

文章编号: 1003-501X(2009)01-0131-04

QVGA 硅基液晶微显示

黄 苒¹, 王文博¹, 王晓慧¹, 杜 寰¹,欧 毅¹, 韩郑生¹, 冯亚云², 凌志华²

(1. 中国科学院微电子研究所, 北京 100029;

2. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 长春 130033)

摘要: 设计了 QVGA 分辨率硅基液晶(Liquid Crystal on Silicon)微显示芯片, 采用比较器与计数器相结合的 D/A 转换方式, 降低了芯片的功耗和电路的设计难度; 设计了 QVGA 微显示芯片视频驱动系统, 以 CPLD 为核心控制单元搭建了视频显示驱动板, 接收计算机输出的 VGA 显示信号, 经过控制单元进行行列变换与时序处理, 驱动 LCoS 微显示芯片显示视频图像, 测试结果表明显示芯片像素点灰度响应正确, 符合液晶材料要求, 能够显示分辨力 320×240、帧频 60 Hz 的动态视频, 视频显示响应速度快, 显示功能符合设计要求。

关键词: LCoS; 微显示; QVGA; 视频系统

中图分类号: TN27, TN873

文献标志码: A

QVGA Liquid Crystal on Silicon Microdisplay

HUANG Ran¹, WANG Wen-bo¹, WANG Xiao-hui¹, DU Huan¹,OU Yi¹, HAN Zheng-sheng¹, FENG Ya-yun², LING Zhi-hua²

(1. Institute of Microelectronics, Chinese Academy of Science, Beijing 100029, China;

2. Changchun Institute of optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: QVGA liquid crystal on silicon microdisplay chip is designed by using D/A converter constructed with comparators and counters, which reduce power consumption and design difficulty of the chip. A QVGA microdisplay video driver system is designed, and a video driver board is built using a CPLD as the central control unit. Video system receives VGA signal output by computer and processes the signal by the control unit to implement the row and column transform and drive LCoS microdisplay chip to display video signal. Test result indicates that gray scales response of the pixel is correct and voltage level meets the requirement of liquid crystal material. The microdisplay chip can display 60Hz 320 × 240 dynamic video, the display response is fast, and design requirement of display function is satisfied.

Key words: LCoS; microdisplay; QVGA; video system

0 引 言

如今, 液晶显示(LCD)已成为替代传统阴极射线管(CRT)显示器的重要显示设备之一, 优秀的显示效果使其在与等离子(PDP)显示器的竞争中占据一席之地。而在微显示领域, 液晶显示与硅基集成电路相结合而成的硅基液晶(Liquid Crystal on Silicon, LCoS)显示技术也与数字微镜器件(Digital Micromirror Device, DMD)一起成为当今主流的微显示技术。

收稿日期: 2008-07-14; 收到修改稿日期: 2008-09-24

基金项目: 国家“973”资助项目(2003CB314705)

作者简介: 黄苒(1982-), 男(汉族), 山东菏泽人。博士在读, 主要研究工作是集成电路工艺与设计, 硅基液晶微显示驱动电路技术。

E-mail: huangran@ime.ac.cn。

硅基液晶显示技术结合了液晶显示与 CMOS 集成电路两者的共同优点,在单晶硅制作的驱动电路上灌装液晶材料,可以制作出集成度很高,具有高分辨力、高开口率、体积小巧的高性能微显示器件,用于可视耳机、头盔显示器、投影电视和投影仪等设备^[1-4]。

本文介绍了自主设计开发的 QVGA 硅基液晶微显示芯片以及视频驱动系统,该系统可以接收计算机输出的 VGA 视频信号,经过数据处理与时序控制,驱动硅基液晶微显示芯片进行显示,实现 QVGA 16 级灰度单色视频显示。

1 硅基液晶微显示芯片电路设计

自主设计开发的 QVGA 硅基液晶微显示芯片如图 1 所示,芯片面积 $18.5\text{ mm} \times 18\text{ mm}$,显示区域面积 $11.2\text{ mm} \times 8.4\text{ mm}$ 。芯片总体电路结构如图 2 所示。

