

嵌入式开发系列

NITE 国家信息技术紧缺人才培养工程
National Information Technology Education Project
国家信息技术紧缺人才培养工程系列丛书

VxWorks内核、设备驱动 与BSP开发详解

张杨 于银涛 编著

华清远见嵌入式培训中心 审校

详细讲解VxWorks内核、设备驱动、BSP开发的关键技术
实例丰富，操作步骤详细
提供关键操作的操作视频，方便读者学习



源代码
关键操作视频

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

嵌入式开发系列

NITE 国家信息技术紧缺人才培养工程
National Information Technology Education Project
国家信息技术紧缺人才培养工程系列丛书

VxWorks内核、设备驱动 与BSP开发详解

张杨 于银涛 编著

华清远见嵌入式培训中心 审校

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

VxWorks内核、设备驱动与BSP开发详解 / 张杨, 于银涛编著. -- 北京: 人民邮电出版社, 2009. 10
ISBN 978-7-115-21292-4

I. ①V… II. ①张… ②于… III. ①实时操作系统—软件开发 IV. ①TP316.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第166765号

内 容 提 要

在嵌入式行业飞速发展的今天, 嵌入式操作系统的应用越来越广泛, VxWorks 具有良好的实时性, 被大量应用于航空、通信、国防、工业控制、网络设备、医疗设备、消费电子等嵌入式实时应用领域。

本书共 24 章, 按照初学者学习的一般步骤, 详细介绍了 VxWorks 的开发环境、内核分析和应用程序开发、驱动程序开发与原理和板级支持包流程与移植, 每章均配以实例进行讲解。

本书语言通俗、实例丰富、代码分析详尽, 有较强的实用性和参考价值, 适合大中专院校嵌入式相关专业学生学习参考, 也可供嵌入式开发人员和系统设计人员参考使用。

VxWorks 内核、设备驱动与 BSP 开发详解

-
- ◆ 编 著 张 杨 于银涛
审 校 华清远见嵌入式培训中心
责任编辑 黄 焱
 - ◆ 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>
三河市海波印务有限公司印刷
 - ◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 24.75
字数: 520 千字
印数: 1-3 000 册
- 2009 年 10 月第 1 版
2009 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-21292-4

定价: 49.00 元 (附光盘)

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

本书编委会

指导单位

工业和信息化部软件与集成电路促进中心

编委

谢学军 刘龙庚 李 滨 孙加兴 王绪刚 李 佳
翁祖泉 李 晨 吴 桐 宋可为 齐君英 王红伟
张百茵 赵小波 刘洪涛 宋宝华 侯茂清 孙 琼
王大亮 王 辉 傅 曦 张 强

顾问

工业和信息化部软件与集成电路促进中心副主任 邱善勤

Symbian 公司中国市场总监 卢竞

Altera 公司中国区总经理 徐平波

广州周立功单片机发展有限公司 周立功

《单片机与嵌入式系统应用》杂志社主编 何立民

北京麦克泰软件技术有限公司董事长 何小庆

中国软件行业协会嵌入式系统分会秘书长 郭淳学

华清远见嵌入式培训中心简介

- ◆ 国内首家获得 ARM 公司授权的专业嵌入式培训机构
- ◆ 微软全球嵌入式合作伙伴
- ◆ 国内首家 Symbian 公司授权培训中心
- ◆ 国内首家 Altera 公司全球合作培训机构
- ◆ 国内首家获得“高新企业认定”的 IT 培训机构
- ◆ 荣获“2008 年度中国嵌入式系统十佳企业”称号
- ◆ 中国软件行业协会嵌入式分会会员单位

华清远见嵌入式培训中心 (<http://www.farsight.com.cn>) 是一家以为企业和个人提供高端嵌入式培训解决方案为核心业务的国家高新技术企业。目前培训内容涉及的领域主要有嵌入式 Linux、Windows CE、VxWorks、Symbian、ARM、DSP、FPGA、高速 PCB 设计等, 基本覆盖嵌入式领域的各个层面。

该中心在嵌入式高端培训领域享有盛誉, 每年为包括 Samsung、NEC、PHILIPS、Motorola 等世界 500 强企业提供嵌入式企业培训服务, 目前已为近百家国内外企业实施过技术培训与咨询。同时华清远见也致力于嵌入式技术的推广, 每年有数万技术人员受益于华清远见的技术研讨会、远程教学课程、专题培训等。

