

文章编号:1007-2780(2010)02-0220-05

一种用于 LCD 驱动的低功耗输出缓冲放大器

林志成,邵庆益*,陈阿青

(华南师范大学 物理与电信工程学院; 广东省高等学校量子信息技术重点实验室,
广东 广州 510006, E-mail: underson2003@yahoo. com. cn)

摘 要: 在 AB 类输出级的基础上,结合正反馈辅助的 B 类输出级,提出了一种用于 LCD 驱动电路的大输出摆率、低功耗的输出缓冲放大器。在 0.15 μm 高压 CMOS 工艺模型下,该放大器能够驱动 0~20 nF 范围的容性负载,静态电流为 7 μA ,1%精度建立时间小于 6 μs ,满足了 LCD 驱动电路行建立时间的要求;通过采用共源共栅频率补偿结合输出零点补偿技术,较好地满足了大动态范围容性负载的要求。

关 键 词: CMOS; LCD 驱动; 缓冲放大器; 低功耗; AB 类输出级; B 类输出级

中图分类号: TN27 **文献标识码:** A

Low-Power Buffer Amplifier for LCD Driver

LIN Zhi-cheng, SHAO Qing-yi, CHEN A-qing

(Laboratory of Quantum Information Technology, School of Physics and Telecommunication Engineering,
South China Normal University, Guangzhou 510006, China, E-mail: underson2003@yahoo. com. cn)

Abstract: A high driving capability CMOS buffer amplifier with high slew-rate, low power consumption is proposed. Low power and high driving capability are achieved by using a Class AB push-pull stage and two Class B auxiliary stages with positive feedback. The design buffer amplifier draws 7 μA static current and the setting time to 1% precision is less than 6 μs under a 0~20 nF capacitance load with a 0.15 μm CMOS model, which satisfies the setting time requirement of LCD driving circuit; By using cascoded frequency compensation combined with zero formed with the capacitive loads, large dynamic range of capacitive loads is satisfied.

Key words: CMOS; LCD driver; buffer amplifier; low-power; class AB output stage; class B output stage

1 引 言

LCD 驱动芯片的输出缓冲放大器直接驱动屏上的液晶电容,其性能的好坏直接影响显示画面的质量。随着显示屏尺寸的增大、显示质量要求的提高以及产品便携性的需要,此类缓冲放大器不仅要有较短的建立时间和较高的增益,同时

还要具备低功耗的特性。目前,现有的几类缓冲放大器都还存在一定的不足。C. W. Lu 等人^[1]提出的 AB 类缓冲放大器,其 150 μW 的静态功耗相对较大;C. W. Lu 等^[2]提出的 Rail-to-Rail B 类缓冲放大器,不能同时提供 AB 类的输出;魏延存^[3]、Young-Suk Son^[4]等人提出的缓冲电路,不能同时提供灌电流和拉电流的能力。

收稿日期:2009-08-10; 修订日期:2009-09-01

基金项目:福建省自然科学基金资助项目(No. A0220001)

作者简介:林志成(1982—),男,广东惠州人,硕士研究生,从事 LCD 驱动中的模拟和数字集成电路设计。

* 通讯联系人, E-mail: qyshao@163. com

在降低静态功耗的前提下,采用 B 类的辅助输出级是提高放大器转换速率的一个重要途径。本文在已有的 AB 类缓冲放大器的基础上,采用正反馈辅助的 B 类输出级,提出并设计了一种低功耗的输出级缓冲电路,用于 LCD 驱动芯片的设计。

2 低功耗、高输出驱动能力的缓冲放大器

本小节首先详细分析了本文设计缓冲器采用的频率补偿方法,然后给出了电路框图、电路图并分析了其工作原理。

2.1 共源共栅和零点补偿

LCD 输出缓冲电路由于其负载动态范围较大,简单的米勒补偿通常不能满足要求。Tetsuro Itakura^[5],史刘星^[6]等人通过在输出负载电容上串联一个电阻产生 LHP 的零点补偿非主极点实现频率补偿,然而缓冲器在空载时,LHP 零点将不存在,此时缓冲器会产生稳定性问题,文献^[5]通过设计一个额外的空载检测电路来关断空载的缓冲器;文献^[7]通过采用共源共栅的频率补偿结合阻尼因子控制技术来控制大负载下缓冲器的“增益尖峰”问题,然而该电路会大大增加电路设计的复杂度、功耗、面积。与普通 Miller 补偿相比,共源共栅 Miller 补偿提高了单位增益带宽^[8],因此本文采用共源共栅频率补偿结合输出零点补偿技术^[9,10]来解决运放的稳定性问题。

