

广窄视角可切换型TFT-LCD的莫尔条纹抑制

蔡浩, 陈超平, 陈捷, 程子垚

引用本文:

蔡浩, 陈超平, 陈捷, 等. 广窄视角可切换型TFT-LCD的莫尔条纹抑制[J]. 液晶与显示, 2021, 36(3): 432–438.

CAI Hao, CHEN Chao-ping, CHEN Jie, et al. Suppression of moire pattern for wide/narrow viewing angle switchable TFT-LCD[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2021, 36(3): 432–438.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.37188/CJLCD.2020-0228>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

四向宽窄视角可切换的液晶显示技术

Four-ways viewing angle switchable liquid crystal display technology

液晶与显示. 2020, 35(12): 1278–1283 <https://doi.org/10.37188/YJYXS20203512.1278>

垂直/倾斜型交错狭缝光栅对立体显示效果的影响

Effect of the vertical /slanted staggered barrier on autostereoscopic displays

液晶与显示. 2019, 34(7): 659–666 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193407.0659>

小尺寸TFT-LCD GOA显示屏不良横纹的研究

Horizontal stripes defect of small size TFT-LCD GOA panel

液晶与显示. 2019, 34(5): 501–507 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193405.0501>

窄视角蓝相液晶显示器

Blue phase liquid crystal display for narrow viewing angle

液晶与显示. 2016, 31(9): 847–852 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20163109.0847>

TFT-LCD中驱动信号与线残像的关系研究

Relationship between line image sticking and drive signal in TFT-LCD

液晶与显示. 2018, 33(5): 375–380 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20183305.0375>

文章编号:1007-2780(2021)03-0432-07

广窄视角可切换型 TFT-LCD 的莫尔条纹抑制

蔡 浩¹, 陈超平^{2*}, 陈 捷², 程子垚²

(1. 昆山龙腾光电股份有限公司 产品研发中心, 江苏 昆山 215300;

2. 上海交通大学 电子工程系 智能显示实验室, 上海 200240)

摘要: 广窄视角可切换型薄膜晶体管液晶显示器面板通常会产生莫尔条纹问题, 该问题是由背光模组的脉冲宽度调制信号与窄视角模式下施加在显示面板的交流信号之间的相位差不断变化所造成的。为此, 本文提出了一种可行的解决方案。从造成莫尔条纹的根本原因入手, 对造成莫尔条纹的干扰信号进行了优化, 实现了信号同步, 从而消除信号间的相位差。实验结果表明: 通过调节面板的每帧开始信号与背光模组的调光信号 PWM 之间的信号同步, 可完美解决莫尔条纹问题。在 1 kHz、49.8% 占空比 PWM 信号下, 使用显示器色彩分析仪 CA-310 量测 64 灰阶下莫尔条纹中心区域的闪烁度由 68.5%~72.3% 之间的循环跳变, 变成稳定的 69.9%。我们的产品在采用了上述方案后, 窄视角模式下的莫尔条纹现象得到了显著改善。

关键词: TFT-LCD; 广窄视角; 莫尔条纹; 背光驱动

中图分类号: TN27 **文献标识码:** A **doi:** 10.37188/CJLCD.2020-0228

Suppression of moire pattern for wide/narrow viewing angle switchable TFT-LCD

CAI Hao¹, CHEN Chao-ping^{2*}, CHEN Jie², CHENG Zi-yao²

(1. R&D Center, Infovision Optoelectronics Co. Ltd., Kunshan 215300, China;

2. Smart Display Lab, Department of Electronic Engineering,
Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: The wide/narrow viewing angle switchable thin film transistor liquid crystal display has the problem of moire pattern, which is caused by the continuous change of the phase between the pulse width modulation signal of backlight and the driving signal applied to the display panel under the narrow viewing angle mode. This paper presents a feasible solution. Since root cause of the moire pattern is identified as the signal interference, our solution is to synchronize the signals so as to minimize the phase difference. The experimental results show that, by synchronizing the display panel's start vertically signal and backlight module's pulse width modulation signal, the moire pattern could be signifi-

收稿日期: 2020-09-08; **修订日期:** 2020-10-12.

