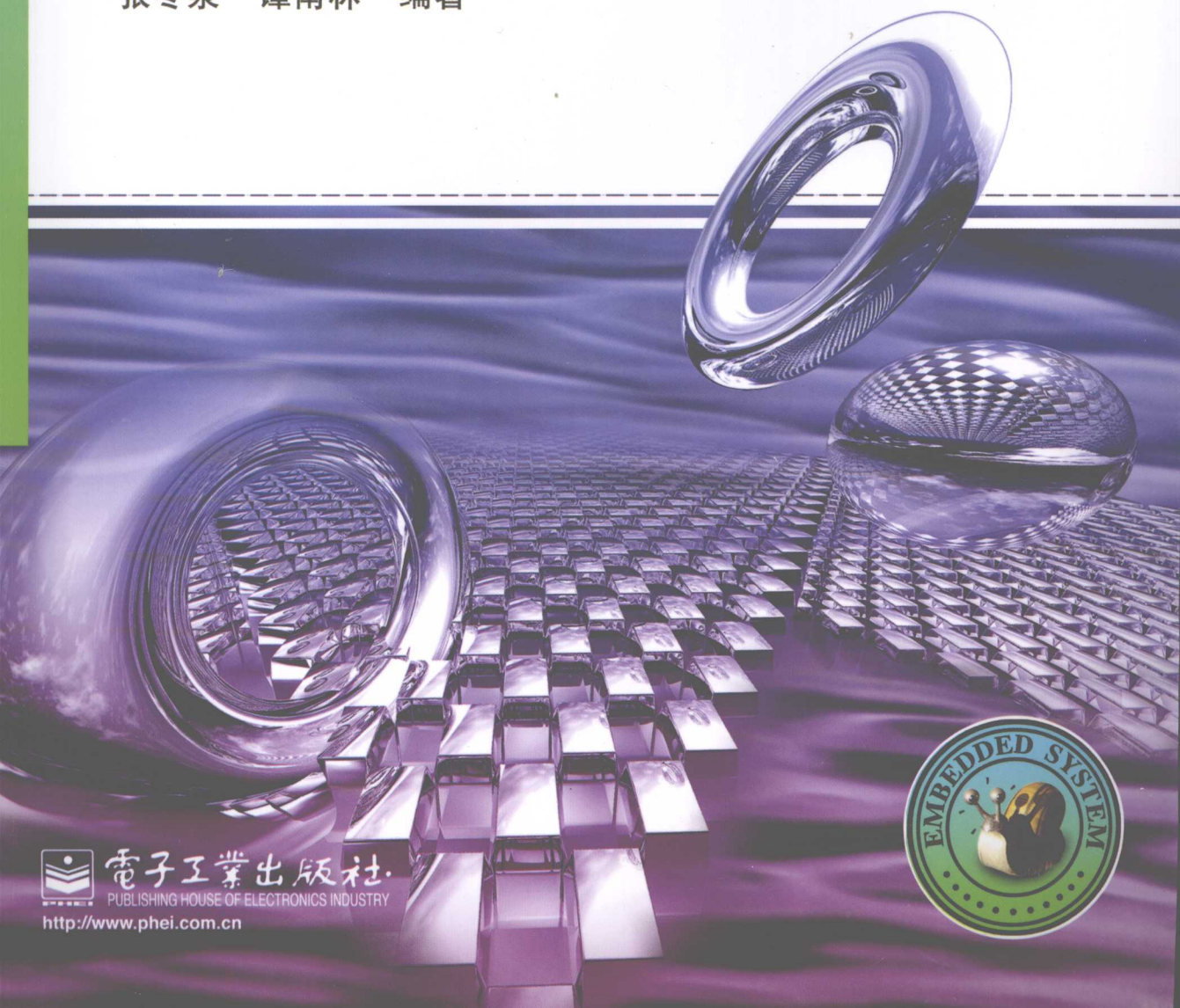


EMBEDDED
SYSTEM

嵌入式技术与应用丛书

Windows CE 开发实例精粹

张冬泉 谭南林 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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



嵌入式技术与应用丛书

Windows CE 开发实例精粹

张冬泉 谭南林 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是全面论述 Windows CE 操作系统开发和应用程序开发的一本专著。本书为 Windows CE 初学者和 Windows CE 的专业开发人员而写,“开发”和“实例”始终贯穿全书。本书集多年来作者从事 Windows CE 技术开发和认证培训方面的经验,是国内第一本手把手教开发者如何进行 Windows CE 开发的中文书籍。

为适应当前 Windows CE 开发多版本共存的状态,本书横跨 Windows CE .NET 4.2、Windows CE 5.0 和 Windows Embedded CE 6.0 三个版本,并选用当前国内使用最广泛的 ARM9 和 eBox 硬件平台,使开发者能够在尽可能短的时间内,掌握 Windows CE 操作系统开发和应用程序开发的核心技术。

本书内容上分为 Windows CE 操作系统开发和应用程序开发,操作系统开发主要涉及操作系统定制开发和下载调试,应用程序开发则主要涉及本地应用程序开发、托管应用程序开发、串口应用程序开发、C/C++ 语言与汇编语言混合编程、托管代码与本地代码协同开发等内容,并着重对 SQL Server Mobile 数据库开发进行了详细描述。

