

嵌入式技术与应用丛书

EMBEDDED
SYSTEM

Windows CE.net 内核定制 及应用开发

周毓林 宁 杨 陆贵强 付林林 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.net 内核定制 及应用开发

周毓林 宁 杨 编著
陆贵强 付林林

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是介绍微软嵌入式操作系统 Windows CE.net 内核定制和应用程序开发的一本专著。作者总结、归纳了多年来在 WinCE 方面的嵌入式开发经验,按照嵌入式系统的软件开发基本过程分三篇全面地介绍了 Windows CE.net 的基础知识和其嵌入式操作系统特点,详细描述了操作系统的建立、启动、运行和调试的整个过程,并深入探讨了内核结构、系统原理以及驱动程序和应用程序的开发方法。

本书突出 WinCE 系统开发的特点,在介绍理论知识时紧密结合实际并与台式机系统相对照,辅以身动的实例深入讲解内核定制和应用程序开发的过程,使开发理论的讲解与源代码相结合,具有极大的实用性。

本书适合想利用 Platform Builder 进行 Windows CE.net 内核定制、利用 EVC 进行应用程序开发的读者,同时也可作为高等院校相关专业和各类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.net 内核定制及应用开发/周毓林,宁杨,陆贵强等编著. —北京:电子工业出版社,2005.2
(嵌入式技术与应用丛书)

ISBN 7-121-00613-8

I. W… II. ①周…②宁…③陆… 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(2004)第 124657 号

责任编辑:高买花

印 刷:北京天竺颖华印刷厂

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

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:23.5 字数:602 千字

印 次:2005 年 8 月第 2 次印刷

印 数:2000 册 定价:35.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

随着信息技术的深入发展，在手机和掌上电脑等嵌入式产品上进行内核开发及程序设计方兴未艾。由于 Windows CE.net 开发工具好学易用，没有目标设备时可以在 PC 上仿真测试，因此基于 Windows CE.net 的嵌入式开发日益普及。

本书总结了作者多年来在 Windows CE.net 下定制操作系统镜像及进行应用程序、驱动程序开发的体会，全面介绍了 Platform Builder、EVC 实用技术，特别是内核定制方面的详细例程、完整的源代码可以使读者掌握 Windows CE.net 内核定制及应用开发的技术。

全书共分为三篇：

上篇 主要介绍在定制操作系统镜像、驱动程序开发、应用程序开发中所涉及到的理论知识，以及 Windows CE.net 的系统结构和所涉及到的各方面理论问题。

中篇 主要介绍定制操作系统镜像及驱动程序开发的过程。第 3 章对 Platform Builder 工具的开发环境及可以包含到 Windows CE.net 操作系统镜像中的功能组件（如 IE、多媒体等）进行了详细的介绍；第 4 章用实例对 Windows CE.net 操作系统镜像的定制、调试、生成以及所涉及到的文件进行了介绍；第 5 章用实例介绍了 Windows CE.net 下驱动程序开发的整个过程。

下篇 主要介绍应用软件开发的知識。第 6 章介绍了 EVC 的开发环境及调试程序；第 7 章用记事本、游戏抢食专家、注册表编辑器、简单的 COM 程序等实例讲解 EVC 的开发过程。

