

文章编号: 1007-2780(2008)02-0219-05

基于电荷共享缓冲输出的 LCD 驱动电路设计

金硕巍¹, 王云峰², 郭东辉^{1,2,3*}

(1. 厦门大学 物理系, 福建 厦门 361005; 2. 厦门大学 电子工程系, 福建 厦门 361005;
3. 厦门睿智微电子有限公司, 福建 厦门 361005)

摘 要: 随着手持移动设备使用的增加, 液晶显示器驱动芯片的功耗问题越来越受到人们的关注, 如何减少芯片功耗已经成为设计的重点。设计一款适用于小尺寸液晶显示器的驱动芯片, 采用 rail-to-rail 缓冲放大器和电荷共享技术的列驱动缓冲输出电路。设计中采用 rail-to-rail 缓冲放大器适应驱动电路的电压极性特点, 可以很好地减少静态功耗; 并且充分利用了点反转驱动方法相邻行和列电压极性均不相同的特点, 采用了一种新的电荷共享技术, 使其相邻的行和列相互充电, 使动态功耗在理论上减少到原来的 25%。

关 键 词: LCD 驱动电路; CMOS 集成电路; 缓冲输出
中图分类号: TN27; TN43 **文献标识码:** A

1 引 言

功耗是移动设备能否被广泛应用的主要因素, 而显示设备的功耗是移动设备系统整体功耗的重要组成部分。目前, 液晶显示器 (Liquid Crystal Display, LCD) 被广泛地应用在移动设备中^[1], 随着应用进一步扩展, 市场份额也会逐渐增加^[2]。

对于一个有源阵列 LCD 来说, 需要以高电压来驱动数千条数据线上的大电容, 从而消耗巨大的能量。在保持图像质量的基础上, 列驱动输出电路必需具备高驱动速度、高分辨率、大输出摆率和低功耗的特点, 是目前列驱动电路设计的研究热点, 其设计的方法不断被提出。Ker 等^[3]提出一种甲乙类列输出电路, 依靠增加比较器来增加驱动能力; Pany-cheng Yu 等^[4]提出一种乙类放大器, 采用负反馈来减少输出阶段的静态功耗。Kwangho Yoon^[5]提出一种多级电荷共享技术, 针对点反转驱动方法的特点, 采用增加外加大电容的方法使同行之间液晶像元间相互充电, 从而减少动态电流的消耗, 其理论上最多只能够节约能量 62.5%。本文设计了一种 RTR (rail-to-rail) 列输出驱动电路, 该电路充分利用了 PMOS 和

NMOS 的特点, 适用于输入电压极性不断变换的 LCD 驱动电路; 采用的电荷共享技术不仅利用了同行之间的液晶像元相互充电, 而且利用了相邻行的像元相互充电, 达到了较好的降低功耗的目的。

2 LCD 驱动电路的基本原理

典型的通用 LCD 驱动电路结构如图 1 所示, 主要由移位寄存器、数据寄存器、锁存器、数模转换电路 (DAC)、列输出缓冲电路和行扫描控制电路等部分组成。其中, 移位寄存器由 SHTL 和 SHTR 控制移位寄存器向左移位和向右移位; RGB 代表红、绿、蓝三色灰度数据的数字输入信号; Latch Enable 为数据寄存器的使能信号; V_{ref} 为从外部读入的基准电压。输入寄存器每次读入一个像素点的数据; 然后在移位寄存器输出信号的控制下, 将 RGB 信号按顺序锁存到数据寄存器中, 这样在读入完成后, 数据寄存器中将会存储一整行即将显示的数据。整行的 RGB 数字信号通过 DAC 选择适当的模拟电压输出给列驱动输出电路。列输出缓冲电路通常由运算放大器组成, 行扫描电路由时序发生电路、信号发生电路和缓冲器组成。在行扫描电路的控制下, 列输出驱动

