

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH  
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

---

# EMBEDDED SYSTÉMY A ICH IMPLEMENTÁCIA V RÁMCI DISTRIBUOVANÝCH RIADIACICH A MONITOROVACÍCH SYSTÉMOV

**DIPLOMOVÁ PRÁCA**

Vedúci práce: doc. Ing. Ján Jadlovský, CSc.

**Milan Tkáčik**

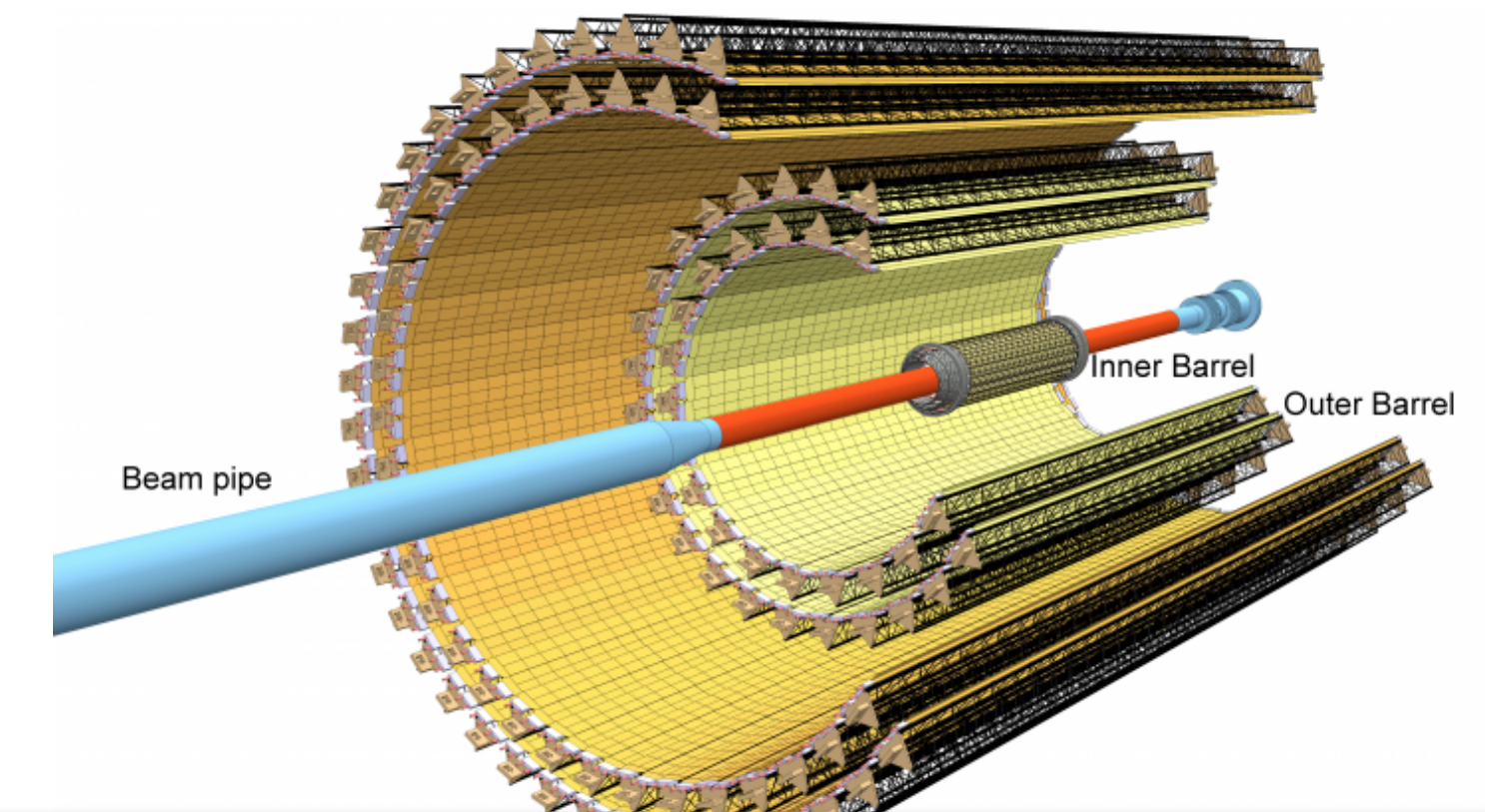
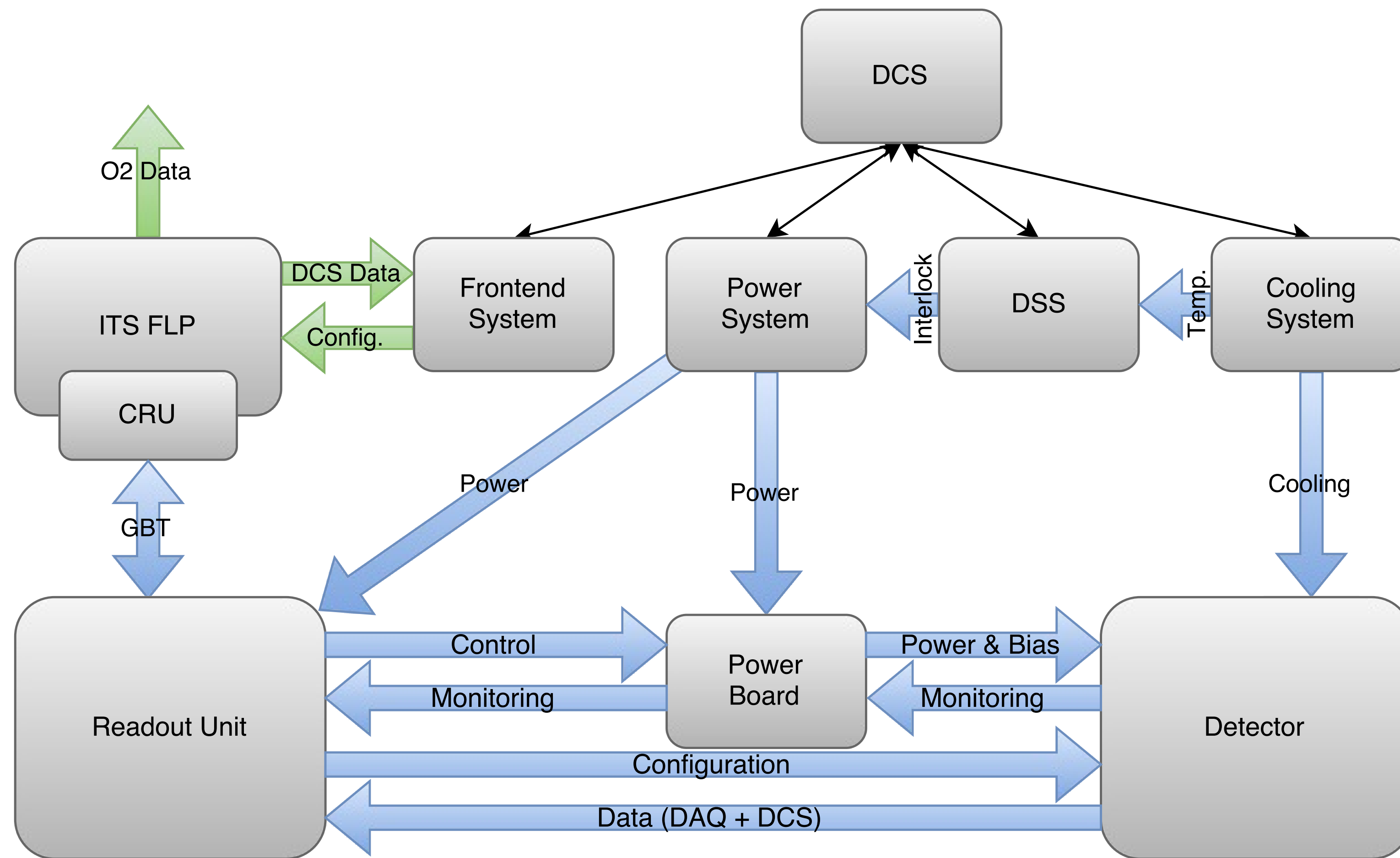
2. ročník Ing. štúdia, Inteligentné systémy

21. 05. 2019

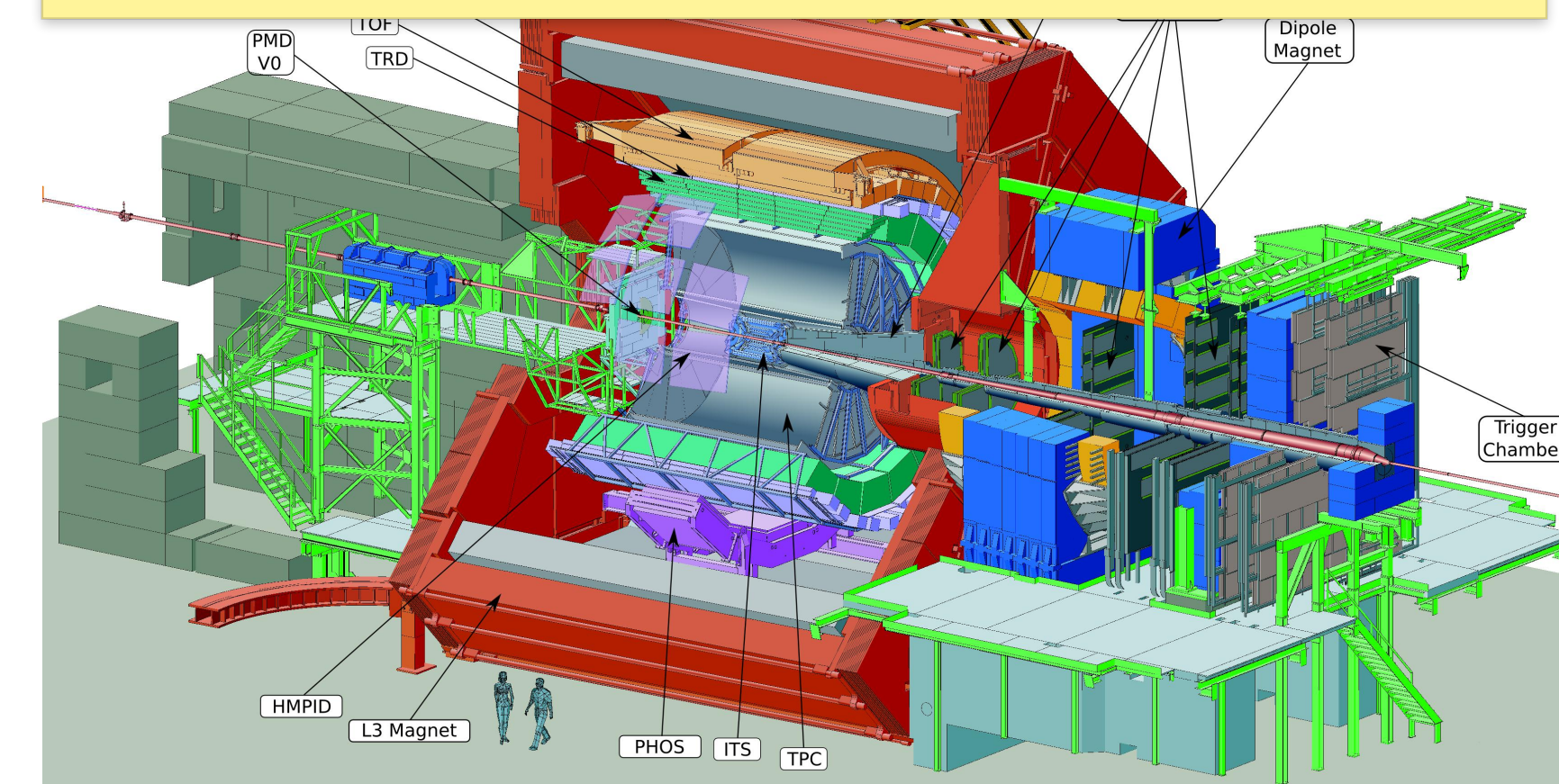
## OBSAH PREZENTÁCIE

- A. návrh a realizácia časti DCS v rámci experimentu ALICE**
- B. realizácia časti aplikácie robotického futbalu**
- C. modernizácia modelu guľôčky na ploche v rámci CMMRaPI**
- D. návrh modulárneho mobilného robotického systému**

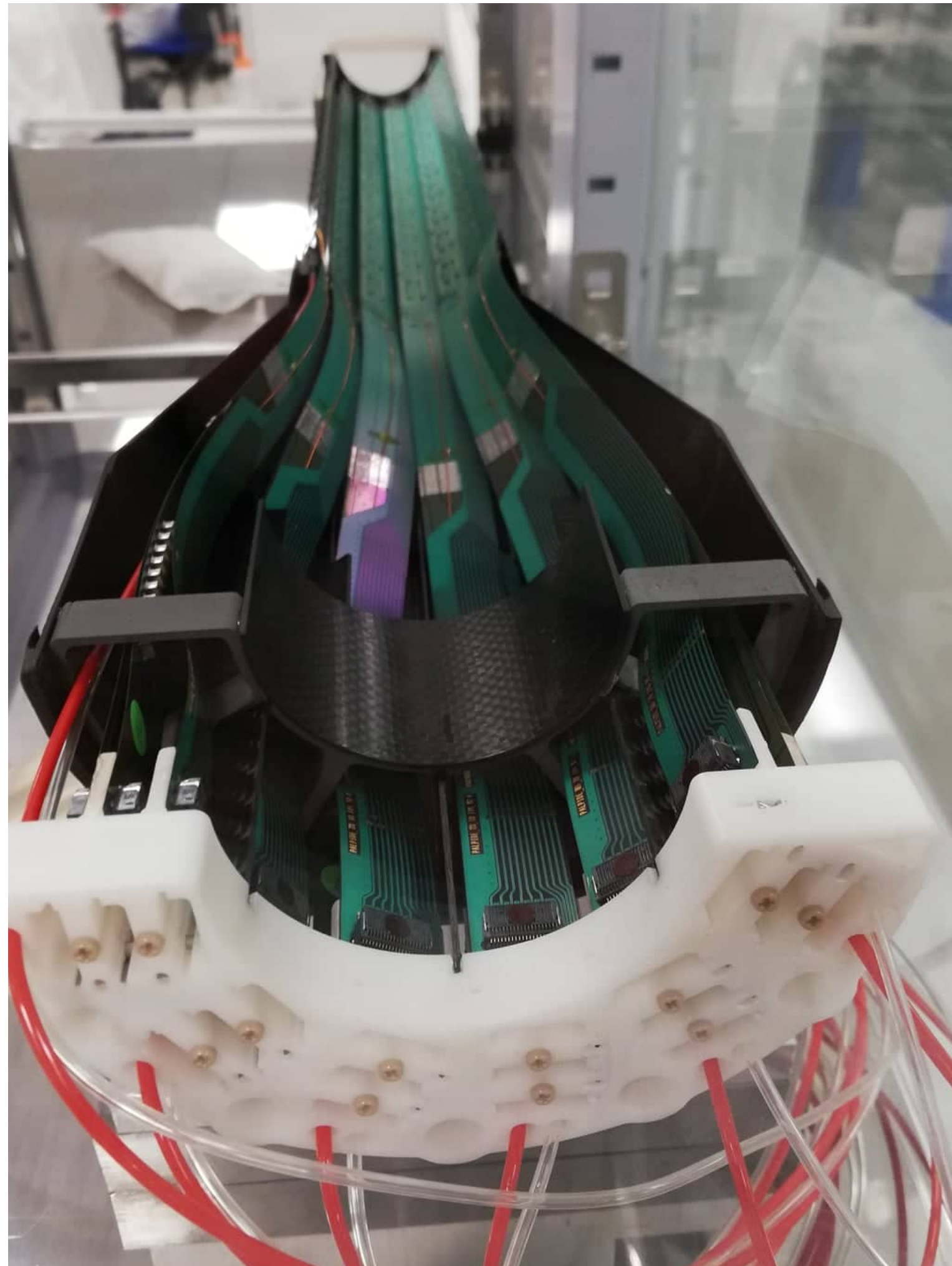
# ŠTRUKTÚRA DCS PRE ITS DETEKTOR EXPERIMENTU ALICE



