

VxWorks

程序开发实践

◆ 陈智育 温彦军 陈琪 编著 ◆

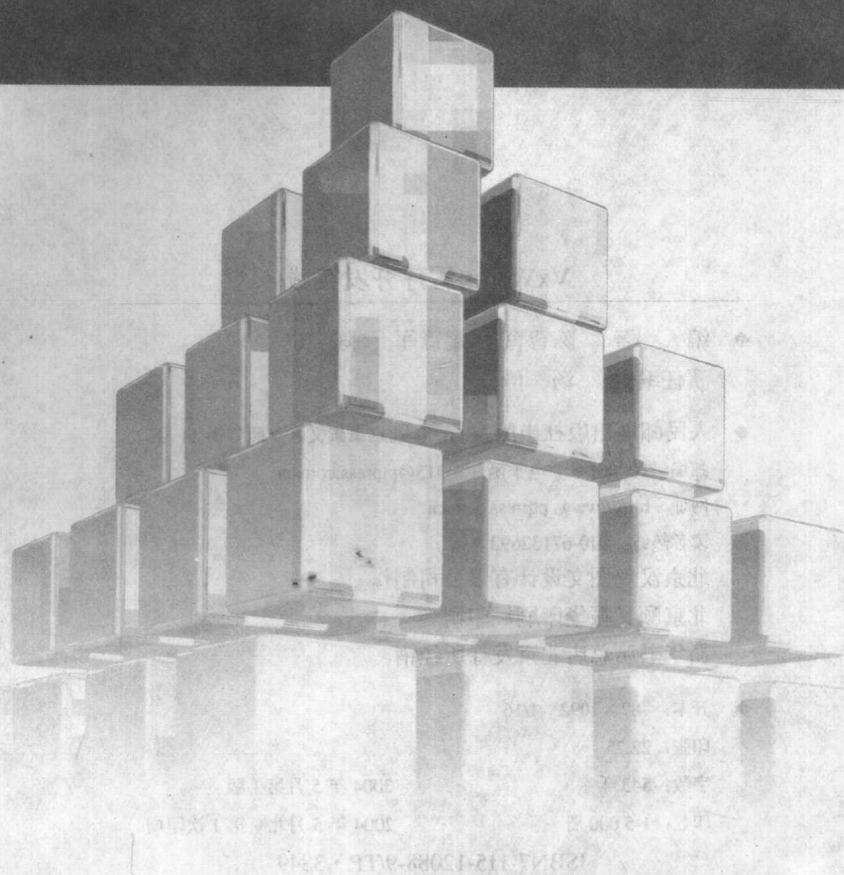


 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

VxWorks

程序开发实践

◆ 陈智育 温彦军 陈琪 编著 ◆



人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

VxWorks 程序开发实践/陈智育, 温彦军, 陈琪编著.

—北京: 人民邮电出版社, 2004.5

ISBN 7-115-12088-9

I. V... II. ①陈...②温...③陈... III. 实时操作系统, VxWorks IV. TP316.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 035335 号

内 容 提 要

本书介绍了嵌入式实时多任务操作系统 VxWorks 及其主机环境 Tornado, 并实践性地描述了其上的程序开发过程。书中详细介绍了 VxWorks 各个重要的组件, 包括多任务环境、内存管理、IO 系统 (包括字符设备)、文件系统和网络通信等。并在每一章的最后都有常见问题解答 (FAQ), 帮助读者及时地解决开发过程中遇到的问题。

本书主要面向有一定 VxWorks 经验或嵌入式经验的软件开发人员, 但是部分章节对初学者也非常有帮助, 如一些基本概念和一般开发过程。本书能够帮助 VxWorks 软件开发人员更好地使用平台, 并理解其内部工作机制, 扩展平台功能。

VxWorks 程序开发实践

- ◆ 编 著 陈智育 温彦军 陈 琪
责任编辑 汤 倩
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线 010-67132692
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京顺义振华印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 22.25
字数: 543 千字 2004 年 5 月第 1 版
印数: 1-5 000 册 2004 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN7-115-12088-9/TP·3849

定价: 34.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

前 言

VxWorks 是美国 Wind River System 公司的产品,在通信、网络、工业、消费电子、军事等领域都有广泛的应用。本书介绍了嵌入式实时多任务操作系统 VxWorks 及其主机环境 Tornado,并实践性地描述了其上的程序开发过程。

本书主要面向有一定 VxWorks 经验或嵌入式经验的软件开发人员,但是部分章节对初学者也非常有帮助,如一些基本概念和一般开发过程。希望能帮助 VxWorks 软件开发人员更好地使用平台,并理解其内部工作机制,扩展平台功能。

本书主要针对 VxWorks 基本平台进行描述。而 Wind River 的其他扩展产品都依赖于该平台,并和特定应用领域有关,对此,书中只做简单介绍,如 WFC、VxMP、VxFusion 和 VxDCOM 等。另外还有丰富的嵌入式开发第三方产品,书中也不做描述。

本书不特别针对某个硬件平台,主要进行硬件无关性描述。如果有硬件平台假设,则为 PC104/486 或 MFC5272。软件平台介绍的是 VxWorks 5.4 版本和 Tornado 2.0 版本。