LCoS 芯片接收 4 位数据信号,与像素时钟信号同步,存入 4 位移位寄存器中,当一行数据存入移位寄存器中以后,一个信号触发 4 位锁存器,把移位寄存器中的数据信号锁存入锁存器中,然后移位寄存器开始存入下一行数据信号。在移位寄存器存入下一行数据信号的同时,4 位计数器开始从 0 计数,与计数器时钟同步,依次产生连续变化的 16 级灰度台阶信号,当计数器为某一值时,某一个 4 位锁存器中的值通过 4 位比较器与计数器的值比较,如果相同,则通过比较器输出端控制传输门开启,把当前的某一灰度信号写入像素电路存储电容中,如果不同则保持传输门关闭。计数器完成一个周期计数以后,每一个锁存器中的数据信号都能找到与之对应的灰度信号,每个像素电容都会写入正确的数字信号对应的模拟灰度信号。

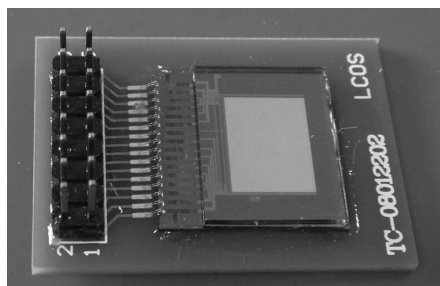


图 1 PCB 封装 QVGA(320×240)分辨力 LCoS 芯片

Fig.1 QVGA(320×240)LCoS chip with PCB package

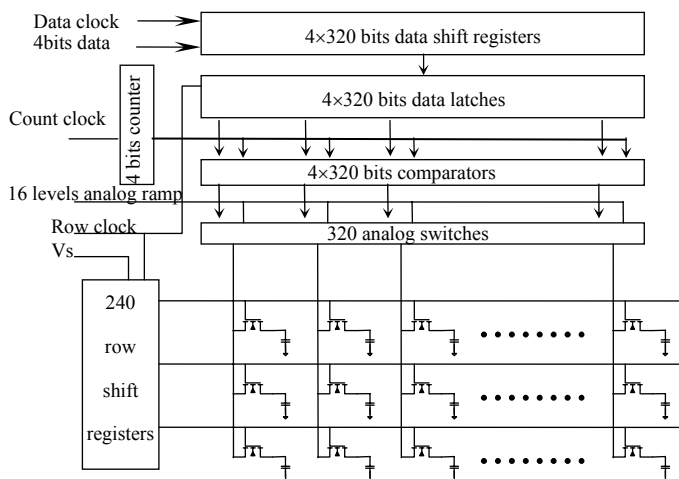


图 2 LCoS 芯片内部功能结构

Fig.2 Function and structure of LCoS chip

采用这种比较器与计数器相结合的驱动形式^[5-6],可以完成数据的 D/A 转换功能。传统的集成 D/A 转换器的驱动电路形式,需要在每一列集成一个 D/A 转换器,而 D/A 转换器通常都是大功耗电路,并且需要占用更大的版图面积,增加了电路设计的难度。本文采用的 D/A 转换方式,降低了芯片功耗与电路的设计难度,同时,数模转换精度只和外部输入的台阶电平信号有关,所以可以达到较高的精度,并且根据液晶材料驱动电压要求,可以很方便的予以调整,得到最佳的显示效果。

采用此种 D/A 转换方式,需要在一行时间内输入 16 级灰度电平,如果在未来设计中扩展为 8 位视频显示,则需要在一行时间内输入连续变化的 256 级灰度电平,这要求像素电容具有非常短的充电时间,因此对于 8 位视频显示,可以采用优先比较最高位方式。优先比较最高位方式即先对数据的最高位进行比较,输出选择信号选择高、低不同的两个输入斜坡参考电压之一,然后剩余 7 位再次进行比较,在选中的一路斜坡参考电压中选择相应的灰度电压。这种方式需要同步输入两路分别定位于高 128 级灰度与低 128 级灰度的斜坡参考电压,而每一个灰度的像素充电时间为全 8 位比较方式的二倍,降低对充电时间的要求。

2 视频系统总体结构设计

为了驱动微显示芯片显示计算机输出的 VGA 显示视频信号,我们开发了微显示视频系统。视频系统包括 VGA 信号 A/D 转换部分、数据与控制信号处理部分、SRAM 缓存部分、灰度台阶信号产生部分以及电源供电部分。

视频系统接收计算机输出的标准 VGA 信号,经过视频 A/D 转换器将模拟视频信号转换成数字信号,输入到由 CPLD 作为中心控制单元的数据与控制信号部分,同时也将 VGA 信号中的行列同步信号输入到控制单元中,在控制单元的控制下,产生读取地址信号,对两个 SRAM 存储器交替存取,并完成对 VGA 信号到 QVGA 信号的转换,产生输入至 LCoS 芯片的数字视频信号。控制单元接收行列同步信号与数据时钟信号并进行处理,产生与微显示芯片相匹配的行列扫描信号与像素时钟信号,驱动 LCoS 面板进行显示。根据 LCoS 芯片数据 D/A 转换功能的特点,控制单元内的计数器还要产生与显示芯片内计数器同步的计数信号,并通过 D/A 转换器转换成灰度台阶信号。视频系统总体结构如图 3 所示。

