

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

## ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

## RGB FOTOSVĚTLO

RGB PHOTO LIGHT

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Macek

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ondřej Baštán

BRNO 2021



# Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Automatizační a měřicí technika**

Ústav automatizace a měřicí techniky

**Student:** Jan Macek

**ID:** 211159

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2020/21

**NÁZEV TÉMATU:**

## RGB fotosvětlo

**POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

Cílem práce je navrhnout dálkově ovládané efektové světlo pro použití ve fotoateliéru.

1. Seznamte se s dostupnými produkty a definujte stěžejní parametry zařízení.
2. Definujte požadavky na zařízení
3. Navrhněte HW zařízení
4. Realizujte HW zařízení
5. Navrhněte řídicí a obslužný SW
6. Implementujte SW
7. Zařízení otestujte a zhodnoťte dosažené výsledky

**DOPORUČENÁ LITERATURA:**

GAJSKI, Daniel D., et al. Embedded system design: modeling, synthesis and verification. Springer Science & Business Media, 2009.

**Termín zadání:** 8.2.2021

**Termín odevzdání:** 24.5.2021

**Vedoucí práce:** Ing. Ondřej Baštán

**doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.**  
předseda rady studijního programu

**UPOZORNĚNÍ:**

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá návrhem efektního světla pro použití ve fotoateliéru. V práci je proveden průzkum trhu, jsou stanoveny požadavky na zařízení a následuje seznámení s danou problematikou. Dále se práce zabývá návrhem jednotlivých komponent, konstrukčním řešením a implementací software pro zvolený mikrokontrolér ESP32. Závěr práce je věnován testování a zhodnocení dosažených výsledků.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

ESP32, BMS, Step-Down, Step-Up, RGB LED, Li-Ion akumulátor, světlo, PlatformIO

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis is focused on the proposal of effect light for usage in photo studio usage. The analysis of the market is made in this thesis, then the requirements for device are defined and theoretical issue is acquainted. Further, this thesis pursues the proposal of particular components, design solution and software implementation for a selected ESP32 microcontroller. The conclusion of the thesis is devoted to testing and evaluation of the achieved results.

## **KEYWORDS**

ESP32, BMS, Step-Down, Step-Up, RGB LED, Li-Ion battery, light, PlatformIO



MACEK, Jan. *RGB fotosvětlo*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky, 2021, 58 s. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. Ondřej Baštán

## Prohlášení autora o původnosti díla

**Jméno a příjmení autora:** Jan Macek  
**VUT ID autora:** 211159  
**Typ práce:** Bakalářská práce  
**Akademický rok:** 2020/21  
**Téma závěrečné práce:** RGB fotosvětlo

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno .....

.....

podpis autora\*

---

\*Autor podepisuje pouze v tištěné verzi.

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Ondřeji Baštánovi za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci.

