

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101895770 A

(43) 申请公布日 2010. 11. 24

(21) 申请号 201010221760. 7

(22) 申请日 2010. 07. 09

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路
3888 号

(72) 发明人 王瑞光 丁铁夫 陈宇 郑喜凤
肖传武

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务
所 22210

代理人 王淑秋

(51) Int. Cl.

H04N 9/30 (2006. 01)

H04N 9/64 (2006. 01)

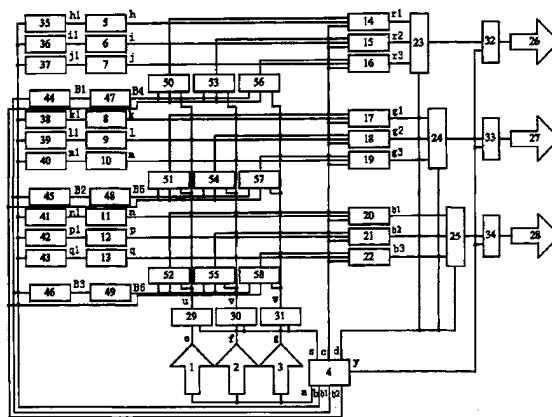
权利要求书 7 页 说明书 31 页 附图 7 页

(54) 发明名称

LED 显示屏亮色度分离均匀性校正方法

(57) 摘要

本发明涉及一种 LED 显示屏亮色度分离均匀性校正方法,该方法包括如下步骤:检测 LED 显示屏中各模块内任一像素的色度参数作为该像素所在模块的色度坐标;采集各个显示像素的亮度参数;确定显示屏各基色基准色度坐标和基准亮度;将亮度色度的参数做分离,针对于每一模块中的任何一个像素均形成一个亮度校正的系数表;对于任何一个模块形成模块色度空间变换参数矩阵;利用亮度校正系数表和模块色度空间变换参数矩阵得到校正后的实时驱动显示数据;利用实时驱动显示数据驱动显示屏。本发明能够有效解决 LED 显示屏的色度均匀性校正方面存在的问题,并且色度参数采集效率高。



1. 一种 LED 显示屏亮色度分离均匀性校正方法,其特征在于包括如下步骤:

1) 设定显示模块内的各像素色度参数都相等,则对于其中 m_n 模块的 i_j 像素,有:

$$\begin{cases} x_{r_m,n}[i,j] = x_{r_m,n} \\ y_{r_m,n}[i,j] = y_{r_m,n} \\ x_{g_m,n}[i,j] = x_{g_m,n} \\ y_{g_m,n}[i,j] = y_{g_m,n} \\ x_{b_m,n}[i,j] = x_{b_m,n} \\ y_{b_m,n}[i,j] = y_{b_m,n} \end{cases} \quad (14)$$

其中 m 、 n 分别为像素所在的显示模块的行序数和列序数, i 、 j 分别为显示模块内像素所在的行序数和列序数;利用亮色度检测仪获得 LED 显示屏 m_n 模块内任一像素的色度参数 $x_{r_m,n}[i,j]$ 、 $y_{r_m,n}[i,j]$ 、 $x_{g_m,n}[i,j]$ 、 $y_{g_m,n}[i,j]$ 、 $x_{b_m,n}[i,j]$ 、 $y_{b_m,n}[i,j]$ 作为 m_n 模块的色度坐标 $x_{r_m,n}$ 、 $y_{r_m,n}$ 、 $x_{g_m,n}$ 、 $y_{g_m,n}$ 、 $x_{b_m,n}$ 、 $y_{b_m,n}$;

对显示屏上各个显示像素进行亮度采集;得到各个显示像素的亮度参数 $B_{r_m,n}[i,j]$ 、 $B_{g_m,n}[i,j]$ 、 $B_{b_m,n}[i,j]$;

2) 确定显示屏上所有显示像素的色度坐标围成的最小色度三角形覆盖范围,该最小色度三角形的各个顶点的色度坐标 $[x_{r_min}, y_{r_min}, x_{g_min}, y_{g_min}, x_{b_min}, y_{b_min}]$ 即为整个显示屏各基色基准色度坐标;

确定各个基色的基准亮度 $[B_{r_min}, B_{g_min}, B_{b_min}]$,即基准色度空间的基色空间内切最小亮度数值;

3) 将亮度色度的参数做分离,针对于每一模块中的任何一个像素 $[m, n][i, j]$ 均形成一个亮度校正的系数表

$$K_{pix_m,n}[i,j] = \begin{bmatrix} k_1 & 0 & 0 \\ 0 & k_2 & 0 \\ 0 & 0 & k_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{r_min}/B_{r_m,n}[i,j] & 0 & 0 \\ 0 & B_{g_min}/B_{g_m,n}[i,j] & 0 \\ 0 & 0 & B_{b_min}/B_{b_m,n}[i,j] \end{bmatrix} \quad (86)$$

其中 $K_{pix_m,n}[i,j]$ 为像素 $[m, n][i, j]$ 的亮度校正系数; k_1 、 k_2 、 k_3 分别为像素 $[m, n][i, j]$ 的红、绿、蓝亮度校正系数;

4) 对于任何一个模块 $[m, n]$,形成模块色度空间变换参数矩阵

$$M_{G_ [m,n]} = \begin{bmatrix} \zeta_{rr}^{[m,n]} & \zeta_{rg}^{[m,n]} & \zeta_{rb}^{[m,n]} \\ \zeta_{gr}^{[m,n]} & \zeta_{gg}^{[m,n]} & \zeta_{gb}^{[m,n]} \\ \zeta_{br}^{[m,n]} & \zeta_{bg}^{[m,n]} & \zeta_{bb}^{[m,n]} \end{bmatrix} \quad (87)$$

其中矩阵各项元素为

$$\left\{ \begin{array}{l} \zeta_{rr}^{[m,n]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r_min} & x_{g_ [m,n]} & x_{b_ [m,n]} \\ y_{r_min} & y_{g_ [m,n]} & y_{b_ [m,n]} \\ z_{r_min} & z_{g_ [m,n]} & z_{b_ [m,n]} \end{vmatrix}}{y_{r_min}} \\ \zeta_{rg}^{[m,n]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r_ [m,n]} & x_{g_ [m,n]} & x_{b_ [m,n]} \\ y_{r_ [m,n]} & y_{g_ [m,n]} & y_{b_ [m,n]} \\ z_{r_ [m,n]} & z_{g_ [m,n]} & z_{b_ [m,n]} \end{vmatrix}}{y_{r_ [m,n]}} \\ \zeta_{rb}^{[m,n]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{b_min} & x_{g_ [m,n]} & x_{b_ [m,n]} \\ y_{b_min} & y_{g_ [m,n]} & y_{b_ [m,n]} \\ z_{b_min} & z_{g_ [m,n]} & z_{b_ [m,n]} \end{vmatrix}}{y_{b_min}} \end{array} \right. \quad (88)$$

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \zeta_{gr}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{r_min} & x_{b[mn]} \\ y_{r[mn]} & y_{r_min} & y_{b[mn]} \\ z_{r[mn]} & z_{r_min} & z_{b[mn]} \end{vmatrix}}{y_{r_min}} \frac{B_{r_min}}{y_{r_min}} \\
 \zeta_{gg}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{g[mn]} & x_{b[mn]} \\ y_{r[mn]} & y_{g[mn]} & y_{b[mn]} \\ z_{r[mn]} & z_{g[mn]} & z_{b[mn]} \end{vmatrix}}{y_{g[mn]}} \frac{B_{g_min}}{y_{g[mn]}} \\
 \zeta_{gg}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{g_min} & x_{b[mn]} \\ y_{r[mn]} & y_{g_min} & y_{b[mn]} \\ z_{r[mn]} & z_{g_min} & z_{b[mn]} \end{vmatrix}}{y_{g_min}} \frac{B_{g_min}}{y_{g_min}} \\
 \zeta_{gb}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{b_min} & x_{b[mn]} \\ y_{r[mn]} & y_{b_min} & y_{b[mn]} \\ z_{r[mn]} & z_{b_min} & z_{b[mn]} \end{vmatrix}}{y_{b_min}} \frac{B_{b_min}}{y_{b_min}} \\
 \zeta_{gb}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{g[mn]} & x_{b[mn]} \\ y_{r[mn]} & y_{g[mn]} & y_{b[mn]} \\ z_{r[mn]} & z_{g[mn]} & z_{b[mn]} \end{vmatrix}}{y_{g[mn]}} \frac{B_{g_min}}{y_{g[mn]}}
 \end{array} \right. \quad (89)$$

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \zeta_{br}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{g[mn]} & x_{r_min} \\ y_{r[mn]} & y_{g[mn]} & y_{r_min} \\ z_{r[mn]} & z_{g[mn]} & z_{r_min} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} B_{r_min} \\ y_{r_min} \end{vmatrix}} \\
 \zeta_{bg}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{g[mn]} & x_{b[mn]} \\ y_{r[mn]} & y_{g[mn]} & y_{b[mn]} \\ z_{r[mn]} & z_{g[mn]} & z_{b[mn]} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} B_{b_min} \\ y_{b[mn]} \end{vmatrix}} \\
 \zeta_{bg}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{g[mn]} & x_{g_min} \\ y_{r[mn]} & y_{g[mn]} & y_{g_min} \\ z_{r[mn]} & z_{g[mn]} & z_{g_min} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} B_{g_min} \\ y_{g_min} \end{vmatrix}} \\
 \zeta_{bg}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{g[mn]} & x_{b[mn]} \\ y_{r[mn]} & y_{g[mn]} & y_{b[mn]} \\ z_{r[mn]} & z_{g[mn]} & z_{b[mn]} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} B_{b_min} \\ y_{b[mn]} \end{vmatrix}} \\
 \zeta_{bb}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{g[mn]} & x_{b_min} \\ y_{r[mn]} & y_{g[mn]} & y_{b_min} \\ z_{r[mn]} & z_{g[mn]} & z_{b_min} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} B_{b_min} \\ y_{b_min} \end{vmatrix}} \\
 \zeta_{bb}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{g[mn]} & x_{b[mn]} \\ y_{r[mn]} & y_{g[mn]} & y_{b[mn]} \\ z_{r[mn]} & z_{g[mn]} & z_{b[mn]} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} B_{b_min} \\ y_{b[mn]} \end{vmatrix}} \quad (90)
 \end{array} \right.$$

5) 利用步骤3)的亮度校正系数表和步骤4)的模块色度空间变换参数矩阵得到校正后的实时驱动显示数据 $[R_{[m,n][i,j]} G_{[m,n][i,j]} B_{[m,n][i,j]}]$:

$$\begin{bmatrix} R_{[m,n][i,j]} \\ G_{[m,n][i,j]} \\ B_{[m,n][i,j]} \end{bmatrix} = K_{pix-[m,n][i,j]} M_{G-[m,n]} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

其中 R、G、B 分别为红、绿、蓝输入显示数据；

6) 利用步骤5)得到的实时驱动显示数据 $[R_{[m,n][i,j]} G_{[m,n][i,j]} B_{[m,n][i,j]}]$ 驱动显示屏。

2. 根据权利要求1所述的LED显示屏亮色度分离均匀性校正方法,其特征在于所述步骤5)中,利用步骤3)的亮度校正系数表和步骤4)的模块色度空间变换参数矩阵得到校正

后的实时驱动显示数据 $[R_{[m,n][i,j]} G_{[m,n][i,j]} B_{[m,n][i,j]}]$ 的方法如下：

首先利用步骤 3) 得到的亮度校正系数表对显示屏各个像素的亮度进行修正, 得到校正后的亮度数值 $M_{T[m,n][i,j]}$ ：

$$M_{T[m,n][i,j]} = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_1 & k_2 & k_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{r_min}/B_{r[m,n][i,j]} & R & B_{g_min}/B_{g[m,n][i,j]} & R & B_{b_min}/B_{b[m,n][i,j]} & R \\ B_{r_min}/B_{r[m,n][i,j]} & G & B_{g_min}/B_{g[m,n][i,j]} & G & B_{b_min}/B_{b[m,n][i,j]} & G \\ B_{r_min}/B_{r[m,n][i,j]} & B & B_{g_min}/B_{g[m,n][i,j]} & B & B_{b_min}/B_{b[m,n][i,j]} & B \end{bmatrix} \quad (91)$$

然后利用校正后的亮度数值 $M_{T[m,n][i,j]}$ 及步骤 4) 得到的模块色度空间变换参数矩阵得到显示屏各个像素的色度空间变换参数矩阵：

$$M_{T[m,n][i,j]}^c = M_{G[m,n]} M_{T[m,n][i,j]}$$

$$= \begin{bmatrix} \zeta_{rr}^{[m,n]} & \zeta_{rg}^{[m,n]} & \zeta_{rb}^{[m,n]} \\ \zeta_{gr}^{[m,n]} & \zeta_{gg}^{[m,n]} & \zeta_{gb}^{[m,n]} \\ \zeta_{br}^{[m,n]} & \zeta_{bg}^{[m,n]} & \zeta_{bb}^{[m,n]} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_{r_min}/B_{r[m,n][i,j]} & R & B_{g_min}/B_{g[m,n][i,j]} & R & B_{b_min}/B_{b[m,n][i,j]} & R \\ B_{r_min}/B_{r[m,n][i,j]} & G & B_{g_min}/B_{g[m,n][i,j]} & G & B_{b_min}/B_{b[m,n][i,j]} & G \\ B_{r_min}/B_{r[m,n][i,j]} & B & B_{g_min}/B_{g[m,n][i,j]} & B & B_{b_min}/B_{b[m,n][i,j]} & B \end{bmatrix} \quad (92)$$

最后利用各个像素色度空间变换参数矩阵完成各个模块的色度修正, 得到各个像素实时驱动显示数据 $[R_{[m,n][i,j]} G_{[m,n][i,j]} B_{[m,n][i,j]}]$ ：

$$\begin{bmatrix} R_{[m,n][i,j]} \\ G_{[m,n][i,j]} \\ B_{[m,n][i,j]} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{T[m,n][i,j]}^c(1,1) \\ M_{T[m,n][i,j]}^c(2,2) \\ M_{T[m,n][i,j]}^c(3,3) \end{bmatrix} \quad (93)$$

$$M_{T[m,n][i,j]}^c(1,1) = \zeta_{rr}^{[m,n]} (B_{r_min}/B_{r[m,n][i,j]})R + \zeta_{rg}^{[m,n]} (B_{r_min}/B_{r[m,n][i,j]})G + \zeta_{rb}^{[m,n]} (B_{r_min}/B_{r[m,n][i,j]})B$$

$$M_{T[m,n][i,j]}^c(2,2) = \zeta_{gr}^{[m,n]} (B_{g_min}/B_{g[m,n][i,j]})R + \zeta_{gg}^{[m,n]} (B_{g_min}/B_{g[m,n][i,j]})G + \zeta_{gb}^{[m,n]} (B_{g_min}/B_{g[m,n][i,j]})B$$

$$M_{T[m,n][i,j]}^c(3,3) = \zeta_{br}^{[m,n]} (B_{b_min}/B_{b[m,n][i,j]})R + \zeta_{bg}^{[m,n]} (B_{b_min}/B_{b[m,n][i,j]})G + \zeta_{bb}^{[m,n]} (B_{b_min}/B_{b[m,n][i,j]})B$$

3. 根据权利要求 1 所述的 LED 显示屏亮色度分离均匀性校正方法, 其特征在于所述步骤 5) 中, 利用步骤 3) 的亮度校正系数表和步骤 4) 的模块色度空间变换参数矩阵得到校正后的实时驱动显示数据 $[R_{[m,n][i,j]} G_{[m,n][i,j]} B_{[m,n][i,j]}]$ 的方法还可以采用如下步骤：

首先利用模块色度空间变换参数矩阵对显示屏各个模块进行色度修正, 得到修正后的显示数据 $[R_{[m,n]} G_{[m,n]} B_{[m,n]}]$ ：

$$\begin{bmatrix} R_{[m,n]} \\ G_{[m,n]} \\ B_{[m,n]} \end{bmatrix} = M_{G-[m,n]} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \zeta_{rr}^{[m,n]} R & \zeta_{rg}^{[m,n]} R & \zeta_{rb}^{[m,n]} R \\ \zeta_{gr}^{[m,n]} G & \zeta_{gg}^{[m,n]} G & \zeta_{gb}^{[m,n]} G \\ \zeta_{br}^{[m,n]} B & \zeta_{bg}^{[m,n]} B & \zeta_{bb}^{[m,n]} B \end{bmatrix}$$

然后利用步骤3)得到的亮度校正系数表和修正显示数据 $[R_{[m,n]}, G_{[m,n]}, B_{[m,n]}]$ 完成各个像素亮度的校正,得到显示屏各个像素的实时驱动显示数据 $[R_{[m,n][i,j]}, G_{[m,n][i,j]}, B_{[m,n][i,j]}]$;

$$\begin{bmatrix} R_{[m,n][i,j]} \\ G_{[m,n][i,j]} \\ B_{[m,n][i,j]} \end{bmatrix} = K_{pix-[m,n][i,j]} \begin{bmatrix} R_{[m,n]} \\ G_{[m,n]} \\ B_{[m,n]} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} B_{r_min}/B_{r-[m,n][i,j]} & 0 & 0 \\ 0 & B_{g_min}/B_{g-[m,n][i,j]} & 0 \\ 0 & 0 & B_{b_min}/B_{b-[m,n][i,j]} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \zeta_{rr}^{[m,n]} R & \zeta_{rg}^{[m,n]} R & \zeta_{rb}^{[m,n]} R \\ \zeta_{gr}^{[m,n]} G & \zeta_{gg}^{[m,n]} G & \zeta_{gb}^{[m,n]} G \\ \zeta_{br}^{[m,n]} B & \zeta_{bg}^{[m,n]} B & \zeta_{bb}^{[m,n]} B \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} M_{T_{[m,n][i,j]}}^c(1,1) \\ M_{T_{[m,n][i,j]}}^c(2,2) \\ M_{T_{[m,n][i,j]}}^c(3,3) \end{bmatrix}$$

$$M_{T_{[m,n][i,j]}}^c(1,1) = \zeta_{rr}^{[m,n]} (B_{r_min}/B_{r-[m,n][i,j]}) R + \zeta_{rg}^{[m,n]} (B_{r_min}/B_{r-[m,n][i,j]}) G + \zeta_{rb}^{[m,n]} (B_{r_min}/B_{r-[m,n][i,j]}) B$$

$$M_{T_{[m,n][i,j]}}^c(2,2) = \zeta_{gr}^{[m,n]} (B_{g_min}/B_{g-[m,n][i,j]}) R + \zeta_{gg}^{[m,n]} (B_{g_min}/B_{g-[m,n][i,j]}) G + \zeta_{gb}^{[m,n]} (B_{g_min}/B_{g-[m,n][i,j]}) B$$

$$M_{T_{[m,n][i,j]}}^c(3,3) = \zeta_{br}^{[m,n]} (B_{b_min}/B_{b-[m,n][i,j]}) R + \zeta_{bg}^{[m,n]} (B_{b_min}/B_{b-[m,n][i,j]}) G + \zeta_{bb}^{[m,n]} (B_{b_min}/B_{b-[m,n][i,j]}) B$$

4. 根据权利要求1所述的LED显示屏亮度分离均匀性校正方法,其特征在于所述步骤2)中确定显示屏各基色基准色度坐标的步骤如下:

a、根据各显示像素的色度坐标 $[x_{r-[m,n]}, y_{r-[m,n]}]$ 、 $[x_{g-[m,n]}, y_{g-[m,n]}]$ 和 $[x_{b-[m,n]}, y_{b-[m,n]}]$,在色度平面图上标明其位置;

b、建立红基色和绿基色之间的直线方程 $line_{rg_{[m,n]}}$ 、红基色和蓝基色之间的直线方程 $line_{rb_{[m,n]}}$ 、绿基色和蓝基色之间的直线方程 $line_{gb_{[m,n]}}$;得到3个直线簇,分别为红绿直线簇、红蓝直线簇及绿蓝直线簇;

c、在红绿直线簇和红蓝直线簇处形成直线的交点集合,从中选出距参考白场色度坐标

$[x_w, y_w]$ 距离最短的点作为红基色基准色度坐标 $[x_{r_min}, y_{r_min}]$; 在红绿直线簇和绿蓝直线簇处形成直线的交点集合, 从中选出距参考白场色度坐标 $[x_w, y_w]$ 距离最短的点作为绿基色基准色度坐标 $[x_{g_min}, y_{g_min}]$; 在绿蓝直线簇和红蓝直线簇处形成直线的交点集合, 从中选出距参考白场色度坐标 $[x_w, y_w]$ 距离最短的点作为蓝基色基准色度坐标 $[x_{b_min}, y_{b_min}]$;

