嵌入式操作系统介绍及选型原则

宋延昭 北京邮电大学自动化学院华飞研究所(100876)

Abstract

This paper gives an introduction on the six rules to select a suitable embedded operation system,and compares the pros and cons of several commonly used embedded operation systems,like VxWorks,windowsCE,embedded Linux and μC/OS-Ⅱ.

Keywords:embedded operation system,selection rule,VxWorks,WindowsCE,embedded- Linux,μC/OS-Ⅱ

摘 要

介绍了选择嵌入式操作系统应遵循的六条原则，并比较了目前几种嵌入式操作系统 VxWorks、WindowsCE、嵌入式 Linux、μC/OS-Ⅱ等各自的优缺点。

关键词:嵌入式操作系统,选型原则,VxWorks,WindowsCE,嵌入式 Linux,μC/OS-Ⅱ

嵌入式系统是以应用为中心,软硬件可裁减的,适用于对功能、可靠性、成本、体积、功耗等综合性严格要求的专用计算机系统。具有软件代码小、高度自动化、响应速度快等特点,特别适合于要求实时和多任务的体系。嵌入式系统主要由嵌入式处理器、相关支撑硬件、嵌入式操作系统及应用软件系统等组成,它是可独立工作的"器件"。

1 嵌入式操作系统的发展

作为嵌入式系统(包括硬、软件系统)极为重要的组成部分的嵌入式操作系统,通常包括与硬件相关的底层驱动软件、系统内核、设备驱动接口、通信协议、图形界面、标准化浏览器等。嵌入式操作系统具有通用操作系统的基本特点，如能够有效管理越来越复杂的系统资源;能够把硬件虚拟化,使得开发人员从繁忙的驱动程序移植和维护中解脱出来；能够提供库函数、驱动程序、工具集以及应用程序。与通用操作系统相比较,嵌入式操作系统在系统实时高效性、硬件的相关依赖性、软件固态化以及应用的专用性等方面具有较为突出的特点。

嵌入式操作系统伴随着嵌入式系统的发展经历了 4 个比较明显的阶段：

第一阶段:无操作系统的嵌入算法阶段,以单芯片为核心的可编程控制器形式的系统,具有与监测、伺服、指示设备相配合的功能。应用于一些专业性极强的工业控制系统中,通过汇编语言编程对系统进行直接控制,运行结束后清除内存。系统结构和功能都相对单一,处理效率较低,存储容量较小,几乎没有用户接口。

第二阶段:以嵌入式 CPU 为基础、简单操作系统为核心的嵌入式系统。CPU 种类繁多,通用性比较差;系统开销小,效率高；一般配备系统仿真器，操作系统具有一定的兼容性和扩展性;应用软件较专业,用户界面不够友好;系统主要用来控制系统负载以及监控应用程序运行。

第三阶段:通用的嵌入式实时操作系统阶段,以嵌入式操作系统为核心的嵌入式系统。能运行于各种类型的微处理器上,兼容性好;内核精小、效率高,具有高度的模块化和扩展性;具备文件和目录管理、设备支持、多任务、网络支持、图形窗口以及用户界面等功能;具有大量的应用程序接口(API);嵌入式应用软件丰富。

第四阶段:以基于 Internet 为标志的嵌入式系统。这是一个正在迅速发展的阶段。目前大多数嵌入式系统还孤立于 Internet 之外，但随着 Internet 的发展以及 Internet 技术与信息家电、工业控制技术等结合日益密切，嵌入式设备与 Internet 的结合将代表着嵌入式技术的真正未来。

