

Syrian Scientific Research

Project Report: “Night Vision Reconnaissance UAV”

Prepared by: Mahmoud Hassan

Supervised by: Dr. Samir Ali Raqia

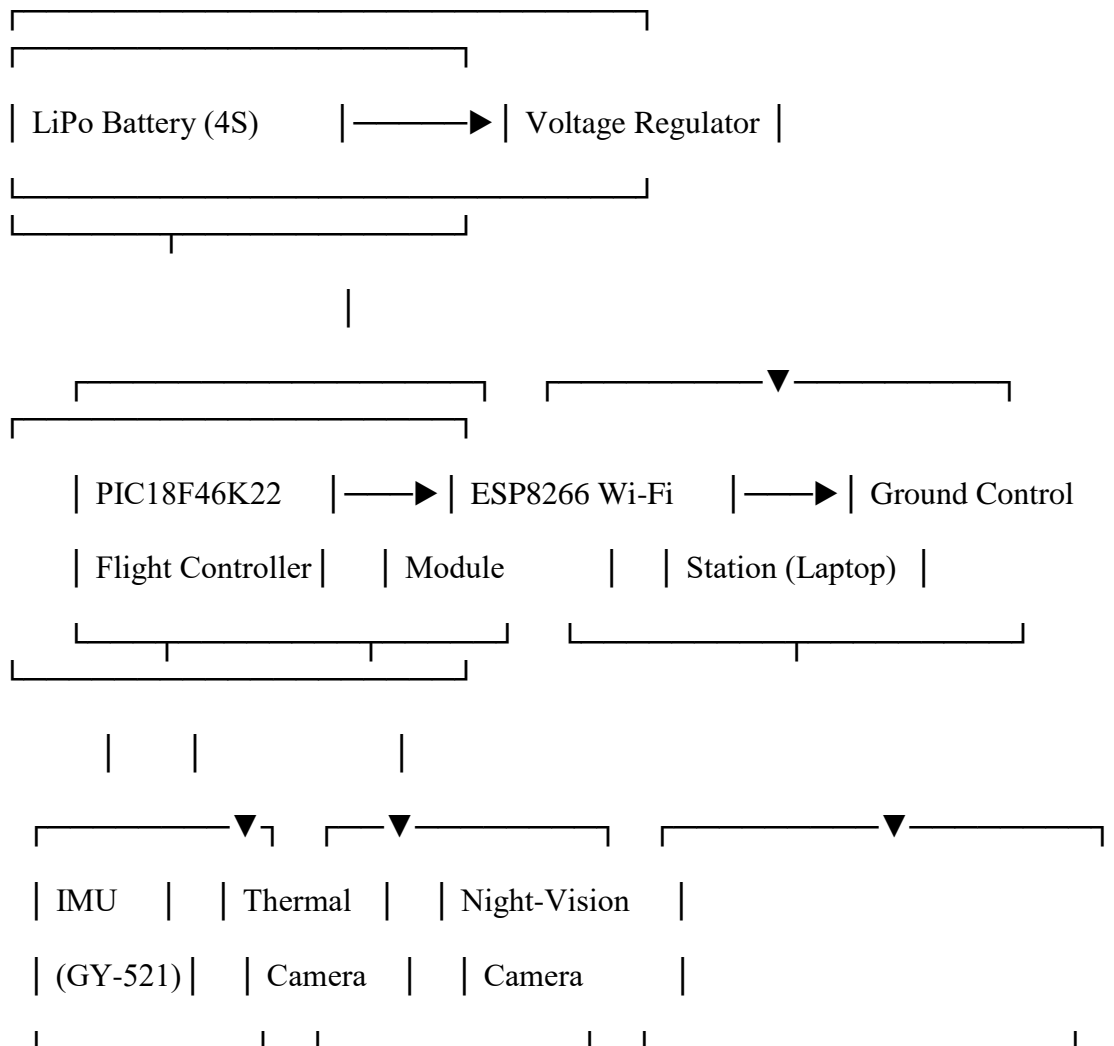
2015

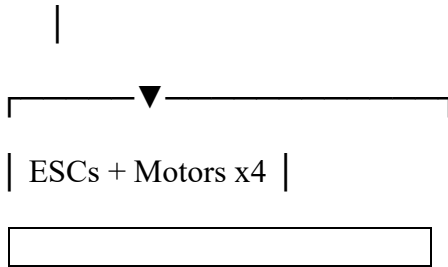


1. System Architecture

The overall system consists of a LiPo battery feeding a voltage regulator, which powers a PIC18F46K22 flight controller. The controller interfaces with an ESP8266 Wi-Fi module for live video streaming and remote commands. An IMU (GY-521), a thermal camera, and a night-vision camera feed sensory data to the controller. Four electronic speed controllers (ESC) drive the four motors for lift and maneuvering.

