

Windows CE .NET

系统分析及实验教程

6.7-43



陈向群 王 雷 等编著
马洪兵 向 勇



机械工业出版社
China Machine Press

92

TP316.7-43

2484

重点大学
计算机专业

Windows CE .NET

系统分析及实验教程

陈向群 王 雷 等编著
马洪兵 向 勇

本书附盘可从本馆主页 <http://lib.szu.edu.cn/>
上由“馆藏检索”该书详细信息后下载，
也可到视听部复制



机械工业出版社
China Machine Press

本书对微软公司的嵌入式操作系统Windows CE进行了系统的分析。深入讨论了这个系统的内核结构及工作原理,内核的实际运行过程,最后用实验展示了系统内核。对Windows CE源代码的分析有助于开发人员设计和编写出能够充分发挥其特点和优势的各种应用程序。

本书适合作为大学本科计算机专业的教材和辅导材料,也适合作为开发嵌入式系统应用的参考书。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

Windows CE. NET系统分析及实验教程/陈向群等编著. -北京:机械工业出版社, 2003.1
(重点大学计算机教材)

ISBN 7-111-11337-3

I. W… II. 陈… III. 窗口软件, Windows CE - 高等学校 - 教材 IV. TP316.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第097962号

机械工业出版社(北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037)

责任编辑:武恩玉

北京忠信诚胶印厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003年1月第1版第1次印刷

787mm × 1092mm 1/16 · 19.5印张

印数:0 001-4 000册

定价:33.00元(附光盘)

凡购本书,如有倒页、脱页、缺页,由本社发行部调换

序



放在我面前的是一叠新的书稿，凡是从事计算机操作系统领域研究、设计、开发、应用和教学工作的人都会感兴趣。

回顾计算机操作系统的发展历史，可以发现一种有意义的现象，即每一次重要操作系统源代码的流行，都在相当程度上推动了当时操作系统的研究和计算机应用的普及和发展。

1971年，UNIX操作系统在美国贝尔实验室面世，随后美国加州大学伯克利分校公布了其UNIX BSD 版本。由于贝尔实验室的早期UNIX版本，特别是UNIX版本6，以及UNIX BSD的源代码对教育机构是开放的，在可以获得这些源代码的条件下，很快就出现了一系列对UNIX 操作系统源代码进行分析的教材、专业书籍甚至是“地下出版物”。比如《莱昂氏UNIX源代码分析》，这本1976年就开始广泛传播的地下出版物，因为种种版权上的原因20年后才被正式出版。

所有学习计算机科学及技术的人们，都通过阅读各种版本的UNIX源代码分析书籍和资料而从中受益。从70年代后期，到80、90 年代以至当代，出现了各种UNIX操作系统的变种，如XENIX、QNX、HP-UX、Mach、Solaris、NetBSD和FreeBSD等，几乎现代的每个计算机供应商都提供自己的UNIX版本。这些UNIX操作系统版本的出现，显然得益于各类UNIX源代码分析书籍的流行。

我国的计算机界也在研究学习UNIX 操作系统源代码的过程中取得了很大的收获。从70年代后期开始，特别是在80年代以后，有关UNIX操作系统研究和教学的中文资料和书籍陆续出现。在操作系统研究、教学和应用单位中，出现了一批高质量的操作系统研究、设计和开发成果。不少人才在这个过程中锻炼

成长起来，逐步成为我国操作系统领域的科研、设计和教学领域的骨干力量。

在90年代，Linus Torvalds把他的Linux操作系统的源代码放到Internet上。他绝不会想到在不到十年之内，Linux操作系统源代码的传播会推动Linux操作系统成为世界上最受欢迎、最普及的操作系统之一。

人们对Linux操作系统源代码的分析和研究，完善和发展了Linux，也同时造就了一批从事操作系统设计开发的高手和商业公司。Linux 的普及和推广，Linux应用人才的培养和提高，都与Linux操作系统源代码的分析和传播有着密不可分的关系。

Windows CE操作系统是一种主要用于嵌入式系统的操作系统。随着网络、通信和芯片等技术的飞速发展，嵌入式操作系统不仅在家用电器、移动电话、掌上电脑和娱乐设备等民用市场上有着广泛的应用前景，在通信设备、工业控制、航空航天、交通运输以及军事武器等领域也有着不可替代的作用。