本书适合从事 Windows CE 开发的各类初、中、高级技术开发人员阅读,并可作为高等院校相关专业师生及相关培训机构的参考教材。

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

Windows CE 开发实例精粹/张冬泉,谭南林编著. —北京:电子工业出版社,2008.5

(嵌入式技术与应用丛书)

ISBN 978-7-121-06409-8

I. W… II. ①张…②谭… III. 窗口软件, Windows CE—程序设计 IV. TP316.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 053087 号

责任编辑:高买花 特约编辑:陈宁辉

印 刷:北京民族印刷厂

装 订:北京鼎盛东极装订有限公司

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:22 字数:563 千字

印 次:2008 年 5 月第 1 次印刷

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 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

出版说明

嵌入式技术是 21 世纪最具生命力的新技术之一，经过近几年的快速发展，已经成为电子信息产业中最具增长力的一个分支。随着手机、掌上电脑、GPS、机顶盒等新兴产品的大量应用，嵌入式系统的设计正成为软硬件工程师越来越关心的话题。面对不断涌现的技术需求和发展机遇，各大嵌入式系统开发商、各科研院所的研发人员都急需一套全方位、针对性强，且具有实际指导意义的嵌入式技术类书籍；各高等院校相关专业的本科生、研究生也迫切希望了解、掌握嵌入式系统的开发技巧，以推动嵌入式技术在各领域的广泛应用和快速发展。

《嵌入式技术与应用丛书》正是针对当前技术与市场需求，由国内站在 IT 业前沿并有实践开发经验的嵌入式系统专家，以实用技术为主线，理论联系实际，将他们在理论研究与实践工作中积累的大量经验和体会有机地融于一体，以丛书的形式奉献给广大读者！

本丛书由基础理论类、硬件设计类、软件开发类、综合应用类书籍组成，立足当前嵌入式技术的发展趋势、核心技术及其主要应用领域，将技术热点与实践应用紧密结合，以实际应用为主线，融合关键性嵌入式设计技术，围绕嵌入式设计理论、开发流程、嵌入式软件验证及测试、代码可重构以及代码优化等方面进行深入浅出的讲解和论述。

读者群定位于高等院校相关领域的高年级学生，科研、开发人员，嵌入式相关领域设计人员等，本丛书可作为嵌入式领域学习、开发人员的参考资料，也可作为高等院校相关专业师生的教学参考书。

本丛书的出版得到了业界许多专家、学者的鼎力相助，对此表示衷心的感谢！同时，热切欢迎广大读者提出宝贵意见，或者推荐更多优秀选题（gmholife@hotmail.com），共同为嵌入式技术的发展添砖加瓦！

电子工业出版社通信分社
2007 年 6 月

前 言

随着信息技术的发展,以 PC 为代表的计算机技术发展到一个新的更高阶段,以嵌入式智能设备为核心的后 PC 时代已经来临,嵌入式技术和产品在近年来获得了极大的发展,嵌入式技术的应用也遍布到了各行各业的各个领域。目前,几乎所有与计算机通信、信息家电、工业控制、汽车电子、航空与航天等有关的行业都在不遗余力地从事嵌入式智能产品的开发,嵌入式技术开发人才也是当今最为紧缺的人才。

Windows CE 是目前众多嵌入式操作系统中的一员,由于它强大的操作系统功能、稳定可靠的性能及与桌面 Windows 一致的开发特征,获得了众多开发者的青睐,使它一跃成为目前全球市场占有率第一的嵌入式实时操作系统。但是,由于缺乏丰富的中文资料和书籍,这多少阻碍了 Windows CE 在我国的应用,很多开发商和开发者也因此望而却步。

本书作者从 Windows 2.1 版本开始就一直从事 Windows CE 技术和产品的研究与开发,主持或参与 Windows CE 项目或产品开发数十项,并从 Windows 3.0 版本开始起,一直任微软嵌入式技术 Windows CE 和 Windows XP Embedded 授权培训讲师,累计培训学员 800 余人。在此期间,积累了大量的宝贵资料和丰富的开发经验,本书所给实例均来自作者的实际项目开发。

本书共分为 7 章,第 1 章和第 4 章偏重于理论描述,其他几章均为 Step-by-Step 的开发教程。第 1 章从开发者的角度对嵌入式系统的硬件、操作系统和应用扩展进行了分析,对与开发有关的 Windows CE 的主要特征进行了综述,对 Windows CE 的开发内容、开发工具和开发流程进行了概括总结,使开发者能对嵌入式系统以及 Windows CE 开发有一个全面概括的了解。第 2 章为基于 Windows CE .NET 4.2 的操作系统开发实例,采用目前应用最多的基于 Samsung S3C2410 微处理器的硬件平台,对开发过程的每一步及可能遇到的问题都进行了详细的分析和描述,使开发者不仅能够驱动硬件板上所有的硬件模块并基于硬件板定制一个全功能的操作系统,而且能够确实掌握开发方法,能将所学知识用于基于其他硬件板的操作系统开发。第 3 章将重点放置在 BSP 的移植上面,完成了基于 Windows CE.NET 4.2 的 Samsung SMDK2410 BSP 向 Windows CE 5.0 的移植,并对移植后的新 BSP 进行了测试,为开发者进行其他 BSP 移植或升级奠定基础。第 4 章至第 6 章属于 Windows Embedded CE 6.0 开发的内容,其中第 4 章对 Windows Embedded CE 6.0 的主要新特征及系统架构、内存管理、驱动程序等进行了总结描述,主要是考虑到 Windows Embedded CE 6.0 是微软最新的 Windows CE 操作系统版本,很多新的特性还不为大多数开发者所熟悉。第 5 章为基于 Windows Embedded CE 6.0 的操作系统开发实例,硬件选用基于 Vortex86 微处理器的 eBox2300 硬件平台,这是微软全球嵌入式大赛“IMAGING CUP”指定的硬件平台,本章在描述上采用与第 2 章和第 3 章相同的方式,使开发者在学会熟练掌握开发工具的同时学会开发方法。第 6 章和第 7 章属于 Windows CE 应用程序开发的内容,其中第 6 章重点描述了应用 Visual Studio 2005 工具开发、部署和调试本地应用程序和托管应用程序的方法,并对串口应用程序开发、C/C++ 语言与汇编语言混合编程、托管代码与本地代码协同开发等进行了分析论述。第 7 章对建立 SQL Server Mobile 数据库开发