Die Gesamtarchitektur besteht aus einer LiPo-Batterie, die einen Spannungsregler speist, der einen PIC18F46K22-Flugcontroller mit Strom versorgt. Der Controller ist mit einem ESP8266-Wi-Fi-Modul für Live-Video-Streaming und Fernbefehle verbunden. Ein IMU (GY-521), eine Wärmebildkamera und eine Nachtsichtkamera liefern Sensordaten an den Controller. Vier elektronische Drehzahlregler (ESC) steuern die vier Motoren für Auftrieb und Manövrierfähigkeit.





2. System Analysis

Functional requirements include:

- Live streaming of thermal video at 320×240 pixels and ≥ 25 fps.
- Live streaming of night-vision video at 640×480 pixels and ≥ 30 fps.
- Autonomous and remote flight control with <100 ms command latency.
- Minimum flight duration of 15 minutes per battery charge.

Funktionale Anforderungen umfassen:

- Live-Streaming von Wärmebildvideos mit 320×240 Pixel und ≥ 25 fps.
- Live-Streaming von Nachtsichtvideos mit 640×480 Pixel und ≥ 30 fps.
- Autonome und ferngesteuerte Flugsteuerung mit <100 ms Befehlslatenz.
- Mindestflugdauer von 15 Minuten pro Batterieladung.

Non-functional requirements include weight <1.5 kg, operating temperature 0–50 °C, and modular maintenance design.

Nicht-funktionale Anforderungen umfassen ein Gewicht <1,5 kg, Betriebstemperatur 0–50 °C und modulare Wartungsfreundlichkeit.

Key risk factors are radio interference between sensors and Wi-Fi, structural vibrations in high wind, and heat dissipation of voltage regulators.

Zentrale Risikofaktoren sind Funkinterferenzen zwischen Sensoren und Wi-Fi, strukturelle Vibrationen bei starkem Wind und Wärmeabfuhr der Spannungsregler.

3. UML Diagrams

3.1 Use Case Diagram

Actors and use cases illustrate pilot interactions with the UAV: takeoff, landing, directional control, gimbal adjustment, and video display.

Akteure und Anwendungsfälle veranschaulichen die Interaktionen des Piloten mit der UAV: Start, Landung, Richtungssteuerung, Gimbal-Anpassung und Videoanzeige.

usecaseDiagram

actor Operator

Operator --> (Take Off)

Operator --> (Land)

Operator --> (Move Drone)

Operator --> (Adjust Gimbal)

Operator --> (Display Thermal Video)

Operator --> (Display Night-Vision Video)

(Display Thermal Video) .-> (Thermal Camera) : includes

(Display Night-Vision Video) .-> (Night-Vision Camera) : includes

3.2 Class Diagram

The class structure shows the relationships between Drone, FlightController, CommunicationModule, VideoStreamer, GimbalController, IMUSensor, Motor, and DesktopApp.

Die Klassenstruktur zeigt die Beziehungen zwischen Drone, FlightController, CommunicationModule, VideoStreamer, GimbalController, IMUSensor, Motor und DesktopApp.

classDiagram

class Drone {

+takeOff()

+land()

+move(direction)

```
+streamVideo()

+adjustGimbal(xAngle, yAngle)
}

class FlightController {

    -calculatePID(error)

    -updateMotors(thrusts[4])
}

class CommunicationModule {

    -connect(ip, tcpPort, udpPort)

    +sendCommand(cmd)

    +receiveFrame(): byte[]
}

class VideoStreamer {

    -captureFrame(): byte[]

    +encodeMJPEG(frame)

    +sendFrame(frame)
}

class GimbalController {

    -setAngleX(angle)

    -setAngleY(angle)
}

class IMUSensor {

    +readAccelerometer(): Vector3
```

```
+readGyroscope(): Vector3  
}
```

```
class Motor {  
    -setSpeed(pwm)  
}
```

```
class DesktopApp {  
    -connectToDrone()  
    -displayVideo(frame)  
    -sendPilotCommand(cmd)  
}
```

Drone "1" *-- "1" FlightController

Drone "1" *-- "1" CommunicationModule

Drone "1" *-- "1" VideoStreamer

Drone "1" *-- "1" GimbalController

Drone "1" *-- "1" IMUSensor

FlightController "1" *-- "*" Motor

DesktopApp --> CommunicationModule : uses

3.3 Sequence Diagram

This sequence diagram outlines the interaction flow from operator input to video display.