确定各个基色的基准亮度 $[B_{r_min}, B_{g_min}, B_{b_min}]$ 的具体步骤如下:

a、过红基色基准色度坐标 $[x_{r_min}, y_{r_min}]$ 所在的点、绿基色基准色度坐标 $[x_{g_min}, y_{g_min}]$ 所在的点和蓝基色基准色度坐标 $[x_{b_min}, y_{b_min}]$ 所在的点做垂直于色度平面的直线, 以该 3 条直线作为基准色度空间参考线;

b、各像素色度空间坐标点 $[x_{r_m, n}, y_{r_m, n}, B_{r_m, n}[i, j]]$ 、 $[x_{g_m, n}, y_{g_m, n}, B_{g_m, n}[i, j]]$ 和 $[x_{b_m, n}, y_{b_m, n}, B_{b_m, n}[i, j]]$ 形成的平面 $plane_rgb_{m, n}[i, j]$ 同 3 条基准色度空间参考线相交, 得到 3 组空间坐标点集合, 它们分布在 3 条基准色度空间参考线上, 亮度数值分别为 $[B_{r_m, n}[i, j]_{min}]$ 、 $[B_{g_m, n}[i, j]_{min}]$ 和 $[B_{b_m, n}[i, j]_{min}]$; 在空间坐标点集合 $[x_{r_min}, y_{r_min}, B_{r_m, n}[i, j]_{min}]$ 中选取 $[B_{r_m, n}[i, j]_{min}]$ 最小的色度空间点, 将该空间点的亮度作为红基色的基准亮度 B_{r_min} ; 在空间坐标点集合 $[x_{g_min}, y_{g_min}, B_{g_m, n}[i, j]_{min}]$ 中选取 $[B_{g_m, n}[i, j]_{min}]$ 最小的色度空间点, 将该空间点的亮度作为绿基色的基准亮度 B_{g_min} ; 在空间坐标点集合 $[x_{b_min}, y_{b_min}, B_{b_m, n}[i, j]_{min}]$ 中选取 $[B_{b_m, n}[i, j]_{min}]$ 最小的色度空间点, 将该空间点的亮度作为蓝基色的基准亮度 B_{b_min} 。

LED 显示屏亮色度分离均匀性校正方法

技术领域

[0001] 本发明属于发光二极管平板视频显示技术领域,涉及一种对平板显示器图像显示质量、显示色彩及均匀度进行改进的 LED 显示屏亮色度分离均匀性校正方法。

背景技术

[0002] 对于 LED 平板显示屏来说,其发光面板是由几万、甚至上百万组独立的全彩色发光二极管(以下简称为 LED 管)或由 LED 管形成的 LED 显示模块组成。由于受 LED 半导体器件的自身物理特性及其生产工艺等影响,致使 LED 显示屏模块内和模块间存在不一致性,使得 LED 平板显示屏的亮度和色度分布不均。

[0003] 表现为屏幕各个显示模块(最小可以到显示像素)在色度空间的分布位置是不同,在显示相同的显示数据时所表现的亮度和色彩也完全不同,会造成同一种颜色的颜色数据在显示器上会产生色度弥散,而有时不同的颜色数据在显示器上会表现出同一颜色(概率较小),大部分的情况是颜色偏差。可以肯定的是,如果只是对 LED 显示屏采取屏幕亮度一致化校正,校正之后依然会呈现出一定的颜色不均匀性。

[0004] 中国专利公报公开了一种“一种平板显示屏色度空间变换修正方法”(专利号 03127037.9;以下简称专利 03127037.9),该方法根据色度学的相关理论,提出一种平板显示屏色度空间变换修正方法,其利用色度空间变换完成基色显示函数特性为非线性的同一类显示屏之间色度空间转换及基色显示函数特性完全不同的不同种类显示屏之间色度空间转换;同时引入假定的基准色度空间标准,针对不同的显示模块分别求出其对基准色度空间相应转换系数表,对相应的显示模块(显示像素)修正,在显示屏上建立统一的基准色度空间,克服同一种平板显示屏由于各个显示模块(显示像素)的色度空间特性和基色驱动显示特性的差异造成的平板显示屏色度和亮度分布不均的问题,保证了高质量视频图像的显示。

[0005] 这种色度空间变换修正实际上就是一个合理利用“颜色宽容量”的概念消除显示屏上存在的“色差”问题的过程。根据加色法原理,对存在“色差”问题的某一基色混合一定比例的另外两种基色,使混合色色坐标趋于一致,将其差异控制在人眼的“颜色宽容量”以内,从而从根本上解决 LED 显示屏色度均匀性问题。

[0006] 对于实际显示器色度空间变换的操作,比较复杂,这里为了简便起见,假定各个需要进行色度空间转换的显示屏的基色显示函数特性全部为线性关系,并且线性系数为 1;根据色度学的基本原理,对于某一个显示系统,可以根据色度学定义的符合人眼视觉的基色 X、Y、Z 来表示该显示系统所能表现的各种颜色,这些颜色的集合在 X、Y、Z 空间占据一定的子空间,该子颜色空间(简称色度空间)表示为:

$$[0007] \quad \begin{cases} X = X_r R + X_g G + X_b B \\ Y = Y_r R + Y_g G + Y_b B \\ Z = Z_r R + Z_g G + Z_b B \end{cases} \quad (1)$$

[0008] 其中, X_r 、 Y_r 和 Z_r 表示该显示系统中基色 R 中符合人眼视觉的基色 X、Y、Z 分别占有的分量系数; X_g 、 Y_g 和 Z_g 表示该显示系统中基色 G 中符合人眼视觉的基色 X、Y、Z 分别占有的分量系数; X_b 、 Y_b 和 Z_b 表示该显示系统中基色 B 中符合人眼视觉的基色 X、Y、Z 分别占有的分量系数; 为了更加清楚地说明一个平板显示屏的色度空间的主要决定因素, 可以将 (1) 式展开为:

$$[0009] \quad \begin{cases} X = C_r x_r R + C_g x_g G + C_b x_b B \\ Y = C_r y_r R + C_g y_g G + C_b y_b B \\ Z = C_r z_r R + C_g z_g G + C_b z_b B \end{cases} \quad (2)$$

[0010] 在式中 C_r 、 C_g 、 C_b 表示各个基色之间的分配参数, x_r 、 y_r 和 z_r 表示红基色的色度坐标, x_g 、 y_g 和 z_g 表示绿基色的色度坐标, x_b 、 y_b 和 z_b 表示蓝基色的色度坐标; 从式 (2) 中可以看到, 在一个显示系统中, 如果其基色的色度特性 x_r 、 y_r 、 z_r 、 x_g 、 y_g 、 z_g 、 x_b 、 y_b 和 z_b , 亮度特性 (基色 R、G、B 的最大值) 和基色之间的分配参数 C_r 、 C_g 、 C_b 一旦确定, 那么其色度空间就唯一确定了。

[0011] 该专利文件中说明了使两个不同显示系统具有相同色度空间的色度转换方法。其原理主要是: 当两个显示系统采用同一组显示数据时, 即它们采用的 R、G、B 完全相同, 由于它们之间的各个基色的色度坐标 x_r 、 y_r 、 z_r 、 x_g 、 y_g 、 z_g 、 x_b 、 y_b 和 z_b 都有所不同, 加之基色之间的分配参数 C_r 、 C_g 、 C_b 也不一样, 所以很难保证当前显示的颜色 X、Y、Z 相同; 在不同的显示数据 R、G、B 的作用下, 两个显示系统所显示的颜色 X、Y、Z 都不可能一致; 该方法中采用的转换方法是 将一个显示系统作为标准, 对另一个显示系统进行显示数据方面的实时运算处理, 以保证该系统在不同组的 R、G、B 的情况下, 显示图像的各种颜色都能同标准显示系统一致。

[0012] 具体过程为:

[0013] 设定标准显示系统的色度空间参数为: x_{rref1} 、 y_{rref1} 、 z_{rref1} 、 x_{gref1} 、 y_{gref1} 、 z_{gref1} 、 x_{bref1} 、 y_{bref1} 、 z_{bref1} 、 C_{rref1} 、 C_{gref1} 、 C_{bref1} ; 而另一个显示系统的色度空间参数为: x_{rref2} 、 y_{rref2} 、 z_{rref2} 、 x_{gref2} 、 y_{gref2} 、 z_{gref2} 、 x_{bref2} 、 y_{bref2} 、 z_{bref2} 、 C_{rref2} 、 C_{gref2} 、 C_{bref2} ; 那么标准显示系统的色度空间可以表示为:

$$[0014] \quad \begin{cases} X = C_{rref1} x_{rref1} R_{ref1} + C_{gref1} x_{gref1} G_{ref1} + C_{bref1} x_{bref1} B_{ref1} \\ Y = C_{rref1} y_{rref1} R_{ref1} + C_{gref1} y_{gref1} G_{ref1} + C_{bref1} y_{bref1} B_{ref1} \\ Z = C_{rref1} z_{rref1} R_{ref1} + C_{gref1} z_{gref1} G_{ref1} + C_{bref1} z_{bref1} B_{ref1} \end{cases} \quad (3)$$

[0015] 另一个显示系统的色度空间则为:

$$[0016] \quad \begin{cases} X = C_{rref2}x_{rref2}R_{ref2} + C_{gref2}x_{gref2}G_{ref2} + C_{bref2}x_{bref2}B_{ref2} \\ Y = C_{rref2}y_{rref2}R_{ref2} + C_{gref2}y_{gref2}G_{ref2} + C_{bref2}y_{bref2}B_{ref2} \\ Z = C_{rref2}z_{rref2}R_{ref2} + C_{gref2}z_{gref2}G_{ref2} + C_{bref2}z_{bref2}B_{ref2} \end{cases} \quad (4)$$

[0017] 显然,这两个显示系统的色度空间只有在色度空间参数相同的情况下才是完全等同的。而在其它条件下,两个显示屏在显示指定的颜色时均存在色差。

[0018] 为了更好说明上述情况,将色度空间参数和显示数据相互独立,(3)和(4)可以表示为:

$$[0019] \quad \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{rref1}x_{rref1} & C_{gref1}x_{gref1} & C_{bref1}x_{bref1} \\ C_{rref1}y_{rref1} & C_{gref1}y_{gref1} & C_{bref1}y_{bref1} \\ C_{rref1}z_{rref1} & C_{gref1}z_{gref1} & C_{bref1}z_{bref1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{ref1} \\ G_{ref1} \\ B_{ref1} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$[0020] \quad \begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{rref2}x_{rref2} & C_{gref2}x_{gref2} & C_{bref2}x_{bref2} \\ C_{rref2}y_{rref2} & C_{gref2}y_{gref2} & C_{bref2}y_{bref2} \\ C_{rref2}z_{rref2} & C_{gref2}z_{gref2} & C_{bref2}z_{bref2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{ref2} \\ G_{ref2} \\ B_{ref2} \end{bmatrix} \quad (6)$$

[0021] 对于第1个和第2个显示系统,由于其内的各个像素的色度空间参数基本都一致,分别为: x_{rref1} 、 y_{rref1} 、 z_{rref1} 、 x_{gref1} 、 y_{gref1} 、 z_{gref1} 、 x_{bref1} 、 y_{bref1} 、 z_{bref1} 、 C_{rref1} 、 C_{gref1} 、 C_{bref1} ; x_{rref2} 、 y_{rref2} 、 z_{rref2} 、 x_{gref2} 、 y_{gref2} 、 z_{gref2} 、 x_{bref2} 、 y_{bref2} 、 z_{bref2} 、 C_{rref2} 、 C_{gref2} 、 C_{bref2} ;如果两个显示系统单独进行显示时,不论采用什么显示数据,由于显示系统内部像素的色度空间参数都一致,图像的均匀度得到充分的保证,在同样的显示数据条件下,画面也看不到明显差异;但是当将两个显示系统放到一起要造成一个更大的显示器的时候,问题就产生了。此处,令

$$[0022] \quad \begin{cases} R_{ref1} = R_{ref2} = R \\ G_{ref1} = G_{ref2} = G \\ B_{ref1} = B_{ref2} = B \end{cases} \quad (7)$$

[0023] (5)和(6)为

$$[0024] \quad \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{rref1}x_{rref1} & C_{gref1}x_{gref1} & C_{bref1}x_{bref1} \\ C_{rref1}y_{rref1} & C_{gref1}y_{gref1} & C_{bref1}y_{bref1} \\ C_{rref1}z_{rref1} & C_{gref1}z_{gref1} & C_{bref1}z_{bref1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$[0025] \quad \begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{rref2}x_{rref2} & C_{gref2}x_{gref2} & C_{bref2}x_{bref2} \\ C_{rref2}y_{rref2} & C_{gref2}y_{gref2} & C_{bref2}y_{bref2} \\ C_{rref2}z_{rref2} & C_{gref2}z_{gref2} & C_{bref2}z_{bref2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (9)$$

[0026] 显然,这两个显示系统显示的颜色是存在色差的,对于图像质量带来明显的影响。为了解决这一问题,将第1显示系统作为标准,通过实时处理第2个显示系统的显示数据的方法,保持两个显示系统颜色的一致性。即

$$[0027] \quad \begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

[0028] 这样就有

$$[0029] \quad \begin{bmatrix} C_{rref2}x_{rref2} & C_{gref2}x_{gref2} & C_{bref2}x_{bref2} \\ C_{rref2}y_{rref2} & C_{gref2}y_{gref2} & C_{bref2}y_{bref2} \\ C_{rref2}z_{rref2} & C_{gref2}z_{gref2} & C_{bref2}z_{bref2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{ref2} \\ G_{ref2} \\ B_{ref2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{rref1}x_{rref1} & C_{gref1}x_{gref1} & C_{bref1}x_{bref1} \\ C_{rref1}y_{rref1} & C_{gref1}y_{gref1} & C_{bref1}y_{bref1} \\ C_{rref1}z_{rref1} & C_{gref1}z_{gref1} & C_{bref1}z_{bref1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (11)$$

[0030] 通过对(11)的化简,得到

$$[0031] \quad \begin{bmatrix} R_{ref2} \\ G_{ref2} \\ B_{ref2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{ref2-ref1}^{rr} & C_{ref2-ref1}^{rg} & C_{ref2-ref1}^{rb} \\ C_{ref2-ref1}^{gr} & C_{ref2-ref1}^{gg} & C_{ref2-ref1}^{gb} \\ C_{ref2-ref1}^{br} & C_{ref2-ref1}^{bg} & C_{ref2-ref1}^{bb} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (12)$$

[0032] 式中的 $\begin{bmatrix} C_{ref2-ref1}^{rr} & C_{ref2-ref1}^{rg} & C_{ref2-ref1}^{rb} \\ C_{ref2-ref1}^{gr} & C_{ref2-ref1}^{gg} & C_{ref2-ref1}^{gb} \\ C_{ref2-ref1}^{br} & C_{ref2-ref1}^{bg} & C_{ref2-ref1}^{bb} \end{bmatrix}$ 为第2个显示系统对第1个显示系统的色度空间变换参数矩阵。

[0033] 对应于第1个显示系统的任何显示数据[RGB]所显示的颜色 $[X_1Y_1Z_1]$,第2个显示系统通过实时色度空间变换参数矩阵产生的显示数据 $[R_{ref2}G_{ref2}B_{ref2}]$,保证在第2个显示系统显示出同第1个显示系统颜色一样的 $[X_1Y_1Z_1]$ 。

[0034] 该专利文件给出了具体的色度转换工作过程说明和实时数据处理示意图。同时该专利根据上述色度转换的原理,针对同一种平板显示屏各个显示模块(显示像素)的色度空间特性和基色显示函数特性的不同情况,确定一个参照系统的色度空间参数,再进行相应显示模块(显示像素)的系数数据的实时变换,让整个显示屏的颜色趋于一致,提高平板显示屏色度和亮度的均匀性。

[0035] 当采用该方法对LED平板显示屏进行色度均匀性变换时,面临的第一个问题就是

采集效率问题,LED 发光面板是由几万、甚至上百万组独立的全彩色发光二极管(以下简称为 LED 管)或由 LED 管形成的 LED 显示模块组成。由于受 LED 半导体器件的自身物理特性及其生产工艺等影响,致使 LED 显示屏模块内和模块间存在不同的亮色度的不一致性,使得 LED 平板显示屏的亮度和色度分布情况复杂。以下说明其分布的具体形式。

[0036] (1) 模块分布形式。如图 1 所示,表示 LED 平板显示屏以模块形式出现色度空间参数差异分布情况;

[0037] 可以看到,图中的 LED 平板显示屏的色度差异以模块形式出现,一共有 $M \times N$ 个模块,在左上方的模块为 1_1 模块,其右面的模块为 1_2 模块,下面的模块为 2_1 模块。其中任意一个模块都包括三种基色,每一个基色的色度参数有 $[x, y, z, C]$,分别表示该颜色的色度坐标和分配参数;如红基色的色度参数为 $[x_r, y_r, z_r, C_r]$;绿基色的色度参数为 $[x_g, y_g, z_g, C_g]$;蓝基色的色度参数为 $[x_b, y_b, z_b, C_b]$ 。

[0038] 这样一个显示模块的色度参数为 $[x_r, y_r, z_r, x_g, y_g, z_g, x_b, y_b, z_b, C_r, C_g, C_b]$;对于左上方的 1_1 模块,它的色度参数为 $[x_{r1_1}, y_{r1_1}, z_{r1_1}, x_{g1_1}, y_{g1_1}, z_{g1_1}, x_{b1_1}, y_{b1_1}, z_{b1_1}, C_{r1_1}, C_{g1_1}, C_{b1_1}]$;对于 1_2 模块,它的色度参数为 $[x_{r1_2}, y_{r1_2}, z_{r1_2}, x_{g1_2}, y_{g1_2}, z_{g1_2}, x_{b1_2}, y_{b1_2}, z_{b1_2}, C_{r1_2}, C_{g1_2}, C_{b1_2}]$;对于任意一个模块可以表示为 m_n 模块,它的色度参数为 $[x_{rm_n}, y_{rm_n}, z_{rm_n}, x_{gm_n}, y_{gm_n}, z_{gm_n}, x_{bm_n}, y_{bm_n}, z_{bm_n}, C_{rm_n}, C_{gm_n}, C_{bm_n}]$ 。

[0039] 如果每个显示模块的色度参数都相同,那么模块种类的数量为 1;每个显示模块的色度参数都不相同,则模块种类的数量为 $M \times N$;模块种类的数值在 1 和 $M \times N$ 之间。尽管模块的数量也不少,但是采用传统的测量方法是可以完成上述的测量工作的。

[0040] (2) 像素分布形式。如图 2 所示,当每个显示模块内包含的像素色度参数之间也不相同的话,此时表示 LED 平板显示屏色度空间参数差异以像素形式出现了,也可以理解为每个显示模块仅仅包含一个显示像素,每个模块的色度空间参数都不一样,模块种类的数量最大为整个显示屏包含像素的数量。附图 2 所示,表示 LED 平板显示屏以像素形式出现色度空间参数差异分布情况;

[0041] 可以看到,图中的 LED 平板显示屏的色度差异以像素形式出现,一共有 $M \times N$ 个模块,每个模块包含 $I \times J$ 个像素(图中是 8×8 个像素);在左上方的模块为 1_1 模块,其右面的模块为 1_2 模块,下面的模块为 2_1 模块,任意一个模块可以表示为 m_n 模块。在 1_1 模块中,左上方的像素为 1_1 像素,任意一个像素表示为 i_j 像素;每一个模块内的像素都是如此分布和标记。每一个像素都包括三种基色,分别表示为 $R_{[m,n][i,j]}, G_{[m,n][i,j]}, B_{[m,n][i,j]}$,其中下标 $[m, n]$ 代表屏幕的模块位置,而 $[i, j]$ 表示该像素在此模块中的位置,同样,对像素中每一个基色的色度参数有 $[x, y, z, C]$,分别表示该颜色的色度坐标和分配参数;如红基色的色度参数 $R_{[m,n][i,j]}$ 为 $[x_{r[m,n][i,j]}, y_{r[m,n][i,j]}, z_{r[m,n][i,j]}, C_{r[m,n][i,j]}]$;绿基色的色度参数 $G_{[m,n][i,j]}$ 为 $[x_{g[m,n][i,j]}, y_{g[m,n][i,j]}, z_{g[m,n][i,j]}, C_{g[m,n][i,j]}]$;蓝基色的色度参数 $B_{[m,n][i,j]}$ 为 $[x_{b[m,n][i,j]}, y_{b[m,n][i,j]}, z_{b[m,n][i,j]}, C_{b[m,n][i,j]}]$ 。

