

文章编号:1007-2780(2014)05-0728-05

# 一种新型的 OLED 像素补偿驱动电路

严利民\*, 龙云腾, 郭丽媛

(上海大学 微电子研究与开发中心, 上海 200072)

**摘要:** 为了防止有机发光二极管 (organic light-emitting diode, OLED) 显示器随着使用时间增加而造成 OLED 像素驱动电路发生阈值电压和电源电压漂移, 从而引起显示屏亮度不均匀和不稳定的现象, 本文对 OLED 像素补偿驱动电路进行研究。首先对通用型的 2T1C 驱动电路进行分析, 找出引起显示器亮度不均匀和不稳定的原因, 然后以目前使用较多的 4T1C 像素补偿驱动电路为例, 对该电路进行了深入的分析, 指出这种电路结构的缺陷, 最后针对这些缺陷, 提出了改进的 5T1C 像素补偿驱动电路, 并且对该电路进行了仿真, 验证了其可行性。仿真结果表明, 在显示阶段, 输出电流稳定在  $2\ \mu\text{A}$ 。基本可以改善 OLED 显示器亮度不稳定和不均匀的缺点。

**关键词:** 有机发光二极管; 有源矩阵; 像素补偿

**中图分类号:** TN27      **文献标识码:** A      **doi:** 10.3788/YJYXS20142905.0728

## A novel OLED pixel compensation driving circuit

YAN Li-min\*, LONG Yun-teng, GUO Li-yuan

(Microelectronic Research & Development Center, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

**Abstract:** With the time of using organic light emitting diode (OLED) monitor increasing, the OLED pixel driving circuits bring about shift of threshold voltage and power voltage, which will result in unstable and uneven brightness of the monitor. This paper studies the OLED pixel compensation driving circuit in order to prevent the phenomenon above. Firstly, this paper analyzes the universal driving circuit of 2T1C and finds the cause of uneven and unstable brightness monitor. Then, this paper thoroughly analyzes the pixel driving circuit of 4T1C, which is popular in the market, and points out the defects of the circuit structure. Finally, this paper introduces a new structure of 5T1C pixel driving circuit, which has verified its feasibility by simulation to make up for these defects. The simulation results indicate that the output current is stable around  $2\ \mu\text{A}$  in the display stage. It can improve the uneven and unstable brightness defects of the OLED display.

**Key words:** organic light emitting diode; active matrix; pixel compensation

## 1 引言

近年来,人们对平板显示装置的需求越来越大,例如 LCD、PDP、OLED 等显示器已得到广泛

的应用。与其它显示器相比, OLED 显示装置因为具有自发光、全彩色显示、宽视角、高亮度、高对比度、低功耗等优势而有着广阔的市场<sup>[1-2]</sup>。

OLED 显示装置的亮度是由流过 OLED 自身的电流决定的, 因此, 在 OLED 发光的过程中,

收稿日期: 2014-01-06; 修订日期: 2014-02-21.

基金项目: 新型显示技术及集成教育部重点实验室开放课题资助 (No. 201305)

\* 通信联系人, E-mail: yanlm@shu.edu.cn

为了保证 OLED 发光的均匀性,其像素驱动电路必须在整帧周期内为其提供持续稳定的驱动电流,这需要将电流的不均匀性控制在一定范围内。由于大部分的 IC 电路传输的是电压信号,而不是电流信号,所以 OLED 像素电路需要将电压信号转变为电流信号来驱动 OLED 发光<sup>[3]</sup>。

本文介绍了一种新型的 5T1C 结构的像素补偿驱动电路,该电路能够有效地改善显示器亮度不均等缺点。

## 2 通用的像素驱动电路

AMOLED 的通用型的像素驱动电路结构如图 1 所示<sup>[4-5]</sup>,该电路是 2T1C 结构,其中, $T_1$  为选址 TFT, $T_2$  为驱动 TFT, $C_s$  为存储电容。

