

文章编号:1007-2780(2010)01-0139-06

基于 OMAP 处理器图像 调焦系统的触摸显示屏接口设计

郭同健,林兆华,杜壁秀

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所,吉林 长春 130033, E-mail: tjguo_ciomp@yahoo. cn)

摘 要: 结合图像调焦系统的实际应用需求,提出一种基于 OMAP(Open Multimedia Application Plant)处理器的图像调焦系统方案,给出了处理器与触摸显示屏的接口硬件设计,分析了在 Linux 系统下的接口驱动开发,讨论了实际应用中存在的图像分辨率变换及触点窗口形成两个关键问题,将输入的图像数据及对焦窗口成比例显示在液晶屏上。在自动选择的对焦窗口不满足要求时,使用触摸屏来重新调整对焦窗口,从而实现人工参与对焦窗口的快速选择及调整,满足了特定领域对图像调焦系统的特殊要求。

关 键 词: 对焦窗口; 触摸显示屏; OMAP 处理器; Linux 驱动

中图分类号: TN911.73 **文献标识码:** A

Design of Touch-LCD Interface in Image Focusing System Based on OMAP Processor

GUO Tong-jian, LIN Zhao-hua, DU Bi-xiu

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences,
Changchun 130033, China, E-mail: tjguo_ciomp@yahoo. cn)

Abstract: According to the actual requirements, a scheme of image focusing system based on OMAP processor was proposed, and the hardware design of interface with touch-LCD was introduced in detail. Then, the relevant Linux drivers were analyzed and two key problems in the application, the transform of image resolution and the form of touch-dot window, were discussed. Therefore, the inputting image data and focusing window could be displayed on the LCD proportionally. When the auto-selecting focusing window didn't meet the needs, touch screen could be used to readjust it. As a result, the quick manual selection and adjustment of focusing window was implemented, which met the special need of image focusing system in special field.

Key words: focusing window; touch-LCD; OMAP processor; Linux drivers

1 引 言

基于图像处理的自动调焦是近年来人们重点研究的一种调焦技术,一些行之有效的图像调焦算法^[1,2]已被提出并成功应用于工程领域。对焦窗口的自动选择一直是图像调焦技术中的难点之

一,尽管人们提出了一些自动对焦窗口选择算法^[3],但是在一些特殊应用领域,如光电测量系统,往往要求对感兴趣的目标进行调焦成像,这时就需要人工参与自动对焦窗口的选择,并能将结果迅速通知处理器。本文提出了一种基于 OMAP 处理器的图像调焦系统,着重阐述了处理

器与触摸显示屏的接口设计及 Linux 驱动开发,所采集的图像数据及自动选择的对焦窗口可以显示在液晶屏上,如果自动对焦窗口中目标不是所感兴趣的,则可用手指触碰触摸屏来指定调焦目标,处理器以触点位置为中心形成新的对焦窗口,完成人工参与对焦窗口的快速选择及调整。

2 系统硬件结构

所设计的图像调焦系统选用 TI 公司的高性能低功耗 OMAP-L137 处理器^[4]。该处理器采用 ARM+DSP 双核架构,内嵌 ARM926EJ 核及 C674x 系列 DSP 核,工作频率达 300 MHz,ARM 核带有 MMU 单元,支持嵌入式 Linux、WinCE 等操作系统。系统利用 DSP 核完成复杂的图像调焦算法,利用 ARM 核实现图像调焦系统的综合控制功能,处理器片上集成 LCD 控制器及 SPI 接口,用来实现与液晶显示屏及触摸屏控制器的无缝连接,系统结构如图 1 所示。

