

# 嵌入式 Linux 系统中触摸屏驱动的研究

The investigation of Touch Screen Panel driving program in embedded Linux system

天津科技大学 畅卫功 丁忠林  
CHANG WEIGONG DING ZHONGLIN

**摘要:** 基于 Linux 操作系统具有良好的开放性和较强的可移植性, 在当前嵌入式操作系统中被广泛采用。本文首先基于 Samsung 公司的 S3C2410 处理器构建硬件环境; 然后深入探讨嵌入式 Linux 操作系统下的触摸屏驱动程序的开发; 之后讲述触摸屏采样数据处理的方法; 最后详细的阐明触摸屏的校准原理。

**关键词:** Linux 驱动程序; 采样处理; 校准

**中图分类号:** TP368 **文献标识码:** A

**Abstract:** Linux is the popularly adopted in embedded system more and more, because Linux has good open style and it can be transplantable. At first this paper depending on processor of S3C2410 of Samsung establish surroundings of hardware; secondly will deeply emphasize on the program of driving in Touch Screen Panel in embedded Linux system; thirdly, talk about method of disposal data sample in Touch Screen Panel; at last set forth adjusted principle of Touch Screen Panel particularly.

**Key words:** Linux driving program, data sample disposal, calibration

技术创新

## 引言

随着计算机相关技术的发展, 嵌入式系统的应用越来越广泛, 与人们生活紧密结合。触摸屏设备因其友善的人机交互性, 操作方便灵活, 输入速度快, 被广泛的应用于嵌入式领域中。嵌入式 Linux 系统具有开发源代码、内核稳定、可裁减性等特点, 吸引着众多商业公司和自由软件开发者的目光, 成为嵌入式系统领域不可或缺的操作系统之一。触摸屏是一种输入设备, 操作简单易学, 不占额外的空间, 可靠性高, 是最常用的便携式系统的输入设备。特别是电阻式触摸屏结构简单, 成本低, 透光效果好, 工作环境和外界完全隔离, 不怕灰尘和水气, 同时具有高解析度, 高速传输反应, 一次校正, 稳定性高, 不漂移等特点, 因而广泛用于工业控制领域及在室内使用。

## 1 硬件平台

S3C2410 是 Samsung 公司基于 ARM 920T 核心的一款 MCU, 集成了众多的外围设备, 其中包括 4 线电阻式触摸屏控制器、8 路模拟输入通道。在 8 路 A/D 转换通道中, A[5] 和 A[7] 作为触摸屏的 X、Y 坐标的采集通道。S3C2410 与 4 线电阻式触摸屏连接的电路原理图见图 1。

在采样过程中, 只需要通过读写一系列的特殊寄存器, S3C2410 的触摸屏控制器就会自动控制触摸屏接口打开或关闭各 MOS 管, 按顺序完成触摸屏 X、Y 坐标数据的采集。

## 2 Linux 设备驱动程序简介

设备驱动程序是操作系统内核和机器硬件之间的接口, 由一组函数和一些私有数据组成, 是应用程序和硬件设备之间的

桥梁。在应用程序看来, 硬件设备只是一个设备文件, 应用程序可以像操作普通文件一样对硬件设备进行操作。设备驱动程序是内核的一部分, 主要完成以下功能: 对设备的初始化和释放; 把数据从内核传送到硬件设备和从硬件设备读取数据; 读取应用程序数据传送给设备文件和回送应用程序请求的数据; 检测和处理硬件设备出现的错误。

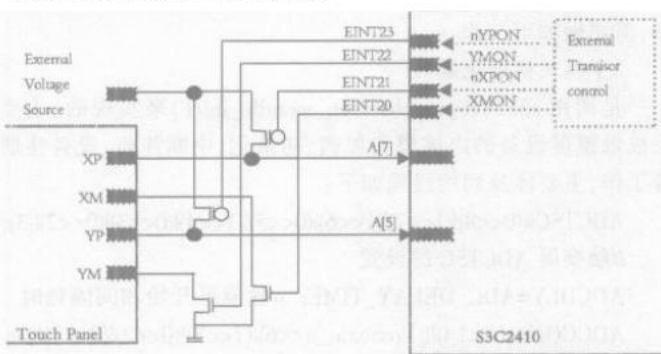


图 1 S3C2410 连接 4 线电阻式触摸屏电路原理图

Linux 操作系统的设备有字符设备、块设备和网络设备。字符设备是以单个字节为单位进行顺序读写操作, 通常不使用缓存技术, 例如鼠标、键盘等。块设备的读写都使用缓存技术来支持, 并且必须能够进行随机存取, 主要是针对磁盘等慢速设备设计的。网络设备主要基于 BSD 的 Socket 机制, 为发送数据和接收数据提供缓存技术, 提供对多协议的支持, 例如以太网卡等。