收稿日期: 2007-11-29; 修订日期: 2008-01-19

基金项目: 福建省自然科学基金计划资助项目 (No. A0410007); 福建省科技重点项目; 国家人事部留学人员创业基金资助项目

*通讯联系人, E-mail: dhguo@xmu.edu.cn

电路实现对 LCD 像元的显示驱动。

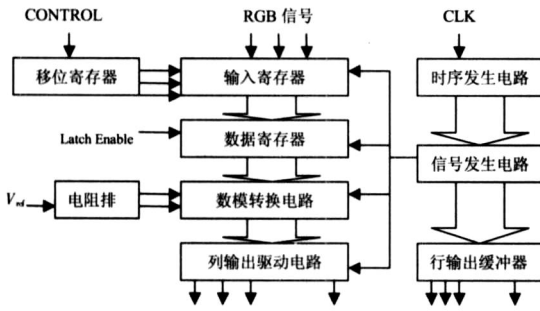


图 1 LCD 驱动电路结构框图

Fig. 1 Structure diagram of LCD driver circuit

在 LCD 驱动电路中数字控制电路部分如移位寄存器、数据寄存器等,一般功耗较小,其功耗占总电路功耗不到 10%^[6]。而驱动输出模拟电路部分的功耗大致可以分为:静态功耗和动态功耗两部分^[3]。其中,静态功耗主要取决于驱动电路的运算放大器及其直流偏置电路的设计;动态功耗主要是由 LCD 像素的充放电损耗决定的,总的动态功耗可以按式(1)计算^[7],即:

$$P_{dynamic} = V_{dd} N C_L V_{swing} \frac{F_{row}}{2} \quad (1)$$

式中, V_{dd} 表示电源电压, N 表示要驱动的列数, C_L 表示每列驱动电容的大小, V_{swing} 表示输出电压的平均摆动幅度即液晶像元原有电压和要达到的电压之间的差值, F_{row} 表示行扫描频率。其中 N 、 C_L 和 F_{row} 均由所要驱动的 LCD 器件性能参数决定,通常确定不变,只有 V_{swing} 与驱动电路的设计有关。因此,只要实现减小 V_{swing} 的驱动电路就可以减小动态功耗。

为了实现同时达到降低驱动输出电路的动态功耗和静态功耗,本文分别采用行列交互电荷共享电路和 RTR 结构运算放大器来设计新的 LCD 驱动输出电路。下面将分别介绍行列交互电荷共享电路和 RTR 结构运算放大器的设计。

2.1 行列交互电荷共享电路

电荷共享技术是一种有效减少动态能量消耗的方法,其基本原理都是在传统列驱动电路的基础上增加开关或电容^[8],利用点反转驱动方式的同一行相邻液晶像元所带电压极性不同特点,使液晶像元上的电荷在几乎不消耗能量的情况下相互中和,即减少式(1)中的 V_{swing} ,从而达到节能的目的。而本文采用的这种方法,充分利用了点反

转驱动方法中同一行相邻列之间和同一列相邻行之间电压极性均不相同的特点,不仅利用同行间的像元相互充电,而且利用同列相邻行之间相互充电,取得更好的节能效果。

LCD 平面结构如图 2 所示,假设 LCD 进行单色驱动,驱动的正电压为 V_H ,负电压为 V_L 。在前一场驱动结束之后,开关 S 断开。在第一行扫描信号到来后,开关 S_1 和 S_2 同时短暂闭合,这样第一行相邻的两列所储存的异性电荷互相中和得到平均电压 $(V_H + V_L)/2$ 。 S_1 和 S_2 断开后,第二行接到一个很短的脉冲信号,使第一和第二行上储存电容的电压同时加到其所在列的列电极上。也就是说由同一列第二行上的储存电容给第一行的储存电容进行充电,这样第一行的储存电容上的电压值就变为 $3V_H/4 + V_L/4$ 或者 $V_H/4 + 3V_L/4$ 。最后,在这个短脉冲结束之后,开关 S 闭合,选择 S_1 或 S_2 其中之一闭合,由驱动电路进行驱动得到所需电压,完成一次行扫描过程。以此类推,每一行均由其下一行补充电压,直至最后一行。