相关源码及技术支持请参阅 <http://378.club.yesky.com> 网站。

由于成书时间仓促，书中难免存在错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

作者

2004 年 10 月

目 录

上篇 基础理论篇

第 1 章 概述	(3)
1.1 嵌入式系统和嵌入式操作系统	(3)
1.1.1 嵌入式微处理器	(3)
1.1.2 嵌入式系统的特点	(4)
1.1.3 嵌入式操作系统的概念及分类	(4)
1.1.4 嵌入式操作系统的特点	(5)
1.2 嵌入式操作系统发展简史	(6)
1.2.1 发展概述	(6)
1.2.2 常见嵌入式操作系统	(7)
1.3 Windows CE.net 的功能简介	(9)
1.3.1 从操作系统角度看 Windows CE.net 的主要功能	(9)
1.3.2 从操作系统角度看 Windows CE.net 的实时功能	(10)
1.3.3 从开发角度看 Windows CE.net 的主要功能	(11)
1.4 Windows CE.net 的应用领域	(12)
1.4.1 信息家电领域	(12)
1.4.2 移动计算领域	(12)
1.4.3 工业控制领域	(15)
1.5 Platform Builder 和 Embedded Visual C++	(16)
1.5.1 Platform Builder 简介	(16)
1.5.2 Embedded Visual C++ 简介	(18)
1.6 Windows CE.net 和 Embedded Visual C++ 的安装	(19)
1.6.1 Windows CE.net 的安装	(19)
1.6.2 Embedded Visual C++ 4.0 的安装	(21)
1.7 基于 Windows CE.net 的产品开发流程	(23)
第 2 章 嵌入式操作系统 Windows CE.net	(25)
2.1 操作系统 Windows CE.net 的结构	(25)
2.1.1 设计目标和特点	(25)
2.1.2 嵌入式操作系统的结构设计	(30)
2.1.3 Windows CE.net 操作系统模型	(36)
2.1.4 Windows CE.net 系统注册表	(41)
2.1.5 Windows CE.net 系统的目录结构	(43)
2.2 进程和线程	(47)

2.2.1	概述	(47)
2.2.2	进程	(48)
2.2.3	线程	(50)
2.2.4	同步	(53)
2.3	内存管理	(61)
2.3.1	ROM 和 RAM	(61)
2.3.2	内存结构	(63)
2.3.3	进程地址空间结构	(64)
2.3.4	堆和栈	(65)
2.3.5	内存映射文件	(67)
2.3.6	分配大的虚拟地址空间	(70)
2.4	文件管理器	(72)
2.4.1	Windows CE.net 提供的文件系统	(72)
2.4.2	存储管理器分层结构的建立及可安装系统的加载	(73)
2.4.3	与文件系统有关的注册表	(75)
2.5	设备管理	(76)
2.5.1	概述	(76)
2.5.2	Windows CE.net 的设备管理体系结构	(76)
2.5.3	Windows CE.net 设备管理器	(77)
2.5.4	Windows CE.net 流接口驱动程序的加载	(77)
2.6	用户界面与图形子系统	(79)
2.6.1	GWES 组件概述	(80)
2.6.2	Windows CE.net 消息处理	(83)
2.6.3	Windows CE.net 输入管理	(91)
2.6.4	Windows CE.net 图形设备接口	(104)
2.6.5	显示驱动程序接口	(115)

中篇 操作系统定制及驱动程序开发篇

第 3 章	Windows CE.net 重要组件和特性	(121)
3.1	Windows CE.net 重要组件	(121)
3.1.1	BSP	(121)
3.1.2	核心操作系统服务	(122)
3.1.3	多媒体技术	(125)
3.1.4	通信服务和网络	(127)
3.1.5	国际化支持	(129)
3.2	Windows CE.net 可选特性	(130)
3.2.1	可选特性的类别	(131)
3.2.2	核心操作系统的特性	(134)

3.2.3	设备驱动程序的特性介绍	(156)
第 4 章	Windows CE.net 内核定制	(159)
4.1	完整 Windows CE.net 系统的内容	(159)
4.2	建立基本的操作系统镜像	(159)
4.2.1	启动 Platform Builder	(160)
4.2.2	新建 Platform Builder 工程	(160)
4.2.3	启动工程向导	(160)
4.2.4	选择开发板支持包	(161)
4.2.5	选择基本配置结构	(161)
4.2.6	选择定制设备的方法	(162)
4.2.7	选择基础类库	(163)
4.2.8	选择应用程序	(164)
4.2.9	选择操作系统核心服务	(165)
4.2.10	选择通信服务	(165)
4.2.11	选择文件系统	(166)
4.2.12	选择字体	(167)
4.2.13	选择所支持的国家	(168)
4.2.14	选择 Internet 程序	(168)
4.2.15	选择多媒体技术	(169)
4.2.16	选择安全设置	(170)
4.2.17	选择操作系统外壳	(170)
4.2.18	向导提示信息	(171)
4.2.19	完成工程向导	(171)
4.3	生成操作系统镜像	(172)
4.4	调试操作系统镜像	(173)
4.4.1	调试仿真操作系统镜像	(173)
4.4.2	在目标设备上调试操作系统镜像	(175)
4.5	添加自定义特性到 Platform Builder	(179)
4.5.1	建立 CEC 文件	(179)
4.5.2	增加特性实现到 CEC 文件中	(180)
4.5.3	建立构造方法	(181)
4.5.4	增加 BIB 信息	(181)
4.5.5	将新建的特性加到 Platform Builder 中	(183)
4.5.6	添加自定义特性到工程	(183)
4.6	Windows CE.net 的基本组成文件	(184)
4.6.1	特性选项卡 (FeatureView)	(184)
4.6.2	参数选项卡 (ParameterView)	(185)
4.6.3	文件选项卡 (FileView)	(186)

