Rockchip Camera Module OTP Calibration Guide

文件标识：RK-SM-YF-607

发布版本：V1.0.24

日期：2022-09-15

文件密级：□绝密 □秘密 □内部资料 ■公开

瑞芯微电子股份有限公司

Rockchip Electronics Co., Ltd.

地址： 福建省福州市铜盘路软件园A区18号

网址： www.rock-chips.com

客户服务电话： +86-4007-700-590

客户服务传真： +86-591-83951833

客户服务邮箱： fae@rock-chips.com

前言

概述

本文旨在介绍相机模组的OTP标定流程，指导模组厂进行正确的OTP标定工作。

产品版本

芯片名称
RV1109/RV1126/RK356X

读者对象

本文档（本指南）主要适用于以下工程师：

模组厂相关的生产与调试工程师

ISP调试工程师

图像质量调试工程师

修订记录

版本号	作者	修改日期	修改说明
V1.0.0	陈煜	2021-07-12	发布初版，提供标定流程、数据封装格式的描述
v1.0.1	徐苏皖	2021-07-26	提供校准方案、示例代码
v1.0.2	徐苏皖	2021-07-27	修改LSC管控的函数接口、示例代码
v1.0.3	徐苏皖	2021-08-03	删除LSC管控的函数， 添加LSC验证接口及管控指标，修改示例代码
v1.0.4	徐苏皖	2021-08-06	添加pdaf gainmap 和dccmap 标定及验证功能
v1.0.5	徐苏皖	2021-08-11	修改AWB标定接口，输出四个通道均值
v1.0.6	徐苏皖	2021-08-16	OTP烧录数据添加full width、full height
v1.0.7	徐苏皖	2021-08-26	修改了OTP烧录数据的格式 以块的格式排列
v1.0.8	徐苏皖	2021-08-27	更新了pdaf 标定的相关内容及示例代码
v1.0.9	徐苏皖	2021-09-17	优化了pdaf 清晰度评价算法，更新pdaf dll
v1.0.10	徐苏皖	2021-10-12	OTP烧录格式添加ROCKCHIP 标识
v1.0.11	徐苏皖	2022-03-29	OTP MAP AF Code 模块添加中焦code
v1.0.12	徐苏皖	2022-04-15	更新了pdaf 标定部分，增加了坏点检测功能
v1.0.13	徐苏皖	2022-05-06	优化了pdaf dccmap 标定算法，修改dccmode为1
v1.0.14	徐苏皖	2022-05-13	优化了pdaf gainmap验证算法
v1.0.15	徐苏皖	2022-05-16	更新otp map pdaf 部分
v1.0.16	徐苏皖	2022-05-18	优化了pdaf gainmap、dccmap算法， 调整了gainmap 和dccmap每个block的大小
v1.0.17	徐苏皖	2022-05-23	调整pdaf dccmap 标定的阈值，增加log打印

版本号	作者	修改日期	修改说明
v1.0.18	徐苏皖，黄若冰	2022-06-01	修改PDAF 标定流程的相关描述， 优化PDAF Dccmap标定及验证算法
v1.0.19	徐苏皖，黄若冰	2022-06-01	调整pdaf dcc sharpness拍摄步长， 修改sharpness验证算法
V1.0.20	徐苏皖	2022-06-08	更新pdaf 计算清晰度算法， 调整otp gainmap和dccmap的内存大小
V1.0.21	徐苏皖	2022-06-20	优化pdaf计算清晰度算法
V1.0.22	徐苏皖	2022-07-07	优化pdaf计算清晰度算法，增加 DCC_SHARPNESS_COUNT参数
V1.0.23	徐苏皖	2022-08-05	OTP map增加结束标志
v1.0.24	徐苏皖	2022-09-15	修改AWB标定方案， 调整LSC 验证的处理流程， 优化pdaf计算清晰度算法， 增加DCC_SHARPNESS_CHL、SENSOR_TYPE参数

目录

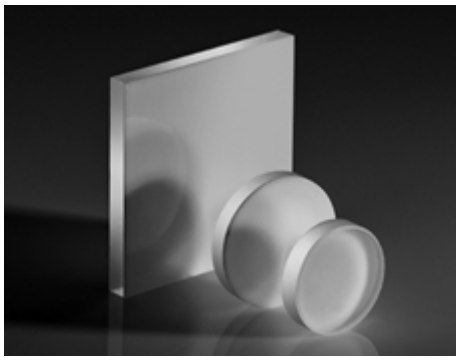
1 LSC&AWB 标定流程

1.1 标定方案

1. 光源环境与器材

   D50（5000K±100K），避免其他环境杂散光干扰。

   均光片或满足上述光源的DNP灯箱，均光片如下图所示：



2. 拍摄方式

```
1. 根据实际情况，以下两个方法选择一种即可
   1. 使用均光片：将均光片带涂层的一面朝向镜头紧贴平放，保持模组端面、均光片、光源面板平行。
   2. 使用DNP灯箱：将模组置于DNP光源面板前 1-2cm，保持模组端面和光源面板平行。
2. 关闭mirror/flip等功能
3. 挑选曝光值，让图像的G通道最大亮度（8bit）达到160~180之间
4. 使用该曝光拍摄Raw图并保存
```

3. AWB标定

   1. 选择Raw图中心区域（各取长宽的20%），计算R、Gr、Gb、B各通道的均值

      Gr_ave=Gr average of ROI - Black level

      Gb_ave=Gb average of ROI - Black level

      R_ave = Red average of ROI - Black level

      B_ave = Blue average of ROI - Black level

   2. 计算R/Gb和B/Gb和Gr/Gb

      R/Gb=R_ave/Gb_ave

      B/Gb=B_ave/Gb_ave

      Gr/Gb=Gr_ave/Gb_ave

   3. 将R/Gb、B/Gb、Gr/Gb定点化至10bit

      R/Gb_hex=R/Gb * 1024

      B/Gb_hex=B/Gb * 1024

      Gr/Gb_hex=Gr/Gb * 1024

4. LSC标定

   1. 标定计算的目标值设置为70%
   2. 分别计算四个通道的增益定点化至10bit

1.2 管控方案

1. LSC标定前
    1. Y shading标准 ：

       ROI = 1/5 Width * 1/5Height

       YShading_Corner = Y_Corner/Y_Center

       30% < YShading_Corner < 55%

       Ydiffer = YShading_Corner_Max - YShading_Corner_Min < 7%
    2. Color Shading 标准：

       单颗模组color shading 均匀性（单颗模组每个block与中心block的差异管控）

       ROI取框： 1/5*1/5 计算24个block与中心block的差异

       ROI = 1/5Width * 1/5Height

       |(R/G_Corner)/(R/G_Center)-1| < 15%

       |(B/G_Corner)/(B/G_Center)-1| < 15%
2. LSC标定后
    1. Y shading标准 ：

       ROI = 1/5 Width * 1/5Height

       YShading_Corner = Y_Corner/Y_Center

       Ydiffer = YShading_Corner_Max - YShading_Corner_Min < 5%
    2. Color Shading 标准：

