



鹏野嘉途科技
PENGYEJIATUKEJI



FPGA竞赛高云杯赛选题—— 赛题解析

主讲人：xxx
内容策划：xxx

官网地址：www.pengyejiatu.com

专注FPGA相关竞赛支持5年+

JIAMU DESIGN

目录



官网地址: www.pengyejiatu.com

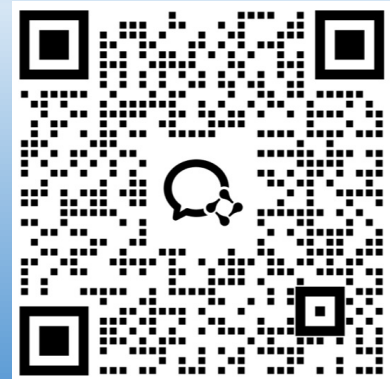
专注FPGA相关竞赛支持5年+

CONTENTS

- 01 | 赛题解析
- 02 | 基础要求一
- 03 | 基础要求二
- 04 | 扩展要求
- 05 | 学习路线



鹏野嘉途科技
PENGYEJIATUKEJI



1. 赛题解析

Problem Analysis

本题要求使用高云FPGA（推荐TangMega138K Pro, TangMega138K, TangMega60K 或 TangPrimer25K）实现**全景会议相机**。

可以使用双摄像头+超广角镜头(>180度)，或多摄+广角镜头实现。

基础要求

1、同时获取多个摄像头图像，通过**标定参数**拼接到**球面坐标**或**等距柱状投影**，拼缝尽可能小。

2、通过按键或其它输入设备可以进行**视角旋转**，将实时解算的矩形画面呈现到 HDMI显示器上

拓展要求

1、时解算的矩形画面通过**USB或网口**进行传输，实现全景UVC摄像头或全景网络摄像头

2、可以搭配**麦克风阵列**，实现自动旋转视角到说话人角度的虚拟云台功能

3、除了视角旋转外，也可以实现**视角缩放**功能，实现类似“小行星”的特效

4、其它具有实际意义的功能

全景相机产品

全景相机是一种能够拍摄**360度全景图像或视频**的特殊相机，通过多镜头组合，捕捉周围环境的完整画面。水平方向（360°）全覆盖。

常见应用场景：

- 1.全景运动相机
- 2.全景会议相机

右图是影石Insta 360全景运动相机



全景相机产品

	全景运动相机	全景会议相机
应用场景	室外	室内
防抖要求	高	低
麦克风	单麦克风	多麦克风阵列
实现难度	高	低



Meeting Pro
视频会议一体机

- 360°全覆盖摄像头
多种会议模式，满足不同会议场景。
- AI人脸识别技术
八个麦克风阵列定向追踪，精准识别发言人。
- 内置安卓系统
无需额外主机，可独立使用。
- 一体化设计
摄像头、麦克风、扬声器安装方便，商务旅途可用。
- 外型美观时尚
产品设计荣获国际性大奖



常规摄像头
痛点

- ⊗ 130°广角
覆盖不全，会议效果不佳，沟通效率低下。
- ⊗ 固定视角展示单一
概况性画面展示，无发言人追踪功能，减弱发言人阐述力
- ⊗ 不能独立使用
只作为配件连接电脑做画面采集使用
- ⊗ 需要外接设备
单独摄像头，需配置麦克风和扬声器，安装复杂。
- ⊗ 外型笨重过时
单独摄像头，需配置麦克风和扬声器，安装复杂。

传统会议相机

摄像头在拍摄者之前

远处参会者较难看清



全景会议相机

摄像头在拍摄者中间

每位参会者的视角相同



实现全景会议相机的**第一步**便是**挑选摄像头**

官方推荐双摄像头+超广角镜头(>180度)，或多摄+广角镜头实现

方案一：多摄像头+广角摄像头组合，使用**3个广角OV5640摄像头**（此次介绍方案）

方案二：双摄像头+超广角镜头组合，使用**2个超广角OV5640摄像头**



200°超广角

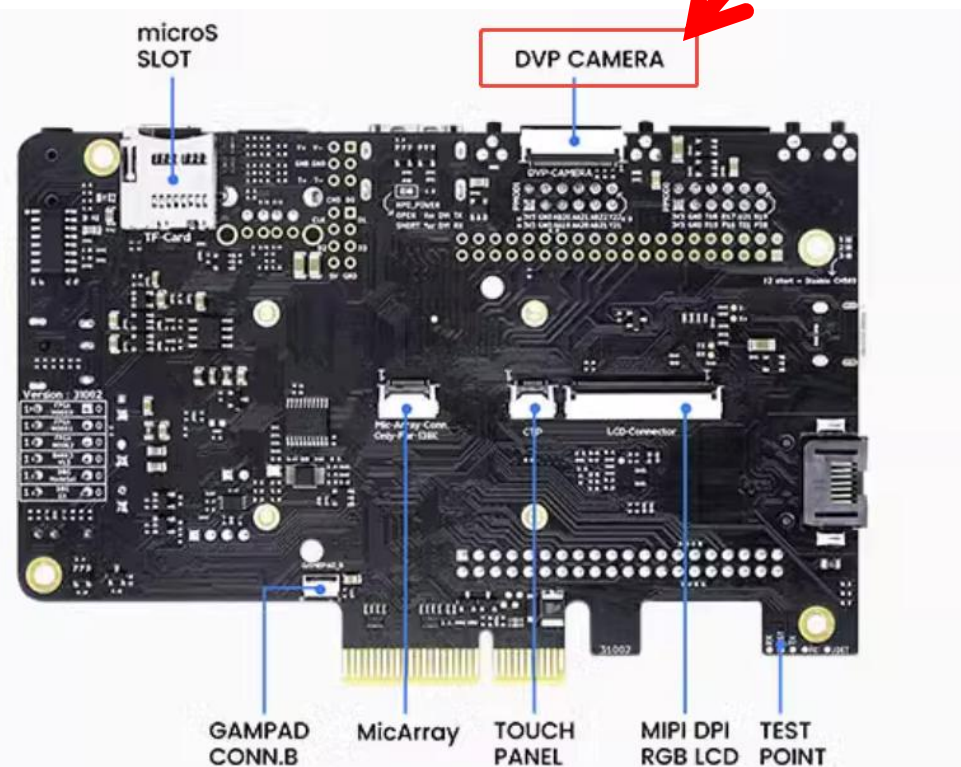
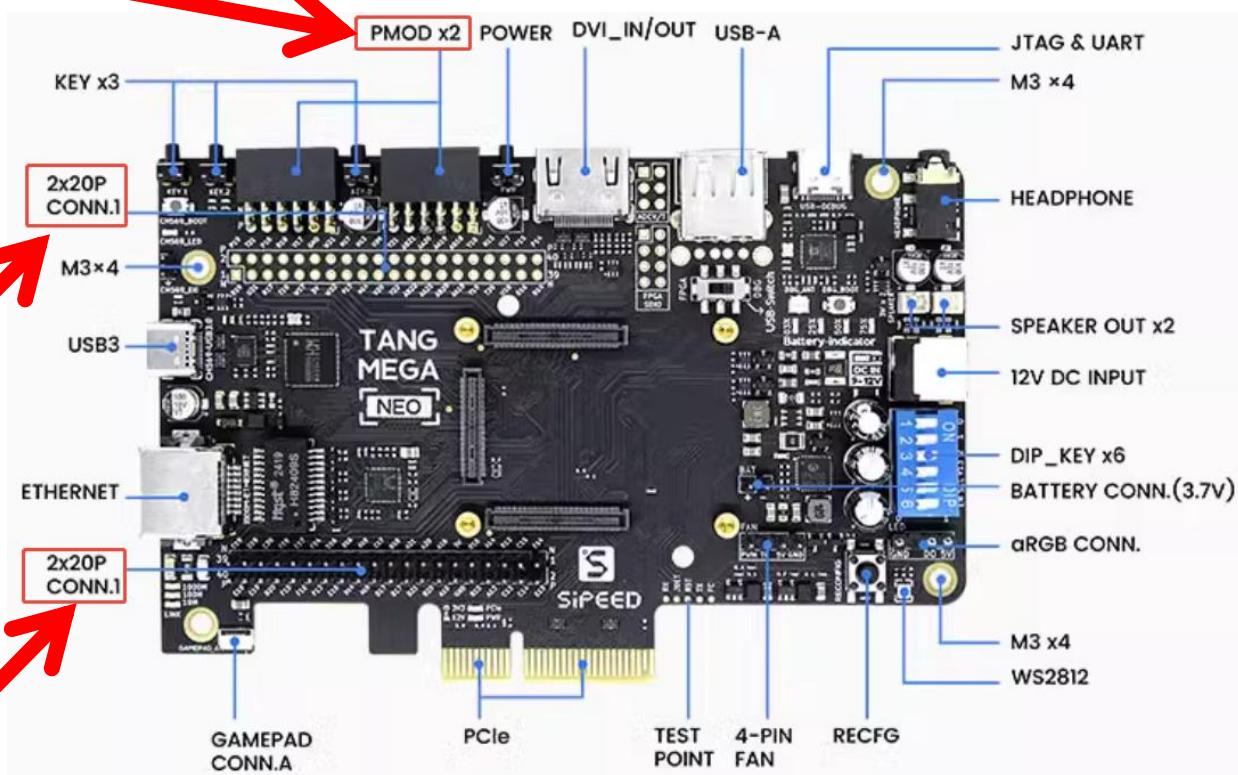