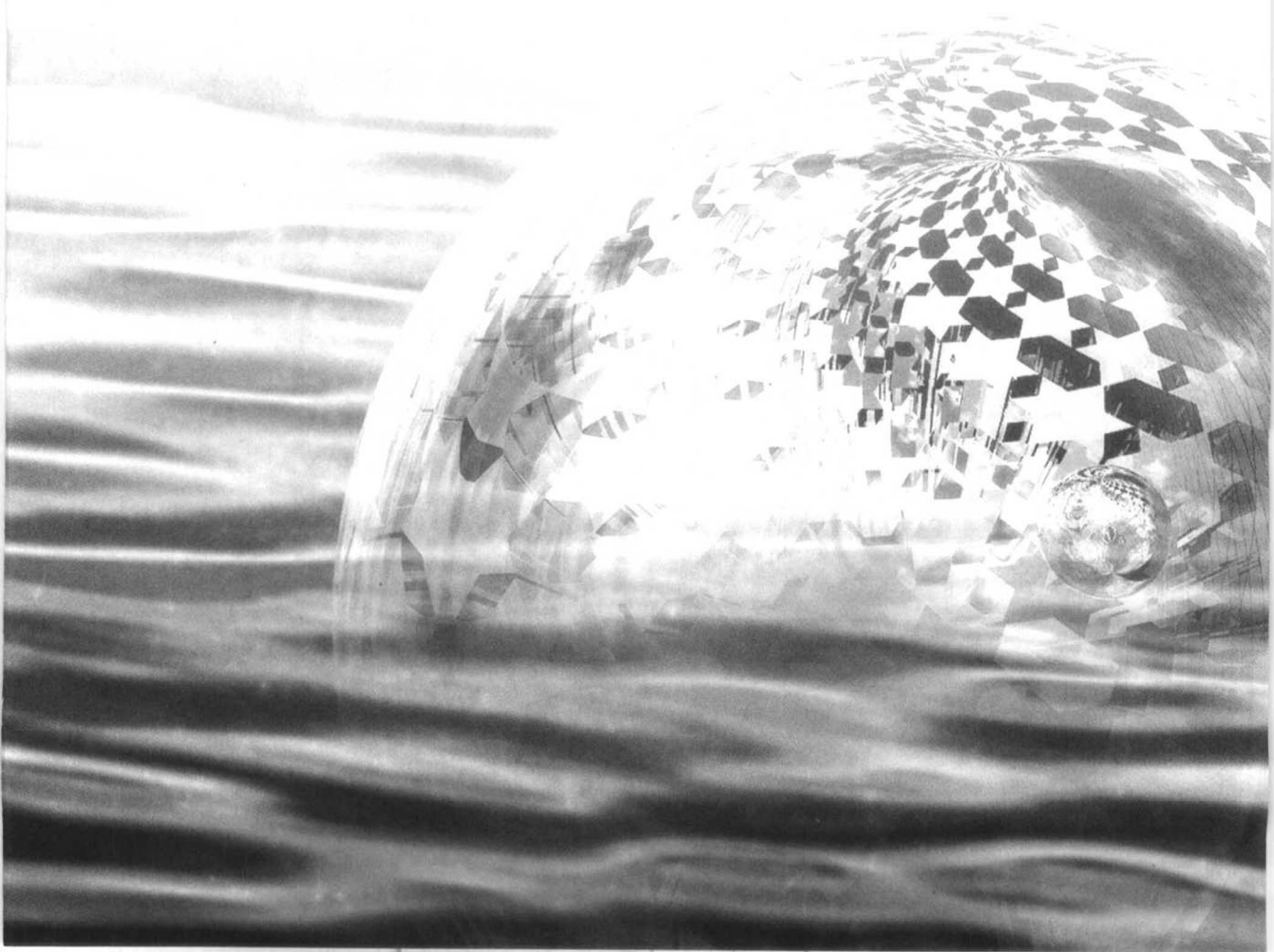
4.6.4	操作系统镜像的配置文件	(186)
4.6.5	BIB 文件	(188)
4.6.6	REG 文件	(192)
4.6.7	DAT 文件	(194)
4.6.8	DB 文件	(196)
4.7	CEC 文件	(197)
4.7.1	建立 CEC 文件需要做的工作	(197)
4.7.2	CEC 文件包含的内容	(198)
4.7.3	CEC 文件示例	(201)
4.8	生成操作系统镜像	(207)
4.8.1	CESYSGEN	(207)
4.8.2	BSP 阶段 (Build.exe)	(208)
4.8.3	BUILDREL 阶段	(208)
4.8.4	MAKEIMG 阶段	(209)
4.9	加载操作系统镜像	(210)
4.10	建立当前平台的 SDK	(211)
第 5 章	Windows CE.net 的驱动程序	(213)
5.1	Windows CE.net 提供的驱动模型	(213)
5.2	驱动程序的中断处理	(216)
5.3	开发流接口驱动程序	(219)
5.3.1	流接口驱动程序的工作结构	(219)
5.3.2	设备管理器和流接口驱动	(220)
5.4	设备文件名	(221)
5.4.1	设备文件名格式	(221)
5.4.2	设备文件名的前缀	(221)
5.4.3	设备文件名索引	(221)
5.5	编写流接口驱动程序	(222)
5.5.1	流接口驱动程序的入口点函数	(222)
5.5.2	单访问和多访问	(224)
5.5.3	流接口驱动程序的实现	(225)