环境, 创建、编写和部署移动数据库应用程序的过程和方法进行了重点描述。

近年来, 市场上已经出现了不少有关 Windows CE 操作系统开发和应用程序开发方面的书籍, 但几乎没有一本是基于具体的硬件平台进行开发的, 所以本书并不想有太多的理论描述, 而是从开发者的角度出发, 基于目前市场上应用最多和最广泛的 ARM9 和 X86 嵌入式硬件平台, 通过一步一步的实际操作引导开发者学会 Windows CE 系统的开发, 并帮助 Windows CE 的专业开发人员解决实际开发中可能遇到的问题。

本书在写作过程中, 承蒙“北京交通大学微软嵌入式技术培训基地”和“交通控制与安全国家重点实验室(北京交通大学)”提供良好的工作和实验环境, 北京交通大学是微软嵌入式技术的全球合作伙伴, “微软嵌入式技术北京交通大学培训基地”是由微软公司授权的微软嵌入式技术中高级人才培训基地, 培训基地常年为开发者开设 Windows CE 4.2/5.0/6.0 及 Windows XP Embedded 培训课程。本书的大部分内容都是编著者长期 Windows CE 培训实践经验的积累。同时, 在本书的写作过程中, 承蒙微软(中国)公司和微软亚洲研究院的大力支持, 在此深表谢意。

由于作者水平有限, 再加上时间和篇幅等限制, 书中难免有错误或不妥之处, 恳请读者批评指正, 联系电话: 010-51682894, E-mail: dqzhang@bjtu.edu.cn。

编著者

2008 年 1 月于北京交通大学

第 1 章 绪论	(1)
1.1 嵌入式系统概述	(1)
1.1.1 嵌入式系统的硬件	(1)
1.1.2 嵌入式操作系统	(3)
1.1.3 嵌入式系统的应用扩展	(4)
1.2 Windows CE 概述	(6)
1.2.1 Windows CE 的发展历程	(6)
1.2.2 Windows CE 的开发特征	(6)
1.2.3 Windows CE 应用	(9)
1.3 Windows CE 系统开发概述	(10)
1.3.1 Windows CE 系统的开发内容	(10)
1.3.2 Windows CE 系统的开发工具	(11)
1.3.3 Windows CE 系统的开发流程	(12)
1.4 本书的内容	(14)
1.4.1 本书的选题	(14)
1.4.2 章节安排	(15)
本章小结	(16)
第 2 章 基于 ARM9 的 Windows CE.NET 4.2 操作系统开发实例	(17)
2.1 ARM9 硬件平台配置	(17)
2.1.1 硬件平台配置	(17)
2.1.2 S3C2410 处理器简介	(18)
2.2 导入 Samsung SMDK2410 BSP	(19)
2.3 创建基本的 Windows CE 操作系统设计	(22)
2.4 构建 Windows CE 操作系统映像	(26)
2.5 将 Eboot 烧写到 Flash 存储器	(28)
2.6 下载并测试基本的 Windows CE 操作系统映像	(34)
2.7 LCD 显示驱动及其修改	(41)
2.8 添加局域网络支持	(47)
2.9 创建一个无 KITL 支持的操作系统映像	(50)
2.10 添加 Activesync 支持	(51)
2.11 添加 SD/MMC 卡支持	(60)
2.12 BinFS 文件系统与 NAND Flash	(63)
2.13 添加蜂窝注册表和永久存储	(67)
2.13.1 蜂窝注册表	(67)

