

文章编号:1007-2780(2016)03-0290-05

基于液晶显示屏的低功耗驱动技术

张 斌*,解 宇,刘陈曦,陈维涛
(北京京东方显示技术有限公司,北京 100176)

摘要:为进一步降低液晶显示器的逻辑功耗,本文以 11.6HD、14HD、14FHD 为背景,分别从像素结构、驱动技术、驱动电路设计以及背光驱动技术等方面进行了深入研究。首先,研究了不同像素结构(dual Gate + normal 像素结构和 dual Gate + Z inversion 像素结构)下多种像素驱动方法对功耗的影响。接着,研究了像素负载以及像素驱动信号(包括栅极驱动信号和源极驱动信号)对功耗的影响。最后,对比了不同的背光调光方法对功耗的影响。实验结果表明:像素结构、负载大小、驱动方法均对功耗有较大的影响。以 14HD 为例,点翻转比列翻转会有 38.5%的功耗上升;Data load 每上升 10%,功耗约有 8%的上升;VGH 每提高 1 V,功耗上升 1.35 mW;采用 mix-mode 调光方式比传统的 PWM 调光在不同亮度百分比下功耗约降低 2%~15%。因此通过对这些功能模块进行优化设计可以有效地降低液晶显示器逻辑功耗。

关 键 词:液晶显示屏;低功耗;驱动

中图分类号:TN27 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20163103.0290

Low power driver method based on TFT-LCD

ZHANG Bin*, XIE Yu, LIU Chen-xi, CHEN Wei-tao

(Beijing BOE Display Technology Co., Ltd, Beijing 100176, China)

Abstract: In order to reduce the power consumption of the TFT-LCD, some methods were studied in this paper. These methods include pixel structure, drive method, circuit design and backlight drive based on the 11.6 HD, 14 HD and 14 FHD. First, the influence of pixel structure on power consumption is studied which use different pixel structure (dual Gate + normal pixel structure and dual Gate + Z inversion pixel structure) under a variety of pixel driving method. Second, the influence of pixels load and pixel driving signal which include Gate and source drive signal on power consumption is studied. Finally, power consumption between PWM dimming and mix-mode dimming at the same BLU is compared. The result shows the pixel structure, pixel loading and driving method have great influence on power consumption. For example, dot inversion will add 38.5% than column inversion in power consumption at 14HD product. When data load rose 10%, there is about 8% of power consumption added. When the VGH increase about 1 V, there is 1.35 mW power added. Mix mode dimming can decrease power about 2%~15% than the traditional PWM dimming under different brightness. Therefore, the optimization design of these methods can effectively reduce the power consumption of TFT-LCD.

Key words: TFT-LCD; low power; driver method

收稿日期:2015-09-14;修订日期:2015-11-25.

* 通信联系人, E-mail: zhangbin_@boe.com.cn

1 引 言

随着 TFT-LCD 的广泛应用,各项提升显示效果的技术大量被采用。目前技术发展主要集中在以下几个方面:轻薄化、触摸控制、高分辨率、广视角、高色域、立体显示、低功耗等方向。尤其是随着绿色节能要求的标准逐步提高,对降低产品功耗的相关技术要求也越来越高。这种需求在笔记本、平板、手机、可穿戴显示等由电池供电的产品中尤为突出,产品的续航能力已经成为产品的一个重要竞争力,所以本研究具有重要的意义。

近年来,各公司和研究机构如京东方、LG、三星、intel 等,都加大了对低功耗技术的研究。如采用新型的像素结构提升面板整体透过率;优化背光源光学设计,通过降低背光驱动电流和减少 LED 数量降低功耗;采用双栅极型翻转驱动技术;通过显卡进行图像处理的方式如采用 PSR (Panel Self Refresh)、降低刷新频率等技术降低系统整体功耗;优化背光调节算法,通过 CABC (Content Adaptive Backlight Control) 方式降低功耗;采用低压高速串行数据传输接口等^[1-6]。本文以笔记本产品为研究对象,从像素结构、驱动技术、驱动电路设计以及背光驱动技术多方面进行了深入研究。首先,研究了不同像素结构、以及多种像素驱动方法对功耗的影响。接着,研究了面板负载以及像素驱动信号对功耗的影响。最后,对比了不同的背光调光方法对功耗的影响。实验结果表明:像素结构、负载大小、驱动方法均对功耗有较大的影响。以 14HD 为例,点翻转相比列翻转会有 38.5% 的功耗上升;像素负载每上升 10%,功耗约有 8% 的上升;VG_H 每提高 1 V,功耗上升 1.35 mW;采用 mix-mode(混合)调光方式比传统的 PWM(Pulse-Width Modulation)调光在不同亮度百分比下功耗约降低 2%~15%。

