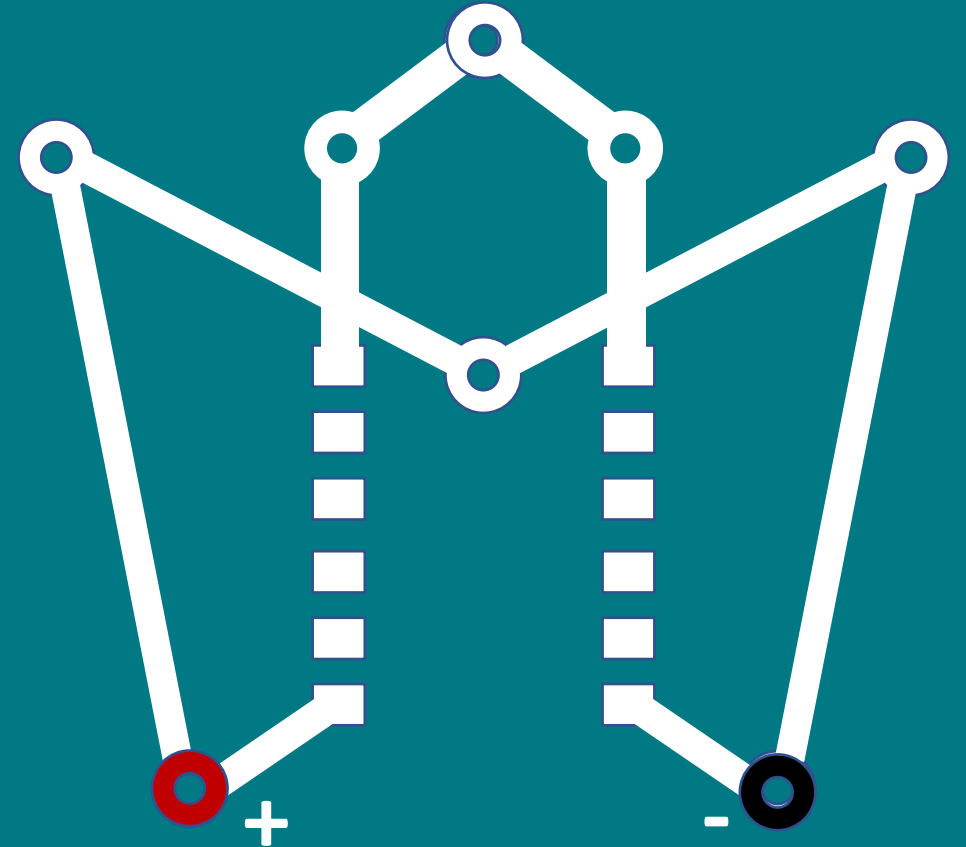


# Dronovi i Internet stvari

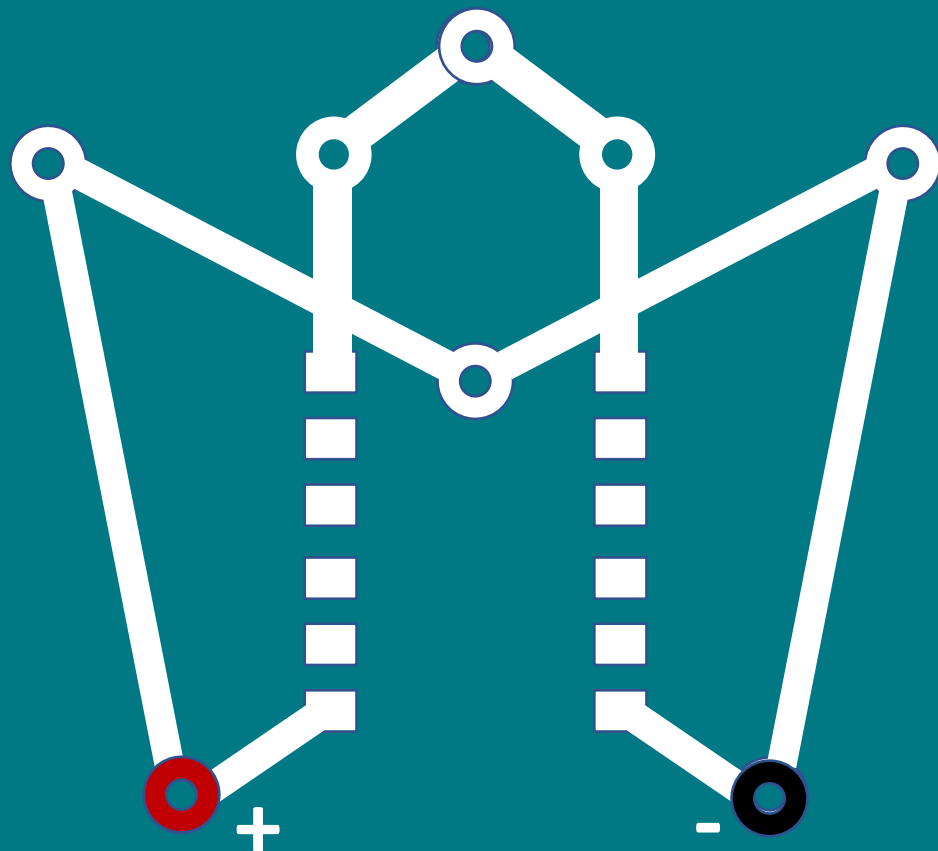
Prof. dr Marko Simeunović, *MoDrone CTO*

Prof. dr Dejan Jokić, *Burch University, MoDrone*



M O D R O N E

Shapes the future of  
innovation



  
MODRONE

Shapes the future of  
innovation

## Sadržaj

1. Uvod u dronove
2. Kontrola i stabilnost drona
3. Senzori i fuzija podataka
4. Evolucija ka AIoT sistemima
5. Arhitektura AIoT dronskog sistema
6. SDK i komercijalne AIoT platforme
7. Razvoj hardvera
8. Zaključci

# Osnovno o dronovima

- **Dronovi** – bespilotne letjelice/sistemi sposobni za autonomno ili daljinski kontrolisano obavljanje letačkih aktivnosti.
- Visok stepen prilagodljivosti aplikacijama u pogledu dodataka kao što su kamere, senzore, dostavni mehanizmi, itd.
- Primjene:
  - poljoprivreda,
  - logistika,
  - vojska,
  - monitoring životne sredine, itd.



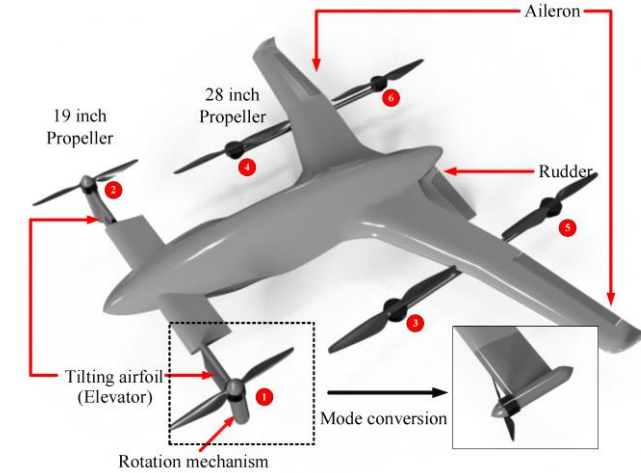
## Podjela dronova prema veličini:

- **Nano i mikro dronovi:**
  - veličina: do 50 cm, težina do 2 kg;
  - primjena: edukacija, hobi, nadzor u zatvorenim prostorima, inspekcija malih površina.
- **Mali dronovi:**
  - veličina: 50cm–2m, težina 2–25kg;
  - primjena: poljoprivreda, građevinski pregledi, geodetsko snimanje.
- **Srednji i veliki dronovi:**
  - veličina: veći od 5m, težina preko 25kg.
  - primjena: vojska, teški industrijski zadaci i logistika.



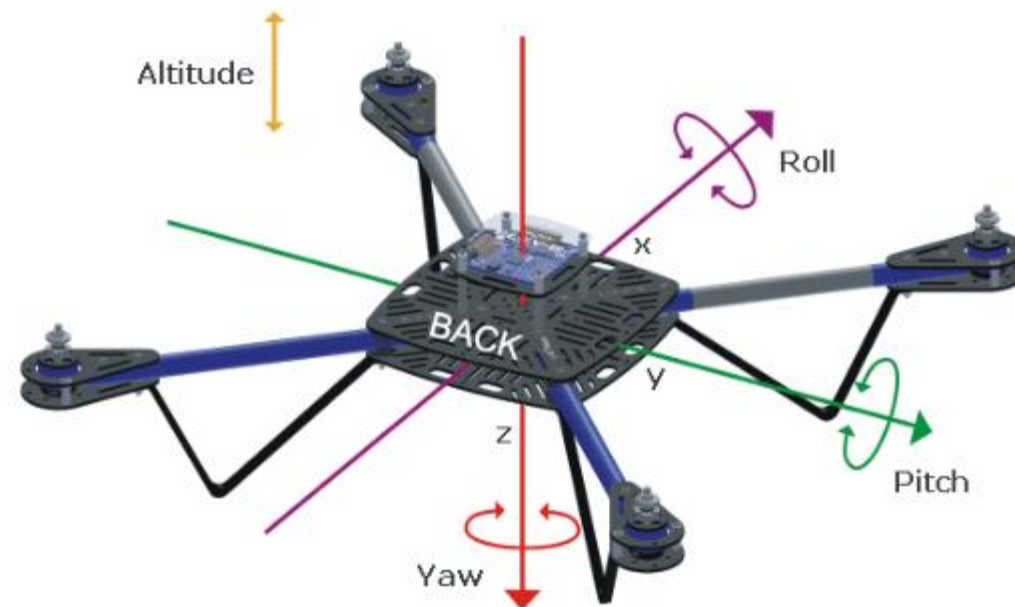
# Podjela dronova prema funkcionalnosti i autonomiji:

- Prema funkcionalnosti:
  - dronovi sa fiksnim krilima – velika autonomija leta, koriste se pri mapiranju terena i nadgledanju;
  - dronovi sa propelerima – vertikalno uzletanje i sletanje;
  - hibridni dronovi – kombinacija prethodna dva.
- Prema autonomiji:
  - manuelni;
  - polu-autonomni;
  - potpuno autonomni.

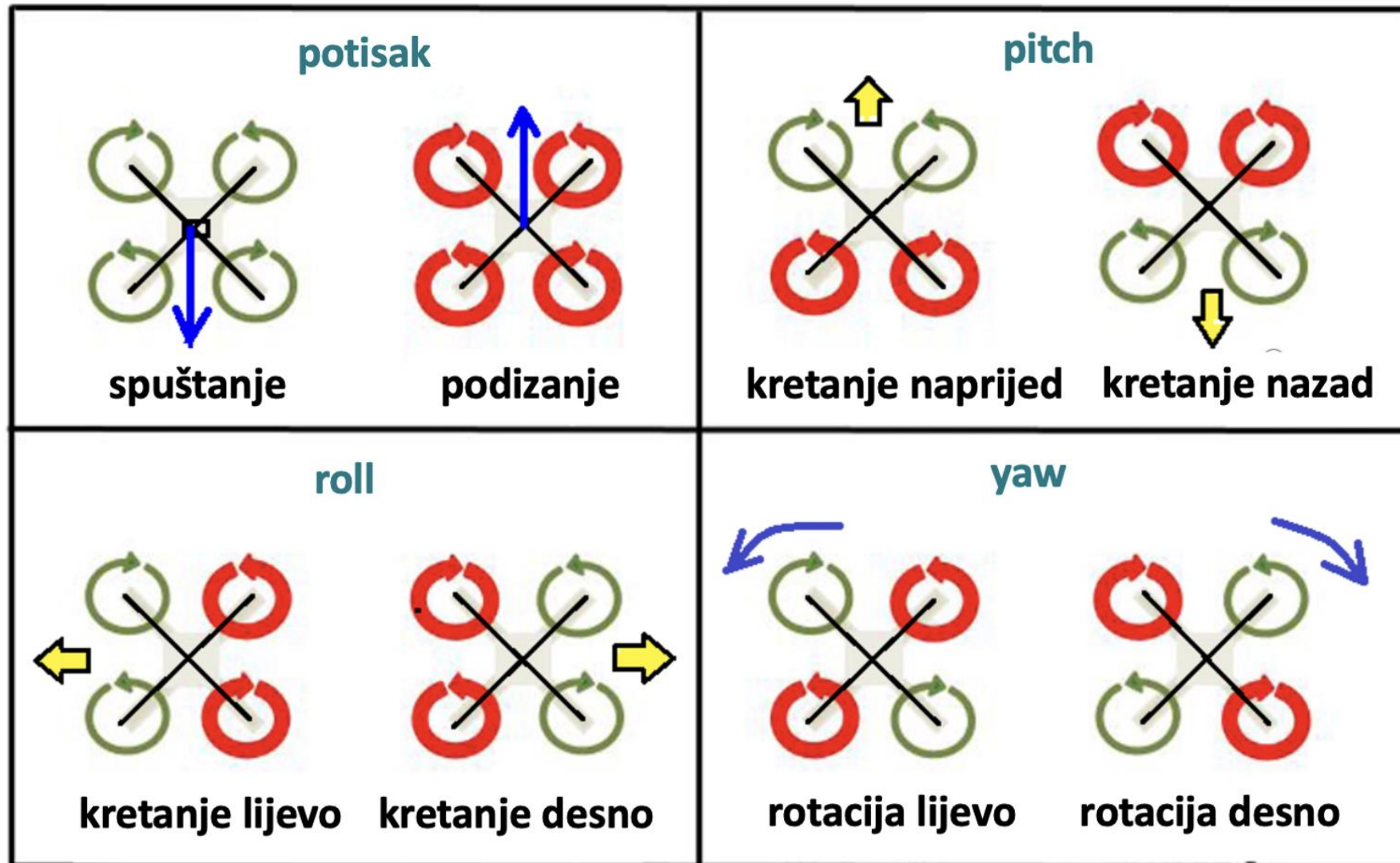


# Kontrola kretanja drona

- Pitch (nagib naprijed/nazad)
  - postiže se promjenom brzine prednjih i zadnjih propelera.
- Roll (nagib lijevo/desno)
  - kontroliše se podešavanjem brzine propelera sa lijeve i desne strane.
- Yaw (rotacija oko vert. ose)
  - podešavanjem brzine rotacije dijagonalnih propelera.
- Kontrola visine
  - variranje brzine svih propelera jednako.



