

嵌入式实时系统及中国 RTOS 的发展

彭玉灵

(成都西南交通大学计算机与通信工程学院,成都610031)

摘 要: 综述了嵌入式实时系统的定义、系统结构及其基本特征,概括了 VxWorks、VRTX、Lynx 三种实时操作系统各自的特点,介绍了目前我国的嵌入式实时操作系统,讨论了我国嵌入式操作系统的发展机遇。

关键词: 嵌入式系统 实时操作系统 RTOS

1 引言

随着生产和科学技术的发展,特别是微电子技术的迅猛发展,原型技术和设计技术的不断成熟,以及计算机技术迅速的向非计算机领域的渗透,嵌入式计算机系统或者简称嵌入式系统越来越普遍的得到应用,也越来越显示出其商用的巨大市场回报。

在嵌入式系统的应用开发中,嵌入式实时操作系统(简称 RTOS)是核心软件。实时操作系统是指具有实时性,能支持实时控制系统工作的操作系统。实时的含义就是在规定的时间内能够传递正确的结果,迟到的结果就是错误的。实时系统并非指“快速”的系统,实时系统有限定的响应时间,从而使系统具有可预测性。

2 嵌入式实时系统

嵌入式系统内部包含一个或多个控制用的 CPU 以及针对特定应用环境而开发的高层软件,通常含有操作系统。在使用过程中,系统内部 CPU 和软件的行为并不为外界所感知,因此叫做“嵌入式”系统;通常把对外部事件响应时间很短的嵌入式系统叫做“嵌入式实时系统”;应用于嵌入式实时系统的操作系统叫做“嵌入式实时操作系统”;相应的应用程序叫做“嵌入式实时应用程序”。

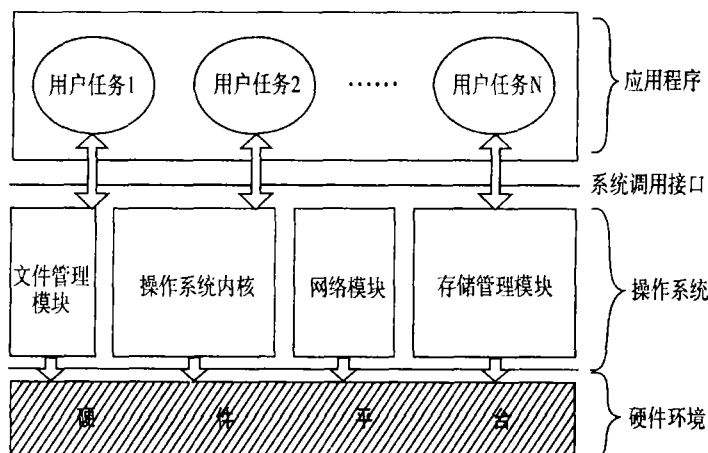


图 1 嵌入式实时系统结构

2.1 嵌入式实时系统的构成

嵌入式实时系统包括硬件和软件两个方面,由硬件平台、嵌入式实时操作系统及其他系统软件模块、实时应用程序三个部分组成。如图 1 所示。

(1) 硬件平台

嵌入式实时系统的硬件平台通常以功能紧凑、专用性强的 CPU 为核心同时结合少量的外围设备,具有应用相关性,即多样性的特点。

(2) 嵌入式实时操作系统及其他系统软件模块

操作系统和其他系统软件介于硬件和应用程序之间,负责调度并管理实时应用程序,并完成对硬件的控制和操作。

(3) 实时应用程序

实时应用程序是基于嵌入式实时操作系统、利用操作系统提供的实时机制完成特定的嵌入式实时系统具体功能的应用程序。

在以上三个部分中,嵌入式实时操作系统是嵌入式实时系统的核心,是应用程序开发和运行的平台,是嵌入式实时系统区别于其他通用计算机系统的集中体现,也是推动嵌入式实时系统广泛应用的关键因素。嵌入式实时操作系统结构如图 2 所示。

2.2 嵌入式实时操作系统的基本特征

IEEE 的实时 UNIX 分委会认为实时操作系统应具备以下的几点:

(1) 异步的时间响应

实时系统能在系统要求的时间内响应异步的外部事件,要求有异步 I/O 河终端处理能力。I/O 响应时间常受内存访问、硬盘访问和处理机总线速度所限制。

(2) 切换时间和中断延迟时间确定

(3) 优先级中断和调度

必须允许用户定义中断优先级和被调度的任务优先级并制定如何服务中断。

(4) 抢占式调度

为保证响应时间,实时操作系统必须允许高优先级任务一旦准备好运行,马上抢占低优先级任务的执行。

(5) 内存锁定

必须具有将程序或部分程序锁定在内存的能力,锁定在内存的程序减少了为获取该程序而访问盘的时间,从而保证了快速的响应时间。

(6) 连续文件

应提供存取盘上数据的优化方法,使得存取数据时查找时间量少。通常要求把数据存储在连续文件上。

(7) 同步

提供同步和协调共享数据使用和时间执行的手段。

总的来说,RTOS 是事件驱动的(event-driven),能对来自外界的作用和信号在限定的时间内做出响应。它强调的是实时性、可靠性和灵活性。与实时应用软件相结合成为有机的整体,起着核心作用,由它来管理和协调各项工作,为应用软件提供良好的运行软件环境及开发环境。

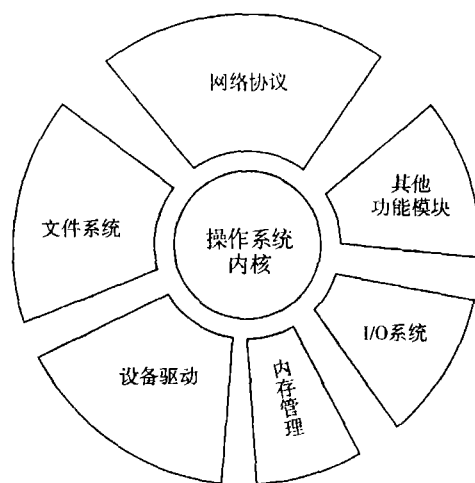


图 2 嵌入式实时操作系统结构

3 几种常见的实时操作系统

据嵌入式系统编程(Embedded Systems Programming)杂志的最新报告,世界各国有 40 多家公司,已成功推出了 200 余种可供嵌入式应用的实时操作系统。其中著名的操作系统是:WindRiver 公司的 VxWorks, Microtec Research 公司(MRI)的 VRTX, Integrated System 公司(ISI)的 pSOS, Lynx Real-Time Systems 公司的 Lynx 实时 OS。这些操作系统适用于强实时、多任务应用环境,而且还具有相应的功能齐全交叉环境,如 WindRiver 公司的 Tornado, MRI 公司的 XRAY。

因为 ISI 公司已被 WindRiver 公司收购,所以这里就不再介绍 pSOS。

3.1 VxWorks

VxWorks 是 WindRiver 公司开发的具有工业领导地位的高性能实时操作系统内核,具有先进的网络功能。VxWorks 的开放式结构和对工业标准的支持,使得开发人员易于设计高效的嵌入式系统,并可以很小的工作量移植到其他不同的处理器上。

VxWorks 具有以下几个特点:

(1) VxWorks 系统运行环境支持的 CPU 包括:Power PC、68K、CPU32、SPARC、i960、x86、Mips 等;同时支持 RISC、DSP 技术。支持多种硬件环境也是 VxWorks 得以流行的重要原因,同时,从中可以看出, VxWorks 同世界许多硬件厂商有着紧密的关系。

(2) VxWorks 的微内核 Wind 是一个具有较高性能的、标准的嵌入式实时操作系统内核,其主要特点包括:快速多任务切换、抢占式任务调度、任务间通信手段多样化等。该内核具有任务间切换时间短、中断延迟小、网络流量大等特点。

