

文章编号:1007-2780(2009)05-0670-05

LCOS 接口专用集成电路的设计

宋丹娜,代永平,刘艳艳

(南开大学 光电子薄膜器件与技术研究所;天津市光电子薄膜器件与技术重点实验室;
光电信息技术科学教育部重点实验室(南开大学),天津 300071,E-mail:songdanna@tom.com)

摘 要: 根据 LCOS 显示以及各种输入视频信号的特点,总结了 LCOS 接口电路的功能特点。以场序彩色显示 LCOS 接口控制电路的设计实现为例,详细介绍了接口专用集成电路的设计方法。

关 键 词: LCOS 接口电路;场序彩色;ASIC
中图分类号: TP331; TN27 **文献标识码:** A

1 引 言

硅基液晶(Liquid Crystal on Silicon, LCOS)是一种将 LCD 与 CMOS 集成电路有机结合在一起的反射型显示技术。LCOS 的结构是在单晶硅上生长电晶体,利用半导体集成技术制作驱动面板,然后在电晶体上通过研磨技术磨平,并在上面镀铝膜电极作为反射镜,形成 CMOS 有源点阵基板,然后将 CMOS 基板与含有 ITO 透明电极之上玻璃基板贴合,再灌入液晶,进行封装。像素电极同时也作为反射镜,像素的尺寸一般可以做的很小约为 $7\sim 20\ \mu\text{m}$,开口率高达 96%,对于百万像素的高分辨率的基板,其大小还不到 2.54 cm (1 in)。

接口电路是 LCOS 显示所必不可少的部分,它将原始输入的各种信号转化为适合 LCOS 接收的格式,并为 LCOS 提供控制信号。如 SONY 的高端投影机 VPL-VW50 接口包括双 HDMI (High Definition Multimedia Interface)口、S-video、色差接口以及 VGA 接口;而 CineStar HD90 则配备了 HDMI、Component Composite、S-video、VGA 等接口。可见,虽然不完全一样,却都有多个接口以保证投影机可以在多种环境下工作。

本文根据 LCOS 显示以及各种输入视频信号的特点,总结了 LCOS 接口电路的功能特点。以场序彩色显示 LCOS 接口控制电路的设计实

现为例,详细介绍了接口专用集成电路(ASIC)的设计方法。

2 LCOS 场序彩色显示原理

在颜色显示方面,LCOS 有两种显示方法:一种是空间混色法,红、绿、蓝 3 种光是同时发出的;另一种是场序彩色法,3 种不同颜色的光按顺序分别显示。场序彩色化(Field Sequential Coloration)模式是根据红、绿、蓝光学三基色原理,将三基色按一定比例轮流投射到同一屏幕上,只要交替速度足够快,由于人眼的视觉惰性,产生的彩色视觉与三基色直接混合同样,在人眼前呈现丰富多彩的显示画面。采用场序彩色法来实现彩色,不需要彩色滤光膜,可使显示器制作成本大幅降低。图 1 所示为 LCOS 在一帧内的时序框图。由图中可以看出,FSC 显示时间由 3 部分构成:视频数据写入时间、液晶响应时间以及脉冲光亮时间。其中液晶响应时间是与液晶材料的性能有关的。如果前两项占据的时间较长,那么人眼可以看到的脉冲时间就会比较短。这种情况有两个缺点:第一,必须考虑更强大的光源;第二,为了解决由场序光脉冲而引起的闪烁问题,必须有足够高的场刷新频率。为了增加显示的亮度,就要使 LED 点亮的时间最大化。通过改进算法缩短写入的时间以及缩短液晶的响应时间都可以使光脉冲时间延长,然而液晶响应速度的提高并不易实现^[1]。

