文章编号:1674-7070(2009)04-0314-05

基于 ARM 的汽车行驶实验记录仪 LCD 设计

詹洪陈[1]　叶小岭[1]

摘要

介绍了一种基于 ARM9 芯片 S3C2410 的嵌入式汽车行驶试验记录仪 LCD 设计. 首先给出人机交互 LCD 硬件模块的设计,并分析了软件系统的设计,讨论了帧缓冲设备驱动程序框架及层次结构,给出了基于 Linux 操作系统的 LCD 的开发方案.

关键词

汽车行驶实验记录仪;LCD;帧缓冲;S3C2410

中图分类号 TP216

文献标志码 A

0　引言

Introduction

嵌入式汽车试验记录仪是一种用于测试汽车可靠性而研制的数字式电子记录装置,它能够对车辆的速度、时间以及其他状态信息进行实时记录,事后通过对记录信息的分析和处理,检测出汽车的各项性能,从而对相关的缺陷做相应的改进,提高汽车的行驶性能和安全性能[1].

本系统采用三星公司的 S3C2410 芯片作为微处理器. S3C2410 是三星公司推出的主要面向手持设备及高性价比、低功耗应用的 16/32 位 RISC 处理器,它拥有独立的 16 kB 指令 Cache 和 16 kB 数据 Cache,全性能的 MMU(虚拟存储器管理),支持 TFT 的 LCD 控制器、NAND 闪存控制器、Touch Screen 接口、USB 设备等,最高运行频率可达 203 MHz. 该芯片还提供了一系列外围设备,可大大降低整个系统的成本.

1　系统总体设计

Overall design of the system

本系统的功能模块主要分为主控模块、测距防撞模块、视频压缩模块、行车数据获取模块、数据存储模块、数据通信模块及人机接口模块. 系统硬件设计见图 1.

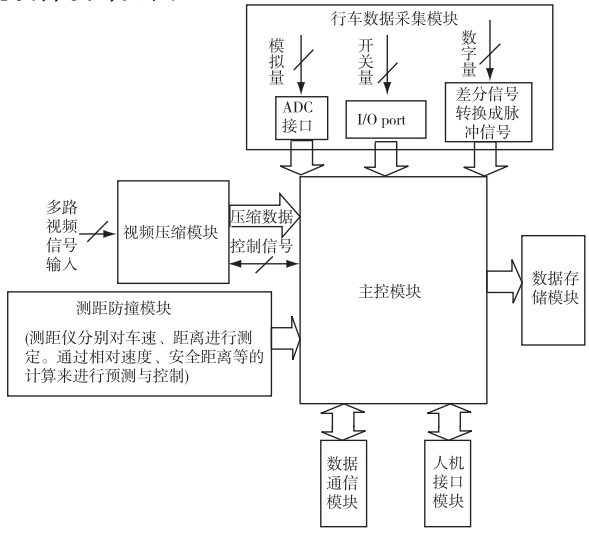


图 1　系统硬件设计

Fig. 1　Design of system hardware

收稿日期 2009-07-14

资助项目 江苏省高校自然科学基金(06KJD 520122)

作者简介

詹洪陈,女,硕士生,研究方向为嵌入式系统设计. zhanghongchen07@163.com

1　南京信息工程大学　信息与控制学院,南京,210044

主处理模块 S3C2410 是实验记录仪的核心部分,通过主处理器负责对采集来的数据进行处理并根据键盘的操作,响应各种数据的实时显示、保存和通信等任务.

测距防撞模块通过毫米波雷达和超声波实现对四周的动态扫描,实时监测目标车辆与周围车辆的距离,当距离达到设定的安全门限时,打开摄像头进行图像采集,并进行报警.

视频压缩模块除采集车辆事故发生前后一段时间的音视频信号外,其核心部件 IME6400 作为视频数据协处理器与 CPU 协同工作以实现高压缩率 MPEG-4 编码流的产生、获取和保存.

数据采集模块负责采集车辆状态的各种信号包括模拟信号、数字信号和开关量信号. 模拟信号分为水温、油量、湿度 3 路输入信号;数字信号主要是指车速信号;开关量信号包括制动、左转向灯、右转向灯、尾灯、雾灯、近光灯、远光灯、鸣笛等 8 路信号.

数据存储模块,ARM 嵌入式应用系统中包含有多种类型的片外存储器. 本系统中使用的 S3C2410 处理器中采用 SDRAM 存储器作为主存储器,Flash 存储器为辅存储器.

数据通信模块是实现车辆、实验员间信息交互的桥梁. 它的基本任务是实现数据的格式化,控制数据传输速率,进行错误检测,能够进行 TTL 与 EIA 电平转换等.

