息家电的兴起	10
1-2-2 信息家电的产品	12
1-2-3 信息家电的研发状况	18
1-2-4 信息家电的未来	19
1-3 入门必学	20
1-3-1 系统集成能力	22
1-3-2 程序语言编写能力	24
1-3-3 市场应用导向	25
1-4 未来展望	27
1-4-1 集成服务导向	28
1-4-2 轻薄小型人性化	29
1-4-3 软硬件网络无线集成	30
1-4-4 创意产生与实现	33
1-5 本书导读	36
第 2 章 嵌入式 SoC 硬件系统概论	37
2-1 嵌入式系统微处理器的发展	38
2-1-1 4 位以及 8 位嵌入式系统微处理器	40
2-1-2 16 位以上的嵌入式系统微处理器	45
2-1-3 协同微处理器 (Co-processor)	47
2-1-4 CISC 与 RISC	48
2-1-5 数字信号处理器 (Digital Signal Process -DSP)	49
2-1-6 超长指令集微处理器 (VLIW)	51



嵌入式系统开发圣经 (第二版)

2-2	SoC 嵌入式系统微处理器.....	53
2-2-1	什么是 SoC 嵌入式系统微处理器	53
2-2-2	SoC 微处理器的设计开发	54
2-2-3	RISC 结合 DSP 的 SoC 嵌入式系统微处理器	55
2-2-4	快速的 SoC 嵌入式系统微处理器设计与制造	57
2-3	ARM 公司 ARM RISC 架构微处理器	58
2-3-1	ARM RISC 嵌入式系统微处理器简介	59
2-3-2	ARM 7 Thumb 嵌入式系统微处理器系列.....	59
2-3-3	Thumb 指令集	63
2-3-4	ARM 9 Thumb 嵌入式系统微处理器系列.....	63
2-3-5	ARM 10 Thumb 嵌入式系统微处理器系列.....	66
2-3-6	ARM RISC 嵌入式系统微处理器的应用	68
2-3-7	相关数据查询.....	69
2-4	Intel 公司 StrongARM 微处理器	69
2-4-1	StrongARM 架构	70
2-4-2	SA 1110/SA 1111 模拟实验版.....	75
2-4-3	StrongARM 嵌入式系统微处理器的应用	78
2-4-4	参考数据	79
2-5	德州仪器公司 TMS320 DSP 微处理器	79
2-5-1	TMS320 DSP 微处理器简介	79
2-5-2	德州仪器公司 C5X DSP 微处理器系列	80
2-5-3	德州仪器公司 C6X DSP 微处理器系列	82
2-5-4	德州仪器公司 TMS320DM310 DSP 微处理器	84
2-5-5	DSP 微处理器的应用.....	86
2-5-6	参考数据	87
2-6	Philips 公司 Trimedia 微处理器.....	88
2-6-1	简介	88
2-6-2	Trimedia 微处理器架构	88
2-6-3	软件开发工具	92
2-6-4	TM-1300 模拟实验版.....	93
2-6-5	TM-1300 嵌入式系统微处理器应用	94
2-6-6	参考数据	95
2-7	德州仪器公司 OMAP 架构微处理器	95
2-7-1	OMAP 简介	96