       单颗模组color shading 均匀性（单颗模组每个block与中心block的差异管控）

       ROI取框： 1/5*1/5 计算24个block与中心block的差异

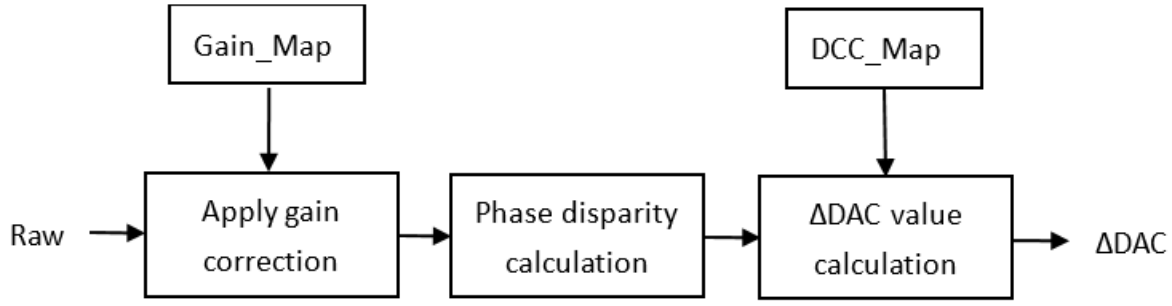
       ROI = 1/5Width * 1/5Height

       |(R/G_Corner)/(R/G_Center)-1| < 5%

       |(B/G_Corner)/(B/G_Center)-1| < 5%

2 PDAF 标定流程

PDAF标定分为 Gain Map标定 和 DCC Map 标定两部分，标定流程如下：



2.1 标定前准备

1、模组准备

（1）镜头脏污检测

（2）VCM检测：测试线性、镜头的位置准确性和稳定性

（3）AF基础校正：标定模组镜头的马达在对焦Inf处和Marco处的位置，记录其对应的DAC值，确定DAC和对焦物距的关系

（4）关闭sensor中的mirro/flip/OB等设置

（5）完成黑电平和LSC校正，必要时可对场曲进行校正

2、模组AE设置

（1）模组AE设置：数字增益固定设置为1；模拟增益（传统PD或2x1OCL，Again设为1x;Dual-photodiode的PD,Again设定为2x)

（2） 曝光时间：全尺寸显示时，调整曝光时间，使得中心区域的G通道亮度均值大于亮度上限的80%但不过曝，建议设置为10ms的整数倍以避免工频干扰。

2.2 Gain Map 标定

1、光源环境与器材

D50（5000K±100K），避免其他环境杂散光干扰；

均光片或满足上述光源的DNP灯箱，积分球；

2、拍摄方式

```
1. 将模组放置在均匀面光源前，模组端面与光源面保持平行（实验时采用的积分球，面板亮度数值调整为6.6），均光片置于镜头前端，使得面光源充满画面；
2. sensor的gain设置为1x，曝光时间设置为10的倍数；
3. 全尺寸显示时画面中心1/10的ROI区域的G通道的值需大于最大值的80%且避免过曝出现，同时保证pd像素值不过曝；
4. 将马达移动到中间位置连续拍摄3张raw图，首先检测坏点个数是否超过允许的范围，若坏点个数超过允许范围，则需要降低画面亮度重新拍摄；若坏点检测通过，再得到平均图像数据；
```

3、标定

调用pdaf_gainmap_calibration(...)函数生成gainmap数据并获取gainmap 的大小，大小为gainmap_width*gainmap_height *2 byte（包含left gainmap 和 right gainmap）；

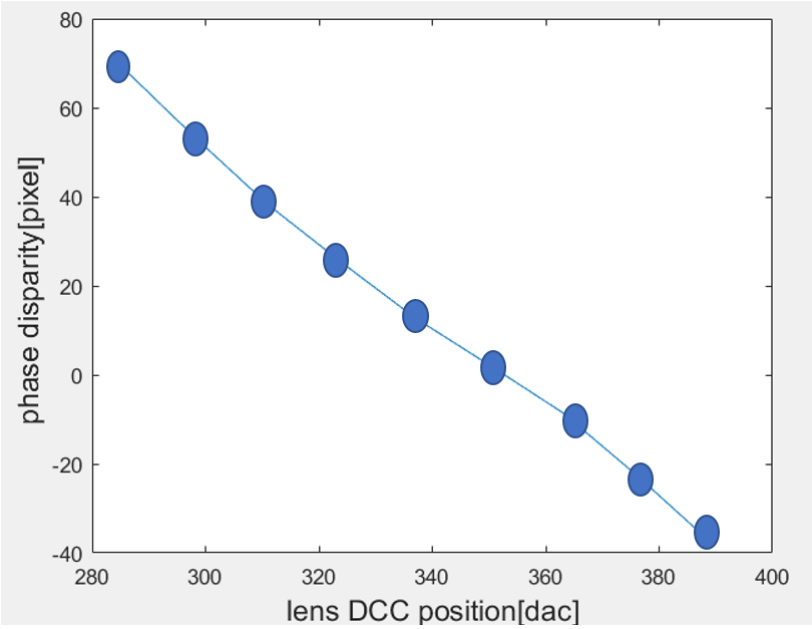
4、验证

1. 保证步骤2环境相同，拍摄一张测试图像，将标定得到的gainmap和测试图像输入到函数pdaf_gainmap_vertification(...)，若返回为1， 则验证成功，标定的gainmap可用；若返回为-1，则表示坏点个数是否超过允许的范围，需要降低画面亮度重新拍摄；
2. 验证标准

   经gainmap校正后的left pd pixel 与right pd pixel 的差值小于5%，则验证成功；

2.3 DCC Map 标定

DCC(defocus conversion coefficient)表示马达位置与左右图像差的关系，将图像分成不同区域，将马达等步长移动，计算不同位置下的pd值，利用线性回归得到不同区域的DCC值---DCCMAP

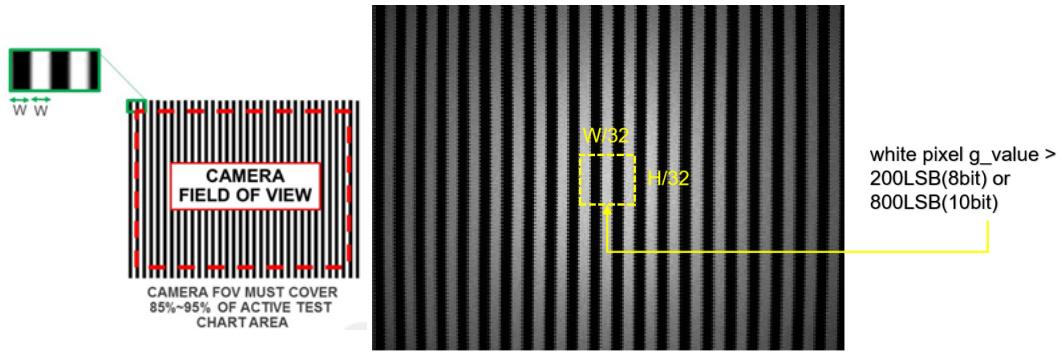


1、光源环境与器材

D50（5000K±100K），避免其他环境杂散光干扰。

均光片或满足上述光源的DNP灯箱，积分球，黑白相间标版；

标板：标板采用定制的透光菲林片，图案为等间隔的黑白条纹



标定距离在2.1.1 AF基础校正步骤中确定

标板宽度取决于镜头水平方向FOV和标定距离a，建议满足

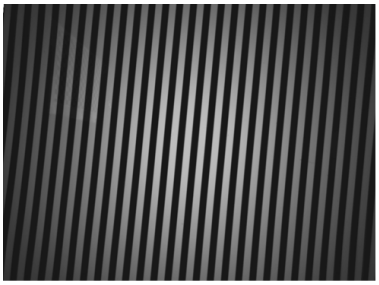
$$S >= a * tan(FOV * pi/360) * 2/0.9$$

标板的黑白线宽W，镜头焦距f,标定距离a之间的关系建议满足

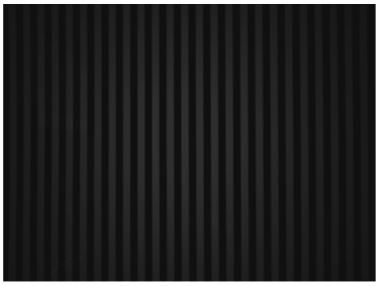
$$W[mm] = (a[mm] - f[mm])/f[mm] * \lambda[mm]$$

