

工业相机中的图像预处理

大恒图像
路鹏

- 一、工业相机图像预处理概况
- 二、图像预处理算法
- 三、图像预处理的实现

❖ 工业相机

- ◆ 性能稳定（例如高温高湿环境）
- ◆ 结构紧凑
- ◆ 高传输能力
- ◆ 高抗干扰能力（例如复杂的电磁场环境）

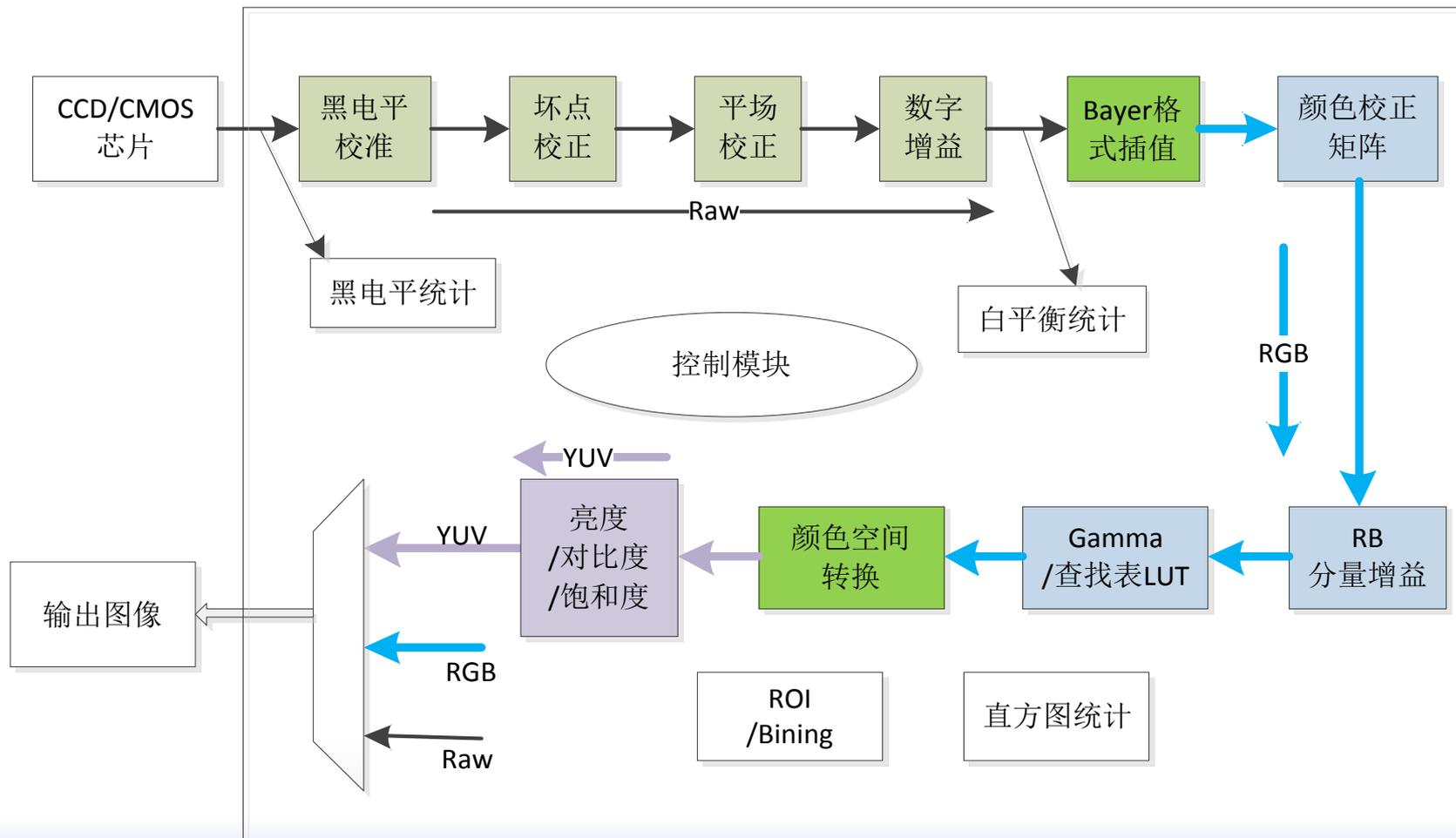


❖ 图像预处理

- ◆ 检测与测量的需要
- ◆ 提高系统整体性能

RAW?