# Obsah

|   |           |
|---|-----------|
| Úvod                                      | 12        |
| <b>1 Průzkum trhu</b>                     | <b>13</b> |
| 1.1 Dostupná RGB fotosvětla na trhu       | 13        |
| 1.1.1 NANLITE PavoTube 30C                | 13        |
| 1.1.2 Yongnuo YN360 gen.III               | 14        |
| 1.1.3 Fomei LED MINI RGB 12               | 14        |
| 1.2 Přehled parametrů dostupných zařízení | 15        |
| 1.3 Požadavky na zařízení                 | 16        |
| <b>2 Rozbor řešení</b>                    | <b>17</b> |
| <b>3 Teoretický úvod</b>                  | <b>18</b> |
| 3.1 Světelné parametry                    | 18        |
| 3.1.1 Světelný tok                        | 18        |
| 3.1.2 Chromatičnost                       | 18        |
| 3.2 DC/DC Měníče                          | 19        |
| 3.2.1 Step-up                             | 19        |
| 3.2.2 Step-down                           | 19        |
| 3.3 UART                                  | 20        |
| 3.4 I <sup>2</sup> C                      | 21        |
| 3.5 WLAN                                  | 22        |
| 3.6 OLED                                  | 22        |
| <b>4 Návrh zařízení</b>                   | <b>24</b> |
| 4.1 Hardware                              | 24        |
| 4.1.1 LED pásek                           | 24        |
| 4.1.2 Akumulátor                          | 25        |
| 4.1.3 BMS                                 | 25        |
| 4.1.4 Step-up                             | 25        |
| 4.1.5 Step-down                           | 26        |
| 4.1.6 Řídící jednotka                     | 26        |
| 4.1.7 Ovládací prvky                      | 26        |
| 4.1.8 Displej                             | 27        |
| 4.2 Návrh DPS                             | 27        |
| 4.2.1 Napájecí a nabíjecí obvod           | 27        |
| 4.2.2 Řídící a regulační část             | 28        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>5</b> | <b>Konstrukce</b>                        | <b>29</b> |
| 5.1      | Trubice . . . . .                        | 29        |
| 5.2      | 3D tisk . . . . .                        | 30        |
| 5.3      | Konečné zhotovení . . . . .              | 31        |
| <b>6</b> | <b>Programové řešení</b>                 | <b>32</b> |
| 6.1      | Vývojový software . . . . .              | 32        |
| 6.2      | Rozdělení programu . . . . .             | 32        |
| 6.3      | Ovládání pomocí panelu . . . . .         | 33        |
| 6.3.1    | Čtení analogové hodnoty . . . . .        | 34        |
| 6.3.2    | Obsluha menu . . . . .                   | 35        |
| 6.3.3    | Vypisování na display . . . . .          | 36        |
| 6.3.4    | Funkce . . . . .                         | 37        |
| 6.4      | Bezdrátové ovládání . . . . .            | 38        |
| <b>7</b> | <b>Testování zařízení</b>                | <b>41</b> |
| 7.1      | Doba nabíjení . . . . .                  | 41        |
| 7.2      | Výdrž akumulátoru . . . . .              | 41        |
| 7.3      | Zhodnocení dosažených výsledků . . . . . | 42        |
|          | <b>Závěr</b>                             | <b>44</b> |
|          | <b>Literatura</b>                        | <b>45</b> |
|          | <b>Seznam symbolů a zkratek</b>          | <b>47</b> |
|          | <b>Seznam příloh</b>                     | <b>49</b> |
|          | <b>A Napájecí a nabíjecí obvod</b>       | <b>50</b> |
|          | <b>B Řídící a obslužný obvod</b>         | <b>54</b> |
|          | <b>C Obsah přiloženého CD</b>            | <b>58</b> |

# Seznam obrázků

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.1 | NanLite PavoTube 30C. [1]                      | 13 |
| 1.2 | Yongnuo YN360 gen.III. [2]                     | 14 |
| 1.3 | Fomei LED MINI. [3]                            | 15 |
| 2.1 | Blokové schéma RGB fotosvětla                  | 17 |
| 3.1 | Teplota chromatičnosti. [6]                    | 18 |
| 3.2 | Zjednodušené schéma Step-up měniče [7]         | 19 |
| 3.3 | Zjednodušené schéma Step-down měniče [7]       | 20 |
| 3.4 | Schéma zapojení rozhraní UART [8]              | 20 |
| 3.5 | Znázornění datového rámce UART [8]             | 21 |
| 3.6 | Schéma zapojení rozhraní I <sup>2</sup> C [9]  | 21 |
| 3.7 | Znázornění datového rámce I <sup>2</sup> C[15] | 22 |
| 3.8 | Překrývání kanálů na frekvenci 2,4 GHz [12]    | 22 |
| 4.1 | 3D model napájecího a nabíjecího obvodu        | 28 |
| 4.2 | 3D model řídicí a obslužné desky               | 28 |
| 5.1 | Model světla                                   | 29 |
| 5.2 | Zadní detailnější pohled                       | 29 |
| 5.3 | Řezání vrchní části trubice                    | 30 |
| 5.4 | Pohled na ovládací panel                       | 30 |
| 5.5 | Vytisknuté postranní krytky                    | 30 |
| 5.6 | 3D model napájecího a nabíjecího obvodu        | 31 |
| 6.1 | Struktura menu                                 | 34 |
| 6.2 | Funkce <code>poten()</code>                    | 35 |
| 6.3 | Funkce <code>butt()</code>                     | 36 |
| 6.4 | Výpis k efektu Svíčka                          | 37 |
| 6.5 | Funkce <code>vypis_displej()</code>            | 37 |
| 6.6 | Kód k efektu Svíčka                            | 38 |
| 6.7 | Diagram výběru ovládání                        | 39 |
| 6.8 | Ukázka webové stránky                          | 40 |
| A.1 | Předloha zapojení napájecího obvodu            | 50 |
| A.2 | Předloha pro DPS (Top)                         | 51 |
| A.3 | Předloha pro DPS (Bottom)                      | 51 |
| A.4 | Osazovací výkres součástek napájecí DPS        | 52 |
| A.5 | Seznam součástek pro napájecí obvod            | 53 |
| B.1 | Schéma zapojení řídicího obvodu                | 54 |
| B.2 | Předloha pro DPS (Top)                         | 55 |
| B.3 | Předloha pro DPS (Bottom)                      | 55 |
| B.4 | Osazovací výkres součástek řídicí DPS          | 56 |

|   |    |
|---|----|
| B.5 Seznam součástek pro řídicí obvod . . . . . | 57 |
|---|----|

