



Windows CE 项目开发实践丛书

Windows CE

系统开发基础与实例

张 欢 钮文良 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn



Windows CE 项目开发实践丛书

内容提要

Windows CE

系统开发基础与实例

张 欢 钮文良 编著

图书在版编目 (CIP) 数据

Windows CE 系统开发基础与实例 / 张欢, 钮文良编著. 北

京: 中国电力出版社, 2009

(Windows CE 项目开发实践丛书)

ISBN 978-7-208-3-8917-5

I. W... II. ①张... ②钮... III. 窗口软件. Windows CE—程
序设计. N. TP316.7

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第088233号

中国电力出版社出版

(北京市三里河路6号 100044 电话: 010-63411004) <http://www.cepp.com.cn>

北京印刷厂印刷

各地新华书店经售

2010年1月第1版 2010年1月北京第1次印刷
787毫米×1095毫米 16开本 13.75印张 332千字
印数 0001—3000册 定价 32.00元

告 白 告 白

本社封面图案设计, 封面设计, 封面设计, 封面设计

本社封面图案设计, 封面设计, 封面设计, 封面设计



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书详细介绍了 Windows CE 作为一种嵌入式操作系统,其系统内核的体系结构、处理机制以及功能特点,对于 Windows CE 嵌入式系统整体开发流程和开发方法做了详细说明,并对 Windows CE 系统的驱动程序开发以及数据库的设计工作进行了具体介绍。由于 Windows CE 6.0 版本的开发工具以及系统开发过程较之先前几个版本有所不同,本书分别对于 Windows CE 5.0 和 6.0 版本的系统定制、应用开发进行了分别讲解。

本书对于 Windows CE 5.0 的开发工具选用了 Platform Builder 5.0、eMbedded Visual C++ 4.0 + SP4,对于 Windows CE 6.0 的开发工具使用了 Visual Studio 2005 + Platform Builder for Windows CE 6.0 (插件),并配以具体程序实例以帮助读者更快掌握其开发的原理和过程。

本书可作为高等院校计算机、通信类相关专业的高年级学生或者相关培训机构的参考教材,也适合从事 Windows CE 开发的各级技术人员作为参考资料阅读。

图书在版编目 (CIP) 数据

Windows CE 系统开发基础与实例 / 张欢, 钮文良编著. 北京: 中国电力出版社, 2009

(Windows CE 项目开发实践丛书)

ISBN 978-7-5083-8917-2

I. W… II. ①张…②钮… 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 (2009) 第088533号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2010年1月第一版 2010年1月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 13.75印张 332千字

印数 0001—3000册 定价 25.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言



作为 21 世纪的最具生命力的新技术之一,嵌入式系统以其广泛的应用领域以及人们对于信息化需求的不断增加,它扩张的速度和深度都在不断加剧。在数字家电、医疗设备、导航设备、多媒体终端以及个人便携式设备的应用中,嵌入式系统几乎无所不在。各大厂商对于该领域的争夺也日趋白热化。

微软公司作为桌面操作系统领域无可争议的领导者,当然不会放弃对于嵌入式系统领域的涉足。Windows CE 操作系统正是在这样的背景下成长发展起来的。大量用户对于桌面 Windows 操作方式的熟悉,是 Windows CE 作为嵌入操作系统迅速发展的最大的优势。

Windows CE 是所有源代码全部由微软自行开发的嵌入式操作系统。为了让用户迅速掌握其本身的操作方法,它的操作界面完全借鉴了 Windows 95/98。并且,Windows CE 是基于 Win 32 API 重新开发的新型信息设备平台,具有模块化、结构化和基于 Win 32 应用程序接口以及与处理器无关等特点。Windows CE 不仅继承了传统的 Windows 图形界面,并且在 Windows CE 平台上可以使用 Windows 95/98 上的编程工具(如 Visual Basic、Visual C++等)、使用同样的函数、使用同样的界面风格,使绝大多数可运行在桌面 Windows 的应用软件只需简单修改就可以移植在 Windows CE 平台上继续使用。

Windows CE 的设计可以满足多种设备的需要,包括了工业控制器、通信集线器和销售终端之类的企业设备,以及像照相机、电话和家用娱乐器材之类的消费产品。一个典型的基于 Windows CE 的嵌入系统通常为某个特定用途而设计,并在不联机的情况下工作。

但是,Windows CE 并没有像桌面 Windows 那样在嵌入式操作系统领域迅速扩张并处于绝对垄断地位。由于其与桌面 Windows 产品一样没有开放全部的源代码,加之在效率、功耗方面的表现并不出色,而且和桌面 Windows 一样占用过多的系统内存,所开发和运行程序庞大,使其占有率一直没有大幅度提高。在当前最为流行的移动终端领域,Windows CE 与嵌入式 Linux、Palm OS 以及 Symbian 形成四强鼎立之势;在其他领域,诸如工业控制、通信等实时性要求较高的产品中,Windows CE 仍旧与 VxWorks、QNX 等争夺着市场,并且难分伯仲或者处于弱势地位。想要实现复制个人 PC 领域的辉煌,微软的 Windows CE 才刚刚上路。

Windows CE 作为微软视窗操作系统中的一员,在嵌入式系统领域仍然有很大的潜力和上升空间。由于其稳定、可靠的性能以及与桌面 Windows 一致的开发特性,使它获得了众多开发者的青睐。

2006 年底,微软公司公布了 Windows CE 的最新的 6.0 版本,Windows CE 6.0 的开发工具和开发方法较之先前版本有所不同。最大区别在于,它将其系统内核定制工具 Platform Builder 不再作为单独的开发工具发布和使用,而是需要集成到微软最新公布的集成开发环境 Visual Studio 2005 当中。这就是说,需要定制 Windows CE 系统,需要在 Visual Studio 2005 中安装 Platform Builder for Windows CE 6.0 插件。这样,Windows CE 开发的整个过程(包括内核定制和应用开发)可以完全使用 Visual Studio 2005 一个工具来完成,真正做到开发环境的“集成”。当然,Windows CE 5.0 也可以使用 Visual Studio 2005 完成全部的开发工作。本