图像预处理流程框图

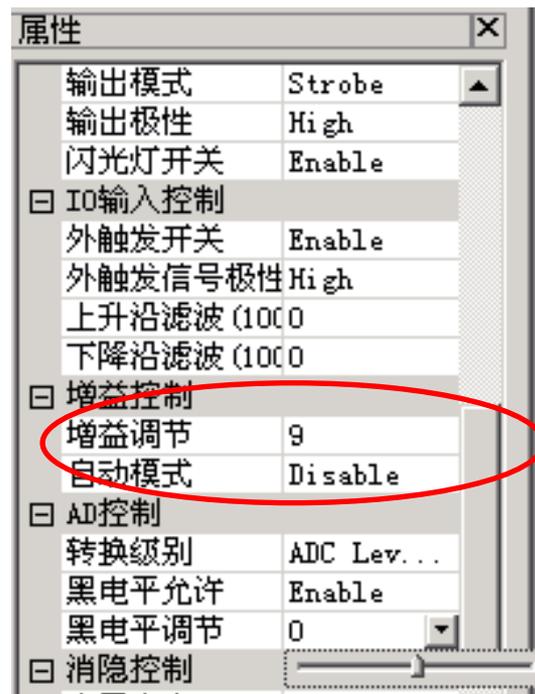


1. 黑电平
2. 数字增益
3. 坏点校正
4. 查找表和Gamma
5. CFA插值
6. 颜色校正
7. 颜色空间转换
8. 亮度和饱和度
9. 通道平衡

1. 黑电平

❖ 调节黑电平不影响信号的放大倍数，仅仅是对信号进行上下平移

❖ $Pixel' = Pixel + offset$



1. 黑电平

原图



减小黑电平



增加黑电平



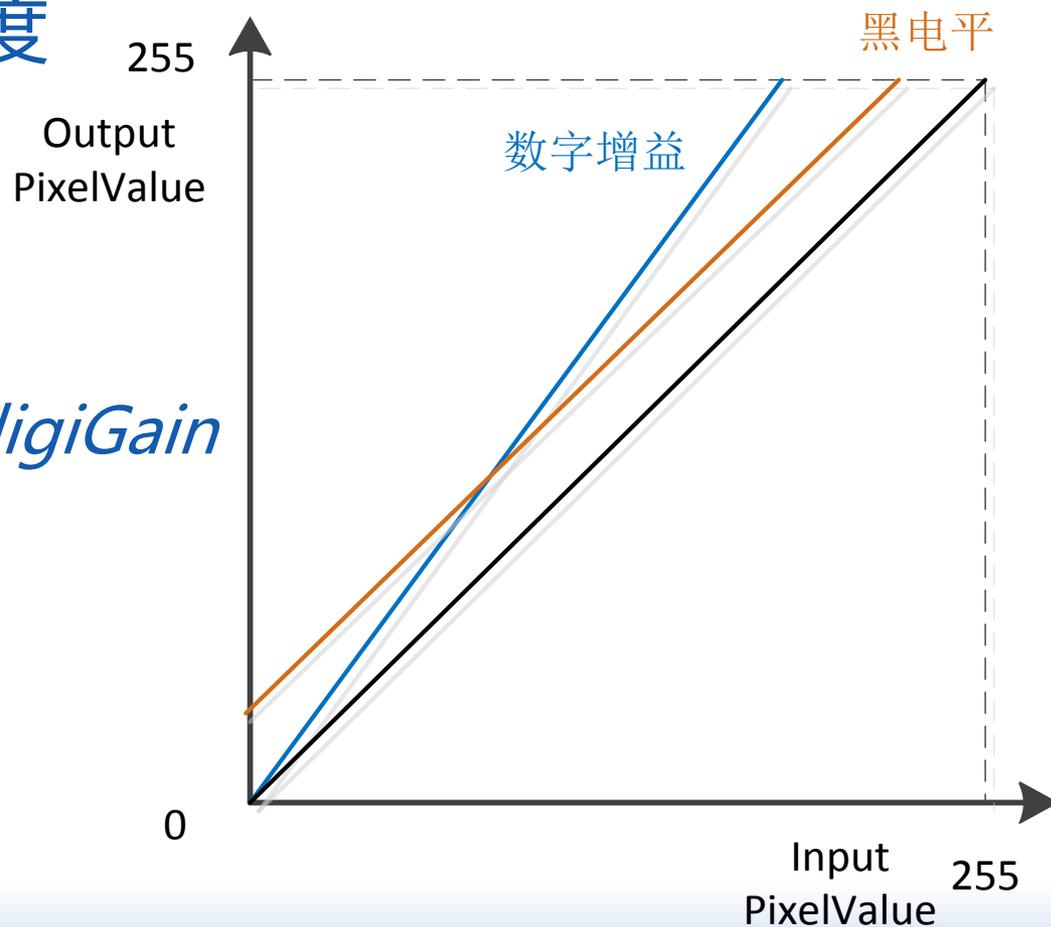
2. 数字增益

❖ 提高整体图像的亮度

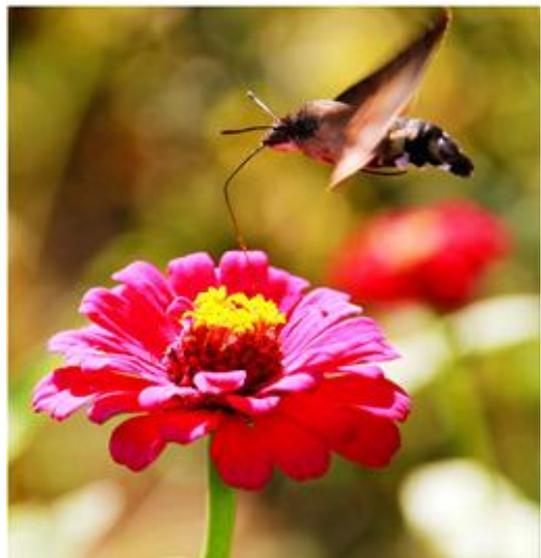
- ◆ 放大噪声

❖ 对每个像素的乘法

- ◆ $Pixel' = Pixel \times digiGain$



2. 数字增益



原图

提高增益



降低增益



❖ CMOS vs. CCD 芯片

❖ 温度与芯片老化

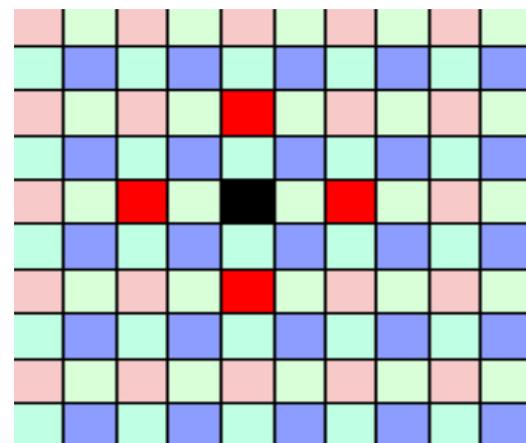
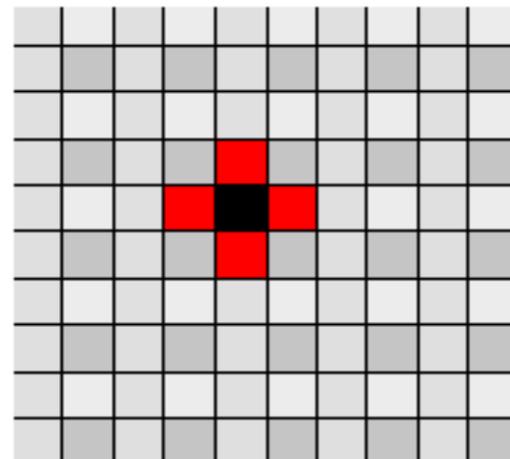
❖ 校正方法

