

文章编号:1007-2780(2010)02-0253-04

彩色 LED 屏驱动扫描关键技术研究

吴君钦, 苗瑞瑞, 李艳丽

(江西理工大学 信息工程学院, 江西 赣州 341000, E-mail:gzwjq@sina.com)

摘 要: 介绍了基于 PWM 的 LED 亮度控制方法, 分析了数字 LED 屏设计的难点和关键技术, 重点讨论了 LED 屏扫描控制器的设计, 提出了一种基于 FPGA 的实现方法。实验证明, 使用该方法设计的 LED 扫描控制器结构灵活、性能优越, 可以满足室内外彩色 LED 视频显示的要求。

关 键 词: 彩色 LED 屏; 扫描控制器; LED; PWM; FPGA

中图分类号: TN873 **文献标识码:** A

Technology of Scanning Controller and Driver for Color LED Screen

WU Jun-qin, MIAO Rui-rui, LI Yan-li

(Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, China, E-mail:gzwjq@sina.com)

Abstract: The brightness control method based on PWM is introduced. The difficult problems and key technology of digital LED screen are analyzed. The design of scanning controller for large scale LED screen is discussed, and a solution of scanning controller based on FPGA is proposed. The experiment results showed that the structure of the newly-designed scanning controller was flexible, its performance is excellent, and the LED screen controlled by this scanner is suitable for indoor and outdoor video display.

Key words: colour LED screen; scanning controller; LED; PWM; FPGA

1 引 言

近年来高亮度和蓝光 LED 技术取得了重大突破, LED 显示驱动技术也从单色点阵图形显示发展为灰度和真彩图像显示。LED 屏具有亮度高、色彩鲜艳、视角大、可根据需要组装成任意尺寸、发光效率高等特点, 广泛应用于室内外文字、图形、图像以及视频的显示。然而要把高速视频数据扫描输出到 LED 灰度驱动芯片上, 实现大屏幕动态视频显示的技术却非常复杂和困难。在 LED 屏中延用 CRT 扫描技术、LCD 扫描驱动技术将会遇到巨大技术障碍, 主要表现在:

①屏幕尺寸大, 集中控制的驱动方式已变得不可能, 必须采用分布控制;

②分布控制模块之间、控制模块内信号传输距离远, 从几米到几十米, 高速视频数据的传输遇到问题;

③显示屏采用分块积木结构, 使扫描变得更加复杂;

④驱动芯片多、功耗大, 电源设计和成本控制也将遇到巨大挑战。

本文提出了一种基于 FPGA 的 LED 屏扫描控制器设计及实现方法。实验证明, 使用该方法设计的 LED 扫描控制器结构灵活、性能优越, 可以满足室内外彩色 LED 视频显示的要求。

收稿日期: 2009-08-19; 修订日期: 2009-08-31

基金项目: 江西省自然科学基金项目 (No. 2008GZS0030)

作者简介: 吴君钦 (1966—), 男, 江西兴国人, 硕士, 副教授, 主要研究方向: 嵌入式系统、音视频信号处理。

2 LED 灯的亮度控制技术

单色点阵显示只有亮和暗两种灰度，一般对亮暗均匀度没有严格要求，所以每像素只需 1 位数据位来控制，数据位直接开关控制 LED 灯的亮灭即可。驱动器可以采用串并转换芯片直接驱动，如 74LS164 芯片；也可采用恒流开关驱动，如台湾积聚科技的 MBI5028 LED 驱动芯片^[1]。LED 的开关控制电路如图 1(a)所示。

