

文章编号:1007-2780(2012)05-0633-05

无线 OLED 微显示器系统的设计与实现

冉 峰,何林奇,季 渊

(上海大学 微电子研究与开发中心,上海 200072, E-mail: yuqi@shu.edu.cn)

摘 要: 针对现有微显示器系统采用硅基液晶(LCOS)带来的功耗、用户体验不佳,以及图像发送端和微显示器之间一般通过物理电线连接,或者采用传输效率不高的无线图像传输协议等问题,采用 OLED 微显示器和基于非压缩数据的无线图像数据传输协议 WHDI 的无线传输模块,利用 FPGA EP2C8Q208C8 作为核心控制器件,设计了主控制器以及 OLED 微显示器的驱动与控制模块,从而完成了整个无线 OLED 微显示器系统的设计,实现了高清图像的无线实时传输和显示。

关 键 词: OLED 微显示器; WHDI; FPGA

中图分类号: TP332; TN27

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20122705.0633

Design and Implementation of Wireless OLED Microdisplay System

RAN Feng, HE Lin-qi, JI Yuan

(Microelectronic R&D Center, Shanghai University, Shanghai 200072, China, E-mail: yuqi@shu.edu.cn)

Abstract: According to the problems of LCOS power consumption and the user experience for the existing microdisplay system, what is more, physical wires generally between the image transmitter and microdisplay or the use of the transmission efficiency not high of wireless image transmission protocol and so on, this work adopted the OLED microdisplay and wireless image data transfer protocol based on the non-compressed data WHDI, and used the FPGA EP2C8Q208C8 as the core control device. In the meantime, a host controller and OLED microdisplay driver and control module were designed. Thus the entire wireless OLED microdisplay system was designed and the realtime wireless transmission and display of high-definition images were realized.

Key words: OLED microdisplay; WHDI; FPGA

1 引 言

在众多显示器产品中,微显示器^[1]是一种较为特殊的产品形态,一般定义屏幕对角线尺寸小于 3.3 cm 的显示器为微显示器。微显示器自身物理尺寸很小,像素点距仅 10 μm 左右,但可以通过光学系统实现超大屏幕显示。微显示器在消费电子产品中可应用于头戴式视频播放器、头戴式家庭影院、头戴式虚拟现实模拟器、头戴式游戏

机、头戴式医疗诊断系统、手机等移动设备的扩展显示器以及微投影仪,在军事上可应用于单兵作战系统、武器瞄准系统、红外夜视仪及空军头盔系统等。

OLED 微显示器具有亮度高、色彩丰富、厚度薄、重量轻、自发光、响应速度快、功耗低等优点^[2-3],将 OLED 制作在单晶硅芯片上得到硅基 OLED 微显示器,可以显示 SXGA(1 280 $\times$ 1 024)以上分辨率的高清图像,比现有的硅基液晶^[4]

收稿日期: 2012-06-14; 修订日期: 2012-07-08

作者简介: 冉峰(1954—),男,山东济宁人,教授,长期从事 LCD, OLED 驱动控制芯片的设计研究。

(Liquid Crystal on Silicon, LCOS) 微显示器有更好的用户体验。

同时,微显示器主要用于便携式装备,对移动特性的要求很高。现有微显示器系统的图像发送端和微显示器之间一般通过物理电线连接,受电线及延长线的限制,无法随意移动,且电线及延长线在便携式装备系统上应用不方便,也不美观;或者采用传输效率不高的无线图像传输协议,如基于图像压缩的无线数据传输协议 Wi-Fi 具有明显的延时,且大都采用有损压缩方式,图像质量有所损失。而基于非压缩数据的无线图像数据传输协议如 WHDI 能进行无延时的高清图像无线传输。因此,本文提出了一种无线 OLED 微显示器系统,该系统采用 OLED 微显示器和无线图像数据传输协议 WHDI,实现了实时无线传输和显示高清图像。