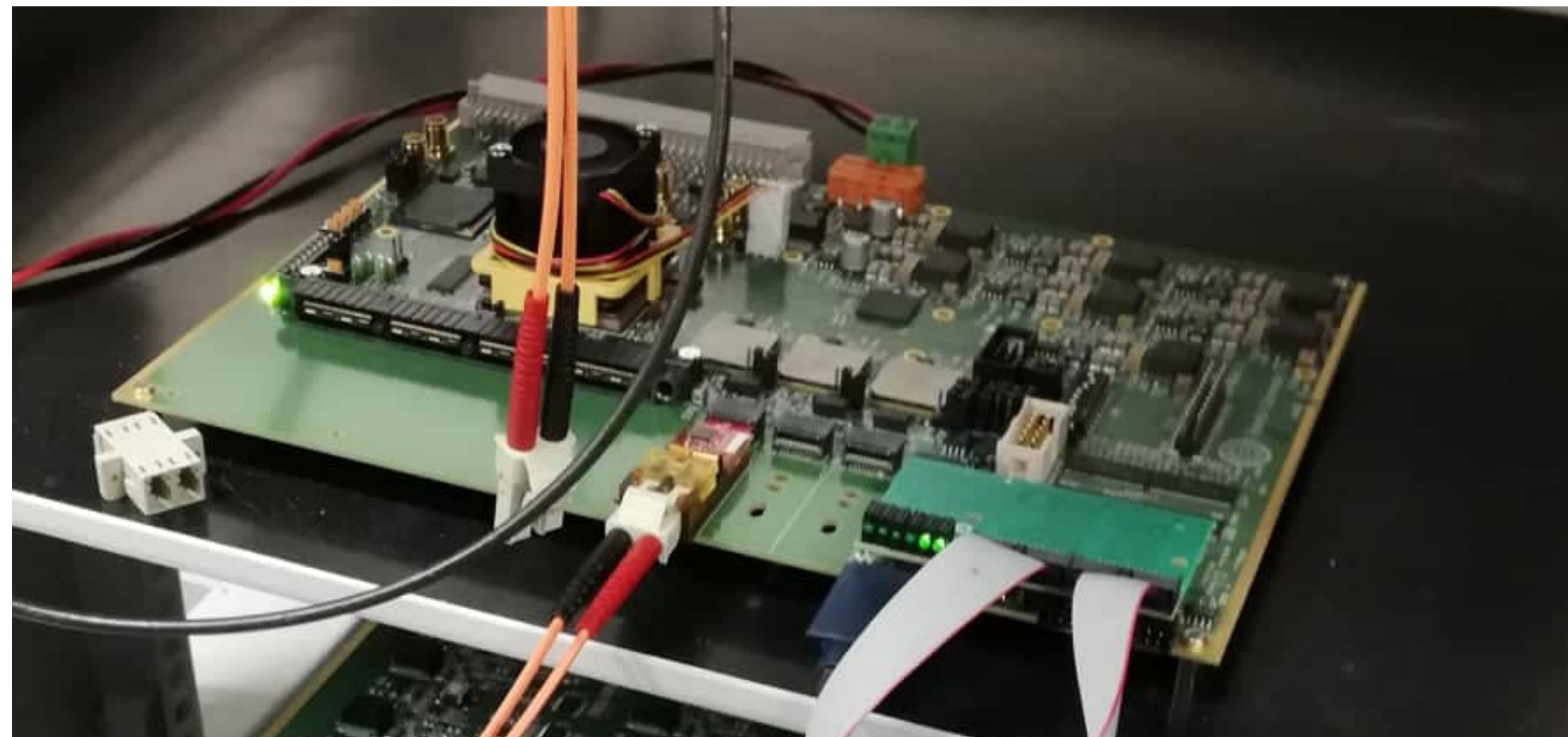
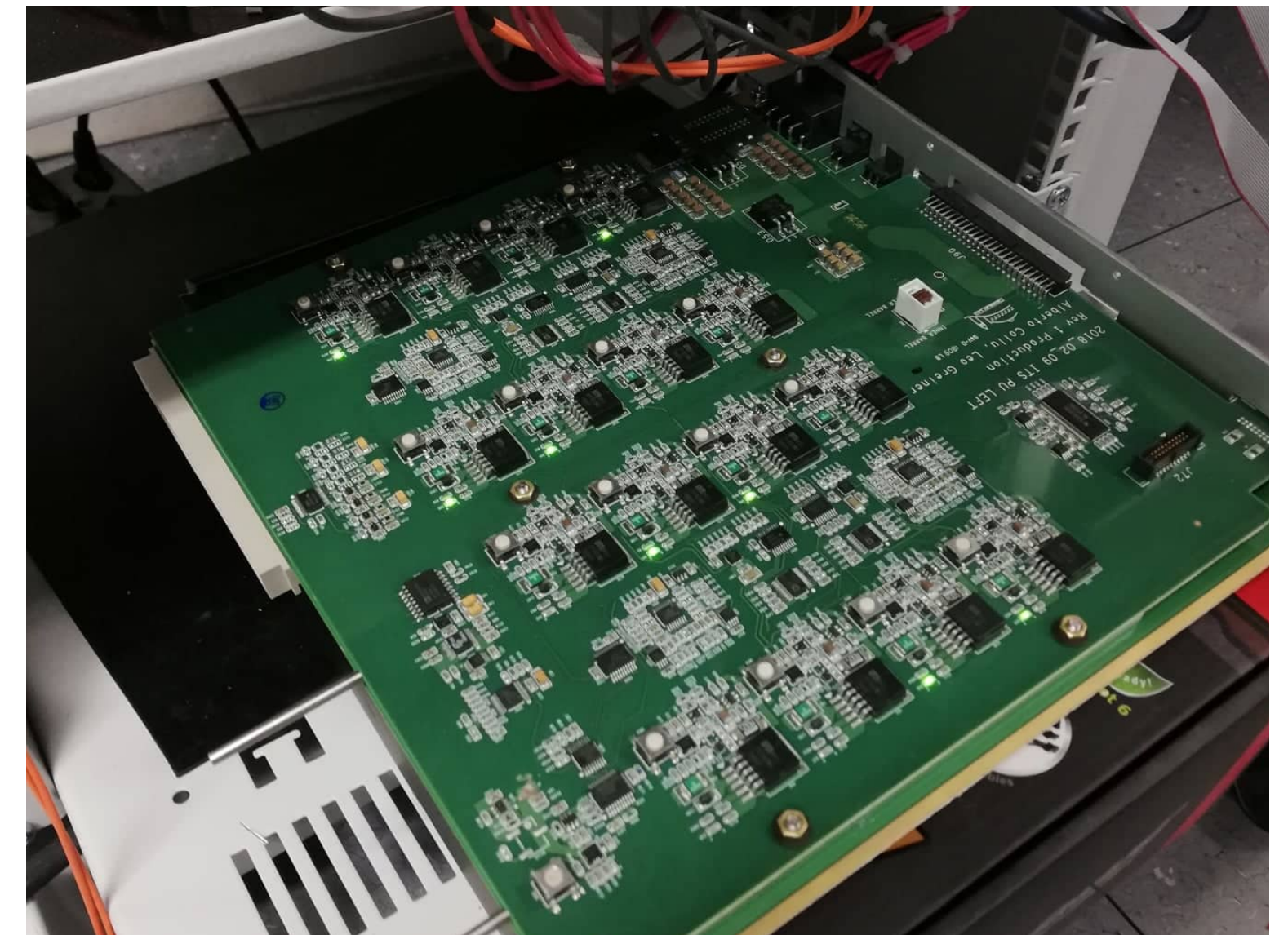
- clen timu
- odstavka, modernizacia alice
- its detektor
- dcs-riadenie, konfiguracia, monitorovanie, daq
- dcs-napajanie, cooling, dss
- vetva dcs

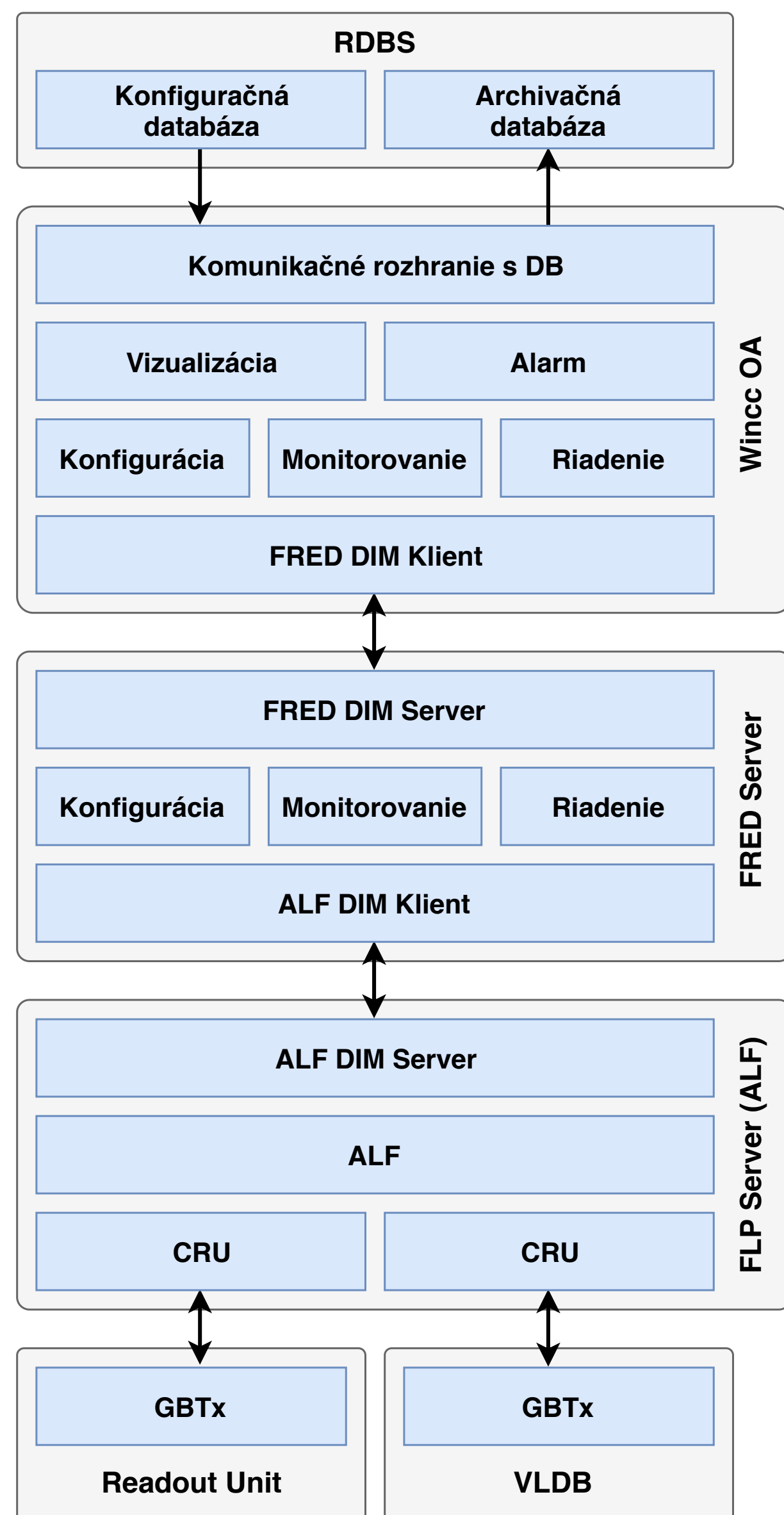


## READOUT ELEKTRONIKA PRE ITS DETEKTOR



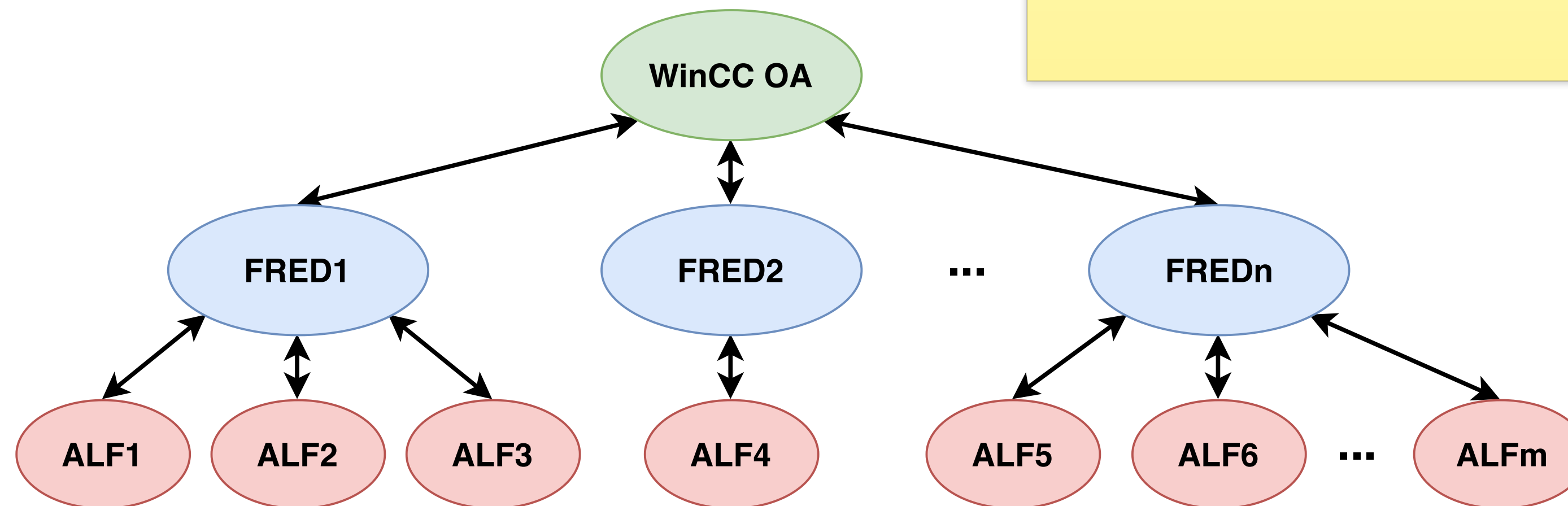
-nova readout elektronika  
-ru sca/swt sekvencie





## ALFRED SYSTÉM V RÁMCI DCS

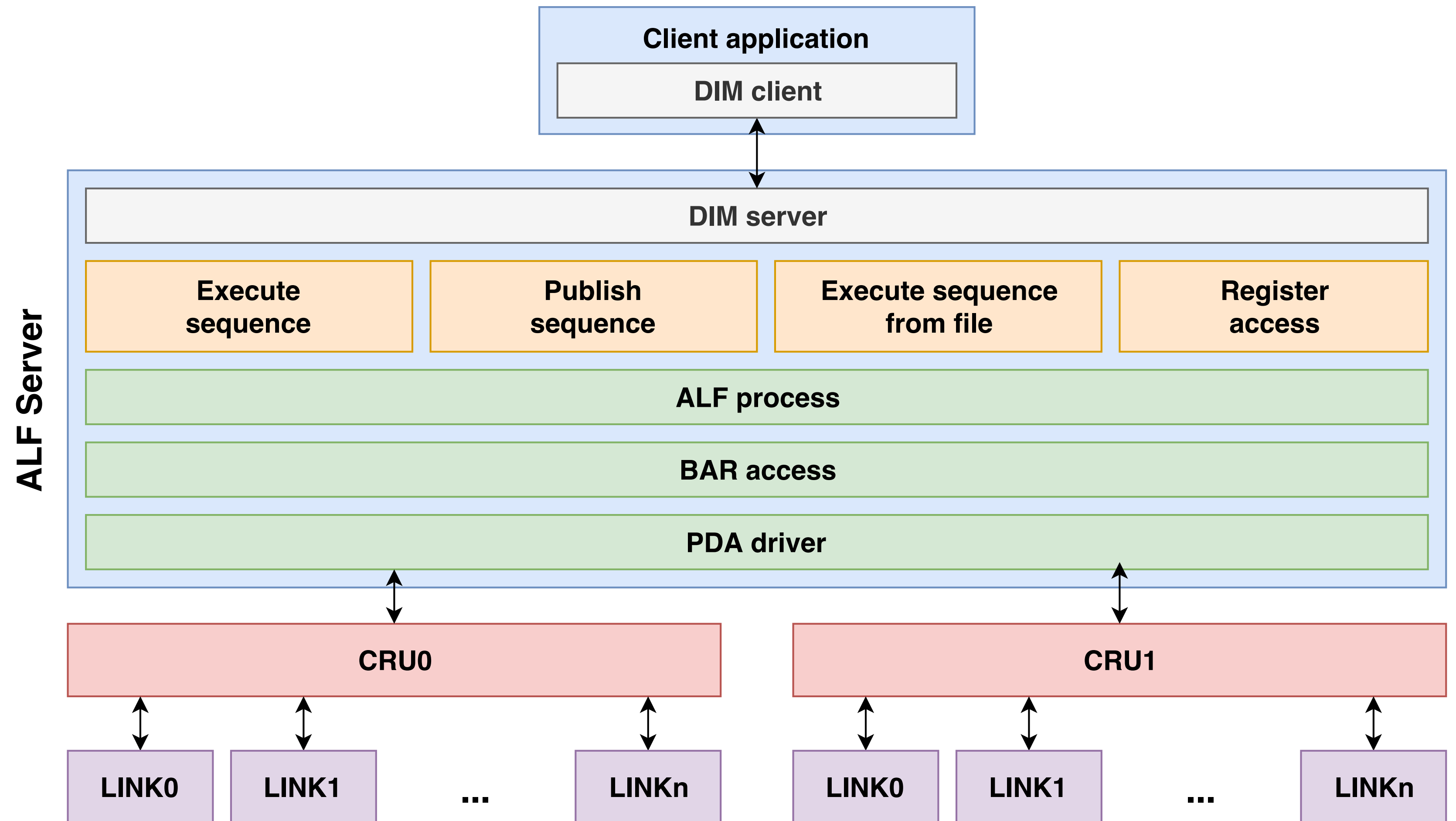
-popisat co je alf, fred, wincc



- ▶ **RDBS** - archivačné a konfiguračné databázy
- ▶ **WinCC OA** - SCADA/HMI systém, využitie FSM modelov
- ▶ **FRED** - C++ aplikácia, zber a agregácia dát, preklad správ
- ▶ **ALF** - C++ aplikácia, komunikácia s readout elektronikou

# PROGRAMOVÝ MODUL ALF SERVER

- ▶ komunikácia s hardvérom
- ▶ DIM server
- ▶ kontrola výskytu chýb
- ▶ nezávislý od detektora
- ▶ FLP server



# POMOCNÁ APLIKÁCIA ALFCONNECT

- ▶ komunikácia s programovým modulom ALF
- ▶ testovanie sekvencií
- ▶ C++ s Qt
- ▶ DIM klient
- ▶ cross platform

The screenshot displays the ALF Configuration application interface, which is divided into two main sections: RPCs and Services.