在微软公司和微软亚洲研究院的支持下，本书的作者们组织人员对Windows CE操作系统源代码进行了深入的分析。同时，微软公司也推出了Windows CE学术课程源代码共享计划，允许各高等学校将Windows CE .NET源代码纳入学校课程教材及授课内容之中。

显然，微软公司将Windows CE操作系统源代码向学术机构开放，一定会推动Windows CE操作系统的应用及发展，同时会把Windows CE操作系统提升到一个新的高度。这是一个微软公司和嵌入式系统应用市场双赢的策略。

在这个双赢策略的背景下，本书的出版一定会受到相关高等学校、研究单位、开发企业和广大嵌入式系统用户的欢迎。

衷心地预祝本书出版成功，并借此机会对作者和微软亚洲研究院员工的辛勤工作表示感谢。

上海交通大学计算机系教授

上海分布计算技术中心主任 尤晋元

前言

人们是否知道，在我们现代生活中不可或缺的手机里有一个嵌入式操作系统呢？是否知道在那些带有智能功能的装置或设备中，一般都有一个嵌入式操作系统在为我们工作呢？

随着网络、通信、芯片等技术的发展，各种小型、智能化的装置令人目不暇接，诸如掌上电脑、无线手机、数码相机、还有五花八门的小机器狗等，凡此种装置里面都有嵌入式操作系统。在城市道路上形形色色的汽车洪流里，不论是那些受人瞩目的奥迪、奔驰、法拉利等名牌轿车，还是普普通通的带电喷发动机的普通汽车，也多多少少离不开嵌入式系统。在工业控制领域，各种控制设备、自动生产线、数控机床等，都需要嵌入式操作系统。而在国防军事领域，从飞机军舰、导弹卫星到通信设施，还没有哪一种现代军事装备没有嵌入式操作系统的支持。

可以说，嵌入式操作系统已经渗透到国民经济的各个领域，已经嵌入到人们日常生活的方方面面。

作为从事计算机研究、开发和应用的技术人员，当然应该关注这样一种已经渗透到各个领域，已经开始嵌入到方方面面的技术——嵌入式操作系统。

凡是对嵌入式操作系统有些了解的人们都知道，在知名度最高的嵌入式操作系统里，排在前列的可能不外乎是Wind River公司的VxWorks，以及近几年异军突起的Microsoft Windows CE系列等产品。还有一些值得关注的产品，比如Green Hills Software公司的嵌入式产品、嵌入式Linux等。

成立于1983年的Wind River公司确实应该为其产品自豪，因为Wind River公司产品已经应用在许多重要和关键的领域中，如美国宇航局的“极地登陆者”号，“深空二号”和火星气候轨道器等。正在实验的返回式航天飞机X38，也采用了Wind River公司的VxWorks。

VxWorks是一个性能获得普遍好评的通用嵌入式操作系统，但VxWorks不是轻易能够得到的，其软件的许可证费用比较昂贵，一般情况下源代码不开放。当然在花费较大的资金代价的前提下，还是可以从Wind River公司购买到源代码版本。

在嵌入式操作系统这个领域中，微软公司并不是早期开创者，直到1996年11月微软公司才推出第一个嵌入式操作系统Windows CE 1.0。不过，微软公司虽然不是嵌入式操作系统市场的早期开创者，并不意味着微软的产品在这个市场上的地位无足轻重。

微软公司在1996年推出Windows CE 1.0版，在1997年推出Windows CE 2.0版，而后推出Windows CE 3.0版。随着微软公司每一个Windows CE新版本的推出，Windows CE在市场上的份额也逐年增加。目前任何一个嵌入式操作系统厂家，都不能小视Windows CE在这个市场上的越来越大的份额和影响。

微软公司自2000年6月宣布了.NET战略之后，.NET已经从战略规划变成了现实。为了配合微软.NET战略的实施，2002年1月23日，微软（中国）有限公司宣布Windows CE .NET正式在中国发布。Windows CE .NET实际上就是Windows CE的第四版。

那么，一般嵌入式系统开发人员是如何看待Windows CE的呢？就在2002年7月中旬，北京空前炎热夏天的一个中午，我们和往常一样在Internet上冲浪，偶然在一个国外网站（<http://www.thumbsupsoft.com/>）的页面上看到一篇文章，它从一个侧面反映了嵌入式系统开发人员对Windows CE的看法。在这里我们摘录这篇文章其中的一段文字：

When I started programming for CE, I was expecting to work in a rather cramped, rinky-dink, Mickey Mouse sort of environment. Missing functions, limited space, and generally reduced functionality would rule, I figured.