## 3 Linux 触摸屏驱动程序实现

在 Linux 系统中, 设备驱动程序是一组相关函数的集合。它包括设备服务子程序和中断处理程序。设备服务子程序包含了所有与设备相关的代码, 每个设备服务子程序只处理一种设备或者紧密相关的设备, 从设备无关的软件中接受抽象的命令并执行。当执行一条请求时, 具体操作是根据控制器对驱动程序

畅卫功: 讲师 硕士

基金项目: 天津市科技发展计划 (04310691R)

天津科技大学科学研究基金资助项目 (20060222)



提供的接口,并利用中断机制去调用中断服务子程序配合设备完成这个请求。设备驱动程序利用结构 `file_operations` 与文件系统联系起来,设备的各种操作的入口函数放在结构 `file_operations` 中,其中包括 `open`、`release`、`read` 和 `write` 等接口,简化了驱动程序的编写工作。这样,应用程序根本不必考虑操作的是设备还是普通文件,可一律看作文件处理,具有非常清晰统一的 I/O 接口。触摸屏的 `file_operations` 结构定义如下:

```
static struct file_operations s3c2410_ts_fops = {
    owner      THIS_MODULE,
    read       s3c2410_ts_read,
    poll       s3c2410_ts_poll,
    ioctl      s3c2410_ts_ioctl,
    open       s3c2410_ts_open,
    release    s3c2410_ts_release,
    fasync     s3c2410_ts_fasync;
};
```

在触摸屏设备驱动程序的开发中,全局变量 `struct s3c2410_ts_device global_ts` 是很重要的,用来保存触摸屏的相关参数、等待处理的消息队列、当前采样数据、上一次采样数据等信息,数据结构 `struct s3c2410_ts_device` 的定义如下:

```
struct s3c2410_ts_device {
    /管理触摸屏类
    struct s3c2410_ts_general d      /触摸屏设置参数
    struct s3c2410_ts_calibration ca /校正触摸屏参数
    struct s3c2410_ts_event buf[MOUSEBUF_SIZE] /等待处理
    缓冲队列
```

```
    struct s3c2410_ts_event cur_data, samples[3], last_data;
    /当前采样数据,采样原始数据,上次采样数据
```

在了解上面概念之后,编写触摸屏驱动的实际工作并不复杂,需要做如下工作:

### 3.1 模块初始化函数

是调用 `s3c2410_touchscreen_moudle_init()` 来实现的,主要完成触摸屏设备的内核模块加载、初始化、中断注册、设备注册等工作,主要涉及到的过程如下:

```
ADCTSC = (0<<8)|(1<<7)|(1<<6)|(0<<5)|(1<<4)|(0<<3)|(0<<2)|8;
/触摸屏 ADCTSC 的设置
ADCCLK = ADC_DELAY_TME; /触摸屏开始和间隔延时
ADCCON = (1<<14)|(PreScale_n<<6)|(7<<3)|(0<<2)|(0<<1)|0;
/触摸屏控制器设置
request_irq (IRQ_ADC_DONE, ts_down_interrupt, SA_INTERRUPT, g_ts_id, ts_down_interrupt); /申请 IRQ_ADC_DONE 中断
request_irq (IRQ_TC, ts_up_interrupt, SA_INTERRUPT, g_ts_id, ts_up_interrupt);
/申请 IRQ_TC 中断
devfs_register_chrdev (0, S3C2410_TS_MODULE_NAME,
&s3c2410_ts_fops);
/注册 file_operations 结构
request_irq (IRQ_TIMER1, touch_timer_irq, SA_INTERRUPT, g_ts_timer_id, NULL);
/申请 IRQ_TIMER1 中断
touch_timer_irq (int irq, void *dev_id, struct pt_regs *regs)
/根据状态调用触摸中断,控制数据采样

初始化模块利用内核提供的 request_irq 函数,将触摸笔的按下与弹起的中断号进行登记,从而将中断号与中断服务函数
```

联系起来;利用 `devfs_register_chrdev` 函数,向系统注册一个字符型设备;最后注册定时器中断,用来控制触摸屏的数据采样。

### 3.2 设置触摸笔的状态及对应的处理

触摸屏的中断服务函数 `ts_down_interrupt` 和 `ts_up_interrupt` 是根据 `ADCDAT1` 和 `ADCDAT0` 的设置来选择触摸笔的状态,之后调用触摸屏坐标的数据采样处理函数 `s3c2410_ts_handler` 进行处理。部分代码如下:

```
static void ts_down_interrupt (int irq, void *dev_id, struct
pt_regs *regs)
{
    if (ADCDAT1 & 0x8000 || ADCDAT0 & 0x8000) {
        pen_data state = PEN_UP;
    }
    else {
        pen_data state = PEN_DOWN;
    }
    s3c2410_ts_handler();
}
```