书对 Windows CE 5.0 版本的开发工具 Platform Builder 5.0、eMbedded Visual C++ 4.0 + SP4 以及 Visual Studio 2005 进行了详细介绍,其中包括详细的开发方法。另外,对使用 Visual Studio 2005 开发 Windows CE 6.0 的方法也进行了部分论述,以便读者根据不同版本的不同开发方法进行合理的选择。

本书的第 1 章在对嵌入式操作系统行业进行先行综述之后,对 Windows CE 的版本历史、系统特点、设计理念等方面进行了详细介绍,读者通过第 1 章的学习可以详细了解现今嵌入式系统行业的整体状况,以及 Windows CE 作为其中一员的优势和不足。

作为一个通用的实时操作系统,Windows CE 几乎复制了桌面 Windows 全部的内部处理机制以及工作方式。读者通过对本书第 2 章的研读可以深入了解作为一个功能强大的嵌入式操作系统,Windows CE 在系统框架、内存管理、文件管理、进程和线程的处理机制以及用户图形界面等各个方面详尽的设计理念以及功能特点。对于有志于从事 Windows CE 内核处理机制研究或者应用开发的读者,可以打下良好的理论基础。

对于初学 Windows CE 的读者,通过本书的第 3 章可以充分了解现今较新的 Windows CE 版本各自的特点及我们可以使用什么开发工具进行系统的开发工作,以及开发中需要注意哪些方面的问题。

真正对于读者关于 Windows CE 系统开发工作的指导,本书是在第 4 章开始的。从系统的定制环节到应用开发再到驱动程序设计,本书的第 4~6 章全面介绍了各个环节的具体操作方法以及操作步骤。对照本书并通过实际上机操作,能够帮助读者更快、更熟练地掌握 Windows CE 系统开发的各个环节。

书中的第 7 章通过具体的应用开发实例并配以大量的开发源代码对于 Windows CE 的开发方法进行了详细论述,希望对读者熟练掌握具体应用开发有所帮助。

本书第 8 章对于 Windows CE 的数据库系统进行了详细讲述,读者通过对 SQL Server 2005 CE 的软件环境、开发环境、服务器环境的配置,以及通过它来创建移动应用程序的方法介绍,能够掌握 Windows CE 数据库的开发方法。

由于作者水平有限,加之从事 Windows CE 系统开发工作的时间并不很长,所以书中难免出现错误和不妥之处,恳请读者能够及时指正书中的问题。

编者

2009 年 8 月

目录



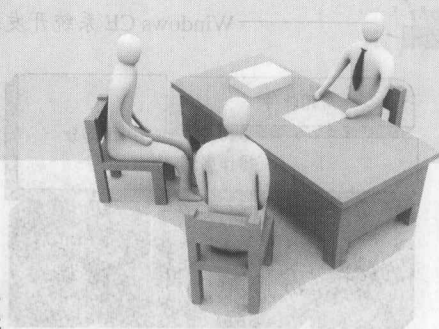
前言

第1章 Windows Embedded 概述	1
1.1 嵌入式操作系统	2
1.2 Windows CE 概述	9
1.2.1 什么是 Windows CE	9
1.2.2 Windows CE 的成长史	10
1.2.3 Windows CE 的设计理念	14
1.2.4 Windows CE 的特征	15
1.3 嵌入式产品发展趋势	17
第2章 Windows CE 操作系统	20
2.1 Windows CE 的系统框架	20
2.1.1 硬件层	21
2.1.2 OEM 层	22
2.1.3 操作系统层	23
2.1.4 应用程序层	26
2.2 内存管理机制	26
2.2.1 物理内存	27
2.2.2 虚拟内存	28
2.2.3 逻辑内存	31
2.2.4 C/C++运行时库的内存管理	31
2.3 文件系统的存储管理	32
2.3.1 Windows CE 文件系统体系结构	32
2.3.2 存储管理器	33
2.3.3 对象存储	36
2.4 进程和线程	38
2.4.1 进程的基本概念	38
2.4.2 创建进程	39
2.4.3 终止进程	41
2.4.4 线程的使用	41
2.4.5 系统调度	42
2.5 用户图形界面系统	43
2.5.1 图形模块	44
2.5.2 窗口系统	44
2.5.3 事件系统	46

第3章	Windows CE 开发简介	48
3.1	基于 Windows CE 操作系统的嵌入式设备开发流程	48
3.2	Windows CE 5.0 和 6.0	49
3.2.1	Windows CE 5.0	49
3.2.2	Windows CE 6.0	50
3.2.3	Windows CE 5.0 与 Windows CE 6.0 不同平台兼容性的编程技巧	52
3.3	Windows CE 开发工具介绍	55
3.3.1	Platform Builder	55
3.3.2	Microsoft eMbedded Visual C++	57
3.3.3	Visual Studio	57
3.3.4	ActiveSync	58
3.3.5	在 Visual Studio 2005 中用 ActiveSync 来同步模拟器	59
3.3.6	Windows CE SDK	62
第4章	Windows CE 系统定制	63
4.1	BSP 的使用	63
4.2	使用 Platform Builder 5 定制 Windows CE 5.0	64
4.2.1	Platform Builder 5.0 安装	64
4.2.2	使用 Platform Builder 定制 Windows CE OS 的过程	66
4.2.3	使用 Platform Builder 5.0 生成 SDK	71
4.3	使用 Visual Studio 2005 定制 Windows CE 6.0	73
4.3.1	Visual Studio 开发环境的安装顺序	73
4.3.2	使用 Visual Studio 2005 定制 Windows CE OS	76
4.3.3	使用 Visual Studio 2005 导出 SDK	80
4.4	Windows CE 系统下的 BootLoader	81
第5章	Windows CE 程序设计基础	86
5.1	Windows CE 应用程序开发概述	86
5.2	窗口与消息	88
5.3	第一个 Windows CE 程序	90
5.4	Hello1 的简单修改	91
5.5	完整的程序	93
5.6	HelloCE	100
第6章	Windows CE 驱动程序设计	107
6.1	驱动程序的主要功能	107
6.2	驱动程序的开发要点	108
6.3	Windows CE 的驱动程序概述	109
6.4	Windows CE 驱动程序分类	111
6.4.1	本机驱动程序与流设备驱动程序	111
6.4.2	分层驱动程序与不分层的驱动程序	112