(3) VxWorks 系统具有较好的可裁剪的能力,可裁剪的组件超过 80 个,用户可以根据自己系统的功能目标通过交叉开发环境方便地进行配置。

(4) VxWorks 支持应用程序的动态连接和动态下载,使开发者省去了每次调试都应将应用程序和操作系统内核进行链接和下载的步骤,缩短了编辑/调试周期。

(5) VxWorks 具有较好的兼容性,使其在不同的环境间可以方便的移植,减少了开发周期和经费。

(6) VxWorks 是最早实现捆绑集成交叉开发环境的嵌入式实时操作系统之一,也是最早在其内核中加入 TCP/IP 网络协议的嵌入式实时操作系统。

3.2 VRTXsa

VRTXsa 是针对嵌入式应用的、通用的实时执行程序(内核)。它是实时多个任务系统的基础,负责管理、调度任务(安排 CPU 的时间)和任务间的通信、同步,提供始终和中断管理机制。VRTXsa 与 VRTX32 是向下兼容的。

VRTXsa 支持实时多任务执行的特点是:

- (1) 多任务支持;
- (2) 事件驱动,基于优先级的调度;
- (3) 任务间的通信与同步;
- (4) 动态存储分配;
- (5) 实时时钟控制;
- (6) 字符 I/O 支持;
- (7) 完全可抢占内核,硬实时响应。

建立在 VRTXsa 基础上的系统根据功能来分层,每一层都使用下一层提供的功能。系统硬件构成了系统的最底层。紧接着一层包括了最简单的、大多是与硬件相关的操作系统功能,最上层是应用程序。从技术角度来看,每一层都为其上一层定义了一个虚拟机。在更高的层上,不能分辨出由软件提供的功能与硬件提供的功能,每一层都增加了一些功能。

3.3 Lynx

Lynx Real - Time Systems, Inc. 成立于 1998 年,总部在 San Jose, California。Lynx 主要开发基于微处理器的高技术产品, Lynx 的基础产品是 Lynx 嵌入式操作系统,并提供一整套嵌入式软件产品和服务。

Lynx OS 具有 Unix 的全部优点,即真正的实时内核,程序可重入和调度确定性。Lynx OS 具有如下特点:

- (1)提供了标准的 API 和实时的特性,类似于 Unix 的实时开发环境;
- (2)完全集成的存储管理和内存保护;
- (3)多任务 OS, Lynx OS 有 256 个固定的优先级别, Lynx 在某一时刻决定哪个任务,使得不同的任务可以多路复用 CPU,优先级可以继承;
- (4)抢占, Lynx OS 在适当的时候可以中断一个正在运行的任务,而运行另一个。
- (5)为任务提供服务,如任务控制,数据共享,资源共享的协作访问;
- (6)确定的硬实时响应;
- (7)Lynx OS 是多进程、虚拟存储的 OS;
- (8)可裁剪的可配置的组织结构,如果完全安装,它是自主的工作站开发系统,交叉开发系统,可以在 Unix 系统上开发 Lynx 的应用,最小化的 Lynx OS 可以支配之内核,并且可以被固化在 ROM 里;
- (9)Lynx OS 提供尖端的存储管理;
- (10)Lynx OS 用户线程,提供了基于 POSIX 1003.1C 标准的 Pthread 线程序;
- (11)Lynx OS 内核线程,内核线程处理大批的用户级的中断服务,线程的优先级是基于访问设备的用户任务的最大优先级,只有分派线程可以重新允许中断,高级中断处理通过执行大批的与发出请求的进程优先级相同的异步处理,保证进程的响应时间的可预知;
- (12)其它特性,如网络文件系统、工业标准网络、流设备、远程程序调用、X - Windows 开发包、OSF/Motif 开发包、High Availability 机制、NFS 缓存等。

4 中国的 RTOS

目前国内也开始重视嵌入式系统的研究开发,已将其列入 863 发展计划。中科院的 EEOS,北京科银京成的 DeltaSystem(道系统),都是自己开发的成果。

EEOS 的思路是在各种 RTOS 中优选某些 OS 如 Linux, eCos 进行增值、开发,形成适合各种不同的需求的,有很强的可配置能力的 RTOS 基本框架,提供易学、易用、易测试、易移植的 RTOS 软件包。这能掌握 OS 界面,促进使用标准化核心服务的 API 实现和 DRIVER 实现的重用。使如 TCP/IP 协议栈,各类设备驱动程序等能够独立开发,优选使用,打破 OS 垄断。通过重用代码,可以降低 RTOS 开发与使用的代价。

