

文章编号:1007-2780(2011)04-0538-06

一种基于 FPGA 的 OLED 显示系统

张 雷^{1,2,3,4},吴华夏^{1,2,3,4},胡俊涛^{1,2,4},吕国强^{1,2,3,4*}

(1. 特种显示技术国家工程实验室,安徽 合肥 230009; 2. 特种显示技术教育部重点实验室,安徽 合肥 230009;
3. 合肥工业大学 计算机与信息学院,安徽 合肥 230009; 4. 合肥工业大学 光电技术研究院,安徽 合肥 230009)

摘 要: 针对 LCD 显示屏温度适应性差、可视角度小、LCD 的通用驱动电路实现的对比度较低等缺点,采用 OLED 作为显示器件,设计并实现了一种使用 FPGA 驱动 OLED 的显示系统。采用 PIC16F690 单片机作为微处理器控制整机时序,利用 FPGA 进行视频信号处理,完成格式转换、色空间处理以及隔行转逐行操作,最终实现驱动显示。系统的测试结果表明,该方案不仅能显著提高画面对比度,而且能稳定显示监控图像,为后继功能的拓展提供了平台。

关 键 词: OLED; FPGA; PIC

中图分类号: TP332 **文献标识码:** A **DOI:** 10. 3788/YJYXS20112604. 0538

Display System of OLED Based on FPGA

ZHANG Lei^{1,2,3,4}, WU Hua-xia^{1,2,3,4}, HU Jun-tao^{1,2,4}, LV Guo-qiang^{1,2,3,4*}

(1. *National Engineering Lab for Special Display Technology, Hefei 230009, China;*
2. *Key Laboratory of Special Display Technology, Ministry of Education, Hefei 230009, China;*
3. *School of Computer and Information, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;*
4. *Academy of Opto-Electronics Technology, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China*)

Abstract: Considering narrow temperature and viewpoint of LCD for most portable display system, OLED is used as display device. Focusing on the problem of low contrast of generic driver method for portable display system, a new driver based on FPGA is introduced which can improve the flexibility of the system. As the MCU, PIC16F690 takes control of system sequence. While FPGA mainly handles video processing work, including color standard converting, color gamut dealing, interlaced video to progressive video. Results show that the contrast is improved dramatically, images displayed stably. The design provides a platform for future.

Key words: OLED; FPGA; PIC

1 引 言

目前市场上的便携式显示系统多采用商用 LCD 显示屏,其特点是分辨率不高、价格较低。随着技术发展,应用环境对显示材料和分辨率提

出了更高要求,但商用 LCD 的光电性能(如可视角度、对比度、响应速度等)和环境适应性较差,而工业 LCD 虽然环境适应性要比商用产品好一些,但价格昂贵,成本较高。OLED 具有自发光、可视角度大、环境特性好、体积小、功耗低等优点^[1-2],

收稿日期: 2011-01-30; 修订日期: 2011-03-25
基金项目: 国际科技合作项目 (No. 2007DFR10400)
作者简介: 张雷(1982—),男,安徽蚌埠人,博士研究生,主要从事平板显示技术设计与应用的研究工作。
* 通讯联系人,E-mail: guoqianglv@hotmail. com

近年来逐步被广泛采用。在驱动电路方面,市场上的驱动板多采用专用视频解码器 ASIC,其功能相对固定,但环境适应性较差;而 FPGA 芯片功能的实现相对较灵活^[3-6],且温度范围较宽,具有比 ASIC 更好的环境适应性。

为了解决某型便携式视频监视器采用 LCD 显示屏可视角度小、对比度低和温度范围窄的缺点,本文采用 10.16 cm(4 in)分辨率为 WQVGA 的 OLED 作为显示屏。利用 PIC 单片机作为 MCU,控制整机的上电配置。改用 FPGA 代替 ASIC 进行视频信号处理,实现 YC_rC_b 向 RGB 格

式转换、隔行转逐行等功能。对整机的测试结果证明,该方案能够提高系统的灵活性,有效扩展灰度数据极值区间,显著改善显示画面的对比度。

2 系统方案

2.1 系统框图

OLED 显示屏的主要技术参数包括:

- ①物理分辨率为 480×272;
- ②支持 8 bit RGB 和 24 bit p-RGB 格式 TTL 信号(时序图见图 1);
- ③寄存器通过配置 3 线 SPI 和 MCU 通信。

