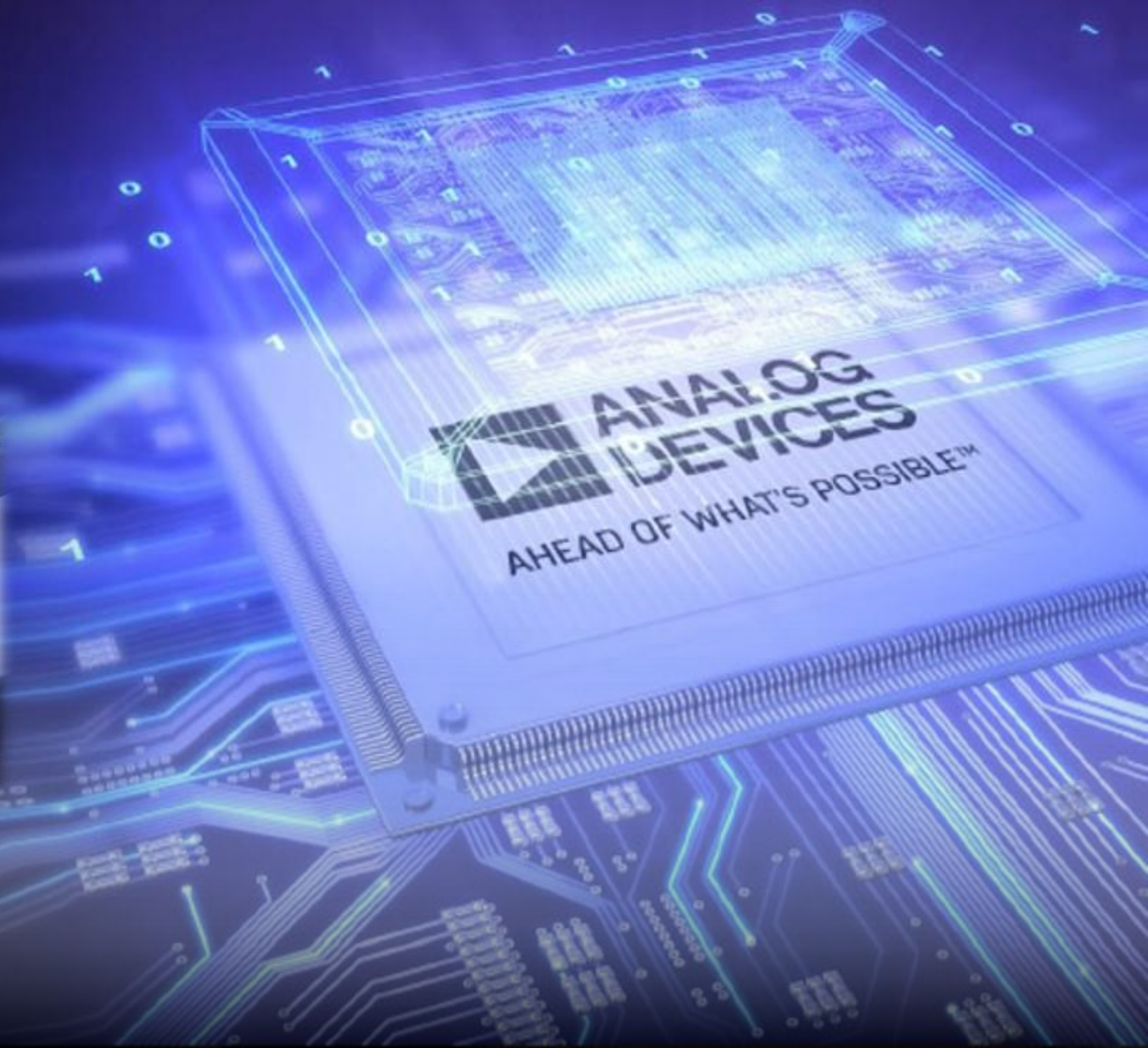
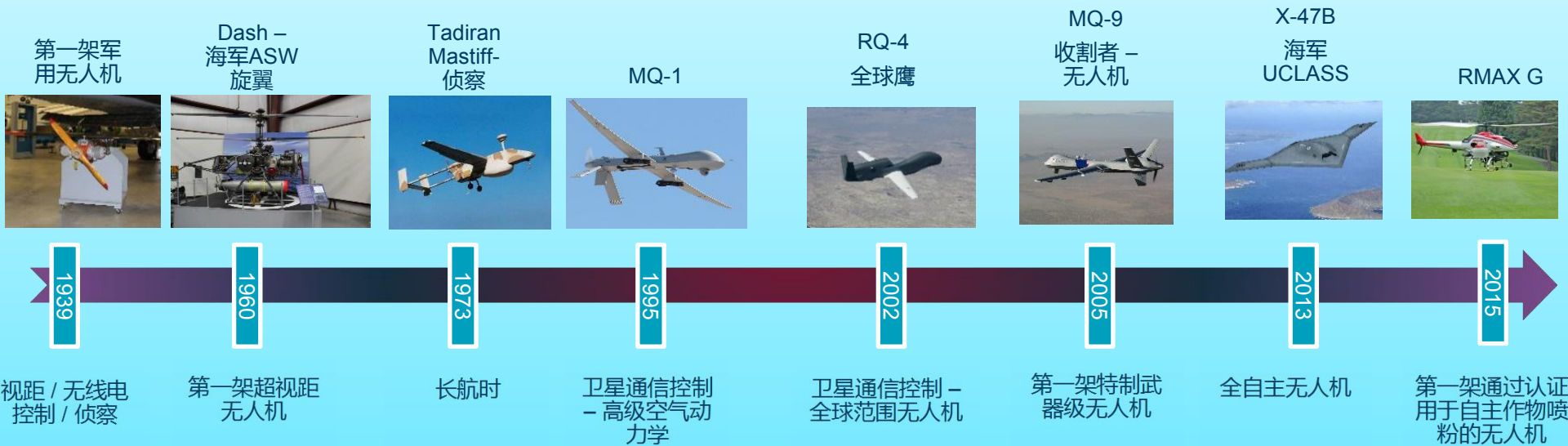