6.4.3	驱动程序示例代码	114
6.4.4	驱动程序编写方法	117
第 7 章	Windows CE 应用开发实例	125
7.1	使用 EVC 构建 Windows CE 应用程序	125
7.1.1	EVC 4.0 功能说明	125
7.1.2	使用 EVC 4.0 开发应用程序	127
7.2	使用 Visual Studio 2005 构建 Hello Windows CE 应用程序	132
7.3	创建 Smartphone 应用程序	136
7.3.1	开发说明	136
7.3.2	创建并执行 Smartphone 应用程序	137
7.3.3	访问 SQL Server Mobile Edition 中的数据	141
7.3.4	添加窗体的菜单, 并完成菜单功能	146
7.3.5	设置联系人	152
7.3.6	添加电子邮件支持并将功能邦定在一起	157
7.3.7	系统功能测试	160
7.3.8	终止设备或模拟器上运行的应用程序	162
7.3.9	实例操作总结及代码范例	163
7.4	串口通信应用程序实例	167
7.4.1	设计说明	167
7.4.2	开启序列通信端口	169
7.4.3	设定序列通信端口	170
7.4.4	设定逾时参数 (time-out parameters)	172
7.4.5	写入通信端口	173
7.4.6	使用通信事件 (Communication Event)	175
7.4.7	关闭序列通信端口	176
第 8 章	Windows CE 的数据库应用	187
8.1	SQL Server 移动版构架	187
8.2	SQL Server 2005 CE	189
8.2.1	简介	189
8.2.2	Windows Mobile 6.0 对 SQL Server 2005 Compact 的支持	189
8.2.3	SQL Server 2005 Compact Edition 体系结构	190
8.2.4	SQL Server 2005 CE 软件环境需求	191
8.2.5	SQL Server 2005 CE 开发环境	192
8.2.6	SQL Server 2005 CE 服务器环境	194
8.2.7	使用 SQL Server 2005 CE 创建移动应用程序	195
8.2.8	SQL Server 2005 CE 的维护	208
参考文献		211

第 1 章



Windows Embedded 概述

嵌入式系统已经广泛渗透到人们的工作、生活中。在家用电器、手持通信设备、信息终端、仪器仪表、汽车、航天航空、军事装备、制造工业、过程控制等领域，嵌入式系统几乎无所不在：PDA、手机、机顶盒、汽车控制系统、微波炉控制器、安全系统、自动售货机控制器、医疗仪器、立体音响、自动取款机等，都是嵌入式系统大显身手的地方。不得不说，它已经和我们的生活息息相关。

嵌入式系统的产品无处不在，很大程度上改变了人们的生活、工作和娱乐方式。当今，嵌入式系统带来的工业年产值已超过 1 万亿美元。美国著名未来学家尼葛洛庞帝曾预言，嵌入式智能（电脑）工具将是 PC 和因特网之后最伟大的发明。根据美国嵌入式系统专业杂志 RTC 报道，21 世纪初的 10 年中，全球嵌入式系统市场需求量具有比 PC 市场大 10~100 倍的商机。进入 21 世纪，嵌入式系统无所不在，它将为人类生产带来革命性的发展，实现“PCs Everywhere”的生活梦想。

对于嵌入式系统，IEEE 给出了相对精确的定义：用于控制、监视或者辅助操作机器和设备的装置。在中国嵌入式系统领域，比较认同的嵌入式系统概念是：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。它一般由嵌入式微处理器、外围硬件设备、嵌入式操作系统以及用户的应用程序等四个部分组成，用于实现对其他设备的控制、监视或管理等功能。

也可以这么说，嵌入式系统包含硬件和软件两部分，其中硬件包括处理器 / 微处理器、存储器及外设器件和 I/O 端口、图形控制器等。其中嵌入式系统的核心是嵌入式微处理器。嵌入式微处理器一般就具备以下 4 个特点：

(1) 对实时多任务有很强的支持能力，能完成多任务并且有较短的中断响应时间，从而使内部的代码和实时内核的执行时间减少到最低限度。

(2) 具有功能很强的存储区保护功能。这是由于嵌入式系统的软件结构已模块化，而为了避免在软件模块之间出现错误的交叉作用，需要设计强大的存储区保护功能，同时也有利于软件诊断。

(3) 可扩展的处理器结构，以能最迅速地开发出满足应用的最高性能的嵌入式微处理器。

(4) 嵌入式微处理器功耗必须很低，尤其是用于便携式的无线及移动的计算和通信设备中靠电池供电的嵌入式系统更是如此，如需要功耗只有毫瓦甚至微瓦级。

软件部分包括操作系统（OS）软件（要求实时和多任务操作）和应用程序。有时设计人员把这两种软件组合在一起。应用程序控制着系统的运作和行为，而操作系统控制着应用程

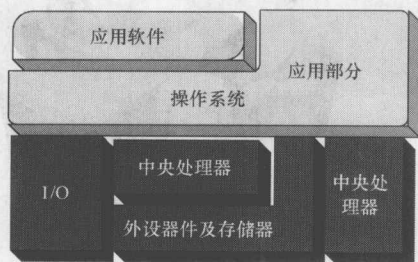


图 1-1 嵌入式系统结构模型

序编程与硬件的交互作用。图 1-1 给出了嵌入式系统的基本结构模型，其中大部分组成部分都是可裁减或扩展的。

在嵌入式系统方面，软件往往主宰着硬件的功能，甚至是市场销售的成败。以目前来说，由于嵌入式系统在开发方案上已经非常成熟，与过去比较，从无到有开发出一套强大的硬件方案，只需要付出相当的成本，便可有现成的硬件方案可以套用。不过在软件方面，需要考察不同的硬件架构与适用范围，必须谨慎评估采用何种软件解决方案。