2 系统方案

2.1 硬件系统设计概述

如图 1 所示,本系统由 3 部分组成:视频信号输入模块、数据接收模块、核心控制模块^[5]。其中视频信号输入模块由 PC 机、显卡、CRT 和无线发送端构成,实现对视频信号的无线发送。数据接收模块由无线接收端、DVI-D 插口、SiI161 DVI

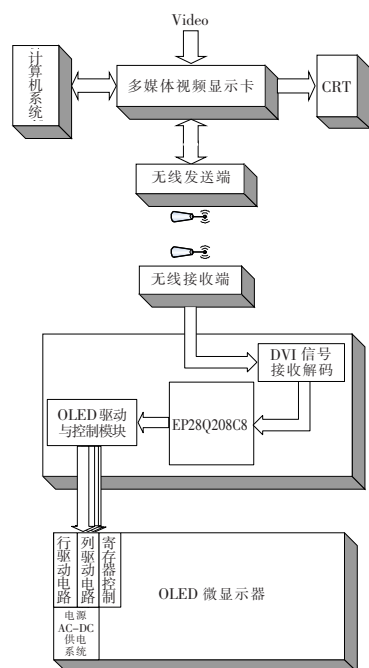


图 1 无线 OLED 微显示器系统

Fig. 1 Wireless OLED microdisplay system

数据接收芯片和 24LC21A 芯片构成,实现对视频信号的无线接收和 DVI 数字信号的解码。核心控制部分由 Cyclone II FPGA^[6-8] 构成,一方面完成对数据接收模块提供的图像数据、各种场、行信号的接收,从而将其传输给 OLED 微显示器,另一方面完成对 OLED 微显示器寄存器的控制。

2.2 OLED 微显示器

本设计采用的 OLED 微显示器是由云南北方奥雷德光电科技股份有限公司生产的 SV-GA050SC 低功耗主动式 OLED 微显示器,它是采用具有自主知识产权的顶发射、高效率、硅基主动式 OLED 技术制备的 AMOLED 微显示器。配合适当的光学系统,可获得高品质的大画面显示效果。

该 OLED 微显示器的硅基板采用 $0.18\ \mu\text{m}$ CMOS 工艺制造,集成了全数字视频信号处理及 $804 \times 3 \times 604$ 个驱动单元等电路。可视面积 $1.27\ \text{cm}$ ($0.5\ \text{in}$),像素尺寸 $12.6\ \mu\text{m} \times 12.6\ \mu\text{m}$,总像素数 $804(\times 3) \times 604$ 。视频信号输入兼容 IT U-R BT.601/656 标准,支持 8/16/24 位数字视频输入模式,支持逐行/隔行扫描,支持 MONO/YCbCr/RGB 编码,支持 PAL/NTSC/SMPTE 等格式。2 线串行编程接口通过内部 256 个可编程随机静态存储器(寄存器)的读写操作,可实现显示模式、显示方向、显示位置、亮度、对比度、色度、伽玛校正,双目 3D 等功能的控制和调整。接口电平兼容 $1.8 \sim 3.3\ \text{V}$ CMOS 标准。可广泛应用于各种微型化、高分辨率、低功耗和宽工作温度范围的近眼显示系统中。

其中,数字视频信号接口包含 3 个 8 位 RGB 数据总线通道,以及额外的行(HS)/场(VS)同步信号、数据有效信号(DE)、像素时钟信号(VCLK),信号时序如图 2 所示。

2.3 无线传输模块

无线家庭数字接口(Wireless Home Digital Interface, WHDI)设定了一个无线高清晰度视频连接的新标准。它提供了一个高品质,无压缩的无线连接方式。其采用的 MIMO 技术和 OFDM 的调制方式能够实现高达 $3\ \text{Gbit/s}$ 的传送速率。工作在 $4.9 \sim 5.875\ \text{GHz}$ 频段, $20\ \text{MHz}$ 或 $40\ \text{MHz}$ 通道,符合全球 $5\ \text{GHz}$ 频谱规定,范围是 $30\ \text{m}$ 之内,可穿透墙壁,并且延迟小于 $1\ \text{ms}$ 。

