

# 无人机视觉开发平台调研

---

## 1 基础信息

### 1.1 功能

### 1.2 适配

### 1.3 编程语言

### 1.4 操作系统

### 1.5 附带

## 2 官方SDK3

### 2.1 创建项目

### 2.2 Demo实例

### 2.3 SDK3使用

### 2.4 所有 API Reference

## 3 用户Build SDK3

### 3.1 开发工具

### 3.2 build SDK3

## 4 核心问题

## 5 问题答案

### 5.1 定义

### 5.2 解答

#### 5.2.1 Part I答案

#### 5.2.2 Part II答案

## 6 总结

## 7 TODO

## 参考文献

## 1 基础信息

本章节主要介绍Parrot公司开源SDK3的功能和应用范围[1]。

## 1.1 功能

- 无人机软硬交互
- 导航
- 视频流存储, 推送
- 照片和视频上传, 下载
- 各种应用开发

## 1.2 适配

- Parrot无人机系列 (Bebop2, Bebo, Disco, SkyController, SkyController 2, etc. )
- 安卓操控软件FreeFlight3

## 1.3 编程语言

- Objective C
- Java
- C

## 1.4 操作系统

- Unix(Linux)
- Android
- iOS

## 1.5 附带

附带一个Sphinx模拟器, 即利用Gazebo(3D 机器人动力学仿真模拟器)模拟无人机现实和虚拟环境。同时, Parrot官网提供该模拟器的使用手册[4]。

# 2 官方SDK3

本章节主要介绍官方SDK3的Demo使用, 以方便用户快速了解SDK3和无人机如何交互, 实现什么功能。

## 2.1 创建项目

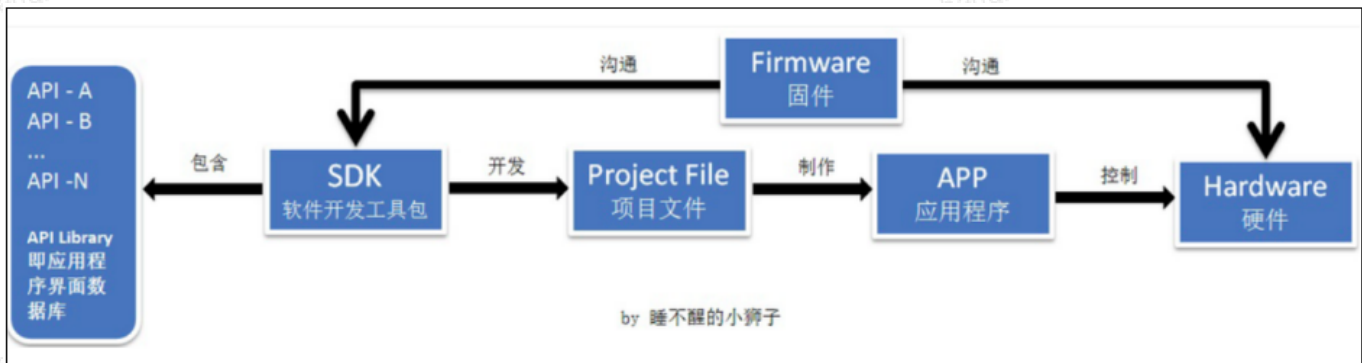
分iOS和Android平台，前者下载**SDK version 3.13.1 iOS libs**，根据官网在线教程[1]配置环境；后者设置app的build.gradle文件，在库依赖(dependencies)添加SDK3的jar包，写程序调用native libraries。

## 2.2 Demo实例

针对iOS和Android平台，Parrot在Github 上提供其编译好的demo，详情参考<git clone <https://github.com/Parrot-Developers/Samples.git>> 。此外，demo运行不需要编译SDK3，可直接使用。

## 2.3 SDK3使用

使用SDK3控制Bebop Drone，硬件与软件交互原理图[6]如下：



假设SDK3开发环境搭建成功，用户可调用API（仅供参考）实现无人机相关功能控制。

- 发现无人机： `libARDiscovery`
- 打开设备控制器： `ARCONTROLLER_Device`
- 起飞： `TakeOff`
- 降落： `Landing`
- 导航： `Piloting`(根据导航角度占最大角度的百分比，命令发送间隔25ms，超过500ms判定为失联状态，输入参数主要为Pitch angle, Yaw angle, gaz, timestamp)
- 视频流： `DeviceController_CallBack`
- 拍照： `RecordPicture`
- 下载照片和视频数据： `ftp request` , `libARData`

