

文章编号: 1007-2780(2012)04-0476-05

场致发射显示器图像低灰度增强技术

林志贤, 徐 胜, 姚剑敏, 郭太良

(福州大学 物理与信息工程学院, 福建 福州 350002, E-mail: linzhixian2002@yahoo.com.cn)

摘 要: 介绍了 FED 子行驱动灰度调制视频显示系统的工作原理。针对行扫描脉冲存在的上升沿和下降沿时间导致列驱动脉冲无效使屏无法发光, 造成低灰度图像数据丢失影响图像显示效果, 通过调整各子行的显示顺序, 调整时序, 消除低灰度信息损失, 改善图像质量。同时针对 FED 显示屏响应时间造成的低灰度损失, 通过时间补偿的方法对低灰度损失进行校正, 改善了图像的显示质量。结合人眼的视觉特性, 将基于子行驱动图像低灰度增强技术应用于 FED 显示系统中, 使视频图像显示的对比度有所提高, 画质更为细腻, 更加接近人眼的视觉效果。

关 键 词: 场致发射显示器; 子行驱动; 低灰度图像增强; 视频显示

中图分类号: TN949.16; TN941.3

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20122704.0476

Field Emission Display Image Enhancement Technology

LIN Zhi-xian, XU Sheng, YAO Jian-min, GUO Tai-liang

*(College of Physics and Information Engineering, Fuzhou University,**Fuzhou 350002, China, E-mail: linzhixian2002@yahoo.com.cn)*

Abstract: The technology principle of sub-row driving gray-scale modulation was introduced and was used in FED video displaying system. The low grey enhancement modulation focuses on the problem that the rising edge and falling edge duration during the row scanning pulse will result in the invalid column driving pulse and no luminescence screen, it causes the data loss of the low grey image which affects the display effect. By adjusting the display order of those sub-rows, and the timing order, eliminating the low grey information loss, the image quality can be improved. At the same time, because the low grey loss caused by the reaction time is existed in the display panel, the low grey loss is modified by the time compensation, so that the display quality of the image is improved. Combined with the human visual characteristics, the image enhancement technology based on the sub-row driving was proposed to improve the video image quality, and applied to the sub-row driving of FED, making the contrast of the video image increased, the image quality more delicate, closer to the human visual effect.

Key words: field emission display; sub-row driving; low grey image enhancement; video displaying

收稿日期: 2012-02-21; 修订日期: 2012-03-29

基金项目: 国家 863 计划重大专项资助项目(No. 2008AA03A313); 国家自然科学基金(No. 61101169, 61106053); 福建省教育厅重点资助项目(No. JA09003); 福建省自然科学基金(No. 2010J01333, 2011J01347)

作者简介: 林志贤(1975—), 男, 福建泉州人, 博士, 副教授, 主要从事信息显示技术、FED 显示器驱动系统研究工作。

1 引言

场致发射显示器(FED)作为一种新型的平板显示器^[1-2],既具有CRT的高画质特性,又具有LCD的轻薄低功耗特性,还具有当今时尚流行的POP广告(point of purchase店前广告)的大面积等特性,FED还具有高分辨率、高对比度、宽视角、响应速度快,耐高低温、抗震、低辐射以及生产成本较低,易于实现数字化显示等特点,具有广阔市场应用前景。大面积印刷式FED采用独有的低成本大面积低逸出功FED阴极材料及其阴极浆料,与其他种类的FED不同,大面积印刷式FED成本低,工艺简单,所使用材料具有低逸出功特点,可以降低FED中所需的发射电压,使得外部电路简单化。灰度调制驱动模块^[3]是整个FED驱动电路系统的核心,在一定程度上影响着视频图像的显示质量,如图像对比度、细节清晰度等都会受到影响。因此整个系统要想得到更好的图像显示效果,关键一部分在于图像处理技术的使用,通过图像增强技术还原图像本来的面目就显得十分重要。本文介绍的FED子行驱动(Sub Row Driving,SRD)灰度调制技术原理,结合人眼的视觉特性,将基于子行驱动图像低灰度增强技术应用于FED显示系统中,使视频图像显示的对比度有所提高,画质更为细腻,更加接近人眼的视觉效果。