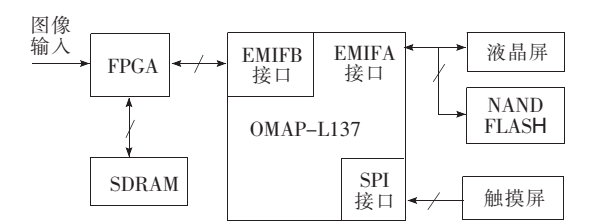


图 1 系统结构图
Fig. 1 Diagram of system structure

外部数字图像数据输入 FPGA 并在内部 SRAM 中缓冲,接着在 FPGA 时序控制下转移至 SDRAM 存储区。处理器通过 EMIFB 接口产生 SDRAM 控制时序,经过 FPGA 连接 4 片 $4\text{M}\times 16\text{bit}\times 4$ 的 SDRAM 芯片,组成 128 MB 外部扩展存储区。其中两片 SDRAM 由 FPGA 控制交替存储图像数据,保证 DSP 处理图像数据的同时另一片继续缓存外部图像数据;另外两片 SDRAM 作为系统扩展 RAM,用于操作系统、应用程序及数据的存储区域。系统上电后,DSP 核启动运行引导程序,将处理器的 EMIFA 接口配置成 NAND FLASH 接口,并将 FALSH 里的操作系统及应用程序引导至系统扩展 RAM 中,之后启动 ARM 核,将系统控制权交于 ARM 核及操作系统管理。操作系统加载液晶显示驱动程序后,将 EMIFA 接口配置成 LCD 控制器同时禁用

NAND FLASH,系统加载触摸屏驱动程序后,配置 SPI0 接口并注册触摸屏输入设备。

系统选择夏普 12.7 cm (4.96 in) 的 TFT-LCD^[5] (型号为 LQ050Q5DR01) 显示外部输入的图像数据,其分辨率为 320×240 ,主要接口信号有帧同步 (VSYNC)、行同步 (HSYNC)、时钟 (CLK)、数据有效 (ENAB) 及颜色数据 (R6G6B6),与 LCD 控制器的硬件连接如图 2 所示。由于 LQ050Q5DR01 为 18 位颜色模式 (R6G6B6),而处理器 LCD 控制器最高只有 16 位颜色模式 (R5G6B5),所以在连接时液晶屏的 R0、G0 信号均接地,同时扫描方向 HVR 信号也接地,设置扫描方向从左至右、从上至下。

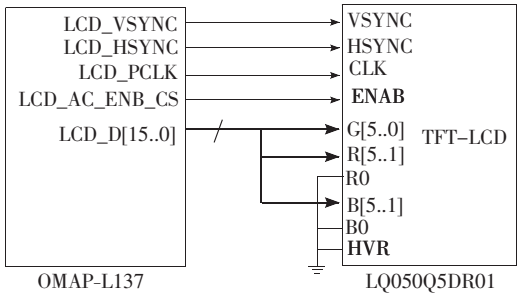


图 2 液晶显示屏硬件连接图
Fig. 2 Diagram of LCD hardware connection

触摸屏选用广泛使用的四线电阻式触摸屏,工作原理是通过测量电极两端的电压值来实现对触摸点的定位。采用 ADS7843 触摸屏控制芯片来完成电极两端电压的 AD 转换,工作模式配置成差分模式,处理器通过 SPI0 接口采集触点数据,硬件连接如图 3 所示。GP5 [3] 配置成外部中断引脚,下降沿触发。当触摸屏被压下时,PE-NIRQ 变为低电平产生外部中断,处理器响应外部中断后启动 SPI0 接口,发出 AD 转换控制命令,转换完毕后从 ADS7843 读取触点位置。

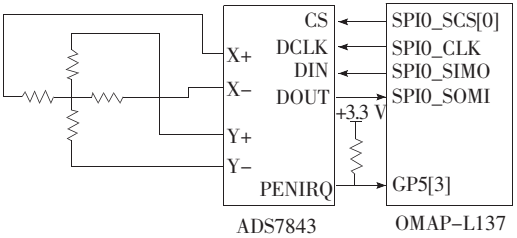


图 3 触摸屏硬件连接图
Fig. 3 Diagram of touch screen hardware connection

3 Linux 接口驱动

操作系统为上层应用程序屏蔽了各种设备的硬件细节,对硬件的访问是通过设备驱动程序来实现的^[6]。Linux 内核采用模块化方式组织各个设备驱动程序,大部分设备驱动程序可以在内核配置时进行定制,也可在内核运行过程中动态加载或删除,从而降低了存储空间要求,促使 Linux 操作系统广泛应用于嵌入式领域。目前 TI 公司已经为 OMAP 处理器发布了 Linux 系统支持包,解决了在该处理器 ARM 核上运行 Linux 内核的技术细节问题,用户根据需要在 Linux 架构下进行相应的接口设备驱动或应用程序开发即可。本文即在该支持包下进行有关接口的驱动程序设计,内核版本为 Linux 2.6.9。