## 2.4 所有 API Reference

SDK3所有的API文档见官网<https://developer.parrot.com/docs/reference/all/index.html>，内容包含无人机系统初始设置，飞控，拍照，视频流，导航，GPS，WIFI，RC控制等。

## 3 用户Build SDK3

本章节主要介绍用户如何build自己的SDK3。开发之前，须去<https://github.com/Parrot-Developers/>下载SDK3资源。

### 3.1 开发工具

系统采用linux和OSX，注意OSX指运行在Mac电脑上的操作系统，形如Mac OS X 10.0，Mac OS X 10.1，OS X 10.9等均属于OS X的不同版本。数字0-9越大，表示距离现在的苹果系统越近，即苹果舍弃了Mac的写法[2]。除了操作系统，其他工具包括：

- git
- build-essential (for linux)
- autoconf
- libtool
- python
- python3
- libavahi-client-dev (only for specific samples)
- libavcodec-dev (only for specific samples)
- libavformat-dev (only for specific samples)
- libswscale-dev (only for specific samples)
- libncurses5-dev (only for specific samples)
- mplayer (only for specific samples)

### 3.2 build SDK3

根据Github提供的源码，用户可使用./build.sh脚本生成SDK3，类型有

- Unix Build
- IOS Build
- iPhone Simulator Build
- Android Build

以Unix Build为例，官方测试时采用Linux Ubuntu14.04，可生成

- build-sdk (native sdk)

- build-sample(all native samples)
- build-sample-SAMPLE\_NAME(unix sdk sample for SAMPLE\_NAME)

## 4 核心问题

用SDK代指SDK3或SDK2。

**Part I 问题：**

- 飞机IMU原始数据是否能够通过为WIFI回传；帧率多少；原始数据还是滤波之后的数据；是否有精确的时间戳；时间戳单位是毫秒还是纳秒；
- 前置鱼眼摄像头的图像能否通过SDK获取；是否有时间戳；时间戳单位是什么；
- 前置鱼眼摄像头的图像是原始图像还是畸变矫正后的图像；是否做过电子稳像EIS；
- SDK拿到的底摄图像数据是什么状态的；图像数据是原始数据还是JPG压缩之后的的数据。

**Part II 问题：**

- 传感器：realsense T265；
- 计算平台：nvidia TX2, nvidia TX1, nvidia Jetson Nano, 高通骁龙820
- 计算平台算力比较：以浮点运算能力GFLOPS和GPU核心数量为标准
- 调研：传感器realsense T265是否可以在上述计算平台上运行