2 子行驱动图像低灰度增强技术的研究

2.1 子行驱动原理及系统框图

图1所示是SRD显示原理图^[4]。SRD是将每一行周期分成多个子行,每个子行由寻址期与显示期构成。在图1中,黑色区域为寻址期,在此期间将对应子行显示数据送入移位寄存器;图中白色区域为显示期间,在此期间该子行图像数据锁存并由高压放大电路驱动输出。鉴于芯片中包含数据锁存能力,可以实现输出数据锁存的同时进行下一子行显示数据的传送,即在上一下子行的显示期内,下一子行的寻址就可同时进行。因此,SRD方案利用显示期进行显示数据的寻址,这样能最大程度地减少器件不发光时间,充分提高时间利用率。

如图2所示,从SRD电路系统整体组成框图

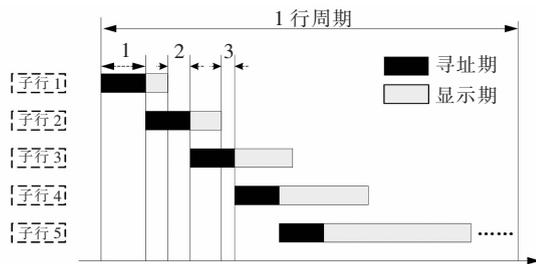


图1 SRD显示原理图

Fig. 1 Diagram of SRD displaying

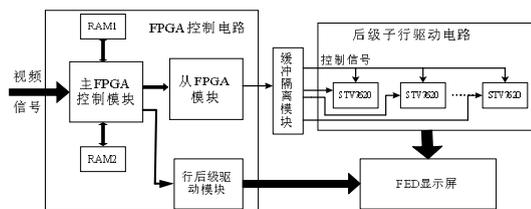


图2 SRD电路系统整体框图

Fig. 2 Overall block diagram of SRD circuit system

可以看出,系统主要有主、从FPGA和后级高压子行驱动电路组成。其中主FPGA主要完成接收前级视频信号并进行一些图像处理;从FPGA主要负责完成复杂的SRD控制,其接受主FPGA处理后的数据和控制信号,对数据进行分割重组,控制数据输出方式,产生后级高压驱动所需的控制信号,使之达到SRD的目的。基于子行灰度调制驱动技术场致发射显示系统主要有两级FPGA和后级高压驱动电路组成。如图1所示,在两级FPGA中,主FPGA主要完成接收前级视频信号并进行一些相应的图像处理;从FPGA接收主FPGA处理后的数据和控制信号,负责完成复杂的子行灰度调制。它的主要功能是将主FPGA传过来的数据进行分割和重组,控制数据的输出方式,产生后级驱动芯片STV7620所需的控制信号,使之能达到子行灰度调制的目的。因此,算法的关键是对数据进行分配、重组等处理使之能适应后级驱动芯片STV7620的要求^[5-7]。

2.2 子行驱动FED图像低灰度增强技术的研究

目前用于子行驱动的FED显示屏分辨率为 $800 \times 3 \times 600$,场频60 Hz,因此每一行选通时间约为 $27.7 \mu\text{s}$,为了实现256级灰度,在一行的时间内,如果将数据分8个子行送出,则每个子行按权重时间之比为 $1:2:4:8:16:32:64:128$,因此,最小子行即子行1的时间约为100 ns,以此类推,8个子行时间分别为100 ns、200 ns、400 ns、800 ns、

1.6 μs 、3.2 μs 、6.4 μs 、12.8 μs 。由于 STV7620 高压移位锁存驱动器芯片的寄存器长度是 16 位,而芯片的最快移位时钟是 40M,传输是按位进行,所以完成一个子行数据传输的时间需要 400 ns,如果像素数据采用 8 bit,即将一行的时间分为 8 个子行,则最小 2 个子行的显示时间分别为 100 ns 和 200 ns 都小于数据传输时间 400 ns,所以如果继续采用 8 bits 数据进行灰度显示,会使最小 2 个子行的数据由于传输时间的不足而造成低灰阶图像信息的丢失。并且如果低灰度分配的时间过短(最低灰度 100 ns),由于器件和显示屏存在响应时间会影响图像低灰度部分的显示,这样也将严重影响图像的显示质量。