◆ 黑白相机

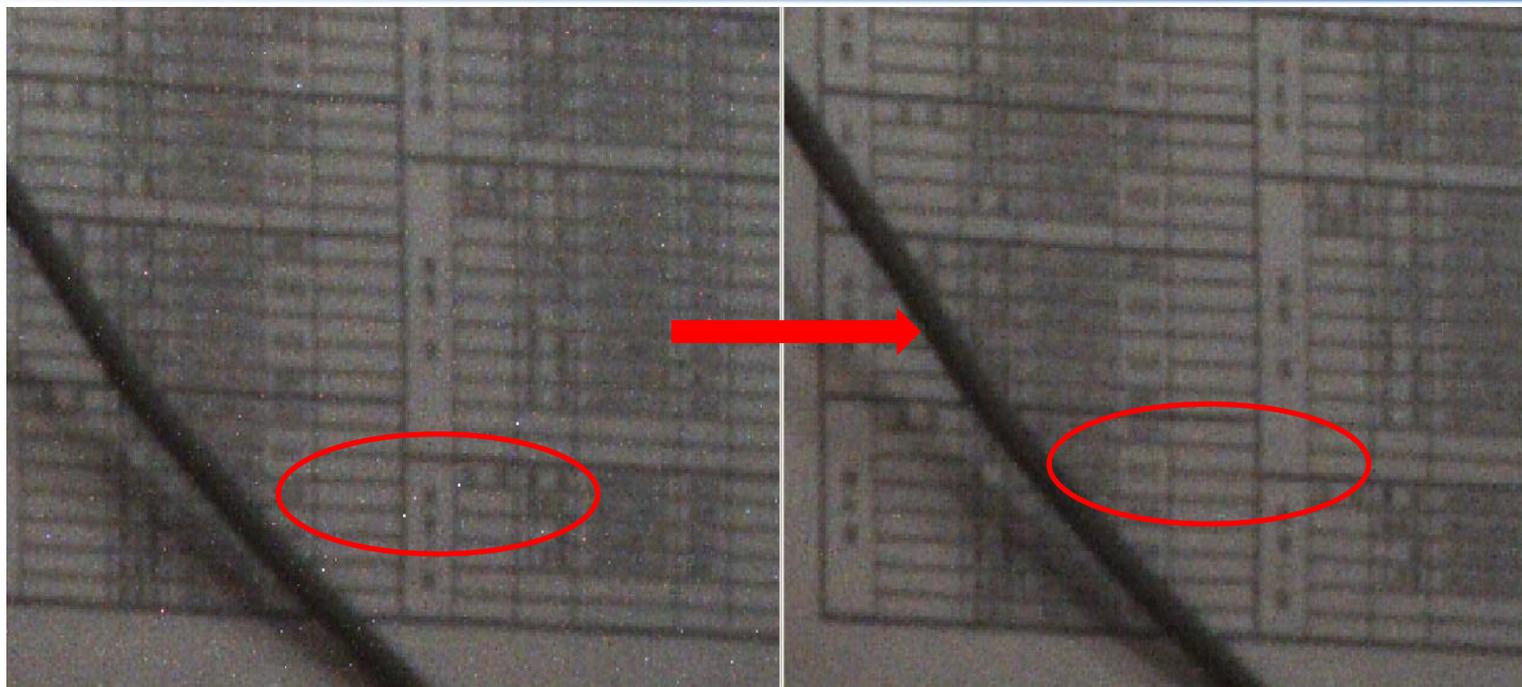
$$P_{i,j} = \frac{1}{4}(P_{i-1,j} + P_{i+1,j} + P_{i,j-1} + P_{i,j+1})$$

◆ 彩色相机

$$P_{i,j} = \frac{1}{4}(P_{i-2,j} + P_{i+2,j} + P_{i,j-2} + P_{i,j+2})$$



3. 坏点校正



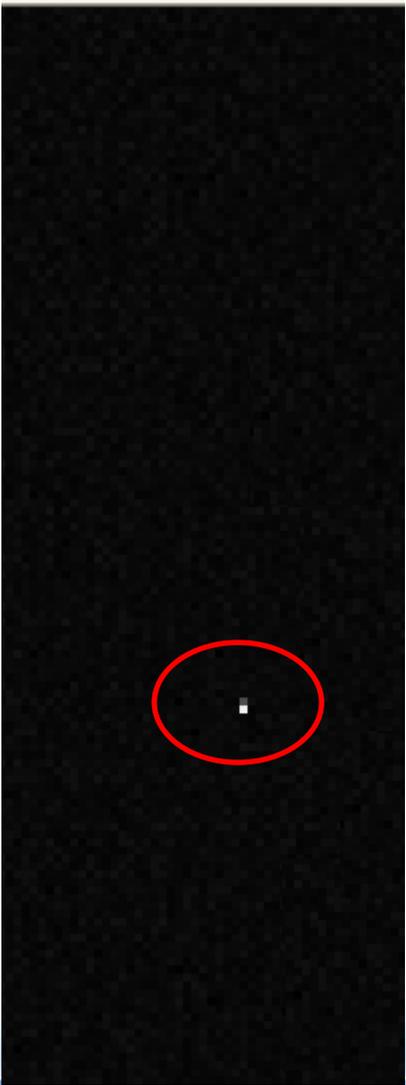
采用CMOS芯片的MER相机:

- 曝光: 50ms
- 增益: 63
- 数据位数: ADCLevel2

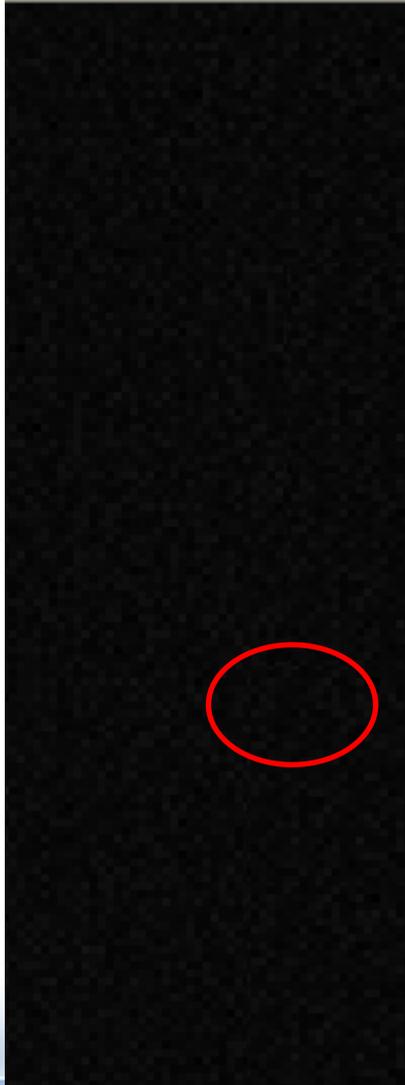


3. 坏点校正

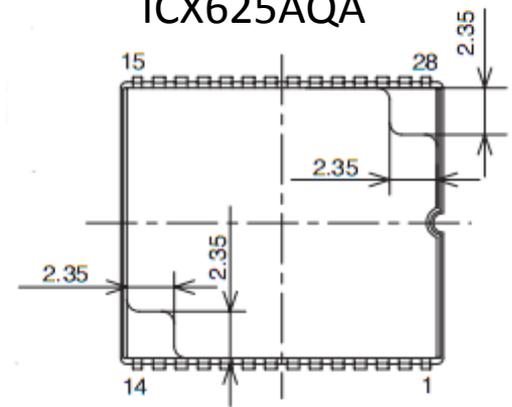
Positio x= 1557 y= 540 Value= 001



Positio x= 1557 y= 539 Value= 000



ICX625AQA



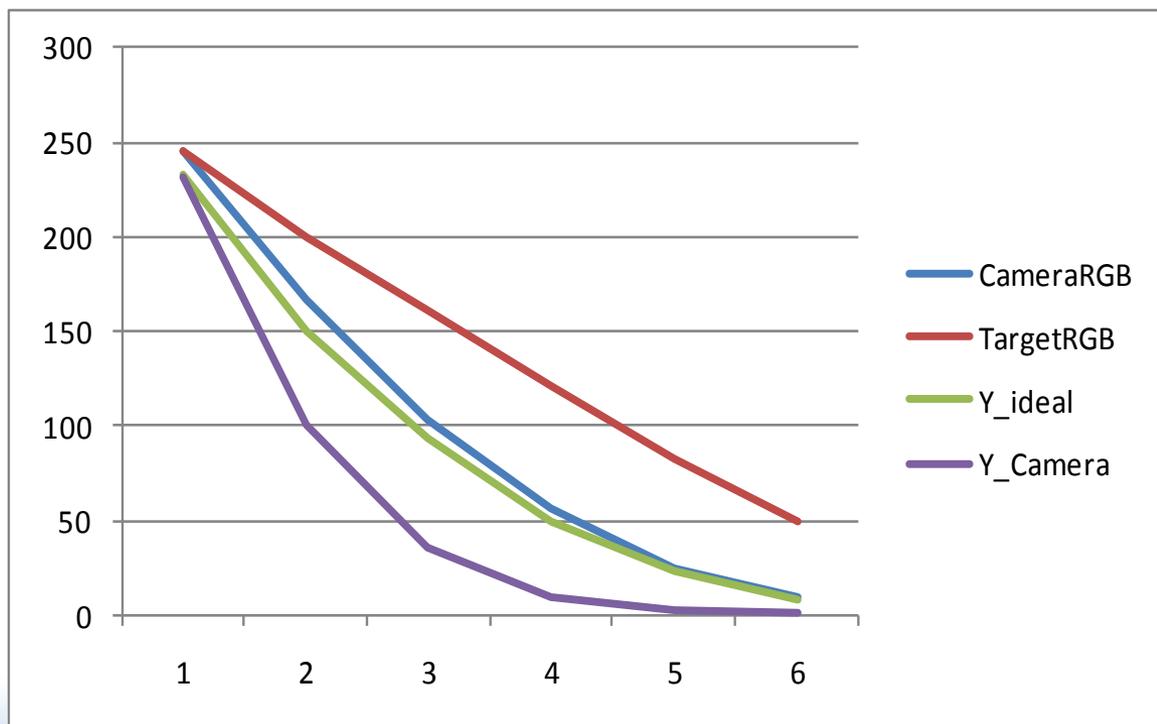
4. 查找表和Gamma

- ❖ 彩色相机的输出RGB图像处于线性RGB空间
- ❖ 显示器色域在sRGB空间

$$R' = R_{\max} \left(\frac{R}{R_{\max}} \right)^{\frac{1}{\text{GAMMA}}}$$

$$G' = G_{\max} \left(\frac{G}{G_{\max}} \right)^{\frac{1}{\text{GAMMA}}}$$

$$B' = B_{\max} \left(\frac{B}{B_{\max}} \right)^{\frac{1}{\text{GAMMA}}}$$



4. 查找表和Gamma



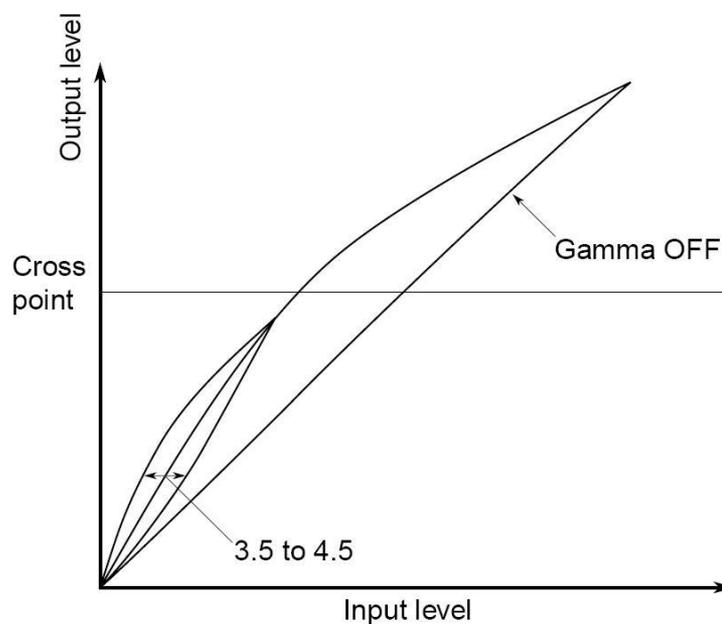
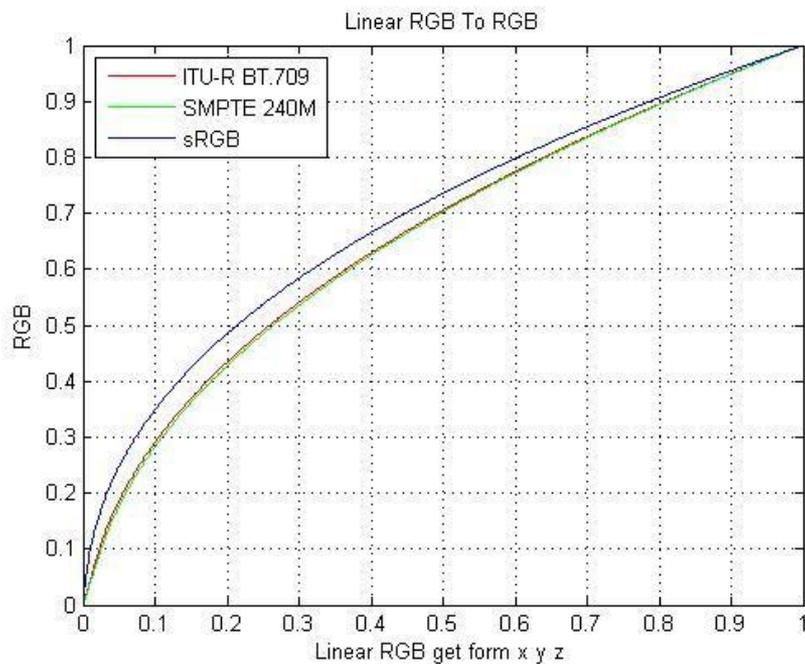
Gamma=1.0