# Upravljanje dronom



# Stabilizacija drona

- Ugrađeni senzori:
  - omogućavaju praćenje ubrzanja, rotacije, nagiba, brzine i putanje drona.
- Softverska stabilizacija:
  - PID kontroleri prilagođavaju brzinu propelera sa ciljem održavanja ravnoteže, dok autopiloti isključuju intervenciju pilota.
- Fizički dizajn:
  - dizajn propelera i rama utiču na optimalnu raspodjelu potiska i smanjivanje vibracija.





# Tehnike stabilizacije drona

- Aktivne korekcije:
  - kompenzacija efekata vjetra je moguća na osnovu dodatno ugrađenih senzora;
  - ugrađeni prigušivači absorbiraju vibracije uzrokovane propelerima i motorima.
- Aktivnosti pilota
  - složeni eksplatacioni uslovi često zahtjevaju manuelne akcije potpomognute vizuelnim senzorima.

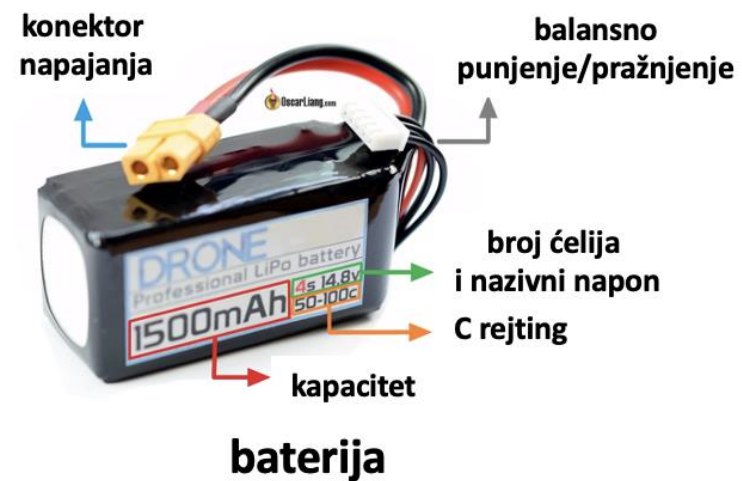
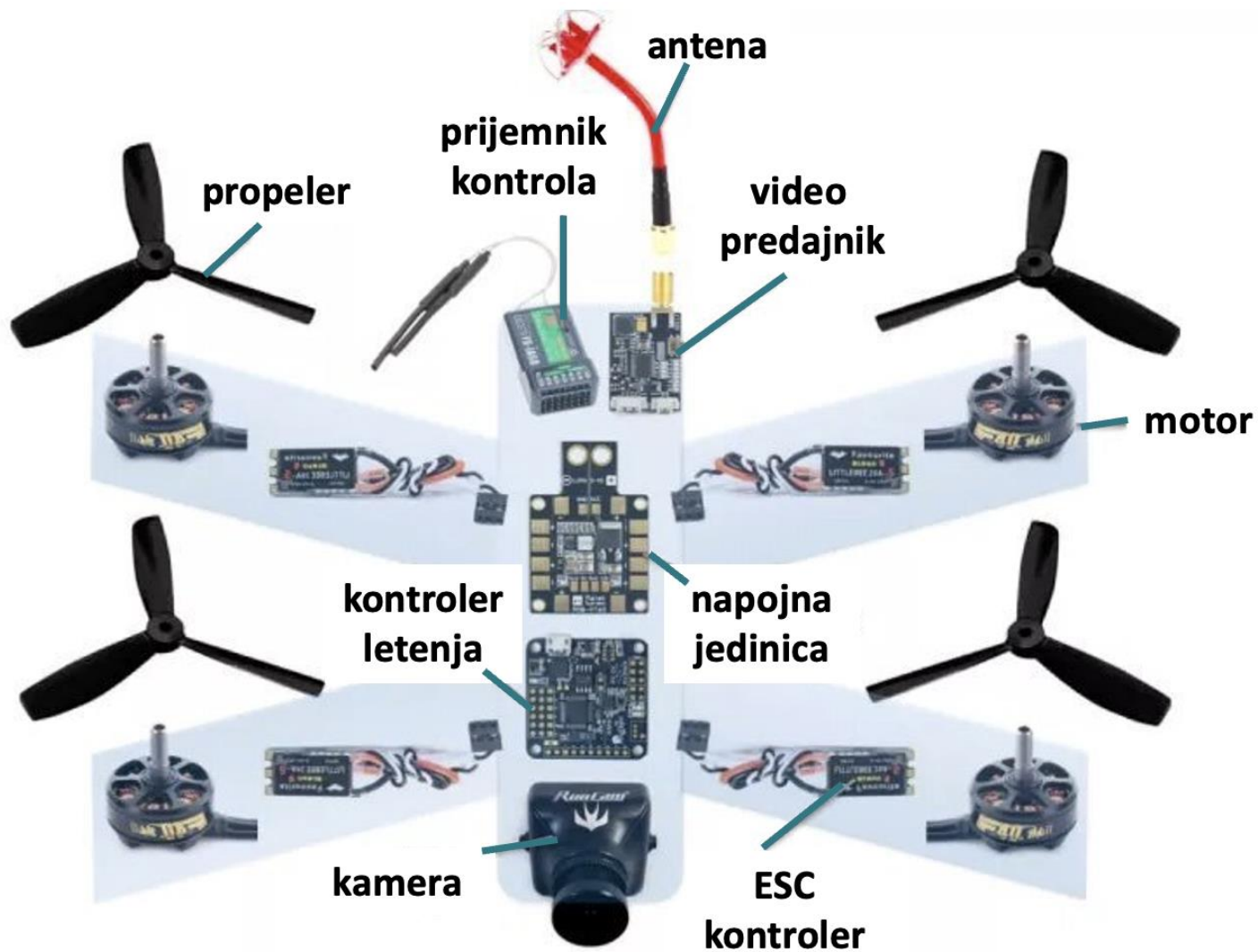


# Kontrola dronova

- Manuелna kontrola:
  - pilot koristi RC daljinski upravljač ili tablet.
- Autonomni letovi:
  - ruta leta je unaprijed određena i dron koristi GPS senzor za navigaciju;
  - cesto se koriste algoritmi vještačke inteligencije za izbjegavanje prepreka i donošenje odluka.
- Modovi leta:
  - stabilized mode;
  - održavanje visine;
  - GPS hold.



# Osnovni dijelovi drona

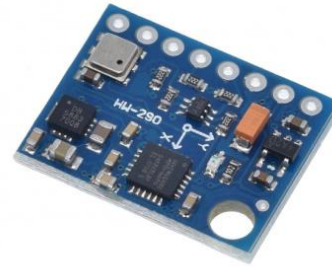


RC kontroler



# Senzori

- IMU inercijalni senzori
- GPS
- Barometar
- Ultrasonični senzori
- LIDAR
- Kamere



# Fuzija senzorskih podataka

- Zašto se radi fuzija podataka?
- Popularne tehnike:
  - Kalmanov filter;
  - komplementarno filtriranje.
- Primjer upotrebe:
  - globalno pozicioniranje;
  - izbjegavanje prepreka;
  - prilagođavanje leta vremenskim uslovima;
  - unapređena stabilnost i kontrola drona.



# Fuzija senzorskih podataka

- Izbegavanje prepreka:
  - kombinovanje podataka sa LiDAR-a, ultrazvučnih senzora i kamera kako bi se u realnom vremenu otkrile i izbjegle prepreke.
- Optimizacija putanje:
  - koriste se GPS i IMU podaci za izračunavanje najefikasnijih ruta.
- Unapređenje stabilnosti:
  - PID kontrola u kombinaciji sa fuzijom podataka osigurava stabilnost drona čak i u turbulentnim uslovima.
- Mehanizam povratne sprege:
  - kontinuirana ažuriranja sa senzora usavršavaju kretanje i navigaciju.



# Obezbjeđivanje stabilnosti leta

- **Cilj:** Precizno kretanje drona integracijom podataka sa senzora.
- Ključni senzori:
  - IMU: ubrzanje i ugaona brzina - dinamička stabilnost;
  - GPS: tačnost lokacije i planiranje trajektorije;
  - Barometar: precizno prilagođavanje visine u realnom vremenu.
- Proces:
  1. akvizicija podataka u realnom vremenu;
  2. kontroler leta obrađuje podatke;
  3. dinamička korekcija leta.



# Evolucija dronova

- RC dronovi:
  - potpuno manuelno upravljanje od strane operatera;
  - ograničena autonomija i zavisnost od vizuelnog kontakta;
  - nema lokalne obrade podataka niti integracije sa drugim sistemima.
- Autonomni dronovi:
  - unaprijed definisane rute i misije;
  - osnovni senzori (GNSS, IMU, visina, izbjegavanje prepreka);
  - djelimična samostalnost, ali ograničena adaptacija u realnom vremenu.
- AloT dron sistemi:
  - integracija **vještačke inteligencije (AI)**, **IoT mreža** i **edge computinga**.





# AIoT paradigma: dron kao CPS agent

- Integracija **AI + IoT + Edge** u jedinstven sistem.
- Lokalna inteligencija + umreženo odlučivanje.
- Dron kao **autonomni CPS agent** u širem ekosistemu.
- Primjene: poljoprivreda, infrastruktura, bezbjednost.



# Dron - inteligentni, umreženi agent

- Samostalno prikuplja, obrađuje i dijeli podatke.
- Donosi odluke u realnom vremenu bez stalne ljudske intervencije.
- Djeluje kao dio šireg sistema (flote dronova, pametne infrastrukture, digitalnih platformi).
- Ključne aplikacije:
  - pametna poljoprivreda;
  - monitoring infrastrukture i okoline;
  - bezbjednosne i spasilačke operacije.



# Dron ≠ dronski sistem

- Dron:
  - letjelica i senzori;
  - izvršava komande.
- Dronski sistem:
  - dron + komunikacija + softver;
  - AI obrada i donošenje odluka;
  - integracija sa drugim sistemima.