130°广角

进行硬件连接之前首先了解一下**FPGA开发板**

以TangMega138K为例进行**底板**介绍，

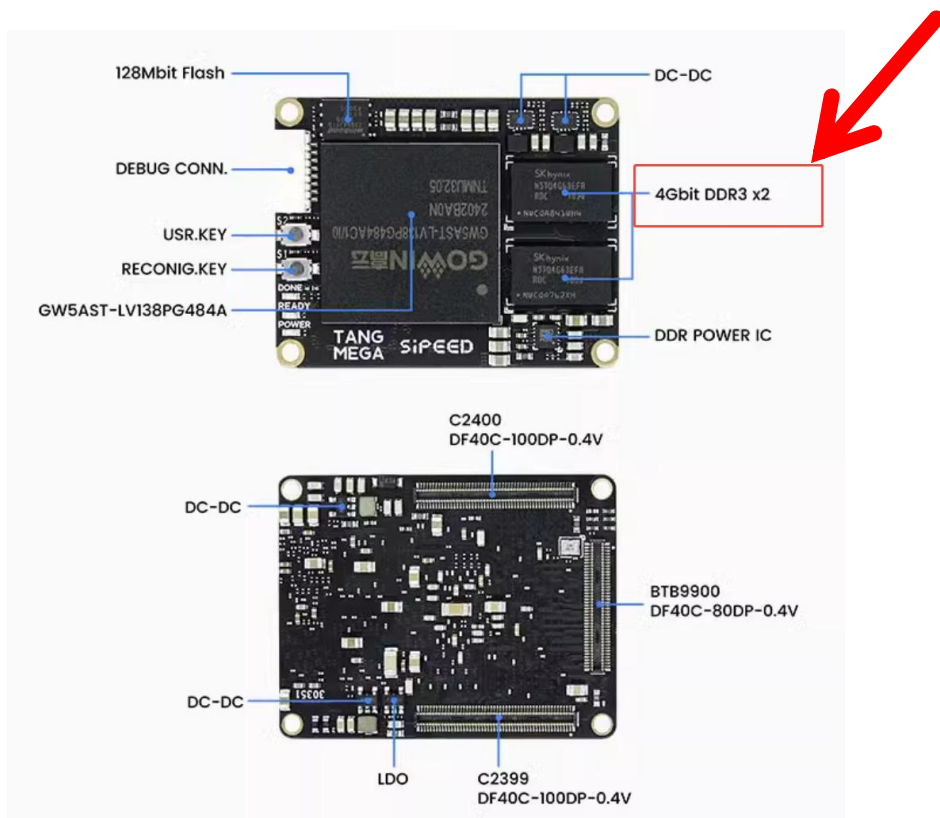
与摄像头有关的接口：**DVP接口、PMOD扩展口和GPIO**



由于该FPGA开发板采用**模块设计**，将左边的核心板安装在底板上便可以得到**完整FPGA开发板**

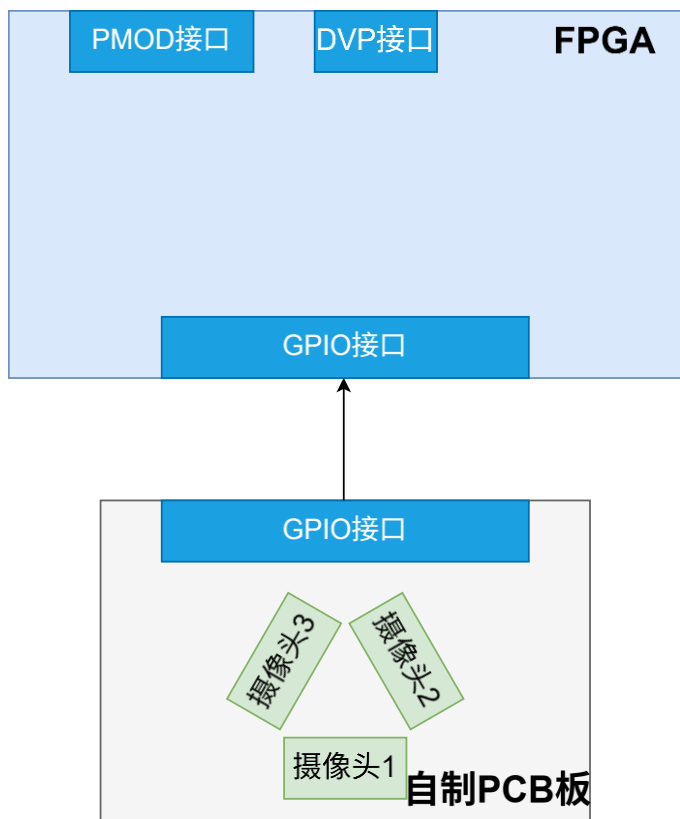
核心板需关注：**DDR3**，型号：H5TQ4G63EFR-RDC

完整的FPGA开发板如右图所示



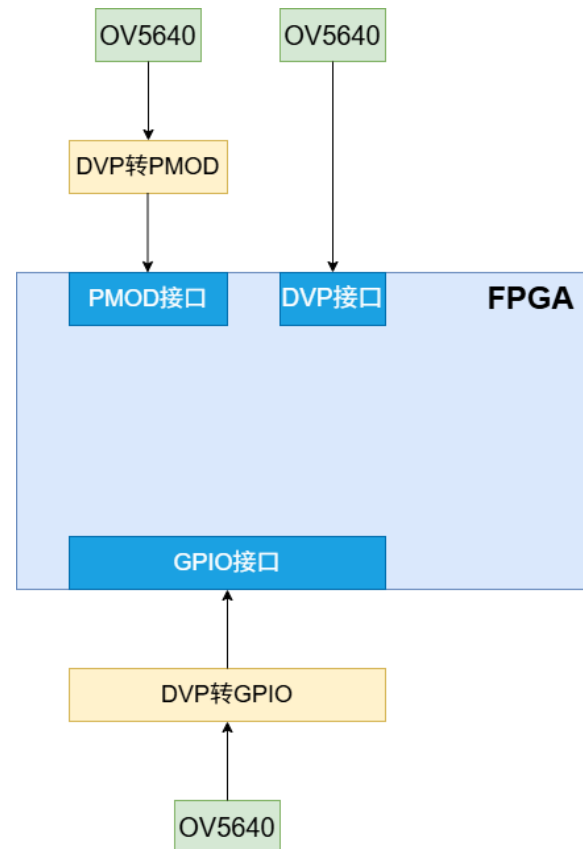
方案一：自制PCB板

画PCB板，将摄像头模块固定在PCB板上
通过FPC软接线连接到FPGA



方案二：转接板连接

开发板上只有一个DVP接口
通过转接板将DVP接口转成其他接口连接到FPGA开发板上





鹏野嘉途科技
PENGYEJIATUKEJI



2. 基础要求一

Basic Requirement 1

基础要求1：同时获取多个摄像头图像，通过**标定参数**拼接到**球面坐标**或**等距柱状投影**，拼缝尽可能小。

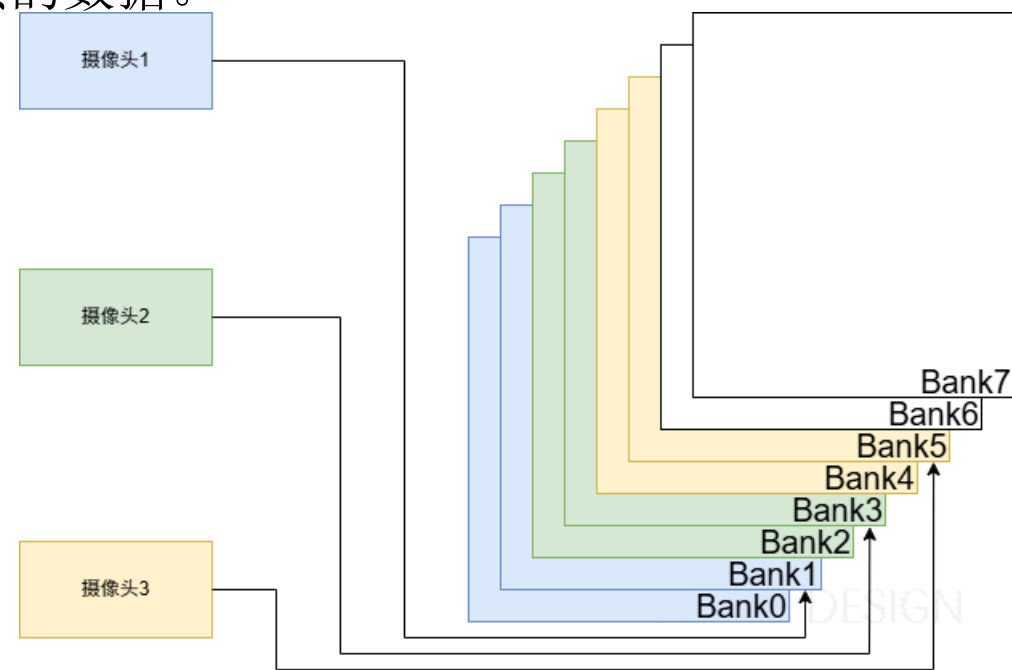
采用三个摄像头进行采集

将DDR3的地址分为**三部分**，一部分存储一个摄像头采集到的图像。
