

Snap!4iNav Project

1	产品系统名称	Snap! 4iNav	2	编号	
2	部门名称		4	工种名称	R&D
5	产品流程阶段		6	本文档产出物 归档编号	

跨部门审核流程				备注	
内审		外审			
<input type="checkbox"/> 技术总监		<input type="checkbox"/> 市场部门			
<input type="checkbox"/> 技术内审		<input type="checkbox"/> 结构部门			
<input type="checkbox"/> 测试内审		<input type="checkbox"/> 制造部门			
<input type="checkbox"/> 总经理					

Change Log

Date	Ver	Memo	Author	Check	Approve
2022.11.09	V0.1	初始版草稿，为了更好的整理思路与异地讨论。	Daniel	--	--
2022.11.10	V0.2	1) 第6-8章格式修改；2) CRWF 模块中 UWB 功能点描述移动到 UWB 产品章节；3) 增加 CRWF 模块相关功能点：链路锁定，恢复出厂设置等；4) 系统框图增加光流计；5) 补充机架及打印件配件章节	Daniel	--	--
2022.11.10	V0.3	CRWF 硬件规格：> 20FPS (50ms)；蓝牙 SpeedyBee；	Daniel	--	--
2022.11.11	V0.4	1) Snap4iNav 开发技能更新；2) 手机 App 增加 SpeedyBee 类似的配置界面功能；3) 系统框图明确磁力计；4) 修改 Snap4iNav 部分优先级；5) CRWF 模块改名 Snap 天空端；6) 明确测距传感+定点传感；7) 文档格式优化，增加飞控 mini AIO 工作；8) 新增定点定高模块；9) 根据《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例(征求意见稿)》进行限高和限制重量；10) 增加天空端花飞动作[Companion Computer]	Daniel	--	--
2022.11.12	V0.5	Snap 天空端增加支持 Scratch 接口(Tello)，并对手机 App 相关功能做相应调整【Snap 天空端原型可以直接被用于 Tello 产品系】	Daniel	--	--
2022.11.13	V0.6	1) 整机增加 Buzz 要求；2) 增加 Snap 天空端安装孔位要求/SRT 卡录保存/镜头视角/SRT 文件保存要求；3) Snap4iNav 和 Snap 编程的部分功能点同步；4) 手机 App 端新增配置 OSD 界面/SRT 文件保存要求；	Daniel	--	--
2022.11.17	V0.7	1) Snap 天空端和套机版本规划单独提出概念；2) 增加 DJI 协议相关参考资料；3) 验证了 BT SPP 无线对接 BetaFlight Configurator 功能，明确了 SpeedyBee 的定制协议(闭源无商业合作，无法使用 SpeedyBee App)	Daniel	--	--
2022.11.21	V0.8	1) 明确无线视频帧速率和视频延迟要求；2) 新增 BT SPP 需求(对接 PC 配置工具)；3) 补充 SnapAirUnit 外观和模式指示灯描述；4) EDU 版本硬件框图补充；5) 增加 EDU 蓝牙软件实现样式；6) 增加 IO 控制(ON/OFF) + 精准投递应用；7) 增加串行扩展接口；8) 支持 MAVLink 协议	Daniel	--	--
2022.11.22	V0.9	1) 整理 Tello UDP 协议实现细节；2) 定点定高参考 MATEK 光流计+激光雷达；3) 将 Tello UDP 协议功能提取到技术协议接口；	Daniel	--	--
2022.11.24	V0.10	1) 光流+测距模块功能点更新；2) UWB 标签成熟方案注释；3) 定高定位模块，增加 Mag 磁力计	Daniel	--	--
2022.11.28	V0.11	1) 修正定高定位模块软件接口协议；2) 修正部分 UWB 模块后续支持协议；3) 伴机电脑加入 SnapAirUnit 规划，考虑 VINS-Fusion；4) 修正伪 GPS UWB 市场产品信息(产品市场价格偏高，性能未知，可考虑集成测试)	Daniel	--	--
2022.12.03	V0.12	1) 标注及部分描述修改；2) 商业闭环讨论内容更新，前期主要技术、兴趣驱动需求。	Daniel	--	--

2022.12.16	V0.13	1) 增加 SnapAirUnit 硬件接口详细描述; 2) 新增 SnapAirUnit Rx 接收机功能; 3) 补充部分 iNavRC 控制协议技术文档; 4) 配套电子系统框图调整; 5) 移除 CleanFlight/EmuFlight, 支持主流 iNav/BetaFlight/ArduPilot; PX4 商业友好度高后续如有更紧密的飞控端代码开发可考虑	Daniel	--	--
------------	-------	---	--------	----	----

Contents

1. Purpose	6
2. Background	6
3. Scope	6
4. Definitions	7
5. To Do	7
6. 总体需求&阶段安排	8
6.1 需求	8
6.2 阶段	8
7. 需求讨论	9
7.1 11 月 06 日需求讨论	9
7.2 11 月 09 日需求讨论	9
7.3 11 月 10 日 Snap 天空端硬件选型讨论	9
7.4 11 月 11 日 EVT 阶段 Snap 天空端目标讨论	10
7.5 11 月 12 日 Snap 天空端目标讨论	10
7.6 11 月 22 日 Snap 天空端需求讨论	10
7.7 11 月 23 日定高定位模块讨论	11
7.8 12 月 03 日商业运作，产品化需求及项目节点讨论	11
7.9 12 月 16 日关于 SnapAirUnit 新增通用 Rx 模组的讨论	12
8. 电子系统设计框图	13
8.1 偏硬(VI/VO，模拟)	13
8.2 偏软(推荐方案)	13
9. 【纯软件】手机 App	14
9.1 功能点	14
9.2 人员要求	16
9.3 TODO	16
10. 【嵌入式模块】Snap 天空端	17
10.1 功能点	17
10.2 版本	19
10.3 外观	20
10.4 人员要求	21
10.5 TODO	21
11. 【纯软件】Snap4iNav	22
11.1 功能点	22
11.2 人员要求	23
11.3 TODO	23
12. 【纯软件】Snap 实例编程	24
12.1 功能点	24
12.2 人员要求	24
12.3 TODO	24

13. 【套件】小机架(2.5 寸)	25
13.1 功能点	25
13.2 版本	25
13.3 人员要求	25
13.4 TODO	26
14. 【第三方产品】UWB 定位系统	27
14.1 功能点	27
14.2 产品清单	27
14.3 TODO	27
15. 【结构】机架+打印件	28
16. 【硬件】飞控 AIO (mini)	28
17. 【硬件】定高定位模块	29
17.1 功能点	29
17.2 外观	30
17.2.1 尺寸	30
17.2.2 配置	30
17.2.3 安装	31
17.3 人员要求	31
17.4 TODO	31
18. Reference	32
19. Appendix	33
19.1 2022 年中国民用无人机发展现状分析：行业机遇与挑战共存	33
19.2 2025 年全球民用无人机市场规模将达 5000 亿元	35

1. Purpose

The objective of the document is listed below:

- a) Standardize technical document;
- b) Make it easy for new requirements;
- c) Facilitate system level planning and changes;

2. Background

After school education direction prevails due to quality education and burden reduction policy.

Snap!4iNav is designed for youth (kids and adult) to get a basic understanding of auto pilot, which will cultivate talents from generation to generation of automation, physics, electronics, mathematics, computer, aviation, and etc.

This project aims to provide an basic kit connecting open-source flight controller for people interested in the area to:

- 1) easily and safely get hands on small quads' flight
- 2) get basic knowledge about auto-pilot for drones
- 3) grasp and plan for an auto-flight mission with visual programming indoors
- 4) prepared for big plans, to see the beauty of the outside world from "God's perspective"
- 5) extend people's imagination of solving different kinds of issue we may facing: such as patrols, surveillance, area assessment, vast area rescue search etc.
- 6) much more greater ambition will be need to accomplish the work :)

3. Scope

Internal technical R & D personnel of the company, includes:

- (1) Technical Director
- (2) Project Engineer
- (3) Technology Manager
- (4) R & D Engineer
- (5) Test Engineer
- (6) Technical Support Engineer
- (7) Operation and Maintenance Engineer

Note: The above-mentioned relevant personnel do not involve management personnel.