该电路的工作原理为:当扫描信号 scan 为高电平时, $T_1$  导通, $V_{data}$  传递到驱动管  $T_2$  的栅极上,存储在电容  $C_s$  中,当扫描信号 scan 为低电平时, $T_1$  截止,由于存储电容  $C_s$  的存在, $V_{data}$  将保持在  $T_2$  的栅极,可以维持一个周期内 OLED 电流的稳定。

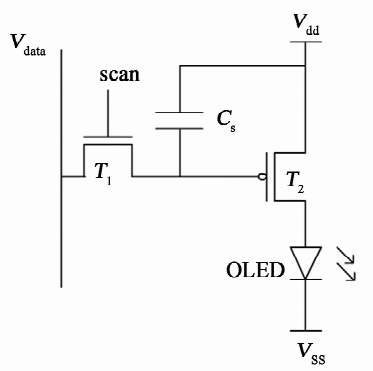


图 1 通用的像素驱动电路

Fig. 1 Common pixel driving circuit

这种电路结构可以实现将电压信号转变为电流信号而驱动 OLED 发光的目的。然而,这种电路较简单,会对驱动 TFT 的阈值电压、沟道迁移率、电源线上的 IR 压降等因素很敏感<sup>[6]</sup>,从而引起发光不均匀,严重影响显示效果。而这些问题可以通过对每一个像素增加补偿电路的方法来解决<sup>[7]</sup>,补偿电路的作用是对每一个像素中的驱动 TFT 的参数(包括阈值电压、沟道迁移率)进行补偿,使得输出的电流不会因这些参数的恶化以及

电源线上的 IR 压降而改变。目前,对 OLED 像素补偿驱动电路的研究已成为一大研究热点。

## 3 改进的像素驱动电路

在模拟驱动电路中,根据驱动方式的不同,OLED 像素补偿电路可分为电压补偿电路和电流补偿电路。电压补偿电路只能补偿驱动 TFT 的阈值电压和电源线上的 IR 压降引起的亮度不均匀,对于沟道迁移率引起的不均匀现象则无能为力。而电流补偿电路能够补偿各驱动 TFT 的阈值电压和沟道迁移率引起的亮度不均匀,还有电源线上的 IR 压降引起的亮度不均匀<sup>[8]</sup>。

已有的补偿电路有 3T1C、3T2C、4T1C、4T2C 等各种类型的电路。传统的 3T 类型的电路大多都有充电电流小而导致充电时间长或者对于电源线上的 IR 压降没有很好的补偿效果的缺点。目前,使用较多的补偿电路主要是 4T 结构的电路。

### 3.1 4T1C 型像素补偿电路

本文以韩国三星公司的一种电流型像素补偿电路为例<sup>[9]</sup>,介绍市场上应用较多的 4T1C 型的电流补偿驱动电路。其电路结构和时序图分别如图 2、图 3 所示。

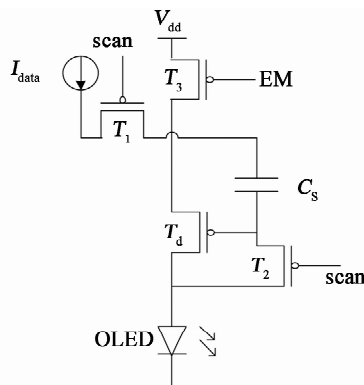


图 2 4T1C 像素补偿电路

Fig. 2 Pixel compensation driving circuit of 4T1C

其工作可分为 2 个时期:在  $s_1$  时期,scan 为低电平,EM 为高电平,此时, $T_1$  和  $T_2$  导通, $T_3$  截止,该阶段为数据写入阶段。数据信号  $I_{data}$  经过  $T_1$  对存储电容  $C_s$  充电。当存储电容  $C_s$  被充电至驱动管  $T_d$  的阈值电压  $V_{th}$  时,驱动管  $T_d$  开始导通,驱动管  $T_d$  的阈值电压被存储在电容  $C_s$  中,



$$V_{gs} = [V_{dd} - (V_{data} + |V_{th}|)] - V_{dd} = -V_{data} - |V_{th}|. \quad (2)$$

