

嵌入式实时集成开发环境 Tornado II 及其应用

刘建峰 高利宏 金惠华 (北京航空航天大学计算机科学与工程系 100083)

摘要: 本文通过对嵌入式开发早期历史的介绍, 针对其开发过程中遇到的困难, 介绍了基于嵌入式实时操作系统 VxWorks 的新一代嵌入式实时集成开发环境 Tornado II 的组成及其特点, 分析了 VxWorks 组成及其运行机制, 介绍了其相关的支持及有关的应用前景。

关键词: 嵌入式 实时 实时操作系统 RTOS

1 引言

早期的嵌入式开发过程中, 大多数的嵌入式软件开发基于处理器直接编写, 即采用该处理器对应的汇编语言直接编程, 用户除了自己要编写具体应用程序外, 还要编写对应的监控程序和调试工具软件来构建对应的调试环境。特别是对于多任务和实时性处理, 能够根据各不相同任务的重要性进行统筹兼顾和合理调度, 来保证每个任务能够及时执行, 以满足实时要求的需要, 这需要编写出优化的系统软件才能保证。随着人们对嵌入式系统产品开发越来越多的需要, 这种手工作坊式的开发方式越来越不能满足开发的需要, 面对这些困难, 人们发现需要:

(1) 嵌入式系统开发需要开发工具和调试环境能够提供对多种处理器的支持提供一种高级编程语言如 C 或 C++, 由开发工具提供针对多种处理器的编译系统, 使开发代码易于移植扩充。调试环境提供的调试手段丰富, 易于发现问题。

(2) 嵌入式系统软件需要一个较好的 RTOS 开发平台支持

较好的 RTOS(实时操作系统)开发平台能提供较好的实时控制和多任务实现和资源分配和管理, 而这些作为可靠的系统软件, 不需要用户再来进行开发。

(3) 嵌入式系统开发工具要求易学、易用、可靠、高效

提供较好的人机用户界面, 为开发人员提供一个方便易用的高效工具。

(4) 支持嵌入式系统开发可剪裁的要求。针对不同的嵌入式系统开发需求, 可以根据需要来剪裁出一个最小需要的系统。

基于嵌入式实时操作系统 VxWorks 为内核的集成开发环境 Tornado II, 不但满足了上述的各个要求, 而且能够将现存的操作系统的优势和开发环境结合起来, 为用户提供了一个方便高效易用的开发平台。这些将在下文中作一详细介绍。

2 基于 VxWorks 为内核的集成开发环境 Tornado II

Tornado 是实时多任务领域的领导者——Wind River Systems, Inc. (WRS) 公司推出的嵌入式实时开发环境, 其中包括高效的实时操作系统 VxWorks 和一系列开发调试工具。1984 年 WRS 公司推出它的第一个版本--VxWorks 1.0.1, 在 1997 年推出了它的最新版本 VxWorks 5.3.1。从 1995 年以后, WRS 公司推出了一套实时操作系统开发环境 -Tornado I 版, 在 1997 年后, 又推出了 Tornado I 版的增强版 Tornado II。

UNIX 和 Windows 对于程序开发和许多应用来说是优秀的操作系统, 但它们并不适合于实时应用; 另一方面, 传统的实时操作系统对于程序开发, 或对于应用中的非实时部件 (如图形用户界面 GUIs) 来说, 提供的环境则比较低劣。

美国 WindRiver 公司提供的 Tornado II 系统利用两个互为补充, 互相协作的操作系统 (VxWorks 和 UNIX, 或 VxWorks 和 Windows), 让它们各尽所长。由 VxWorks 处理关键的实时部分, 由主机进行程序开发。用户利用开发主机进行编辑, 编译, 链接, 存储实时代码, 然后在 VxWorks 上运行和调试该实时代码。最终 VxWorks 应用程序可以脱离主机系统, 独立运行在 ROM 中或磁盘上,

完成嵌入式系统的快速开发。

2.1 Tornado II 系统组成

Tornado II 是一种交互式软件开发的集成环境,集成了设计、开发和分析等特性,使之成为一有机整体。它提供一种有效的方式开发嵌入式实时应用程序,同时对目标机系统的影响做到最小。如图 1 所示为 Tornado 主机和目标机系统的关系原理:

Tornado 系统包含一个高性能的嵌入式实时操作系统 VxWorks 和交互式开发环境。这些环境包括:

(1) 驻留于主机的 Target Server, 它是 Tornado 在主机上结构的核心, 负责对目标机的通信策略, 所有的交互式工具均是通过它连接到目标机上的。

(2) 驻留于目标机上的 Target Agent, 它连接 Tornado 工具和目标机运行系统。在一般的开发过程中, Target Agent 几乎是不可见的。Tornado 工具通过 Target Server 与之联系。Agent 驻留于内核之下, 与硬件进行低级交互, 因而可以剔除应用程序不需要的所有内核功能, 而始终保持 Tornado 全面的开发环境。

(3) 集成的源码编辑器(Editor), 类似于微软的 Visual Studio 的开发环境。

(4) 项目管理器 (Project), 可定制的项目管理特性 (Project Management Facility), 简化了 VxWorks 应用开发中的组织、配置和创建工作。它包括配置 VxWorks 特性的图形工具 WindConfig, 允许用户在上百个可裁剪的特性中选择(包括选择编译选项, 分析代码相关性和大小), 构成适合用户特性的 VxWorks 操作系统运行环境, 并生成相应的 BSP(Board Support Packet)配置。同样也提供一个通用设置管理工具 ClearCase 用来进行基本配置。还有一个具有动态连接特性的装载器 Loader, 可在调试中动态加载用户模块或系统模块。

(5) 浏览器 (Browser), 用于监测目标机, 允许用户对系统对象(任务、消息队列、信号量等)和存储器使用情况观察的浏览器。Browser 汇总了应用进程, 内存消耗和一个目标内存的映射。通过 Browser, 用户可以观察信号量、消息队列、内存分配、看门狗计时器、堆栈使用情况、目标机 CPU 使用率、对象模块结构和符号表以及每个任务的详细信息。

(6) 调试器(Debugger): 由 CrossWind 模块来具体实现, 增强的图形方式源程序 (C 或 C++ 以及汇编程序等) 的调试工具, 提供图形方式或命令行方式的全面的调试特性, 包括符合分解, 任务级或系统级断点设置, 单步运行,

显示系统状态, 异常处理等等; 其实现类似微软的 Visual Studio 的开发环境。

(7) WindSh, C 语言和 Tcl 语言命令的 shell, 是驻留于主机的 C 表达式解释器, 允许用户交互地执行已卸载到目标机上的所有函数。它是一种非常受用户欢迎的开发工具, 其交互性和可操作性允许用户调用内存中的应用程序模块或是 VxWorks 模块中的任何例程。它不但具有一般命令语言的功能, 而且也具有 C 语言的设计特点, 能够解释几乎任何 C 语言表达式, 执行大多数 C 语言算子, 解析符号表数据。

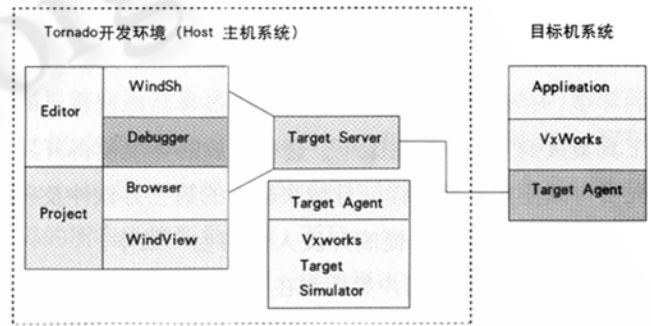


图 1 Tornado 开发环境

(8) WindView, 软件逻辑分析仪, 能以一个可视化的图形界面动态实时地提供导致发生上下文切换、事件的有关信息, 以及使用中的对象信息。

(9) VxWorks 目标模拟机 VxSim (VxWorks Target Simulator), 可在主机系统上模拟运行目标机系统, 这简化了 Tornado 环境和开发嵌入式系统之间的学习。更方便的是, 对于一些应用开发, 为开发者提供了一个不依赖于专用硬件代码(BSPs)和目标机硬件的独立开发环境。这样可在硬件设备未完成之前, 在主机上对应用程序进行仿真分析。

在主机的开发环境中, 还集成了如下的开发工具:

- 集成的 C 和 C++ 编译器及 make;
- ObjectCenter, 先进的 C++ 开发环境。选用的是 GNU C++ 编译器, I/O 数据流库支持 C++ 中的格式化 I/O。
- 集成第三方工具的挂钩 (Hooks), 如版本控制软件等;
- StethoScope: 图形化实时数据收集分析工具。
- WindNavigator: 图形化源码分析工具。
- Wind Foundation Classes: 完善的 C++ 类库。

- Look!: C++ 可视化动态调试工具。
- CodeTest: 图形化的代码测试工具, 包含代码覆盖率测试和内存泄漏监测。

2.2 Tornado 开发环境的特点

Tornado 开发环境主要具有以下特点:

(1) 所有的开发工具都适用于开发不同类型的目标机。Tornado 是专门为解决嵌入式开发人员所面临的诸多问题而设计的。对于不同的目标机, Tornado 给开发者提供一个一致的图形接口和人机界面。当使用 Tornado 的开发人员转向新的目标机时, 不必再花费时间学习或适应新的工具;

(2) 开放的、可扩展的开发环境。除了提供适用于不同目标机的工具集以外, Tornado 还是一个完全开放的环境, 开发人员或第三方厂商可以很容易地把自己的工具集成到 Tornado 框架下。这种开放的环境使得开发人员可以使用各种各样而且越来越多的第三方软件及硬件工具, 从而进一步提高开发人员的生产效率。

(3) 友好的图形用户界面和在线帮助文档。几乎所有的开发工具都提供了易学易用的友好的图形用户界面, 在出现问题时, 都可以从在线帮助文档中获取内容丰富的帮助。

(4) 系统级和任务级两种调试模式。开发工具对目标机应用程序的调试方法有两种模式。具体来讲, 一种是系统模式, 对整个应用系统进行调试, 可在系统中设置断点等, 调试中应用系统必须停下来; 另一种是任务模式 (即动态调试), 调试是针对系统中某一任务模块进行的, 整个系统仍可保留在工作状态。同样在对整个系统调试时, 也可一个模块一个模块进行, 调试好一个运行一个, 这样对加速调试速度, 方便系统调试提供了很大方便。

2.3 实时操作系统 VxWorks 的特点

VxWorks 是一种嵌入式实时操作系统, VxWorks 操作系统包括了进程管理、存储管理、设备管理、文件系统管理、网络协议及系统应用等几个部分。VxWorks 只占用了很小的存储空间, 并可高度裁减, 保证了系统能以较高的效率运行。

VxWorks 是可以根据用户需求进行组合的实时操作系统。VxWorks 的开放式结构和对工业标准的支持使开发着只需做最少的工作即可设计有效的适合于不同用户要求的实时操作系统。

VxWorks 主要有以下特点:

- 微内核结构(最小结构 <8KB)

- 高效任务管理
- * 多任务, 具有 256 优先级
- * 优先抢占和轮转调度
- * 快速, 确定的上下文转换
- 微秒级中断处理
- 支持多处理器并行处理。
- 灵活的任务间通信
- * 三种信号灯: 二进制、计数器、具有优先级继承特性的互斥信号灯
- * 消息队列
- * 套接字
- * 共享内存
- * 信号异常处理
- 符合 POSIX 1003.1b 实时扩展标准
- 支持 TCP/IP 网络协议标准
- 灵活的从 ROM、磁盘或网络的引导能力
- 快速、灵活的 I/O 系统
- 支持 MS-DOS 和 RT-11 文件系统
- 支持本地盘, flash, CD-ROM 的使用
- 完全符合 ANSI C 标准
- 1100 多个功能例程

3 结束语

VxWorks 对于强实时应用和分布式应用都有较好的支持, 可裁剪性好, 且包含经过优化设计的、符合嵌入式工业标准的 TCP/IP 网络协议栈, 能够最广泛地支持各种主机开发平台和目标机体系。其产品在高可靠、高性能的应用领域中占有统治地位。■

参考文献

- 1 VxWorks Programmer's Guide 5.3.1 Mar 97 Wind River System, Inc.
- 2 Tornado BSP Developer's Kit for VxWorks User's Guide Nov 97 Wind River System, Inc.
- 3 Tornado User's Guide (Windows Version) 1.0 Jan 96 Wind River System, Inc.
- 4 吕京建、肖海桥, 面向二十一世纪的嵌入式系统综述.