4. Definitions

- UART: Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
- NCP: Network Co-Processor
- MCU: Micro-Controller Unit
- CRC: Cyclic Redundancy Check
- ADC: Analog-to-Digital Converter
- RSSI: Received Signal Strength Indication
- EVT: Engineer Verification Test
- DVT: Design Verification Test
- PVT: Production Verification Test
- CRWF: Camera-Receiver-WiFi Module
- FC: Flight Controller
- CC: Companion Computer
- EDU: Education
- PRO: Professional
- HPC: High PerformanCe
- BT: Bluetooth
- SPP: Serial Port Profile
- GCS: Ground Control Station

5. To Do

- The capacity & operation of the market(World/China) is unknown.
- Figures and Numbers in are questionable, need to be verified.
- Cost/Retail price prediction might be needed, compared with similar products.

6.总体需求&阶段安排

注：模型航空器，是指重于空气、有尺寸和重量限制、不载人，不具有控制链路回传遥控站（台）功能或者自主飞行功能，仅限在操纵员目视视距内飞行或者借助回传图像进行第一视角遥控操纵飞行的无人驾驶航空器，包括自由飞、线控、无线电遥控模型航空器。『1』

6.1 需求

1. 【HL】通过计算机可视化编程，将逻辑思维与物理世界联系起来。
2. 【HL】通过体验->学习->实践，循序渐进的螺旋式大脑认知体系，逐步掌握和理解计算机、自动化、电子、物理、数学和导航等基础理论知识。
3. 【HL】【产品】紧密围绕开源社区，用先进科学的理念提供高质量系统产品
4. 【DL】【硬件】支持 BetaFlight/iNavFlight/ArduPilot 飞控原生固件
5. 【DL】【软件】支持 BetaFlight/iNavFlight/ArduPilot (航模)可视化编程
6. 【DL】【硬件】【结构】模块化设计，方便组装和维修替换
7. 【DL】【结构】安全、稳定、可靠、耐摔

6.2 阶段

1. DEMO 验证阶段(EVT) //验证样机(关键技术验证)
2. 产品开发阶段(DVT) //产品演示(可支持实验局)
3. 产品优化阶段(PVT) //小量出货(可支持商业应用)

7.需求讨论

注1：进一步需求待澄清和细化。

注2：所有外购或者自研都需要走标准接口，否则很难保证与开源社区的长期兼容和共存。

7.1 11月06日需求讨论

1. 简化复杂度(PC配置飞控固件，EVT阶段自由产品不支持蓝牙和SpeedyBee)，主要采用WiFi做为视频和控制链路。若后续产品需要SpeedyBee，可以考虑引出RxTx外接模块。
2. 增加可视化编程的复用性，健壮性，易用性，不再自研Desktop应用来做专门的编队飞行软件。从进一步提高可视化编程的扩展性应用。
3. 分析2.5寸机型不大不小，可以用于验证样机。

7.2 11月09日需求讨论

1. 基于V0.1开展相关测试内容，得出测试数据以便进一步调整功能点优先级以及后续重点工作事项。
2. UWB模块产品市场有定义，真实售卖产品需要进一步对接，如果有需要购买进行实测。如果没有需要根据测试结果，考虑阶段性目标是否涉及UWB定位（尤其是可视化群飞应用）
3. 了解下大疆Tello的产品规格和功能特点。

7.3 11月10日Snap天空端硬件选型讨论

1. 性价比考虑：图传+接收机+蓝牙(SpeedyBee)
2. 核心亮点：Snap4iNav AIO硬件；支持可视化编程；支持手机遥控；支持蓝牙调参
3. 硬件选型：全志MR100/评估ESP32-S3-CAM，硬件上WiFi和BLE好像不是并行的，采用时分复用的，且ESP32没有视频编码引擎，性能可能不理想/其他淘宝玩具对应硬件方案
4. 考虑规格：WiFi距离200~300米可视距离；2.4G更为常规，5.8G干扰少；25FPS(40ms)

7.4 11 月 11 日 EVT 阶段 Snap 天空端目标讨论

1. 玩具飞机的 WIFI 摄像方案验证测试样机，相对低成本，且市场成熟。
2. 若可行，在 DVT 阶段做标准协议的 Snap 天空端。
3. 特洛 Tello 链路：scratch 2 <--> node js (http2udp bridge) <--> Tello (udp)
4. 考虑先用无人机玩具进行验证，飞控硬件仍然用开源的，软件期望沿用 Tello 那套。
5. 技术层面存在较多软件层面的接口转换问题(Tello 采用闭源固件，黑盒对外接口与 MSP 协议差距较大；根据 Tello SDK 协议对模型进行厘米级别的移动操作，需要伴机电脑基于传感融合数据做出动作，因此更需要 Snap 天空端进行精确的控制处理。)。

7.5 11 月 12 日 Snap 天空端目标讨论

1. 硬件方案建议：君正(T31, 内置 1G DDR) + SPI 16MB(NorFlash) + 500w 摄像头(SC5238) + WiFi + IR-CUT(镜头), 期望(BOM Cost)成本控制在 100 以内，方案暂时无法支持蓝牙。常规 IPC 镜头有 M18 2.8/4/6mm, 可选配特殊规格 1.7mm。
2. GitHub: AocodaRCAirUnit(<https://github.com/aocodarc/AocodaRCAirUnit>)
3. 外包项目，玩具摄像头厂家研发硬件方案下周待定。
4. DJI 天空端 MSP 协议抓包测试，辨别协议是基于 MSP V2 or MSP V2 over V1，自研可以直接使用 MSP V2。
5. 目前基于 MSP 协议的链路基本打通，需求优先级清单与商业计划，验证计划有关。需要进一步明确商业计划，验证计划，以及 Snap 天空端进行增删减和功能点优先级调整。

7.6 11 月 22 日 Snap 天空端需求讨论

1. 讨论了实际摄像头录像 FPS 及延时，玩具摄像头规格与 FPV 问题，待验证大疆 Tello 手机视频 FPS 和延时性能数据。
2. 当前主要难点：a) 市场上兼容 GPS NMEA 0183 协议 UWB 模块成熟产品；b) 类似大疆 Tello 控制向前、向后、向左、向右、向上、向下，移动 x cm 距离如何在 MSP 协议 throttle/yaw/roll/pitch + 传感数据(GPS/Alt 等)来实现 cm 精度移动。
3. SnapAirUnit 代码开源并非重点，关键是在 MSP 协议基础上对 cm 精度的控制模型和配置参数，考虑后续进行相关操作动作的建模。
4. 当前重点工作：a) UDP 打通 MSP 协议；b) HTTP/HTTPS 打通 Snap 编程；c) Education ESP32 版本开发工作；d) 兼容 GPS NMEA 0183 协议 UWB 成熟产品；e) 2.5 inch 整机测试(定高定点)，及调试机组装。

7.7 11 月 23 日定高定位模块讨论

1. MATEK 模块关于定高使能 VL3510X 芯片的问题
2. upixels 的 UP-FLOW-LC-319 模块协议兼容性问题讨论，不兼容 iNav
3. 自研定高定位模块研发方式及协议功能讨论

7.8 12 月 03 日商业运作，产品化需求及项目节点讨论

1. 需要整理下业态，多少公司 3 个月内能转这个方向，多少已经在这个方向，竞品公司主要哪几家。
2. 竞品公司，目前营业额和商业模式是怎么样的
3. 如果我们进去培训行业，如何与已经进入或者正在进入的企业区分，突出我们的优势，我们的定位是什么
 - 拥抱开源生态，无缝衔接专业航模
 - 服务特色是什么，相较于其他公司的培训服务
4. tello, makerfire, 其他类似无人机的差异分析对比
 - 市场产品对比
 - 硬件方案对比
 - 测试性能对比
5. 关于产品定位：其他闭源玩具无人机，是否可以有其他思路，比如：让他们做一套类似 tello 的，然后我们去市场试水？
6. 关于精准定位：上次 LinkTrack 提供伪 GPS 基于 UWB 定位
 - 大疆 tello，采用视频定位
 - litebee 采用基站定位
7. 产品规格及需求确认 ==》 配套项目 & 产品立项
 - 硬件产品（嵌入式功能规格，结构 ID 设计，包括机架设计）
 - 软件产品（手机 App）
 - 配套资料（培训，宣传，测试等）
8. 关于开发人员问题：公司内部研发，信任熟悉的合作伙伴，三方外包(猪八戒等)
9. 关于 BP 模式下，研发产品功能可以具体讨论当前比较关注的开源软件带来的问题：
 - 定位精度问题
 - 八向移动 cm 精度控制问题
 - 机头指向 Heading 问题
10. 在明确市场定位和产品需求的角度(这里从拥抱开源及飞行控制的角度，思考)
 - 培训采用 简单智能 + 原生态飞控自稳/半自稳 方式 //将飞手+可视化编程+飞行历史及操作结合起来
 - 在设计方面，逐步增加 天空端智能化程度 (视频 + AI + 复杂动作建模)
 - 推进步骤建议：渐进式(玩具==》培训（可视化编程+培训比赛）==》业余航模==》竞赛==》无人机应用) //通过飞控开源社区贯穿主线
11. 同类产品从网上信息得知：有大品牌类似玩具机型，也有其他小品牌培训玩具机型，且存在培训策划及配套文案。[从实际测试效果角度，目前尚有 cm 级别精度控制存](#)

