

文章编号: 1007-2780(2013)02-0250-05

基于 SOPC 的通用液晶屏人机交互系统 GUI 的设计

张传胜

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

摘 要: 针对目前人机交互界面越来越复杂的应用需求, 利用 FPGA 器件, 设计了一种基于 SOPC 技术的触控显示 GUI 系统。系统使用 FPGA 器件驱动液晶屏和触控板, 并内建 SOPC 软核处理器运行 GUI 图像接口软件模块, 在使用时只需将显示的界面图像放到 FLASH 存储器中, 利用一个串口与上位 MCU 相连接即可。相对于传统方法设计时间长, 通用性差的缺点, 本设计具有开发简单, 界面美观的特点和极好的适用性。

关 键 词: FPGA; GUI; 触摸屏

中图分类号: TN919.5

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20132802.0250

Design of Man-Machine Interaction Systems Based on LCD Screen of SOPC

ZHANG Chuan-sheng

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

Abstract: In order to satisfy the requirements of more and more complex man-machine interface, one touched display GUI system based on SOPC technique is designed by using FPGA device. The LCD screen and touchpad is driven by FPGA device in this system. The GUI graphic interface module is run by build-in SOPC soft core processor. The method only brings the interface image needed into the FLASH memory. And next using a serial port connects to the host MCU, which has the advantages of simple development, elegant interface and excellent applicability, comparing with disadvantages traditional method with long-time design and poor universality.

Key words: FPGA; GUI; touch screen

1 引 言

目前, 彩色液晶屏和触控板组成的图像人机交互界面(GUI)在消费电子、工业控制、汽车电子、医疗电子、航空航天等各个领域得到了广泛的应用^[1-8]。专用 GUI 系统的设计比较复杂, 不仅需要软件的编写, 还需要与硬件电路和液晶屏相匹配, 还需要进行大量的调试中修改。如果需要

在成型的系统中更换屏幕或修改功能, 则需要花费很多的时间去重新设计, 十分繁琐。为此本文设计了一种基于 FPGA 的通用 GUI 模块, 模块使用 FPGA 器件驱动液晶屏和触控板, 并内建 SOPC 软核处理器运行 GUI 图像接口软件模块。在使用时把需要显示的界面图像放到 FLASH 存储器中, 利用一个串口与上位 MCU 相连接即可。通过实测, 通用 GUI 模块达到了设计要求。

收稿日期: 2012-08-08; 修订日期: 2012-09-23

作者简介: 张传胜(1966—), 男, 黑龙江牡丹江人, 副研究员, 主要从事脉冲气体激光器及其脉冲功率源技术等方面的研究。

2 显示模块驱动设计

TFT 液晶显示屏的显示驱动原理采用逐行扫描的扫描方式,即当一行被选通以后,这一行中的各列信号同时加到列上,并维持一个扫描行的时间,当这一时间结束后选通下一行,各列的薄膜晶体管电路再施加下一行的显示电压。

本文提出的基于 SOPC 设计 TFT-LCM 控制器的想法,即在 FPGA 内构建一个 NIOS II 软核处理器,用该处理器来连接上位机和存储器,通过其内部的程序来接收上位机发送过来的显示数据,设置包括液晶屏的分辨率参数和存储器规模参数在内的各种参数,同时利用该处理器为显示数据顺次地分配存储地址^[9]。如果更换液晶屏,只需要修改 NIOS II 软核处理器中的程序,按新的规则设置参数,重新编译,就可以生成新的 TFT-LCM 控制器,包括生成新的存储器和新的信号输出时序控制器。

一般来说,TFT-LCM 引脚都具有如表 1 的功能描述。

表 1 液晶显示模块(TFT-LCM)引脚信号功能描述

Table 1 Function description of LCD display module (TFT-LCM) pin signal

信号名称	功能描述
DISPOFF	显示开关控制信号
D0~D23	显示数据并行输出端
FLM	帧扫描信号
LP	显示数据锁存信号
CP	移位脉冲信号
M	交流驱动波形信号

每个 CP 移位脉冲信号都是将一组显示数据(D0~D23)移到移位寄存器中,这是因为 TFT 液晶显示屏有 24 位彩色,每一个像素点都是一个 24 位的二进制数,在一系列 CP 脉冲作用下把完整的一行显示数据存入移位寄存器中。

移位寄存器与锁存器并口相接,当完整的一行显示数据被存入移位寄存器后,在锁存信号 LP 的作用下,该行数据被锁存到锁存器内,并输出给列薄膜晶体管驱动电路。因此 LP 的周期应为一个行周期。