1.1 嵌入式操作系统

图 1-1 清楚地示出了嵌入式操作系统在嵌入式系统结构中所处的地位，因此可以把嵌入式操作系统理解为，它是一种支持嵌入式系统应用的操作系统软件，是嵌入式系统的重要组成部分。嵌入式操作系统不但具有通用操作系统的基本特点，而且还能够有效管理复杂的系统资源，并且把硬件虚拟化。它可以包含应用部分，也可以在其上进行应用扩展。

从搭配嵌入式硬件的操作系统来看，在针对低阶或功能局限性较大的硬件产品方面，有最被广泛使用的 RTOS (Real Time Operating System)，其架构逐渐向 PC 类通用型操作系统看齐，或是直接从桌上型操作系统精简而来的嵌入式操作系统两大类。如果以产品种类区分，则可分为固定功能产品、可扩充功能式产品，以及使用者可自行扩充功能的类 PC 产品。而在嵌入式系统核心架构部分，基本上皆可分为 Boot Loader、Kernel、Root File System 以及 Application 应用程序部分。由于嵌入式操作系统多半应用在资源有限的系统上，因此核心部分会格外精简，除保留关键的三大部分以外，在应用程序部分则是让开发厂商自行搭配。

嵌入式操作系统可以从多种角度进行分类。从应用角度可分为通用型嵌入式操作系统和专用型嵌入式操作系统。常见的通用型嵌入式操作系统有 Linux、VxWorks、Windows CE 等；常用的专用型嵌入式操作系统有 Smart Phone、Pocket PC、Symbian 等。从实时性角度可分为实时嵌入式操作系统和非实时嵌入式操作系统。实时嵌入式操作系统主要面向控制、通信等领域，如 Wind River 公司的 VxWorks、ISI 的 pSOS、QNX 公司的 QNX、ATI 的 Nucleus 等；非实时嵌入式操作系统主要面向消费类电子产品，如 PDA、移动电话、机顶盒、电子书、WebPhone 等。

要想在有限的资源下以良好的性能表现达到产品所设定的应用目标，就必须针对产品本身的特性去选择所要搭配的操作系统，以及决定最终功能的应用软件，因此下面就结合各种不同特性的嵌入式操作系统作系统性的介绍。

针对特定功能产品的嵌入式 RTOS 操作系统产品的由来已久，早从 1980 年就已经蓬勃发展，从现实生活中可以广泛看到的电子产品，甚至到探索火星的智能型机器人，都有这些嵌入式操作系统的影子存在。这类型嵌入式操作系统的开路先锋，大多被称为 RTOS (Real Time Operating System)，它是依照排序执行、管理系统资源，以及为应用程序提供统一的基础开发界面。这类操作系统基本上是由不同的模块所构成，从档案系统、网络协定堆叠以及应用各层、设备驱动程序等针对不同需求所搭配而成，在针对不同的嵌入式平台开发上，可以视



需求采用或舍弃某些模块,从而达到节省储存空间,或是达到特定功能的目的。在最精简的应用上,甚至可以达到 10KB 左右的小容量表现。

由于这类嵌入式操作系统要求必须在一定时间内回应应用程序的呼叫,不只对于时序的控制,在稳定性的考察上,也是十分严格。这是因为这类嵌入式操作系统的应用范围通常都是集中在具有关键性应用的产品中,如国防、医疗、航天以及工控等,都是不容有半分差错的。这类嵌入式操作系统较出名的有 Wind River 的 VxWorks、QNX Software 的 QNX 操作系统,以及 Acclerated Technology 的 Nucleus Plus 等,而目前最火热的 Linux 免费操作系统也在这方面着墨不少,不过由于其定位较特殊,后面针对 Linux 的嵌入式应用来作介绍。在此之前,先主要了解一下如今比较流行的几种嵌入式操作系统的主要特点及应用。

1. VxWorks

VxWorks 操作系统是美国 Wind River 公司于 1983 年设计开发的一种嵌入式实时操作系统(RTOS),是 Tornado 嵌入式开发环境的关键组成部分。它是一套类似 Unix 的即时操作系统,采用先占式多工的排程设计,以及可快速反应的中断控制,并可处理大规模多重重叠的通信应用以及同步处理。其良好的持续发展能力、高性能的内核以及友好的用户开发环境,在嵌入式实时操作系统领域逐渐占据一席之地。VxWorks 具有可裁剪微内核结构,高效的任务管理,灵活的任务间通信,微秒级的中断处理,支持 POSIX 1003.1b 实时扩展标准,支持多种物理介质及标准的、完整的 TCP/IP 网络协议等特点。在应用开发上,它也具备了原始码等级的除错能力以及性能评估方式,因此对于程序开发者来说,是非常实用的功能。VxWorks 5.4 的系统构架如图 1-2 所示。

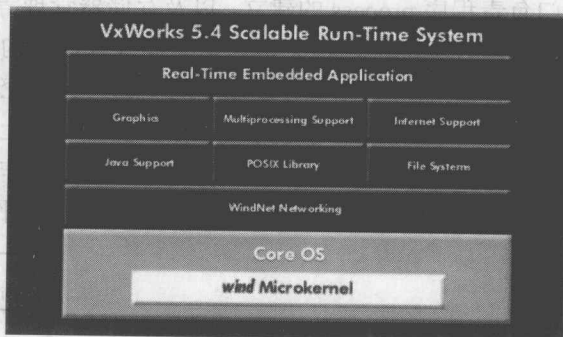


图 1-2 VxWorks 的系统架构图

操作系统本身以及开发环境都是专有的,价格一般都比较高,通常需花费 10 万元人民币以上才能建起一个可用的开发环境,对每一个应用一般还要另外收取版税。一般不提供源代码,只提供二进制代码。并且,由于它们都是专用操作系统,需要专门的技术人员掌握开发技术和维护,所以软件的开发和维护成本都非常高,支持的硬件数量有限。即便如此,VxWorks 目前在市场上仍占有一席之地,过去国际上也有许多厂商采用其操作系统来开发专属的产品,诸如柯达公司与卡西欧公司的数码相机过去大多采用此操作系统的特制化版本,建兴公司的 DVD 录像机也采用过 VxWorks。除此之外,NEC、Linksys、西门子等公司也都采用过 VxWorks。虽然目前 Linux 盛行,抢去了 VxWorks 不少风头,不过在许多关键应用方面,仍是 VxWorks 一枝独秀。例如,美国波音公司就在最新的 787 客机中采用此操作系统,在外太空探索方面,VxWorks 也是美国太空总署 NASA 的最爱,从 20 世纪末以及两年前的两次火星探险中,四具机器人都采用此操作系统,而 2005 年的彗星撞击计划,更是少不了 VxWorks 的鼎力相助。