### 3.3 获得采样值

触摸笔具有三种工作状态: `PEN_UP`、`PEN_DOWN`、`PEN_SAMPLING`。在采样处理函数中,依据触摸笔的状态,调用 `ts_timer_operation` 来启动或停止采样定时器,然后调用 `s3c2410_ts_handler` 根据不同的状态进行不同的设置和处理,之后得到不同的采样值。

### 3.4 对得到的触摸屏的数据进行处理

是调用 `data_processing` 函数来实现的。根据采用下面介绍的中值滤波法来对采样数据进行处理。针对坐标点采样过程中产生的噪声,一般是采用平均法来去除噪声,但是这种方法对于采样数较少,并且个别噪声采样点比较大的时候,取平均值会使最后的结果误差较大,达不到数据处理的要求。故本文采用中值滤波法滤除干扰噪声,进一步地提高采样精度。

中值滤波法的原理如下:首先取奇数个触摸采样数据;之后根据采样数据的大小按照从小到大的顺序进行排列;最后取中间位置的数。此种方法一般在采样点不多,个别采样数据误差又较大的情况下,可以有效地减少误差。具体的过程见图 2。

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| 175, 190, 192, 205, 190 | 原始采样数据 |
| 175, 190, 190, 192, 205 | 排序之后数据 |

图 2 中值滤波法的示意过程图

### 3.5 触摸屏的校准

在实际的应用中,通常触摸屏是作为与显示屏配合使用的输入设备,需要从触摸屏采样得到的坐标与屏幕的显示坐标做一个映射。触摸屏和显示屏都是标准的矩形,见图 3 所示。触摸屏的 X 方向坐标只与显示屏的 X 方向有关, Y 方向只与显示屏的 Y 方向相关。

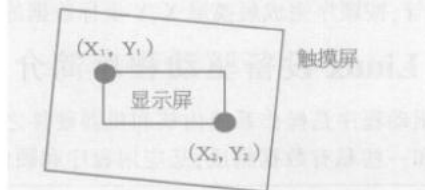


图 3 实际的触摸屏和映射

假设显示屏的分辨率是  $W \times H$ , 显示区域的左上角对应的触摸屏采样坐标是  $(x_0, y_0)$ , 右下角对应的坐标是  $(x_1, y_1)$ , 那么触



触摸屏上的任意一点采用坐标 $(x,y)$ 与显示屏坐标 $(x_0,y_0)$ 的对应关系可按照如下公式计算:

$$x_d = \frac{(x-x_1)}{(x_2-x_1)} \times W \quad y_d = \frac{(y-y_1)}{(y_2-y_1)} \times H$$

根据上述的公式计算出实际触摸屏对应的显示坐标,之后就是一个触摸屏的校准过程,本文采用三点校准的方法,与两点校准相比,三点校准的模型考虑到变相和旋转,更接近实际情况。首先选取3个相距较远的3个作为校准输入的采样点,它们相应的触摸屏采样坐标是 $P_0(x_0,y_0)$ 、 $P_1(x_1,y_1)$ 、 $P_2(x_2,y_2)$ ,显示坐标是 $P_{D0}(x_{D0},y_{D0})$ 、 $P_{D1}(x_{D1},y_{D1})$ 、 $P_{D2}(x_{D2},y_{D2})$ 。直角坐标平面的两个点 $P$ 和 $P_0$ ,定义 $P$ 为触摸屏空间的坐标点, $P_0$ 为显示屏空间的坐标点, $P$ 可以经过旋转、比例和平移得到 $P_0$ 坐标。化简得:

$$x_D = x \times k_1 \cos \theta - y \times k_1 \sin \theta + x_T - x_0 \times k_1 \cos \theta + y_0 \times k_1 \sin \theta$$

$$y_D = x \times k_2 \sin \theta + y \times k_2 \cos \theta + y_T - x_0 \times k_2 \sin \theta - y_0 \times k_2 \cos \theta$$

通过上式可以说明 $P_0$ 和 $P$ 点之间存在一次线性关系满足: $x_D = Ax + By + C$   $y_D = Dx + Ey + F$

对于同一个设备,其中的 $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$ 、 $F$ 为常数,称为校准常数,故只需在触摸屏校准时,解出这6个常数,就可以实现触摸屏空间到显示空间的转换。

