無人機 設計可區分為哪些重要模塊 ?

**ChatGPT 說：**

無人機設計可以分為多個**關鍵模塊（Subsystems）**，這些模塊共同協作，確保無人機穩定飛行、完成任務並進行數據傳輸。以下是無人機設計的主要模塊：

**1. 飛行控制系統（Flight Control System, FCS）**

負責無人機的穩定飛行與姿態控制

**核心組成**

* **飛控板（Flight Controller, FC）**
  + 採用 **STM32、NXP i.MX、Qualcomm** 或 **DJI 自研 SoC**
  + 運行 **PX4、ArduPilot、Betaflight、DJI 專用軟體** 等飛控韌體
* **IMU（慣性測量單元）**
  + 包含 **加速度計 + 陀螺儀 + 磁力計**
  + 主要品牌：**Bosch BMI088、MPU6000、ICM-20948**
* **氣壓計（Barometer）**
  + 測量飛行高度，常見型號：**MS5611、BMP280**
* **GPS / GNSS 模組**
  + 提供定位數據，常見型號：**Ublox M8N、M9N、RTK GPS**

**2. 動力系統（Propulsion System）**

提供動力推進，控制飛行姿態

**核心組成**

* **無刷馬達（Brushless Motor, BLDC）**
  + 競速無人機常見：**T-Motor、BrotherHobby**
  + 消費級無人機：**DJI、Hobbywing**
* **電子變速器（Electronic Speed Controller, ESC）**
  + 控制馬達轉速，常見協議：**BLHeli\_32、KISS ESC、DJI ESC**
  + 高階無人機使用 **4-in-1 ESC**
* **螺旋槳（Propeller）**
  + 材質：塑膠、碳纖維
  + 形狀：兩葉槳 / 三葉槳 / 低噪槳

**3. 電源管理系統（Power System）**

提供無人機所需電能，確保穩定供電

**核心組成**

* **電池（Battery）**
  + FPV 與競速無人機：**LiPo（鋰聚合物電池）**，常見規格 **4S / 6S（14.8V / 22.2V）**
  + 消費級無人機：**Li-ion（鋰離子電池）**，如 DJI 專用智慧電池
* **電源分配板（PDB, Power Distribution Board）**
  + 分配電力給飛控、ESC 和周邊設備
* **電池管理系統（BMS, Battery Management System）**（部分高端機型）
  + 監控電池電壓、溫度與電流

**4. 通訊與數據傳輸（Communication & Data Link）**

負責無人機與遙控器、地面站的通訊

**核心組成**

* **遙控通訊（RC Link）**
  + 傳統：**2.4GHz / 900MHz（FrSky、Crossfire、ExpressLRS）**
  + 消費級無人機：**DJI O3 / Lightbridge / SkyLink**
* **圖傳系統（Video Transmission, FPV System）**
  + **類比圖傳（Analog FPV）**：低延遲（Fatshark、TBS）
  + **數位圖傳（Digital FPV）**：高清畫質（DJI O3、Walksnail Avatar）
* **數據傳輸（Telemetry & Data Link）**
  + MAVLink 通訊協議（PX4 / ArduPilot）
  + 4G / 5G 網路傳輸（Qualcomm / 自研方案）

**5. 感測器與導航模塊（Sensors & Navigation）**

增強無人機的環境感知能力

**核心組成**

* **GPS / RTK GNSS**：高精度定位
* **光流感測器（Optical Flow）**：室內懸停（如 DJI VPS）
* **激光測距（LiDAR）**：避障與測繪（Hesai、Livox）
* **超聲波 / 雷達**：低空懸停（DJI Phantom、Mavic）
* **TOF 深度攝影機（Time of Flight）**：避障與 3D 測距

**6. 自主飛行與 AI 模組（Autonomous & AI Processing）**

用於自動導航、視覺辨識、AI 任務處理

**核心組成**

* **高性能 AI 處理器**（如 Qualcomm、NVIDIA Jetson、DJI Ceres）
* **視覺處理系統（Computer Vision）**：SLAM、物件辨識
* **避障系統（Obstacle Avoidance）**：基於 AI 的即時感知
* **自動返航（RTH, Return-to-Home）**

**7. 機架結構（Frame & Chassis）**

提供整機結構支撐，影響飛行性能與耐撞性

**核心組成**

* **機架材質**
  + **碳纖維**（競速無人機、工業無人機）
  + **工程塑膠 / 複合材料**（消費級無人機）
  + **鋁合金 / 鎂合金**（高端專業無人機）
* **折疊機構（Folding Mechanism）**：提高便攜性（DJI Mavic 系列）

**8. 負載系統（Payload System）**

根據應用需求搭載不同設備

**常見負載**

* **攝影機（Camera）**
  + 航拍：**DJI Zenmuse、GoPro**
  + 工業：**熱像儀（FLIR）、多光譜相機**
* **機械手臂 / 噴灑系統**
  + 無人機農藥噴灑、物流配送
* **雷射測繪（LiDAR Scanner）**
  + 測繪與 3D 建模

