

# 基于 PowerPC 的嵌入式 Linux 桌面系统

张晓彬, 慕春棣

(清华大学自动化系, 北京 100084)

**摘要:** 基于 32 位处理器的嵌入式开发平台已广泛使用触摸屏设备和基于图形库的嵌入式桌面系统作为人机交互接口。该文介绍了在基于 PowerPC 体系结构的 Total5200 开发平台上的嵌入式 Linux 桌面系统的设计与开发过程, 包括 Linux 触摸屏设备驱动程序的开发与 Qtopia 桌面系统的移植, 并就其中常见的问题进行了分析。给出了整个嵌入式桌面系统在 JFFS2 文件系统上的实现方式。

**关键词:** 嵌入式 Linux; 设备驱动程序; 触摸屏; Qtopia 桌面系统

## Embedded Linux Desktop System Based on PowerPC

ZHANG Xiao-bin, MU Chun-di

(Department of Automation, Tsinghua University, Beijing 100084)

**【Abstract】** The touchscreen device and embedded desktop system based on graphic library have been widely used on embedded developing platform based on 32-bit CPU as the interface between people and machine. The process of designing and developing the embedded Linux desktop system on the Total5200 developing platform based on PowerPC architecture is introduced, including developing the Linux touchscreen device driver program and porting the Qtopia desktop system. The common problems in the process are analyzed. Means of realizing the embedded desktop system on JFFS2 file system are given.

**【Key words】** embedded Linux; device driver; touchscreen; Qtopia desktop system

近年来, 随着嵌入式硬件设备在性能上的大幅度提升和高端嵌入式应用对人机交互需求的不断加强, 在基于 32 位微处理器的高端嵌入式平台中大多已使用 LCD、触摸屏等设备作为人机交互的硬件接口, 并采用基于图形库的嵌入式桌面系统作为上层的人机界面。目前有多种基于 Linux 的嵌入式桌面系统, Qtopia 是其中比较成熟、应用广泛的一种, 它采用 Qt/Embedded 作为底层图形库。Qt/Embedded 是 PC 平台 Linux 上著名的 KDE 桌面系统所采用的 Qt 图形库的嵌入式版本, 因此, 许多基于 Qt 的 X Window 程序可以非常方便地移植到 Qtopia 上。

### 1 基于 Total5200 平台的嵌入式 Linux 系统

#### 1.1 Total5200 平台简介

Total5200 平台采用基于 PowerPC 体系结构的 MPC5200 处理器, 其工作频率为 400MHz, 处理能力为 700MIPS, 并具备浮点运算单元(FPU), 非常适用于 GPS 信息和图像影像的处理, 以及语音识别与朗读等, 在现有的嵌入式处理器中属于性能强大的高端产品。Total5200 平台具有非常丰富的周边设备, 主要包括:

- (1)支持最大分辨率 640\*480 显示的 64K 色 TFT LCD 液晶显示屏, 可以满足导航信息所需的大幅度彩色地图的显示;
- (2)四线电阻式触摸屏, 能满足用户输入信息的需求, 和 LCD 一起可以组成完善的人机交互接口;
- (3)AC97 音频解码单元, 可以外接耳机、音箱等发声设备, 用于进行音频多媒体播放和实现语音提示, 充分发挥平台的语音导航和多媒体娱乐功能。

另外, Total5200 平台还支持 :10/100M 以太网, Dual CAN 总线, SPI, USB, UART, JTAG, IDE, PCI, ATA 等嵌入式平台上常见的总线接口, 使平台具备了良好的扩展能力。

#### 1.2 嵌入式 Linux 操作系统

作为一个完整的嵌入式操作系统, 应当包含系统引导模块(Bootloader)、操作系统内核、设备驱动程序、文件系统等基本组成部分。对于需要进行人机交互的平台, 还要包括图形界面库和相应的图形化桌面系统。

Total5200 开发平台使用 DENX 软件中心发布的 U-boot 作为引导内核的 Bootloader。U-boot 的兼容性好, 支持包括 PowerPC, ARM, x86 在内的多种体系结构, 同时它遵循 GPL 规范, 资料丰富, 因而被开发者广泛使用。

在操作系统内核方面, 平台采用了 2.4.25 版本的 Linux 内核。2.4.x 版本的 Linux 内核成熟稳定, 应用广泛, 并且 2.4.25 版本对 MPC5200 处理器已经有了初步的支持, 这为进行驱动程序的开发和桌面系统的移植等奠定了良好的基础。

