

文章编号:1007-2780(2013)03-0382-04

用数模结合的方法实现 AM-OLED 的白平衡

尹 盛,蔡东京

(华中科技大学 光学与电子信息学院,湖北 武汉 430074, E-mail: yinhust@hust.edu.cn)

摘 要: 由于单独使用数字算法会导致灰度级降低,而单独使用模拟算法难以实现微调或者电路过于复杂,文章采用数模结合的方法实现了 AM-OLED 的白平衡,即通过先后进行模拟调节和数字调节,弥补了二者的不足。先根据三基色确定驱动电压,完成了模拟调节。再进行数字调节,采用了基于 L-M 优化法的 BP 学习算法,对 OLED 的传输特性曲线进行拟合。该算法与传统 BP 算法相比学习速度得到了提高,网络的收敛加快,避免了系统陷入局部极小的状况。仿真结果和显示结果表明,这种方法实现了图像的白平衡。

关 键 词: 白平衡; L-M 优化法; BP 学习算法; matlab 仿真

中图分类号: O753⁺.2 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20132803.0382

Achievement on White Balance for AM-OLED

YIN Sheng, CAI Dong-jing

(School of Optical and Electronic Information, Huazhong University of Science and Technology,
Wuhan 430074, China, E-mail: yinhust@hust.edu.cn)

Abstract: As using digital algorithms alone will lead to lower gray level while the use of simulation algorithms alone is difficult to achieve fine-tuning or the circuit is too complex, a method of combining digital and analog is proposed to achieve AM-OLED white balance by using analog simulation and digital adjustment to make up for these shortcomings. Analog simulation is determined by the drive voltage according to the three primary colors. Digital adjustment using LM optimized BP learning algorithm fits the curve of the transmission characteristics of the OLED. Compared with traditional BP algorithms, learning speed of this algorithm is improved, the convergence of the network is accelerated, and it avoids a system into a local minimum. The simulation results and the display results show that this method achieves the white balance of the image.

Key words: white balance; L-M optimized; BP learning algorithm; matlab simulation

1 引 言

随着以手机面板为代表的越来越多的 AM-OLED 屏的使用,与之相关的研究也越来越多^[1-2]。但是这些研究主要关注于屏的材料^[3]、工艺^[4]和驱动系统的整体设计^[5-7]上,而白平衡方面

的研究不多,且大多数仅进行光源的匹配调节,而较少涉及对显示输出的校正。目前,兼顾二者的白平衡实现方式主要分为两类:

数字式: RGB(红绿蓝)三基色驱动电压一定,而对输入的灰度信号进行数学变换,调整其取值大小以得到想要的混合效果。这种方法可以较

收稿日期: 2012-12-07; 修订日期: 2013-03-22

基金项目: 国家“863”计划资助项目(No. 2008AA03A336)

作者简介: 尹盛(1966—),男,山东济阳人,博士,副教授,主要从事等离子体与物质的相互作用及有机电致发光器件方面的研究。

好地实现灰度的调整。但是由于三基色的灰度级不同,而图像的灰度级由三者的最小值决定,使图像灰度级降低^[8]。如:在 255 级灰度的条件下,当一种颜色的光需要乘以系数 0.8 来实现白平衡时,图像的灰度级变为 204,图像的灰度级降低了。

模拟式:直接调节三基色子像素的参数设置,比如基准电流或驱动电压等直接的方法。但只使用模拟调节时,驱动电压不能实现每一级灰度下的精确微调或者实现所需的电路过于复杂,使得这种方法有一定的局限性。如对于 64 级灰度的驱动 IC,或者使用 8 个电压值计算相应的其他电压,不能实现每个电压的精确微调,或者需要产生 64 个驱动电压,电路系统过于复杂。

本文采用了数模结合的方法,先用模拟调节分别确定 RGB 三基色驱动电压,然后进行数字灰度调节,实现微调。

2 模拟调节

白平衡时三基色亮度比由所使用三基色的色品坐标和选取的白光参考点决定。模拟调节需要先确定三基色的亮度比,再由 OLED 电压与亮度的关系曲线决定三基色的驱动电压。

2.1 三基色亮度比

设 RGB 系统中,三基色 RGB 在 XYZ 系统中的色品坐标为 $X_r, Y_r, X_g, Y_g, X_b, Y_b$,所选取的参照白点(W)(制式 PAL 系统中白光参考点 D65,色温为 6 500 K 的重组日光^[9])的色品坐标为 X_0, Y_0 。本文所用屏的 RGB 色品坐标如表 1。