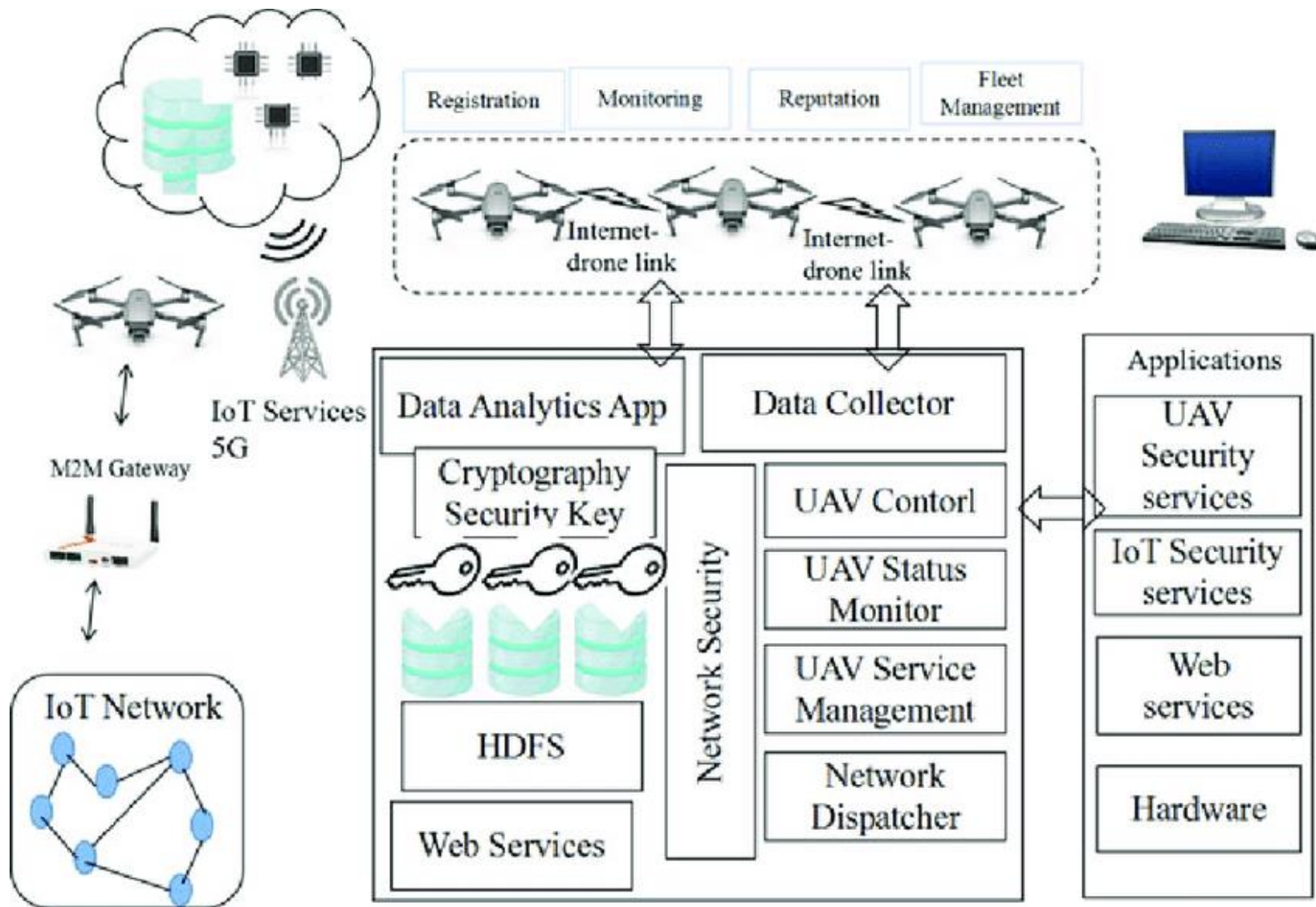


# Dron kao Cyber-Physical System

- Dron - zatvoreni CPS sistem koji u realnom vremenu povezuje fizički svijet i digitalnu inteligenciju:
  - **Fizički sloj:** letjelica, senzori, aktuatori;
  - **Cyber sloj:** softver, AI algoritmi, modeli odlučivanja;
  - **Komunikacija:** real-time veza  
dron  $\leftrightarrow$  edge  $\leftrightarrow$  cloud)
  - **povratna sprega:**  
percepcija  $\rightarrow$  analiza  $\rightarrow$  odluka  $\rightarrow$  akcija



# Arhitektura AloT dronskog sistema



**DRON / CPS (Edge AI)**  
→ KOMUNIKACIJA  
→ GROUND CONTROL / FLEET  
→ CLOUD / AI PLATFORM  
→ APLIKACIJE



# Onboard (Edge) sloj – AIoT dronskog sistema

- Onboard sloj je mozak drona — kritične odluke se donose lokalno, u realnom vremenu.
  - **Senzori:** RGB/IR kamera, GNSS/RTK, IMU, LiDAR/ultrazvuk
  - **Računanje:** autopilot (MCU) + companion computer (SBC)
  - **Edge AI:** detekcija objekata, izbjegavanje prepreka, lokalna analitika
  - **Real-time kontrola:** stabilizacija, navigacija, re-planiranje putanje
  - **Sigurnost:** failsafe logika, ograničenja, lokalne odluke bez clouda



# Komunikacija i Cloud sloj – AIoT dronskog sistema

- Komunikacija povezuje dron sa sistemom, a Cloud pretvara podatke u znanje i odluke.
- Komunikacija
  - **Linkovi:** RF, Wi-Fi, LTE/5G, satelit (zavisno od misije);
  - **Podaci:** telemetrija, video, IoT senzorski podaci;
  - **Protokoli:** real-time streaming + IoT (MQTT/HTTP);
  - **Pouzdanost i bezbjednost:** enkripcija, autentikacija, fallback linkovi.
- Cloud
  - **Skladištenje i obrada:** data lake, analitika, izvještaji;
  - **AI platforma:** trening modela, MLOps, deployment na edge;
  - **Upravljanje Integracije:** GIS, SCADA, ERP, alarmni i decision-support sistemi;
  - **Integracije:** GIS, SCADA, ERP, alarmni i decision-support sistemi.



# Zatvoreni sistemi i uloga SDK-a

- Proizvođač kontroliše hardver, OS i sigurnost.
- SDK je **jedini dozvoljeni interfejs**.
- Ekosistem aplikacija unutar definisanih granica.
- Fokus: stabilnost, sertifikacija, regulative.





# SDK kao middleware sloj

- Posrednik između hardvera i aplikacija.
- Apstrakcija leta, senzora i payload-a.
- Pozicija: iznad firmware-a, ispod AI-a.

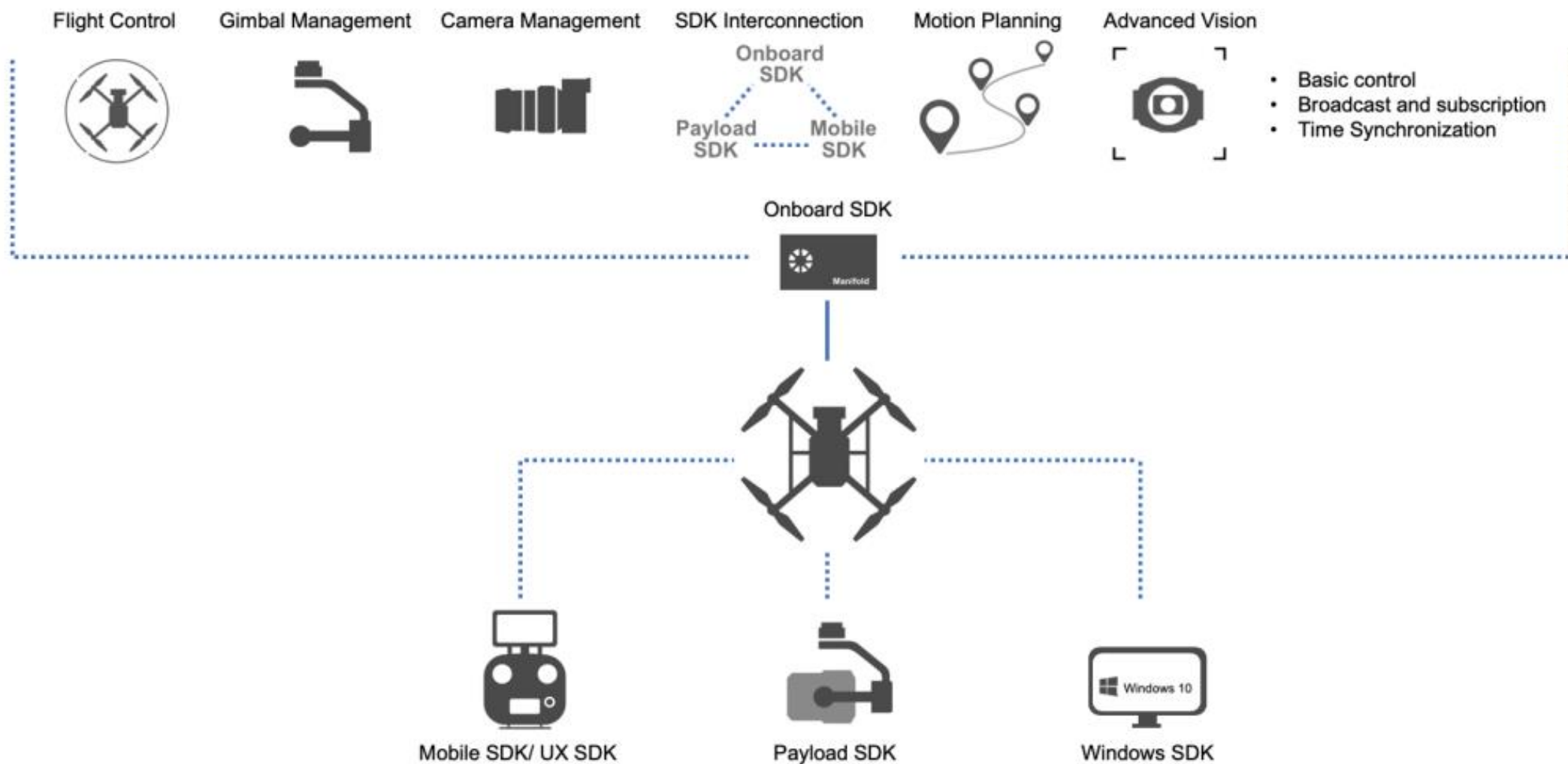


# AIoT tok odlučivanja: SDK → AI → Akcija

- SDK pretvara AI odluke u stvarne akcije.
- SDK: prikuplja podatke i izvršava komande.
- AI: analiza, inferencija, donošenje odluka.
- Akcija: fizička reakcija drone.
- Zatvorena CPS petlja.



# DJI SDK



- Mobile / Application SDK (osnovni nivo):
  - razvoj **custom mobilnih aplikacija** (Android / iOS);
  - upravljanje: letom, misijama, telemetrijom i statusima;
  - pristup real-time video streamu.
- Enterprise / System API (srednji nivo):
  - direktna integracija sa: backend sistemima, cloud platformama i AIoT aplikacijama;
  - upravljanje flotom, misijama, podacima;
  - Primjene: sigurnosni centri, inspekcijske infrastrukture i industrijske zadatke.
- Prošireni / Interni interfejsi (napredni nivo – ograničen pristup):

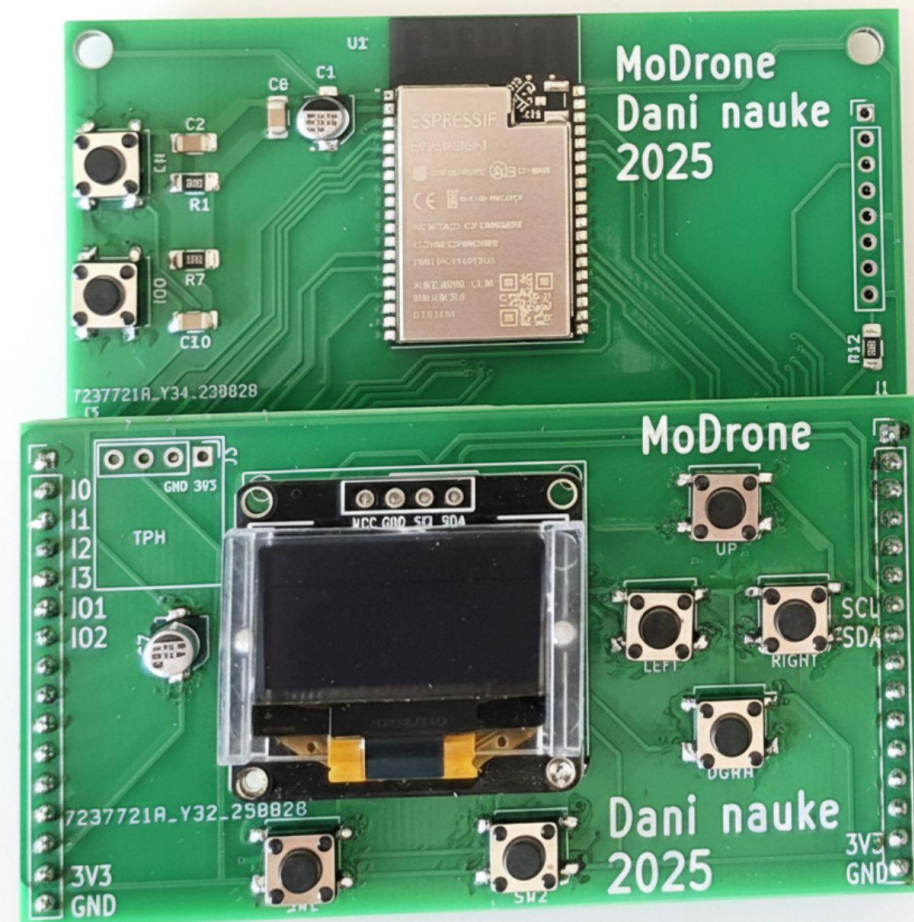


- Prošireni / Interni interfejsi (napredni nivo – ograničen pristup):
  - dublji pristup sistemu;
  - potreban:
    - enterprise ugovor,
    - direktna saradnja sa proizvođačem;
  - koristi se za:
    - specijalne integracije,
    - OEM i partnerska rješenja.