图 1 LCOS 两种显示方法比较

Fig. 1 Comparison of two display modes of LCOS

3 ASIC 设计方法

芯片设计起始于由市场得出的想法,由这些想法进而得出结构和电学特性规范。结构规范定义了芯片的功能并划分为一些能够处理的模块,而电学特性规范通过时序信息定义模块之间的关系。下一阶段涉及这些规范的实现,使用硬件描述语言可以对设计进行编码。设计可以用 3 个抽象层次来表示:行为级、RTL 级和结构级。下一步是通过 RTL 代码以检查设计的功能,之后利用综合工具完成 RTL 级到门级网表的转换,即综合。综合过后进行静态时序分析,静态时序分析从整个电路中提取出所有时序路径,然后通过计算信号沿在路径上的延迟传播,找出违背时序约束的错误(主要是 SetupTime 和 HoldTime),与激励无关。在深亚微米工艺中,因为电路连线延迟大于单元延迟,通常预布局布线反复较多,要多次调整布局方案,对布局布线有指导意义。如果一切都正确则进行布局布线和验证。这些步骤都是反复的,每一步都确保没有错误,才能使最后得到的芯片完成想要的功能。

4 基于 CPLD 的设计结果

视频信号都是空间彩色格式的,若要适合场序彩色显示则需要利用外部电路将信号格式转换。下面是已经实现的空间彩色格式信号转换为场序彩色格式信号的方法。

本设计中输入的信号是从 AD9883 中输出的 12 位并行数据(R:G:B=4:4:4),刷新频率为 60 Hz;然而在 LCOS 场序彩色显示中^[2],由于液晶材料响应时间的限制,刷新频率要降为 40 Hz。

所以接口电路要完成的功能就是把空间彩色数据转换为场序彩色数据,并将场频由 60 Hz 降低为 40 Hz。

图 2 所示是所设计的场序彩色视频控制器硬件的结构框图,其中单片机的作用是对 AD9883 进行初始化配置,使其输出 VGA 分辨率的数字视频信号。采用 Altera 公司的 MAX II 系列 CPLD (EPM570-144C5) 并以 ISSI 公司的 IS61LV25616AL 大容量 SRAM 作为显示帧缓冲存储器,设计出视频信号控制器。

图 2 系统硬件结构框图

Fig. 2 Frame of system hardware

CPLD 实现的主要功能是对并行输入的 12 位 RGB 信号进行转换处理,将 4 组 12 位并行输入数据转换为 16 位的 R、G、B 数据各一组,并在外部缓存中按红绿蓝分区域存储;对两片外部 SRAM 实现乒乓操作控制,同时存储、读取数据;将输入的 60 Hz 视频信号转换为 40 Hz,并同时产生同步信号以及 LCOS 需要的其它信号。另外,在本次设计中,还在 CPLD 中对 SRAM 的读写工作进行了模拟,相当于把整个显示控制系统放在了 CPLD 中^[3]。两片 SRAM 采用乒乓操作,存储和读取同时进行,读写切换的频率为输出信号的场频。当第一片处于写状态时,第二片处于读状态;一场周期后,第一片处于读状态,第二片处于写状态。每片 SRAM 可同时读写 16 位数据,这是因为 LCOS 屏采用 16 位的输入信号总线,4 个相邻像素的数据在一个时钟周期内同时写入,这可将芯片工作的时钟频率降低为原来的

1/4^[4]。

图 3 所示为最终在 Quartus II 环境下实现 CPLD 的顶层结构图,而图 4 所示为仿真结果。在仿真时还加入了 SRAM 模块,用来模拟外部 SRAM 的功能^[5]。由于 CPLD 逻辑单元的限制,只对 4×3 的分辨率进行了仿真。而且为了方便观察并易于仿真,缩短了每个子场的时间,并将输入数据设定为 123h。

从仿真结果来看,读出的数据分别是红色子场的数据 1111h,绿色子场的数据 2222h,以及蓝色子场的数据 3333h,并且在每个子场都产生相应的 red, green, blue 脉冲,表示正在扫描红、绿、蓝子场,和预想的结果是相符的。

