

基于 TQ2440 和 Linux 的触摸屏的驱动研究

印 盼,赵建军,袁宏攀

(昆明理工大学 理学院,云南 昆明 650093)

摘 要: 嵌入式技术在工业和日常生活中变得越来越普及,触摸屏作为交互终端已经逐渐取代键盘成为嵌入式系统的输入设备。使用 TQ2440 开发板,通过对嵌入式 Linux 内核中触摸屏驱动的研究,编写和移植了触摸屏的驱动程序,校准之后触摸屏可以正常使用。

关键词: TQ2440;Linux;触摸屏;驱动

中图分类号: TP316

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2011)02-0075-04

Driver study and use of touch screen based on TQ2440 and Linux

Yin Pan, Zhao Jianjun, Yuan Hongpan

(College of Science, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract: With the development of information, intelligence and network, embedded technology is becoming increasingly popular in the field of electronic industry as well as daily life. As the medium for the terminal-user interaction, the touch screen has gradually replaced keyboard to be the inputting equipment in the embedded system. In this experiment, using the TQ2440 board, driver of touch screen in Linux kernel is introduced briefly, write and transplant the touch screen driver, touch screen can be used after calibrating.

Key words: TQ2440;Linux;touch screen;driver

随着信息查询技术的发展,触摸屏因具有坚固耐用、反应速度快、节省空间、易于交流等优点,而得到了广泛应用^[1]。触摸屏作为一种新兴的电脑输入设备,是目前最简单、方便的一种人机交互设备。

1 硬件简介

1.1 TQ2440 开发板简介

天嵌公司生产的 TQ2440 开发板,微处理器采用 Samsung S3C2440AL,板载 64 MB SDRAM、256 MB Nand Flash、2 MB Nor Flash,板载 5 线异步串行口(UART0)、100 Mb/s DM9000 网卡、USB HOST 接口、USB Device 接口和一个 SD 卡接口,集成了 4 线电阻式触摸屏接口和 JTAG 接口等,音频接口采用芯片 UDA1341,立体声音频输出,可录音。

1.2 S3C2440 处理器简介

S3C2440 是由三星公司推出的 16/32 bit RISC 微处理器,最高主频可达 533 MHz,为手持设备和一般类型应用提供了低价格、低功耗、高性能小型微控制器的解决方案。处理器内部集成 SDRAM 控制器、LCD 控制器、4 通道 DMA、3 通道 UART、PC 总线、FS 总线、SD 接口、PWMtimer、触摸屏接口、8 通道 10 bit A/D 控制器和

camera 接口等,很便于一般开发。

1.3 触摸屏

按照触摸屏的工作原理和传输信息的介质一般可分为 4 种,分别为电阻式、红外线式、电容感应式以及表面声波式。本次设计采用的是东华 3.5 英寸触摸屏,为 4 线电阻式触摸屏。具体参数为:型号:WXCAT35-TG3#001F;尺寸:103 mm×83 mm;显示面积:70.08 mm(H)×52.56 mm(V);显示颜色:16.7 兆色分辨率;对比度:300:1;亮度:320 cd/m²;电源:5 V 电压供电。

电阻式触摸屏利用压力感应进行控制,由触摸检测部件和触摸屏控制器组成。触摸检测部件安装在显示器屏幕前面,用于检测用户触摸位置,并将触摸位置信息送到触摸屏控制器;触摸屏控制器的主要作用是从触摸点检测装置上接收触摸信息,并将它转换成触点坐标,再送给 CPU,它同时能接收来自 CPU 的命令并加以执行。触摸屏的屏体部分是一块与显示器表面非常配合的多层复合薄膜,由一层玻璃或有机玻璃作为基层,表面涂有一层透明的导电层氧化铟(OTI),上面再覆盖有一层外表面硬化处理、光滑防刮的塑料层,它的内表面也

