

文章编号:1007-2780(2011)04-0527-05

AMOLED 驱动电路和 LINUX 下驱动程序设计

李国强,章坚武,占志伟

(杭州电子科技大学 通信工程学院,江苏 杭州 310018,E-mail: tonyhdu@gmail.com)

摘 要: 针对便携嵌入式系统设备低功耗的要求,结合 AMOLED(Active Matrix Organic Light Emitting Diode)反应速度快、对比度高、视角宽、轻薄、功耗低等优点,以奇晶光电 C0240QGFA-T 为原型,在其内置驱动芯片 S6E63D6 基础上设计了驱动电路板,并在三星的 ARM9 处理器 S3C2440A 上完成了驱动电路板的 Linux 下的驱动程序。实验结果表明,方案可行,显示效果较好。

关 键 词: 嵌入式系统;Linux;主动矩阵有机发光二极管;驱动;S3C2440A

中图分类号: TP316;TN27 **文献标识码:** A **DOI:** 10. 3788/YJYXS20112604. 0527

Design of AMOLED Drive Circuit and Linux Driver

LI Guo-qiang,ZHANG Jian-wu,ZHAN Zhi-wei

(College of Communication Engineering, Hangzhou Dianzi University,
Hangzhou 310018, China, E-mail: tonyhdu@gmail.com)

Abstract: To reduce portable devices with embedded systems power consumption, AMOLED display scheme is implemented, it has the advantage of fast reaction speed, high contrast, wide viewing angle, thin and low power consumption. Driver circuit is designed for CMEL (CHI MEI EL Corporation) C0240QGFA-T. Linux driver is designed for the driver circuit based on Sumsung's ARM9 processor S3C2440A. The test result indicates that the scheme is feasible and the board could display with high quality.

Key words: embedded system;Linux;AMOLED;driver;S3C2440A

1 引 言

2 驱动电路设计

被称为下一代显示技术的 AMOLED 随着技术的成熟,逐渐被应用到移动电话、笔记本电脑等消费电子产品中。相比于传统的液晶面板,AMOLED 具有反应速度较快、对比度较高、视角宽等优点^[1],受到嵌入式系统行业的青睐。

本文为奇晶光电公司生产的 C0240QGFA-T 设计了驱动电路板,在嵌入式 Linux 系统下完成了驱动程序设计。嵌入式处理器选用了三星公司的 ARM9 处理器 S3C2440A。

C0240QGFA-T 是台湾奇晶光电公司生产的 AMOLED,其内置了三星的全接口驱动芯片 S6E63D6,集成了 4 线电阻式触摸屏。C0240-QGFA-T 大小为 6.1 cm(2.4 in),显示分辨率为 240×320。该模组包含 4 种接口模式:i80 系统微处理器接口、i68 系统微处理器接口、SPI(Serial Peripheral Interface)接口和 RGB 接口。两种微处理器接口模式都支持 18/16/9/8 位的数据宽度。RGB 接口模式分别支持 18/16/6 位宽度的数据。根据实验中主处理器 S3C2440A 的 LCD

控制器的特性,设计的驱动电路将该模块配置为 RGB 接口(16 位,RGB565 模式)和 SPI 接口模式。其中 RGB 接口用来传输显示数据,SPI 接口用来配置模块的内置驱动芯片的相关参数,例如 Gamma 参数设置等^[2-3]。

RGB 接口为显示模组的高品质显示提供了有利保障,该接口可以高速度、低功耗地显示动画。它包含 16 条并行数据线和 4 条信号线,信号线分别是场同步信号(VSYNC)、行同步信号(HSYNC)、像素时钟(DCLK)和传输使能(VDEN),这些控制信号控制着帧、行、像素的数据传输。

2.1 驱动板电源模块

驱动电路板电源由 S3C2440 系统的 LCD 接口供电。系统提供的电压为 5 V。C0240QGFA-T 的正常工作需要用到 3.3、4.6、-4.4 V,设计中选用了 AMS1117-3.3 和 NCP5810 两片直流转换芯片。AMS1117-3.3 是一款能够输出 800 mA 的低压降稳压器,可以将 5 V 变换到 3.3 V。设计中选取安森美半导体的 NCP5810 为驱动板提供正负压供电,其内部包含一个升压转换器和 1 个逆变器。它也是一款高效的 1.75 MHz 脉宽调制转换器,专门针对有源矩阵发光二极管面板的显示驱动供电,对恒定电压的应用进行了优化^[4-5]。其小巧的封装类型(LLGA 封装)更适宜于便携式设备,应用电路如图 1 所示。ARVDD 为得到的正电压,ARVSS 为负电压。