Gamma=2.2

4. 查找表和Gamma

- ❖ 增加亮度（暗区噪声增大）
- ❖ 使用LUT实现（256位、4096位）



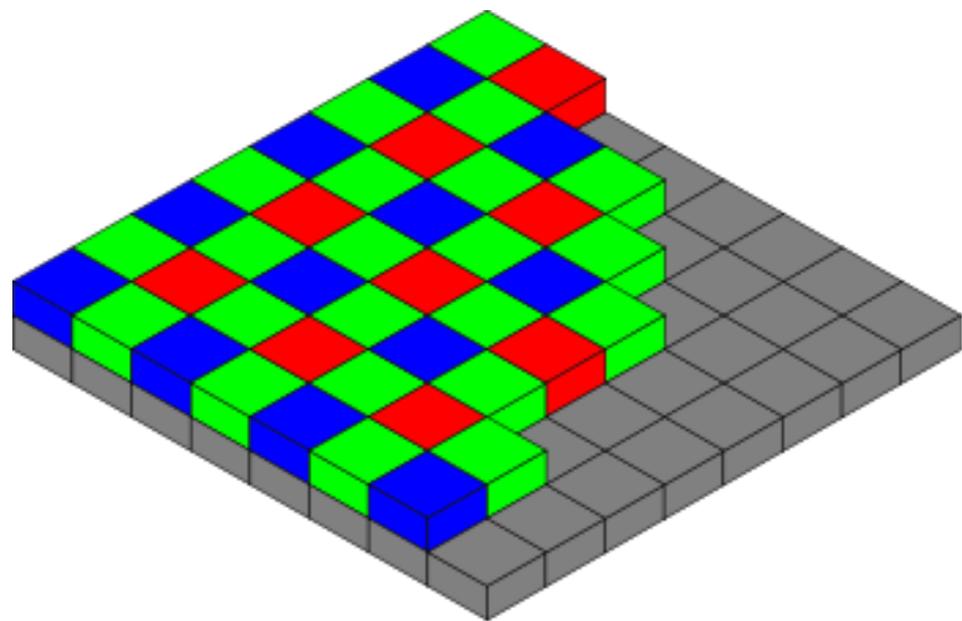
对于彩色图像

❖ 通常采用Bayer格式

- ◆ 1975年，Bryce Bayer，Eastman Kodak
- ◆ 降低数据传输量
- ◆ 分辨率的损失

❖ 其他色彩滤光阵列

- ◆ CMYW
- ◆ TrueSense

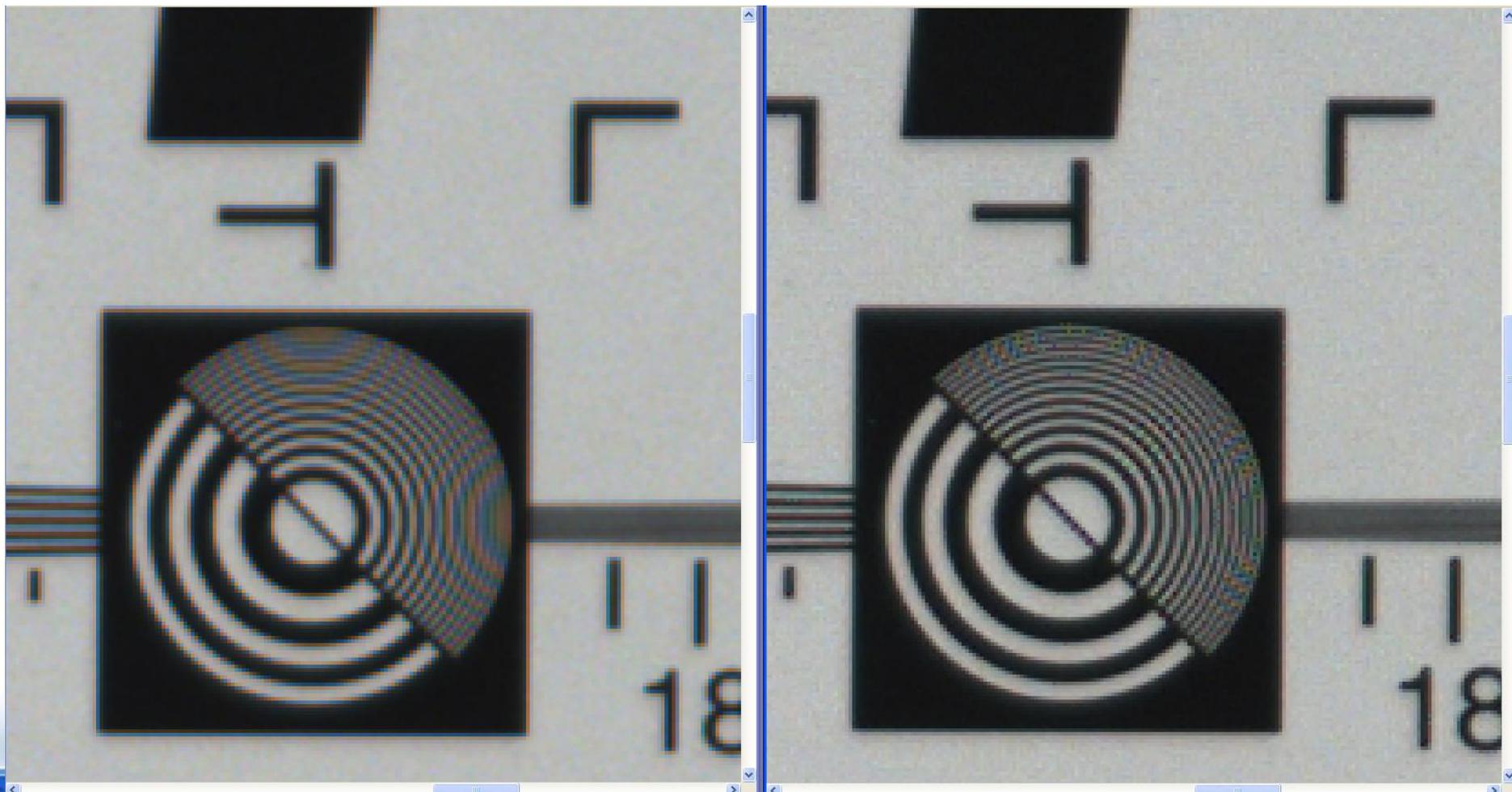


5. CFA插值-彩色条纹 (1)

❖ 左右两图使用不同的插值算法



❖ 左右两图使用不同的插值算法

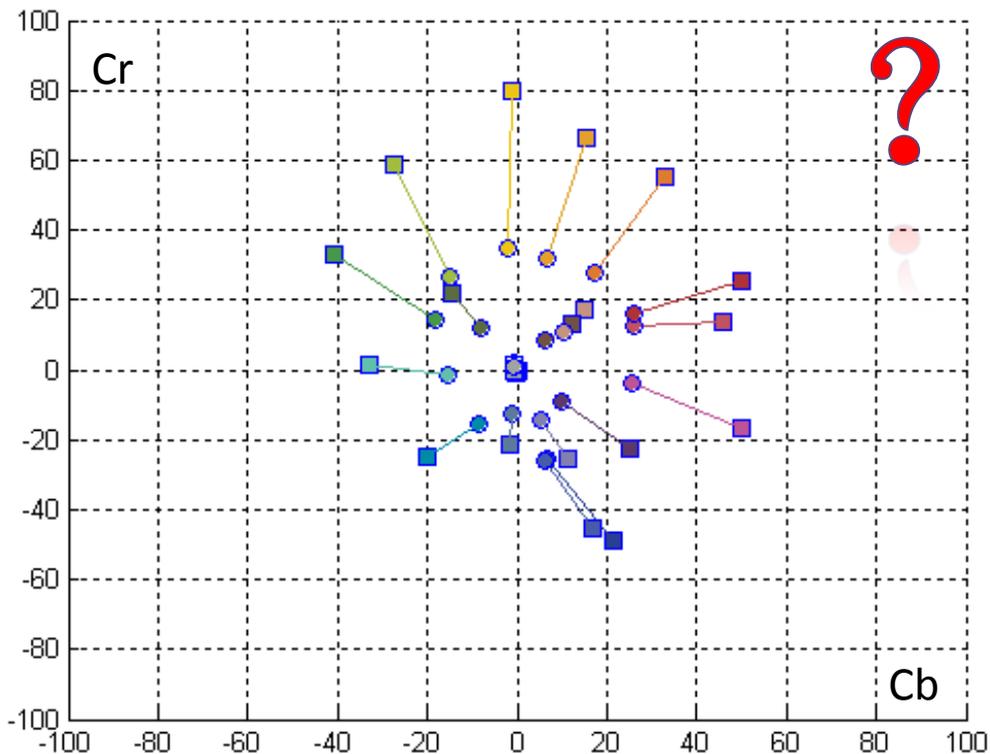


6. 颜色校正

❖ 相机输出颜色存在色差

方形：色板标准颜色

圆形：相机输出的颜色

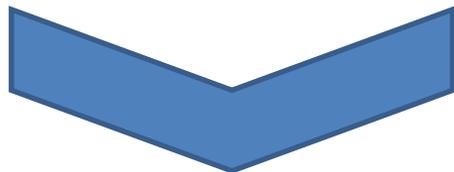


24色色卡的标准颜色



❖ 颜色校正矩阵

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} OFS_R & R_r11 & R_g12 & R_b13 \\ OFS_G & G_r21 & G_g22 & G_b23 \\ OFS_B & B_r31 & B_g32 & B_b33 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 \\ R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$