图 3 在 Quartus II 环境下 CPLD 顶层结构的设计
Fig. 3 Top design of CPLD in QuartusII

图 4 Quartus II 中仿真结果
Fig. 4 Simulation result in Quartus II

5 LCOS 接口专用电路设计

LCOS 可采用数字信号输入,优点是可以更好地控制像素电压,数据速度更高,而且使 LCOS 与各种不同形式的图像数据的接口更易实现。通常为了解决 RGB 数据写入时间短的问题,可以在一个时钟周期内写入多个像素;而若要使光脉冲时间变长,就要在允许范围内降低场刷新频率等,这些任务都是需要 LCOS 接口电路来完成的。

在所设计的 LCOS 显示系统中,接口电路将在各方面控制或管理源自程序或者电脑的信号,使之符合 LCOS 图像显示器件。在这个过程中,要完成下面这些操作和功能:AD 转换;TV 信号解码;图像校正,如对比度、亮度、颜色、尺寸以及去隔行、伽玛校正、场频变换等;LCOS 特殊信号格式。具体要完成哪些功能取决于所使用的设备。LCOS 器件的特殊类型也决定了所需要的接口功能,例如分辨率等。所以对于不同的 LCOS

器件,就需要与之对应的驱动电路来实现接口功能。

视频接口电路包括模拟和数字两部分。模拟部分用来产生像素时钟,放大输入的模拟视频信号,此外还有 AD 转换器、模拟电压源和 NTSC 信号的解码器等;而数字部分则包括用来做逻辑控制 and 数据流控制的电路和存储器。

前面已经验证了视频接口电路的可行性,即提到的利用 CPLD 完成的视频信号格式转换的设计,然而 CPLD 内部是由门电路组成的,若把转换电路设计成专用芯片可达到小面积低功耗的目的。图 5 所示为所要完成的专用集成电路的结构框图^[6]。

模拟电路部分由锁相环来产生像素时钟。在视频显示中,视输入信号是 VGA 格式或 NTSC 格式,其点时钟频率是不同的。VGA 信号是 25 MHz,而 NTSC 信号是 12.7 MHz。如果锁相环产生的是 VGA 信号的时钟,即 25 MHz,而输入信

图 5 视频接口电路结构框图

Fig. 5 Frame of the video interface circuitry

号是 NTSC 格式,那么时钟将会被分频为合适的频率。所以,还是可以用同一个锁相环来实现功能的。在模拟部分还要有快速 AD 转换器,将输入的模拟信号转为数字格式,同时进行数字信号的伽玛校正。具体实现方法上,可以采用查找表法实现,或者使用硬件电路运算的方法。为了提高数据精度,还需要一个信号放大器,在 AD 转换前将视频信号放大。另外,模拟部分还有一个 NTSC 解码器,它的作用是将 NTSC 信号分解为 RGB 信号和相应的同步信号 VS 和 HS^[7]。

在数字电路部分,逻辑控制和数据流控制电路是最主要的,它的作用是完成视频数据处理和显示场序和同步及存储器读写控制。

在设计接口 ASIC 时有许多设计和执行方面的问题要考虑,首先要考虑以下问题:

(1)输入信号要如何转换才能适合 LCOS 显

示芯片

首先要确定输入信号是什么格式的,这种信号格式往往不是可以直接被显示芯片接收的。例如在近眼显示系统需要场序彩色格式的数据而不是空间彩色格式的数据;信号可能需要去隔行,或者要改变刷新频率;信号要经过 AD 或 DA 转换等,这些都是由使用的 LCOS 板和输入信号决定的。这也决定了接口电路要完成的功能。

(2)需要什么功能模块来完成这种转换

在确定了信号要经过什么转换后,就要确定需要哪些模块来完成这些功能。可以借助一些已有的芯片来完成某些功能,而有些功能则需要控制电路来实现。

(3)这些模块用何种算法完成

这里所说的模块主要是指逻辑控制和数据流控制电路内的模块,要完成逻辑控制、场序控制以及一些数据格式上的改变。提供特殊功能,如伽玛校正、空间彩色到场序彩色的转换或灰度级控制等模块的算法,就是支持这些系统模块功能的部分。系统还可能需要软件来提供设计环境,当然还要软件硬件相结合。