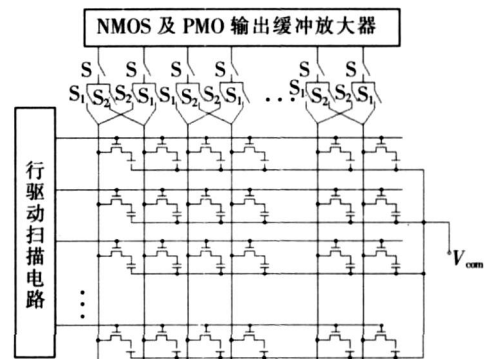


图 2 LCD 平面结构图

Fig. 2 LCD planar structure

在不考虑数字功耗和静态功耗的前提下,按照上述方法进行操作, V_{swing} 的大小为 $V_H/4 - V_L/4$,与传统方法的 $V_H - V_L$ 相比,只为原来的 1/4。代入式(1)可得式(2),可以推得采用这种方法可以节约 75% 的能量。

$$P_{dynamic} = V_{dd} N C_L \frac{1}{4} V_{swing} \frac{F_{row}}{2} \quad (2)$$

2.2 RTR 列输出驱动电路设计

列驱动输出电路一般都由运算放大电路构成。由于 LCD 自身特性,要求列驱动输出电路和

数模转换电路都同时工作在正负两种不同极性的电压下。因此,传统的列驱动电路每路列驱动输出需要两组 DAC 提供输入电压。由于相邻两列输出电压极性必然相反,因此采用基于 RTR 的列输出驱动电路^[9]可以由两个完整的差分输入放大器来驱动两根列线,而只需要两组 DAC。其结构如图 3 所示。

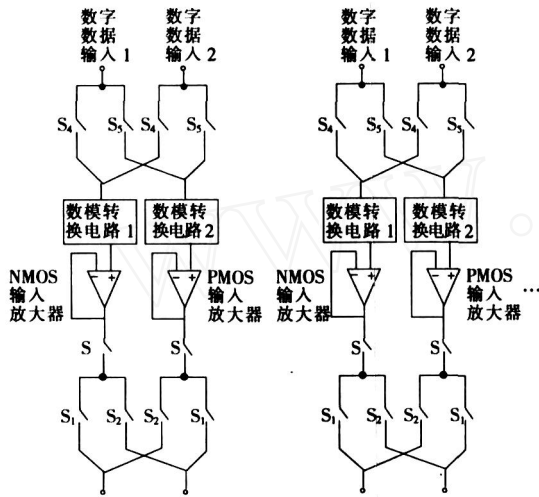


图 3 基于 RTR 列输出驱动电路
Fig. 3 RTR drive circuit output

图 3 中两个输出放大器分别提供不同极性的输出驱动电压。由于输入极为 NMOS 的输出放大器具有很好的充电能力,所以用作驱动像素电压由负到正的变换操作,其对应的 DAC 只输出正电压。而输入极为 PMOS 的输出放大器有很好的放电能力,所以用来操作像素电压由负到正的操作,对应的 DAC 只输出负电压。即当像元需要正电压驱动时,选择以 NMOS 作输入极的输出放大器来驱动;当需要负电压驱动时,则选择以 PMOS 作输入极的输出放大器驱动。

这种结构很好地利用了 MOS 管的特性,相比于其他列输出驱动电路减少了 MOS 管数量。由于 DAC 工作范围只有传统 DAC 的一半,所以与传统列驱动相比可以节约 1 bit 的数据量。

3 电路的具体实现

根据上面的分析,为适应电荷共享技术的需要,尽量减少需要的开关数量和 MOS 管数量,所设计的 NMOS 输出极放大器的结构如图 4 所示。驱动能力可以通过增大输出 MOS 管的宽长比来

实现,但是这样会增加静态电流从而使总功耗增加,所以增加了 N_1 和 P_1 来进行偏移量补偿, P_7 来进行辅助输出。设计 N_2 和 N_3 的宽长比相等,比 N_1 的宽长比大,而 P_1 、 P_2 和 P_3 的宽长比相等。

在输入电压不变时,输出电压和输入电压相等。由于宽长比的不同,可知 i_{N2} 和 i_{N3} 相等,而 i_{N1} 的电流会相对较小。由于 N_3 的电流被镜像到 P_1 ,所以 $i_{P1} > i_{N1}$,导致 P_1 工作在线性区,这样 P_7 的栅输入电压接近 V_{dd} ,所以 P_7 截止,在静态情况没有能量消耗。在输入电压开始变大时,在输入电压与输出电压之间存在电压差 V 。这时 N_1 和 N_2 的电流增加, N_3 的电流减少。当 V 足够大时,使得 $i_{N1} > i_{N3}$, P_1 进入饱和区, P_7 导通给输出极充电。 V 越大, P_7 的导通电流就越大,给输出极充电的速度就越快。输入与输出极电压差 V 减小时, i_{P7} 也随之减小,当 V 减小到一定时 P_7 截止,停止给输出极充电。