2 降低功耗的主要技术点

2.1 不同像素结构及驱动方法对功耗的影响

随着 TFT-LCD 技术的不断发展,成本因素成为 TFT-LCD 设计中必需考虑的一个重要因素。目前的设计大多采用双栅极结构,这种结构

最大的优点在于减少了 Data 侧走线数量,从而可以节约 source IC 的数量,降低成本。由于像素结构的设计与功耗密切相关,如图 1 和图 2 描述了一种不同的双栅极像素架构,图 1 为双栅极 + Zigzag 翻转结构,图 2 为普通的双栅极结构。通过对 14HD 实验测试,在面板尺寸和分辨率相同的条件下,采用双栅极 + Zigzag 翻转结构比传统的双栅极结构功耗可以降低约 40% 左右。

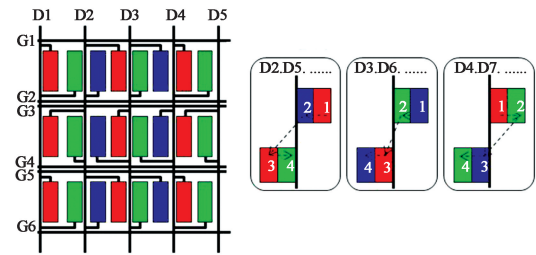


图 1 双栅极 + Z 翻转像素结构及数据流向
Fig. 1 Dual Gate + Z inversion pixel structure and Data flow

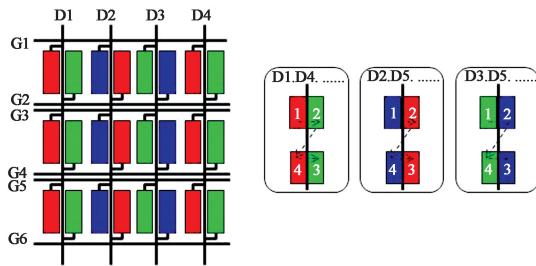


图 2 双栅极像素结构及数据流向
Fig. 2 Dual gate pixel structure and data flow

液晶分子如果一直工作在某一固定的电压下不变,液晶分子的的特性会发生固化。因此液晶驱动信号只能是交流电压。能够实现像素极性正负交替的驱动方式很多,有点翻转、2H1V、列翻转、行翻转等多种。不同的驱动方式的功耗差异较大,通过对采用传统双栅极结构的 14HD 产品进行测试,对比了列翻转、2dot 翻转、1+2dot 翻转、dot 翻转等驱动方式下的功耗,结果显示采用点翻转方式相比列翻转会有约 38.5% 的功耗上升,如图 3 所示。

2.2 像素负载以及像素驱动信号对功耗的影响

在 TFT-LCD 中,存在大量 Gate 和 Data 向的面板金属走线,此外 Data 侧还有等效的液晶电容和像素驱动电压存储电容。Data 线的负载主要由走线电阻和 Data line 上的电容组成,电容主