3.1 液晶屏接口驱动设计

Linux 系统将外部接口设备分为字符设备、块设备及网络设备 3 类。显示设备属于字符设备类型,Linux 为显示设备专门定义了一种帧缓冲(Framebuffer)的设备驱动架构,但本系统的液晶屏只显示 SDRAM 中图像数据及对焦窗口,不涉及使用 GUI 开发包进行图形界面开发,故按常见字符设备驱动架构完成接口驱动设计。

典型的字符设备驱动主要由设备的注册、设备的注销及设备的操作组成。设备的注册在驱动程序加载时进行,主要功能是向系统申请设备号、添加设备、连接文件操作及寄存器初始化,实现过程如下:

```
static struct cdev *omapLcd_cdev;
static struct file_operations omapLcd_fops={
    .owner = THIS_MODULE,
    .open = omapLCD_open,
    .release = omapLCD_release,
    .write = omapLCD_write,
};
```

//首先定义两个重要的结构类型:字符设备指针 omapLcd_cdev 和文件操作结构 omapLcd_fops。

```
static int __init omapLCD_init (void);
module_init (omapLCD_init);
```

//声明驱动加载时入口函数 omapLCD_init,在该函数中进行下面一些操作。

```
alloc_chrdev_region (&dev, 0, 1, "omapLcd");
```

//向系统申请动态分配设备编号,dev 是定义的 dev_t 类型变量,存储分配的设备编号。

```
omapLcd_cdev = cdev_alloc ();
cdev_init (omapLcd_cdev, &omapLcd_fops);
//分配和初始化字符设备结构。
omapLcd_cdev->owner = THIS_MODULE;
omapLcd_cdev->ops = omapLcd_fops;
//声明设备的所有者属性及连接文件操作。
cdev_add (omapLcd_cdev, dev, 1);
//添加设备到系统中。
```

```
omapLCD_register_init ();
```

//此函数设置 SYSCFG 寄存器,将处理器的 EMIFA 接口配置成 LCD 控制器接口。

设备的注销是在驱动卸载时进行的,实现过程为:

```
static int __exit omapLCD_exit (void);
module_exit (omapLCD_exit);
```

//声明驱动卸载时调用函数 omapLCD_exit,在该函数中完成下面操作。

```
cdev_del (omapLcd_cdev);
//从系统中删除设备。
unregister_chrdev_region (dev, 1);
//释放系统分配的设备号。
```

设备操作是驱动程序的主要部分,系统中定义的液晶屏接口设备操作类型有设备的打开 omapLCD_open、设备的释放 omapLCD_release 及设备的数据写入 omapLCD_write。

```
static int omapLCD_open (struct inode
* inode, struct file * filp);
```

//设备打开操作函数,在执行设备打开操作时,调用 omapLCD_register_setup ()。

```
omapLCD_register_setup (void);
```

//此函数设置 LCD 控制器寄存器组,主要设置工作为:LCD 控制器配置成 Raster 模式并启用;配置 16 位 TFT 接口模式;设置数据传输时钟频率;FIFO 门限设置成 512 双字;启用帧结束中断,屏蔽 ARM 核 LCD 控制器中断,目的是只让 DSP 核响应 LCD 控制器帧结束中断,由 DSP 交替刷新图像数据帧缓冲区;启用 DMA 的 ping-pongs 模式,让 DMA 自动交替传输 FB0 和 FB1 帧缓冲中的数据,实现数据一边传输一边刷新;设置 FB0 和 FB1 帧缓冲的起始和结束地址,帧缓冲大小为 32+2×(240×320)。

```
static int omapLCD_release ( struct inode
*inode, struct file * filp);
```

//设备释放操作函数,在执行设备关闭操作时,设置 LCD 控制器寄存器组,禁用 Raster 控制器,禁止 LCD 控制器中断。

```
static ssize_t omapLCD_write (struct file * file,
const char * buffer, size_t count, loff_t * ppos);
```