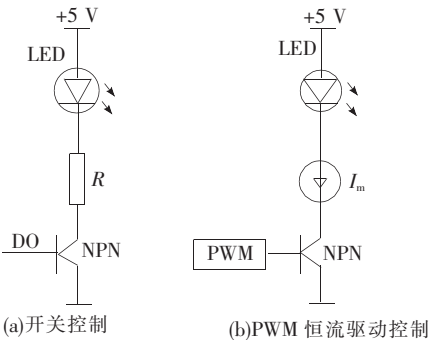


图 1 LED 驱动方式
Fig. 1 Driver mode of LED

对于多级灰度显示，亮暗均匀度有严格要求，LED 灯电流必须为可设定大小的恒流驱动。多级灰度控制采用脉宽调制方式实现。对于 256 灰度级而言，显示屏的每个像素需要 8 bit 宽度的灰度数据并保存在 PWM 寄存中，驱动芯片有美国 TI 公司的 TLC5941 串行接口芯片^[2]等，输出级驱动电路见图 1(b)。对于彩色显示而言，显示屏的每个像素由红、绿、蓝 3 种颜色 LED 灯混合组成，每种颜色的 LED 灯都需要独立的 PWM 驱动。

3 LED 显示模块设计

为了实现积木结构，必须把规模较小的 LED 点阵设计成独立模块。因为芯片引出脚数量的限制，每个芯片所能点亮驱动的 LED 灯数量是有限的。若采用 TLC5941 驱动 16×16 灰度显示模块，则需要 16 片级联，每个 PWM 控制的恒流输出端(如 O1)连接 1 个 LED 灯，可设定为 6 bit/12 bit 两种模式，分别对应 64/4 096 灰度等级，芯片级联及接口见图 2，其中 SINa 为串行输入，SOa 为串行输出，XTL、SCLK、BLANK、GSCCLK 分别对应帧同步、数据位同步时钟、输出禁止、PWM

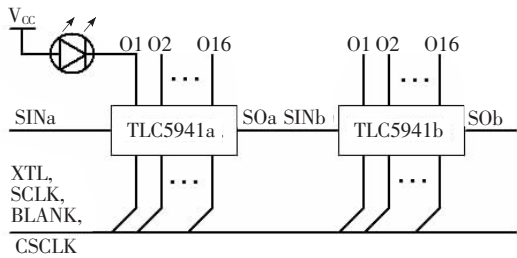


图 2 LED 驱动接口电路
Fig. 2 Interface circuit of LED driver

输入时钟^[2]。
图 2 所示的 16×16 LED 模块，设定为 6 bit 模式时，每帧数据量为 1 536 bit；若要实现彩色显示，则每模块需 48 片 TLC5941 级联，每帧数据为 4 608 bit，假设帧刷新频率为 30 帧/s，考虑帧间隙，则串行数据传输速率必须大于 200 kbit/s。在实际应用中， 16×16 LED 模块规模太小，多采用 32×32 规格，数据速率需要大于 800 kbit/s。在一个模块内部，因为传输距离较近，所以 800 kbit/s 的串行数据传输速度不算太高，串行数据直接使用 TTL 或 CMOS 电平驱动即可；但同步时钟等信号因为很多芯片并联负载，要考虑驱动能力和延时问题。因为一般情况下使用的模块数量较多，所以可用一个 220 V(AC)/24 V(DC)电源给所有 LED 模块直流馈电，模块内 DC/DC 变换为 5 V 以降低功耗和成本。

4 LED 屏扫描控制器及接口设计

LED 扫描控制器的功能是接收视频信号源数据并存入帧缓冲，然后根据 LED 模块结构及接口方式，把帧数据分割成若干图像子块数据，子块内数据串行传输到 LED 模块中，但各子块图像必须每帧(30 ms)同时并行传输出去。LED 扫描控制器功能结构见图 3。所有显示模块直接与控制

器驱动接口相联，控制器相当于一个星型集线器，为模块提供电源和驱动信号，星型结构有利于屏的组装和故障隔离。
主控制器可以采用 MCU 实现，需要外扩 FIFO、RAM、小规模 FPGA、LVDS 驱动等芯片，由 FPGA 实现接口逻辑的粘合，移位寄存器组也在 FPGA 中实现。这种方案的缺点是芯片数量较多，成本、功耗较难控制，器件间的协调工作也比较困难。最优方案是采用一片高速大规模 FPGA