2 使用实时操作系统的必要性

嵌入式实时操作系统在目前的嵌入式应用中用得越来越广泛,尤其在功能复杂、系统庞大的应用中显得愈来愈重要。

首先,嵌入式实时操作系统提高了系统的可靠性。在控制系统中,出于安全方面的考虑,要求系统起码不能崩溃,而且还要有自愈能力。不仅要求在硬件设计方面提高系统的可靠性和抗干扰性,而且也应在软件设计方面提高系统的抗干扰性,尽可能地减少安全漏洞和不可靠的隐患。长期以来的前后台系统软件设计在遇到强干扰时,使得运行的程序产生异常、出错、跑飞,甚至死循环,造成了系统的崩溃。而实时操作系统管理的系统,这种干扰可能只是引起若干进程中的一个被破坏，可以通过系统运行的系统监控进程对其进行修复。通常情况下,这个系统监视进程用来监视各进程运行状况，遇到异常情况时采取一些利于系统稳定可靠的措施,如把有问题的任务清除掉。

其次,提高了开发效率,缩短了开发周期。在嵌入式实时操作系统环境下,开发一个复杂的应用程序,通常可以按照软件工程中的解耦原则将整个程序分解为多个任务模块。每个任务模块的调试、修改几乎不影响其他模块。商业软件一般都提供了良好的多任务调试环境。

再次，嵌入式实时操作系统充分发挥了 32 位 CPU 的多任务潜力。32 位 CPU 比 8、16 位 CPU 快,另外它本来是为运行多用户、多任务操作系统而设计的，特别适于运行多任务实时系统。32 位 CPU 采用利于提高系统可靠性和稳定性的设计,使其更容易做到不崩溃。例如,CPU 运行状态分为系统态和用户态。将系统堆栈和用户堆栈分开,以及实时地给出 CPU 的运行状态等，允许用户在系统设计中从硬件和软件两方面对实时内核的运行实施保护。如果还是采用以前的前后台方式,则无法发挥 32 位 CPU 的优势。从某种意义上说,没有操作系统的计算机(裸机)是没有用的。在嵌入式应用中,只有把 CPU 嵌入到系统中,同时又把操作系统嵌入进去,才是真正的计算机嵌入式应用。

3 嵌入式操作系统选型

当我们在设计信息电器、数字医疗设备等嵌入式产品时,嵌入式操作系统的选择至关重要。一般而言,在选择嵌入式操作系统时,可以遵循以下原则。总的来说,就是"做加法还是做减法"的问题。

1)市场进入时间。制定产品时间表与选择操作系统有关系,实际产品和一般演示是不同的。目前是 Windows 程序员可能是人力资源最丰富的。现成资源最多的也就可能是 WinCE。使用

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

WinCE 能够很快进入市场。因为 WinCE+X86 做产品实际上是在做减法,去掉你不要的功能,能很快出产品,但伴随的可能是成本高,核心竞争力差。而某些高效的操作系统可能由于编程人员缺乏,或由于这方面的技术积累不够,影响开发进度。

2)可移植性。操作系统相关性。当进行嵌入式软件开发时,可移植性是要重点考虑的问题。良好的软件移植性应该比较好,可以在不同平台、不同系统上运行,跟操作系统无关。软件的通用性和软件的性能通常是矛盾的。即通用以损失某些特定情况下的优化性能为代价。很难设想开发一个嵌入式浏览器而仅能在某一特定环境下应用。反过来说,当产品与平台和操作系统紧密结合时,往往你的产品的特色就蕴含其中。

3)可利用资源。产品开发不同于学术课题研究,它是以快速、低成本、高质量的推出适合用户需求的产品为目的的。集中精力研发出产品的特色,其他功能尽量由操作系统附加或采用第三方产品,因此操作系统的可利用资源对于选型是一个重要参考条件。Linux 和 WinCE 都有大量的资源可以利用,这是他们被看好的重要原因。其它有些实时操作系统由于比较封闭,开发时可以利用的资源比较少,因此多数功能需要自己独立开发。从而影响开发进度。近来的市场需求显示,越来越多的嵌入式系统,均要求提供全功能的 Web 浏览器。而这要求有一个高性能、高可靠的 GUI 的支持。

