

# 基于 Linux 嵌入式系统的研究与实现

## Research and Implementation of Embedded System Based on Linux

霍妍 孟凡荣 (江苏徐州中国矿业大学计算机科学与技术学院 221008)

**摘要:**本文介绍了嵌入式系统概念、研究意义以及开发设计。在嵌入式系统的设计中主要论述了嵌入式操作系统的特点, Linux 作为嵌入式操作系统的优势所在,最后提出了嵌入式 Linux 操作系统的设计与实现步骤。

**关键词:**嵌入式系统 嵌入式操作系统 Linux 设计

### 1 引言

随着电子技术和软件技术的蓬勃发展,嵌入式领域的研究和应用也越来越深入了。我国在嵌入式领域起步较晚,与国外差距较大。而开源的 Linux 为我国开发具有自主知识产权的嵌入式操作系统提供了一个前所未有的契机。为此,笔者认为有必要对基于 Linux 的嵌入式系统的开发与实现做一番深入地研究与探讨。

### 2 嵌入式系统概述

嵌入式系统一般深藏于工业系统、军事系统、通讯、仪器仪表、船舶、航空航天、消费电子类产品内部,完成一种或多种特定功能,是软硬件的紧密结合体。嵌入式系统是将先进的计算机技术、半导体技术和电子技术和各个行业的具体应用相结合后的产物,这一点就决定了它必然是一个技术密集、资金密集、高度分散、不断创新的知识集成系统。

#### 2.1 嵌入式系统的概念

嵌入式系统已经不是新鲜事物了,即便如此,关于嵌入式系统仍然没有一个标准的定义。在常见的几种定义中,笔者认为“嵌入式系统是指以应用为中心,以计算机技术为基础,软件硬件可裁减,适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统。”这个定义比较全面的描述了嵌入式系统。

#### 2.2 嵌入式系统的研究意义

国家对嵌入式领域的发展极为重视,信息产业部《2003 年度电子发展基金项目指南》中在软件类重点产品项目中第五小类就是关于嵌入式软件与系统开发的。并提出要重点进行如下重点项目的研制与开发:

- (1) 嵌入式实时操作系统;
- (2) 嵌入式软件集成开发平台;
- (3) 嵌入式数据库管理软件。针对嵌入式系统研发在国内起步较晚的状况,有必要使更多的人了解嵌入式系统开发的流程,并加入到嵌入式系统研发的行列中来。

笔者认为嵌入式系统的研究意义有三:

第一,有助于推动我国在嵌入式领域的发展;

第二,有助于推动我国嵌入式软件业的发展;

第三,开发拥有自主知识产权的嵌入式操作系统,有助于提高我国嵌入式产品的竞争力,从而推动我国经济的发展。

#### 2.3 嵌入式系统的开发设计

按照嵌入式系统的工程设计方法,嵌入式系统的设计可以粗略的分成三个阶段,即分析,设计,实现。分析阶段的主要任务是确定要解决的问题以及需要完成的目标。因此,分析阶段也常常被称为“需求阶段”或“系统需求阶段”。设计阶段主要任务是解决如何在给定的约束条件下完成用户的要求。此阶段是在分析阶段的基础上研究“如何做”。实现阶段主要是解决如何在所选择的硬件和软件的基础上进行整个软、硬件系统的协调实现。硬件的选择主要包括嵌入式处理器的选择和硬件平台的选择两个方面。软件的选择主要包括操作系统的选择、编程语言的选择、开发工具的选择以及软件组件的选择几个方面。对于计算机系统而言,操作系统是协调软、硬件资源的管家。软、硬件资源能否发挥最大的效用,操作系统的选择是很关键的。这对于嵌入式系统的开发也不例外。

### 3 嵌入式操作系统

#### 3.1 嵌入式操作系统的特点

嵌入式操作系统 EOS (Embedded Operating System) 是一种用途广泛的系统软件,过去它主要应用于工业控制和国防系统领域。EOS 负责嵌入系统的全部软、硬件资源的分配、调度、控制、协调并发活动;它必须体现其所在系统的特征,能够通过装卸某些模块来达到系统所要求的功能。随着 Internet 技术的发展、信息家电的普及应用及 EOS 的微型化和专业化,EOS 开始从单一的弱功能向高专业化的强功能方向发展。嵌入式操作系统在系统实时高效性、硬件的相关依赖性、软件固化以及应用的专用性等方面具有较为突出的特点。EOS 是相对于一般操作系统而言的,它除具备了一般操作系统最基本的功能外,还有以下特点:

(1) 可装卸性、开放性、可伸缩性的体系结构。由于嵌入式系统需要根据应用的要求进行裁剪,所以嵌入式操作系

统也必须能够根据应用的要求进行装卸。这些特征在嵌入式系统的模块划分中必须事先考虑周全。

(2) 强实时性。EOS 实时性一般较强,可用于各种设备控制当中。

(3) 统一的接口。提供各种设备驱动接口。

(4) 操作方便、简单、提供友好的图形 GUI,图形界面,追求易学易用。

(5) 提供强大的网络功能,支持 TCP/IP 协议及其它协议,提供 TCP/UDP/IP/PPP 协议支持及统一的 MAC 访问层接口,为各种移动计算设备预留接口。