PMOS 输入极放大器的工作原理与 NMOS 相类似。整体设计的结构如图 5 所示。总的来说,输出缓冲放大器的设计结构简单,MOS 管的数量较少,静态功耗低,却能够提供所需要的驱动能力。

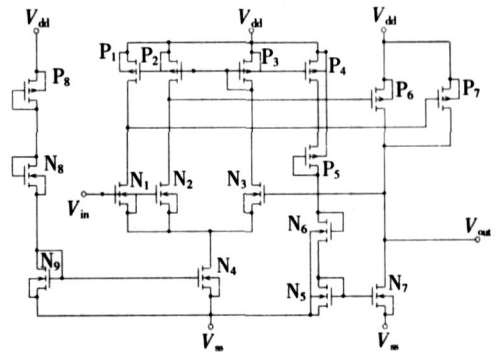


图 4 NMOS 输入极缓冲放大器结构
Fig. 4 NMOS buffer amplifier input structure

4 仿真与分析

本文所设计的输出缓冲电路采用 CSMC 提供的 $0.6 \mu\text{m}$ CMOS 工艺器件模型参数^[9]进行仿真。LCD 像元有很大的电阻和电容,一般的 LCD 像元的参考模型的电阻为 $3 \sim 8 \text{ k}$,电容为 $60 \sim 150 \text{ pF}$ ^[2],仿真时设定一个适当的电阻为 6 k ,电容为 120 pF ^[10]。图 6(a)中的两条曲线分别为

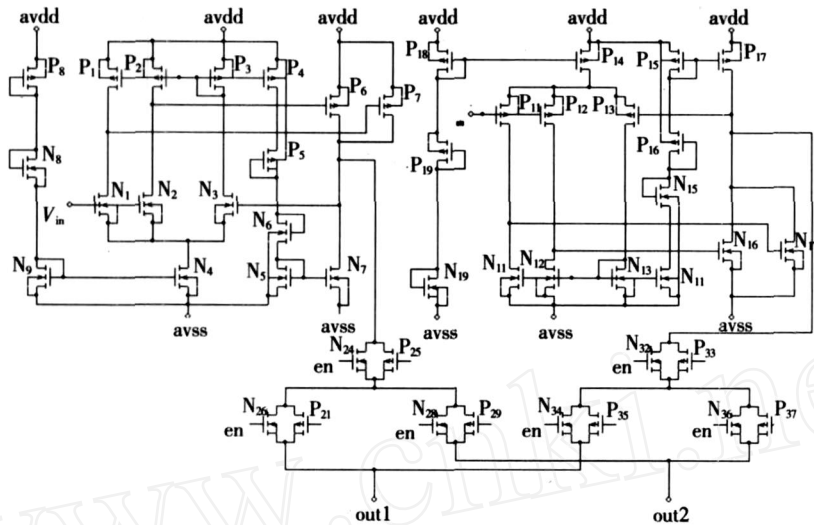


图 5 整体输出缓冲放大器

Fig. 5 Overall output buffer amplifier

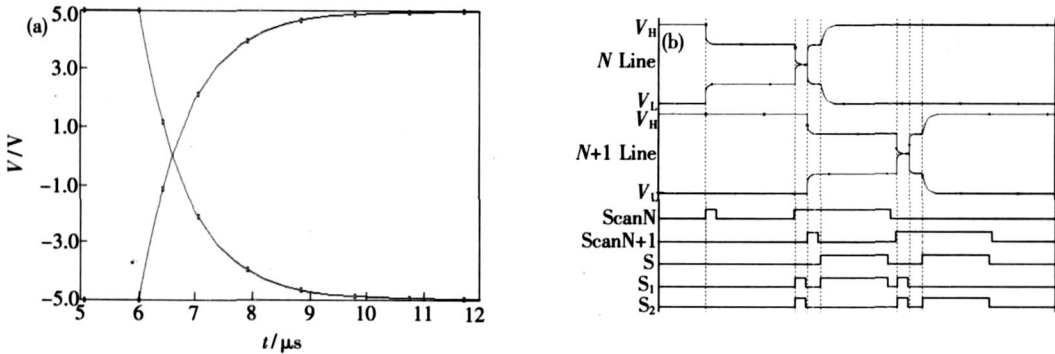


图 6 (a)方波驱动仿真波形;(b)电路整体仿真波形.