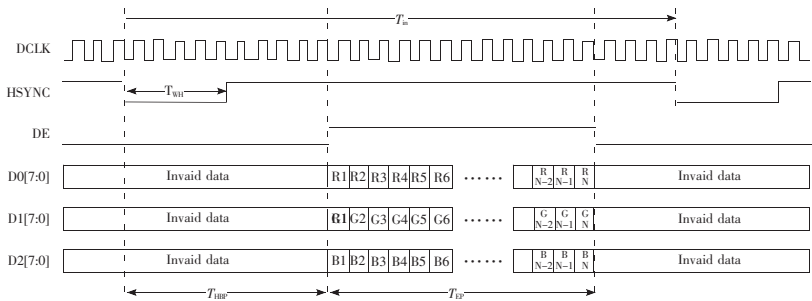


图 1 并行 RGB 行时序图
Fig. 1 Horizontal timing of parallel RGB

系统电路(见图 2)采用 PIC+FPGA 结构构成核心处理器,PIC 主要完成整机电源控制、FPGA 工作模式切换控制、用户指令接口、驱动配置等功能。FPGA 主要实现色域空间转换和隔行转逐行功能。

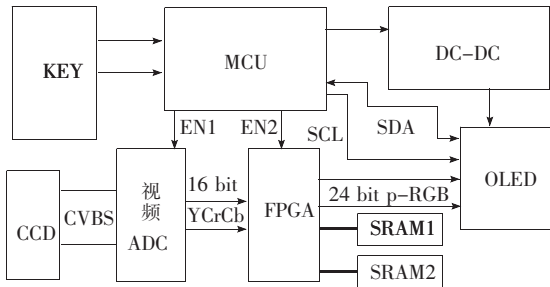


图 2 硬件原理图
Fig. 2 Scheme of hardware

视频 ADC 是一款高性能的多格式视频解码器和数字化图像仪 ADV7401,多通道输入端兼容 PAL/NTSC/SECAM 制式,内部含有色空间转换矩阵,输出可以实现 YC_rC_b/RGB 格式数据流,可通过 I²C 和 MCU 进行通讯。

FPGA 选用 Xilinx 公司的 Spartan 3 系列的 XC3S400^[7],具有 400k 的系统门,288 kbyte 的 block RAM,16 个专用乘法器,4 个 DCM,最大可达 264 个用户 I/O 引脚,高达 4 Mbyte 的集成式 Flash 存储器,可用于器件配置及系统资源,节省了宝贵的板上空间,降低了设计成本。

PIC16F690^[8]是 Microchip 公司的 8 位 RISC CMOS MCU,具有 20 个 I/O,内置晶振 8 MHz~32 kHz 频率可选,内置 EEPROM,具有工业级温度范围,宽工作电压(2.0~5 V),极大地减少了外围电路。

整机上电(时序见图 3)后,DC-DC 模块分别给视频 ADC、PIC16F690、XC3S400 和显示屏供电。单片机首先进行初始化,通过 IIC 进行视频 ADC 配置,FPGA 使能控制,配置 OLED 屏,所有配置完成后,主程序查询键盘扫描程序。视频 ADC 主要进行输入信号检测以及模式识别,将输入信号进行数字化解码,输出 16 bit YC_rC_b 格式 TTL 信号。FPGA 收到使能指令后接收视频数据流,FPGA 内部首先对信号进行缓冲处理,然后进入色域空间转换模块,将 YC_rC_b 空间转换成 RGB 空间。此时的

号进行同步处理,实现信号的稳定输出。

3 软件部分

3.1 MCU 软件流程图

软件驱动包括 2 个部分,分别是 PIC 驱动(流程图见图 5)和 FPGA 部分。其中,PIC 负责整机时序的控制,包括视频 ADC 的初始化配置,OLED 屏寄存器的配置,DC-DC 模块以及 FPGA 的使能控制等。用户命令通过键盘实现中断响应。

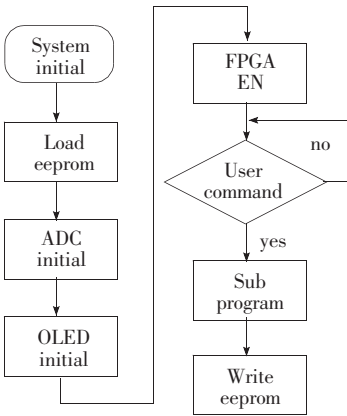


图 5 MCU 流程图
Fig. 5 Flow chart of MCU

3.2 FPGA 部分功能框图

FPGA 主要负责信号处理部分(内部框图见图 6)。复合视频信号经过视频 ADC 解码后生成 YC_rC_b 信号并带有 4 个控制信号^[12]:行同步信号、场同步信号、奇偶符号位、时钟。FPGA 通过对外部时钟信号进行分频生成内部全局控制时钟。视频数据经过空间转换模块、隔行转逐行模块和缓存模块后,输出 24 bit p-RGB 信号。