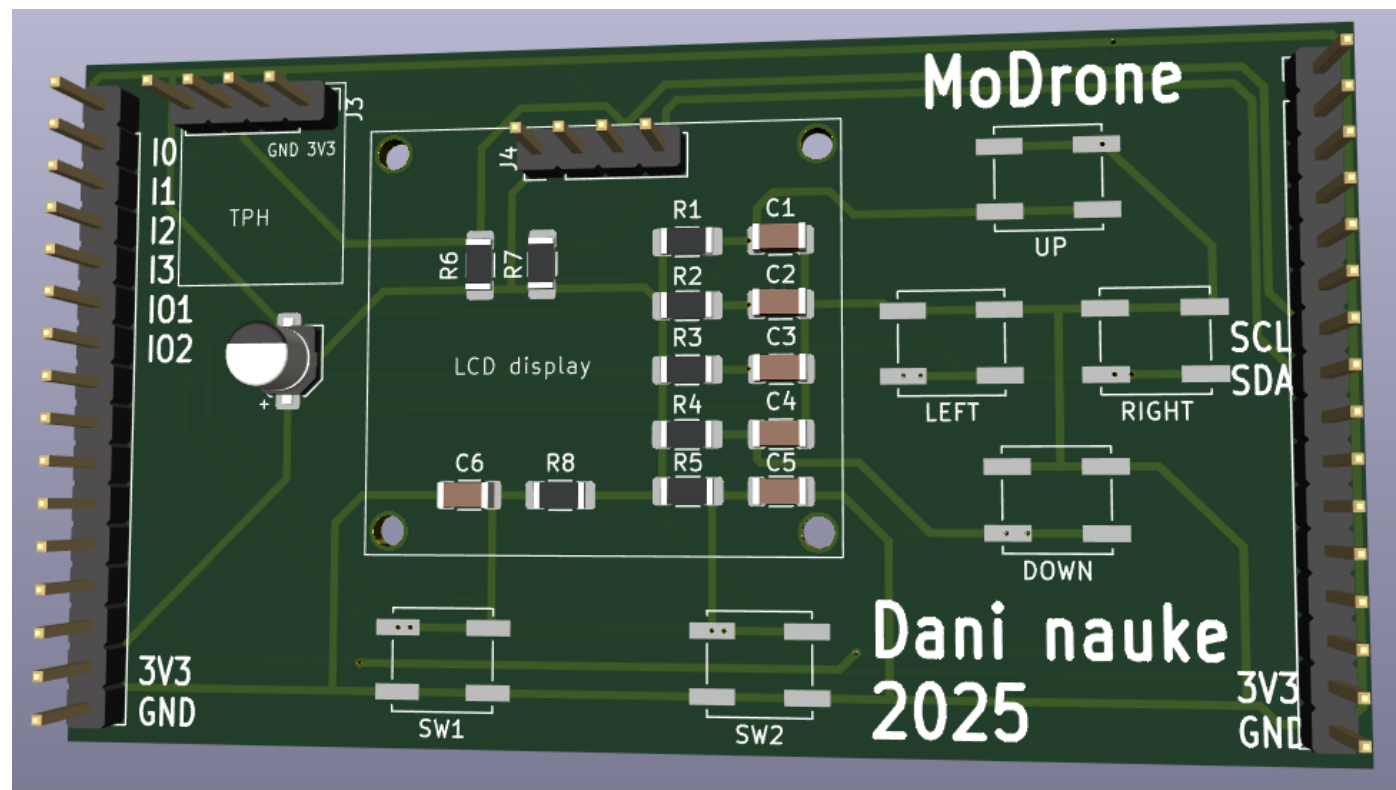
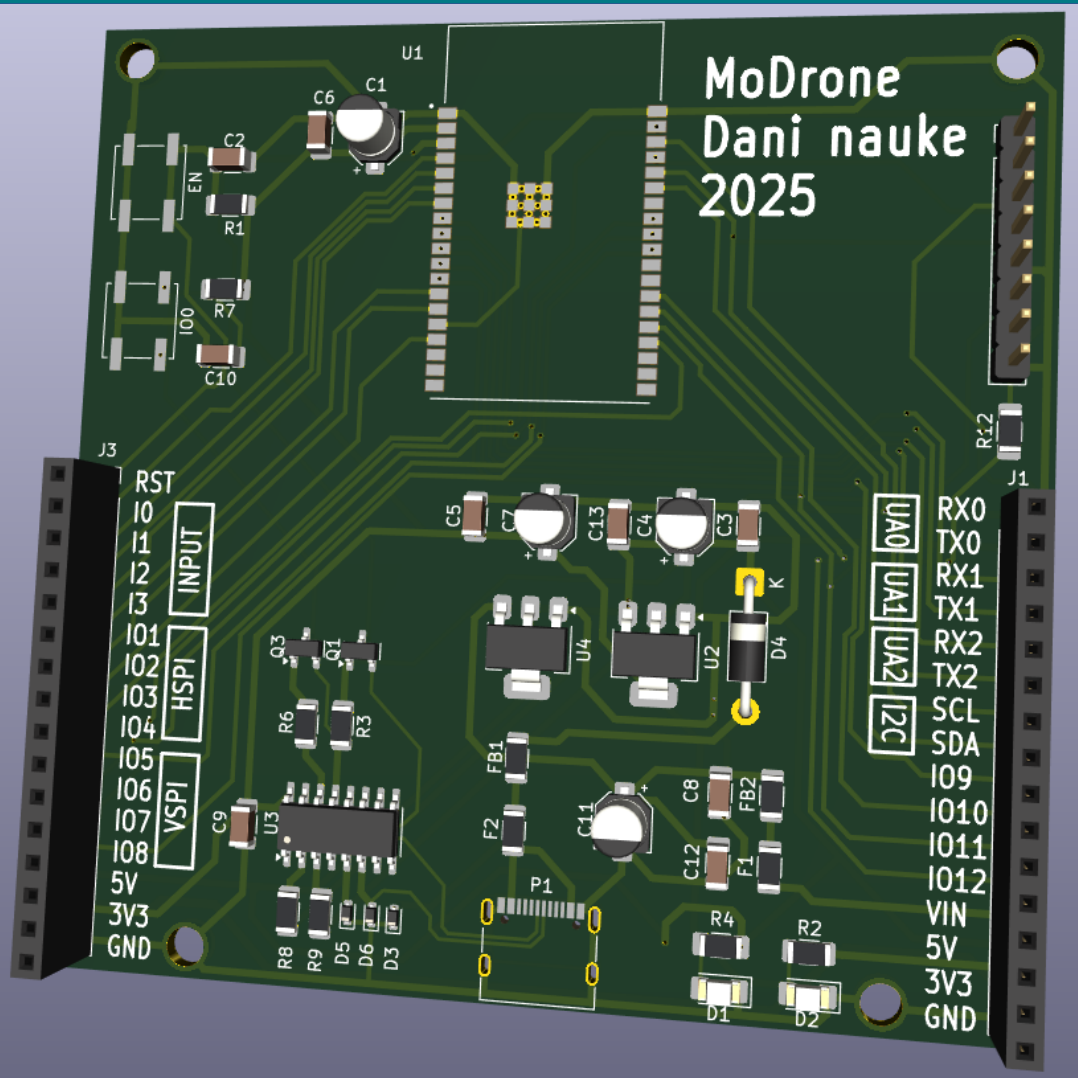


# Razvoj elektronike za upravljanje dronom

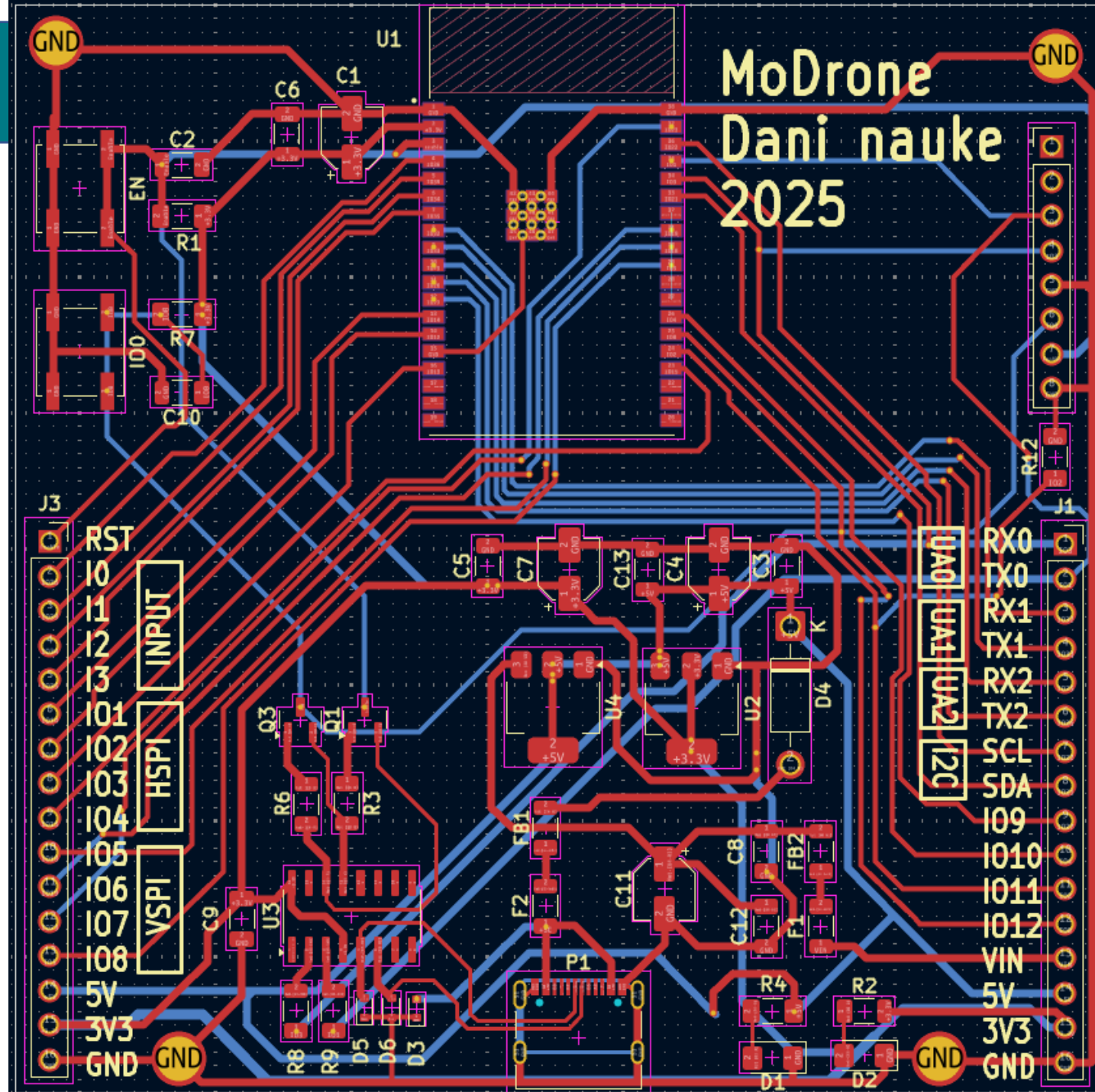
Prof. dr. Dejan Jokić  
International Burch University  
Sarajevo, BIH