//设备数据写入操作函数,只在触摸屏校准时使用,应用程序将带有校准点的图像数据写入 FB0 和 FB1 帧缓冲区。

3.2 触摸屏接口驱动设计

触摸屏设备在 Linux 系统中也被定义为字符设备类型,为了增强对输入系统管理和方便驱动程序开发,在 Linux 2.4 版本之后内核专门对输入设备(如键盘、鼠标及游戏杆等)规范了一类输入子系统模型接口,它由 Driver 驱动层、Input 核心层和 Event 处理层组成。Driver 驱动层完成与硬件接口,将输入设备的数据和信息上报给 Input 核心层;Input 核心层维护设备链表,提供 Driver 驱动层和 Event 处理层的接口;Event 处理层负责将数据放入设备缓冲区,提供设备文件操作接口,应用程序通过该接口读取输入设备的数据。本文开发的触摸屏驱动遵循输入子系统模型的定义,在输入子系统的层次结构中,Input 核心层和 Event 处理层已由内核实现,只要在内核配置时选中相关支持选项即可。需要的只是开发 Driver 驱动层,实现设备注册及注销、设备打开及关闭、数据采集并上报给 Input 核心层,触摸屏驱动程序实现流程如图 4 所示。

驱动程序被加载时完成设备的注册,主要工作步骤有:

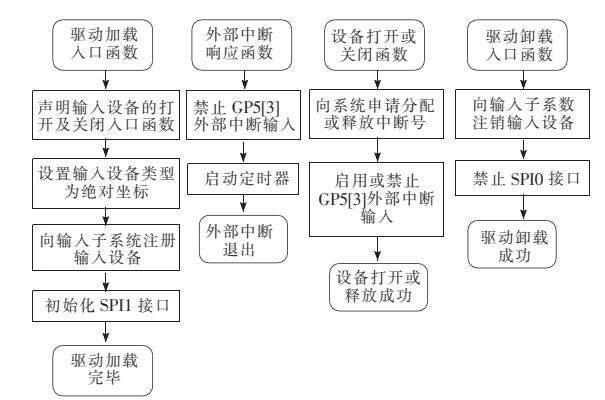


图 4 触摸屏驱动程序实现流程

Fig. 4 Flow chart of touch screen driver implementation

(1)声明输入设备的打开及关闭入口函数。
ts_dev->name = "TouchScreen";
ts_dev->open = ts_dev_open;
ts_dev->close = ts_dev_close;

// ts_dev 是代表输入设备的全局变量,在文件头定义语句 static struct input_dev * ts_dev;

(2)初始化输入设备的类型。
ts_dev->evbit[0] = BIT(EV_ABS);
//设置输入设备类型是绝对坐标型,触摸屏输入数据是绝对坐标值。

ts_dev->absbit[0] = BIT(ABS_X) | BIT(ABS_Y) | BIT(ABS_PRESSURE);
//设置输入设备的属性为 X、Y 坐标值及压力值。

(3)向输入子系统注册输入设备。
input_register_device(ts_dev);
//执行该语句时,系统将调用 connect 函数,为输入设备创建字符设备节点。

(4)初始化 SPI0 接口。
omapSPI_register_init();
//该函数初始化处理器的 SPI0 接口,设置波特率及控制寄存器,并将 GP5[3]配置成外部中断引脚,下降沿有效。

系统加载驱动程序后,应用程序可通过设备文件节点打开或关闭设备,该操作通知系统调用 open 函数入口 ts_dev_open 或 close 函数入口 ts_dev_close。函数 ts_dev_open 主要工作是向系统请求分配中断并启用 GP5[3]外部中断输入。

request_irq(TS_IRQ, ts_dev_isr, SA_INTERRUPT, "TouchScreen", NULL);
//ts_dev_isr 为中断服务程序,ADS7843 产生中断后被调用。

函数 ts_dev_close 主要工作是向系统请求释放中断并禁用 GP5[3]外部中断输入。

free_irq(TS_IRQ, NULL);

输入数据的采集及上报主要由中断服务程序 ts_dev_isr 来实现。当触摸屏被按下时,GP5[3]引脚被置成低电平从而产生外部中断,系统响应并调用 ts_dev_isr,进入该中断服务程序后,首先禁用 GP5[3]外部中断输入,以防止中断被循环触发,之后启动定时器。在定时器延时一段时间(20 ms)后产生定时器中断,在定时器中断程序中查询 GP5[3]引脚状态,如果是低电平则表示触