Dieses Sequenzdiagramm zeigt den Interaktionsfluss von der Eingabe des Bedieners bis zur Videoanzeige.

sequenceDiagram

participant Operator

participant UI as DesktopApp

participant Link as CommunicationModule

participant ESP as ESP8266

participant PIC as FlightController

participant IMU as IMUSensor

Operator->>UI: Click "Take Off"

UI->>Link: SendCommand("CMD:TAKEOFF")

Link->>ESP: UDP Packet (CMD:TAKEOFF)

ESP->>PIC: Serial Data

PIC->>PIC: parseCommand()

PIC->>PIC: calculatePID()

PIC->>Motors: setSpeed(values)

PIC->>IMU: readAccelerometer()

IMU-->>PIC: accel, gyro

ESP->>UI: VideoFrame

UI-->>Operator: Display Live Video

3.4 Activity Diagram

The activity diagram shows the main control loop: initialization, command processing, motor updates, and video streaming.

Das Aktivitätsdiagramm zeigt die Hauptsteuerungsschleife: Initialisierung, Befehlsverarbeitung, Motoraktualisierung und Videostreaming.

flowchart TD

```
A[Start System] --> B{Initialize Components}
B --> C[Init PIC & PID]
B --> D[Init ESP8266]
B --> E[Calibrate IMU]
C & D & E --> F[Enter Main Control Loop]
F --> G{Command from Operator?}
G -- Yes --> H[Execute Command (Takeoff/Land/Move)]
H --> I[Update Motor Speeds]
I --> F
G -- No --> J[Stream Thermal & Night-Vision Video]
J --> F
F --> K{Auto-land Triggered?}
K -- Yes --> L[Perform Landing and End Mission]
L --> M[Shutdown System]
```

