

文章编号:1007-2780(2018)06-0504-07

液晶显示屏与电容式触摸屏间的信号串扰抑制

蔡 浩,陈超平*,卢佳惠,俞 冰,李 洋,米岚田,张文博
(上海交通大学 电子工程系 智能显示实验室,上海 200240)

摘要:随着显示技术的不断发展,集成触摸屏的液晶显示(LCD)在日常生产与生活中得到了广泛的应用。良好的触屏显示在人机交互方式上扮演着重要角色。然而,外挂式触摸屏在薄化后,触控感测部件和 LCD 驱动部件之间的距离减小,造成两者之间更紧密的耦合,导致 LCD 对触摸屏的噪声干扰更加严重,造成误触摸情况发生。为此,我们通过本文研究发现,调节源极数据驱动 IC 的内置功能及数据信号的驱动方式,可有效改善噪声干扰问题。首先,根据 TFT 面板阵列的排布,针对性调节源极数据驱动信号,观察噪声干扰的程度。实验结果表明:降低源极数据驱动能力,或更改数据信号的驱动方式为 H2Dot 时,噪声最大的 sub V-stripe 画面下的噪声干扰峰值可下降 75%。基于上述解决方案,达到了降低噪声干扰的目的,提供给用户更精准、灵敏的触控体验。

关键词:触摸屏;噪声干扰;数据信号驱动

中图分类号:TP394.1;TH691.9 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20183306.0504

Reduction of crosstalk between TFT-LCD and capacitive touch panel

CAI Hao, CHEN Chao-ping*, LU Jia-hui, YU Bing, LI Yang, MI Lan-tian, ZHANG Wen-bo

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

Abstract: With the development of display technology, liquid crystal displays integrated with touch panels have been widely used in the daily production and life. Quality touch-integrated display panels play an important role in the human-computer interaction. However, the external touch panel is thinner and thinner, the distance between the touch sensor and LCD driver is reduced, resulting in a closer coupling among these two, which leads to more serious noise interference from LCD to touch panel. In this paper, we find out that the noise interference can be effectively improved by adjusting the function of source driver IC and changing the driving method of data. Firstly, according to the arrangement of TFT array, we adjust the source data driving signal, then observe the level of noise interference. The experimental results show that by reducing the power of the source data drive or changing the driving method of the data signal, the level of noise interference in the sub V-stripe pattern can be reduced by 75%. Based on the above solution, the noise interference is suppressed, which provides users more accurate and sensitive touch experience.

收稿日期:2018-01-31; **修订日期:**2018-03-22.

基金项目:国家自然科学基金(No. 61307028);上海市科学技术委员会(No. 1701H169200, No. 13ZR1420000)

Supported by National Natural Science Foundation of China(No. 61307028); Science and Technology Commission of Shanghai Municipality(No. 1701H169200, No. 13ZR1420000)

* 通信联系人, E-mail: ccp@sjtu.edu.cn

Key words: touch panel; noise interference; source driver

1 引言

日常生活中液晶显示屏(Liquid Crystal Display, LCD)搭配触摸屏(Touch Panel, TP)的模式显然已成为便携消费电子市场的主流。触摸技术不断地追求超高精度、超薄化,但薄化后触控感测器件与 LCD 驱动部件之间的距离减小,造成两者之间更加紧密的耦合,导致 LCD 对触摸屏的噪声干扰严重^[1-4]。目前市面上的触摸屏按安装方式可分为外挂式和嵌入式。本文所研究的噪声干扰是基于外挂式触摸屏,从结构上看,此种触摸屏大致分为 3 个部分,由外到里分别是保护面板、触摸屏、液晶显示屏^[5-6]。

近年来,较多消费类电子产品均是多点触摸的投射电容式触摸屏,其基本实现原理为:当手指触碰到触摸屏时,手指就会作为导体,与触摸屏的感应层形成外部电容,此时外部电容和感应层自有的内部电容构成并联电路,从而改变内部电容的容量。再通过数据驱动线上加高频交流电,计算手指触碰前后振荡周期与频率的改变,控制处理器因而可辨别出触碰的位置,实现实时交互^[7-9]。