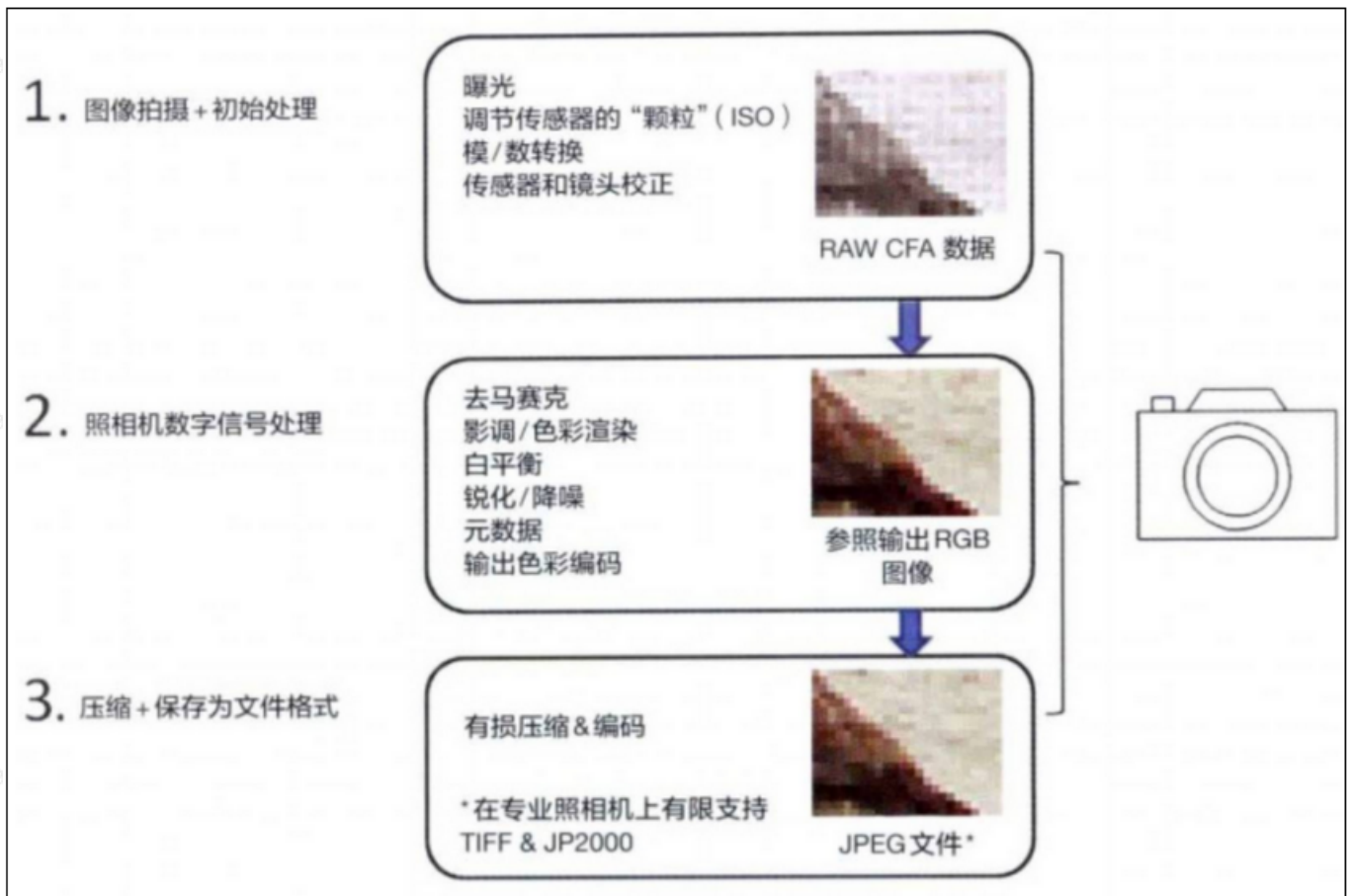
## 5 问题答案

本章节基于<https://developer.parrot.com/docs/reference/all/index.html>和第4章给出答案。首先，确定解答的基础。5.1是个人对问题和专业词汇的理解。若5.1有严重问题，则5.2的解答不用看。

### 5.1 定义

**底摄数据：**即未经过加工的RAW格式数据（Raw Image Format），RAW是CMOS或CCD图像感应器将捕捉到的光源信号转化为数字信号的原始数据[7]。它是未经处理、也未经压缩的格式，通常把RAW称为“原始图像编码数据”或更形象的称为“数字底片”。

**图片转换：**相机牌子和型号不同，输出的RAW格式也不同，在处理RAW格式图片数据时，必须使用厂家提供的专门软件。大体流程如下[7]：



**IMU:** International Mathematical Union, 惯性测量单元, 即测量物体三轴姿态角(或角速率)以及加速度的装置。一般的, 一个IMU包含了3个单轴的加速度计和3个单轴的陀螺, 加速度计检测物体在载体坐标系独立三轴的加速度信号, 而陀螺检测载体相对于导航坐标系的角速度信号, 测量物体在三维空间中的角速度和加速度, 并以此解算出物体的姿态。在导航中有着很重要的应用价值[8]。

**IMU数据:** 广义数据是重力, 线性加速度, 方向(海拔高度), 旋转矢量(围绕特定轴的旋转角度)

[13]。更细节的IMU原始数据, 文献[14]在调用CuirelIMU库可得到陀螺仪测量数据的频率值, 加速度计的测量频率, 陀螺仪角速度测量范围, 加速度计测量范围, boolean型值, 陀螺仪偏移值, 加速度计的偏移值, 加速度计测量的原始数据, 陀螺仪测量的原始数据, 测量时间值, 获取温度测量的原始数据, 姿态传感器的原始数据, 步进测量的模式等。

