

一种低功耗高速的跟随器设计和实现*

张 静

(茂名学院 计算机与电子信息学院, 广东 茂名 525000)

摘要: 提出了一种应用于 CSTN-LCD 系统中低功耗、高转换速率的跟随器的实现方案。基于 GSMC±9V 的 0.18 μm CMOS 高压工艺 SPICE 模型的仿真结果表明, 在典型的转角下, 打开 2 个辅助模块时, 静态功耗约为 35 μA; 关掉辅助模块时, 主放大器的静态功耗为 24 μA。有外接 1 μF 的大电容时, 屏幕上的充放电时间为 10 μs; 没有外接 1 μF 的大电容时, 屏幕上的充放电时间为 13 μs。验证表明, 该跟随器能满足 CSTN-LCD 系统低功耗、高转换速率性能要求。

关键词: CSTN-LCD; 跟随器; 低功耗; 高速

中图分类号: TN873

文献标识码: B

Design and implementation of a low-power and high slew-rate follower

ZHANG Jing

(Computer and Electronic Information College, Maoming College, Maoming 525000, China)

Abstract: In this paper, an implementation of low-power and high slew-rate follower for color super twisted nematic liquid crystal display applications is presented. Simulation based on GSMC±9V 0.18 μm CMOS high-voltage process SPICE models shows that in typical corner, the static power is 35 μA with two auxiliary modules, the static power of main-operator is 24 μA without two auxiliary modules. Moreover, the time of charge and discharge in the screen capacitor is 10 μs with 1 μF extended capacitor and the time is 13 μs without 1 μF extended capacitor. Tape-out verification indicates the follower meets the CSTN-LCD performance requirements of low-power and high slew-rate.

Key words: CSTN-LCD; follower; low-power; high slew-rate

20 世纪 70 年代初, 世界上出现第 1 台液晶显示设备, 被称为扭曲线列 TN-LCD 液晶显示器, 80 年代末 90 年代初, LCD 工业开始了高速发展。

超扭曲线列 STN(Super Twisted Nematic)在显示效果上虽不如 TFT 等有源矩阵的 LCD, 但大多数应用场合对 LCD 的显示效果要求并不高, 且 STN 结构简单、价格低廉、低功耗这些方面比薄膜晶体管 TFT(Thin Film Transistor)有着显著优势。故其在手机、计算器、mp3、mp4 等便携式消费类电子产品中占有相当重要的市场。

跟随器是 CSTN(Color Super Twisted Nematic)驱动芯片研究的难点之一, 其性能与改善串扰、提高显示质量息息相关。通用消费类的 CSTN 驱动芯片对跟随器设计和实现提出的关键要求是: 低功耗和较高的转换速率。这两个相互制约的要求也是跟随器未来的研究发展方向

之一。本跟随器在满足系统低功耗要求的情况下, 通过采用辅助充放电模块方案实现较高的转换速率, 使其进一步增强 CSTN 驱动芯片的市场竞争力。

1 跟随器的设计和分析

在 CSTN-LCD 驱动芯片中, 跟随器是为屏幕上未选中行提供电压。在显示时, 屏幕相当于一个大电容, 列信号会随着内容不同而不断跳变, 跟随器需保证未选中的行电压不会随着列信号的跳变而变化。故跟随器充放电能力的好坏与显示效果有着直接的影响。

LCD 默认设置的帧频率为 75 Hz, 则 1 行的选中时间为 82 μs。本款 CSTN-LCD 芯片采用 4PWM+2FRC 的混合调制方式, 对应于一级灰度的脉冲宽度为 1.3 μs, 故系统要求跟随器的充放电的时间为 15 μs(包括最差的情况), 并要求充放电能力相当, 上升下降波形对称。

1.1 主放大器的拓扑结构

跟随器的电路图如图 1 所示。

* 基金项目: 2008 年广东省经贸委创新项目(2008778113)

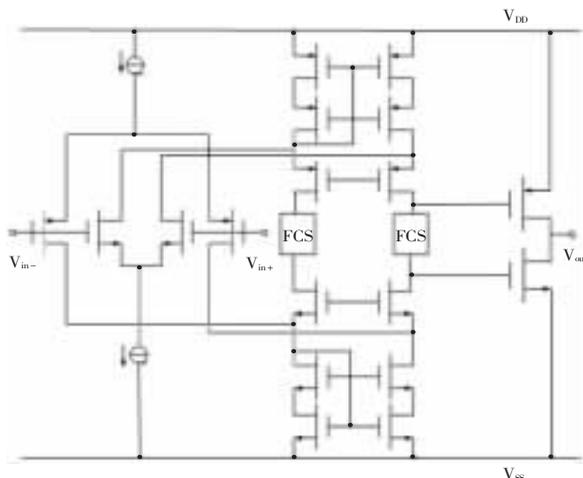


图1 跟随器的电路结构图

运算放大器采用全摆幅的折叠共源共栅输入级,即混合使用NMOS和PMOS差分对^[1]。折叠共源共栅的输入级有以下优点:较大的输出电压摆幅、输入和输出能直接短接、输入共模电平更容易选取等。