2 LCD 对触摸屏的噪声干扰分析

集成触摸屏的液晶显示模组结构如图 1 所示。评价触摸屏性能的参数有精确度、刷新率、响应时间、手指电容、系统固有的噪声电平、信噪比(signal noise ratio, SNR)等。其中,SNR 是指触控信号和噪声信号的比值,其定义为:

$$SNR = 10 \times \lg \left(\frac{\text{SignalPower}}{\text{NoisePower}} \right), \quad (1)$$

其中:Signal Power 表示信号功率,Noise Power 表示噪声功率。从式(1)可以看出,比值越大,触控性能越好,反之,触控性能越差^[10-12]。

以 12.5 in (1 in=2.54 cm) Full HD(分辨率为 1 920×1 080)的液晶显示屏为实验对象,将有效显示区以 XY 轴方向分布。横向 X00-X62,纵向 Y00-Y34 代表 TP Sensor 的位置,均匀分布对应液晶显示面板的有效显示区。其测试方法如图

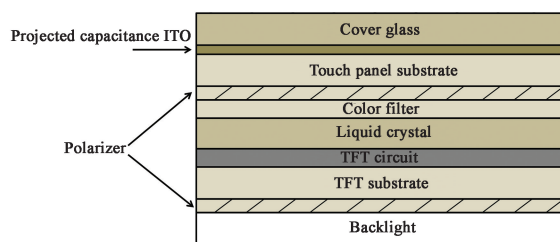


图 1 触摸屏与 LCD 结构图

Fig.1 Architecture of TP and LCD

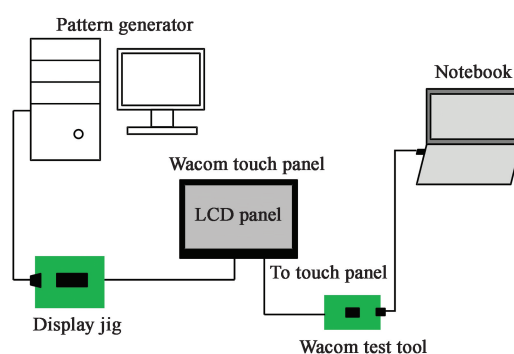
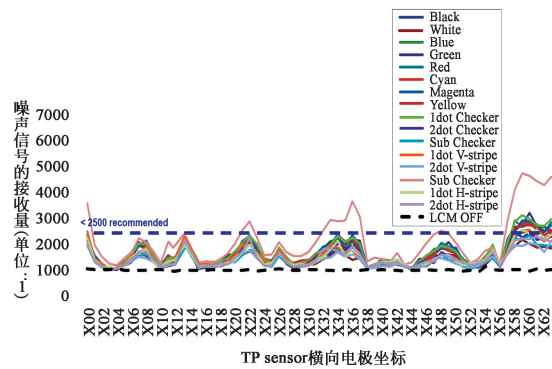


图 2 噪声干扰测试示意图

Fig.2 Diagram of testing noise interference

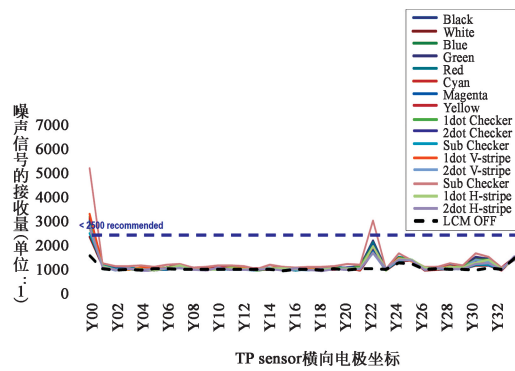
2 所示,在固定环境下,将 Wacom 测试治具连接触摸屏与电脑,接入画面产生设备传输画面信号至液晶显示器,系统设备之间共地,排除电源系统造成的传导噪声。不同画面下,直接通过 TP Sensor 的 RX 接收面板内电磁场的变化量,将接收到的量反馈到上位机软件上,实时观察噪声干扰程度。因固定画面下当前帧与下一帧只是数据极性相反,其通过液晶显示面板传导至触摸屏所呈现的能量一致。不同画面下对 TP 的噪声干扰程度存在差异,噪声峰值小于 2 500 具有良好的触摸效果。如图 3 噪声测试结果所示,纵轴代表噪声信号的接收量,X 方向、Y 方向所对应的均为选取各个点位处最大的噪声量,方便我们分析。噪声峰值较大的画面为 V-stripe、H-stripe、1 dot checker,其中 sub V-stripe 画面最大。