**前置鱼眼摄像头:** 一种可以独立实现大范围无死角监控的全景摄像机, 当前缺乏统一的标准定义。当下主流全景摄像机采用吊装与壁装方式可分别达到360°与180°的监控效果, 而某些只有120°到130°视场角的摄像机[9], 以Parrot鱼眼摄像头为例, 见下图



**畸变矫正：** 相机成像的过程实际就是将世界坐标系的点，转换到相机坐标系，投影得到图像坐标系，进而转化为像素坐标系的过程。由于透镜精度和工艺会引入畸变(所谓畸变[10]，就是指在世界坐标系中的直线转化到其他坐标系不在是直线)，从而导致失真，为了解决这个问题，从而引入了相机畸变校正模型。

**电子稳像：** 视频稳定（简称稳像），是指利用相关的算法，对视频设备采集的原始视频序列进行处理，去除其中的抖动[11]。视频稳像的目的，一方面是为了让人眼观感舒适，有利于人工观测、判别等，另一方面也作为诸多其他后续处理的预处理阶段，如检测、跟踪和压缩。稳像按作用机制分为光学、机械和电子稳像（EIS）。其中，**电子稳像**基于在连续视频图像之间进行运动估计，然后对视频中的每一帧图像进行运动滤波和运动补偿处理得到稳定的图像。

**时间戳：** 指字符串或编码信息用于辨识记录下来的时间日期[12]。例如2016-4-8 12:20:13。

**底摄数据状态：** 底摄指的是bottom facing camera即底部摄像头[3]，**底摄数据（我的理解）**即指底部摄像头获取的图象数据，状态（**个人理解**）是1拍照状态，截屏状态，视频流录像状态;2参考Video Mode (VGA和QVGA)，但Video Mode强调的是标准，这里**存疑**;3是否压缩状态，如视频流不经压缩；4是否经过预处理，如直接推送原始码流状态；4buffer状态等。

**深度相机：** 深度摄像头，即类似人的双眼根据视差估计深度，从而对3D世界实现图象分割，识别，和追踪（参见见[18]）。深度相机与普通相机的区别是深度相机包含不止一个摄像头，除了普通的RGB颜色摄像头外，还包含一个深度感知摄像头，例如RGB-D相机。有了深度信息可有助于建立三维信息。如果没有深度信息的话，只能通过图像匹配来反求摄像机的距离信息，此方法目前误差较大（参见见[19]）。

**DoF:** depth of field 即景深, 指在摄影机镜头或其他成像器前沿能够取得清晰图像的成像所测定的被摄物体前后距离范围。而光圈、镜头、及拍摄物的距离是影响景深的重要因素[22]。

**Sampling Rate:** 采样频率, 也称为采样速度或者采样率, 定义了每秒从连续信号中提取并组成离散信号的采样个数, 它用赫兹 (Hz) 来表示。采样频率的倒数是采样周期或者叫作采样时间, 它是采样之间的时间间隔。例如, 41 kHz指每秒采样41000次[23]。

## 5.2 解答

以下SDK代指SDK3或SDK2。

### 5.2.1 Part I答案

问题1: 飞机IMU原始数据是否能通过为WIFI回传; 帧率多少; 原始数据还是滤波之后的数据; 是否有精确的时间戳; 时间戳单位是毫秒还是纳秒?

答: IMU数据能否通过WIFI回传**不确定**, 有开发者在Parrot Blog里问过相似问题, 但开发者没有回复[17]。文献[3]根据SDK2的介绍, 我们可推测, 既然能连接WIFI, AT Command可发送, 时间间隔仅30毫秒情况下, IMU原始数据应该可以回传 (**假设AT Command和IMU数据回传是可以类比的**); **帧率未知; IMU数据是否是原始数据未知; 在时间戳模式开启状态下, 视频流录制时会有时间戳, 单位不确定**, 但根据问题2的回复, 很有可能是毫秒。

问题2: 前置鱼眼摄像头的图像能否通过SDK获取; 是否有时间戳; 时间戳单位是什么?

答: 前置鱼眼摄像头的图像能否通过SDK获取**不确定**, 但根据问题4的回复, 估计可以获取, **类似问题4的解答; 如果能获取图像**, 则有时间戳。因为视频流数据分辨率有设定为640x360和1280x720; 单位为毫秒。

问题3: 前置鱼眼摄像头的图像是原始图像还是畸变矫正后的图像; 是否做过电子稳像EIS?