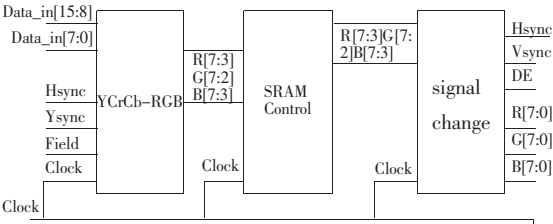


图 6 FPGA 功能图
Fig. 6 Function block of FPGA

图 7 为行仿真结果。从仿真结果可见,信号时序满足图 1 要求。

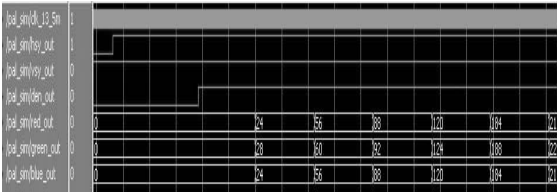


图 7 RGB 行仿真时序
Fig. 7 Horizontal simulation timing of RGB

4 对比度问题

本文采用光学参数测试系统 SS230 分别对通用视频解码芯片(ASIC)和 FPGA 驱动的 OLED 面板的对比度参数进行了测试,测试在暗室环境内进行,视频信号发生器 LT450 输出的全白场数据和全黑场数据作为图像信号源。采用 ASIC 芯片驱动的 OLED 面板的亮度、对比度实测数据见图 8。图 8(a)是在 SS230 的光学探头与显示屏平面成直角、显示屏全黑场状态下,随机读取的像素点信息数据。从数据中可以看出,在测试信号给出黑场数据情况下,显示屏的亮度平均值为 29 cd/m²。图 8(b)是在 SS230 的光学探头与显示屏平面成直角、显示屏全白场状态下,随机读取的像素点信息数据,可以看出显示屏的最大亮度约为 155 cd/m²。图 8(c)是随机点对比度计算的实测值;从测量结果可以看出,显示屏的对比度平均值在 3.8:1 左右。考虑到 OLED 显示屏本身的制造工艺产生的均匀性缺陷引起的对比度误差以及测量误差,这里剔除实测 13 点数据中的后 4 点数据。取实测数据中的极值计算得到显示屏的最大对比度在 4.7:1。另一方面,根据 OLED 显示屏的参数表,其显示对比度可以达到 1 000:1 以上。从实测结果可以看出,显示屏对比度的实测值远低于理论值。

由于驱动板信号通道中数字图像信号(24 bit RGB) 值反映了灰度信息,因此信号通道的数据范围影响了对比度的信息。

实测 ASIC 芯片解码输出的 RGB 3 路黑场数据均为 28H(>00H), RGB 3 路白场数据均为 96H(<FFH)。可以看出,采用通用 ASIC 芯片进行前端视频信号处理后,白场和黑场数据都远低于极值数据。

此处采用 FPGA 方案处理数据:用 16 bit RGB

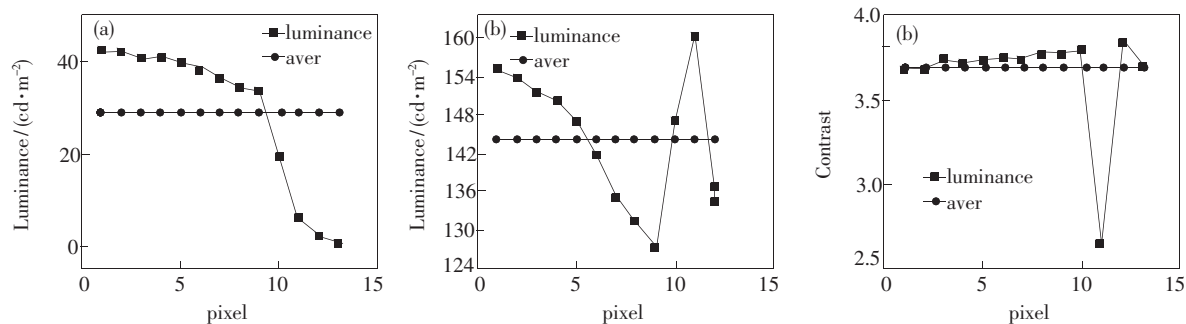


图 8 ASIC 芯片驱动的 OLED 面板的亮度、对比度实测数据. (a) 黑场亮度; (b) 白场亮度; (c) 对比度.
Fig. 8 Luminance and contrast ratio of OLED driven by ASIC. (a) Black luminance; (b) White luminance; (c) Contrast ratio.