开发板DDR3有8个bank，可用多个bank来存储一个摄像头的的数据。

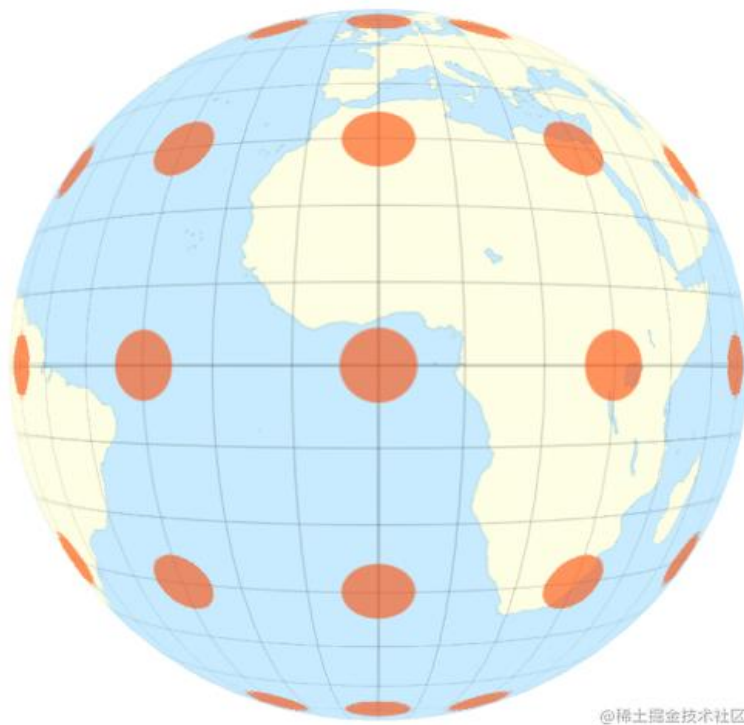
bank0，1存储摄像头1的数据，

bank2，3存储摄像头2的数据，

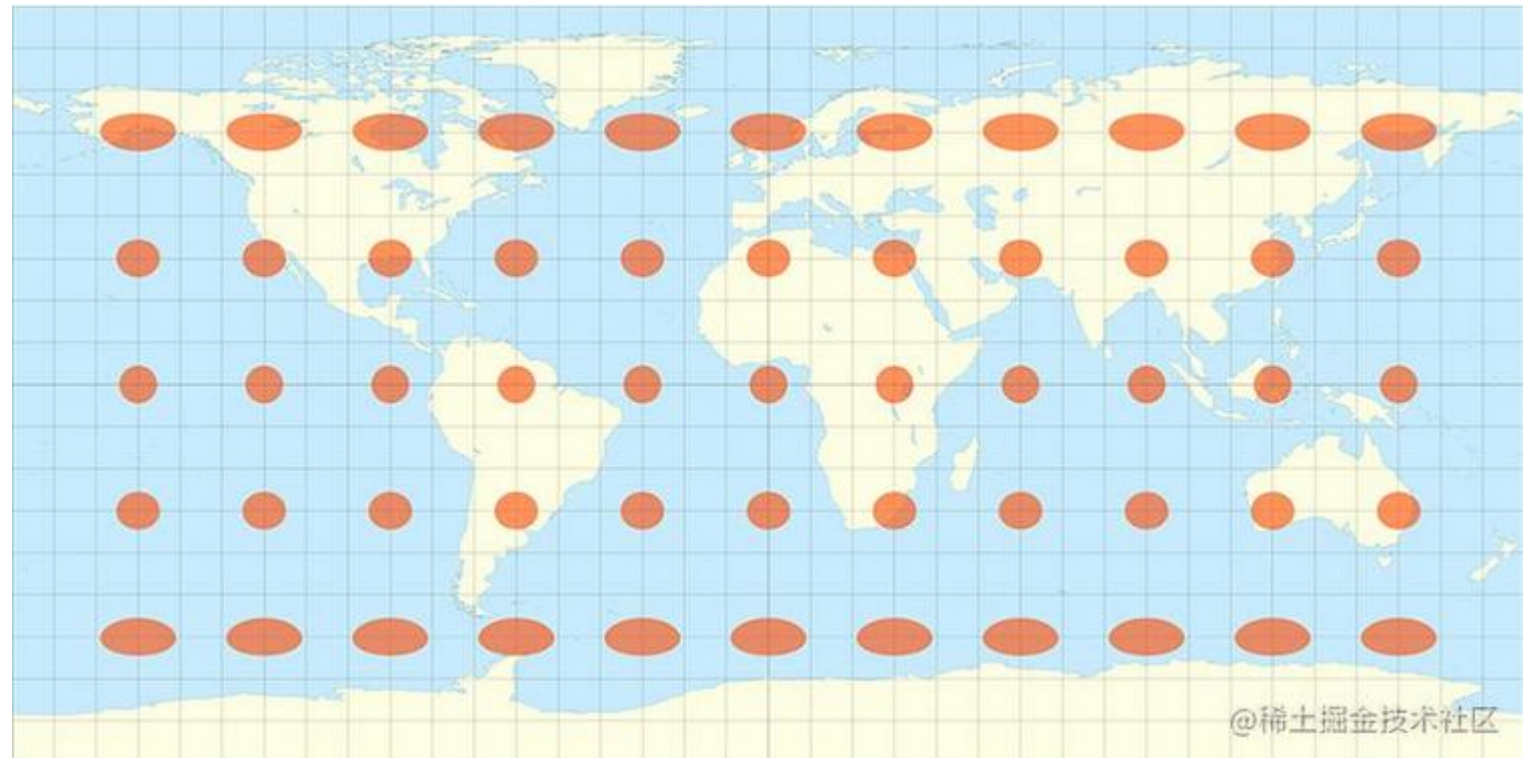
bank4，5存储摄像头3的数据



球面坐标投影



等距柱状投影



之前介绍的全景会议相机产品均是等柱状投影，因此我们将介绍**等柱状投影**的图像拼接实现。

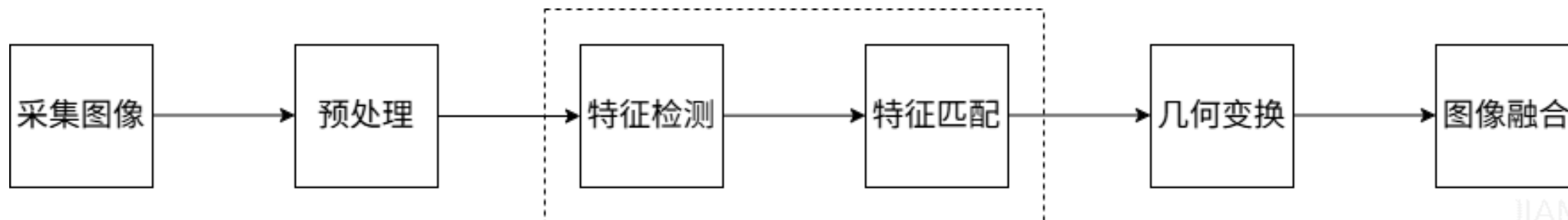
步骤一：**采集**具有足够重叠区域的多角度图像。（之前已介绍）

步骤二：对采集图像进行**畸变校正**等预处理

步骤三：提取并匹配相邻图像的**特征点**

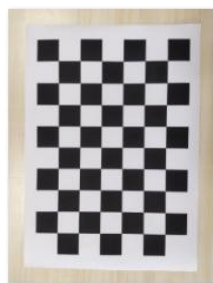
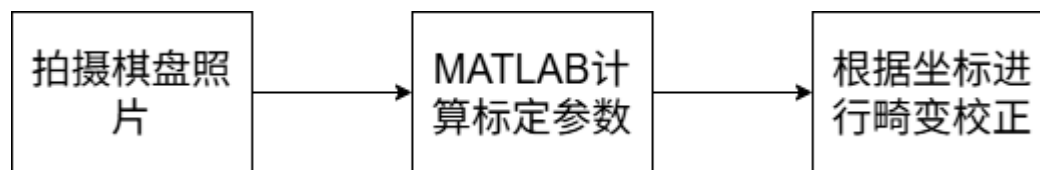
步骤四：通过几何变换将图像**对齐**

步骤五：将图像映射到等柱状投影坐标系并**融合**以消除拼接缝



预处理

可通过标定参数发进行**畸变校正**。同时也可以进行**滤波**等处理



1.jpg



2.jpg



3.jpg



4.jpg



5.jpg



6.jpg



7.jpg



CSDN @周妙想多多财-杰
8.jpg

图像拼接流程

采集图像

预处理

特征检测

特征匹配

几何变换

图像融合