当一帧图像的最后一行显示数据存入移位寄

存器后,FLM 帧扫描信号变成高电平,其脉宽维持超过一个 LP 脉宽。因此 FLM 的周期应为一帧图像的时间,即各行 LP 的周期和。

M 是液晶显示模块交流驱动波形信号,是防止液晶单方向扭曲变形,每一帧时间改变一次波形的极性。更为详细的引脚信号时序关系如图 1 和图 2 所示。

本文所要设计的 TFT-LCM 驱动器点阵数是 $m \times n$ (m, n 都能被 4 整除),液晶显示器的刷新频率为 a Hz,信号 CP 的频率为 b MHz,可得如下关系:

每一帧的周期为 $10^3/a$ (ms),这一项应当不大于 30;

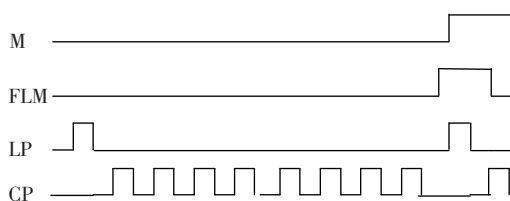


图 1 引脚信号的时序关系 1

Fig. 1 Temporal relation 1 of pin signal

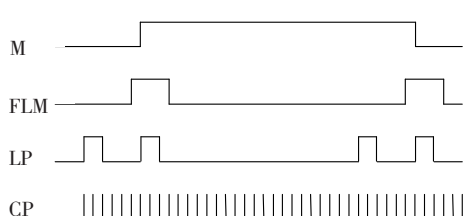


图 2 引脚信号的时序关系 2

Fig. 2 Temporal relation 2 of pin signal

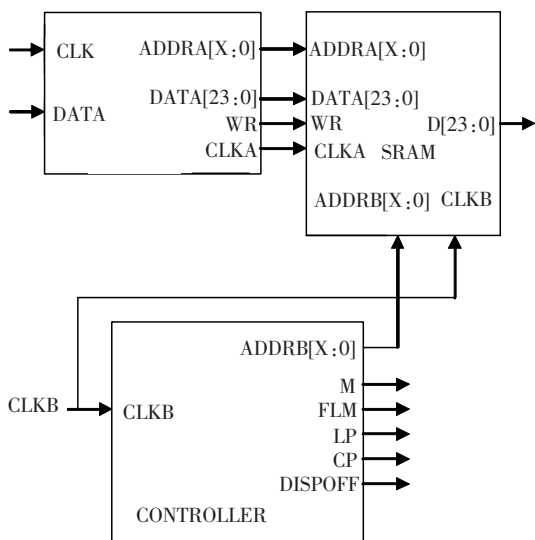


图 3 液晶控制器的总体设计

Fig. 3 Whole design of LCD controller

每一行的周期为 $10^6/an$ (μs);

将一行显示数据写入寄存器的时间为 $m/4b$ (μs);

每一行的空白时间 $[10^6/an] - [m/4b]$ (μs), 这一项应当不小于 0。

液晶控制器的总体设计如图 3 所示。

图 3 中上位机(MCU 或其它处理器)将要显示的数据传给 NIOS II 处理器, NIOS II 处理器中 WR 是 SRAM 写有效引脚; CLKA 是写有效输入时钟。依据程序将待显示的数据按照显示器的分辨率规格 m 和 n 分配到 SRAM 存储器中,

其写入地址 ADDR_A 由 NIOS II 处理器产生; SRAM 容量的设计原则是能装下完整的一帧数据, 即 $2^{k-1} \leq m \times n \times 24 \leq 2^k$ 。由于程序中 24 不是 2 的整数次方, 所以扩展为 $2^{k-1} \leq m \times n \times 32 \leq 2^k$, 据此可以确定 K 值。由于每个地址单元只能存储 8 位数据, 所以共需要 2^{k-3} 个单元, 也就是 $X = K - 3$ 。CONTROLLER 控制器按照图 1 和图 2 的时序关系产生各个控制信号, 并且产生 SRAM 读地址 ADDR_B, 从 SRAM 的地址 ADDR_B 处输出显示的数据 D [23:0] [7-8]。本模块使用 VHDL 设计, 其仿真图如图 4 所示。