(6) 强稳定性,弱交互性。嵌入式系统一旦开始运行就不需要用户过多的干预,这就要负责系统管理的 EOS 具有较强的稳定性。嵌入式操作系统的用户接口一般不提供操作命令,它通过系统的调用命令向用户程序提供服务。

(7) 固化代码。在嵌入式系统中,嵌入式操作系统和应用软件被固化在嵌入式系统计算机的 ROM 中。辅助存储器在嵌入式系统中很少使用,因此,嵌入式操作系统的文件管理功能应该能够很容易地拆卸,而用各种内存文件系统。

(8) 更好的硬件适应性,也就是良好的移植性。

### 3.2 嵌入式 Linux 操作系统的优势

和目前流行的专用嵌入式操作系统相比,嵌入式 Linux 操作系统具有以下优势:

(1) Linux 秉承 Unix 的强大功能,它由 Unix 衍生而来,但比 Unix 要简洁和小巧得多。它遵从了 Unix 操作系统的设计原则,符合 POSIX 标准,并且在实现技术上更为精巧和灵活。

(2) 强大的网络支持功能。Linux 诞生于因特网并具有 Unix 的特性,这就保证了它支持所有标准因特网协议,并且可以利用 Linux 的网络协议栈将其开发成为嵌入式的 TCP/IP 网络协议栈。

(3) 具有很高的适应性和可靠性和其它运行于 PC 上的系统相比,因为 Linux 继承了 Unix 的优点,在适应性和稳定性方面性能是非常突出的,而嵌入式 Linux 也是如此<sup>[4]</sup>。

(4) 支持多种体系结构,如 X86、ARM、MIPS、PowerPC、SPARC 等。

(5) Linux 具备一整套工具链,容易自行建立嵌入式系统的开发环境和交叉运行环境,并免费获得的特性可以跨越嵌入式系统开发中仿真工具昂贵的障碍,大大降低了开发费用。

(6) 具有小巧的功能完善的内核。嵌入式操作系统的硬件容量都非常有限,通常是采用软件固化的方法,将程序和操作系统“嵌入”到整个产品中。在这个技术中,减少操作系统的体积是关键,且在追求小体积的同时又不能曲调必要的功能。目前的嵌入式操作系统的核心部分体积大小不一,如下表所示:

表 1 各嵌入式操作系统内核比较

操作系统名称	LynxOS	WinCE	Pocketix	RT Linux	uClinux
核心部分的体积 (单位:Byte)	300-400k	未实现内核微型化	43k	100k	<512k

通过表 1,可以看到,嵌入式 Linux 在这方面做的非常好。它具有很小的体积,除此之外,它还具有 Linux 本身的一个特点:用户可以裁剪内核。用户可以根据不同的任务来选定特定的内核模块,而将不需要的部分去掉,减少体积,从根本上解决了体积和功能的矛盾。

(7) 嵌入式 Linux 的可移植性将 Linux 移植到新的微处理器体系比较容易,一般是将其移植到一种新型的目标板,其中包含有独特的外设。大部分的内核代码都是相同的,因为它们与微处理器无关,所以,移植的工作多集中在一些存储器管理及中断处理程序上,一旦完成,它们将非常稳定。

(8) 支持大量的周边硬件设备。Linux 上的驱动已经非常丰富了,它们支持各种主流硬件设备和最新硬件技术。

(9) 软件开发者的广泛支持。Linux 的自由精神吸引了成千上万的程序员投入到 Linux 的开发和测试中来,这使得 Linux 在短时间内就成为一个功能强大的操作系统。

(10) 价格低廉。从公司、企业的经济角度考虑,使用 Linux 作为嵌入式系统,费用要小的多。

在后 PC 时代,长期以来台式机(PC)主要受 WinTel 架构统治的格局将被打破。因为嵌入式应用是个性化的、多样化的,而由一家说了算的现象将不复存在。对于长期没有自己自主知识产权操作系统的我们国家来说,这无疑是一个绝好的机遇。而且开放源码的 Linux 操作系统的兴起,为我国尽快掌握操作系统的设计原理及实现,尽快发展软件业,提供了千载难逢的机遇。中国工程院院士,著名的计算机及信息处理领域的专家倪光南教授就曾指出“我国应当格外重视 Linux,把它看作我国未来的一个主要的 OS”。因此,我们应该抓住这次机遇,建立自己的嵌入式 Linux 操作系统,以推动我国软件业的发展。

## 4 嵌入式 Linux 设计与实现步骤

### 4.1 执行流程

由于嵌入式系统中储存操作系统和应用软件的存储器一般不是硬盘,而是快速只读存储器,例如 Flash Memory 等,所以嵌入式 Linux 的执行流程如图 1 所示。

### 4.2 实现步骤

具体设计、实现嵌入式 Linux 系统的一般步骤如下:

- (1) 精简内核;
- (2) 文件系统;
- (3) 实时性设计;
- (4) 引导程序的实现。

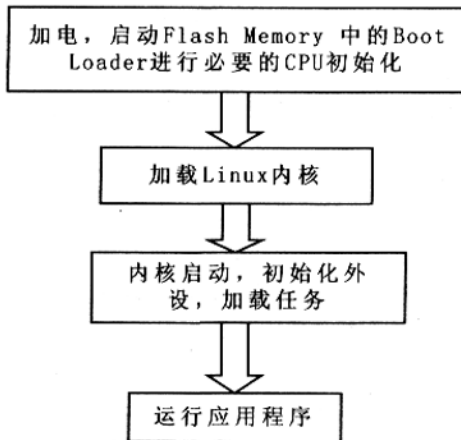


图 1 嵌入式 Linux 执行流程图

#### 4.2.1 精简 Linux 内核

精简内核的目的是缩小 Linux 操作系统的体积,并使其能够更好的为应用服务,因此需要根据不同的应用系统的需求进行恰当的、合理的裁减。实现步骤如下:

(1) 初始化环境;

(2) 配置核心。针对应用系统的需要,必须对核心的特性以及支持的硬件类型等进行详细的配置。可以使用以下任意一个命令:

# make config 或者 # make xconfig 或者 # make menuconfig

命令 make config 是最老的配置方式,需要在终端上以文本行的形式逐行回答 yes 或者 no。命令 make menuconfig 以文本窗口形式进行核心配置,具有较好的人机界面。命令 make xconfig 与 make menuconfig 相同,但只在 X windows 下运行。

根据不同的需要可以从以下几个主要的方面对内核进行精简和配置:

(1) 处理器类型和特性;(2) 可装载模块的支持;(3) 一般设置;(4) 即插即用支持;(5) 块设备;(6) 附加块设备;(7) 网络选项;(8) SCSI 支持;(9) 网络设备支持;(10) ISDN 及老的 CD-ROM 的支持;(11) 字符设备;(12) 文件系统;(13) 网络文件系统;(14) 分区类型;(15) 控制台驱动器。

(3) 编译内核。配置内核以后可利用如下方法之一编译内核:

# make zimage 或者 # make bzimage 或者 # make zdisk 或者 # make zliilo

命令 make zimage 是以普通方式编译核心。此命令将在 /arch/xxx/boot/(其中 xxx 为处理器的结构)目录下产生名为 zimage 的内核。如果内核的映像太大,系统将提示利用 make bzimage 编译大内核。命令 make zdisk 类似 make zimage,但是将生成的内核放在软盘上,它一般用于

测试新核心,即从软盘启动看是否正常。命令 make zliilo 用于编译内核并且建立带有 LILO 引导程序的启动盘。

(4) 获取内核。编译内核成功之后,从 /arch/xxx/boot 处可得到编译后的核心。然后修改 Linux 系统引导器 LILO 的配置文件并最后以新编译成功的内核作为启动内核,重新启动系统,系统运行一切正常,则精简内核工作完成。

#### 4.2.2 改造文件系统

Linux 采用了虚拟文件系统/文件系统驱动/设备驱动的体系结构进行文件管理。大多数嵌入式设备无硬盘,有的可能只是像 FLASH MEMORY 这样的存储设备,所以我们有必要实现基于这类存储设备的文件系统。在实际的应用中我们可以在嵌入式 Linux 中采用 RAMDISK 技术,实现基于 ROM/RAM/FLASH 的文件系统。同时我们可以利用 LINUX 的动态加载和卸载能力来节省嵌入式系统有限的内存资源。在实际的应用中我们可以采用 FLASH 来仿真 PC 机上的硬盘来进行数据的存储,基于这种设想,我们目前可以采用 ROMFS、JFFS 文件系统。因此,在改造文件系统就是要剔除 LINUX 对其它文件系统的支持,而只保留我们需要的一种文件系统。

#### 4.2.3 引导程序(Boot Loader)的设计与实现

引导程序是在机器加电自检后,完成将操作系统内核载入内存,并将控制权交给操作系统的工作。在开发嵌入式系统中,一般情况下为了节省成本,目标板通常没有类似 PC 机上的 BIOS 芯片。这样,我们必须自行开发 Boot Loader,来初始化目标板并加载操作系统。因此 Boot Loader 要包含以下几个必备动作:

- (1) 始化处理器;
- (2) 始化必备硬件;
- (3) 初始化操作系统。

## 5 结束语

嵌入式系统是“十五”国家发展的重点方向。嵌入式应用是信息技术引导、改造、提升传统产业的必由之路,是全国数以万计的传统企业、产品更新换代、适者生存的必然手段。嵌入式系统的研究意义重大。而基于 Linux 嵌入式系统的研究对于推动我国具有自主知识产权的嵌入式系统的研究工作意义更大。

### 参考文献

- 1 吕京建 肖海桥 面向二十一世纪的嵌入式系统综述 [J/OL]. <http://www.boi-system.com> .
- 2 金西、黄汪,嵌入式 Linux 技术的现状与发展动向[J],计算机与信息技术,2000.8.
- 3 王学龙,嵌入式 Linux 系统设计与应用[M],清华大学出版社,2001.8.
- 4 [EB/OL]<http://www.linuxforum.net>