



司眸® PSP010-800

工业级双目深度相机

人加智能机器人技术（北京）有限公司

2019-11-14



目录

产品概述.....	1
特点优势	1
应用场景	1
系统架构	1
双目同步模块	2
畸变和立体校正模块	2
立体匹配模块	3
规格信息	3
性能参数	3
结构参数	4
硬件说明	4
相机接口线束	5
红外灯配件（选配）	6
输出数据	6



图像数据	6
*视差空间到欧式空间转换	6
障碍信息	7
使用注意事项	7
开发资源	7
修订记录	9

产品概述

司眸® PSP010-800 是「人加智能」(以下简称“人加”)为工业级自动驾驶方案打造的双目深度相机,采用自主研发的 RSV-P 3D 视觉技术,为室外自主移动机器人提供稳定实时的深度感知能力,可用于障碍检测和三维重建等。



图 1 司眸® PSP010-800 双目深度相机

特点优势

司眸® PSP010-800 的最大特点在于其克服了传统双目匹配算法对于复杂运算系统(如 CPU、GPU)的依赖,在单片低成本 FPGA 上实现了从图像输入到视差图输出的所有过程,无需依赖其他运算和存储设备,因此具备低成本、低功耗的优势。此外,司眸® PSP010-800 采用 16cm 的长基线,探测距离可达 30m,内置障碍检测算法,障碍信息可通过 UART 输出。

应用场景

司眸® PSP010-800 采用全局曝光的 CMOS 传感器,其双目成像避免了卷帘式曝光传感器的运动模糊问题,使其在室外自主移动机器人等快速移动物体的成像方面具备更大的优势,在农业植保、物流运输、电力巡检等领域拥有极大的应用价值及潜力。

系统架构

系统由两部分组成,一部分为 CMOS 成像芯片以及 FPGA 运算芯片组成的双目视觉系统,另外一部分为对外提供的接口系统。目前产品对外提供 USB3.0 (Type-C) 和 UART 接口,便于与 PC、嵌入式处理器对接并快速测试。

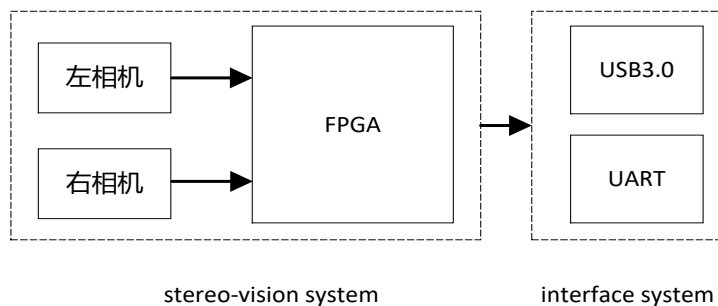


图 2 双目视觉系统架构图

司眸® PSP010-800 的双目视觉系统主要包括三个处理模块，采用流水线并行设计架构，达到最低的运算延时。

双目同步模块

对于双目系统而言，两个相机曝光时间的同步性是一个非常重要的指标。司眸® PSP010-800 的双目同步单元将两个传感器的曝光起始时间的差别控制在微秒级别，同时使用 FPGA 内部的存储资源为两个相机的数据做了缓存同步。

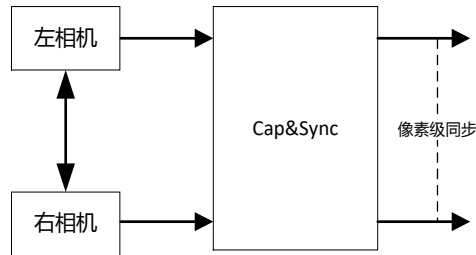


图 3 双目数据的同步获取示意图

畸变和立体校正模块

通常，双目系统中两个图像传感器位置安装会有偏差，不会出现两个成像平面在同一水平线上或平面对齐的情况。因此，需要对成像平面进行相应的操作使两个相机的内参相同且满足极线约束，此过程就叫做立体校正。此外，相机成像过程中会有畸变产生，需做相应的畸变校正。