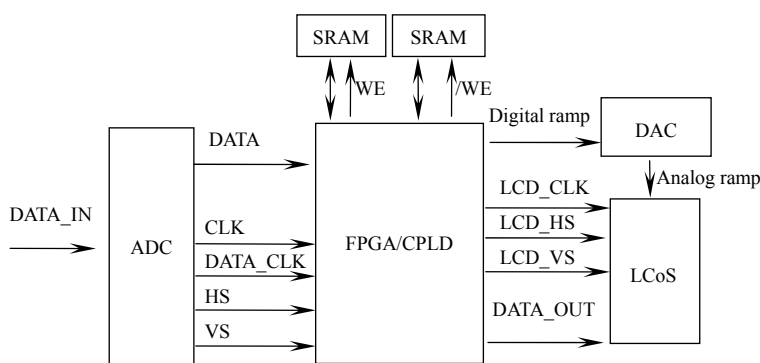


图 3 微显示视频系统总体结构

Fig.3 Structure of microdisplay video system

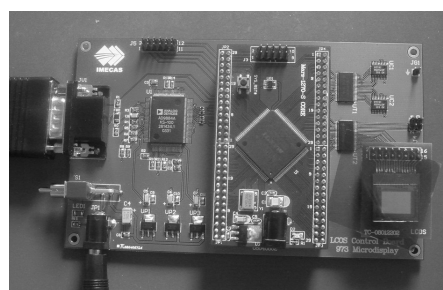


图 4 微显示视频系统电路板

Fig.4 PCB of microdisplay video system

我们采用 ANALOG DEVICES 公司 AD9884A 芯片作为视频 A/D 转换器。该芯片可通过 I²C 接口编程控制其工作状态,使之工作在 VGA 分辨率状态。中心控制单元 CPLD 选用 ALTERA 公司 MAX II EPM1270 芯片,其包含 1270 个逻辑单元,980 个等效典型宏单元,内部时钟频率高达 300 MHz,满足单色 QVGA 视频显示需要。SRAM 存储部分由两片 CYPRESS 公司 CY7C1049CV33 SRAM 存储器组成,CY7C1049CV33 是 4-Mbit (512K × 8bit) Static RAM,其 t_{AA} (Address to Data Valid)可达 10 ns。使用 ADI 公司 4 通道 8 位并行电压输出 D/A 转换器 AD7305 产生 16 级电压台阶信号,AD7305 可实现 3 V、5 V、±5 V 操作,转换速度可达 2.6 MHz。我们开发的微显示视频驱动板如图 4 所示。

3 视频信号处理与控制

系统接收从计算机 VGA 接口输出的标准 VGA(640 × 480 分辨率)信号,需要经过处理转换成 QVGA(320 × 240 分辨率)信号,输入到 LCoS 面板。因此我们对 VGA 标准信号的时序进行分析^[7]。VGA 信号实际上是由 800 列 × 525 行组成,我们需要从中取出有用的 640 列 × 480 行,然后分离出奇数行与奇数列进行显示。同时,VGA 信号中包含行同步与场同步信号,我们对其进行处理,实现显示面板的行场同步。

CPLD 控制电路通过 Verilog 进行编程实现^[8]。控制电路由 5 个部分组成:控制信号产生模块、I²C 控制模块、写数据模块、读数据模块和读写切换模块。控制信号产生模块接收 VGA 信号的行场同步时钟与数据时钟,对其进行处理,产生显示面板的行场同步信号、显示像素时钟信号、写数据时钟信号、读数据时钟信号与读写切换标志信号。I²C 控制模块对 AD9884A 通过 I²C 总线进行编程控制,使 AD9884A 工作在 VGA 分辨率模式状态下。写数据模块接收写数据时钟,产生从 0 开始每次增加 1 的数据地址,将 640 × 480 个像素数据存入 SRAM 中。读数据模块接收读数据时钟,产生从 0 开始每次增加 2 的数据地址,每经过 320 个时钟周期后,地址增加 320,跳过一行的数据,完成 VGA 信号奇数行与奇数列的分离。读写切