4. Proteus Simulation

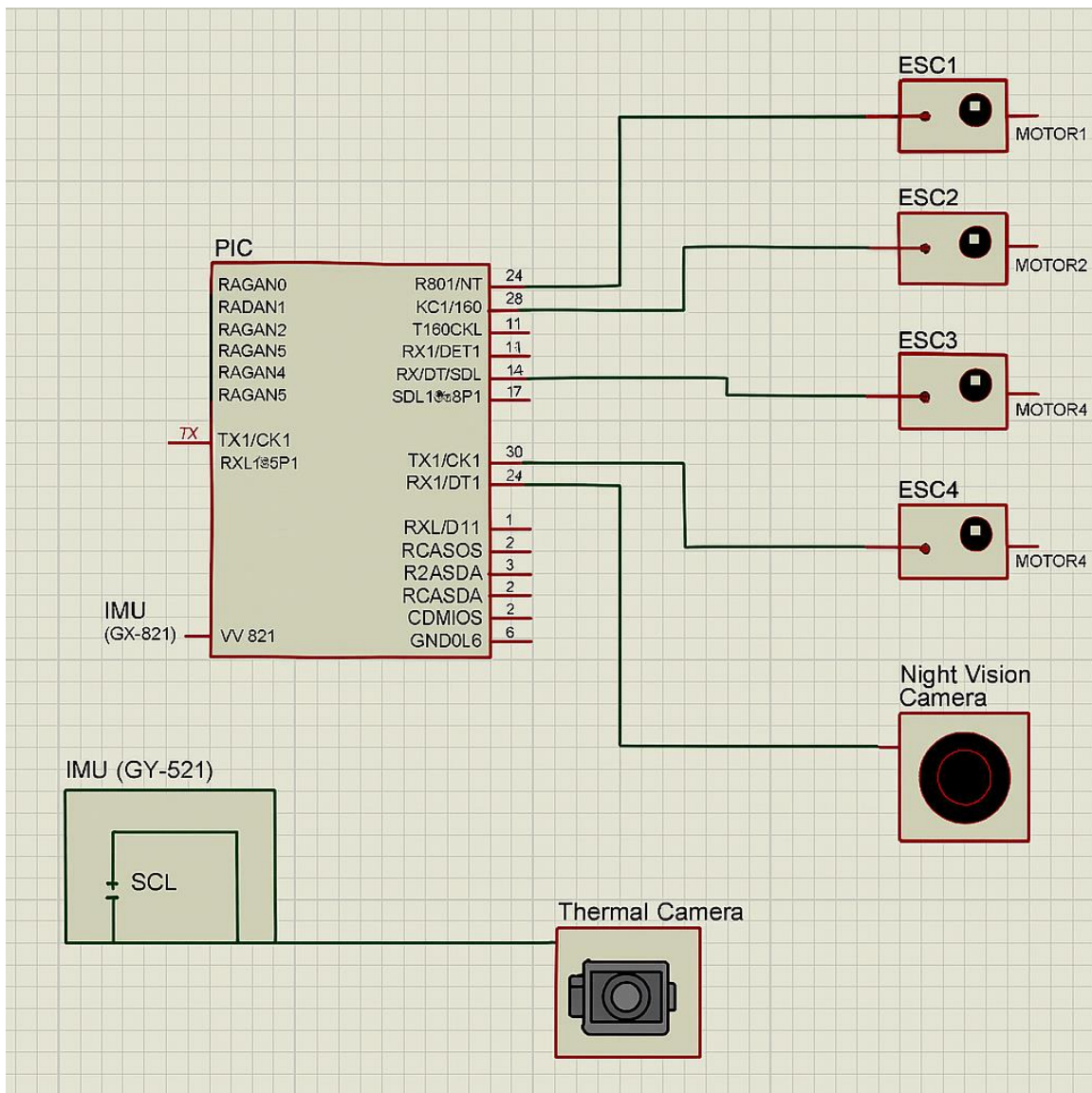
Proteus was used to simulate the PIC18F46K22 I²C, SPI, and UART interfaces. The netlist from Eagle was imported to verify sensor readings, AT-command responses, and motor PWM signals under varying loads. Timing diagrams confirm <120 ms latency for SPI video transfer.

In Proteus wurde die Simulation der PIC18F46K22-I²C-, SPI- und UART-Schnittstellen durchgeführt. Das Netlist aus Eagle wurde importiert, um Sensorauslesungen, AT-Befehlsantworten und Motor-PWM-Signale unter verschiedenen Lasten zu verifizieren. Timing-Diagramme bestätigen eine SPI-Videotransferlatenz von <120 ms.

5. MATLAB Simulation

A MATLAB/Simulink model implemented the quadcopter kinematics and PID control loops. The linearized state-space model was validated against the dynamics equations. Step responses in altitude and yaw demonstrate settling time < 0.8 s with tuned PID gains.