跟随器采用AB类放大器作为输出级。AB类放大器的效率介于A类和B类放大器之间,取决于静态偏置电流的大小,但AB类放大器的传输曲线比B类放大器具有更好的线性^[2]。运算放大器中采用浮栅电流源给A-B类输出级的管子提供偏置,使A-B类输出管的电路结构更紧凑,可进一步优化芯片面积。

共源共栅补偿是把补偿电容移至共源共栅器件的源极和输出结点之间。这既能有效地减少补偿电容的大小,又能切断补偿电容的前馈通路,提升运放的电源抑制能力。

1.2 转换速率的优化

当输入为大幅度的阶跃激励时,运算放大器典型的瞬态响应曲线如图2所示。

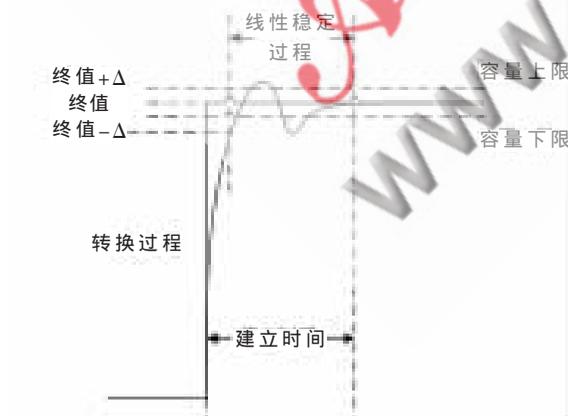


图2 运算放大器的转换特性

输出信号包括2个阶段:转换过程和线性稳定过程。转换(slewing)是运放的大信号特性,用性能参数即转换速率(slewing rate)来评估,通常都是由对负载电容充放电的电流确定。一般而言,转换速率不受输出级限制,

而是由第1级的源/漏电流容量决定。线性稳定时间是运放的小信号特性,即是输入小信号激励时,输出达到稳定值(在预定的容差范围内)所需的时间。理论上,用性能参数即建立时间定义,可以完全由小信号等效电路的极、零点位置确定。

可以显著地提高转换速率的方法就是增加辅助模块^[3]。辅助充放电的运放与主放大的运放结构相近,只是输入差分不对称,且辅助充电运放只有充电管,辅助放电运放只有放电管^[4]。这2个模块能灵敏地检测到2个输入信号(即是跟随器的输入和输出信号)之间的差异,如果两者相差较大,就会相应地打开辅助充放电运放。调节2个辅助运放的输入差分对,就可以调整辅助运放的灵敏度。此外,跟随器的输出端外接(在芯片外部)1 μF大电容,可以起到非常好的稳压作用。

2 跟随器的仿真和实现

在基于GSMC±9. V的0.18 μm CMOS高压工艺SPICE模型进行了模拟仿真和流片验证,仿真和测试结果都表明,本设计可以满足系统要求。

2.1 功耗分析

该跟随器供电电源为2.8 V,系统要求跟随器的静态功耗不超过40 μA。在典型的转角下,跟随器的功耗分析如表1所示。

表1 跟随器的静态功耗

	有2个辅助运放	关闭2个辅助运放 (仅打开主放大器)
静态功耗/μA	35	24

在屏幕负载电容(约20 nF)的另一端加上模拟的列信号,跟随器的充放电情况如图3所示。

辅助放电运放的电流峰值为5.7 mA,主运放的放电电流峰值为1.9 mA。辅助充电的电流峰值为3.7 mA,主运放的充电电流峰值为1.5 mA。可见辅助运放的充放电电流较大,能使充放电时间明显改善。测试与仿真表明,采用充放电模块后,像素电容上的充放电时间可缩短5~6 μs。