此 12.5 in 的液晶显示屏为平面转换屏(In-Plane Switching, IPS)^[13-14],其薄膜晶体管(Thin Film Transistor, TFT)阵列排布为 single gate 加 Z 架构,数据信号的驱动方式为 column^[15],如图 4 所示。以噪声干扰较大的画面进行分析,对 V-



(a) 横向电极方向的噪声

(a) Noise along the horizontal X-electrodes



(b) 纵向电极方向的噪声

(b) Noise along the vertical X-electrodes

图 3 不同画面下噪声干扰测试结果

Fig.3 Level of noise interference under different patterns

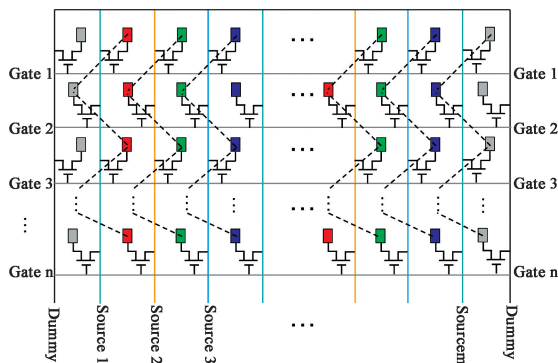


图 4 Single gate 加 Z 阵列架构

Fig.4 Structure of single gate plus Z inversion

stripe 品红画面而言,所呈现出的像素排列如图 5 所示,可以看出其以 6 条 source line 为一个循环,从 source 输出查看电平变化,如图 6 所示,第七条的 source 线电压变化为:亮(正极性)、暗、亮(正极性)、暗,以此循环。由于相邻两条 source

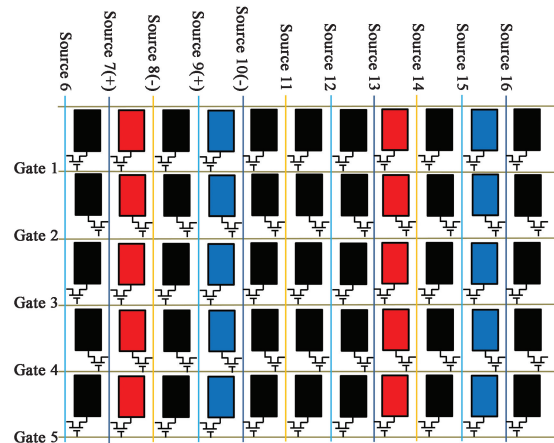
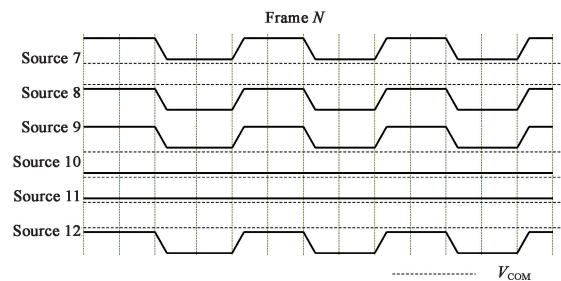