### 2 嵌入式 Linux 触摸屏驱动程序的开发

#### 2.1 触摸屏硬件结构分析

Total5200 平台上的触摸屏采用的是美国 3M 公司制造的 MicroTouch 系列四线电阻式触摸屏, 并使用 Burr-Brown 公司的 ADS7843 控制芯片作为触摸屏控制器。ADS7843 是一个内置 12 位模数转换、低导通电阻模拟开关的串行接口芯片, 供电电压为 2.7V ~ 5V, 参考电压  $V_{REF}$  为 1V ~ +Vcc, 转换电压的输入范围为 0 ~  $V_{REF}$ , 最高转换速率为 125KHz。触摸屏与 ADS7843 的电路连接方式如图 1 所示, X+, X-, Y+, Y- 为触摸屏电极模拟电压输入; CS 为 ADS7843 的片选输入信号, 低电

**基金项目:** 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20060003015)

**作者简介:** 张晓彬(1985 -), 男, 硕士研究生, 主研方向: 嵌入式操作系统; 慕春棣, 教授、博士生导师

**收稿日期:** 2006-08-30 **E-mail:** david8862@sohu.com

平有效；DCLK接外部时钟输入；DIN为串行数据输入端；DOUT为串行数据输出端；PENIRQ为中断引脚，低电平有效，在有物体接触触摸屏表面时将产生中断信号。

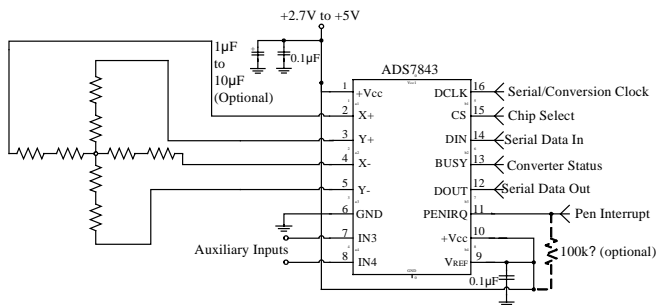


图1 触摸屏硬件结构连接原理

ADS7843 具备标准的内部串行总线接口，可以通过串口或 SPI 总线与 CPU 相连接，完成采样控制字的输入和 A/D 转换结果的输出。在 Total5200 平台上，ADS7843 的串行总线接口与 MPC5200 处理器内建的 SPI 串行通信模块直接相连，而 PENIRQ 中断引脚则通过平台的外设管理芯片 CPLD 连接到处理器的 IRQ3 硬件中断。

## 2.2 驱动程序设计及实现

Linux作为一个宏内核操作系统，其设备驱动都在内核空间中实现。实现的方式有静态连接和动态加载模块 2 种。模块化的实现方式给驱动程序的编写、调试、使用都带来了极大的方便，因此，越来越多的Linux设备驱动程序采取这种方式进行开发<sup>[1]</sup>。设备驱动对硬件的访问方式有 2 种：(1)轮询(polling)方式；(2)中断(interrupt)方式。其中，中断访问方式可以大大提高CPU的利用效率，使其成为大多数设备驱动程序的工作方式。

Total5200 平台触摸屏驱动程序的开发使用了模块化的实现方式。touchscreen\_init 和 touchscreen\_cleanup 这 2 个函数分别作为驱动模块加载的初始化函数和模块卸载的清除函数，并在驱动程序的最后用下面的程序段将它们分别声明为模块的入口点和出口点：

```
module_init(touchscreen_init);
module_exit(touchscreen_cleanup);
```

在驱动程序模块被加载到内核中时，ts\_init()将首先被执行。它完成系统内核空间、触摸屏控制器ADS7843 以及CPU 相关部分等的软硬件初始化工作，包括初始化等待队列、使用register\_chrdev()向内核注册触摸屏设备、使用request\_irq()注册硬件中断等<sup>[2]</sup>。

在完成系统的软硬件初始化之后，驱动程序的主要任务是实现CPU与触摸屏控制器ADS7843 的数据交互，以及及时的获取触摸信号和坐标信息。由于触摸屏在实际使用中存在着信号不稳定、采样误差和噪声干扰等多种因素的影响，为了保证驱动程序工作的可靠性，还需要对所采集的触点坐标数据进行处理。因此，驱动程序采用了多次定时采样的方式消除噪声和误差所带来的不利影响<sup>[3]</sup>，具体的工作方式可以用图 2 所示的状态转换图表示。