2.13.2	添加蜂窝注册表	(68)
2.14	添加 FTP、Web 和 Telnet 服务器支持	(71)
2.15	添加三串口支持	(81)
2.15.1	注册中断	(82)
2.15.2	修改注册表	(82)
2.15.3	修改内核	(84)
2.15.4	修改串口驱动程序	(90)
2.15.5	修改 smdk2410.cec 文件	(101)
2.15.6	测试三个串口	(102)
2.16	更改 ROM 和 SDRAM 的大小	(104)
2.17	添加屏幕旋转支持	(106)
2.17.1	修改 LCD 显示驱动程序	(106)
2.17.2	创建屏幕旋转应用程序	(107)
2.17.3	测试屏幕动态的旋转	(108)
2.17.4	屏幕旋转角度的永久保存	(110)
2.18	开机启动应用程序	(113)
2.18.1	使用 Init 键开机自动运行 RotateScreen 应用程序	(114)
2.18.2	使用 Startup 文件夹开机自动运行 RotateScreen 应用程序	(115)
2.19	隐藏任务栏和去除桌面图标	(116)
2.20	添加触摸屏	(117)
2.21	添加软键盘和中文输入法	(119)
2.22	将最终操作系统运行时映像写入 Flash	(123)
	本章小结	(125)
第 3 章	基于 ARM9 的 Windows CE 5.0 操作系统开发实例	(127)
3.1	Windows CE 5.0 操作系统开发概述	(127)
3.2	移植 SMDK2410 BSP	(128)
3.2.1	BSP 移植概述	(128)
3.2.2	修改 SMDK2410.CEC 文件	(128)
3.2.3	创建和配置基于 SMDK2410 BSP 的操作系统设计	(129)
3.2.4	根据创建过程修改 SMDK2410 BSP	(130)
3.3	测试 SMDK2410 BSP	(134)
3.3.1	建立开发机与目标板环境	(135)
3.3.2	修改 LCD 显示驱动	(135)
3.3.3	创建并下载运行操作系统运行时映像	(135)
3.3.4	进一步的开发工作	(136)
3.3.5	对 SMDK2410 BSP 的说明	(137)
	本章小结	(138)

第 4 章 Windows Embedded CE 6.0 概述	(139)
4.1 Windows Embedded CE 6.0 新特征概述	(139)
4.1.1 开发工具与开发平台	(139)
4.1.2 操作系统内核及架构	(141)
4.1.3 更多新的操作系统特征组件	(142)
4.1.4 更多开放的源代码	(143)
4.2 Windows Embedded CE 6.0 操作系统的架构	(143)
4.3 Windows Embedded CE 6.0 的内存管理	(145)
4.3.1 Windows Embedded CE 6.0 的内存管理模型	(145)
4.3.2 内核存储器空间	(147)
4.3.3 用户存储器空间	(148)
4.4 Windows Embedded CE 6.0 的驱动程序	(151)
4.4.1 驱动程序概述	(151)
4.4.2 内核模式驱动与用户模式驱动	(151)
4.4.3 驱动程序源代码	(154)
4.4.4 流接口驱动程序	(156)
4.4.5 驱动程序的 ISR 和 IST 处理	(164)
4.4.6 物理基地址到虚拟地址的映射	(169)
4.4.7 驱动程序中的 DMA 操作	(170)
本章小结	(172)
第 5 章 基于 eBox2300 的 Windows Embedded CE 6.0 操作系统开发实例	(173)
5.1 eBox2300 SoC 嵌入式计算机系统	(173)
5.2 构建 Windows Embedded CE 6.0 开发环境	(175)
5.2.1 Visual Studio 2005 安装简介	(175)
5.2.2 Windows Embedded CE 6.0 安装简介	(177)
5.2.3 eBox2300 BSP 安装简介	(179)
5.3 eBox2300 的启动加载系统	(180)
5.4 创建 Windows Embedded CE 6.0 操作系统	(183)
5.4.1 创建操作系统工程	(183)
5.4.2 定制操作系统组件	(188)
5.4.3 配置操作系统设计平台属性	(194)
5.4.4 创建操作系统运行时映像	(197)
5.5 下载并运行 Windows Embedded CE 6.0 操作系统	(198)
5.5.1 建立目标机与开发机的连接	(198)
5.5.2 配置目标设备的连接性选项	(200)
5.5.3 下载和运行操作系统	(203)
5.5.4 操作系统远程调试	(206)
5.5.5 操作系统功能测试	(207)

5.6	创建发布版的 Windows Embedded CE 6.0 操作系统	(214)
5.6.1	配置操作系统设计平台属性	(214)
5.6.2	创建并运行操作系统运行时映像	(216)
5.7	操作系统功能的增强	(219)
5.7.1	设定网卡的 IP 地址	(219)
5.7.2	设置 IDE 硬盘的安装点	(220)
5.7.3	添加 USB 摄像头驱动	(221)
5.8	测试 Windows Embedded CE 6.0 操作系统	(222)
5.8.1	验证网卡的 IP 地址	(223)
5.8.2	验证 IDE Flash 硬盘的安装点	(223)
5.8.3	验证 USB 摄像头驱动	(224)
5.9	将操作系统映像写入 IDE Flash	(226)
5.10	运行时许可证评估	(228)
	本章小结	(229)
第 6 章	Windows Embedded CE 6.0 应用程序开发	(230)
6.1	创建 SDK	(230)
6.2	创建托管的 C# 智能设备应用程序	(233)
6.3	部署智能设备应用程序	(235)
6.4	创建本地的 C++ 智能设备应用程序	(239)
6.5	串口通信应用程序	(246)
6.6	C/C++ 语言与汇编语言混合编程	(257)
6.7	托管代码与本地代码协同工作	(264)
6.7.1	P/Invoke	(264)
6.7.2	使用托管代码调用 Windows CE API	(265)
6.7.3	托管代码调用 Windows CE API 应用程序实例	(266)
	本章小结	(285)
第 7 章	SQL Server Mobile 数据库开发	(287)
7.1	SQL Server Mobile 数据库简介	(287)
7.1.1	SQL Server Mobile 的功能	(288)
7.1.2	SQL Server Mobile 的客户端/服务器架构	(288)
7.1.3	SQL Server Mobile 的应用程序开发工具	(290)
7.2	安装和配置 SQL Server Mobile 开发环境	(291)
7.2.1	SQL Server Mobile 安装概述	(291)
7.2.2	安装 IIS	(292)
7.2.3	安装 SQL Server 2005	(292)
7.2.4	安装 SQL Server Mobile Server 组件	(294)
7.2.5	安装 SQL Server Mobile Edition Device SDK 组件	(296)
7.2.6	安装 Windows Mobile 6 SDK	(297)

