

文章编号:1007-2780(2011)06-0808-05

10-bit TFT-LCD 源驱动电路的设计

高 原,魏廷存,李 博

(西北工业大学 计算机学院, 陕西 西安 710065, E-mail: gaoyuan@mail.nwpu.edu.cn)

摘 要: DAC 和驱动 Buffer 是 TFT-LCD 源驱动电路芯片中的重要模块,决定着芯片的主要性能。文章讨论了传统的 R-DAC 结构及其用于 10-bit TFT-LCD 源驱动电路时的弊端,详细阐述了新型 R-DAC+C-DAC 的原理以及设计方法,并采用 0.35 μm 5 V CMOS 工艺设计和实现了该电路。Hspice 仿真结果表明,所设计的 DAC 电路的 DNL 和 INL 分别小于 0.4 LSB 和 1.5 LSB,输出电压的建立时间小于 3.5 μs 。该新型结构 DAC 的面积约是传统结构面积的 1/8,且能够实现 10 亿色($2^{10} \times 2^{10} \times 2^{10}$)的全真彩显示。

关 键 词: TFT-LCD;源驱动芯片;DAC;全真彩显示

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20112606.0808

Design of 10-bit TFT-LCD Source Driver Circuit

GAO Yuan, WEI Ting-cun, LI Bo

(Computer College, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710065, China, E-mail: gaoyuan@mail.nwpu.edu.cn)

Abstract: DAC and drive Buffer is a key module of TFT-LCD source driver IC, which determines the main properties of the chip. Firstly, the drawbacks of traditional R-DAC structure used for 10-bit TFT-LCD source driver circuit was discussed, then the new R-DAC + C-DAC principles and design methods were described. The proposed DAC circuit was designed and realized using 0.35 μm 5 V CMOS process. The results of Hspice simulation show that the DNL and INL of DAC circuit are less than 0.4 LSB or 1.5 LSB, respectively, and the output voltage settling time is less than 3.5 μs . The chip area of new structure DAC is 1/8 of the traditional structure DAC, and can achieve the 10 billion colors ($2^{10} \times 2^{10} \times 2^{10}$) display.

Key words: TFT-LCD; source driver IC; DAC; true color display

1 引 言

薄膜晶体管液晶显示器(Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display, TFT-LCD)具有体积小、重量轻、驱动电压低、清晰度高和全彩色显示等优点,目前已成为平板显示的主流产品^[1-8]。随着 TFT-LCD 向大尺寸和高分辨率的方向发展,显示屏的画质和颜色数逐渐提高,要求 RGB 彩色显示数据的位数必须 10-bit 以上,才能实现全真彩显示。10-bit 以上的彩色数据显示对 TFT-LCD 源驱动电

路(Source driver)的设计提出了极大的挑战。在源驱动芯片中,如采用传统的电阻串分压的方法实现 DAC 和 γ -校正电路,将导致芯片面积急剧扩大,无法满足实际产品应用需求。为此,本文采取一种 R-DAC 和 C-DAC 相结合的方法,实现 10-bit TFT-LCD 源驱动电路中的 DAC,有效地减小了芯片的面积,并取得了良好的驱动性能。

2 传统驱动电路的 DAC 结构

TFT-LCD 源驱动电路的传统结构如图 1 所

收稿日期: 2011-06-12; 修订日期: 2011-09-05

作者简介: 高原(1983—),男,陕西榆林人,硕士研究生,主要从事数模混合集成电路设计以及平板显示驱动电路设计等。

示^[1],由移位寄存器依次选通各个像素点所对应的输入寄存器,并将 RGB 显示数据依次存入各个像素点所对应的输入寄存器中。当一整行的显示数据存储完毕后,锁存使能信号将数据锁存器打开,显示数据全部锁存到数据锁存器中。经过信号电平变换后,显示数据进入 DAC 电路进行数字-模拟变换,得到相应的模拟驱动电压,最后经驱动 Buffer 将该模拟驱动电压加载在显示屏(容性负载)上,驱动显示屏实现彩色显示。

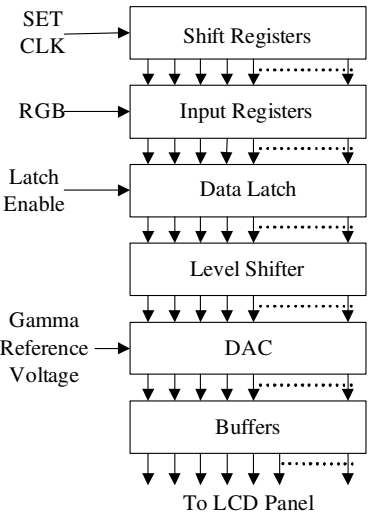


图 1 TFT-LCD 源驱动电路的传统结构
Fig. 1 Traditional structure of TFT-LCD source driving circuit