则流经驱动管的电流  $I_{ds}$  为:

$$I_{ds} = \frac{1}{2} \mu C_{ox} \frac{W}{L} (V_{gs} - V_{th})^2 = \frac{1}{2} \mu C_{ox} \frac{W}{L} (-V_{data} - |V_{th}| + |V_{th}|)^2 = \frac{1}{2} \mu C_{ox} \frac{W}{L} (V_{data})^2. \quad (3)$$

其中:  $\mu$  为载流子迁移率,  $C_{ox}$  为栅氧化层电容,  $W/L$  为驱动管  $T_d$  的沟道宽长比。由式(3)可以看出, 输出电流  $I_{ds}$  只受到器件本身的尺寸、迁移率、栅氧化层电容等自身因素的影响, 与驱动管的阈值电压及电源电压的变化无关, 因此, 达到了补偿阈值电压漂移和电源电压不稳定的目的。而且, 在该电路中, 由于是由电源电压为电容充电, 可以极大地缩短充电时间。

## 4 仿真结果

为验证该电路的功能, 本文使用 Cadence 公司的 Spectre 电路仿真软件, 采用 Chart 的 0.35  $\mu\text{m}$  18 V 2P4M 工艺对该电路进行了仿真。其中, OLED 模型根据实验数据利用 Verilog-A 编写<sup>[12]</sup>, 得到的输出电流仿真波形图和温度对输出电流影响的仿真图分别如图 6、图 7 所示。

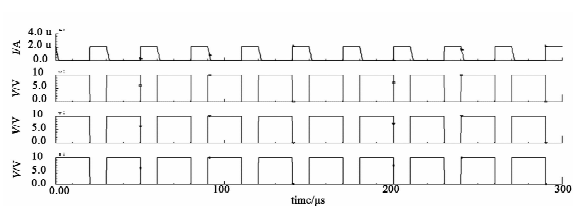


图 6 输出电流仿真结果

Fig. 6 Simulation results of output currents

在图 6 中, 从上向下 4 个波形分别对应着输出电流  $I_{ds}$ 、扫描信号 scan、控制信号 EM 和数据信号  $V_{data}$ 。由仿真结果可知, 在显示阶段, 输出电流  $I_{ds}$  稳定在 2  $\mu\text{A}$ , 可以驱动 OLED 稳定发光。

在图 7 中, 从上到下 4 个波形分别对应着驱动管漏端电压、栅端电压、源端电压和输出电流。由仿真结果可知, 在从  $-50 \sim 150^\circ\text{C}$ , 输出电流的变化范围是 2.127  $\mu\text{A} \sim 2.094 \mu\text{A}$ , 变化率为 1.5%, 基本可以保证输出电流不受温度变化的影响。

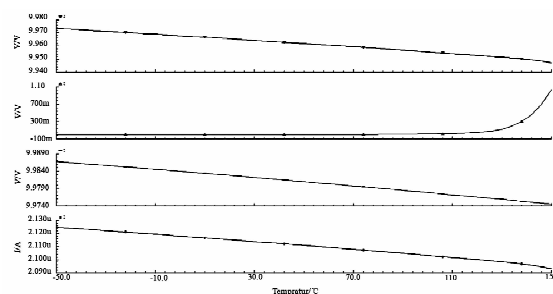


图 7 不同温度下的输出电流

Fig. 7 Output currents at different temperatures

## 5 结 论

随着 AMOLED 的应用越来越广泛, 对像素驱动电路的研究也成为了热点, 但仅有电压电流转换功能的电路会对驱动 TFT 的阈值电压、沟道迁移率、电源线上的 IR 压降等因素很敏感, 从而引起发光不均匀, 严重影响显示效果。本文介绍了一种新的 5T1C 结构的像素驱动电路, 根据仿真结果, 输出电流  $I_{ds}$  为 2  $\mu\text{A}$ , 通过补偿阈值电压漂移及电源电压的变化, 基本可以改善 OLED 显示器亮度不稳定和不均匀的缺点。