本设计采用的无线传输模块是由 EDUP 公司生产的 EP-WH3589 低功耗低热量的无线传输模块,其采用 WHDI 作为核心技术。支持多种视频格式,例如 VGA (640×480)、SVGA (800×600)、XGA (1 024×768)、SXGA (1 280×1 024)

等;能够即时传输无线高清视频;支持最大 100 kbit/s 的反向回传通道支持视频 HDMI 接口,最大支持 1 080P 60 Hz;支持 HDMI1.3、HDCP1.2 协议;支持 EDID 功能;支持点对点传输功能,可扩展到点对多、多对多传输功能。

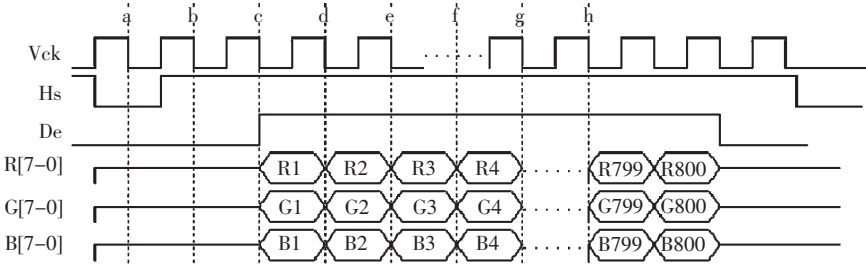


图 2 24 位 RGB 信号时序图
Fig. 2 24 bits RGB signal timing diagram

3 主控制器的设计

3.1 主控制器硬件结构

如图 3 所示,显卡产生的数字信号由无线接收端传输给接收器。DVI 接收芯片采用 Silicon Image 公司的 SiI1161 芯片,最大可接收 24 位真彩色数据量,最高频率达到 165 MHz。DVI 信号接收芯片的功能是:将从 DVI 接口中输出的 TMDS 信号解码为像素时钟信号 CLK、RGB 数据、行同步信号 HSYNC、场同步信号 VSYNC、使能信号 DE 以及控制信号 CTL 等,为后端处理电路提供数据输入。

芯片 24LC21A 保存 DVI 显示设备的 EDID 数据 (Extended Display Identification Data Standard,扩展显示标识数据),即显示器通过 DDC 传输给电脑主机的标准数据信息,显示卡通过 DDC(显示数据通道)以 IIC 协议从该芯片上读出显示设备的设置信息。

FPGA 一方面接收 DVI 信号经 SiI1161 的解码数据,直接将 24 位 RGB 数据,行同步信号 HSYNC,场同步信号 VSYNC 和使能信号 DE 传输给 OLED 微显示器。另一方面,FPGA 通过访问 OLED 微显示器 2 线串行编程接口,从而控制内部 256 个可编程随机静态存储器(寄存器)的读写操作。FPGA 采用 Altera 公司 Cyclone II 系列中的 EP2C8Q208C8。EP2C8Q208C8 拥有 8 256 个逻辑单元,1.1 Mbits 内部 RAM,150 个 18×18 乘法器,4 个 PLL 环和 85 个 I/O 接口,最高数据率可以达到 260 Mbit/s,完全满足本系统要求的 60 MHz 的系统时钟需求。与其他 FPGA 产品不同,Cyclone II FPGA 性能提高了 60%,同时功耗降为原来的一半,非常经济实用。