[疑（且可能无高性价比 cm 级精度定位方案）](#)。在运营角度尚未通盘闭环(本土化？，体育培训？)。基于 v0.11 版本项目文档，初步分析结果：产品价格无优势，渠道无优势，服务和特色尚未纸质定义明确。

7.9 12 月 16 日关于 SnapAirUnit 新增通用 Rx 模组的讨论

1. 提出 SnapAirUnit 不仅仅通过 WiFi 基于 MSP 协议进行控制，期望增加传统遥控器 Rx 接收机功能以便更加符合现实 DIY 应用场景；
2. 传统遥控器 Rx 接收机采用模组化设计，以便 SnapAirUnit 硬件上能够更加规范和统一设计；
3. 如能借用 SnapAirUnit 的 MCU 集成传统遥控接收机功能，将便于 AIO 紧凑设计，性价比更高。但需要考虑软件的稳定性和可靠性；
4. 进一步完善 SnapAirUnit 整个 layout 结构定义；
5. 从目前验证及功能角度，上述产品具有实际市场落地意义；
 - 具备无线(WiFi/BT)通信方式，地面站配置灵活、便捷
 - 集成传统 Rx 接收机便于 Rx 模块在 5 寸等机架上上的安装
 - 采用三合一接口减少传统穿越机的走线，更加模块化
 - 为后续无人机电脑控制硬件原型设计奠定基础

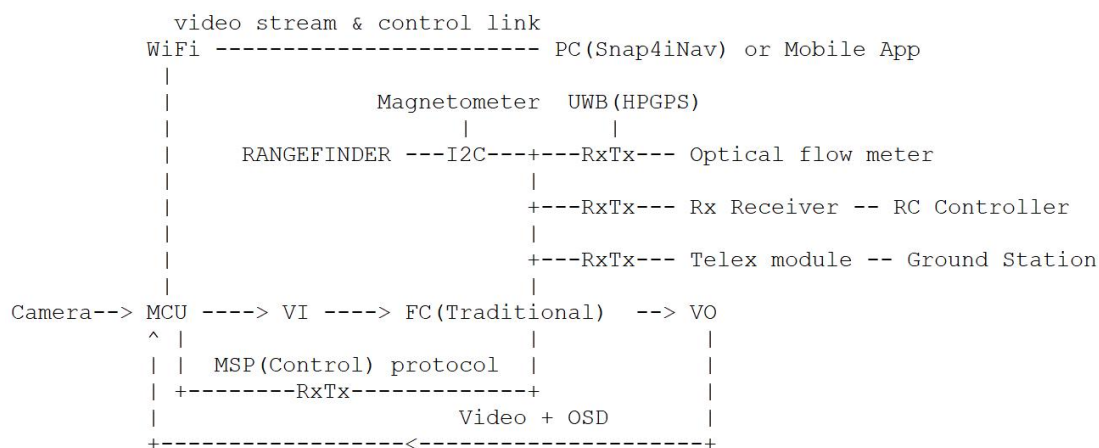
8. 电子系统设计框图

基于 iNav 飞控硬件，在不修改 iNav 飞控代码的前提下进行电子系统设计。

注：FC(Traditional)指目前市场上常规的飞控，传感器集成 IMU/Baro。

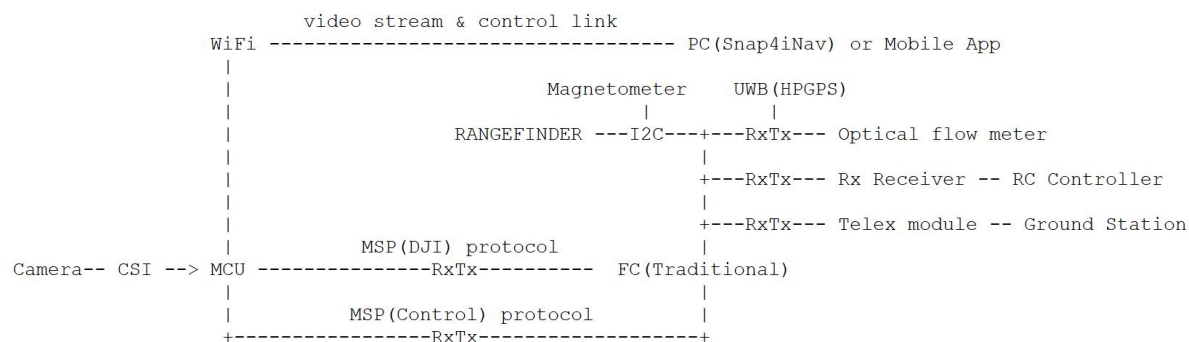
8.1 偏硬(VI/VO，模拟)

该方案基于模拟图传方案，有较多冗余电子器件，整体成本偏高且链路逻辑复杂。



8.2 偏软(推荐方案)

该方案采用数字图传方案，从整体设计简洁性、复用性、模块化角度来说优选。



9. 【纯软件】手机 App

9.1 功能点

==》视频(链路: WiFi)

- 【MUST】实时显示: 整体延时(摄像头到手机界面, WiFi 信号良好状态) < 25ms ???
- 【MUST】视频录像、回放
- 【MUST】拍照、相册浏览
- 可配置: 【MUST】手机录像[Yes or No]; 【OPTION】卡录[Yes or No]

==》控制(链路: WiFi)

- 【MUST】arm/disarm
- 【MUST】throttle/pitch/roll/yaw
- 【MUST】一键自动降落
- 【MUST】低电告警
- 【NICE2HAVE】mode: altHold/auto/acro, 默认配置: altHold
- 【MUST】链路信号告警(心跳检测)
- 【OPTION】一键 FAILSAFE
- 【MUST】自动扫描模型飞机
- 【MUST】自动绑定模型飞机
- 【NICE2HAVE】模型飞机链路锁定/解锁

==》花飞动作(链路: WiFi) //可在 App 上实现动作时间快速测试验证, 然后移植到天空端

- 【MUST】一键环绕
- 【NICE2HAVE】一键轻松弹跳
- 【NICE2HAVE】八向翻滚
- 【NICE2HAVE】一键飞远
- 【OPTION】一键抛飞

==》界面

- 控制界面
 - 【MUST】视频
 - 【MUST】throttle/pitch/roll/yaw
 - 【MUST】信号质量
 - 【MUST】飞行时间
 - 【MUST】电池电压
 - 【MUST】支持告警(闪烁+变色, 提示)
 - 【MUST】飞行速度、高度 (高度、速度告警: > 30m, > 40km/h, 限高 50m)
 - 【MUST】虚拟摇杆
- 视频配置
 - 【MUST】帧速率 20/25/50/60/120 FPS ???
 - 【MUST】4:3 or 16:9
 - 【OPTION】卡录[Yes or No]
 - 【OPTION】OSD 打开[Yes or No]
- 设备校准