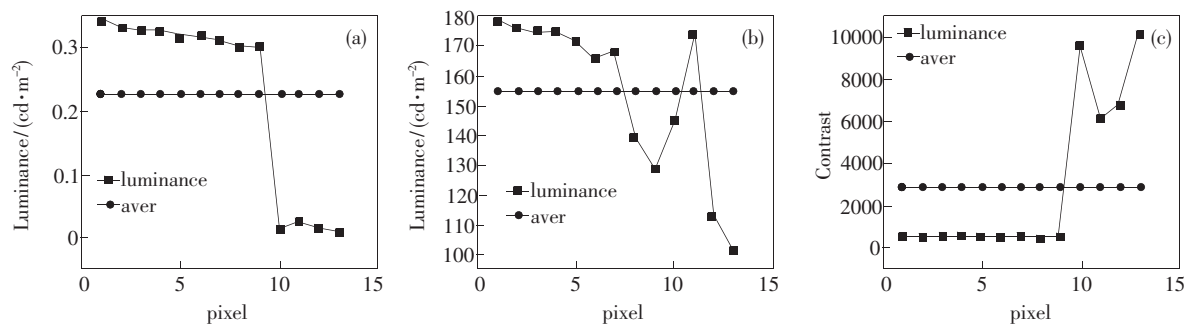


图 9 FPGA 方案产生的 OLED 面板的亮度、对比度实测数据. (a) 黑场亮度; (b) 白场亮度; (c) 对比度.
Fig. 9 Luminance and contrast ratio of OLED driven by FPGA. (a) Black luminance; (b) White luminance; (c) Contrast ratio.

代理 24 bit RGB 进行数据缓冲处理,输出信号是将 16 bit RGB 三路数据低位补零后形成 24 bit 数据,使用 chipscope 观测黑场数据为 00H,白场数据为 AAH。图 9(a)是与 ASIC 方案相同测试环境和条件下,FPGA 方案产生的黑场随机点实测数据,平均黑场亮度为 0.23 cd/m²;图 9(b)是 FPGA 方案产生的白场实测数据,平均白场亮度为 155 cd/m²;图 9(c)是 FPGA 方案的对比度实测数据;考虑到显示屏的非均匀性缺陷以及测量误差,剔除实测数据中的最后 4 点数据,对比度均值达到 566:1,比采用 ASIC 驱动板提高了大约

100 倍。
5 结 论

利用 FPGA 替代通用视频解码芯片作为驱动板的视频处理核心驱动 OLED 面板,PIC 单片机控制整机时序,设计并实现了一种改进的便携式监视器的样机。该方案通过减小视频信号通道的黑场灰度数据值,降低面板的黑场亮度,显著提高了系统的对比度,扩展了系统功能和性价比,为进一步提高对比度、增加色彩数等功能扩展提供了平台。

参 考 文 献:

[1] 应根裕,胡文波,邱勇. 平板显示技术 [M]. 北京:人民邮电出版社,2002:340-342
[2] Tang C W. Organic electroluminescent materials and devices [J]. *Information Display*. 1996,12(10):16-19.
[3] 程明,肖祖胜. 基于 FPGA 的 TFT-LCD 显示驱动设计 [J]. *液晶与显示*, 2009, 24(2):228-231.
[4] 苏维嘉,张澎. 基于 FPGA 的 TFT-LCD 控制器的设计和实现 [J]. *液晶与显示*, 2010, 25(1):75-78.
[5] 郭宝增,邓淳苗. 基于 FPGA 的 LED 显示屏控制系统设计 [J]. *液晶与显示*, 2010, 25(3):424-428.
[6] 黄燕群,李利品,王爽英. 基于 FPGA 的 OSD 设计 [J]. *液晶与显示*, 2010, 25(3):429-433.