7.2.7 安装 Windows Mobile 6 中文版模拟器映像	(298)
7.3 创建和配置数据库远程复制	(299)
7.3.1 创建 AddressBook 示例数据库	(299)
7.3.2 创建快照代理用户账号及快照文件夹	(302)
7.3.3 创建数据库发布	(303)
7.3.4 设置发布数据库的权限	(309)
7.3.5 创建发布数据库的快照	(312)
7.3.6 配置 IIS 和 SQL Server 2005 以实现 Web 同步	(314)
7.3.7 创建 SQL Server Mobile 数据库	(319)
7.3.8 创建 SQL Server Mobile 数据库订阅	(320)
7.4 编写智能设备移动数据库应用程序	(324)
7.4.1 创建智能设备应用程序工程	(324)
7.4.2 配置数据源	(325)
7.4.3 创建数据显示表单	(327)
7.4.4 编写数据同步代码	(328)
7.4.5 部署并测试应用程序	(330)
本章小结	(335)
附录 本书所用到的网上资源	(336)
参考文献	(339)

第1章 绪 论



本章要点

本章在对嵌入式系统的硬件、操作系统和应用扩展进行分析的基础上,对 Windows CE 与开发有关的主要特征进行了综述,对 Windows CE 的开发内容、开发工具和开发流程进行了概括总结。

1.1 嵌入式系统概述

嵌入式系统是以应用为中心,以计算机技术为基础,且软硬件可裁剪,适应应用系统对功能、成本、体积、功耗有严格要求的专用计算机系统。换句话说,嵌入式系统是内嵌了计算机系统的电子设备。由于计算机是被嵌入在设备内部的,所以从设备的外表来看,我们甚至意识不到计算机的存在,但实际上每一台嵌入式设备或每一个嵌入式系统都是一台看不见的计算机。

既然嵌入式系统是专用的计算机系统,那么它所追求的就不再是 PC 那样的大容量和高速度,而是恰到好处的软硬件组合,其软硬件组合正好能够满足设备或系统的功能,并带来在成本、体积和功耗方面的绝对优势。

嵌入式系统的发展是和计算机的发展紧密联系的,它是计算机软硬件技术发展到更高阶段的产物,是计算机技术和计算机系统的进一步发展和应用。作为一台看不见的计算机,任何一个嵌入式系统也都是由软件和硬件组成的,但与一般的 PC 相比,嵌入式系统的软硬件更加复杂多样,同时,它还必须与伺服机构、传感器、电动机、其他通信设备等进行接口,以完成特定的数据采集、控制、监视及通信等功能。

下面我们将从嵌入式系统的硬件、嵌入式操作系统和嵌入式系统应用扩展三个方面进行描述。

1.1.1 嵌入式系统的硬件

简单来讲,嵌入式系统的硬件由嵌入式微处理器(CPU)及其微处理器外围扩展电路组成。常用的嵌入式微处理器有 8 位、16 位、32 位和 64 位等不同类型,其架构也有 ARM、X86、MIPS、SHx、PowerPC 等不同类型,且每种类型都有若干不同的型号。据不完全统计,目前市场上嵌入式 CPU 大约有 200 种以上。那么,开发者在开发自己特定的嵌入式系统时,到底如何从这些众多的 CPU 种类中选择自己特定的 CPU 型号呢?这里我们先看一些 2006 年的统计数据,图 1-1 展示了不同数据位宽度的 CPU 在新设计的嵌入式产品中的使用情况,图 1-2 展示了不同架构的 CPU 在新设计的嵌入式产品中的使用情况,而图 1-3