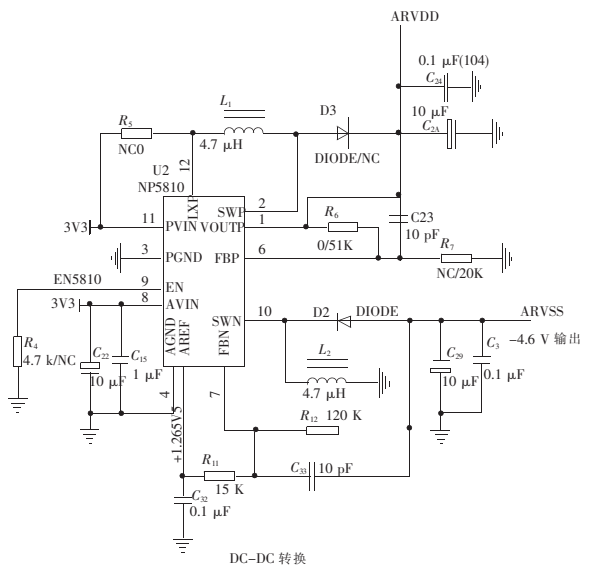


图 1 电源模块

Fig. 1 Power module

NCP5810 的正电压输出为固定的 4.6 V。负压输出可调,其范围为-2.0~-15 V,是通过调节外部反馈电阻来实现的,即上述电路中的 R_{11} 和 R_{12} 。为了保证电压转换的高效率, R_{11} 上的电流不能过大,推荐 R_{11} 的取值范围为 10~100 kΩ。两个电阻和输出负压之间的关系由式(1)确定:

$$R_{11} = R_{12} \times \left(\frac{V_{OUTN} - V_{FBN}}{V_{FBN} - V_{REF}} \right) \tag{1}$$

由于
$$V_{FBN} = \frac{V_{REF}}{2} \tag{2}$$

所以有
$$R_{11} = R_{12} \times \left(1 + \frac{2 \times |V_{OUTN}|}{V_{REF}} \right) \tag{3}$$

根据推荐值,选定 R_{11} ,结合要得到的输出电压值就可以计算出 R_{12} 的值,其中 V_{REF} 为固定的 1.265 V。

2.2 配置电路设计

显示面板内置的驱动芯片 S6E63D6 为全接口芯片,支持 MPU(Microprocessor Unit) i80 系统接口、MPU i68 系统接口、SPI 接口和 RGB 总线接口。为了能够较为流畅地显示视频,设计中通过配置电路将接口设定为 RGB 总线模式。这种情况下两个 MPU 接口不可使用(MPU 接口与 RGB 接口信号线复用),RGB 总线作为数据接口,SPI 接口作为驱动芯片寄存器配置接口。由于选用的 S3C2440 系统的显示接口中没有引入系统的 SPI 信号线,同时为了美观减少引线,SPI 配置部分选用了一片 51 单片机来实现。这样配置电路可以分为两部分,其中一部分通过直接拉高或拉低相应引脚的电平,另一部分通过单片机连接 SPI 接口进行软件配置。设计中将显示面板的第 21 脚电平拉高到 3.3 V 就实现了将系统接口选择为串行接口,即 SPI 模式接口,同时系统会

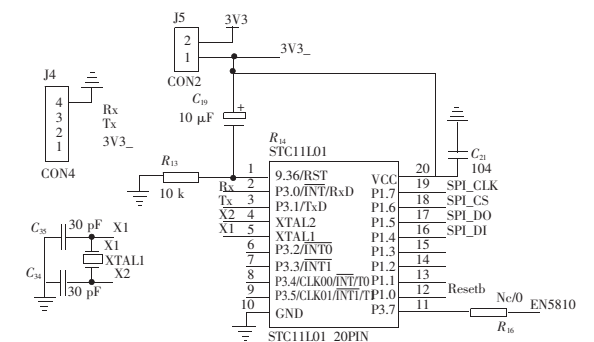


图 2 SPI 配置电路

Fig. 2 Configuration circuit of SPI

默认 RGB 总线接口为数据接口。单片机与面板通过 SPI 接口相连,电路如图 2 所示。

设计中单片机选用的是宏晶科技公司的 STC11L01,该系列单片机是宏晶科技公司的单时钟/机器周期单片机,具有高速、低功耗、超强抗干扰的优点,指令代码完全兼容传统 8051,速度比 8051 提高 8~12 倍,内部集成高可靠复位电路^[6]。设计中为了减少 PCB 面积,选择了 SOP 封装类型。