Fig. 6 (a)Square wave-driven simulation waveforms;(b)circuit simulation waveform overall.

PMOS 输入缓冲放大器输入端从 5 V 方波变化为 - 5 V 方波时的仿真波形和 NMOS 输入缓冲放大器输入端从 5 V 方波变化为 - 5V 方波时的仿真波形,仿真结果显示大约 5 μs 可以完成对电容的充电,可以满足行扫描时间在 21 ~ 30 μs 变化,输入 6 bit 数字信号对于输出电压精度的要求。

图 6 (b) 为采用电荷共享方法时的数字控制

信号的波形。其中,ScanN 和 ScanN + 1 分别为第 N 行和 N + 1 行的行扫描信号。在第 N 行扫描信号到来后,先使开关 S₁ 和 S₂ 同时闭合,这样第 N 行相邻的两列所储存的异性电荷互相中和得到平均电压 $(V_H + V_L) / 2 = 0$ 。S₁ 和 S₂ 断开后,第 N + 1 行接到一个很短的脉冲信号,使第 N 和第 N + 1 行上储存电容的电压同时加到其所在列的列电极上。由同一列第 N + 1 行上的储存电

表 1 各种低功耗技术对比

Table 1 Comparisons of low power techniques

	Charge- Recycling	Charge- Conservation	3 level-5phase Charge- Recycling	4-line without capacitor	Proposed method
Switches	$N/2$	N	$2N$	N	$N/2$
Power Consume(%)	51.3	52.0	32.1	37.8	25.5
Charge Phases	1	1	5	3	2

容给第 N 行的储存电容进行充电,这样第 N 行的储存电容上就得到了一定的所需极性的电压。最后,在这个短脉冲结束之后,开关 S 闭合,选择 S_1 或 S_2 其中之一闭合,由驱动电路进行驱动得到所需电压。从仿真结果可以看出,有列输出驱动电路提供的 V_{swing} 大幅减小,能够达到很好的节能效果。

表 1 为本文所采用的电荷共享方法与现有的其它 3 种方法的对比^[10]。由表中所列各种数据显示,在功耗方面,本文所提出的方法的表现是很好,可以说对原有方法进行了很好的改进。

5 结 论

提出了一种新的电荷共享技术应用思想,对原有的电荷共享技术进行了改进,充分利用了点反转驱动模式 LCD 像元所带电荷极性不同的特点,使其相互充电,大幅减小了模拟部分动态功耗;同时设计了输出缓冲放大器,采用了 RTR 结构,其结构简单,静态功耗小,并有足够的驱动能力。所给出的 LCD 驱动电路设计从节能的角度出发,开发出来的芯片功耗小,适用于移动设备的液晶显示器。

参 考 文 献:

- [1] 徐杰,杨虹,敦树旭,等. TFT 液晶显示屏驱动方法的研究 [J]. 液晶与显示,2004,19(1):42-47.
- [2] 李维 谔,郭强. 液晶显示应用技术 [M]. 北京:电子工业出版社,2000:6.
- [3] Ker Ming-Dou, Deng Chih-Kang, Huang Ju-Lin. On-panel output buffer with offset compensation technique for data driver in LTPS technology [J]. *J. Display Technology*, 2000(2):153-159.
- [4] Yu Pangcheng, Wu Jinchuan. Novel low power class-B output buffer [J]. *Circuits and Systems*, 1998, (6): 633- 636.
- [5] Yoon Kwangho. A hybrid-level multi-phase charge-recycler with reduced number of external capacitors for low-power LCD column drivers [C]// ASICs, 2000. AP-ASIC 2000. Proceedings of the Second IEEE Asia Pacific Conference Korea:IEEE,2000: 127- 130.
- [6] Kim Jong-Seok, Jeong Deog-Kyoon, Gyudong Kim. A multi-technique without external capacitor for low-power TFT-LCD column drivers [J]. *IEEE J. Solid-State Circuits*, 2000, (5):365-368.
- [7] Kim Jong-Seok, Jeong Deog-Kyoon, Kim Gyudong. A multi-level multi-phase charge-recycling method for low-power AMLCD column drivers [J]. *Solid-State Circuits, IEEE*, 2000, (35):74-84.
- [8] Sung Yoo-Chang, Choi Byong-Deok, Kwon Oh-Kyong. Low-power TFT-LCD source driver using triple charge sharing method [C]// *IEEE VLSI and CAD Conference*, Seoul, South Korea:IEEE,1999:317-320.
- [9] Lu Chih-Wen, Hsu Kuo Jen. A high-speed low-power rail-to-rail column driver for AMLCD application [J]. *IEEE J. Solid-State Circuits*, 2004, (39):1313-1320.
- [10] Yang Shao-sheng, Guo Pao-lin, Chang Tsir-yuan, et al. A multi-phase charge-sharing technique without external capacitor for low-power TFT-LCD column drivers [J]. *Circuits and Systems*, 2003, (5):365-368.