展示了在新设计的嵌入式产品中，每个产品使用一个 CPU 和每个产品使用多个 CPU 的比例分布情况。

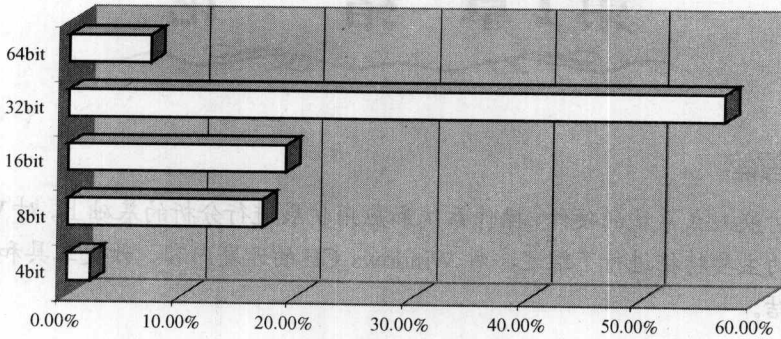


图 1-1 不同数据位宽度 CPU 的使用情况

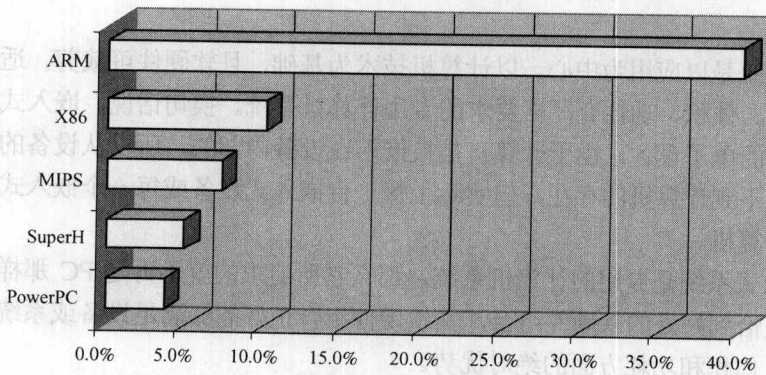


图 1-2 不同架构 CPU 的使用情况

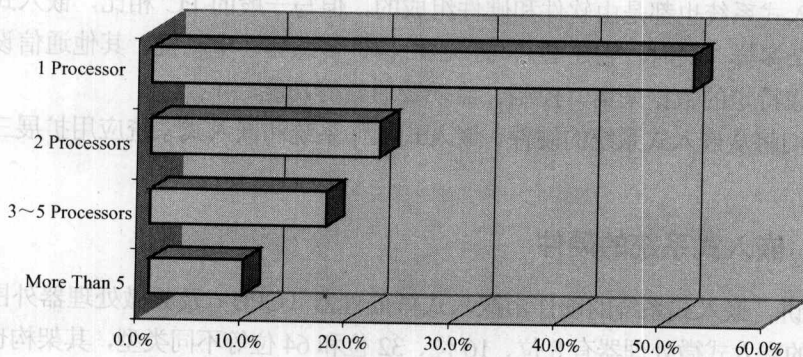


图 1-3 每个产品中使用 CPU 个数的比例分布情况

从图 1-1 至图 1-3 可以看出，目前在新设计的嵌入式产品中，采用一个 32 位 ARM 架构 CPU 的产品占了绝大多数，它代表了目前嵌入式市场的主流。在进行具体的 CPU 型号选择时，也可以遵循上述方法，选择当前市场上主流的 CPU 型号。表 1-1 展示了目前国内

嵌入式产品市场上应用的主流 ARM 和 X86 嵌入式 CPU 的型号及其主要应用领域。

表 1-1 主流嵌入式 CPU 及其应用领域

CPU 架构	CPU 型号	应用领域
ARM	ARM7: S3C4510B, S3C44B0X	教学系统、通信、电子消费品等
	ARM9: S3C2410, S3C2440	移动手持、工业控制、教学系统、电子消费品、电子仪器、医疗设备、数控机床等
	ARM10: XScale PXA250/255/27x	掌上电脑、智能手机等
	ARM11: FreeScale	掌上电脑、智能手机等
X86	AMD Geode	工业控制、机顶盒、瘦客户端等
	Vortex86	工业控制、瘦客户端等

ARM 微处理器最大的特点是功耗低、集成度高，特别适合于使用电池供电的场合。同时，由于在 ARM 处理器内部集成了绝大多数常用的总线及控制器，所以其外围扩展电路相对比较简单，同时也可以大大减小嵌入式主板的体积。而 X86 微处理器一般由于功耗高和集成度低，所以一般适用于非移动场合，同时，绝大多数的外围设备都需要通过扩展芯片来与 CPU 进行接口，从而也增大了 X86 主板的尺寸大小。以 Intel XScale PXA255 嵌入式微处理器应用为例，图 1-4 展示了应用 PXA255 处理器的一个嵌入式系统的硬件模块组成。

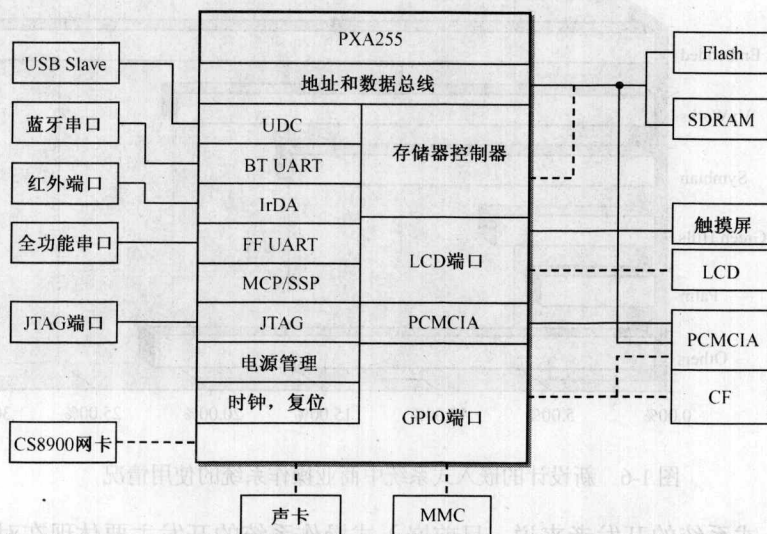


图 1-4 典型的嵌入式微处理器及其外围扩展

1.1.2 嵌入式操作系统

嵌入式系统的软件是由嵌入式操作系统和嵌入式应用软件组成的。嵌入式操作系统是嵌入式系统的核心，目前常用的嵌入式操作系统有 Windows CE、Embedded Linux、VxWorks、Palm、Wind River、QNX、 μ Cos、pSOS 等，而嵌入式实时操作系统是当前嵌入