# Seznam tabulek

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.1 | Přehled parametrů světél . . . . .            | 15 |
| 7.1 | Naměřené parametry svícení (80%) . . . . .    | 41 |
| 7.2 | Naměřené parametry svícení (100%) . . . . .   | 42 |
| 7.3 | Cenový přehled komponent fotosvětla . . . . . | 43 |
| 7.4 | Srovnání světél . . . . .                     | 43 |



# Úvod

Při fotografování patří světlo mezi nejdůležitější faktory, které mají vliv na výsledné fotografie. Trend, který se v poslední době vyskytuje, je focení, při kterém se nevyužívají pouze denní barvy studiových světel, ale také škála barevných světel. K tomuto účelu se využívají RGB světla v různých provedeních a variantách.

Úkolem této práce je navrhnout dálkově ovládané efektové RGB světlo, používané při fotografování nebo natáčení videí.

Pro lepší návrh fotosvětla bude v první části práce proveden průzkum trhu. Budou vybrány tři produkty, které se na trhu vyskytují. Následně budou tyto produkty porovnány z hlediska jejich parametrů a z toho vyvozené požadavky na návrh zařízení.

Další část bude věnována rozboru řešení. Bude zde vysvětlen a znázorněn základní popis a funkčnost zařízení. Následovat bude teoretický rozbor, ve kterém budou uvedeny pojmy, které se v průběhu práce vyskytují.

V následující části bude zmíněn konkrétní popis hardware použitý v zařízení, jako je LED pásek, akumulátor, BMS a DC/DC měniče. Následuje zvolený typ konstrukce, výroba 3D tištěných komponentů a konečné zhotovení.

Dále v práci bude následovat popis zvoleného programového vybavení fotosvětla, rozdělení programu společně s ukázkami jednotlivých funkcí.

Práci bude uzavírat závěrečné testování zařízení, jako je doba nabíjení nebo výdrž akumulátorů. Z naměřených hodnot pak bude provedeno srovnání s konkurenčními světly.

# 1 Průzkum trhu

Při návrhu efektového světla je vhodné provést průzkum trhu a seznámit se s parametry, vlastnostmi a konstrukcemi, které tato zařízení mají.

## 1.1 Dostupná RGB fotosvětla na trhu

V rámci průzkumu byla vybrána tři zařízení, která jsou zajímavá svými parametry nebo funkcemi, jež nabízí. Jedná se o produkty značek NanLite, Yongnuo a Fomie.

### 1.1.1 NANLITE PavoTube 30C

Jedním z produktů značky NanLite je RGBW LED trubice používaná k osvětlování fotografických scén. Světlo může být napájeno adaptérem ze sítě nebo interní LI-Ion baterií. Baterie zajišťuje až 2 h provozu při plném výkonu, který lze plynule nastavit v rozmezí 0-100 % a který může být až 16 W (1337 lm). Trubice nabízí rozsah teplot barev od 2700-6500 K. Pro pohodlné ovládání světla slouží 6 tlačítek a dva otočné prvky, jejichž pomocí lze nastavovat jednotlivé parametry světla. Pro přehlednost nastavení je trubice dále vybavena displejem, na kterém můžeme vidět námi zvolené nastavení. Mezi další funkce patří nastavitelné světelné efekty, při kterých trubice napodobuje například maják policejního auta, blesky při bouřce, plamen svíčky nebo pouze obyčejné blikání. Světlo lze také na dálku ovládat pomocí aplikace v mobilním telefonu. K uchycení trubice slouží průsvitný klip se stativovým závitem na zadní straně, jenž se připevní na trubici a poté upevní na stativ.