不过,Wind River 公司并没有死守在 VxWorks 这块领域中,近年来也积极朝向整合式开发套件、ICE 除错工具、Run-Time 环境、处理器间的通信协定、中介软件等领域发展,且操作系统也不限于 VxWorks,而是可以选择使用嵌入式 Linux 替代。事实上,WindRiver 除了进行大量原始码的开放以外,也推出了包含自有技术的商用 Linux,透过自有技术进行多项



功能的整合与最佳化，提供包含消费性电子以及网络通信领域等应用设备开发商选择，以协助厂商缩短开发流程以及开发成本。

2. QNX 不，即和的野用应内面时一主必条要参作入谢类兹干由
常由 QNX 软件公司所开发的 QNX 操作系统，也是一套类似 Unix 的嵌入式操作系统，QNX 是一个实时的、可扩充的操作系统，它部分遵循 POSIX 相关标准，如 POSIX.1b 实时扩展。与 VxWorks 同样发迹于 20 世纪 80 年代的 QNX，其特殊之处，在于其并非采用传统的高阶硬件虚拟层方式设计，而是以非常细碎的 tasks 形式来执行，由许多的微核心为基础组成完整的 OS 服务。因此，QNX 的硬件设计者可以自由选择加载执行或不加载某些特定的服务，而不用去变更 QNX 的核心程序部分。因此基于 QNX 的嵌入式操作系统可以做到非常小的程度，而且依然可以具有相当高的效率、极快的速度与完整的菜单。

QNX 操作系统提供了一个很小的微内核以及一些可选的配合进程。其内核仅提供 4 种服务：进程调度、进程间通信、底层网络通信和中断处理，其进程在独立的地址空间运行。所有其他 OS 服务，都实现为协作的用户进程，如驱动程序、档案系统堆叠协议以及使用者应用程序的所有程序都是属于在使用者阶段执行。QNX 操作系统有一个相当特殊的 Proc 阶段，专门负责程序 process 的建立，以及存储器管理等交集在系统微核心中的组件。基本上，QNX 所有的组件都能透过消息传递这个模式来进行沟通，具有良好定义的通信机制，也能保障所有的组件都有完全独立且被保护的储存及执行空间。因此有问题的应用程序不会影响到其他组件的稳定性，发生问题的程序将会被自动终止并重新启动。这个灵活的结构可以使用户根据实际的需求，将系统配置成微小的嵌入式操作系统或是包括几百个处理器的超级虚拟机操作系统。图 1-3 所示为基于 AMD 硬件的 QNX 平台架构图。

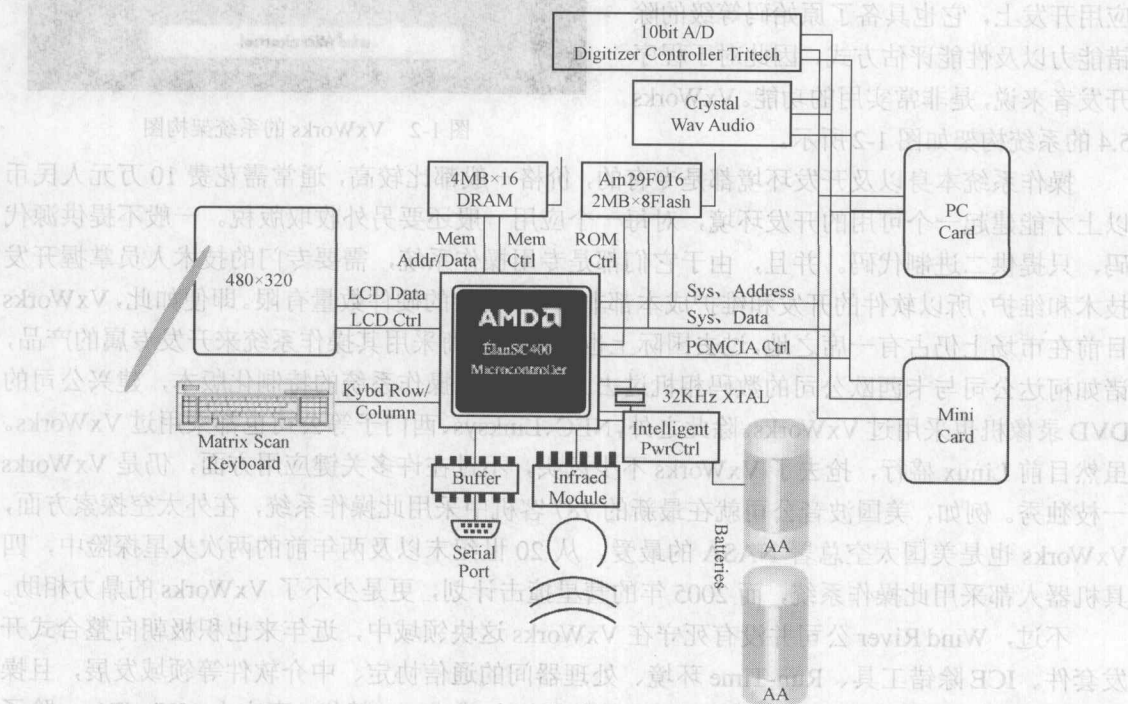


图 1-3 基于 AMD 硬件的 QNX 平台架构图



与传统的操作系统架构相比,微核心架构可以让嵌入式系统获得更为快速的平均恢复时间(MTTR),当硬件驱动程序失效,QNX可以在数毫秒之内,对该驱动程序进行终止、回收资源并重新启动的步骤,让嵌入式设备可接近无停摆时间表现。

但是,微核心RTOS的架构process间的信息传递功能会占用存储器频宽,影响性能表现,在实际应用上必须采用特殊的最佳化手段,以避免掉信息传递功能所带来的性能耗损。