由于液晶分子不能在同一极性驱动电压下工作过久,液晶显示器采用交流驱动方式,即驱动电压的极性必须进行周期性翻转,分成正极性驱动和负极性驱动,10-bit 的驱动芯片实际上需要 11-bit 的 DAC。图 2 所示为采用传统电阻串分压方式的 10-bit DAC 正极性部分^[9],需要 1 024 个分压电阻,再加上 DAC 负极性部分,共需要 2 048 个

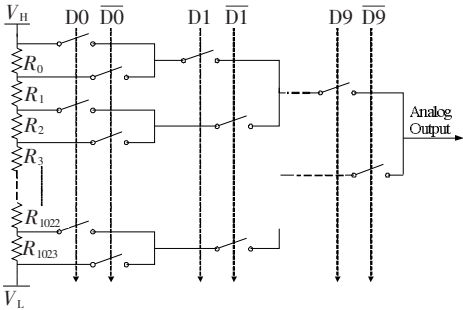


图 2 传统 DAC 电路的正极性部分
Fig. 2 Polarity part of traditional DAC circuit

电阻,这将占用源驱动芯片的大部分面积,功耗也相当大。为了减小芯片的面积,需开发新型 DAC 电路结构。

3 新型 10-bit DAC 的设计

3.1 DAC 的基本结构

图 3 所示为 R-DAC 和 C-DAC 相结合的新型 DAC 电路结构,将 10-bit DAC 分成 7-bit R-DAC 和 3-bit C-DAC 两部分^[10],其中 7-bit R-DAC 部分采用传统的电阻串分压的方法实现,3-bit C-DAC 部分采用电荷共享 DAC 的方法来实现,7-bit 属于高 7 位,3-bit 属于低 3 位。由于驱动电路分为正极性和负极性驱动,所以 DAC 和输出缓冲(Buffer)也被分为正极性和负极性,每一个通道由一个 7-bit R-DAC 和一个 3-bit C-DAC 以及输出 Buffer 组成。两个相邻的通道,一个为正极性驱动,另一个为负极性驱动,它们共同驱动一对相邻的 TFT-LCD 列数据线。根据极性选择信号,输出正、负极性的驱动电压可能在输出端实现交换。

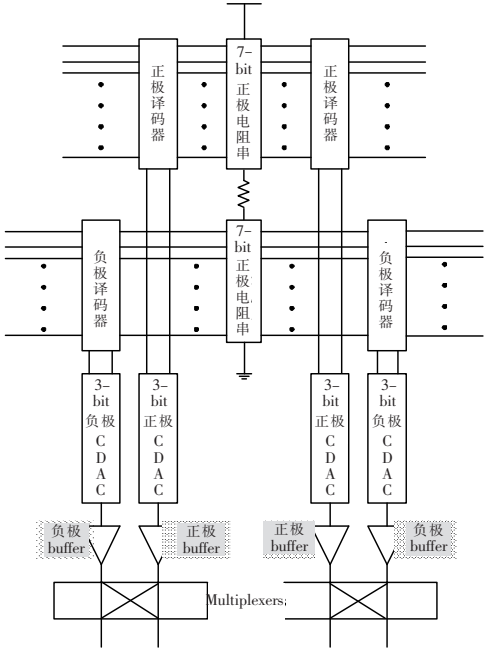


图 3 7-bit R-DAC+3-bit C-DAC 的基本结构
Fig. 3 Basic structure of 7-bit R-DAC + 3-bit C-DAC

3.2 DAC 的具体结构

将 10-bit DAC 分解成 7-bit R-DAC 和 3-bit C-DAC 两部分,由 7-bit R-DAC 可得到 128 对数据,而 3-bit C-DAC 将其中的一对数据再分成 8 段,这样就可得到 1 024 个数据,从而实现 10-bit

DAC。10-bit DAC 被分成 7-bit 粗变换和 3-bit 的精细变换,分别用电阻分压 DAC 和电荷共享 DAC 实现。因为 DAC 包括正极性和负极性,R-DAC 实际上需要 8-bit 的分压电阻串,如图 4 所

示。由于 R-DAC 的位数由传统结构的 11-bit 减小到 8-bit,所需分压电阻的个数减少为传统结构的 1/8,而 3-bit 的 C-DAC 所占的面积较小,很大程度上减小了芯片的面积。