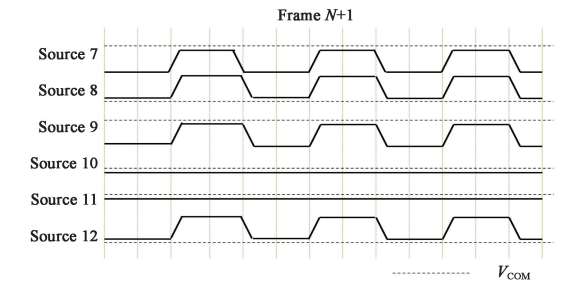
图 5 V-stripe 品红画面像素阵列

Fig.5 Pixel array of V-stripe magenta pattern



(a) 第 N 帧 source 输出波形

(a) Source output waveform in frame N



(b) 第 N+1 帧 source 输出波形

(b) Source output waveform in frame N+1

图 6 V-stripe 品红画面 6 条 source line 循环输出

Fig.6 Outputs of one cycle with six source lines under V-stripe magenta

极性不同,第八条的 source 线的电压变化为:暗、亮(负极性)、暗、亮(负极性),循环下去。可以看出,同一帧内的每 6 条 source 中,4 条电平同方向变化,两条保持恒定。

再以 H-stripe 品红画面为分析对象,像素排列如图 7 所示,6 条 source line 循环,从 source 输出看电平变化,如图 8 所示,第九条的 source 线

电平变化为:亮(正极性)、暗、亮(正极性)、暗,以此循环。第十条 source 线电平变化为:亮(负极性)、暗、亮(负极性)、暗,循环下去。同一帧每 6 条 source 中,4 条中每两条电平反向变化,两条保持不变。同样如图 9,图 10 所示,可得 1 dot checker 品红画面的 source 输出特性,每 6 条 source 中,两条电平反方向变化,4 条保持恒定。

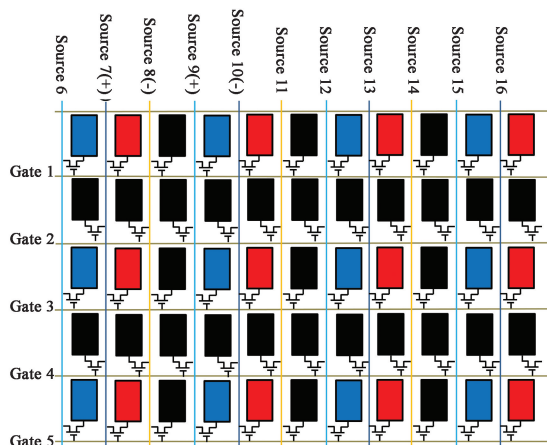
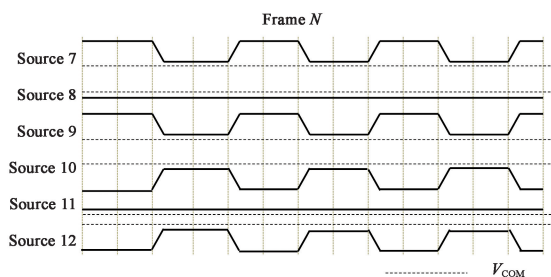