- **【NICE2HAVE】** IMU 校准
- **【NICE2HAVE】** Mag 校准
- **【NICE2HAVE】** 光流计校准
- 设备信息
 - **【MUST】** WiFi 工作模式
 - **【MUST】** WiFi 地址
 - **【MUST】** 状态信息：电压等
 - **【NICE2HAVE】** SN
 - **【OPTION】** UUID
 - **【OPTION】** 固件升级
- 参数配置
 - **【MUST】** 恢复天空端出厂设置
 - **【MUST】** 虚拟摇杆 [美国手 or 日本手]
 - **【NICE2HAVE】** 配置 WiFi 模式：STA/AP (ssid, password)
 - **【NICE2HAVE】** 配置蓝牙模式
 - **【OPTION】** 对模型飞机进行类似 SpeedyBee 的参数配置等 //具体项目待讨论
- OSD 配置 // 参考 BetaFlight/iNav 的 OSD 配置界面
 - **【OPTION】** DJI_MSP_API_VERSION, e.g. 1.42
 - **【OPTION】** DJI_MSP_FC_VARIANT
 - **【OPTION】** DJI_MSP_FC_VERSION
 - **【OPTION】** DJI_MSP_NAME, e.g. AOCODARC
 - **【OPTION】** DJI_MSP_OSD_CONFIG
 - **【OPTION】** DJI_MSP_FILTER_CONFIG
 - **【OPTION】** DJI_MSP_PID_ADVANCED
 - **【OPTION】** DJI_MSP_STATUS
 - **【OPTION】** DJI_MSP_RC
 - **【OPTION】** DJI_MSP_RAW_GPS
 - **【OPTION】** DJI_MSP_COMP_GPS
 - **【OPTION】** DJI_MSP_ATTITUDE
 - **【OPTION】** DJI_MSP_ALTITUDE
 - **【OPTION】** DJI_MSP_ANALOG
 - **【OPTION】** DJI_MSP_RC_TUNING
 - **【OPTION】** DJI_MSP_PID
 - **【OPTION】** DJI_MSP_BATTERY_STATE
 - **【OPTION】** DJI_MSP_ESC_SENSOR_DATA
 - **【OPTION】** DJI_MSP_RTC
 - **【OPTION】** DJI_MSP_STATUS_EX
 - **【OPTION】** DJI_MSP_RTC

9.2 人员要求

软件工程师

==》开发技能: Android/iOS

==》领域经验: 手机 App 开发经验; TCP/IP 二进制协议开发经验; WiFi 摄像头视频流开发经验;

【可选】蓝牙串口开发经验

9.3 TODO

==》1) 开发人员安排

==》2) 功能点细化(Issue+ Tags)

==》3) 时间节点规划(Milestone)

10. 【嵌入式模块】Snap 天空端

10.1 功能点

==》支持摄像头

- 【MUST】500W 像素 //支持 4:3(2560×1920)/16:9(2560×1440)
- 【MUST】FOV D >=165 //建议 180, 比如 M18 1.7mm
- 【MUST】支持视频流 //比如: RTP/RTSP 协议, 建议基于 UDP 的视频流(干扰环境, 牺牲质量)
- 【MUST】视频延迟 <= 100ms //data acquire + compression < 60ms; WiFi latency < 20ms; decoding < 20ms
- 【MUST】视频帧速率 >= 30FPS //支持帧速率调整(低延迟模式/高画质模式)
- 【MUST】支持 Scratch (Tello) 选项卡图像识别 //AI 算力进行图像识别
- 【NICE2HAVE】支持 MIC 音频
- 【NICE2HAVE】支持 MSP(DJI)协议
- 【NICE2HAVE】支持视频流(摄像头 + OSD) //OSD 能以 SRT 文件保存在手机更好
- 【NICE2HAVE】支持卡录视频[Yes or No] //编组飞行带宽可能不够, 甚至控制链路延迟增加
- 【NICE2HAVE】支持卡录 SRT 文件
- 【TBD】其他摄像头规格, 待基本嵌入式软硬件选型确定在做拓展

==》WiFi 桥接 & 功能 //udp + 心跳

- 【MUST】支持自动扫描模型飞机 //比如: ONVIF/PSIA or 自定义广播/组播???
- 【MUST】支持自动绑定模型飞机 //最多支持 2 个绑定, 遥控器+地面站; 手机操作后将抢占地面站
- 【NICE2HAVE】支持链路绑定秘钥鉴权
- 【NICE2HAVE】支持模型飞机链路锁定/解锁 //锁定后将不再被扫描到; 无链路自动解锁
- 【MUST】支持 MSP 控制协议
- 【MUST】支持 Tello UDP 协议
- 【MUST】支持恢复出厂设置 //AP 模式 + 【NICE2HAVE】清空秘钥, 等其他默认设置
- 【MUST】支持链路心跳检测 //超过 50 秒心跳丢失, 触发飞控 FAILSAFE
- 【NICE2HAVE】支持 UUID 辨识模型飞机 //编组飞行
- 【OPTION】支持 MAVLink 协议

==》配置 & 功能

- 【MUST】模式按键恢复出厂设置 //长按电源键 6 秒; 状态指示灯+模式指示灯熄灭释放按键
- 【MUST】支持 WiFi & USB 固件升级
- 【MUST】支持手机配置 WiFi 模式: STA/AP(ssid, password)
- 【NICE2HAVE】支持手机配置蓝牙模式
- 【NICE2HAVE】支持 DJI OSD 开关 //开: 视频流叠加 OSD, 本地保存原始视频和 SRT 文件; 关: 不保存 SRT 文件,

且视频流与卡录视频一样均无 OSD

- 【NICE2HAVE】支持 GPIO 开关功能 //扩展机械、结构、控制模块, 比如: 抓钩
- 【OPTION】支持串行(TTL/CAN)扩展功能

==》硬件接口

- 【MUST】WiFi RF 性能: 200-300 米左右(大约 50mW~100mW, 实测)
- 【MUST】MMCX 天线接口 (WiFi/BT/Rx) //ipx 太容易脱落

- 【MUST】三合一接口，类似 DJI 的 Connector (7-24V, GND, OSD_Rx, OSD_Tx, MSP_Rx, MSP_Tx)
- 【MUST】传统 Rx 接收机接口(GND/5V/Rx/Tx), RF 性能符合航模要求 //结构标准化: 固定孔位/贴片尺寸???
- 【MUST】GPIO 按钮 //模式切换: 上电默认 WiFi(AP) --> WiFi(STA) --> BT(SPP) --> 循环; 支持重启/恢复出厂设置
- 【MUST】20 x 20mm 安装孔位 (Compact 紧凑安装方式, 适合大多数穿越机安装)
- 【MUST】蓝牙桥接 & 功能, 支持 MSP 控制协议 (Bluetooth SPP Device)

==》复杂动作(花飞) TBD //[趋势]能减轻控制链路带宽压力, 且动作完整性和时序控制会更加的精准

- 【MUST】一键环绕 //altHold + MSP_ALTITUDE + MSP_ATTITUDE + MSP_SET_RAW_RC + MSP_RAW_GPS
- 【NICE2HAVE】一键轻松弹跳 //altHold + MSP_ALTITUDE + MSP_SET_RAW_RC
- 【NICE2HAVE】八向翻滚 //altHold + MSP_ALTITUDE + MSP_ATTITUDE + MSP_SET_RAW_RC
- 【NICE2HAVE】一键飞远 //altHold + MSP_ALTITUDE + MSP_ATTITUDE + MSP_SET_RAW_RC + MSP_RAW_GPS
- 【NICE2HAVE】任务轨迹 //altHold + MSP_ALTITUDE + MSP_ATTITUDE + go + MSP_RAW_GPS
- 【NICE2HAVE】多边形轨迹 //altHold + MSP_ALTITUDE + MSP_ATTITUDE + go + MSP_RAW_GPS
- 【OPTION】一键抛飞

==》状态指示灯

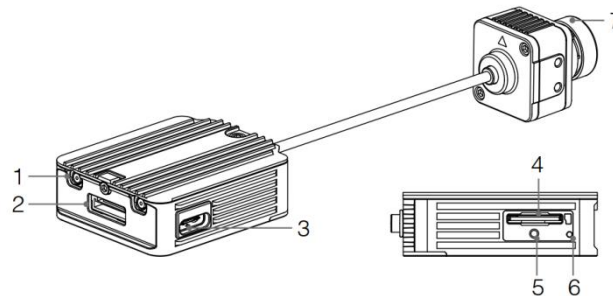
- 【MUST】慢闪烁: 等待连接
- 【MUST】快速闪烁: 出厂模式(超时 180 秒, 等待固件升级)
- 【MUST】两次快闪: 等待绑定状态(未设置密码)
- 【MUST】三次快闪: 异常状态(协议不匹配, 自检错误等)
- 【MUST】常亮: 已连接建立