**ALF Configuration**

DIM DNS Server:   Selected ALF:

**RPCs**

Select RPC:

Request:

```
READBACK
2.0
02010021,00000000
```

Response:

Status	Data
1 success	

**Services**

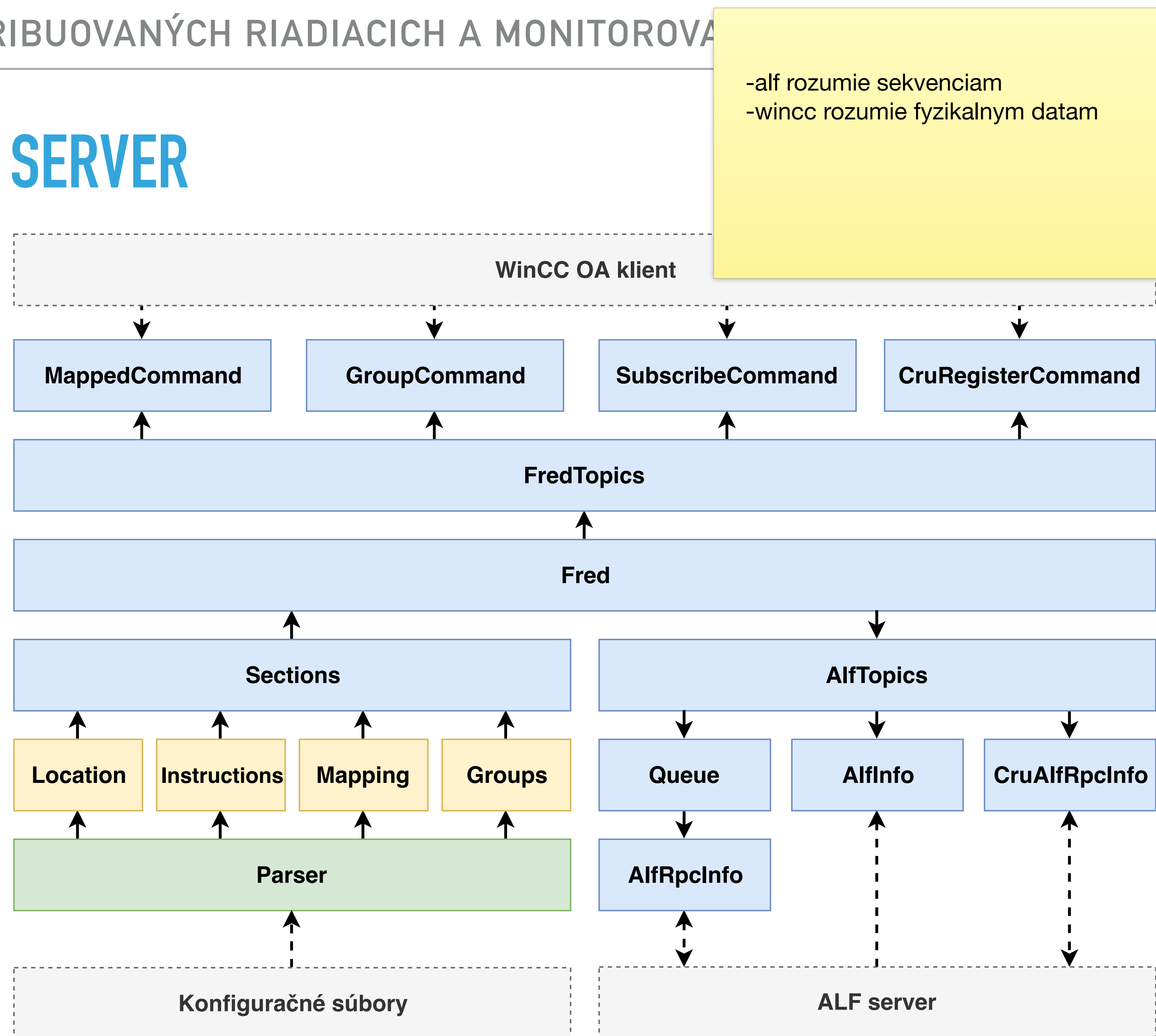
Select Service:

Received data:

Data	
1	2010021,0
2	2010021,0
3	2010021,0
4	2010021,0
5	2010021,0
6	2010021,0
7	2010021,0
8	2010021,0
9	2010021,0
10	2010021,0

# PROGRAMOVÝ MODUL FRED SERVER

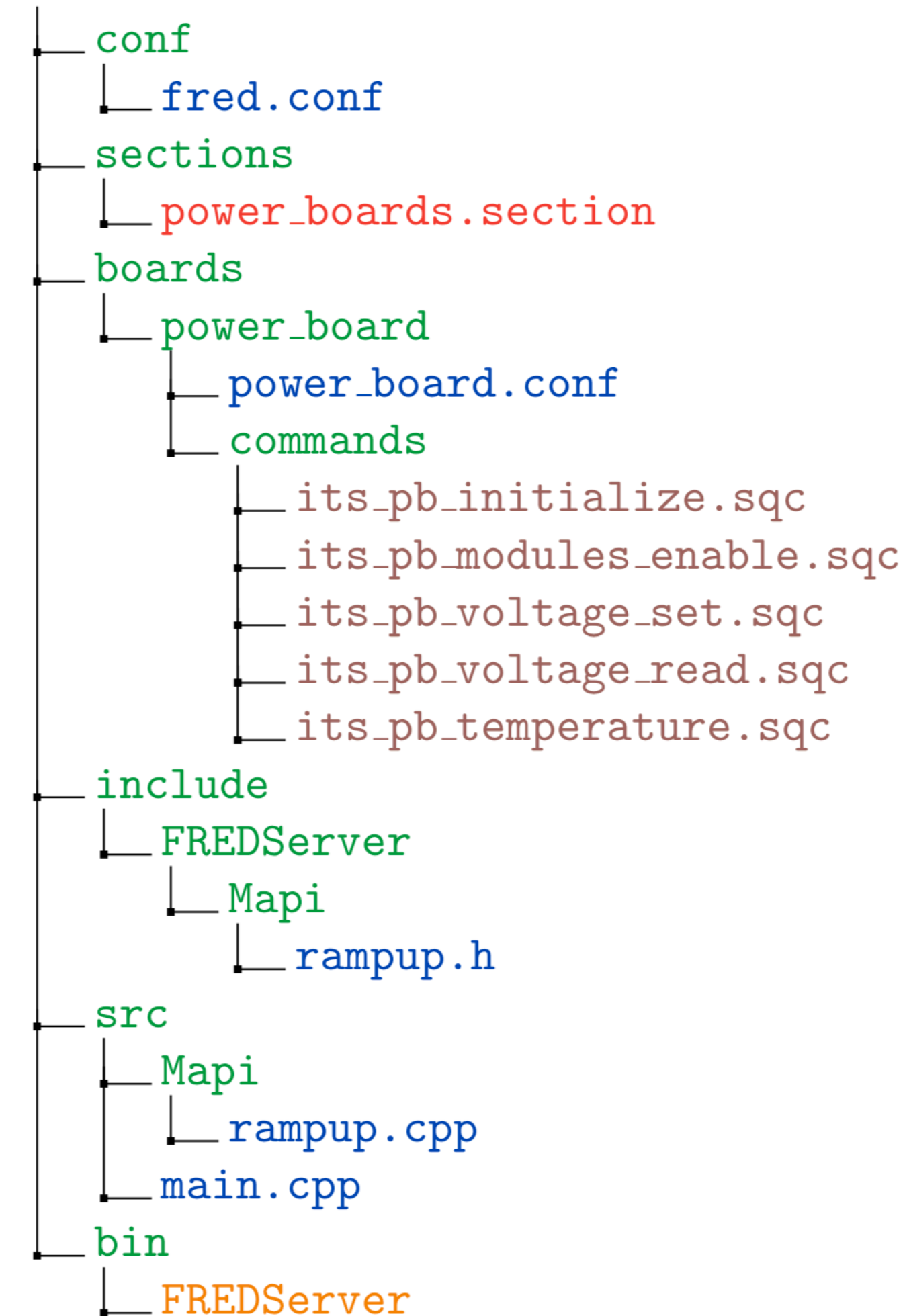
- ▶ logický preklad správ
- ▶ mapovanie reálneho hardvéru
- ▶ dynamické generovanie sekvencií
- ▶ zásah v prípade výskytu chyby
- ▶ závislý od detektora





# PROGRAMOVÝ MODUL FRED SERVER

## FREDServer



```

MAPPING = {
    POWERUNIT[0,1] = ALF1/SERIAL_0/LINK_1
}
  
```

```

ALFS = {
    ALF1 = {
        SERIALS = {
            SERIAL_0 = [1]
        }
    }
}
  
```

```

GROUPS = {
    INIT_ALL = POWERUNIT[../INIT
    VOLTAGE/READ_ALL = POWERUNIT[../VOLTAGE/READ
    {
        CH = [0..15]
    }
}
  
```

```

TEMPERATURE/READ = {
    TYPE = SWT
    FILE = ./commands/its_pb_temperature.sqc
    OUT_VAR = MM,LL
    EQUATION = (((MM & 0xFF) << 7) | ((LL & 0xFF) >> 1)) - 8192) / 31.54
}
  
```

```

INSTRUCTIONS = {
    PATH = ../boards/powerboard/powerboard.conf
    TOPICS = [
        INIT,
        MODULES/ENABLE,
        ....
    ]
}
  
```

```

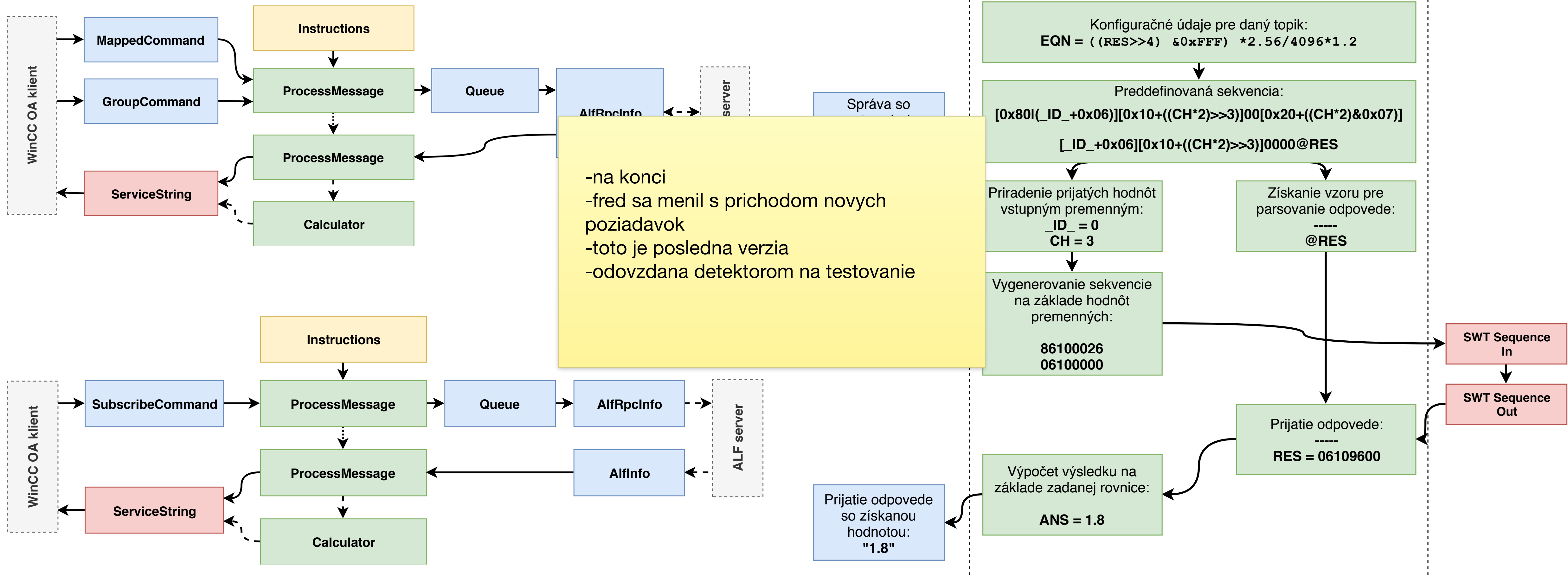
[0x80|(_ID_+0x06)]000001
[0x80|(_ID_+0x06)]1501FF
[_ID_+0x06]150000@MM
[0x80|(_ID_+0x06)]1502FF
[_ID_+0x06]150000@LL
  