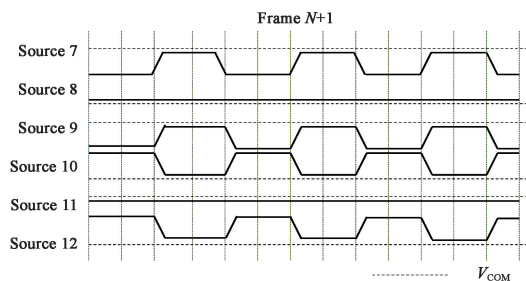
图 7 H-stripe 品红画面像素阵列

Fig.7 Pixel array of H-stripe magenta pattern



(a)第 N 帧 source 输出波形

(a)Source output waveform in frame N



(b) 第 N+1 帧 source 输出波形

(b)Source output waveform in frame N+1

图 8 H-stripe 品红画面 6 条 source line 循环输出

Fig.8 Outputs of one cycle with six source lines under H-stripe magenta

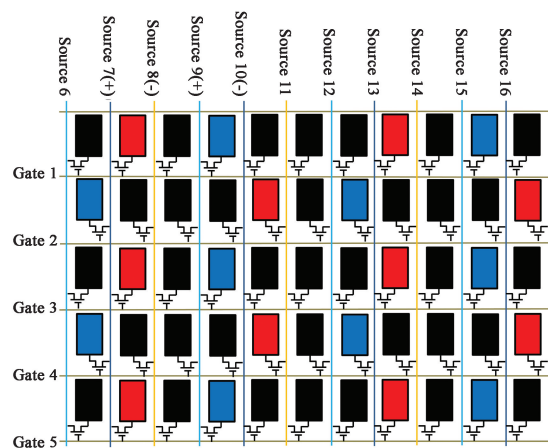
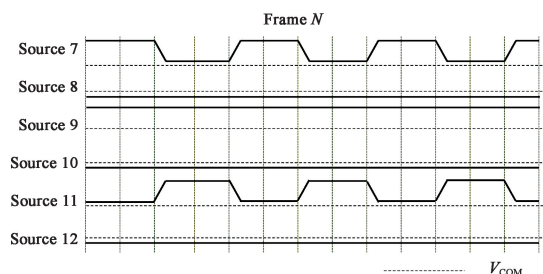


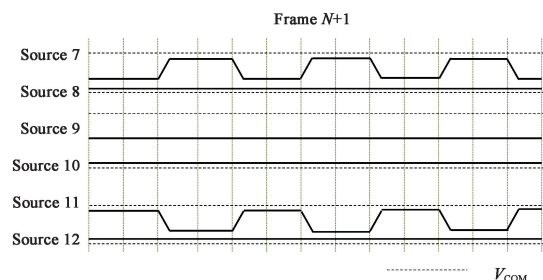
图 9 1dot checker 品红画面像素阵列

Fig.9 Pixel array of 1dot checker magenta pattern



(a)第 N 帧 source 输出波形

(a)Source output waveform in frame N



(b)第 N+1 帧 source 输出波形

(b)Source output waveform in frame N+1

图 10 1dot checker 品红画面 6 条 source line 循环输出

Fig.10 Outputs of one cycle with six source lines under 1dot checker magenta

对比三者我们发现,如只考虑 source 线的变化量,V-stripe 画面等于 H-stripe 画面大于 1dot checker 画面;再考虑 source 线之间的电磁场相互抵消的关系,V-stripe 画面大于 H-stripe 画面大于 1dot checker 画面。为此,再针对 sub V-stripe 画面进行分析,可得出其每根 source 电平

变化方向相同,噪声干扰理论上最高,并与实际测试结果进行对比,结果相吻合。

3 降低噪声干扰的实验

3.1 源极数据的驱动能力

以测试噪声峰值最大的画面及较大的 X7、X23、X36、X49、X60、Y23 等坐标点为采样点进行分析。调节数据驱动 IC 的驱动能力,即 PWRC 功能,其功能描述如表 1 所示。观测到不同驱动能力下的噪声干扰结果如图 11 所示,结果表明,降低驱动能力后,最大噪声峰值可下降约 56%。

表 1 数据信号驱动 IC 的 PWRC 功能

Tab.1 Function of source driver IC's PWRC

Name	Function	Description
PWRC	Output buffer bias control	Output current drivability control corresponding to capacitive load
		PWRC[1 : 0] = LL : 60% x normal
		PWRC[1 : 0] = LH : 70% x normal
		PWRC[1 : 0] = HL : 80% x normal
		PWRC[1 : 0] = HH : 100% x normal