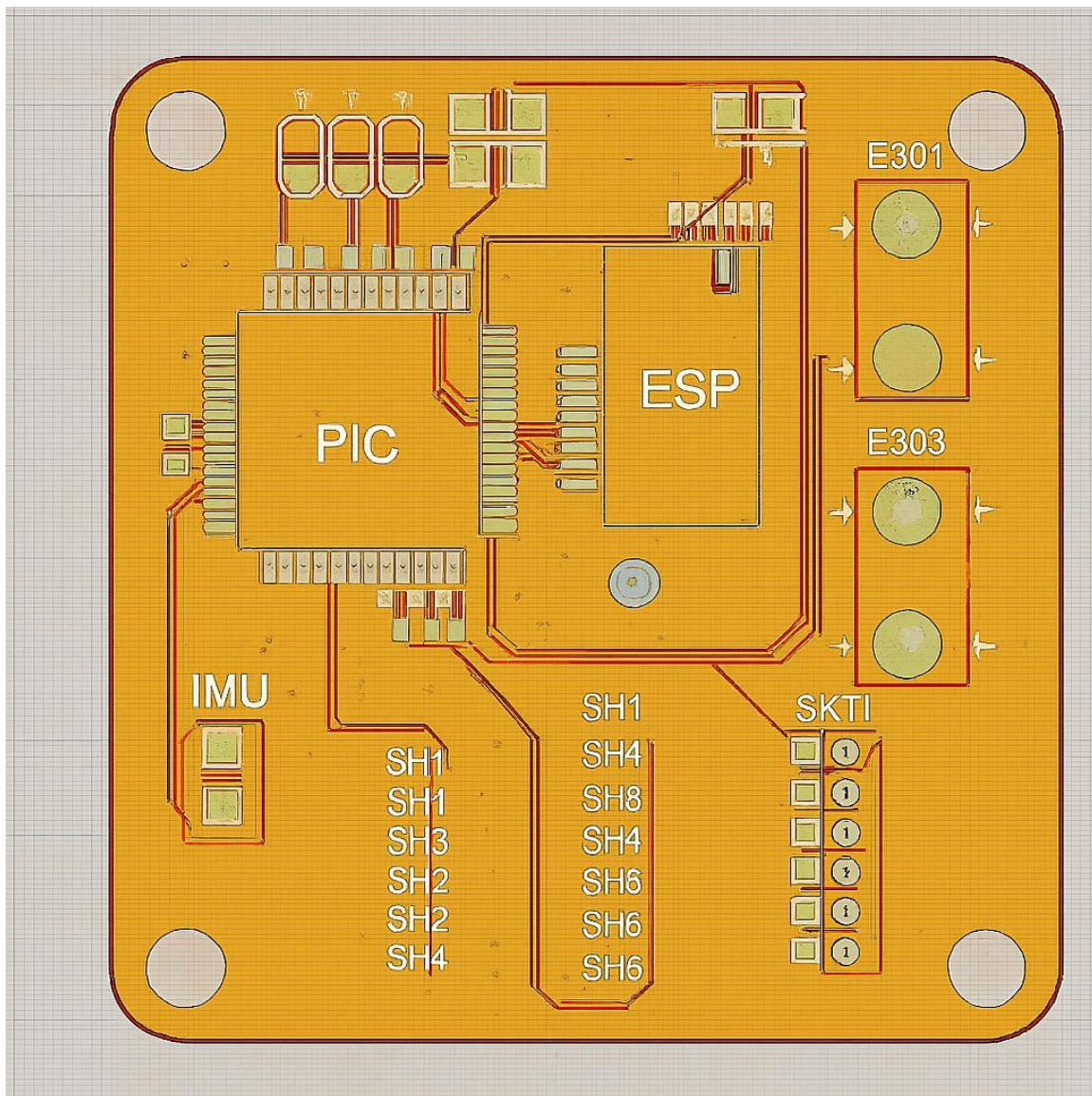
Ein MATLAB/Simulink-Modell implementierte die Kinematik des Quadcopters und PID-Regelschleifen. Das linearisierte Zustandsraummodell wurde anhand der Dynamikgleichungen validiert. Sprungantworten in Höhe und Gier zeigen eine Einschwingzeit $< 0,8$ s mit abgestimmten PID-Parametern.



6. PCB Layout in Eagle

The Eagle board layout places the PIC and ESP modules on the top layer, with ground and power planes on the bottom. Critical analog traces (IMU) are routed away from high-frequency traces. SH1–SH8 solder headers enable modular sensor attachment. Standard 0.1" pitch connectors were used for ESCs and battery.

Das Eagle-Board-Layout platziert die PIC- und ESP-Module auf der Oberseite und die Ground- und Power-Planes auf der Unterseite. Kritische analoge Leiterbahnen (IMU) werden fern von Hochfrequenz-Leitungen geführt. SH1–SH8-Lötleisten ermöglichen die modulare Sensorbefestigung. Standard-0,1"-Pitch-Anschlüsse wurden für ESCs und Batterie verwendet.



7. Mechanical Structure in SolidWorks

The frame consists of a 5 mm central hub and four 3 mm aluminum 6061-T6 arms, each 250 mm long. A two-axis gimbal supports the cameras with $\pm 30^\circ$ rotation. Parts were modeled in SolidWorks and exported as STL for 3D printing of vibration-damping mounts. Battery tray features quick-release latches.

Der Rahmen besteht aus einer 5 mm zentralen Nabe und vier 3 mm Aluminium-6061-T6-Armen mit einer Länge von jeweils 250 mm. Ein Zweiachsen-Gimbal trägt die Kameras mit $\pm 30^\circ$ Rotation. Teile wurden in SolidWorks modelliert und als STL für den 3D-Druck von vibrationsdämpfenden Halterungen exportiert. Das Batteriefach verfügt über Schnellverschlussriegel.