```

# PROGRAMOVÝ MODUL FRED SERVER

WinCC OA

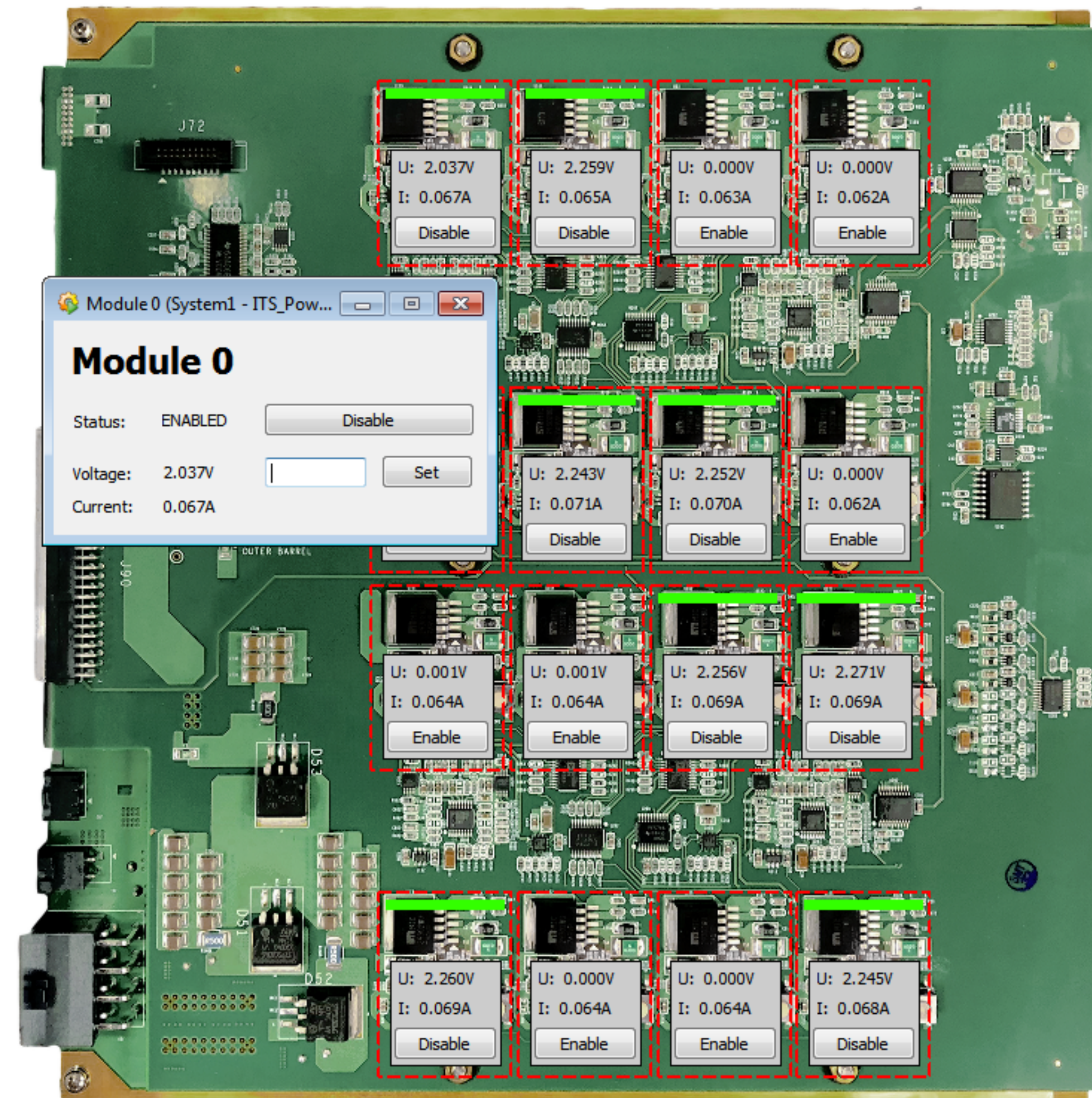
FRED

ALF



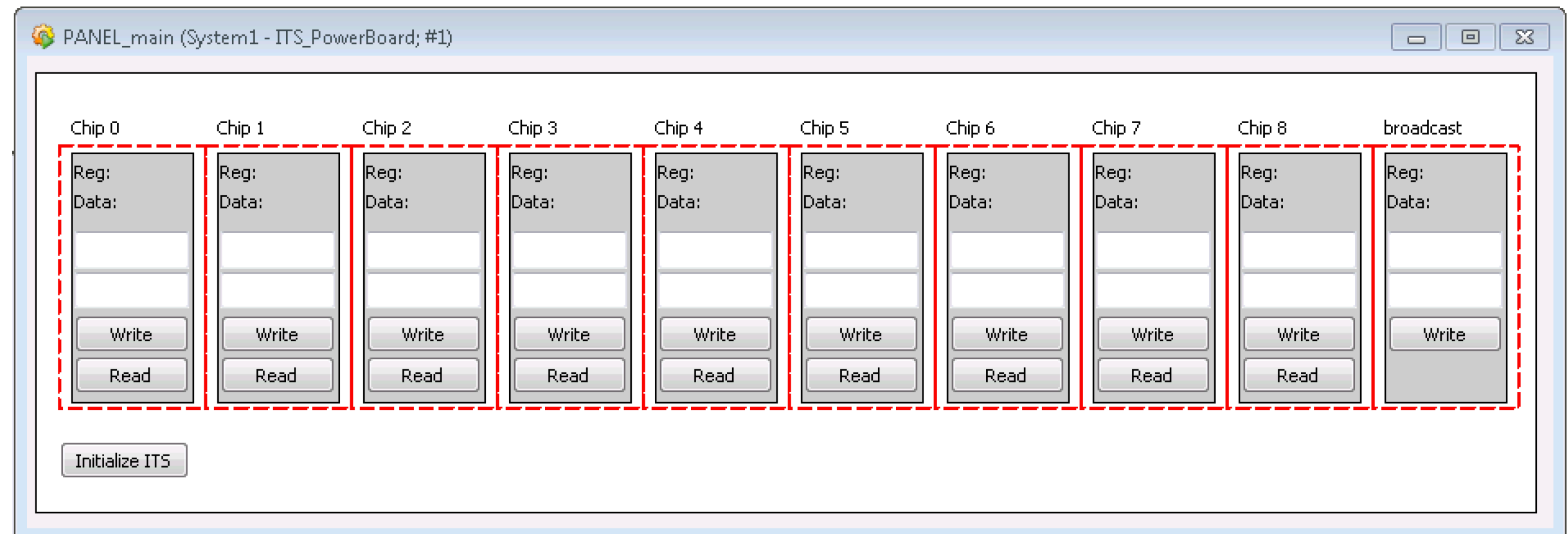
# APLIKÁCIA PRE OVLÁDANIE POWERBOARDU

- ▶ WinCC OA
- ▶ DIM klient
- ▶ nastavovanie napätí
- ▶ monitorovanie napätí a prúdov



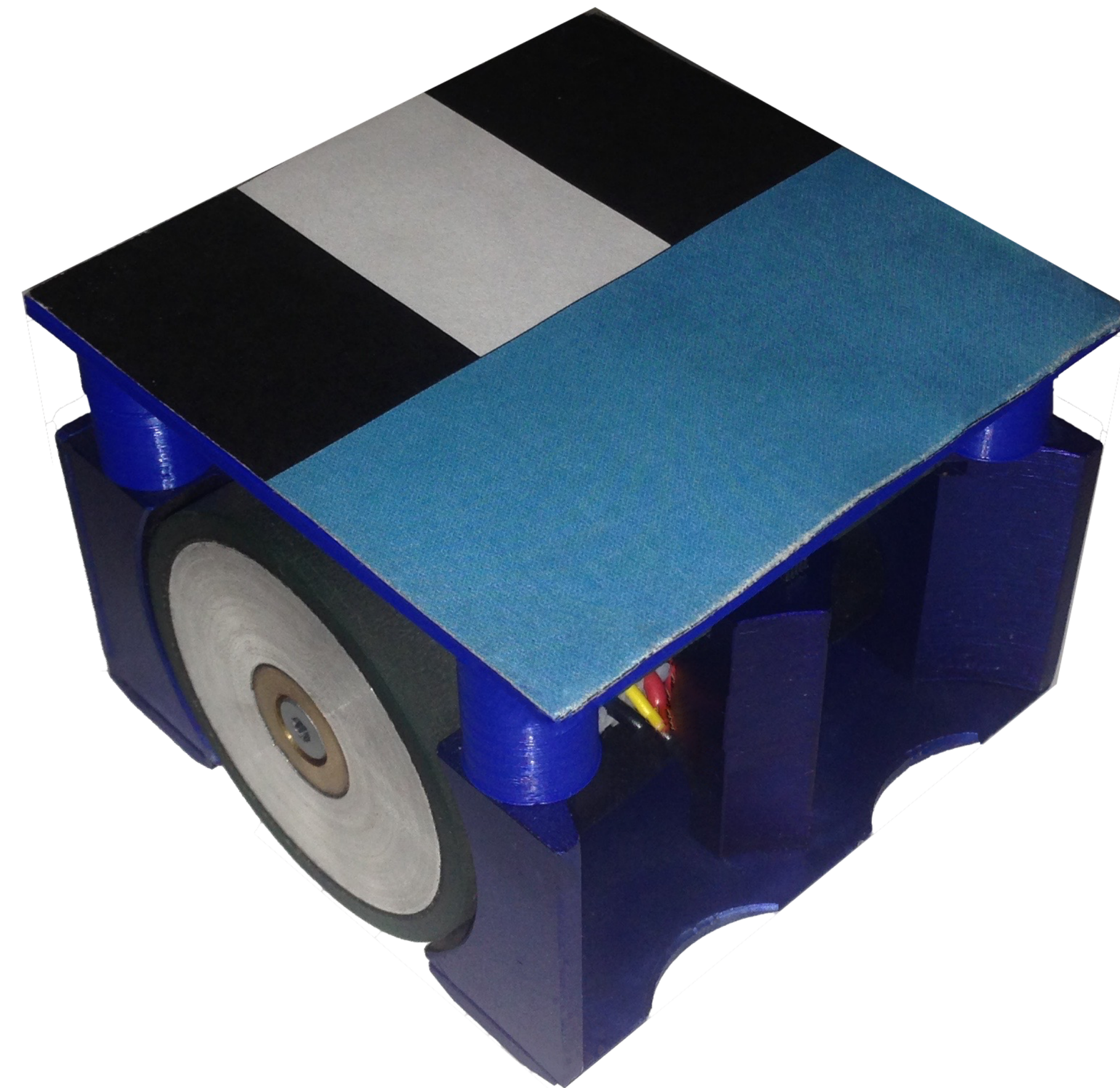
# APLIKÁCIA PRE OVLÁDANIE JEDNOTKY STAVE

- ▶ WinCC OA
- ▶ DIM klient
- ▶ inicializácia jednotky Stave
- ▶ zápis a čítanie hodnôt z registrov jednotky Stave



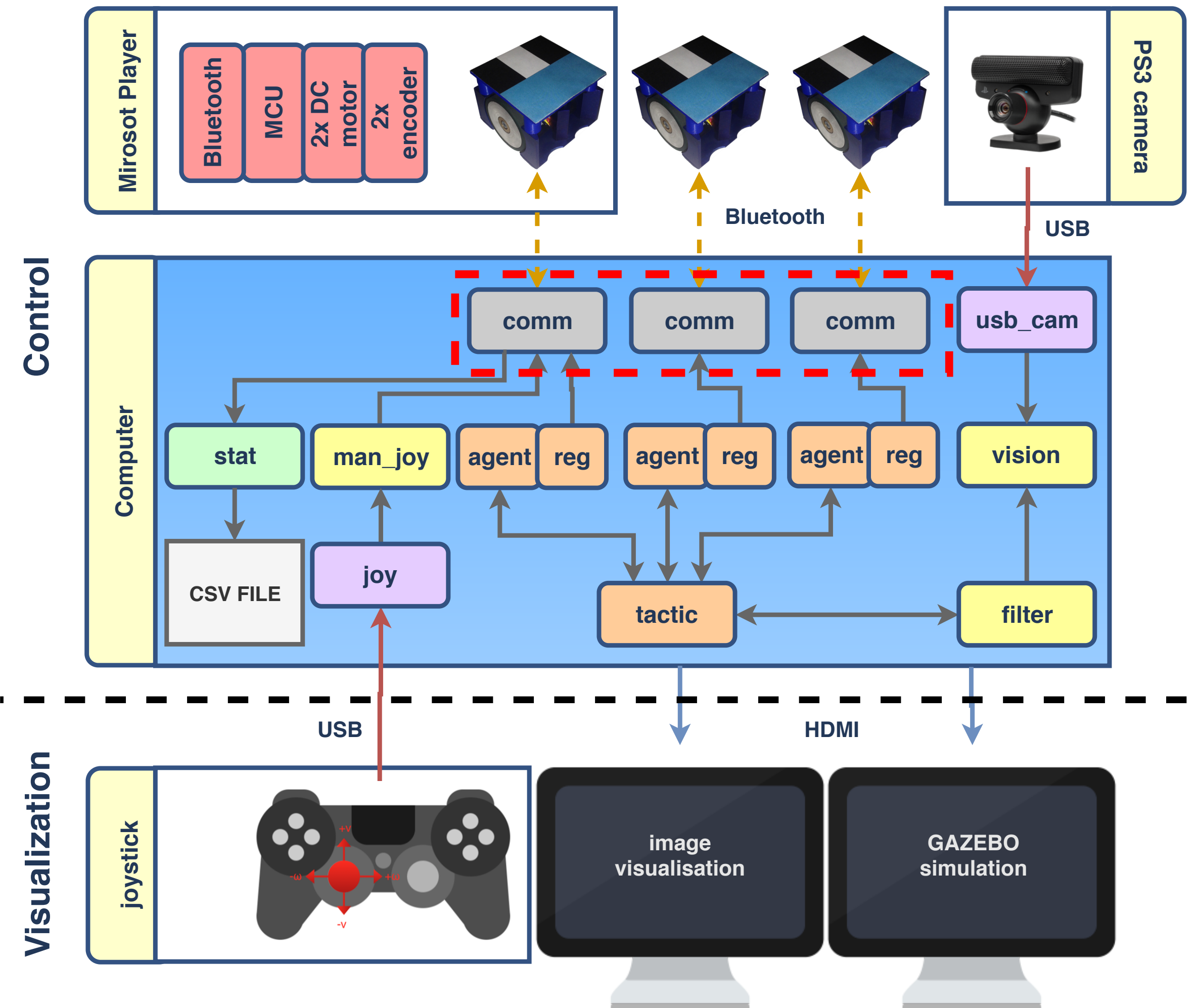
## REALIZÁCIA ČASTI APLIKÁCIE ROBOTICKÉHO FUTBALU

- ▶ robotický futbalista kategórie MiroSot
- ▶ Bluetooth rozhranie
- ▶ C++
- ▶ ROS systém

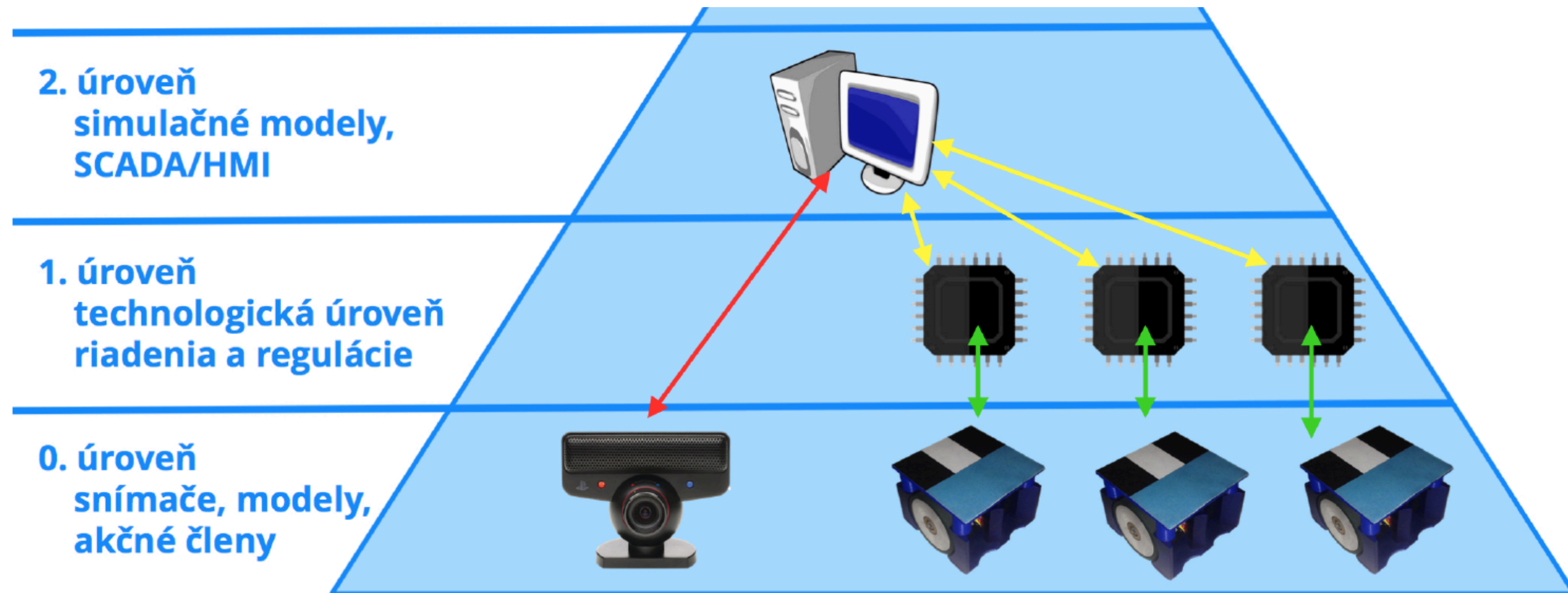


# PROGRAMOVÉ MODULY APLIKÁCIE ROBOTICKÉHO FUTBALU

- ▶ programový modul Comm
- ▶ sériová komunikácia prostredníctvom Bluetooth rozhrania
- ▶ podpora komunikácie s viacerými robotmi v reálnom čase
- ▶ opätovné pripojenie futbalistov po strate spojenia
- ▶ publikácia ROS služieb pre ovládanie pohybu futbalistov