序

嵌入式产业现已成为中国 IT 产业中的一个重要的新兴产业和增长点，主要表现在：产业持续快速增长；新产品、新技术更新速度加快；应用市场空间不断拓展，终端应用产品市场规模巨大；嵌入式技术不断进步；嵌入式产业发展环境不断改善。

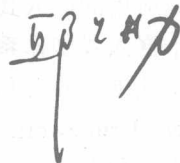
发展嵌入式技术可以全面提高“中国制造”核心竞争力，是实现“中国制造”向“中国创造”转变的良好契机。

工业和信息化部软件与集成电路促进中心（CSIP）作为国家软件与集成电路公共服务平台承载单位，秉承“促进产业发展，助力企业创新”的宗旨，以促进中国嵌入式产业的发展为己任，在嵌入式领域为国内广大企业提供政策保障、技术支持和培训服务，极大地促进了中国嵌入式相关产业的发展。

“国家信息技术紧缺人才培养工程系列丛书”由 CSIP 组织发起，在培养国家急需人才方面已经发挥了巨大作用，并将继续发挥巨大的作用。

嵌入式开发系列丛书是带领开发者进入嵌入式开发领域的最佳选择，希望能在嵌入式技术的普及、推广中发挥重大作用。

工业和信息化部软件与集成电路促进中心（CSIP）

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'CSIP' with a stylized flourish extending downwards.

工业和信息化部软件与集成电路 促进中心（CSIP）简介

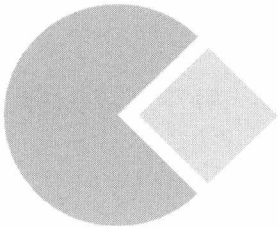
工业和信息化部软件与集成电路促进中心是工业和信息化部的直属事业单位，依据信部编[2004]10号文件，工业和信息化部软件与集成电路促进中心的主要职责是：负责国家软件与集成电路公共服务平台的建设，为我国软件与集成电路产业和企业的健康快速发展提供公共、中立、开放的服务。

国家软件与集成电路公共服务平台：是工业和信息化部领导建设的旨在引导产业发展，能对国家软件与集成电路产业和企业的发展起支撑和服务作用的公共、中立、开放的服务平台。解决单个企业想做而无法（无力）解决的问题，为企业创新和产业发展提供解决共性问题的环境，减少竞争前的企业技术基础投入，实现共性基础技术资源共享，降低企业在研发和质量保证方面的资金风险和技术门槛，促进遵从市场经济规律的软件与集成电路产业链的快速形成，让众多的软件和集成电路设计企业借其成长壮大，推动我国软件和集成电路产业做大做强。

嵌入式技术公共服务平台简介

嵌入式公共服务平台是国家软件与集成电路公共服务平台的重要组成部分，是国内嵌入式企业和开发者技术与知识的传播推广与服务平台，为微软、ARM、飞思卡尔、德州仪器、龙芯、东集、亿道电子、平望科技、英蓓特等嵌入式相关企业在国内联合开发与应用等开展合作，是嵌入式产品协作开发测试提供方。平台在嵌入式综合服务方面已具备以下服务业能力与特色。

- （1）面向行业应用的嵌入式设备设计与方案定制。
- （2）提供基于嵌入式操作系统及各类嵌入式处理器的软硬开发板。
- （3）电子设备软硬件开发和服务外包。
- （4）.Net Micro Framework、Windows CE、Linux、Windows Mobile、Symbian 等嵌入式操作系统的驱动开发和支持。
- （5）嵌入式综合测试业务。
- （6）基于嵌入式技术的高级技术培训。



前 言

行业背景

嵌入式系统应用已经深入到我们生活中的各个领域，手机、机顶盒、MP4、交换机、路由器等都可以归结为嵌入式设备。在这些嵌入式设备中，有一部分设备需要功能强大、实时性强的操作系统，VxWorks 正是这类操作系统中的佼佼者。从 VxWorks 5.4 进入中国以来，已经过去了十多年，VxWorks 在国内的应用不但没有减少，反而呈现了面向架构多、应用范围广、民用化的特性，越来越多的嵌入式设备转而采用 VxWorks 实现。

