



2019 年 SEU-Xilinx 国际暑期学校团队项目设计文档

(Project Paper Submission Template)

作品名称	双目立体视觉
组员姓名	潘银飞 杨静磊 朱浩哲 林立宇
房间号及桌号	720 室 35 桌



第一部分

小组成员分工

(各成员任务分配)

	姓名	任务分配
组长	潘银飞	相机标定、校正参数的计算，以及视差到深度的映射
组员 1	杨静磊	HLS 中校正和局部块匹配算法的仿真和调试
组员 2	朱浩哲	cam_in_hdmi_out 通路实现，标定图像的获取以及输出视差图像
组员 3	林立宇	SGBM 算法的研究及 HLS 实现，SD 卡标定图像读取以及中值滤波 HLS 实现

第二部分

设计概述 /Design Introduction

(请简要描述一下你的设计：1. 功能说明；2. 所用到的设备清单)

功能：通过双目相机采集目标图片，根据立体标定获得的参数对图像进行校正，然后匹配得到视差图进而计算目标的距离信息。

设备清单：双目相机模块、pynq-z2 开发板、hdmi 显示屏、棋盘格靶标

第三部分

详细设计 /Detailed Design

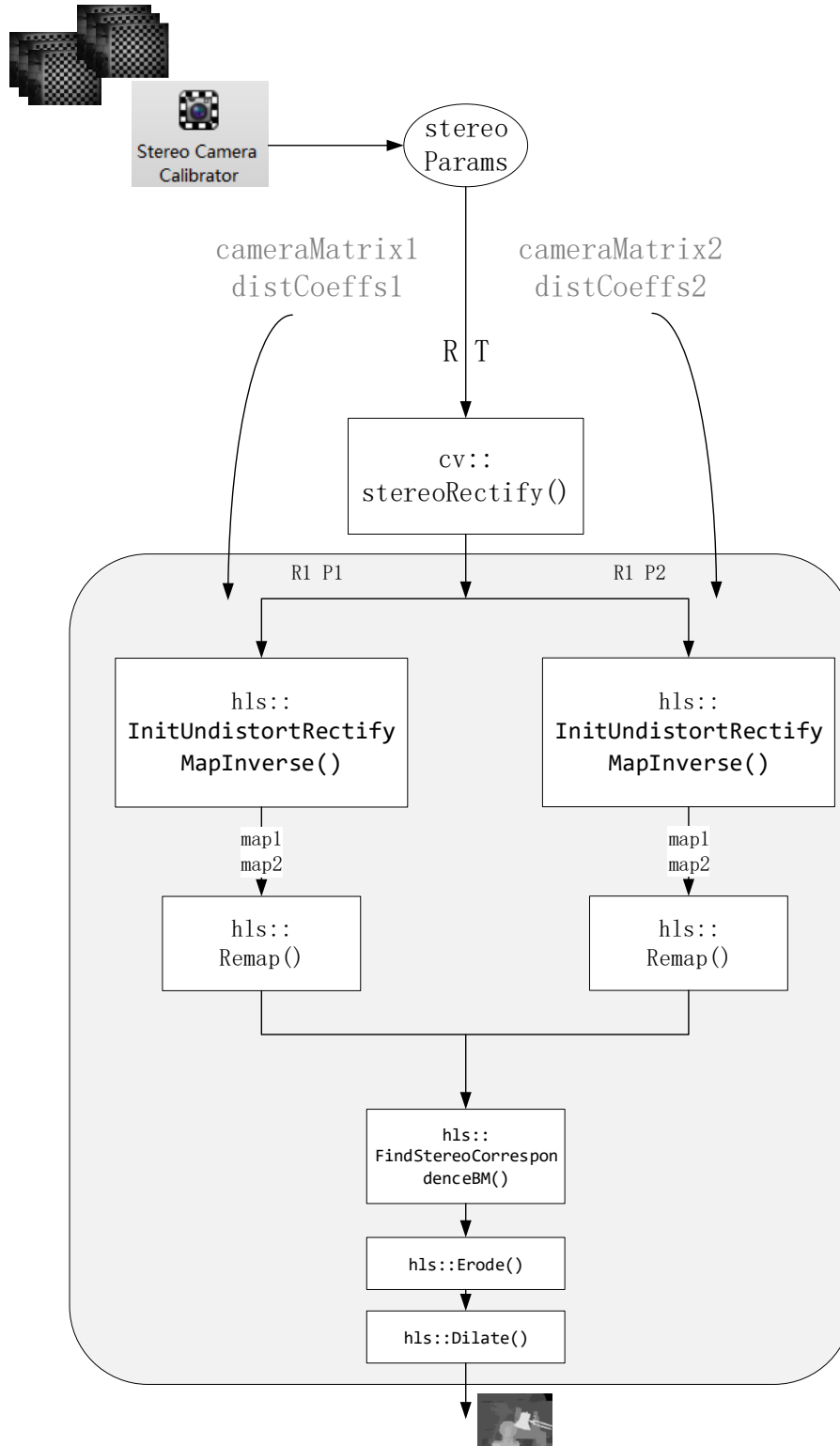
(请详细说明你作品要实现的所有功能以及如何组建系统以实现该功能，还包括为实现该功能需要用到的所有参数和所有操作的详细说明，必要的地方多用图表形式表述)

