

嵌入式 Linux 系统中字符设备驱动程序的开发

李胜朝, 黄先祥, 谢 建

(第二炮兵工程学院二系, 西安 710025)

摘 要: 结合嵌入式开发板 S3C2410F 的模数转换驱动程序的开发, 该文对 Linux 环境下交叉编译环境的建立, 字符设备驱动程序的组成、实现、调试和发布方法进行了详细的论述。

关键词: 嵌入式系统; 数据采集; A/D 转换; 驱动程序

Development of Char Device Drivers of Embedded System Under Linux System

LI Shengchao, HUANG Xianxiang, XIE Jian

(Department No.2, Second Artillery Engineering College, Xi'an 710025)

【Abstract】 Combined with the development of AD driver of S3C2410F board, this paper mainly deals with the building of cross compile environment, components and realization of char drivers under Linux operating system. The debugging and publishing method of drivers is discussed too.

【Key words】 Embedded system; Data acquisition; A/D conversion; Driver

由于 Linux 系统是开源系统, 其内核和各种开发工具都可以从网络上轻易获取, 使其在嵌入式系统的开发中得到了越来越广泛的应用。Linux 系统本身并没有对种类繁多的硬件设备都提供现成的驱动程序, 特别是由于工程应用中的灵活性, 其驱动程序更是难以统一, 这时就需开发一套适合于自己产品的设备驱动。对用户而言, 设备驱动程序隐藏了设备的具体细节, 对各种不同设备提供了一致的接口, 一般来说是把设备映射为一个特殊的设备文件, 用户程序可以像对其它文件一样对此设备文件进行操作。Linux 系统驱动主要由字符设备、块设备和网络设备的驱动程序组成, 其中字符设备如 I/O、AD/DA 设备和 USB 设备等应用最为广泛, 下面结合 2410F 开发板中 AD 转换设备的驱动开发, 对字符设备的驱动开发流程进行深入讨论。

1 开发环境

1.1 软件开发环境

由于目标机主频一般只有几十到几百兆赫兹, 因此一般不宜在目标板上直接进行软件开发。为提高软件开发效率, 利用 VMware Workstation 虚拟机将 Linux 系统安装在 Windows 环境中, 一方面两系统之间能够方便地切换, 实现了资源共享, 另一方面, 在主机 Linux 系统中建立一个模拟目标机运行和编译环境的交叉编译环境, 使得在主机环境下编译好的程序能够在目标机的架构环境下运行。对虚拟机及主机系统的相关配置如下:

(1) 设置虚拟机使其支持串口和并行通信等功能, 按目标板的要求配置好主机 minicom 串口通信终端;

(2) 将制作好的交叉编译工具包释放到某一目录(如/armv41), 对/etc/profile 文件中 PATH 变量增修 PATH=\$PATH:/armv41/bin 语句, 将交叉编译工具链路径添加到系统 PATH 环境变量中;

(3) 通过 setup 命令选配好主机的 NFS 功能, 并建立一个 NFS 根目录/nfsroot, 在/etc/exports 文件中添加/nfsroot *(rw,no_root_squash), 将/nfsroot 文件配置成为网络文件系统的输出目录。

(4) 设置主目标机 IP 为同一网段地址, 并启动主机的 tftp 和 NFS 服务。

1.2 硬件开发环境

各种 ARM 开发板都提供了串行、网络和 JTAG 通信接口, 串行口用来改善命令和返回显示信息, 网络接口用来下载传输文件, 而 JTAG 只用于在空 ROM Flash 的情况下烧写 vivi 或 uboot 启动程序代码, 在驱动开发过程中该端口未用, 系统硬件连接如图 1。



图1 硬件连接

2 驱动程序的组成及实现

本驱动程序的工作流程如图 2 所示, 主要由以下 3 大模块组成:

(1) 初始化和结束程序

S3C2410F 板内部的 8 通道 10 位 AD 的转换器, 主要完成对触摸屏按键信号和外部模拟输入信号的模数转换功能。初始化程序完成对 AD 转换的相关寄存器进行设置, 并对设备驱动程序需要的软件状态进行初始化。该部分仅在驱动程序

作者简介: 李胜朝(1978 -), 男, 博士生, 主研方向: 自动检测技术; 黄先祥, 院士; 谢 建, 副教授

收稿日期: 2006-03-01 **E-mail:** lscpaper@163.com

序初始化的时候被调用一次。

S3C2410 使用了 MMU 的地址隐射功能, 在驱动中不能直接对物理地址直接进行读写, 需要调用 `_ioremap` 等内核函数将寄存器的实际物理地址影射到内核统一的地址空间中, 从而实现了物理地址的间接调用。在打了 S3C2410 的补丁后的嵌入式内核中, 可以在 S3C2410.h 文件中看到各种寄存器的宏定义, 该文件定义的宏变量都是经过地址影射可以直接使用。初始化函数完成注册设备文件系统、申请中断等工作, 而卸载函数则完成相反的功能。

(2) 服务于 I/O 请求的函数

在系统内部, I/O 设备的存取通过一组固定的入口点完成与外部的通信, 常用的字符型设备驱动程序入口点函数有 `open`、`read`、`write`、`ioctl` 和 `close` 等入口点函数, 这也是驱动开发的主要工作是如何实现这些函数, 对这部分函数的调用使程序运行环境由用户态进入核心态。