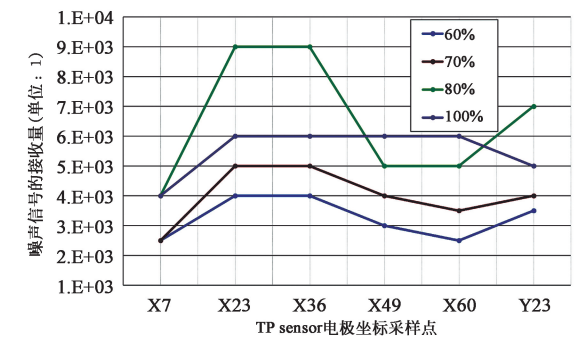


图 11 不同数据驱动能力下噪声干扰结果

Fig.11 Result of noise interference under different PWRC parameter

3.2 源极数据驱动 IC 的 CHOP 功能

CHOP 功能在 Source IC 中的描述为表 2 所示,具体实现原理如图 12 所示,在每条 Source IC 输出处都有一个双向输入的 CHOP,其有正极性与负极性端之分。选择的输入不同,得到的电压不同,可以选择任意一个输入,其中 V_{os} 为补偿参数。图中蓝色路径为正极性补偿,输入经过数据缓存器后加上补偿参数后输出;红色路径为负极

性补偿,输入经过数据缓存器后减去补偿参数会输出。图 13 则为每两帧每两行起一次作用的例子,让像素偏暗与偏亮,以达到画面改善的目的。简单来说,就是使画面清晰处更清晰,暗的更暗,画面呈现的更明显。

按表 2 调节 CHOP 功能的设定参数,实际观察到的噪声干扰程度如图 14 所示,其对噪声改善并不明显,噪声峰值最多下降 20%。

表 2 数据信号驱动 IC 的 CHOP 功能

Tab.2 Function of source driver IC's CHOP

Name	Function	Description
CHOP[1 : 0] = LL : Chopping is disable		
Gamma CHOP[1 : 0] = LH : Frame chopping		
CHOP chopper CHOP[1 : 0] = HL : Line chopping		
control CHOP[1 : 0] = HH : Line chopping (Frame inversion)		

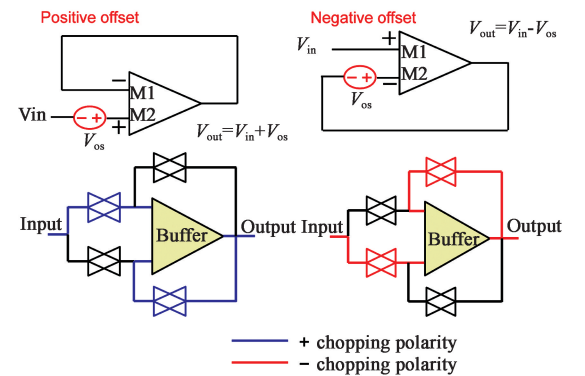


图 12 CHOP 功能示意图

Fig.12 Diagram of CHOP function

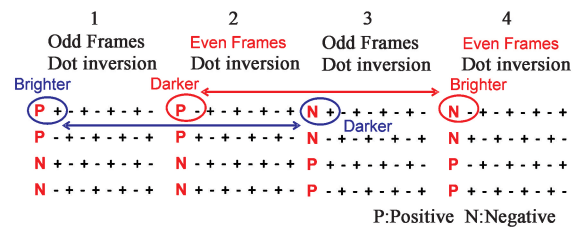


图 13 每两帧每两行示意

Fig.13 Diagram of two frames per two lines

3.3 源极数据驱动方式

通过改变时序控制器 (Timing Controller, TCON) 的代码,实现不同的数据信号驱动方式,观测相应驱动方式下的噪声情况^[16]。其噪声干扰验证如图 15 所示,驱动方式为 1 Dot 时噪声最大,H2Dot 时最小,噪声最大峰值可下降 75%。

