

文章编号:1007-2780(2014)02-0293-05

侧出 LED 背光动态调光算法研究

向 艳¹,冯奇斌^{2,3},吕国强^{2,3*}

- (1. 中航华东光电有限公司,安徽 芜湖 241002;
2. 合肥工业大学 特种显示技术教育部重点实验室,特种显示技术国家工程实验室,
现代显示技术省部共建国家重点实验室,安徽 合肥 230009;
3. 合肥工业大学 光电技术研究院,安徽 合肥 230009)

摘要:液晶显示具有对比度和能效不高的问题。动态调光可以有效提高液晶显示对比度并降低能耗。针对市场主流背光产品,提出了用于侧出式背光的全局调光算法。根据图像特征值,确定背光调光亮度。根据 S 曲线方程,对液晶像素进行补偿,高于 S 曲线拐点的像素亮度值增加,低于拐点的亮度值减少,有效提高静态对比度。最后进行了软件仿真,并开发了工程化样机。播放包括常见电视内容的视频,平均节能率为 17%,没有人眼感知的失真。

关 键 词:动态调光;S 曲线;像素补偿

中图分类号:TN27 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20142902.0293

Dynamic dimming algorithm in side-lit LED backlights

XIANG Yan¹,FENG Qi-bin^{2,3},LV Guo-qiang^{2,3*}

- (1. AVIC Huadong Photoelectric Co. Ltd, Wuhu 241001, China;
2. Key Laboratory of Special Display Technology of the Ministry of Education,
National Engineering Laboratory of Special Display Technology, National Key Laboratory of
Advanced Display Technology, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;
3. Academy of Photoelectric Technology, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: Liquid crystal displays have two shortcomings of low CR and power efficiency. Dynamic dimming can help LCD to achieve high contrast ratio and reduce power consumption. Aimed at mainstream backlight products, the paper proposes a global dimming algorithm. The dimming level of the backlight and S-shaped curve are determined based on the characteristic parameters of an input image. The pixels with higher grayscales become brighter and the pixels with smaller grayscales become darker, which improves contrast efficiently. The engineering prototype is developed. When displaying the video consisting different contents common on TVs, the average power reduction ratio reaches 17%. There are no human perceived distortions.

Key words: dynamic dimming;S-curve;pixel compensation

收稿日期:2013-11-24;修订日期:2013-12-11.

基金项目:安徽省 2012 科技计划资助项目(No. 1206c0805007)

* 通信联系人,E-mail:guoqianglv@hfut.edu.cn

1 引言

液晶显示(Liquid Crystal Display, LCD)经过多年发展,已经成为平板显示的主流技术。液晶本身不发光,需要背光源发出光线照亮显示区域。发光二极管(Light Emitting Diode, LED)具有纳秒级的响应速度^[1-2],保证了动态调光技术在液晶显示中的应用。动态调光技术就是根据显示图像内容动态改变背光亮度,以提高显示对比度,降低能耗^[3-11]。目前提出的动态调光算法主要包括平均值法、最大值法、均方根值法、映射曲线反转法等。

动态调光技术分为全局调光和区域调光。区域调光要求背光具有多个能够独立调节亮度的区域,根据图像内容动态决定每个区域的背光亮度。全局调光则是整体改变背光亮度。目前占市场绝大部分份额的液晶电视采用侧出式背光结构,没有进行分区设计,无法采用区域调光技术。故本文针对全局调光,通过引入图像处理技术开发了有助于降低能耗、提高静态对比度的全局调光算法。

2 全局调光算法

动态调光算法主要包括 2 个步骤:(1)确定背光亮度;(2)对液晶像素亮度进行补偿。

2.1 背光调光亮度确定

为充分表达图像的特征值,本文采用如下算法确定背光亮度^[3]:

$$\begin{cases} k_{BLU} = (L_{avg} + 0.5 \times (L_{diff} + \frac{L_{diff}^2}{255})) / 255, \\ L_{diff} = L_{max} - L_{avg} \end{cases} \quad (1)$$