基金项目: 国家自然科学基金(No. 61831015); 上海市科学技术委员会项目(No. 19ZR1427200, No. 1801H163000, No. 1701H169200)

Supported by National Natural Science Foundation of China (No. 61831015); Science and Technology Commission of Shanghai Municipality (No. 19ZR1427200, No. 1801H163000, No. 1701H169200)

* 通信联系人, E-mail: ccp@sjtu.edu.cn

cantly suppressed. Under a pulse width modulation signal with 1 kHz, 49.8% duty cycle, the value of the flicker in the center area of the moire is from 68.5% to 72.3% under 64 gray scale measured by using the display color analyzer CA-310, and then becomes stable at 69.9%. Based on this scheme, the actual observation of moire is not noticeable, thus it can give users good viewing experience under narrow viewing angle mode.

Key words: TFT-LCD; wide/narrow viewing angle switchable; moire; backlight driving

1 引言

日常生活中,笔记本电脑已经非常普及,在办公、娱乐或收发邮件的使用率越来越高,但在不同的场合使用,用户就会顾及个人隐私问题。当我们在观看或是撰写私人信息时候,并不想让周围的人看到。传统的解决方案是使用 3M 防偷窥膜片来达到防窥的目的。但当分享有趣的内容或是会议讨论时,就希望有广阔的视角让更多人看到。广窄视角技术可实现广视角(Wide Viewing Angle, WVA)与窄视角(Narrow Viewing Angle, NVA)一键切换,省去了额外贴附防窥膜的繁琐,其原理是基于广窄视角可切换 TFT-LCD 技术而实现^[1-4]。

TFT-LCD 是有源矩阵类型液晶显示器 (Active Matrix LCD, AM LCD) 中的一种。它具有低功耗、高对比度、高响应速度、适用范围广、易于集成化等特点, 目前已成为面板显示产业主流技术之一。小到电子表、数码相机、智能手机, 大到笔记本电脑、各种尺寸的显示器、平板电视, 都在广泛使用 TFT-LCD 屏。TFT-LCD 的主要原材料包括液晶、玻璃基板、背光模组、彩色滤光片、偏光片、驱动电路、化学气体与材料、外框、各类薄膜及其他材料。

2 背光模块

目前,不同于有机发光二极管(Organic Light-Emitting Diode, OLED)的技术原理^[5], TFT-LCD 模组的设计必需搭配背光单元来提供光源,如图 1 所示,其工作原理为由 LED 驱动点亮并控制条状的 LED 光源。现有的 LED 驱动所需的信号主要包括输入电压(V_{IN})、调光信号(Pulse Width Modulation, PWM)、使能信号(Chip Enable)等。对 PWM 的定义,还包括其调

光频率及占空比,它们的取值有一定的范围及对应关系,调节占空比可对光源的强弱进行控制。

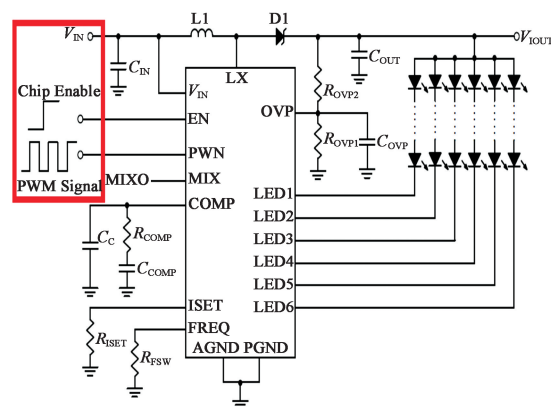


图 1 背光模块原理图

Fig.1 Schematic of backlight module

背光模块的调光方式有多种模式。表 1、表 2 列出两种常见模式调光下 PWM 频率与占空比的对应关系。PWM 调光技术为目前常用的 LED 调光技术。在进行脉冲宽度 PWM 调光时,需要提供一个额外的脉冲宽度调节信号源,通过改变输入的脉冲信号占空比来调制 LED 驱动芯片对功率场效应管的栅极控制信号,从而达到调节通过 LED 电流大小的目的。这种调光技术的优点在于应用简单、效率高、精度高,且调光效果好^[6]。