关于本书

随着 VxWorks 应用逐渐广泛，相关书籍却不多。本书结合作者在 VxWorks 的多年工作经验，仔细描述了实际开发过程中可能遇到的一些问题，并深入分析 VxWorks 系统的工作机制，旨在希望能够给刚接触 VxWorks 的初学者及对 VxWorks 有一定了解的朋友提供一些帮助，为熟悉 VxWorks 的朋友提供分析问题、设计软件的途径和思路。

本书内容结构

本书按照学习使用 VxWorks 的过程，由浅入深分为 4 个部分：VxWorks 的开发环境、内核分析和应用程序开发、驱动程序开发与原理、板级支持包流程与移植，共 24 章。

第 1 部分为 VxWorks 的开发环境，介绍了 Tornado 2.2 开发环境的使用方法、调试过程中的灵活运用、机理分析等内容，主要包括：

- 简单接触 Tornado 环境；
- 编译工程，分析 MakeFile；
- 加载操作系统，分析网络加载中错误的原因；

- 管理工程文件、组件和编译选项；
- 连接目标机，解决无法连接的问题；
- 交叉调试器，为程序设置多样化的断点；
- 浏览目标机资源，如何更好地利用 Browser；
- 合理运用 Shell、WindView 和 Triggering；
- 集成版和完整版的 VxSim。

第 2 部分为内核分析和应用程序开发，分析了内核的工作机理，为应用的设计和分析打下基础，同时还带有各种应用开发示例，其内容主要包括：

- 任务的状态和控制，内核调度任务的机理；
- 任务间的同步、通信，临界区域的保护；
- 系统计时和延时，各种计时方式的示例和比较；
- 文件系统的机理和访问方式，如何更好地利用文件系统；
- 通过 I/O 系统访问系统的外围设备；
- 访问网络，编写 TCP、UDP、zBuf 的客户端和服务端程序；
- VxWorks 程序设计中需要考虑的问题。

第 3 部分驱动程序开发与原理，描述了驱动程序层 VxWorks 的处理方式以及驱动程序的编写方法，给出了部分驱动程序示例，其内容主要包括：

- 利用并访问硬件资源，包括不同架构的内存、I/O 访问；
- 字符设备驱动程序的机理和编写方法；
- 块设备驱动程序的机理和编写方法；
- 网络设备驱动程序的机理和编写方法；
- USB 设备主机端驱动程序的机理和编写方法；
- USB 设备设备端驱动程序的机理和编写方法。

第 4 部分板级支持包流程与移植，描述了 VxWorks 中 BSP 的工作原理、用户修改 BSP 所需要的步骤以及如何同时让开发环境 Tornado 能够识别 BSP 的更改，其主要内容包括：

- BSP 工作流程以及移植过程中的修改；
- BSP 与开发环境结合的工具——CDF 格式。

最后，本书的附录介绍了新的 VxWorks 6，比较了它与 VxWorks 5.5 开发套件之间的差别。

本书特色

- 将开发中可能遇到的问题现象一一列举，给出其解决办法并分析其产生原因；
- 利用多实例详细描述开发过程，读者可以直接根据步骤操作；
- 分析各种机制实现机理，由浅入深剖析 VxWorks；
- 提供了多个可以直接应用的实例，利于读者直接分析、使用；