虽然QNX公司在2004年出售给Haman International Industries,但QNX操作系统的发展脚步并没有停止。在国外,除了与各家国际汽车大厂合作,成为车用电子的主力操作系统以外,也获得相当多的航空公司与重要军事单位采用。而在2005年底,QNX也与国内几家包含联电、Zinwell等公司进行了合作,研华、控创等工业计算机厂商也都有针对这方面的发展。

3. Nucleus Plus

这款嵌入式操作系统主要特征就是轻薄短小,其架构上的延展性可以让Nucleus RTOS所占的储存空间压缩到仅有13KB左右,而且Nucleus Plus是一款不需授权费的操作系统,并且提供了原始码。

Nucleus Plus本身只是Accelerated Technology公司完整解决方案里面的其中一环,这个RTOS本身架构属于先占式多工设计,有超过95%的原始码是用标准的ANSI C语言所编写,因此可以非常有效地移植到各种不同的平台。Nucleus Plus在CISC架构处理器中,核心部分大约占去20KB左右的储存空间,而在RISC处理器上则是40KB左右,核心资料结构仅占约1.5KB。由于其即时回应、先占式多工以及多process并行,并且具有开放原始码等特性,在国防、工控、航天工业、铁路、网络、POS、自动化控制以及信息家电等领域应用广泛。

与QNX一样,Nucleus Plus也可以根据目标产品的需求,自行剪裁所需要的系统功能,达到精简体积的目的。而配合相对应的编译器(Borland C/C++、Microsoft C/C++)以及动态链接程序库和各种底层驱动程序,在开发上拥有相当大的便利性。诸如飞思卡尔(Freescale)、罗技(Logitech)公司、美国NEC、SK Telecom等公司,都有采用Nucleus Plus嵌入式操作系统作为开发使用的产品。

针对各种不同的嵌入式应用,Nucleus Plus也提供了相当多的模块可供运用,此外,在针对开发方面的需求,也推出EDGE工具套件。EDGE套件是以Eclipse平台为基础的一个整合外挂程序、整合开发环境、编译器、除错器以及系统执行统计工具等,从产品概念构思,到整个最终设计部署的工作都能一气呵成。整个Nucleus Plus的套件称为Nucleus RTOS。

4. Symbian(塞班)嵌入式操作系统

这款操作系统的起源也可以回溯到20世纪80年代,由David Potter所成立的Psion公司,其所开发的EPOC操作系统可以说是Symbian操作系统的原型。而到了1998年,由Ericsson、NOKIA、Motorola和Psion组合而成了Symbian公司,也因此开始了Symbian操作系统称霸移动通信的征途。

Symbian操作系统最大的优点,就是其存储器保护功能,Symbian C++开发中的惯用语法,在描述语言以及堆叠清除功能这两方面,能够十分有效地减少存储器的使用量以及存储器漏出,相似的技术也能有助于增加储存媒体的空间使用效率。这些应用在Symbian程序开发中的惯用语法,称为主动式物件(active objects),善用这些程序设计方式,不仅有助于改善执行与储存效率,而且能增长手持式设备的续航时间。

由于Symbian规范了相当严谨的程序语法与开发规则,因此对于程序开发者而言,是个



相当大的学习障壁，此特点犹如双刃剑，用得好，可以大大增进程序执行与设备的效率，若是开发者无法习惯，则反而会拖慢了产品开发的流程。

不过由于 Symbian 也支持 Java、OPL、VB、Perl 等程序开发工具，配合 JavaME 以及各种自订 Java 函式来使用，虽然性能不如原生 Symbian C++ 程序语言般突出，但也算是在开发简易度与开发时程掌控中可以达到的平衡点。

Symbian 被广泛应用在 NOKIA、Fujitsu、Mitsubishi、Sony Ericsson、Panasonic、Sharp 以及日本 NTT DoCoMo 的移动通信设备中，采用 Symbian 操作系统的 NOKIAN97 手机如图 1-4 所示。目前，Symbian 是市场能见度最高的嵌入式操作系统，不过其应用集中在移动通信设备的 PDA 功能近两年来才逐渐发展成熟。在 2006 年，除了加入 Bluetooth 2.0 的支持以外，其可远端操控行动设备的 OMADM 规范使其在移动通信设备上的应用更为广泛。而于 7 月 12 日发表的 Symbian 9.3 版，加入了 ARM 架构处理器的支持及 WiFi 的原生支持，以及号称 3.5G 的 HSDPA 高速传输；最新的 Symbian 9.4 版本更是引入了更为流行的 touch 功能。

Symbian 拥有非常大的架构弹性，每家厂商都可以利用自行设计的 Symbian 模块来设计出与众不同的行动设备。对于厂商来说，这样的做法可以让不同厂商的风格更为凸显，避免了因为可变动部分太小，使产品的同质性太高，丧失了对消费者的吸引力。虽然，这在开发上得难度较高，但是尊重厂商独特个性这一特点，让 Symbian 成为了目前最为盛行的手持行动设备操作系统。

5. Windows CE

Windows CE 与 Windows 系列有较好的兼容性，这是 Windows CE 得以推广的一大优势，Windows CE 6.0 Beta 界面如图 1-5 所示。为建立针对掌上设备、无线设备的动态应用程序和服务提供了一种功能丰富的操作系统平台，Windows CE 能在多种处理器体系结构上运行，并且适用于那些对内存占用空间具有一定限制的设备。它是从整体上为有限资源的平台设计的多线程、完整优先权、多任务的操作系统。它的模块化设计允许它对从掌上电脑到专用的工业控制器的用户电子设备进行定制。操作系统的基本内核需要至少 200KB 的 ROM。由于嵌入式产品的体积、成本等方面有较严格的要求，所以处理器部分占用空间应尽可能小。系统的可用内存和外存数量也要受限制，而嵌入式操作系统就运行在有限的内存（一般在 ROM 或快闪存储器）中，因此就对操作系统的规模、效率等提出了较高的要求。