2.3 其他外围电路

AMOLED 面板接口如图 3 所示。触摸屏接口采用了电容滤波和磁珠相结合的形式,效果较好,结合上层矫正软件,触点较为准确。S6E63D6 的其他引脚按照芯片手册,相应地拉高、拉低或者外接电容即可。PCB 布线时要遵循布线规则,同时也要结合高速电子线路走线的要求对 RGB 总线的像素时钟线和行、场同步线进行走线。这些控制线信号的完整性关系到最终的显示效果,走线不当很可能会导致显示颜色失真。

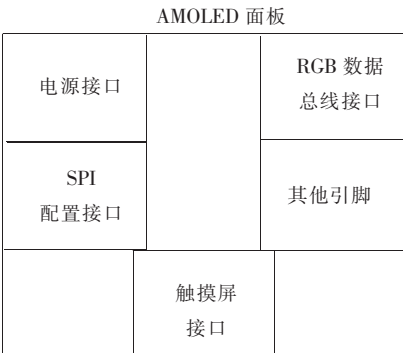


图 3 AMOLED 显示面板示意图
Fig. 3 Schematic of AMOLED display panel

3 驱动程序设计

本设计中采用的主处理器是 S3C2440A,为三星半导体公司设计的一款基于 ARM920T 内核的 32 位嵌入式 RISC(reduced instructions set computers)微处理器,其性能高、功耗低,最高主频为 533 MHz,内部集成了触摸屏接口、8 通道 ADC 和 LCD 控制器,适用于便携式消费类设备(智能手机、导航仪等)^[7]。S3C2440A 与模块接口如图 4 所示。

根据上面的框图,软件设计部分由单片机程序和嵌入式 Linux 端驱动程序两部分组成。

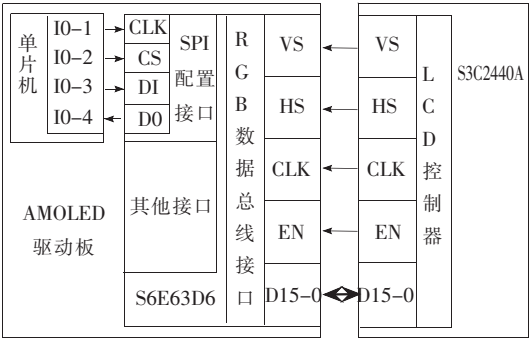


图 4 接口框图
Fig. 4 Schematic of interface

3.1 单片机程序设计

设计中选用的低端、低功耗单片机没有 SPI 接口,所以采用 4 个 GPIO(通用输入输出口)来模拟 SPI 时序对 S6E63D6 进行配置。部分代码及参考寄存器配置如下。

```
/* WriteCommand 表示写命令函数,WriteData 表示写数据函数 */  
vpen=0; //关掉 NCP5810 的正负电压输出  
/* 0x0005 表示寄存器地址 0x0000 是要写入的数据,0 表示关闭显示,1 表示打开显示 */  
WriteCommand(0x0005);WriteData(0x0000);  
/* 设定 16-bit RGB 接口模式及相应控制线的极性(高低电平有效,上升、下降沿有效) */  
WriteCommand(0x0002);WriteData(0x0193);  
/* 设定 RGB 数据的排列方式 */  
WriteCommand(0x0003); WriteData (0x0130);  
WriteCommand(0x00f8);WriteData(0x0014);  
WriteCommand(0x00f9);WriteData(0x0014);  
/* 设定正常模式,0 为正常模式,1 为待机模式 */  
WriteCommand(0x0010);WriteData(0x0000);  
/* 以下为 Gamma 设置,亮度为 100 cd/m2 时的参考寄存器设置 */  
// Gamma Top/Bottom R  
WriteCommand(0x0070);WriteData(0x1900);  
// Gamma Top/Bottom G  
WriteCommand(0x0071);WriteData(0x1b00);  
// Gamma Top/Bottom B  
WriteCommand(0x0072);WriteData(0x2600);  
// Gamma Top Bottom R1,2  
WriteCommand(0x0073);WriteData(0x0813);
```

```
// Gamma Top Bottom R3,4
WriteCommand(0x0074);WriteData(0x1e11);
// Gamma Top Bottom G1,2
WriteCommand(0x0075);WriteData(0x2717);
// Gamma Top Bottom G3,4
WriteCommand(0x0076);WriteData(0x1915);
// Gamma Top Bottom B1,2
WriteCommand(0x0077);WriteData(0x231b);
// Gamma Top Bottom B3,4
WriteCommand(0x0078);WriteData(0x2116);
/* 打开显示 */
WriteCommand(0x0005);WriteData(0x0001);
/* 使能 NCP5810 的正负电压输出 */
vpen=1;
/* 数据通过 RGB 总线被写进内部 ram,同时显示 */
WriteCommand(0x0022);
```