6 结 论

根据 LCOS 显示系统和场序彩色显示的特点,设计了 LCOS 接口专用集成电路,对 LCOS 接口专用集成电路的设计方法和应注意的问题进行了详细的介绍。随着 LCOS 的发展,对接口电路的要求也越来越高,在今后的研究中需要在现有的基础上提高设计的效率和集成度,以适应 LCOS 的发展。

参 考 文 献:

- [1] 耿卫东,代永平,任立儒,等. LCoS 场序彩色显示控制器的设计 [J]. 液晶与显示,2003,18(3):188-192.
- [2] 黄茜,耿卫东,商广辉,等. 头盔式 LCoS 视频数据处理系统的研究与设计 [J]. 液晶与显示,2008,23(3):286-290.
- [3] 王骞,丁铁夫. 基于 FPGA 的液晶显示驱动 IP 核的实现 [J]. 液晶与显示,2005(4):324-326.
- [4] 刘艳艳,耿卫东,代永平,等. 时序彩色 LCoS 数据接口的优化设计 [J]. 液晶与显示,2006,21(1):53-57.
- [5] 王骞,丁铁夫. 高速图像存储系统中 SDRAM 控制器的实现 [J]. 液晶与显示,2006,21(1):48-52.
- [6] Johnson K, Mcknight D, Underwood I. Smart spatial light modulators using liquid crystal on silicon [J]. *IEEE J. Quantum Electronics*, 1993,29(2):699-714.
- [7] Molzow W D, Brinker W, Wirges W, et al. Active silicon CMOS addressing matrices for light-valve projection displays [J]. *Displays*, 1995,6(1):21-26.

Design of LCOS Interface ASIC

SONG Dan-na, DAI Yong-ping, LIU Yan-yan

(Tianjin Key Laboratory of Photo-Electronic Thin Film Device and Technology;
Key Laboratory of Photo-Electronic Information Science and Technology Ministry of Education;
Institute for Photoelectron of Nankai University, Tianjin 300071, China, E-mail: songdanna@tom.com)

Abstract

According to the characters of LCOS display and the various input video signal, the functions of the interface circuit are summarized. Taking the realization of the control circuit for LCOS FSC (field-sequential-colorization) display as an example, the design method has been particularly presented.

Key words: LCOS; interface circuit; field-sequential-colorization-display; ASIC

作者简介:宋丹娜(1985—),女,河北邢台人,硕士研究生,主要从事 LCOS 技术的研究。

可与国际单位制并用的我国法定计量单位

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
时间	分	min	1 min=60 s
	[小]时	h	1 h=60 min=3 600 s
	日,(天)	d	1 d=24 h=86 400 s
	[平面]角	[角]秒	1 "=(1/60) '=(π /648 000) rad
[平面]角	[角]分	'	1 '=(1/60) °=(π /10 800) rad
	度	°	1 °=(π /180) rad
质量	吨	t	1 t=10 ³ kg
	原子质量单位	u	1u≈1.660 540×10 ⁻²⁷ kg
旋转速度	转每分	r/min	1 r/min=(1/60) s ⁻¹
体积	升	L,(l)	1 L=1 dm ³ =10 ⁻³ m ³
能	电子伏	eV	1 eV≈1.602 177×10 ⁻¹⁹ J
级差	分贝	dB	
线密度	特[克斯]	tex	1 tex=10 ⁻⁶ kg/m=1 g/km
面积	公顷	hm ²	1 hm ² =10 000 m ²
长度	海里	n mile	1 n mile=1 852 m(只用于航行)
速度	节	kn	1 kn=1 n mile/h=(1 852/3 600) m/s(只用于航行)