图 1 给出了本文运放的小信号等效电路图及其等效负载。其中 g_{m1} 和 g_{m2} 分别为第一级和第二级的跨导, R_1 和 R_2 分别为第一级和第二级的输出电阻, C_c 为米勒补偿电容, R_L 和 C_L 分别为提供零点补偿的电阻和单通道的负载电容, S_N 为该缓冲器所要驱动的通道数^[5]。

假设 $C_1, C_2 < C_c < C_L S_N; R_1, R_2 > R_L$ 及 $\frac{g_{m2} R_L}{S_N} \ll 1$,

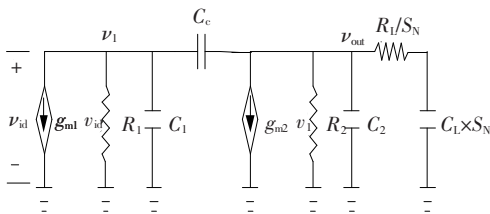


图 1 本文运放的小信号等效电路图

Fig. 1 Equivalent circuit of the proposed two-stage buffer amplifier

忽略高阶零极点,可求得开环传输函数:

$$A_o(s) = \frac{v_{out}(s)}{v_{id}(s)} = A_{dc} \frac{1 + \frac{s}{\omega_z}}{\left(1 + \frac{s}{\omega_{p1}}\right)\left(1 + \frac{s}{\omega_{p2}}\right)}$$

其中: $A_{dc} = g_{m1} R_1 g_{m2} R_2$ (1)

$$\omega_z = \frac{1}{C_L R_L} \quad (2)$$

$$\omega_{p1} \cong \frac{1}{C_C g_{m2} R_2 R_1 + S_N C_L R_2} \quad (3)$$

$$\omega_{p2} \cong \frac{S_N C_L + C_C g_{m2} R_1}{S_N C_C C_L R_1} \quad (4)$$

从式(2)可以看到,零点 ω_z 不随通道数 S_N 改变,但是当 $S_N = 0$ 时,补偿零点 ω_z 不存在,此时电路相当于普通两级米勒补偿。主极点 ω_{p1} 的分母由 $C_C g_{m2} R_2 R_1$ 和 $S_N C_L R_2$ 两项组成,当 C_L 为零时, ω_{p1} 即为普通的米勒补偿。非主极点 ω_{p2} 由 $\frac{1}{C_C R_1}$ 和 $\frac{g_{m2}}{S_N C_L}$ 两项组成,当 $S_N C_L \gg C_C g_{m2} R_2$ 时, $\omega_{p2} \cong \frac{1}{C_C R_1}$,此时 ω_{p2} 与负载电容 $S_N C_L$ 无关; $\omega_{p1} \cong \frac{1}{S_N C_L R_2}$,随着 S_N 的增大而减小,此时相位裕度增

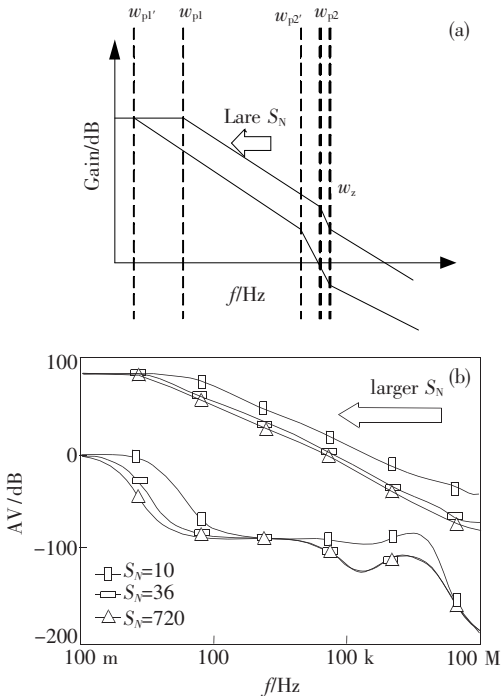


图 2 (a)重载和轻载的开环频率响应示意图;(b) $S_N = 10, S_N = 360$ 和 $S_N = 720$ 的频率响应仿真图。

Fig. 2 (a)Open-loop frequency characteristic with a large load and a small load; (b) Simulated frequency characteristics when $S_N = 10, S_N = 360$ and $S_N = 720$.