# 利用技术解决方案克服无人机运行障碍

Sean J. D'Arcy  
航空航天与防务 - 市场营销  
ADI公司



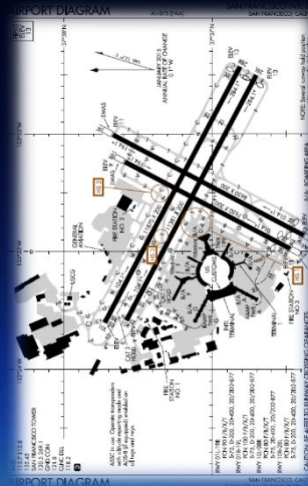
# 无人系统的发展



# 处于十字路口的无人系统

过去15年军用、政府、商业/工业和消费领域取得了巨大进步，但环境仍然不利于商用无人机强劲增长：

- ▶ FAA颁布了针对55磅以下无人机的AC107规定，但尚未规范不断发展的商用领域（55磅以上）- **认证和飞行规则待定**
- ▶ 致力于开发商用全自主无人机的公司面临监管和法律问题 - **“律师喜欢会飞的东西。”**
- ▶ 军用固定翼平台转移到商业/工业领域的潜力有待开启，但与有人飞行器共存的能力会妨碍发展 - **天空中的“看见并避开”规则**
- ▶ 飞行时间仍是问题 - 开发出汽油动力或长距离系统后，长期可靠性会成为问题 - **发展空气数据、姿态和航向参考系统(ADAHRS)**
- ▶ 需要提高通信可靠性和能力，以便支持继续扩展和自主运行 - **抗干扰的持续通信**



# 无人机市场 - 军用、政府、民用、消费领域

## 军用领域

长航时 - 侦察

战场和战地侦察

攻击

交通

微型飞行器

专长 - 有效载荷、ELINT、通信

远程巡航 - 高空

智能目标无人机

通信

## 政府领域

持续侦察

执法

大气和天气(NASA / NOAA)