本书相对其他 VxWorks 书籍和参考资料的优点如下。

1. 最明显的特点就是中文化,关于 VxWorks 的参考资料,很多都是英文的,不利于开发人员快速阅读,建立基本概念。
2. 本书不是简单的手册翻译,而是作者数年宝贵开发经验的总结,有价值的东西很明显。虽然手册是主要的参考资源,但对于学习 VxWorks 来说,却太过生硬,和实际的开发过程不对应。
3. 本书是 VxWorks 相关主题的有机综合,避免了同一个主题分散在多本书籍,不便参考。
4. 书中各处都有对 VxWorks 相关资源的参考指导,可作为读者查阅各种资料的总索引。
5. 书中的所有内容都融合了作者的经验和理解,对读者的实践过程有很强的指导作用。
6. 常见问题(FAQ)的收集,可以帮助读者及时地解决开发过程中遇到的问题。

本书共包括 10 章,各章节的排列是相对 VxWorks 开发的自然分类,与 VxWorks 的组件结构对应,部分章节按库条目组织,而且只对常用库函数做描述,注重基本原理的介绍。

第 1 章“Wind River”,介绍 Wind River 公司及其产品。让读者了解 VxWorks 的背景、应用领域和成功范例等,以及 VxWorks 在 Wind River 产品系列中的基础地位和可能配合其应用的扩展产品。

第 2 章“Tornado”,介绍 VxWorks 的主机开发工具 Tornado,让读者建立工作环境的第一印象。

第 3 章“VxWorks”,介绍 VxWorks 操作系统,描述一些基本组件。

第 4~8 章,详细介绍 VxWorks 各个重要的组件,包括多任务环境、内存管理、IO 系统(包括字符设备)、文件系统和网络通信等。

第 9 章“建立开发环境”,指导读者建立基于硬件的嵌入式交叉开发环境,讲述了 BSP 的基本概念和定制步骤,说明了 BootRom 的建立,并列出了典型实例。

第 10 章“程序开发实践”,描述 VxWorks 程序开发实践中需要特别注意的内容,包括

Tornado 扩展、调试实践、编程实践和移植实践等，带领读者进入真正的 VxWorks 程序开发。

书中符号和格式说明如下。

1. 每章最后一节为常见问题解答，即 FAQ，问题描述用黑体字。
2. “[]” 内为英文或中文的同义词。
3. “()” 中为相关的扩展解释。
4. “ ” 给出读者可以进一步查阅的资料。
5. “ ” 表示要点或注意。
6. 文中的代码部分用阴影表示，DOS 窗口与 Shell 中的文字用边框表示。

本书由陈智育主编，主要的编写人员有温彦军（完成第 6 章、第 8 章、第 9.7 节和第 10.4.3 小节的写作）和陈琪（完成第 1 章和第 5 章的写作）等。在本书的写作过程中，得到了任建福、于青松、姜海涛、李庆华、郝刚和陈磊等同事的大力支持和孙运权老师的教学实践建议，以及“电子产品世界”论坛（<http://bbs.edw.com.cn>）网友的鼓励，在此一并表示感谢。在编写过程中，我们力求精益求精，但难免存在不足之处，恳请读者予以指正。如果在使用本书时遇到任何问题，可以发 E-mail 到 amine@263.net 或 tangqian@ptpress.com.cn，我们将及时给您回复。

编 者
2004 年 3 月

目 录

第 1 章 Wind River	1	2.8.1 配置和启动	46
1.1 风河系统公司简介	1	2.8.2 虚拟 IO	50
1.2 实时操作系统 VxWorks 简介	1	2.8.3 TSFS	52
1.3 Wind River 的产品系列	3	2.8.4 Tornado Registry	52
1.4 Wind River Platform 系列	7	2.9 辅助小工具	53
1.5 Wind River 产品的成功范例	10	2.10 常见问题解答	55
1.6 Wind River 服务支持途径	11	第 3 章 VxWorks	58
第 2 章 Tornado	13	3.1 初识系统	58
2.1 初识环境	13	3.1.1 VxWorks 特性	59
2.1.1 安装	13	3.1.2 VxWorks 组件介绍	59
2.1.2 目录与文件	15	3.1.3 主机上 VxWorks 相关目 录和文件	60
2.1.3 帮助文档	15	3.1.4 VxWorks 库模块	62
2.2 基本结构	17	3.1.5 VxWorks 与其他 RTOS 的比较	62
2.3 工程管理	19	3.2 VxWorks 与目标机	63
2.3.1 工程创建	21	3.3 VxWorks 与主机	63
2.3.2 源文件引用	23	3.4 符号表	65
2.3.3 组件配置	24	3.4.1 symLib 和 symLib	66
2.4 编译器	27	3.4.2 符号表初始化	67
2.4.1 编译配置	27	3.4.3 符号表同步	69
2.4.2 Makefile 规则	30	3.4.4 错误状态	71
2.4.3 库使用	31	3.5 Linker 和 Loader	73
2.4.4 命令行编译	31	3.5.1 静态连接	73
2.5 调试器	32	3.5.2 动态加载	74
2.5.1 图形界面	33	3.5.3 loadLib 与 loadlib	75
2.5.2 命令行	35	3.5.4 目标模块管理	76
2.5.3 目标模块调试	35	3.5.5 加载方式	77
2.6 WindSh	36	3.5.6 模块卸载	85
2.6.1 WindSh 结构	37	3.6 目标机 Shell	86
2.6.2 WindSh 特点	37	3.6.1 tShell 创建	86
2.6.3 WindSh 内部命令	39	3.6.2 tShell 使用	87
2.6.4 解释器 TCL	42	3.6.3 tShell 辅助调试	90
2.7 辅助调试工具	42	3.6.4 脚本支持	91
2.7.1 Browser	42	3.6.5 tShell 与 wShell 的区别	92
2.7.2 VxSim	45	3.6.6 Console 和虚拟 Console	93
2.8 Target Server	46	3.6.7 usrLib 和 usrFsLib	93