答: **不确定**是否是原始图像, 同问题2的解答相似, 有可能提供原始图像。补充说明, SDK2确定是有RAW的, 可以根据源码文件, 完成RAW H264到MP4, MOV格式转换。但SDK3查不到类似信息, 如果源码可见, 则可以得到原始图像; 是否做过电子稳像**未知**。

问题4: SDK拿到的底摄图像数据是什么状态的; 图像数据是原始数据还是JPG压缩之后的数据?

答: 底摄数据能否拿到**不确定**, 但根据**底摄数据状态**定义, Parrot官网论坛[15]技术支持解释是视频流经过H264压缩, 需要解码。以安卓平台为例, 需要借助解码工具, 如MediaCodec解码原始RAW数据或原始YUV数据, 或其他能由ByteBuffer支持的格式 (该格式可进一步转换为其他格式, 估计是JPEG, Bitmap, Mat等格式[16]); 图像数据是否是原始数据还是压缩后的JPEG数据没有定论。根据文献[15], 估



计需要自己解码RAW，再转换成其他格式，如JPEG。另外，官网指出SDK3可设置图片格式，主要有(1) RAW; (2) 4:3 JPEG; (3) snapshot 16:9 from camera; (4) JPEG fisheye image，据此也可以估计是有可能得到RAW，JPEG或其他格式数据。

## 5.2.2 Part II答案

问题1：传感器 realsense T265

答：首先，T265 技术指标包含

(1) V-SLAM, Visual Inertial Odometry Simultaneous Localization and Mapping algorithms

(2) VPU, intel Movidius Myriad 2.0

(3)FOV, 两个鱼眼镜头，视场角 $163\pm5^\circ$

(4)BMI055 IMU

(5) USB 2.0和USB 3.1

(6) 尺寸 108x24.5x12.5 mm

(7) 安装类型是2xM3 0.5毫米间距安装插座；

其次，T265的关注焦点[20]是

- **不是深度摄像头**，不可以用来精确计算深度。但可以利用图象匹配原理计算粗糙的深度信息。要想精确计算深度参数，须同时配备D415和T265
- **T265支持Windows, Ubuntu系统**，Mac和Android暂不支持[21]。
- **硬件要求**：USB 2或 USB 3，可提供1.5W的电源，适当内存（具体多少未知），轮询6-DoF数据包每秒260次即可
- **用户不可以更改VPU算法**
- **wheel odometry**: T265有内置车轮里程表（精确度达毫米级），可提供车轮里程表或速度记数据
- **支持re-localize**: 前提是存在kidnapping case
- **支持低照度**，如15 lux，偶尔能更低
- T265可**多台使用**，相互不干扰，且独立于主机平台（host Independent）
- 可提供**standalone 6-DoF, Accel&Gyro, dual fisheye monochrome (8-bit) streams @ 848x800 30FPS**，采样率 260 Hz
- **没有额外的 sync connector like D400**

- 采用**自动曝光**，用户可自定义曝光值，也可通过么megadata获取曝光时间和增益
- **IMU Rates**: 200 Hz for Gyro; 62 Hz for Accel, 每隔33毫秒使用鱼眼相机的视觉数据校正一次 IMU drift
- **有时间戳**：参考“there are hardware timestamps on all streams, and a method to query device current time (the later is not yet exposed in LRS, but will be)”

问题2：计算平台nvidia TX2, nvidia TX1, nvidia Jetson Nano，高通骁龙820

答：参考见[24&25]

- nvidia Jetson TX2系列的技术参数

|              | TX2 8GB   | TX2 4GB                      | TX2i                |
|--------------|---|------------------------------|---------------------|
| GPU          | NVIDIA Pascal™ architecture with 256 NVIDIA CUDA cores      |                              |                     |
| CPU          | Dual-core Denver 2 64-bit CPU and quad-core ARM A57 complex |                              |                     |
| Memory       | 8 GB 128-bit LPDDR4   | 4 GB 128-bit LPDDR4          | 8 GB 128-bit LPDDR4 |
| Storage      | 32 GB eMMC 5.1  | 16 GB eMMC 5.1               | 32 GB eMMC 5.1      |
| Video Encode | 2x 4K @ 30 (HEVC)   |                              |                     |
| Video Decode | 2x 4K @ 30, 12-bit support                                  |                              |                     |
| Connectivity | Wi-Fi onboard   | Wi-Fi requires external chip |                     |
|              | Gigabit Ethernet  |                              |                     |
| Camera       | 12 lanes MIPI CSI-2, D-PHY 1.2 (30 Gbps)                    |                              |                     |
| Display      | HDMI 2.0 / eDP 1.4 / 2x DSI / 2x DP 1.2                     |                              |                     |
| UPHY         | Gen 2   1x4 + 1x1 OR 2x1 + 1x2, USB 3.0 + USB 2.0           |                              |                     |
| Size         | 87 mm x 50 mm   |                              |                     |
| Mechanical   | 400-pin connector with Thermal Transfer Plate (TTP)         |                              |                     |