由色品坐标之间的关系 $x+y+z=1$ 得到 4 个参照色的刺激值在 CIE 1931-XYZ 系统中的色品坐标值,如表 2 所示。

表 1 RGB 色品坐标
Table 1 RGB chromaticity coordinates

颜色	坐 标	
	X	Y
R	$X_r=0.632\ 2$	$Y_r=0.363\ 2$
G	$X_g=0.281\ 8$	$Y_g=0.600\ 5$
B	$Y_b=0.158\ 4$	$Y_b=0.197\ 9$

表 2 RGBD 色品坐标
Table 2 RGBD chromaticity coordinates

颜色	坐 标		
	X	Y	Z
R	0.632 2	0.363 2	0.004 6
G	0.281 8	0.600 5	0.117 7
B	0.158 4	0.197 9	0.643 7
W	0.313 0	0.329 0	0.358 0

为了实现白平衡,需要将系统中的三基色色坐标转化为新系统(RGB 系统)中标准色品坐标,如表 3。

表 3 RGBO 色品坐标
Table 3 RGBO chromaticity coordinates

颜色	坐 标		
	X	Y	Z
R	1	0	0
G	0	1	0
B	0	0	1
O	0.33	0.33	0.33

将表 2 和表 3 的色品坐标值代入新旧坐标转换公式(1)中^[10]。

$$\begin{cases} R = \frac{y_g z_b - y_b z_g}{C_r \Delta'} x_0 + \frac{x_b z_g - x_g z_b}{C_r \Delta'} y_0 + \frac{x_g y_b - x_b y_g}{C_r \Delta'} z_0 \\ G = \frac{y_b z_r - y_r z_b}{C_g \Delta'} x_0 + \frac{x_r z_b - x_0 z_r}{C_g \Delta'} y_0 + \frac{x_b y_r - x_r y_b}{C_g \Delta'} z_0 \\ B = \frac{y_r z_g - y_g z_r}{C_b \Delta'} x_0 + \frac{x_g z_r - x_r z_g}{C_b \Delta'} y_0 + \frac{x_r y_g - x_g y_r}{C_b \Delta'} z_0 \end{cases} \quad (1)$$
$$\Delta' = x_r(y_g z_b - y_b z_g) + x_g(x_b z_g - x_g z_b) + x_b(x_g y_b - x_b y)$$

得到系统的三刺激值转换公式(2)。

$$\begin{cases} R = 2.628\ 6X - 1.177\ 7Y - 0.284\ 8Z \\ G = -2.123\ 3X + 3.703\ 7Y - 0.616\ 2Z \\ B = 0.151\ 9X - 0.277\ 8Y + 1.053\ 6Z \end{cases} \quad (2)$$

对该转换公式求取逆矩阵后,得到 RGB 系统转换为 XYZ 系统的转换矩阵,由于 XYZ 系统中仅有 Y 能表征亮度,故得到体系的亮度方程,即公式(3)。

$Y = 0.294\ 6\ R + 0.386\ 6\ G + 0.305\ 7\ B$ (3)

则公式(3)中 RGB 的系数之比即为白平衡时,RGB 的相对亮度之比。由此,该体系的相对亮度比为:

$0.294\ 6 : 0.386\ 6 : 0.305\ 7 = 0.963\ 7 : 1.264\ 6 : 1$

2.2 三基色参考电压

当亮度比确定后,根据亮度与电压关系曲线选择合适的亮度,从而可以找出相应的电压值作为参考电压。

图 1 是本文所用屏的亮度与电压关系曲线,根据该图,由于红光的最大亮度最低,先选定红光的最大亮度为 $1\ 904\ \text{cd}/\text{m}^2$,由三基色亮度比得到绿光和蓝光最大亮度分别为 $2\ 498\ \text{cd}/\text{m}^2$ 和 $1\ 976\ \text{cd}/\text{m}^2$,从而得到相应的电压分别为 $10.533\ 7, 8.084\ 0, 8.679\ 8\ \text{V}$ 。此时,对应于(111)点,即亮度最高的白光点处实现了白平衡。由于最大灰度级不再需要乘以一个系数,三基色数字调节的灰度级相同,从而使图像的灰度级保持不变,弥补了数字调节的不足,同时实现了对驱动电压的微调。