(1)在空闲状态下，驱动程序阻塞，进入触摸信号等待队列；

(2)当有物体接触触摸屏时，产生 PENIRQ 硬件中断，相应的中断处理函数激活 SLOT0 定时器中断；

(3)SLOT0 中断处理函数通过 SPI 总线接口定时向

ADS7843 发送串行控制字，读取 ADS7843 回送的响应结果；

(4)一组 4 个控制字发送完毕，根据所得到的响应结果计算出触点的 X(或 Y)方向的坐标采样值；

(5)多次重复采样，根据所得的采样坐标判断当前的触摸状态是否稳定；

(6)在确认触摸信号稳定后，激活触摸信号等待队列，将采样数据返回用户空间，继续阻塞等待下一次触摸中断<sup>[4]</sup>。

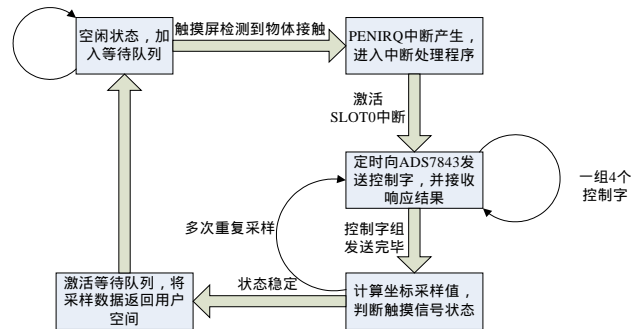


图2 触摸屏驱动程序数据交互状态转换

## 3 Qtopia 桌面系统的移植

本文选择 Qtopia-1.7.0 作为 Total5200 平台的嵌入式桌面系统，它使用的底层图形库版本为 Qt/Embedded-2.3.7。Qtopia-1.7.0 版本的桌面系统成熟可靠、应用广泛，和 2.4.x 版本的 Linux 内核高度兼容，并具有美观的界面风格和方便的应用编程接口，很适合作为各种高端嵌入式平台的标准桌面系统。

### 3.1 开发环境构建

在移植 Qtopia 的过程中用到的源代码包括 Qt/Embedded-2.3.7 和 Qtopia-1.7.0 的源代码包，它们也是创建 Qtopia 桌面系统的核心源代码。同时还需要基于 X Window 系统的 Qt/X11 图形库的源代码包，它为 Qtopia 创建从 XML 文件生成代码的用户界面编译器工具 UIC(user interface compiler)。另外在编译和运行 Qtopia 过程中需要 libuuid.so 和 libjpeg.so 这 2 个动态链接库文件，也需要与之相应的源代码进行编译，还需要一个名为 tmake 的跨平台 Makefile 生成工具。

本文使用的开发工具是德国 DENX 软件中心发布的针对 PowerPC 体系结构的 ELDK(embedded Linux developing kit)3.1.1 交叉编译工具包。它可以支持包括 MPC5200 处理器在内的 ppc4xx, ppc6xx, ppc7xx 等多种 PowerPC 处理器系列。另外该工具包中还一同发布了很多相应目标平台的应用程序，以及一个完整的文件系统结构，为本文进行面向目标平台的开发提供了很大的便利。

### 3.2 Qtopia 桌面系统移植的具体实现

对 Qtopia 桌面系统的移植包括以下一些步骤<sup>[5]</sup>：

(1)设置 tmake 的配置参数，创建相应的配置文件。tmake 的作用是根据 Qt/Embedded 和 Qtopia 的配置情况自动生成编译所需的 Makefile 文件。需要在 tmake 的源代码树下创建针对 PowerPC 体系结构的配置文件，并正确设置主机的相关环境变量，以使得后面的编译能够使用正确的 tmake 配置选项。

(2)编译 Qt/Embedded 图形库，生成底层的动态链接库文件。这里需要使用 Qt/Embedded-2.3.7 的源代码树编译生成运行 Qtopia 的底层图形界面动态链接库。由于 Qt/Embedded-2.3.7 没有提供针对的 PowerPC 体系结构的配置文件，因此，需要自己创建相应的配置文件，并在配置文件中指定正确的

编译工具、参数等,将 Qt/Embedded 图形库配置成适合 Qtopia 调用的模式,在编译之前还要设置相关的环境变量。

(3)编译 Qt/X11,创建从 XML 文件生成代码的用户界面编译器工具 UIC。这里编译 Qt/X11 只是为了得到编译 Qtopia 使用的 UIC 工具,并不需要创建完整的 Qt/X11 图形库,因此,对 Qt/X11 的配置和编译都比较简单,省略了很多选项。编译完成后,需要将 bin 目录下生成的 UIC 可执行文件复制到 Qt/Embedded 代码树的 bin 目录下,并为其添加执行权限。

(4)创建编译和运行 Qtopia 所需的其他库文件,需要分别编译 e2fsprogs 和 libjpeg 这 2 套源代码,分别生成 libuuid.so 与 libjpeg 两组库文件。其中,在编译 libjpeg 时,需要经过 2 次编译的过程。为了完成交叉编译,需要有 libtool 工具,而它又是通过对 libjpeg 进行本地编译产生的,因此,需要先进行一次本地编译,创建 libtool 工具,再执行交叉编译。