对于IMX258,系数λ建议为0.11；对于S5KJN1,系数λ建议为0.088~0.099。

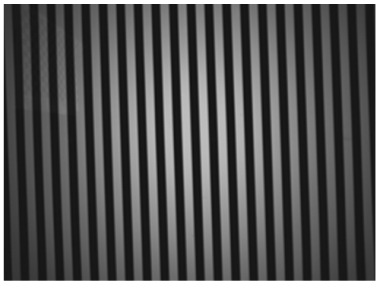
DCC标定要求正确定制并摆放标板，条纹尺寸不合适、摆放时发生旋转或变形、亮度过暗或过曝都会导致DCC标定失败，一些错误案例如下图所示。



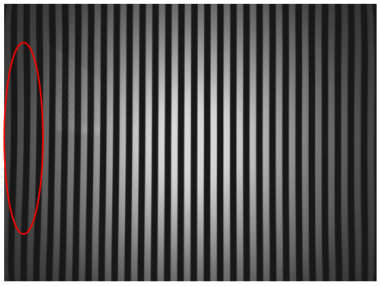
（a）旋转



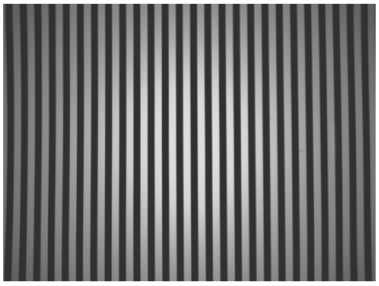
（b）亮度过暗



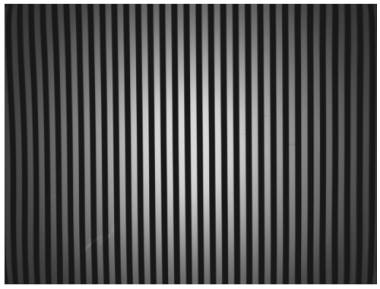
（c）条纹过宽



（d）反光与形变



（e）过曝



（f）条纹过密

2、拍摄方式

1. 将条纹菲林片放置于积分球前，模组放置于标版前方约对焦中段位置，该物距值由步骤2.1.1AF基础校正中确定。端面与标版保持平行，避免标板旋转、倾斜和扭曲，保证拍摄时标版充满图像；

2. sensor gain：对于 metal-shield和2x1OCL类型的sensor的again和dgain设置为1x，dual-pd类型的sensor，again设置为2x，dgain设置为1x。

3.曝光：保证标版画面中心1/10的ROI区域的白块值需大于最大值的80%~90%之间，避免亮度不够或过曝影响DCC标定精度；对于metal-shield类型sensor，保证non-shielded的像素没有过曝。

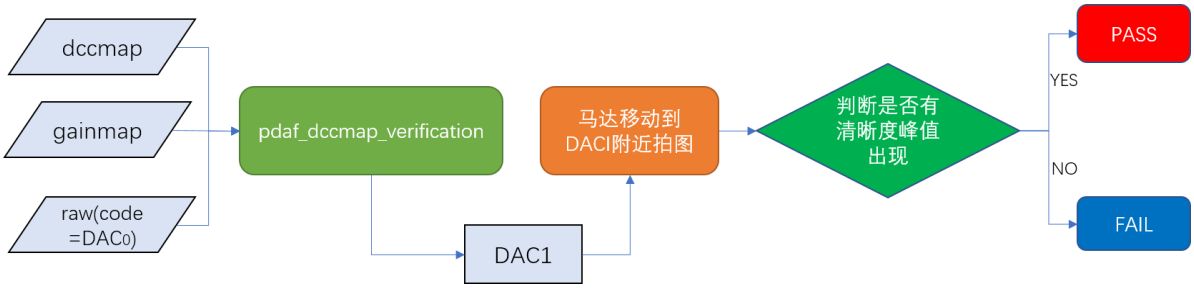
3. 将马达由DCC_LENS_BEGIN到DCC_LENS_END以DCC_LENS_INTERVAL采样间隔移动，每移动一次待马达稳定后拍摄三张raw图，得到每个位置的平均图像数据（eg.实验时以8为间隔，code从0移动到64共计9个位置，拍摄了27张图像；

3、标定

将2.1节标定得到的gainmap、马达位置参数和每个位置的平均图像数据输入到函数pdaf_dccmap_calibration(...)，得到dccmap 数据并获取dccmap 的大小，大小为dccmap _width*dccmap _height *2 byte；利用DCC_RSQ_THRESHOLD评价每个Block拟合出来的系数线性度， 如果不满足线性度阈值的Block大于一定数量，则标定失败，需要检查输入数据是否有误，调整标定环境重新拍摄。

4、验证

该步骤在所有步骤之后，目的是验证当前标定的dccmap是否正确 验证流程如下图所示：



1. 验证数据拍摄光照环境与DCCmap标定环境相同，镜头面与标板保持平行，保证拍摄时图像中心80%区域被充满；
2. 调整马达至一个**成像模糊**的位置DAC0，

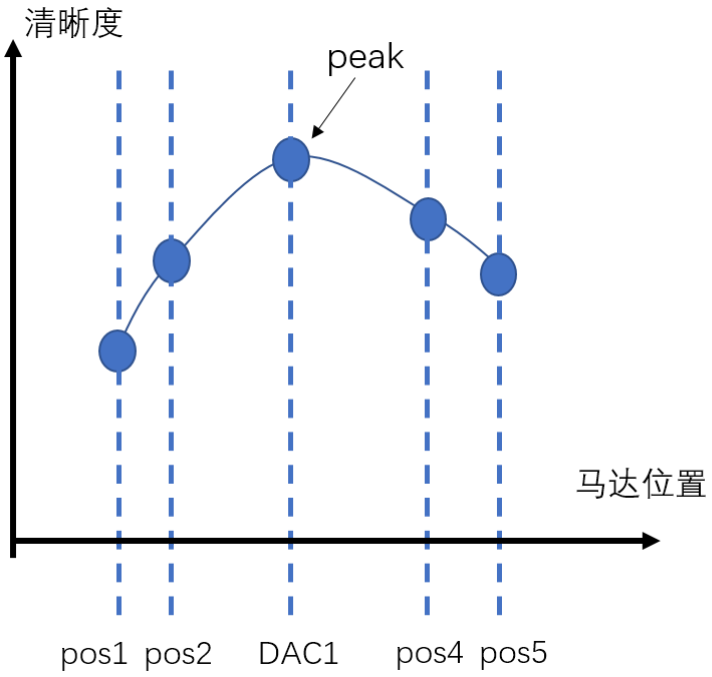
   $\in [DACmacro + 0.2 * (DACinf - DACmacro), DACmacro + 0.8 * (DACinf - DACmacro)]$