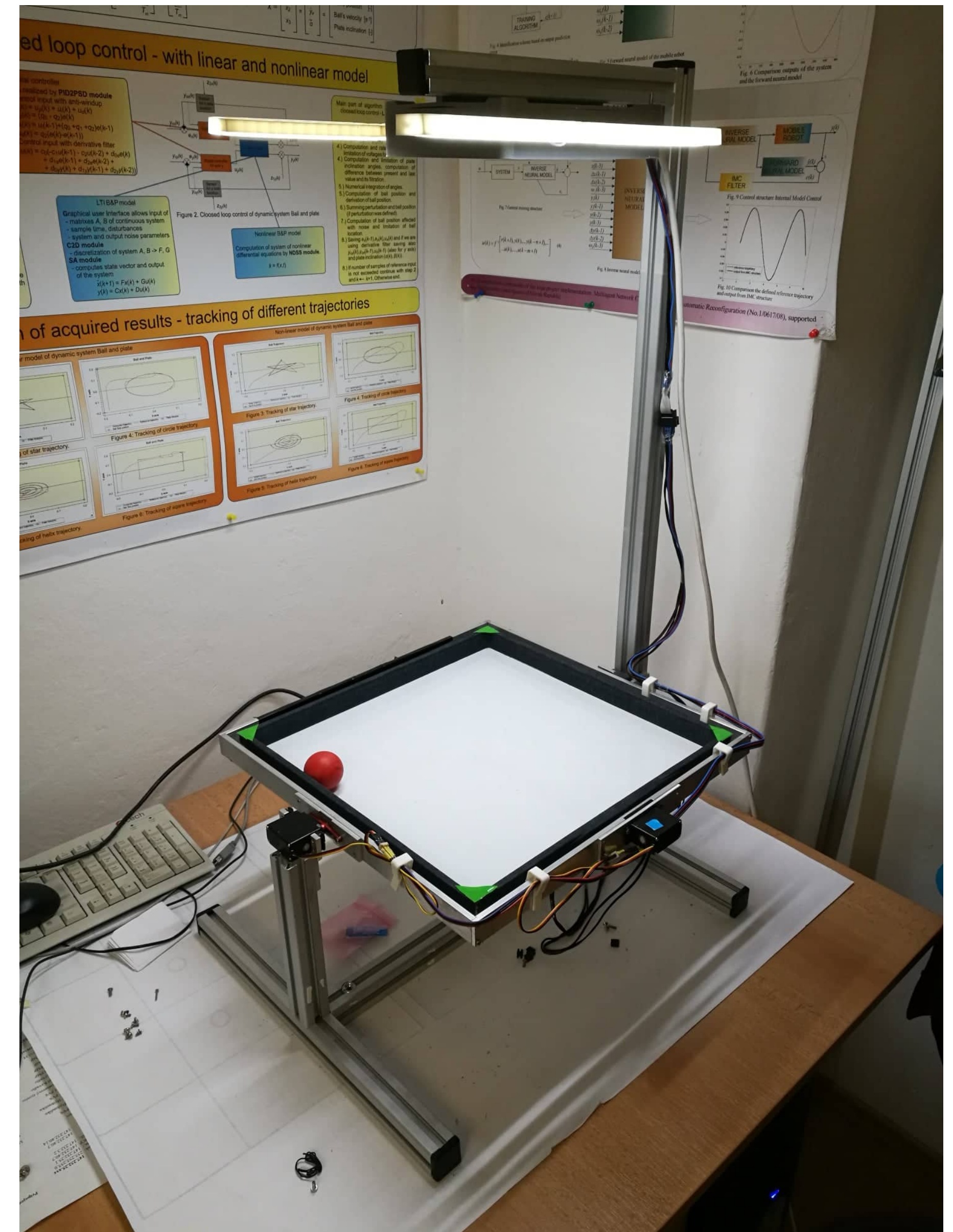
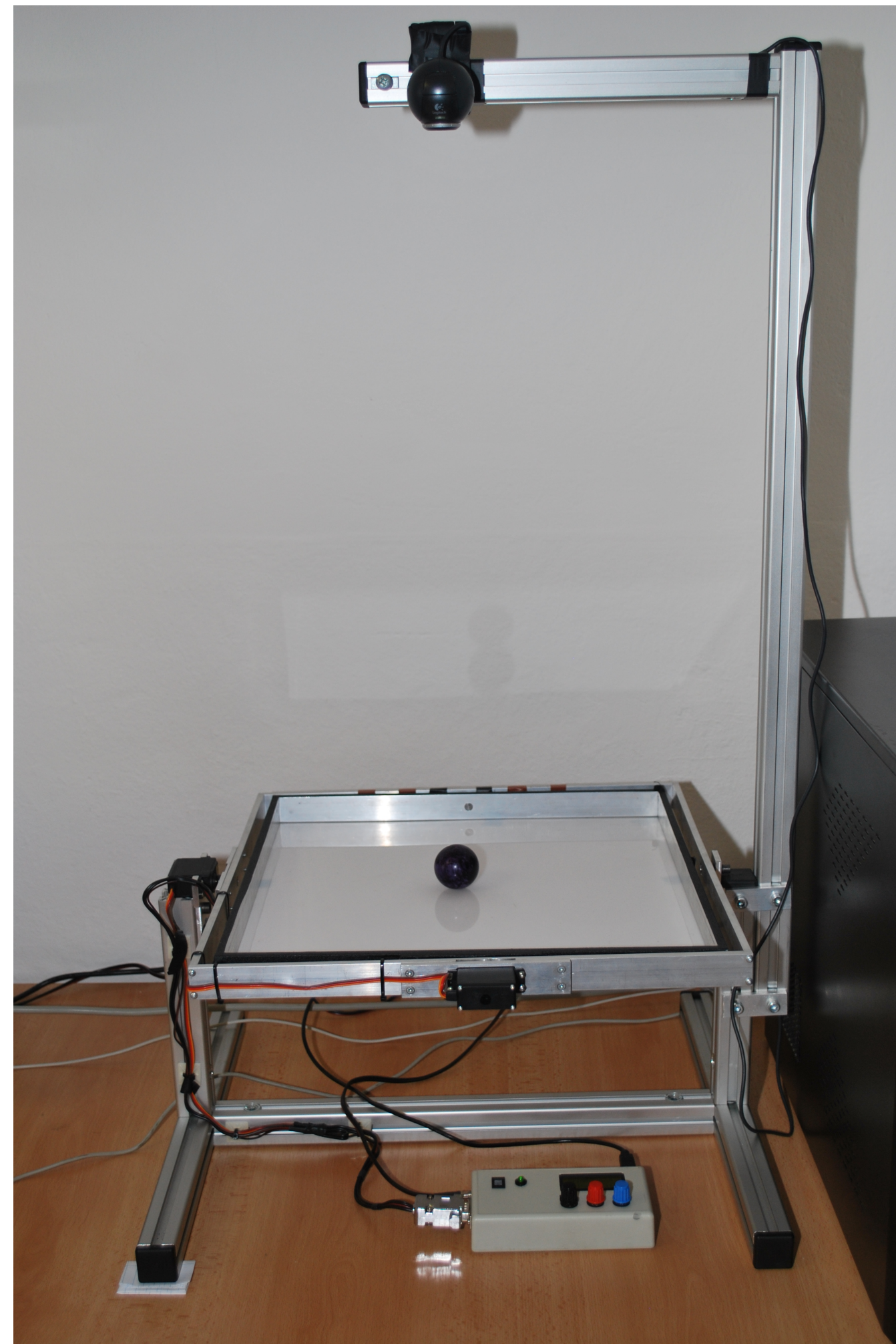


# ROBOTICKÝ FUTBAL V RÁMCI DSR



# MODERNIZÁCIA MODELU GULÔČKA NA PLOCHE

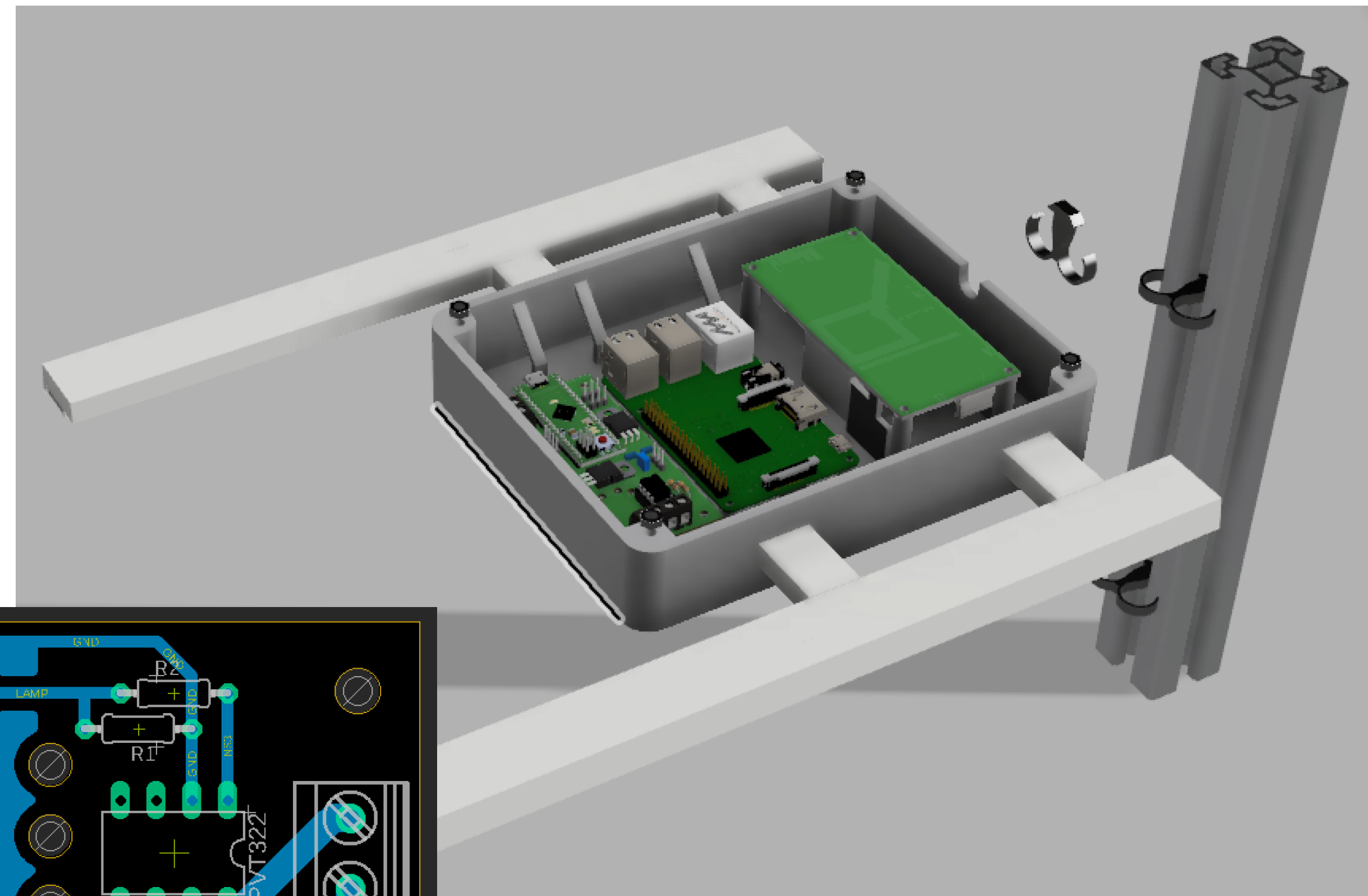
- ▶ **kompaktnejšie riešenie**
- ▶ **rovnomerné osvetlenie plochy**
- ▶ **presnejšie servomotory**
- ▶ **väčšia frekvencia vzorkovania**