搜索与救援

林业、农业、野生动植物、交通运输 - 勘察

灾害应对和管理

海事 - 监督、执法和跟踪

高风险环境 - 辐射、化学等

## 民用领域

商业侦察

商业视频/照片拍摄

商业特种成像

勘察 - 管线、电线、塔等

短途送货

长途送货

HALE - 通信和绘图 / 研究

临近空间 - 勘察和通信

航空作用 - 作物喷粉、检查、施工、横幅

空中系统的新应用

## 消费领域

消费类视频/照片拍摄

研究

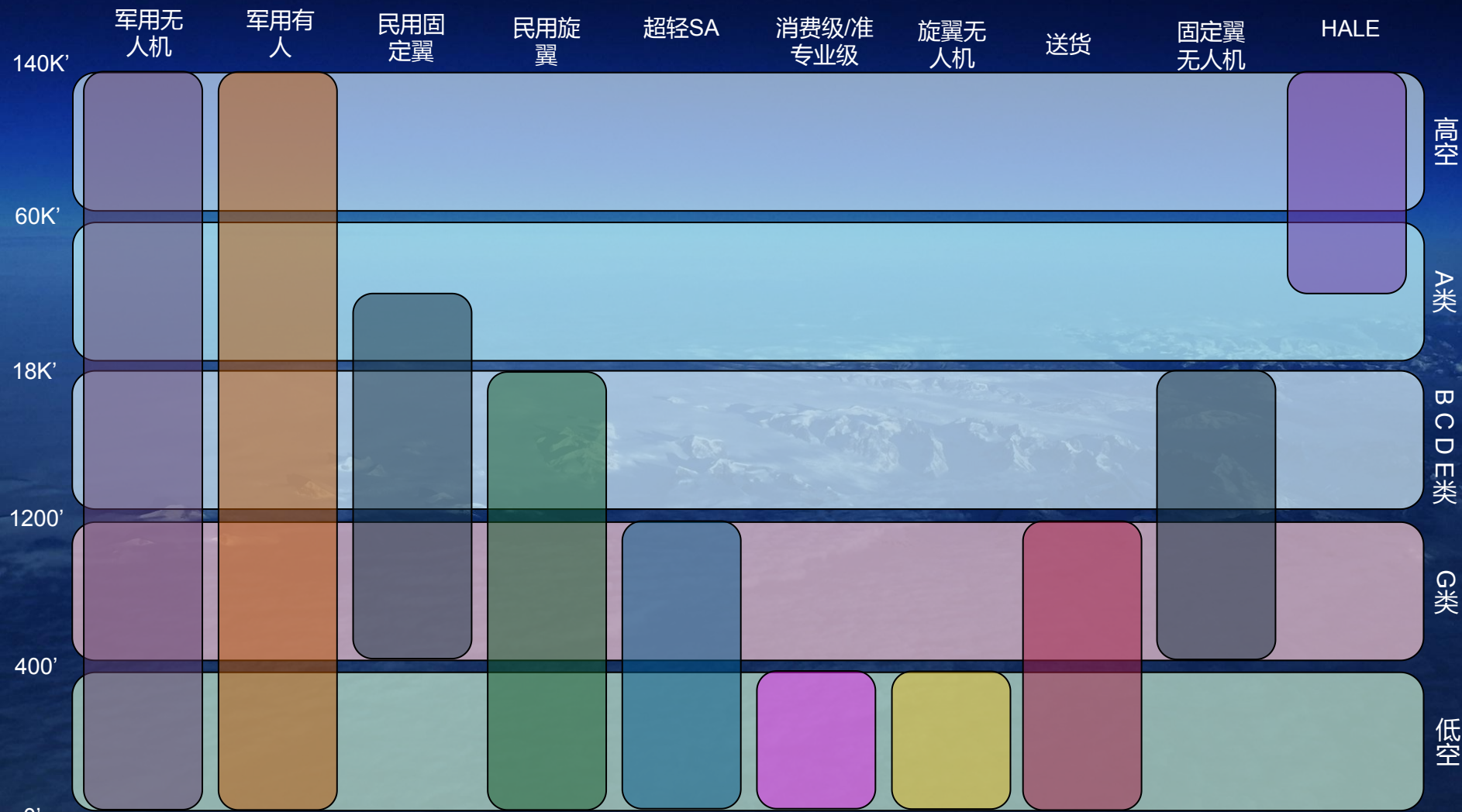
竞赛和娱乐

# 细分市场



“作为飞行员，我们讨厌无人机，但无人机不仅不需要人来驾驶，而且创造了人类飞行员无法做到的全新空中应用。\*”