技术与方法 Technique and Method

涂有一层 OTI, 在两层导电层之间有许多细小 (小于 1/1000) 的透明隔离点把它们隔开绝缘。当手指接触屏幕时, 两层 OTI 导电层将出现一个接触点, 因其中一面导电层接通 Y 轴方向的 5 V 均匀电压场, 使得侦测层的电压由零变为非零, 控制器侦测到这个接通数据后, 进行 A/D 转换, 并将得到的电压值与 5 V 相比较, 即可得出触摸点的 Y 轴坐标。同理可得出 X 轴的坐标。

S3C2440 的触摸屏接口包括触摸触点控制逻辑和有中断产生逻辑的 ADC 接口逻辑, 可以控制或选择触摸屏触点用于 XY 坐标的转换。触摸屏接口为了完成相应的工作, 具有 4 种工作模式^[2]:

(1) 正常转换模式: 此模式与通用的 AD 转换模式相似, 可以在 ADCCON(ADC 控制寄存器)中设置, 在 ADCDAT0(ADC 数据寄存器 0)中完成数据读写。

(2) X/Y 坐标各自转换: 触摸屏控制器支持两种转换模式, X/Y 坐标各自转换与 X/Y 坐标自动转换。各自转换是在 X 模式下, 将 X 坐标写入 ADCDAT0 后产生中断; 在 Y 模式下, 将 Y 坐标写入 ADCDAT1 后产生中断。

(3) X/Y 坐标自动转换: 在此模式下, 触摸屏控制器先后转换触摸点的 X 坐标与 Y 坐标。当 X 坐标与 Y 坐标都转换完成时, 中断控制器产生中断。

(4) 等待中断模式: 当触摸笔按下时, 触摸屏产生中断(INT_TC)。等待中断模式必须将寄存器 rADCTSC 设置为 0xd3; 在触摸屏控制器产生中断以后, 必须将此模式清除。

如果 GCLK 是 50 MHz 且预分频器的分频值设置为 49 MHz, 10 bit 的转换时间按下式计算:

$$A/D \text{ 转换频率} = 50 \text{ MHz} / (49 + 1) \text{ MHz} = 1 \text{ MHz}$$

转换时间 = $1 / (1 \text{ MHz} / 5 \text{ 个周期}) = 1 / 200 \text{ kHz} = 5 \mu\text{s}$, 可见转换时间很短。

2 触摸屏驱动程序

2.1 建立嵌入式 Linux 系统开发环境

建立此开发环境的步骤为:

(1) 在 Windows XP SP3 系统下安装虚拟机 vmware5.5.3, 在虚拟机里安装 Redhat9.0 系统。在 Redhat9.0 系统下编译开发板所需的镜像和文件, 使用虚拟机工具实现了 Windows 和 Redhat 的文件共享, 在 Windows 系统下可以直接下载镜像和文件到开发板上。

(2) 使用 Windows XP SP3 自带的超级终端, 并使用串口线连接 PC 和开发板。这样就可以在 PC 上对开发板进行相关的操作。

(3) 本次实验开发板使用的是 Linux2.6.30.4 内核, 而 Redhat9.0 系统是 2.4.20.8 内核, 所以需要下载适合开发板的编译器。下载最新版本的支持 EABI 技术的交叉编译器(本次实验使用的是 EABI_4.3.3_2009 版本), 复制到 Redhat9.0 系统目录/opt/EABI_4.3.3_2009/下, 打开系统文件/etc/profile(可在终端使用命令 vim /etc/profile), 添加相

应语句(本次实验使用 vim 命令打开 profile 文件, 在第 20 行添加语句 pathmunge/opt/EABI_4.3.3_2009/4.3.3/bin)让编译器生效, 这样就可以在 PC 上交叉编译开发板所需要的文件。至此开发环境已经建立。