[0042] 这样一个显示像素的色度参数为 $[x_{r[m,n][i,j]}, y_{r[m,n][i,j]}, z_{r[m,n][i,j]}, x_{g[m,n][i,j]}, y_{g[m,n][i,j]}, z_{g[m,n][i,j]}, x_{b[m,n][i,j]}, y_{b[m,n][i,j]}, z_{b[m,n][i,j]}, C_{r[m,n][i,j]}, C_{g[m,n][i,j]}, C_{b[m,n][i,j]}]$;对于左上方的 1_1 模块的 1_1 像素,它的色度参数为 $[x_{r[1,1][1,1]}, y_{r[1,1][1,1]}, z_{r[1,1][1,1]}, x_{g[1,1][1,1]}, y_{g[1,1][1,1]}, z_{g[1,1][1,1]}, x_{b[1,1][1,1]}, y_{b[1,1][1,1]}, z_{b[1,1][1,1]}, C_{r[1,1][1,1]}, C_{g[1,1][1,1]}, C_{b[1,1][1,1]}]$;对于 1_2 模块的 1_1 像素,它的色度参数为 $[x_{r[1,2][1,1]}, y_{r[1,2][1,1]}, z_{r[1,2][1,1]}, x_{g[1,2][1,1]}, y_{g[1,2][1,1]}, z_{g[1,2][1,1]}, x_{b[1,2][1,1]}, y_{b[1,2][1,1]}, z_{b[1,2][1,1]}, C_{r[1,2][1,1]}, C_{g[1,2][1,1]}, C_{b[1,2][1,1]}]$ 。

$[1,2][1,1]、Z_{g_{[1,2][1,1]}}、X_{b_{[1,2][1,1]}}、Y_{b_{[1,2][1,1]}}、Z_{b_{[1,2][1,1]}}、C_{r_{[1,2][1,1]}}、C_{g_{[1,2][1,1]}}、C_{b_{[1,2][1,1]}}]$;对于 m_n 模块的 i_j 像素,它的色度参数为 $[x_{r_{[m,n][i,j]}}、y_{r_{[m,n][i,j]}}、z_{r_{[m,n][i,j]}}、x_{g_{[m,n][i,j]}}、y_{g_{[m,n][i,j]}}、z_{g_{[m,n][i,j]}}、x_{b_{[m,n][i,j]}}、y_{b_{[m,n][i,j]}}、z_{b_{[m,n][i,j]}}、C_{r_{[m,n][i,j]}}、C_{g_{[m,n][i,j]}}、C_{b_{[m,n][i,j]}}]$ 。

[0043] 如果每个显示模块的所有像素色度参数相同,而且每个显示模块的色度参数都相同,那么像素种类的数量为 1;每个显示模块中的像素色度参数都不相同,则模块种类的数量为 $M \times N \times I \times J$;模块种类的数值在 1 和 $M \times N \times I \times J$ 之间。对后者来说,采用传统的测量方法来获取整个屏幕像素的色度参数是非常困难的,基本上没有多大现实意义。

[0044] 采用该方法对显示屏各个显示模块(显示像素)进行色度均匀性变换时,基本的步骤为

[0045] (1) 根据各个显示模块(显示像素)色度参数和基色显示函数特性差异情况确定平板显示屏基准色度空间;(2) 得到各个显示模块(显示像素)对基准色度空间的相应色度空间变换参数矩阵:

$$[0046] \begin{bmatrix} C_{rnd-min}^{rr} & C_{rnd-min}^{rg} & C_{rnd-min}^{rb} \\ C_{rnd-min}^{gr} & C_{rnd-min}^{gg} & C_{rnd-min}^{gb} \\ C_{rnd-min}^{br} & C_{rnd-min}^{bg} & C_{rnd-min}^{bb} \end{bmatrix} \quad (13)$$

[0047] (3) 确定基准色度空间基色显示函数特性和具体显示模块基色驱动特性;

[0048] (4) 在控制逻辑控制下显示数据通过基准色度空间的基色显示函数变换器,同时输入具体显示模块对基准色度空间相应变换系数,然后通过色度空间转换阵列进行运算,实时输出数据结果让整个显示屏的颜色趋于一致。

[0049] 按照上述要求,首先必须提供各个显示模块(显示像素)色度参数,如果 LED 显示屏的色度参数不一致是按模块分布的,相对来说比较容易操作一些,而色度参数不一致是按像素分布的,用该专利方法基本无法处理。需要说明的是,该方法前面已经说明,为了简便起见,各个需要进行色度空间转换的显示屏的基色显示函数特性全部为线性关系,并且线性系数为 1;基色显示函数特性差异情况这里不做描述。

[0050] 因此,需要对色度空间转换方法进行重新研究,得到适合于 LED 显示屏的色度均匀性校正方法。

发明内容

[0051] 本发明要解决的一个技术问题是提供一种能够有效解决 LED 显示屏的色度均匀性校正方面存在的问题,并且色度参数采集效率高的 LED 显示屏亮色度分离均匀性校正方法。

[0052] 为了解决上述技术问题,本发明的 LED 显示屏亮色度分离均匀性校正方法包括如下步骤:

[0053] 1) 设定显示模块内的各像素色度参数都相等,则对于其中 m_n 模块的 i_j 像素,有:

$$[0054] \quad \begin{cases} x_{r_m,n}[i,j] = x_{r_m,n} \\ y_{r_m,n}[i,j] = y_{r_m,n} \\ x_{g_m,n}[i,j] = x_{g_m,n} \\ y_{g_m,n}[i,j] = y_{g_m,n} \\ x_{b_m,n}[i,j] = x_{b_m,n} \\ y_{b_m,n}[i,j] = y_{b_m,n} \end{cases} \quad (14)$$

[0055] 其中 m 、 n 分别为像素所在的显示模块的行序数和列序数, i 、 j 分别为显示模块内像素所在的行序数和列序数; 利用亮度色度检测仪获得 LED 显示屏 m_n 模块内任一像素的色度参数 $x_{r_m,n}[i,j]$ 、 $y_{r_m,n}[i,j]$ 、 $x_{g_m,n}[i,j]$ 、 $y_{g_m,n}[i,j]$ 、 $x_{b_m,n}[i,j]$ 、 $y_{b_m,n}[i,j]$ 作为 m_n 模块的色度坐标 $x_{r_m,n}$ 、 $y_{r_m,n}$ 、 $x_{g_m,n}$ 、 $y_{g_m,n}$ 、 $x_{b_m,n}$ 、 $y_{b_m,n}$;

[0056] 对显示屏上各个显示像素进行亮度采集; 得到各个显示像素的亮度参数 $[B_{r_m,n}[i,j]$ 、 $B_{g_m,n}[i,j]$ 、 $B_{b_m,n}[i,j]$];

[0057] 2) 确定显示屏上所有显示像素的色度坐标围成的最小色度三角形覆盖范围, 该最小色度三角形的各个顶点的色度坐标 $[x_{r_min}$ 、 y_{r_min} 、 x_{g_min} 、 y_{g_min} 、 x_{b_min} 、 $y_{b_min}]$ 即为整个显示屏各基色基准色度坐标;

[0058] 确定各个基色的基准亮度 $[B_{r_min}$ 、 B_{g_min} 、 $B_{b_min}]$, 即基准色度空间的基色空间内切最小亮度数值;

[0059] 3) 将亮度色度的参数做分离, 针对于每一模块中的任何一个像素 $[m,n][i,j]$ 均形成一个亮度校正的系数表

$$[0060] \quad K_{pix_m,n}[i,j] = \begin{bmatrix} k_1 & 0 & 0 \\ 0 & k_2 & 0 \\ 0 & 0 & k_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{r_min}/B_{r_m,n}[i,j] & 0 & 0 \\ 0 & B_{g_min}/B_{g_m,n}[i,j] & 0 \\ 0 & 0 & B_{b_min}/B_{b_m,n}[i,j] \end{bmatrix} \quad (86)$$

[0061] 其中 $K_{pix_m,n}[i,j]$ 为像素 $[m,n][i,j]$ 的亮度校正系数; K_1 、 K_2 、 K_3 分别为像素 $[m,n][i,j]$ 的红、绿、蓝亮度校正系数;

[0062] 4) 对于任何一个模块 $[m,n]$, 形成模块色度空间变换参数矩阵

$$[0063] \quad M_{G_[\text{mn}]} = \begin{bmatrix} \zeta_{rr}^{[\text{mn}]} & \zeta_{rg}^{[\text{mn}]} & \zeta_{rb}^{[\text{mn}]} \\ \zeta_{gr}^{[\text{mn}]} & \zeta_{gg}^{[\text{mn}]} & \zeta_{gb}^{[\text{mn}]} \\ \zeta_{br}^{[\text{mn}]} & \zeta_{bg}^{[\text{mn}]} & \zeta_{bb}^{[\text{mn}]} \end{bmatrix} \quad (87)$$

[0064] 其中矩阵各项元素为

[0065]

$$\left\{ \begin{array}{l} \zeta_{rr}^{[\text{mn}]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r_min} & x_{g_[\text{mn}]} & x_{b_[\text{mn}]} \\ y_{r_min} & y_{g_[\text{mn}]} & y_{b_[\text{mn}]} \\ z_{r_min} & z_{g_[\text{mn}]} & z_{b_[\text{mn}]} \end{vmatrix}}{y_{r_min}} \\ \zeta_{rg}^{[\text{mn}]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r_[\text{mn}]} & x_{g_[\text{mn}]} & x_{b_[\text{mn}]} \\ y_{r_[\text{mn}]} & y_{g_[\text{mn}]} & y_{b_[\text{mn}]} \\ z_{r_[\text{mn}]} & z_{g_[\text{mn}]} & z_{b_[\text{mn}]} \end{vmatrix}}{y_{r_[\text{mn}]}} \\ \zeta_{rb}^{[\text{mn}]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{b_min} & x_{g_[\text{mn}]} & x_{b_[\text{mn}]} \\ y_{b_min} & y_{g_[\text{mn}]} & y_{b_[\text{mn}]} \\ z_{b_min} & z_{g_[\text{mn}]} & z_{b_[\text{mn}]} \end{vmatrix}}{y_{b_min}} \end{array} \right. \quad (88)$$

[0066]

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \zeta_{gr}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{r_min} & x_{b[mn]} \\ y_{r[mn]} & y_{r_min} & y_{b[mn]} \\ z_{r[mn]} & z_{r_min} & z_{b[mn]} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} B_{r_min} \\ y_{r_min} \end{vmatrix}} \\
 \zeta_{gg}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{g[mn]} & x_{b[mn]} \\ y_{r[mn]} & y_{g[mn]} & y_{b[mn]} \\ z_{r[mn]} & z_{g[mn]} & z_{b[mn]} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} B_{g_min} \\ y_{g[mn]} \end{vmatrix}} \\
 \zeta_{gg}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{g_min} & x_{b[mn]} \\ y_{r[mn]} & y_{g_min} & y_{b[mn]} \\ z_{r[mn]} & z_{g_min} & z_{b[mn]} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} B_{g_min} \\ y_{g_min} \end{vmatrix}} \\
 \zeta_{gg}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{g[mn]} & x_{b[mn]} \\ y_{r[mn]} & y_{g[mn]} & y_{b[mn]} \\ z_{r[mn]} & z_{g[mn]} & z_{b[mn]} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} B_{g_min} \\ y_{g[mn]} \end{vmatrix}} \\
 \zeta_{gb}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{b_min} & x_{b[mn]} \\ y_{r[mn]} & y_{b_min} & y_{b[mn]} \\ z_{r[mn]} & z_{b_min} & z_{b[mn]} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} B_{b_min} \\ y_{b_min} \end{vmatrix}} \\
 \zeta_{gb}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{g[mn]} & x_{b[mn]} \\ y_{r[mn]} & y_{g[mn]} & y_{b[mn]} \\ z_{r[mn]} & z_{g[mn]} & z_{b[mn]} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} B_{g_min} \\ y_{g[mn]} \end{vmatrix}} \quad (89)
 \end{array} \right.$$

[0067]

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \zeta_{br}^{[m,n]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r_m[n]} & x_{g_m[n]} & x_{r_min} \\ y_{r_m[n]} & y_{g_m[n]} & y_{r_min} \\ z_{r_m[n]} & z_{g_m[n]} & z_{r_min} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} x_{r_m[n]} & x_{g_m[n]} & x_{b_m[n]} \\ y_{r_m[n]} & y_{g_m[n]} & y_{b_m[n]} \\ z_{r_m[n]} & z_{g_m[n]} & z_{b_m[n]} \end{vmatrix}} \frac{B_{r_min}}{y_{r_min}} \\
 \zeta_{bg}^{[m,n]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r_m[n]} & x_{g_m[n]} & x_{g_min} \\ y_{r_m[n]} & y_{g_m[n]} & y_{g_min} \\ z_{r_m[n]} & z_{g_m[n]} & z_{g_min} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} x_{r_m[n]} & x_{g_m[n]} & x_{b_m[n]} \\ y_{r_m[n]} & y_{g_m[n]} & y_{b_m[n]} \\ z_{r_m[n]} & z_{g_m[n]} & z_{b_m[n]} \end{vmatrix}} \frac{B_{g_min}}{y_{g_min}} \\
 \zeta_{bb}^{[m,n]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r_m[n]} & x_{g_m[n]} & x_{b_min} \\ y_{r_m[n]} & y_{g_m[n]} & y_{b_min} \\ z_{r_m[n]} & z_{g_m[n]} & z_{b_min} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} x_{r_m[n]} & x_{g_m[n]} & x_{b_m[n]} \\ y_{r_m[n]} & y_{g_m[n]} & y_{b_m[n]} \\ z_{r_m[n]} & z_{g_m[n]} & z_{b_m[n]} \end{vmatrix}} \frac{B_{b_min}}{y_{b_min}}
 \end{array} \right. \quad (90)$$

[0068] 5) 利用步骤3) 的亮度校正系数表和步骤4) 的模块色度空间变换参数矩阵得到校正后的实时驱动显示数据 $[R_{[m,n][i,j]} G_{[m,n][i,j]} B_{[m,n][i,j]}]$:

$$[0069] \quad \begin{bmatrix} R_{[m,n][i,j]} \\ G_{[m,n][i,j]} \\ B_{[m,n][i,j]} \end{bmatrix} = K_{pix_ [m,n][i,j]} M_{G_ [m,n]} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

[0070] 其中 R、G、B 分别为红、绿、蓝输入显示数据 ;

[0071] 6) 利用步骤5) 得到的实时驱动显示数据 $[R_{[m,n][i,j]} G_{[m,n][i,j]} B_{[m,n][i,j]}]$ 驱动显示屏。

[0072] 假定需要进行色度空间转换的显示屏的基色显示函数特性全部为线性关系, 并且线性系数为 1 ; 则仅仅需要对各个显示像素的实时输入显示数据, 利用式 (93) 得到调整后

的各个像素红、绿、蓝实时驱动显示数据 $[R_{[m,n][i,j]} G_{[m,n][i,j]} B_{[m,n][i,j]}]$, 使整个显示屏所有显示像素显示出同基准色度空间颜色基本一致的 $[X_{\min_{[m,n][i,j]}} Y_{\min_{[m,n][i,j]}} Z_{\min_{[m,n][i,j]}}]$, 其颜色差异全部在“颜色宽容量”范围之内, 达到 LED 显示屏颜色均匀性校正的目的。

[0073] 所述步骤 5) 中, 利用步骤 3) 的亮度校正系数表和步骤 4) 的模块色度空间变换参数矩阵得到校正后的实时驱动显示数据 $[R_{[m,n][i,j]} G_{[m,n][i,j]} B_{[m,n][i,j]}]$ 的方法如下:

[0074] 首先利用步骤 3) 得到的亮度校正系数表对显示屏各个像素的亮度进行修正, 得到校正后的亮度数值 $M_{T[m,n][i,j]}$:

$$[0075] \quad M_{T[m,n][i,j]} = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} [k_1 \quad k_2 \quad k_3] = \begin{bmatrix} B_{r_min}/B_{r[m,n][i,j]} & R & B_{g_min}/B_{g[m,n][i,j]} & R & B_{b_min}/B_{b[m,n][i,j]} & R \\ B_{r_min}/B_{r[m,n][i,j]} & G & B_{g_min}/B_{g[m,n][i,j]} & G & B_{b_min}/B_{b[m,n][i,j]} & G \\ B_{r_min}/B_{r[m,n][i,j]} & B & B_{g_min}/B_{g[m,n][i,j]} & B & B_{b_min}/B_{b[m,n][i,j]} & B \end{bmatrix} \quad (91)$$

[0076] 然后利用校正后的亮度数值 $M_{T[m,n][i,j]}$ 及步骤 4) 得到的模块色度空间变换参数矩阵得到显示屏各个像素的色度空间变换参数矩阵:

$$[0077] \quad M_{T[m,n][i,j]}^c = M_{G[m,n]} M_{T[m,n][i,j]} \\ [0078] \quad = \begin{bmatrix} \zeta_{rr}^{[m,n]} & \zeta_{rg}^{[m,n]} & \zeta_{rb}^{[m,n]} \\ \zeta_{gr}^{[m,n]} & \zeta_{gg}^{[m,n]} & \zeta_{gb}^{[m,n]} \\ \zeta_{br}^{[m,n]} & \zeta_{bg}^{[m,n]} & \zeta_{bb}^{[m,n]} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_{r_min}/B_{r[m,n][i,j]} & R & B_{g_min}/B_{g[m,n][i,j]} & R & B_{b_min}/B_{b[m,n][i,j]} & R \\ B_{r_min}/B_{r[m,n][i,j]} & G & B_{g_min}/B_{g[m,n][i,j]} & G & B_{b_min}/B_{b[m,n][i,j]} & G \\ B_{r_min}/B_{r[m,n][i,j]} & B & B_{g_min}/B_{g[m,n][i,j]} & B & B_{b_min}/B_{b[m,n][i,j]} & B \end{bmatrix} \quad (92)$$

[0079] 最后利用各个像素色度空间变换参数矩阵完成各个模块的色度修正, 得到各个像素实时驱动显示数据 $[R_{[m,n][i,j]} G_{[m,n][i,j]} B_{[m,n][i,j]}]$:

$$[0080] \quad \begin{bmatrix} R_{[m,n][i,j]} \\ G_{[m,n][i,j]} \\ B_{[m,n][i,j]} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{T[m,n][i,j]}^c(1,1) \\ M_{T[m,n][i,j]}^c(2,2) \\ M_{T[m,n][i,j]}^c(3,3) \end{bmatrix} \quad (93)$$

[0081]

$$M_{T[m,n][i,j]}^c(1,1) = \zeta_{rr}^{[m,n]} (B_{r_min}/B_{r[m,n][i,j]}) R + \zeta_{rg}^{[m,n]} (B_{r_min}/B_{r[m,n][i,j]}) G + \zeta_{rb}^{[m,n]} (B_{r_min}/B_{r[m,n][i,j]}) B$$

[0082]

$$M_{T[m,n][i,j]}^c(2,2) = \zeta_{gr}^{[m,n]} (B_{g_min}/B_{g[m,n][i,j]}) R + \zeta_{gg}^{[m,n]} (B_{g_min}/B_{g[m,n][i,j]}) G + \zeta_{gb}^{[m,n]} (B_{g_min}/B_{g[m,n][i,j]}) B$$

[0083]

$$M_{T[m,n][i,j]}^c(3,3) = \zeta_{br}^{[m,n]} (B_{b_min}/B_{b[m,n][i,j]}) R + \zeta_{bg}^{[m,n]} (B_{b_min}/B_{b[m,n][i,j]}) G + \zeta_{bb}^{[m,n]} (B_{b_min}/B_{b[m,n][i,j]}) B$$

[0084] 上述方法特点是: 利用亮度色度分离采集较快得到有效的亮度色度参数, 进一步将亮度色度的参数做分离, 针对于每一模块中的任何一个像素 $[m,n][i,j]$ 均形成一个亮度校

正的系数表,对于任何一个模块 $[m, n]$,按照色度校正的方法,形成模块色度空间变换参数矩阵;通过上述正确的先亮度逐点校正后色度逐模块修正的方式完成 LED 显示屏亮度均匀性修正。对于包含 $M \times N$ 个显示模块,每个显示模块包含 $I \times J$ 个像素的显示屏,各个像素基色的亮度校正系数为 $3 \times M \times N \times I \times J$ 个存储单元,各个显示模块的色度空间变换参数矩阵元素有 $9 \times M \times N$ 个存储单元。