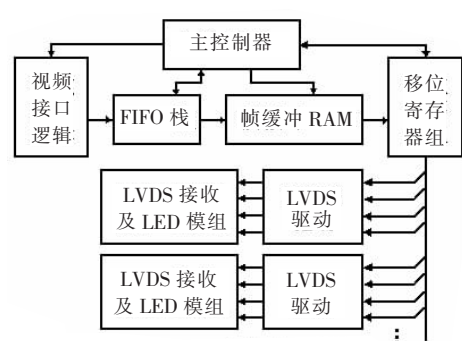


图 3 LED 驱动控制器结构

Fig. 3 Structure of LED driver controller

芯片实现接口逻辑黏合、主控制器及 FIFO 功能，数据传输的协调控制方便，只需外扩 RAM 和 LVDS 长线驱动芯片。

视频信号源接口种类繁多,类似 PDA、MP4 等嵌入式设备的 LCD 显示器多数采用并行 RGB 数字接口。为了采用 PDA 或 MP4 作为信号源,实现视频信息公告的目的,在这里主要考虑兼容台湾 ILI Technology Corp. 公司的 ILI9320 LCD 屏驱动芯片所使用的 MCU 数字 RGB 接口^[3],要与其他数字接口连接,只需改写接口逻辑代码。视频接口逻辑异步地把 6:6:6 格式的 18 bit RGB 视频数据及 17 bit 帧缓冲地址写入 35 bit 字宽的 FIFO 中。

因为 LED 驱动控制器与 LED 显示模块间距离较远,对于室外 LED 大屏幕而言,距离从几米到几十米不等,所以高速数据和控制信号不能直接用 TTL 或 CMOS 电平来传输,必须转换为 RS422 或 LVDS 差分信号,以实现长线传输。本设计选用 DS90C031B/DS90LV032 作为 LVDS 发送/接收芯片,速率可达几十 Mbit/s^[4]。

5 扫描控制器的 FPGA 实现

使用 FPGA 设计的 LED 驱动控制器的核心问题是如何协调接收视频接口数据和发送帧缓冲数据到 LED 模块。为了直接使用 16 bit 宽的 SRAM,红、蓝信号各需要删除 1 bit 数据,形成格式为 5:6:5 的 RGB 数据。因为 RAM 读写复用一套总线,所以这里将会成为数据流的瓶颈。以 320×240 格式的 16 bit RGB 视频为例,每帧有 76 800×16 bit 数据,极端情况下,在 30 ms 内要完成一帧数据的接收和发送操作,约 360 ns 内要

完成 1 次读和 1 次写操作。为此,主控制器以 360 ns 为周期,将每周期分成两个时间片,180 ns 读取图像子块数据并存入移位寄存器暂存区;另 180 ns 判断 FIFO 中是否为空,若不为空,则从 FIFO 中取出数据,根据数据中的地址段,把 RGB 数据写入 RAM 对应位置,从 FIFO 取数据的速度应略大于 MCU 接口写入数据速度,以保证 RGB 数据不会被丢失。

用 32×32 LED 模块构建 320×240 LED 屏,需要 10×8=80 个 LED 模块,所以需要在 FPGA 中设计 80 个带写缓冲的 18 bit 移位寄存器。在移位寄存器组同步移位期间,控制器从 RAM 中取出 80 个 16 bit 字(每子块一个字),还原成 18 bit RGB 数据后,分别填入移位暂存区。在寄存器组 18 bit 数据全部同步移出后,把暂存区数据同步装入移位寄存器,紧接着串出移位区数据,并把下一组 80×16 bit 数据装入暂存区。

扫描控制器除了实现视频数据分块传送到驱动芯片的基本功能外,还要考虑 LED 驱动恒流源电流大小的设定。因为每个 LED 灯发光效率并不完全相同,所以要实现均匀高精度灰度显示,就必须通过预置驱动电流实现平场效准。预置数据不需要频繁传送,只须开机复位后发送一次,可增加 1 个 UART 接口接收效准数据,并通过移位寄存器组发送到 TL5941 芯片中。