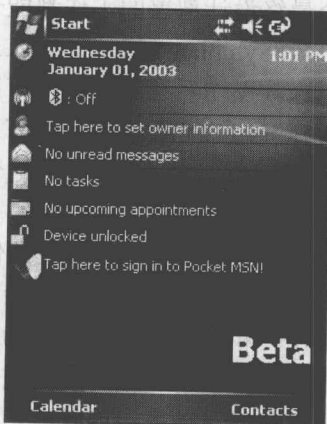
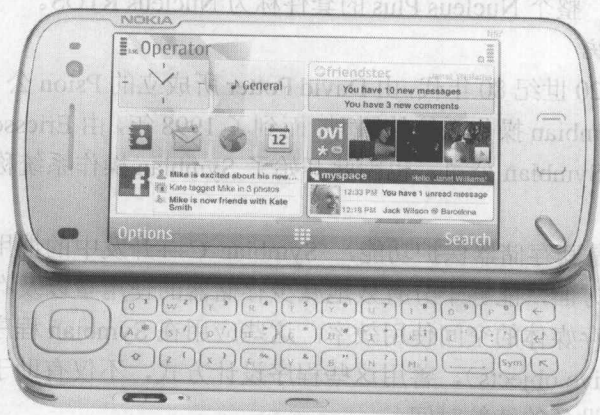


图 1-4 采用 Symbian Series 60 操作系统的 NOKIA N97 手机

图 1-5 Windows CE 6.0 Beta 界面



从技术角度上讲, Windows CE 作为嵌入式操作系统有很多的缺陷: 没有开放源代码, 使应用开发人员很难实现产品的定制; 在效率、功耗方面的表现并不出色, 而且和 Windows 一样占用过多的系统内存, 运用程序庞大; 版权许可费也是厂商不得不考虑的因素。但是, 其与 Windows 操作系统一样的出处、近似一样的操作风格, 是受用户青睐的关键所在。

本书主要讲述 Windows CE 嵌入式操作系统。

6. 嵌入式 Linux

嵌入式 Linux 操作系统目前在应用领域迅速崛起, 不论是在 RTOS, 还是在移动设备领域作为通用嵌入式操作系统, 其支持者都不占少数。采用 Linux 操作系统的手机界面如图 1-6 所示。

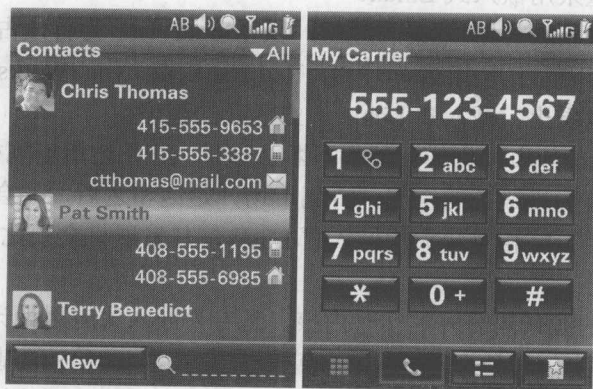


图 1-6 采用 Linux 操作系统的手机界面

嵌入式 Linux 的特点为: 其源代码公开, 人们可以任意修改, 以满足自己的应用, 并且查错也很容易; 遵从 GPL, 无须为每例应用交纳许可证费, 有大量的应用软件可用。其中大部分都遵从 GPL, 是开放源代码和免费的, 可以稍加修改后应用于用户自己的系统。有大量免费的优秀开发工具, 且都遵从 GPL, 是开放源代码的。有庞大的开发人员群体。无需专门的人才, 只要懂 Unix/Linux 和 C 语言即可。随着 Linux 在中国的普及, 这类人才越来越多, 所以软件的开发和维护成本也很低。优秀的网络功能, 这在 Internet 时代尤其重要。稳定——这是 Linux 本身具备的一个很大优势。内核精悍, 运行所需资源少, 十分适合嵌入式应用。

嵌入式 Linux 和普通 Linux 并无本质区别, PC 上用到的硬件嵌入式 Linux 几乎都支持。而且各种硬件的驱动程序源代码都可以得到, 为用户编写自己专有硬件的驱动程序带来很大方便。

嵌入式 Linux 有一个弱点, 就是其核心架构并没有重新设计过, 而是直接从桌上型 Linux 精简而来, 相对于其他已经特化为嵌入式专用的微核心操作系统, 虽然同样具有先占式多工的能力, 但是会有在即时反应性能上较弱的缺点。不过在开发上的特性, 却足以弥补这项弱点。针对 Linux 应用在进行程序开发的时候, 可以很容易地从开放原始码社群取得各种信息与技术, 不仅可以有效缩短盲目摸索的时间, 也能够加快产品从概念到开发再到上市的时程。

虽然嵌入式 Linux 即时反应能力较弱, 但其具有几个非常大的优势: 首先, 由于 Linux 内建的绘图函式非常完整, 从视窗图形加速、多媒体应用到 3D 加速处理, 都有现成的完整函式库可供参考使用, 而且完全免费, 对于需要视觉处理与呈现的嵌入式应用而言, 是非常方便且有效率的解决方案; 其次, Intel、HP、IBM 和 NEC 等 20 余家公司成立的 Open Source



Development Labs、消费者电子 Linux 论坛 (Consumer Electronics Linux Forum)，以及由法国电信公司主导的 Linux 电话软件论坛 (Linux Phone Software Forum) 等国际组织的成立，有助于制定标准化的嵌入式 Linux 规格，解决版本纷杂以及不同软硬件之间兼容性的问题。

以目前的市场动态来看，Linux 的嵌入式应用，将会着重在电信、数据通信以及消费电子等三方面。而以产品面来看，市面上已经有相当多的嵌入式 Linux 成品与应用，如日本 Sharp 公司便持续推出新款的 Linux PDA 设备，台湾 Mitac 也推出过 Linux PDA。而在城市里随处可见的电子信息导览，也有很大一部分采用了嵌入式 Linux 的系统，在这方面的提供厂商则有 Gateway、LG 等，除此之外，诸如 Set top box 之类的产品，以及路由器、NAS 等网通/储存产品，都已经大量采用嵌入式 Linux。

