

文章编号:1007-2780(2017)07-0538-05

液晶屏低灰阶下显示不均的改善和研究

朱麾忠*, 毛 旺, 陈小娇, 刘俊国, 孙盛林

(北京京东方专用显示科技有限公司, 北京 100176)

摘要:针对目前液晶显示屏在低灰阶下显示不均匀的问题,对基于图像处理的亮度矫正方法在液晶显示屏中的改善进行了实验。基于高精度超暗亮度 CCD 采集器,采集液晶显示屏在低灰阶下单个像素的亮度信息及 Gamma 曲线数据,并逐个像素进行矫正。重点介绍了该采集系统与其他采集设备的优势及亮度和云纹矫正算法,试验结果表明:该采集系统可以一次完成所有像素的亮度信息的采集,并能有效分辨各像素点的亮度,理论上均匀度可以提高到 100%,在正常显示状态下,可以独立实时地对每一帧画面进行矫正,确保显示信息的真实性。

关键词:液晶屏;显示不均;亮度;低灰阶

中图分类号: TN141 **文献标识码:** A **doi:**10.3788/YJYXS20173207.0538

Improvement and analysis of display nonuniformity of LCD under low gray level

ZHU Hui-zhong*, MAO Wang, CHEN Xiao-jiao, LIU Jun-guo, SUN Sheng-lin

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

Abstract: Regarding the problem of display nonuniformity under low gray level, experiments were designed to improve the display defect based on the luminance correction method of image processing. Based on high definition and super dark brightness CCD collector, the luminance information and Gamma curve data of each pixel of the liquid crystal display under low gray level were acquired, thus correcting the pixels one by one. The paper emphasizes on the introduction of the advantages of this acquisition system compared with others as well as the algorithm of brightness and cloud pattern correction. The experiment result indicates that the acquisition system can collect the brightness information of all pixels at a time, and can distinguish the luminance variety of each pixel effectively. The uniformity can be increased up to 100% theoretically. Under normal display condition, it can correct each frame of the picture independently in real time, ensuring the authenticity of the display information.

Key words: panel; nonuniformity; luminance; low gray

收稿日期:2016-11-08;修订日期:2017-02-26.

* 通信联系人, E-mail: zhuhuizhong@boe.com.cn

1 引言

随着液晶显示屏 TFT-LCD 技术与器件的飞速发展,广泛应用于消费电子、汽车、轨道公交、航空防务等各个领域,目前已成为市场主流^[1-5]。随之客户体验的要求在提升,包括特殊应用的特殊需求,对显示质量提出了更高的要求。

显示质量中 Mura 类的问题,越来越被客户所重视,其中黑态即低灰阶下显示不均即是 Mura 的一种表现。对于黑态显示不均的问题,从商用和车载显示终端发展开始重点关注,再到民航和防务显示领域,黑态下显示均匀性的要求对于使用者至关重要。由于车载显示在显示地图信息时,要求黑色背景亮度一致;同样,航空驾驶舱内显示屏对于黑色背景亮度的要求更加苛刻,主要是因为机载类显示器大部分时间都工作在低灰阶状态下,以显示飞机姿态速度等信息如果出现显示不均,飞行员将无法准确判断。

关于黑态显示不均的问题,各大屏厂也极其关注,目前主要是在液晶量和柱状隔垫物方面做改善,调整量很有限,过多调整,可能会带来重力 Mura 和贴合黄斑等问题^[6-9],黑态亮度均匀性维持在 50% 左右,不能满足机载等特殊用途的要求。本文利用该算法对每个像素点的亮度进行矫正,来提高亮度均匀性。

2 不良现象

飞机驾驶舱内的显示器状态和分布如图 1 所示。

显示不均是指显示模组的不同区域的亮度不



图1 机载显示器

Fig.1 Cockpit LCD

同,如果不考虑背光源,就液晶屏本身来说,体现在透过率指标的不一致上,如图 2 所示。

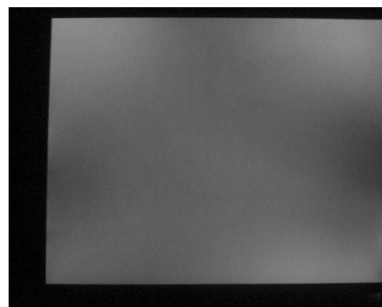


图2 不良现象

Fig.2 Defect phenomenon

本文关注的是黑态即低灰阶下的显示均匀性指标,白态或高灰阶下的亮度实际也是存在差异的^[10],只不过人眼对于高亮度的均匀性识别能力有限,目前还不被人们所关注。

3 采集系统设计

3.1 亮度采集传感器

与工业相机通常用 CMOS 传感器相比,该系统采用 CCD 传感器,保证了采集的线性度,即被测光源变化的与 CCD 输出数值呈线性关系。同时,为了解决 CMOS 非线性度随环境温度、使用时间变化而变化的问题,通常认为,温度每降低 5℃,热噪声可以降低一半,故系统增加了低温半导体制冷恒温装置,有效地消除了热噪声的测量误差,使得采集数据恒定。