表 1 混合调光模式

Tab.1 Mixed dimming mode

Dimming Frequency/Hz	Duty (Min)/%	Duty (Max)/%
$100 < f_{\text{PWM}} \leq 200$	0.18	100
$200 < f_{\text{PWM}} \leq 500$	0.18	100
$500 < f_{\text{PWM}} \leq 1 \text{ k}$	0.20	100
$1 \text{ k} < f_{\text{PWM}} \leq 2 \text{ k}$	0.20	100
$2 \text{ k} < f_{\text{PWM}} \leq 5 \text{ k}$	0.30	100
$5 \text{ k} < f_{\text{PWM}} \leq 10 \text{ k}$	0.30	100
$10 \text{ k} < f_{\text{PWM}} \leq 20 \text{ k}$	0.60	100

表 2 PWM 调光模式
Tab.2 PWM Dimming Mode

Dimming Frequency/Hz	Duty (Min)/%	Duty (Max)/%
$100 < f_{\text{PWM}} \leq 200$	0.02	100
$200 < f_{\text{PWM}} \leq 500$	0.02	100
$500 < f_{\text{PWM}} \leq 1 \text{ k}$	0.04	100
$1 \text{ k} < f_{\text{PWM}} \leq 2 \text{ k}$	0.06	100
$2 \text{ k} < f_{\text{PWM}} \leq 5 \text{ k}$	0.15	100
$5 \text{ k} < f_{\text{PWM}} \leq 10 \text{ k}$	0.30	100
$10 \text{ k} < f_{\text{PWM}} \leq 20 \text{ k}$	0.60	100

3 广窄视角切换技术

3.1 广窄视角切换简介

广窄视角技术主要是在系统端通过按键来实现广窄视角之间的自由切换,可有效保护用户的个人隐私。图 2 展示了已应用该技术的代表性产品 HP·EliteBook 商用系列笔记本的广/窄视角模式(Elitebook 显示屏的原始设计制造商为昆山龙腾光电股份有限公司)。

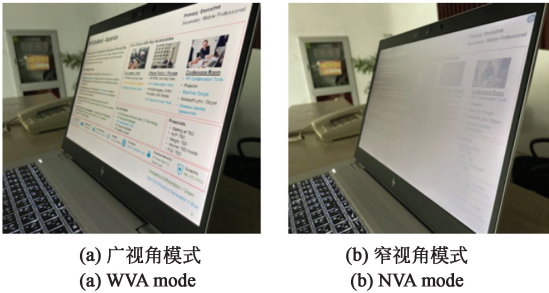


图 2 HP EliteBook x360 1030 G2 笔记本的广/窄视角模式

Fig. 2 Wide/narrow viewing angle modes of HP EliteBook x360 1030 G2

3.2 广窄视角切换原理

当彩色滤光片(Color Filter, CF)侧的公共(Common)电极施加偏压时,该偏压信号由 STV 信号触发同步产生,液晶分子在电场作用下沿电场方向排列,与基板之间的预倾角增大,倾角较大的液晶分子在斜视方向相位延迟与偏光板不再匹配,造成斜视漏光,对比度降低,视角缩小。其初始状态一般为宽视角,即 CF 侧不施加偏压,原理如图 3 所示。广视角模式下:TFT 公共电极与

CF 公共电极用点银胶方式接在一起,直流电压驱动(DC- V_{COM});窄视角模式下:TFT 公共电极等于 DC- V_{COM} 电压,CF 公共电极等于 AC- V_{COM} 电压。