# 航空航天领域不断演变的运行复杂性



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

\* 为方便讨论，大大简化了航空航天

# 技术能够应对的四大挑战

## 障碍物探测和防撞

用于防止：与空中和地面、运动和静止、有人和无人载具的碰撞

辅助功能：计算高度、地形回避、着陆区和位置保持

## 长期飞行器姿态和有效载荷稳定

用于防止：ADAHRS故障、GNSS降级和飞行环境变化导致飞行器丢失

辅助功能：视觉及更复杂的成像和机械有效载荷的长时间稳定

## 强韧的数据、遥测和C&C通信

用于防止：拦截、篡改、盗窃、丧失控制或数据传输

辅助功能：支持复杂分布式空中计算系统和联合自主无人机运行

## 航空质量和扩展环境因素

用于防止：低性能等级器件和系统引起的不利条件

辅助功能：为满足FAA/CAA/EASA针对下一代高性能无人机的要求进行准备



## 障碍物探测和防撞

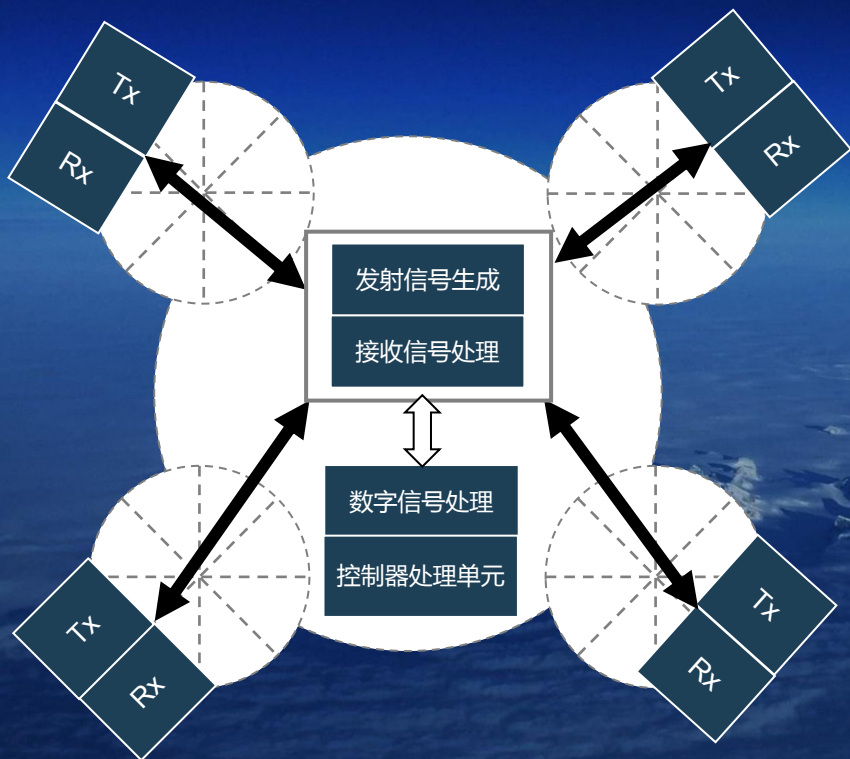


# 障碍物探测

广域照明	<p><b>方法：</b> 使用脉冲照明器计算飞抵视频场中目标的飞行时间</p> <p><b>优势：</b> 低成本，可利用现有视频传感器</p> <p><b>挑战：</b> 分辨率有限，无运动信息，环境问题，精度</p>
像素/视频图像处理	<p><b>方法：</b> 分析视频图像变化或像素计数以计算距离差</p> <p><b>优势：</b> 使用低成本摄像头或现有机载摄像头</p> <p><b>挑战：</b> 目前采用单一摄像头的精度很差，需要大量处理</p>
声纳	<p><b>方法：</b> 根据物体反射的声波确定距离</p> <p><b>优势：</b> 成熟的低成本技术，能以很高的精度确定大物体的距离</p> <p><b>挑战：</b> 与介质有关，解析能力和视野有限</p>
LIDAR	<p><b>方法：</b> 使用激光脉冲和光速计算来确定目标距离</p> <p><b>优势：</b> 高度精确且成熟的技术 – 出色的航向航程测量</p> <p><b>挑战：</b> 要求展开激光以获得宽视野，机构复杂</p>
角度/视差	<p><b>方法：</b> 使用两个偏移摄像头或探测器测量角度以确定距离</p> <p><b>优势：</b> 特别适合较近较小的物体</p> <p><b>挑战：</b> 需要第二摄像头和大量处理 – 环境敏感</p>
被动式红外	<p><b>方法：</b> 使用红外摄像头或探测器来识别威胁</p> <p><b>优势：</b> 完全被动式，适合大多数环境 – 系统简单、位置优越</p> <p><b>挑战：</b> 只有很少的或没有范围或运动数据</p>
雷达	<p><b>方法：</b> 利用扫描或偏转波束识别不同频谱中的目标</p> <p><b>优势：</b> 极其精确的范围和运动检测 – 个别目标分辨率高</p> <p><b>挑战：</b> 成本高昂（资金和功耗），但新解决方案正在解决这些问题</p>