系统上电后,驱动电路板会同时被供电,单片机上电复位后立即运行,执行对 S6E63D6 芯片的配置,通过示波器观察,整个过程时间极短,不影响屏幕的显示。

3.2 嵌入式 Linux 驱动程序设计

Linux 操作系统凭借其实时性高、稳定性好的优势,在嵌入式处理器、桌面 PC 和很多工作站中被作为操作系统。本设计中采用公版 Linux,内核为 2.6.29。该版本内核可以支持大部分常见设备,为本次开发带来了很多方便。

在 Linux 系统上,多数设备被抽象为设备文件供应用程序使用。设备文件和普通文件一样支持打开、关闭、读写等系统调用。这种访问接口的统一使很多应用程序可以同时支持对普通文件和设备文件的操作,无须区别对待。这种通过设备文件访问的设备可分为两类:字符设备和块设备。字符设备的特点是支持基本的打开、关闭、读和写等操作,一般没有读写位置的概念,数据的输入输出只要时间上的顺序。块设备也支持基本操作,但它最大的不同是:数据的读写以块为单位,并且有存储位置的概念,可以随机访问指定位置上的数据^[8]。

Linux 中用于显示的是 Framebuffer(帧缓冲)设备,即传统意义上的显卡。以 S3C2440A 为核心的嵌入式系统外围没有专门用于显示的芯片,这里的显卡可以理解为 S3C2440A 的片内 LCD 控制

器。针对该控制器的驱动程序在 2.6.29 内核中已经包括,该驱动程序的原型可以支持很多种型号的液晶屏和 OLED 屏,进行简单的移植即可支持上文设计好的 AMOLED 驱动板。

介绍驱动程序移植前先介绍显示屏幕上数据的组织形式。一幅图像被称为一帧,每帧由多行组成,每行由多个像素组成,每个像素使用若干位的数据来表示。屏幕从左上方开始,一行一行地取得每个像素的数据并显示出来,显示到一行的最右边时,跳到下一行最左边开始显示下一行;当显示完一帧后跳到左上方开始下一帧。通过行(HS)、场(VS)和像素时钟 3 个信号来控制数据显示^[9]。但在实际显示中,在每行数据第一个像素点之前一段时间和每行最后一个像素点之后一段时间是没有有效数据显示的,称为“blank”区域,同样在第一行前和最后一行后也存在这样的“blank”区域。关于任何一个显示屏都会涉及到下面 6 个数据:行有效像素点数 x ,有效行数 y ,每行前的空白像素点数 $a-x$,每行后的空白像素点数 $x-b$,有效行出现前的行数 $a-y$,最后一行后到下一帧开始前的无效行数 $b-y$ 。加上控制信号 HS、VS、CLK、EN 4 条信号线的极性(高低电平,上下边沿),在原有驱动程序里调整这 10 项配置,就可以使原有驱动程序支持本设计中的驱动电路板。