DeltaSystem 核心产品是 DeltaOS,它主要包括:具有高可靠性和实时性的内核 DeltaCORE、嵌入式 TCP/IP DeltaNET、嵌入式文件系统 DeltaFILE 以及嵌入式图形接口 DeltaGUI。DeltaOS 支持 ARM7、StrongARM、PPC8XX、PPC4XX、X86 以及 MIPS 等多种嵌入式微处理器。道系统是一个完整的开发平台,除 DeltaOS 外,还包括整合开发工具 LambdaTool、应用组件、测试工具 GammaRay 等。科银京成在开发工具基本完成以后,研发的重心已经转入应用组件的开发。据中兴通讯对道系统、VxWorks、嵌入式 Linux 的评估表明,道系统在综合性能方面已经与 VxWorks 相近。

此外,中国自主开发的嵌入式操作系统还有:凯思集团公司自主研发开发的嵌入式操作系统 Hopen OS(女娲计划)、中国科学院北京软件工程研发中心开发的 CASSPDA 以及浙江大学自行研发开发的嵌入式操作系统 HBOS(天堂之鸟)、深圳桑夏公司推出了桑夏 2000 操作系统等。中软和中科红旗等已经商业化运营的公司则致力于嵌入式 Linux 系统的开发。其中,凯思集团的 Hopen 操作系统已经取得良好的市场反响:与 TCL 联手推出了 TCL HiD;与上海天亿合作推出了网络股票机;还推出了基于 Hopen OS 的

VOD/KTV 宽频视讯转换盒和无线 PDA 产品方案以及联想天玑 911 产品和高中低阶产业应用解决方案。中国在嵌入式软件开发上百花齐放,但都是相互独立成一体,没有细化的上下游产业协作关系,这种产业模式导致各个嵌入式系统都难以把市场做大、做精。尽管如此,中国各种各样的嵌入式解决方案将在短期内找到自己的生存空间,从而满足多种多样的市场需求。

2003 年,中国嵌入式操作系统市场处于快速增长时期。嵌入式操作系统的总体销售额将超过 6500 万元,相对于 2002 年,整个嵌入式操作系统市场保持了快速的增长。嵌入式操作系统在通信、汽车、医疗和安全方面有比较广泛的应用。

中国将是世界上最大的 RTOS 市场之一。首先,中国有着世界上最大的电信市场。据信息产业部预计,在未来 2~3 年内,中国将是世界上最大的手机市场(每一部手机都在运行一个 RTOS)。其次,中国还有巨大的信息家电市场。机顶盒,高清晰数字电视和 IP 电话等信息家电已初露锋芒,国内外市场方兴未艾。这对于我国电信行业和年轻的家电行业来说都是一个千载难逢的发展机遇。虽然目前国产 RTOS 市场占有率还很低,但我们相信,只要抓住机遇,中国人自己开发设计的 RTOS 一定会得到国人的认可,有着无限光明的前途。

参考文献

- [1] 孔祥营,柏桂枝编著. 嵌入式实时操作系统 VxWorks 及其开发环境 Tornado. 中国电力出版社. 2002.
- [2] 熊光泽. CRTOS 愿为民族信息产业贡献力量. 热点关注. 1999 年 8 月.
- [3] pSOSystem System Concepts. PSOSytem Documents. Integrated Systems Incorporation.
- [4] pSOSystem Advanced Topics. PSOSytem Documents. Integrated Systems Incorporation.

Embedded Real – Time operating system and it's pevelopment in china

PENG Yuling

(College of copmputer and communicating Engineéring, Southwest jiaotong University, chengdu, 610031)

Abstract: The paper is summarized the definition of Embedded Real – Time Operating System, its structure and features. It sums up characteristics of VxWorks, VRTX and Lyns. It also describes Embedded Real – Time Operating System of our country at present. The development chance of RTOS our country is discussed.

Key words: Embedded System; Real – Time Operation System; RTOS