\* 飞行时间(TOF)不是一种技术，而是一种方法，用来根据发射脉冲的已知速度计算距离

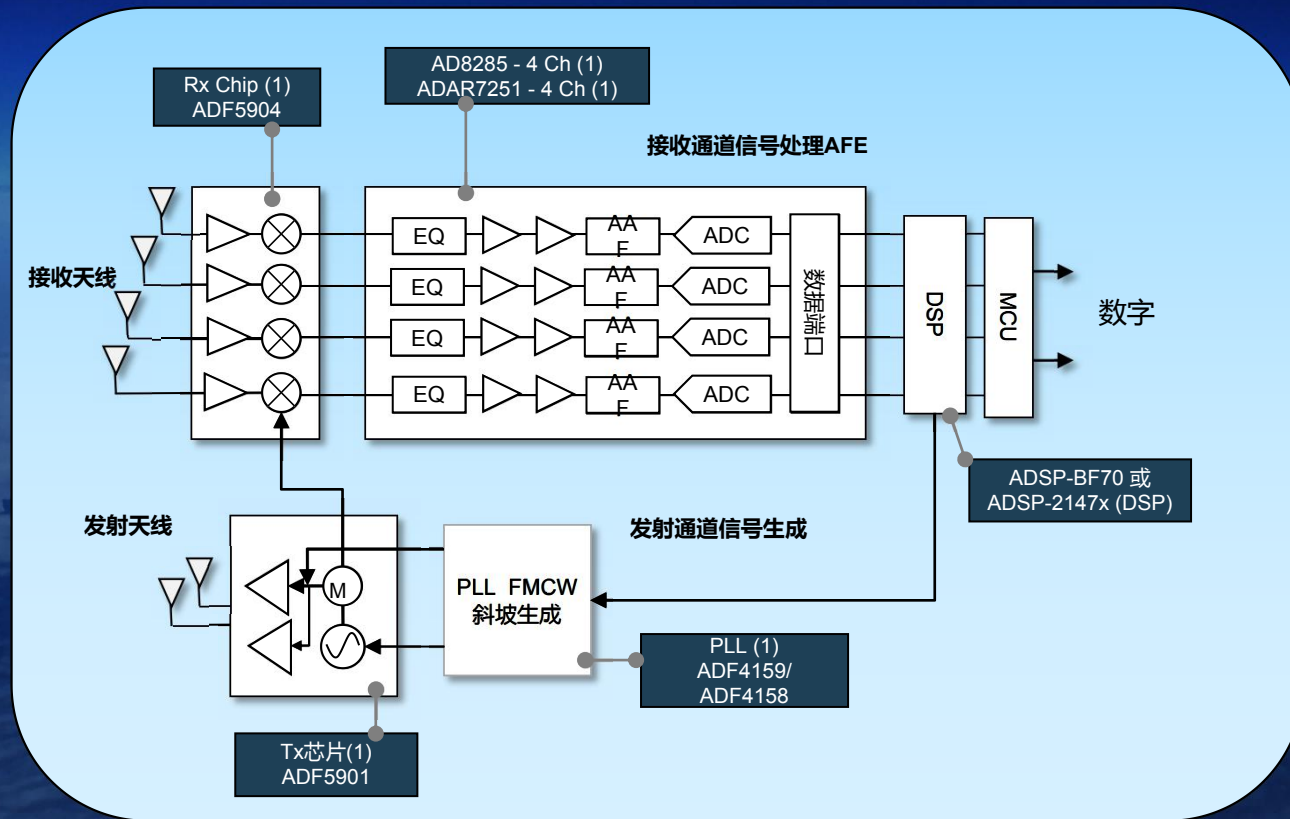
# 用于无人机对象检测和防撞的24 GHz雷达



- 环境限制很少的主动式系统
- 出色的视野
- 利用成熟的汽车雷达技术
- 每个系统有高通道数以提高检测速度
- 超小尺寸
- 采用24 GHz左右的开放频段
- 高集成度设计以缩小尺寸、减轻重量并降低功耗
- 同类最佳的噪声系数、相位噪声和输出功率性能
- 利用ADI公司的全信号链解决方案简化设计
- 可改变设计以用作雷达高度计

# 24GHz ISM雷达信号链解决方案

## 完整雷达解决方案





# 长期飞行器姿态和有效载荷稳定



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

# 飞行时间越长，越需要更好的ADAHRS功能

## ▶ 短程飞行 / 低精度

- 低成本、低性能陀螺仪、加速度计和IMU

## ▶ FAA/CAA/EASA关切

- 高度信息和解释的丢失对有人飞行器是灾难性的
- 商用无人机可能需要证明其具有很高的可靠性、适应能力和可重复性

## ▶ 较长时间飞行（30分钟以上）要求无人机ADAHRS提供更高精度的信息

- 空气数据、姿态和航向参考系统
  - 空气数据： 风速、压力高度、空气密度、湿度、温度 = 模拟空气传感器
  - 高度： 俯仰、滚动和偏航 = 陀螺仪、加速度计、惯性测量单元、辅助
  - 航向： 指向 = 罗盘、磁力计、GPS辅助传感器融合、射频指向
- 最大的挑战是陀螺仪和IMU的稳定性和精度
  - 机械陀螺仪 - 笨重且过早失效 - 启动时间长
  - 环状激光陀螺仪和光纤陀螺仪 - 精确稳定 - 尺寸大、价格惊人
  - 微机电系统(MEMS) - 价格、性能和可靠性的出色平衡