[0085] 所述步骤 5) 中,利用步骤 3) 的亮度校正系数表和步骤 4) 的模块色度空间变换参数矩阵得到校正后的实时驱动显示数据 $[R_{[m,n][i,j]} G_{[m,n][i,j]} B_{[m,n][i,j]}]$ 的方法还可以采用如下步骤:

[0086] 首先利用模块色度空间变换参数矩阵对显示屏各个模块进行色度修正,得到修正后的显示数据 $[R_{[m,n]} G_{[m,n]} B_{[m,n]}]$:

$$[0087] \quad \begin{bmatrix} R_{[m,n]} \\ G_{[m,n]} \\ B_{[m,n]} \end{bmatrix} = M_{G-[m,n]} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \zeta_{rr}^{[m,n]} R & \zeta_{rg}^{[m,n]} R & \zeta_{rb}^{[m,n]} R \\ \zeta_{gr}^{[m,n]} G & \zeta_{gg}^{[m,n]} G & \zeta_{gb}^{[m,n]} G \\ \zeta_{br}^{[m,n]} B & \zeta_{bg}^{[m,n]} B & \zeta_{bb}^{[m,n]} B \end{bmatrix}$$

[0088] 然后利用步骤 3) 得到的亮度校正系数表和修正显示数据 $[R_{[m,n]} G_{[m,n]} B_{[m,n]}]$ 完成各个像素亮度的校正,得到显示屏各个像素的实时驱动显示数据 $[R_{[m,n][i,j]} G_{[m,n][i,j]} B_{[m,n][i,j]}]$:

$$[0089] \quad \begin{bmatrix} R_{[m,n][i,j]} \\ G_{[m,n][i,j]} \\ B_{[m,n][i,j]} \end{bmatrix} = K_{pix-[m,n][i,j]} \begin{bmatrix} R_{[m,n]} \\ G_{[m,n]} \\ B_{[m,n]} \end{bmatrix}$$

[0090]

$$= \begin{bmatrix} B_{r_min} / B_{r-[m,n][i,j]} & 0 & 0 \\ 0 & B_{g_min} / B_{g-[m,n][i,j]} & 0 \\ 0 & 0 & B_{b_min} / B_{b-[m,n][i,j]} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \zeta_{rr}^{[m,n]} R & \zeta_{rg}^{[m,n]} R & \zeta_{rb}^{[m,n]} R \\ \zeta_{gr}^{[m,n]} G & \zeta_{gg}^{[m,n]} G & \zeta_{gb}^{[m,n]} G \\ \zeta_{br}^{[m,n]} B & \zeta_{bg}^{[m,n]} B & \zeta_{bb}^{[m,n]} B \end{bmatrix}$$

$$[0091] \quad = \begin{bmatrix} M_{T_{[m,n][i,j]}^c}^{(1,1)} \\ M_{T_{[m,n][i,j]}^c}^{(2,2)} \\ M_{T_{[m,n][i,j]}^c}^{(3,3)} \end{bmatrix}$$

[0092]

$$M_{T[m,n][i,j]}^C(1,1) = \zeta_{rr}^{[m,n]}(B_{r_min}/B_{r_m,n}[i,j])R + \zeta_{rg}^{[m,n]}(B_{r_min}/B_{r_m,n}[i,j])G + \zeta_{rb}^{[m,n]}(B_{r_min}/B_{r_m,n}[i,j])B$$

[0093]

$$M_{T[m,n][i,j]}^C(2,2) = \zeta_{gr}^{[m,n]}(B_{g_min}/B_{g_m,n}[i,j])R + \zeta_{gg}^{[m,n]}(B_{g_min}/B_{g_m,n}[i,j])G + \zeta_{gb}^{[m,n]}(B_{g_min}/B_{g_m,n}[i,j])B$$

[0094]

$$M_{T[m,n][i,j]}^C(3,3) = \zeta_{br}^{[m,n]}(B_{b_min}/B_{b_m,n}[i,j])R + \zeta_{bg}^{[m,n]}(B_{b_min}/B_{b_m,n}[i,j])G + \zeta_{bb}^{[m,n]}(B_{b_min}/B_{b_m,n}[i,j])B$$

[0095]

上述方法主要是先调整模块之间的颜色差异,在调整颜色之后再统一控制各个像素的亮度情况,此时由于不涉及颜色转换,校正变得相对容易一些。

[0096] 该方法特点主要在于,利用亮度度分离采集较快得到有效的亮度度参数,针对于每一模块中的任何一个像素 $[m, n][i, j]$ 均形成一个亮度校正的系数表,对于任何一个模块 $[m, n]$,按照色度校正的方法,形成模块色度空间变换参数矩阵;通过先色度逐模块修正后亮度逐点校正的方式完成LED显示屏亮度均匀性修正。各个像素基色的亮度校正系数为 $3 \times M \times N \times I \times J$ 个存储单元,各个显示模块的色度空间变换参数矩阵元素有 $9 \times M \times N$ 个存储单元,控制流程简单,是更加有效亮度度分离校正的方案。

[0097] 其中确定显示屏各基色基准色度坐标的步骤如下:

[0098] a、根据各显示像素的色度坐标 $[x_{r_m,n}, y_{r_m,n}]$ 、 $[x_{g_m,n}, y_{g_m,n}]$ 和 $[x_{b_m,n}, y_{b_m,n}]$,在色度平面图上标明其位置;

[0099] b、建立红基色和绿基色之间的直线方程 $line_{rg_{m,n}}$ 、红基色和蓝基色之间的直线方程 $line_{rb_{m,n}}$ 、绿基色和蓝基色之间的直线方程 $line_{gb_{m,n}}$;得到3个直线簇,分别为红绿直线簇、红蓝直线簇及绿蓝直线簇;

[0100] c、在红绿直线簇和红蓝直线簇处形成直线的交点集合,从中选出距参考白场色度坐标 $[x_w, y_w]$ 距离最短的点作为红基色基准色度坐标 $[x_{r_min}, y_{r_min}]$;在红绿直线簇和绿蓝直线簇处形成直线的交点集合,从中选出距参考白场色度坐标 $[x_w, y_w]$ 距离最短的点作为绿基色基准色度坐标 $[x_{g_min}, y_{g_min}]$;在绿蓝直线簇和红蓝直线簇处形成直线的交点集合,从中选出距参考白场色度坐标 $[x_w, y_w]$ 距离最短的点作为蓝基色基准色度坐标 $[x_{b_min}, y_{b_min}]$;

[0101] 其中确定各个基色的基准亮度 $[B_{r_min}, B_{g_min}, B_{b_min}]$ 的具体步骤如下:

[0102] a、过红基色基准色度坐标 $[x_{r_min}, y_{r_min}]$ 所在的点、绿基色基准色度坐标 $[x_{g_min}, y_{g_min}]$ 所在的点和蓝基色基准色度坐标 $[x_{b_min}, y_{b_min}]$ 所在的点做垂直于色度平面的直线,以该3条直线作为基准色度空间参考线;

[0103] b、各像素色度空间坐标点 $[x_{r_m,n}, y_{r_m,n}, B_{r_m,n}[i, j]]$ 、 $[x_{g_m,n}, y_{g_m,n}, B_{g_m,n}[i, j]]$ 和 $[x_{b_m,n}, y_{b_m,n}, B_{b_m,n}[i, j]]$ 形成的平面 $plane_rgb_{m,n}[i, j]$ 同3条基准色度空间参考线相交,得到3组空间坐标点集合,它们分布在3条基准色度空间参考线上,亮度数值分别为 $[B_{r_m,n}[i, j]_{min}]$ 、 $[B_{g_m,n}[i, j]_{min}]$ 和 $[B_{b_m,n}[i, j]_{min}]$;在空间坐标点集合 $[x_{r_min}, y_{r_min}, B_{r_m,n}[i, j]_{min}]$ 中选取 $[B_{r_m,n}[i, j]_{min}]$ 最小的色度空间点,将该空间点的亮度作为红基色的基准亮度 B_{r_min} ;在空间坐标点集合 $[x_{g_min}, y_{g_min}, B_{g_m,n}[i, j]_{min}]$ 中选取 $[B_{g_m,n}[i, j]_{min}]$ 最小的色度空间点,将该空间点的亮度作为绿基色的基准亮度 B_{g_min} ;在空间坐标点集合 $[x_{b_min}, y_{b_min}, B_{b_m,n}[i, j]_{min}]$ 中选取 $[B_{b_m,n}[i, j]_{min}]$ 最小的色度空间点,将该空间点的亮度作为蓝基色的基准亮

度 B_{b_min} 。

附图说明：

- [0104] 图 1 为 LED 平板显示屏以模块形式出现色度空间参数差异示意图。
 [0105] 图 2 为 LED 平板显示屏以像素形式出现色度空间参数差异示意图。
 [0106] 图 3 为 LED 平板显示屏各个基准基色色度坐标确定示意图。
 [0107] 图 4 为实施例 1 的实现 LED 显示屏亮色度分离均匀性校正方法的控制系统结构示意图。
 [0108] 图 5 实施例 2 的实现 LED 显示屏亮色度分离均匀性校正方法的控制系统结构示意图。
 [0109] 图 6 为实施例 3 的实现 LED 显示屏亮色度分离均匀性校正方法的控制系统结构示意图。
 [0110] 图 7 为平板显示屏经过色度模块修正的红颜色显示情况示意图。
 [0111] 图 8 为平板显示屏色度模块修正再亮度逐点校正后的红颜色显示情况示意图。
 [0112] 图 9 为实施例 4 的实现 LED 显示屏亮色度分离均匀性校正方法的控制系统结构示意图。

具体实施方式：

[0113] 实施例 1：

[0114] 1) 对于 LED 显示屏（包含 M 行、N 列显示模块，每个显示模块内包含 I 行、J 列像素），鉴于显示模块内的色度差异可以忽略，显示模块内的色度视为相同，利用亮色度检测仪获得 LED 显示屏 $M \times N$ 个模块的色度坐标，这样所有显示像素的色度坐标得以确定。于是有：

$$[0115] \quad \begin{cases} x_{r_m_n}[i,j] = x_{r_m_n} = x_{r_m_n} \\ y_{r_m_n}[i,j] = y_{r_m_n} = y_{r_m_n} \\ x_{g_m_n}[i,j] = x_{g_m_n} = x_{g_m_n} \\ y_{g_m_n}[i,j] = y_{g_m_n} = y_{g_m_n} \\ x_{b_m_n}[i,j] = x_{b_m_n} = x_{b_m_n} \\ y_{b_m_n}[i,j] = y_{b_m_n} = y_{b_m_n} \end{cases} \quad (14)$$

[0116] $x_{r_m_n}$ 、 $y_{r_m_n}$ 、 $x_{g_m_n}$ 、 $y_{g_m_n}$ 、 $x_{b_m_n}$ 、 $y_{b_m_n}$ 分别表示 m_n 模块的红基色 X 色度坐标、红基色 Y 色度坐标、绿基色 X 色度坐标、绿基色 Y 色度坐标、蓝基色 X 色度坐标、蓝基色 Y 色度坐标；为了更简便的表示这些色度坐标，可以记为 $x_{r_m_n}$ 、 $y_{r_m_n}$ 、 $x_{g_m_n}$ 、 $y_{g_m_n}$ 、 $x_{b_m_n}$ 、 $y_{b_m_n}$ 。

[0117] (2) 采集各个显示像素的亮度参数，得到各个显示像素的亮度参数 $[B_{r_m_n}[i,j]$ 、 $B_{g_m_n}[i,j]$ 、 $B_{b_m_n}[i,j]$ 。

$[m, n][i, j]$ 、 $B_{b_{[m, n][i, j]}}$ 。

[0118] (3) 这样对于 m_n 模块的 i_j 像素, 它的色度参数集合为 $[x_{r_{[m, n]}}、y_{r_{[m, n]}}、x_{g_{[m, n]}}、y_{g_{[m, n]}}、x_{b_{[m, n]}}、y_{b_{[m, n]}}、B_{r_{[m, n][i, j]}}、B_{g_{[m, n][i, j]}}、B_{b_{[m, n][i, j]}}$ 。

[0119] (4) 确定所有显示像素的色度坐标围成的最小色度三角形覆盖范围, 该最小色度三角形的各个顶点的色度坐标即为整个屏幕各个基准基色色度坐标 $[x_{r_min}、y_{r_min}]$ 、 $[x_{g_min}、y_{g_min}]$ 、 $[x_{b_min}、y_{b_min}]$ 和各个基色的基准亮度 $[B_{r_min}、B_{g_min}、B_{b_min}]$ 。

[0120] (5) 将亮度色度的参数做分离, 针对于每一模块中的任何一个像素 $[m, n][i, j]$ 均形成一个亮度校正的系数表

$$[0121] \quad K_{pix_{[m, n][i, j]}} = \begin{bmatrix} k_1 & 0 & 0 \\ 0 & k_2 & 0 \\ 0 & 0 & k_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{r_min} / B_{r_{[m, n][i, j]}} & 0 & 0 \\ 0 & B_{g_min} / B_{g_{[m, n][i, j]}} & 0 \\ 0 & 0 & B_{b_min} / B_{b_{[m, n][i, j]}} \end{bmatrix} \quad (86)$$

[0122] (6) 对于任何一个模块 $[m, n]$, 形成模块色度空间变换参数矩阵

$$[0123] \quad M_{G_{[m, n]}} = \begin{bmatrix} \zeta_{[m, n]}^{rr} & \zeta_{[m, n]}^{rg} & \zeta_{[m, n]}^{rb} \\ \zeta_{[m, n]}^{gr} & \zeta_{[m, n]}^{gg} & \zeta_{[m, n]}^{gb} \\ \zeta_{[m, n]}^{br} & \zeta_{[m, n]}^{bg} & \zeta_{[m, n]}^{bb} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \zeta_{rr}^{[m, n]} & \zeta_{rg}^{[m, n]} & \zeta_{rb}^{[m, n]} \\ \zeta_{gr}^{[m, n]} & \zeta_{gg}^{[m, n]} & \zeta_{gb}^{[m, n]} \\ \zeta_{br}^{[m, n]} & \zeta_{bg}^{[m, n]} & \zeta_{bb}^{[m, n]} \end{bmatrix}$$

[0124] $\zeta_{[m, n]}^{rr}$ 、 $\zeta_{[m, n]}^{rg}$ 、 $\zeta_{[m, n]}^{rb}$ 、 $\zeta_{[m, n]}^{gr}$ 、 $\zeta_{[m, n]}^{gg}$ 、 $\zeta_{[m, n]}^{gb}$ 、 $\zeta_{[m, n]}^{br}$ 、 $\zeta_{[m, n]}^{bg}$ 、 $\zeta_{[m, n]}^{bb}$

为第 m_n 模块对于标准色度空间的色度转换矩阵参数, 为了更好地表示亮度、色度分离的色度修正方法, 同时为了区分显示屏各个像素和各个模块分别对应标准色度空间转换矩阵的参数, 因而可以将各个模块的转换矩阵参数记为 $\zeta_{rr}^{[m, n]}$ 、 $\zeta_{rg}^{[m, n]}$ 、 $\zeta_{rb}^{[m, n]}$ 、 $\zeta_{gr}^{[m, n]}$ 、 $\zeta_{gg}^{[m, n]}$ 、 $\zeta_{gb}^{[m, n]}$ 、 $\zeta_{br}^{[m, n]}$ 、 $\zeta_{bg}^{[m, n]}$ 、 $\zeta_{bb}^{[m, n]}$ 。

[0125] 其中矩阵各项元素为

[0126]

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \zeta_{rr}^{[m]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r_min} & x_{g_m} & x_{b_m} \\ y_{r_min} & y_{g_m} & y_{b_m} \\ z_{r_min} & z_{g_m} & z_{b_m} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} x_{r_m} & x_{g_m} & x_{b_m} \\ y_{r_m} & y_{g_m} & y_{b_m} \\ z_{r_m} & z_{g_m} & z_{b_m} \end{vmatrix}} \frac{B_{r_min}}{y_{r_min}} \\
 \zeta_{rg}^{[m]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{g_min} & x_{g_m} & x_{b_m} \\ y_{g_min} & y_{g_m} & y_{b_m} \\ z_{g_min} & z_{g_m} & z_{b_m} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} x_{r_m} & x_{g_m} & x_{b_m} \\ y_{r_m} & y_{g_m} & y_{b_m} \\ z_{r_m} & z_{g_m} & z_{b_m} \end{vmatrix}} \frac{B_{g_min}}{y_{g_min}} \\
 \zeta_{rb}^{[m]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{b_min} & x_{g_m} & x_{b_m} \\ y_{b_min} & y_{g_m} & y_{b_m} \\ z_{b_min} & z_{g_m} & z_{b_m} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} x_{r_m} & x_{g_m} & x_{b_m} \\ y_{r_m} & y_{g_m} & y_{b_m} \\ z_{r_m} & z_{g_m} & z_{b_m} \end{vmatrix}} \frac{B_{b_min}}{y_{b_min}} \\
 \zeta_{rb}^{[m]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r_m} & x_{g_m} & x_{b_m} \\ y_{r_m} & y_{g_m} & y_{b_m} \\ z_{r_m} & z_{g_m} & z_{b_m} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} x_{r_m} & x_{g_m} & x_{b_m} \\ y_{r_m} & y_{g_m} & y_{b_m} \\ z_{r_m} & z_{g_m} & z_{b_m} \end{vmatrix}} \frac{B_{r_min}}{y_{r_m}} \quad (88)
 \end{array} \right.$$

[0127]

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \zeta_{gr}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{r_min} & x_{b[mn]} \\ y_{r[mn]} & y_{r_min} & y_{b[mn]} \\ z_{r[mn]} & z_{r_min} & z_{b[mn]} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{g[mn]} & x_{b[mn]} \\ y_{r[mn]} & y_{g[mn]} & y_{b[mn]} \\ z_{r[mn]} & z_{g[mn]} & z_{b[mn]} \end{vmatrix}} \frac{B_{r_min}}{y_{r_min}} \\
 \zeta_{gg}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{g_min} & x_{b[mn]} \\ y_{r[mn]} & y_{g_min} & y_{b[mn]} \\ z_{r[mn]} & z_{g_min} & z_{b[mn]} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{g[mn]} & x_{b[mn]} \\ y_{r[mn]} & y_{g[mn]} & y_{b[mn]} \\ z_{r[mn]} & z_{g[mn]} & z_{b[mn]} \end{vmatrix}} \frac{B_{g_min}}{y_{g_min}} \\
 \zeta_{gb}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{b_min} & x_{b[mn]} \\ y_{r[mn]} & y_{b_min} & y_{b[mn]} \\ z_{r[mn]} & z_{b_min} & z_{b[mn]} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{g[mn]} & x_{b[mn]} \\ y_{r[mn]} & y_{g[mn]} & y_{b[mn]} \\ z_{r[mn]} & z_{g[mn]} & z_{b[mn]} \end{vmatrix}} \frac{B_{b_min}}{y_{b_min}} \\
 \zeta_{gb}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{g[mn]} & x_{b[mn]} \\ y_{r[mn]} & y_{g[mn]} & y_{b[mn]} \\ z_{r[mn]} & z_{g[mn]} & z_{b[mn]} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} x_{r[mn]} & x_{g[mn]} & x_{b[mn]} \\ y_{r[mn]} & y_{g[mn]} & y_{b[mn]} \\ z_{r[mn]} & z_{g[mn]} & z_{b[mn]} \end{vmatrix}} \frac{B_{g_min}}{y_{g[mn]}} \quad (89)
 \end{array} \right.$$

[0128]

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \zeta_{br}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r_mn} & x_{g_mn} & x_{r_min} \\ y_{r_mn} & y_{g_mn} & y_{r_min} \\ z_{r_mn} & z_{g_mn} & z_{r_min} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} x_{r_mn} & x_{g_mn} & x_{b_mn} \\ y_{r_mn} & y_{g_mn} & y_{b_mn} \\ z_{r_mn} & z_{g_mn} & z_{b_mn} \end{vmatrix}} \frac{B_{r_min}}{y_{r_min}} \\
 \zeta_{bg}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r_mn} & x_{g_mn} & x_{g_min} \\ y_{r_mn} & y_{g_mn} & y_{g_min} \\ z_{r_mn} & z_{g_mn} & z_{g_min} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} x_{r_mn} & x_{g_mn} & x_{b_mn} \\ y_{r_mn} & y_{g_mn} & y_{b_mn} \\ z_{r_mn} & z_{g_mn} & z_{b_mn} \end{vmatrix}} \frac{B_{g_min}}{y_{g_min}} \\
 \zeta_{bb}^{[mn]} = \frac{\begin{vmatrix} x_{r_mn} & x_{g_mn} & x_{b_min} \\ y_{r_mn} & y_{g_mn} & y_{b_min} \\ z_{r_mn} & z_{g_mn} & z_{b_min} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} x_{r_mn} & x_{g_mn} & x_{b_mn} \\ y_{r_mn} & y_{g_mn} & y_{b_mn} \\ z_{r_mn} & z_{g_mn} & z_{b_mn} \end{vmatrix}} \frac{B_{b_min}}{y_{b_mn}}
 \end{array} \right. \quad (90)$$