2-7-2	OMAP 架构	96
2-7-3	OMAP 程序开发	100
2-7-4	OMAP 微处理器在多媒体上的应用	102
2-8	Intel 公司 XScale 架构微处理器	105
2-8-1	XScale 微处理器简介	105
2-8-2	XScale 微处理器硬件架构	105
2-8-3	XScale 微处理器应用产品开发 (PCA)	106
2-8-4	XScale 微处理器 - PXA210/250	108
2-8-5	参考数据	113
2-9	其他常见高端的嵌入式系统微处理器	114
2-9-1	MIPS RISC 嵌入式系统微处理器	114
2-9-2	Hitachi SH 系列嵌入式系统微处理器	115
2-9-3	Motorola 嵌入式系统微处理器	116
2-9-4	Intel 嵌入式系统微处理器	119
2-9-5	STMicroelectronics 嵌入式系统微处理器	119
2-9-6	AMD 嵌入式系统微处理器	120
2-9-7	三菱嵌入式系统微处理器	120
2-9-8	富士通嵌入式系统微处理器	120
2-10	存储器	120
2-10-1	可编程只读存储器	121
2-10-2	随机存储器 (Random Access Memory)	121
2-11	通信接口	122
2-11-1	IEEE 1394	123
2-11-2	USB	125
2-11-3	红外线	126
2-11-4	蓝牙模块 (Bluetooth)	127
2-11-5	IEEE 802.11	128
2-12	输出与输入装置	129
2-12-1	触摸屏	129
2-12-2	LCD 显示器	130
2-13	扩展装置	132
2-13-1	PCMCIA 扩展装置	132
2-13-2	CF 扩展装置	133
2-13-3	SD 扩展装置	134



嵌入式系统开发圣经 (第二版)

2-13-4	Memory Stick.....	135
2-13-5	Springboard.....	136
2-14	便携式嵌入式系统电源系统.....	137
2-14-1	便携式嵌入式系统电源的要求.....	137
2-14-2	智能型电池系统.....	138
2-15	小结.....	140

第3章 嵌入式系统软件开发.....141

3-1	嵌入式系统基本概述.....	142
3-1-1	系统规划与设计.....	142
3-1-2	开发平台与目标平台.....	144
3-1-3	开发环境与开发流程.....	146
3-2	开始您的第一步.....	148
3-2-1	目标平台.....	148
3-2-2	下载程序.....	152
3-2-3	开发考虑.....	156
3-3	嵌入式操作系统.....	157
3-3-1	操作系统的基本运作.....	158
3-3-2	开机.....	169
3-3-3	执行应用程序.....	172
3-3-4	系统移植.....	172
3-3-5	选择一个嵌入式操作系统.....	174
3-4	嵌入式软件的开发流程.....	178
3-4-1	系统开发.....	178
3-4-2	编译.....	183
3-4-3	链接.....	189
3-4-4	重新定位.....	191
3-4-5	下载.....	192
3-5	沟通软件与硬件的桥梁.....	194
3-5-1	由说明书认识硬件组件.....	194
3-5-2	驱动程序的编写.....	200
3-5-3	中断与异常处理.....	209
3-6	调试技术.....	212
3-6-1	仿真软件.....	212

3-6-2	目标平台上的调试	214
3-6-3	硬件辅助调试	217
3-7	您必须了解的事情	229
3-7-1	常见的错误处理	230
3-7-2	程序技巧	236
3-8	总览	238

第 4 章 信息家电软件的大趋势.....239

4-1	多采多姿的 Java 世界	240
4-1-1	Java 的概念	240
4-1-2	Java 世界	243
4-1-3	企业版 J2EE	243
4-1-4	标准版 J2SE	245
4-1-5	袖珍版 J2ME	246
4-1-6	Java Card	248
4-1-7	小结	249
4-2	移动装置的 Java Virtual Machine - KVM (K Virtual Machine)	250
4-2-1	KVM 的由来	250
4-2-2	KVM 移植技术	256
4-2-3	KVM 验证	262
4-2-4	小结	266
4-3	移动设备上的开发套件-MIDP	267
4-3-1	Java 与无线通信	268
4-3-2	MIDP 的由来	279
4-3-3	MIDP 开发环境	282
4-3-4	MIDP 开发实例	290
4-3-5	MIDP 的移植	294
4-3-6	小结	296
4-4	Symbian Java Phone	297
4-4-1	Java Phone 架构	297
4-4-2	JTAPI	300
4-4-3	应用实例	303
4-4-4	小结	305
4-5	Jini	306

嵌入式系统开发圣经 (第二版)