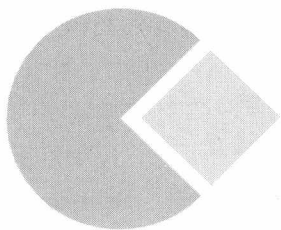
- 图例丰富，便于读者理解和操作。

联系作者

本书由张杨、于银涛执笔。

由于时间仓促，加之水平有限，书中的不足之处在所难免，敬请读者批评指正。本书责任编辑的联系方法是 huangyan@ptpress.com.cn，欢迎来信交流。

编者
2009年9月



目 录

第 1 部分 VxWorks 的开发环境

第 1 章 使用 Tornado	3	2.1.5 深入 2: 制作 U 盘引导盘	21
1.1 概述	3	2.1.6 深入 3: 制作硬盘引导盘	24
1.2 Tornado 的安装目录	4	2.1.7 深入 4: 制作一个引导 ROM	25
1.3 创建一个工程	5	2.2 深入编译环境	26
1.3.1 可加载工程和可引导工程	5	2.2.1 创建的过程	26
1.3.2 实例: 创建可加载工程	6	2.2.2 抛弃 IDE	27
1.3.3 实例: 创建可引导工程	8	2.2.3 使用 Diab	28
1.4 更加有效率地工作	9	2.3 了解 MakeFile	29
1.4.1 开发环境基本设置	10	2.3.1 MakeFile 的作用	29
1.4.2 实例: 设置一个更熟悉的编辑器	11	2.3.2 MakeFile 格式	30
1.4.3 使用 Tcl 语言定义工具	12	2.3.3 解决 MakeFile 所导致的错误	31
第 2 章 编译工程——Builder	15	第 3 章 加载——FTP Server	33
2.1 编译工程及 Boot Rom	15	3.1 FTP Server 的设置	33
2.1.1 编译工程	15	3.1.1 用户和权限	33
2.1.2 编译 Boot Rom	17	3.1.2 其他设置	34
2.1.3 实例: 制作软盘引导盘	18	3.1.3 实例: 下载一个工程	34
2.1.4 深入 1: 批处理文件 mkboot	20	3.2 从信息看状态	37

3.2.1 正常下载过程	37	6.2 断点	60
3.2.2 下载失败的原因	38	6.2.1 设置断点	60
3.3 从其他设备加载操作系统	39	6.2.2 管理断点	60
第 4 章 管理工程——Work Space	41	6.3 独特的查看功能	62
4.1 管理文件	41	6.3.1 源代码与汇编混合查看	62
4.1.1 文件的位置	41	6.3.2 调试命令行	63
4.1.2 文件依赖关系	41	6.3.3 其他功能	63
4.2 管理组件	42	6.4 系统级调试设置	63
4.2.1 VxWorks 的各种组件	43	第 7 章 浏览目标机资源——Browser	65
4.2.2 查找组件并修改属性	43	7.1 Browser 所提供的信息	65
4.2.3 裁剪组件	44	7.1.1 Browser 的设置	66
4.3 编译选项	45	7.1.2 目标机信息	66
4.3.1 编译规则	45	7.2 实例：透过现象看调试	67
4.3.2 宏定义	46	7.2.1 查看内存泄露	67
4.3.3 其他选项	47	7.2.2 分配任务优先级	68
第 5 章 连接目标机——Target Server	48	7.2.3 确定任务堆栈	68
5.1 配置 Target Server	48	7.2.4 查看中断挂接情况	69
5.1.1 基本配置内容	48	7.2.5 查看任务状况	70
5.1.2 重要配置属性	49	第 8 章 与目标机的交互——Shell 及其他	71
5.2 实例：通过网络连接目标机	53	8.1 Shell	71
5.3 实例：配置串口连接主机	54	8.1.1 Shell 的常用特性	71
5.4 连接错误的解决办法	54	8.1.2 Shell 的快捷操作	72
5.4.1 目标文件不正确	55	8.1.3 Shell 的常用命令	75
5.4.2 网络错误	55	8.1.4 Shell 的环境变量	77
5.4.3 目标机无响应	56	8.1.5 执行脚本	77
5.4.4 Target Server 缓冲池不足	56	8.2 WindView	78
5.4.5 网络速度慢	56	8.2.1 设置 WindView	79
第 6 章 交叉调试——Debugger	57	8.2.2 分析任务时序图	80
6.1 基本调试过程	57	8.3 Triggering	83
6.1.1 运行 Debugger	57	8.3.1 Triggering 设置	84
6.1.2 发起任务	58	8.3.2 Triggering 的使用	85
6.1.3 连接任务	59		

第 9 章 软件硬件同时开发——VxSim 87	9.2.1 Full VxSim 所需的网络配置..... 90
9.1 集成的 VxSim..... 87	9.2.2 创建支持网络连接的 Full VxSim 映像..... 91
9.1.1 VxSim 适用范围..... 87	9.2.3 启动 Full VxSim..... 93
9.1.2 VxSim 的配置..... 88	9.2.4 运行多个 Full VxSim..... 95
9.1.3 VxSim 的中断系统..... 90	9.3 实例：在 VxSim 上运行程序..... 95
9.2 功能更强的 Full VxSim..... 90	