Obr. 1.1: NanLite PavoTube 30C. [1]

### 1.1.2 Yongnuo YN360 gen.III

Trubicové RGB světlo Yongnuo patří k dalším používaným světlům pro osvětlování fotografických scén. Trubice nemá vestavěnou baterii, ale je nutno připojit externí napájení nebo baterii typu NP-F jakou jsou například NP-F550, NP-F750, NP-F970. Světlo umožňuje 3 typy osvětlení, kterými jsou teploty barev v rozmezí od 3200 do 5500K a RGB diody. Trubice má celkovou svítivost 2790 lm s výkonem 21,6 W a vyzařovací úhel 55-110 °. Hlavním ovládacím prvkem je odnímatelný ovladač s jednoduchým displejem, tlačítka pro základní ovládání světla a dotykovou plochou pro nastavení barev. Dalším způsobem, jak lze ovládat světlo je možnost ovládání pomocí mobilní aplikace. Ve spodní části světla je umístěn  $\frac{1}{4}$  závit, který slouží k uchycení světelné trubice na fotografický stativ.



Obr. 1.2: Yongnuo YN360 gen.III. [2]

### 1.1.3 Fomei LED MINI RGB 12

Dalším produktem na trhu je Fomei LED MINI. Jedná se o malé RGB světlo s výkonem 12 W (1500 Lm). Rozsah teploty barev u tohoto světla je 2500-9000 K. Vestavěná baterie s kapacitou 3000 mAh zajišťuje při 100 % výkonu 90 min výdrže. K nabíjení baterie světla slouží USB-C kabel. Dva otočné ovládací prvky na boční straně světla slouží k pohodlné obsluze celého nastavení světla. Můžeme měnit barevnou teplotu, RGB spektrum nebo předchystané filmové efekty jako jsou policejní světla, ambulance nebo blikání televize. Další možností ovládání může být pomocí mobilní aplikace. Pro uchycení světla je umístěn ve spodní části stativový závit. Světlo je kvůli velikosti možné taky připevnit pomocí adaptéru rovnou na fotoaparát do sáněk.



Obr. 1.3: Fomei LED MINI. [3]

## 1.2 Přehled parametrů dostupných zařízení

Pro lepší orientaci parametrů následuje přehledová tabulka [1.1]. V tabulce jsou uvedeny parametry, které patří mezi stěžejní pro tyto zařízení.

Tab. 1.1: Přehled parametrů světel

| Parametry              | NanLite Pavotube 30C | Yongnuo YN360      | Fomei MINI RGB   |
|------------------------|----------------------|--------------------|------------------|
| Výkon                  | 32 [W]               | 21,6 [W]           | 12 [W]           |
| Světelný tok           | 2850 [lm]            | 2790 [lm]          | 1500 [lm]        |
| Teplota chromatičnosti | 2700-6500 [K]        | 3200K - 5500 [K]   | 2500K - 9000 [K] |
| Výdrž baterie          | 2 [h]                | 50-90 [min]        | 90 [min]         |
| Rozměry                | 1200x48 [mm]         | 583 x 48 x 24 [mm] | 156x80x15 [mm]   |
| Hmotnost               | 1180 [g]             | 805 [g]            | 300 [g]          |
| Cena                   | 14 490 Kč            | 4 790 Kč           | 3 990 Kč         |

Z tabulky lze odvodit, že nejlepší parametry má NanLite Pavotube 30C. Tato značka se zabývá celou škálou fotografických světel a patří mezi oblíbené zařízení používanými profesionály, to se ovšem projevuje i na její ceně.