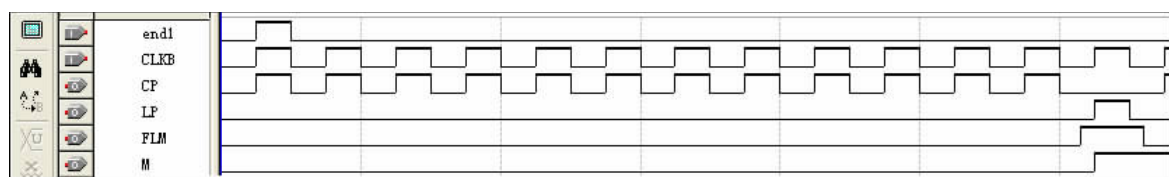


图 4 CONTROLLER 控制器的一组功能仿真波形

Fig. 4 A set of function simulation waveform of controller

3 触摸板模块驱动设计

触摸屏技术是当今最流行的一种人机交互界面。基于原理的不同, 触摸屏可以分为电阻式、电容式、表面声波式等。电阻式是应用较广的一种触摸屏, 它的原理是通过测量横向和纵向的电阻值来获得触点的坐标, 目前比较常见的是四线电阻触控屏。四线电阻触控屏由两层透明金属层组成, 工作时每层均施加 5 V 恒定电压。竖直方向和水平方向共需 4 根电缆。当有触控笔或手指按下时, 触点处的上下两层金属层接触, 由于在竖直方向和水平方向电阻都是线性的, 可以测得触点在这两个方向的分电压值, 进而得到触点相对于触屏边界的相对距离, 并转换成触控板的坐标。通常触点坐标的检测是通过 A/D 转换来实现的。在 FPGA 的开发环境 QuartusII 中, 有现成的 A/D 转换模块可供直接应用, 把触控板的 4 根引脚连接到 A/D 转换模块的四路通道上即可。

由于触摸屏和液晶屏是两种不同的物理器件。对于液晶屏而言, 它的坐标以像素为单位, 而触摸屏的触点数据是触点的物理坐标, 该坐标是通过触摸屏连接的 A/D 转换器采集得到的。要实现触摸屏上的物理坐标与液晶屏上的像素点坐标一一对应, 两者之间就需要进行转换校正。而

且由于电阻式触摸屏自身的原因, 参数也会发生一些变化, 因此需要经常性的校正。比较常见的校正方法是三点校正法, 它的原理如下:

设液晶屏上每个像素点的坐标为 $[X_D, Y_D]$, 触摸屏上每个触点的坐标为 $[X_T, Y_T]$ 。要实现触摸屏上的坐标转换为液晶屏上的坐标, 需要下列公式进行转换:

$$X_D = A \times X_T + B \times Y_T + C$$

$$Y_D = D \times X_T + E \times Y_T + F$$

因为其中一共有 6 个参数(A, B, C, D, E, F), 因此只需要 3 个取样点就可以求得这 6 个参数。这 6 个参数一旦确定下来, 只要给出任意触摸屏上的坐标值, 代入上述公式, 就可以得到它所对应

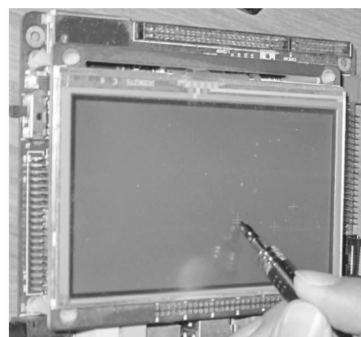


图 5 经过校正后的触屏和液晶屏

Fig. 5 Touch screen and LCD screen after correcting

的液晶屏上像素点的坐标值。如果液晶屏不变,这几个参数就不变。为了校正方便,把参数保存到 FPGA 中的 FLASH 中。经过校正的结果如图 5 所示。

4 GUI 软件设计

目前,有一些商业化的 GUI 软件模块可以买到,但一般售价都比较昂贵。在本系统中,所有的界面都是由界面开发者自行定义的,因此只用到快速显示图片和数据,其他的例如汉字,字母等只要事先放到一个界面上,然后截图,拷贝到模块中,就可以作为图片的一部分显示出来,因此软件部分只设计了图片快速显示与更新函数和数字快速显示函数。

由于前面在设计液晶驱动模块时设计了显示缓冲区,只要把待显示的图片放到显示缓冲区中就可以显示出来。由于显示缓冲区用 32 位表示一个像素,而写入的数据是 24 位色,需要把高 8 位屏蔽掉。以显示一幅图片为例,给出主要的程序代码:

```
void Paint_Bmp(int x0,int y0,int h,int l,
unsigned char bmp[])
{
    int x,y;
    U32 c;
```

```
int p = 0;
for( y = y0 ; y < l ; y++ )
{
    for(x = x0 ; x < h ; x++ )
    {
        c = ( bmp[p + 2] << 16 ) |
        ( bmp[p + 1] << 8 ) | ( bmp[p] );
        if ( ( ( x0 + x ) < SCR_XSIZE_
TFT ) && ( ( y0 + y ) < SCR_YSIZE_TFT ) )
            LCD_BUFFER[y0 + y]
[x0 + x] = c ;
        p = p + 3 ;
    }
}
```