- nvidia TX1技术参数

|                    |  |
|--------------------|--|
| GPU                | 1 TFLOP/s 256-core Maxwell                 |
| CPU                | 64-bit quad-core ARM A57 CPUs              |
| Memory             | 4 GB LPDDR4   25.6 GB/s                    |
| Storage            | 16 GB eMMC                                 |
| Networking         | 10/100/1000Mbit Ethernet                   |
| Camera             | 12 CSI DPHY 1.1 lanes Dual ISP, 1.5 Gb/sec |
| Display            | Dual pipeline HDMI/ eDP/DSI                |
| Video              | 4K 60 Hz decode 4K 30 Hz encode            |
| USB                | USB 3.0 + USB 2.0                          |
| PCIE               | Gen 2 1x1 + 1x4 (full x4 slot)             |
| Size               | 87 mm x 50 mm                              |
| Weight (incl. TTP) | 88 g                                       |

- nvidia Jetson Nano技术参数

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>GPU</b>          | NVIDIA Maxwell™ architecture with 128 NVIDIA CUDA® cores |
| <b>CPU</b>          | Quad-core ARM® Cortex®-A57 MPCore processor              |
| <b>Memory</b>       | 4 GB 64-bit LPDDR4                                       |
| <b>Storage</b>      | 16 GB eMMC 5.1 Flash                                     |
| <b>Video Encode</b> | 4K @ 30 (H.264/H.265)                                    |
| <b>Video Decode</b> | 4K @ 60 (H.264/H.265)                                    |
| <b>Camera</b>       | 12 lanes (3x4 or 4x2) MIPI CSI-2 DPHY 1.1 (1.5 Gbps)     |
| <b>Connectivity</b> | Gigabit Ethernet   |
| <b>Display</b>      | HDMI 2.0 or DP1.2   eDP 1.4   DSI (1 x2) 2 simultaneous  |
| <b>UPHY</b>         | 1 x1/2/4 PCIE, 1x USB 3.0, 3x USB 2.0                    |
| <b>I/O</b>          | 1x SDIO / 2x SPI / 6x I2C / 2x I2S / GPIOs               |
| <b>Size</b>         | 69.6 mm x 45 mm  |
| <b>Mechanical</b>   | 260-pin edge connector                                   |

• 高通骁龙 820技术参数

| Items           | Specs  |
|-----------------|--|
| GPU             | 1. Qualcomm® Adreno™ 530 GPU<br>2. API Support: OpenGL® ES 3.2, OpenCL™ 2.0 full, Vulkan® 1.0, DX11.2  |
| CPU             | 1. CPU Clock Speed: Up to 2.2 GHz<br>2. CPU Cores: Quad-core CPU, Qualcomm® Kryo™ CPU<br>3. CPU Architecture: 64-bit   |
| Memory          | 1. Memory speed: 1866MHz<br>2. Memory Type: LPDDR4, Dual-Channel   |
| Storage         | 1. eMMC: eMMC 5.1<br>2. UFS: UFS 2.0<br>3. SD: SD 3.0 (UHS-I)  |
| Video           | 1. Video Capture: Up to 4K Ultra HD video capture @ 30FPS<br>2. Video Playback: Up to 4K Ultra HD video playback<br>3. Codec Support: H.265 (HEVC), H.264 (AVC)                                  |
| Wi-Fi           | Wi-Fi on board   |
| Display         | 1. Maximum On-Device Display Support: 4K Ultra HD, 3840x2160<br>2. Maximum External Display Support: Up to 4K  |
| Camera          | 1. Image Signal Processor: Qualcomm Spectra™ image signal processor, 2x Image Signal Processor (ISP), 14-bit, Qualcomm® Clear Sight™ camera features<br>2. Megapixel Support: Up to 28 MP camera |
| USB             | USB 3.0 和 USB 2.0  |
| Bluetooth       | Bluetooth 4.1  |
| Audio Recording | 1. Recording Dynamic range: 109dB<br>2. Sampling Record: Up to 192kHz/24bit  |

