



拼接

硬件设计指南

文档版本 00B02

发布日期 2018-06-15

版权所有 © 深圳市海思半导体有限公司 2018。保留一切权利。

非经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

商标声明



HISILICON、海思和其他海思商标均为深圳市海思半导体有限公司的商标。

本文档提及的其他所有商标或注册商标，由各自的所有人拥有。

注意

您购买的产品、服务或特性等应受海思公司商业合同和条款的约束，本文档中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您的购买或使用范围之内。除非合同另有约定，海思公司对本文档内容不做任何明示或默示的声明或保证。

由于产品版本升级或其他原因，本文档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本文档仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。

深圳市海思半导体有限公司

地址：深圳市龙岗区坂田华为基地华为电气生产中心 邮编：518129

网址：<http://www.hisilicon.com>

客户服务电话：+86-755-28788858

客户服务传真：+86-755-28357515

客户服务邮箱：support@hisilicon.com



前言

概述

本文为全景拼接方案进行硬件结构开发的工程师而写，目的是介绍全景拼接的硬件设计基本要求及结构设计指导。



说明

- 未有特殊说明，Hi3559CV100 与 Hi3559AV100 内容一致。
- 未有特殊说明，Hi3556AV100 与 Hi3519AV100 内容一致。

产品版本

与本文档相对应的产品版本如下。

产品名称	产品版本
Hi3559A	V100
Hi3559C	V100
Hi3519A	V100
Hi3556A	V100

关键词

修订记录

修订记录累积了每次文档更新的说明。最新版本的文档包含以前所有文档版本的更新内容。

文档版本 00B02(2018-06-15)

第 2 次临时版本发布。



添加 Hi3519AV100 和 Hi3556AV100 相关内容。

文档版本 00B01(2018-01-19)

第 1 次临时版本发布。



目 录

前 言.....	i
1 概述.....	1
2 光学设计要求.....	2
2.1 Sensor 选型要求	2
2.2 镜头选型要求	3
3 结构设计要求.....	6
3.1 结构设计通用要求	6
3.2 背靠背双鱼眼结构	6
3.3 四路非鱼眼水平结构	7
4 常见问题及解决方案	9
4.1 Master 模式 sensor 硬件设计	9
4.2 Rolling shutter 优化方法	9
4.3 视差	11



插图目录

图 2-1 对焦不一致的拼接效果.....	3
图 2-2 鱼眼镜头成像效果.....	4
图 3-1 潜望式背靠背双鱼眼模组示意图.....	7
图 3-2 FOV 计算	8
图 3-3 四路非鱼眼水平结构示意图.....	8
图 4-1 Master sensor 硬件连接方法	9
图 4-2 运动场景下 rolling shutter 对拼接缝的影响	10
图 4-3 Rolling shutter 优化方法.....	11
图 4-4 视差现象	12



1 概述

拼接硬件设计指导用于支撑 Hi35xxVxxx 系列芯片的拼接的光学器件选型、光学结构设计，供客户自行开发拼接产品时提供参考。

对任何多目拼接产品而言，器件选型以及光学结构设计都非常关键，是影响拼接效果的重要因素。其一般性的设计目标包括：

- **多目 camera 器件的一致性。**

器件包括镜头、图像传感器、滤光片等，器件的一致性越好，多目摄像头之间重叠区域的图像表现一致性越好，图像拼接效果越佳。同时，器件特性的一致性也可以简化针对器件物理特性的标定，比如按照个体标定降低为按照型号标定，可显著降低量产难度；

- **光学结构的紧凑型。**

多目拼接视差问题是影响拼接效果的核心因素，多镜头的入瞳位置靠的越近（外观上表现为多镜头结构越紧凑），视差问题越小，拼接效果越好；

- **合理重叠区域。**

多目镜头之间视角适当重叠是拼接算法可正常工作的前提，基于实践，我们推荐两两镜头之间视角的重叠区域保持为单镜头视角的 15% 左右；

基于上述设计目标，本文档对基于海思 Hi35xxVxxx 系列芯片的光学结构设计给出一些设计建议供用户参考。



注意

本文档仅仅是海思基于理论分析和工程实践总结出的部分经验，仅供客户参考，本文不构成完整地拼接光学结构设计指导，也不代表是最佳的拼接光学结构设计方案，用户应基于自身产品规格和定位设计合适的光学结构。