有源晶振为 40 MHz,电源管理芯片采用 TPS7133 和 TPS7101,分别用来提供 3.3 V 和 1.2 V 的电压。

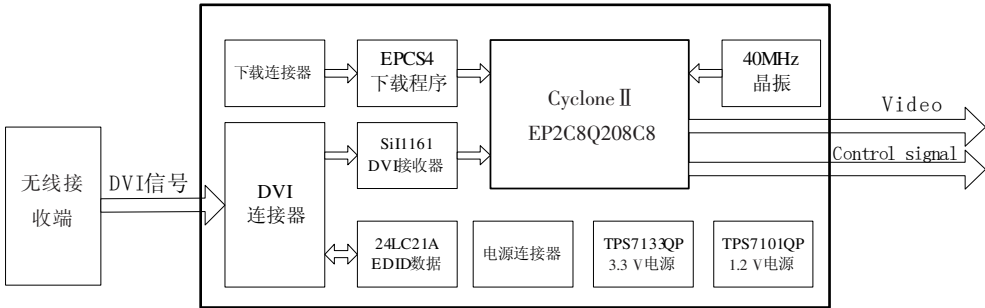


图 3 主控制器硬件结构
Fig. 3 Hardware structure of the host controller

3.2 OLED 微显示器的驱动与控制模块

在设计时本文采用硬件描述语言, Verilog 进行前端设计,使用 Modelsim 进行设计代码的静态时序仿真,使用 ALTERA 公司的 Quartus II v8.1 FPGA 开发环境做综合和下载。整个开发设计的基本流程包括电路设计与输入、功能仿真、综合后仿真、实现、布线后仿真与验证和下板调试等主要步骤。

本设计所使用的 OLED 微显示器采用 SV-GA 800×600@60 Hz 的逐行扫描视频信号模式,其行同步为 37.879 kHz,场同步为 60.317 Hz,像素时钟信号为 40 MHz。因此,驱动模块可以直接将解码后的 24 位 RGB 数据,行同步信号 HSYNC,场同步信号 VSYNC 和使能信号 DE 传输给 OLED 微显示器,同时提供 40 MHz 的像素时钟信号给 OLED 微显示器,从而完成 OLED 微显示器的驱动和视频信号的输入。

本设计所使用的 OLED 微显示器采用 2 线串行编程接口进行内部 256 个寄存器控制,该两线串行接口兼容 IIC 标准,IIC 总线是一种由 PHILIPS 公司开发的芯片间串行传输总线^[9-10],它以两根连线实现了完善的全双工同步数据传送。因此,控制模块可以通过访问 2 线串行编程接口,从而完成对 OLED 微显示器寄存器的读写操作。

控制模块由数据存储部分和数据写入部分构成,数据存储部分用于存储 IIC 主地址、寄存器地址以及寄存器数据,数据写入部分用于写入相应的数据。本文所设计的控制模块采用寄存器地址连续写入和寄存器特定地址写入两种方式。控制模块由输出信号 SCL(通信速率)和输入输出信号 SDA(数据)完成了对微显示器寄存器的读写操作。表 1 列出了 3 个主要控制的显示器寄存器。

在系统上电逻辑电路开始工作后,首先会完成对 OLED 微显示器相关寄存器的写操作。其次,从电脑显卡中读取图像数据,通过无线传输模块传输

表 1 显示器寄存器

Table 1 Display registers

地址	功能	默认值	写入数据
08H	亮度控制	80H	FFH
10H	显示开闭	04H	00H
19H	屏幕亮度调节	1BH	60H

给主控制器。最后,完成 OLED 微显示器的显示与驱动。驱动与控制模块内部结构如图 4 所示。

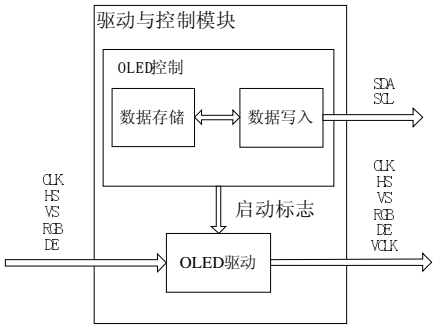


图 4 驱动与控制模块内部结构

Fig. 4 Internal structure of drive and control modules

4 系统测试

软件仿真是在 EDA 软件环境中,模拟硬件产生测试信号,对编写的代码进行测试,通过观看时序波形或者数据报告文件来判断综合后的软件逻辑是否正确,主要用于在各个分散的模块之间的波形仿真。在系统的设计过程中,采用 QUARTUS 8.1 软件作为前端的软件仿真;功能测试中我们将整个系统组合起来采用软件仿真和下载到 FPGA 相结合的方式进行测试;综合验证则是通过 EDA 综合工具将 HDL 代码结合库文件综合成门级描述,然后将综合结果在软件中做最后的验证。OLED 控制模块仿真波形如图 5 所示,由图可见 SCL 和 SDA 满足 IIC 的时序要求。