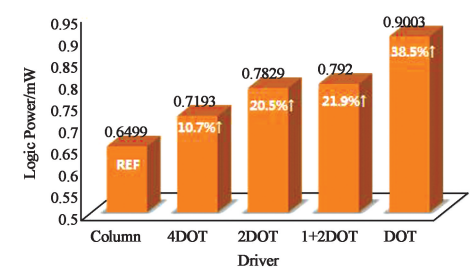


图 3 14HD 不同驱动方法下的功耗

Fig. 3 Power of 14HD under different driver method

要由两部分组成，一是 Data 和 Gate 线的耦合电容 C_{gd} 以及 Data 与 COM 之间的电容 C_{dc} ，二是像素存储电容 C_{st} 和液晶等效电容 C_{lc} [7]。Gate 和 Data 的负载可以等效为多个串联的 RC 网络。这两个网络负载中，Gate 方向的负载对功耗的影响较小；大部分功耗是由 source IC 产生的，Gate 的功耗约占总功耗的 10%~15%，source 的功耗约占总功耗的 45% 左右 [8]。其功耗由 AC 和 DC 两部分组成，DC 功耗是由 IC 内部单元的静态工作电流产生的，AC 功耗来源于 IC 给数据线充电。以 14.0HD 和 14FHD 产品像素设计为例，通过模拟发现像素负载 每上升 10%，功耗约有 5%~8% 的上升，如表 1 所示。

表 1 像素负载对功耗的影响

Tab. 1 effect of Data load on the power

Item	original	Load 10% ↑	Load 20% ↑	Load 30% ↑
14HD	320 mW	4.61% ↑	17.63 ↑	27.64 ↑
14FHD	678 mW	6.89% ↑	13.79 ↑	20.68 ↑

Gate 信号主要负责驱动面板 TFT 的栅极，负责 TFT 器件的开关。在 GOA 产品中，由于移位寄存器集成在面板上，外部通过 level shifter 产生 V_{GH} 和 V_{GL} 信号作用于寄存器上。而整个 GOA 单元的功耗在整体功耗中占比约 25%~35%，因此，可以通过优化 Gate 信号降低功耗。以 11.6HD GOA 产品为例， V_{GH} 每提高 1 V，功耗上升 1.35 mW。 V_{GL} 每提高 1 V，功耗下降约 14.5 mW。如图 4 所示。

在 GOA 产品中，如果对 GOA clock 信号做削角处理 (MLG)，可以达到降低功耗的效果。信号如图 5 所示，MLG 信号有削角后电平 (V_{GM}) 和削角时间两个关键参数。

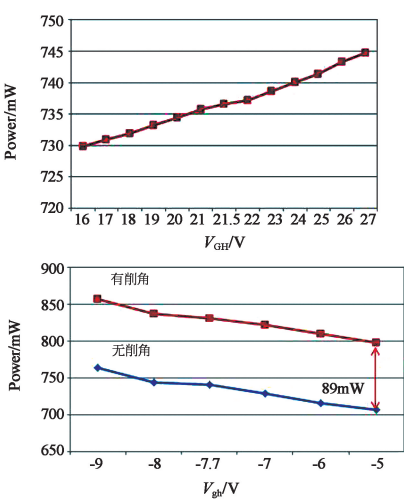


图 4 VGH 和 VGL 对功耗的影响

Fig. 4 Effect of V_{GH} and V_{GL} on the power

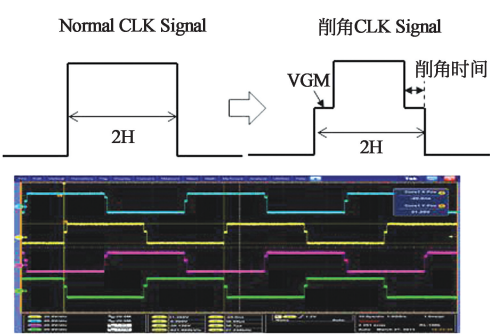


图 5 MLG 后的 GOA clock 信号

Fig. 5 GOA clock after MLG

根据产品面板特性和画面显示效果，适当调整削角电平 (V_{GM}) 或延长削角时间可以降低功耗，如图 6 所示， V_{GM} 的电平在一定范围内对功耗的影响呈现“V”型，当 V_{GM} 电压设置在 7.5 V 时，相比没有做 MLG 的设置，功耗约下降 85 mW。削角时间从 1/9H 延长到 4/9H 时，功耗约有 47 mW 的下降。

GOA 产品中由于功耗和信赖性考虑，一般来说，会有多个 CLK 信号驱动 GOA 单元，11.6 产品中采用 4 个 CLK 信号，CLK 信号两两互为一组，相互触发。由于 V_{GH} 和 V_{GL} 压差很大，在高频信号工作方式下，动态功耗较大。因此，可以对 CLK 做电荷分享，如图 7 所示，在 CLK1 下降沿和 CLK4 上升沿到来时，通过 IC 内部对两个 CLK 进行短接从而中和电压，达到节约功耗的作用。

