

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

Mikroprocesorové a vstavané systémy – projekt  
**Ovládanie RGB LED**

# 1 Úvod

## 1.1 Účel dokumentácie

Táto dokumentácia slúži pre poskytnutie podrobného a systematického prehľadu o projekte. Jej cieľom je umožniť čitateľovi hlbšie pochopenie návrhu, funkčnosti a implementácie tohto projektu.

## 1.2 Zadanie a prehľad projektu

Našou úlohou bolo zapojiť a naprogramovať systém ovládania skupiny jednofarebných LED a jednej RGB LED, a umožniť užívateľovi pomocou jednoduchého užívateľského rozhrania nastavovať rôzne animácie a meniť ich rýchlosť.

## 1.3 Použité technológie

Pre implementáciu projektu bola použitá kombinácia hardwarových a softwarových technológií. Hlavnú časť hardwaru tvorí mikrokontrolér ESP3 s integrovaným BLE(Bluetooth Low Energy) a WIFI modulom. Pre bezdrôtovú komunikáciu je použitá technológia BLE ktorá sa vyznačuje nízkou spotrebou a rýchlym prenosom dát. Pre samotné zapojenie a vizuálnu prezentáciu je použitá skupina jednoduchých LED, jedna RGB LED, 330ohm predradené rezistory breadboard a spájacie káble. Programová časť projektu bola vyvíjaná v prostredí Arduino IDE a užívateľské rozhranie je realizované cez jednoduchú webovú stránku využívajúcu technológiu WebBluetooth.

# 2 Architektúra programu

## 2.1 Popis architektúry

Projekt je rozdelený do niekoľkých modulov z ktorých každý plní konkrétnu úlohu v rámci systému.

## 2.2 BLE Modul

BLE modul zabezpečuje komunikáciu s užívateľským rozhraním prostredníctvom BLE rozhrania. V prípravnej časti programu (funkcia setup()) je pomocou volania metód z knižníc BLEDevice.h, BLEServer.h a BLEUtils.h nastavený názov zariadenia, BLE služba a charakteristika pre vytvorenie komunikačného kanála. Ďalej sú tu vytvorená inštancia a priradená inštancia callback triedy, ktorá zabezpečuje reakciu systému na pripojenie/odpojenie od klientskeho zariadenia a takisto callback trieda pre spracovávanie prichádzajúcich správ. Ďalej sa tu nachádza spustenie definovanej bluetooth služby a spustenie propagácie pre ostatné zariadenia. Pripojenie ku klientskému zariadeniu a spracovávanie prichádzajúcich správ sú implementované v metódach tried MyServerCallbacks a MyCallbacks. Metódy triedy MyServerCallbacks zabezpečujú indikáciu pripojenia pomocou diódy vstavanej na doske mikrokontroléra (dióda zapnutá-čipripravené na pripojenie, dióda vypnutá-čizariadenie pripojené) a takisto opätovné spustenie propagácie zariadenia po odpojení od klienta. Metóda onWrite() triedy MyCallbacks prijme správu cez bluetooth rozhranie, spracuje ju (pretypovanie pomocou funkcie atoi()) a následne na základe prichádzajúcej hodnoty odošle do jednej z dostupných front. Správy s hodnotami od 1 do 8 sú zaradené do fronty pre ovládanie RGBled keďže tieto zodpovedajú jednotlivým prvkom užívateľského prostredia pre ovládanie RGB led. Správy s hodnotou vyššou ako 8 sú zaradené do fronty pre ovládanie skupiny jednoduchých LED.

## 2.3 Moduly riadenia diód

Moduly riadenia diód (samostatný modul pre skupinu jednoduchých LED a pre RGB LED), sú implementované ako dva nezávislé na sebe bežiacie procesy resp. tasky. Keďže na použitom procesore ESP32 máme k dispozícii dve výpočetné jadrá, pomocou funkcie `xTaskCreatePinnedToCore()` je možné priradiť jednotlivým taskom konkrétne jadro na ktorom bude prebiehať ich vykonávanie čím sa zvýši efektívnosť využitia hardwarových zdrojov. Funkcionalita jednotlivých ovládacích modulov je implementovaná vo funkciách `LedControlSimple()` a `LedControlRGB()`. Tieto funkcie pozostávajú z deklarácie premenných potrebných pre ďalšiu prácu a nekonečného cyklu ktorý slúži pre vykonávanie požadovaných akcií na základe aktuálneho stavu systému. Pri zmene stavu systému (zaradení správy do fronty modulom BLE) modul pre riadenie danú správu prečíta a následne vykoná operácie alebo zmeny definované pre konkrétny typ správy. Môže ísť buď o zmenu hodnoty ukazateľa na funkciu ktorá vykonáva aktuálny typ animácie alebo o zmenu hodnoty pre aktuálnu rýchlosť animácie. Na konci každej iterácie cyklu je podľa aktuálneho stavu systému zavolaná funkcia pre zmenu napätí na jednotlivých výstupných pinoch. Vnútoraná logika týchto volaných funkcií potom zabezpečuje vizuálnu prezentáciu v podobe rozsvetovania alebo zhasínania diód a vytvára tak požadované animácie.

## 2.4 Funkcie implementujúce jednotlivé animácie

Vytváranie animácií je realizované využitím impulzovej šírkovej modulácie (PWM) a interného časovača ESP32. V rámci funkcie `setup()` je pre každý pin LED nastavený a priradený pwm kanál pomocou ktorého je následne regulovaný svit jednotlivých LED. Pre časovú koordináciu je využitý vnútorný časovač ESP a funkcia `millis()` ktorá poskytuje aktuálny systémový čas od štartu programu