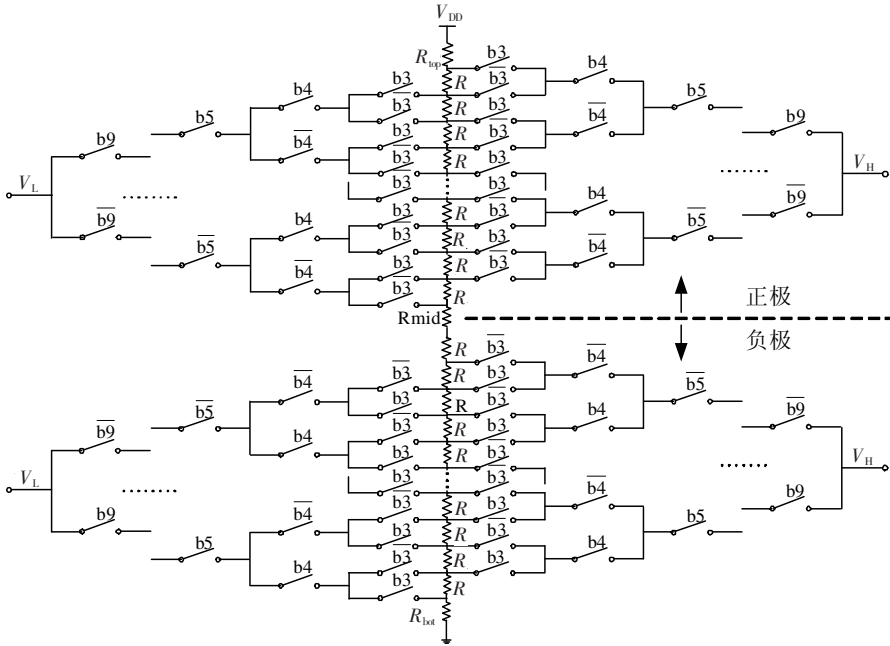


图 4 7-bit R-DAC 的结构
Fig. 4 Structure of 7-bit R-DAC

R-DAC 依据高 7-bit 数据($b_9 \sim b_3$)可译码输出两个相邻的模拟电压 V_H 和 V_L ,将它们传输给 C-DAC,C-DAC 依据低 3-bit 数据($b_0 \sim b_2$)从这两个相邻电压 V_H 和 V_L 之间译码输出其中一个模拟电压。图 5 所示是 3-bit C-DAC 电路,由 3 个二进制加权关系的电容($4C, 2C, C$)和一个单位电容(C)组成, Φ 是两相不交叠时钟控制信号。在充电周期($\Phi=1$),3 个二进制加权电容根据输入数据($b_0 \sim b_2$)连接 V_H 或 V_L ,在放电周期($\Phi=0$),所有的输入开关都打开,而输出开关闭合,电荷重新分配后转换成模拟输出电压 V_{out} 。根据电荷守恒原理,可求出输出电压 V_{out} 的表达式如下:

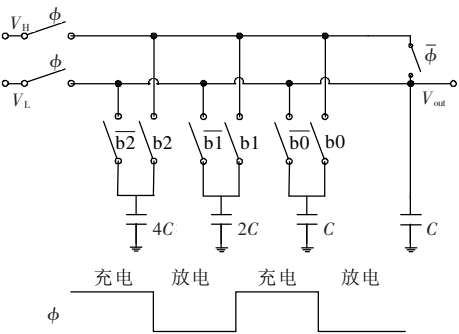


图 5 3-bit C-DAC 电路
Fig. 5 Circuit of 3-bit C-DAC

从公式(1)可以看出,3-bit 的 C-DAC 可以将 R-DAC 输出的两个相邻的模拟电压 V_H 和 V_L 分

成 8 段,并从中选出一个模拟电压到输出端。

3.3 输出缓冲电路

为了驱动具有大容量负载性质的 TFT-LCD,必须在 DAC 的输出端加入一个驱动缓冲电路(Buffer)^[2,9]。输出缓冲电路由运算放大器组成,分为正极性(NMOS 输入)和负极性(PMOS 输入)两种,如图 6 所示。为了仿真的需要,在驱动缓冲电路的输出端加入一个 5 kΩ 电阻和 90 pF 电容,以模拟 TFT-LCD 显示屏。