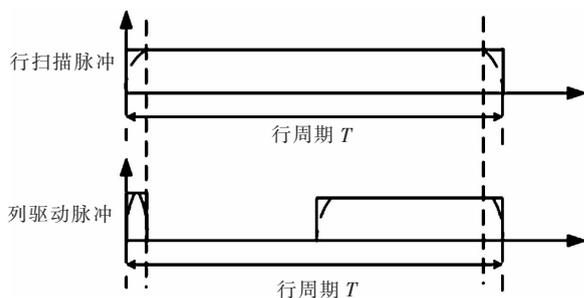


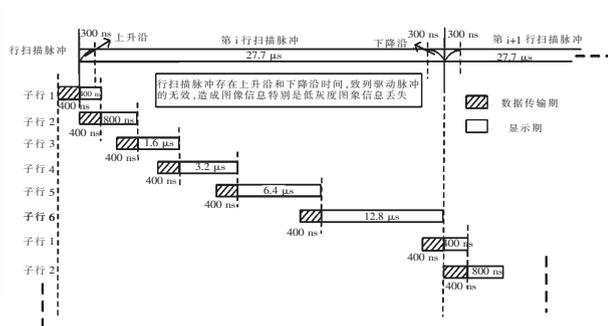
图 3 顺序子行驱动脉冲与行脉冲关系和低灰度丢失示意图

Fig. 3 Schematic diagram of the relation between SRD sequential pulse and line pulse and low grey loss

从理想的角度来说(即不考虑输出脉冲的上升沿和下降沿时间),PWM 调制法和子行灰度调制法驱动效果是一样的,因为不管是 PWM 还是子行灰度调制法,其实质都是在一行的时间周期内,通过脉冲持续的时间长短来体现图像的灰度。所不同的只是在时间轴上出现的位置不一样。例如灰度值为 110 000 时,两种驱动方法的脉冲宽度都占行周期的 3/4。但是事实是不管是行驱动芯片还是列驱动芯片都有一定的响应时间,因此对子行灰度调制法性能以及存在的问题进行分析必须考虑输出脉冲的上升沿和下降沿时间的影响。

对于因为行扫描脉冲的上升沿和下降沿时间导致的低灰度损失情况,本文采取调整子行显示顺序的方法即将 6 个子行的显示顺序不再按照数据位从低到高进行显示,如图 4 所示,将权重最高的第 5 和第 6 两子行在行有效周期的开始和结尾进行显示,将权重最低的第 1 和第 2 子行在行有效周期的中间显示。这样调整虽然不能避免整体

引入误差扩散法^[8]将子行 1 和子行 2 作为误差因素扩散到其他子行,采用 6 bit 位数进行显示,在一定程度上改善了低灰阶部分数据丢失造成的图像质量问题,但是由于后级行扫描驱动脉冲存在上升沿和下降沿时间,根据测试,后级行扫描驱动脉冲相应的上升沿和下降沿时间为 300 ns,如图 3 所示。因为 FED 显示屏要发光,必须相应的行、列信号同时有效,在扫描脉冲边沿这段时间内会导致列驱动脉冲的无效(即列驱动脉冲无法使屏发光),造成图像信息特别是低灰度图像信息的丢失,将严重影响图像的显示效果,因此仅仅靠引入误差扩散法减少数据比特位数的方法改善图像质量还远远达不到高保真清晰的视频图像。



发光时间的减少,但是由于权重高的第 5 和第 6 子行对应的发光时间分别为 6.4 μs 和 12.8 μs ,相比行扫描脉冲的上升沿和下降沿时间长了很多,因此对整体显示图像质量的影响不大,不会造成低灰阶图像信息的损失,图 5 所示是调整子行显示顺序后上升沿和下降沿对子行的影响示意图。