CCD 传感器的每个像素面积大,可容纳的光子数量多,测量亮度的范围宽广,可以感知细微的亮度差异。由于液晶显示屏的 L0 灰阶亮度一般只有 0.3~0.6 nit(在背光源亮度为 5 000 nit 条件下),为实现对超低暗光源的采集,需要对光通量进行补偿,在提高有效光强摄入的同时,保证清晰度。工业相机的 CMOS 采集精度通常是 10 位,灰度分辨率是 2 048 级,该系统中 CCD 采集精度是 16 位,灰度分辨率是 65 536 级,采集精度可以直观的用图 3 说明。同时,配备了高精度的模数转换器和大光圈,对大尺寸液晶屏可以实现单次完成采集。

为使采集到的信息更适合人眼的视觉效果,在镜头前面增加了补偿波片,使得采集的图片更

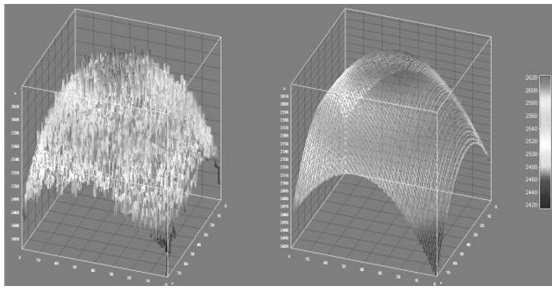


图 3 不同采集精度效果对比

Fig.3 Effect comparison of different acquisition accuracy

适合人眼的视觉效果^[11]。

3.2 硬件电路系统

硬件电路由 3 部分组成,如图 4 所示。分别是系统板、数据处理模块和 LCD 输入模块,功能分别是系统数据由 DVI 转换为 LVDS 格式、对采集到的数据进行实时处理和 LCD 驱动和显示。其中,数据处理部分采用 AVNET 公司型号为 FMC-HDMI-CAM FMC 的 FPGA 来实现,处理过程如图 5 所示。其中,Cr 是红色的亮度校正系数,Crg 和 Crb 是红色的颜色校正系统,绿色、蓝色处理同红色。校正系统存储于 Flash 中,FPGA 对输入的每个像素点进行校正,如果只做亮度调整,图 5 中只有亮度数据有效,颜色校正数据为“0”。

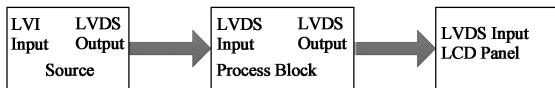


图 4 硬件模块图

Fig.4 Hardware block

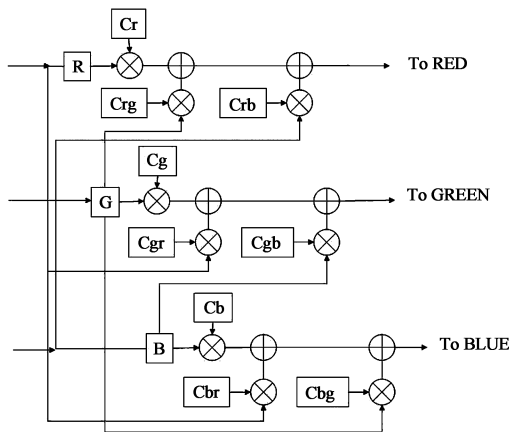


图 5 FPGA 工作原理图

Fig.5 FPGA schematic diagram

3.3 算法设计

在 FPGA 基础上植入如图 6 所示的软件功能。首先调整每个像素在照片中的位置,其次采集 Gamma 曲线和低灰阶下的各像素亮度,通过计算得出各灰阶下每个像素点需要补充的亮度数据,最后将补充后的像素亮度呈现在液晶屏上,可以根据不同标准,预设不同的补偿目标值,以达到最佳的显示效果。