Boy, was I wrong.

It's like entering the storefront of a strip mall, and finding yourself in Saint

Peter's Cathedral. It's amazing in there!

参考译文：

当我开始在CE上编程时，我估计会在一个相当狭窄、低档、米老鼠般的环境中工作。既缺少功能，空间也有限，而且我想，减少功能是（嵌入式操作系统中）通常的法则嘛。

朋友，是我错了。

就好像是走进了商业街上的一个店铺，结果却发现你自己原来是在圣彼德大教堂的内部。那里面太令人惊异了！

Windows CE .NET的许多特性是嵌入式系统开发人员所梦寐以求的，如支持蓝牙无线通信技术、可以小至200KB的体积、广泛的CPU选择、对多媒体的普遍支持、使用Internet Explorer 5.5浏览、良好的安全性以及丰富的开发工具等。

从开发人员的角度来说，面对Windows CE这样一个优秀的嵌入式操作系统，如果不但能够使用它，而且能够有机会阅读它的源代码，显然是件不可多得的快事。理解Windows CE源代码，对于更好地应用和配置Windows CE也是非常有益的。

我们感谢微软公司亚洲研究院的诚挚支持，为我们提供了最新版的Windows CE .NET的源代码。在微软公司亚洲研究院的大力协助下，我们在北京大学、清华大学和北京航空航天大学里组织了一批优秀学生参加到对Windows CE .NET源代码的分析工作中来。

在所有参加工作的教师和学生们的共同努力下，我们在半年内完成了对Windows CE .NET源代码的分析，并且在此基础上，设计和写作完成了本书。

为了使读者能够更好地理解Windows CE .NET，在本书的内容安排和写作风格上，我们做了一些新的尝试。本书的上篇是“结构分析”，这是一种对源代码的静态分析结果。中篇是“情景分析”，这是一种在某种程度上试图从程序运行的动态角度上，对Windows CE .NET源代码进行更深入的分析的结果。本书

的下篇是“基于Windows CE的应用程序开发以及系统实验”，其目的是协助读者在理解Windows CE .NET结构以及运行机制的基础上，设计、编写能够充分发挥Windows CE .NET特点和优势的各种应用程序。

在本书即将出版之际，我们再次感谢微软亚洲研究院对本书写作工作的支持，感谢微软亚洲研究院大学高校关系部的陈宏刚博士、张高博士、刘佐扬女士、马歆小姐、万晖和刘由顺等人士的宝贵支持，没有微软亚洲研究院提供的Windows CE .NET源代码，本书不可能写作出版。感谢参与分析Windows CE .NET源代码的北京大学、清华大学和北京航空航天大学的学生，他们是朱伟、高志、钟诚、黄亚峰、余啸海、王会娣、杨达、马梦瑶、王勇、屈恒、苏冰、华楠、陈亮。他们深入细致的分析工作，是本书得以出版的基础工作之一。感谢机械工业出版社华章公司对本书的出版给予了有力的支持和保证。