3.6.8 最终产品 tShell 问题	95	5.2.1 BootRom 运行时的内存布局	132
3.6.9 用户定制 Shell	96	5.2.2 VxWorks 运行时的内存布局	133
3.7 其他组件	99	5.3 内存分配算法	134
3.7.1 ANSI C 库	100	5.4 VxWorks 中内存操作 API 函数	136
3.7.2 数据结构组件	100	5.5 Flash 存储器	139
3.7.3 复位支持库	101	5.6 内存管理单元和 VxVMI	141
3.7.4 可选组件	101	5.6.1 虚拟内存	141
3.8 常见问题解答	102	5.6.2 基本 MMU 的支持	142
第 4 章 多任务环境	107	5.6.3 VxVMI	143
4.1 任务概念	107	5.7 高速缓存[Cache]	145
4.1.1 任务控制块	107	5.7.1 Cache 的结构	145
4.1.2 任务变量	108	5.7.2 Cache 的操作	145
4.1.3 环境变量	109	5.7.3 Cache 的工作过程	145
4.1.4 任务栈	110	5.8 NVRAM	146
4.1.5 任务选项	110	5.9 内存的检验	147
4.1.6 任务状态	110	5.9.1 利用内存读写验证内存	147
4.1.7 任务调度	111	5.9.2 利用 d 和 memShow 命令查看内存	147
4.1.8 任务函数库	114	5.9.3 使用 Browser 查看内存	148
4.1.9 任务功能扩展	114	5.10 常见问题解答	150
4.1.10 系统任务	115	第 6 章 I/O 系统	155
4.2 中断处理	115	6.1 概述	155
4.2.1 中断封装	116	6.1.1 系统结构	155
4.2.2 系统时钟	117	6.1.2 文件	156
4.2.3 辅助时钟	119	6.1.3 文件描述符	156
4.2.4 代码限制	119	6.1.4 标准文件描述符	156
4.2.5 中断通知	119	6.2 I/O 接口	157
4.2.6 用户中断	120	6.2.1 基本 I/O	157
4.3 异常处理	120	6.2.2 带缓存 I/O	158
4.3.1 异常处理库	121	6.2.3 格式 I/O	159
4.3.2 异常信号	122	6.3 I/O 内部管理	160
4.4 线程间通信	122	6.3.1 系统启动	160
4.4.1 共享数据结构	122	6.3.2 I/O 系统初始化	161
4.4.2 信号量	123	6.3.3 驱动程序初始化	161
4.4.3 消息队列	126		
4.5 常见问题解答	127		
第 5 章 内存管理	130		
5.1 基本概念	130		
5.2 VxWorks 中的内存布局	131		

6.3.4 创建设备	162	8.4.1 FTP 服务器	228
6.3.5 设备的访问	163	8.4.2 Telnet 服务器	229
6.4 VxWorks 的设备和驱动	167	8.5 常见问题解答	229
6.4.1 串行 I/O 设备	168	第 9 章 建立开发环境	233
6.4.2 管道设备	169	9.1 主机和目标机	233
6.4.3 伪内存设备	169	9.2 板级支持包[BSP]	235
6.5 串口驱动	169	9.3 系统启动	239
6.5.1 ttyDrv 和 tyLib	171	9.4 程序映像	241
6.5.2 xxDrv	172	9.4.1 映像类型	242
6.5.3 加载流程	174	9.4.2 映像格式	244
6.6 常见问题解答	175	9.4.3 映像组织	248
第 7 章 文件系统	177	9.5 BootRom 建立	249
7.1 系统结构	177	9.5.1 BSP 定制	249
7.1.1 应用接口	178	9.5.2 选择 BootRom 的启动 方式	252
7.1.2 IO 系统	182	9.5.3 选择 VxWorks 的加载 方式	254
7.1.3 CBIO	183	9.5.4 BootRom 建立	256
7.2 本机文件系统	187	9.5.5 BootRom 运行	257
7.2.1 dosFs	187	9.6 MFC5272 BootRom 实例	258
7.2.2 其他	190	9.6.1 目标系统	258
7.3 块设备	191	9.6.2 主机环境	258
7.3.1 概述	191	9.6.3 设计目标	262
7.3.2 ramDrv	193	9.6.4 编辑	263
7.3.3 软盘	194	9.6.5 编译	270
7.3.4 硬盘	195	9.6.6 调试	270
7.3.5 TureFFS	195	9.6.7 发布	271
7.3.6 memDrv	200	9.7 PC104/486 BootRom 实例	271
7.4 常见问题解答	201	9.7.1 目标系统	271
第 8 章 网络通信	202	9.7.2 主机环境	272
8.1 概述	202	9.7.3 设计目标	272
8.2 网络驱动	203	9.7.4 编辑	272
8.2.1 网络驱动加载配置	204	9.7.5 编译	279
8.2.2 增加第二块网卡	206	9.7.6 调试	279
8.2.3 添加新的网卡驱动程序	208	9.7.7 发布	279
8.3 Socket 程序设计	208	9.8 建立开发环境	280
8.3.1 概念的引入	209	9.8.1 调试方式	280
8.3.2 客户/服务器模式	210	9.8.2 Hello World	281
8.3.3 Socket 函数	213	9.9 常见问题解答	283
8.3.4 服务器程序结构	226		
8.4 网络服务	227		