瞬态灌电流,最大为 8 mA。该电流可以通过调整 M_4 、 M_8 的 W/L 在面积和建立时间之间进行折中考虑。输出电压的建立时间在 1% 的跟随误差下为 5 μ s。从图 6 可以看到,没有反馈回路时的输出电压建立时间明显要大于有反馈的结构。

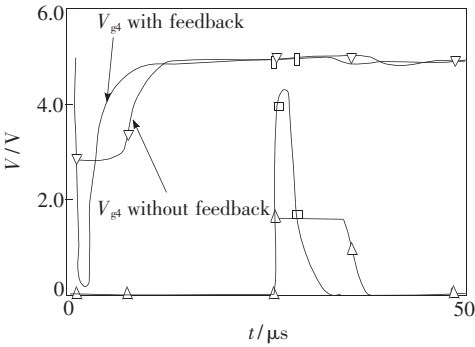


图 5 有无反馈时 V_{gs} 的电压波形

Fig. 5 Voltage waveform of V_{gs} with feedback and without feedback

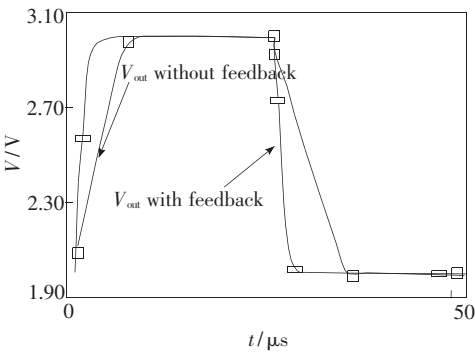


图 6 有无反馈时输出电压的波形

Fig. 6 Voltage waveform of V_{out} with feedback and without feedback

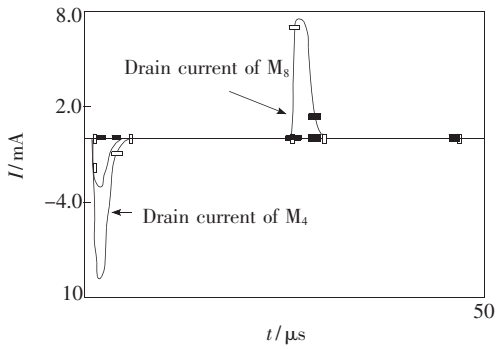


图 7 $S_N=300$ 和 $S_N=720$ 时 M_4 、 M_8 漏极的电流.

Fig. 7 Current through M_4 and M_8 when $S_N=300$ and $S_N=720$

图 7 是通道数 $S_N=300$ 和 $S_N=720$ 辅助管的电流大小。当 $S_N=300$ 时 M_4 的最大灌电流是 3.8 mA, 当 $S_N=720$ 时, M_4 的最大灌电流约为 9 mA。

4 结 论

提出并设计了一种结构简单、静态功耗低、能够驱动大电容负载的新型输出缓冲电路,通过两个正反馈辅助的 B 类输出级,实现了非常大的动态灌电流和拉电流的能力。与传统的辅助 B 类输出级相比,该运放电路设计简单、静态功耗小并节省了芯片面积。同时,本文的共源共栅和输出零点的补偿技术增大了非主极点,减小了负载电容的串联电阻,有效实现了大动态负载下的频率补偿。本文所设计的缓冲电路完全可以满足 LCD 驱动的应用需求,具有较高的应用价值。

参 考 文 献:

[1] Lu C W, Lee C L. A low power high speed class-AB buffer amplifier for flat panel display application [J]. *IEEE Trans. VLSI Syst.*, 2002,10(2):163-168.

[2] Lu C W. High-speed driving scheme and compact high-speed low power rail-to-rail class-B buffer amplifier for LCD applications [J]. *IEEE J. Solid-State Circuits*, 2004, 39(11):1938-1947.

[3] 魏延存,丁行波,高德远. 中小屏幕 TFT-LCD 驱动芯片的输出缓冲电路设计 [J]. *半导体学报*, 2006, 27(12): 2214-2219.

[4] Son Y S, Kim J H, Cho H H, *et al.* A column driver with low-power area-efficient push-pull buffer amplifiers for active matrix LCDs [J]. *IEEE Int. Solid-State Circuits Conf. Dig. Tech. Papers*, San Francisco, USA:IEEE, 2007:142-143.

[5] Itaku T, Minamizaki H, Satio T, *et al.* A 402-output TFT-LCD driver IC with power control based on the number of colors selected [J]. *IEEE J. Solid-State Circuits*, 2003,38(3):503-510.

[6] 史刘星,魏延存,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.

[7] 蒋延飞,林丰成,张兴. 一种用于 LCD 驱动的低功耗缓冲放大器 [J]. *微电子学与计算机*, 2007, 24(4):106-110.