   待马达稳定后，抓取三张Raw图，得到平均图像数据将马达当前位置信息DAC0、平均图像数据以及标定得到的gainmap和dccmap输入到pdaf_dccmap_vertification（）函数，计算得到对焦模糊处图像的理想对焦位置DAC1；
3. 然后将马达移动到DAC1，抓取在DAC1前后**tolerance_factor***abs(DACinf-DACmacro)+Δ（e.g.Δ=2）内的五张图，tolerance_factor为验证时的容忍范围，不同类型的sensor该误差范围也不同(e.g.5%,10%,20%)。

   验证时将马达从位置1移动到位置5，五个位置分别是(e.g.tolerance_factor=10%,Δ=2)

1	**DAC1-10% *abs(DACinf-DACmacro)-Δ**
2	**DAC1-10% *abs(DACinf-DACmacro)**
3	**DAC1**
4	**DAC1+10% *abs(DACinf-DACmacro)**
5	**DAC1+10% *abs(DACinf-DACmacro)+Δ**

4. 将五张图传入到函数pdaf_calc_sharpness（...）计算图像中心区域 DCC_PERCENT_ROI_W* DCC_PERCENT_ROI_H的清晰度(e.g.30%*30%)，判断是否有峰值出现，有则验证成功;若验证失败，放大tolerance_factor和Δ的范围（e.g.Δ由2调为5），重新采集5张图，重复步骤4。计算清晰度最好选择pd像素比较少的通道。



3 标定方案

标定的模块包括 AWB(Auto White Balance)、 LSC(Lens Shading Correction)、PDAF(Phase Detection Auto-focus)。

3.1 AWB 标定

【功能描述】

该函数用于计算 raw 图像中 ROI 的 R/G，B/G Gr/Gb。

【函数原型】

```
bool awb_otp_Calibrate(uint16_t* RawAddr, int width, int height, int roiw,
                       int roih, int bits, int bayer, int blc_r, int blc_gr,
                       int blc_gb, int blc_b, uint16_t* R, uint16_t* Gr,
                       uint16_t*Gb, uint16_t* B, uint16_t* R_G, uint16_t* B_G,
                       uint16_t* Gr_Gb)
```

【输入信息】

参数名称	描述
RawAddr	当前模组在产线拍摄的 raw 图像数据
width	raw 图像的宽度
height	raw 图像的高度
bits	每个pixel 的bit 数。10bit=10
roiw	ROI区域的宽度与图像宽度的比值的倒数
roih	ROI区域的高度与图像高度的比值的倒数
bayer	raw 图像的 Bayer 模式。 BGGR=0， GBRG=1，GRBG=2， RGGB=3
blc_r	R 通道 BLC
blc_gr	Gr 通道 BLC
blc_gb	Gb 通道 BLC
blc_b	B 通道 BLC

【输出信息】

参数名称	描述
R	ROI区域 R 通道均值
Gr	ROI区域 Gr 通道均值
Gb	ROI区域 Gb 通道均值
B	ROI区域 B 通道均值
R_G	ROI区域R通道的均值与Gb通道的均值的比值*1024
B_G	ROI区域B通道的均值与Gb通道的均值的比值*1024
Gr_Gb	ROI区域Gr通道的均值与Gb通道的均值的比值*1024

【返回值】

- =0：参数错误
- =1：标定成功

3.2 LSC 标定

3.2.1 LSC 标定

【功能描述】

该函数用于计算 raw 图像每个通道的增益。

【函数原型】

```
bool lsc_otp_Calibrate(uint16_t* RawAddr, int width, int height,
                       int bits, int bayer, int blc_r, int blc_gr,
                       int blc_gb, int blc_b, uint16_t* lsc_otp)
```

【输入信息】

参数名称	描述
RawAddr	当前模组在产线拍摄的 raw 图像数据
width	raw 图像的宽度
height	raw 图像的高度
bits	每个pixel 的bit 数。10bit=10
bayer	raw 图像的 Bayer 模式。 BGGR=0， GBRG=1，GRBG=2， RGGB=3
blc_r	R 通道 BLC
blc_gr	Gr 通道 BLC
blc_gb	Gb 通道 BLC
blc_b	B 通道 BLC

【输出信息】

参数名称	描述
lsc_otp	LSC 增益: ● R 通道增益（17 * 17） ● Gr 通道增益（17 * 17） ● Gb 通道增益（17 * 17） ● B 通道增益（17 * 17）

【返回值】

- =0：参数错误
- =1：标定成功

3.2.2 LSC 验证

【功能描述】

该函数用于验证LSC标定的结果。

【函数原型】

```
bool lsc_otp_verify(uint16_t *RawAddr, int width, int height, int bits,
                    int bayer, int blc_r, int blc_gr, int blc_gb,
                    int blc_b, uint16_t *lsc_otp, int Ydiffer_down,
                    int Ydiffer_up, int ColorShading_down,
                    int ColorShading_up, float *fYdiffer,
                    float *fRGCorner,float *fBGCorner)
```

【输入信息】

参数名称	描述
RawAddr	当前模组在产线拍摄的 raw 图像数据
width	raw 图像的宽度
height	raw 图像的高度
bits	每个pixel 的bit 数。10bit=10
bayer	raw 图像的 Bayer 模式。 BGGR=0， GBRG=1，GRBG=2， RGGB=3
blc_r	R 通道 BLC
blc_gr	Gr 通道 BLC
blc_gb	Gb 通道 BLC
blc_b	B 通道 BLC
lsc_otp	由lsc_otp_Calibrate计算输出的lsc_otp
Ydiffer_down	校准后的管控指标 YShading_Corner_Max - YShading_Corner_Min的下限，百分比
Ydiffer_up	校准后的管控指标YShading_Corner_Max - YShading_Corner_Min的上限，百分比
ColorShading_down	校准后的管控指标|(R/G_Corner)/(R/G_Center)-1|、|(B/G_Corner)/(B/G_Center)-1|的下限，百分比
ColorShading_up	校准后的管控指标|(R/G_Corner)/(R/G_Center)-1|、|(B/G_Corner)/(B/G_Center)-1|的上限，百分比

【输出信息】

参数名称	描述
fYdiffer	YShading_Corner_Max - YShading_Corner_Min的值
fRGCorner	每个block |(R/G_Corner)/(R/G_Center)-1| 的值，共5*5个block
fBGCorner	每个block|(B/G_Corner)/(B/G_Center)-1| 的值，共5*5个block