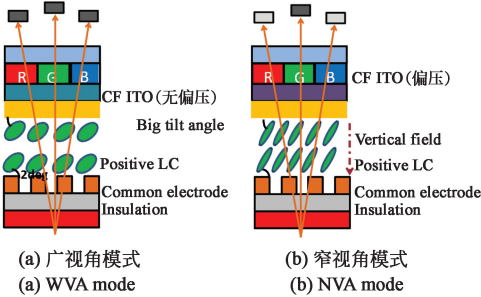


图 3 广窄视角可切换技术的原理示意图

Fig. 3 Schematic of wide/narrow viewing angle switching mechanism

4 莫尔条纹的产生机理

莫尔是法语 Moiré 音译,原意是水面的波纹。从物理本质上解释,莫尔条纹是两条线或两个物体之间以恒定的角度和频率发生干涉的视觉结果,当人眼无法分辨这两条线或两个物体时,只能看到干涉的花纹,这种光学现象中的花纹就是莫尔条纹。对莫尔条纹的研究最早可以追溯到 19 世纪末期,20 世纪 50 年代以后开始应用于实际测量,并逐步对莫尔条纹的形成机理展开了广泛的研究。深入研究它的形成机理、结构及其光强分布规律具有非常重要的意义。它能够指导如何改善莫尔条纹光电信号的质量以及光电位移传感器的结构设计。莫尔条纹的形成机理主要有以下 3 种理论:(1)基于阴影成像原理。认为由条纹构成的轨迹可表示莫尔条纹的光强分布。(2)基于衍射干涉原理。认为由条纹构成的新的光强分布可按衍射波之间的干涉结果来描述。(3)基于傅里叶变换原理。认为形成的莫尔条纹是由低于光栅频率项所组成^[7-10]。本文所研究的莫尔条纹是从衍射光学角度描述的衍射干涉原理为理论依据。

在广视角模式下,随意调节背光亮度,其显示效果良好,并无莫尔条纹现象。当切换到窄视角模式,任意调节背光亮度时,莫尔条纹可见,尤其低亮度下表现明显。窄视角模式比广视角模式在

彩色滤光片基板的氧化铟锡(Indium Tin Oxide, ITO)透明电极侧多加了一个偏压信号,因此可以断定液晶显示屏幕上的莫尔条纹与该交流偏压信号有关。以 120 Hz 刷新率为例,量测显示模组上的 STV 与 PWM 信号的波形,如图 4 所示,可看出其系统送出的 PWM 信号频率为 1 kHz。

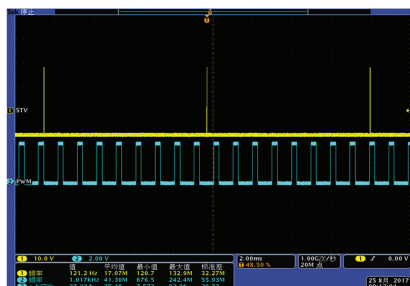


图 4 PWM 频率为 1 kHz 与 STV 信号的波形

Fig.4 Waveform of STV and PWM with 1 kHz frequency

当不断调节 PWM 频率时,发现莫尔条纹现象的程度也在不断变化。在调节 PWM 频率时,STV 信号固定不变,变化的只是两者的相位差。因此可以推断,其产生机理为:由于背光模组的调光信号 PWM 信号与施加在 CF ITO 侧的交流信号两者相位差不断变化,导致了人眼可见的干涉的花纹,因此产生了莫尔条纹。这会严重影响 NVA 模式下的画面显示效果。如图 5 所示,方框标识区域内,莫尔条纹明显可见。

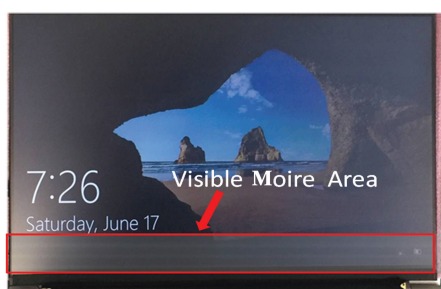


图 5 PWM 频率 1 kHz 占空比 49.8% 下可见的莫尔条纹区域

Fig.5 Visible area of moire under PWM with 1 kHz frequency and 49.8% duty

5 实 验

5.1 实验方法

断开由连接器端输入的 PWM 输入信号

(PWMI),使用函数信号发生器连接,将 PWM 信号接入,规律性地调节 PWM 信号的频率及占空比,实际观测不同 PWM 频率及占空比下液晶显示屏在窄视角模式下的莫尔条纹现象。

5.2 实验结果

以 31.75 cm(12.5 in)全高清(Full HD)(分辨率为 1 920×1 080)液晶显示屏为实验对象,表 3 为不同占空比下,验证不同频率有无莫尔条纹现象所得的数据。数据表明:低灰阶、低频率、低占空比下莫尔条纹明显可见。