目前提供嵌入式 Linux 解决方案的厂商，以 MontaVista 为首，占据了市场上大部分的 Linux 嵌入式应用，剩下的才是由 Sysgo AG、Red Hat 以及 LynuxWorks 等诸多厂商瓜分。而从竞争厂商数量也可以看出，嵌入式 Linux 产业活跃的程度。

目前，嵌入式 Linux 的市场规模仍然在不断加速扩大。不过市场规模的成长都是相对的，在市场饱满之前，还有同步成长的空间，待到市场开始饱和之后，便会开始出现此消彼长的现象。由此看来，应用范畴相对较大的嵌入式 Linux，其发展机会要比竞争对手大些。

7. μ C/OS-II

μ C/OS-II 是著名的源代码公开的实时内核，是专为嵌入式应用设计的，可用于 8 位、16 位和 32 位单片机或数字信号处理器 (DSP)。它是在原版本 μ C/OS 的基础上做了重大改进与升级，并有了近 10 年的使用实践，有许多成功应用该实时内核的实例。它的主要特点如下：

- (1) 公开源代码。容易就能把操作系统移植到各个不同的硬件平台上。
- (2) 可移植性。绝大部分源代码是用 C 语言写的，便于移植到其他微处理器上。
- (3) 可固化。
- (4) 可裁剪性。有选择地使用需要的系统服务，以减少所需的存储空间。
- (5) 占先式。完全是占先式的实时内核，即总是运行就绪条件下优先级最高的任务。
- (6) 多任务。可管理 64 个任务，任务的优先级必须是不同的，不支持时间片轮转调度法。
- (7) 可确定性。函数调用与服务的执行时间具有其可确定性，不依赖于任务的多少。
- (8) 实用性和可靠性。成功应用该实时内核的实例，是其实用性和可靠性的最好证据。

由于 μ C/OS-II 仅是一个实时内核，它不像其他实时存在系统那样提供给用户的只是一些 API 函数接口，还有很多工作需要用户自己去完成。

8. pSOS

ISI 公司已经被 WinRiver 公司兼并，现在 pSOS 属于 WindRiver 公司的产品。这个系统是一个模块化、高性能的实时操作系统，专为嵌入式微处理器设计，提供一个完全多任务环境，在定制的或是商业化的硬件上提供高性能和高可靠性。可以让开发者根据操作系统的功能和内存需求定制成每一个应用所需的系统。开发者可以利用它来实现从简单的单个独立设备到复杂的、网络化的多处理器系统。

9. Palm OS

Palm OS 是 Palm 公司的是一种 32 位的嵌入式操作系统，它的操作界面采用触控式操作，差不多所有的控制选项都排列在屏幕上，使用触控笔便可进行所有操作。作为一套极具开放性的系统，开发商向用户免费提供 Palm 操作系统的开发工具，允许用户利用该工具在 Palm



操作系统的基础上编写、修改相关软件,使支持 Palm 的应用程序丰富多彩、应有尽有。

Palm 操作系统最明显的优势还在于其本身是一套专门为掌上电脑编写的操作系统,在编写时充分考虑到了掌上电脑内存相对较小的情况,所以 Palm 操作系统本身所占的内存极小,基于 Palm 操作系统编写的应用程序所占的空间也很小,通常只有几十千字节,所以基于 Palm 操作系统的掌上电脑虽然只有几兆内存却可以运行众多的应用程序。

Palm OS 在 PDA 市场上占有很大的市场份额,它有开放的操作系统应用程序接口(API),开发商可以根据需要自行开发所需要的应用程序。但是由于各种嵌入式操作系统的不断涌现和冲击,导致 Palm 嵌入式操作系统的市场份额也在逐步缩减。

目前,市面上有很多商业性嵌入式系统都在努力地为自己争取着嵌入式市场的份额。但是,这些专用操作系统均属于商业化产品,价格昂贵;而且,由于它们各自的源代码不公开,使得每个系统上的应用软件与其他系统都无法兼容。并且,由于这种封闭性还导致了商业嵌入式系统在对各种设备的支持方面存在很大的问题,使得对它们的软件移植变得很困难。

1.2 Windows CE 概述

1.2.1 什么是 Windows CE

Windows CE 是一个小型的,也是争议最多的一个非常有趣的 Microsoft Windows 操作系统。它不适用于家用 PC 机,而是设计用于掌上型电脑类的电子设备操作系统。虽然微软宣称 CE 不代表任何特别的意思,但是对于 CE 有很多的流行说法,而且都很有趣。其中 CE 中的 C 被说是代表袖珍(Compact)、消费(Consumer)、通信能力(Connectivity)或伴侣(Companion),E 代表电子产品(Electronics)。

Windows CE 是所有源代码全部由微软自行开发的嵌入式新型操作系统,其操作界面来源于 Windows 95/98,可以把 Windows CE 看作是小型化的 Windows 操作系统,它是桌面 Windows 系统的兄弟姐妹。Windows CE 是基于 WIN32 API 重新开发、新型的信息设备的平台,具有模块化、结构化和基于 Win32 应用程序接口和与处理器无关等特点。它不仅继承了传统的 Windows 图形界面,并且在 Windows CE 平台上可以使用 Windows 95/98 上的编程工具(如 Visual Basic、Visual C++等)、使用同样的函数、使用同样的界面风格,使绝大多数的应用软件只需简单修改就可以移植在 Windows CE 平台上继续使用。

Windows CE 的设计思路是一种小型的、基于 ROM 的、具有 Win32 子集 API 的操作系统,它将 Windows API 扩展到了那些认为 Windows 98 和 Windows NT 的体积太大的计算机市场中。对于需要与 DOS、Windows 2.X 和 Windows 3.X 向后兼容的用户来说,Windows 98 是一个伟大的操作系统,尽管它也有缺点,但是它在苛刻的需求面前取得了成功;Windows NT 是为企业编写的,它为取得高的可靠性和坚固性而牺牲了兼容性和大小。

Windows CE 不与 MS-DOS 或其他版本的 Windows 向后兼容,它也不是为企业计算机而设计的全能操作系统。相反,Windows CE 是一个轻量级、多线程、带有可选图形用户界面的操作系统,它的优势在于小的尺寸、Win32 API 子集和对多平台的支持能力。