第 10 章 程序开发实践	285	10.3 编程实践	312
10.1 Tornado 扩展	285	10.3.1 OSAL 的 VxWorks 实 现实例	312
10.1.1 工程组织	285	10.3.2 通用通信层实现实例 ..	323
10.1.2 Tornado API	285	10.4 移植实践	336
10.1.3 CDF 组件定制	287	10.4.1 多操作系统移植	337
10.1.4 编辑器	291	10.4.2 升级到 Tornado 2.2	338
10.1.5 版本控制	293	10.4.3 goAhead 移植实例	339
10.1.6 静态检查	297	10.5 常见问题解答	341
10.1.7 代码文档	297	附录 参考资源	343
10.1.8 UML	298	A.1 参考文献	343
10.1.9 其他功能扩展	300	A.2 基础书籍	344
10.2 调试实践	302	A.3 网络资源	345
10.2.1 多任务调试	302		
10.2.2 Shell 调试功能	305		
10.2.3 WindView 调试	307		

第 1 章 Wind River

1.1 风河系统公司简介

说到嵌入式技术,就不能不提及美国风河系统公司(简称风河公司)Wind River System,及其开发的著名嵌入式实时操作系统 VxWorks。风河系统公司于 1981 年创立,总部设在美国加利福尼亚的 Alameda。它是全球领先的嵌入式软件与服务提供商,也是业界惟一提供面向行业市场的嵌入式软件平台的厂商。它所提供的嵌入式软件平台包括集成化的实时操作系统、开发工具和技术。风河公司的产品和服务已经在许多市场领域得到认可,主要包括空间技术、国防、汽车、消费电子、工业制品和网络基础设施领域。世界各地的电子设备制造商普遍把风河公司的嵌入式软件产品作为行业标准。风河公司的软件能够支持现在市场上出售的超过 90%的微处理器,其嵌入系统已被应用在大量的硬件和软件中,包括从激光打印机到控制战斗机发动机的自动刹车系统等。风河公司的产品可以帮助客户快速、低风险地创建高可靠性、复杂的实时应用系统。据资料表明,风河系统公司拥有 30%以上的商业化嵌入式软件市场。

1983 年,风河公司推出了业界第一个实时操作系统 VxWorks;1995 年,推出了嵌入式软件领域的第一个集成开发环境[Integrated Development Environment]——Tornado。如今,风河公司又率先推出了面向行业市场的集成化嵌入式平台[IEP],即 Wind River Platforms。

1.2 实时操作系统 VxWorks 简介

VxWorks 操作系统是风河公司设计开发的一种嵌入式实时操作系统[RTOS],是嵌入式开发环境的关键组成部分。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,使 VxWorks 在嵌入式实时操作系统领域占据一席之地。它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、航空和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、弹道制导和飞机导航等。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,甚至连 1997 年 4 月在火星表面登陆的火星探测器上也使用了 VxWorks 操作系统。

VxWorks 是一个具有可伸缩、可裁剪和高可靠性,同时适用于所有流行目标 CPU 平台的实时操作系统。所谓可伸缩性指 VxWorks 提供了超过 1800 个应用编程接口[API]供用户自行选择使用;可裁剪性是指用户可以根据自己的应用需求对 VxWorks 进行配置,产生具有各种不同功能集的操作系统映像;可靠性是指能够胜任一些诸如飞行控制这样的关键性任务。VxWorks 包括一个微内核、强大的网络支持、文件系统、I/O 系统和 C++支持的各种模块。

与此同时, VxWorks 还支持超过 320 家的合作伙伴公司的第三方产品。

VxWorks 的主要特点如下。

● 高性能的微内核设计

VxWorks 的微内核具有全部实时特性, 包括迅速的多任务调度、中断支持以及同时支持抢占式调度和时间片轮转调度。与此同时, 该微内核还具有系统负担小、对外部事件的响应时间确定等特点。VxWorks 提供了广泛的任务间通信机制, 包括共享内存、消息队列、Sockets、远程过程调用[RPC]和信号量[Semaphore]等。提供的信号量有 3 种: 二进制(也称做二值)信号量、计数信号量和互斥信号量。

● 可裁剪的运行软件

VxWorks 在设计之初就具有可裁剪特性, 使得开发者可以对操作系统的功能、大小进行增减, 从而为自己应用程序保留了更多的系统资源。例如, 在深层嵌入式应用中, 操作系统可能只有几十 KB 的存储空间; 而对于一些高端的通信应用, 几乎所有的操作系统功能都可能需要。这就要求开发者能够从 100 多个不同的功能选项中生成适用于自己应用的操作系统配置。这些独立的模块既可以用于产品中, 也可省去。利用 Tornado 的工程项目管理工具, 可以十分轻松地对 VxWorks 的各种功能选项进行增减。

