

基于日志的 TOPPERS/ASP 软件测试方法

魏先民

(潍坊学院 计算机与通信工程学院, 山东 潍坊 261061)

摘 要: 嵌入式实时操作系统(Real Time Operating System, RTOS)同通用操作系统有很大的联系,但区别也很明显. 因此对 RTOS 的评价要从很多角度进行,对 RTOS 测评方法也多种多样. 通过对实时嵌入式系统和基于 μ ITRON4.0 标准的操作系统 TOPPERS/ASP 等的研究,深入分析 RTOS 的执行流程和 TOPPERS/ASP 系统完备的日志系统功能,并采用 TOPPERS/ASP 完善的日志 log 功能对 TOPPERS/ASP 的几个因素进行分析测试,对实时嵌入式系统的测试新方式做出一些有益的探索.

关键词: 系统日志; 嵌入式实时操作系统; 嵌入式; 软件测试;

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)08-0212-04

TOPPERS / ASP Software Testing Methods Based on Log

WEI Xian-min

(Computer and Communication Engineering, Weifang University, Weifang 261061, China)

Abstract: Real time operating system (RTOS) as well as simplify the process of the design of embedded software, so it becomes an important branch of the operating system. These results in the analysis methods of RTOS become Variety. Our research focus on the RTOS and TOPPERS/ASP operating system which based on the μ ITRON4.0 Standard. And we had a deep analysis on the inside of the RTOS, especially the execution process and the log system function of TOPPERS/ASP. Our target is to find a way to use the log system to support the analysis the TOPPERS/ASP and the Evaluation indicators.

Key words: Real time operating system; software testing; system log; real-time

1 引言

嵌入式实时操作系统(Real Time Operating System, RTOS)是一个可以在有限确定的时间内对异步输入进行处理并输出的嵌入式信息系统^[1]. 一个高性能的嵌入式实时操作系统应具备良好的综合性能,包括系统体系结构、基本系统功能支持(如内存和中断管理)、API 支持和稳定性等^[2].

嵌入式实时操作系统为嵌入式应用的开发者提供系统级的支撑环境,简化嵌入式软件设计过程,是操作系统的一个重要分支^[3]. 嵌入式实时操作系统同通用操作系统有天然的联系,但同时区别也十分明显^[4]. 因此,对一个 RTOS 的评价要从很多角度进行,如体系结构、API 的丰富程度,网络支持、可靠

性等. 这就造成了对 RTOS 测评方法也多种多样^[5]. 本文通过对实时嵌入式系统和基于 μ ITRON4.0 标准的操作系统 TOPPERS/ASP 等的研究,深入分析 RTOS 的执行流程和 TOPPERS/ASP 系统完备的日志系统功能,并采用 TOPPERS/ASP 完善的日志 log 功能对 TOPPERS/ASP 的几个因素进行分析测试,对实时嵌入式系统的测试新方式做出一些有益的探索.

2 嵌入式实时操作系统 TOPPERS/ASP 概述

TOPPERS/ASP 内核是第一个按照 TOPPERS 新一代内核规范开发的实时内核. 是在符合 μ ITRON4.0 规格的标准版的实时内核 TOPPERS/

JSP 的基础上扩展/改良而开发的。

(1) TOPPERS/ASP 内核的组成与结构

TOPPERS/ASP 大概可以分为以下几大块^[6]:

① 内核,位于 kernel 目录下,全部用标准 C 语言写成。

② 目标依赖部分,包括目标的初始化、时钟 tick 的具体实现、任务切换的底层部分、中断入口管理(这是 TOPPERS/ASP 中的一个亮点,也是平台移植过程中比较麻烦的地方)、主要用于串口的系统通信端口的底层实现,以及其他一些部分。

③ 系统服务,主要是一个比较完善的日志(log)服务,可以很好地通过 log 反映系统的运行状态。

④ 配置文件. cfg, TOPPERS/ASP 中全局静态配置通过. cfg 文件实现,以一种简单的方式告知如何配置系统,例如,建立多少个任务,多少个信号量等等,包括它们的属性,而具体的实现不是配置文件的任务。系统配置器会自动生成相应的代码。

⑤ 辅助工具(主要用于移植)。

(2) TOPPERS/ASP 的系统日志(log)服务

TOPPERS/ASP 的系统 log 功能是把内核内发生的异常现象、内核跟踪 log 作为 log 信息记录的内容。同时还有取出已记录的 log 信息的功能。系统 log 功能可以通过在系统配置文件里导入 syslog. cfg 来嵌入到系统。想输出系统 log 的源文件里需要导入 t_syslog. h。另外系统 Log 功能的其他函数调用的源文件,需要导入 syslog. h 文件^[7-8]。