根据上述分析,对驱动源码进行了修改。

对/arch/arm/mach-s3c2440/mach-mini2440.c 中 LCD 驱动信息部分增加如下代码;

```
# elif defined (CONFIG_FB_S3C242440_OLED240320)
#define LCD_WIDTH240
#define LCD_HEIGHT320
/* 该值为像素时钟值,结合屏幕刷新率来设置 */
#define LCD_PIXCLOCK 100000
#define LCD_RIGHT_MARGIN 33
#define LCD_LEFT_MARGIN 25
#define LCD_HSYNC_LEN 31
#define LCD_UPPER_MARGIN 3
#define LCD_LOWER_MARGIN 7
#define LCD_VSYNC_LEN 3
```

这些数值需要根据显示面板内置的驱动芯片的相关时序图来确定,为了使 Linux 端驱动修改

的地方尽可能少、通用性更强,信号线的极性也可以用单片机对驱动芯片配置来确定。修改好之后,在内核的配置文件中加入该驱动信息,在 /drivers/video/Kconfig 文件中屏幕配置选项部分加入该 AMOLED 的配置选项。

```
configFB_S3C242440_OLED240320
    boolean "2. 4 inch 240 * 320 QiJing AMOLED"
    depends on FB_S3C2410
    help
    2. 4 inch 240×320 QiJing AMOLED driver
    增加上述信息后在内核配置选项中就可以看到支持 Framebuffer 的显示设备中增加了 AMOLED。选择该选项,重新编译内核,将包含新驱动的内核烧入 S3C2440 系统。
```

4 实验结果

驱动电路板的电源设计部分实验结果如下:在面板亮度为 175 cd/m²(通过设置 Gamma 来调节)及以下时显示效果较好,电源工作较为稳定;当面板亮度为 200 cd/m² 及以上时,全白色画面会引起 NCP5810 的过流保护而停止工作。原因是 AMOLED 面板为自发光,全白光时亮度最大,瞬态电流也最大。这个问题需要通过更优地选择

电源芯片和电路设计来解决。驱动程序部分参照内核原型程序进行移植,工作量较小,移植简单方便,实验结果表明显示效果较好。实物图如图 5 所示。

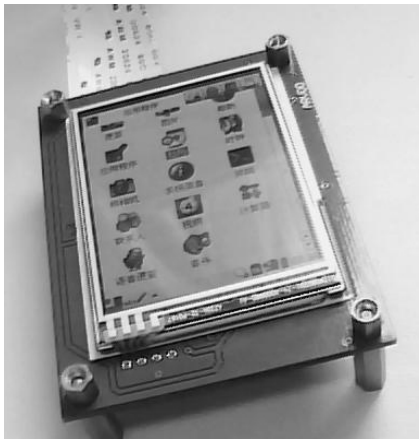


图 5 显示模块及驱动电路板实物图
Fig. 5 Picture of display module and driver circuit

5 结 论

论述了 AMOLED 驱动电路的设计和 Linux 下驱动程序的设计,实验结果表明方案可行,显示效果较好。本文的设计为 AMOLED 在嵌入式系统中更广泛的应用提供了参考。

参 考 文 献:

[1] 杨佳. VGA 有源 OLED 屏上驱动电路的研究与设计 [D]. 长春:吉林大学通信工程学院,2007.
[2] 奇晶光电股份有限公司. CMEL C0240QGFA-T Preliminary Product Specification [R]. 中国台湾:台南,2007.
[3] Sumsung Semiconductor. S6E63D6 User's Manual. [EB/OL]. [2009-12-01]. http://www.samsung.com/global/business/semiconductor/products/displaydriveric/Products_DisplayDriverIC.html.
[4] 今日电子. 2007 TOP-10 DC-DC 评选结果 [EB/OL]. [2009-12-01]. <http://www.epc.com.cn/top> <http://www.epc.com.cn/top10.htm>.
[5] ON Semiconductor. NCP5810 User's Manual[EB/OL]. [2009-12-01]. <http://www.onsemi.cn/PowerSolutions/product.do?id=NCP5810>.
[6] 宏晶科技. STC11 系列单片机用户手册 [R]. 深圳,2009.
[7] Sumsung Semiconductor. S3C2440A User's Manual. [EB/OL]. [2009-12-01]. http://www.samsung.com/global/business/semiconductor/prodctInfo.do?fmly_id=836&partnum=S3C2440&xFmly_id=229.
[8] 何永琪. 嵌入式 Linux 系统实用开发[M]. 北京:电子工业出版社,2010:339.
[9] 韦东山. 嵌入式 Linux 系统开发详解[M]. 北京:人民邮电出版社,2008:200-206.