换模块以信号产生模块输出的切换信号为标志, 转换两片 SRAM 的读写状态, 切换读、写模块产生的地址信号, 交替读写 SRAM, 完成对 SRAM 数据缓存的存取。

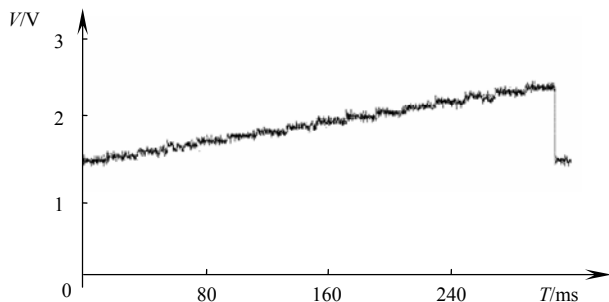


图 5 16 级灰度测试波形

Fig.5 Waveform of 16 gray levels

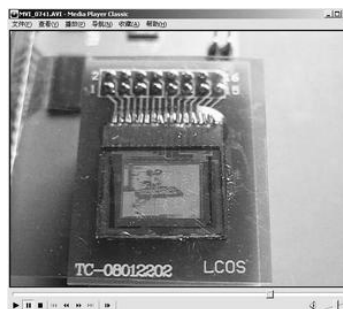


图 6 LCoS 芯片视频显示

Fig.6 Video display of LCoS chip

使用 Verilog 语言编写程序实现以上控制功能, 使用 Altera 公司 Quartus II 7.2 进行逻辑综合与端口映射, 使用其自带仿真功能进行功能验证与时序验证, 使电路功能与时序符合要求。

4 芯片测试及视频图像显示

根据所用液晶材料参数, 液晶材料开启电压为 1.5 V, 饱和电压为 2.5 V, 为了测试显示芯片的灰度响应, 我们向没有封装液晶材料的裸露像素区的显示芯片输入 16 帧电压连续变化的测试图像, 电压变化范围为 1.5 V~2.5 V, 测试某一像素的电压, 测试结果如图 5 所示, 像素点灰度响应正确, 符合液晶材料要求。

用计算机播放经典动画片米老鼠片段, 通过 VGA 接口输入到视频系统中, 驱动 LCoS 芯片显示出动画图像, 图 6 为拍摄的 LCoS 显示芯片播放动画片的视频片段的截图, 图像表明显示芯片能够显示分辨率 320×240、帧频 60 Hz 的动态视频, 视频显示响应速度快、无拖尾, 显示功能符合设计要求。

5 结 论

本文介绍了自主研发的 LCoS 微显示芯片, 设计了 QVGA 微显示芯片视频驱动系统, 以 CPLD 为核心控制单元搭建了 QVGA 视频驱动板, 驱动 LCoS 微显示芯片进行显示。测试结果表明 LCoS 微显示芯片显示功能符合设计要求。

参考文献:

- [1] Kwok H S, Huang H C. Liquid Crystal on Silicon Microdisplays [C]// 7th International Conference on Solid-State and Integrated Circuits Technology Proceedings, Beijing, China, Oct 18-21, 2004, 3: 1987-1990.
- [2] David Armitage. Introduction to Microdisplays [M]. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2006.
- [3] 王伟. 微显示 [J]. 液晶与显示, 2005, 20(5): 430-433.
WANG Wei. Microdisplay [J]. Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays, 2005, 20(5): 430-433.
- [4] Jaejun Lee, Yunmo Chung, Chae-Gon Oh. ASIC design of color control driver for LCOS (liquid crystal on silicon) microdisplay [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics(S0098-3063), 2001, 47(3): 278-282.
- [5] Jepsen M L. 0.9" SXGA liquid crystal on silicon panel with 450 Hz field rate [EB/OL]. http://www.microdisplay.com/MD2001_Paper4.11_manuscript.pdf, 2001-08-15.
- [6] Jacob Baker R. CMOS Circuit Design, Layout and Simulation(2nd)[M]. New York: IEEE press, 1997.
- [7] 萨蒂, 布莱尔. EGA/VGA 程序员手册 [K]. 董士海, 译. 北京: 北京大学出版社, 1999.
Sutty G, Blair S. EGA/VGA Programmer Manual [K]. DONG Shi-hai. Beijing: Peking University Press, 1999.
- [8] Bhasker J. Verilog HDL 硬件描述语言(第二版) [M]. 徐振林, 译. 北京: 机械工业出版社, 2000.
Bhasker J. A Verilog HDL Primer (2nd) [M]. XU Zhen-lin. Beijing: Chinese Machine Press, 2000.