① 系统 log 功能的定位

系统 log 功能是可以从内核中调用,所以可以定位在内核以下层的模块。这个意义跟其他系统服务的定位不一样。一方面,为了把 log 信息输出到系统外部,有必要采用串口接口驱动等内核上运行的系统服务。于是,把 log 信息输出到系统外部的服务跟系统 log 功能分开编码,系统 log 功能有记录、输出 log 信息功能。如上所述,系统 log 功能在内核以下层的模块里,为了在系统 log 功能中输出 log,需要内核的功能。而在编码上是直接调用内核的内部变量。因此,内核的执行开始前和结束后是没有正确记录 Log 的。

② 向 log 缓存记录和低级别输出

如上所述,为了把 log 信息输出到系统外部,有必要采用内核上运行的系统服务,如果发生不能继续内核动作的重大异常,就不能输出 log 信息。另外,如果调试这些系统服务本身的情况下也不能输

出 log 信息。因此,如果在不能使用内核上动作的系统服务的情况下也想要输出 log 信息,就需要低级别输出功能。低级别输出功能是在 Target 依存上准备的低级别的文字输出函数来输出 log 信息的功能。低级别的文字输出函数是在 Target 依存部里提供,但是被嵌入到最终制品等情况下,要考虑到没有文字输出方法的情况。这种情况下,输出到低级别的文字输出函数的文字,要么就放在内存上,要么就忽略掉。把 log 信息记录在 log 缓存还是用低级别输出功能输出的设置是使用系统 log 功能的服务调用来完成的。使用低级别的输出功能的情况下,因为在内核里面进行 log 消息的作成处理和低级别的文字输出处理,所以需要注意内核的应答性变坏的事情。特别是低级别的文字输出处理是通常在移植设备驱动的时候使用,这种情况下,内核的应答性变坏可能造成内核的应答性不实用。

③ log 信息的种类

系统 log 功能给 log 信息预备了以下种类。

LOG_TYPE_COMMENT:注释
LOG_TYPE_ASSERT:断言
LOG_TYPE_LNH:中断处理
LOG_TYPE_ISR:中断服务例程
LOG_TYPE_CYC:周期处理
LOG_TYPE_ALM:报警处理
LOG_TYPE_OVR:溢出处理
LOG_TYPE_EXC:CPU 例外处理
LOG_TYPE_TEX:任务例外处理
LOG_TYPE_TSKSTAT:任务状态变化
LOG_TYPE_DSP:调度器
LOG_TYPE_SVC:服务调用

3 嵌入式实时操作系统的测试方法

嵌入式实时操作系统作为嵌入式系统发展到一定阶段的产物,其同嵌入式系统的联系是天然和紧密的,对嵌入式实时操作系统的测试工具也沿袭了传统嵌入式系统的工具,大体上可分为基于硬件的测试工具和基于软件的测试工具^[9]。

(1) 基于硬件的测试工具

基于硬件的测试工具的主要应用是在嵌入式系统硬件设计和调试阶段,用于测试和查找硬件方面的故障和问题等。但在嵌入式操作系统层次,也可以适当以硬件测试工具作为辅助测试工具,对系统及软件做出直接和准确的测试和定位。常见的基于硬件的调试工具有万用表、LED、示波器和逻辑分析仪

等,尽管主要的应用场所是板级硬件设计过程中,但操作系统和应用也可以借助这些工具做出一些简单的测试和定位,例如示波器可以用来查看操作系统控制的目标机与外部的交互过程,监视目标板内部电路上的信号和查看总线上的时序关系等.逻辑分析仪在示波器的基础上,可以监视硬件电路工作时的逻辑电平,并加以存储,用图形的方式直观地表达出来,便于用户检测、分析电路设计(硬件设计和软件设计)中的错误,从而迅速定位错误.

(2) 基于软件的测试工具

在实际应用这些方法和工具开展对嵌入式实时操作系统的测试工作中,我们会发现对一个 RTOS 的评价要从很多角度进行,如体系结构、API 的丰富程度、网络支持、可靠性等.其中,实时性自然是评价 RTOS 的最重要的指标之一,实时性的优劣是用户选择操作系统的一个重要参考.评价一个操作系统的实时性应着重考察它的哪些指标,是我们关心的问题.另外,在我们对 TOPPERS/ASP 系统的研究中,我们还将注意到系统的资源互斥共用的问题,这也是衡量一个操作系统是否有效、正确的工作的一个重要因素.