2.2 Linux 内核的移植

本次实验使用的 boatload 是天嵌公司自己开发的 u-boot, 用 J-TAG 烧写方式写入 NOR Flash, 然后便可以使用 u-boot 自带的 USB 下载(需要在 Windows 下安装 USB 下载驱动程序)功能下载开发板上需要的 Linux 内核镜像了, 这样方便而且高效。下载 Linux2.6.30.4 内核源代码, 复制到 Redhat9.0 系统目录/opt 下, 并解压。在目录/opt/linux2.6.30.4/目录下便可以进行修改和编译开发板上需要的内核镜像。在移植触摸屏驱动之前, 需要移植板载 256 MB NAND Flash 的驱动、yaffs 文件系统, 这样便完善了串口驱动程序, 最后移植 LCD 屏的驱动。

2.3 触摸屏驱动程序

Linux 系统将存储器和外设分为字符设备、块设备、网络设备三大类。触摸屏属于字符设备, 以串行顺序依次进行访问。在 Linux 系统中, 以文件名的形式在/dev 目录下建立触摸屏设备文件, 应用程序可以通过系统调用函数 open() 打开此文件, 建立起与设备的连接, 然后通过函数 read()、write()、release()、ioctl() 等常规的文件操作对目标设备进行操作。Linux 为了把所有的设备当作文件系统进行管理, 为所有的文件及设备文件定义了统一的操作函数接口 file_operations, 每个文件都通过指向 file_operations 结构的指针字段与它自己的函数集相关联。file_operations 中成员为一系列指向各操作函数的指针, 这些操作函数主要负责系统调用的实现, 不同类型的设备文件系统有不同类型的 file_operations 结构^[4]。触摸屏的 file_operations 结构定义为:

```
static struct file_operation s3c2410_fops=
{
    owner: THIS_MODULE,
    open: s3c2410_ts_open, //打开
    read: s3c2410_ts_read, //读坐标
    release:
        s3c2410_ts_release,
#ifdef USE_ASYNC
    fasync:s3c2410_ts_fasync, //fasync()函数
#endif
    poll:s3c2410_ts_poll, //轮询
}
```

结构中 s3c2410_ts_open 函数为 file_operations 中函数指针 open 所指向的函数, 即打开触摸屏设备时 open 操作即为调用 s3c2410_ts_open 函数, 完成触摸屏初始状态参数的设置、消息队列初始化等。read 所指向 s3c2410_ts_read 函数主要是向消息队列提供触摸屏坐标采集数据,

技术与方法 Technique and Method

以供应用程序调用。s3c2410_ts_poll 为查询设备的可读写状态, s3c2410_ts_release 则在释放设备时调用。

在触摸屏驱动程序中定义了一组宏,用于控制触摸屏和 ADC 进入不同的工作模式,如等待中断、X/Y 位置转换等。定义了触摸屏结构体 TS_DEV 包含一个缓冲区、自旋锁、等待队列和 fasync_struct 指针,结构为:

```
typedef struct
{
    unsigned int penStatus;
    TS_RET buf[MAX_TS_BUF]; /* 缓冲区 */
    unsigned int head,tail; /* 缓冲区头和尾 */
    wait_queue_head_t wq; /* 等待队列 */
    spinlock_t lock;
    #ifdef USE_ASYNC
        struct fasync_struct *aq;
    #endif
    struct cdev cdev;
}TS_DEV;
```

触摸屏结构体中的 TS_RET 包含屏幕的 X、Y 坐标和触摸状态信息(PEN_DOWN、PEN_UP),这个信息会在用户读取触摸屏信息时复制到用户空间,结构为:

```
typedef struct
{
    unsigned short pressure;
    unsigned short x;          //X 坐标
    unsigned short y;          //Y 坐标
    unsigned short pad;
}TS_RET;
```