[0129] 假定需要进行色度空间转换的显示屏的基色显示函数特性全部为线性关系,并且线性系数为 1,则输入显示数据 R、G、B 即为原始输入显示数据。仅仅需要对各个显示像素的原始实时输入显示数据,利用式 (91),即可完成显示屏各个像素的亮度校正:

$$[0130] \quad M_{T_{[mn][i,j]}} = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_1 & k_2 & k_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{r_min}/B_{r_mn}[i,j] & R & B_{g_min}/B_{g_mn}[i,j] & R & B_{b_min}/B_{b_mn}[i,j] & R \\ B_{r_min}/B_{r_mn}[i,j] & G & B_{g_min}/B_{g_mn}[i,j] & G & B_{b_min}/B_{b_mn}[i,j] & G \\ B_{r_min}/B_{r_mn}[i,j] & B & B_{g_min}/B_{g_mn}[i,j] & B & B_{b_min}/B_{b_mn}[i,j] & B \end{bmatrix} \quad (91)$$

[0131] (7) 然后完成各个模块的色度修正

$$[0132] \quad M_{T_{[mn][i,j]}}^c = M_{G_mn} M_{T_{[mn][i,j]}}$$

[0133]

$$= \begin{bmatrix} \xi_{rr}^{[m,n]} & \xi_{rg}^{[m,n]} & \xi_{rb}^{[m,n]} \\ \xi_{gr}^{[m,n]} & \xi_{gg}^{[m,n]} & \xi_{gb}^{[m,n]} \\ \xi_{br}^{[m,n]} & \xi_{bg}^{[m,n]} & \xi_{bb}^{[m,n]} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_{r_min}/B_{r_mp}[i,j] & R & B_{g_min}/B_{g_mp}[i,j] & R & B_{b_min}/B_{b_mp}[i,j] & R \\ B_{r_min}/B_{r_mp}[i,j] & G & B_{g_min}/B_{g_mp}[i,j] & G & B_{b_min}/B_{b_mp}[i,j] & G \\ B_{r_min}/B_{r_mp}[i,j] & B & B_{g_min}/B_{g_mp}[i,j] & B & B_{b_min}/B_{b_mp}[i,j] & B \end{bmatrix} \quad (92)$$

[0134] 利用显示像素的色度空间变换参数矩阵进行实时运算,即可以得到各个显示像素调整后的实时驱动显示数据 $[R_{[m,n][i,j]} \ G_{[m,n][i,j]} \ B_{[m,n][i,j]}]$;

$$[0135] \quad \begin{bmatrix} R_{[m,n][i,j]} \\ G_{[m,n][i,j]} \\ B_{[m,n][i,j]} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{T_{[m,n][i,j]}^c}^c(1,1) \\ M_{T_{[m,n][i,j]}^c}^c(2,2) \\ M_{T_{[m,n][i,j]}^c}^c(3,3) \end{bmatrix} \quad (93)$$

[0136] 利用调整后的实时驱动显示数据 $[R_{[m,n][i,j]} \ G_{[m,n][i,j]} \ B_{[m,n][i,j]}]$ 使整个显示屏所有显示像素显示出同基准色度空间颜色基本一致的 $[X_{min_m,n}[i,j] \ Y_{min_m,n}[i,j] \ Z_{min_m,n}[i,j]]$, 其颜色差异全部在“颜色宽容量”范围之内,达到 LED 显示屏颜色均匀性校正的目的。

[0137] 本实施例中实现 LED 显示屏亮度分离均匀性校正方法的装置如附图 4 所示,色度空间实时数据修正控制系统包括红基色输入显示数据控制器 1、绿基色输入显示数据控制器 2、蓝基色输入显示数据控制器 3、总控制逻辑 4、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rr}^{[m,n]}$ 缓存器 5、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rg}^{[m,n]}$ 缓存器 6、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rb}^{[m,n]}$ 缓存器 7、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gr}^{[m,n]}$ 缓存器 8、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gg}^{[m,n]}$ 缓存器 9、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gb}^{[m,n]}$ 缓存器 10、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{br}^{[m,n]}$ 缓存器 11、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{bg}^{[m,n]}$ 缓存器 12、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{bb}^{[m,n]}$ 缓存器 13、当前正在进行运算的显示像素的红基色亮度校正参数 $B_{r_min}/B_{r_mp}[i,j]$ 缓存器 47、当前正在进行运算的显示像素的绿基色亮度校正参数 $B_{g_min}/B_{g_mp}[i,j]$ 缓存器 48、当前正在进行运算的显示像素的蓝基色亮度校正参数 $B_{b_min}/B_{b_mp}[i,j]$ 缓存器 49,红基色运算乘法器 14、15、16,绿基色运算乘法器 17、18、19,蓝基色运算乘法器 20、21、22,红基色运算加法器 23,绿基色运算加法器 24,蓝基色运算加法器 25,红基色驱动显示数据 26,绿基色驱动显示数据 27,蓝基色驱动显示数据 28,红基色输入显示数据缓存器 29,绿基色输入显示数据缓存器 30,蓝基色输入显示数据缓存器 31,当前显示像素红基色变换完成的驱动显示数据缓存器 32,当前显示像素绿基色变换完成的驱动显示数据缓存器 33,当前显示像素蓝基色变换完成的驱动显示数据缓存器 34,显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rr}^{[m,n]}$ 存储器 35,显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rg}^{[m,n]}$ 存储器 36,显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rb}^{[m,n]}$ 存储器 37,显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gr}^{[m,n]}$ 存储器 38,显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gg}^{[m,n]}$ 存储器 39,显示屏所有显示模块的色

度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gb}^{[m,n]}$ 存储器 40, 显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{br}^{[m,n]}$ 存储器 41, 显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{bg}^{[m,n]}$ 存储器 42, 显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{bb}^{[m,n]}$ 存储器 43; 显示屏所有显示像素的红基色亮度校正参数 $B_{r_min}/B_{r_m,n}[i,j]$ 存储器 44, 显示屏所有显示像素的绿基色亮度校正参数 $B_{g_min}/B_{g_m,n}[i,j]$ 存储器 45, 显示屏所有显示像素的蓝基色亮度校正参数 $B_{b_min}/B_{b_m,n}[i,j]$ 存储器 46; 针对于红基色色度乘法运算的红基色亮度逐点校正乘法器 50, 针对于红基色色度乘法运算的绿基色亮度逐点校正乘法器 53, 针对于红基色色度乘法运算的蓝基色亮度逐点校正乘法器 56; 针对于绿基色色度乘法运算的红基色亮度逐点校正乘法器 51, 针对于绿基色色度乘法运算的绿基色亮度逐点校正乘法器 54, 针对于绿基色色度乘法运算的蓝基色亮度逐点校正乘法器 57; 针对于蓝基色色度乘法运算的红基色亮度逐点校正乘法器 52, 针对于蓝基色色度乘法运算的绿基色亮度逐点校正乘法器 55, 针对于蓝基色色度乘法运算的蓝基色亮度逐点校正乘法器 58; 控制的简单流程为: 总控制逻辑 4 产生控制电路的基本时序信号; 红基色输入显示数据控制器 1、绿基色输入显示数据控制器 2、蓝基色输入显示数据控制器 3 不断输入各个显示像素在该时刻的各个基色实时显示数据; 同时在总控制逻辑 4 的信号控制下, 当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素缓存器 5、6、7、8、9、10、11、12、13 都能从相应的存储器 35、36、37、38、39、40、41、42、43 取得此刻需要参与运算的显示像素色度空间变换参数矩阵元素 $[\xi_{rr}^{[m,n]} \xi_{rg}^{[m,n]} \xi_{rb}^{[m,n]} \xi_{gr}^{[m,n]} \xi_{gg}^{[m,n]} \xi_{gb}^{[m,n]} \xi_{br}^{[m,n]} \xi_{bg}^{[m,n]} \xi_{bb}^{[m,n]}]$; 当前正在进行运算的显示像素的各个基色亮度校正参数缓存器 47、48、49 都能从相应的存储器 44、45、46 取得此刻需要参与亮度逐点校正运算的显示像素亮度校正参数 $[B_{r_min}/B_{r_m,n}[i,j] B_{g_min}/B_{g_m,n}[i,j] B_{b_min}/B_{b_m,n}[i,j]]$; 针对于红基色色度乘法运算的红基色亮度逐点校正乘法器 50、绿基色亮度逐点校正乘法器 53、蓝基色亮度逐点校正乘法器 56 完成红基色色度乘法运算前的各个像素的逐点亮度校正; 针对于绿基色色度乘法运算的红基色亮度逐点校正乘法器 51、绿基色亮度逐点校正乘法器 54、蓝基色亮度逐点校正乘法器 57 完成绿基色色度乘法运算前的各个像素的逐点亮度校正; 针对于蓝基色色度乘法运算的红基色亮度逐点校正乘法器 52、绿基色亮度逐点校正乘法器 55、蓝基色亮度逐点校正乘法器 58 完成蓝基色色度乘法运算前的各个像素的逐点亮度校正; 红基色运算乘法器 14、15、16 用来完成红基色的矩阵乘法运算; 绿基色运算乘法器 17、18、19 用来完成绿基色的矩阵乘法运算; 蓝基色运算乘法器 20、21、22 用来完成蓝基色的矩阵乘法运算; 红基色运算加法器 23 用来形成相应显示像素最终变换完成的红基色驱动显示数据; 绿基色运算加法器 24 用来形成相应显示像素最终变换完成的绿基色驱动显示数据; 蓝基色运算加法器 25 用来形成相应显示像素最终变换完成的蓝基色驱动显示数据; 红基色显示数据缓存器 29 用来缓存红基色输入显示数据准备进行运算; 绿基色显示数据缓存器 30 用来缓存绿基色输入显示数据准备进行运算; 蓝基色显示数据缓存器 31 用来缓存蓝基色输入显示数据准备进行运算; 红基色变换完成显示数据缓存器 32 用来缓存红基色驱动显示数据准备输出; 绿基色变换完成显示数据缓存器 33 用来缓存绿基色驱动显示数据准备输出; 蓝基色变换完成显示数据缓存器 34 用来缓存蓝基色驱动显示数据准备输出。

[0138] 针对显示屏每一个显示帧的每个显示像素不断进行上述操作, 直至完成整个一帧视频图像全部像素数据的转换; 在下一帧视频图像进行同样的操作, 完成了 LED 显示屏的全屏幕亮度一致化的校正, 保证了高质量视频图像的显示。

[0139] 该方法特点主要在于,利用亮度色度分离采集较快得到有效的亮度色度参数,进一步将亮度色度的参数做分离,针对于每一模块中的任何一个像素 $[m, n][i, j]$ 均形成一个亮度校正的系数表,对于任何一个模块 $[m, n]$,按照色度校正的方法,形成模块色度空间变换参数矩阵;通过上述正确的先亮度逐点校正后色度逐模块修正的方式完成 LED 显示屏亮度色度均匀性修正。各个像素基色的亮度校正系数为 $3 \times M \times N \times I \times J$ 个存储单元,各个显示模块的色度空间变换参数矩阵元素有 $9 \times M \times N$ 个存储单元。本实施例中因为 LED 的显示特性大体一致,所以在线性变换中未涉及显示函数方面的变换,但是由于 LED 的显示特性也不完全为线性,所以在具体实施时还有一些具体方案。

[0140] 实施例 2

[0141] 考虑到 LED 的显示特性不完全为线性,在进行亮度色度修正时需要转化为线性数据进行实时运算,有时运算完成后还要进行数据的输出,所以还需要进行一次逆转化。

[0142] 此处,假设 LED 各个基色的显示函数特性为:

$$[0143] \quad \begin{cases} R_L = \Phi_R(R) \\ G_L = \Phi_G(G) \\ B_L = \Phi_B(B) \end{cases} \quad (95)$$

[0144] 其中 $[R \ G \ B]$ 为原始输入显示数据, $[R_L \ G_L \ B_L]$ 为经过显示函数变换的输入显示数据相应基色的显示亮度, $[\Phi_R(R) \ \Phi_G(G) \ \Phi_B(B)]$ 对应相应基色的显示函数,该显示函数是显示器数据和显示亮度的对应关系函数,一般为 $\Phi_R(R) = R^\gamma$ 的指数显示, γ 的一般范围从 1 到 2.8 不等,视显示器的具体情况确定,这一点在专利 03127037.9 中有详细的说明,此处就不过多描述。如果校正后的结果直接应用于显示,则不需要逆转化;但是有时需要提供给其它的 LED 控制器使用,为了方便校正后数据的输出,假定

$$[0145] \quad \begin{cases} \psi_R(R_L) = \Phi_R^{-1}(R_L) \\ \psi_G(G_L) = \Phi_G^{-1}(G_L) \\ \psi_B(B_L) = \Phi_B^{-1}(B_L) \end{cases} \quad (96)$$

[0146] 为 LED 各个基色的显示逆函数表达式,其中 $[R_L \ G_L \ B_L]$ 为相应基色的显示亮度, $[\Phi_R^{-1}(R_L) \ \Phi_G^{-1}(G_L) \ \Phi_B^{-1}(B_L)]$ 对应相应基色的显示函数的逆函数, $[\psi_R(R_L) \ \psi_G(G_L) \ \psi_B(B_L)]$ 是逆转化函数。

[0147] 如图 5 所示:本发明实施例 2 的先亮度逐点校正后色度逐模块修正的分离式均匀性校正工作过程如下:

[0148] 同实施例 1 一样,考虑到亮度色度校正前后数据的转化方面的要求,本实施例分别将显示数据缓存器和变换完成显示数据缓存器改为显示函数变换器和逆转化函数变换器,其简要组成如附图 5 所示,包括红基色输入显示数据控制器 1、绿基色输入显示数据控制器 2、蓝基色输入显示数据控制器 3、总控制逻辑 4、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rr}^{[m,n]}$ 缓存器 5、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rg}^{[m,n]}$ 缓存器 6、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rb}^{[m,n]}$ 缓存器 7、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gr}^{[m,n]}$ 缓存

器8、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gg}^{[m,n]}$ 缓存器9、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gb}^{[m,n]}$ 缓存器10、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{br}^{[m,n]}$ 缓存器11、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{bg}^{[m,n]}$ 缓存器12、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{bb}^{[m,n]}$ 缓存器13,当前正在进行运算的显示像素的红基色亮度校正参数 $B_{r_min}/B_{r_ [m,n][i,j]}$ 缓存器47、当前正在进行运算的显示像素的绿基色亮度校正参数 $B_{g_min}/B_{g_ [m,n][i,j]}$ 缓存器48、当前正在进行运算的显示像素的蓝基色亮度校正参数 $B_{b_min}/B_{b_ [m,n][i,j]}$ 缓存器49,红基色运算乘法器14、15、16,绿基色运算乘法器17、18、19,蓝基色运算乘法器20、21、22,红基色运算加法器23,绿基色运算加法器24,蓝基色运算加法器25,红基色驱动显示数据26,绿基色驱动显示数据27,蓝基色驱动显示数据28,红基色显示函数变换器29',绿基色显示函数变换器30',蓝基色显示函数变换器31',当前显示像素红基色变换完成后的逆转化函数变换器32',当前显示像素绿基色变换完成后的逆转化函数变换器33',当前显示像素蓝基色变换完成后的逆转化函数变换器34',显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rr}^{[m,n]}$ 存储器35,显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rg}^{[m,n]}$ 存储器36,显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rb}^{[m,n]}$ 存储器37,显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gr}^{[m,n]}$ 存储器38,显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gg}^{[m,n]}$ 存储器39,显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gb}^{[m,n]}$ 存储器40,显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{br}^{[m,n]}$ 存储器41,显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{bg}^{[m,n]}$ 存储器42,显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{bb}^{[m,n]}$ 存储器43;显示屏所有显示像素的红基色亮度校正参数 $B_{r_min}/B_{r_ [m,n][i,j]}$ 存储器44,显示屏所有显示像素的绿基色亮度校正参数 $B_{g_min}/B_{g_ [m,n][i,j]}$ 存储器45,显示屏所有显示像素的蓝基色亮度校正参数 $B_{b_min}/B_{b_ [m,n][i,j]}$ 存储器46;针对于红基色色度乘法运算的红基色亮度逐点校正乘法器50,针对于红基色色度乘法运算的绿基色亮度逐点校正乘法器53,针对于红基色色度乘法运算的蓝基色亮度逐点校正乘法器56;针对于绿基色色度乘法运算的红基色亮度逐点校正乘法器51,针对于绿基色色度乘法运算的绿基色亮度逐点校正乘法器54,针对于绿基色色度乘法运算的蓝基色亮度逐点校正乘法器57;针对于蓝基色色度乘法运算的红基色亮度逐点校正乘法器52,针对于蓝基色色度乘法运算的绿基色亮度逐点校正乘法器55,针对于蓝基色色度乘法运算的蓝基色亮度逐点校正乘法器58。

[0149] 工作过程为:总控制逻辑4在每一个显示像素周期内产生数据选通信号并通过控制线a传送给红基色输入显示数据控制器1、绿基色输入显示数据控制器2、蓝基色输入显示数据控制器3;使红基色输入显示数据通过数据线e输入给红基色显示函数变换器29',绿基色输入显示数据通过数据线f输入给绿基色显示函数变换器30',蓝基色输入显示数据通过数据线g输入给蓝基色显示函数变换器31';使红基色变换数据通过数据线u输入给针对于红基色色度乘法运算的红基色亮度逐点校正乘法器50、针对于绿基色色度乘法运算的红基色亮度逐点校正乘法器51、针对于蓝基色色度乘法运算的红基色亮度逐点校正乘法器52,绿基色变换数据通过数据线v输入给针对于红基色色度乘法运算的绿基色亮度逐点校正乘法器53、针对于绿基色色度乘法运算的绿基色亮度逐点校正乘法器54、针对于蓝基色色度乘法运算的绿基色亮度逐点校正乘法器55,蓝基色变换数据通过数据线w输入给