最后，对所有关心、支持和理解本书写作的朋友们表示真诚的感谢。希望本书的出版能够对嵌入式操作系统的应用和发展起到促进作用，这是对朋友们关心、支持和理解的最好回报。

作 者

2002年7月18日

序	
前言	
第1章 引言	1
1.1 什么是嵌入式系统	1
1.2 嵌入式系统的发展历史	2
1.3 嵌入式操作系统基本概念	2
1.4 Windows CE发展简史	4
1.4.1 起因	4
1.4.2 迎战	5
1.4.3 Windows CE的功能	6
1.5 Windows CE 的应用领域	7
1.5.1 PDA 市场	7
1.5.2 新一代手机操作系统	8
1.5.3 工业控制	9
1.6 本书的组织	11
上篇 Windows CE .NET结构分析	
第2章 Windows CE .NET系统结构	15
2.1 透视系统关键特性	15
2.1.1 操作系统核心特性	16
2.1.2 应用系统基础设施	18
2.1.3 嵌入式系统支持	22
2.1.4 工具	25
2.2 代码组织	25
2.2.1 源代码树的构成	25
2.2.2 代码共享	26
2.2.3 创建系统	27
2.3 系统模型	28
2.3.1 层次化的结构	28
2.3.2 模块化的组织	30
2.4 系统机制	33
2.4.1 陷阱调度	33
2.4.2 进程间通信机制	34
2.4.3 系统调用接口	35
2.4.4 可扩展固件接口	36
2.4.5 注册表	38
2.4.6 Windows CE .NET服务	38
第3章 进程、线程描述和调度	40
3.1 进程的定义和描述	40
3.1.1 进程概述	40
3.1.2 Windows CE的进程描述	41
3.1.3 Windows CE进程结构分析	41
3.1.4 进程的同步和互斥	43
3.2 线程	44
3.2.1 线程概述	44
3.2.2 Windows CE的线程结构分析	45
3.3 其他一些重要的数据结构	48
3.4 Windows CE中的调度	50
3.4.1 Windows CE调度的概述	50
3.4.2 线程调度的时机	51
3.4.3 关于线程的优先级	53
3.4.4 跟调度有关的函数简介	55
3.5 关于中断	61
3.5.1 关于核心中断	61
3.5.2 相关函数	62
第4章 内存管理	64
4.1 Windows CE .NET内存体系结构	64
4.1.1 物理结构	64
4.1.2 逻辑层次结构	64
4.1.3 Windows CE地址空间	65
4.1.4 32位虚拟地址的划分	66
4.2 主要数据结构	66
4.2.1 空闲链表	66
4.2.2 内核内存空间信息	66
4.2.3 块描述符 MEMBLOCK	67
4.2.4 有关内存管理的系统全局变量	67

目录

CONTENTS

4.3 内存的分配与回收	68	体系构成	99
4.3.1 物理内存的分配和回收	68	6.1.2 注册表	101
4.3.2 虚存的分配和回收	70	6.1.3 HAL以及OAL支持	102
4.4 逻辑内存管理	75	6.1.4 Windows CE .NET的设备 驱动集成	102
4.4.1 概述	75	6.2 设备管理器	102
4.4.2 本地堆和独立堆	75	6.2.1 设备信息管理	102
4.4.3 逻辑地址的数据结构	75	6.2.2 I/O资源管理	113
4.4.4 堆的创建和初始化	77	6.2.3 设备管理接口	116
4.4.5 堆的分配和回收	78	6.3 电源管理器	118
4.5 Windows CE的保护和共享机制	81	6.3.1 Windows CE .NET电源管理体系	118
4.5.1 保护	81	6.3.2 电源状态	118
4.5.2 Windows CE的共享机制	81	6.3.3 电源管理接口	119
第5章 存储管理	83	6.3.4 系统电源状态转换	120
5.1 概述	83	6.3.5 驱动程序电源管理	121
5.2 对象存储	83	6.3.6 电源管理器的实现	122
5.3 存储管理器	85	6.4 即插即用管理器	123
5.3.1 文件系统过滤器	87	6.4.1 数据结构	123
5.3.2 文件系统驱动程序管理器与文件 系统驱动程序	87	6.4.2 通知	124
5.3.3 分区管理器与分区驱动程序	89	6.4.3 广告	124
5.3.4 块设备驱动程序管理器	90	6.5 设备驱动程序	124
5.4 文件系统驱动程序的创建与加载	90	6.5.1 设备驱动程序接口	124
5.4.1 文件系统驱动程序的创建	90	6.5.2 设备驱动程序结构	125
5.4.2 文件系统驱动程序的加载	92	6.5.3 中断处理	126
5.4.3 文件系统驱动程序管理器在其中 所起的作用	93	6.5.4 DMA	128
5.5 文件系统实例: FAT文件系统	94	6.5.5 实时特性	128
5.5.1 FATFS的访问过程	94	6.5.6 设备驱动程序的加载	128
5.5.2 Buffer Cache机制	94	6.5.7 Windows CE .NET的类型设备 驱动程序	129
5.5.3 Stream的实现	96	第7章 用户界面与图形子系统	131
第6章 设备管理	99	7.1 GWE概述	131
6.1 Windows CE .NET的设备管理模式	99	7.2 用户输入系统	133
6.1.1 Windows CE .NET设备管理部分的		7.2.1 消息队列	133