## ▶ 除飞行器高度外 - 有效载荷稳定性至关重要

- IMU漂移会大大降低有效载荷精度和分辨率能力
- 一致性和最小的漂移是关键

# 微机电惯性测量单元(MEMS IMU)

## ▶ MEMS – 各种术语

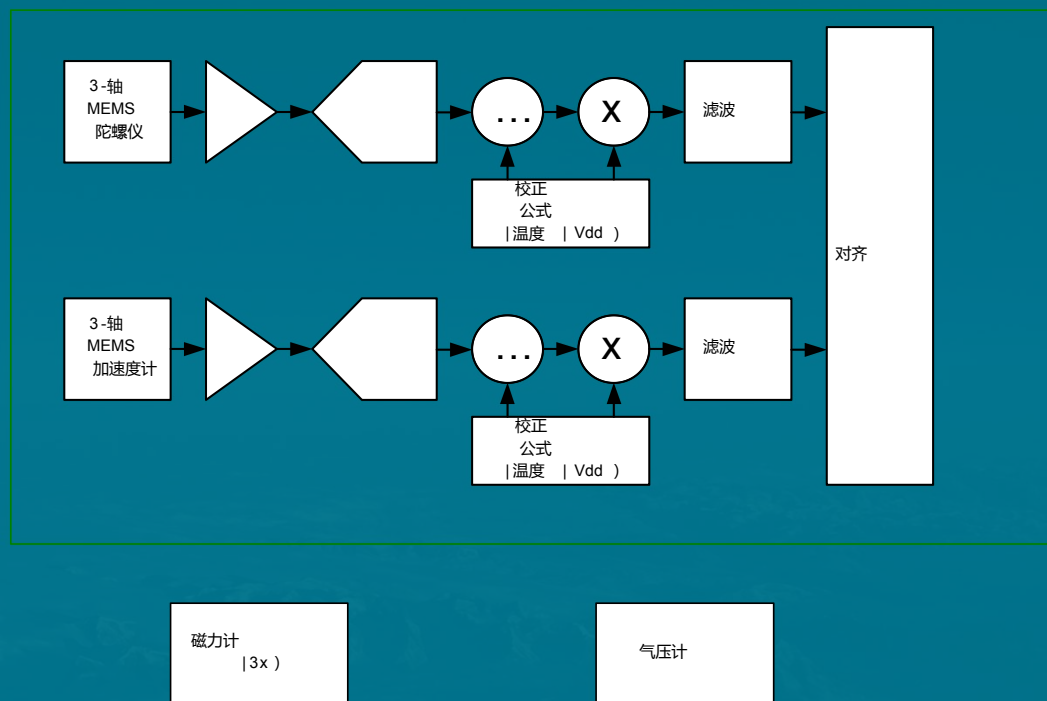
- 压力开关
- 能量采集器
- 温度传感器
- 加速度计
- 陀螺仪
- 声学

## ▶ MEMS - 陀螺仪和加速度计

- 利用各种设计和振荡器来检测和测量加速度或旋转引起的失调

## ▶ 主要要求：

- 高稳定性、低噪声、振动抑制
- 校准、不同温度下性能一致
- 传感器融合 – 利用最多十种检测模式来实现精高精度解决方案



▶ 6自由度：3轴陀螺仪 + 3轴加速度计

▶ 10自由度：+ 3轴磁力计 + 气压计

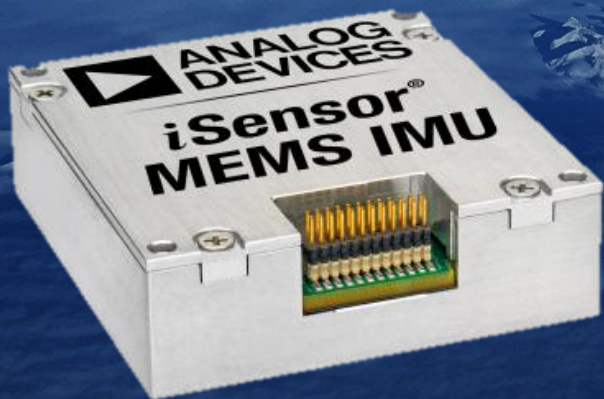
▶ 扩展Kalman滤波器



# ADIS16488A惯性测量单元

高稳定性、低噪声，支持大多数动态和复杂运动

- ▶ 近战术级性能
- ▶ 鲁棒的检测和测量减少对复杂隔离或系统级补偿的需求
- ▶ 成熟的*iSensor*®集成、校准和可靠性使产品可立即用于系统实现



- ▶ 三轴线性和旋转检测
- ▶ 三轴磁力计加气压计
- ▶ 陀螺仪
  - ▶ 运动中偏置：5 °/hr
  - ▶ 角度随机游动：0.26 °/√hr
- ▶ 加速度计
  - ▶ 运动中偏置：32 μg
  - ▶ 速度随机游动：0.023 m/s/√hr
- ▶ 角度精度
  - ▶ 俯仰/滚动：0.1°
  - ▶ 偏航：0.3°
- ▶ 振动抑制：
  - ▶ 线性g抑制：0.009°/s/g<sup>2</sup>
- ▶ 灵敏度温度系数
  - ▶ 陀螺仪：+/- 35 ppm/°C
  - ▶ 加速度计：+/- 10 ppm/°C
- ▶ 跨轴灵敏度：0.08%
- ▶ 带宽：330Hz
- ▶ 尺寸：47x44x14mm



## 强韧的数据、遥测和C&C通信





# 通信挑战

超视距

非故意干涉

无人验证

数据盗窃

干扰和欺骗

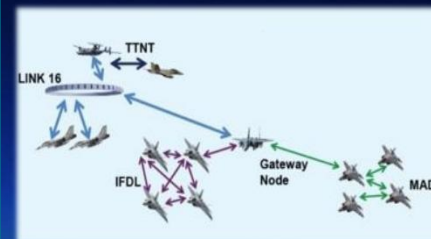
拥堵的  
频谱

位置报告  
(不大可能  
使用ADS-B)