下篇 应用程序开发篇

第 6 章	Embedded Visual C++ 软件开发工具	(247)
6.1	EVC 集成开发环境	(247)
6.1.1	选择 EVC 作为开发工具	(247)
6.1.2	EVC 集成开发环境的组成部分	(248)
6.1.3	调试程序	(250)
6.2	远程调试工具	(250)

6.2.1	模拟器	(250)
6.2.2	远程调用评测程序	(253)
6.2.3	远程文件浏览程序	(253)
6.2.4	远程堆查看程序	(254)
6.2.5	远程内核跟踪程序	(255)
6.2.6	远程性能监视程序	(256)
6.2.7	远程进程浏览程序	(257)
6.2.8	远程注册表编辑器	(258)
6.2.9	远程消息监视程序	(258)
6.2.10	远程系统信息	(259)
6.2.11	远程屏幕截图程序	(259)
6.3	EVC 常用配置和注意事项	(259)
6.3.1	常用配置	(260)
6.3.2	注意事项	(261)
6.4	API, MFC 和 ATL	(262)
6.4.1	API	(262)
6.4.2	MFC	(263)
6.4.3	ATL	(265)
第 7 章	EVC 开发实例	(267)
7.1	记事本	(267)
7.1.1	开发总体设计	(267)
7.1.2	功能实现	(269)
7.2	游戏抢食专家	(290)
7.2.1	开发总体设计	(290)
7.2.2	界面设计	(291)
7.2.3	DirectSound	(291)
7.2.4	处理动画技术	(303)
7.2.5	具体实现代码	(306)
7.3	注册表编辑器	(322)
7.3.1	开发总体设计	(322)
7.3.2	主要实现方法	(323)
7.3.3	具体实例代码	(324)
7.4	在 Windows CE.net 下实现简单的 COM	(354)
7.4.1	开发总体设计	(354)
7.4.2	界面设计	(354)
7.4.3	主要实现方法	(354)

上篇 基础理论篇



第1章 概述



本章要点

嵌入式操作系统是一种应用在嵌入式系统环境下的操作系统，它与我们经常使用的台式机操作系统有什么区别？与现在工业控制中大量使用的单片机系统一样吗？与正在流行的手机上的操作系统又有什么关系？