● 丰富的网络支持

VxWorks 是第一个集成标准 TCP/IP 网络功能的实时操作系统。到目前为止, VxWorks 的 TCP/IP 协议支持最新的 Berkeley 网络协议。

● POSIX1003.1b 兼容

VxWorks 支持 POSIX 1003.1 规范的基本系统调用。包括进程原语、文件目录、I/O 原语、语言服务和目录管理等。另外, VxWorks 还遵循 POSIX 1003.1b 实时扩展标准, 包括异步 I/O、计数信号量、消息队列、信号、内存管理(页面锁定)和调度控制等。

● BSP 移植

风河公司提供了大量预制的、支持许多商业主板及评估板的 BSP。同时, VxWorks 的开放式设计以及高度的可移植性使得用户在使用不同的目标板进行开发时, 所做的移植工作量非常小。到目前为止, 风河公司提供了超过 200 个的 BSP, 当用户在为自己的目标板开发 BSP 时, 可以从风河公司的标准 BSP 中选一个最接近的来加以修改。

● 操作系统可选附件

为了扩展 VxWorks 的功能, Wind River 公司还提供了一些可选附件, 包括 BSP 开发工具包、支持 Flash 文件系统的 TrueFFS 组件、用于虚拟存储管理的 VxVMI 组件、用于支持多处理器的 VxMP 组件和 VxFusion 组件, 以及各种图形、网络方面的组件。

● 可靠性

操作系统的用户希望在一个工作稳定、可以信赖的环境中工作, 所以操作系统的可靠性是用户首先要考虑的问题。而稳定、可靠一直是 VxWorks 的一个突出优点。自从对中国的销售解禁以来, VxWorks 以其良好的可靠性在中国赢得了越来越多的用户。

● 实时性

实时性是指系统能够在限定时间内, 执行完规定的功能并对外部的异步事件做出响应的能力。实时性的强弱是以完成规定功能和做出响应时间的长短来衡量的。

VxWorks 的实时性做得非常好, 其系统本身的开销很小, 任务调度、任务间通信和中断处理等系统公用程序精练而高效, 它们造成的延迟很短。VxWorks 提供的多任务机制对任务

的控制采用了优先级抢占调度[Preemptive Priority Scheduling]和轮转调度[Round-Robin Scheduling]机制,也充分保证了可靠的实时性,使同样的硬件配置能满足更强的实时性要求,为应用的开发留下更大的余地。

● 多任务

由于真实世界事件的异步性,嵌入式系统能够运行许多并发进程或任务是很重要的。VxWorks 的多任务环境提供了一个较好的对真实世界的匹配,因为它允许对应于许多外部事件的多任务执行。系统内核通过给这些任务分配 CPU 时间来获得并发性。

● 抢占调度

真实世界的事件具有继承的优先级,在分配 CPU 的时候要注意到这些优先级。基于优先级的抢占调度,任务都被指定了优先级,在能够执行的任务(没有被挂起或正在等待资源)中,优先级最高的任务被分配 CPU 资源。换句话说,当一个高优先级的任务变为可执行态时,它会立即抢占当前正在运行的较低优先级的任务。

● 任务间的通信与同步机制

在一个实时系统中,可能需要多个任务协同完成某个功能。系统必须提供这些任务间的快速且功能强大的通信机制。内核也要提供为了有效地共享不可抢占资源或临界区所需的同步机制。VxWorks 中提供了信号量、消息队列和事件等机制来实现任务间的通信与同步。

● 任务与中断之间的通信机制

尽管真实世界的事件通常作为中断方式到来,但为了提供有效的排队、优先化和减少中断延时,通常希望在中断服务程序[ISR]中仅作一些必要的处理,其他的处理工作尽可能交给某个特定的上层任务来处理。所以,任务和 ISR 之间需要存在通信机制。信号量和消息队列同样可以实现该功能。

1.3 Wind River 的产品系列

风河公司提供了嵌入式系统开发的一系列产品,包括操作系统、软件开发调试工具、各种软件模块、BSP、参考板、硬件开发调试工具等。

● 集成开发环境 Tornado

Tornado 是风河公司推出的图形化的开发工具,包括调试器 CrossWind、命令行界面 Wind Shell、资源查看器 Browser、模拟器 Simulator 等工具。使用 Tornado 及其开发调试工具,用户可以轻松地编译生成 BootRom,创建并配置 VxWorks,编辑、编译、下载和调试代码,随时查看目标机的系统资源,帮助用户缩短交叉式开发的周期。

● 单独的开发工具

visionWARE: 是一个高级的软件开发工具,主要用于开发硬件控制、操作部分的代码。使用 visionWARE,用户可以加快并简化对目标机的诊断和初始化部分代码的编写。

diab C/C++编译器: 为了实现更好的代码优化和支持更多的 CPU,风河公司提供了 diab 编译器,可以使得嵌入式程序更具可靠性和灵活性,提供更快速、紧凑的目标码。

TurboJ: TurboJ 是一个先进的 Java 编译器,能把 Java 的字节码转换成原码。在 VxWorks 上运行 Java 程序,传统的方式是使用 Java 虚拟机 JVM 进行字节码的解释执行,而对于使用