==》模式指示灯

- 【MUST】常亮: WiFi-AP 模式
- 【MUST】慢闪: WiFi-STA 模式
- 【NICE2HAVE】快闪: BT-SPP 模式(配置模式)

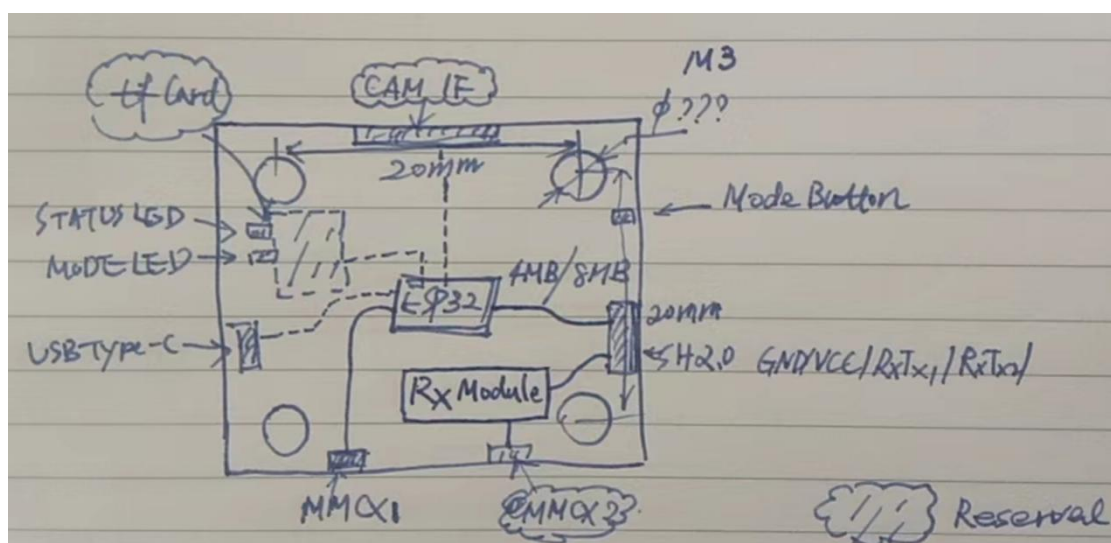
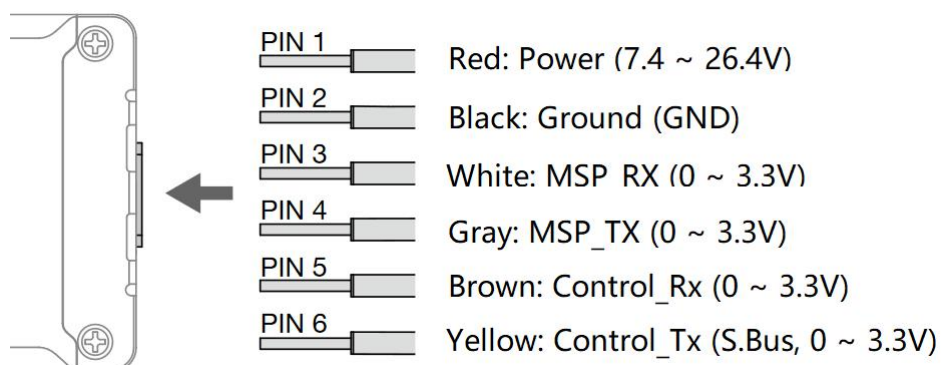
注: 相应功能具体协议格式, 需在架构和模块设计时给出, 并进行接口版本管理。

10.3 外观



1. MMCX 天线; 2. 三合一接口; 3. USB-C 接口; 4. micro-SD CF 卡;
5. AP/STA/SPP 模式选择; 6. 模式 & 状态 指示灯; 7. 摄像头

注: EDU 版本没有摄像头; EDU & Standard 版本 MMCX 天线一根, Pro & HPC 版本 MMCX 天线 2 根; 外壳打印件(支持 30mm x 30mm 转接, PCBA 直接紧凑安装 20mm x 20mm)。



10.4 人员要求

嵌入式软件 + 嵌入式硬件 工程师

==》开发技能：嵌入式软件(C/C++, shell(bash), Linux); 嵌入式硬件(略)

==》领域经验：嵌入式软件(摄像头, WiFi, Bluetooth 开发经验)

10.5 TODO

==》1) 开发人员安排

==》2) 功能点细化(Issue+ Tags)

==》3) 时间节点规划(Milestone)

11. 【纯软件】Snap4iNav

11.1 功能点

- ==》【MUST】搜索所有模型飞机
- ==》【MUST】连接最先搜索到的模型飞机
- ==》【MUST】断开模型飞机链接
- ==》【NICE2HAVE】模型飞机链路锁定
- ==》【NICE2HAVE】连接指定模型飞机 //IP or UUID，编队飞行
- ==》基础功能
 - 【MUST】arm/disarm //编程飞行必须 auto level 模式
 - 【MUST】throttle
 - 【MUST】pitch
 - 【MUST】roll
 - 【MUST】yaw
 - 【MUST】forward x
 - 【MUST】backward x
 - 【MUST】left x
 - 【MUST】right x
 - 【MUST】up x
 - 【MUST】down x
 - 【MUST】cw degree
 - 【MUST】ccw degree
 - 【MUST】flip x
- ==》高级功能
 - 【MUST】altHold
 - 【MUST】takeoff
 - 【MUST】autoLand
 - 【MUST】emergence
 - 【NICE2HAVE】speed
 - 【NICE2HAVE】posHold
 - 【NICE2HAVE】goto
 - 【NICE2HAVE】mission
 - 【OPTION】flyPolygon
 - 【OPTION】orbit

11.2 人员要求

软件工程师

==》开发技能: Sanp!, NW.js or C/C++ or python or Electron.js

==》领域经验: HTTP/HTTPS 服务开发经验; TCP/IP 二进制协议开发经验; Snap! Block 开发经验

11.3 TODO

==》1) 开发人员安排

==》2) 功能点细化(Issue+ Tags)

==》3) 时间节点规划(Milestone)

12. 【纯软件】Snap 实例编程

12.1 功能点

实例编程

==》【MUST】【基础编程】解锁 + 上锁

==》【MUST】【基础编程】解锁 + 起飞 + 自动降落 + 上锁

==》【MUST】【基础编程】解锁 + 起飞 + 动作(高度保持) + 自动降落 + 上锁

==》【MUST】【基础编程】解锁 + 起飞 + 动作(前进 和/或 后退) + 自动降落 + 上锁

==》【MUST】【基础编程】解锁 + 起飞 + 动作(左倾 和/或 右倾) + 自动降落 + 上锁

==》【MUST】【基础编程】解锁 + 起飞 + 动作(前进 x cm 和/或 后退 x cm) + 自动降落 + 上锁

==》【MUST】【基础编程】解锁 + 起飞 + 动作(左移 x cm 和/或 右移 x cm) + 自动降落 + 上锁

==》【MUST】【基础编程】解锁 + 起飞 + 动作(左旋 d 度 和/或 右旋 d 度) + 自动降落 + 上锁

==》【MUST】【中础编程】解锁 + 起飞 + 动作(位置保持) + 自动降落 + 上锁

==》【MUST】【中级编程】解锁 + 起飞 + 动作(任务轨迹运动) + 自动降落 + 上锁

==》【MUST】【中级编程】解锁 + 起飞 + 动作(loiter 轨迹运动) + 自动降落 + 上锁

==》【MUST】【高级编程】解锁 + 起飞 + 动作(任务轨迹运动 + 急停) + 自动降落 + 上锁

==》【MUST】【高级编程】解锁 + 起飞 + 动作(任务轨迹运动 + 急停 + 紧急事件) + 自动降落 + 上锁

==》【MUST】【高级编程】解锁 + 起飞 + 动作(任务轨迹运动 & loiter + 急停 + 紧急事件) + 自动降落 + 上锁

==》【MUST】【高级编程】编队飞行 + 音乐

==》【NICE2HAVE】【高级编程】UWB 电子围栏

==》【OPTION】【高级编程】花飞动作设计(PowerLoop/Split-S/MattyFlip 等等)

==》【OPTION】【高级编程】程控竞速 // 需要额外红外硬件应答设备

12.2 人员要求

软件工程师

==》开发技能: Python(Preferred, 解释性语言) or C/C++, Sanp!