式操作系统发展和应用的主流。

受 Linux 发展的推动，嵌入式操作系统正向着开放源代码的方向发展，但由于商业化的操作系统具有开发速度快、技术成熟以及技术支持到位等优点，目前，在新开发的嵌入式系统中商业化的操作系统仍然处于主导地位，如图 1-5 所示。而在商业操作系统中，Windows Embedded（Windows CE 和 Windows XP Embedded）占有最大的市场份额，其次是 VxWorks，Symbian 位居第三位，如图 1-6 所示。其中 Symbian 是在蜂窝电话中广泛使用的操作系统。

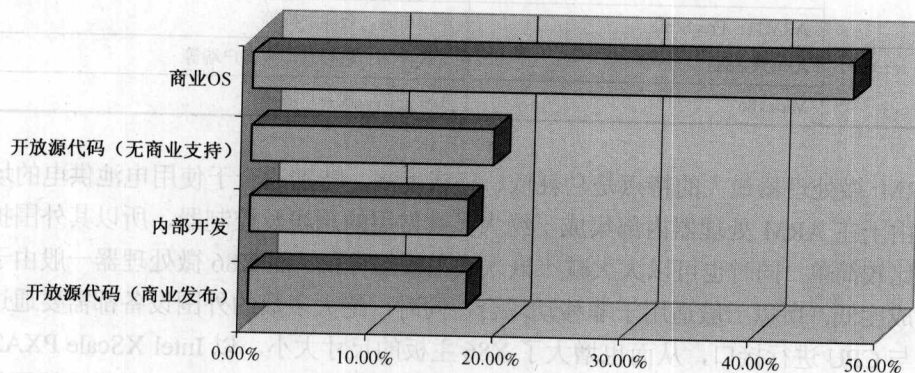


图 1-5 新设计的嵌入式系统中操作系统的使用情况

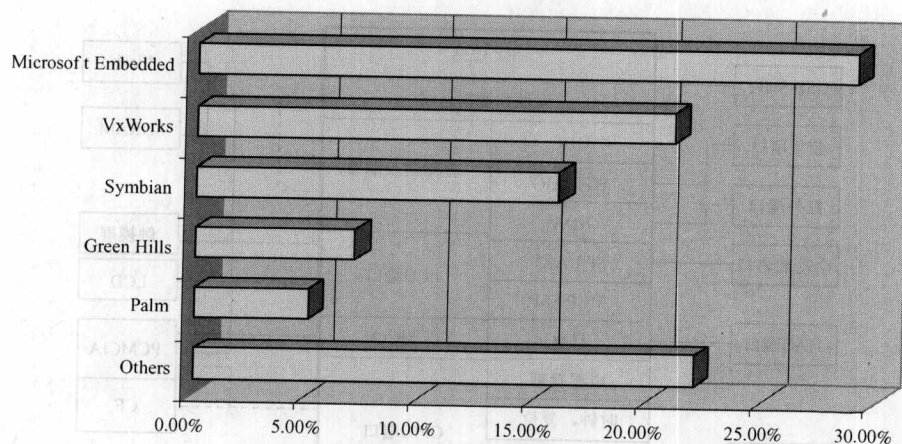


图 1-6 新设计的嵌入式系统中商业操作系统的使用情况

对于嵌入式系统的开发者来说，目前嵌入式操作系统的开发主要体现在对操作系统的定制上，即根据应用的要求对操作系统进行裁剪。

1.1.3 嵌入式系统的应用扩展

嵌入式系统硬件为嵌入式系统提供了 CPU、存储器、总线（PCI、PC104、USB、UART、PC Card 等）及一些常用模块（网络、声音、LCD 等）的扩展，嵌入式操作系统为嵌入式系统提供了操作系统及驱动总线和常用模块的驱动程序，这已经构成了一个嵌入式系统。严格地讲，我们应该把它称为嵌入式计算机系统，在此基础上，还需要根据应用的要求对

它进行硬件和软件扩展，构成具有特定功能、具有特定应用的嵌入式系统或嵌入式设备。

嵌入式系统的应用扩展包括硬件扩展和软件扩展，硬件扩展一般都是通过嵌入式系统硬件主板上提供的总线接口或 I/O 端口来实现的，而软件扩展需要开发者利用操作系统提供的 API、DDK 以及应用程序开发工具编写驱动程序和应用程序。表 1-2 展示了嵌入式系统一些常见的应用扩展。