首先，通过双目标定的方法获取相机的内参、外参以及畸变参数，最终产生原图到目标图的坐标映射表，通过插值的方法获取目标图。司眸® PSP010-800 采用硬件逻辑实现此过程，使得校正产生的延时最小化。

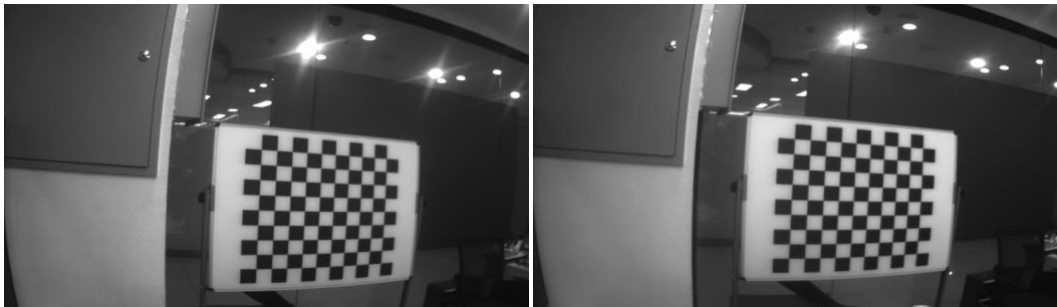


图 4 立体校正前图像

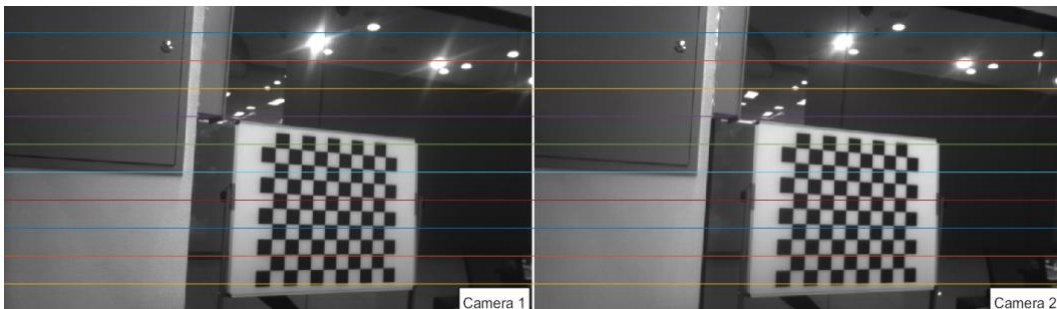


图 5 立体校正后图像

立体匹配模块

立体匹配是双目视觉中的核心模块，根据极线约束寻找左右图的对应点，计算并产生视差图。



图 6 左右原图和立体匹配后的视差图

规格信息

性能参数

表 1 司眸® PSP010-800 产品性能参数表

指标	参考值
双目基线	16cm
输出帧率	25 fps
分辨率	1280*800
输出数据	左图、右图、视差图(支持转成深度图和点云图)
像素形式	左图、右图：8 位灰度图；视差图：16 位灰度图
障碍物输出格式	中心区域检测
测量距离	1m~30m
Z 向精度	10m: ≤2%; 30m: ≤6%
功耗	3.5W
散热	被动散热，无风扇
快门类型	全局曝光
视差图视场角	Horizontal 70°, Vertical 50°
数据传输接口	USB3.0 (Type-C)
供电接口	可定制 Lock 线束
相机供电需求	14V~48V
障碍物数据接口	USB3.0 (Type-C) / UART
开发环境	Linux/Windows
结构尺寸 (mm)	198 * 42.5 * 45.2
重量	286g
工作温度	-20°C~45°C
储存温度	-25°C~60°C