==》领域经验: 无

12.3 TODO

==》1) 开发人员安排

==》2) 功能点细化(Issue+ Tags)

==》3) 时间节点规划(Milestone)

13. 【套件】小机架(2.5 寸)

13.1 功能点

==》飞控：控制板 + 模组

- 【MUST】控制板：IMU + baro + ESC
- 【MUST】光流计：Optical flow meter //方便结构安装，位于飞机底部(视觉定位)
- 【MUST】测距传感：laser range finder //低空定高 4 - 400cm, VL53L0X/VL53L1X
- 【MUST】Snap 天空端：Camera-Receiver-WiFi Module //信号最优，优化结构
- 【NICE2HAVE】支持 GPS or UWB
- 【NICE2HAVE】支持蓝牙(BT SPP Uart)
- 【NICE2HAVE】支持外接 RxTx 传统接收机 //引出串口 GND/Rx/Tx
- 【NICE2HAVE】支持 Buzz
- 【OPTION】支持数字 VTX(DJI 数字图传) //模拟暂不考虑，WiFi 图像会更有，充其量对接数字 FPV

设备(但结构受限)

==》续航时间

- 【MUST】5~10 分钟 //满足一首歌曲编队飞行时间要求 >5 分钟
- 【MUST】电池规格 2S ~ 【NICE2HAVE】3S

==》【MUST】总质量不超过 250g (含动力电池)

13.2 版本

- 【OPTION】HPC 版本：TBD
- 【NICE2HAVE】Pro 版本：Snap Air Unit (Pro version); 主流飞控 MCU, 选型(>=2MB Flash)
- 【MUST】Standard 版本：Snap Air Unit (Standard version)
- 【NICE2HAVE】Mini 版本：Snap Air Unit (Education version)

13.3 人员要求

飞手/硬件工程师/软件工程师

==》开发技能：焊接，组装，调试，试飞

==》领域经验：模型飞机组装/调试经验

13.4 TODO

==》 1) iNav 激光定高，光流计水平定位，期望没有漂移
要求：

- 多次重复测试，记录上下左右漂移多少 cm；
- 表格记录测试结果；
- 视频(且根据视频进行卡尺测量)
- 根据测试情况进行初步分析并给出结论

1) 【校准】 要确保 IMU 水平校准、 桨叶、 电机平衡、 无风室内场地(若后面测试效果不好， 反过来再次校准是否有改善) //没有光流计/UWB,没有激光定高

- 测试 1(30cm 以下， 气垫效应时)： 定高+定位
- 测试 2(50cm 以上， 无气垫效应)： 定高+定位
- 测试 3(250cm 以上， 无气垫效应)： 定高+定位

2) 【测试】 在前面【确保 IMU 水平校准、 桨叶、 电机平衡、 无风室内场地】基础上， 增加激光定高 // 没有光流计/UWB

- 测试 1(30cm 以下， 气垫效应时)： 定高+定位
- 测试 2(50cm 以上， 无气垫效应)： 定高+定位
- 测试 3(250cm 以上， 无气垫效应)： 定高+定位

3) 【测试】 小飞机在有光流计 + 激光定高 // 无 UWB

- 测试 1(30cm 以下， 气垫效应时)： 定高+定位
- 测试 2(50cm 以上， 无气垫效应)： 定高+定位
- 测试 3(250cm 以上， 无气垫效应)： 定高+定位

4) 【测试】 小飞机在 UWB + 激光定高

- 测试 1(30cm 以下， 气垫效应时)： 定高+定位
- 测试 2(50cm 以上， 无气垫效应)： 定高+定位
- 测试 3(250cm 以上， 无气垫效应)： 定高+定位

5) 【测试】 小飞机在有光流计 + UWB + 激光定高

- 测试 1(30cm 以下， 气垫效应时)： 定高+定位
- 测试 2(50cm 以上， 无气垫效应)： 定高+定位
- 测试 3(250cm 以上， 无气垫效应)： 定高+定位

==》 2) 【整理】 2.5 寸样机配件清单(各结构， 硬件， 附件等具体品牌和参数细化， 形成整机清单)

==》 3) 开发人员安排

==》 4) 功能点细化

==》 5) 时间节点规划： 验证样机/演示样机/产品样机

14. 【第三方产品】UWB 定位系统

14.1 功能点

==》支持 UWB 定位

- 【MUST】符合 NMEA-0183 标准协议, HPGPS(High Precision Ground Position System)
- 【NICE2HAVE】MSP v2 Sensor 协议, MSP2_SENSOR_GPS

==》支持模块指向 //提供机头指向信息, GPS 只有运动才能提供指向(UWB???)

- 【NICE2HAVE】磁力计

14.2 产品清单

==》【硬件】UWB 定位模块

==》【硬件】UWB 定位基站

14.3 TODO

==》1) 同类产品市场搜索, 同时了解 UWB 模块静态是否能提供指向?

==》2) 【测试】没有磁力计时, 飞机方向是否能保持一个方向, 尤其是运动时误差如何?

==》3) 【测试】在没有光流传感器情况下, 定位精度多少 cm?

==》4) 【测试】对比 Tello 可视化编程下左右、上下、前后 cm 级精度误差控制?

==》5) 硬件方案选型对比 // 如果没有现成的产品: 那就是一个嵌入式产品; 这里不展开, 根据优先级再做考虑。

==》6) 产品立项 (略)

注: 符合 NMEA-0183 标准协议, 可以市场上寻找下产品 HPGPS(High Precision Ground Position System)

根据目前了解情况:

1) UWB 标签方案, 大部分成熟方案采用业务逻辑: 采用的是标签发信号, 基站接受信号并打标签, 服务器后端进行相关类似 TDOA 的运算, 解析出标签的坐标位置;

2) 伪 GPS 方案存在, 鉴于市场需求, 整体价格偏高。

15. 【结构】机架+打印件

TBD //鉴于模块安装的特殊性，考虑机架和打印件等系统产品附件。

16. 【硬件】飞控 AIO (mini)

TBD //结合结构，可能部分电子器件需要集成。比如：磁力计

17. 【硬件】定高定位模块

17.1 功能点

规格参数：

- ==》【MUST】光学计：PMW3901
- ==》【MUST】激光雷达：VL53L0X
- ==》【Nice2Have】磁力计：HMC5883 //考虑系统对磁场的干扰
- ==》【MUST】工作范围：8 厘米~ 200 厘米
- ==》【MUST】视野：42 度(PMW3901),27 度(VL53L0X)
- ==》【MUST】最小照度：> 60Lux
- ==》【MUST】输入电压：4.5~5.5 v
- ==》【MUST】功耗：40mA

硬件接口：

- ==》【MUST】VCC, GND, Rx, Tx
- ==》【Option】VCC, GND, Trig, Echo

软件协议：

- ==》支持 MSP v2 Sensor 协议
 - 【MUST】MSP2_SENSOR_RANGEFINDER
 - 【MUST】MSP2_SENSOR_OPTIC_FLOW
 - 【Nice2Have】MSP2_SENSOR_COMPASS

建议 1：更换 VL53L0X 为 VL53L1X

- Pin-to-pin compatible with the VL53L0X
- Up to 400 cm distance measurement
- Up to 50 Hz ranging frequency