式中: L_{avg} 是所有像素的平均灰度, L_{max} 是所有像素的最大灰度。 k_{BLU} 是背光调整因子,介于 0 和 1 之间,当显示全黑图像时,背光关闭, $k_{BLU} = 0$;显示全白图像时,背光处于最亮状态, $k_{BLU} = 1$ 。可以看出,该背光调光亮度确定方法既考虑了图像的平均亮度,也满足了图像最亮部分的亮度要求,以期在保证显示质量的前提下获得尽可能高的节能率。

2.2 液晶像素补偿

背光调光亮度确定后,为补偿背光亮度的降

低,需要对 LCD 像素进行调整,以避免显示亮度过低。式(2)是目前普遍采用的线性补偿方法。

$$I \times BL = I' \times BL', \quad (2)$$

式中: BL 和 BL' 分别为调光前后的背光亮度值, I 和 I' 分别为调光前后 LCD 像素强度。可以看出,当背光亮度降低较多时(BL' 较小),将导致液晶分子补偿过大(I' 过大),超过 255 而造成溢出失真。

为避免溢出失真并提高静态对比度,本文采用一种 S 曲线方法对液晶像素进行调节。S 曲线方程如式(3)所示:

$$y = \frac{255}{1 + e^{(L_{point} - x) \times a}}, \quad (3)$$

其中: L_{point} 为 S 曲线拐点坐标。从图 1 可以看出:亮度小于 L_{point} 的像素调节因子小于 1,变得更暗,亮度大于 L_{point} 的像素调节因子大于 1,变得更亮,以此有效提高静态对比度。

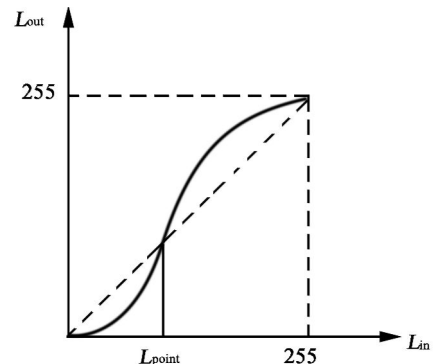


图 1 S 曲线

Fig. 1 S curve

L_{point} 决定像素调节的范围,由式(4)确定:

$$L_{point} = \frac{L_{25} + L_{50}}{3}, \quad (4)$$

式中: L_{25} 是包括所有像素 25% 的对应灰度值; L_{50} 是包括所有像素 50% 的对应灰度值。

S 曲线方程中的另一个参数 a 决定了曲线的曲率。图 2 表明其他条件一定时, a 值和 S 曲线形状的关系。可以看出,随着 a 值的增大, S 曲线变得越来越弯曲,也就是对像素的调整越来越大,一方面可以获得较大的对比度的提升,另一方面也可能引起图像细节的丢失,故需要结合图像特征、背光的调整因子 k_{BLU} 综合确定 a 的取值。

获得 S 曲线后,就可以得到不同灰度的液晶像素调整系数 k_{led} :

$$k_{led} = \frac{L_{out}}{L_{in}}, \quad (5)$$

式中: L_{in} 是像素原始灰度值, L_{out} 是调光后像素灰度值。调光后子像素亮度值 (R', G', B') 由式(6)得到:

$$(R', G', B')_{i,j} = (k_{led})_{i,j} \times (R, G, B)_{i,j}. \quad (6)$$

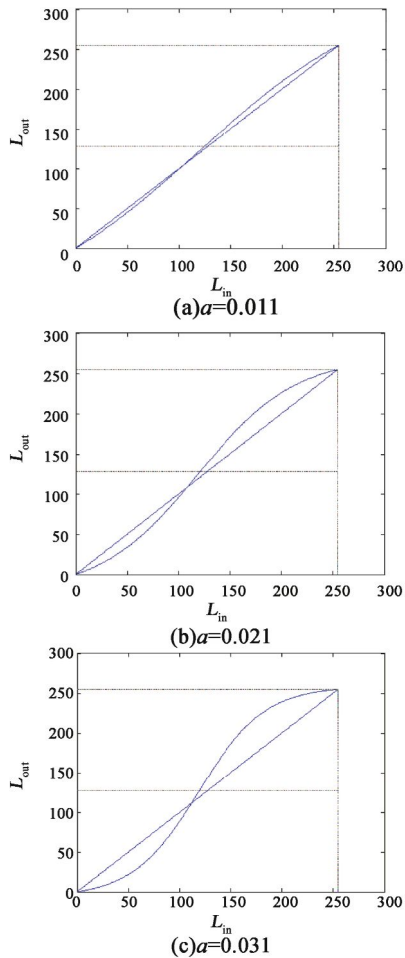


图2 α 和 S 曲线的关系

Fig. 2 S curves with different α

3 软件仿真

选择 40 幅图片进行了仿真试验(如图 3, 左上角到右下角图片编号顺序为 No. 1~No. 40), 仿真结果见图 4 和图 5。

仿真时图片对比度根据式(7)计算, 其中 L_{90} 是包括所有像素 90% 的对应灰度值, L_{10} 是包括所有像素 10% 的灰度值。

$$CR = \frac{L_{90}}{L_{10}} \times 100\%, \quad (7)$$

背光节能率(Power Reduction, PR)根据式(8)计算得到:



图3 仿真/测试图片

Fig. 3 Simulation/test pictures

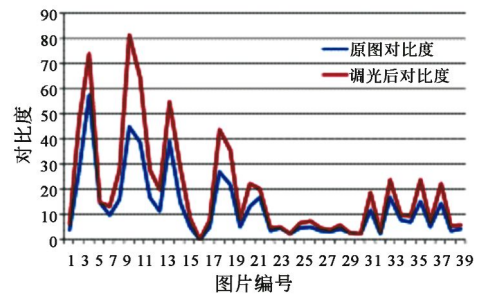


图4 调光前后对比度仿真结果

Fig. 4 CR simulation with and without dimming

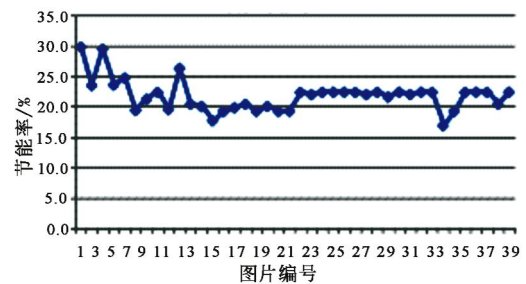


图5 调光节能率仿真结果

Fig. 5 Power reduction simulation

$$PR = (1 - k_{BLU}) \times 100\%. \quad (8)$$

可以看出, 40 幅调光后的图片对比度相对原图都有一定的提升, 对比度平均提高了 52.25%, 调光后 40 幅图片的能耗均有所下降, 平均下降了 21.92%。图 4 可以看出: 对于亮度分布比较平均的图像, 像素值增加或减少的空间有限, 对比度提高不明显, 如 No. 21~No. 30; 图像中亮度没有达到最大值且在较亮和较暗区域均有分布的图像, 如 No. 8, 对比度提升较为明显。图 5 可以看出: 随着图像整体亮度由高到低, 背光节能率呈由低到高的趋势, 但对于 No. 6、No. 9、No. 34 的图像, 整体亮度较低, 但由于存在太阳或烟花的高亮对象, 决定了式(1)中的 L_{diff} 较大, 由此 k_{blu} 不会太低, 能耗降低不多。

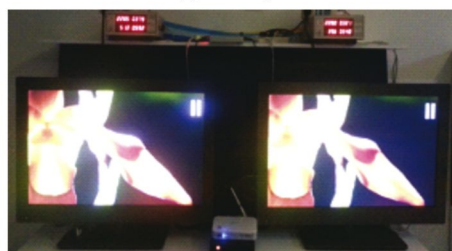
4 工程化样机

课题组开发了采用本文调光算法的液晶电视工程化样机,对角线尺寸为 81.28 cm(16 : 9),如图 6 所示,图中左边的一台电视采用传统的背光亮度恒定的工作模式,右边的一台采用本文的全局调光算法。两台液晶电视均接有功率计,可以显示实时功耗。显示图 6(a)图像时,液晶电视调光前后的功耗分别为 51.5 W 和 41.8 W,整机节能率为 $(51.5 - 41.8)/51.5 = 18.83\%$;显示图 6(b)图像时,调光前后的功耗分别为 51.3 W 和 39.6 W,整机节能率为 $(51.3 - 39.6)/51.3 = 22.81\%$ 。

