

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE FAKULTA  
ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

## **KVADROKOPTÉRA**

### **ZÁVEREČNÝ PROJEKT K PREDMETU VNORENÉ RIADIACE SYSTÉMY**

**(Programová dokumentácia)**

**Ústav:** Robotika a kybernetika

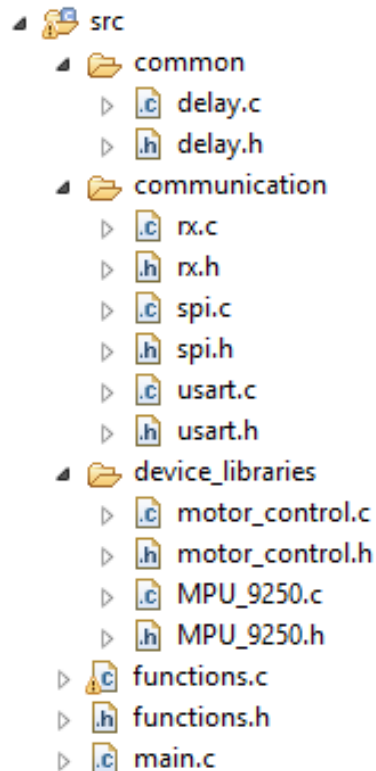
**Vypracoval:** Miroslav Kohút, Viktor Dluhoš, Jaroslav Stanko, Peter Kmeť

**Github:** [https://github.com/MiroslavKohut/quadrocopter\\_driver/tree/master](https://github.com/MiroslavKohut/quadrocopter_driver/tree/master)

# Programátorská príručka

V tomto dokumente nájdete podrobne popísané jednotlivé programové časti. Na základe nich je možné lepšie pochopiť štruktúru celého programu a funkčnosť riadenia kvadrokoptéry.

## Štruktúra softvéru:



Obrázok 1 Štruktúra softvéru

Na **obrázku 1** je vidieť základnú štruktúru zdrojových kódov, ktoré boli nami vytvorené a doplnené do vopred vytvoreného projektu v Atollic studiu.

## Priečinok `src`

1. **main.c** - v hlavnom priečinku môžeme nájsť `main.c` program, ktorý v sebe obsahuje prázdny nekonečný cyklus, ktorý môže byť určený na debug posielanie dát cez Usart alebo na pomocné výpočty, ktoré nemusia byť synchronizované. V našom prípade však nemá žiadnu úlohu. Okrem hlavného cyklu sa tu nachádzajú ešte inicializácie celého programu. Sú volané z knižnice `functions.h`, ktorá celá beží celá na "pozadí" `main` programu.
2. **functions.c / functions.h** - Táto knižnica predstavuje najdôležitejšiu časť celého programu. Využíva ju `main` program a je previazaná so všetkými ostatnými zariadeniami a perifériálnymi knižnicami.

Inicializačné funkcie všetkých periférií a zariadení volané v `maine`. Vo funkcii **`global_init`** sa inicializujú zariadenia a potrebné periférie. Vo funkcii **`timers_init`** sú inicializované časovače pre meranie dát z imu jednotky a pre vzorkovanie regulátora akčného zásahu:

```
void global_init();  
void timers_init();
```

Inicializačné funkcie časovača na riadenie kvadrokoptéry a na čítanie vzoriek z gyroskopu. Ako vstup do funkcie berú periódu v akej sa majú vykonávať.

```
void TIM4_controller_timer(int period_in_milliseconds);  
void TIM5_sampling_timer(int period_in_milliseconds);
```

Funkcia pre komplementárny filter na kombinovanie dát gyroskopu a akcelerometra pre riadenie roll a pitch (nebolo súčasťou úlohy)

```
void complementary_filter();
```

Funkcie pre riadenie jednotlivých osí kvadrokoptéry a kompletne riadenie zariadenia. My používame len

```
void PID_yaw_control();
```

Ostatné funkcie je potrebné kalibrovať a lepšie otestovať no sú pripravené

```
void PID_stabilization_control();  
void PID_pitch_control();  
void PID_roll_control();
```

Na záver sú v súbore functions.c aj handlers pre inicializovaný timer. TIM4 číta dáta z gyra a akcelerometra v inicializačnej perióde. Taktiež vie vykonávať moving average filter z počtu vzoriek `moving_average_samples`, ktorý je definovaný vo functions.h. Prečítané dáta ukladá do globálnych polí a tie potom môžu byť spracované inými funkciami.

```
void TIM4_IRQHandler()
```

TIM5 vykonáva kompletnú reguláciu a akčný zásah riadenia. Je možné v ňom určiť, ktorá funkcia regulátora sa má použiť. My pre účely nášho zadania používame **PID\_yaw\_control**. Okrem toho tu aj komplementárny filter spracováva údaje z MPU9250 jednotky (nie je potrebné pre funkčnosť zadania).

```
void TIM5_IRQHandler()
```

## **Priečinok common**

1. **delay.c / delay.h** - knižnica slúžiaca na generovanie zdržania programu (delay) požadovanej dĺžky.

**void delay\_ms**(uint32\_t t) - vstupným parametrom je čas v milisekundách udávajúci dĺžku pozastavenia programu. Funkcia využíva „System tick timer“ a jeho periodické generovanie prerušení (každú milisekundu). Perióda generovania prerušení sa nastavuje vo funkcii:

```
uint32_t SysTick_Config(uint32_t ticks);
```

Vstupným parametrom je perióda s akou sa generuje prerušenie (každých **n** tikov procesora).