**總結**

無人機設計可以分為 **8 大模塊**：

1. **飛行控制系統**（飛控、IMU、GPS）
2. **動力系統**（馬達、ESC、螺旋槳）
3. **電源管理系統**（電池、PDB、BMS）
4. **通訊與數據傳輸**（遙控、圖傳、數據鏈）
5. **感測器與導航**（光流、雷達、LiDAR）
6. **自主飛行與 AI**（SLAM、視覺辨識、AI 模組）
7. **機架結構**（碳纖維機架、折疊設計）
8. **負載系統**（攝影機、雷射測繪、機械手臂）

飛行控制系統（飛控、IMU、GPS）

**ChatGPT 說：**

**飛行控制系統（Flight Control System, FCS）**

飛行控制系統（簡稱「飛控」）是無人機的大腦，負責姿態控制、導航、穩定飛行以及與其他系統協作。飛控系統主要由 **飛控板（FC）、IMU（慣性測量單元）、GPS / GNSS** 等核心元件組成。

**1. 飛控板（Flight Controller, FC）**

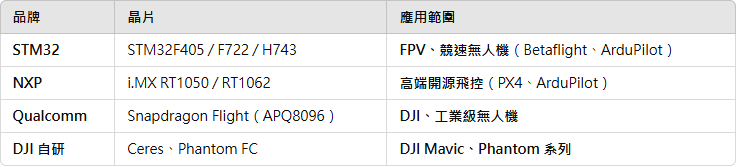
飛控板是無人機的中央處理單元（MCU / SoC），負責計算感測器數據並控制馬達輸出，以保持飛行穩定。

**1.1 主要功能**

* **姿態控制（Attitude Control）**：根據 IMU、氣壓計等數據計算無人機的俯仰（Pitch）、橫滾（Roll）、偏航（Yaw），並調整馬達轉速以維持平衡。
* **導航與定位（Navigation & Positioning）**：結合 GPS / GNSS 進行航線跟蹤、RTH（自動返航）。
* **飛行模式切換**：
  + **手動模式（Acro Mode）**：不使用自動穩定，完全由飛手操控，適合競速無人機。
  + **自穩模式（Angle Mode）**：適合新手，飛控自動調整姿態避免翻滾。
  + **GPS 定位模式（Loiter / Position Hold）**：保持無人機在固定位置懸停。
* **電源管理與故障保護**：
  + **Failsafe（失聯保護）**：當遙控信號中斷時，自動啟動 RTH 或緊急降落。
  + **電池管理**：監測電壓，低電量時警報或自動返航。

**1.2 常見飛控晶片**

不同無人機使用的飛控主控晶片（MCU / SoC）不同，主要包括：



**1.3 常見飛控板**



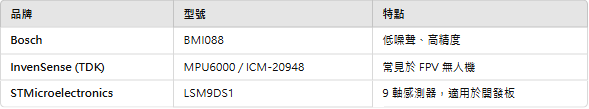
**2. 慣性測量單元（IMU, Inertial Measurement Unit）**

IMU 負責測量無人機的運動狀態（加速度、角速度、磁場方向），飛控板根據這些數據計算姿態並調整飛行。

**2.1 IMU 組成**

* **加速度計（Accelerometer）**：測量 X、Y、Z 軸的加速度，用於檢測無人機的傾斜角度。
* **陀螺儀（Gyroscope）**：測量角速度，用於計算無人機的姿態變化率。
* **磁力計（Magnetometer）**：測量地球磁場方向，提供航向資訊，通常用於 GPS 定位模式。
* **氣壓計（Barometer）**：測量氣壓變化，用於估算飛行高度。

**2.2 常見 IMU 感測器**



**3. GPS / GNSS 定位系統**

GPS（Global Positioning System）提供全球定位數據，使無人機能夠進行精確導航與自動飛行。

**3.1 GPS 主要功能**

* **位置定位（Positioning）**：計算無人機的經緯度、高度。
* **航線規劃（Waypoint Navigation）**：無人機按照預定路線飛行。
* **自動返航（Return-to-Home, RTH）**：當低電量或信號丟失時，自動返回起飛點。
* **RTK 高精度定位（Real-Time Kinematics）**：
  + 透過基站修正 GPS 誤差，達到 **厘米級定位精度**。
  + 常用於 **測繪、農業、巡檢無人機**。

**3.2 常見 GPS / GNSS 模組**



**4. 其他輔助感測器**

除了 IMU 和 GPS，飛控系統還可能整合其他輔助感測器來提升飛行安全與穩定性：

* **光流感測器（Optical Flow）**：在無 GPS 環境下（如室內），透過攝影機與地面特徵比對來穩定懸停（如 DJI VPS）。
* **雷達 / 超音波**：短距離避障，避免碰撞（如 DJI Phantom）。
* **LiDAR**：高精度測距，用於地形跟蹤與自動降落（如測繪無人機）。

**5. 飛控韌體（Flight Control Firmware）**

飛控韌體是運行在飛控板上的控制軟體，不同韌體適用於不同類型的無人機。



**總結**

飛行控制系統（FCS）由 **飛控板、IMU、GPS / GNSS** 三大核心部分組成：

1. **飛控板（FC）**：負責姿態控制、導航、馬達輸出。
2. **IMU（慣性測量單元）**：測量加速度、角速度與磁場方向，提供姿態數據。
3. **GPS / GNSS**：提供定位、航線跟蹤、自動返航功能。