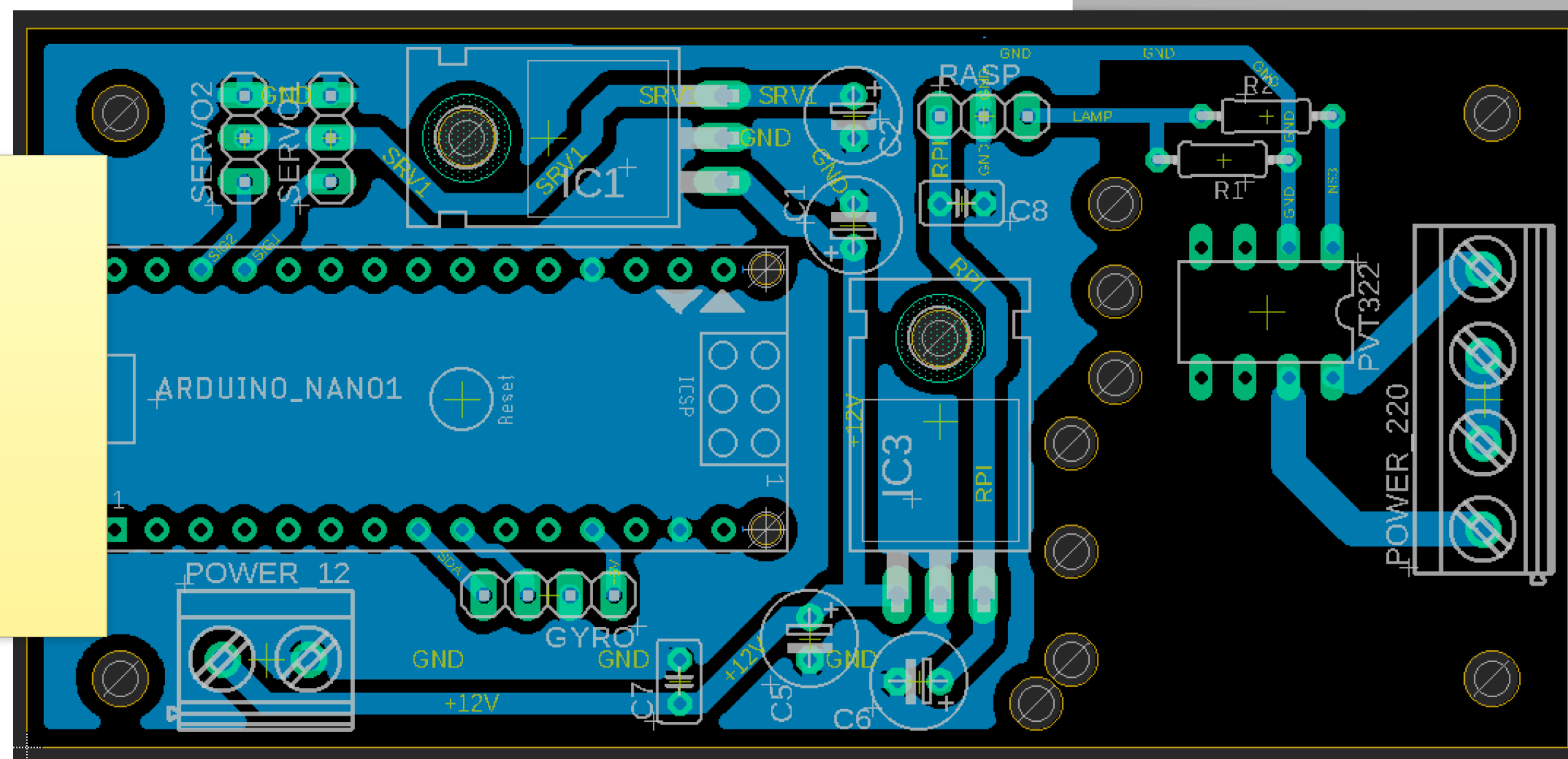


# VÝVOJ HARDVÉRU PRE MODEL GULÔČKA NA PLOCHE

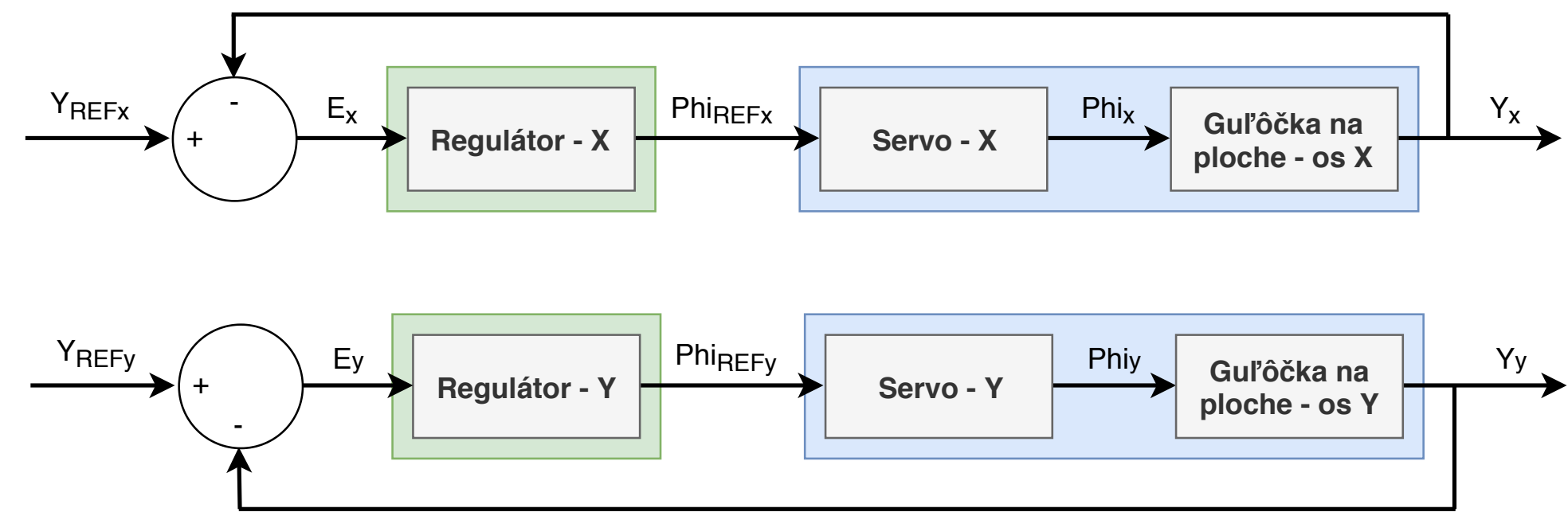
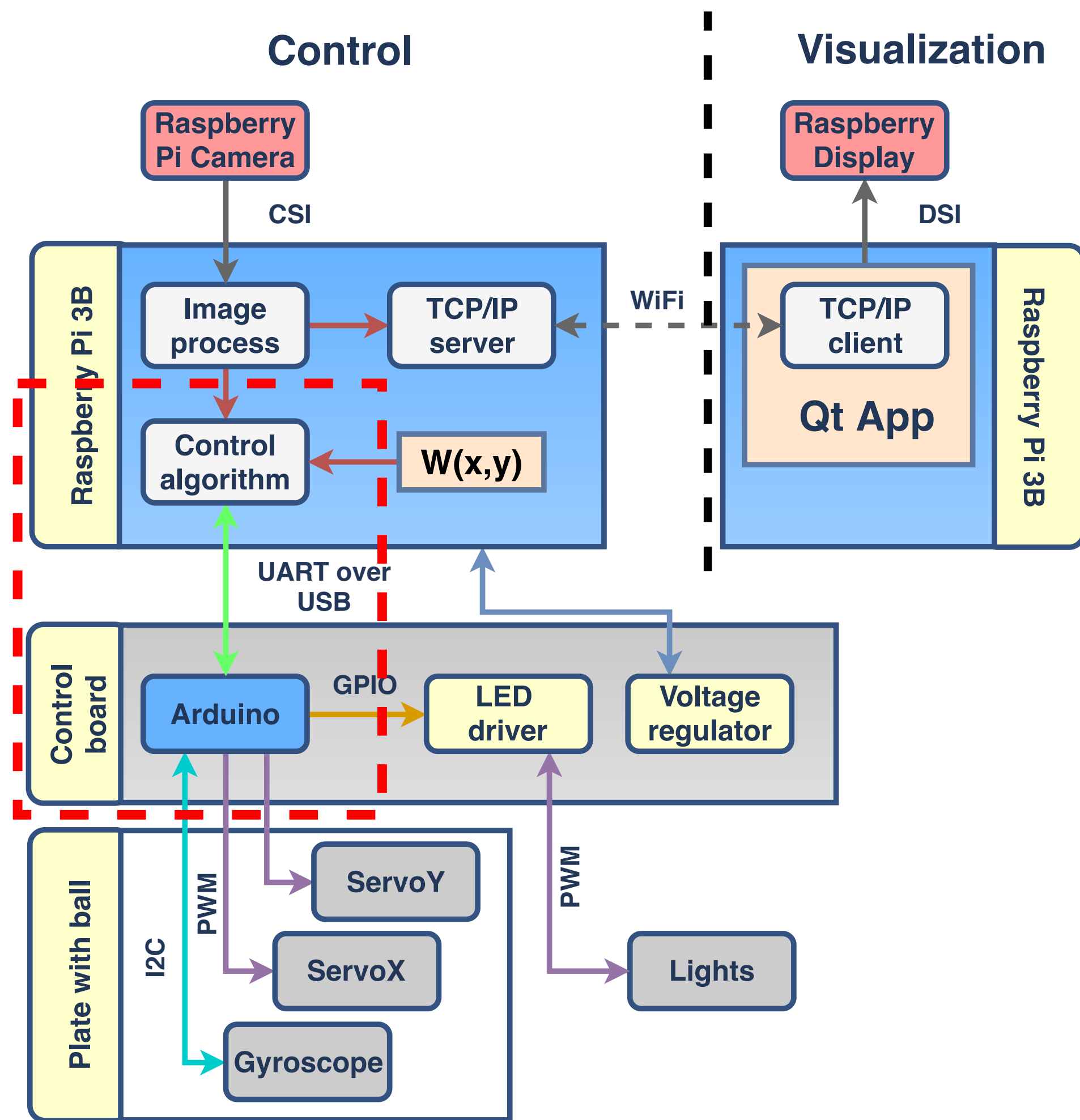
- ▶ **radiaca doska s Arduinoom Nano**
- ▶ **Raspberry Pi 3**
- ▶ **vstavaný 12V zdroj**
- ▶ **8Mpx kamera a LED osvetlenie plochy**



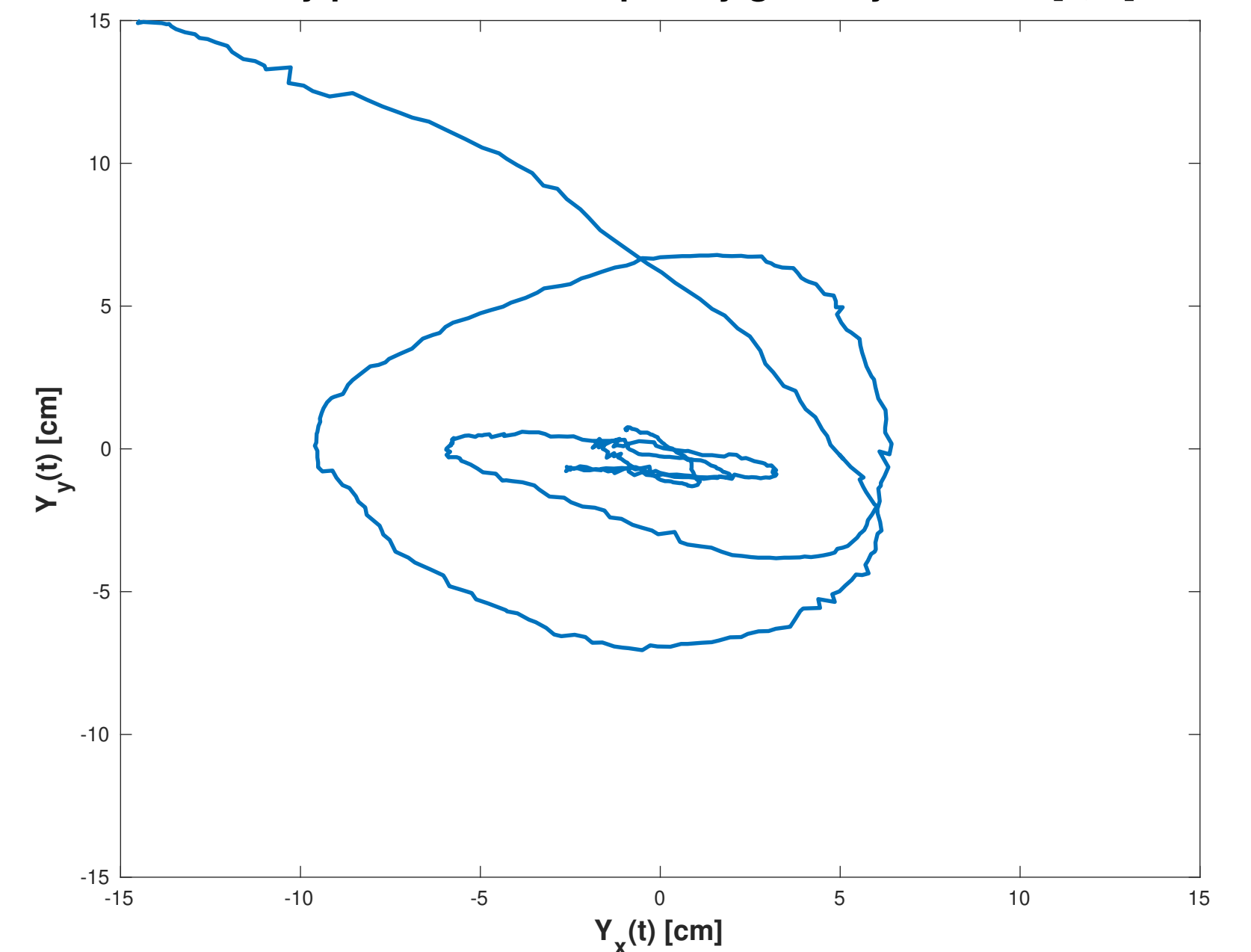
arduino - ovládanie serv, gyroskop  
raspberry - obraz, riadenie



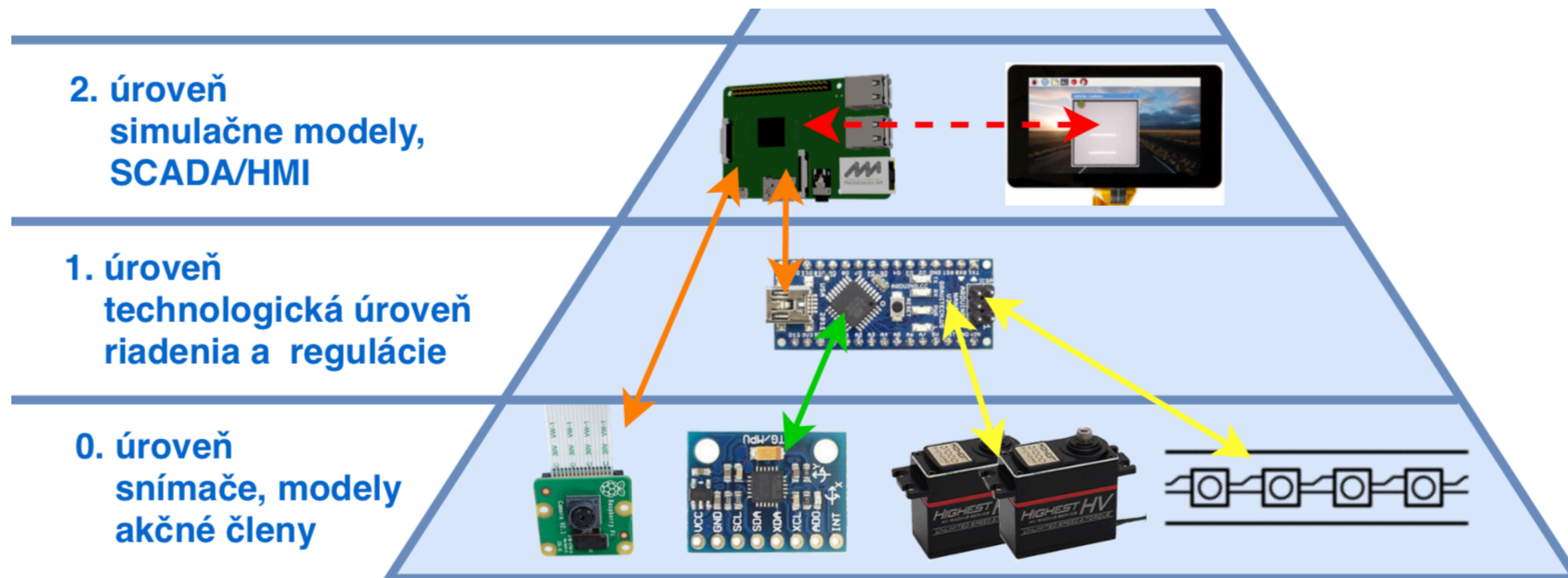
# PROGRAMOVÉ MODULY MODELU GUĽÔČKA NA PLOCHE



Časový priebeh riadenia polohy guľôčky do bodu [0, 0]