结构参数

- 尺寸：198mm*42.5mm*45.2mm
- 基线：16cm

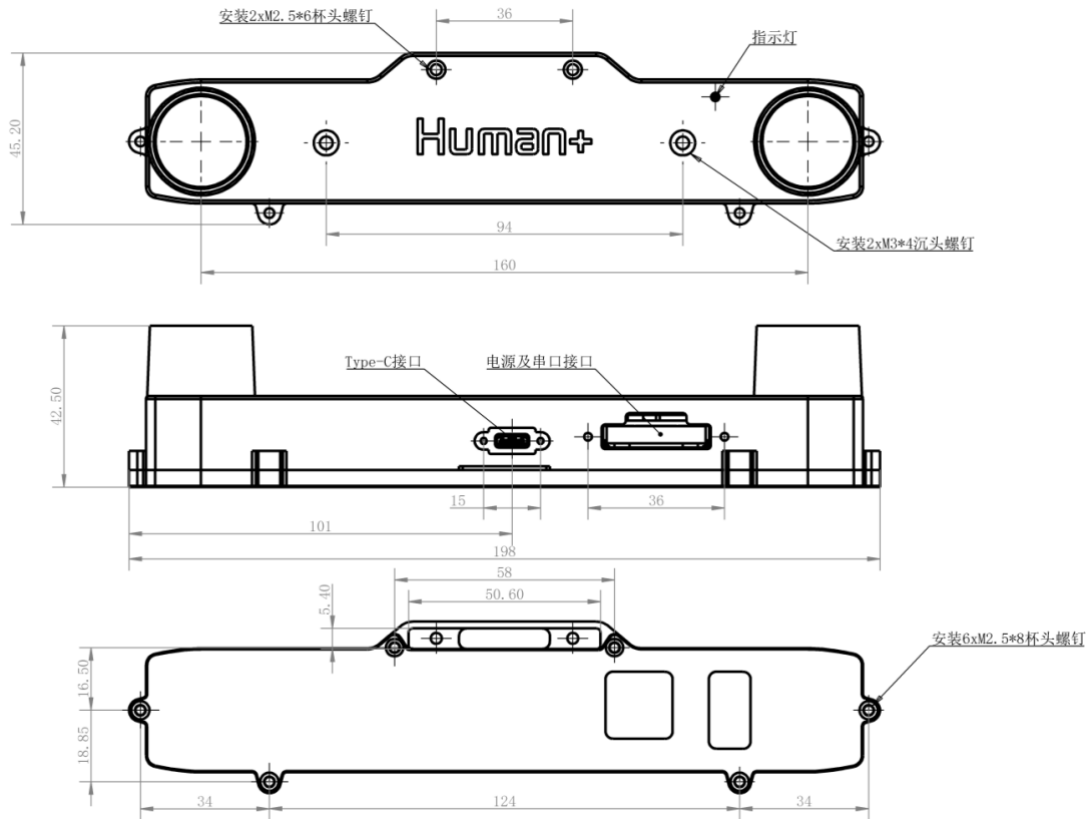


图 7 产品结构尺寸图

硬件说明

司眸® PSP010-800 共有 2 个对外接口，分别为 USB3.0 (Type-C) 接口与主控平台扩展口，实物图如下。相机支持外部悬挂红外灯配件，支持夜间工作模式。