本章中首先介绍什么是嵌入式系统，以及嵌入式操作系统的概念。因为嵌入式系统是嵌入式操作系统应用的环境，嵌入式操作系统是嵌入式系统的灵魂；其次，回顾嵌入式系统和嵌入式操作系统发展的历史，明确嵌入式操作系统的来龙去脉，并对各种嵌入式操作系统和 Windows CE.net 进行简单的介绍。然后介绍 Windows CE.net 的功能以及应用领域。最后，介绍 Windows CE.net 操作系统的内核定制工具 Platform Builder 和应用程序开发工具 Embedded Visual C++ 的安装，以及 Windows CE.net 产品的开发流程。

1.1 嵌入式系统和嵌入式操作系统

嵌入式系统一般指非 PC 系统，它是与常见的微型机系统和专用的大型、小型机系统相对而言的。嵌入式系统一般不以独立的设备或装置的形式出现，而是将自己隐藏（嵌入）在各种设备和装置的内部，根据主体设备和装置的需要，发挥其运算、处理、存储和控制的作用。

嵌入式系统一般包括硬件和软件两部分。硬件包括微处理器、存储器、外部设备和 I/O 端口、图形控制器等。微处理器通常是单片机或微控制器，它有 8 位、16 位或 32 位等不同类型，现在常用的是 32 位微处理器。软件部分包括操作系统（OS）（一般要求实时多任务操作系统）和应用程序。有时，设计人员也把这两种软件组合在一起，作为一个软件系统来安装。

1.1.1 嵌入式微处理器

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具备以下特点。

1. 实时和多任务处理能力

能在限定的时间内完成多个任务，一般限定的时间较短，即要求嵌入式微处理器能在瞬间完成应该处理的任务，从而使内部的代码和内核的执行时间减少到最低限度；另外，现代操作系统也都要求处理器具有多任务处理能力。

2. 集成度高

嵌入式系统的处理器一般工作在为特定用户设计的系统中，它具有低功耗、体积小、

集成度高等特点，能够把通用处理器中许多由板卡和辅助设备完成的任务集成在芯片内部，从而有利于嵌入式系统设计的小型化。

3. 很强的存储区保护功能

由于嵌入式系统的软件结构已模块化，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。

4. 低功耗

由于有些嵌入式系统的移动性要求，使它不可能具备长时间不间断的电源供应，这一点对于便携式的无线及移动的计算和通信设备尤其明显。所以，对于先进的嵌入式微处理器，它需要的功耗在 mW 甚至 μ W 级。

1.1.2 嵌入式系统的特点

嵌入式系统不但和一般的 PC 系统不同，而且针对不同的具体应用而设计的嵌入式系统之间差别也很大。嵌入式系统一般功能单一、简单，且在兼容性方面要求不高，但是在体积、成本方面限制较多。

嵌入式系统和通用型计算机系统相比具有以下特点：

(1) 嵌入式系统通常是面向特定应用的。嵌入式系统的设计和开发必须要考虑特定环境和系统的要求，而它也只需要满足一个特定环境和系统的要求。这与通用型计算机系统的设计有很大的不同。

(2) 嵌入式系统是将先进的计算机技术、半导体技术和电子技术与各个行业的具体应用相结合后的产物。这一点就决定了它的设计和开发要将软件和硬件技术相结合，特别是要对计算机系统的底层技术整合。而且，它还要将应用开发和特定行业特点以及特定应用领域相结合。这些都决定了嵌入式系统是一个发散的、技术密集的和应用广泛的系统。

(3) 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，力争在相同的资源条件下实现更高的性能，只有这样，它才能完成特定系统的高要求。

(4) 嵌入式系统将软件、硬件和具体应用及行业特点有机地结合在一起。这使它的升级换代也是一体的，所以嵌入式系统的产品生命周期一般比计算机系统长。

(5) 为了提高系统的执行速度和可靠性，嵌入式系统的软件一般都固化在存储器芯片或单片机中，而不是存储在外加的磁盘等载体中。

1.1.3 嵌入式操作系统的概念及分类

嵌入式操作系统是一种支持嵌入式系统应用的操作系统软件，它是嵌入式系统的重要组成部分。嵌入式操作系统具有通用操作系统的基本特点，能够有效管理复杂的系统资源，完成进程管理、处理器调度、存储管理、设备管理、中断处理等操作系统任务。它通常包括与硬件相关的底层驱动软件、系统内核、设备驱动接口、通信协议、图形界面、标准化浏览器等软件模块。嵌入式操作系统能够把硬件虚拟化，使得开发人员从繁忙的驱动程序移植和维护中解脱出来；能够提供库函数、驱动程序、工具集以及应用程序