第 2 部分 内核分析和应用程序开发

第 10 章 管理任务——任务的状态 101	11.2.3 管道与消息队列..... 134
10.1 任务概况..... 101	11.3 其他通信手段..... 135
10.1.1 任务状态..... 101	第 12 章 控制时间——系统计时 138
10.1.2 任务调度..... 103	12.1 系统时间..... 138
10.1.3 任务优先级..... 105	12.1.1 系统时间的来源..... 138
10.2 实例：生成、管理任务..... 105	12.1.2 与现实时间相联系..... 138
10.2.1 任务控制 API..... 106	12.2 系统计时控制..... 139
10.2.2 销毁任务..... 107	12.3 看门狗计时器..... 142
10.2.3 控制任务状态的切换..... 107	12.3.1 实例 1：看门狗计时..... 142
10.3 深入：任务切换的深层原因..... 108	12.3.2 实例 2：看门狗定时..... 143
10.3.1 时钟中断和时间片调度..... 108	12.3.3 实例 3：看门狗延时..... 144
10.3.2 优先级抢占调度机制..... 110	12.4 其他的计时方法..... 145
10.3.3 任务控制块..... 111	12.4.1 使用 CPU 时间戳计时..... 145
第 11 章 任务间的交互——同步与通信 116	12.4.2 实例：计算 CPU 频率..... 146
11.1 任务之间的交流..... 116	第 13 章 存储信息——访问文件系统 148
11.1.1 共享内存..... 116	13.1 VxWorks 中的文件系统..... 148
11.1.2 互斥..... 120	13.1.1 操作文件的办法..... 148
11.1.3 信号量..... 121	13.1.2 实例：文件操作..... 151
11.1.4 消息队列和管道..... 125	13.1.3 打开文件的过程..... 154
11.1.5 使用网络的任务间通信..... 129	13.1.4 读取文件的过程..... 155
11.1.6 信号..... 130	13.1.5 文件系统的作用..... 156
11.2 实例：任务间交流..... 131	13.1.6 文件系统的特殊功能..... 158
11.2.1 通过信号量实现互斥..... 131	13.1.7 文件系统的安装流程..... 159
11.2.2 信号量实现同步..... 133	13.2 文件系统分析..... 160

13.2.1	dosFs	160
13.2.2	rawFs	163
13.2.3	cdromFs	164
13.2.4	tapeFs	166
13.3	深入：如何提高访问效率	166
13.4	实例：支持多硬盘分区	167
第 14 章 与外界的交互——控制硬件		
14.1	驱动程序管理	169
14.1.1	文件、设备、驱动程序	169
14.1.2	驱动管理 3 张表	171
14.1.3	驱动及设备的管理	174
14.2	访问硬件的手段	175
14.2.1	创建设备	175
14.2.2	操作设备	177
14.3	操作硬件	179
14.3.1	实例：测试用程序	179
14.3.2	多设备异步通信—— select	187
14.4	VxWorks 中的隐含设备	189

第 15 章 联通的世界——访问网络 191

15.1	VxWorks 中的网络组件	191
15.1.1	层次结构	191
15.1.2	基本组件	194
15.1.3	配置网络	194
15.1.4	操作路由表	200
15.1.5	Zbuf	202
15.1.6	使用标准 I/O 访问函数	204
15.2	实例：网络编程	204
15.2.1	建立 TCP 连接	204
15.2.2	建立 UDP 连接	210
15.2.3	使用 Zbuf 访问 TCP	214
15.2.4	创建及使用 FTP	217

第 16 章 VxWorks 程序设计 221

16.1	资源	221
16.1.1	资源的有效利用	222
16.1.2	资源的保护	223
16.2	优先级安排	223
16.3	保证时间特性	224

第 3 部分 驱动开发与原理**第 17 章 硬件资源——操作硬件** 229

17.1	硬件访问	229
17.1.1	内存访问	229
17.1.2	通用的内存映射程序	231
17.1.3	I/O 端口访问	235
17.2	中断	236
17.2.1	轮询方式	236
17.2.2	中断	237
17.2.3	中断号与中断向量	240
17.2.4	中断复用	241
17.2.5	中断处理中的问题	242