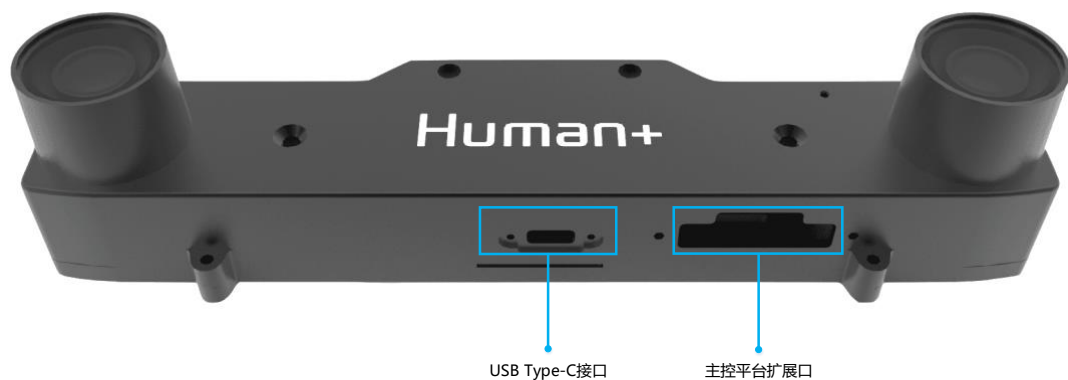


图 8 司眸® PSP010-800 硬件接口

相机接口线束

1、USB3.0 (Type-C)接口线束

由人加公司提供定制化的带锁紧 USB Type-C 线束，线束结构图如下：

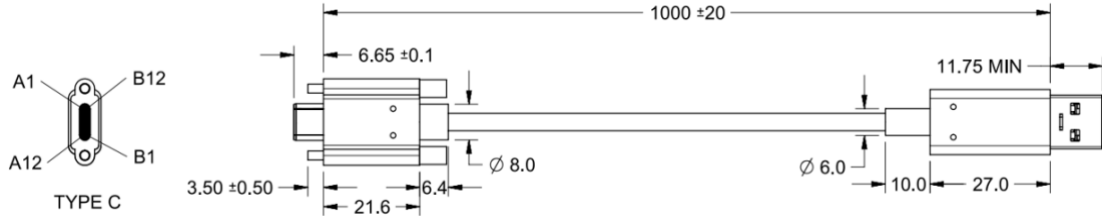


图 9 USB Type-C 线束结构图

2、主控平台接口线束

主控平台扩展口通过一个接口扩展出 3 种不同的线束接口，包含：电源口、串口、红外灯扩展口，线束如下图所示：

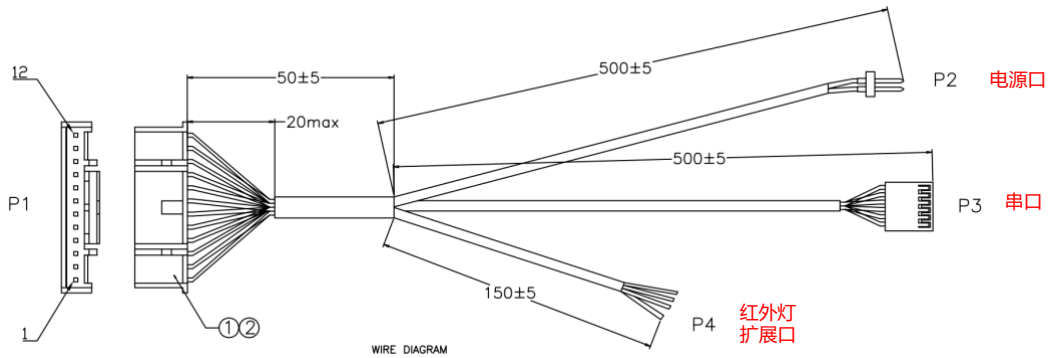


图 10 主控平台扩展口线束图

主控平台接口线束的管脚定义如下表所示：

表 2 主控平台接口线束管脚定义

P1 管脚号	管脚定义	线束颜色	分出线束	接口描述
12	VCCP	红色	P2 电源口	供电接口，电压 14V~48V（支持红外灯板） 可定制最低输入电压 5V（低于 14V 电压不支持红外灯板）
11	PGND	黑色		接电源地
10	RESERVED	红色	P3 串口	预留，不用接到飞控端
9	PGND	黑色		接串口地
8	Uart_RX	黄色		双目避障模块 RX，接主控串口 TX，默认 3.3V TTL 电平标准



7	Uart_TX	紫色		双目避障模块 TX, 接主控串口 RX, 默认 3.3V TTL 电平标准
6	TRIGGER	白色		预留触发信号, 暂未开放
5	STROBE	蓝色		预留曝光信号, 暂未开放
4	VCC12V	红色	P4 红外灯板扩 展口	灯板电源, 接灯板
3	IR_PWM	黄色		灯板 PWM 控制线
2	IR_STATUS	紫色		灯板工作状态检测线
1	GND	黑色		灯板地, 接灯板