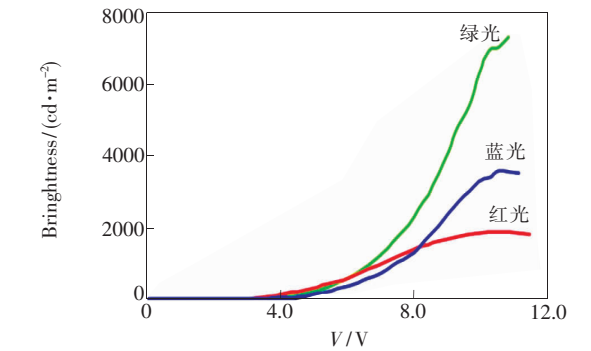


图 1 亮度与 V_{DATA} 关系曲线

Fig. 1 The curve of brightness and V_{DATA}

3 数字调节

由于 BP(back-propaaton)学习算法在隐含层神经元个数足够多时,能以任意精度逼近有界区域上的任意连续函数^[11-12]。因此本文使用了 BP 学习算法来实现数字调节。通过对传输特性曲线的拟合,得出在任意灰度下的电压值,通过数字输出实现精确的微调。

3.1 BP 学习算法的实现

由于本文选取的训练样本数较少,同时传输特性曲线具有单调上升的特性,故本文选择了基

于 L-M(levenbery-marquardt)优化法的 BP 算法。该算法能保证快速收敛,同时系统不会陷入局部极小值的情况,有效实现了本文中的曲线拟合。以红光为例,基于 L-M 优化法的 BP 算法的具体实现步骤如下:

(1)选取 20 组亮度值与电压值分别作为训练样本的输入参数矩阵和目标参数矩阵。再读取目标图像,将其中的蓝光分量作为测试样本的输入参数矩阵。

(2)对训练样本和测试样本归一化,创建神经网络。由于输入和输出参数矩阵的维度均为 1,所以神经网络的输入层和输出层神经元个数也均为 1。而训练样本数较少,只需要一层隐含层即可。隐含层神经元个数通过训练来调整,再选取合适值。

(3)设定完网络结构后,即可开始设定网络参数。选定上文所述的基于 L-M 优化法的 BP 算法,初步设定动量因子、学习速率、最大训练次数和网络性能目标,同时为了方便显示训练结果还需设定两次显示之间的训练次数。

(4)随后开始初始化网络、训练网络和对网络仿真,得到所需的目标参矩阵,再对所得矩阵反归一化。反归一化后的矩阵即是所读取的目标图像的蓝光分量对应的驱动电压值。将驱动电压值和亮度值分别作为横坐标和纵坐标,即可得到蓝光传输特性曲线的拟合曲线。

(5)完成上述过程后,通过不断调整隐含层神经元个数以及上述的其他网络参数,可以得到在网络快速收敛且神经元个数较少时的拟合曲线。调整后的隐含层神经元个数为 5,其他参数设定分别为:

两次显示之间的训练次数 `net.trainparam.show = 10;`
动量因子 `net.trainparam.mc=0.5;`
学习速率 `net.trainparam.lr=0.05;`
最大训练次数 `net.trainparam.epochs=200;`
网络性能目标 `net.trainparam.goal=0.0001;`
此时网络经过 138 次训练后收敛,训练结果为:
`TRAINLM, Epoch 138/200, MSE 6.624 56e-005/0.0001, Gradient 0.0011066/1e-010`
`TRAINLM, Performance goal met.`

仿真得到拟合曲线图 2,图中小圆圈为选取的参考点;曲线为仿真得到的拟合曲线。坐标刻

度为 12 V 对应于 712 格, 8 000 cd/m² 对应于 396 格, 而蓝光选取 94 格, 作为亮度为“1”的标准点。图 2 所示, 拟合曲线完全经过了每个参考点, 很好地完成了对于传输特性曲线的拟合。