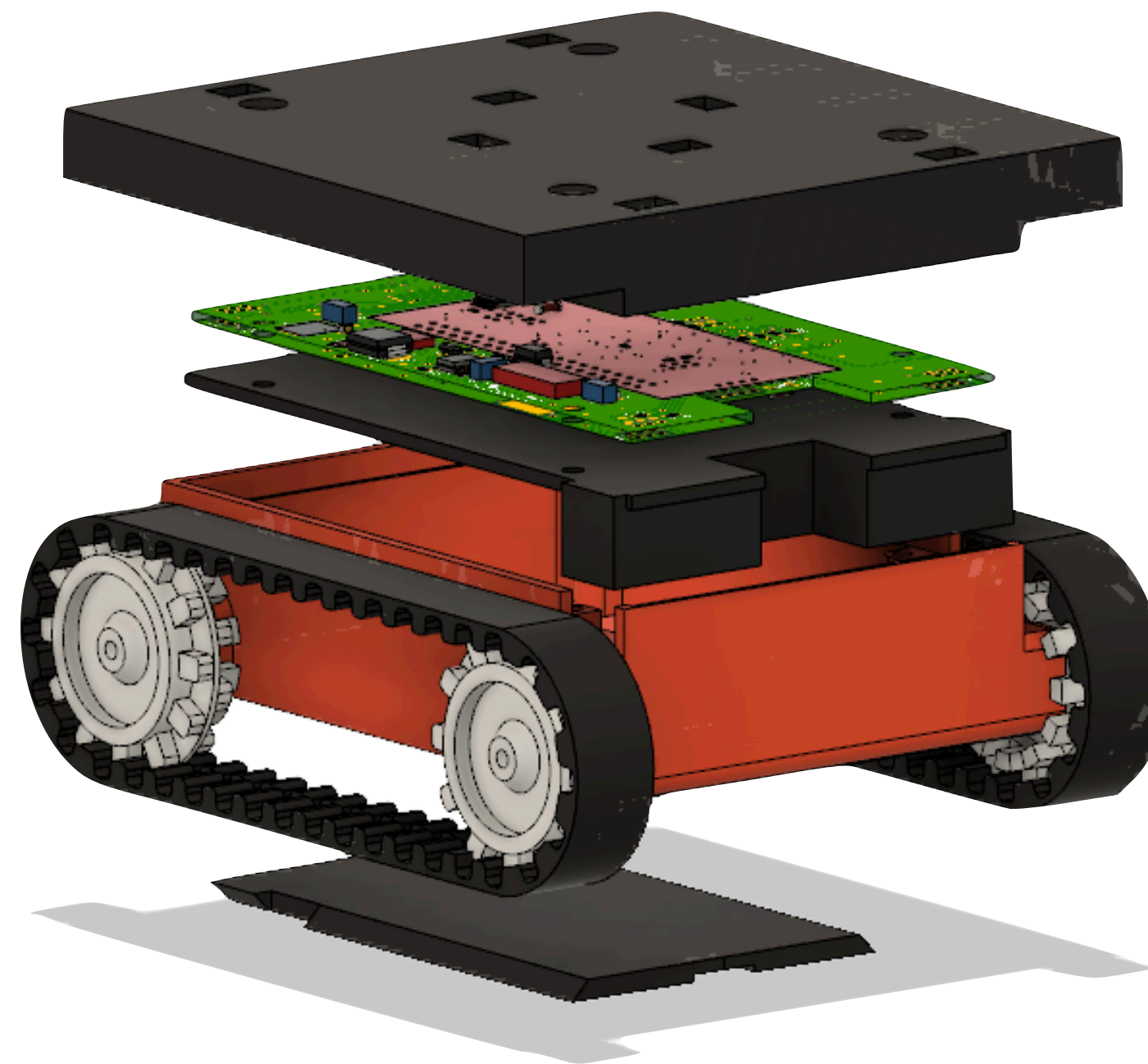


# MODEL GULÔČKA NA PLOCHE V RÁMCI DSR



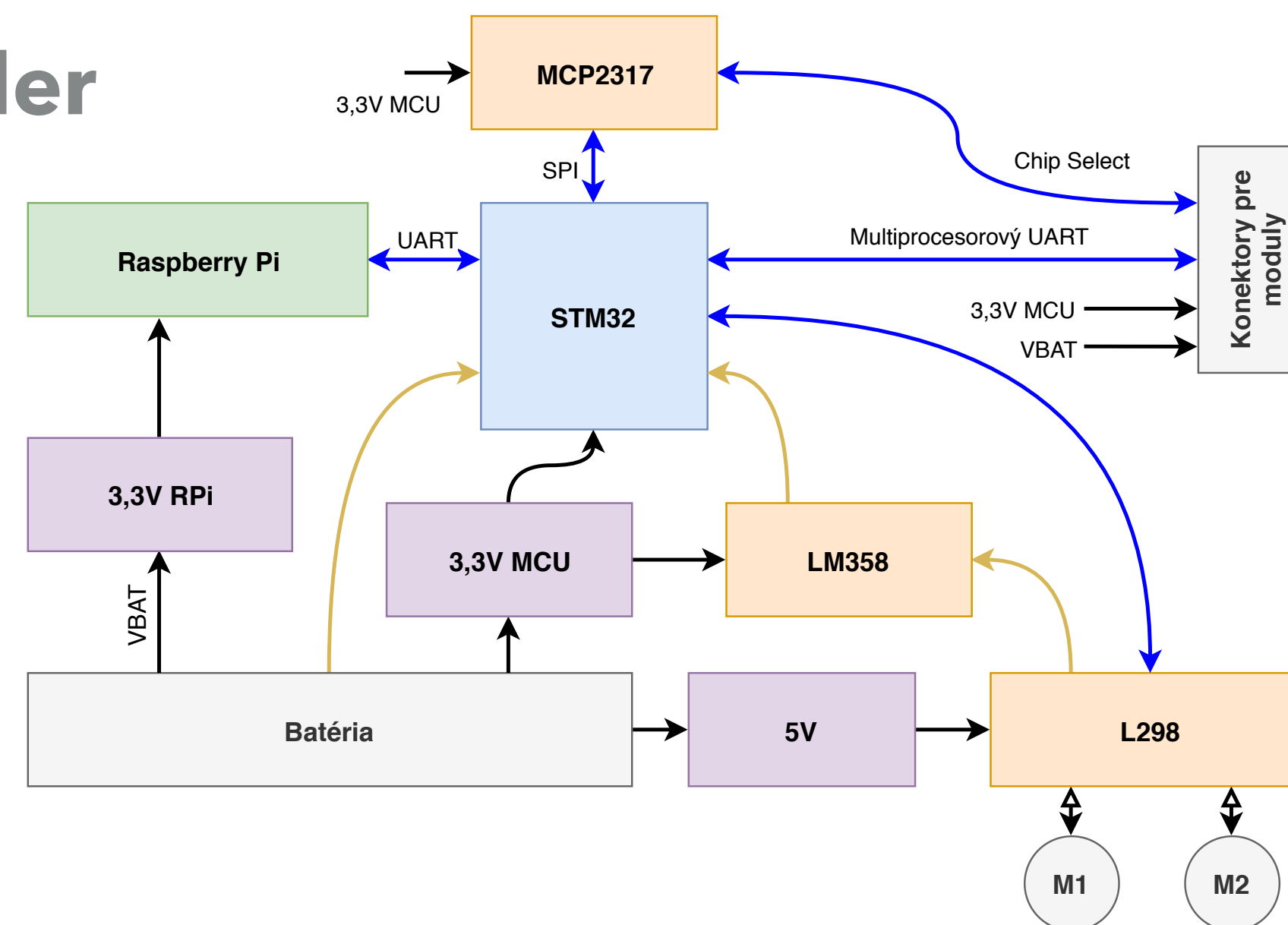
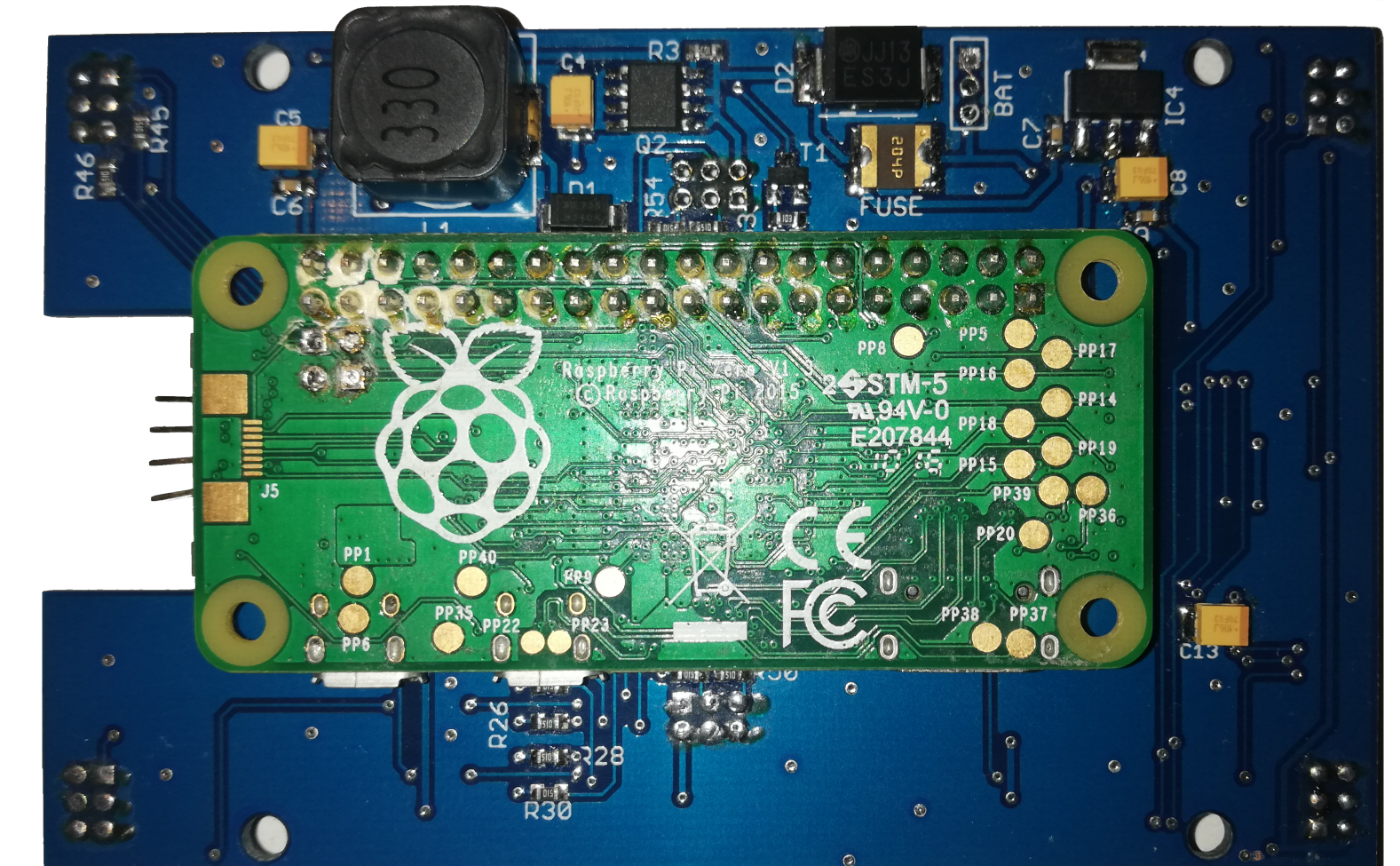
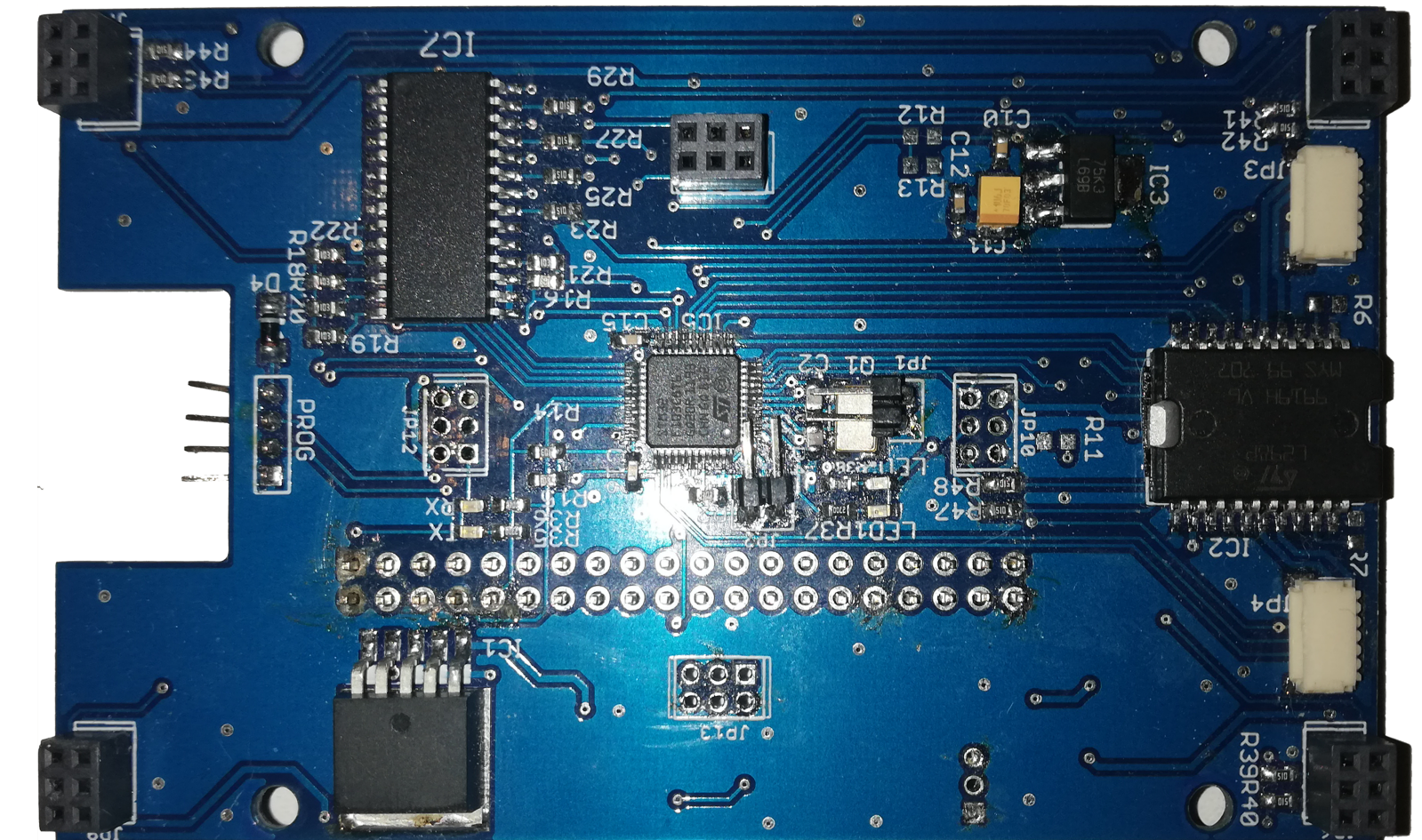
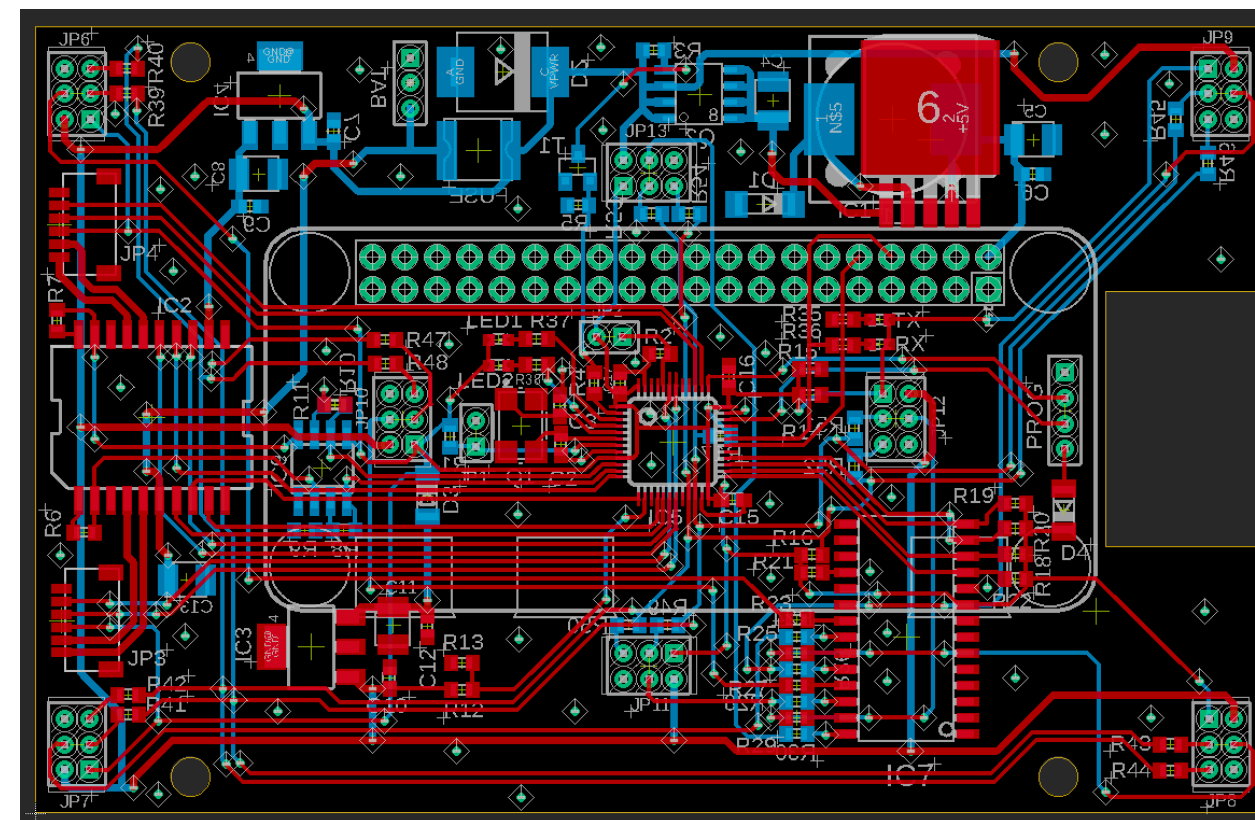
# NÁVRH MODULÁRNEHO MOBILNÉHO ROBOTICKÉHO SYSTÉMU

- ▶ mikromotory Pololu
- ▶ magnetické enkóдеры
- ▶ 2S Li-Pol batéria
- ▶ riadiaca doska s STM32
- ▶ Raspberry Pi Zero W
- ▶ Wifi a Bluetooth rozhranie
- ▶ možnosť pripojenia modulov so snímačmi