序。与通用操作系统相比较,嵌入式操作系统在系统实时性、硬件的相关依赖性、软件固态化以及应用的专用性等方面具有较为突出的特点。

1. 从应用角度分类

嵌入式操作系统从应用的角度可以分为通用型嵌入式操作系统和专用型嵌入式操作系统。当通用型嵌入式操作系统应用到实际的嵌入式环境中时,一般都要经过重新定制的过程,以适应具体环境的要求;而专用型嵌入式操作系统,因为它是针对应用较为广泛、环境变化相对较小的嵌入式系统环境专门设计的操作系统,所以在具体应用时,可以不经剪裁地直接应用,或经过较少的设置就可使用。

常见的通用型嵌入式操作系统有 Linux、VxWorks、Windows CE.net 等。常用的专用型嵌入式操作系统有 Smart Phone、PocketPc、Symbian 等。

2. 按实时性分类

嵌入式操作系统按实时性可以分为两类:

(1) 实时嵌入式操作系统。它主要面向控制、通信等领域。如 WindRiver 公司的 VxWorks、ISI 的 pSOS、QNX 系统软件公司的 QNX、ATI 的 Nucleus 等。

(2) 非实时嵌入式操作系统。它主要面向消费类电子产品。这类产品包括个人数字助理(PDA)、移动电话、机顶盒、电子书、WebPhone 等。如微软面向手机应用的 Smart Phone 操作系统。

实时嵌入式操作系统又可分为两类:

(1) 可抢占型实时操作系统,指内核可以抢占正在运行任务的 CPU 使用权并将使用权交给进入就绪态的优先级更高的任务,抢占 CPU 并将其交给其他任务的是内核,即操作系统的核心。

可抢占型实时操作系统的实时性好,优先级高的任务只要具备了运行的条件,或者说进入了就绪态,就可以立即运行。也就是说,除了优先级最高的任务,其他任务在运行过程中都随时可能被比它优先级高的任务中断,让后者运行。通过这种方式的任务调度保证了系统的实时性。现在的嵌入式操作系统如 Linux、VxWorks、Windows CE.net 都是可抢占型的实时操作系统,其中 VxWorks 的实时性被公认是最好的,在许多空间项目和武器上,都使用了这种操作系统。

(2) 不可抢占型实时操作系统。在某个任务运行时,就把 CPU 的控制权完全交给了这个任务,直到它主动将 CPU 控制权交出。在不可抢占型实时操作系统中,中断由中断服务程序来处理,可以激活一个休眠态的任务,使之进入就绪态;而这个进入就绪态的任务还不能运行,一直要等到当前运行的任务主动交出 CPU 的控制权。显然,从这一点讲,不可抢占型实时操作系统的实时性比不使用实时操作系统的系统性能好,但是因为一个任务的最长执行时间不能确定,所以系统的实时性也就大打折扣。

1.1.4 嵌入式操作系统的特点

综合来讲,嵌入式操作系统一般具有以下特点。

1. 可定制性

因为嵌入式系统环境的要求，嵌入式操作系统一般需要提供可添加或可裁剪的内核及其他功能，能够让用户根据需要自行进行配置。例如，有的嵌入式系统设备不需要永久保存数据，有的需要永久保存数据。在需要永久保存数据的系统上，需要操作系统提供永久机制，那么，在定制这个内核时，就要添加支持永久保存机制的设备驱动程序和相关的文件系统驱动程序；对于不需要永久保存数据的系统，就可以不这样做。