## 参 考 文 献:

- [1] 黄锡珉. 有源矩阵 OLED [J]. 液晶与显示, 2003, 18(3): 157-160.  
Huang X M. Active Matrix-OLED [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Display*, 2003, 18(3): 157-160. (in Chinese)
- [2] 周雷, 张立荣, 宋小锋, 等. 新型有源矩阵有机发光显示电流编程像素电路[J]. 发光学报, 2013, 28(3): 386-391.  
Zhou L, Zhang L R, Song X F, et al. New current-programmed active-matrix organic light-emitting diode pixel circuit [J]. *Chinese Journal of Luminescence*, 2013, 28(3): 386-391. (in Chinese)
- [3] 应根裕. AM-OLED 的像素电路集锦(一) [J]. 现代显示, 2011, 22(5): 11-21.

- Ying G Y. A collection of the pixel circuit used in AM-OLED display ( I ) [J]. *Advanced Display*, 2011, 22(5): 11-21. (in Chinese)
- [4] 司玉娟,李春星,刘式墉,等. 有源 OLED 两管 TFT 像素驱动电路的仿真研究[J]. 发光学报, 2002, 23(5): 518-522. Si Y J, Li C X, Liu S Y. Two-TFT pixel electrode circuit simulation research for active matrix OLED [J]. *Chinese Journal of Luminescence*, 2002, 23(5): 518-522. (in Chinese)
- [5] 程加力,司玉娟,李春星,等. 用液晶驱动芯片驱动有机发光显示屏的设计[J]. 发光学报, 2004, 25(5): 597-600. Cheng L J, Si Y J, Li C X, et al. Design of driving OLED by liquid crystal driving chip [J]. *Chinese Journal of Luminescence*, 2004, 25(5): 597-600. (in Chinese)
- [6] Lee J H, Kim J H, Han M K. A new a-Si:H TFT pixel circuit compensating the threshold voltage shift of a-Si:H TFT and OLED for active matrix OLED [J]. *IEEE Electron Device Lett.*, 2005, 26(12): 897-899.
- [7] Wu W J, Zhou L, Yao R H, et al. A new Voltage-Programmed pixel circuit for enhancing the uniformity of AMOLED displays [J]. *IEEE Electron Device Lett.*, 2011, 32(7): 931-933.
- [8] 周志敏, 纪爱华. OLED 驱动电源设计与应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2010. Zhou Z M, Ji A H. *Design and Application of OLED Driving Power* [M]. Beijing: Post & Telecommunication Press, 2010. (in Chinese)
- [9] SAMSUNG MOBILE DISPLAY CO., LTD. [YONGIN, KR]. organic light emitting display device: US, US7825881B2 [P]. 2010.
- [10] Servati P, Nathan A. Functional pixel circuits for elastic AMOLED displays [J]. *Proceedings of the IEEE*, 2005, 93(7): 1257-1264.
- [11] Sang Hoon Jung, Hong Koo Lee, Chang Yeon Kim. 15 in AMOLED display with SPC TFT and a symmetric driving method [C]. *SID*, 2008: 101-104.
- [12] 任春明. 基于 OLED-on-Silicon 微显示的像素矩阵的研究与设计[D]. 上海: 上海大学, 2011: 12-17. Ren C M. The research and design of pixel matrix based On OLED-on-Silicon micro-display [D]. Shanghai: Shanghai University, 2011: 12-17. (in Chinese)

**作者简介:** 严利民(1971—), 男, 江苏吴县人, 副教授, 从事平板显示驱动技术的研究。E-mail: yanlm@shu.edu.cn

龙云腾(1989—), 男, 山东威海人, 硕士研究生, 研究方向为新型显示驱动技术。

郭丽媛(1989—), 女, 山东泰安人, 硕士研究生, 研究方向为显示扫描技术。