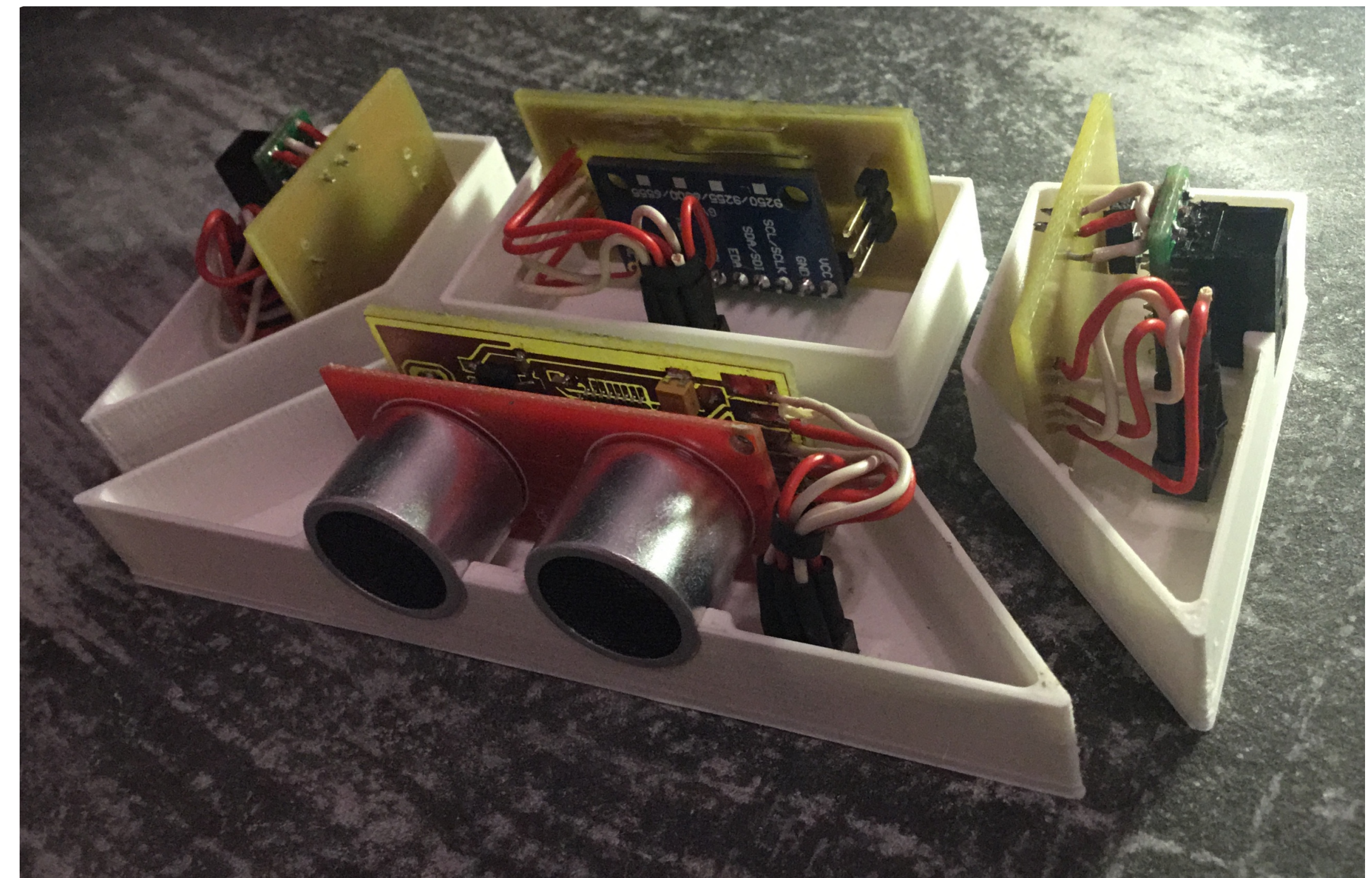
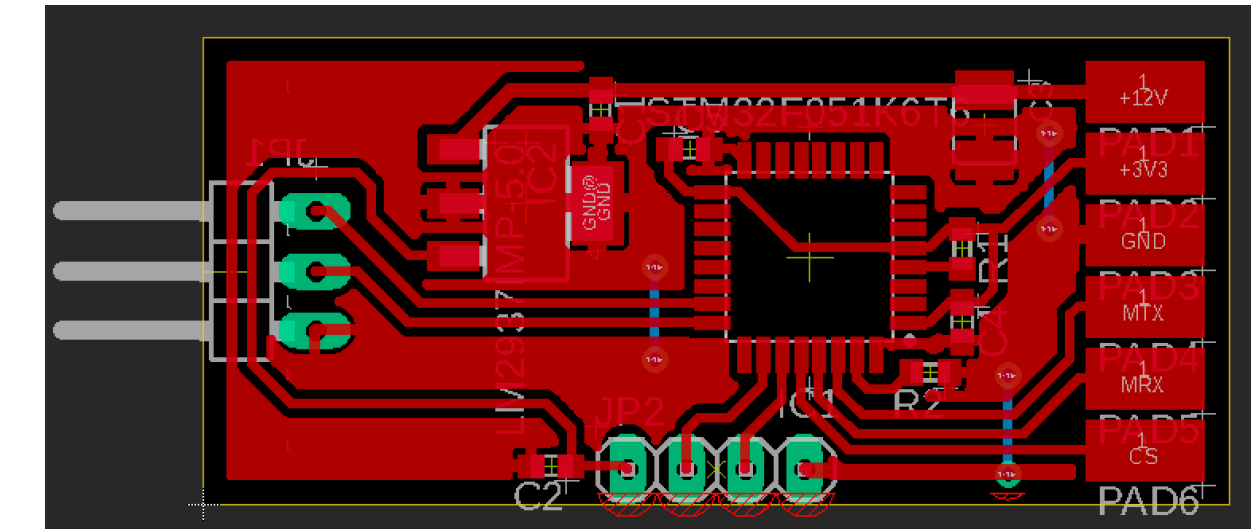
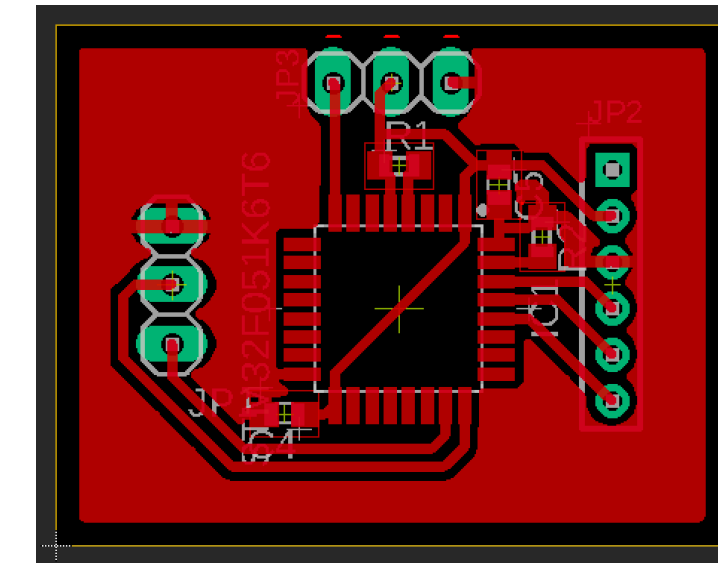
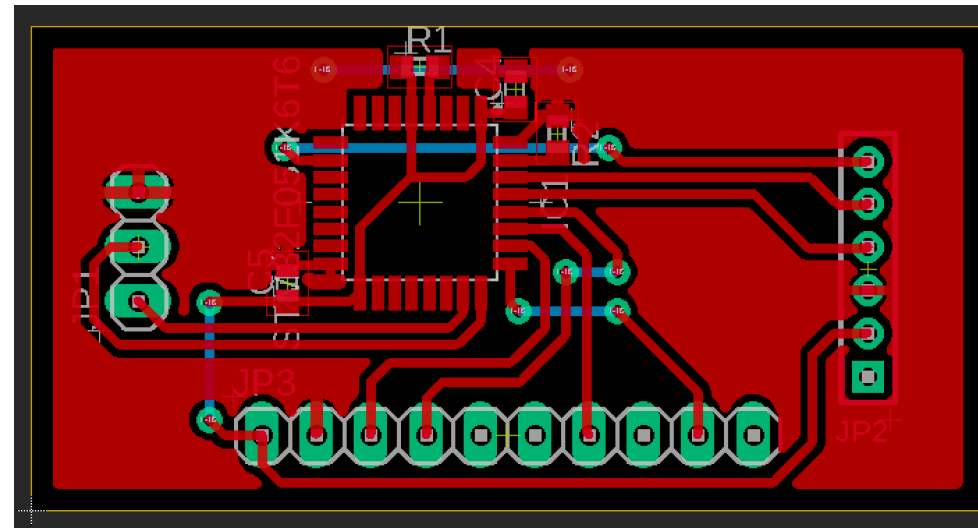
# NÁVRH RIADIACEJ DOSKY MOBILNÉHO ROBOTA

- ▶ STM32F103
- ▶ L298 driver
- ▶ spínacie a lineárne regulátory
- ▶ MCP2317 I/O expander
- ▶ Raspberry Pi Zero W



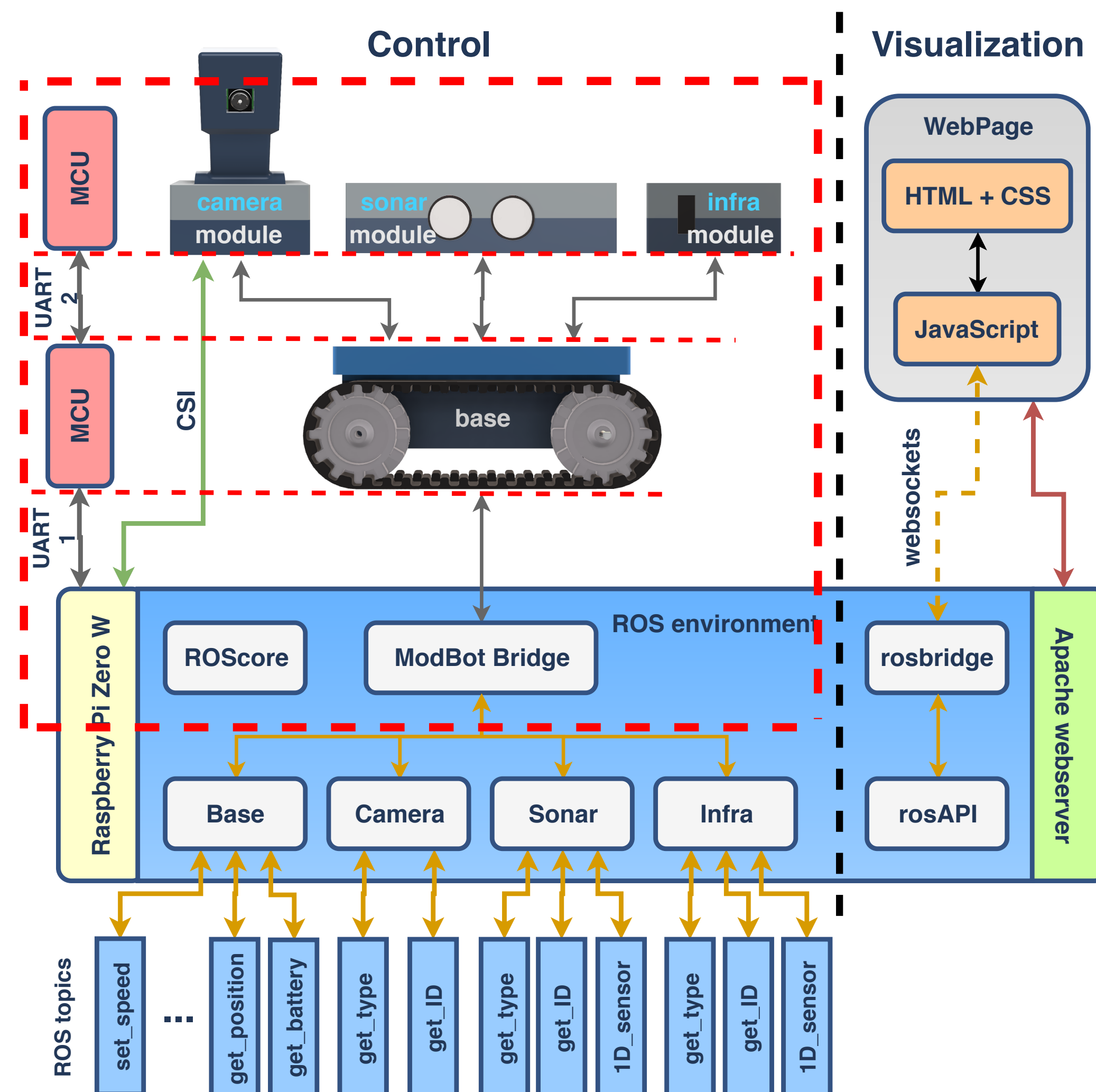
# VYTVORENIE UKÁŽKOVÝCH MODULOV PRE MOBILNÉHO ROBOTU

- ▶ **STM32F051**
- ▶ **rozhranie UART**
- ▶ **chip select**
- ▶ **modul pre meranie vzdialenosti prekážky od robota s ultrazvukovým snímačom**
- ▶ **modul pre detekciu prekážok s infračerveným snímačom**
- ▶ **modul pre spresnenie polohy robota s gyroskopom, akcelerometrom a magnetometrom**

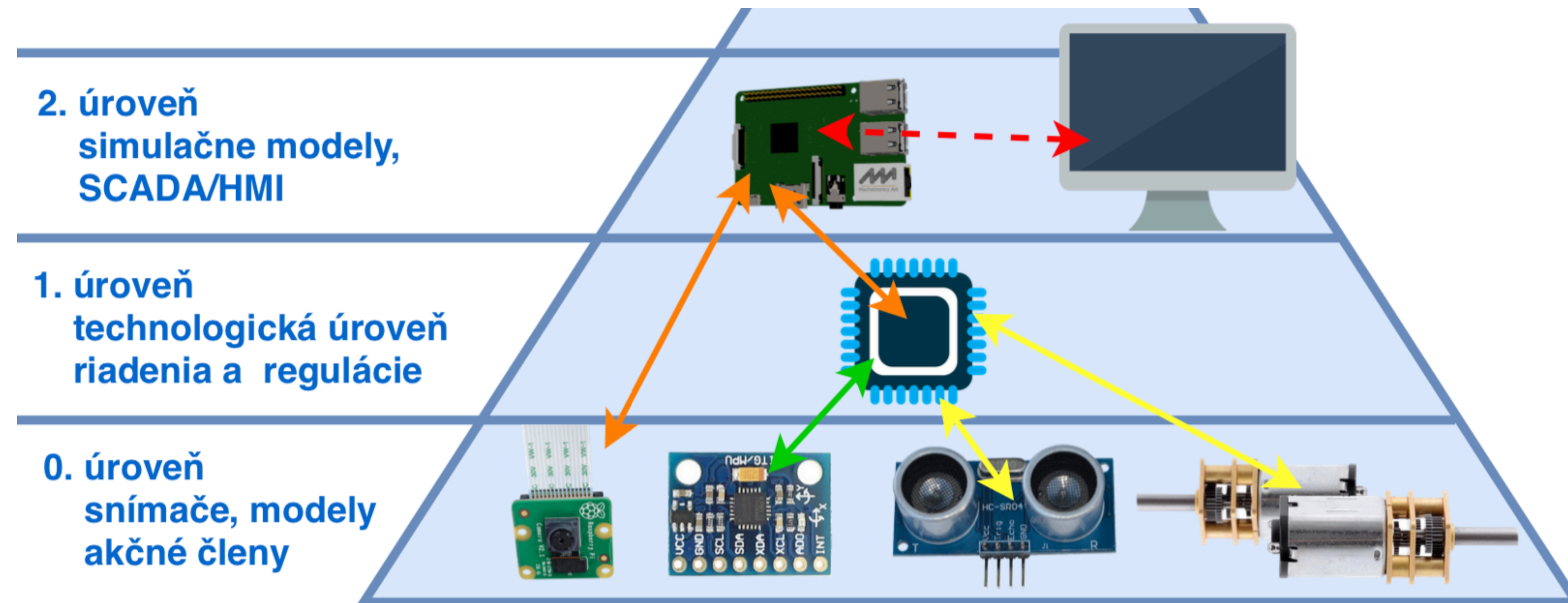


# PROGRAMOVÉ MODULY PRE OVLÁDANIE MOBILNÉHO ROBOTA

- ▶ komunikácia medzi hlavným mikropočítačom a mikropočítačmi v moduloch
- ▶ komunikácia medzi Raspberry Pi a hlavným mikropočítačom
- ▶ riadenie pohybu robota na úrovni hlavného mikropočítača
- ▶ C++ s využitím ROS systému
- ▶ publikovanie služieb v ROS systéme pre ovládanie funkcionalít robota



# MODULÁRNY MOBILNÝ ROBOT V RÁMCI DSR





## PUBLIKÁCIE

- ▶ TKÁČIK, M., BŘEZINA, A., JADLOVSKÝ, J. 2019: *Design of the modular mobile robotic platform.*
- ▶ BŘEZINA, A., TKÁČIK, M., JADLOVSKÝ, J. 2019: *Upgrade of the ball and plate laboratory model.*
- ▶ JADLOVSKÝ, J., et al. 2017: *Information System for ALICE Experiment Data Access.* In: ICALEPS 2017
- ▶ JADLOVSKÝ, J., et al. 2017: *A Novel General Purpose Data Acquisition Board with a DIM Interface.* In: ICALEPS 2017
- ▶ JADLOVSKÝ, J., et al. 2017: *Communication Architecture of the Detector Control System for the Inner Tracking System.* In: ICALEPS 2017
- ▶ JADLOVSKÝ, J., et al. 2017: *Návrh metodiky pre modelovanie, riadenie, simuláciu a nedeštruktívnu diagnostiku mobilných robotov.* In: Strojárstvo/Strojírrenství: Engineering Magazine

**ĎAKUJEM ZA POZORNOST**

## KOMUNIKAČNÉ PROTOKOLY A ROZHRANIA POUŽITÉ V RÁMCI VÝSTUPOV PRÁCE

- ▶ DIM - programové moduly v rámci DCS experimentu ALICE
- ▶ ROS - programové moduly v rámci aplikácie robotického futbalu, guľôčky na ploche a mobilného robota
- ▶ UART - prepojenie MCU s Raspberry PI v rámci modelu guľôčky na ploche a mobilného robota, prepojenie modulov a riadiacej dosky mobilného robota
- ▶ I2C - prepojenie gyroskopu s MCU modulu mobilného robota
- ▶ SPI - prepojenie MCU mobilného robota s I/O expanderom
- ▶ Bluetooth - prepojenie MCU robotických futbalistov MiroSot s nadradeným počítačom
- ▶ WiFi - prepojenie modelu guľôčka na ploche a mobilného robota s počítačmi v sieti

# ÚLOHY ARDUINA, STM32 A RASPBERRY PI

## Model guľôčka na ploche

- ▶ Arduino - ovládanie servomotorov PWM výstupmi a čítanie dát z gyroskopu cez I2C
- ▶ Raspberry Pi - lokalizácia guľôčky pomocou obrazu z kamery, výpočet akčných zásahov regulátorov, sieťová vizualizácia priebehu riadenia

## Modulárny mobilný robot

- ▶ STM32 - ovládanie motorov, zisťovanie rýchlostí na základe impulzov z enkóderov, regulácia rýchlostí kolies, regulácia polohy robota, získavanie údajov z pripojených modulov
- ▶ Raspberry Pi - komunikácia s robotom, poskytovanie ROS služieb pre ovládanie robota, sieťová vizualizácia informácií o robotovi, priestor pre vytváranie aplikácií s využitím robota

## Raspberry Pi bez MCU

- ▶ nemá analógové vstupy, presnosť softvérového PWM a pravidelnosť vykonávania cyklov závisí od vyťaženia CPU - môže spôsobovať nepresnosti pri regulácii

# DETEKCIA PRIPOJENÝCH MODULOV NA ÚROVNI RIADIACEJ JEDNOTKY ROBOTA

## Adresy modulov

- ▶ každý modul má priradenú jedinečnú 8-bitovú adresu
- ▶ hlavný mikroprocesor vyšle požadovanú adresu na zbernicu, pokiaľ neprijme odpoveď do určeného doby tak považuje modul za odpojený

## Detekcia umiestnenia modulu

- ▶ na každý konektor pre moduly je privedený jeden kanál z I/O expandera
- ▶ po zaadresovaní modulu hlavným mikroprocesorom modul zmení logický stav na kanáli I/O expandera, pomocou čoho vie hlavný mikroprocesor určiť na ktorý konektor je modul pripojený

## Dynamické pridávanie modulov

- ▶ moduly je možné dynamicky pridávať, keďže hlavný mikroprocesor pred začatím komunikácie stále vyšle na zbernicu najprv adresu modulu, čím zistí či je modul pripojený