调整为 2Dot 或 1+2Dot 时,sub V-stripe 画面噪声干扰有所改善,但会造成其他画面噪声增大。

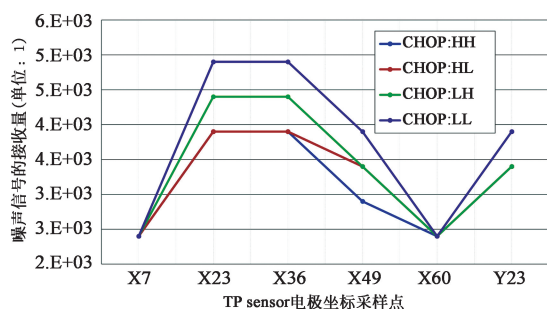


图 14 不同 CHOP 参数下噪声干扰结果

Fig.14 Result of noise interference under different CHOP parameter

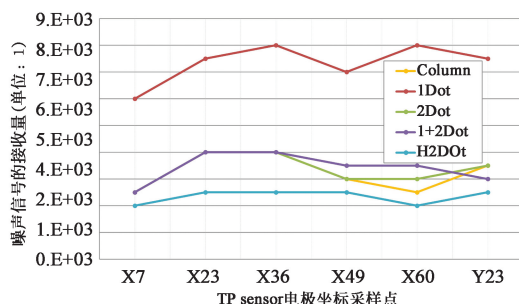
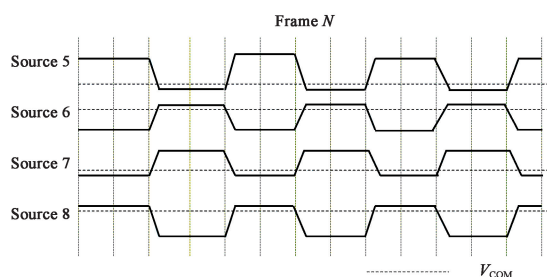


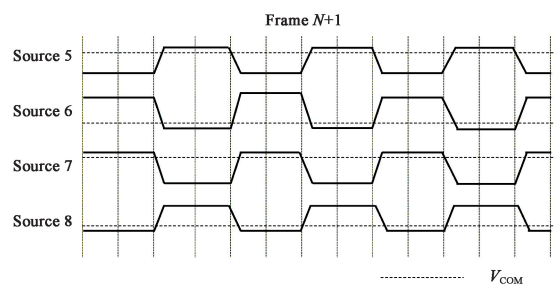
图 15 不同数据信号驱动方式下的噪声干扰

Fig.15 Result of noise interference under different source driver method



(a)第 N 帧 source 输出波形

(a)Source output waveform in frame N



(b)第 $N+1$ 帧 source 输出波形

(b)Source output waveform in frame $N+1$

图 16 H2Dot 驱动方式下 sub V-stripe 画面四条 source line 循环输出

Fig.16 Outputs of one cycle with four source lines under sub V-stripe pattern with H2Dot driver method

结果表明,调整驱动方式为 H2Dot 时,4 条 source line 为一个循环,从 source 输出查看电平变化,如图 16 所示,source 之间电平变化可使得数据信号之间的电磁场变化相互抵消,从而降低噪声干扰。

4 结 论

本文从测试噪声干扰较严重的画面入手,结合液晶显示屏的 TFT 像素阵列,分析了噪声干扰较大画面下 source 输出特性,验证了 source 输出电平之间的变化对触摸屏噪声干扰的影响。除了调试触摸屏的主动笔外,经过对液晶显示屏源极数据驱动 IC 的内置功能及数据信号驱动方式的调节,可有效改善噪声干扰问题。实验结果表明:噪声干扰幅度最大的 sub V-stripe 画面下,降低源极数据驱动能力可将噪声峰值降低 56%;或更改数据信号的驱动方式,此方案改善噪声效果明显,当驱动方式为 H2Dot 时的噪声干扰峰值可下降 75%,给用户提供了更精准的触控体验。

参 考 文 献:

- [1] 严乔,弓欣,刘子学,等.触摸屏绑定用光学胶特性研究[J].液晶与显示,2017,32(4):275-280.
YAN Q, GONG X, LIU Z X, et al. Characteristics of optical adhesives in touch panel [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2017, 32(4): 275-280. (in Chinese)
- [2] 陈立权.触摸控制系统中自适应噪声防护算法研究[D].武汉:武汉大学,2014.
CHEN L Q. Research on adaptive noise mitigation algorithm in touch control system [D]. Wuhan: Wuhan University, 2014. (in Chinese)