人机交互模块是利用 LCD 液晶显示屏和触摸屏为测试人员提供一个形象直观的操作平台,通过触摸屏的窗口切换相关操作;同时通过语音报警系统提醒试验人员在规定范围内安全驾驶. 测试人员可以借助这些信息,及时做出准确的判断,采取有效措施改进汽车的薄弱环节,提高汽车的总体性能和行车安全性. LCD 的开发即属于这个模块的开发.

2 TFT-LCD 工作原理

Operating principle of TFT-LCD

TFT-LCD[2] 作为一种有源矩阵液晶显示器件,应用十分广泛. TFT 将点阵像素分割成红、绿、蓝 3 个子像素,并相应设置了 R、G、B 3 个微型滤色膜在其对应位置的器件内表面,此时液晶显示器件通过控制每个子像素光阀,就可以控制滤色膜透过光的通断;通过控制光阀的灰度等级,就可能控制相应滤色膜透过光的多少;通过 R、G、B 这 3 个子像素透过的不同光量,便可以混合加色从而实现丰富的彩色.

TFT 晶体管具有电容效应,透过光的液晶分子能够一直保持其电位状态直到 TFT 电极下一次再加电改变其排列方式为止,并且 TFT 液晶在每个像素点都有一个半导体开关,通过点脉冲就可以直接控制每个像素点,使得每个节点相对独立,并能够连续控制. 因此,不但反应时间可以极大地缩短,对比度和亮度也大大提高;同时,分辨率也得到了空前的提升,是目前最好的 LCD 彩色显示设备之一. TFT-LCD 用在汽车行驶实验记录仪上能够更加及时清晰地反映出汽车行驶的状态以及周围的车况,为测试人员提供实时的数据显示.

3 硬件电路模块设计

Design of the hardware circuit module

3.1 LCD 硬件电路

本系统选择 S3C2410[3] 作为主处理器的内置,其 LCD 控制器可支持 STN 和 TFT 2 种液晶显示屏,能够将显示缓存中的 LCD 图像数据传输到外部 LCD 驱动电路上. 通过基于时间抖动算法和 FRC 方法支持规格每像素位 2 位或每像素 4 位的黑白 LCD;支持每像素 8 位、12 位的彩色 STN-LCD 屏;还支持每像素 1 位、2 位、4 位和 8 位的 Palettized 颜色 TFT-LCD;支持每像素 16 位和每像素 24 位的非 Palettized 真彩显示屏. 在驱动编写过程中,需要根据事先 LCD 的大小来调整 CPU 寄存器中相关寄存器中保存 LCD 大小参数,即 x,y 坐标的最大值;同时根据 CPU 的时钟频率来修改 LCD 的刷新频率. STN 属于反射式 LCD 器件,功耗小,但画面色彩对比度较小,反应速度较慢,在比较暗的环境中清晰度很差,需要配备外部照明光源;而在 TFT 型 LCD 中,晶体管矩阵依显示信号开启或关闭液晶分子的电压,使液晶分子轴转向而成"亮"或"暗"的对比,避免了显示器对电场效应的依靠,因此画面质量好、色彩逼真、层次感强,而且显示反应速度更快,灰度显示控制也更精确. 所以,在本系统中选用 Sharp 公司的 10.4″TFT-LCD 屏 LQ104V1DG11(带触摸屏),此液晶屏具有 640×480 的分辨率、18 位的颜色深度、显示界面大、清晰度高,符合汽车仪表数字化、智能化发展的趋势. LCD 接口电路如图 2 所示.

3.2 LCD 控制器设置

LCD 显示屏显示图像主要需要 LCD 驱动器以及 LCD 控制器. 一般 LCD 驱动器以 COF/COG 的形式与 LCD 玻璃基板制成一体,而 LCD 控制器集成在