7.2.2 输入管理.....	137	10.1 分配过程概述.....	177
7.3 图形设备接口	139	10.1.1 参数验证	177
7.3.1 基本GDI对象	140	10.1.2 扫描虚存区域找到合适大小的 空闲块	178
7.3.2 图形原语.....	141	10.1.3 在得到的虚存块中写入控制信息.....	178
7.3.3 调色板.....	143	10.1.4 获取足够的物理块并建立映射	178
7.3.4 位图.....	149	10.1.5 小实验：虚存分配的直观印象	178
7.3.5 字体.....	149	10.2 物理内存的获取	180
7.3.6 GDI的组件	151	10.2.1 分配过程	180
7.4 显示驱动程序接口	152	10.2.2 小实验：HoldPages函数跟踪	183
中篇 Windows CE .NET情景分析		10.3 虚存分配代码片段.....	184
第8章 动态链接库的加载分析	157	第11章 文件系统的建立及访问过程	192
8.1 loader.c中代码组织的结构	157	11.1 存储管理器分层结构的建立及可安装 文件系统的加载	192
8.2 module structure	158	11.1.1 几个重要的数据结构	193
8.3 从LoadOneLibraryPart2开始看DLL的 加载过程	159	11.1.2 情景分析	195
8.4 DLL载入过程——InitModule的实现	160	11.2 FAT文件系统中CreateFile的具体流程.....	221
8.4.1 调用OpenADll, 生成执行文件指针 (openexe_t)	161	11.2.1 实验环境	221
8.4.2 装入 module的e32 头信息.....	162	11.2.2 参数介绍	222
8.4.3 分配内存给DLL, 得到Module-> BasePtr	163	11.2.3 局部变量	224
8.4.4 给name 和o32 对象分配内存	165	11.2.4 过程跟踪	225
8.4.5 重定位映像.....	165	第12章 驱动程序加载	233
8.4.6 找到EXE的起始IP.....	166	12.1 概述.....	233
8.5 情景分析	167	12.2 StartOneDriver	234
第9章 线程在队列之间转换分析	169	12.2.1 设备信息的获取和维护	234
9.1 概述	169	12.2.2 访问核心设备管理数据表	237
9.2 具体分析	170	12.2.3 系统事件的传递	237
9.2.1 MakeRun()函数分析	170	12.3 主要源程序清单以及情景注释.....	237
9.2.2 RunDequeue()函数分析.....	171	下篇 实 验	
9.2.3 SleepDequeue()函数分析	173	第13章 Windows CE应用程序开发	255
第10章 虚存分配.....	177	13.1 Windows CE编程模型简介	255
		13.2 Windows CE编程环境	255

目录

CONTENTS

13.2.1 系统安装	256	15.2.3 Memory Window	281
13.2.2 eMbedded Visual C++集成开发 环境的组件与功能	256	15.2.4 Registers Window	281
13.2.3 应用程序的创建	259	15.2.5 Call Stack Window	282
13.2.4 编译生成可执行文件	259	15.2.6 Advanced Memory Window	283
13.2.5 应用程序的调试	263	15.2.7 Processes Window	285
第14章 Windows CE驱动程序开发	266	15.2.8 Threads Window	286
14.1 Platform Builder 4.0介绍	266	15.2.9 Modules and Symbols Window	287
14.2 使用Platform Builder集成开发环境	267	15.3 调试过程	288
14.3 驱动程序的导出	268	第16章 实验	290
14.4 驱动程序的代码结构	268	16.1 同步与互斥	290
14.5 驱动程序的调试	269	16.2 内存管理	290
14.6 驱动程序实例	269	16.2.1 实验一: 虚存	290
第15章 Windows CE .NET 调试	277	16.2.2 实验二: 逻辑内存管理性能	291
15.1 简介	277	16.3 存储系统	292
15.2 调试工具	278	16.3.1 实验一: RAMDISK I/O	292
15.2.1 Watch Window	280	16.3.2 实验二: 文件系统与目录结构	293
15.2.2 Variables Window	280	16.4 设备驱动程序	294
		16.5 图形系统	295