利用该函数就可以把图片迅速的显示出来。

5 仿真实验

把设计好的 FPGA 模块与 320×240 分辨率的 TFT 液晶屏及 8.9 cm(3.5 in)4 线电阻触控板连接好,与一个上位 MCU 通过串口相连,模块中已经烧好了要使用的界面,上位 MCU 通过串口把数据发给 FPGA,FPGA 显示配置液晶屏,然后接收的这些数据就显示在屏幕相应的位置上,结果如图 6 所示。

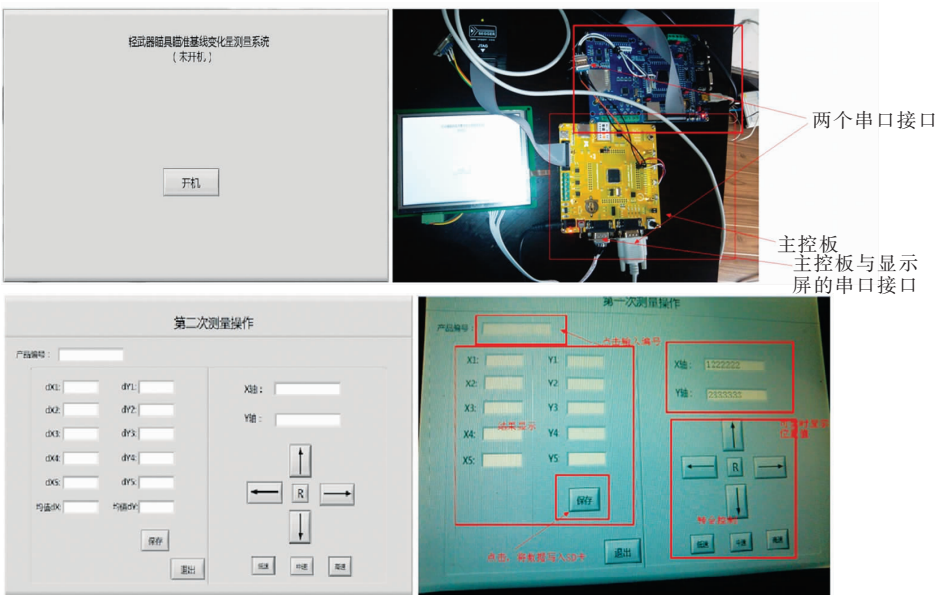


图 6 系统设计效果实测

Fig. 6 Effect measurement of system design

6 结 论

通过对各个部分的实测,文中所设计的这种基于 FPGA 的通用 GUI 模块,具有设计简单,使

用方便,成本低廉的特点,并且可以适用于大部分场合,具有良好的应用前景。若能以高性能 ARM 处理器代替 FPGA 器件^[10-12],还可以显示高清视频,则更具有优势。

参 考 文 献:

- [1] 付虹,刘桂方,李春善,等. S3C2440 的 LCD 控制器的配置与应用 [J]. 计算机工程与设计, 2010,(11):2470-2473.
- [2] 潘应云,曾伟,陈家胜. 基于 ARM 的智能显示终端 [J]. 电子测量技术, 2008,31(1): 160-162.
- [3] 徐正平,徐永森,匡海鹏. 具有人机交互界面的步进电机控制器设计 [J]. 液晶与显示 2012,27(4):515-522
- [4] 王鸣浩,王志,吴小霞. 基于 SOPC 的高帧频数字图像采集显示系统 [J]. 液晶与显示 2011,26(5):650-654.
- [5] 刘敏,戴曙光,穆平安. 采用 SOPC IP 核技术实现液晶屏显示 [J]. 液晶与显示 2011,26(5):665-672.
- [6] 熊文彬,蒋泉,曲建军,等. 基于 FPGA 实现的视频显示系统 [J]. 液晶与显示, 2011,26(1):92-95.
- [7] 毛剑慧,黑勇,吴斌,等. 一种新颖的多模式 FPGA 配置方案 [J]. 微计算机信息, 2008,24(2):179-181.
- [8] 尹东辉,任彦楠,岳超,等. 一种 1024 级灰度大电容负载的 LCD 驱动芯片设计 [J]. 液晶与显示, 2011,26(1): 78-82.
- [9] 王显军. 基于 SOC 单片机的高集成度光电编码器电路设计 [J]. 光学精密工程, 2011,19(5): 1082-1087.
- [10] 康艳霞,曹剑中,田雁,等. 实时视频处理系统中乒乓缓存的设计 [J]. 弹箭与制导学报, 2007,24(1):218-222.
- [11] 常锋,孙志远,王瑞光,等. LED 显示图像的非均匀度校正改进方法 [J]. 光学精密工程, 2011,19(4): 929-937.
- [12] 万永波,张根宝,田泽,等. 基于 ARM 的 LCD 控制器的配置与编程应用 [J]. 计算机工程与设计, 2007,28(5): 1196-1198.