对于由屏的响应时间造成的低灰度损失,我们通过时间补偿的方法来对低灰度损失进行校正。

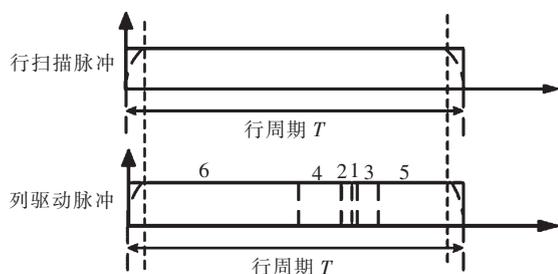


图 4 调整后子行驱动脉冲顺序时序图

Fig. 4 Timing sequence chart of the SRD pulse after adjustment of the order

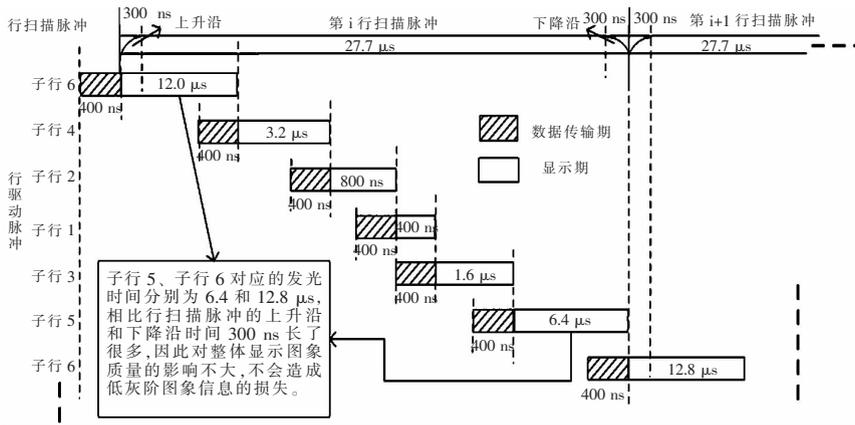


图 5 调整后子行驱动上升沿和下降沿对显示的影响

Fig. 5 Schematic diagram of the influence of the rising and falling edge on the sub-row after the adjustment of the SRD order

本设计的场频是 60 Hz, 分辨率是 800×600 , 所以每一行的选通时间为 $27.7 \mu\text{s}$ 。本系统采用 40 MHz 时钟, 因此每行选通时间包含 1 108 个时钟周期。通过误差扩散法处理, 像素数据宽度是 6 位, 每个子行所占时间比重为 1:2:4:8:16:32。最低子行是 400 ns, 因此等效各子行长度取 16, 32, 64, 128, 256, 512 (时钟周期)。各子行所占有的总时间为 1 024 个时钟周期, 所以每一行会多出 84 个时钟周期, FED 屏的响应时间约为 $2 \mu\text{s}$, 等效于 80 个时钟周期。所以时间补偿算法的实质是将一行选通时间分为两部分, 一部分是用于正常的灰度显示, 另一部分是用于补偿显示。

2.3 基于人眼视觉特性的图像增强技术

主观亮度即由人的视觉系统感觉到的亮度, 是由于物体反射的光线照射到人眼的视网膜上视神经受到刺激而获得的, 对于人的视觉系统人眼来说, 当物体的亮度 I 逐渐变化时, 最初人眼是感觉不到的, 当物体的亮度变化到某一值 $I + \Delta I$ 时, 人眼才能感觉出物体亮度的变化, 此时的 ΔI 称为辨别门限, 即辨别亮度差别而必须的光强度差的最小值。这个最小值 ΔI 随物体及其背景的光强大小而异。有实验表明, 人眼的主观亮度感觉和客观亮度成对数线性关系^[9]。

人眼的主观亮度感觉和客观亮度的对数线性关系称之为韦伯-费克纳法则 (Weber-Fechner):

$$S = k \times \lg I + k_0 \quad (1)$$

式(1)中: k 和 k_0 是常数。 I 是客观亮度 (图像灰度)。对 I 求导, 并用 $\Delta S, \Delta k$ 代替 dS 和 dk , 有:

$$\frac{\Delta S}{\Delta I} = \frac{k}{I}, \Delta S = \frac{\Delta I}{I} k \quad (2)$$

式(2)表明人眼分辨亮度变化 ΔS 的能力并不取决于图像灰度的差值, 而是由图像灰度的相对变化 $\Delta I/I$ 决定的, 对图像中每一点采用相同的灰度变换, 则图像的变换时空间不变, 令:

$$B' = f(B) \quad (3)$$

式(3)中 B 为变换前的灰度值, B' 为变换后的灰度值。并假设:

$$L \leq B_i \leq H, L' \leq B'_i \leq H'$$

即第 i 个灰度级的灰度值在变换前后在原图像和变换后图像的灰度动态范围 (L, H) 和 (L', H') 以内, 若想满足人眼的视觉特性, 变换灰度图像每两级之间的灰度比需满足下列条件:

$$\frac{B'_{i+1}}{B'_i} = \frac{B_i + \Delta B'_i}{B'_i} = 1 + \frac{\Delta B'_i}{B'_i} = C \quad (4)$$

式(4)中 $i = 1, 2, \dots, m-1, m = (H-L) + 1, C$ 为常数, 而且 $B'_1 = L', B'_m = H'$ 。

变换后灰度图像相邻两级灰度之间的灰度差为 $\frac{\Delta B'_i}{B'_i} = C - 1$, 为常数, 且为图像灰度的相对变化率, 也即符合人眼对亮度的视觉感觉特性。根据上述各式有:

$$\frac{B'_m}{B'_1} = C^{m-1} \text{ 或 } C = \left[\frac{H'}{L'} \right]^{\frac{1}{m-1}} \quad (5)$$