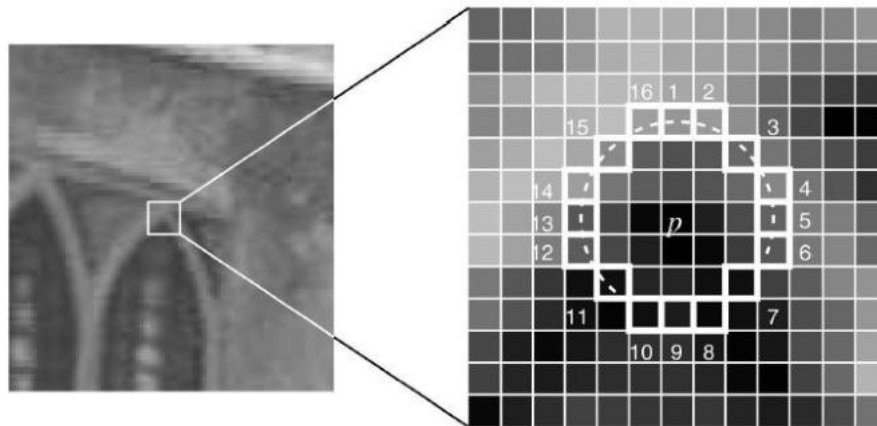
ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) 算法

1.oFAST寻找特征点

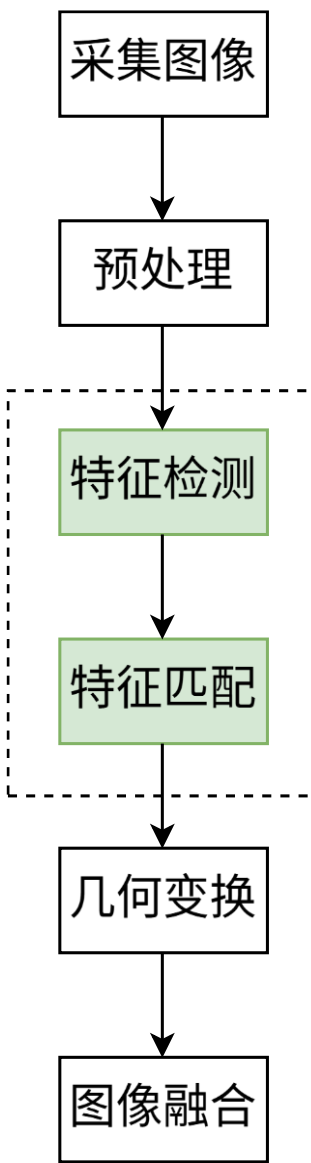
FAST是一种将图像的**角点**作为特征点的算法，在某像素点的周围选取一个邻域，该邻域为圆形区域，把该点与圆形区域内的点进行灰度值的比较，若符合比较的条件，则该点就可作为特征点。

oFAST改进：

- 1、特征计算的简化：仅计算1,5,9,13点与中心点差异是否大于阈值，超过**3个点**认为是特征；
- 2、非最大值抑制：对每个特征点计算与周围点的**累计差值**，一定范围内的特征点仅保留最大值



图像拼接流程



ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) 算法

2.BRIEF 算法生成图像特征描述符

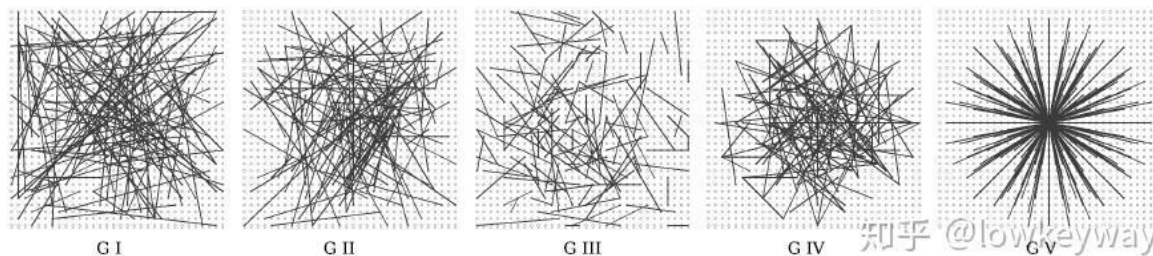
描述特征点

BRIEF算法计算出来的是一个**二进制串**的特征描述符。它是在一个特征点的邻域内，选择 n 对像素点 p_i 、 q_i ($i=1,2,\dots,n$)。然后**比较每个点对**的灰度值的大小。如果 $I(p_i) > I(q_i)$ ，则生成二进制串中的1，否则为0。所有的点对都进行比较，则生成长度为 n 的二进制串。