所有字符设备驱动都要调用 `Open` 入口点, 为将要进行的 I/O 操作做好准备工作如初始化中断事件变量、设置默认 AD 转换通道和转换比例因子等; `write` 通过调用 `copy_from_user` 内核函数将用户欲转换的通道号及比例因子值传递到内核驱动程序全局变量中; `read` 入口点通过设置 `ADCCON` 控制寄存器启动 AD 转换, 并设置中断事件变量使程序进入等待转换结束, 在中断事件激活后, 通过 `copy_to_user` 内核函数将转换结果传送到用户空间变量指针。这些入口点函数通过一个 `file_operations` 数据结构, 在注册设备文件时与外部调用函数关联起来。

(3) 中断服务程序

在 Linux 系统中, 中断是由系统来管理与维护的。中断服务子程序在初始化函数中调用 `irq_request` 函数与相应中断号关联, 并将该中断的相关信息添加到系统的中断信息列表中, 以便在中断发生时供系统检索。目标机上完成某一 AD 转换后, 将产生一中断号为 `IRQ_ADC_DONE` 的中断, 系统将自动检索并调用相应的中断服务子程序。此处的中断服务子程序完成激活中断事件变量, 从而 `read` 函数结束等待状态, 返回 AD 转换结果。

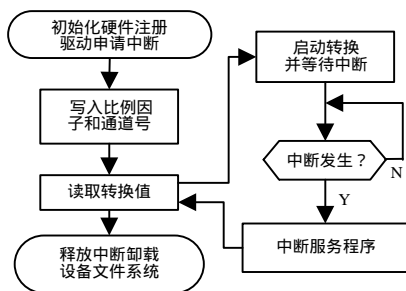


图 2 驱动程序流程

(上接第 265 页)

该平台采用了 SuperMap Object5.0 GIS 组件, 在充分吸收和借鉴了大量最新的农业气候区划、计算机和空间信息处理技术研究成果的基础上, 将基础地理信息与气候资料数据相结合, 实现了气候资料收集存储、基础地理信息数据编辑处理、气候资料统计建模、气候资源小网格推算、专题图制作等农业气候区划工作的一体化, 是一个具有合理结构和优良性能的桌面农业气候区划工作平台。

3 驱动调试与发布

3.1 驱动调试

对写好的驱动程序 `ad_drv.c`, 需要编写如下一 Makefile 文件, 利用交叉编译环境生成可在目标板上执行的二进制文件, 最后一行语句实现将生成的驱动程序拷贝到网络文件系统文件夹中。

```
CC = /armv41/bin/arm-linux-gcc
ad_drv.o: ad_drv.c
$(CC) -c $^ -o $@
cp ad_drv.o /nfsroot
```

在目标机上运行 `mount -t nfs(主机 IP):/nfsroot /mnt -o nolock`, 将主机的 NFS 文件系统加挂到目标机的 `/mnt` 文件夹下, 这样目标机就可以访问其本身的文件系统一样访问该 NFS 文件系统了, 对于模块化的驱动程序, Linux 提供了 `insmod` 和 `rmmmod` 程序, 分别实现驱动模块的加载和卸载, 在加载成功以后就可以用应用程序对该驱动进行读写测试了。

`/usr/etc/rc.local` 是系统启动后首先运行的文件, 为免去每次启动时都要手动加挂主机的 NFS 文件系统, 可以在该文件中配置网卡 IP 语句后面添加上上一行加挂语句, 再将文件系统重新 `make` 一次, 用新生成的文件系统覆盖目标机原来的文件系统, 这样每次目标机重启之后就自动加载主机的 NFS 文件系统, 从而大大提高了调试效率。

3.2 驱动发布

模块方式的驱动程序通过测试以后, 可以通过以下方式将其添加到内核系统中去: 将驱动源文件拷贝到 `linux/driver/char/` 下, 在该文件夹中的 `makefile` 文件的适当位置添加 `obj-y +=ad_drv.o`, 重新编译下载内核, 这样每次系统启动时就自动加载编译加载了 AD 驱动程序。当然也可通过修改相应 `config` 配置文件, 添加一选项, 使该驱动可以通过 `make menuconfig` 有选择性的加载。

4 结束语

结合对 S3C2410F 开发板 AD 驱动程序的开发, 详细讨论了嵌入式 Linux 系统中字符设备驱动程序的开发调试流程, 对类似的其它驱动程序开发具有重要的借鉴意义。

参考文献

- 1 Robbins A. 实战 Linux 编程精髓[M]. 杨明军, 译. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- 2 Mitchell M, Oldham J, Samuel A. Advanced Linux Programming[M]. New Riders Publishing, 2003.
- 3 符意德. 嵌入式系统设计原理及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- 4 Molay B. Unix/Linux 编程实践教程[M]. 杨宗源, 译. 北京: 清华大学出版社, 2004.

参考文献

- 1 郭伦, 刘瑜, 张晶, 等. 地理信息系统原理、方法和应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- 2 宋关福, 钟耳顺. 组件式地理信息系统研究与开发[J]. 中国图像图形学报, 1998, 3(4): 313-317.
- 3 刁海亭, 王银之. 组件式 GIS 支持下的城镇土地定级信息系统研究[J]. 计算机工程, 2005, 31(4): 224-225.
- 4 Rogeson D. COM 技术内幕——微软组件对象模型[M]. 杨秀章, 译. 北京: 清华大学出版社, 1999.