## Priečinok communication

1. **rx.c / rx.h** – knižnica pre spracovanie riadiacich signálov z vysielачky. Z vysielачky sa prijíma signál od dvoch kanálov – throttle a yaw.

**void rx\_init();** – hlavná inicializačná funkcia, ktorá inicializuje timer, GPIO a prerušená používané na spracovanie signálu z prijímača:

```
void NVIC_init(void);  
void Timer_init(void);  
void GPIO_init(void);
```

Funkcie **void TIM3\_IRQHandler(void)** a **void TIM9\_IRQHandler(void)** obsluhujú prerušená od časovačov (TIM3,TIM9) vyvolané prijatím signálu z vysielачky. Vo vnútri funkcie sa vypočíta šírka a frekvencia prijímaného PWM signálu z vysielачky, ktorý sa ďalej spracováva pri riadení. Vypočítané hodnoty sa zapisujú do globálnych premenných:

```
__IO float Frequency;  
__IO int16_t pulse_length_throttle;  
__IO int16_t pulse_length_yaw;
```

2. **spi.c / spi.h** - Knižnica pre komunikáciu cez spi rozhranie. Je inicializovaná a používaná knižnicou pre zariadenie MPU9250. Služi na čítanie dát z tohoto zariadenia a taktiež na zápis potrebných nastavení.

Nasledujúca funkcia inicializuje SPI zbernicu a umožní cez ňu komunikovať s pripojeným zariadením.

```
void init_SPI1();
```

Funkcie na zápis a čítanie cez zbernicu. Umožňujú zápis buď do konkrétneho registra alebo čítanie z jedného alebo viaceru po sebe idúcich registrov:

```
void write_reg( uint8_t WriteAddr, uint8_t WriteData);  
uint8_t read_reg( uint8_t WriteAddr);  
void read_regs( uint8_t ReadAddr, uint8_t *ReadBuf, unsigned int  
Bytes );
```

Pomocné funkcie určené na setnutie a resetnutie chipselectu, ktorý vlastne spúšťa komunikáciu a je umiestnený na pine **PA08**.

```
void chip_select();  
void chip_deselect();
```

3. **usart.c / usart.h** - jednoduchá komunikačná knižnica určená pre komunikáciu z pc pomocou **USART2** určená hlavne na debug a testing.

Inicializáciu sériovej komunikácie. V súbore usart.h je možné definovať požadovanú baudrate, s ktorou chcete pracovať. Usart je taktiež inicializovaný s NVIC prerušením pre prijímané dáta, ktoré sa vo funkcii **USART2\_IRQHandler** ukladajú do premennej **rec\_data**.

```
void usart_init();
```

Základné funkcie na odosielanie reťazcov textového poľa alebo ľubovoľného desatinného čísla:

```
void USART_send_function(char text[]);  
void USART_send_function_number(float number);
```

## Priečinok device libraries

1. **motor\_control.c / motor\_control.h** – knižnica/driver pre ovládanie motorov kvadrokoptéry.

**void motor\_init()** – hlavná inicializačná funkcia pre ovládanie motorov kvadrokoptéry. Vo vnútri sa volajú funkcie na inicializáciu timera pre generovanie PWM signálu, inicializáciu GPIO ku ktorým sú pripojené BLDC motory a inicializácia motorov privedením po zapnutí kvadrokoptéry minimálnu hodnotu šírky riadiaceho impulzu na všetky motory:

```
void TIM2_PWM_init(void);  
void PWM_init(void);  
void GPIO_PWM_init(void);  
void set_throttle(uint8_t motor, int8_t data);
```

Vstupnými parametrami funkcie **set\_throttle** sú číslo motora, na ktorý sa má priviesť riadiaci signál(**uint8\_t motor**) a percentuálna hodnota ako rýchlo sa má motor točiť(**int8\_t data** v rozsahu od 0% - 100%) teda šírka riadiaceho impulzu. V tejto funkcii sa taktiež nachádza parameter **MAX\_THROTTLE**, ktorý je definovaný v **motor\_control.h** a obmedzuje maximálnu výstupnú rýchlosť na motoroch. Jeho rozsah je 0-100 a pre účely testu sme ho zvolili 30.

2. **MPU\_9250.c / MPU\_9250.h** - knižnica pre komunikáciu s IMU jednotkou a čítanie potrebných dát z akcelerometra a gyroskopu.

Inicializačné funkcie pre inicializovanie zariadenia a nastaveniach príslušných registrov. Taktiež sú tu funkcie pre nastavenie mierky gyroskopu a akcelerometra:

```
uint8_t mpu9250_init(int sample_rate_div, int low_pass_filter);  
uint32_t set_acc_scale(int scale);  
uint32_t set_gyro_scale(int scale);
```

Ďalšia skupina funkcií, ktorá slúži na kalibráciu akcelerometra a čítanie jednotlivých dát tie sú potom ukladané do globálnych premenných: **accelerometer\_data** a **gyroscope\_data**, ktoré obsahujú hrubé prečítané dáta a je možné ich používať v ostatných funkciách

```
void calib_acc();  
void read_acc();  
void read_rot();
```

**Záver:** Softvér je ešte stále len v štádiu vývoja a preto treba so zariadením aj jeho úpravami narábať s maximálnou opatrnosťou a pozornosťou. Z hľadiska vlastného bezpečia neodporúčame náhodne meniť jednotlivé parametre programu.