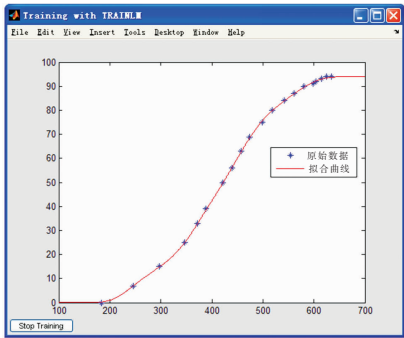


图 2 红光传输特性曲线的仿真

Fig. 2 Simulation of red LED transfer characteristic curve

3.2 仿真结果

使用 matlab 模拟仿真 OLED 屏幕的输出, 其仿真图像如图 3 所示。在图 3 中图(a)是原始图像直接通过 matlab 读取后显示的结果; 图(b)是常用的仅仅进行光源匹配后得到的仿真图像; 图(c)是使用数模结合的方法调节后所得到的仿

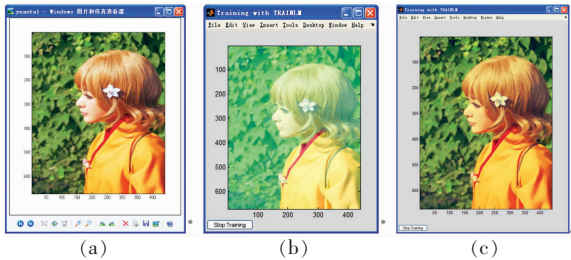


图 3 仿真结果

Fig. 3 Simulation results

真图像。

通过对比观察可知, 图 3 中的(a)图与(c)图接近, 而根据分析, 图像中依然存在的颜色偏差是由显示屏和图像色域的不完全重合所造成, 属于系统本身的误差。因此, 可以认为使用数模结合的方法调节后, 图像实现了白平衡。

4 结 论

通过先后进行模拟调节与数字调节, 实现了图像的白平衡, 同时不降低图像的灰度, 将单独使用模拟调节和数字条件的不足弥补。同时, 使用基于 L-M 优化法的 BP 算法进行数字调节后, 图像与原始图像接近, 能够实现图像的白平衡。

参 考 文 献:

[1] Nathan A, Kumar A, Sakarya K, *et al.* Amorphous silicon thin film transistor circuit integration for organic LED displays on glass and Plastic [J]. *Solid-State Circuits*, 2004, 39(9): 1477-1486.

[2] Baek J H, Lee M H, Lee J H, *et al.* A current-mode display driver IC using sample-and-hold scheme for QVGA full-color AMOLED displays [J]. *Solid-State Circuits*, 2006, 41(12): 2974-2982.

[3] 李红燕, 张玉祥, 张宏科, 等. 不同主体材料对红色磷光 OLED 器件性能的影响 [J]. *发光学报*, 2009, 30(5): 585-589.

[4] 丁磊, 张方辉, 马颖, 等. 一种新型双空穴注入层微腔 OLED [J]. *液晶与显示*, 2011, 26(4): 496-501.

[5] 尹盛, 江博, 李喜峰, 等. 17.8 cm 彩色 AMOLED 驱动模块的研制 [J]. *液晶与显示*, 2012, 27(3): 347-352.

[6] 李国强, 章坚武, 占志伟. AMOLED 驱动电路和 LINUX 下驱动程序设计 [J]. *液晶与显示*, 2011, 26(4): 527-531.

[7] 李奇奋, 李妥, 陈志良. 用于 AM-OLED 显示屏控制的 MDDI 数据处理芯片设计 [J]. *液晶与显示*, 2011, 26(6): 801-807.

[8] Lukac R. New framework for automatic white balancing of digital camera images [J]. *Signal Processing*, 2008, 88(3): 582-593.

[9] Radu Ciprian Bilcu. Multiframe auto white balance [J]. *IEEE Signal Processing Letters*, 2011, 46(3): 165-168.

[10] 徐艳芳, 黄敏, 金杨. 基于色度比特性的显示器色度特性化 [J]. *液晶与显示*, 2008, 12(6): 771-777.

[11] 李俊江, 路宏年, 李保磊. 基于 BP 网络的图像增强器像元通道不一致性校正研究 [J]. *光学技术*, 2007, 33(2): 273-275.

[12] Cardei V C, Funt B, Barnard K. Estimating the scene illumination chromaticity by using a neural network [J]. *Opt. Soc. Am. A*, 2002, 19: 2374-2386.