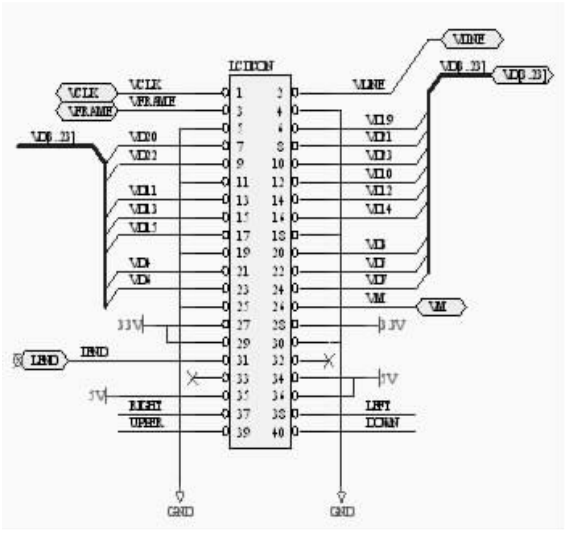


图 2　LCD 接口电路

Fig. 2　LCD interface circuit

MCU 内部,通过 LCD 控制器就可以方便地控制 TFT 屏. LCD 控制器由 REGBANK、LCDCDMA、VIDPRCS、TIMEGEN 和 LPC3600 组成[4]. REGBANK 具有 17 个可编程寄存器,用于对 LCD 各项参数进行设置;LCDCDMA 可以自动将显示数据从帧内存传送到 LCD 驱动器;VIDPRCS 接受从 LCDCDMA 传来的视频数据并将其转换成合适的数据格式通过 VD[23:0]输出端口传送到 LCD 驱动器进行显示;TIMEGEN 产生 VFRAME、VLINE、VCLK 及 VM 信号,VFRAME 是 LCD 控制器和 LCD 驱动器之间的帧同步信号,VLINE 是 LCD 控制器和 LCD 驱动器之间的线同步脉冲信号,VCLK 是 LCD 控制器和 LCD 驱动器之间的像素时钟信号,VM 是 LCD 驱动器的 AC 信号,通过改变行和列的电压极性从而控制像素点的显示或熄灭;而 LPC3600 主要用于时序控制.

LCD 控制寄存器内有寄存器 LCDCON1— LCDCON5. 它与 LQ104V1DG11 的接口设置如下.

LCDCON1:确定 VCLK 和 CLKVAL 的频率值,满足 TFT 的要求 VCLK = HCLK/[(CLKVAL + 1) × 2](CLKVAL≥0);选择显示模式 PNRMODE;选择 BPP 模式 BPPMODE. 在本设计中像素时钟频率 CLKVAL = 1;PNRMODE = 11,表示 TFT 型;BPPMODE = 1100,表示 16 位.

LCDCON2:VBPD 表示垂直同步周期之后,在一帧开始时候的非活动周期;VFPD 表示垂直同步周期之前,在一帧结束时候的非活动周期;VSPW 垂直同步脉冲宽度,通过检测非活动周期的宽度来确定垂直脉冲的高电平宽度. 根据 LQ104V1DG11 的时间参数设置,VBPD = 23,VFPD = 31,VSPW = 2.

LCDCON3:HBPD 是 HSYNC 下降沿和激活数据的开始之间的 VCLK 周期个数;HFBD 是激活数据的结束和 HSYNC 上升沿之间的 VCLK 周期个数. 对于 LQ104V1DG11,HBPD = 169,HFBD = 89.

LCDCON4:HSPW 表示行同步脉冲宽度,本设计中取值为 129.

LCDCON5:FRM565 此位选择 16 bpp 输出视频数据的格式,设置为 1,为 5∶6∶5 格式输出;INVVLINE 指示 HSYNC 脉冲极性,INVVLIN = 1,负极性;INVVFRAME 指示 VSYNC 脉冲的极性,INVVFRAME = 1,负极性;INVVCLK 指控制 VCLK 边沿极性,INVVCLK = 1,在 VCLK 上升沿获得数据.

4　软件驱动设计

Design of the software drive

4.1　Framebuffer 概述

液晶显示在测试中就是将实时测得的汽车行驶状态按照特定的格式写入显示缓存中,对应的屏幕上就会按照设定显示出此时汽车的各状态量,通过与预先设置的标准曲线进行比较,得知汽车行驶的状态是否正常. 因此对于软件,主要的工作就是准确得到这个显示缓存的地址,对它进行相应的操作. Linux 为显示设备专门提供了一类驱动程序,即帧驱动(Framebuffer)设备驱动程序.

Framebuffer 是出现在 Linux 2.2.xx 内核版本以后的一种驱动程序接口. 用户可以将它看成是显示内存的一个映像,将其映射到进程地址空间后,就可以直接进行读写操作,而写操作也可以立即反应到屏幕上,用户无需知道底层硬件的任何信息,仅与 Framebuffer 抽象出来的接口打交道,从而大大降低了拥有 GUI 界面程序的移植工作.

4.2　Framebuffer 设备驱动程序的结构

帧缓冲设备驱动的程序结构见图 3.