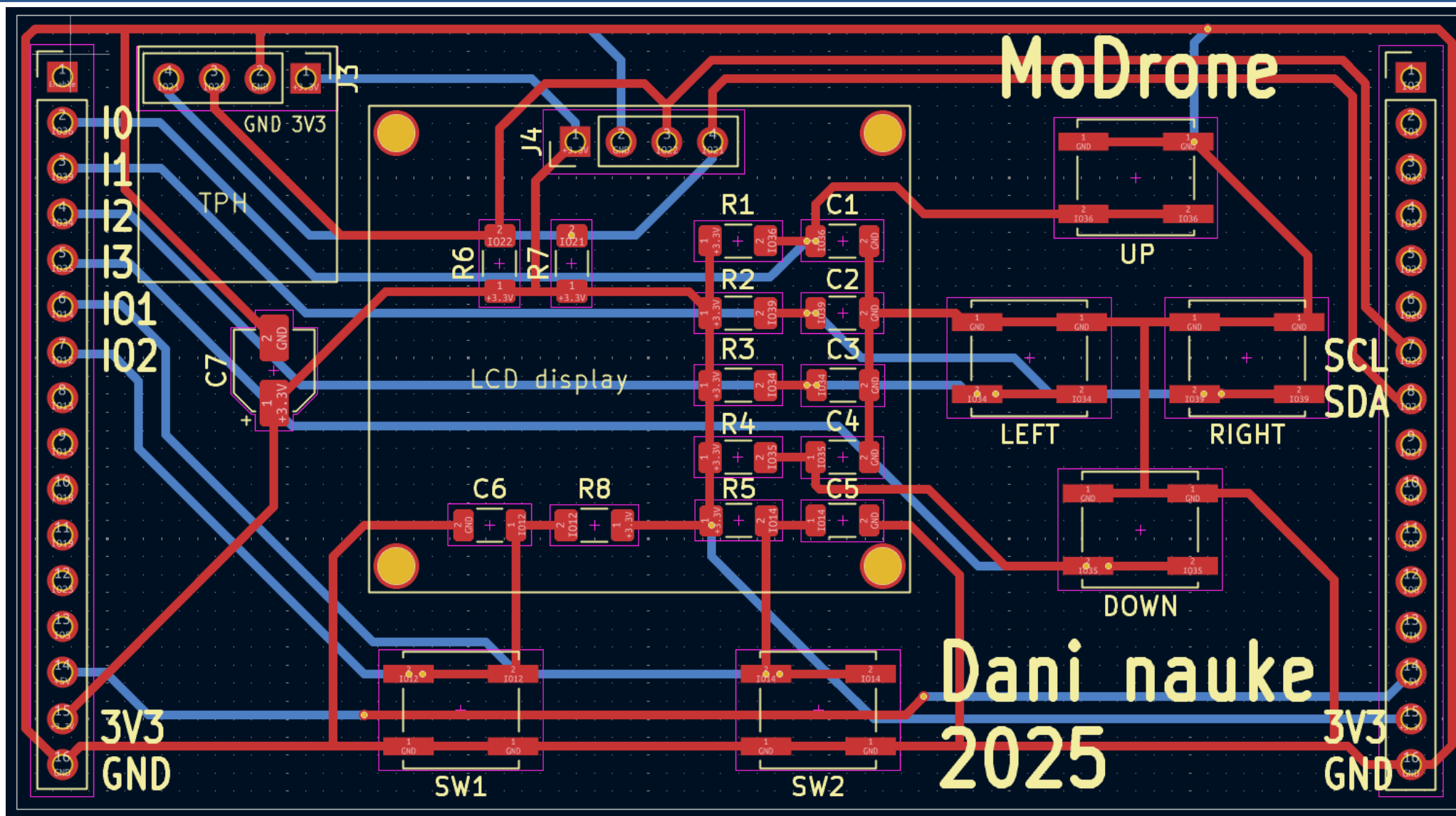
# Edukacijska pločica i shield



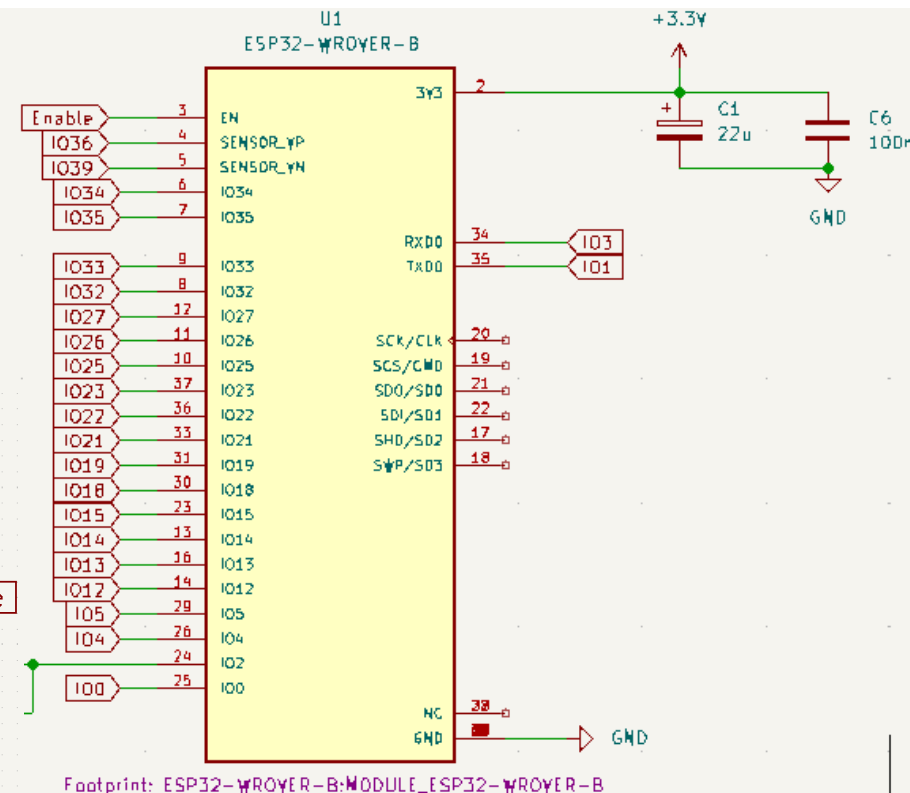
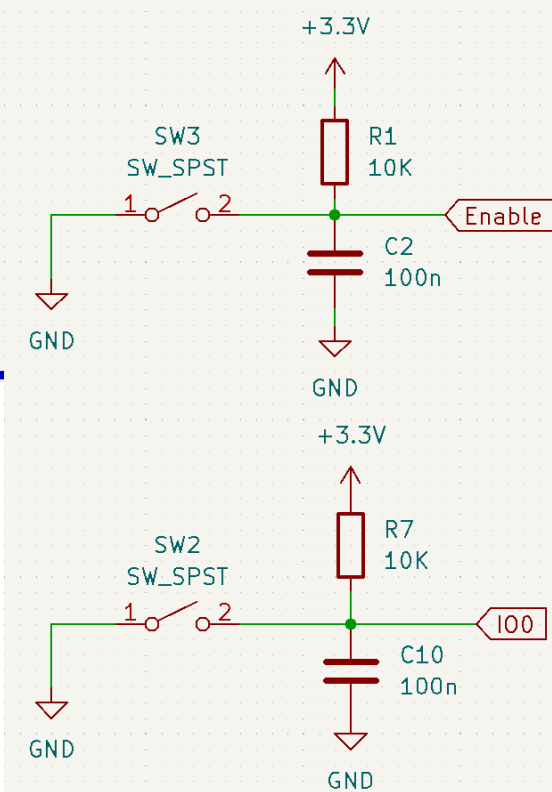
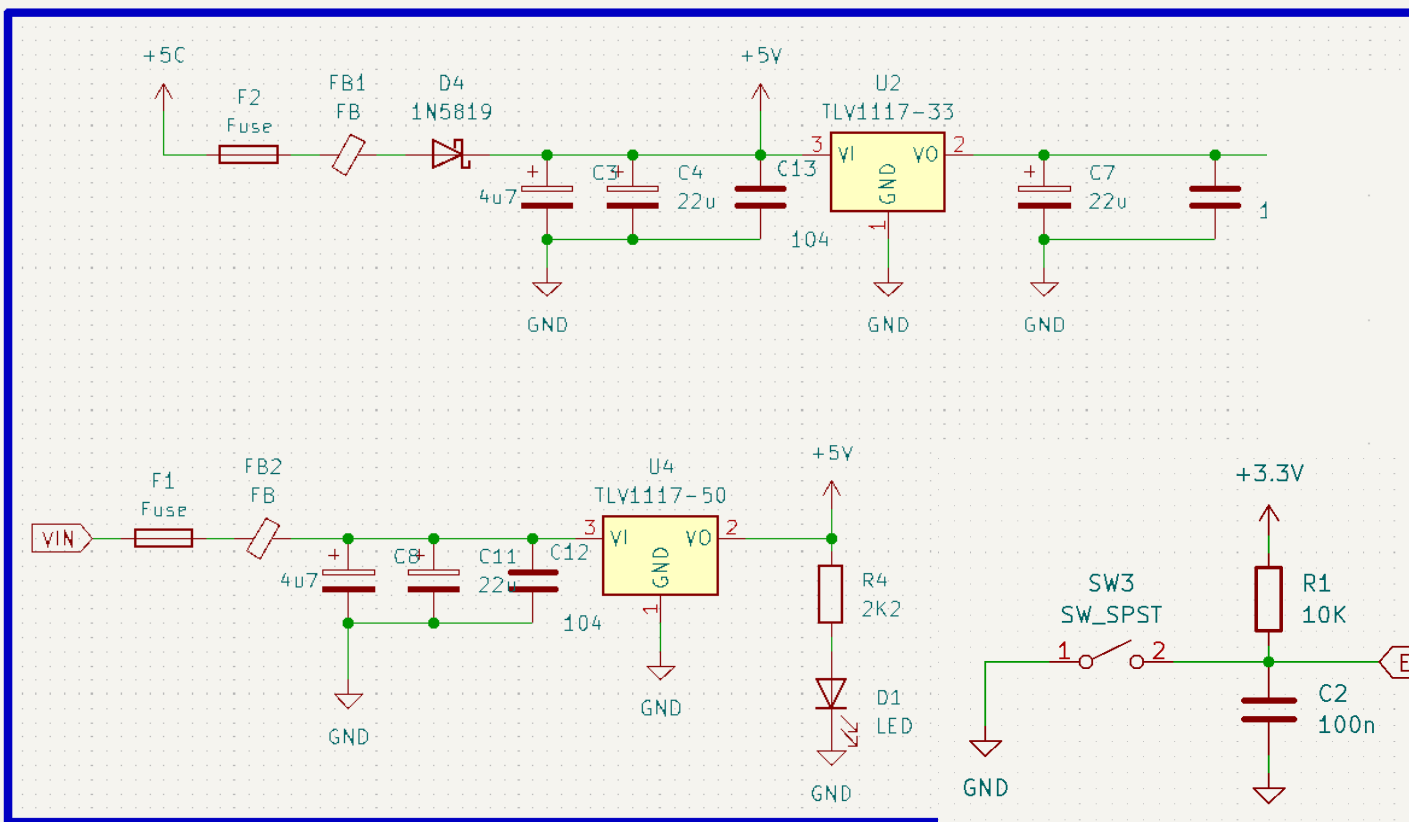