针对于红基色色度乘法运算的蓝基色亮度逐点校正乘法器 56、针对于绿基色色度乘法运算的蓝基色亮度逐点校正乘法器 57、针对于蓝基色色度乘法运算的蓝基色亮度逐点校正乘法器 58,与此同时,控制逻辑 4 产生当前显示像素亮度校正参数选通信号通过地址线 b_1 传送给显示屏显示像素的红基色亮度校正参数存储器 44,绿基色亮度校正参数存储器 45,蓝基色亮度校正参数存储器 46;并通过数据线 B1、B2、B3 将当前需要参与运算的各个基色亮度校正参数传送给当前进行运算的红基色亮度校正参数缓存器 47、绿基色亮度校正参数缓存器 48、蓝基色亮度校正参数缓存器 49;再通过数据线 B4 将相应亮度校正参数数据分别输送到红基色色度乘法运算的红基色亮度逐点校正乘法器 50、绿基色色度乘法运算的红基色亮度逐点校正乘法器 53、蓝基色色度乘法运算的红基色亮度逐点校正乘法器 56,通过数据线 B5 将相应亮度校正参数数据分别输送到绿基色色度乘法运算的红基色亮度逐点校正乘法器 51、绿基色色度乘法运算的绿基色亮度逐点校正乘法器 54、绿基色色度乘法运算的蓝基色亮度逐点校正乘法器 57;通过数据线 B6 将相应亮度校正参数数据分别输送到蓝基色色度乘法运算的红基色亮度逐点校正乘法器 52,蓝基色色度乘法运算的绿基色亮度逐点校正乘法器 55,蓝基色色度乘法运算的蓝基色亮度逐点校正乘法器 58 中;控制逻辑 4 同时产生当前显示模块色度变换参数选通信号通过地址线 b 传送给显示模块的色度空间变换参数矩阵元素存储器 35、36、37、38、39、40、41、42、43,并通过数据线 h_1 、 i_1 、 j_1 、 k_1 、 l_1 、 m_1 、 n_1 、 p_1 、 q_1 将当前需要参与运算的显示模块色度空间变换参数矩阵元素 $[\xi_{rr}^{[m,n]} \xi_{rg}^{[m,n]} \xi_{rb}^{[m,n]} \xi_{gr}^{[m,n]} \xi_{gg}^{[m,n]} \xi_{gb}^{[m,n]} \xi_{br}^{[m,n]} \xi_{bg}^{[m,n]} \xi_{bb}^{[m,n]}]$ 传送给当前进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素缓存器 5、6、7、8、9、10、11、12、13,使对应的数据通过数据线 h 、 i 、 j 、 k 、 l 、 m 、 n 、 p 、 q 传送给红基色运算乘法器 14、15、16,绿基色运算乘法器 17、18、19,蓝基色运算乘法器 20、21、22;然后控制逻辑 4 产生亮度逐点校正的信号通过 b_2 传送到各个基色亮度逐点校正乘法器 50、51、52、53、54、55、56、57、58,运算完成的结果通过数据线也分别传送给红基色运算乘法器 14、15、16,绿基色运算乘法器 17、18、19,蓝基色运算乘法器 20、21、22。然后控制逻辑 4 产生运算信号并通过控制线 c 传送给红基色运算乘法器 14、15、16,绿基色运算乘法器 17、18、19,蓝基色运算乘法器 20、21、22;产生的中间结果通过数据线 r_1 、 r_2 、 r_3 、 g_1 、 g_2 、 g_3 、 b_1 、 b_2 、 b_3 送入红基色运算加法器 23、绿基色运算加法器 24 和蓝基色运算加法器 25。在控制逻辑 4 由控制线 d 传送的控制信号作用下,红基色运算加法器 23、绿基色运算加法器 24 和蓝基色运算加法器 25 产生当前显示像素的各个基色实际数量的运算结果;该运算结果分别送入当前显示像素红基色变换完成后的逆转化函数变换器 32',当前显示像素绿基色变换完成后的逆转化函数变换器 33' 和当前显示像素蓝基色变换完成后的逆转化函数变换器 34';在控制逻辑 4 由控制线 y 传送的控制信号作用下,红基色驱动特性逆变换器 32'、绿基色驱动特性逆变换器 33' 和蓝基色驱动特性逆变换器 34' 产生最终的运算结果。

[0150] 针对显示屏每一个显示帧的每个显示像素不断进行上述操作,直至完成整个一帧视频图像全部像素数据的转换;在下一帧视频图像进行同样的操作,完成了 LED 显示屏的全屏幕亮色度一致化的校正,保证了高质量视频图像的显示。

[0151] 实施例 3:

[0152] 先色度逐模块修正后亮度逐点校正的分离式均匀性调整方法

[0153] 实施例 1、2 采用先进行各个像素亮度校正,然后进行模块色度调整的方法对显示

屏进行亮度修正,尽管节省了大量的存储空间,但是其控制流程较为复杂。本实施例采用先色度逐模块修正后亮度逐点校正的方法,目的是在节省存储空间的基础上,尽量简化校正的控制流程。

[0154] 具体实现步骤如下:

[0155] (1) 鉴于显示模块内的色度差异可以忽略,显示模块内的色度视为相同,利用亮度检测仪获得 LED 显示屏 $M \times N$ 个模块的色度坐标,这样所有显示像素的色度坐标得以确定。

[0156] (2) 采集各个显示像素的亮度参数,得到各个显示像素的亮度参数 $[B_{r_m,n}[i,j], B_{g_m,n}[i,j], B_{b_m,n}[i,j]]$ 。

[0157] (3) 这样对于 m_n 模块的 i_j 像素,它的色度参数集合为 $[x_{r_m,n}, y_{r_m,n}, x_{g_m,n}, y_{g_m,n}, x_{b_m,n}, y_{b_m,n}, B_{r_m,n}[i,j], B_{g_m,n}[i,j], B_{b_m,n}[i,j]]$ 。

[0158] (4) 确定所有显示像素的色度坐标围成的最小色度三角形覆盖范围,该最小色度三角形的各个顶点的色度坐标即为整个屏幕各个基准基色色度坐标 $[x_{r_min}, y_{r_min}]$ 、 $[x_{g_min}, y_{g_min}]$ 、 $[x_{b_min}, y_{b_min}]$,确定各个基色的基准亮度 $[B_{r_min}, B_{g_min}, B_{b_min}]$ 。

[0159] (5) 将亮度色度的参数做分离,针对于每一模块中的任何一个像素 $[m,n][i,j]$ 均形成一个亮度校正的系数表

[0160]

$$K_{pix_m,n}[i,j] = \begin{bmatrix} k_1 & 0 & 0 \\ 0 & k_2 & 0 \\ 0 & 0 & k_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{r_min}/B_{r_m,n}[i,j] & 0 & 0 \\ 0 & B_{g_min}/B_{g_m,n}[i,j] & 0 \\ 0 & 0 & B_{b_min}/B_{b_m,n}[i,j] \end{bmatrix} \quad (86)$$

[0161] (6) 对于任何一个模块 $[m,n]$,形成模块色度空间变换参数矩阵

$$M_{G_m,n} = \begin{bmatrix} \zeta_{rr}^{m,n} & \zeta_{rg}^{m,n} & \zeta_{rb}^{m,n} \\ \zeta_{gr}^{m,n} & \zeta_{gg}^{m,n} & \zeta_{gb}^{m,n} \\ \zeta_{br}^{m,n} & \zeta_{bg}^{m,n} & \zeta_{bb}^{m,n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \zeta_{rr}^{m,n} & \zeta_{rg}^{m,n} & \zeta_{rb}^{m,n} \\ \zeta_{gr}^{m,n} & \zeta_{gg}^{m,n} & \zeta_{gb}^{m,n} \\ \zeta_{br}^{m,n} & \zeta_{bg}^{m,n} & \zeta_{bb}^{m,n} \end{bmatrix} \quad (87)$$

[0163] 其中矩阵各项元素同式 (88) ~ (90) 所表达的内容相同;利用模块色度空间变换参数矩阵对显示屏各个模块进行色度修正,得到修正后的显示数据 $[R_{m,n}, G_{m,n}, B_{m,n}]$:

$$[0164] \quad \begin{bmatrix} R_{m,n} \\ G_{m,n} \\ B_{m,n} \end{bmatrix} = M_{G_m,n} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \zeta_{rr}^{m,n} R & \zeta_{rg}^{m,n} R & \zeta_{rb}^{m,n} R \\ \zeta_{gr}^{m,n} G & \zeta_{gg}^{m,n} G & \zeta_{gb}^{m,n} G \\ \zeta_{br}^{m,n} B & \zeta_{bg}^{m,n} B & \zeta_{bb}^{m,n} B \end{bmatrix} \quad (94)$$

[0165] 利用步骤 (3) 得到的亮度校正系数表和步骤 (6) 得到的修正显示数据 $[R_{[m,n]}, G_{[m,n]}, B_{[m,n]}]$ 完成各个像素亮度的校正, 得到显示屏各个像素的实时驱动显示数据 $[R_{[m,n][i,j]}, G_{[m,n][i,j]}, B_{[m,n][i,j]}]$:

$$[0166] \begin{bmatrix} R_{[m,n][i,j]} \\ G_{[m,n][i,j]} \\ B_{[m,n][i,j]} \end{bmatrix} = K_{pix_ [m,n][i,j]} \begin{bmatrix} R_{[m,n]} \\ G_{[m,n]} \\ B_{[m,n]} \end{bmatrix}$$

$$[0167] = \begin{bmatrix} B_{r_min} / B_{r_ [m,n][i,j]} & 0 & 0 \\ 0 & B_{g_min} / B_{g_ [m,n][i,j]} & 0 \\ 0 & 0 & B_{b_min} / B_{b_ [m,n][i,j]} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \zeta_{rr}^{[m,n]} R & \zeta_{rg}^{[m,n]} R & \zeta_{rb}^{[m,n]} R \\ \zeta_{gr}^{[m,n]} G & \zeta_{gg}^{[m,n]} G & \zeta_{gb}^{[m,n]} G \\ \zeta_{br}^{[m,n]} B & \zeta_{bg}^{[m,n]} B & \zeta_{bb}^{[m,n]} B \end{bmatrix}$$

$$[0168] \begin{bmatrix} R_{[m,n][i,j]} \\ G_{[m,n][i,j]} \\ B_{[m,n][i,j]} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{T[m,n][i,j]}^c(1,1) \\ M_{T[m,n][i,j]}^c(2,2) \\ M_{T[m,n][i,j]}^c(3,3) \end{bmatrix}$$

[0169]

$$M_{T[m,n][i,j]}^c(1,1) = \zeta_{rr}^{[m,n]} (B_{r_min} / B_{r_ [m,n][i,j]}) R + \zeta_{rg}^{[m,n]} (B_{r_min} / B_{r_ [m,n][i,j]}) G + \zeta_{rb}^{[m,n]} (B_{r_min} / B_{r_ [m,n][i,j]}) B$$

[0170]

$$M_{T[m,n][i,j]}^c(2,2) = \zeta_{gr}^{[m,n]} (B_{g_min} / B_{g_ [m,n][i,j]}) R + \zeta_{gg}^{[m,n]} (B_{g_min} / B_{g_ [m,n][i,j]}) G + \zeta_{gb}^{[m,n]} (B_{g_min} / B_{g_ [m,n][i,j]}) B$$

[0171]

$$M_{T[m,n][i,j]}^c(3,3) = \zeta_{br}^{[m,n]} (B_{b_min} / B_{b_ [m,n][i,j]}) R + \zeta_{bg}^{[m,n]} (B_{b_min} / B_{b_ [m,n][i,j]}) G + \zeta_{bb}^{[m,n]} (B_{b_min} / B_{b_ [m,n][i,j]}) B$$

[0172] 按上述过程使整个显示屏所有显示像素显示出同基准色度空间颜色基本一致的 $[X_{min_ [m,n][i,j]}, Y_{min_ [m,n][i,j]}, Z_{min_ [m,n][i,j]}]$, 其颜色差异全部在“颜色宽容度”范围之内, 达到 LED 显示屏颜色均匀性校正的目的。

[0173] 实现本实施例方法的装置包括红基色输入显示数据控制器 1、绿基色输入显示数据控制器 2、蓝基色输入显示数据控制器 3、总控制逻辑 4、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rr}^{[m,n]}$ 缓存器 5、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rg}^{[m,n]}$ 缓存器 6、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rb}^{[m,n]}$ 缓存器 7、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gr}^{[m,n]}$ 缓存器 8、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gg}^{[m,n]}$ 缓存器 9、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gb}^{[m,n]}$ 缓存器 10、当前正在

进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{br}^{[m,n]}$ 缓存器 11、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{bg}^{[m,n]}$ 缓存器 12、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{bb}^{[m,n]}$ 缓存器 13, 当前正在进行运算的显示像素的红基色亮度校正参数 $B_{r_min}/B_{r_m,n}[i,j]$ 缓存器 47、当前正在进行运算的显示像素的绿基色亮度校正参数 $B_{g_min}/B_{g_m,n}[i,j]$ 缓存器 48、当前正在进行运算的显示像素的蓝基色亮度校正参数 $B_{b_min}/B_{b_m,n}[i,j]$ 缓存器 49, 红基色运算乘法器 14、15、16, 绿基色运算乘法器 17、18、19, 蓝基色运算乘法器 20、21、22, 红基色运算加法器 23, 绿基色运算加法器 24, 蓝基色运算加法器 25, 红基色驱动显示数据 26, 绿基色驱动显示数据 27, 蓝基色驱动显示数据 28, 红基色输入显示数据缓存器 29, 绿基色输入显示数据缓存器 30, 蓝基色输入显示数据缓存器 31, 当前显示像素红基色变换完成的驱动显示数据缓存器 32, 当前显示像素绿基色变换完成的驱动显示数据缓存器 33, 当前显示像素蓝基色变换完成的驱动显示数据缓存器 34, 显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rr}^{[m,n]}$ 存储器 35, 显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rg}^{[m,n]}$ 存储器 36, 显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rb}^{[m,n]}$ 存储器 37, 显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gr}^{[m,n]}$ 存储器 38, 显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gg}^{[m,n]}$ 存储器 39, 显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gb}^{[m,n]}$ 存储器 40, 显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{br}^{[m,n]}$ 存储器 41, 显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{bg}^{[m,n]}$ 存储器 42, 显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{bb}^{[m,n]}$ 存储器 43; 显示屏所有显示像素的红基色亮度校正参数 $B_{r_min}/B_{r_m,n}[i,j]$ 存储器 44, 显示屏所有显示像素的绿基色亮度校正参数 $B_{g_min}/B_{g_m,n}[i,j]$ 存储器 45, 显示屏所有显示像素的蓝基色亮度校正参数 $B_{b_min}/B_{b_m,n}[i,j]$ 存储器 46; 红基色色度乘法运算后的亮度逐点校正乘法器 50, 绿基色色度乘法运算后的亮度逐点校正乘法器 51, 蓝基色色度乘法运算后的亮度逐点校正乘法器 52; 控制的简单流程为: 总控制逻辑 4 产生控制电路的基本时序信号; 红基色输入显示数据控制器 1、绿基色输入显示数据控制器 2、蓝基色输入显示数据控制器 3 不断输入各个显示像素在该时刻的各个基色实时数据; 同时在总控制逻辑 4 的信号控制下, 当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素缓存器 5、6、7、8、9、10、11、12、13 都能从相应的存储器 35、36、37、38、39、40、41、42、43 取得此刻需要参与运算的显示像素色度空间变换参数矩阵元素 $[\xi_{rr}^{[m,n]}, \xi_{rg}^{[m,n]}, \xi_{rb}^{[m,n]}, \xi_{gr}^{[m,n]}, \xi_{gg}^{[m,n]}, \xi_{gb}^{[m,n]}, \xi_{br}^{[m,n]}, \xi_{bg}^{[m,n]}, \xi_{bb}^{[m,n]}]$; 当前正在进行运算的显示像素的各个基色亮度校正参数缓存器 47、48、49 都能从相应的存储器 44、45、46 取得此刻需要参与亮度逐点校正运算的显示像素亮度校正参数 $[B_{r_min}/B_{r_m,n}[i,j], B_{g_min}/B_{g_m,n}[i,j], B_{b_min}/B_{b_m,n}[i,j]]$; 红基色运算乘法器 14、15、16 用来完成红基色的矩阵乘法运算; 绿基色运算乘法器 17、18、19 用来完成绿基色的矩阵乘法运算; 蓝基色运算乘法器 20、21、22 用来完成蓝基色的矩阵乘法运算; 红基色运算加法器 23 用来形成相应显示像素最终变换完成的红基色修正显示数据; 绿基色运算加法器 24 用来形成相应显示像素最终变换完成的绿基色修正显示数据; 蓝基色运算加法器 25 用来形成相应显示像素最终变换完成的蓝基色修正显示数据; 红基色亮度逐点校正乘法器 50 用来对红基色色度乘法运算后的红基色修正显示数据进行最后的校正, 绿基色亮度逐点校正乘法器 51 用来对绿基色色度乘法运算后的绿基色修正显示数据进行最后的校正, 蓝基色亮度逐点校正乘法器 52 用来对蓝基色色度乘法运算后的蓝基色修正显示数据进行最后的校正; 红基色显示数据缓存器

29 用来缓存红基色输入显示数据准备进行运算 ; 绿基色显示数据缓存器 30 用来缓存绿基色输入显示数据准备进行运算 ; 蓝基色显示数据缓存器 31 用来缓存蓝基色输入显示数据准备进行运算 ; 红基色变换完成显示数据缓存器 32 用来缓存红基色驱动显示数据准备输出 ; 绿基色变换完成显示数据缓存器 33 用来缓存绿基色驱动显示数据准备输出 ; 蓝基色变换完成显示数据缓存器 34 用来缓存蓝基色驱动显示数据准备输出。

[0174] 针对显示屏每一个显示帧的每个显示像素不断进行上述操作,直至完成整个一帧视频图像全部像素数据的转换;在下一帧视频图像进行同样的操作,完成了 LED 显示屏的全屏幕亮度一致化的校正,保证了高质量视频图像的显示。

[0175] 该方法主要是先调整模块之间的颜色差异,在调整颜色之后再统一控制各个像素的亮度情况,此时由于不涉及颜色转换,校正变得相对容易一些。图 7 和图 8 给出该方法的校正效果示意图。

[0176] 图 7 中可以看到,尽管存在像素亮度的不同,但是模块之间的色度基本一致。图 8 中可以看到 LED 平板显示屏色度模块修正再亮度逐点校正后,基本达到了屏幕均匀性校正的目的。

[0177] 本实施例方法的特点主要在于,同实施例 1 相同的方面:利用亮度分离采集较快得到有效的亮度参数,针对于每一模块中的任何一个像素 $[m, n][i, j]$ 均形成一个亮度校正的系数表,对于任何一个模块 $[m, n]$,按照色度校正的方法,形成模块色度空间变换参数矩阵;不同的是通过先色度逐模块修正后亮度逐点校正的方式完成 LED 显示屏亮度均匀性修正。该方法的各个像素基色的亮度校正系数为 $3 \times M \times N \times I \times J$ 个存储单元,各个显示模块的色度空间变换参数矩阵元素有 $9 \times M \times N$ 个存储单元,考虑到 $i \times j \gg 1$,存储空间同实施例 1 一样,但是其控制流程比实施例 1 简单,是更加有效亮度分离校正的方案。本方法中因为 LED 的显示特性大体一致,所以在线性变换中未涉及显示函数方面的变换,但是由于 LED 的显示特性也不完全为线性,所以在具体实施时还有一些具体方案。

[0178] 实施例 4

[0179] 考虑到 LED 的显示特性不完全为线性,在进行亮度修正时需要转化为线性数据进行实时运算,有时运算完成后还要进行数据的输出,所以还需要进行一次逆转化。

[0180] 此处,假设 LED 各个基色的显示函数特性为:

$$[0181] \quad \begin{cases} R_L = \Phi_R(R) \\ G_L = \Phi_G(G) \\ B_L = \Phi_B(B) \end{cases} \quad (95)$$

[0182] 其中 $[R \ G \ B]$ 为原始输入显示数据, $[R_L \ G_L \ B_L]$ 为经过显示函数变换的输入显示数据相应基色的显示亮度, $[\Phi_R(R) \ \Phi_G(G) \ \Phi_B(B)]$ 对应相应基色的显示函数,该显示函数是显示器数据和显示亮度的对应关系函数,一般为 $\Phi_R(R) = R^\gamma$ 的指数显示, γ 的一般范围从 1 到 2.8 不等,视显示器的具体情况确定,这一点在专利 03127037.9 中有详细的说明,此处就不过多描述。如果校正后的结果直接应用于显示,则不需要逆转化;但是有时需要提供给其它的 LED 控制器使用,为了方便校正后数据的输出,假定

$$[0183] \quad \begin{cases} \psi_R(R_L) = \Phi^{-1}_R(R_L) \\ \psi_G(G_L) = \Phi^{-1}_G(G_L) \\ \psi_B(B_L) = \Phi^{-1}_B(B_L) \end{cases} \quad (96)$$

[0184] 为 LED 各个基色的显示逆函数表达式, 其中 $[R_L \ G_L \ B_L]$ 为相应基色的显示亮度, $[\Phi_R^{-1}(R_L) \ \Phi_G^{-1}(G_L) \ \Phi_B^{-1}(B_L)]$ 对应相应基色的显示函数的逆函数, $[\psi_R(R_L) \ \psi_G(G_L) \ \psi_B(B_L)]$ 是逆转化函数。

[0185] 如图 9 所示, 实施例 4 先色度逐模块修正后亮度逐点校正的工作过程如下:

[0186] 同实施例 2 一样, 本实施例也分别将显示数据缓存器和变换完成显示数据缓存器改为显示函数变换器和逆转化函数变换器, 其简要组成如图 9 所示, 包括红基色输入显示数据控制器 1、绿基色输入显示数据控制器 2、蓝基色输入显示数据控制器 3、总控制逻辑 4、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rr}^{[m,n]}$ 缓存器 5、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rg}^{[m,n]}$ 缓存器 6、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rb}^{[m,n]}$ 缓存器 7、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gr}^{[m,n]}$ 缓存器 8、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gg}^{[m,n]}$ 缓存器 9、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gb}^{[m,n]}$ 缓存器 10、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{br}^{[m,n]}$ 缓存器 11、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{bg}^{[m,n]}$ 缓存器 12、当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{bb}^{[m,n]}$ 缓存器 13、当前正在进行运算的显示像素的红基色亮度校正参数 $B_{r_min}/B_{r_m,n}[i,j]$ 缓存器 47、当前正在进行运算的显示像素的绿基色亮度校正参数 $B_{g_min}/B_{g_m,n}[i,j]$ 缓存器 48、当前正在进行运算的显示像素的蓝基色亮度校正参数 $B_{b_min}/B_{b_m,n}[i,j]$ 缓存器 49、红基色运算乘法器 14、15、16, 绿基色运算乘法器 17、18、19, 蓝基色运算乘法器 20、21、22, 红基色运算加法器 23, 绿基色运算加法器 24, 蓝基色运算加法器 25, 红基色驱动显示数据 26, 绿基色驱动显示数据 27, 蓝基色驱动显示数据 28, 红基色显示函数变换器 29', 绿基色显示函数变换器 30', 蓝基色显示函数变换器 31', 当前显示像素红基色变换完成后的逆转化函数变换器 32', 当前显示像素绿基色变换完成后的逆转化函数变换器 33', 当前显示像素蓝基色变换完成后的逆转化函数变换器 34', 显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rr}^{[m,n]}$ 存储器 35, 显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rg}^{[m,n]}$ 存储器 36, 显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{rb}^{[m,n]}$ 存储器 37, 显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gr}^{[m,n]}$ 存储器 38, 显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gg}^{[m,n]}$ 存储器 39, 显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{gb}^{[m,n]}$ 存储器 40, 显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{br}^{[m,n]}$ 存储器 41, 显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{bg}^{[m,n]}$ 存储器 42, 显示屏所有显示模块的色度空间变换参数矩阵元素 $\xi_{bb}^{[m,n]}$ 存储器 43; 显示屏所有显示像素的红基色亮度校正参数 $B_{r_min}/B_{r_m,n}[i,j]$ 存储器 44, 显示屏所有显示像素的绿基色亮度校正参数 $B_{g_min}/B_{g_m,n}[i,j]$ 存储器 45, 显示屏所有显示像素的蓝基色亮度校正参数 $B_{b_min}/B_{b_m,n}[i,j]$ 存储器 46; 红基色色度乘法运算后的亮度逐点校正乘法器 50, 绿基色色度乘法运算后的亮度逐点校正乘法器 51, 蓝基色色度乘法运算

后的亮度逐点校正乘法器 52。

[0187] 工作过程为：总控制逻辑 4 在每一个显示像素周期内产生数据选通信号并通过控制线 a 传送给红基色输入显示数据控制器 1、绿基色输入显示数据控制器 2、蓝基色输入显示数据控制器 3；使红基色输入显示数据通过数据线 e 输入给红基色显示函数变换器 29'，绿基色输入显示数据通过数据线 f 输入给绿基色显示函数变换器 30'，蓝基色输入显示数据通过数据线 g 输入给蓝基色显示函数变换器 31'；控制逻辑 4 通过控制线 s 控制红基色显示函数变换器 29'、绿基色显示函数变换器 30' 和蓝基色显示函数变换器 31' 对各自的数据进行变换，使红基色变换数据通过数据线 u 输入给红基色运算乘法器 14、绿基色运算乘法器 17、蓝基色运算乘法器 20，绿基色变换数据通过数据线 v 输入给红基色运算乘法器 15、绿基色运算乘法器 18、蓝基色运算乘法器 21，蓝基色变换数据通过数据线 w 输入给红基色运算乘法器 16、绿基色运算乘法器 19、蓝基色运算乘法器 22，与此同时，控制逻辑 4 产生当前显示模块（显示像素）校正参数选通信号通过地址线 b 传送给显示屏显示模块的色度空间变换参数矩阵元素存储器 35、36、37、38、39、40、41、42、43，并通过数据线 h1、i1、j1、k1、l1、m1、n1、p1、q1 将当前需要参与运算的显示像素色度空间变换参数矩阵元素 $[\xi_{rr}^{[m,n]}, \xi_{rg}^{[m,n]}, \xi_{rb}^{[m,n]}, \xi_{gg}^{[m,n]}, \xi_{gb}^{[m,n]}, \xi_{br}^{[m,n]}, \xi_{bg}^{[m,n]}, \xi_{bb}^{[m,n]}]$ 传送给当前正在进行运算的显示像素的色度空间变换参数矩阵元素缓存器 5、6、7、8、9、10、11、12、13，使对应的数据通过数据线 h、i、j、k、l、m、n、p、q 传送给红基色运算乘法器 14、15、16，绿基色运算乘法器 17、18、19，蓝基色运算乘法器 20、21、22。然后控制逻辑 4 产生运算信号并通过控制线 c 传送给红基色运算乘法器 14、15、16，绿基色运算乘法器 17、18、19，蓝基色运算乘法器 20、21、22；产生的中间结果通过数据线 r1、r2、r3、g1、g2、g3、b1、b2、b3 送入红基色运算加法器 23、绿基色运算加法器 24 和蓝基色运算加法器 25。在控制逻辑 4 由控制线 d 传送的控制信号作用下，红基色运算加法器 23、绿基色运算加法器 24 和蓝基色运算加法器 25 产生当前显示像素的各个基色修正显示数据；该修正显示数据通过 rh、gh、bh 分别送入红基色色度乘法运算后的亮度逐点校正乘法器 50，绿基色色度乘法运算后的亮度逐点校正乘法器 51 和蓝基色色度乘法运算后的亮度逐点校正乘法器 52。此时，控制逻辑 4 产生当前显示像素亮度校正参数选通信号通过地址线 b₁ 传送给显示屏显示像素的红基色亮度校正参数存储器 44，绿基色亮度校正参数存储器 45，蓝基色亮度校正参数存储器 46；并通过数据线 B1、B2、B3 将当前需要参与运算的各个基色亮度校正参数传送给当前进行运算的红基色亮度校正参数缓存器 47、绿基色亮度校正参数缓存器 48、蓝基色亮度校正参数缓存器 49，再通过数据线 B4、B5、B6 将相应亮度校正参数数据分别输送到红基色色度乘法运算后的亮度逐点校正乘法器 50，绿基色色度乘法运算后的亮度逐点校正乘法器 51 和蓝基色色度乘法运算后的亮度逐点校正乘法器 52；控制逻辑 4 产生亮度逐点校正的信号通过 y₂ 传送给各个基色亮度逐点校正乘法器 50、51、52，产生当前显示像素各个基色的最终校正运算结果；该运算结果通过 rh'、gh'、bh' 分别送入当前显示像素红基色变换完成后的逆转化函数变换器 32'，当前显示像素绿基色变换完成后的逆转化函数变换器 33' 和当前显示像素蓝基色变换完成后的逆转化函数变换器 34'；在控制逻辑 4 由控制线 y 传送的控制信号作用下，红基色驱动特性逆变换器 32'、绿基色驱动特性逆变换器 33' 和蓝基色驱动特性逆变换器 34' 产生最终的运算结果。

[0188] 针对显示屏每一个显示帧的每个显示像素不断进行上述操作，直至完成整个一帧

视频图像全部像素数据的转换；在下一帧视频图像进行同样的操作，完成了 LED 显示屏的全屏幕亮度一致化的校正，保证了高质量视频图像的显示。

[0189] 在实施例 1、2、3、4 中，确定整个显示屏各基色基准色度坐标 $[x_{r_min}, y_{r_min}, x_{g_min}, y_{g_min}, x_{b_min}, y_{b_min}]$ ，和各个基色的基准亮度 $[B_{r_min}, B_{g_min}, B_{b_min}]$ 的方法如下：

[0190] 如图 3 所示，根据所有显示像素的色度坐标在色度平面图上标明其位置（这里由于模块内的色度坐标相同，色度坐标数目不大于 $3m \times n$ ），可以看到表现形式主要按基色颜色分为 3 个群，表现出各个颜色内部的色度弥散性。对于某一个模块内的各个基色，它们的色度坐标分别为 $[x_{r_m, n}, y_{r_m, n}]$ 、 $[x_{g_m, n}, y_{g_m, n}]$ 和 $[x_{b_m, n}, y_{b_m, n}]$ ，首先连接红基色和绿基色之间的直线方程 $line_rg_{m, n}$ ，然后建立红基色和蓝基色之间的直线方程 $line_rb_{m, n}$ ，最后建立绿基色和蓝基色之间的直线方程 $line_gb_{m, n}$ ；对于每一个模块的各个基色都进行这样的操作，得到 3 个直线簇，分别为红绿直线簇、红蓝直线簇及绿蓝直线簇。

[0191] 在红绿直线簇和红蓝直线簇处形成直线的交点集合，从中选出距参考白场色度坐标距离最短的点（图中的红色小方框）作为红基色基准色度坐标 $[x_{r_min}, y_{r_min}]$ ；在红绿直线簇和绿蓝直线簇处形成直线的交点集合，从中选出距参考白场色度坐标距离最短的点（图中的绿色小方框）作为绿基色基准色度坐标 $[x_{g_min}, y_{g_min}]$ ；在绿蓝直线簇和红蓝直线簇处形成直线的交点集合，从中选出距参考白场色度坐标距离最短的点（图中的蓝色小方框）作为蓝基色基准色度坐标 $[x_{b_min}, y_{b_min}]$ 。

[0192] (4) 在确定了各基色基准色度坐标后，再确定各个基色的基准亮度 $[B_{r_min}, B_{g_min}, B_{b_min}]$ ，此处的角标 min 并不一定表示各个基色的基准亮度是测量亮度中选取最小的，而是表示其为基准色度空间的基色空间内切最小亮度数值。专利 03127037.9 描述方法对于基准亮度的选取过程有一定的省略，本发明中为了说明所采用的新方法，有必要在这里简要介绍一下。

[0193] 对于 $m \times n$ 模块的 i, j 像素，在色度平面上表现为三个基色坐标点，色度坐标分别为 $[x_{r_m, n}, y_{r_m, n}]$ 、 $[x_{g_m, n}, y_{g_m, n}]$ 和 $[x_{b_m, n}, y_{b_m, n}]$ ，而在色度空间也表现为三个坐标点，分别为 $[x_{r_m, n}, y_{r_m, n}, B_{r_m, n}[i, j]]$ 、 $[x_{g_m, n}, y_{g_m, n}, B_{g_m, n}[i, j]]$ 和 $[x_{b_m, n}, y_{b_m, n}, B_{b_m, n}[i, j]]$ ，这样的空间点最多为 $3m \times n \times i \times j$ ，由于模块内的色度坐标相同，所以模块内的 $3i \times j$ 个空间点分布于 3 条垂直于色度平面的直线上，这样的直线有 $3m \times n$ 条。

[0194] 在步骤 (4) 中，已经确定红基色基准色度坐标 $[x_{r_min}, y_{r_min}]$ ；绿基色基准色度坐标 $[x_{g_min}, y_{g_min}]$ ；蓝基色基准色度坐标 $[x_{b_min}, y_{b_min}]$ ；过此 3 点做垂直于色度平面的直线，该 3 条直线围成的 3 棱柱作为基准色度空间基本外壁。该 3 条直线称为基准色度空间参考线。对于 $m \times n$ 模块的 i, j 像素，过其色度空间的三个坐标点 $[x_{r_m, n}, y_{r_m, n}, B_{r_m, n}[i, j]]$ 、 $[x_{g_m, n}, y_{g_m, n}, B_{g_m, n}[i, j]]$ 和 $[x_{b_m, n}, y_{b_m, n}, B_{b_m, n}[i, j]]$ ，形成平面 $plane_rgb_{m, n}[i, j]$ ；这样的平面最多有 $m \times n \times i \times j$ 个，每个平面同 3 条基准色度空间参考线分别有一个交点，一共有 3 个，分别对应 3 个基色，记为 $[x_{r_min}, y_{r_min}, B_{r_m, n}[i, j]_{min}]$ 、 $[x_{g_min}, y_{g_min}, B_{g_m, n}[i, j]_{min}]$ 和 $[x_{b_min}, y_{b_min}, B_{b_m, n}[i, j]_{min}]$ 。

[0195] 将所有的平面 $plane_rgb_{m, n}[i, j]$ 同 3 条基准色度空间参考线相交，得到 3 组空间坐标点集合，它们分布在 3 条基准色度空间参考线上，特征在于亮度数值不同，分别为 $[B_{r_m, n}[i, j]_{min}]$ 、 $[B_{g_m, n}[i, j]_{min}]$ 和 $[B_{b_m, n}[i, j]_{min}]$ ；在空间坐标点集合 $[x_{r_min}, y_{r_min}, B_{r_m, n}[i, j]_{min}]$ 中选取 $[B_{r_m, n}[i, j]_{min}]$ 最小的色度空间点作为红基色基准色度空间点，记为 $[x_{r_min}, y_{r_min}, B_{r_m, n}[i, j]_{min}]$ 。

$_{\min}$ 、 $B_{r_{\min}}$];在空间坐标点集合 $[x_{g_{\min}}, y_{g_{\min}}, B_{g_{[m,n][i,j]_{\min}}}]$ 中选取 $[B_{g_{[m,n][i,j]_{\min}}}]$ 最小的色度空间点作为绿基色基准色度空间点,记为 $[x_{g_{\min}}, y_{g_{\min}}, B_{g_{\min}}]$;在空间坐标点集合 $[x_{b_{\min}}, y_{b_{\min}}, B_{b_{[m,n][i,j]_{\min}}}]$ 中选取 $[B_{b_{[m,n][i,j]_{\min}}}]$ 最小的色度空间点作为蓝基色基准色度空间点,记为 $[x_{b_{\min}}, y_{b_{\min}}, B_{b_{\min}}]$ 。