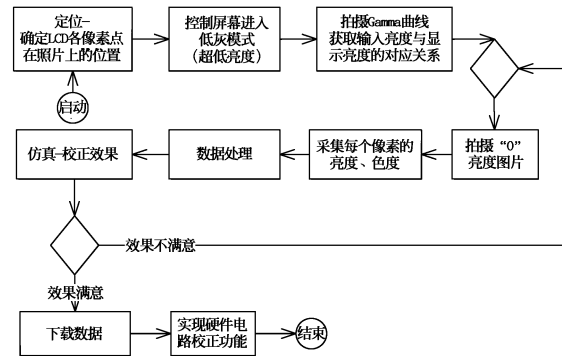


图 6 算法功能框图

Fig.6 Arithmetic function block

4 实 验

通过以上完成采集系统的设计与建立,下面对原屏进行了一系列校正实验。实验数据如图 7 所示。

图 7 中第一行绿色部分是液晶屏亮度的分布图,第二行是分别测试 9 点亮度值,第三行是矫正前后液晶屏的效果照片,从图中可以看出选用样品的亮度均匀性只有 53%,对应的亮度分布差异较大,用 2 700 作为目标值进行矫正,亮度均匀性达到 88.8%,对应的亮度分布依然较突兀,用 5 500 作为目标值进行矫正,亮度均匀性达到 90.6,对应的亮度分布较理想,但由于此时整体亮度较高,对于对比度的牺牲也较大。同时,由于不同亮度区域差别较大,在分界线附近出现了云纹类的条纹,如图 7(i)中所示,视觉上难以接受,再通过均值滤波算法将分界线区域的云纹消除,如图 7 所示。即将亮度变化明显区域的相邻 9 点像素的亮度进行均一化处理,再用模板中全体像素的平均值来代替原来像素值。得到了图 8 中右图的效果,模糊处理了突兀的云纹界线,整体提升了低灰阶下的亮度均匀度。

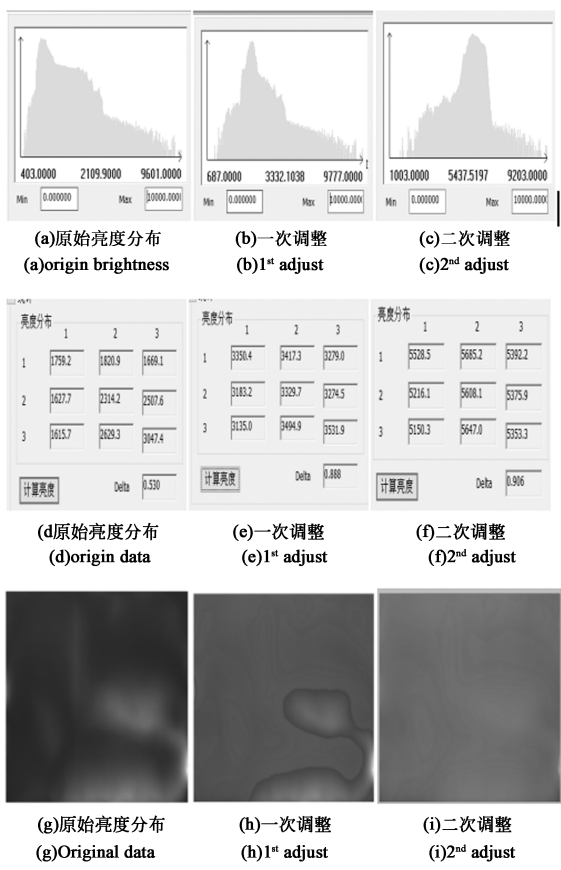


图 7 亮度拟合比例设定试验
Fig.7 Experiment of brightness establishment

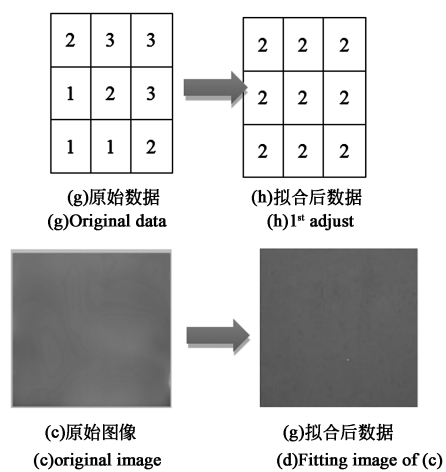


图 8 均值滤波前后对比图
Fig.8 Comparison diagram of average filtering

另外,对样品的色彩和响应速度相关指标进行了评价。色彩指标测试结果如表 1 和表 2 所示,可以看出色坐标和色域都没有明显变化。

表 1 原始色度数据

Fig.1 Original chromaticity data

Color	Lum(cd/m ²)	CIE-x	CIE-y
White	414.60	0.2930	0.3142
Red	75.970	0.6392	0.3393
Green	289.80	0.3218	0.6206
Blue	48.83	0.1486	0.0778
Black	0.4928	0.2575	0.2644
NTSC(CIE1931)	69.85%		
NTSC(CIE1976)	77.72%		