2. 可移植性

因为目前的嵌入式微处理器种类很多，每种微处理器都有其市场，所以嵌入式操作系统要支持尽可能多的微处理器，这样才能使用户具有硬件选择的灵活性，这对微处理器厂商、嵌入式操作系统厂商、用户来说都是一件好事。为了做到操作系统的可移植性，操作系统在硬件支持方面通常采用硬件抽象层（HAL）和板级支持包（BSP）的结构设计方法。比如内存管理，内存分页的单位会因 CPU 而异，但通过调用内存管理函数，用户可以不考虑具体细节就能够分配、使用内存。在应用程序编程接口（API）方面，嵌入式操作系统定义的 API 函数可以使用户在开发软件时不用考虑具体硬件平台的差异。

3. 实时性

实时性是嵌入式系统环境的现实要求。不满足一定的实时性，嵌入式操作系统就无法应用到一些环境中去。当然，实时性是相对而言的，有的嵌入式环境有实时性要求，但时间要求并不是特别高，而且大多数嵌入式环境都是如此。所以，有的嵌入式操作系统在设计时，目标就设在满足基本的实时性要求，而不强求特别高的实时性。比如 Windows CE.net，它能够满足 95% 的嵌入式系统的实时性要求。

4. 低资源占有性

低资源占有性也是嵌入式系统的要求。相对其他计算机而言，嵌入式设备一般都配置少量的 RAM、频率较低的微处理器、很小的永久存储空间甚至没有。系统资源少的特点决定了嵌入式操作系统必须尽可能地减小资源占有率。现在，最小的嵌入式操作系统内核只有几百 KB 大小，而且在运行期间，内核能够通过一系列手段释放内存，使应用程序和其他软件得到更多的运行空间。

1.2 嵌入式操作系统发展简史

嵌入式操作系统的发展，是与嵌入式系统的发展密切相关的，它们都是当代计算机技术飞速发展而带来的硬件小型化、微型化，以及软件技术深入发展的产物。

1.2.1 发展概述

嵌入式系统这一概念早在 20 世纪 60 年代就被提出来了，它被用于电话交换控制中，

当时被称为“存储式过程控制系统”。但是，真正意义上的嵌入式系统是在 20 世纪 70 年代出现的。至今，它的发展可以分为以下四个阶段：

第一阶段是以单芯片为核心的可编程控制器系统，它具有检测、伺服、指示设备相配合的功能。这一类型的系统大部分用于工业控制系统中，一般没有操作系统支持，通过汇编语言对系统进行直接控制。这一阶段系统的主要特点是：结构和功能相对单一、效率较低、存储容量较小、几乎没有用户接口。由于这种嵌入式系统使用简单、价格便宜，在工业领域中应用较为普遍。

第二阶段是以嵌入式中央处理器（CPU）为基础，以简单操作系统为核心的嵌入式系统。这一阶段系统的主要特点是：CPU 种类繁多、通用性较弱、系统开销小、操作系统只具有低度的兼容性和扩展性、应用软件较为专业、用户界面不够友好。这种嵌入式系统的主要任务是用来控制系统负载，以及监控应用程序的运行。

第三阶段是以嵌入式操作系统为标志的嵌入式系统。这一阶段系统的主要特点是：嵌入式操作系统能够运行于各种不同类型的处理器之上、内核开销小、效率高、模块化程度高，具有高度的模块化和可扩展性；可以提供多任务、多进程、多线程管理；具有文件和目录管理功能；具有图形窗口和用户界面等功能；具有大量的应用程序接口；开发程序简单，并且嵌入式应用软件丰富。

第四阶段是以网络应用嵌入式操作系统为标志的嵌入式系统，这一阶段以网络的大量应用为标志，并呈现出多种形态，是一个正在迅速发展的阶段。特别是随着无线网络的不断发展，嵌入式系统必将在社会生产、生活的各个方面发挥更大、更重要的作用。

从嵌入式系统的发展简史可以看出，嵌入式操作系统在嵌入式系统的发展过程中发挥着重要作用，是嵌入式操作系统的发展带动了嵌入式系统的发展。但嵌入式操作系统本身的发展并没有明确的阶段划分，它是伴随着微机操作系统的发展及软件技术、网络技术的进步而发展起来的。