表 3 PWM 不同占空比及频率下的莫尔条纹状况

Tab.3 Performance of moire under different PWM duty and frequency (Hz)

Duty/%	PWM frequency without Moire
10	1.3 k、1.6 k、1.7 k、1.9 k、2 k、2.2 k and above
20	1.3 k、1.6 k、1.9 k、2.2 k and above
30	1.7 k、2 k、2.2 k and above
40	1.7 k、2 k、2.2 k and above
50	1.7 k、2 k、2.2 k and above
60	1.6 k、1.9 k、2 k、2.2 k and above
70	1.4 k、1.7 k、1.9 k and above
80	1.1 k and above
90	600 and above
100	600 and above

6 结果与讨论

6.1 解决方案

目前,绝大部分笔记本电脑使用的 PWM 频率为 1 kHz。针对莫尔条纹问题,现有的解决方案为:拉高 PWM 信号的频率,如图 6 所示,使其

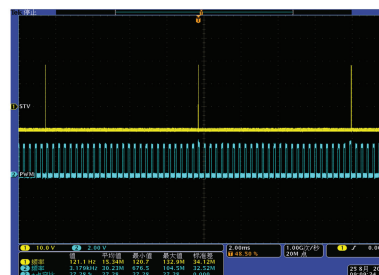


图 6 PWM 频率为 3.1 kHz 与 STV 的波形

Fig.6 Waveform of STV and PWM with 3.1 kHz frequency

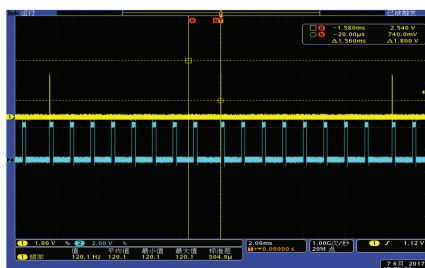


图12 通过STV触发PWM信号的波形

Fig.12 Waveforms of both STV and PWM signals

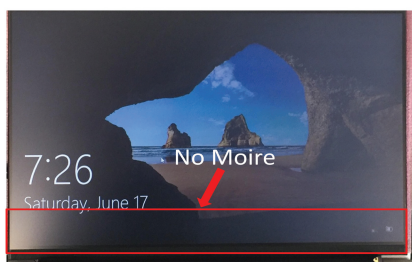


图13 无莫尔条纹现象图

Fig.13 Image free from moire effect



图14 使用色彩分析仪CA-310量测莫尔条纹中心区域的闪烁度

Fig.14 Flicker value in the center area of moire measured by CA-310

以 31.75 cm(12.5 in)液晶显示屏为例,其刷新率为 120 Hz,即 STV 的频率为 120 Hz。如图 12 波形所示,通道一为 STV 信号,通道二为 PWM 信号,实际观测如图 13 所示,未观察到明显的莫尔条纹现象。使用色彩分析仪 CA-310 量测 64 灰阶下莫尔条纹中心区域的闪烁度,其值由 68.5%~72.3% 之间的循环跳变,变成稳定的 69.9%,如图 14 所示。

7 结 论

在广视角模式下并没有莫尔条纹,只有当切换到窄视角模式下并且背光亮度较低时才可见。而窄视角模式下比广视角模式在彩色滤光片的透明电极侧多加了一个交流偏压信号。从莫尔条纹产生的机理和实验数据的结果可知,其产生机理为脉冲宽度调制信号与窄视角模式下施加在彩色滤光片的透明电极侧的交流面板信号之间的相位差不断变化所造成。本文通过将脉冲宽度调制信号与每帧的起始信号相同步,经过实际验证,本文的方案可有效解决莫尔条纹的问题。在 1 kHz、49.8% 占空比的脉冲宽度调制信号下,使用色彩分析仪量测 64 灰阶下莫尔条纹中心区域的闪烁度由 68.5%~72.3% 之间的循环跳变,变为稳定的 69.9%。考虑到所产生的脉冲宽度调制信号的频率需为起始信号频率的倍数,其有效地防止了脉冲宽度调制信号在一帧内不完整而造成背光亮度上的损失。对比传统的只是单纯拉高脉冲宽度调制信号频率的方案,本文提出的方案在解决莫尔条纹上的效果具有明显优势,在窄视角模式下给用户更好的视觉体验。