TurboJ 编译过的程序，其执行速度可以提高约 10 倍。

SingleStep: SingleStep 是个源码级的调试器。对于一个开发小组，SingleStep 可以帮助用户进行硬件调试、设备驱动程序和 BSP 的开发、硬件和软件的集成、嵌入式应用程序的开发调试。

visionClick: 通过与 visionICE 或 visionProbe 等硬件的结合使用，visionClick 可以方便开发者对目标机硬件环境进行调试，包括 BootRom、VxWorks 和应用程序的调试，Flash 的擦写等，特别适用于设备驱动程序和 BSP 的开发。visionClick 是一个在主机上运行的软件，需要特定硬件设备的支持。

visionProbe: 是一个硬件仿真器，它通过并口连接开发主机，通过 JTAG 或 BDM 接口连接目标机，从而实现在主机上对目标机的 BootRom、VxWorks 和应用程序的调试，Flash 的擦写等。

visionICE: 是一个硬件仿真器，它通过网口连接开发主机，通过 JTAG 或 BDM 接口连接目标机，从而实现在主机上对目标机的 BootRom、VxWorks 和应用程序的调试，Flash 的擦写等。比 visionProbe 功能更强大。

Wind Power IDE: 是一个功能强大的开发环境，可用于硬件、固件和应用程序的开发。通过提供更高程度的可视化和自动化，Wind Power IDE 可以帮助不同的开发人员快速简单地启动硬件、开发 BSP 和创建独立的应用程序。

Wind Power ISS: 这是一个指令集的模拟工具，使用 Wind Power ISS，开发者可以在硬件环境还不具备的情况下运行代码，在硬件资源有限的情况下运行和测试代码。Wind Power ISS 是基于 Wind Power IDE 的。

Wind Power ICE: 这是一个基于 JTAG 接口的硬件仿真器，通过多个 JTAG 设备的串行连接，可以实现多内核、多会话的硬件调试，适用于从硬件到应用程序整个开发阶段的调试。

SNiFF+: 对于在 Unix 或 Windows 平台上开发应用程序的软件工程师来说，当代码量很大（100KB 到 5MB 的代码行），或使用了多种语言（如 C、C++、Java 和 ADA 等）时，SNiFF+ 是一个理想的集成开发环境，非常适合用于电信、自动化、国防和航天工业的软件开发。SNiFF+ 比 Tornado 具备更强大的代码开发、调试和管理功能。

此外，Wind River 还提供大量的、适用于各种硬件目标板的 BSP。

● 操作系统

VxWorks: 这是一个在嵌入式行业被广泛采用的实时操作系统，具备实时性、灵活性、兼容性、可裁减性。

VxWorks AE: 针对国防、航天、测量、控制系统所要求的高可靠性，风河公司推出了 VxWorks AE。VxWorks AE 是嵌入工业界最先进的实时操作系统，它提供了无与伦比的可靠性、可用性和可服务性[RAS]。为了高可用性的要求，VxWorks AE 提供了一些专门的特性：高性能的 Wind 微内核、保护域管理、隔离错误的应用、资源继承和管理、系统溢出保护、强大的装载工具、完整的网络工具。

OSEKWorks: 是基于 OSEK-VDX 标准、可裁减、高可靠性的实时操作系统，包含多任务操作系统内核、通信机制和网络管理功能，尤其适用于汽车工业，因此被称为引擎盖下的操作系统，也可用于工业自动化行业。在使用了较多 8 位或 16 位 CPU 的网络中，OSEKWorks 可以使控制器良好地工作，其集成的通信机制使设备和上一级控制器能够更好地协调工作。

pSOSystem: 是一个模块化、高性能的实时操作系统，能够提供一个多任务环境。主要

用于数据通信、电信、机顶盒、消费电子、掌上电脑、测试设备和与国防有关的装备。pSOStem 首先由印度 ISI 公司推出，在国内拥有很多的用户。20 世纪 90 年代，ISI 被风河公司收购。

BSD/OS: 使用 Wind River 的 BSD/OS 可以构建因特网服务器，提供诸如 HTTP、FTP、电子邮件和拨号接入等服务。BSD/OS 具有更高的可靠性和性能，它是一个软件包，包含操作系统、工具和因特网服务提供商[ISP]所需要的网络服务功能。支持 Intel 的体系平台。

VSPWorks: 这也是一个高性能的实时操作系统，尤其适用于多处理器的 DSP 系统。VSPWorks 通过提供一个虚拟单一处理器[Virtual Single Processor, VSP]结构，使得用户易于开发分布式应用程序。

● 网络组件

USB: 风河公司提供的 USB 开发包，可以使用户方便地将某些 USB 设备挂接到嵌入式系统上，包括键盘、鼠标、打印机、扬声器、数码相机、调制解调器和海量存储设备等。

WindNet 802.11b: 风河公司提供的 WindNet 802.11b 设备驱动程序开发包，支持 Intersil 的 PRISM 系列无线以太网芯片。使用 WindNet 802.11b 可以实现 IEEE802.11b 有关无线局域网的标准。