帧缓冲设备对应的设备文件是/dev 下的 fb * 文件. 在嵌入式应用中,通常只有一个帧缓冲设备,一般为/dev/fb0. Framebuffer 驱动主要基于以下 2 个文件:linux/include/linux/fb. h 和 linux/drivers/vedio/fbmem. c[5].

fb. h 中定义了几乎所有的重要结构,以下 3 个结构尤为重要. struct fb_info 结构体作为驱动层的接口,记录了帧缓冲设备的属性和操作的完整描述,包

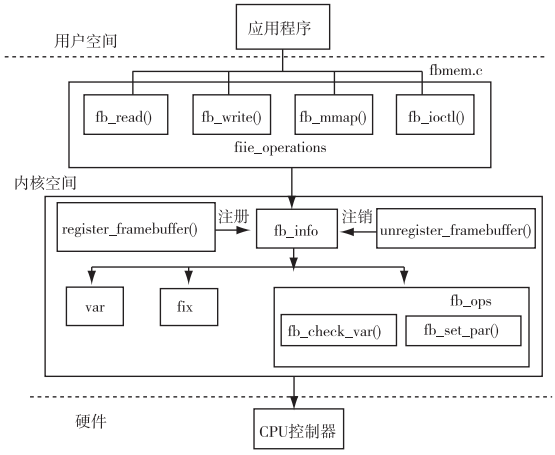


图 3 帧缓冲设备驱动的程序结构

Fig. 3 Structure of the drive program for frame buffer device

括设置参数、状态、操作函数指针等. 在 fb_info 中有个结构体 fb_ops( ) 是指向底层操作函数的指针.

struct fb_var_screeninfo( ) 和 struct fb_fix_screeninfo( ) 是 2 个记录设备状态的结构体. 前者定义了当前设置的显示输出状态,如本系统分辨率为 640 × 480、颜色深度为 18 位,这些设置通过应用程序可以改变,称为图形硬件的可设置特性;后者定义了显示输出设备的自身属性,不能被用户层程序改变的,称为图形硬件的固定特性.

fbmem. c 位于 Framebuffer 驱动结构的中间层,由它提供上层应用软件编程调用接口,同时提供针对具体硬件的底层驱动接口. 通过这个接口,底层驱动程序可以在操作系统内核注册自己,完成对硬件的具体操作、寄存器设置以及显示缓冲的映射等.

4.3 Framebuffer 设备驱动程序的设计

4.3.1 编写初始化函数

Framebuffer 驱动首先要初始化 LCD 控制器,通过相关寄存器来设置 LCD 相对的显示模式和颜色数. 根据 LQ104V1DG11 设置如下.

```
#ifdef CONFIG_S3C2410_SMDK
static struct s3c2410_mach_info xxx_stn_info_
initdata =
    {pixclock:174757,bpp:16,
#ifdef CONFIG_FB_S3C2410_EMUL
    xres:96,
#else
    xres:640,
#endif
    yres:480,
    hsync_len:5,vsync_len:1,
    left_margin:7,upper_margin:1,
    right_margin:3,lower_margin:3,
    sync:0,camp_static:1,
    reg:{
    lcdcon1:LCD1_BPP_16T | LCD1_PNR_TFT |
LCD1_CLKVAL(1),
    lcdcon2:LCD2_VBPD(23) | LCD2_VFPD(31)
| LCD2_VSPW(2),
    lcdcon3: LCD3 _ HBPD (169) | LCD3 _ HFPD
(89),
    lcdcon4:LCD4_HSPW(129),
    lcdcon5: LCD5 _ FRM565 | LCD _ INVVLINE |
LCD5_INVVFRAME | LCD5_PWREN,
    },
};
#endif
```

然后分配显示缓冲区. 使用模块加载方式加载 LCD 驱动模块时,系统调用 vfb_init( ) 函数后,程序首先利用 vmalloc( ) 函数分配一个显示缓冲区,缓冲区的大小为“点阵行数 × 点阵列数 × 一个像素点位数/8”,因此本系统的帧缓冲大小为 640 × 480 × 16/8;然后设定 fb_info( ) 结构体中有关显示屏的各项参数,指明与 fb_ops( ) 所对应的结构体;最后,register_framebuffer( ) 分配一个 struct fb_info( ) 空间. 卸载驱动模块的时候,系统首先要调用 unregister_framebuffer( ) 取消注册,然后释放显示缓冲区的内存.

4.3.2 编写成员函数

fb_info( ) 结构体中指针 fb_ops( ) 对应的底层操作函数. 主要实现以下 3 个函数:fb_get_fix 获得 fb_info( ) 中用户层不能改变的成员变量;fb_get_var 是取得 fb_info( ) 中用户层能改变的成员变量;而 fb_set_var 是设置 fb_info( ) 中用户层可更改的成员变量. 当应用程序调用 ioctl( ) 操作时将会调用它们.