【返回值】

- =0：不满足标定后的管控指标，验证失败
- =1：验证成功

3.3 PDAF 标定

3.3.1 Get sensor config

【功能描述】

配置 sensor.ini文件，并从sensor.ini文件中获取pd sensor 相关信息。

【配置内容】

关键字	描述
RAW_WIDTH	raw image width
RAW_HEIGHT	raw image height
RAW_BITS	bit width of pixel value
RAW_BLACK_LEVEL	black level value
RAW_BAYER_PATTERN	raw image bayer pattern. 0:BGGR，1:GBRG，2:GRBG，3:RGGB
PD_OFFSET_X	x offset of PD block
PD_OFFSET_Y	y offset of PD block
PD_PITCH_X	x pitch of PD block
PD_PITCH_Y	y pitch of PD block
PD_DENSITY_X	x interval of 1 pair of L/R PD pixel
PD_DENSITY_Y	y interval of 1 pair of L/R PD pixel
PD_BLOCK_NUM_X	total PD block number in x direction
PD_BLOCK_NUM_Y	total PD block number in y direction
DEFECT_PIXEL_NUM	the number of allowable defect pixels
GAINMAP_BLKSZ_W	the width of one block of gainmap
GAINMAP_BLKSZ_H	the height of one block of gainmap
DCCMAP_BLKSZ_W	the width of one block of dccmap
DCCMAP_BLKSZ_H	the height of one block of dccmap
DCC_CALIBRATE_MODE	the mode of dcc calibrate，default is 1
DCC_LENS_BEGIN	the sampling start position of code
DCC_LENS_END	the sampling end position of code
DCC_LENS_INTERVAL	the sampling interval of code
DCC_RSQ_THRESHOLD	the threshold of rsq matrix
DCC_BORDER_RSQ_THRESHOLD	the threshold of rsq border matrix
DCC_BAD_RSQ_NUM_RATIO	the ratio of the number of bad rsq matrix
DCC_PERCENT_ROI_W	the roi width of test image
DCC_PERCENT_ROI_H	the roi height of test image
DCC_SHARPNESS_MODE	the mode of calc sharpness，default is 1
DCC_SHARPNESS_CHL	the channel of calc sharpness,0:origin raw;1:red,2:green(default),3:blue,4:demosaic

关键字	描述
SENSOR_TYPE	0：shieldPD or 1x2OCL 1:2x2OCL 2:dual PD
PD_POS_L	the position of L PD pixel in one PD block
PD_POS_R	the position of R PD pixel in one PD block

【示例】

以IMX258 pd pixel分布为例，如下图所示：

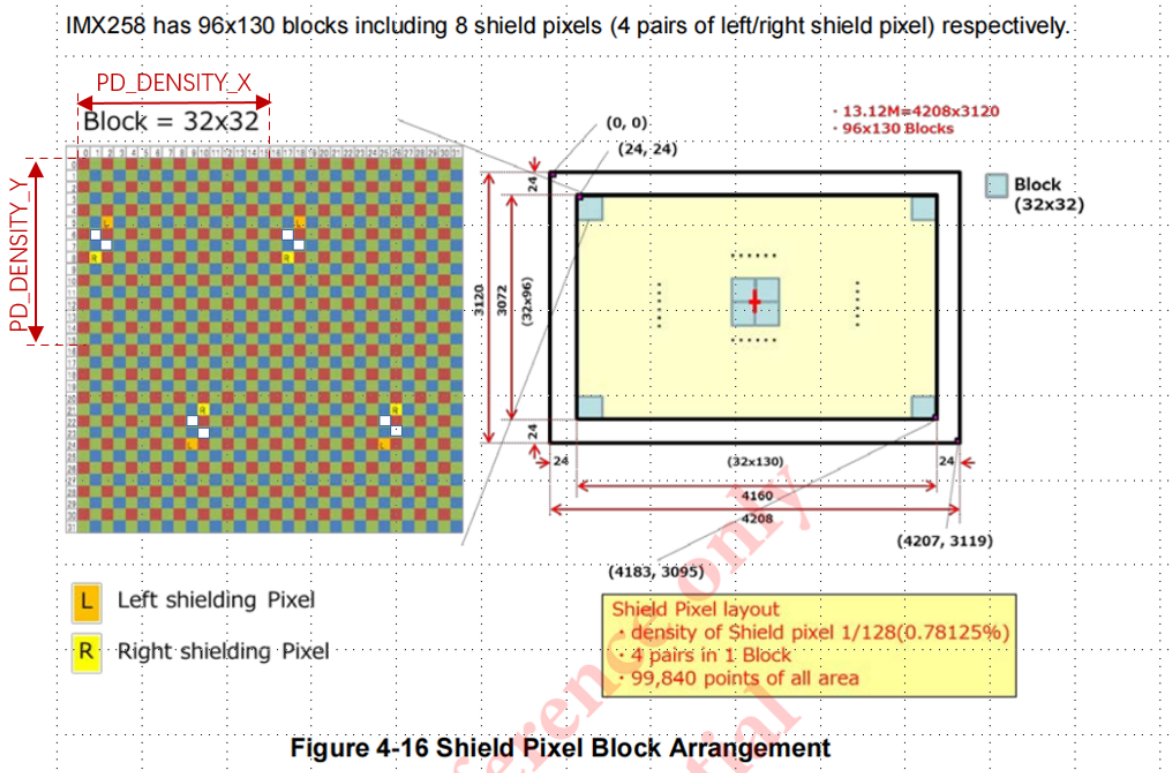


Figure 4-16 Shield Pixel Block Arrangement

根据图上的信息，填写的sensor.ini文件内容如下：

```
[sensor config]
RAW_WIDTH =4208
RAW_HEIGHT =3120
RAW_BITS =12
RAW_BLACK_LEVEL =64
RAW_BAYER_PATTERN =0
PD_OFFSET_X =24
PD_OFFSET_Y =24
PD_PITCH_X =32
PD_PITCH_Y =32
PD_DENSITY_X =16
PD_DENSITY_Y =16
PD_BLOCK_NUM_X =130
PD_BLOCK_NUM_Y =96
DEFECT_PIXEL_NUM =5
GAINMAP_BLKSZ_W =16
GAINMAP_BLKSZ_H =16
```

```
DCCMAP_BLKSZ_W =32
DCCMAP_BLKSZ_H =32
DCC_CALIBRATE_MODE =1
DCC_LENS_BEGIN =0
DCC_LENS_END =64
DCC_LENS_INTERVAL =8
DCC_RSQ_THRESHOLD=0.985
DCC_BORDER_RSQ_THRESHOLD=0.975
DCC_BAD_RSQ_NUM_RATIO=0.1
DCC_PERCENT_ROI_W=0.4
DCC_PERCENT_ROI_H=0.4
DCC_SHARPNESS_MODE=1
DCC_SHARPNESS_CHL=1
SENSOR_TYPE=0
PD_POS_L=
[26 29]
[42 29]
[33 48]
[49 48];        #end with a ";"
PD_POS_R=
[25 32]
[41 32]
[34 45]
[50 45];        #end with a ";"
```

【函数原型】

```
bool pdaf_initial(char* filename, sensor_cfg* psensor_cfg)
```

【输入信息】

参数名称	描述
filename	sensor.ini文件的完整路径

【输出信息】

参数名称	描述
psensor_cfg	存储sensor.ini文件内容的结构体指针

【返回值】

- =0：获取sensor.ini失败
- =1：获取sensor.ini成功

3.3.2 Gain Map 标定

【功能描述】

该函数用于pdaf gain map的标定。

【函数原型】

```
bool pdaf_gainmap_calibration(uint16_t *RawAddr, sensor_cfg* psensor_cfg,
                              uint16_t *gainmap_lut,int* gainmap_width,
                              int* gainmap_height)
```