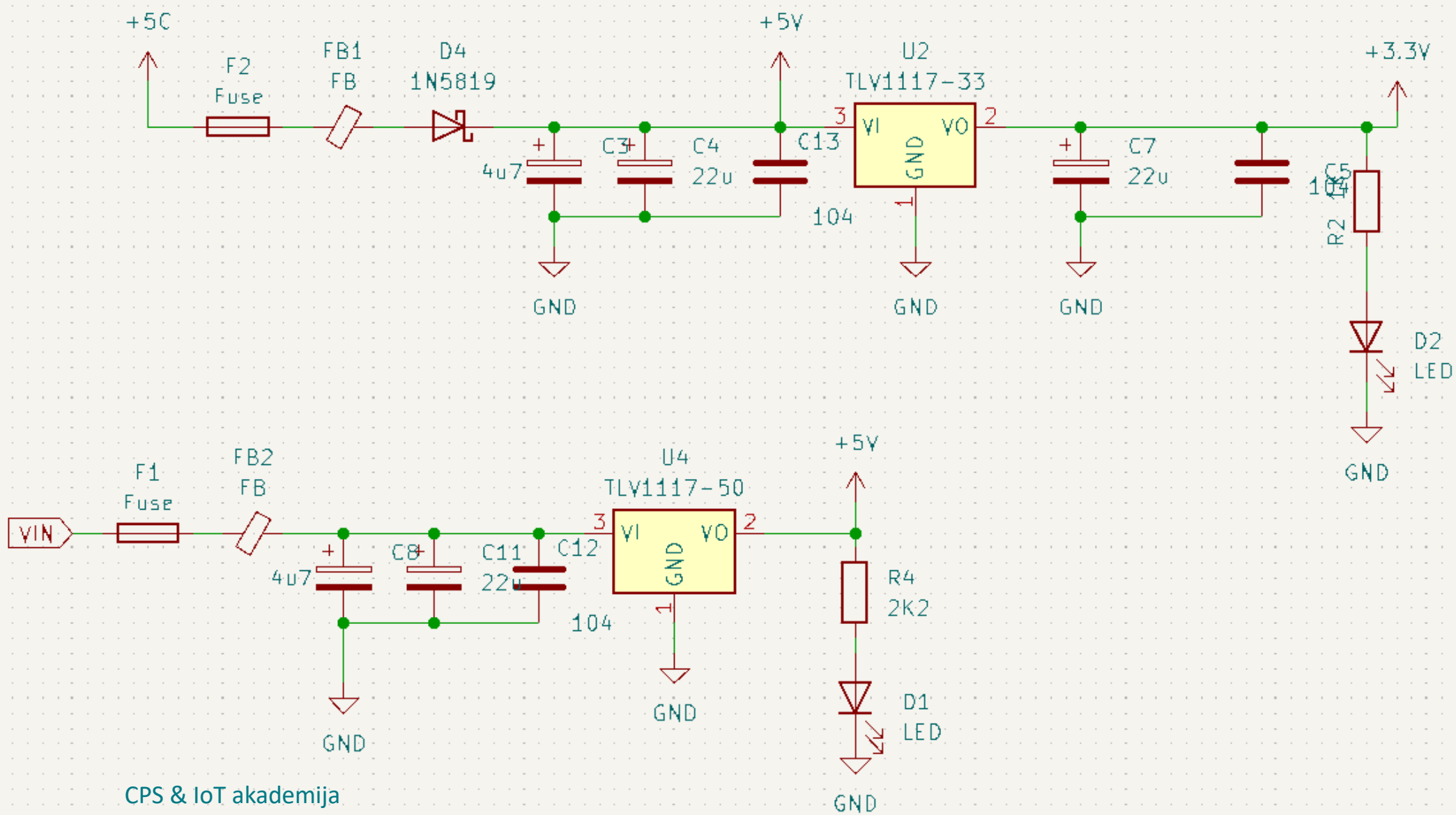




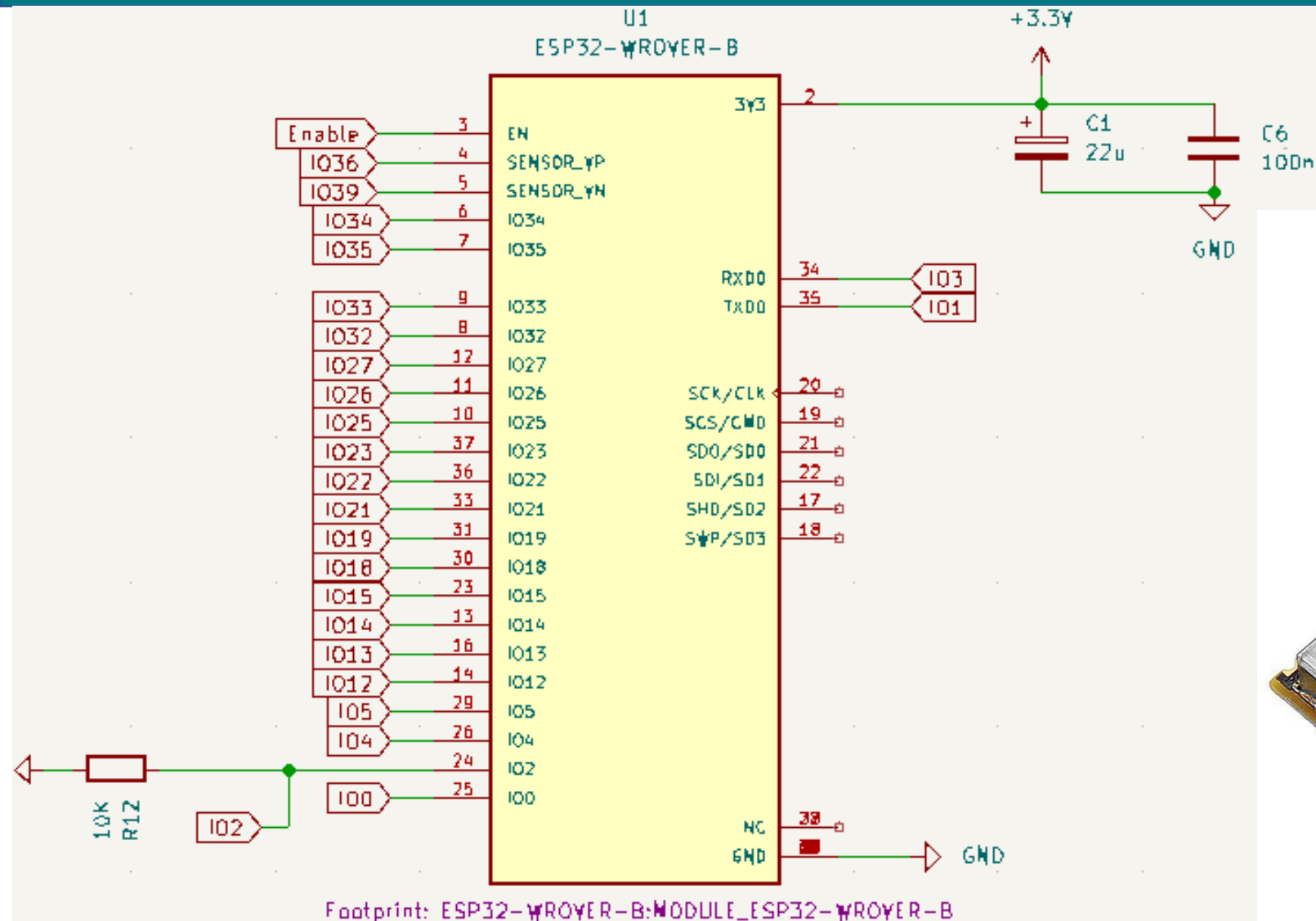
# Komponente i povezivanje



# Napajanje

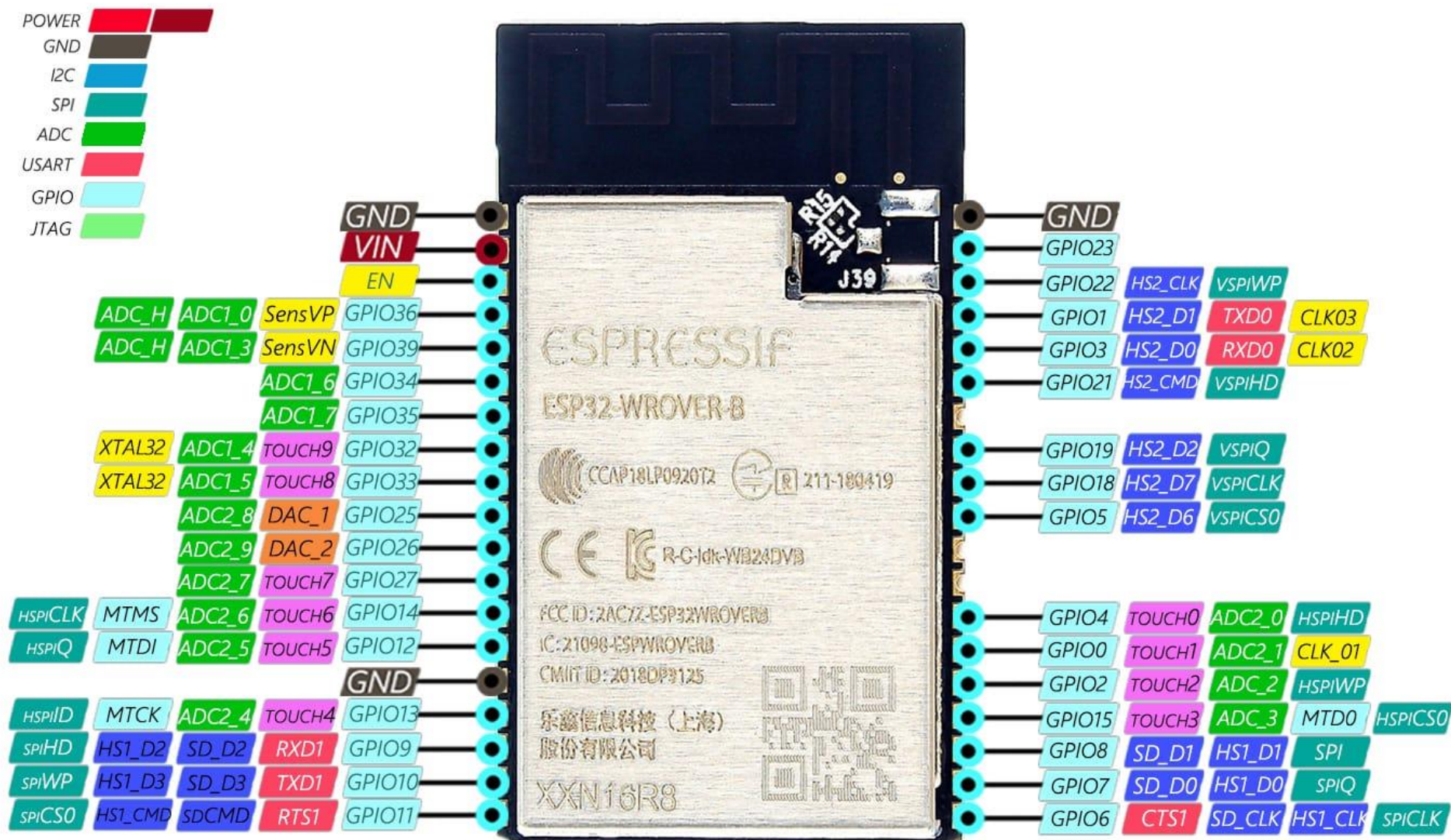


# ESP32 WROVER

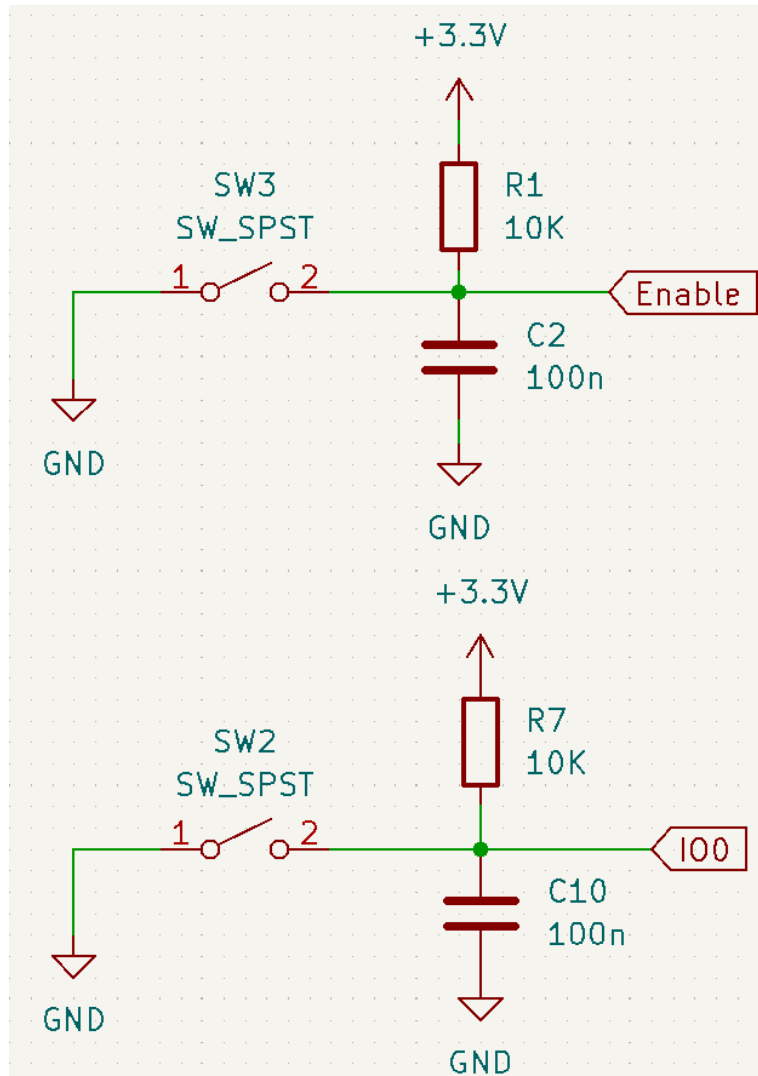




# ESP32 WROVER

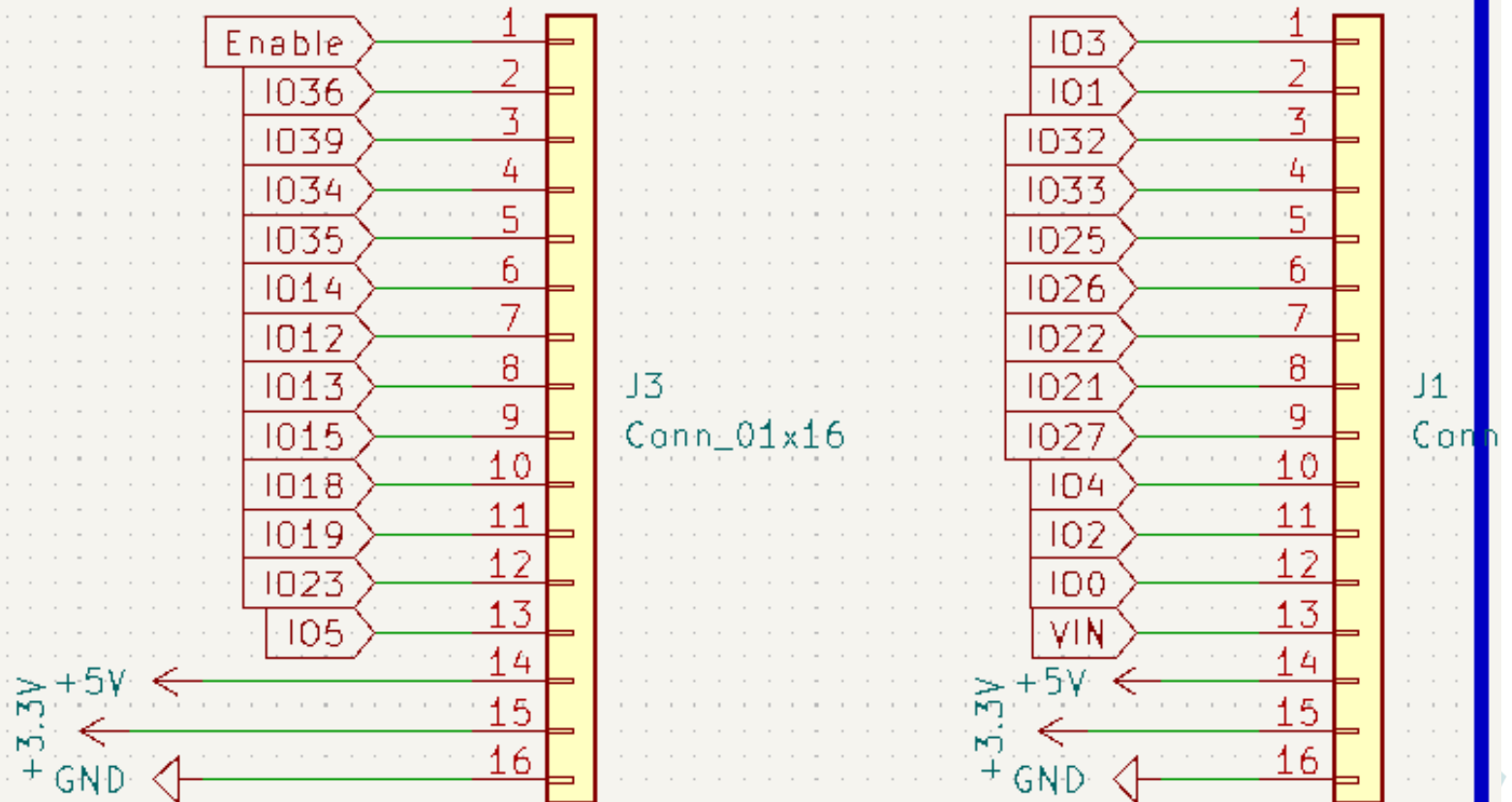


# Tasteri i konektori

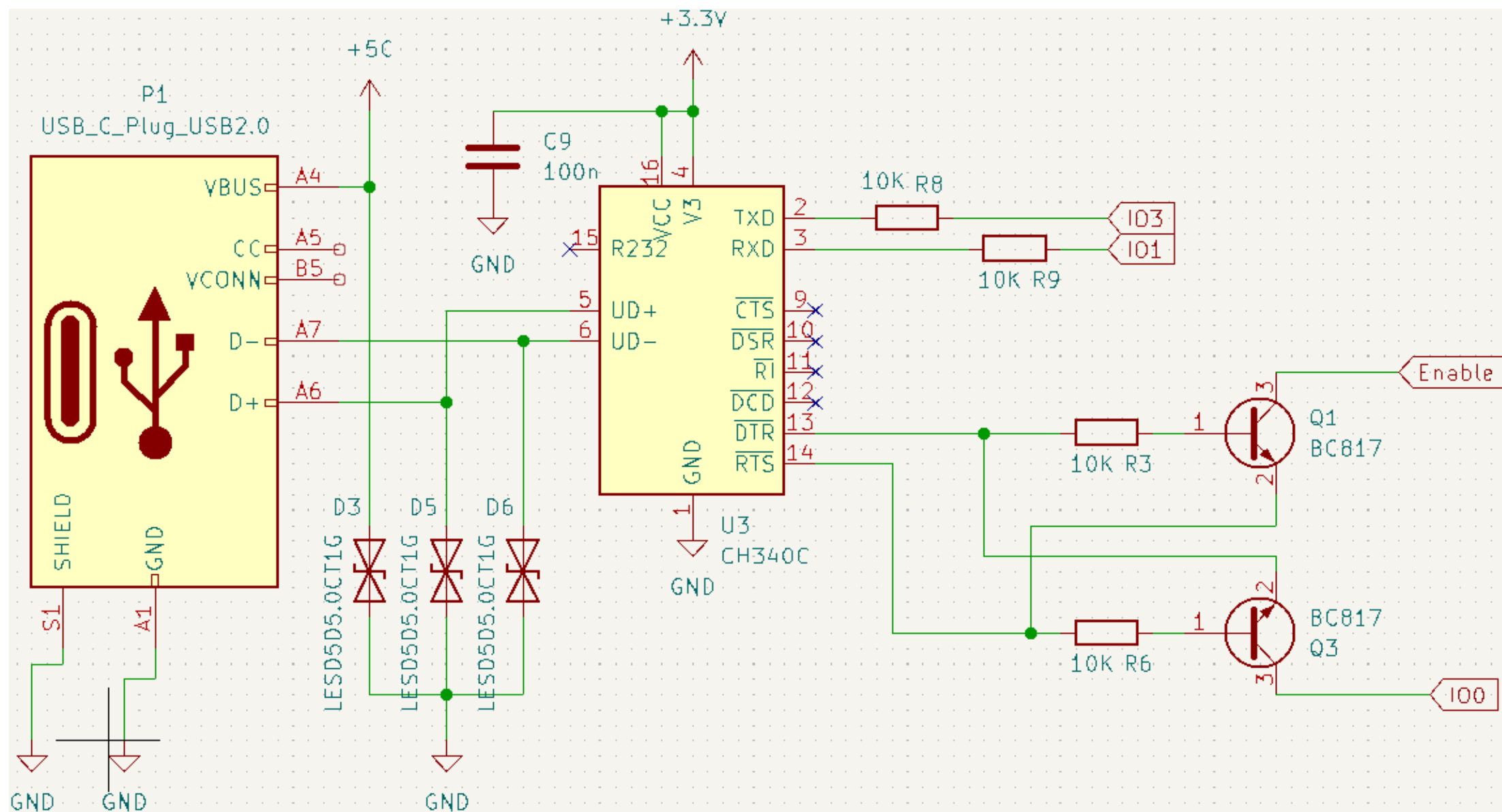


CPS & IoT akademija

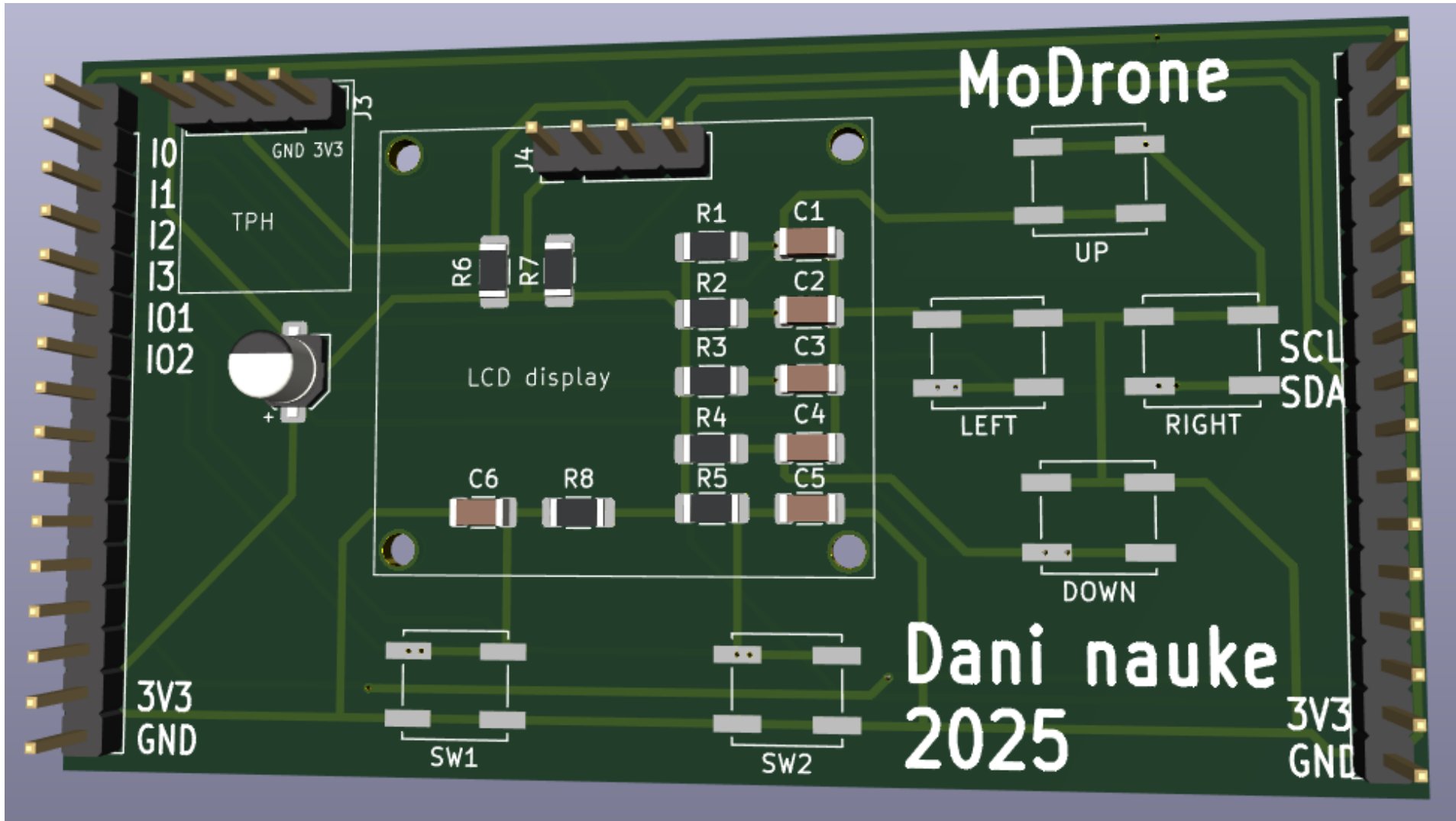
## Konektori



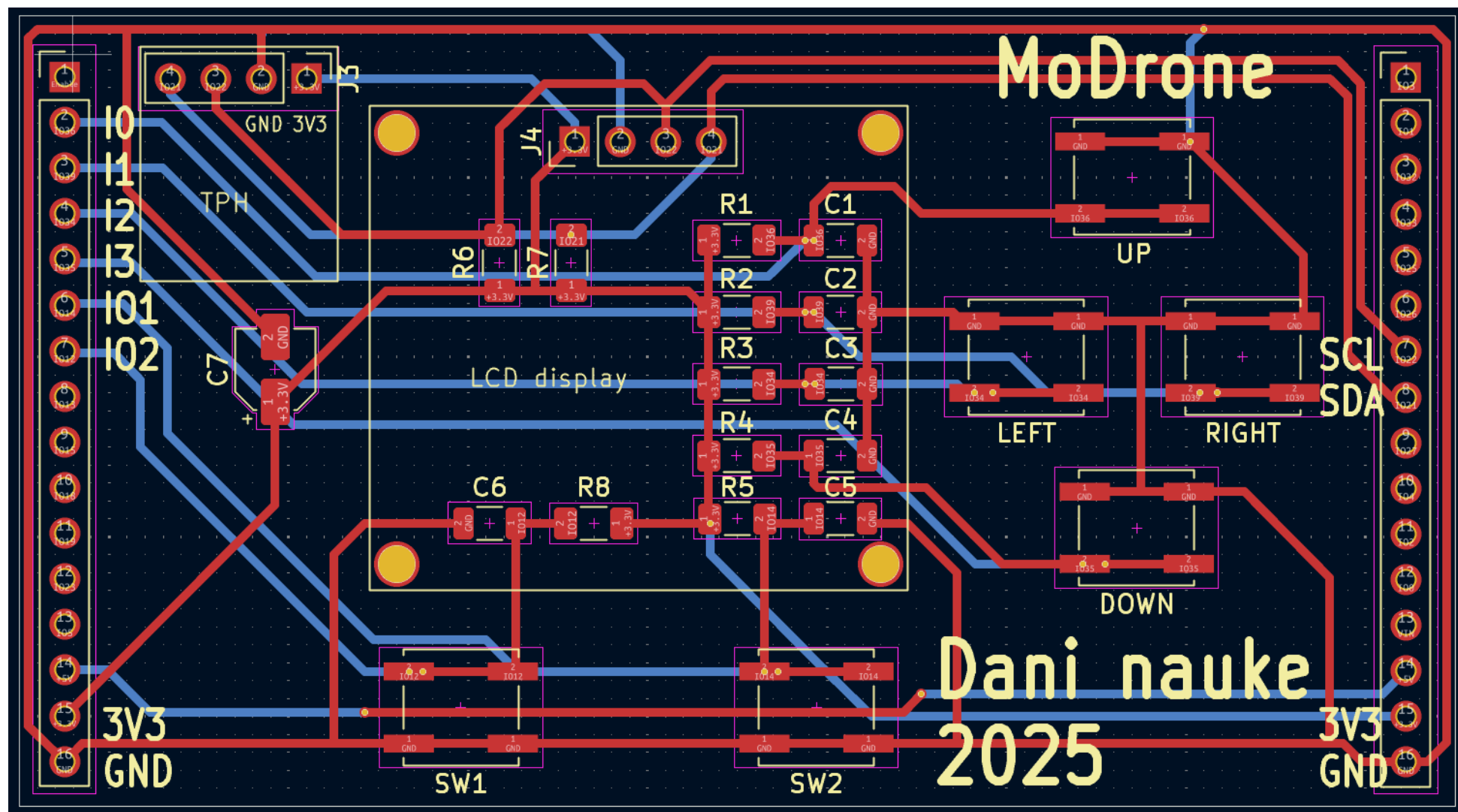
# Povezivanje ESP32 sa PC



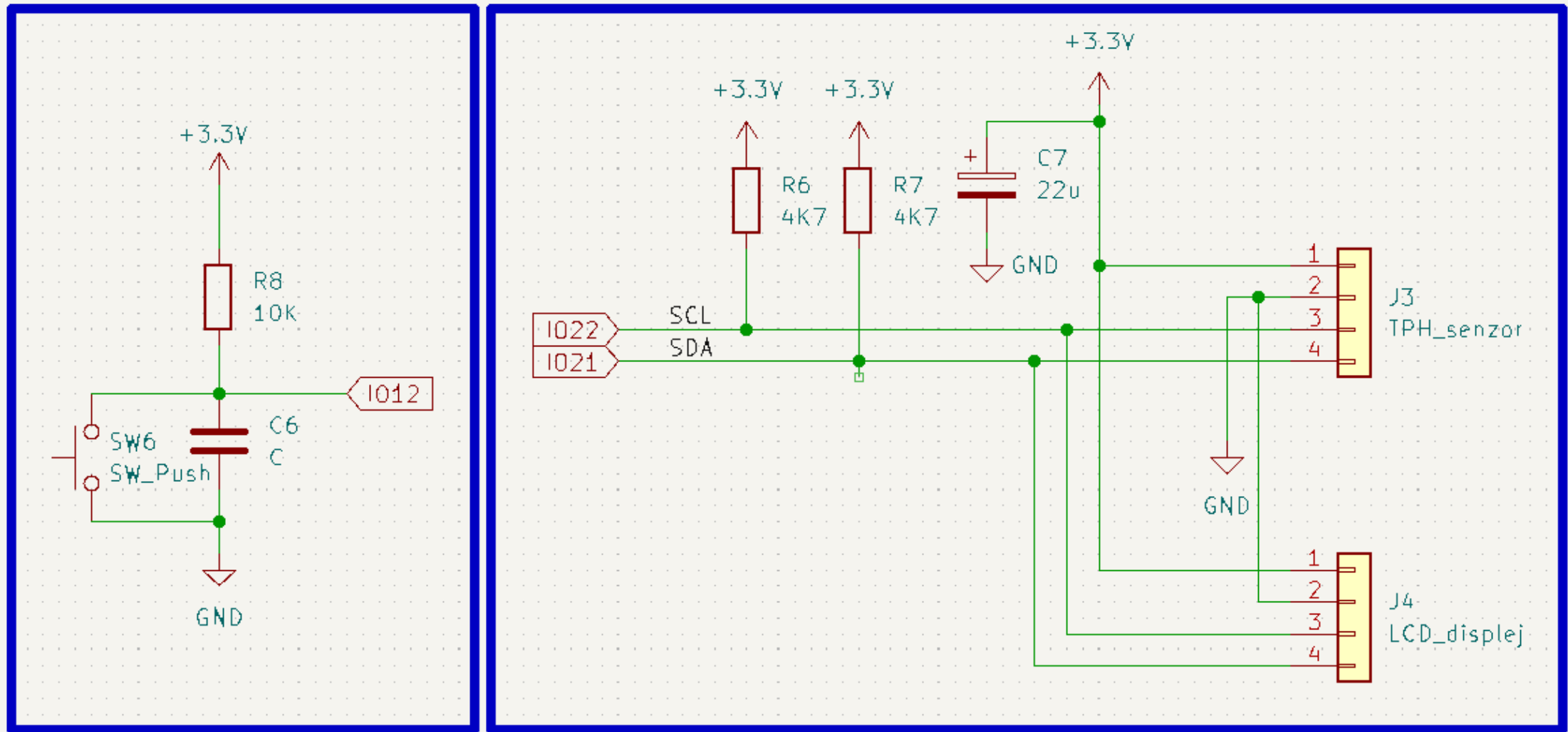
# Shield (Displej, tastere, senzor TPH)







# Povezivanje komponenti



# I2C protokol

**I2C (Inter-Integrated Circuit)** je sinhroni, serijski komunikacioni protokol koji se koristi za povezivanje mikrokontrolera i perifernih uređaja (senzora, displeja, EEPROM memorija) na kratkim udaljenostima. Razvio ga je Philips (danas NXP) 1982. godine.