2 光学设计要求

2.1 Sensor 选型要求

Sensor 模式

拼接产品对不同 sensor 成像时差要求非常高，一般推荐选择 Slave mode（从模式），Slave 模式可以控制不同 sensor 之间同步信号，使 sensor 曝光起始时间完全保持一致，由此消除不同 sensor 之间的曝光时间差，以保证相邻 sensor 在重叠区成像一致。避免因时差造成拼接缝出现错位现象。

若选择 Master mode（主模式）的 sensor，也可通过特定的硬件连接方法使各个 sensor 尽量保持同步，但是由于各个 sensor 之间本身的差异以及 sensor 寄存器配置和生效的时间差异，仍然会有可能出现拼接缝错位的现象，因此我们推荐选择 Slave mode 的 sensor。具体请参考 4.1 “[Master 模式 sensor 硬件设计](#)” 章节。

一致性

选择稳定性较高的 sensor，保证个体之间成像一致。由于镜头及滤光片对成像影响也非常大，推荐选择镜头及 sensor 一体的模组设计。

帧率

Rolling shutter 对相同帧的时差影响较大，特别在运动场景下，更为明显。可选择 readout 时间短的 sensor，或者通过配置高帧率的 sensor 时序，降低 rolling shutter 影响。

当然部分 sensor 也可通过配置行曝光起始位置降低 rolling shutter 影响，详见 4.2 “[Rolling shutter 优化方法](#)” 章节。

分辨率选择

分辨率的选择与产品形态相关，分为以下几种产品形态进行描述：

- 安防类多路拼接，可直接根据输出分辨率要求换算。常见为 4 路水平拼接，一般输出分辨率为 7680*4320，则输入分辨率可以选择 3840*2160，安装时 sensor 旋转 90°。



- 双鱼眼拼接，可选择宽高一样的分辨率。若不考虑重叠区影响，圆饼图的直径即为输出经纬图的高度，重叠区大小与鱼眼 FOV 相关。
- 4 鱼眼环绕拼接，可选择高>宽的分辨率，且将 sensor 旋转 90° 摆放，如分辨率为 3000*2000，旋转摆放后，宽度即为圆饼图的直径，对应于世界坐标垂直方向，高度则对应于世界坐标水平方向，该方向上需保证 FOV 大于 130° 较佳。
- 6 路立方体非鱼眼拼接，可选择 4:3 分辨率，具体分辨率根据输出分辨率换算。如选择 1920x1440 输入，则输出约为 6K。

2.2 镜头选型要求

一致性

选择个体一致性较稳定的镜头，保证个体之间成像效果统一。另外也需要关注镜头的紫边及暗角，选择质量较好的镜头在一定程度上也将提升拼接效果。

对鱼眼镜头，尽可能选则边缘清晰度衰减较小的镜头，以保证整体图像清晰度一致。

由于镜头对成像影响较大，推荐选择镜头及 sensor 一体的模组。

对焦

标定后不可变焦，应保证多镜头对焦距离的一致性和对焦的准确性，对焦不一致将会严重影响重叠区的拼接效果，如图 2-1 所示。

图2-1 对焦不一致的拼接效果



特别对于安防类产品，一般都为变焦镜头，需控制各个镜头对焦保持一致，才能进行标定，因为标定后不可改变对焦点，否则将有可能造成拼接错位现象。



镜头分辨率

镜头分辨率需与 sensor 分辨率相匹配，否则清晰度将受到影响。

鱼眼镜头模型

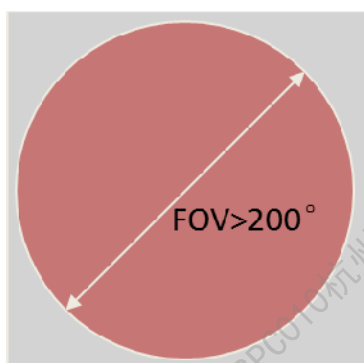
鱼眼镜头模型一般可分为 Equidistance（等距投影）及 Stereographic（体视投影），前者为最常用的消费类镜头，价格合适，很方便的从坐标映射到入射角，但是边缘压缩较为严重，畸变较大，拼接后鱼眼边缘区域清晰度有所下降；后者价格相对较高，成像均匀，四周压缩相对较少，有利于提高全景拼接图像质量。