4-5-1	Jini 的架构	306
4-5-2	Jini 的移植	309
4-5-3	小结	311
4-6	电信服务 i-Mode 与 i-appli	312
4-6-1	i-Mode 通信系统	312
4-6-2	Compact HTML	315
4-6-3	Java enabled i-mode: i-appli	326
4-7	Java Chip 让 Java 飞起来	337
4-7-1	Java Chip 的诞生	338
4-7-2	各家的 JavaChip	339
4-7-3	小结	343
4-8	总结	344

第 5 章 Smart Handheld Device 软件系统设计 345

5-1	前言	346
5-2	嵌入式操作系统基本概念	346
5-2-1	嵌入式操作系统	347
5-2-2	软件组件	350
5-3	PDA 产品面面观	352
5-3-1	Palm - PDA 的创作先驱	352
5-3-2	WinCE Pocket PC 多媒体的佼佼者	363
5-3-3	我国嵌入式操作系统发展概况	374
5-3-4	PDA 发展趋势	377
5-4	针对产品定义选择系统软件	381
5-4-1	基本技术比较	382
5-4-2	产品应用	383
5-5	Symbian Platform: 典型的智能型手机系统设计	384
5-5-1	功能结构介绍	386
5-5-2	GTv6 基本组件	387
5-5-3	Framework	388
5-5-4	通信与网络	389
5-5-5	应用层	389
5-5-6	Java Phone	390
5-5-7	新一代智能型手机	390

目 录

5-5-8	持续创新的 Symbian OS v7.0.....	392
5-5-9	系统开发环境.....	394
5-6	嵌入式 Linux 相关技术.....	395
5-6-1	嵌入式 Linux 概述.....	395
5-6-2	工作评估.....	401
5-6-3	Linux 目录结构.....	402
5-6-4	工具链 (Toolchain).....	405
5-6-5	内核配置.....	405
5-6-6	编译内核.....	410
5-6-7	锥型板测试.....	412
5-6-8	选择嵌入式 Linux 图形接口.....	417
5-6-9	自己动手做 Linux Based iPAQ.....	423
5-7	结束语.....	425

Chapter

1

嵌入式系统的介绍



嵌入式系统开发圣经（第二版）

嵌入式系统(Embedded System)在于结合微处理器或微控制器的系统电路与其专用的软件,来达到系统运作效率成本的最优化。今天凡移动电话、手表、电子游戏机、PDA、电视、冰箱等家用电子与通信产品,电动机车、电动自行车乃至电车等电动交通工具的控制核心,无不与嵌入式系统息息相关。而在后 PC 时代,家电、玩具、汽车、新一代手机、数码相机、先进的医疗仪器乃至即将到来的智能型房屋、智能型办公室、与其他跟电相关的器材设备更是缺少不了嵌入式系统这个核心技术。

1-1 嵌入式系统概述

什么是嵌入式系统?根据英国电机工程师协会所做的定义,“嵌入式系统为控制、监视或辅助某个设备、机器或工厂运作的装置”。它具备了下列四项特性:

1. 用来执行特定功能
2. 以微电脑与周边外设构成核心
3. 需要严格的时序与稳定度
4. 全自动循环操作

嵌入式系统是计算机软件与硬件的综合体,可涵盖机械或其他的附属装置。整个综合体设计的目的在于满足某种特殊功能。嵌入式系统的架构可分成五个部分:处理器、内存、输出/输入、操作系统与应用软件。它们常用在各类实验仪器、办公设备、交通运输设备、电信设备、制造设备、建筑设备、医疗设备及个人计算机等设备上。