场景



相机

Linear
RGB

Color
Correction
Matrix

R`G`B`

显示器

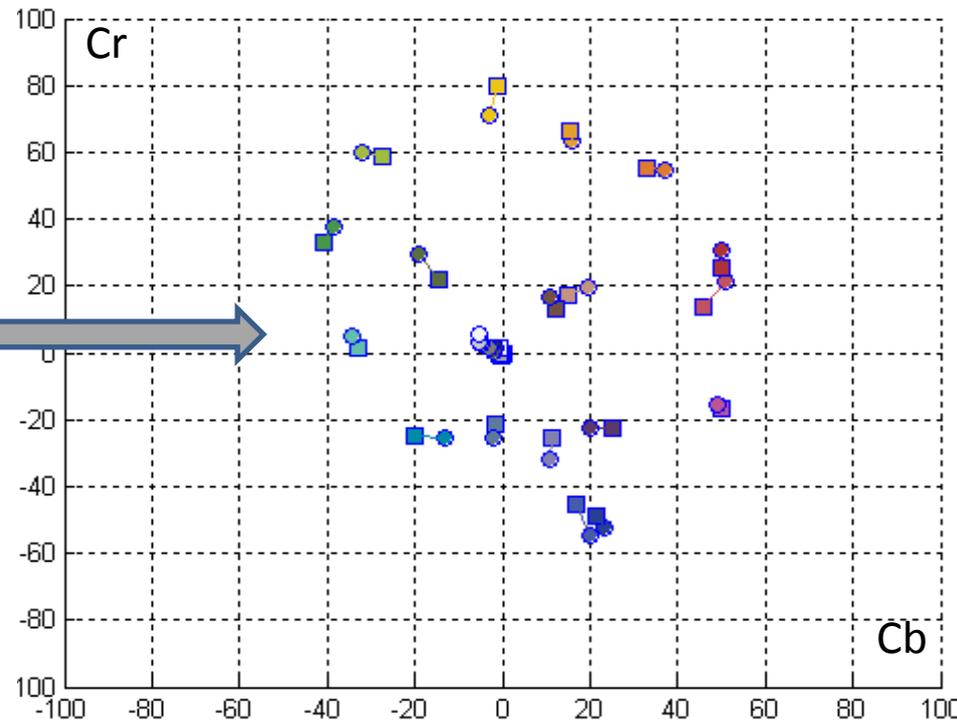
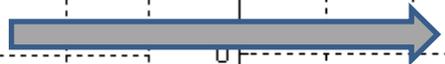
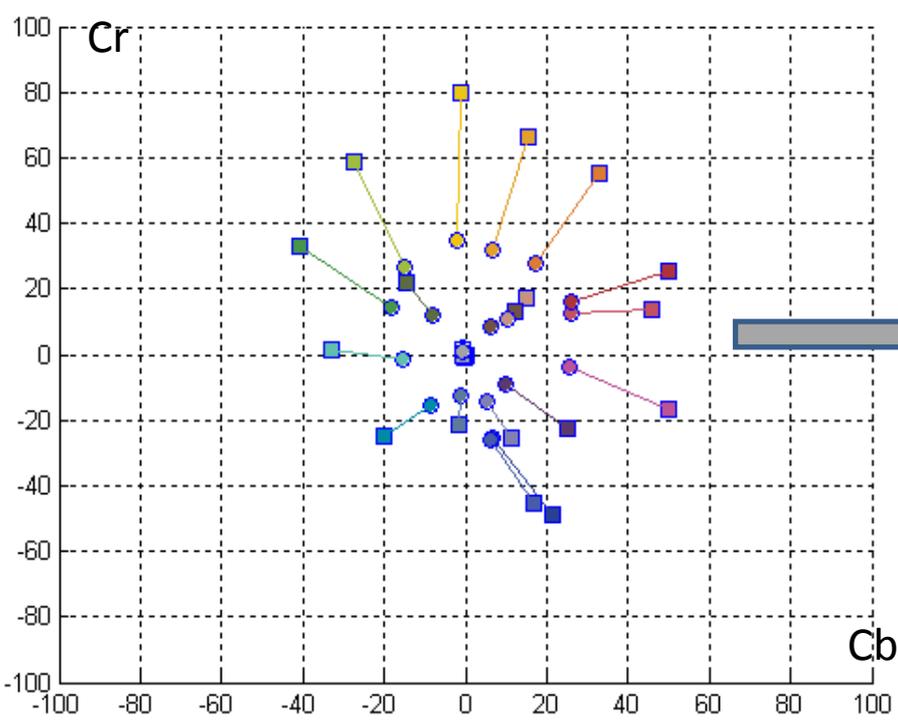


❖ 其他方法：色貌模型等

6. 颜色校正

❖ 经过校正之后的标准色板色差对比

方形：标准颜色
 圆形：相机输出的颜色



校正前

校正后

❖ 实际图像对比



校正前



校正后

❖ RGB空间 => YUV空间 (YUV444)

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.14713 & -0.28886 & 0.436 \\ 0.615 & -0.51498 & -0.10001 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

❖ 为了节省传输带宽，可以缩减为YUV422，YUV411等格式

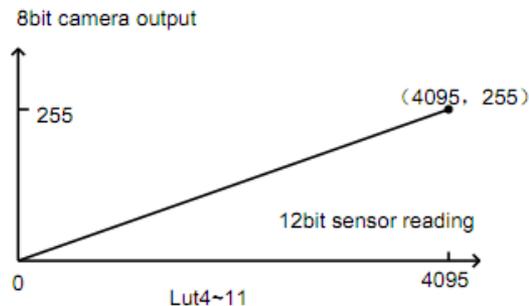
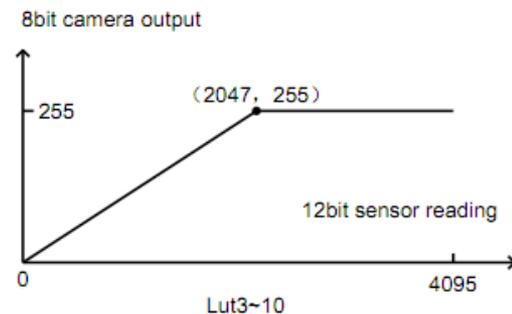
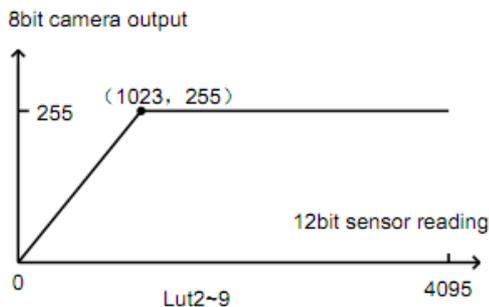
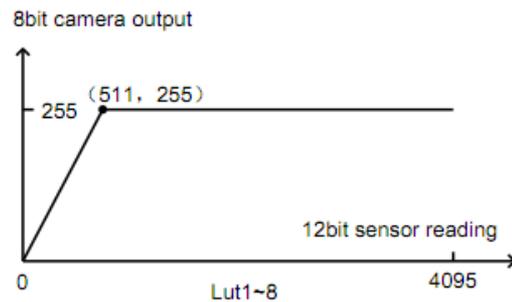
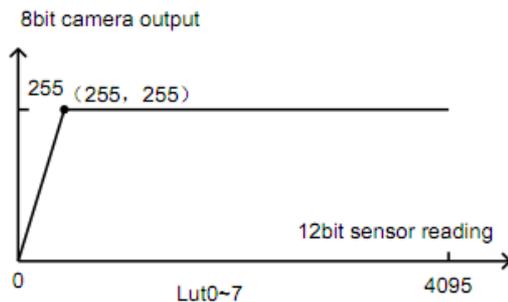
8. 亮度、饱和度