WindNet 802.1x: IEEE802.1x 是针对网络安全和接入控制的一种解决方案，风河公司推出的 WindNet 802.1x 包含 AUTHENTICATOR 和 SUPPLICANT 两部分，实现了 IEEE802.1x 中关于无线客户和接入点的基于端口的接入控制，可用于解决有线或无线局域网的安全问题。

Wind Manage CLI: 它是网络管理模块中命令行接口的开发软件，可以使用户在很短的时间内编写出层次化、具备一定语义、适用于嵌入式系统的命令行接口。

Wind Manage WEB: 它是网络管理模块中 Web 服务器的开发软件，可以使用户迅速、方便地开发出嵌入式系统中基于 Web 的设备管理软件。

Wind Manage MIBWay: 在网络管理模块中，Wind Manage MIBWay 通过提供一种接口，可以使用户在 CLI 或 Web 中轻松操作 SNMP 管理信息库中的对象。

Wind Manage SNMP: 简单网络管理协议[SNMP]用于管理和配置网络设备，Wind Manage SNMP 是该协议的一个完整的实现，包括源代码、工具和 MIB，支持 SNMP v1、v2、v3、AgentX 和 IPv6 等特性。

WindNet Radius Client: Radius 协议用于解决拨号用户的远程认证。WindNet Radius Client 实现了该协议的客户端功能，包括完整的认证、计费和安全，可以和 VxWorks 及其他 WindNet 产品良好的结合。

WindNet NAT: 网络地址转换[NAT]协议用于路由器、防火墙、DSL、Cable Modem 和家庭网关中进行网络地址和端口号的转换。WindNet NAT 是 NAT 协议的完整实现，通过地址映射和转换，可以将只有一个全局 IP 地址的内部网络连接到外部因特网，具备基本的网络安全性能。

WindNet IPSec & IKE: 它是 IETF 关于 IPSec 和 IKE 的实现，通过使用因特网密钥交换、数据加密、认证和 IP 层网络流量的完整性功能，为嵌入式设备提供了增强的网络安全性能。

WindNet PPP: 实现了点对点协议[PPP]，可以为不同的平台提供远程接入方案，并为高级的应用添加扩展的功能。支持同步和异步的 HDLC 组帧。WindNet PPP 引入了远程接入框架的概念，在一个框架内可以实现多个 PPP 协议的实例，也可以轻松加入其他远程接入协议组件（如 PPPoE 和 Multilink 等）。

WindNet PPPoE: PPP Over Ethernet[PPPoE]可以在以太网上建立 PPP 会话，广泛应用于

宽带接入服务中。WindNet PPPoE 作为 WindNet PPP 的一个插件,实现了标准的 PPPoE 协议。

WindNet Multilink: 它是 WindNet PPP 远程接入框架中的一个可选插件,为了解决 PPP 连接中带宽的动态管理,WindNet Multilink 可以把多个并行的 PPP 连接聚合成一个虚拟链路,根据需要分配带宽的应用程序。WindNet Multilink 使用了带宽分配控制协议[BACP],可以动态地从一个虚拟链路中添加或去掉某些 PPP 连接,从而实现带宽的动态分配。

WindNet OSPF: 它是开放式最短路径优先(OSPF,参见 RFC2328)路由协议的源码级实现,可以读、写并创建遵循 RFC1850 的 SNMP 管理信息库,用于路由器设备上的路由信息管理。

WindNet ISDN: 它是综合业务数字网[ISDN]协议的源码级实现,可以广泛应用于软交换、程控交换机、网关和其他的集成接入设备上。

WindNet DCOM: 风河公司对微软的 DCOM 做了一些裁减,使其适用于嵌入式系统,这样就形成了 WindNet DCOM。它可以使嵌入式设备无缝地与远程 PC 机进行交互。

WindNet OPC: 它是适用于 VxWorks 嵌入式系统下的 OPC 实现,包括 OPC 数据访问服务器和交互式客户端工具,与 Tornado、VxWorks 和 WindNet DCOM 紧密结合。

VxWorks 网络协议栈: 它是 VxWorks 中标准 TCP/IP 协议的实现,基于 BSD4.4 的网络协议栈,并根据最新的协议标准做了相应的更新,尤其针对嵌入式系统进行了优化,适用于大量的网络端节点。

WindNet Router Stack: 在 VxWorks 网络协议栈的基础上,针对第三层路由设备做了更多的优化和增强,WindNet Router Stack 提供了一系列额外的特性和能力,可以满足路由器、接入集中器[Access Concentrator]、网关和无线基站等交换设备的更高性能要求。

WindNet IPv6: 它是高度优化、性能增强的 IPv4/IPv6 的双协议栈,可以替换 VxWorks 的网络协议栈,完全符合相关标准,适用于高性能、高带宽要求的网络端点,如数据中心设备、消费类设备、SOHO 类设备和无线网络端点等。

Tornado for Intelligent Network Acceleration[TINA]: 通过把一个系统中 TCP/IP 协议栈的处理工作完全交给一个专用的嵌入式处理器进行处理,TINA 可以加速 TCP/IP 的处理工作,降低 CPU 的利用率,提高 I/O 系统的吞吐量,极大地提高服务器的性能。

此外,Wind River 还曾经推出过 WindNet BGP-4、WindNet MPLS、WindNet ATM 和 WindNet L2TP 等网络协议,现在由于策略的调整,部分产品已经取消了。