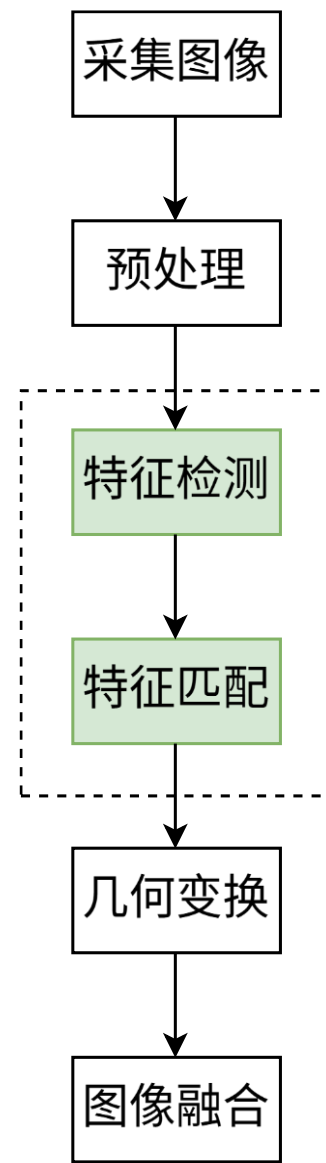
采样点的不同选取方式如图，第三种高斯分布下实验结果较好。

这里我们不用考虑实现该算法的旋转不变性，因此到这一步即可。

之后比较两图特征点的**汉明距离**，即对两个字符串进行异或运算，并统计结果为1的个数，小于一定阈值则说明两点为同一特征点。



图像拼接流程



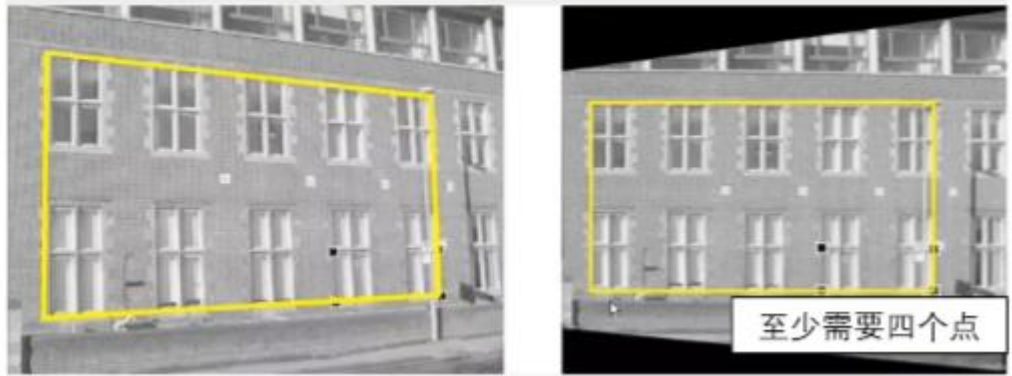
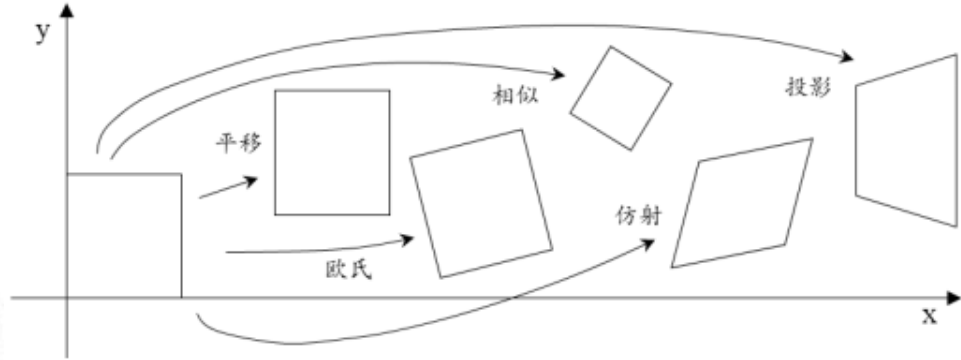
图像几何变换

几何变换包括刚体变换、相似变换、仿射变换和投影变换，我们主要使用投影变换

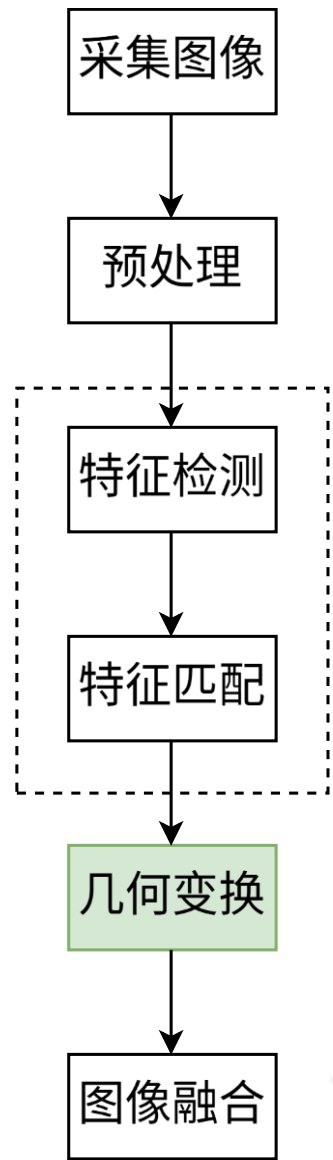
投影变换又称为单应性变换。通过升维引入齐次坐标，图像的平移、旋转等操作可以统一为矩阵乘法，将图像从2d坐标变成3d坐标，以后所有的变换，不管怎样变换，变换多少次，都可以表示成一连串的矩阵相乘了。

利用齐次坐标表示的变换公式如下所示：

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 1 \end{bmatrix} = H \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{00} & h_{01} & h_{02} \\ h_{10} & h_{11} & h_{12} \\ h_{20} & h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

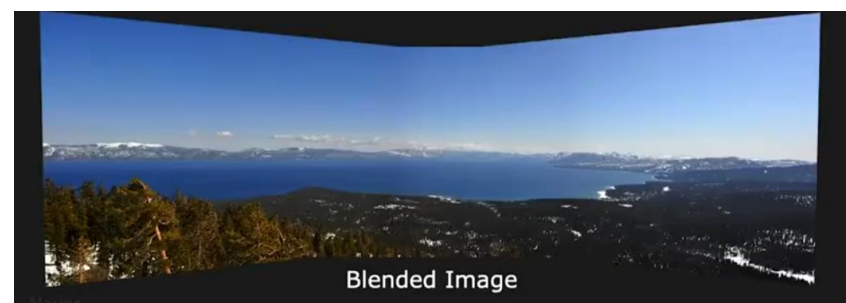
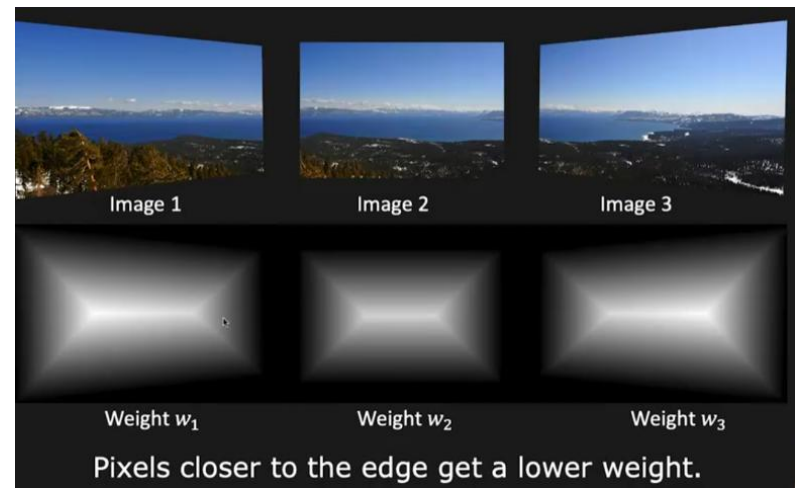
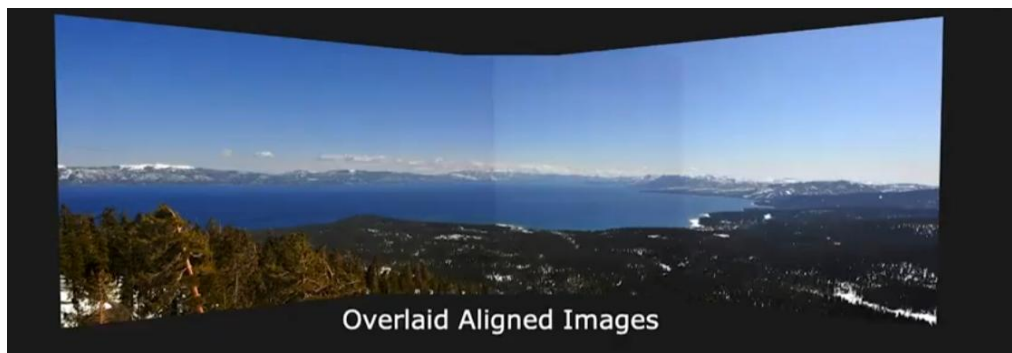