❖ 提高亮度

- ◆ 数字增益
- ◆ 查找表
- ◆ 调节Gamma值

❖ 提高饱和度

- ◆ 在不同的空间内调节色彩分量的值
- ◆ YUV, HSV



通过不同的查找表改变亮度

8. 亮度、饱和度

原图

降低饱和度



增加饱和度

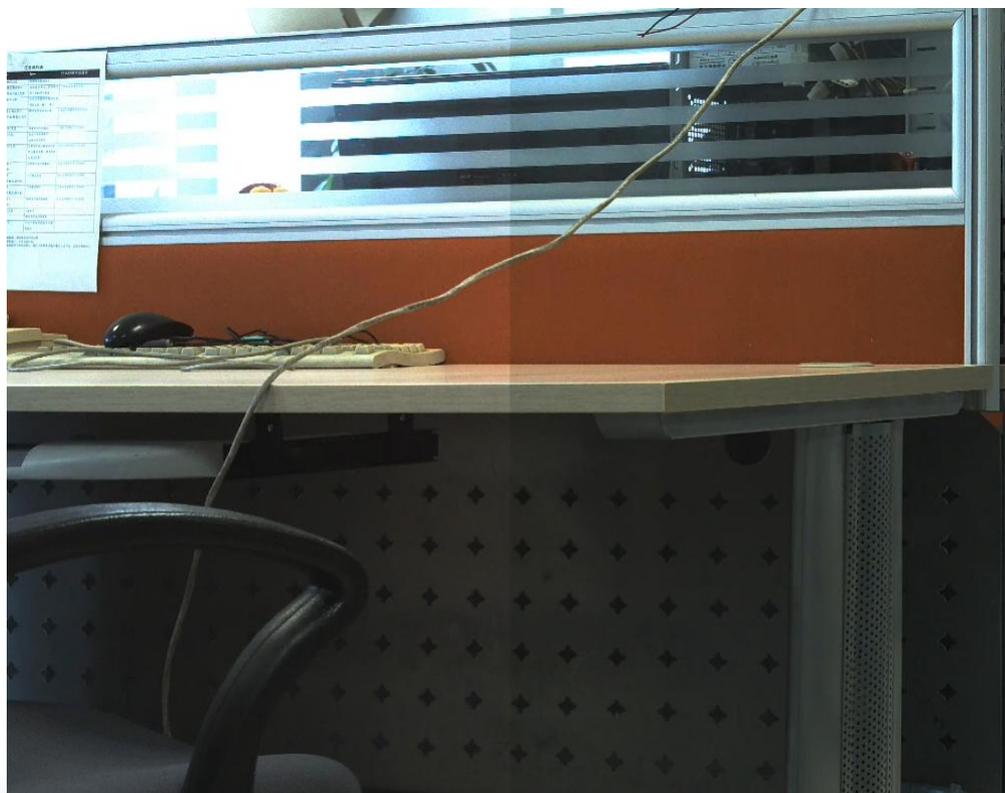


❖ 多通道的传感器芯片

- ◆ 像素 => 多 ;
- ◆ 帧率 => 高 ;
- ◆ 带宽 => 高 ;

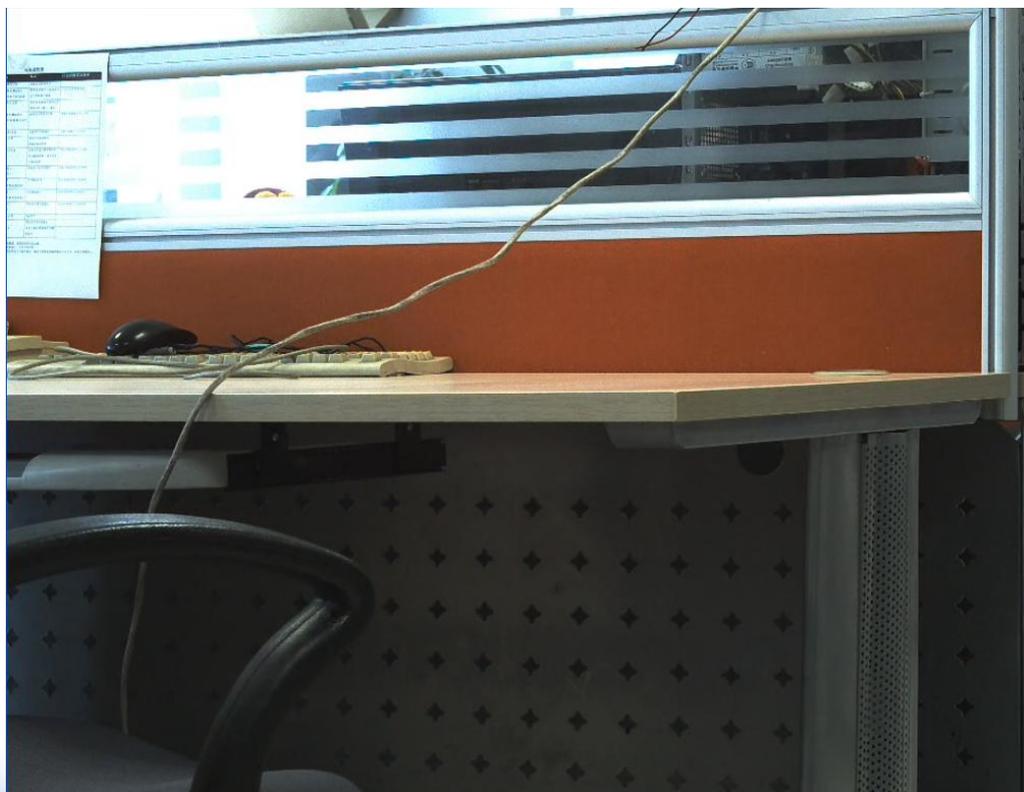
❖ 存在的问题

- ◆ 左右分屏



❖ 校正方法

$$Pixel_{left}' = offset + Pixel_{left} * gain$$



DH-ITS5000xC
DH-ITS2010xC
DH-ITS4000xC
DH-ITS8000xC

❖ 在FPGA中

- ◆ 优点：并行处理，数据吞吐量大
- ◆ 缺点：占用逻辑和存储资源，成本较高

❖ 在嵌入式CPU中

- ◆ 优点：比较灵活
- ◆ 缺点：运算能力较弱



IMAVISION

谢谢大家！