参 考 文 献:

- [1] CHEN C P, JHUN C G, YOON T H, *et al.* Viewing angle switching of tristate liquid crystal display [J]. *Japanese Journal of Applied Physics*, 2007, 46(27): L676-L678.
- [2] CHEN C P, KIM K H, YOON T H, *et al.* A viewing angle switching panel using guest-host liquid crystal [J]. *Japanese Journal of Applied Physics*, 2009, 48(6): 062401.
- [3] CHEN C P, JHUN C G, YOON T H, *et al.* Optimal design of omni-directional viewing angle switching panel [J]. *Optics Express*, 2007, 15(26): 17937-17947.
- [4] 吴婷婷, 苏子芳, 钟德镇, 等. 一种新的视角可控的液晶显示仿真研究[J]. 液晶与显示, 2015, 30(3): 538-542.
WU T T, SU Z F, ZHONG D Z, *et al.* New viewing angle controllable LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2015, 30(3): 538-542. (in Chinese)
- [5] CHEN C P, LI H J, ZHANG Y, *et al.* Thin-film encapsulation for top-emitting organic light-emitting diode with

- inverted structure [J]. *Chinese Optics Letters*, 2014, 12(2): 022301.
- [6] 吴丽, 沈健, 徐立国. 改善显示品质的直下式 LED 背光技术[J]. 液晶与显示, 2014, 29(6): 1106-1110.
WU L, SHEN J, XU L G. Direct-lit LED backlight technology for improving the picture quality [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29(6): 1106-1110. (in Chinese)
- [7] 孔令胜, 刘春雨, 张元, 等. 视差自由立体显示中莫尔条纹消除的研究进展[J]. 液晶与显示, 2014, 29(3): 441-449.
KONG L S, LIU C Y, ZHANG Y, *et al.* Progress on removing moire patterns in parallax autostereoscopic displays [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29(3): 441-449. (in Chinese)
- [8] 胡建青, 赵悟翔, 马晓莉, 等. 一种弱化莫尔条纹的狭缝光栅 LED 屏裸眼 3D 显示器[J]. 光学学报, 2018, 38(10): 186-190.
HU J Q, ZHAO W X, MA X L, *et al.* A naked-eye 3D LED display based on a parallax barrier with weak moiré fringes [J]. *Acta Optica Sinica*, 2018, 38(10): 186-190. (in Chinese)
- [9] 张海涛, 赵达尊. 减少光电成像系统周期目标莫尔膺像的双倍率法[J]. 光学学报, 2000, 20(10): 1335-1340.
ZHANG H T, ZHAO D Z. Dual-magnification technique for reducing moire artifacts of periodic targets in opto-electric imaging systems [J]. *Acta Optica Sinica*, 2000, 20(10): 1335-1340. (in Chinese)
- [10] 田志辉, 陈宇, 苗静. 高密度 LED 显示屏莫尔条纹抑制研究[J]. 发光学报, 2014, 35(4): 501-505.
TIAN Z H, CHEN Y, MIAO J. Elimination of the moire phenomenon of high-density LED display screen [J]. *Chinese Journal of Luminescence*, 2014, 35(4): 501-505. (in Chinese)
- [11] 蔡浩, 陈超平, 卢佳惠, 等. 液晶显示屏与电容式触摸屏间的信号串扰抑制[J]. 液晶与显示, 2018, 33(6): 504-510.
CAI H, CHEN C P, LU J H, *et al.* Reduction of crosstalk between TFT-LCD and capacitive touch panel [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2018, 33(6): 504-510. (in Chinese)

作者简介:



蔡 浩(1988—),男,江苏盐城人,硕士,2018年于上海交通大学获得硕士学位,主要研究方向为 TFT-LCD 面板驱动设计。E-mail: caiminhaoyu@126.com



陈超平,男,博士,副研究员,2009年于韩国釜山大学获得博士学位,主要研究方向为增强/虚拟现实、近眼显示、液晶显示。E-mail: ccp@sjtu.edu.cn