如因文档篇幅限制无法详述，可提供附件。

- 1、相机标定：建立 dualcam_in_sd_out 通路，将双相机采集的图片保存到 SD 卡；使用 matlab 的立体标定工具箱对双目相机进行标定，其中径向畸变系数设为 3 个、勾选切向畸变，从而获得相机的内外参和畸变系数。
- 2、校正系数计算：将 matlab 标定生成的 stereoParams 参数转成 opencv stereoRectify 函数所需的参数矩阵 M1、D1、M2、D2、R、T，然后计算校正所需系数矩阵 R1、P1、R2、P2，以及投影矩阵 Q 用于后续视差到距离的映射。
- 3、HLS 图片校正、局部匹配和视差计算：根据 HLS 的 InitUndistortRectifyMapInverse 函数需求将 R1、P1、R2、P2 转换成 rt1 和 rt2，其中 $rt = \text{Invert}(P * R)$ ，然后通过 InitUndistortRectifyMapInverse 函数计算 remap 所需的 map1 和 map2 矩阵，再将 remap 变换过的左右图像通过 FindStereoCorrespondenceBM 函数进行立体匹配输出视差图像，其中匹配参数 WSIZE、NDISP、NDISP_UNIT 分别设置成 15、128、16。最后，对视差图像进行腐蚀和膨胀处理从而去除噪声和填充空洞。注意 FindStereoCorrespondenceBM 函数输出的视差图像低 4 位是小数，所以先做移位处理。
- 4、视差图显示和距离计算：通过 hdmi_out 通路在 hdmi 显示器上显示视差图像并根据投影矩阵 Q 计算

目标距离并输出, 其中 $Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -c_x \\ 0 & 1 & 0 & -c_y \\ 0 & 0 & 0 & f \\ 0 & 0 & \frac{-1}{T_x} & \frac{c_x - c'_x}{T_x} \end{bmatrix}$, 距离 $l = -\frac{T_x f}{d}$ (相机主点已校正到相同坐标)。

具体程序及参数流程见下图:



第四部分

完成情况及性能参数 /Final Design & Performance Parameters

(作品完成情况, 附照片/视频链接)

已完成: 视差图像输出基本完成, 但噪声比较大

待完善: 通过显示屏鼠标交互获取对应目标的距离



第五部分

项目总结 /Conclusions

(项目中所用到的知识点, 项目收获及心得)

知识点:

立体标定、极线约束条件、对应点匹配算法

hls 中 opencv 图像处理函数使用、IP 核生成调用

图像类型转换、SD 卡存储、相机接口和 hdmi 显示接口配置



第六部分

源代码/Source code

(作品源码 Github 链接, github 操作步骤见 *Github 项目上传简单教程*)

<https://github.com/zhutmost/stereo-vision-fpga>

第七部分 (技术总结/心得/笔记等分享)

(可分享的技术文档附件或已发表的文章链接)

Xilinx 关于 FPGA 的实训不知不觉中就结束了, 首先感谢 Xilinx 和东南大学的老师们, 给我们提供这次提高自己的平台。通过这次实训, 我们收获良多, 同时意识到还有更多的知识等待着我们去探索。

前期学习中, 上午老师们讲解一些知识点, 包括 hls, timing, dup 等。相关课程的设置, 一方面让我们对已有的知识进行了巩固; 另一方面, 拓宽了自己的知识面, 对 FPGA 的设计有了更深入的了解。下午的独立实验中, 通过与上午相关知识点的 labs 实践, 我们学以致用, 加深了对课程的理解。通过课程的学习, 我们懂得了如何在实践中检验自己的知识点, 对 vivado 系列工具也有了更加深入的了解。

后期的项目开发中, 我们更加受益匪浅。我们组主要做的是双目立体视觉。首先, 我们对项目进行了大致的了解, 主要分为三个部分: 1. 数据输入两个相机, 2. 数据输出为 HDMI 输出视差图像, 3. 使用 HLS 及 xfOpenCV 编写处理代码实时计算深度信息并输出。然后, 通过设计算法, 采用 OpenCV、Matlab 等软件, 对测试用例进行仿真, 使用 HLS 对算法进行实现及仿真, 最后我们将算法移植到 PYNQ-Z2 上。在项目开发过程中, 我们遇到了很多难点, 如 PYNQ-Z2 资源太少、显示器显示一半、噪点太多等等。在我们的一系列的学习和讨论下, 同时在老师们的指导下, 慢慢的解决了这些问题, 实现了基本的双目立体视觉。

总的来讲, 这次实训对我们来讲是非常成功的。我们彼此认识了互相, 并且完成了一个项目, 对我们来讲意义非凡。