红外灯配件（选配）

司眸®PSP010-800 可以通过红外灯口扩展红外灯板, 辅助夜间照明, 以满足商用级室外自主移动机器人夜间作业的需求。配件的选购可联系人加的技术人员。

输出数据

USB3.0 (Type-C): 校正后双目相机的左、右图像和视差图像, 以及 IMU 数据。

UART : 障碍信息。

图像数据

左图 (L): 分辨率 1280x800, 8 位灰度图。

右图 (R): 分辨率 1280x800, 8 位灰度图。

视差图 (D): 分辨率 1280x800, 16 位灰度图, 与左图已配准。

像素点(u, v)处的视差 d 代表的意义: d 是一个 16bits 二进制数, 其中高 8 位为其视差整数, 低 8 位为其亚像素值。

注意: 相机输出支持 LR / LD / LRD 共 3 种模式。仅支持 USB3.0 连接。

*视差空间到欧式空间转换

视差空间到相机坐标系下的三维点云转换需要四个参数: 基线 b, 焦距 f, 相机坐标系原点在图像坐标系下的坐标(cu, cv), 这四个参数可从相机中通过 SDK 的接口读取。

下面为计算公式, 计算相机坐标系下三维点(x, y, z), 单位是毫米(mm), SDK 也提供视差图转成深度图的接口:

$$d_{real} = d/256.$$

$$z = f * b/d_{real}$$

$$x = (u - cu) * z/f$$

$$y = (v - cv) * z/f$$

障碍信息

将室外自主移动机器人视为一个长方体的包围框（已考虑安全裕度），其表达如下：

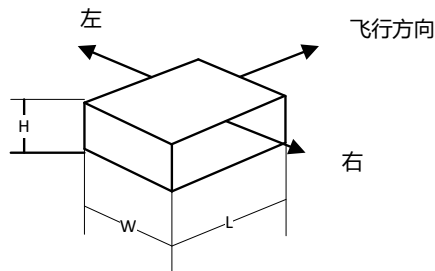


图 11 室外自主移动机器人包围框模型

在前向移动时，考虑俯仰角 Ψ ，则其可通行区域示意如下：

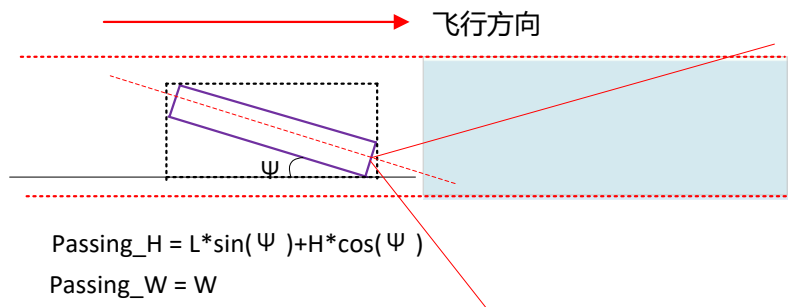


图 12 室外自主移动机器人可通行区域

障碍信息为通行区域内最近障碍物的距离，单位 cm，详见《避障串口通信协议》。

使用注意事项

相机使用按照以下注意事项可以得到更好的深度效果：

- 避免强光、室外逆光、镜面反射的光线进入相机等使用场景；
- 保持使用环境的温湿度稳定；
- 相机固定稳固；
- 避免相机高处跌落导致深度测量误差增大甚至失效；

开发资源

针对司眸®双目深度相机，人加为用户提供了 Windows 和 Linux 版本的 SDK、用户软件



(用于相机控制、采图、标定、升级等)、室外数据集等资源，可在官网下载。

<http://www.humanplus.ai/kaifazheCenter.html?name=kaifagongju>



图 13 开发资源



修订记录

日期	备注	版本
2017-11-23	初版	V1.00
2017-12-01	增加硬件接口信息	V1.01
2018-06-11	硬件改版	V2.00
2018-09-27	视差图由 8 位升级为 16 位	V2.10
2018-11-22	串口接口修改, 无需飞控再提供 3.3V 的参考电平	V2.20
2018-12-17	更改了扩展线束的颜色, 低于 14V 电压不支持红外灯板, 更新了产品性能参数表	V2.30
2019-11-14	视差图分辨率升级为 1280*800	V3.00