FOV

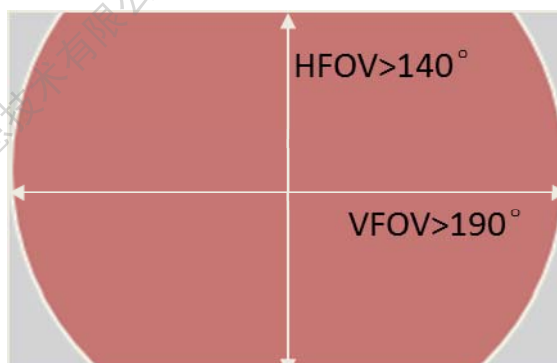
FOV 的选择与产品形态相关，分为以下几种产品形态进行描述：

- 安防类多路拼接，根据所要求的输出 FOV 要求直接换算即可，重叠区约占输入单镜头视野的 15%。
- 双鱼眼拼接，推荐选择大于 200° 的 FOV，且至少需要大于 190° ，否则重叠区太小，标定过程较为复杂且标定精度也有所下降，另外鱼眼边缘图像质量普遍较差，暗角较为严重，这对最终拼接图像成像效果也有所影响。若采用 3000×3000 分辨率，采用内切成像，其成像效果示意图如图 2-2(a)所示。
- 4 鱼眼环绕拼接，推荐垂直 FOV 处于 $[190^\circ, 200^\circ]$ ，由于水平方向上重叠区较大，故水平 FOV 大于 140° 即可。若采用输入图像宽度大于高度，且 sensor 旋转 90° 安装，采用外切成像，其成像效果示意图如图 2-2(b)所示。
- 6 路立方体非鱼眼拼接，可选择 4:3 分辨率，对角 FOV 需大于 150° ，否则可能覆盖不全。

图2-2 鱼眼镜头成像效果



(a) 双鱼眼成像示意图



(b) 4 鱼眼水平环绕成像示意图



(c) 双鱼眼成像实物图



(d) 4 鱼眼水平环绕成像实物图



3 结构设计要求

3.1 结构设计通用要求

结构设计的优劣将直接影响拼接效果，为了提高拼接效果，提出如下几个通用要求：

- 相邻 sensor 位置尽量靠近，结构尽量紧凑，减小视差造成的错位影响。针对双鱼眼镜头，建议选择潜望式镜头模组，使双鱼眼镜头的入瞳位置尽量重合，极大地消除视差影响。视差问题可参考 4.3 “视差” 章节。
- 优先选择模组设计，通过材质选择、结构稳定型设计等手段保证镜头之间相对位置不会随时间或环境而发生变化；产线上确保镜头模组个体之间的精度差异控制在 2% 以内。
- 保持同一个体不同镜头、不同 sensor 的一致性，如 sensor 平整度，对焦一致性等。
- 保持对称结构，如镜头光轴尽量重合，使多路光轴处于同一平面并相交于结构中心点。
- 所采用的材质不因环境变化而变化，如热胀冷缩。
- 以上所有的误差之和造成的个体成像差异需保持在 8% 以内。
- 多路拼接应用场景下，一个 PIPE 号绑定一个 sensor，不同个体之间其绑定关系必须保持一致，即使是对称的结构，如背靠背双路鱼眼结构，也需要使用统一的绑定关系。因为结构模具总会有一定的公差，使用统一的绑定关系在一定程度上可避免因为硬件公差造成影响。