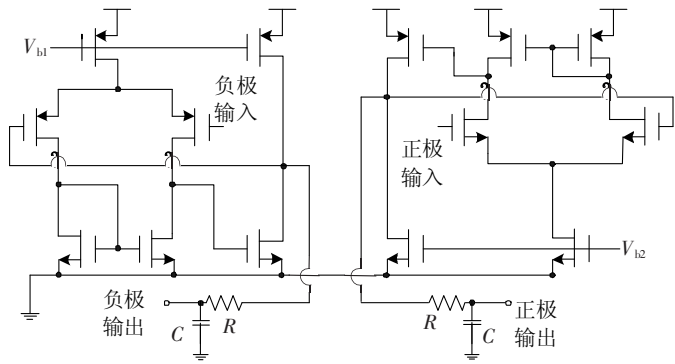


图 6 输出缓冲电路
Fig. 6 Circuit of output buffer

4 仿真结果

本文采用 0.35 μm 5 V CMOS 工艺完成了以上新型 DAC 电路和驱动缓冲电路的设计,并对电路进行了 Hspice 仿真。为了分析这种电路的优越性,在仿真时并没有通过非线性的 Gamma 电压对 10-bit 电阻串 DAC 进行强制电压校正。图 7 是 10-bit DAC 的输入-输出关系仿真结果(上半部为正极性输出,下半部为负极性输出),其中(a)是整体的输入-输出曲线,(b)是局部放大后的输入-输出曲线,由图 7 可知,所设计的 10-bit

DAC 可以实现正确的数字-模拟变换。图 8 和图 9 分别是正极性和负极性的 INL 和 DNL,从图中可以看出,INL 最大不超过 1.5 LSB,DNL 最大不超过 0.4 LSB,1LSB=2.084 mV。图 10 是当输出端加入 5 k Ω 电阻和 90 pF 电容负载时,输入数字信号“0000000000”和“1111111111”所对应的点翻转输出驱动电压波形,其中图 10(a)中的输入数字信号为“1111111111”,其正负输出电压分别是 4.862 5 V 和 0.167 4 V;图 10 (b) 中的输入数字信号为“0000000000”,其正负输出电压分别为 2.600 9 V 和 2.383 6 V,输出驱动电压的建立时间为 3.5 μs 。