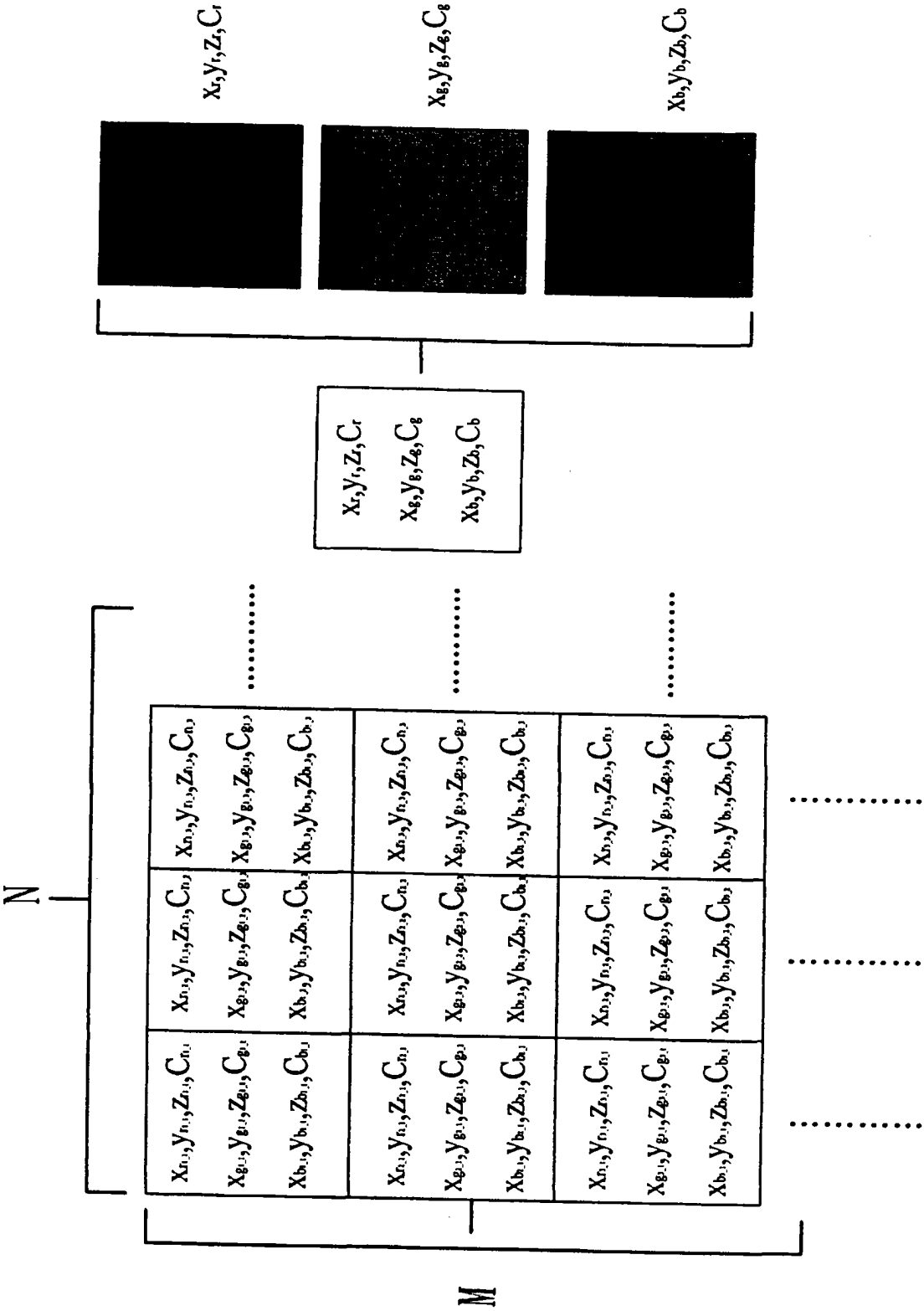


图 1

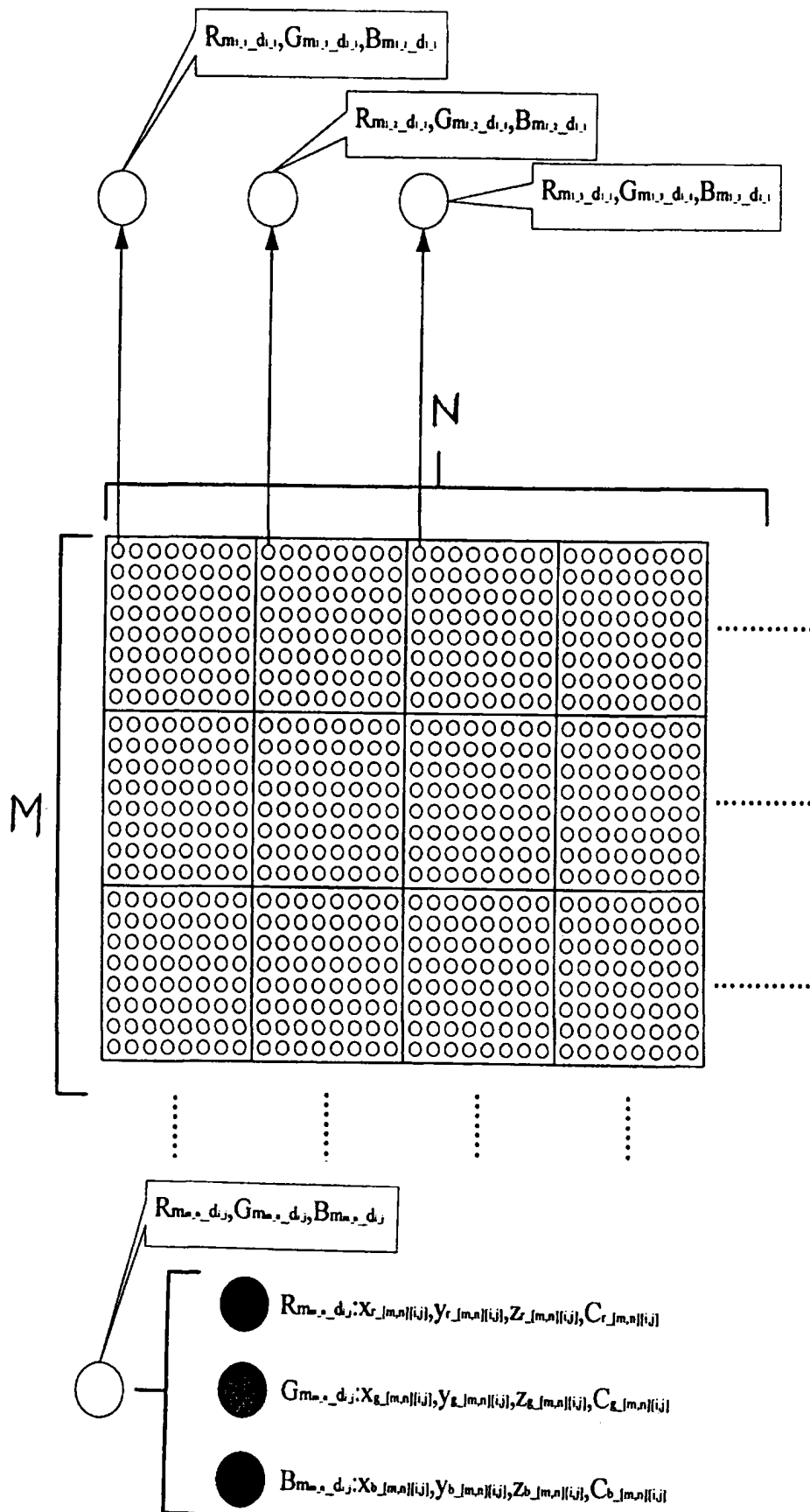


图 2

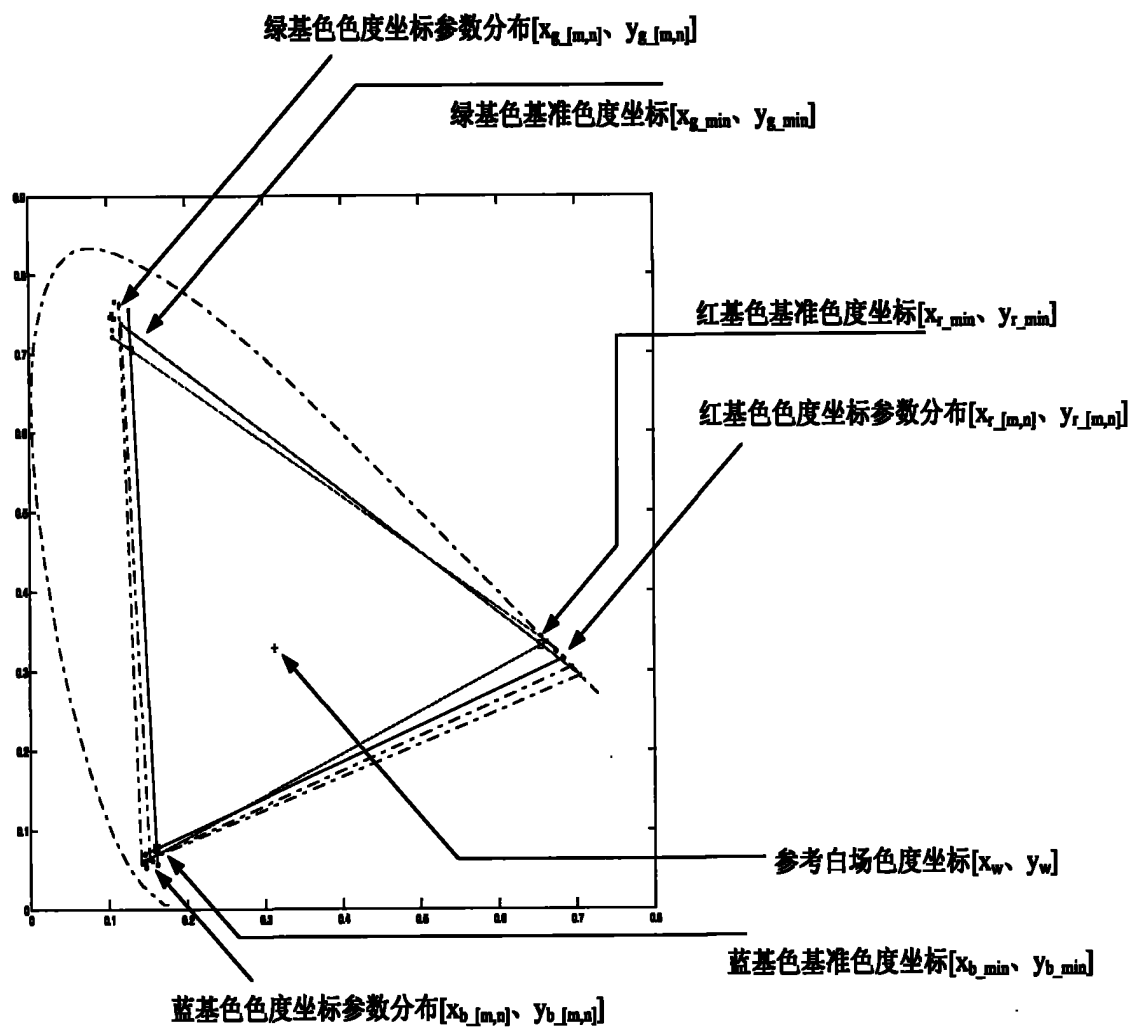


图 3

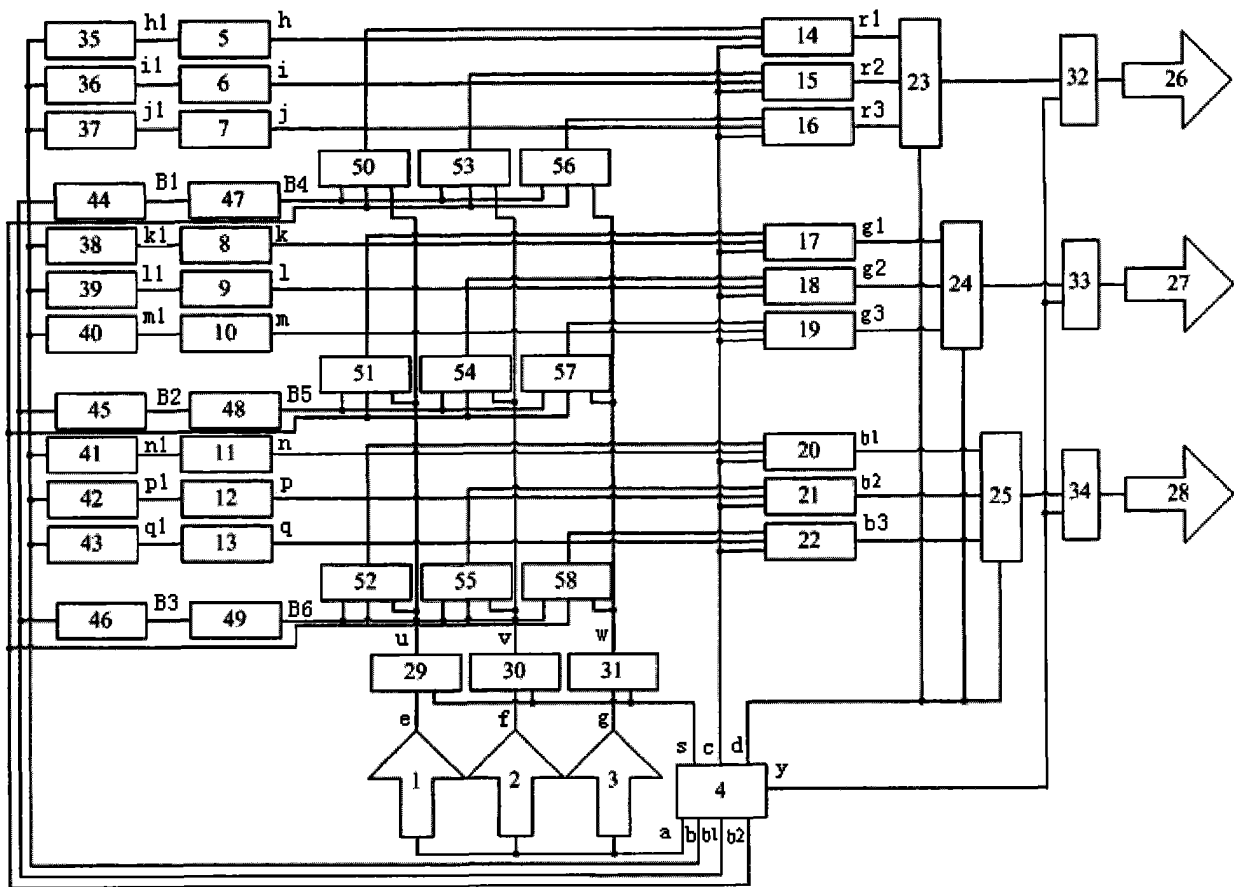


图 4

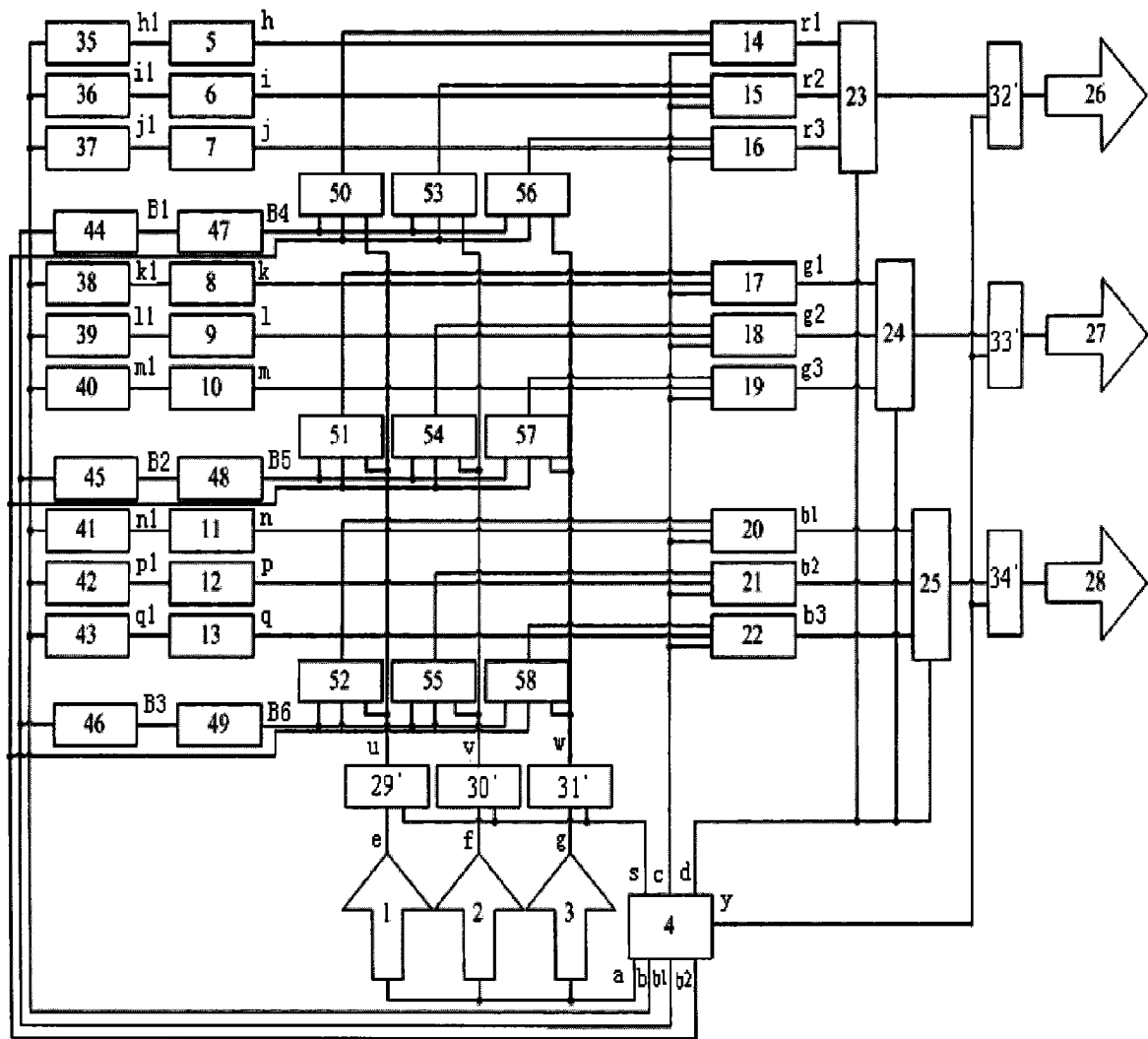


图 5

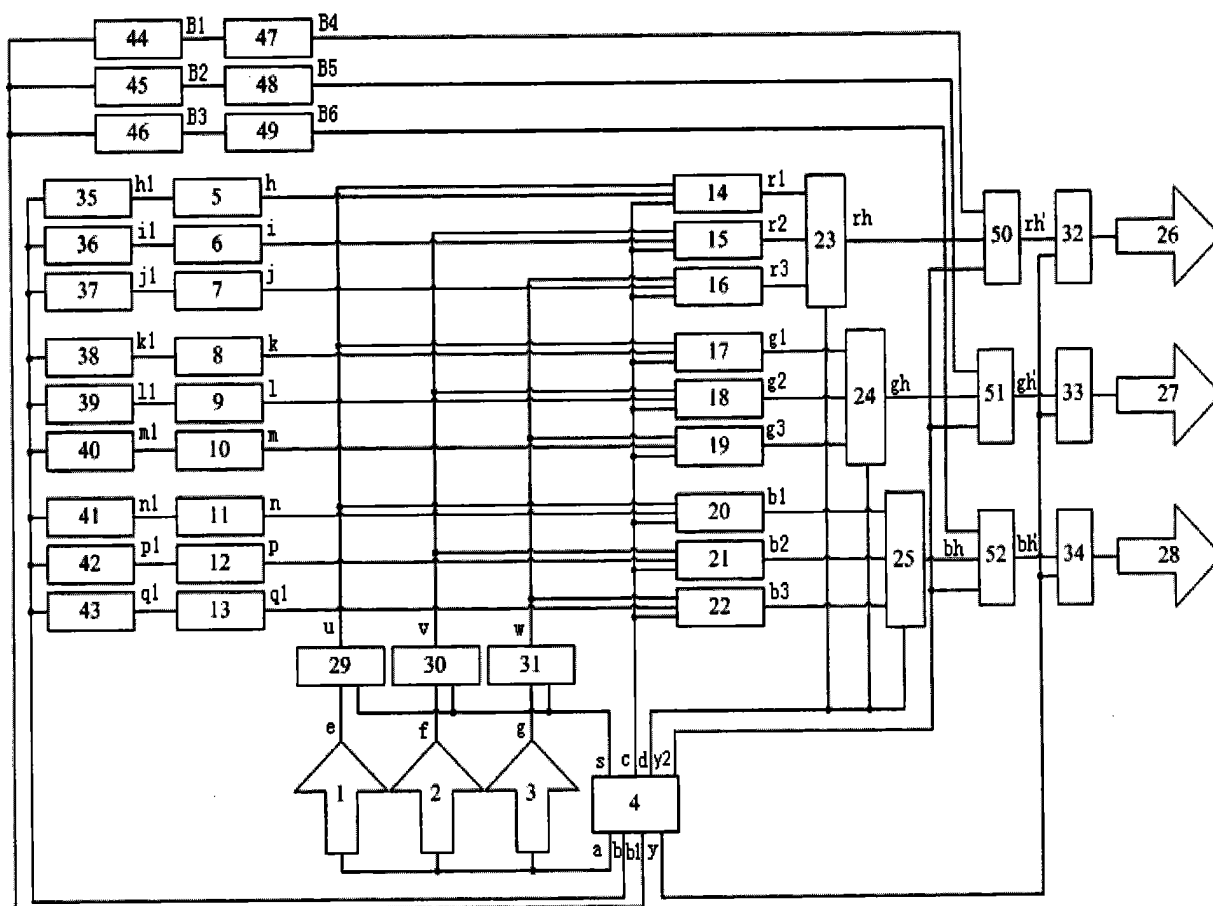


图 6

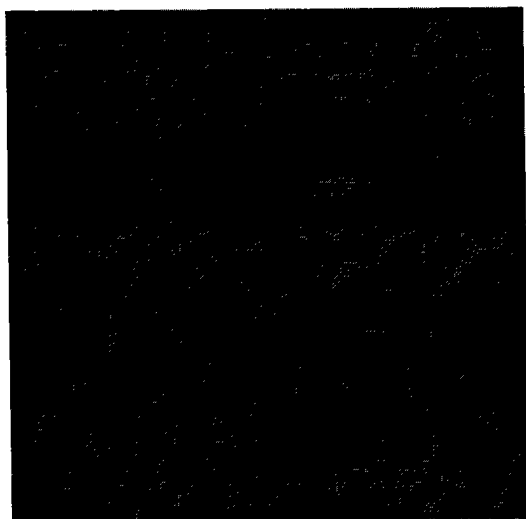


图 7

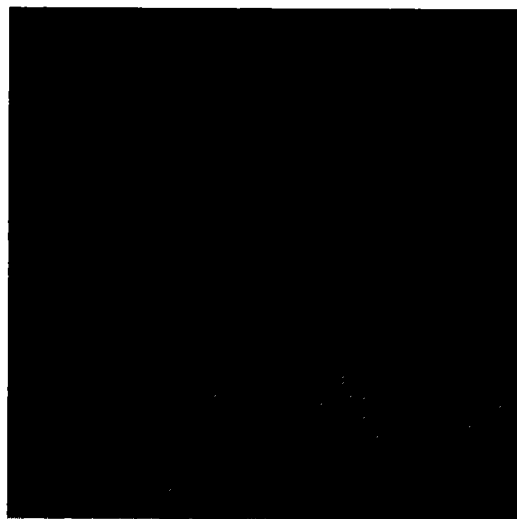


图 8

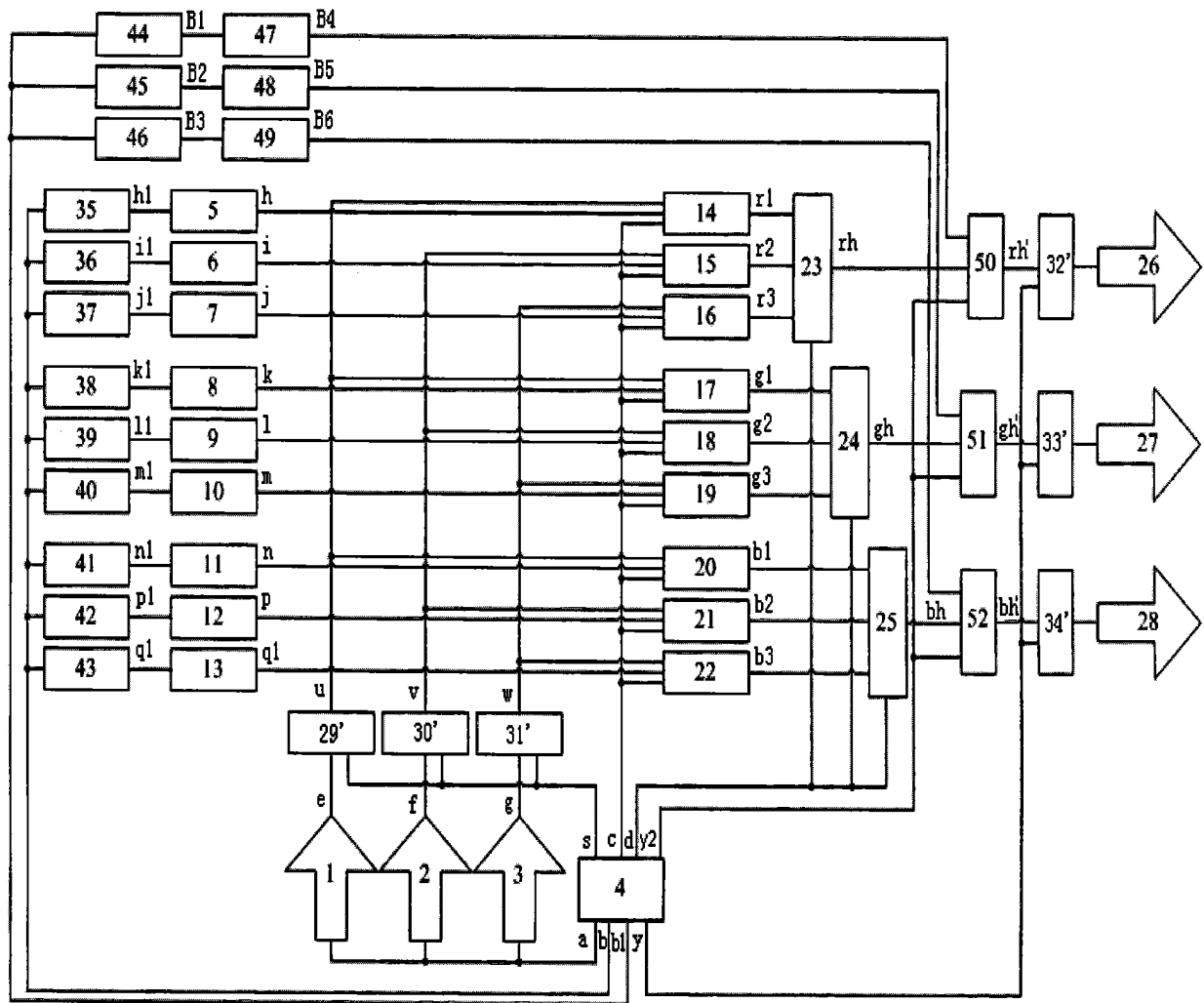


图 9