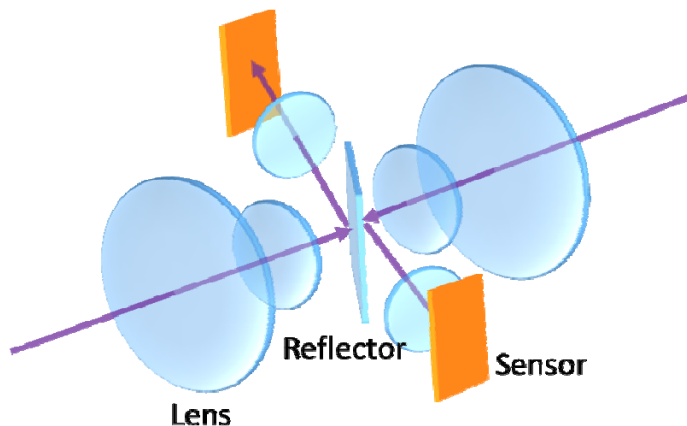
3.2 背靠背双鱼眼结构

推荐使用潜望式背靠背双鱼眼模组，如图 3-1 所示。镜头中间有双反镜(Reflector)，将入射光线反射至两侧 sensor 位置成像。双反镜位于入瞳位置，使双鱼眼的入瞳位置基本重合，最大限度的减小视差影响。

双鱼眼拼接要求输入 FOV 至少 190° 以上，200° 较佳，因为鱼眼成像是圆饼图，故可在 sensor 端或 ISP 端将图像裁剪成包含鱼眼圆饼图的正方形图像，作为 AVSP 的输入。

目前国内部分镜头厂商可以生产该类型的镜头模组。

图3-1 潜望式背靠背双鱼眼模组示意图



3.3 四路非鱼眼水平结构

该结构一般应用于安防场景，sensor 旋转 90° 后水平排列，实现 8K 180° 大视角监控。下面针对 IMX477sensor 选型，以输出分辨率为 7680*4320、输入分辨率为 3840*2160 为例，推算结构设计及镜头选型。

- 拼接输入 HFOV 为 55°，sensor 靶面 VFOV 为 80°。
- 输出的水平 FOV 为 180°，以重叠区为 15% 计算，且共三个重叠区，假设单个镜头 FOV 为 y，则有： $4*y-0.15*y*3=180^\circ$

计算得到 $y=50.7^\circ$ ，即输入水平 FOV 为 50.7°。建议选择 55° 左右，以防止硬件、光学等公差，造成不良影响。

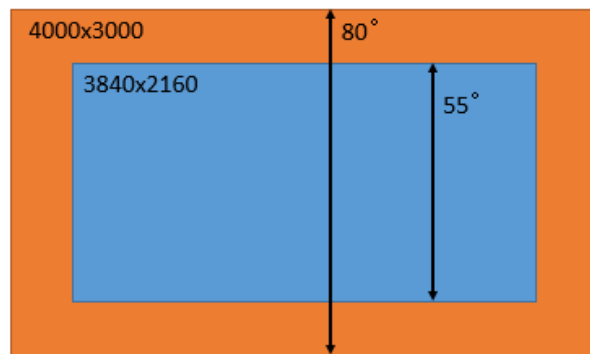
由于该结构下，sensor 旋转 90° 放置，所以这里的水平 FOV 对应于输入的高度，2160pixel 像素范围。

如图 3-2 所示，IMX447 的最大分辨率为 4000*3000，等比例换算可得到 sensor 靶面的垂直 FOV 为 $3000/2160*55^\circ = 76.4^\circ$ 。

当然一般情况下镜头都有桶形畸变，镜头视角并不是均匀分布，需相应增大垂直视角，可选择 80° 左右的 VFOV。Sensor 靶面 HFOV 根据 VFOV 转换即可。