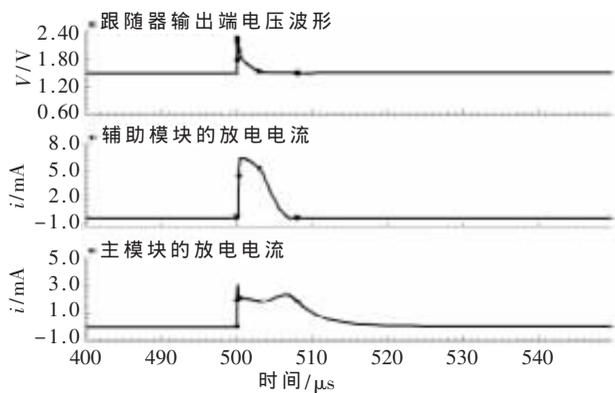
2.2 瞬态分析

下面分析2种不同负载电容情况下,跟随器的瞬态响应情况。系统要求跟随器的充放电能力相对称,在屏幕上的充放电小于15 μs。

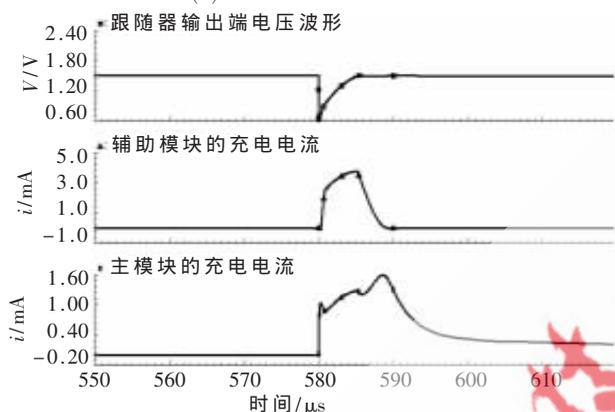
(1)外接片外1 μF大电容时,屏幕电容上的瞬态响应波形如图4所示,屏幕上的充放电时间为10 μs。由于外接电容与屏幕电容进行电荷分享,故外接电容对屏幕电容的充放电有改善作用。

(2)去掉片外1 μF电容时,屏幕电容上的充放电时间为13 μs,瞬态响应波形如图5所示。因此,本设计利用芯片内有限的面积,在输出端尽可能增加稳压电容。

由上可见,该高速跟随器在2种不同负载电容的



(a) 跟随器放电电流波形



(b) 跟随器充电电流波形

图3 跟随器充放电

情况下均能满足系统要求。在实际应用中,可考虑去掉 $1\ \mu\text{F}$ 的片外电容,从而节省芯片成本和 FPC 面积。本设计中,CSTN-LCD 系统要求跟随器面积为 $600\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m}$ 。

低功耗、高速跟随器的设计一直是制约 LCD 驱动芯片中的瓶颈。本文通过采用辅助充放电运放的方案,设计出一种低功耗、高速的跟随器,也有利于进一步优化芯片面积与成本,因此具有广阔的应用前景。

参考文献

[1] 毕查德.拉扎维.模拟 CMOS 集成电路设计[M].陈绍贵,程军,张瑞智,等译.西安:西安交通大学出版社,2002.
[2] ALLEN P E.CMOS 模拟集成电路设计[M].北京:电子

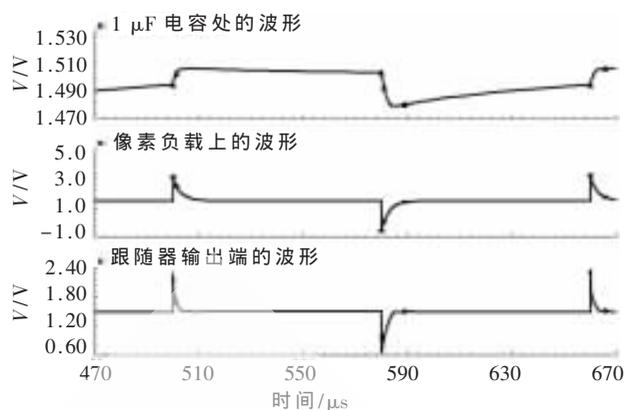


图4 外接 $1\ \mu\text{F}$ 电容时屏幕电容的瞬态响应波形



图5 没有 $1\ \mu\text{F}$ 电容时屏幕电容的瞬态响应波形

工业出版社,2005.

[3] 蒋研飞.应用于 CSTN 液晶显示的缓冲放大器的设计与研究[D].北京:北京大学,2006.
[4] HOGERVORST R, TERO J, ESCHAUZIER R G H, et al. A compact power efficient 3V CMOS rail-to-rail input/output operational amplifier for VLSI cell libraries [J]. IEEE of Solid-State Circuits, 1994,29(12):1505-1513.

(收稿日期:2009-09-11)

作者简介:

张静,女,1983年生,助教,硕士,主要的研究方向:信号与信息处理,通信信号处理及其 ASIC 设计。