第 ① 章

引 言

本书的主题是关于微软公司的嵌入式操作系统Windows CE的。要了解微软公司的嵌入式操作系统，就先要了解什么是嵌入式操作系统，以及什么是嵌入式系统。本章首先介绍有关嵌入式系统的基本知识，然后简要地叙述嵌入式操作系统的基本特点；接下来论述微软公司嵌入式操作系统Windows CE的发展历史、特点以及有关Windows CE的市场应用；最后介绍本书的章节安排。

嵌入式系统，嵌入式操作系统，微软公司嵌入式操作系统Windows CE，以及嵌入式系统的应用市场都处在一个快速发展时期，因此，本书只能粗略反映这个领域的发展情况。

1.1 什么是嵌入式系统

在回答什么是嵌入式系统这个问题之前，我们需要简要地考察一下计算机应用的发展过程。

早在微软创办之初，比尔·盖茨就曾梦想“每人桌上一台PC，每台PC中运行微软的软件”，这就是后来著名的“信息随手可得”的梦想。经过几十年的发展，在我们的日常生活中，微软为PC提供了出色的操作系统平台——Windows 9x / NT/2000/XP，高效率的软件开发工具和功能强大而易用的通用软件——Microsoft Office等，许多人的工作和生活从计算机技术中受益无穷。比尔·盖茨“信息随手可得”的梦想正在变成现实。

概要地说，当代计算机科学技术的迅速发展促进了计算机的应用状况发生了根本性的变化。

首先，个人计算机已经占据了全球计算机工业的绝大部分市场，其处理速度也远远超过了历史上大、中型计算机的指标。常见的计算机系统，不论是大型机、小型机、台式机还是微型机，都具有计算机的标准物理形态，即一套独立的、与其他装置分离的计算部件，以独立设备的典型面目出现，通过装配系统软件和不同的应用软件，应用在社会的各个方面，其典型产品为日常的个人计算机系统。

其次，随着计算机科学技术特别是微处理器技术的快速发展，计算机的运算速度越来越快、容量越来越大、体积越来越小、成本越来越低，性能越来越高，这就为把计算机技术应用到各个领域、嵌入到各种设备、装置、产品和系统中去奠定了必要的物质基础。这一切都似乎是在预示着一场新的革命，计算机继续其微型化和嵌入化的趋势，更广泛地进入人们工作、生活和娱乐的各个方面。这场革命又被近年来Internet的迅猛普及所推动。一种计算机系统的新的形态开始出现，并且快速发展，这就是计算机的嵌入式应用。而整个嵌入式（计算机）系统不以独立装置或

设备的形式出现, 嵌入式系统的大部分甚至是全部系统都隐藏(嵌入)在各种设备、装置、产品和系统中。在我们的日常生活中, 人们已经普遍使用着手机、PDA、手持设备和掌上电脑等信息电器来存储和处理各种重要信息, 这些小型装置只是嵌入式系统应用正在迅速发展的一个证明。

嵌入式系统是不同于常见计算机系统的一种计算机系统, 嵌入式系统不以独立设备的物理形态出现。嵌入式系统的部件根据主体设备以及应用的需要, 嵌入在主体设备内部, 发挥着运算、处理、存储以及控制等作用。从体系结构看, 嵌入式系统主要由嵌入式处理器、支撑硬件和嵌入式软件组成。其中嵌入式处理器通常是单片机或微控制器, 以前一般是8位或16位, 而目前32位正在占据主流地位。支撑硬件主要包括存储介质, 如ROM、RAM、闪存(Flash Memory)等, 通信部件如USB接口、网络接口等, 显示部件如VGA显示卡、液晶显示部件等、I/O接口如RS-232接口、键盘等。不少嵌入式系统的支撑硬件中还提供模拟信号与数字信号之间的转换部件。嵌入式软件包括支撑硬件的驱动软件、操作系统、支撑软件以及应用中间件, 如通信协议、图形界面、数据库系统和浏览器等。