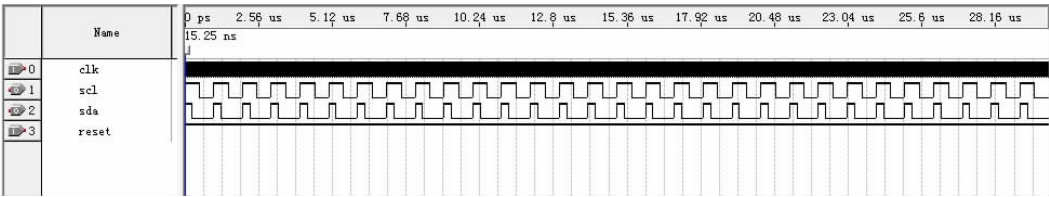


图 5 OLED 控制模块仿真波形

Fig. 5 OLED control module simulation waveform

本系统 OLED 微显示器的实现照片如图 6 所示,实现了基于 OLED 微显示器和非压缩数据的无

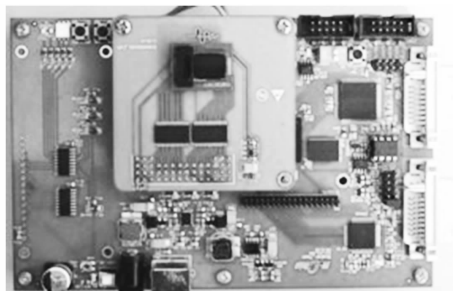


图 6 OLED 微显示器的实现照片

Fig. 6 Realizing photo of OLED microdisplay

线图像数据传输协议 WHDI 的高清图像实时传输和显示。

5 结 论

利用 FPGA EP2C8Q208C8 作为核心控制器件,在分析 SVGA050SC OLED 微显示器和 EP-WH3589 无线传输模块的电气特性的基础上,设计了主控制器以及 OLED 微显示器的驱动与控制模块,从而完成了整个无线 OLED 微显示器系统的设计。该系统实现了高清图像的实时传输和显示,解决了传统微显示器系统中的诸多问题,具有广阔的应用前景。

参 考 文 献:

- [1] 王伟,石家纬.微显示[J].液晶与显示,2005,20(5):430-433.
- [2] 应根裕,胡文波,邱勇,等.平板显示技术[M].北京:人民邮电出版社,2002:340-342.
- [3] Tang C W. Organic electroluminescent materials and devices [J]. *Information Display*, 1996, 12(10): 16-19.
- [4] 代永平. LCOS 微显示技术 [J]. 液晶与显示, 2009, 24(4): 471-475.
- [5] 吕国亮,赵曙光,赵俊.嵌入式逻辑分析技术及其在 FPGA 系统开发中的应用 [J]. 液晶与显示, 2007, 22(2): 227-231.
- [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] 张雷,吴华夏,胡俊涛,等.一种基于 FPGA 的 OLED 显示系统 [J]. 液晶与显示, 2011, 26(4): 538-543.
- [8] 赵二刚,孙鹏飞,赵立晴,等.基于 FPGA 的 TFT 显示屏控制系统的设计与实现 [J]. 光电子技术, 2009, 29(2): 130-134.
- [9] 吕炎军.基于 FPGA 的总线接口设计 [J]. 自动化技术与应用, 2006, 25(4): 37-38.
- [10] 赵辉. IIC 总线技术及其应用实例 [J]. 微型电脑应用, 2005, 21(4): 61-63.