生态系统通  
信(不大可  
能使用蜂窝)

# 通信建议 – 聚焦于无人机的新方式

- ▶ 考虑为不断增长的无人机队分配其他频谱
- ▶ 缓解阻塞、噪声渗透、稳定性问题
- ▶ 利用捷变收发器 – 简单跳频
- ▶ 基于订阅密钥和应答
- ▶ 源自以太网数据包和MAC寻址
- ▶ 持续但维持5-10 Mbps
- ▶ 平台：
  - 强韧的命令和控制链路
  - 无人机间数据通信（无视频）
  - 无人机间和无人机与地面间3D位置报告
  - 协作式无人机飞行的位置报告和通信
  - 保护数据传输



# AD9361 2Rx/2Tx集成式RF收发器

RF Rx调谐范围：70 MHz至6 GHz

RF Tx调谐范围：70 MHz至6 GHz

可调谐通道带宽：200KHz至56MHz

FDD或TDD

高性能/低功耗

Rx：2.5dB NF

Tx：< -42dB Tx EVM

Tx噪声 < -157dBm/Hz (70 MHz偏移)

Tx监控器：> 66dB动态范围、1 dB精度

12 bit ADCs/DACs

相位噪声：0.25° @ 2.5 GHz

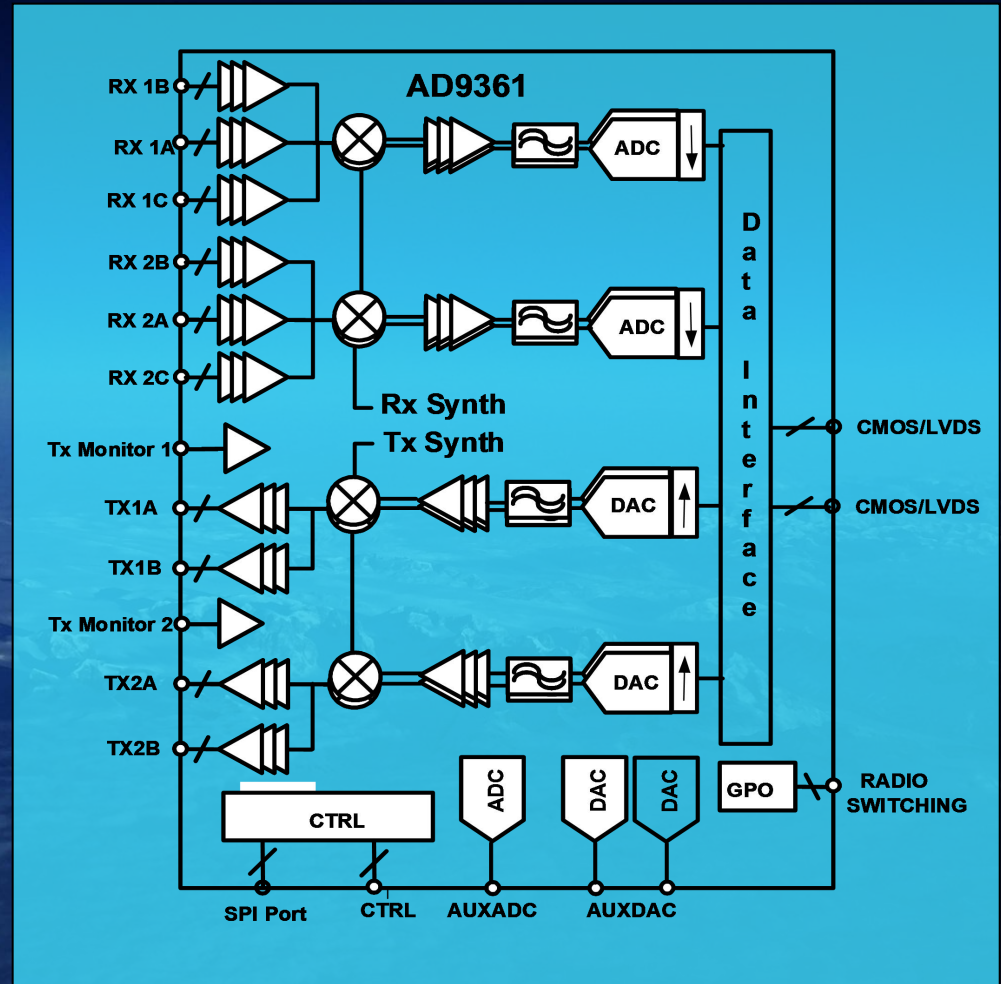
数字特性：

Rx：直流失调校正、正交校准、AGC、可编程FIR滤波器

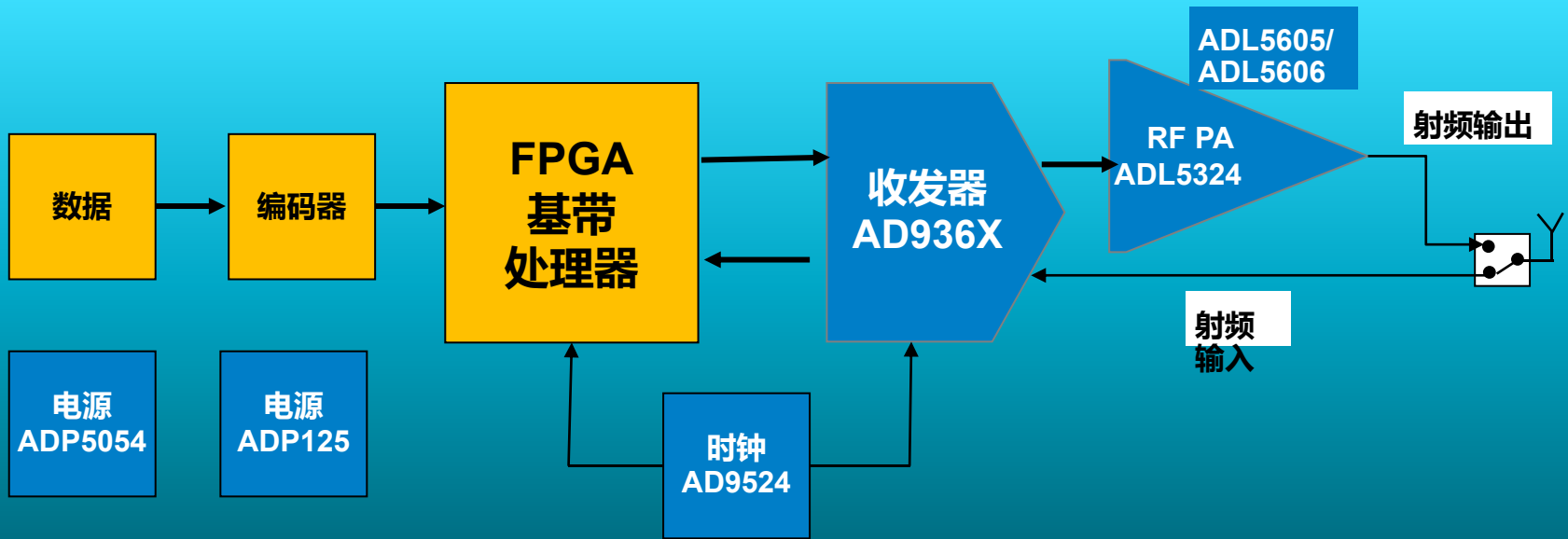
Tx：正交校准、可编程FIR滤波器

功率典型值：800-850 mW

2Rx2T, 20 MHz带宽, 0 dBm Tx功率



# 基于AD9361或AD9364的示例



# 航空质量和扩展环境因素



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

# 针对更大、更重、长距离无人机的可靠性

## ▶ 政府认证要求

- 未知 – 比ATSM更接近认证航空器？