从图 7 可以清晰看出,显示全黑图片时,左边



(a)测试图1
(a)Test image 1



(b)测试图2
(b)Test image 2

图 6 动态调光工程化样机

Fig. 6 Dimming LC TV prototype

传统的电视存在明显的漏光现象,而采用调光技术的液晶电视将 LED 背光完全关闭(右),大大提高了动态对比度。

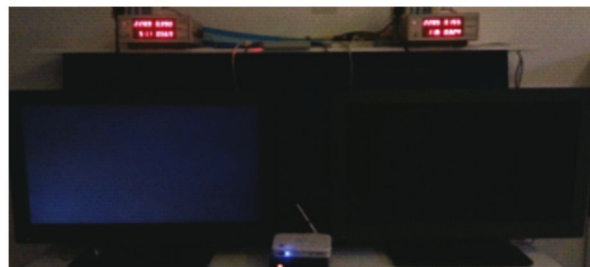


图 7 显示全黑图像

Fig. 7 Black image displayed on 2 LC TVs

将 6 类常见的电视节目(公益宣传片、电视剧、动画片、体育节目、综艺节目、脱口秀)合成了每段 5 min 共计 30 min 的视频,在工程化样机上进行了测试,调光和没调光电视的整机功耗分别为 0.021 0 度和 0.025 3 度,调光后整机功耗降低了:

$$P - R = \frac{0.0253 - 0.0210}{0.0253} = 16.996\%. \quad (9)$$

视频显示完成正常,没有抖动、拖尾、人眼可感知的失真。

5 结 论

针对液晶显示对比度和能效不高的问题,针对现有背光市场主流产品,提出了基于 S 曲线的全局动态调光算法,进行了大量的软件仿真,并开发了工程化样机。仿真和试验结果均表明:基于 S 曲线的全局动态调光算法能有效降低液晶电视能耗,没有明显的人眼感知的失真,对于某些图像,经过调光后显示质量有显著提升。

参 考 文 献:

- [1] Engelsen D, 童林凤. 背光源的发展趋势[J]. 光电子技术, 2006, 26(2): 74-80.
Engelsen D, Tong L S. Trends of backlights [J]. *Journal of Opto-Electronic Technology*, 2006, 26(2): 74-80. (in Chinese)
- [2] Wu S C. Next generation LCD technology [J]. *Journal of Information Display*, 2010, 26(1): 3-4.
- [3] Cho H, Kwon O K. A backlight dimming algorithm for low power and high image quality LCD applications [J]. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 2009, 55(2): 839-844.
- [4] Huang M H, Tsai Y C, Chen K H. Energy-recycling (ER) technique for a direct-Lit intelligent power management

- backlight unit (BLU) [J]. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2010, 25(10): 2588-2598.
- [5] Chiu T L, Lee J H. Color gamut variation of LED-lit LCD at different module temperatures [J]. *Optics Communications*, 2010, 283: 373-378.
- [6] 冯奇斌, 何会杰, 张伟伟, 等. 用于侧出式发光二极管背光的全局动态调光算法[J]. *光学精密工程*, 2012, 20(7): 1455-1462.
- Feng Q B, He H J, Zhang W W, *et al.* Global dimming algorithm for side-lit LED backlights [J]. *Journal of Optics and Precision Engineering*, 2012, 20(7): 1455-1462. (in Chinese)
- [7] Lai C C, Tsai C C. Backlight power reduction and image contrast enhancement using adaptive dimming for global backlight applications [J]. *IEEE Transaction on Consumer Electron*, 2008, 54(2): 669-674.
- [8] Feng Q B, Tong H, Lv G Q. An adaptive global LED backlight dimming for contrast enhancement and power reduction [J]. *Journal of Solid State Phenomena*, 2011, 181: 241-244.
- [9] Kang S J, Kim Y H. Multi-histogram-based backlight dimming for low power liquid crystal displays [J]. *Journal of Display Technology*, 2011, 7(10): 544-549.
- [10] Kang S J, Kim Y H. Image integrity-based gray-level error control for low power liquid crystal displays [J]. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 2009, 55(4): 2401-2406.
- [11] Cho H, Kwon O K. A local dimming algorithm for low power LCD TVs using edge-type LED backlight [J]. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 2010, 56(4): 2054-2060.

作者简介: 向艳(1975—), 女, 安徽芜湖人, 工程师, 主要从事平板显示技术研究。E-mail: xyjas@126.com