4 基于日志的 TOPPERS/ASP 分析测试

采用 TOPPERS/ASP 完善的日志 log 功能对 TOPPERS/ASP 的几个因素进行分析测试,对实时嵌入式系统的测试新方式做出一些有益的探索.我们的思路是计划采用在 TOPPERS/ASP 的测试点中插入 log 服务代码,OS 启动后运行 Benchmark 程序,输出 log 信息,通过得到的 log 信息分析 TOPPERS/ASP 的运行情况,拟测试的操作系统性能指标:调度时间、中断响应、中断恢复和共享资源访问情况.

4.1 测试环境的搭建

我们的测试环境的选择如下所示:TOPPERS/ASP 内核:asp_at91skyeye_gcc-20091219;硬件仿真环境:skyeye (Arm7TDMI);交叉编译工具链:Sourcery G++ (gcc, gdb, ...);TOPPERS 专用日志文件分析工具:TraceLogVisualizer (TLV).图 1 描述了我们测试环境是如何搭建的:

4.2 对日志文件的分析

TOPPERS/ASP 能够产生详细的日志记录,日志文件可以保存为可读的文本文件,我们需要在日志文件的基础上对系统运行中我们感兴趣的部分进行分析.图 2 是一个 TOPPERS/ASP 日志文件的样

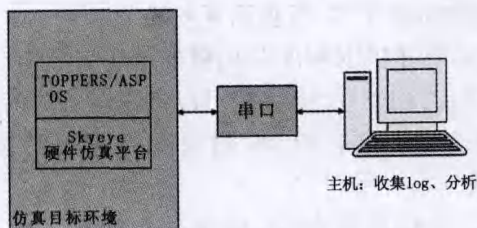


图 1 测试环境的搭建

本的截图,反映了日志文件的形式.

```

asp_app_log - 记事本
文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)
[1926099]dispatch to task 1.
[1626446]enter to ena_int intrno=2.
[1926624]leave from ena_int ired=0.
[1926926]Syster logging task is started on port 1.
[1945000]enter to dly_tsk dilytin=10.
[1945398]task 1 becomes WAITING.
[1945560]dispatch from task 1.
[1945707]dispatch to task 5.
[1646412]Sample program starts (exinf = 0).
[1946926]enter to act_tsk tskid=2.
[1947315]leave from act_tsk ired=0.
[1947461]enter to ach_tsk tskid=3.
[1947661]task 3 becomes RUNNABLE.
[1947850]leave from act_tsk ired=0.
[1947996]enter to act_act tskid=4.
[1948196]task 4 becomes RUNNABLE.
  
```

图 2 TOPPERS/ASP 日志文件

我们就是借助日志文件来分析系统运行情况, TOPPERS 系统的开发者提供了一个专门的 TOPPERS/ASP 日志分析的工具 TLV,利用它能够对系统的时间和任务执行情况作出分析.

我们采用在 TOPPERS/ASP 的测试点中插入 log 服务代码,OS 启动后运行 Benchmark 程序,输出 log 信息,通过得到的 log 信息分析 TOPPERS/ASP 的运行情况.本文提出的采用日志分析方法对嵌入式实时操作系统进行测评是一种方便快捷的系统分析测试方法,它的前提是嵌入式实时操作系统中功能完善的日志系统,采用日志系统的功能对系统运行期间的性质和问题进行分析和测试,由于发现的是系统实际运行时的问题,因此,日志分析的结果是十分有用的.由 μ ITRON4.0 规范的标准版本 TOPPERS/JSP 发展而来的 TOPPERS/ASP 是一个功能完备的嵌入式实时操作系统.它本身就提供了完善的日志功能和方便的 log 函数调用,所以我们可以利用 TOPPERS/ASP 的这一性质对其做辅助性的测试,所针对的测试指标为调度时间、中断相关的时间和共享资源访问.我们可以采用编写脚本的方式对日志文档进行抽象、提取测试需要的信息,同时结合 TOPPERS 项目提供的专用日志分析工具 TLV 对日志文档进行详尽的分析.

由于 TOPPERS/ASP 的源码繁杂,而且设计精细,所以针对待测指标的测试案例设计是我们的测试中需要面对的首要问题,解决这个问题的方法是详尽分析 TOPPERS/ASP 的源码,特别是针对待测

指标定位测试点. 另一个需要面对的问题是在共享资源的访问测试中如何建立触发竞争条件所需的精确时序序列,这就要求我们针对同一指标进行高频度重复测试以达到目的. 我们的目标是通过日志分析实时嵌入式系统 TOPPERS/ASP 的实践,并且进一步扩充测试案例,增加测评指标,更加规范化该方法.

5 结束语

本文通过深入分析 RTOS 的执行流程和 TOPPERS/ASP 系统完备的日志系统功能,并采用完善的日志 log 功能对 TOPPERS/ASP 的几个因素进行分析测试,对实时嵌入式系统的测试新方式做出了有益的探索.