- 未知 – 适航性要求
- 未知 – 自主要求和纾缓措施
- 未知 – 维护要求

## ▶ 沉重的航空器责任

- 已尽最大努力
- 在居民区和人员上空飞行

## ▶ 更高高度运行

- 单粒子效应
- 极端环境

## ▶ 可靠性

- 机身寿命
- 长航时电子设备



# ADI公司认证和可靠性

## 借鉴现有航空航天计划的经验

### ▶ 增强型产品

- 扩展温度范围： -55°C至+125°C
- 降低锡须影响： 镍钯金引脚架构
- 增强可靠性： 无铜线焊
- 制造质量： 单一工艺流程

### ▶ 航天级 – MIL 883B

- 更高质量标准
- 可针对单粒子效应来筛选器件
- 抗辐射器件

# Analog Devices Incorporated

## 支持航空航天与防务行业逾50年

- 业界最齐全的产品系列
  - 支持完整信号链
    - RF到比特 ( DC至110GHz )
    - 微机电系统(MEMS)
    - 精密控制与监测
    - 转换器和检测电路
- 业界领先的器件可靠性
- 贯穿产品生命周期的支持
- 先进的封装和特性测定以应对模拟和数字环境挑战
- 专门的航空航天市场团队
  - 开发完整的解决方案和参考设计，减少系统工程设计工作并缩短上市时间





谢谢观看！

▶ ADI中国地区技术支持热线：4006 100 006

▶ ADI中国地区技术支持信箱：  
[china.support@analog.com](mailto:china.support@analog.com)

▶ ADI样片申请网址：  
<http://www.analog.com/zh/sample>



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™