- [3] 周长发. 基于 RISC 架构的 HMI 系统中触摸屏的研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2008.
ZHOUC F. Research on touch screen in HMI system based on RISC architecture [D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2008. (in Chinese)
- [4] 张明. 电容式触摸屏自适应扫描控制电路的研究与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2013.
ZHANG M. Study and implementation of adaptive scan control circuits used in capacitive touch panel [D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2013. (in Chinese)
- [5] 张利利, 侯毅, 傅博, 等. 触摸屏用双组分加成型有机硅液体光学胶水的研究[C]//中国平板显示学术会议. 2016: 1137-1142.
ZHANG L L, HOU Y, FU B, *et al.* Preparation and performance study on additional organic silicone liquid optical clear adhesive in touch panel [C]//*China FPD Conference*. 2016: 1137-1142. (in Chinese)
- [6] 陈旭, 叶家聪. Oncell 触控技术在车载中的应用[J]. 液晶与显示, 2015, 30(3): 410-415.
CHEN X, YE J C. Oncell touch panel technology in automotive [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2015, 30(3): 410-415. (in Chinese)
- [7] 张雪峰. 触摸屏技术浅谈[J]. 现代物理知识, 2008, 16(3): 43-45.
ZHANG X F. Touch screen technology [J]. *Modern Physics*, 2008, 16(3): 43-45. (in Chinese)
- [8] 周自立. 电容式触摸屏的多点解决方案[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.
ZHOU Z L. Multi-touch solutions of capacitive touch panel [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2012. (in Chinese)
- [9] 穆园园, 郭小军, 唐先柱. 基于驱动电路的改善以降低液晶显示器对电容触摸屏的杂讯干扰[C]//2014 中国平板显示学术会议论文集. 南京: 中国光学学会电子行业协会液晶分会, 中国物理学会液晶分会, 中国电子学会, 2014: 39-41.
MU Y Y, Guo X J, TANG X Z. Reducing the LCD's noise effect to capacitive Touch-screen based on optimizing the LCD's driving circuits [C]//*China FPD Conference*. Nanjing: China Electronics Association, China Association of Liquid Crystals, China Society of Physics, China Society of Electronics, 2014: 39-41. (in Chinese)
- [10] 李兵兵, 黄子强. 电容式多点触摸屏的器件设计及算法实现[J]. 液晶与显示, 2011, 26(2): 216-219.
LI B B, HUANG Z Q. Device design and algorithm implementation of capacitive multi-touch screen [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2011, 26(2): 216-219. (in Chinese)
- [11] ZHAN S W, WEI T C, LI B, *et al.* A touch sensor controller IC adopting differential measurement for projected capacitive touch panel systems [C]//*Proceedings of the IEEE 12th International Conference on Computer and Information Technology*. Chengdu: IEEE, 2012: 477-481.
- [12] RUAN J Y, CHAO P C P, CHEN W D. A multi-touch interface circuit for a large-sized capacitive touch panel [C]//*Proceedings of IEEE SENSORS 2010 Conference*. Kona, HI: IEEE, 2010: 309-314.
- [13] CHEN C P, CHUNG T C, GUO X J, *et al.* 2-Face Viewable Liquid Crystal Display by In-Plane Switching [J]. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 2011, 544(1): 232-236.
- [14] CHEN C P, PREMAN SP, YOON T H, *et al.* Dual-mode operation of dual-frequency liquid crystal cell by horizontal switching [J]. *Applied Physics Letters*, 2008, 92(12): 123505.
- [15] 马群刚. TFT-LCD 原理与设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.
MA Q G. *The Principle and Design of TFT-LCD* [M]. Beijing: Electronic Industry Publishing, 2011. (in Chinese)
- [16] 吴琦. TFT-LCD 驱动技术的研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2008.
WU Q. *Study on the driving technology for TFT-LCD* [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2008. (in Chinese)

作者简介: 蔡浩(1988—), 男, 江苏盐城人, 硕士研究生, 主要研究方向为 TFT-LCD 面板驱动设计。E-mail: caiminhaoyu@126.com