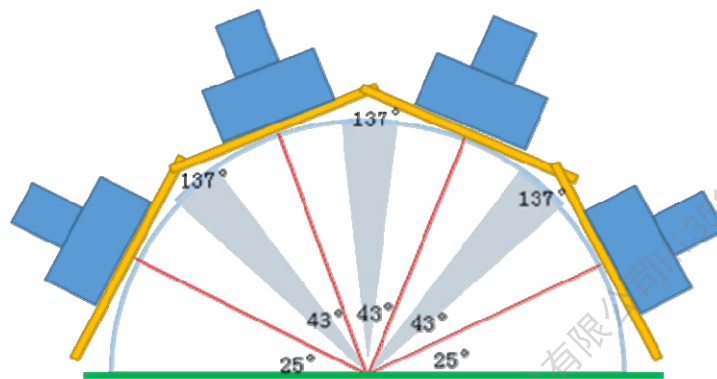
图3-2 FOV 计算



结构设计

为了方便结构设计，可假设 HFOV 为 50° ，则其结构如图 3-3 所示。

图3-3 四路非鱼眼水平结构示意图





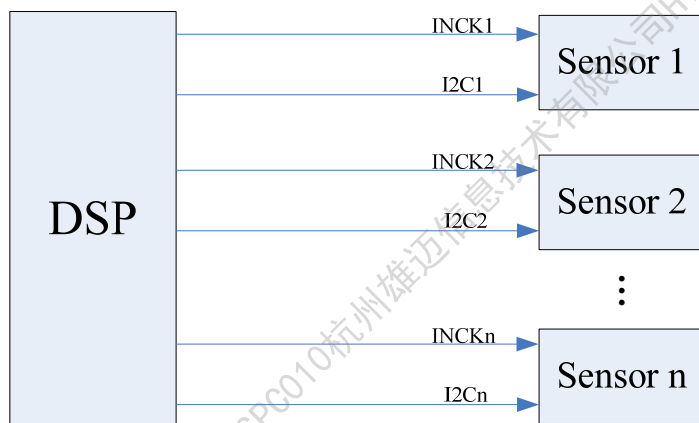
4 常见问题及解决方案

4.1 Master 模式 sensor 硬件设计

Master sensor 的硬件连接方法如图 4-1 所示，有以下几点需要注意：

- Sensor 的工作时钟 INCK1~INCKn 必须要保证同源，保证频率和相位相同；
- 每个 sensor 都需要使用一个独立的 I2C 总线，不能共用；
- 各个 sensor 需要同时启动 Master mode，寄存器配置需要在同一个 XVS 周期内发送。
- Sensor 内部寄存器操作时序会存在一些延时，每个 sensor 输出帧的时序也会存在差异，所以各 sensor 之间无法完全同步。

图4-1 Master sensor 硬件连接方法



4.2 Rolling shutter 优化方法

一般 CMOS 图像传感器都为卷帘快门，即通过感光元件逐行曝光的方式实现的。曝光开始的时候，感光元件逐行扫描逐行进行曝光，直至所有像素点都被曝光。在拼接场景中，若 sensor 旋转安装，则会受 rolling shutter 的影响，很容易造成运动场景的错位，如图 4-2 所示。