1.2.2 常见嵌入式操作系统

在嵌入式系统发展的初期，还没有出现操作系统的概念，大部分功能是用汇编语言来实现的。由于这些汇编程序只能用于某一种特定的处理器，所以这种嵌入式系统的兼容性、通用性和可扩展性都很差。这些应用程序需要完全控制 CPU 和硬件，这对开发人员提出了较高的要求，同时这些应用程序的依赖性很强，硬件的一点点变化都使得软件需要进行相应改动。C 语言的出现促进了嵌入式操作系统的开发。所以，自从 20 世纪 80 年代开始，出现了各种各样的商用嵌入式操作系统，逐步形成了百家争鸣的局面，较为流行的有 VxWorks、pSOS、Nucleus 等。特别是到 20 世纪 90 年代，几个重要的操作系统相继开发成功，如 Palm OS、嵌入式 Linux 和 Windows CE.net。

1. VxWorks

VxWorks 操作系统是美国 WindRiver 公司于 1983 年设计开发的一种嵌入式实时操作系统（RTOS）。它具有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占有重要地位。WindRiver 公司也因为 VxWorks 的成功而成为实时操作系统领域被

世界公认的具有领导作用的公司。

VxWorks 以其良好的可靠性和卓越的实时性被广泛地应用在通信、军事、航空、航天等高精尖技术及实时性要求极高的领域中，如卫星通信、军事演习、弹道制导、飞机导航等。在美国的 F-16、FA-18 战斗机，B-2 隐形轰炸机和爱国者导弹上，甚至 1997 年 4 月和 2004 年 1 月在火星表面登陆的火星探测器上也使用到了 VxWorks。

2. Palm OS

在个人数字助理（PDA）市场上，Palm OS 是全球最知名、使用人数最多的 PDA 操作系统。它是由 PDA 操作系统开发的先驱者 Palm Computing 公司开发的。Palm Computing 公司成立于 1993 年。1996 年 4 月，它发布了 Palm OS 1.0，并同时推出它的第一部掌上电脑 Pilot 1000。1997 年 Palm Computing 公司发布了 Palm OS 2.0。1998 年，它发布了 Palm OS 3.0 操作系统，并推出了 Palm III 掌上电脑。Palm III 掌上电脑获得了巨大成功，也奠定了 Palm OS 在 PDA 市场的霸主地位。接着，从 1999 年到现在，Palm Computing 公司又相继发布了多款 Palm 操作系统产品。现在，在群雄纷争的时代，Palm Computing 公司仍占据着 PDA 市场的最大份额。

Palm OS 操作系统的一个最大的特点就是省电以及系统资源开销少。而且，由于 Palm OS 采用开放式的架构，所以有很多 Palm OS 的使用者都投入到软件开发工作中。目前，Palm OS 已经有超过一万种的软件，而且每天都有新的 Palm 软件问世。这是 Palm OS 操作系统成功的一个重要因素。

3. 嵌入式 Linux

另外一个重要的嵌入式操作系统是嵌入式 Linux 操作系统。Linux 是开源软件的先锋，从诞生到现在，只不过短短的十几年，Linux 的发展速度和规模以及它的影响，却是任何一种操作系统都不能比的。同时，正因为 Linux 是开放源代码的，本身又是一种多任务、稳定性高、内核可裁剪的操作系统，所以，在它的基础上人们很快就开发出了嵌入式 Linux 操作系统。

嵌入式 Linux 是一种开放源代码、软实时、多任务的嵌入式操作系统。它是在标准 Linux 的基础上针对嵌入式系统进行内核裁剪和优化后形成的。这使它体积更小、性能更高，同时，因为它是免费的，没有其他商业性嵌入式操作系统需要的许可证费用，而且，它得到许多 IT 巨头的支持，如 IBM、SUN 等。所以，嵌入式 Linux 具有很强的市场竞争力。

4. Windows CE.net

Windows CE.net 是软件巨人微软公司在嵌入式操作系统市场上的一个重要产品。它的第一版于 1996 年发布。但是，最初它并不是很成功，直到 Windows CE.net 3.0，它才真正被人们所接受，并逐步取得了成功。2002 年 1 月，微软发布了 Windows CE.net，即 Windows CE.net 4.1 版，这是一个非常成功的版本，也是本书要介绍的版本，它与 2004 年发布的 4.2 版的差别很小，而且它的平台定制工具 Platform Builder 和应用软件开发工