通过调节电荷分享时间，可以达到降低功耗

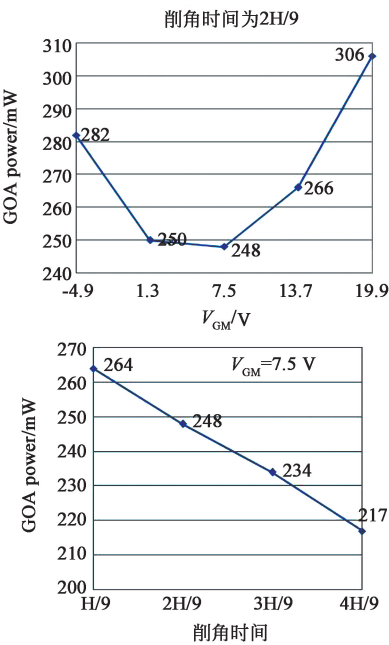


图 6 削角电压和时间对功耗的影响
Fig. 6 Effect of V_{GM} and time on the power

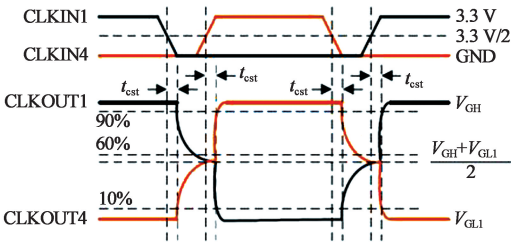


图 7 GOA 栅极驱动信号电荷分享
Fig. 7 Charge sharing of gate signal on GOA

的效果。11.6 GOA 产品在电荷分享为 $3.5\ \mu\text{s}$ 时功耗大约可下降 $0.18\ \text{W}$ 。

表 2 电荷分享对功耗的影响

Tab. 2 Effect of charge sharing of gate signal on the power

Condition	Origin	CS $1\ \mu\text{s}$	CS $3.5\ \mu\text{s}$
Power	0.78 W	0.69 W	0.6 W

另外,采用采用低压液晶、Half AVDD、电荷分享、降低 IC 动态电流等技术也可以一定程度上降低功耗^[9-11]。

2.3 背光调光方法对功耗的影响

LED 因其体积小、质量轻且耗电量小,电光转换效率高等优点,目前成为了 TFT-LCD 面板

背光源的主流。为了节约功耗,在周围环境光发生变化或画面亮度有变化的时候,经常会开启背光调节。尤其是在移动产品上,调光方式主要有两处,一是 PWM 调光,这种调光方式通过调节背光驱动电流的占空比实现。二是通过改变流经 LED 的直流电流来改变其亮度。本文提出的 mix-mode 调光结合了二者的优点,既避免了直流电流调节带来的色偏问题,又避免了 PWM 调光在低亮度下功耗偏高的问题。mix-mode 调光方式为,当亮度大于某一值 A 时,采用 PWM 方式,当亮度在 A 以下时,采用直流调光方式,直接改变流经 LED 的电流。本研究使用的背光源设计采用 36 颗 LED,分 4 串并联,每串 9 颗灯。最大亮度下,背光驱动电流为 $20\ \text{mA}$ 。Mix-mode Dimming 在大于 25% Duty 时为 Analog Dimming Mode,小于 25% Duty 时为 PWM Dimming Mode。25% Duty 下电流输出为 $5\ \text{mA}$ 。由 LED 的 I - V 曲线可以得出,单颗压降会随着电流上升而上升,所以当电流降低时可以节省功耗,从图中可以看到电流从 $20\ \text{mA}$ 下降到 $5\ \text{mA}$,压降减小 $0.3\ \text{V}$,即可以节约 10% 功耗。另外,由于不同驱动 IC 内部设计略有差异,挑选转换效率高的 IC 也有助于降低功耗。表 2 为该背光源采用两种不同调光方式的 IC 在相应背光亮度下的效率和功耗差异。可以看出,采用 Mixed/ Analog Mode LED Driver,在调光模式下可以降低 $0.05\sim 0.1\ \text{W}$,约 2%~15%。