4)系统定制能力。信息产品不同于传统 PC 的 Wintel 结构的单纯性,用户的需求是千差万别的,硬件平台也都不一样,所以对系统的定制能力提出了要求。要分析产品是否对系统底层有改动的需求,这种改动是否伴随着产品特色?Linux 由于其源代码开放的天生魅力,在定制能力方面具有优势。随着 WinCE 3.0 原码的开放,以及微软在嵌入式领域力度的加强,其定制能力会有所提升。

5)成本。成本是所有产品不得不考虑的问题。操作系统的选择会对成本有什么影响呢?Linux 免费,WinCE 等商业系统需要支付许可证使用费,但这都不是问题的答案。成本是需要综合权衡以后进行考虑的——选择某一系统可能会对其它一系列的因素产生影响,如对硬件设备的选型、人员投入、以及公司管理和与其它合作伙伴的共同开发之间的沟通等许多方面的影响。

6)中文内核支持。国内产品需要对中文的支持。由于操作系统多数是采用西文方式,是否支持双字节编码方式,是否遵循 GBK,GB18030 等各种国家标准,是否支持中文输入与处理,是否提供第三方中文输入接口是针对国内用户的嵌入式产品的必需考虑的重要因素。

上面提到用 WinCE+x86 出产品是减法,这实际上就是所谓 PC 家电化;另外一种做法是加法,利用家电行业的硬件解决方案(绝大部分是非 x86 的)加以改进,加上嵌入式操作系统,再加上应用软件。这是所谓家电 PC 化的做法,这种加法的优势是成本低,特色突出,缺点是产品研发周期长,难度大(需要深入了解硬件和操作系统)。如果选择这种做法,Linux 是一个好选择,它让你能够深入到系统底层,如果你愿意并且有能力。

4 几种代表性嵌入式操作系统比较

4.1 VxWorks

VxWorks 操作系统是美国 WindRiver 公司于 1983 年设计开发的一种嵌入式实时操作系统(RTOS),是 Tornado 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,在嵌入式实时操作系统领域逐渐占据一席之地。

VxWorks 具有可裁剪微内核结构;高效的任务管理;灵活的任务间通讯;微秒级的中断处理;支持 POSIX 1003.1b 实时扩展标准;支持多种物理介质及标准的、完整的 TCP/IP 网络协议等。

然而其价格昂贵。由于操作系统本身以及开发环境都是专有的,价格一般都比较高,通常需花费 10 万元人民币以上才能建起一个可用的开发环境,对每一个应用一般还要另外收取版税。一般不通供源代码,只提供二进制代码。由于它们都是专用操作系统,需要专门的技术人员掌握开发技术和维护,所以软件的开发和维护成本都非常高。支持的硬件数量有限。

4.2 Windows CE

Windows CE 与 Windows 系列有较好的兼容性,无疑是 Windows CE 推广的一大优势。其中 WinCE3.0 是一种针对小容量、移动式、智能化、32 位、了解设备的模块化实时嵌入式操作系统。为建立针对掌上设备、无线设备的动态应用程序和服务提供了一种功能丰富的操作系统平台,它能在多种处理器体系结构上运行,并且通常适用于那些对内存占用空间具有一定限制的设备。它是从整体上为有限资源的平台设计的多线程、完整优先权、多任务的操作系统。它的模块化设计允许它对从掌上电脑到专用的工业控制器的用户电子设备进行定制。操作系统的基本内核需要至少 200KB 的 ROM。由于嵌入式产品的体积、成本等方面有较严格的要求,所以处理器部分占用空间应尽可能的小。系统的可用内存和外存数量也要受限制,而嵌入式操作系统就运行在有限的内存(一般在 ROM 或快闪存储器)中,因此就对操作系统的规模、效率等提出了较高的要求。从技术角度上讲,Windows CE 作为嵌入式操作系统有很多的缺陷:没有开放源代码,使应用开发人员很难实现产品的定制;在效率、功耗方面的表现并不出色,而且和 Windows 一样占用过的系统内存,运用程序庞大;版权许可费也是厂商不得不考虑的因素。