### 3.6 中断的释放和注册模块的卸载

是调用`s3c2410_ts_cleanup_module()`来实现的,分别释放在初始化过程中,申请的`IRQ_TIMER1`、`IRQ_ADC_DONE`、`IRQ_TC`的中断和字符设备的接口函数`devfs_register_chrdev()`,具体如下:

```
free_irq(IRQ_TIMER1,g_ts_id);
free_irq(IRQ_ADC_DONE,g_ts_id);
free_irq(IRQ_TC,g_ts_timer_id);
```

```
devfs_unregister_chrdev(gMajor, H3600_TS_MODULE_NAME); //
卸载字符设备
```

## 4 结束语

本文作者创新点:结合实际的硬件平台,详细地介绍基于嵌入式Linux操作系统下触摸屏驱动程序的开发过程,改进了处理采样数据的方法,最后改进了常用的校准方法。使该触摸屏驱动更能满足实际的要求,该触摸屏驱动程序已用于实际的嵌入式产品中,运行稳定可靠,具有很好的发展前景和社会经济效益。

### 参考文献:

[1]刘森.嵌入式系统接口设计与Linux驱动程序开发[M]北京航空航天大学出版社.2006.5

[2]魏永明等译.LINUX设备驱动程序[M]中国电力出版社.2006

[3]张晓林等.嵌入式系统设计与实践[M]北京航空航天大学出版社.2006

[4]周红波.基于嵌入式操作系统的开发方法[J]微计算机信息,2006,7-2:55-57.

[5]Samsung Electronics S3C2410X 32-Bit RISC Microprocessor User's manual 2003

作者简介:畅卫功:(1974-),男,汉族,讲师,硕士,研究方向:计算机网络与嵌入式系统,E-mail:wgchang@tust.edu.cn;丁忠林(1973-),男,汉族,助教,硕士,研究方向:计算机通信。

Biography:Chang Weigong (1974-),Male,Master,Instructor,Major computer network and embedded system.

300222天津科技大学计算机科学与信息工程学院 畅卫功

丁忠林

通讯地址:300222天津市河西区大沽南路 1038号天津科技大学 72#信箱 畅卫功

收稿日期:2006.9.25 修稿日期:2006.10.22

上接第 109 页)

```
param set linux_cmd_line "noinitrd root=/dev/mtdblock/3
init=/linuxrc console=Stty0"
```

再次重新启动后,当出现如下信息,表明系统已经从 NAND FLASH 中正确挂载 YAFFS 根文件系统了:

```
mount_root trying yaffs filesystem.....
yaffs Attempting MTD mount on 31.3 dev is 7939 "1f03"
VFS Mounted root (yaffs filesystem).
Mounted devfs on /dev
... ..
```

按照这种方法,用户可以根据自身系统需要实现的功能将程序和相关文件放在某个文件夹下,使用上述两个工具将其打包下载即可。

## 6 结语

NAND 闪存以其廉价和大容量的优势正逐渐被广泛的应用于嵌入式系统;而 YAFFS 则是针对 NAND 闪存设计非常优越的嵌入式文件系统。因此,在嵌入式系统中采用 NAND 闪存作为大容量的数据存储,并使用 YAFFS 作为文件系统有相当的优势。

本文作者创新点:以一种较为简单的方法和步骤成功的在嵌入式 Linux 系统中实现 YAFFS 文件系统的移植和应用,在此基础上用户可以很方便的实现复杂任务或图形界面程序开发。

参考文献:

[1]N C Bane Brief HOW TO on incorporating yaffs as a root fs YAFFS Documentation

[2]Keisuke Yasui [celinux-dev] YAFFS patch <http://tree.celinux-forum.org/pipermail/celinux-dev/2005-April/000368.html>

[3]Charles Manning "Introducing YAFFS the first NAND-specific flash file system", <http://linuxdevices.com/articles/AT9680239525.html>

[4]郑桦,刘清,邢航,徐智穹.构造嵌入式 Linux 的文件系统[J]微计算机信息,2004,8:49-50,59

[5]冯忠梅,李善平,康慨,叶楠.ARM & Linux 嵌入式系统教程.北京航空航天大学出版社,2004

作者简介:钟汉如,男,广东省龙川县人,华南理工大学副教授,控制理论及应用专业工学博士,研究方向:机械装备控制理论与应用;张庆灿,男,1981年8月生,福建省永定县人,华南理工大学工业装备与控制工程学院硕士研究生,研究方向:单片机与嵌入式控制系统。

Biography:Zhong Hanru, male, born in Longchuan County, Guangdong Province, Associate Professor of South China University of Technology, Research Area: Industrial Equipment and Control Theory Application.

510640 广州 华南理工大学工业装备与控制工程学院) 钟汉如 张庆灿

School of Industrial Equipment and Control Engineering South China University of Technology, Guangzhou 510640, China) Zhong Hanru Zhang Qingcan

通讯地址:510640 广州 广州市华南理工大学工控学院 钟汉如

收稿日期:2006.9.26 修稿日期:2006.10.23