1.2 嵌入式系统的发展历史

嵌入式系统已有30多年的历史, 大致可以分为3个阶段。

早期的嵌入式系统通常是以单个芯片为核心的系统, 大部分应用于一些工业控制系统中。这种嵌入式系统通常没有操作系统的支持, 而是通过汇编语言编程实现系统的功能, 一般具有监测与控制功能。其主要特点是: 系统结构和功能都相对简单, 成本较低。这种嵌入式系统已经不能适应现代工业控制和信息家电等领域的需求, 正在逐步退出应用领域。

第二阶段是以嵌入式CPU为基础、以嵌入式操作系统为核心的嵌入式系统。随着嵌入式微处理器的发展, 以及嵌入式操作系统设计开发水平的提高, 这个阶段的嵌入式操作系统性能也不断提高。嵌入式操作系统能运行于不同类型的微处理器上; 内核开销小、效率高, 具有高度的模块化和扩展性; 可以提供多任务、多进程、多线程处理, 有各种设备支持、网络支持、图形窗口以及用户界面等功能; 向用户提供大量的应用程序接口, 开发应用程序相对简单。

第三阶段是以基于Internet为标志的嵌入式系统, 目前正在迅速发展。进入90年代后, Internet的应用迅速普及, 广泛渗透到社会、经济、军事、交通、通信等相关行业, 消费电子、计算机与通信一体化的趋势日趋明显。嵌入式技术再度成为一个研究热点。

1.3 嵌入式操作系统基本概念

显然, 嵌入式系统的应用环境与其他类型的计算机系统有着巨大的不同, 随之也带来了对相关操作系统的不同要求, 从而构成了现代操作系统的一个新的类别: 嵌入式操作系统。

嵌入式操作系统是与应用环境密切相关的。从应用范围角度嵌入式操作系统大致可以分为通用型的嵌入式操作系统和专用型的嵌入式操作系统。比较典型的通用型的商业嵌入式操作系统有Windows CE、VxWorks和从Linux发展出来的嵌入式Linux; 专用型的嵌入式操作系统有专门用于掌上电脑的Palm OS、主要用于移动电话的Symbian等。

从操作系统的实时性能角度嵌入式操作系统还可以分为实时嵌入式操作系统和一般嵌入式操作系统。实际上,由于嵌入式环境的需要,即使一般的嵌入式操作系统也具有一定的实时功能。对于应用在军事武器、航空航天、交通运输以及工业控制等特殊领域的嵌入式操作系统,要求其具有硬实时功能。而一般应用在移动电话、掌上电脑和日常娱乐的嵌入式操作系统,至少也应具有处理语音、视频影像等流媒体的软实时功能。

从原理上看,嵌入式操作系统仍旧是一种操作系统,因此它具有操作系统的基本功能,包括进程管理与处理器调度、存储管理、设备管理和中断处理等。但是,由于嵌入式操作系统的硬件平台和应用环境与一般操作系统有很大的不同,所以嵌入式操作系统又有不同于一般操作系统的特点。

一般而言,出于对使用环境和整体成本的考虑,嵌入式系统的硬件平台有如下特点:

- 系统资源有限:微处理器(微控制器)指令字长较短,多数微处理器(微控制器)为8位、16位指令字长,目前在向32位发展;嵌入式系统存储空间有限,很多系统的存储空间在1兆之内,有的没有外部存储器;电能供应有限,一些嵌入式系统由于环境的原因只能采用电池供电。
- 外部设备多变:系统的输入输出设备以及被控设备千变万化,其种类和复杂性超过一般操作系统的外部设备;比如输入设备可能是键盘鼠标、触摸屏、笔式设备,也可能是速度检测信号或雷达信号等。

从应用看,对嵌入式操作系统的要求有如下特点:

- 占用系统资源要少:不少嵌入式系统本身资源有限。CPU运算速度不快、存储空间不大,不可能允许操作系统占据一大部分的资源。
- 实时响应要求严格:特别是在关键领域应用的嵌入式操作系统,比如从事飞机碰撞检测处理的系统,起着避免机毁人亡的关键作用,必须达到系统规定的硬实时指标。
- 对操作系统可靠性要求高:在关键领域应用的嵌入式操作系统不允许发生任何影响系统可靠性的故障,重新启动系统就可能意味着重大事故。
- 具有可配置性:由于要求嵌入式操作系统能够应用在各种各样的硬件环境,因此嵌入式操作系统要能够针对硬件系统的变化进行配置,从而满足不同应用的要求。从原理上看,嵌入式操作系统的内部结构同其他操作系统的差别不大,但是实际结构与功能的与其他操作系统有着较大的不同。
- 小型化:在保证其应用功能的前提下,尽可能减少系统对资源的占用,由此作为出发点设计嵌入式操作系统的内核结构和内核的基本功能,如QNX的内核仅提供进程调度、进程间通信、底层网络通信和中断处理等最基本的功能。
- 可定制性:嵌入式操作系统必须能够提供可配置或可剪裁的内核功能和其他功能。比如,在处理器调度或者任务调度方面,能够提供除轮转式调度之外如抢占式调度等多种调度策略的选择。在存储管理方面,有的嵌入式操作系统不仅提供对ROM的管理,还提供对RAM存储器和闪存(Flash memory)的管理。在嵌入式操作系统中,根据应用需求的不同,有的系统提供各种文件系统供用户选择,有的系统不提供文件系统以减少系统的开销。

- 实时性：实时的含义不仅表现在系统完成了正确的任务，而且必须在给定的时间区间内完成该任务。针对不同应用的要求，嵌入式操作系统应有硬实时、软实时、非实时等不同实时级别的功能。对于有硬实时要求的嵌入式操作系统，其处理器调度、中断响应等有关机制必须符合严格的时间要求，保证在规定时限内完成对关键任务的处理。
- 高可靠性：嵌入式操作系统的结构，内部的系统构件或模块必须达到应用所必须的可靠性。对于关键应用，嵌入式操作系统还应提供容错和防故障等提高系统可靠性的功能措施。
- 可移植性：考虑到嵌入式应用产品具有产品更新快的特点，嵌入式操作系统应该能够支持多种国际主流微处理器等硬件平台。

为了提高系统的可移植性，嵌入式操作系统通常采用硬件抽象层（HAL, Hardware abstraction layer）和BSP（Board Support Package）的底层结构设计。HAL提供了与设备无关的特性，屏蔽了不同平台硬件的差异，向操作系统的上层提供了一套统一的接口。HAL隐藏各种与硬件有关的细节，保证了整个系统的可移植性。而一般由硬件厂家提供的，按照给定的编程规范完成BSP，保证了嵌入式操作系统可以在新推出的微处理器硬件平台上运行。微软公司的Windows CE系列嵌入式操作系统，Wind River的VxWorks系列嵌入式操作系统都是采用HAL和BSP底层结构设计思想的例子。目前国际上主要的嵌入式操作系统可以支持的微处理器已经有十多种，如VxWorks至少支持x86、68xxx、68HCxx、ColdFire、DrazenBall、MIPS、SPARClike、ARM、StrongARM、PowerPC、NEC V25、i960、TI DSP等微处理器。

为了适合各种应用的需要，嵌入式操作系统在核心层之上提供了多种应用功能，如图形接口、网络通信与TCP/IP协议功能、多媒体处理功能以及其他各种功能。这些功能一般也采用可配置模块的形式，由用户根据需要在系统生成阶段选定。

现代嵌入式操作系统同嵌入式操作系统的定制或配置工具联系密切，构成了嵌入式操作系统集成开发环境。在集成开发环境中，通常提供代码编辑器、编译器和链接器、内核功能配置与系统调试器以及系统仿真器等。

代码编辑器提供了在宿主主机上对系统源代码的文本编辑功能；编译器和链接器通常提供ANSI C、C++和其他程序设计语言编译和链接功能；内核功能配置与系统调试器提供用户对内核功能配置的手段以及各种调试功能，如图形和命令行的调试方式，各种断点设置、单步执行、异常处理、内存、寄存器、变量修改和反汇编功能等；系统仿真器则为用户提供一个仿真调试的手段，以便使系统能够在接近真实硬件的环境下调试和检验。

1.4 Windows CE发展简史

1.4.1 起因

在个人电脑的年代，人们就设想一种可以随身携带的计算设备，这种设备的最先产品形态之一是掌上电脑。掌上电脑的出现极大地改变了人们的生活、工作习惯，很多人彻底抛弃了传统的计算器、记事本、电话簿，在一些地方（比如美国的硅谷），掌上电脑的普及率甚至超过了移动