图像拼接流程

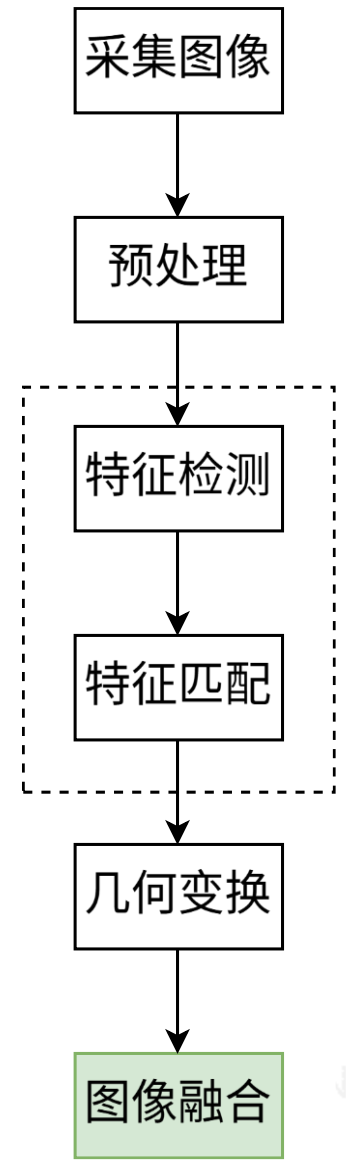


图像融合

- 1、根据两张图像的**重叠区域**，获取重叠区域的像素在两张图像中的坐标
- 2、然后在 RGB 三通道上的重叠区域内依次遍历每个像素，根据选取的加权平滑系数（如下图）将图片拼缝**融合**在一起
- 3、最后将 3 个单通道加权融合后的图像输出