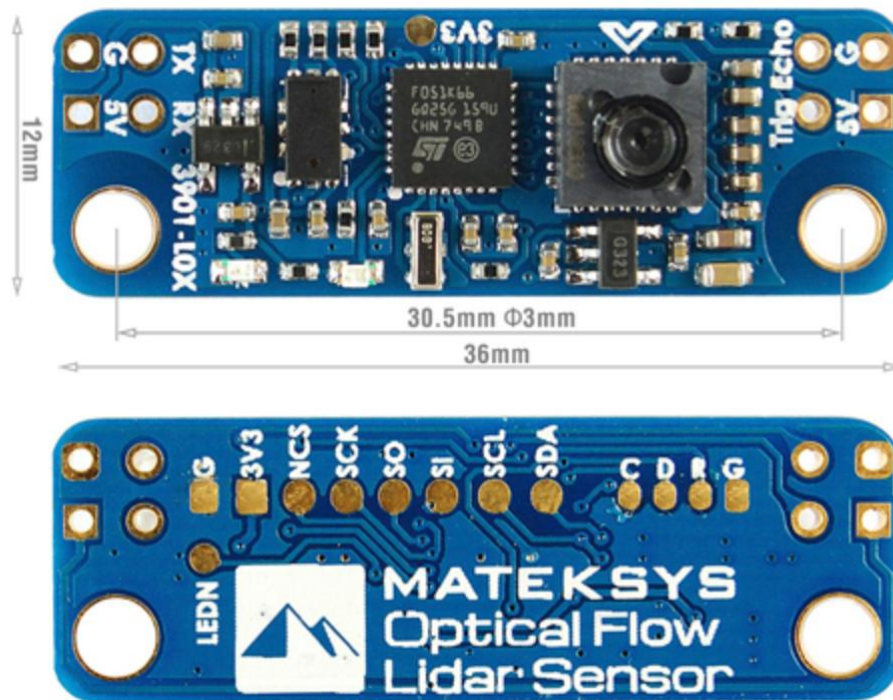
建议 2：声呐测距融合或者替换 (原理)

- 采用 IO 口 Trig 出发(> 10us 高电平信号)
- 模块自动发送 8 个 40kHz 方法，自动监测是否信号返回
- Echo 输出高电平，持续时间从 40kHz 信号发射到返回。
- 测试距离 = (高电平持续时间 x 声速 340m/s) / 往返 2

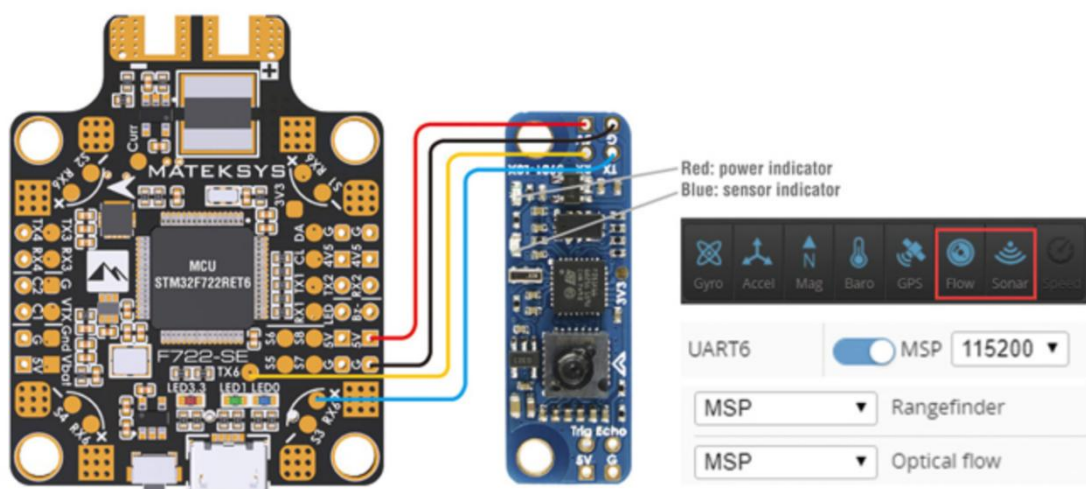
注：根据 13 章测试性能指标，对产品方案进行选择：集成光流计+测距(激光+声呐)+磁力计。

17.2 外观

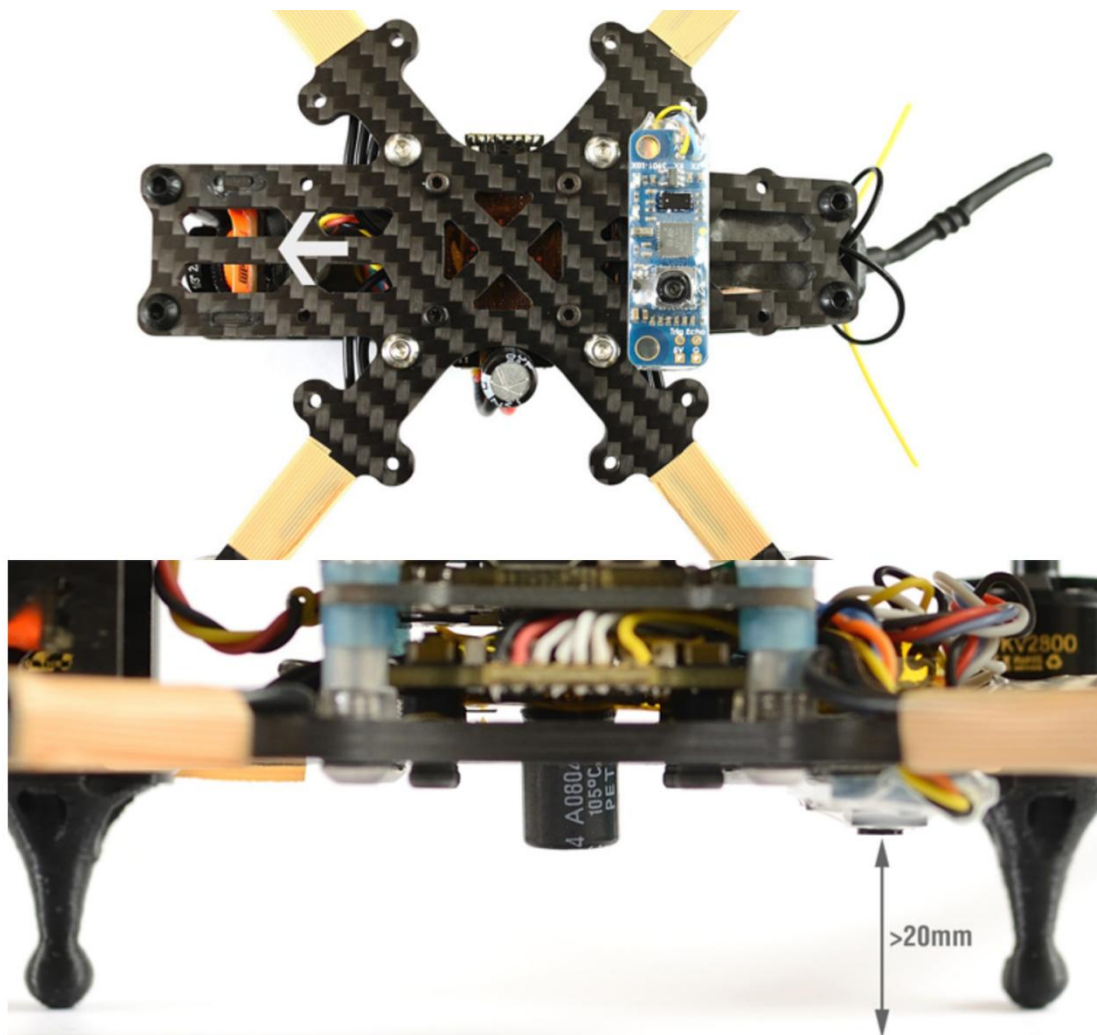
17.2.1 尺寸



17.2.2 配置



17.2.3 安装



注：光流计有方向性。

17.3 人员要求

嵌入式软件 + 嵌入式硬件 工程师

==》开发技能：嵌入式软件(C/C++, STM32); 嵌入式硬件(略)

==》领域经验：单片机

17.4 TODO

==》1) 开发人员安排

==》2) 功能点细化(Issue+ Tags)

==》3) 时间节点规划(Milestone)