触摸屏工作时会产生两类中断:一类是触点中断(INT_TC),一类是 X/Y 位置转换中断(INT_ADC)。使用函数 s3c2410_isr_tc 用来处理触摸屏的触点/抬起中断,在触点中断发生后,若之前处于 PEN_UP 状态,则应该启动 X/Y 位置转换;当处于 PEN_DOWN 状态时,则调用函数 tsEvent 完成缓冲区的填充、等待队列的唤醒和异步通知信号的释放。使用函数 s3c2410_isr_adc 来处理 X/Y 位置转换中断,当 X/Y 位置转换中断发生后,读取 X、Y 的坐标值,填入缓冲区。在函数 s3c2410_isr_adc 中通过调用函数 s3c2410_get_XY 来获取 X、Y 坐标的。最后由函数 s3c2410_ts_poll 实现轮询接口,将等待队列添加到结构体 poll_table 中,当缓冲区有数据时,返回资源可读标志,否则返回 0。函数 s3c2410_ts_fasync 完成触摸屏对应用程序的异步通知。在程序的最后,由函数 __init s3c2410_ts_init 和 __exit s3c2410_ts_exit 完成从内核中加载和卸载触摸屏驱动程序,加载函数 __init s3c2410_ts_init 还需要完成申请设备号、添加 cdev、申请中断、设置触摸屏控制引脚等多项工作,卸载函数 __exit s3c2410_ts_exit 完成释放设备号、删除 cdev、释放中断等工作^[3]。

2.4 实验操作过程

将编写好的触摸屏驱动 ts.c 文件拷贝到内核源码目录“drivers/input/touchscreen/”下,并修改同目录下的“Kconfig”和“Makefile”文件。在内核配置单中添加触摸屏编译配置选项,修改 Kconfig 文件的第 468 行,添加如下内容:

```
config TOUCHSCREEN
    tristate "TouchScreen input driver"
    depends on ARCH_S3C2410 && INPUT &&
        INPUT_TOUCHSCREEN
```

help

Say Y here if you have the TouchScreen.

and depends on ADC

If unsure, say N.

To compile this driver as a module, choose M here: the module will be called ts.

在目录的 Makefile 文件中添加触摸屏的编译条目,添加内容如下:

```
obj-$(CONFIG_TOUCHSCREEN) += ts.o
```

内核配置单的选择:

```
Device Drivers --->
  Input device support --->
    [*] Touchscreens --->
      <*> TouchScreen input driver
```

配置完毕后,保存配置单,然后编译内核,再将编译好的镜像下载到开发板中运行。

2.5 触摸屏的校准

TQ2440 出厂时使用的是 Linux2.6.25.8 内核,触摸屏已经完成校准,但本次实验重新使用了最新的 Linux2.6.30.4 内核,所以需要重新校准。移植好内核之后,下载了天嵌公司已经做好的 QT 图形界面到开发板,并重启开发板,校准时只需要将触摸笔点中十字架的中心,然后进行 5 点校准,完毕后触摸屏就可以正常使用。如图 1 所示。



图 1 校准时触摸屏显示图

触摸屏因其使用方便、快捷,而得到广泛应用。Linux 系统因其源代码公开、成本低廉、裁减性好、高效、灵活等特点,在嵌入式领域得到了很好的发展和应用。本文介绍了触摸屏的工作原理,对嵌入式 Linux 系统内核源

技术与方法 Technique and Method

码的触摸屏驱动做了深入探讨,编译和下载 Linux 内核到开发板上运行,并且移植了 QT 图形界面,触摸屏校准之后,使用情况良好。

参考文献

- [1] 吴金宏. 触摸屏技术及其应用[J]. 家庭电子, 1998, 9(4): 96-99.
- [2] 王立凤. 触摸屏技术及其应用[J]. 电子工业专用设备, 2006, 35(1): 63-66.
- [3] 宋宝华. Linux 设备驱动开发详解[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008.

出版社, 2008.

(收稿日期: 2010-08-16)

作者简介:

印盼, 男, 1985 年生, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 嵌入式系统。

赵建军, 男, 1962 年生, 副教授, 主要研究方向: 电子信息及嵌入式。

袁宏攀, 男, 1984 年生, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 嵌入式系统。