LCD Driver Using Charge Sharing Method

JIN Shuo-wei¹, WANG Yun-feng^{1,2}, GUO Dong-hui^{1,2,3}

(1. Department of Physics, Xiamen University, Xiamen 361005, China, E-mail: dhguo@xmu.edu.cn;

2. Department of Electronic Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

3. Xiamen Rich IT Microelectronic Technologies LTD, Xiamen 361005, China)

Abstract

With the increase in the use of mobile devices, TFT-LCD driver power consumption has become a topic of concern, at the same time how to reduce chip power consumption has become the focus of chip

design, too. A low-power source driver for small size TFT-LCD has been proposed using the rail-to-rail buffers and the charge recycling method. The proposed rail-to-rail buffer is applicable to the characteristics of driving circuit and can effectively reduce the static power consumption; and the proposed charge recycling method has fully used the dot inversion method characteristic, makes its neighboring line and row charge each other. With the method, the dynamic power consumption can be reduced to 25 % theoretically.

Key words : LCD driver ; CMOS integrated circuit ; buffer output

作者简介:金硕巍(1980 -),男,辽宁沈阳人,硕士研究生,研究方向为集成电路设计。

《发 光 学 报》

——中文核心期刊(物理学类;无线电电子学、电信技术类)

《发光学报》是中国物理学会发光分会与中国科学院长春光学精密机械与物理研究所共同主办的中国物理学会发光分会的学术会刊。该刊是以发光学、凝聚态物质中的激发过程为专业方向的综合性学术刊物。

《发光学报》于1980年创刊,曾于1992年,1996年,2000年和2004年连续四次被《中文核心期刊要目总览》评为“物理学类核心期刊”,并于2000年同时被评为“无线电电子学、电信技术类核心期刊”。2000年获中国科学院优秀期刊二等奖。现已被《中国学术期刊(光盘版)》、《中国期刊网》和“万方数据资源系统”等列为源期刊。英国《科学文摘》(SA)自1999年;美国《化学文摘》(CA)和俄罗斯《文摘杂志》(AJ)自2000年;美国《剑桥科学文摘社网站》自2002年;日本《科技文献速报》(CBST, JICST)自2003年已定期收录检索该刊论文。2001年在国家科技部组织的“中国期刊方阵”的评定中,《发光学报》被评为“双效期刊”。2002年获中国科学院2001~2002年度科学出版基金“择重”资助。2004年被选入《中国知识资源总库·中国科技精品库》。本刊内容丰富、信息量大,主要反映本学科专业领域的科研和技术成就,及时报道国内外的学术动态,开展学术讨论和交流,为提高我国该学科的学术水平服务。

《发光学报》为双月刊, A4开本, 144页, 国内外公开发行。自2007年起, 国内定价: 40元, 全年240元, 全国各地邮局均可订阅。《发光学报》欢迎广大作者、读者广为利用, 踊跃投稿。

地 址: 长春市东南湖大路16号

《发光学报》编辑部

邮 编: 130033

电 话: (0431) 86176862, 84613407

E-mail: fgxb@ciomp.ac.cn

国内统一刊号: CN 22-1116/O4

国际标准刊号: ISSN 1000-7032

国内邮发代号: 12-312

国外发行代号: 4863BM

http://www.fanguangxuebao.org