摸屏被压下,启动 SPI0 接口采集触点位置,并将触摸事件上报 Input 核心层后再次启动定时器;如果是高电平则判断是否上报过触摸事件,如果上报过则表示触摸屏被抬起,此时再次将触摸抬起事件上报 Input 核心层,如果没有上报过则表示触摸屏抖动,之后将 GP5 [3]重新配置成外部中断引脚后返回,具体流程如图 5 所示。上报 Input 核心层的实现语句为:

```
input_report_abs(ts_dev, ABS_X, ts_x);  
//上报 X 方向触点位置 ts_x。  
input_report_abs(ts_dev, ABS_Y, ts_y);  
//上报 Y 方向触点位置 ts_y。  
input_report_abs(ts_dev, ABS_PRESSURE, ts_event);  
//上报触摸屏事件 ts_event,通常在触摸屏被压下或拖动时 ts_event 应设置为大于零的值,抬起时 ts_event 设置为零。  
驱动程序被卸载时,系统调用驱动退出函数,完成设备的注销。  
input_unregister_device(ts_dev);  
//执行该语句注销为输入设备创建的字符设备节点。  
omapSPI_register_exit();  
//禁止 SPI0 时钟。
```

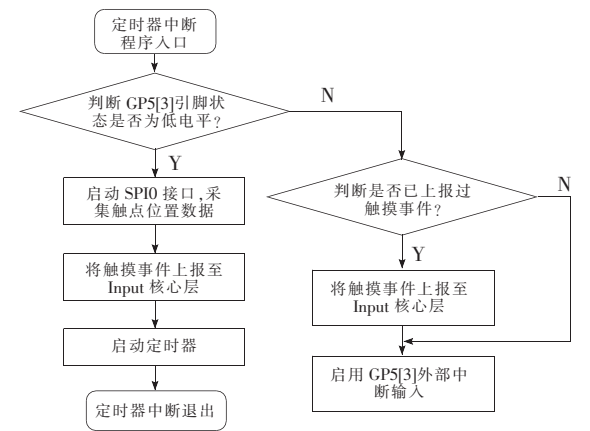


图 5 定时器中断程序流程

Fig. 5 Flow chart of timer interrupt routine

4 图像调焦系统中的应用

Linux 系统加载触摸显示屏的驱动程序后,还需配合相应的应用程序才能正常工作,设计中两个关键问题需要考虑。

4.1 图像分辨率变换

系统采用的 TFT-LCD 分辨率为 320×240 ,而外部输入的数字图像分辨率通常要比它高,这时为了能在 LCD 上显示整幅图像,只能对输入的数字图像进行重抽样。为保证图像整体一致性,应进行等间隔抽样,必要时对图像边缘裁减。假设输入的数字图像分辨率为 $Columns \times Lines$,这时列方向的抽样间隔为 $Columns/320$ 的商,列方向边缘裁减的像素点为 $Columns/320$ 的余数,如果该数值为偶数,则左右两边等像素点裁减;如果为奇数,右边缘比左边缘多裁减一个像素点。对于行方向类似计算。

此外还要考虑对焦窗口显示的变换,假设 DSP 图像调焦时选择的对焦窗口是左上 (C_1, L_1) ,右下 (C_2, L_2) ,为把该窗口成比例地显示在 LCD 上,变换后窗口左上应为 $(C_1/Columns \times 320, L_1/Lines \times 240)$ 的整数值,右下应为 $(C_2/Columns \times 320, L_2/Lines \times 240)$ 的整数值。

整个图像分辨率变换过程由 DSP 完成,当 LCD 控制器的 DMA 将帧缓冲的数据传送完毕后,假设该帧缓冲标识成 FB0, LCD 控制器将产生 DSP 中断, DSP 响应中断后查询 LCD 控制器的状态寄存器得到 FB0 帧传输结束信息,此时 DSP 将当前处理的图像数据进行分辨率变换后转移到 FB0 帧缓冲区,转移过程中将对焦窗口的像素点数据设置为 0000011111100000,使得对焦窗口在 LCD 上显示成绿色,与此同时 DMA 开始进行 FB1 帧缓冲的数据传送,从而实现图像数据的一边显示一边刷新。