4.3 嵌入式 Linux

这是嵌入式操作系统的一个新成员,其最大的特点是源代码公开并且遵循 GPL 协议,在近一年多以来成为研究热点,据 IDG 预测嵌入式 Linux 将占未来两年的嵌入式操作系统份额的 50%。

由于其源代码公开,人们可以任意修改,以满足自己的应用,并且查错也很容易。

遵从 GPL,无须为每例应用交纳许可证费。

有大量的应用软件可用。其中大部分都遵从 GPL,是开放源代码和免费的。可以稍加修改后应用于用户自己的系统。

有大量的免费的优秀的开发工具,且都遵从 GPL,是开放源代码的。

有庞大的开发人员群体。无需专门的人才,只要懂 Unix/Linux 和 C 语言即可。随着 Linux 在中国的普及,这类人才越来越多。所以软件的开发和维护成本很低。

优秀的网络功能,这在 Internet 时代尤其重要。

稳定——这是 Linux 本身具备的一个很大优点。

内核精悍,运行所需资源少,十分适合嵌入式应用。

支持的硬件数量庞大。嵌入式 Linux 和普通 Linux 并无本质区别,PC 上用到的硬件嵌入式 Linux 几乎都支持。而且各种硬件的驱动程序源代码都可以得到,为用户编写自己专有硬件的驱动程序带来很大方便。

在嵌入式系统上运行 Linux 的一个缺点是 Linux 体系提供实时性能需要添加实时软件模块。而这些模块运行的内核空间正是操作系统实现调度策略、硬件中断异常和执行程序的部分。由于这些实时软件模块是在内核空间运行的,因此代码错误可

(下转第 24 页)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

取的信号为 5~10V。

(3)计算机选择

选择 ISA 总线的商用计算机，因该课题主板上只额外插一片 PCL-818HG 卡，插槽数少，主机体积小，使用方便。

3 喂料机数据采集系统软件设计

软件设计首先考虑的问题在于：构建各种控制模块的后台驱动程序(基于厂方提供的动态链接库)，建立合适的用户界面及必要的数据处理。考虑整个系统运行的可靠性，采用 Windows NT 操作系统，用 VC++6.0 进行二次开发，软件流程如图 3。

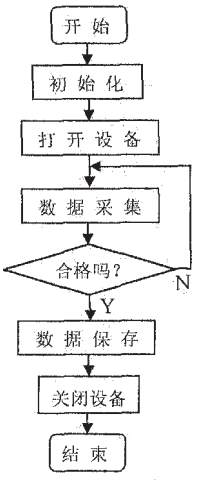

图 3 软件流程图

3.1 打开关闭设备

利用研华数据采集卡进行数据采集之前必须首先获得插入主板上卡的数目和设备句柄，并打开卡，在数据采集完成后要关闭卡。用到的主要函数有以下几个：

DRV_DeviceGetNumOfList((SHORT far *)&gnNumOfDevices)获得设备的数目的函数；

DRV_DeviceOpen (DeviceList [gwDevice].dwDeviceNum,(LONG far *)&DriverHandle) 获得设备操作句柄，打开卡；

DRV_DeviceGetFeatures(DriverHandle, (LPT_DeviceGetFeatures)&ptDevFeatures) 获得设备特性的函数；

DRV_DeviceClose((LONG far *)&DriverHandle)获得设备操作句柄，关闭卡。

3.2 数据采集

在设计 A/D 模块的模拟量输入时，需要如下先启动设备，设定模拟量转换的速率等主要参数变量，以下简要叙述：

DRV_FAIIntScanStart(DriverHandle2,&ptFAIIntScanStart);