表 1-2 嵌入式系统常见的应用扩展

扩展端口	扩展模块
UART	GPS 接收器、GPRS Modem、ADSL Modem、ISDN Modem、条码扫描仪、数据采集模块、传感器模块、伺服机构、各种工业控制器等
USB	数字键盘、摄像头、传感器、条码扫描仪、读卡器等
PCI	数据采集模块、传感器模块、伺服机构、各种工业控制器等
PC104	数据采集模块、传感器模块、伺服机构、各种工业控制器等
SPI	数据采集模块、传感器模块、伺服机构、各种工业控制器等
GPIO	GPS 接收器、GPRS Modem、ADSL Modem、ISDN Modem、条码扫描仪、数据采集模块、传感器模块、伺服机构、各种工业控制器等
SD/MMC	蓝牙模块、802.1x 模块、摄像头、传感器、条码扫描仪等
PC Card	蓝牙模块、802.1x 模块、摄像头、传感器、条码扫描仪等

嵌入式应用软件主要关注的是嵌入式系统或嵌入式设备特定的功能，因此也是嵌入式系统开发的重点。取决于要具体开发的嵌入式系统或设备，应用软件开发有可能是直接操作硬件的纯软件开发，也有可能是要操作硬件的软件开发，开发的难点不在于所使用的编程语言，而在于具体的嵌入式系统或设备必然与一定的业务逻辑相关联，即与系统或设备所服务的具体行业直接关联。所以对于开发者来说，除了必须掌握嵌入式系统的开发方法、技巧与工具之外，还必须具有一定的行业背景，了解所开发系统或设备的业务逻辑。

对于嵌入式系统的软件开发者来讲，选择什么样的编程语言是第一要考虑的问题。表 1-3 对常用的编程语言及在嵌入式系统软件开发中具体的应用场合进行了总结，图 1-7 是 2006 年对嵌入式系统所使用语言的一个调查结果，体现了各种编程语言在嵌入式系统中所使用的大致比例。需要说明的是，由于在每个嵌入式系统中不可能都使用这些语言，所以其比例加起来不会为 100%。以汇编语言为例，图上所示大约为 34%，这并不是说在整个嵌入式系统中，汇编语言的代码量占了大约 1/3，而是说在所调查的嵌入式系统软件开发人员中，有大约 1/3 的人还需要使用汇编语言。

表 1-3 常用的编程语言及其应用场合

编程语言	应用场合
汇编 (Assembly)	Boot Loader 或 OAL 中的 CPU 初始化
C	操作系统内核
C++	操作系统及应用程序
Visual C++、Visual Basic、Visual C#	应用程序
Java	应用程序

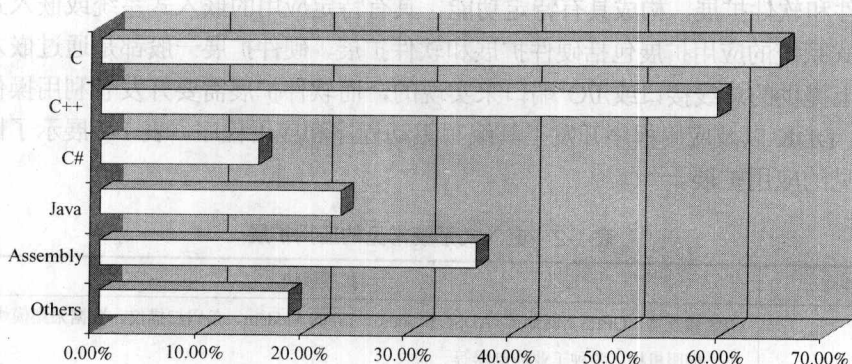


图 1-7 嵌入式系统中使用各种编程语言的对比

1.2 Windows CE 概述

Windows CE 是微软为开发嵌入式智能设备精心打造的 32 位、嵌入式、实时、多任务和模块化的操作系统，具有可靠性好、实时性强、内核体积小以及开放源代码等特点，被广泛应用于工业控制、汽车电子、移动通信、信息家电、航空航天、军事、个人电子消费品等各个领域，是当今嵌入式领域应用最为广泛、增长最快、最具发展活力、最具竞争力的嵌入式操作系统。

1.2.1 Windows CE 的发展历程

从微软 1996 年发布 Windows CE 1.0 到今天的 Windows Embedded CE 6.0, Windows CE 已经走过了十多年的历程，不论是从技术上还是从市场上，都取得了巨大的成功。在 Windows CE 的发展过程中可以看出，两条发展主线越来越明显，一方面 Windows CE 通用功能越来越强大，面对的市场越来越广泛，Windows CE 正在朝着通用化的方向发展；另一方面，Windows CE 正在不断分解以满足成熟的专业化的市场，Windows CE 正在朝着专业化的方向发展。在 Windows CE 不断发展强大的同时，派生出了 Pocket PC、Smartphone、Automobile 等专业化的设备操作系统。由此，在 Windows CE 的未来发展中，它还会派生出更多专业化的系统。图 1-8 展示了在 Windows CE 的发展历程中所伴随的 Windows Mobile (Pocket PC 和 Smartphone) 的发展过程。

1.2.2 Windows CE 的开发特征

随考察问题的角度不同，Windows CE 具有各种不同的特征；同时，随 Windows CE 版本的不同，其特征也有差别。这里我们将 Windows CE 的特征区分为关键特征和一般特征，由于关键特征决定了我们为什么要选择使用 Windows CE，它能为我们带来什么，所以下面仅就 Windows CE 4.2 以后版本与开发有关的关键性特征进行总结描述。