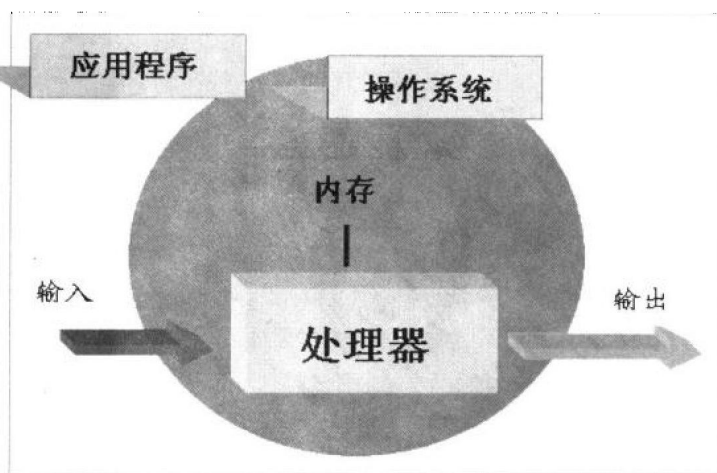


图 1-1 典型的嵌入式系统架构

如图 1-1 所示, 嵌入式系统另外可以分为硬件及软件部分, 其中硬件的设计包括单芯片控制电路的设计、网络功能设计、无线通信设计及应用接口等, 软件为信息、通信网络或消费性电子等产品系统中的必备软件, 用于硬件产品的驱动、控制处理或基本接口功能, 以提升硬件产品的价值, 为该硬件产品不可或缺的重要部分, 它常以控制器或驱动程序等方式出现。现今嵌入式系统大多数的产品仍然以低档的 8 位处理器配合少量的内存与电路来作控制, 不过高端的嵌入式系统产品已逐渐增加, 本书将以高端的嵌入式系统产品为主来作介绍。

1-1-1 嵌入式系统的组成

嵌入式系统早已融入我们的生活, 除了我们在日常生活中可以看到的家电产品、工业与军事应用的独立产品之外, 许多大型计算机系统, 事实上也是由许多小型的嵌入式系统所组成。嵌入式系统的组成包括了硬件与软件技术, 在现今硬件技术大幅进步的情况下, 软件部分反而有着极大的成长空间, 软件的开发技术成为嵌入式系统中最重要的一环。目前热门的嵌入式系统大致为信息家电、通信产品、工业控制器、掌上型计算机 (PDA) 等。

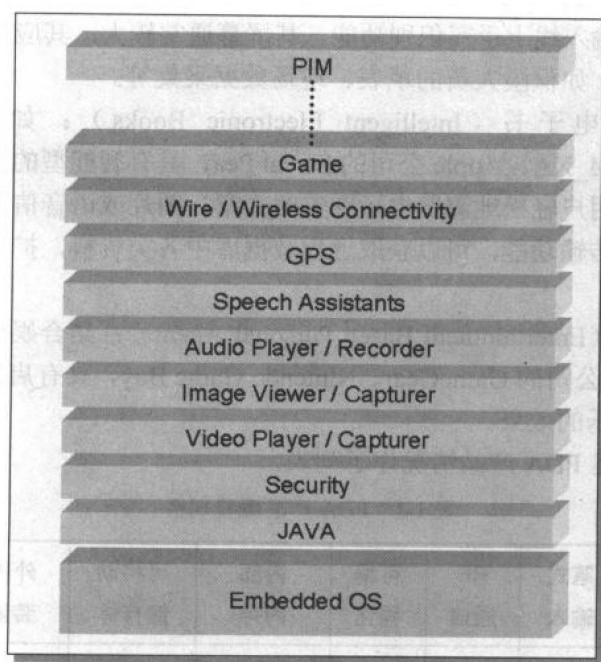
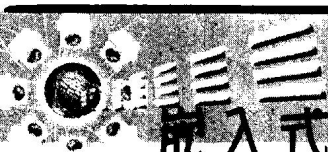