● 图形软件

Wind Media Library (WindML): 这是一个适用于 VxWorks 下开发图形用户界面的媒体库,在 2.0 版本之前称做 UGL。WindML 通过提供一系列的图形 API 函数,以及多种键盘、鼠标、字体和显示芯片的驱动,使得用户可以很容易在嵌入式系统设备上实现图形用户界面。

Zinc: 这是一个用于创建图形界面的软件,运行于主机上。使用 Zinc 软件,通过鼠标的点击和拖动,用户可以快速创建出内容丰富的图形界面,包括窗口、对话框、菜单和一些基本控件。更为重要的是,Zinc 能够自动生成 C++代码。自动产生的代码需要在 WindML 的支持下才能运行。

1.4 Wind River Platform 系列

2002 年下半年, 风河公司推出第一个面向行业市场的集成化嵌入式平台 Wind River Platforms [风河平台], 同时在全球范围实行基于授权 (Licensing model) 的租用定价模式, 实现了嵌入式软件领域产品定价模式的一个创举。Wind River Platforms 面向几个主要的行业市场, 提供高度集成化, 并且经过了长期验证的技术, 使电子产品开发商大幅度提高产品开发效率, 加快产品上市时间, 确保产品可靠性。

推出最可靠的集成化嵌入式平台, 表明风河公司已经远远不只是一个操作系统提供商。有了 Wind River Platforms, 电子产品制造商可以在不降低可靠性的前提下快速推出更为复杂、更加高效的产品, 而且在智能化、网络化方面也将得到极大的改善。

所有这些面向不同行业领域的 Platform 都是一个集成化的整体, 其中包括风河公司最知名的操作系统、开发工具、互连软件和管理工具, 也包括相应的参考硬件和服务承诺, 足以满足特定行业进行产品开发的特殊要求。同时, Wind River Platforms 也包括扩展的源代码。所有这些周密的安排都将在很大程度上降低产品开发项目的风险, 并使产品开发人员可以集中精力去研究功能独特、性能出众的产品。

风河公司已经推出的面向特定市场的集成化嵌入式平台 [IEP, Integrated Embedded Platform] 包括:

- ☐ Wind River Platform for Consumer Devices (面向消费电子产品市场);
- ☐ Wind River Platform for Industrial Devices (面向工业电子产品市场);
- ☐ Wind River Platform for Car Infotainment (面向汽车电子市场);
- ☐ Wind River Platform for Safety Critical (面向国防军工产品);
- ☐ Wind River Platform for Network Equipment (面向网络设备市场);
- ☐ Wind River Platform for Industrial Automation (面向工业自动化领域)。

● 面向消费电子产品市场的 Platform CD

Wind River Platform for Consumer Devices 是面向消费类电子产品开发的企业级嵌入式平台。终端应用包括数字影像设备、宽带接入设备、交互式数字电视和多媒体信息终端等。Platform CD 包括消费类电子产品通常需要的所有特性, 例如图形、Web 服务、无线、因特网安全访问和管理。

Platform CD 包含的开发工具有:

- ☐ Tornado IDE;
- ☐ Diab Utilities;
- ☐ WindView;
- ☐ SNIFF+;
- ☐ Tornado Full Simulator;
- ☐ Tornado BSP Developer's Kit。

Platform CD 包含的组件有:

- ☐ VxWorks RTOS;
- ☐ TrueFFS;

- ☐ Wind Media Library (Wind ML);
- ☐ USB;
- ☐ WindNet IPv6;
- ☐ WindNet 802.11b Station;
- ☐ WindNet 802.1x Supplicant;
- ☐ WindNet PPP/PPPoE;
- ☐ WindNet IPSec and IKE;
- ☐ Wind Manage SNMP;
- ☐ Wind Manage Web。

● 面向工业电子产品市场的 Platform ID

Wind River Platform for Industrial Devices 支持众多的工业应用。终端应用包括机器人、医疗器械和测试仪器等。Platform ID 集成了先进的工业产品互连工具, 包括 DCOM、CAN、图形、管理功能和工业网络访问功能。

Platform ID 包含的开发工具有:

- ☐ Tornado IDE;
- ☐ Diab Utilities;
- ☐ WindView;
- ☐ SNIFF+;
- ☐ Tornado Full Simulator;
- ☐ Tornado BSP Developer's Kit。

Platform ID 包含的组件有:

- ☐ VxWorks RTOS;
- ☐ TrueFFS;
- ☐ Wind Media Library (Wind ML);
- ☐ USB;
- ☐ WindNet CAN;
- ☐ VxDCOM。

● 面向汽车电子市场的 Platform CI

Wind River Platform for Car Infotainment 是个集成的嵌入式开发平台, 集成了必要的基本软件, 可快速设计和研制性能可靠的汽车信息设备和远程信息处理设备。Platform CI 中包含了适用于汽车信息系统的网络协议, 如 CAN、MOST、802.11b 和 PPP。

Platform CI 包含的开发工具有:

- ☐ Tornado IDE;
- ☐ Diab Utilities;
- ☐ WindView;
- ☐ Tornado Full Simulator;
- ☐ Tornado BSP Developer's Kit。

Platform CI 包含的组件有:

- ☐ VxWorks RTOS;
- ☐ TrueFFS;