表 2 拟合后色度数据

Fig.2 Fitting chromaticity data

Color	Lum(cd/m ²)	CIE-x	CIE-y
White	422.3	0.293	0.3142
Red	77.36	0.6383	0.3394
Green	296	0.3218	0.6207
Blue	49.76	0.1486	0.0775
Black	0.6612	0.2613	0.2704
NTSC(CIE1931)	69.74%		
NTSC(CIE1976)	77.59%		

液晶屏的响应速度我们用白到黑加黑到白的切换时间来评价,如表 3 和表 4 所示,可以看出响应速度没有衰减。

表 3 原始响应时间

Fig.3 Original response time (ms)

	0	255
0		10.157
255	10.586	

表 4 拟合后响应时间

Fig.4 Fitting response time(ms)

	0	255
0		10.238
255	10.633	

5 结 论

显示均匀性与液晶量、柱状隔垫物、黑矩阵等等因素都相关,传统改善黑态均匀性的设计通常受到工艺波动的影响,很难提升到较好的视觉效果。本文提出的改善液晶屏低灰阶下的显示不均的系统,通过高分辨率的 CCD 采集器采集到黑态下单个像素的亮度和 Gamma 曲

线数据,计算像素实际亮度和目标值之间的差异作为补偿值写入存储器,再加入均值滤波算法,最终得到如图 8 (d)的显示效果,理论上,亮度均一性可以提升至 100%,色度偏差控制在 5%以内,响应速度保持不变。对于车载及航空类显示设备,要求有很高的黑态均匀性和很好的推广应用。此外,该系统还可以采集各像素点的 RGB 颜色数据,利用图 5 所示的工作原理,分别对三基色进行补偿,最终得到颜色一致性较好的效果。

参 考 文 献:

- [1] KAGAN C R, ANDRY P. 薄膜晶体管(TFT)及其在平板显示器中的应用[M]. 廖燕平, 王军, 译. 北京: 电子工业出版社, 2008: 132-138.
KAGAN C R, ANDRY P. *TFT and its Application in FPD* [M]. LIAO Y P, WANG J, Trans. Beijing: Electronic Industry Press, 2008: 132-138. (in Chinese)
- [2] 马群刚. TFT-LCD 原理与设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2011: 124-127.
MA Q G. *Theory and Design of TFT-LCD* [M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2011: 124-127. (in Chinese)
- [3] 黄锡珉. 液晶显示技术发展轨迹[J]. 液晶与显示, 2003, 18(1): 1-6.
HUANG X M. Road-map of LCD technology [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2003, 18(1): 1-6. (in Chinese)
- [4] PAULUTH D, TARUMI K. Optimization of liquid crystals for television [J]. *Journal of the Society for Information Display*, 2005, 13(8): 693-702.
- [5] 王新久. 液晶光学与液晶显示[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 239-245.
WANG X J. *Liquid crystal Optics & Liquid crystal Display* [M]. Beijing: Science Press, 2006: 239-245. (in Chinese)
- [6] 夏子祺. TFT-LCD 制造工艺中 White Mura 的消除[D]. 天津: 天津大学, 2010.
XIA Z Q. White Mura elimination in TFT-LCD manufacture process[D]. Tianjin: Tianjin University, 2010. (in Chinese)
- [7] 闫方亮, 沈世妃, 侯智, 等. a-Si 厚度对 TFT 开关特性的影响[J]. 现代显示, 2011(7): 23-28.
YAN F L, SHEN S F, HOU Z, et al. Effect of a-Silicon thickness on TFT characteristic [J]. *Advanced Display*, 2011(7): 23-28. (in Chinese)
- [8] JANG K H, HWANG S J, JOO Y C. Effect of capping layer on hillock formation in thin Al films [J]. *Metals and Materials International*, 2008, 14(2): 147-150.
- [9] PAULUTH D, TARUMI K. Optimization of liquid crystals for television [J]. *Journal of the Society for Information Display*, 2005, 13(8): 693-702.
- [10] 戴亚翔. TFT LCD 面板的驱动与设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
DAI Y X. *Design and Operation of TFT LCD Panels* [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2008. (in Chinese)
- [11] FAN F, DU T, SRIVASTAVA A K, et al. Axially symmetric polarization converter made of patterned liquid crystal quarter wave plate [J]. *Optics Express*, 2012, 20(21): 23036-23043.

作者简介: 朱麾忠(1984—), 男, 河北邯郸人, 硕士研究生, 工程师, 2010 年于燕山大学获得硕士学位, 现为北京京东方专用显示科技有限公司技术中心部长, 主要从事液晶显示技术方面的研究。E-mail: zhuhuizhong@boe.com.cn