图 1-2 手持式装置的软件组成

以 PDA 产品这种类型的嵌入式系统组成组件来说, 不论是在软件或是硬件



嵌入式系统开发圣经（第二版）

方面，系统设计者必须设法把 PDA 做得人性化并且强调其方便性，以满足消费者的需求。而其中硬件必须做得精简省电、外壳美观，软件更需要稳定有效率且程序代码小。这里所强调的软件就是所谓嵌入式操作系统（Embedded OS）与其构架在其上的应用软件（Application），图 1-2 即手持式装置的软件组成。

嵌入式系统设计的目的在于满足某种特殊功能，光是 PDA，我们就可以将 PDA 的产品区分为下列六种：

- ◆ 电子记事簿（Personal Information Organizers）：如 HP 公司的 100LX、Sharp 公司的 Wizard 及 Casio 公司的 Boss 等，这款产品具有内存、应用软件、周边及通信设备的扩充性。
- ◆ 个人数字助理（Electronic Personal Agents）：如 Apple 公司的 Newton、Tandy 公司的 Zoomer，此类产品通常具有笔式手写输入识别功能，并且具备某种程度的智能，可协助处理个人信息管理（PIM）及通信问题。
- ◆ 个人通信器（Personal Communicators）：如 IBM 公司的 Simon，虽然具有某种笔式手写输入的功能，但主要功能强调在无线通信，包括手机、BP 机、传真、电子邮件及未来个人通信系统（PCS）等。
- ◆ 笔记本电脑（Electronic Notepads）：如 Fujitsu 公司的 PoqetPad，强调笔记本式输入线上手写识别功能，其屏幕通常较大，其应用以表格输出输入为主，如保险人员的填表、现场数据采集等。
- ◆ 智能型电子书（Intelligent Electronic Books）：如 Sony 公司的 CD-ROM_XA、Apple 公司的 Sweat Pea，具有智能型的文章寻找能力，可协助用户轻松地浏览电子图书的文章、图片或语音信息，有些产品具有 RF 传输功能，可以获取远程数据库中各类资料，扩大用户阅读资料的来源。
- ◆ 游戏机（Entertainment Based Personal Agent）：结合娱乐性质的软件，如 Sega 公司的 GameGear、Nintendo Game Boy，具有启发智力、教育及休闲娱乐的效果。

表 1-1 对上述 PDA 产品情况作了列表。

表 1-1 PDA 产品概要规格

种类	键盘	笔式输入	RF 通信	可编程化	内部内存	可移动储存体	外围装置	重量（磅）	尺寸（英寸）
电子记事簿	小型	选择性	无	是	1MB RAM 以下	RAM 卡	红外线	0.8	6×3×0.7

续上表

种类	键盘	笔式输入	RF 通信	可编程化	内部内存	可移动储存体	外围装置	重量 (磅)	尺寸 (英寸)
数字助理器	无	有	选择性	是	4MB RAM 以下	PCMCIA 卡	红外线 Modem	1.5	7×4×2
个人通信器	无	有	有	是	1MB RAM 以下	PCMCIA 卡	红外线 Modem	1.1	8×2.5×1.5
笔记本电脑	无	有	无	是	4MB RAM 以下及硬盘	PCMCIA 卡	条形码扫描仪 Modem	2~4	9×6×2
智能型电子书	选择性	选择性	无	是	8MB RAM 以下	CD-ROM	无	3	7×6×2
游戏机	选择性	选择性	选择性	是	1MB RAM 以下	游戏卡	摇杆 鼠标 Modem	1~2	9×6×2

从上面的叙述中,可以发现每一种 PDA 都是为了其特殊的目的所制造,而且可以发现就 PDA 产品来说,其组成组件就有许多的差异,而且根据其功能而有不同规范。在嵌入式系统中,这是常见的一种现象。