启动设备。

PT_AIConfig.DasChan 采样通道，

PT_AIConfig.DasGain 获得设备的代码，

PT_AIVoltageIn.TrigMode 触发方式，

PT_AIVoltageIn.voltage 返回电压值，

PT_MAIConfig.NumChan 采样通道的数目，

PT_MAIConfig.StartChan 采样的开始通道，

PT_MAIConfig.GainArray 获得设备的代码，

PT_MAIVoltageIn.VoltageArray 返回电压值，

主要用到的主要函数有：

DRV_AIConfig(DriverHandle, ,(LPT_AIConfig)&ptAIConfig)设定采集通道的函数，

DRV_AIVoltageIn(DriverHandle,(LPT_AIVoltageIn)&ptAIVoltageIn)

读入采集的模拟量值，并转换为数字量，测得 4 个传感器的数字量之和换算为料斗及料的总重量，根据总重量的大小确定新加料数量合格与否。

3.3 误差处理

陶瓷工艺要求配料误差不大于 4%即合格，反映到测取信号误差也不大于 4%，所以在程序设计上实际测得的 4 个传感器的电压信号之和在理想值上下波动 4%范围内即合格。

3.4 人机界面设计

人机界面设计，在 VC++6.0 的基于对话框环境下开发界面，在 Window 2000 下经常会出现中断冲突和由于中断源不释放出现死机，但在 Window NT 环境下，由于操作系统对中断的处理方式不同于 Window 2000，就不会出现死机问题。

4 结束语

本文介绍了陶瓷行业喂料机计算机检测系统及其程序设计原理，实践证明这些程序流程和编程技巧是非常实用和有效的，将对用 PCL-818 系列卡开发工业检测控制系统有借鉴作用。

参考文献

1 白建军.浅谈喂料式双悬臂电子皮带称的研制.甘肃科技，2003(7)：19~21

2 张希明，等.微机控制立窑差热煅烧喂料机操作系统的实现. 山东建材学院学报，2001(2)：49~50

[收稿日期：2005.3.10]

(上接第 42 页)

能会破坏操作系统从而影响整个系统的可靠性，这对于实时应用将是一个非常严重的弱点。

4.4 μC/OS-Ⅱ

μC/OS-Ⅱ是著名的源代码公开的实时内核，是专为嵌入式应用设计的，可用于 8 位，16 位和 32 位单片机或数字信号处理器(DSP)。它是在原版本 μC/OS 的基础上做了重大改进与升级，并有了近十年的使用实践，有许多成功应用该实时内核的实例。它的主要特点如下：

公开源代码，容易就能把操作系统移植到各个不同的硬件平台上。

可移植性，绝大部分源代码是用 C 语言写的，便于移植到其他微处理器上。

可固化。

可裁剪性，有选择的使用需要的系统服务，以减少 μ 所需的存储空间。

占先式，完全是占先式的实时内核，即总是运行就绪条件下优先级最高的任务。

多任务，可管理 64 个任务，任务的优先级必须是不同的，不支持时间片轮转调度法。

可确定性，函数调用与服务的执行时间具有其可确定性，不依赖于任务的多少。

实用性和可靠性，成功应用该实时内核的实例，是其实用性和可靠性的最好证据。

由于 μC/OS-Ⅱ仅是一个实时内核，这就意味着它不像其他实时存在系统那样提供给用户的只是一些 API 函数接口，还有很多工作需要用户自己去完成。

5 结束语

在嵌入式应用中，使用实时操作系统(RTOS) 是当前嵌入式应用的一个特点，一种趋势，也是单片机应用从低水平向高水平的一个进步。在实际的应用中，根据不同的要求和条件选择合适的操作系统，使开发工作更容易，设计出更完美的嵌入式系统。

参考文献

1 张湘，肖建.嵌入式系统和嵌入式操作系统[J].中国机电一体化网，2004 年 10 月 2 日

2 魏忠，蔡勇，雷红卫. 嵌入式开发详解[M].电子工业出版社，2003 年 1 月第一版。

3 王田苗. 嵌入式系统设计与实例分析[M].清华大学出版社，2003 年 10 月第二版。

4 刘峥嵘，张智超，许振山.嵌入式 Linux 应用开发详解[M].机械工业出版社，2004 年 7 月第一版

[收稿日期：2005.4.23]

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net