18. Reference

- 【01】 [无人驾驶航空器飞行管理暂行条例（征求意见稿）](#)
- 【02】 [Tello 特洛无人机](#)
- 【03】 [MakerFire 积木编程无人机](#)
- 【04】 [BetaFlight 模块设计之三十二：MSP 协议模块分析](#)
- 【05】 [iNavFlight 之 MSP DJI 协议分析](#)
- 【06】 [iNavFlight 之 MSP DJI 协议天空端请求报文](#)
- 【07】 [iNavFlight 之 MSP DJI 协议飞控端请求应答](#)
- 【08】 [蓝牙无线自制串口模块连接穿越机配置工具](#)
- 【09】 [大疆 Tello UDP 控制协议接口](#)
- 【10】 [传感模块：MATEKSYS Optical Flow & LIDAR 3901-L0X](#)
- 【11】 [iNavFlight 之 MSP v2 Sensor 报文格式](#)
- 【12】 [iNav 2.4.0 Release Notes -- Support for DJI HD FPV in Feb 6, 2020](#)
- 【13】 [DJI FPV OSD Recording - How To Add The DJI OSD To Your Videos](#)
- 【14】 [OpenHD WiFi Adapters](#)
- 【15】 [Is it possible for us to use MSP to control the iNav as RC remoteControl do?](#)
- 【16】 [How is Snap4Arduino implemented?](#)
- 【17】 [How to get http/https server respons?](#)
- 【18】 [iNavFlight 之 RC 遥控 MSP 协议](#)
- 【19】 [iNavFlight 之 RC 遥控 CRSF 协议](#)
- 【20】 [BT SPP device NOT found #3141](#)

19. Appendix

// 有些无法以参考资料给出或者下载的文档，通过链接+关键部分截图的方式进行附件保留和跟踪。

19.1 2022 年中国民用无人机发展现状分析：行业机遇与挑战共存

中商情报网讯：无人机是不搭载操作人员、由动力驱动、可重复使用、利用空气动力承载飞行、可携带有效载荷、在远程控制或自主规划的情况下完成指定任务的航空器。近年来，民用无人机行业得到了快速发展，但行业整体发展历程较短，相关政策、行业标准和管理体系仍在不断完善，面临两大挑战。

一、民用无人机市场规模

近年来，受益于行业发展及国家政策的大力支持，中国民用无人机取得了高速发展，逐渐成为全球无人机行业重要的板块之一。数据显示，我国民用无人机市场规模由2017年的79亿元增至2020年的361亿元，年均复合增长率为65.9%，预计2022年我国民用无人机市场规模将达到453亿元。



数据来源：Frost&Sullivan、中商产业研究院整理

二、民用无人机行业机遇

1. 国家政策大力扶持

无人机行业属于国家鼓励发展的高新技术产业和战略新兴产业，国家产业政策的大力支持为我国高端无人机产业确立了未来发展方向并营造了良好发展环境。

近年来，我国工信部、民航局等政府部门发布了《关于促进和规范民用无人机制造业发展的指导意见》《推动民航新型基础设施建设五年行动方案》等产业政策，明确了工业无人机行业作为国家战略性新兴产业的定位，对民用无人机产业提出了明确的产值增速要求和企业技术实力要求。受益于民用无人机行业相关规范加速建立健全、民用无人机政策支持与探索发展工作加速推进，未来预计民用无人机产业将呈现良好发展趋势。

2. 新型应用场景不断拓展

大型固定翼长航时无人机的应用场景仍在不断拓展，大型固定翼长航时无人机利用其长航时、大载重、低成本、可靠性等方面的优势，正在填补传统有人航空器应用场景的空白，同时拓展至非传统航空行业的应用场景。在民用领域方面，在应急救援、通信中继、高空气象探测、人工影响天气等方面，大型固定翼长航时无人机正在不断拓展应用能力。民用无人机应用领域的持续深化发展，对行业发展提出了更高的要求，同时带来了更大规模的市场潜力，是大型固定翼长航时无人机产业的新增长点。

3. 民用无人机产业规范体系逐步完善

随着市场需求不断增长和应用场景不断完善，我国民用无人机产业呈现高速发展态势，对于民用无人机行业标准的完善和行业规范度的提高有迫切需求。未来，随着相关行业标准的进一步完善，民用无人机行业将会保持健康持续发展，同时运作规范的行业领先企业将抓住机会做大做强，行业集中度有望进一步提升。

三、民用无人机行业面临的挑战

1. 需要不断加大研发投入满足市场与产品技术迭代的需求

随着国防产业现代化建设工作的逐渐推进以及国际无人机产业继续高速发展，无人机系统不断更新迭代成为产业发展的必然趋势。未来，随着智能化、信息化需求不断发展，无人机将朝综合集成化、高度智能化、机身隐身化以及高空、高速、长航时方向发展，实现智能自主能力增强、任务效率更高、单次任务半径更大和信息获取更加准确等诸多性能特征。上述技术要求无人机生产企业具备多种学科知识集成化能力及领先的技术设计能力等，对无人机研制企业提出了更高的研发及技术要求，无人机系统研制企业需要不断加大研发投入以满足市场与产品技术迭代的需求。

2. 民用大型无人机的成熟商业运营方式仍需探索

目前，国内民用大型无人机的运营方式仍处于初步探索阶段，现阶段大部分企业采用由无人机研制单位直接运营无人机系统的方式，为客户提供飞行服务。为实现大型无人机产业链体系的进一步发展，参考有人机通航运营的模式，大型无人机的运营模式可能由目前无人机研制企业直接提供服务的纵向整合模式，转向由专业大型无人机运营公司提供服务的产业链协作模式，无人机研制企业为运营公司提供技术保障。大型无人机运营公司和传统通航公司一样，其资质、技术要求远高于小型无人机运营公司，需要全产业链的耐心培育，同时国家政策方面予以支持指导，民用大型无人机的成熟商业运营方式仍需要较长时间的探索与实践。

更多资料请参考中商产业研究院发布的《中国无人机行业市场前景及投资机会研究报告》，同时中商产业研究院还提供产业大数据、产业情报、产业研究报告、产业规划、园区规划、十四五规划、产业招商引资等服务。

19.2 [2025 年全球民用无人机市场规模将达 5000 亿元](#)

中新网珠海11月9日电（孙秋霞）中国航空工业集团有限公司9日发布的《通用航空产业发展白皮书（2022）》（以下简称《白皮书》）显示，全球民用无人机市场保持高速增长，预计2025年市场规模将达到5000亿元。

《白皮书》指出，2021年全球民用无人机市场规模超过1600亿元，同比增长61.6%，其中工业级无人机占60%左右。随着下游应用领域的不断扩大，未来将继续保持增长，预计2025年将达到5000亿元。

值得注意的是，随着更多高价值的工业级无人机应用到生产生活中，曾主导市场的消费级无人机市场份额逐年降低，《白皮书》预计到2025年工业级无人机市场规模占比将超过80%。

近年来，中国迅速成长为无人机行业的制造和技术强国，无人机销量已经占据全球70%的市场份额。《白皮书》指出，据行业主管部门统计，2020年，我国民用无人机研制企业已超过1300家，其中民营企业占据绝大多数，销售额在1亿元以上的企业超过10家。截至2021年底，我国获得通用航空经营许可证的无人机通用航空企业超过1.2万家。

在全球通用飞机方面，《白皮书》指出，因新冠疫情暴发，全球通用飞机市场在2020年出现下滑，但2021年随着疫情影响逐步降低，全球通航市场迎来反弹。2021年，全球共交付通用飞机3456架，同比增长9.2%，总价值达253亿美元，通用飞机交付量已经超过2019年疫情前水平。

从细分市场看，2021年各类机型交付均出现反弹，其中涡桨通用飞机和直升机增长显著，同比增幅均在20%以上，喷气公务机和活塞通用飞机交付量增幅分别为10.2%和6.2%。

值得一提的是，新兴工业化国家成为通用航空发展的重要市场。《白皮书》显示，巴西和南非是通用航空市场开发最早的新兴市场国家，通用飞机保有量均超过了1万架。巴西、俄罗斯、印度、中国和南非等金砖五国总共拥有通用飞机约4.5万架，占全球比重10%左右，未来市场发展空间大。

当前，延续世界范围内产业转移的大趋势，包括通用航空制造业在内的高端制造业由发达国家向发展中国家转移的比重逐年增加，《白皮书》指出，中国、印度被众多通用飞机制造商视为未来市场潜力最大的国家。（完）