图(a)相机静止时，拼接效果较好，拼接基本看不出来；图(b)相同场景下，当相机运动时，拼接缝位置错位则变得明显，因为相邻图像在重叠区曝光有时差，所以造成错位。

图4-2 运动场景下 rolling shutter 对拼接缝的影响



(a)相机静止

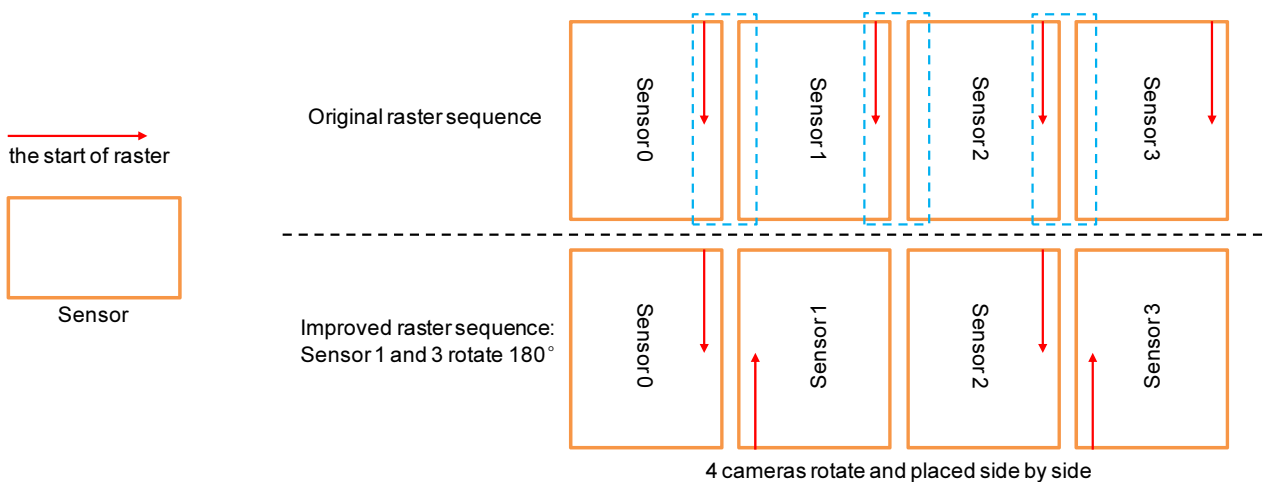


(b)相机运动

- 在拼接场景中，需要想办法减弱 rolling shutter 影响，使重叠区曝光时间保持同步。当 sensor 不旋转时，rolling shutter 对拼接不影响。但是当 sensor 旋转安装时，则需要考虑曝光起始点的配置。以四路水平拼接为例，sensor 旋转 90 度安装，如图 4-3，蓝色虚框为三个重叠区。
- 原始的配置中，sensor 曝光起点都为右上角，在第一个重叠区，对于 sensor0 是相同帧开始阶段，对于 sensor1 则是相同帧结束阶段，于是该重叠区有大约一帧的时差，从而产生错位，同理，其他重叠区也有时差。
- 通过优化配置，使 sensor1 及 sensor3 曝光起始点从左下角开始，成像上 sensor1 跟 sensor3 的图像将会旋转 180°，同时保持 sensor0 与 sensor2 曝光起始点。优化后，第一个重叠区都位于 sensor0 与 sensor1 的相同帧的开始阶段，由此可保证重叠区曝光时间基本相同。
- 曝光起始点配置，就是将 sensor 配置 mirror+flip，即将图像旋转 180°，AVSP 标定可实现图像的旋转，故可直接输入有旋转的标定图像。通过该方式即可基本消除 rolling shutter。

但是，要特别注意不能只进行 mirror 或者只进行 flip，AVSP 无法标定图像翻转。

图4-3 Rolling shutter 优化方法



4.3 视差

视差是指从有一定距离的两个点上观察同一个目标所产生的方向差异，该概念来源于人眼视觉。人有两个眼睛，一般眼睛间距约为 6.5cm，由于两个眼睛观察角度的不同，在立体场景中，造成左右眼视网膜上的物象存在一定程度的水平差异，这就是所谓的视差。正是由于视差的存在，人才能感知物体的距离与深度。

同理，不同镜头之间也有一定的间距，所以不同镜头的图像在重叠区域也是有一定的水平差异的。拼接过程中，基于 global 的融合方式只能标定某个成像距离的物体进行融合，其他成像距离的物体则会有一定的错位，错位大小与所标定的距离差异及镜头间距相关。

结构设计中，在可能条件下，需要尽量减小不同镜头间距。相邻图像在重叠区的表现越近似，视差影响越小，拼接效果越好。

图 4-4 是相邻镜头间距 12cm 所成的像，红圈中有远近不同物体，由于视差的存在，近处电视机和远处盆栽存在错位，无法将两者同时对齐，若将电视机对齐，则盆栽错位；同理盆栽对齐时，电视错位。当镜头间距减小时，这种错位大小也会减小。



图4-4 视差现象