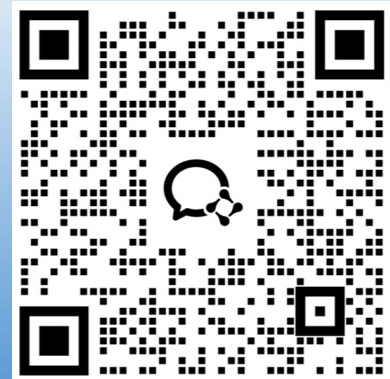


图像拼接流程





鹏野嘉途科技
PENGYEJIATUKEJI



3. 基础要求二

Basic Requirement 2

基础要求2：通过按键或其它输入设备可以进行**视角旋转**，将实时解算的矩形画面呈现到 HDMI显示器上。

输入方式

支持多种输入控制方式，如：

1. 物理按键

有线连接

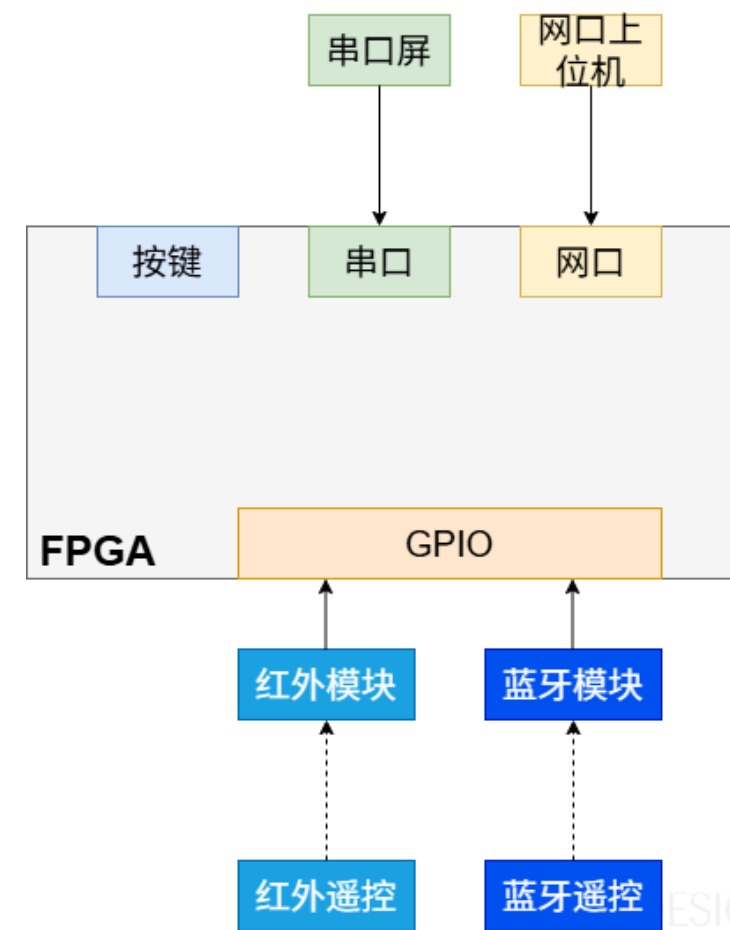
2. **串口上位机**：可通过串口屏实现

3. **网口上位机**：与扩展要求1的视频上位机做成同一个上位机

无线连接

4. **红外遥控**：购买或自制蓝牙模块实现FPGA和遥控器之间的连接

5. **蓝牙控制**：购买或自制蓝牙模块实现FPGA和遥控器之间的连接，蓝牙遥控器可通过自制手机APP实现



视角旋转

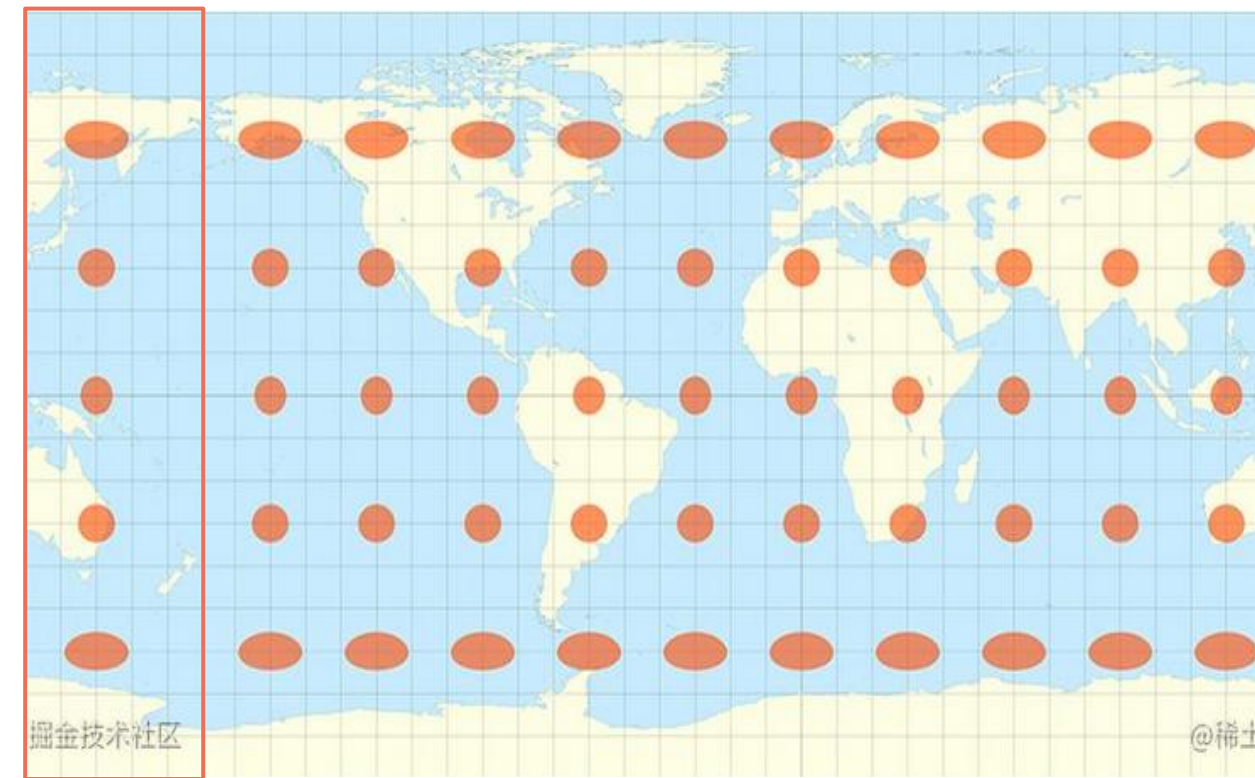
视角旋转我们的理解就是图像平移，因此采用图像几何变换——**平移**的方法。

将图像中所有的点按照指定的平移量**水平或者垂直移动**。

设 (x_0, y_0) 为图像上的一点，图像水平平移量为 T_x ，垂直平移量为 T_y 。则平移之后的点坐标 (x_1, y_1)

$x_1 = x_0 + T_x$ ， $y_1 = y_0 + T_y$ 。即构建新的坐标数值对应关系，坐标改为原先坐标基础加上偏移量。

需注意的是，右边界图像需向左平移到左边界。





鹏野嘉途科技
PENGYEJIATUKEJI

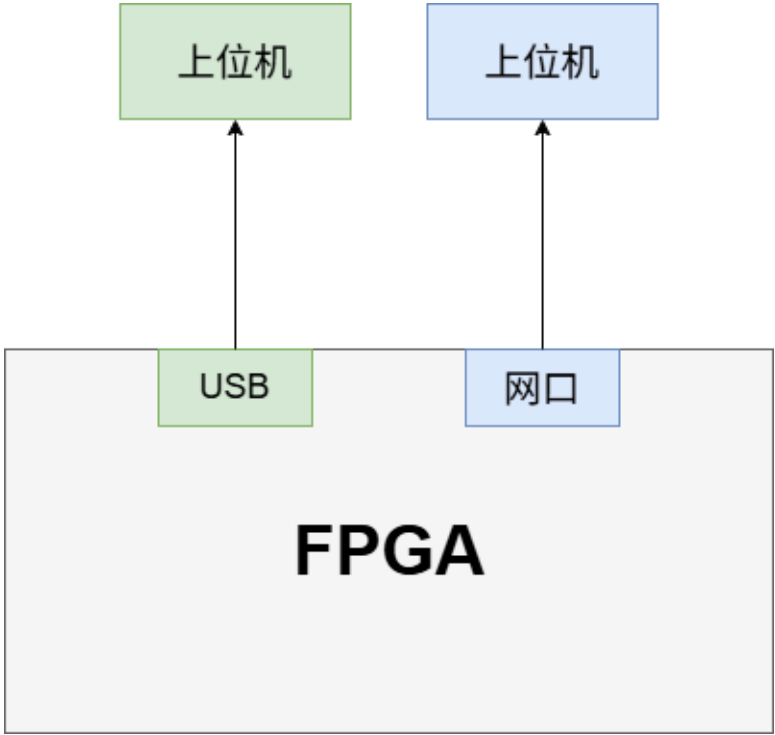


4. 扩展要求

Extended requirements

扩展要求1：实时解算的矩形画面通过USB或网口进行传输，实现全景UVC摄像头或全景网络摄像头

传输接口	USB传输	网口传输
摄像头类型	UVC（USB Video Class）摄像头：一个USB设备类视频标准，通过 USB协议 传输和接受数据	网络摄像头：通过计算机 网络 传输和接受数据
优势	传输速度快	协议相对简单，教程较多
劣势	协议复杂，教程较少	速度比USB传输慢
共同点	无论使用USB传输还是网口传输，均需要 开发上位机 接收来自FPGA端的数据并生成视频。 上位机可通过 Qt (c++) 或者 Python 进行开发	



扩展要求2：可以搭配**麦克风阵列**，实现自动旋转视角到说话人角度的**虚拟云台功能**

麦克风阵列：采集麦克风阵列的音频信号，通过**算法判断**说话人的位置。

常用算法：**时延定位**

目标信号都来自于**同一个声源**，各通道信号相关性较强

计算每两路信号之间的相关函数，确定两个麦克风观测信号之间的时延。

$$x_1(t) = \alpha_1 s(t - \tau_1) + n_1(t)$$

$$x_2(t) = \alpha_2 s(t - \tau_2) + n_2(t)$$

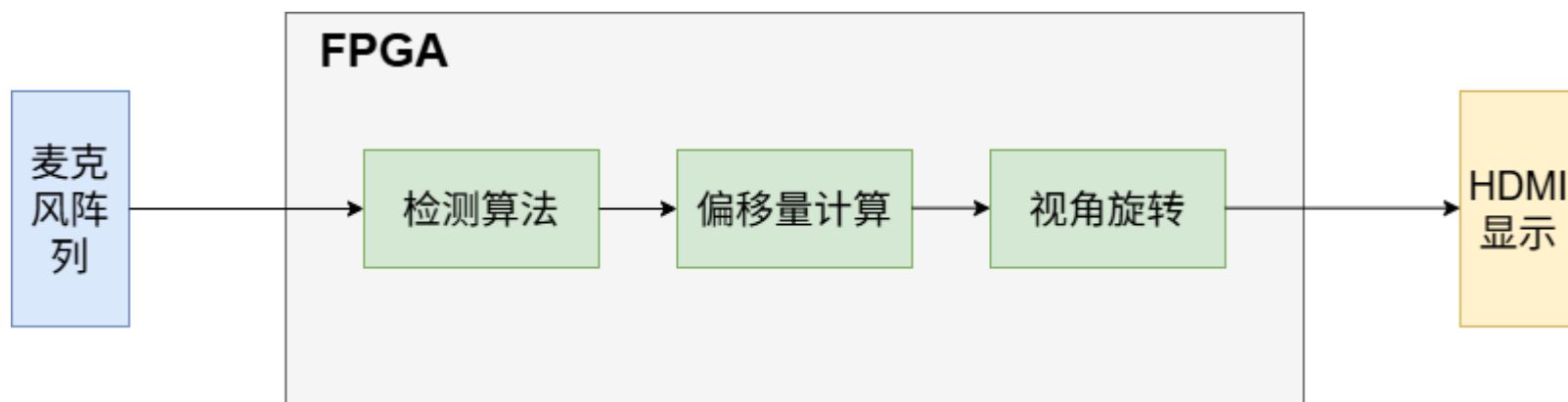
采用互相关算法做延时估计：

$$R_{x_1 x_2}(\tau) = E(x_1(t)x_2(t - \tau))$$

得出：

$$R_{x_1 x_2} = \alpha_1 \alpha_2 R_{SS}(t - \tau_{12})$$





虚拟云台：通过**自动视角旋转**实现摄像头不旋转而画面旋转的功能

实现步骤：

1. 声源定位：判断**说话人位置**
2. 计算偏移量：计算当前位置和说话人位置的**偏移量**
3. 自动视角旋转：将偏移量传输至**基础要求2模块**实现视角旋转