(5)编译 Qtopia,生成桌面系统的可执行文件和其他的应用程序插件。有了上面的工作作为基础,就可以编译 Qtopia 了。和 Qt/Embedded-2.3.7 类似,Qtopia-1.7.0 也没有提供针对 PowerPC 体系结构的配置文件,需要手工创建。编译完成后,将在 bin 目录下生成 Qtopia 桌面系统的主程序 qpe 和其他相应的应用程序。

#### 4 JFFS2 文件系统的实现

编译完成的 Qtopia 工程是以 PowerPC 体系结构下的可执行文件的形式存在的,因此,必须让它在目标平台的文件系统中运行起来。ELDK3.1.1 开发工具包中附带了一个完整的文件系统结构,在对本文的目标平台进行适当裁减之后,可以作为运行 Qtopia 的底层文件系统。需要将在开发主机上创建的 Qtopia 工程和运行 Qtopia 所需要的动态链接库添加到本

文的文件系统中。同时为了使 Qtopia 在系统启动时自动加载并运行,还要为它创建一个自动运行的脚本文件,包括加载触摸屏驱动等相关的驱动程序模块,设置环境变量以使 Qtopia 识别触摸屏硬件设备,启动 Qtopia 桌面系统的主程序 qpe 等。

在对文件系统的构建和配置完成后,就可以让它在目标平台上运行了。利用开发主机上的 mkfs.jffs2 工具,可以将所构建的文件系统制作成 JFFS2 格式的文件系统映像,并烧写到目标平台的 flash 中。

#### 5 结语

本文介绍了在 Total5200 开发平台上开发嵌入式 Linux 桌面系统的过程和要点,并将整个桌面系统在 JFFS2 文件系统上加以实现,为在平台上进行各种嵌入式应用的设计和算法的设计与实现打下了良好的基础,也为在各种 32 位嵌入式系统上进行嵌入式桌面系统的设计和开发提供了范例。

随着当今信息社会的快速发展和嵌入式技术的不断进步,各种嵌入式桌面系统将会得到更加广泛的应用。

#### 参考文献

- 1 慕春棣. 嵌入式系统的构建[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004-08.
- 2 Rubini A, Corbet J. Linux 设备驱动程序[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002-01.
- 3 马忠梅, 李善平, 康 慨. ARM&Linux 嵌入式系统教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004-09.
- 4 Freescale Semiconductor. MPC5200 Users Guide[Z]. 2004-03.
- 5 马汉裕. Porting Qtopia on Assabet[Z]. 国立成功大学资讯工程系家庭自动化与网路通讯实验室. 2004-11.

(上接第 247 页)

```
{  
...  
//将当前正在执行的任务的计数器 Counter 减 1;  
OSTCBPrioTbl[OSPrioCur]->Counter--;  
...  
}
```

#### 2.3 改进后的性能分析

可裁减性:  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  中用户可以根据实际应用的需要或硬件电路的限制使用部分或全部的系统调用;新的调度机制也可由条件编译变量支持用户对系统的剪裁。

可剥夺性:改进后的系统支持局部时间片轮转法的任务调度,但并不影响对更高优先级任务的响应,系统仍为抢占式实时内核。

相比原来的调度程序,改进的调度机制中添加了全局变量辅助计算,对数据结构的改动较小,代码的增加量也比较小。耗用时间由 2 部分组成:组间调度算法耗用时间和组内调度算法耗用时间,由组内调度算法为线性调度可知其时间复杂度为  $O(n)$ ,  $n$  为同组任务数。

#### 2.4 试验

在 Windows XP、ADS1.2、ARM Multi-ICE V2.2 和 Evaluator-7T 环境下的软件仿真验证了程序的正确性,并表明改进后的  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  可以支持超过 64 个任务的分组调度。

#### 3 结束语

本文以一种源码开放的嵌入式实时操作系统  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  为基础,对其核心数据结构进行了改进,扩充了任务数目,提出了可根据任务特点采用不同的调度策略。同时,改进了 OSSched() 和 OSIntExit() 两个系统进程调度的函数,增加了局部组内进程调度算法:时间片轮转法和优先级调度算法。依据任务特点和应用需要增加不同的组内调度策略将是本文进一步研究的方向。

#### 参考文献

- 1 Labrosse J J. 嵌入式操作系统  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ [M]. 邵贝贝,译. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.
- 2 Daniel P, Cesati R M. 深入理解 LINUX 内核[M]. 陈莉君,译. 北京: 中国电力出版社, 2001.
- 3 于 渊. 自己动手写操作系统[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.