【输入信息】

参数名称	描述	
RawAddr	当前模组在产线拍摄的 raw 图像数据	
psensor_cfg	存储sensor.ini文件内容的结构体指针	

【输出信息】

参数名称	描述
gainmap_lut	标定得到的gain map
gainmap_width	标定得到的gain map的宽
gainmap_height	标定得到的gain map的高

【返回值】

- =0：参数错误
- =1：标定成功

3.3.3 Gain Map 验证

【功能描述】

该函数用于验证标定得到的gain map是否满足要求。

【函数原型】

```
int pdaf_gainmap_vertification(uint16_t *RawAddr, sensor_cfg* psensor_cfg,
                               uint16_t *gainmap_lut)
```

【输入信息】

参数名称	描述	
RawAddr	当前模组在产线拍摄的 raw 图像数据	
psensor_cfg	存储sensor.ini文件内容的结构体指针	
gainmap_lut	由pdaf_gainmap_calibration标定得到的gain map	

【返回值】

- =-1：拍摄的 raw 图像数据坏点个数超过允许范围。
- =0：验证失败，用于验证的gainmap 不满足要求。
- =1：验证成功

3.3.4 DCC Map 标定

【功能描述】

该函数用于pdaf dcc map的标定。

【函数原型】

```
bool pdaf_dccmap_calibration(uint16_t *RawAddrAll , sensor_cfg* psensor_cfg,
                             uint16_t *gainmap_lut, uint16_t *dccmap_lut,
                             int* dccmap_width,int* dccmap_height,
                             uint8_t* dccSign)
```

【输入信息】

参数名称	描述
RawAddrAll	每个马达位置下拍摄的平均图像数据序列
psensor_cfg	存储sensor.ini文件内容的结构体指针
gainmap_lut	由pdaf_gainmap_calibration标定得到的gain map

【输出信息】

参数名称	描述
dccmap_lut	标定得到的dcc map
dccmap_width	标定得到的dcc map的宽
dccmap_height	标定得到的dcc map的高
dccSign	标定得到的dcc map的方向

【返回值】

- =0：标定失败
- =1：标定成功

3.3.5 DCC Map 验证

用于验证标定得到的dcc map是否满足要求，包含两个函数接口pdaf_dccmap_vertification（）、pdaf_calc_sharpness（）。

【功能描述】

利用标定得到的dcc map获取模糊图像理想的对焦清清晰的位置DAC1；

【函数原型】

```
uint16_t pdaf_dccmap_vertification(uint16_t *RawAddr, sensor_cfg* psensor_cfg,
                                   int cur_pos_id, uint16_t *gainmap_lut,
                                   uint16_t *dccmap_lut, uint8_t dccSign)
```

【输入信息】

参数名称	描述
RawAddr	拍摄的模糊图像的平均图像数据
psensor_cfg	存储sensor.ini文件内容的结构体指针
cur_pos_id	拍摄的模糊图像当前的马达位置
gainmap_lut	由pdaf_gainmap_calibration标定得到的gain map
dccmap_lut	由pdaf_dccmap_calibration标定得到的dcc map
dccSign	由pdaf_dccmap_calibration标定得到的dccSign

【返回值】

模糊图像理想的对焦清晰时的马达位置DAC1。

【功能描述】

计算DAC1前后5%*(DACinf-DACmacro)+1内的图像中心区域的清晰度，判断是否出现峰值。

【函数原型】

```
bool pdaf_calc_sharpness(uint16_t *RawAddrAll, int img_num, sensor_cfg*
psensor_cfg)
```

【输入信息】

参数名称	描述
RawAddrAll	DAC1前后5%(DACinf-DACmacro)+1内的平均图像数据序列
img_num	RawAddrAll包含的图像数量
psensor_cfg	存储sensor.ini文件内容的结构体指针