问题3：计算平台算力比较（以浮点运算能力GFLOPS和GPU核心数量为标准）

答：参考见下表

| Model Name              | GFLOPS                  | GPU Cores核数            |
|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| Jetson AGX Xavier       | 10000                   | 512                    |
| Jetson TX2              | 1300                    | 256                    |
| Jetson TX1              | 1024(参考 <sup>29</sup> ) | 256                    |
| Jetson Nano             | 472（参考 <sup>28</sup> ）  | 128                    |
| Qualcomm snapdragon 820 | 588(参考 <sup>26</sup> )  | 256(参考 <sup>27</sup> ) |

问题4：调研传感器realsense T265是否可以在上述计算平台上运行

答：

- T265支持windows和Ubuntu, 目前不支持Mac OS和Android[21]
- TX2上可以运行T265, 但track有Bug, Intel正在解决中[30]
- TX1, Nano未知

## 6 总结

SDK3没有PDF资料, 所有信息和手册都在官网[5], 资料在Github上。但SDK2有完整的PDF资料。

## 7 TODO

后续将按照下面的顺序, 依次

- 调研Parrot SLAM Drunk
- 查阅Parrot SDK2 PDF资料补充核心问题的解答

## 参考文献

[1] <https://developer.parrot.com/docs/SDK3/?c#general-information>

[2] <https://en.wikipedia.org/wiki/MacOS>

[3] <https://jpchanson.github.io/ARdrone/ParrotDevGuide.pdf>

[4] <https://developer.parrot.com/docs/sphinx/index.html>

[5] <https://forum.developer.parrot.com/t/developer-guide-pdf/2133>

[6] <https://www.jianshu.com/p/64629007f063>

[7] [http://www.sohu.com/a/200289127\\_187494](http://www.sohu.com/a/200289127_187494)

- [8] <https://baike.baidu.com/item/惯性测量单元/7942440?fr=aladdin>
- [9] <https://baike.baidu.com/item/鱼眼摄像机/6093645>
- [10] <https://blog.csdn.net/dreamguard/article/details/83096071>
- [11] <https://blog.csdn.net/jacke121/article/details/80002423>
- [12] <https://zh.wikipedia.org/wiki/時間戳>
- [13] <https://www.digikey.cn/zh/articles/techzone/2018/oct/use-imus-for-precise-location-data-when-gps-wont-suffice>
- [14] <https://www.arduino.cn/thread-21925-1-1.html>
- [15] <https://forum.developer.parrot.com/t/save-video-frame-into-bitmap-in-android/2755/4>
- [16] <https://developer.android.com/reference/android/media/MediaCodec.html>
- [17] <http://blog.parrot.com/2014/11/28/ardronesdk3-for-bebop-drone-and-minidrones-has-been-released/>
- [18] <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1567651440369484&wfr=spider&for=pc>
- [19] <https://www.cnblogs.com/2008nmj/p/6269234.html>
- [20] <https://www.intelrealsense.com/tracking-camera-t265/>
- [21] <https://github.com/IntelRealSense/librealsense/issues/3129>
- [22] <https://baike.baidu.com/item/景深/82317?fr=aladdin>
- [23] <https://baike.baidu.com/item/采样频率?fromtitle=采样率&fromid=972301>
- [24] <https://www.nvidia.com/en-us/autonomous-machines/embedded-systems/jetson-nano/>
- [25] <https://www.qualcomm.com/products/snapdragon-820-mobile-platform>

[26] <https://wenku.baidu.com/view/3b83d277d1f34693dbef3e4f.html>

[27] [https://tieba.baidu.com/p/5312186730?red\\_tag=2644588143](https://tieba.baidu.com/p/5312186730?red_tag=2644588143)

[28] <https://blog.hackster.io/introducing-the-nvidia-jetson-nano-aaa9738ef3ff>

[29] <https://www.androidauthority.com/nvidia-jetson-nano-966609/>