4.3.3 显示设备的操作

读写操作. 通过 read( ) 和 write( ) 函数在帧缓冲区内对行车状态进行读写.

映射操作. Linux 系统在文件操作接口中设置了地址映射 mmap 操作,可以将文件的内容映射到用户空间,通过读写这段地址来访问缓冲区,并在屏幕上显示出行车实时的速度曲线以及各开关量.

输入输出控制. 设备文件的 ioctl( ) 调用可以读取和设置显示设备,应用程序传入的是 fb_fix_screeninfo

结构,在函数中对其成员变量赋值,主要有 smem-start(缓冲区起始地址)和 smem-len(缓冲区长度),最终返回给应用程序. 而 fb_set_var( )函数的传入参数是 fb_var_screeninfo 函数中要对 xres,yres(实际分辨率)和 bits_per_pixel(像素宽度)赋值.

本文给出段初始化图像显示程序,将 fb( )与 GUI 的 buffer 做个映射.

```
int initgraph( )
{
    FILE * fb;
    fb = open "(/dev/fb0",O_RDWR);
    if(fb < 0){
        printf("open fb0 faild\n");
        return -1;
    }
if(ioctl(fb,FBIOGET_FSCREENINFO,&finfo) == -1 ||
    ioctl ( fb, FBIOGET _ VSCREENINFO, &vinfo )
 == -1){
        printf("Error reading screen info\n");
    }
    printf("xres * yres * bits_per_pixel %d,%d,%
d\n",
    vinfo. xres,vinfo. yres,vinfo. bits_per_pixel)
    screensize = vinfo. xres * vinfo. yres * vinfo. bits_
per_pixel/8;
    printf("screensize = %d\n",screensize);
    fbp = ( U16 * ) mmap ( 0, screensize, PROT _
READ | PROT_WRITE,MAP_SHARED,fb,0);
    returan 0;
}
```

4.3.4 关闭设备

```
void closegraph( )
{
    munmap(fbp,screensize);
    close(fb);
}
```

5 结语

Concluding remarks

本文设计了一种基于 ARM9 的汽车行驶实验记录仪的 TFT-LCD 交互界面,将嵌入式技术应用其中,给出了软硬件设计,所有的控制功能均由 ARM 芯片参与实现. 成本较低、体积较小,可用于工业控制和车载通信等领域的显示输出设备.

参考文献

References

[1] 叶小岭,严海东. 嵌入式触摸屏在汽车实验记录仪中的应用[J]. 计算机测量与控制,2009,17(3):573-575
YE Xiaoling, YAN Haidong. Embedded touch-screen applied in the vehicle experiment data recorder[J]. Computer Measurement & Control,2009,17(3):573-575

[2] 李俊. 嵌入式 Linux 设备驱动开发详解[M]. 北京:人民邮电出版社,2008:126-167
LI Jun. The detailed description of developments in embedded Linux device drivers [M]. Beijing: Posts & Telecom Press,2008: 126-167

[3] 徐英慧,马忠梅,王磊,等. ARM9 嵌入式系统设计——基于 S3C2410 与 Linux [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007:265-272
XU Yinghui, MA Zhongmei, WANG Lei, et al. Design of the ARM9 embedded system based on S3C2410 and Linux [M]. Beijing: Press of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2007:265-272

[4] 华恒科技. 华恒 HHARM9-EDU 试验指导书[Z]. 合肥:合肥华开源恒信息技术有限公司,2005:132-151
HHTech. HHARM9-EDU guidebook for Tests [Z]. Hefei: Hefei Hua Kai Yuan Heng Information Technology Co Ltd, 2005: 132-151

[5] 宋宝华. Linux 设备驱动开发详解[M]. 北京:人民邮电出版社,2008:477-528
SONG Baohua. The detailed description of developments in Linux device drivers [M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2008: 477-528

ARM-based LCD design of vehicle running experiment data recorder

ZHAN Hongchen[1] YE Xiaoling[1]

1 School of Information and Control, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

Abstract A design of vehicle running experiment data recorder LCD based on S3C2410, an ARM9 chip or microcontroller, is introduced in this paper. It first introduces a design of the man-machine interactive LCD hardware module, and analyzes the design of its software system at the same time. The paper then discusses the framework and hierarchical structure of the drive program for the frame buffer device, and presents the development scheme in detail for LCD device based on the Linux operating system.

Key words vehicle running experiment data recorder; LCD; frame buffer; S3C2410