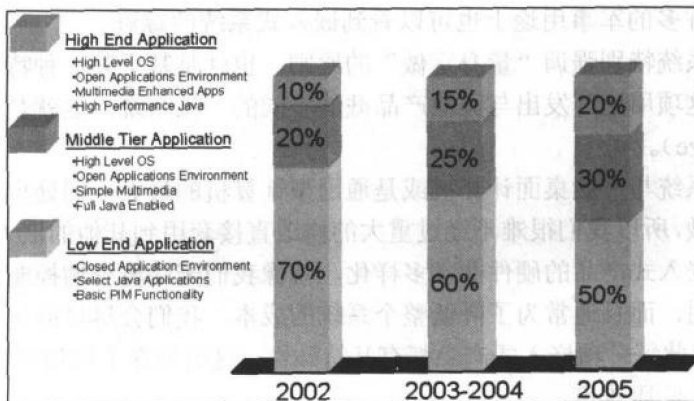


图 1-3 嵌入式系统发展预测

事实上,嵌入式系统的硬件并不强调执行速度,而强调的是功能稳定,因此硬件设计方面的技术并不是像一般桌面计算机一样,存在着极高的技术瓶颈,反



嵌入式系统开发圣经（第二版）

而在软件组件方面，强调的是系统集成以及友好的用户界面。从图 1-3 的预测来看，嵌入式系统的高端应用会越来越多。而随着网络与无线通信的到来，软件组件的开发反而更为重要，我们可以看出未来的软件开发，将逐渐由现在的简易窗口与低速通信向高频宽通信与多样化的用户界面发展，特别是 PDA 未来势必会与宽带无线通信结合，而应用方面更会涉及到移动电子商务系统与多媒体服务。

1-1-2 典型的嵌入式系统

嵌入式系统的兴起是在 1971 年，由 Intel 公司推出有史以来第一颗微处理器 4004 开始，而微处理器的发展也成功地改变了接下来的 20 年人类的生活。典型的嵌入式系统几乎让人感觉不到它的存在，不过像 PDA 这类嵌入式系统，其发展也不过不到 10 年的时间。PDA（Personal Digital Assistants）一词，是由美国 Apple 公司前任总裁 John Scullery 于 1992 年 1 月，在拉斯维加斯的冬季消费性电子展中向记者所提出，并在四个月后在芝加哥正式发表“Newton”的产品名称及各项规格，但是却在 1993 年 8 月才推出第一代产品，即 Message Pad 100。很不幸这项产品的推出并没有获得很大的反响，反而是在 1996 年开始，Palm 公司靠着 Pilot（第一代的 Palm）起家，Palm 市场的扩大最终改变了整个 PDA 市场的处境。

PDA 只是嵌入式系统应用中特殊的一部分，大部分的嵌入式系统还是以低端的 8 位 CPU 为主，像是 PDA 或是手机这种以 32 位 CPU 为主的产品，在嵌入式市场中还占不到一半的比例。这些低端 CPU 为主的产品充斥在我们的生活周围，例如电冰箱、空调、微波炉、洗衣机等。除了生活用品，在医疗仪器上、银行金融，甚至在许多的军事用途上也可以看到嵌入式系统的踪迹。

嵌入式系统特别强调“量身定做”的原则，也就是基于某一种特殊用途的需求，而针对这项用途开发出与其他产品截然不同的一项系统，这就是所谓的定制化（Customize）。

嵌入式系统与一般桌面计算机或是通用型计算机的最大不同处也在于此。因为是量身定做，所以我们很难不经过重大的修改直接套用到其他的嵌入式产品上。主要是因为嵌入式产品的硬件非常多样化，就像我们无法将空调控制系统直接搬到冰箱上使用，而且通常为了降低整个系统的成本，我们会尽量简化不必要的软硬件设计。因此每一项嵌入式产品都有其特殊性，这更加深了所谓移植（Porting）到不同机器上的困难度。

事实上嵌入式系统也算是计算器架构中的一个分支。一个标准的计算器架构中必然包含了中央处理器、内存、输出装置、输入装置，只不过在嵌入式系统里，这些单元以比较特殊的形态存在，例如计算机的标准输入装置为键盘，但是微波