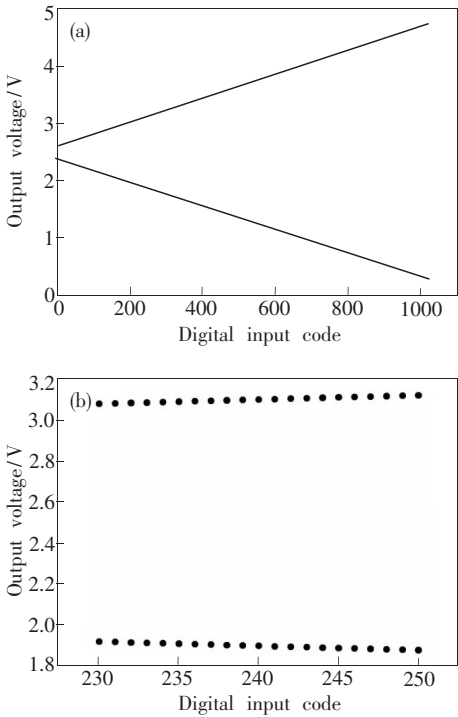


图 7 10-bit DAC 的输入-输出仿真结果
Fig. 7 Input-output simulation results of 10-bit DAC

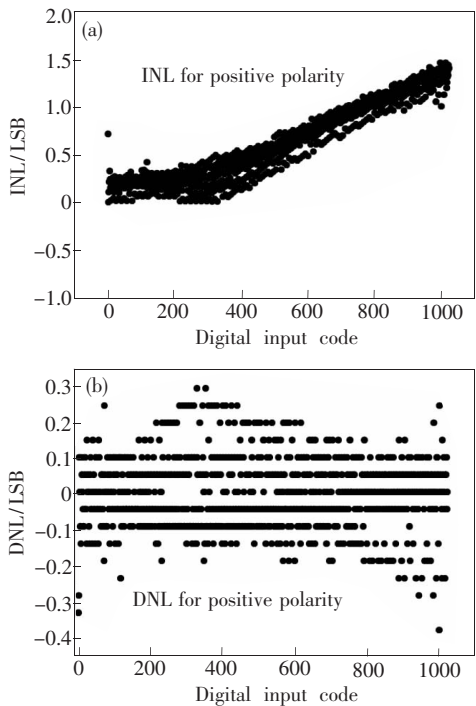


图 8 正极性的 INL 和 DNL
Fig. 8 INL and DNL of positive polarity

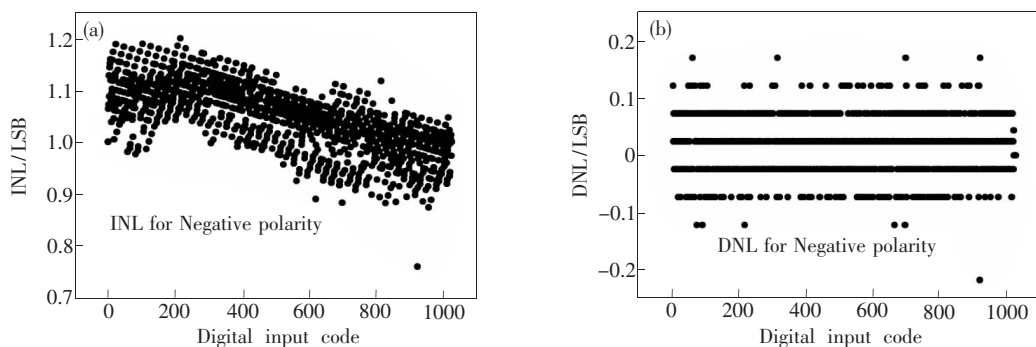


图 9 负极性的 INL 和 DNL

Fig. 9 INL and DNL of negative polarity

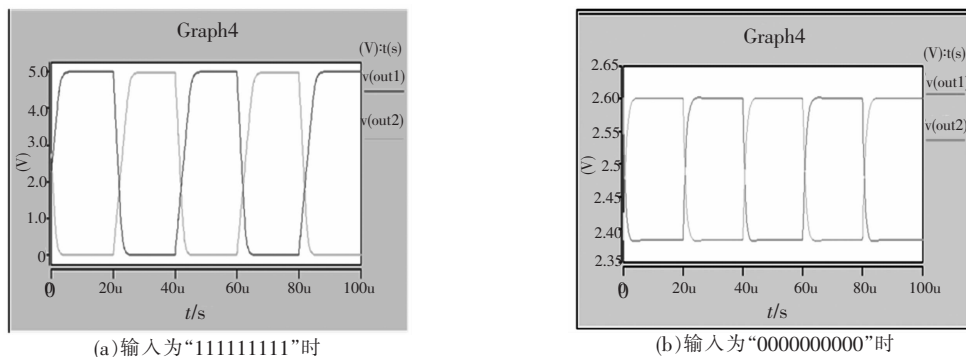


图 10 典型输出驱动电压波形

Fig. 10 Typical driving voltage waveform

5 结 论

分析了传统电阻分压式 DAC 结构在 10-bit TFT-LCD 应用时存在的问题,采用 R-DAC 和 C-DAC 相结合的方法,设计了新型 10-bit DAC 电路

以及驱动 Buffer 电路,并在 $0.35\text{ }\mu\text{m}$ 5 V CMOS 工艺参数下进行了 Hspice 仿真。仿真结果表明,这种新型驱动电路具有较高的变换精度和快速的驱动能力,同时可有效地减小芯片面积,完全可以满足 10-bit TFT-LCD 源驱动芯片的要求。

参 考 文 献:

- [1] 李丹. 大屏幕 TFT-LCD Source Driver 的研究与设计 [D]. 西安:西北工业大学,2007.
- [2] 史刘星,魏廷存,樊晓桢. 中小屏幕 TFT-LCD 源驱动器电路设计 [J]. 液晶与显示,2009,24(1):93-97.
- [3] 郭振华,魏廷存. 适用于小尺寸 TFT-LCD 的图像锐化算法及其硬件实现[J]. 液晶与显示,2009,24(5):756-761.
- [4] 仇岩,魏廷存,王佳,等. 一种基于控制 PTAT 电流的温度系数可调带隙基准源[J]. 液晶与显示,2010,25(1):105-109.
- [5] 曹虎,高敬贝,邓文华. 工业通用型 TFT-LCD 驱动器的设计与开发[J]. 液晶与显示,2010,25(3):434-438.
- [6] 谢永宜,刘诗斌,刘雨鑫. 高效自适应电荷泵研究与设计 [J]. 液晶与显示,2009,24(2):217-220.
- [7] 郑然,魏廷存,王佳,等. TFT-LCD 驱动芯片内置电荷泵频率及开关网络优化 [J]. 液晶与显示,2009,24(2):221-226.
- [8] 林志成,邵庆益,陈阿青. 用于 TFT-LCD 驱动电路的输出缓冲放大器 [J]. 液晶与显示,2009,24(3):409-414.
- [9] 魏廷存,陈莹梅,胡正飞. 模拟 CMOS 集成电路设计 [M]. 北京:清华大学出版社,2010:225-233.
- [10] Lu Chihwen, Huang Lungchien. A 10-bit LCD column driver with piecewise linear digital-to-analog converters [J]. IEEE J. Solid-State Circuits, 2008,43(2):371-378.