参考文献:

- [1] 胡军,张岩,于笑丰,等. 嵌入式软件建模、实现与验证: 研究与发展[J]. 计算机科学,2005 32(1):16-23.
- [2] 汪泓澄. 嵌入式系统的性能基准程序及任务时限违背率 [D]. 上海:同济大学,2006.
- [3] 程国达,彭澄廉. 嵌入式系统描述与验证环境的实现 [J]. 计算机辅助设计与图形学报,2004(1):109-115.
- [4] 周炎森. SmartOSEK IDE3.0 及其模型检查和协同工作 [D]. 杭州:浙江大学,2007.
- [5] 蔡俊良,孙晓明. 一种基于 Linux 的车用实时操作系统 [J]. 清华大学学报:自然科学版,2004,44(1):78-84.
- [6] 赵立业,张激,游夏. 实时操作系统的性能分析和评估 [J]. 计算机工程,2008,4(1):283-286.
- [7] Sharygina N, Model checking of software control systems, PhD thesis[D]. Austin: The University of Texas, 2002.
- [8] Xie F, Yang G, Song X. Component-based hardware/software co-verification for building trustworthy embedded systems[J]. Journal of Systems and Software, 2007,80(5):643-654.
- [9] Sangiovanni-Vincentelli A L. Quo vadis sld: Reasoning about trends and challenges of system-level design[J]. Proceedings of the IEEE,2007,95(3):467-506.
- [1] 胡军,张岩,于笑丰,等. 嵌入式软件建模、实现与验证: 研究与发展[J]. 计算机科学,2005 32(1):16-23.
- [2] 汪泓澄. 嵌入式系统的性能基准程序及任务时限违背率 [D]. 上海:同济大学,2006.
- [3] 程国达,彭澄廉. 嵌入式系统描述与验证环境的实现 [J]. 计算机辅助设计与图形学报,2004(1):109-115.
- [4] 周炎森. SmartOSEK IDE3.0 及其模型检查和协同工作 [D]. 杭州:浙江大学,2007.
- [5] 蔡俊良,孙晓明. 一种基于 Linux 的车用实时操作系统 [J]. 清华大学学报:自然科学版,2004,44(1):78-84.
- [6] 赵立业,张激,游夏. 实时操作系统的性能分析和评估 [J]. 计算机工程,2008,4(1):283-286.
- [7] Sharygina N, Model checking of software control systems, PhD thesis[D]. Austin: The University of Texas, 2002.
- [8] Xie F, Yang G, Song X. Component-based hardware/software co-verification for building trustworthy embedded systems[J]. Journal of Systems and Software, 2007,80(5):643-654.
- [9] Sangiovanni-Vincentelli A L. Quo vadis sld: Reasoning about trends and challenges of system-level design[J]. Proceedings of the IEEE,2007,95(3):467-506.

作者简介:

魏先民 男,(1969-),硕士,副教授. 研究方向为分布式数据库、人工智能.

(上接第 211 页)

- SOA[J]. Journal of Systems Architecture, 2009, 55(4): 255-263.
- [2] 李海华,杜小勇,田萱. 一种能力属性的 Web 服务信任评估模型[J]. 计算机学报,2008,31(8):1471-1477.
- [3] 刘彬,张仁津. 一种基于 Web 服务的信任评估模型[J]. 微电子学与计算机, 2010,27(8):168-172.
- [4] Kevin Hoffman, David Zage, Cristina Nita-Rotaru. A survey of attack and defense techniques for reputation Systems [J]. ACM Computing Surveys, 2009, 42(1): 1-31.
- [5] Zaki Malik, Athman Bouguettaya. RATEWeb: reputation assessment for trust establishment among web services[J]. The VLDB Journal, 2009, 18(4): 885-911.
- [6] Zaki Malik, Athman bouguettaya. Reputation Bootstrapping for trust establishment among web services[J]. Internet Computing, 2009, 13(1):40-47.
- [7] 吴鹏,吴国新,方群. 一种基于概率统计方法的 P2P 系统信任评模型[J]. 计算机研究与发展,2008, 45(3): 408-416.
- [8] Hien Trang Nguyen, Weiliang Zhao, Jian Yang. A Trust and Reputation Model Based on Bayesian Network for Web Services[C]//2010 IEEE International Conference on Web Services. Miami: IEEE computer society, 2010:251- 258.

作者简介:

刘彬 男,(1973-),硕士,副教授. 研究方向为网络计算、计算机图形学.

张仁津 男,(1963-), 硕士,教授. 研究方向为软件方法学,组件技术,对象技术.