根据前面的分析, FPGA 芯片的时钟周期应小于 25 ns,片内必须有足够多的资源。因为控制器成本占整个 LED 屏成本的比例很小,所以本设计选用 Altera Cyclone II EP2C20Q240 高性能 FPGA 芯片来实现 LED 扫描控制器的核心功能。控制器顶层设计如图 4 所示。图中写信号 wr、RGB 数据 d17:0 及片选信号 cs 来自 MP4 播放器 LCD 接口(LCD 屏与 LED 屏并联同步显示),经接口逻辑形成帧地址 ad16:0 与 RGB 数据 d17:0 一起组成 35 bit 数据,由 fifo_wr 信号把 35 bit 数据同步写入 FIFO 缓冲区。FIFO 中的 RGB 数据在主控制器、RAM 双端口控制器协调控制下,写入 RAM,同时分块发送到移位寄存器组,最后从 sdo79:0 串行输出到各 LED 模块的驱动芯片中。位同步 sclk、帧同步 xtl 等信号也是根据 TLC5941 时序要求由主控制器产生。

在 QuaterII7.0 开发环境中,根据顶层设计文件,本设计用 VHDL 代码描述每个功能模块的

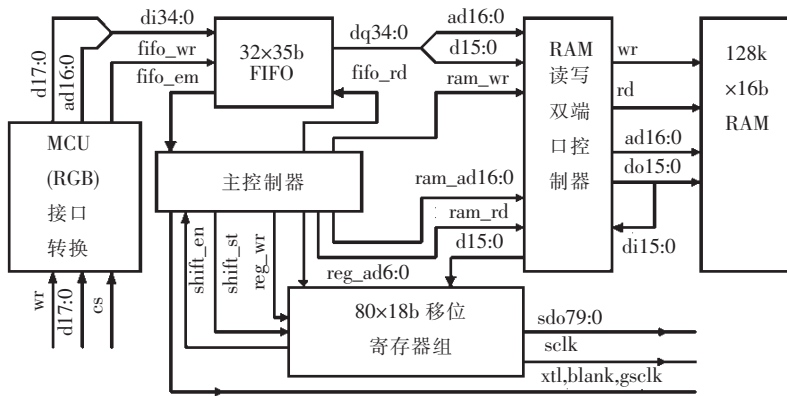


图 4 LED 扫描控制器顶层设计
Fig. 4 Top layer design of LED scanning controller

逻辑电路。所有 VHDL 代码和电路经过时序仿真或 FPGA 硬件测试,证明设计是成功的,实现了彩色 LED 屏扫描控制器全部功能,在 LED 屏中能流畅显示由 MP4 播放的视频图像。

6 结 论

提出了一种基于 FPGA 的 LED 屏扫描控制器设计方法,实现了高性价比彩色 LED 屏扫描控制器的各项功能,达到 320×240 空间分辨率、16

位彩色分辨率及 30 帧/s 的刷新频率,性能稳定可靠。用 FIFO 实现 RAM 异步操作、用双端口分离 RAM 读写总线以及用移位寄存器组并行操作降低数据速率等方法来设计 LED 扫描控制器是本文创新所在。因为采用 FPGA 设计,所以当改变图像尺寸结构时不需要更改总体设计,只需增加帧缓冲容量和移位寄存器数量即可。对于更大规模的室外 LED 屏,可由多个扫描控制器联合控制,灵活可变的设计具有很大的参考价值。

参 考 文 献:

[1] 积聚科技. MBI5028 Datasheet [EB/OL]. 台湾: 积聚科技,2005. http://www.mblock.com.tw/en_download_file/datasheet.
[2] Texas Instruments. TL5941 Datasheet [EB/OL]. U. S. A. :Texas Instruments,2005. <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/tlc5941.pdf>.
[3] ILITEK Technology Corp. ILI9320DS Datasheet [EB/OL]. 台湾:ILITEK Technology Corp. , 2006. <http://www.ilitek.com.tw>.
[4] National Semiconductor. DS90C31/32 Datasheet [EB/OL]. U. S. A. : National Semiconductor, 1998. <http://www.national.com>.
[5] 孙文胜,郑玲玲. LED 真彩显示屏扫描控制的研究 [J]. 液晶与显示,2008,23(6):732-735.
[6] Altera Corp. Cyclone III handbook (Volum 1) [EB/OL]. U. S. A. : Altera Corp. , 2009. http://www.altera.com/literature/hb/cyc3/cyclone3_handbook.pdf.