【返回值】

- =0：未找到清晰度峰值，验证失败
- =1：验证成功

4 附录

4.1 OTP 应用示例代码

```
#include <iostream>
#include "RKOTPDLL.h"
#include <stdlib.h>

int main()
{
    int ret = 0;
    // ret =lsc_awbtest();
    uint16_t gainmap[30*30 * 2];
    uint16_t dccmap[20 * 20 * 2];
    uint16_t code = 0;
    int gainmap_width = 0;
    int gainmap_height = 0;
    int dccmap_width = 0;
    int dccmap_height = 0;
    uint8_t dcc_Sign = 0;
    int curpos = 864;

    sensor_cfg sensor_param;
    if (pdaf_initial("D:\\testdll\\testdll\\sensor_ov50c.ini", &sensor_param))
    {
        if (gainmaptest(&sensor_param, gainmap,&gainmap_width,&gainmap_height))
        {
            if (dccmaptest(&sensor_param, gainmap, dccmap, curpos, &code,
&dccmap_width, &dccmap_height, &dcc_Sign))
            {
                ret = dcc_calc_sharpness(&sensor_param);
            }
        }
    }
}

bool lsc_awbtest()
{
    int height = 1944;
    int width = 2592;
    int bits =10;#10bit
    int bayer =0;#BGGR
    int roiw =5;#1/5 width
    int roih =5;#1/5 height
    int blc[4]={16,16,16,16};
    uint16_t lsctable[17*17*4];
    uint16_t awb[3];
    uint16_t Rave =0;
    uint16_t Grave =0;
    uint16_t Gbave =0;
    uint16_t Bave =0;
    int Ydiffer_down =0;#%
    int Ydiffer_up =5;#%
    int ColorShading_down =0;#%
    int ColorShading_up =5;#%
    float Ydiffer = 0;
```

```
    float RGconer[25];
    float BGconer[25];
    bool ret =0;

    uint16_t *Rawdata = NULL;
    Rawdata = (uint16_t*)malloc(width * height * 2);
    memset(Rawdata, 0, sizeof(uint16_t)* width * height);

    FILE *fp = NULL;
    fp = fopen("input.raw", "rb");
    if (fp == NULL)
    {
        return false;
    }
    fread(Rawdata, 1, height * width * 2, fp);
    fclose(fp);

    ret =lsc_otp_Calibrate(Rawdata, width, height, bits, bayer, blc[0],
blc[1],blc[2], blc[3], lsctable);
    ret = awb_otp_Calibrate(Rawdata, width, height,roiw,roih, bits, bayer,
blc[0], blc[1],blc[2], blc[3],&Rave,&Grave,&Gbave,&Bave, &awb[0], &awb[1],
&awb[2]);
    ret = lsc_otp_verify(Rawdata, width, height, bits, bayer, blc[0], blc[1],
blc[2], blc[3], lsctable, Ydiffer_down, Ydiffer_up, ColorShading_down,
ColorShading_up, &Ydiffer, RGconer, BGconer);
    if(!ret)
    {
        return false;   #标定后的数据不满足管控标准，验证失败
    }
    if(Rawdata!=NULL)
    {
        free (Rawdata);
        Rawdata =NULL;
    }
    return ret;
}

int gainmaptest(sensor_cfg* psensor_cfg, uint16_t *gainmap_lut,int *
gainmap_width, int *gainmap_height)
{
    int ret = 0;
    int height = psensor_cfg->height;
    int width = psensor_cfg->width;
    uint16_t maxval = (1 << psensor_cfg->bits) - 1;
    int gainmapfilenum = 3;
    int over_exp_cnt = 0;

    uint16_t *ave_pixelbuf = NULL;
    ave_pixelbuf = (uint16_t*)malloc(width * height * 2);
    memset(ave_pixelbuf, 0, sizeof(uint16_t)* width * height);

    uint16_t *sum_pixelbuf = NULL;
    sum_pixelbuf = (uint16_t*)malloc(width * height * 2);
    memset(sum_pixelbuf, 0, sizeof(uint16_t)* width * height);

    uint16_t *pixelbuf = NULL;
    pixelbuf = (uint16_t*)malloc(width * height * 2);
    memset(pixelbuf, 0, sizeof(uint16_t)* width * height);
```

```
    FILE *fp = NULL;
    char prename[20] = "gainRAW";
    char endname[5] = ".raw";
    for (int i = 0; i < gainmapfilenum; i++)
    {
        char temp[20];
        char id[5];
        int idint = i + 1;
        strcpy(temp, prename);
        _itoa_s(idint, id, 10);
        strcat(temp, id);
        strcat(temp, endname);
        fp = fopen(temp, "rb");
        if (fp == NULL)
        {
            return false;
        }
        fread(pixelbuf, 1, height * width * 2, fp);
        fclose(fp);
        for (int j = 0; j < height; j++)
        {
            for (int i = 0; i < width; i++)
            {
                uint32_t tempbuf = *(pixelbuf + j*width + i);
                *(sum_pixelbuf + j*width + i) = tempbuf + *(sum_pixelbuf +
j*width + i);
                if (tempbuf >= maxval)
                    over_exp_cnt++;
            }
        }
    }
    for (int j = 0; j < height; j++)
    {
        for (int i = 0; i < width; i++)
        {
            *(ave_pixelbuf + j*width + i) = *(sum_pixelbuf + j*width + i) /
gainmapfilenum;
        }
    }
    if (over_exp_cnt > psensor_cfg->defect_pixel_num * gainmapfilenum) //allow 5
defect pixels per image
    {
        printf("gainmap image OVER exposure!!!");
        if (ave_pixelbuf != NULL)
        {
            free(ave_pixelbuf);
            ave_pixelbuf = NULL;
        }
        if (pixelbuf != NULL)
        {
            free(pixelbuf);
            pixelbuf = NULL;
        }
        if (sum_pixelbuf != NULL)
        {
            free(sum_pixelbuf);
            sum_pixelbuf = NULL;
```

```
        }
        return -1;
    }

    ret = pdaf_gainmap_calibration(ave_pixelbuf, psensor_cfg, gainmap_lut,
gainmap_width,gainmap_height);
    ret = pdaf_gainmap_vertification(ave_pixelbuf, psensor_cfg, gainmap_lut);
    if(ret == -1)
        printf("gainmap image OVER exposure!!!");

    if (ave_pixelbuf!=NULL)
    {
        free(ave_pixelbuf);
        ave_pixelbuf = NULL;
    }
    if (pixelbuf != NULL)
    {
        free(pixelbuf);
        pixelbuf = NULL;
    }
    if (sum_pixelbuf != NULL)
    {
        free(sum_pixelbuf);
        sum_pixelbuf = NULL;
    }
    return ret;
}

bool dccmaptest(sensor_cfg* psensor_cfg, uint16_t *gainmap_lut, uint16_t
*dccmap_lut, int curpos , uint16_t *code, int *dccmap_width, int *dccmap_height,
uint8_t *dcc_Sign)
{

    int ret = 0;
    int lens_begin = 0;
    int lens_end = 64;
    int lens_interval = 8;
    int height = psensor_cfg->height;
    int width = psensor_cfg->width;
    int lensnum = (lens_end - lens_begin) / lens_interval + 1;

    uint16_t *ave_pixelbuf = NULL;
    ave_pixelbuf = (uint16_t*)malloc(width * height * 2);
    memset(ave_pixelbuf, 0, sizeof(uint16_t)* width * height);

    uint16_t *Rawdata = NULL;
    Rawdata = (uint16_t*)malloc(width * height * 2 * lensnum);
    memset(Rawdata, 0, sizeof(uint16_t)* width * height* lensnum);


    uint16_t *pixelbuf= NULL;
    pixelbuf = (uint16_t*)malloc(width * height * 2);
    memset(pixelbuf, 0, sizeof(uint16_t)* width * height);
    FILE *fp = NULL;
    char prename[20] = "dccRAW";
    char endname[5] = ".raw";
    for (int a = 0;a <lensnum;a++)
    {
```

```
        char temp[20];
        char id[5] ;
        int id1 = a + 1;
        strcpy(temp,prename);
        _itoa_s(id1, id, 10);
        strcat(temp, id);

        for (int b = 0; b < 3;b++)
        {
            char name[20];
            strcpy(name, temp);
            int id2 = b + 1;
            _itoa_s(id2, id, 10);
            strcat(name, id);
            strcat(name, endname);
            fp = fopen(name, "rb");
            if (fp == NULL)
            {
                return false;
            }
            fread(pixelbuf, 1, height * width * 2, fp);
            fclose(fp);
            for (int j = 0; j < height; j++)
            {
                for (int i = 0; i < width; i++)
                {
                    uint16_t tempbuf = *(ave_pixelbuf + j*width + i);
                    *(ave_pixelbuf + j*width + i) = tempbuf + *(pixelbuf +
j*width + i) / 3;
                }
            }
        }
        memcpy(Rawdata + a*height * width, ave_pixelbuf, sizeof(uint16_t)*height
* width);
        memset(ave_pixelbuf, 0, sizeof(uint16_t)* width * height);
    }

    ret = pdaf_dccmap_calibration(Rawdata, psensor_cfg, gainmap_lut, dccmap_lut,
dccmap_width, dccmap_height, dcc_Sign);

    memset(pixelbuf, 0, sizeof(uint16_t)* width * height);
    memset(ave_pixelbuf, 0, sizeof(uint16_t)* width * height);
    char prename1[20] = "image";
    for (int i = 0; i < 3; i++)
    {
        char temp[20];
        char id[5];
        int idint = i + 1;
        strcpy(temp, prename1);
        _itoa_s(idint, id, 10);
        strcat(temp, id);
        strcat(temp, endname);

        fp = fopen(temp, "rb");
        if (fp == NULL)
        {
            return false;
        }
```

```
        fread(pixelbuf, 1, height * width * 2, fp);
        fclose(fp);

        for (int j = 0; j < height; j++)
        {
            for (int i = 0; i < width; i++)
            {
                uint16_t tempbuf = *(ave_pixelbuf + j*width + i);
                *(ave_pixelbuf + j*width + i) = tempbuf + *(pixelbuf + j*width +
i) / 3;
            }
        }
    }
    *code = pdaf_dccmap_vertification(ave_pixelbuf, psensor_cfg, curpos,
gainmap_lut, dccmap_lut, *dcc_Sign);
    if (ave_pixelbuf != NULL)
    {
        free(ave_pixelbuf);
        ave_pixelbuf = NULL;
    }
    if (pixelbuf != NULL)
    {
        free(pixelbuf);
        pixelbuf = NULL;
    }
    if (Rawdata != NULL)
    {
        free(Rawdata);
        Rawdata = NULL;
    }
    return ret;
}
bool dcc_calc_sharpness(sensor_cfg* psensor_cfg)
{
    int height = psensor_cfg->height;
    int width = psensor_cfg->width;
    int imgnum = 5;
    uint16_t *Rawdata = NULL;
    Rawdata = (uint16_t*)malloc(width * height * 2 * imgnum);
    memset(Rawdata, 0, sizeof(uint16_t)* width * height* imgnum);

    uint16_t *pixelbuf = NULL;
    pixelbuf = (uint16_t*)malloc(width * height * 2);
    memset(pixelbuf, 0, sizeof(uint16_t)* width * height);

    FILE *fp = NULL;
    char prename[20] = "calimage";
    char endname[5] = ".raw";
    for (int i = 0; i < imgnum; i++)
    {
        char temp[20];
        char id[5];
        int idint = i + 1;
        strcpy(temp, prename);
        _itoa_s(idint, id, 10);
        strcat(temp, id);
        strcat(temp, endname);
```

```
        fp = fopen(temp, "rb");
        if (fp == NULL)
        {
            return false;
        }
        fread(pixelbuf, 1, height * width * 2, fp);
        fclose(fp);
        memcpy(Rawdata + i*height * width, pixelbuf, sizeof(uint16_t)*height *
width);
    }

    bool ret=pdaf_calc_sharpness(Rawdata, imgnum, psensor_cfg);

    if (pixelbuf != NULL)
    {
        free(pixelbuf);
        pixelbuf = NULL;
    }
    if (Rawdata != NULL)
    {
        free(Rawdata);
        Rawdata = NULL;
    }
    return ret;
}
```