17.3	访问特定硬件的 API	243
17.3.1	访问 PCI	243
17.3.2	中断相关的 API	245

第 18 章 大道至简——字符设备 247

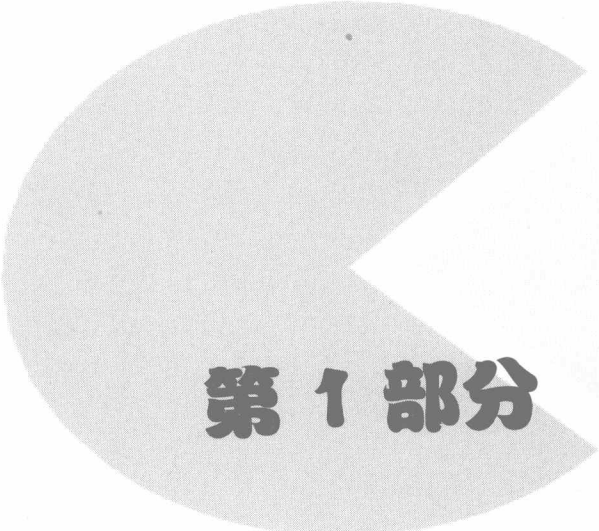
18.1	字符设备驱动程序	247
18.1.1	字符设备驱动程序的数据结构	248
18.1.2	字符设备驱动程序的接口	249
18.1.3	中断处理	257
18.1.4	安装驱动程序和创建设备	258

18.1.5 支持 Select 功能	260	20.2.11 endIoctl	297
18.2 实战字符设备开发	262	20.3 中断模式下接收数据	298
18.2.1 板卡介绍	262	20.4 网络设备驱动程序的安装	299
18.2.2 程序实现	263	第 21 章 USB 设备——USB 1.1	
第 19 章 永久的记忆——块设备	281	支持	301
19.1 块设备驱动程序的结构	281	21.1 USB 工作过程	301
19.2 块设备驱动程序的接口	283	21.2 USB 外设端协议栈	302
19.3 安装块设备驱动程序	286	21.2.1 USB 外设端协议栈结构	302
第 20 章 联通的基础——网络设备	287	21.2.2 USB 外设端协议栈实现	303
20.1 网络设备的数据结构	288	21.2.3 USB 外设端协议驱动	307
20.2 网络设备接口层	290	程序	307
20.2.1 endLoad	291	21.2.4 USB 外设端控制器驱动	316
20.2.2 endUnload	293	程序	316
20.2.3 endSend	293	21.2.5 再看“回调函数”	321
20.2.4 endMCastAddrAdd、		21.3 USB 主机端协议栈	322
endMCastAddrGet 和		21.3.1 USB 主机端协议栈结构	322
endMCastAddrDel	293	21.3.2 USB 主机端协议栈实现	324
20.2.5 endPollSend、		21.3.3 USB 主机端驱动程序	327
endPollReceive	294	第 22 章 USB 设备——USB 2.0	
20.2.6 endStart	295	支持	334
20.2.7 endStop	295	22.1 设备端协议栈	334
20.2.8 endAddressForm	295	22.2 主机端协议栈	341
20.2.9 endAddrGet	296	22.2.1 USB 与驱动程序	342
20.2.10 endPacketDataGet	296	22.2.2 与已有程序的兼容	345

第 4 部分 板级支持包流程与移植

第 23 章 多样化的主板——板级		23.3 BSP 移植	355
支持包 BSP	349	23.3.1 实现 BSP 所需要的工作	355
23.1 引导过程	349	23.3.2 BSP 中的系统接口	355
23.2 BSP 的流程	350	第 24 章 珠联璧合——BSP 与开发	
23.2.1 BSP 的作用和结构	350	环境的结合	358
23.2.2 BSP 初始化硬件	354	24.1 配置工具与 BSP 的关系	358

24.1.1	CDF 文件分析.....	358	附录 新的 VxWorks	373
24.1.2	Tornado 下通过 cdf 文件 对 VxWorks 进行配置的过程	365	FL.1 新开发环境	373
24.2	自制 BSP 配置	367	FL.1.1 新的界面	373
24.2.1	实例：增加自定义文件夹 结构	367	FL.1.2 新的开发工具	374
24.2.2	创建组件的一般步骤	371	FL.1.3 开发环境的扩展	375
			FL.1.4 与 Tornado 的对比	376
			FL.2 新特性	377
			FL.2.1 实时进程 RTP	377
			FL.2.2 错误检测与报告	378



第 1 部分 VxWorks 的 开发环境

- 第 1 章 使用 Tornado
- 第 2 章 编译工程——Builder
- 第 3 章 加载——FTP Server
- 第 4 章 管理工程——Work Space
- 第 5 章 连接目标机——Target Server
- 第 6 章 交叉调试——Debugger
- 第 7 章 浏览目标机资源——Browser
- 第 8 章 与目标机的交互——Shell 及其他
- 第 9 章 软件硬件同时开发——VxSim