表 3 PWM 与 mix-mode 调光对功耗的影响

Tab. 3 Effect of power between PWM and mix-mode dimming

亮度 /%	PWM		mix-mode		差值	
	P/W	Effi/ %	P/W	Effi.	P/W	Percent/ %
100	2.87	89	2.87	89	0	0
80	2.33	85	2.28	88	0.05	2.1
50	1.49	78	1.42	87	0.07	4.7
20	0.68	64	0.59	79	0.09	15

3 结 论

实验结果表明,采用双栅极+Z 翻转结构比

传统的双栅极结构功耗可以降低约 40%左右;像素驱动方法均对功耗有较大的影响,点翻转方式相比列翻转会有约 38.5%的功耗上升;Data load 每上升 10%,功耗约有 5%~8%的上升;可以通过 MLG 或是电荷分享来降低 Gate 向功耗;采用 mix-mode 调光方式比传统的 PWM 调光在不同亮度百分比下功耗约降低 2%~15%。

目前在一个产品中都是通过采用一种或两种 3 种技术来降低功耗,进一步地,如果能结合产品特性优化设计,综合应用各种低功耗设计技术,可以大幅降低 TFT-LCD 产品功耗约 50%-70%。

该研究为低功耗 TFT-LCD 的设计提供了多种设计参考及改善方向。

参 考 文 献:

- [1] LEE J D, LEE J B, CHO S J, *et al.* A novel pixel structure for high transmittance and high image quality LCDs [C]. SID Symposium Digest of Technical Papers, San Jose, CA, USA; SID, 2015: 1074-1076.
- [2] TAESUNG K, SEH K. Challenges and requirements of power saving techniques on mobile platforms[C]. SID Symposium of Technical Papers, San Diego, CA, USA; SID, 2014: 275-278.
- [3] 向艳,冯奇斌,吕国强.侧出 LED 背光动态调光算法研究[J].液晶与显示,2014,29(2):293-297.
XIANG Y, FENG Q B, LV G Q. Dynamic dimming algorithm in side-lit LED backlights [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29(2): 293-297. (in Chinese)
- [4] BHOWMIK A K. Display power-performance optimization technologies integrated in notebook graphics controller [C]. SID Symposium Digest of Technical Papers, USA; SID, 2007: 1539-1542.
- [5] SCHMIDT M, SCHÄFER D, XU C H. Increased power saving by combining global and local dimming for edge-LED LCDs[C]. SID Symposium Digest of Technical Papers, San Jose, CA, USA; SID, 2015: 1431-1434.
- [6] LIU H E, SU C J, CHENG C K, *et al.* High speed and power-saving interface for high-resolution and low power display panel[C]. SID Symposium Digest of Technical Papers, San Jose, CA, USA; SID, 2015: 1285-1288.
- [7] INJAE H, SEUNGJAE K, SANGMOON M, *et al.* Accurate power estimation of LCD panels for notebook PC applications[C]. SID Symposium Digest of Technical Papers, USA; SID, 2007: 264-267.
- [8] YUN S C, LEE C D, NAM Y S, *et al.* New driving method for low logic power consumption in TFT-LCDs[C]. SID Symposium Digest of Technical Papers, USA; SID, 2010: 619-621.
- [9] NAM H, PARK M K, KIM A R, *et al.* Low power driving scheme for high frame rate LCD TVs[C]. SID Symposium Digest of Technical Papers, USA; SID, 2010: 311-314.
- [10] NICOLAS G. The half VDD supply rail helps reducing power consumption and cost for LCD systems[C]. IMID 2010 DIGEST, Asia; IMID, 2010: 285-286.
- [11] OH D S, SANG W K, PARK Y K, *et al.* Low frequency driving display to reduce logic power in liquid crystal display[C]. SID Symposium Digest of Technical Papers, San Diego, CA, USA; SID, 2014: 1199-1202.

作者简介:张斌(1983—),男,山西吕梁人,硕士,高级研究员,主要从事 TFT-LCD 方面的研究。E-mail:zhangbin_dt@boe.com.cn