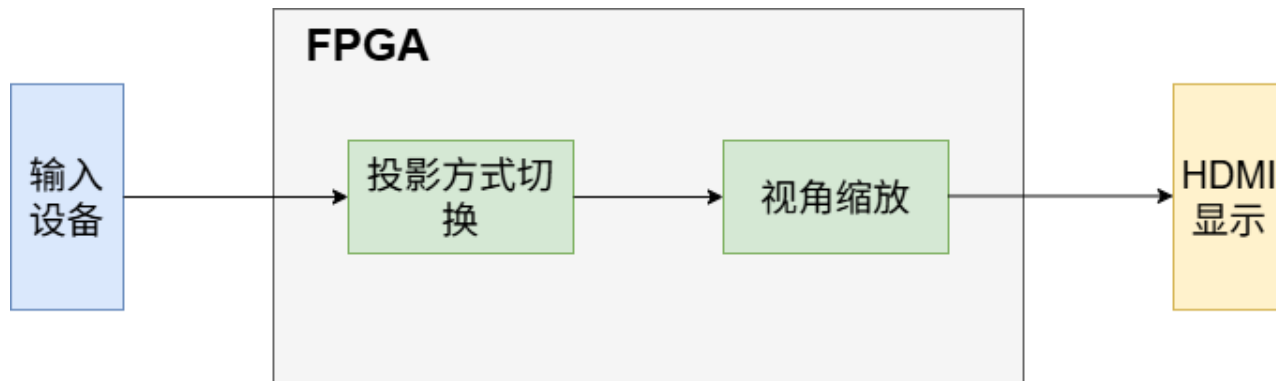
扩展要求3: 除了视角旋转外，也可以实现**视角缩放**功能，实现类似“小行星”的特效

可采用图像几何变换——**缩放**的方法实现视角缩放功能

“小行星”特效：实现效果类似于右图所示

实现小行星效果需切换至**球面坐标投影**

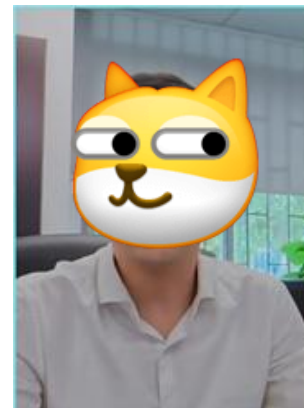
两种投影方式可以根据缩放控制信号是否有效来控制



扩展要求4：其它具有实际意义的功能

可参照市面上的全景会议相机，除全景相机功能之外的功能

与会者画面：给每一个参加会议的成员单独一个镜头，像之前介绍全景会议相机那样的画面

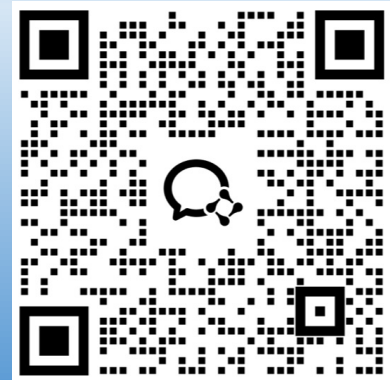


演讲模式：将说话人的画面单独呈现，给出特写镜头

陀螺仪控制：陀螺仪模块实时将参数回传到fpga开发板，fpga根据陀螺仪参数解算为位置信息，再去控制画面旋转，实现类似vr的效果



鹏野嘉途科技
PENGYEJIATUKEJI



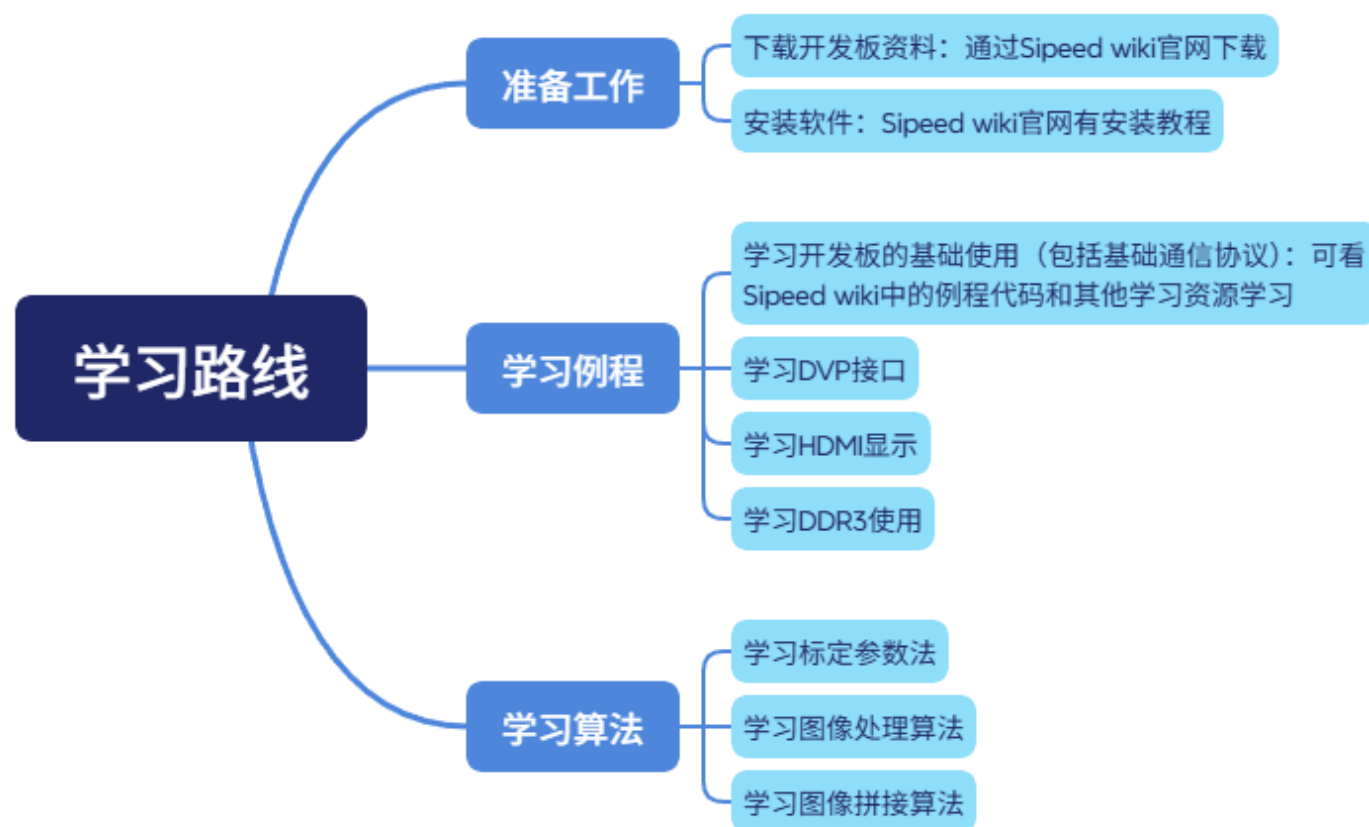
5. 学习路线

Learning route

开发板资料可以在Sipeed wiki官网进行查找

例程可在Sipeed wiki中的例程代码和其他学习资源部分学习

更详细学习路线关注，私聊发送



[1] 图形学-变换(平移矩阵, 旋转矩阵, 缩放矩阵, 线性变换, 仿射变换, 齐次坐标)

https://blog.csdn.net/weixin_46773434/article/details/127417579

[2] FPGA实现图像几何变换: 平移-咸鱼IC-博客园

<https://www.cnblogs.com/xianyulC/p/12499480.html>

[3] 全景图转小行星视角投影原理详解 - 一度逍遥 - 博客园

<https://www.cnblogs.com/riddick/p/9937729>

[4] 图像柱面投影&等距圆柱投影 - JJ_S - 博客园

<https://www.cnblogs.com/vivian187/p/17451606.html>

[5] 揭穿全景相机真面目! 后脑勺是怎么长眼睛的? Insta360 X5

<https://www.bilibili.com/video/BV1Xw7HzGEVJ?t=215.1>

[6] 仿射变换与投影变换 - 侯凯 - 博客园

<https://www.cnblogs.com/houkai/p/6660272.html>

[7] 计算机视觉 (相机标定; 内参; 外参; 畸变系数)

https://blog.csdn.net/QYJ_WORKHARDING/article/details/124867821



鹏野嘉途科技
PENGYEJIATUKEJI



2025全国大学生嵌入式芯片与系统设计竞赛

官网地址: www.pengyejiatu.com

专注FPGA相关竞赛支持5年+

JIAMU DESIGN