4.2 触点窗口形成

在 DSP 自动选择的对焦窗口不满足要求时,可以通过碰触触摸屏来手动选择对焦窗口。通常在触摸显示屏初次使用时需要进行校准,校准采用三点校准法^[7],校准完毕后形成 6 个参数保存至 NAND FLASH 中。在以后使用过程中当得到触摸屏的触点位置后,利用这 6 个参数即可解出触点对应的 LCD 像素点坐标 (x, y) ,之后以该点为中心形成一正方形的对焦窗口,左上为 $(x-h, y-h)$,右下为 $(x+h, y+h)$ 。该对焦窗口是在 320×240 分辨率下形成的,再经过线性变换后形成原始图像的对焦窗口,左上为 $((x-h)/320 \times Columns, (y-h)/240 \times Lines)$ 的整数值,右下为 $((x+h)/320 \times Columns, (y+h)/240 \times Lines)$ 的

整数值。ARM 核在完成该计算后向 DSP 核发出一中断信号并传递计算结果,DSP 根据新选择的对焦窗口重新开始进行图像调焦。

5 结 论

通过对基于 OMAP 处理器的触摸显示屏接

口的硬件、驱动及应用程序进行详细设计,实现了输入的图像数据及对焦窗口在液晶屏上的显示。当自动选择的对焦窗口不满足要求时,可以使用触摸屏来重新调整对焦窗口,从而实现人工参与对焦窗口的快速选择及调整,满足特定领域对图像调焦系统的特殊要求。

参 考 文 献:

[1] 张秋梅. 数码相机自动对焦算法的研究与实现 [D]. 西安:西北工业大学硕士学位论文, 2006.

[2] 李奇. 数字自动对焦技术的理论及实现方法研究 [D]. 杭州:浙江大学博士学位论文, 2004.

[3] 冯华君,毛邦福,李奇,等. 一种用于数字成像的自动对焦系统 [J]. 光电工程, 2004,31(10):69-72.

[4] Texas Instruments. OMAP-L137 low-power applications processor [R]. Texas, America: Texas Instruments Incorporated, 2008.

[5] 席鑫宁,潘宏侠. 基于 DSP 的 LCD 模块设计及其在设备状态监测系统中的应用 [J]. 液晶与显示, 2009,24(1): 110-115.

[6] 张义磊,安吉宇,仲崇亮,等. ARM 芯片 S3C2410 驱动 TFT-LCD 的研究 [J]. 液晶与显示, 2005,20(1): 61-65.

[7] 刘森. 嵌入式系统接口设计与 Linux 驱动程序开发 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2006.



《液晶与显示》诚征广告

《液晶与显示》是中国科学院长春光学精密机械与物理研究所和中国光学光电子行业协会液晶专业分会主办的综合性学术期刊。主要报道国内外液晶学科和显示技术领域最新科研成果和创新技术,及时反映国内外本学科领域及产业信息动态。刊登的内容包括液晶和各类显示材料及制备方法、各类显示器件物理和制作技术、各类显示新型模式和驱动技术、显示技术应用、显示材料和器件的测试方法与技术等方面,是国内外从事液晶和显示技术工作及相关的广大科技人员必读期刊。本刊不仅是我国专业学术期刊发行量最大的期刊之一,而且参与国内外相关科技展会和交流活动。

《液晶与显示》设有广告专栏,真诚欢迎国内外科研单位、企业、商家来此发布产品、技术和服务信息,刊登仪器、设备、材料等方面的广告。本刊有精美彩页和黑白插页可供选择。

需要刊登广告的客户可电话告知您的 Fax,我们会立即将报价单传真给您,洽商确定后即与您签定正式刊登合同。

联系方式:

地 址:长春市东南湖大路 3888 号 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所
《液晶与显示》编辑部

邮 编:130033

http://www.yjyxs.com

电 话:0431-86176059 0431-84613406

传 真:(0431)84695881

E-mail: yjxs@ciomp. ac. cn

联系人:付国柱