**SDA (Serial Data):** Linija za prenos podataka.

**SCL (Serial Clock):** Linija za takt (sinhronizaciju).

**Master-Slave** arhitektura: Jedan uređaj (Master, obično mikrokontroler) upravlja taktom i započinje komunikaciju, dok ostali uređaji (Slaves) odgovaraju na upite.

Adresiranje: Svaki uređaj na mreži ima jedinstvenu 7-bitnu, što omogućava povezivanje velikog broja uređaja (teoretski do 128) na ista dva provodnika.

Pull-up otpornici: Pošto su linije "open-drain", neophodno je koristiti pull-up otpornike (obično 4.7kΩ) da bi se linije održale na visokom naponskom nivou kada nema prenosa.



# Komunikacija ESP32 sa dronom

**ESP32-WROVER** modul koristi 802.11 b/g/n Wi-Fi protokole.

Ključne karakteristike Wi-Fi povezivanja za ESP32-WROVER seriju (uključujući WROVER-B i WROVER-E) su:

**Standardi:** Podržava IEEE 802.11 b, 802.11 g i 802.11 n (Wi-Fi 4).

**Frekvencijski opseg:** Radi isključivo na 2.4 GHz opsegu.

**Brzina prenosa:** Podržava brzine do 150 Mbps (uz HT40).

**Režimi rada:** Može raditi kao stanica (Station), pristupna tačka (Access Point - AP) ili u kombinovanom režimu (STA+AP).

**Sigurnost:** Podržava moderne sigurnosne protokole kao što su WPA, WPA2, WPA3, kao i WPA2-Enterprise i WPS.

**Dodatni protokoli:** Pored standardnog Wi-Fi-ja, modul podržava i ESP-NOW, Espressif-ov vlasnički protokol za direktnu komunikaciju između uređaja bez potrebe za ruterom.

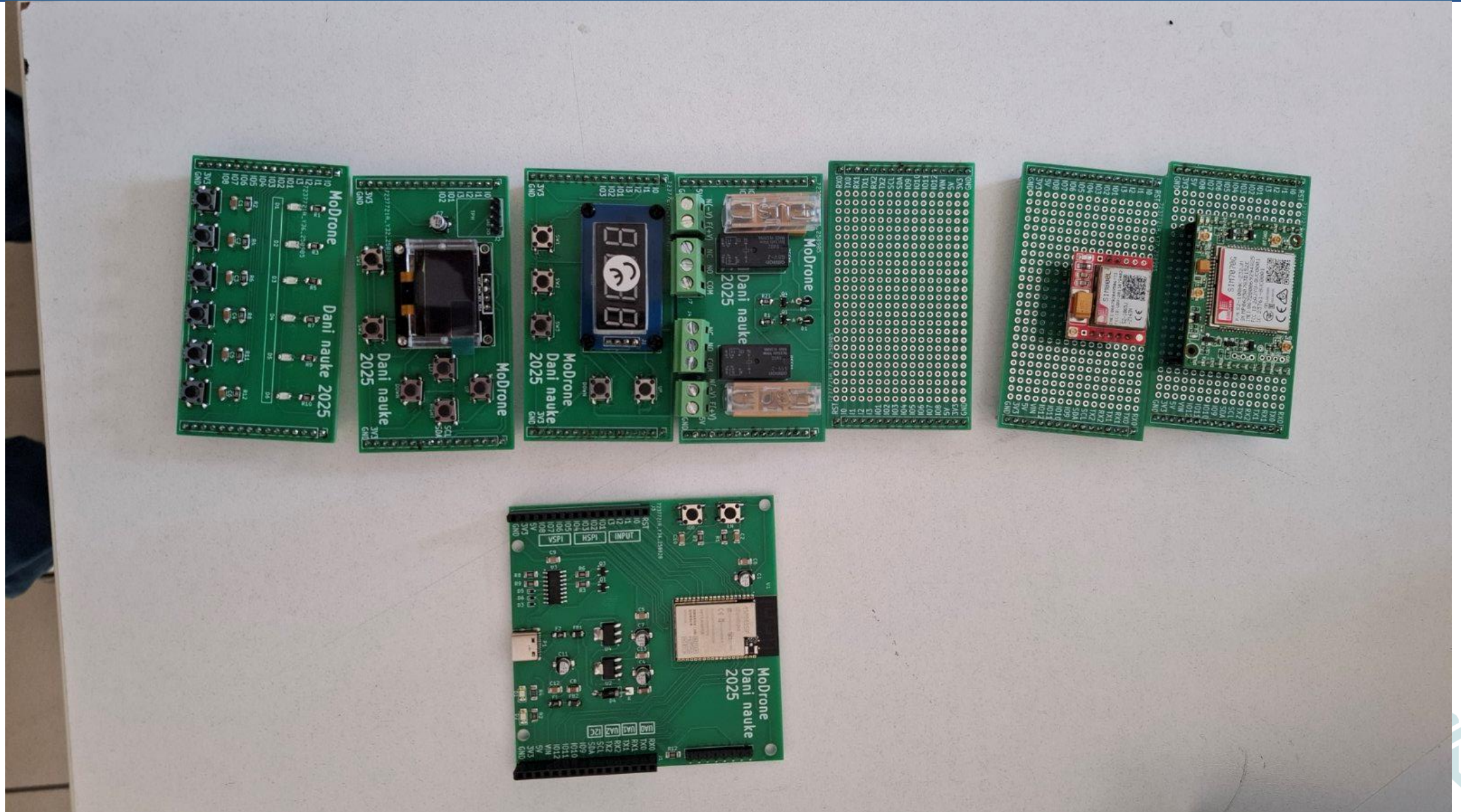


# Edukacijske pločice





# Edukacijske pločice



# Edukacijske pločice



# Zaključak

- Dron = CPS + AI + IoT.
- Autonomija nastaje kroz **SDK + AI**.
- SDK je ključni operativni sloj.
- Budućnost je u sistemima, ne u letjelicama.
- Hardverska i softverska proširivost sistema od treće strane.





Hvala na pažnji!



M O D R O N E

Shapes the future of  
innovation