4.2 烧录打包数据格式

OTP 烧录格式统一以块的格式排列,如下方表格所示:

长度(Byte)	数据项	备注
8	Mark	ROCKCHIP
1	ID	ID=0，Sensor Info
4	Size	块数据的大小
	块数据	
1	ID	ID=1，AWB Calibration
4	Size	块数据的大小
	块数据	
1	ID	ID=2，LSC Calibration
4	Size	块数据的大小
	块数据	
1	ID	ID=3，PDAF Calibration
4	Size	块数据的大小
	块数据	
1	ID	ID=4，AF Code
4	Size	块数据的大小
	块数据	
...	...	...
1	0xFF	结束标志

块的具体内容如下，多字节的数据统一大端模式，高字节储存在低地址，低字节储存在高地址:

偏移地址	长度(Byte)	数据项	备注
0x0000	8	Mark	ROCKCHIP
0x0008	1	ID	ID=0，Sensor Info
0x0009	4	Size	Size=35
0x000D	2	Version	Sensor Info Version： v1.0.8=0x0108
0x000F	1	Supplier ID	用户指定
0x0010	1	Date：Year	如2021年，写21
0x0011	1	Date：Month	如7月，写7
0x0012	1	Date：Day	如12日，写12
0x0013	1	Sensor ID	用户指定
0x0014	1	Lens ID	用户指定
0x0015	1	VCM ID	用户指定
0x0016	1	Driver ID	用户指定
0x0017	4	Module ID	用户指定
0x001B	1	mirror/flip	Bit[7:4]:Mirror Bit[3:0]:Flip ON: 1, OFF: 0
0x001C	1	Full Width H	Full Width High byte
0x001D	1	Full Width L	Full Width Low byte
0x001E	1	Full Height H	Full Height High byte
0x001F	1	Full Height L	Full Height Low byte
0x0020	15	Reserved	Reserved
0x002F	1	Checksum	Sensor Info Checksum Sum(0x0009~0x002E) % 255+1

偏移地址	长度(Byte)	数据项	备注
0x0000	1	ID	ID=1，AWB Calibration
0x0001	4	Size	Size=43
0x0005	2	Version	AWB Version： v1.0.9=0x0109
0x0007	1	R/G_H	Current R/G value High byte
0x0008	1	R/G_L	Current R/G value Low byte
0x0009	1	B/G_H	Current B/G value High byte
0x000A	1	B/G_L	Current B/G value Low byte
0x000B	1	Gr/Gb_H	Current Gr/Gb value High byte
0x000C	1	Gr/Gb_L	Current Gr/Gb value Low byte
0x000D	1	R/G_H	Golden R/G value High byte
0x000E	1	R/G_L	Golden R/G value Low byte
0x000F	1	B/G_H	Golden B/G value High byte
0x0010	1	B/G_L	Golden B/G value Low byte
0x0011	1	Gr/Gb_H	Golden Gr/Gb value High byte
0x0012	1	Gr/Gb_L	Golden Gr/Gb value Low byte
0x0013	28	Reserved	Reserved
0x002F	1	Checksum	AWB Calibration Checksum Sum(0x0001~0x002E) % 255+1

偏移地址	长度(Byte)	数据项	备注
0x0000	1	ID	ID=2，LSC Calibration
0x0001	4	Size	Size=2347
0x0005	2	Version	LSC Version： v1.0.9=0x0109
0x0007	2312	LSC Calibation Data	17x17x4matrix fixed to 1024, unpackaged，big endian ,存储的通道顺序为R、Gr、Gb、B
0x090F	32	Reserved	Reserved
0x092F	1	Checksum	LSC CalibrationChecksum Sum(0x0001~0x092E) % 255+1

偏移地址	长度(Byte)	数据项	备注
0x0000	1	ID	ID=3，PDAF Calibration
0x0001	4	Size	Size=2603
0x0005	2	Version	PDAF Version： **v1.1.5=0x0115**
0x0007	1	Gainmap_width	Gainmap size，get from pdaf_gainmap_calibration()
0x0008	1	Gainmap_height	Gainmap size，get from pdaf_gainmap_calibration()
0x0009	2048	Gainmap	Actual size=Gainmap_width* Gainmap_height*2,big endian
0x0809	1	Checksum	Gainmap Checksum Sum(0x0007~0x00808) % 255+1
0x080A	1	mode value	DCC Map Fit mode（**此版本默认为1**），与pd ini配置中DCC_CALIBRATE_MODE保持一致
0x080B	1	direction	dccSign，get from pdaf_dccmap_calibration() 0: negative 1: positive
0x080C	1	DCCmap_width	DCCmap size，get from pdaf_dccmap_calibration()
0x080D	1	DCCmap_height	DCCmap size，get from pdaf_dccmap_calibration()
0x080E	512	Dccmap	Actual size=DCCmap_width* DCCmap_height*2,big endian
0x0A0E	1	Checksum	DCCmap Checksum Sum(0x080A~0x0A0D) % 255+1
0x0A0F	32	Reserved	Reserved
0x0A2F	1	Checksum	PDAF Calibration Checksum Sum(0x0001~0x0A2E) % 255+1

偏移地址	长度(Byte)	数据项	备注
0x0000	1	ID	ID=4，AF Code
0x0001	4	Size	Size=27
0x0005	2	Version	AF Version： v1.0.9=0x0109
0x0007	1	AF Infinite H	AF 远焦Code 值高位
0x0008	1	AF Infinite L	AF 远焦Code 值低位
0x0009	1	AF Macro H	AF 近焦Code值高位
0x000A	1	AF Macro L	AF 近焦Code值低位
0x000B	1	AF_Medium H	AF 中焦Code值高位
0x000C	1	AF_Medium L	AF 中焦Code值低位
0x000D	18	Reserved	Reserved
0x001F	1	Checksum	AF Code Checksum Sum(0x0001~0x001E) % 255+1