则任一灰度级的灰度 B_i 变换后的灰度值可表达为:

$$B'_i = L' \left[\frac{H'}{L'} \right]^{\frac{(B_i - L)}{(H - L)}} \quad (6)$$

电路实施中,利用 FPGA 芯片将输入子行驱动电路系统的原始视频信号灰度数据通过式(6)的关系进行变换,设置一个灰度值映射变化查找表,存储经过变化前后的图像灰度值,可以提高系统的处理速度。电路驱动时,将变换后的图像灰度数据作为输入视频信号,进行子行驱动灰度调制,最终实现基于子行驱动的 FED 显示^[10-11]。

3 结果与讨论

将我们设计的基于子行驱动场致发射显示器图像低灰度增强技术应用于 FED 驱动电路系统前后,采用递增灰度信号驱动 FED 显示屏,并用亮度计逐一测试每一灰度对应的显示屏亮度,将实验结果绘制出如图 6 所示的灰度—亮度关系曲线图。从图中可以看出,采用图像低灰度增强技术使灰度亮度曲线更接近于线性关系,低灰度图像的亮度变化更明显,根据人眼视觉特性,人眼

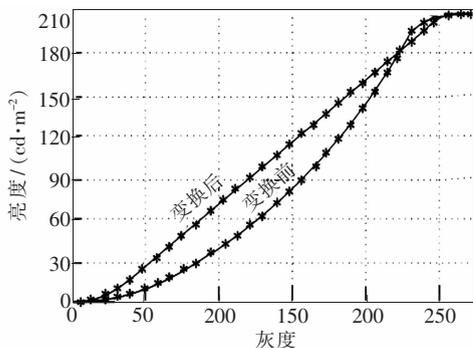


图 6 FED 显示器灰度—亮度关系曲线

Fig. 6 FED display relation curves of gray level and brightness

对低亮度的物体变化更敏感,对高亮度物体变化不敏感,因此采用该方法处理后图像的视觉效果更好。

基于子行驱动图像低灰度增强技术印刷型彩色 FED 样机演示照片如图 7 所示。从演示视频图像效果来看,画面较为清晰,对比度有所提高,画面更为细腻,图像灰度层次有所增强,图像质量较为理想。



图 7 子行驱动彩色 FED 演示照片

Fig. 7 Video photo of color FED driving by SRD system

4 结 论

介绍了 FED 子行驱动灰度调制视频显示系统的工作原理。针对行扫描脉冲存在的上升沿和下降沿时间造成低灰度图像数据无法驱动显和 FED 显示屏响应时间造成的低灰度损失及丢失的问题,通过调整各子行驱动顺序与时序和时间补偿的方法减少图像低灰度信息损失,从而改善了图像的显示质量。并将基于子行驱动图像低灰度增强技术应用于 FED 显示系统中,使视频图像显示的对比度有所提高,画质更为细腻,更加接近人眼的视觉效果。实验表明基于子行驱动图像低灰度增强技术是客观可行的方案。

参 考 文 献:

- [1] 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,2004:404-407.
- [2] 林志贤,郭太良. 场致发射显示器研究与进展 [J]. 光电子技术, 2006, 26(1):1-5.
- [3] 林志贤,廖志君,郭太良. 大屏幕 FED 集成驱动电路的研制 [J]. 液晶与显示, 2005, 20(5): 440-445.
- [4] 林志贤,郭太良. 场致发射显示器新型图像驱动技术的研究 [J]. 液晶与显示, 2009, 24(5):685-691.
- [5] 林志贤,林韵英,徐胜,等. STV7610 在场致发射显示驱动电路系统中的应用 [J]. 激光与光电子学进展, 2006, (5):20-24.
- [6] 许伟,吴玉广. PDP 数据驱动模块 STV7610A 及其应用 [J]. 国外电子元器件, 2004, (12):49-51.
- [7] Oline ST. Products, STV7620datasheet [EB/OL]. [2007-03-22]. http://member.ic37.com/icasp/pdf_view.asp?id=91344_230842.
- [8] 刘祖军,刘纯亮. 等离子体显示中基于边缘检测的动态误差扩散方法 [J]. 西安交通大学学报, 2004, 38(6): 627-631.
- [9] 姚军财. 基于人眼对比度敏感视觉特性的图像质量评价方法 [J]. 液晶与显示, 2011, 26(3):390-396.
- [10] 林志贤,林韵英,郭太良. 印刷型 FED 图像处理与显示控制技术 [J]. 光电子·激光, 2007, 18(2):140-143.
- [11] 于丽丽,林志贤,姚剑敏,等. 基于子行驱动人眼视觉图像增强技术的研究 [J]. 电视技术, 2011, (7):63-65.