## 1.3 Požadavky na zařízení

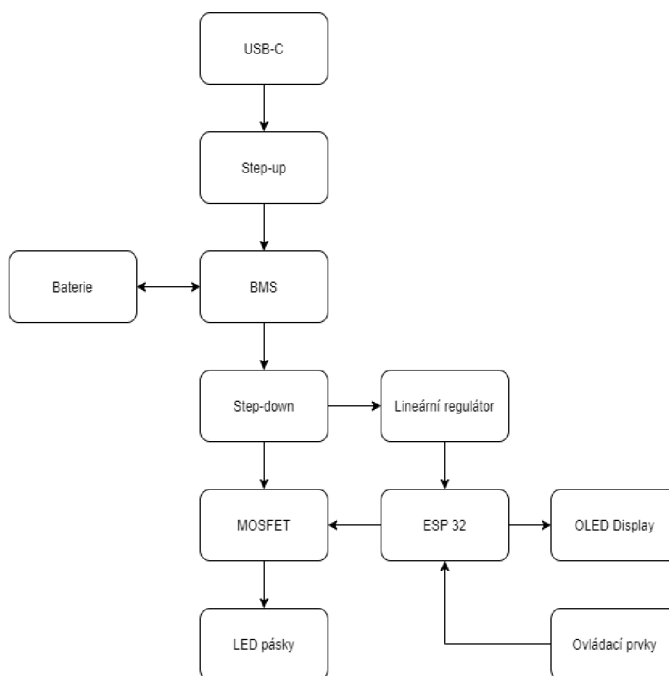
Nejdůležitějším parametrem efektivních světel je jejich výkon spojený se světelným tokem a teplotou chromatičnosti. S větším výkonem lze lépe osvětlovat fotografické scény i za zhoršených světelných podmínek. Efektivní světla, která mají integrovaný akumulátor, mají velkou výhodu, protože je lze využívat i v terénu, kde není zajištěno připojení k síti. Stěžejními parametry jsou tedy doba, po kterou je akumulátor schopen napájet zařízení, a způsob, jakým bude akumulátor nabíjen a schopen dodávat požadované napětí ke zdroji světla. Podstatným parametrem je i samotné ovládání světla, a to rovnou na samotném zařízení nebo pomocí mobilního telefonu. S bezdrátovým ovládáním se pojí i problematika řízení.

Na základě výše uvedených zařízení, která se vyskytují na trhu, a přehledové tabulky [1.1] definujeme požadavky na zařízení:

- RGBW typ svícení
- maximální výkon 50 W
- světelný tok 2800 lm
- bateriový provoz
- 1 h výdrže zařízení
- USB-C nabíjecí konektor
- ovládání zařízení přímo na těle
- bezdrátové ovládání

## 2 Rozbor řešení

V této kapitole je vysvětlen a znázorněn základní popis a funkčnost zařízení. Zařízení se bude skládat ze čtyř základních částí. První část tvoří Step-up měnič, který vstupní 5 V napětí zvýší na napětí požadované pro nabíjení akumulátorů. Výhodou tohoto řešení je praktičnost při používání. Zařízení se bude smět nabíjet kdekoliv, jelikož USB-C je v poslední době brán jako standart u elektronických zařízení. S požadavkem na bateriový provoz světla byly zvoleny čtyři Lithium-iontové (Li-Ion) akumulátory. Toto řešení ovšem vyžaduje Battery Management System (BMS). Step-down měnič bude poskytovat 12 V napětí z baterií z důvodu volby 12V RGBW LED pásků jako zdroje světla. Výhodou DC/DC měničů je, že při kolísání vstupního napětí není ovlivněno výstupní. Tato vlastnost je využita právě u Step-down měniče, který bude poskytovat konstantní napětí i při klesající napětí akumulátorů. S požadavkem na bezdrátové ovládání bylo rozhodnuto pro ESP32. Provozní napětí mikrokontroléru je 3,3 V a je ustabilizováno pomocí lineárního regulátoru. Mikrokontrolér nabízí dostatečné množství vstupů a výstupů, ale také integraci Wi-Fi. Pro regulaci svitu LED pásků, byly zvoleny čtyři N-kanálové MOSFET tranzistory, pro každou barvu zvlášť. Poslední částí je OLED display, na kterém bude možnost zobrazení základního nastavení svitu, barev nebo efektů pomocí tlačítek nebo potenciometrů. Na obrázku [2.1] je pro lepší znázornění blokové schéma zařízení.



Obr. 2.1: Blokové schéma RGB fotosvětla

## 3 Teoretický úvod

V práci se vyskytují pojmy, které je pro danou problematiku vhodné uvést. Kapitola je rozdělena na vysvětlení světelných parametrů a DC/DC měničů.

### 3.1 Světelné parametry

Při navrhování světelných zařízení je důležité se zabývat návrhem a stanovení světelných parametrů, jako je například světelný tok nebo chromatičnost. Při návrhu fotosvětla jsou tyto parametry klíčové.

#### 3.1.1 Světelný tok

Světelný tok patří mezi hlavní světelné veličiny. Určuje množství energie dopadající na lidské oko, vyzářené zdrojem světla do okolí. Patří mezi hlavní světelné parametry, když chceme porovnávat světelné zdroje podle "síly". Světelný tok se značí  $\Phi$  a jeho jednotkou je lumen (lm).[4].

#### 3.1.2 Chromatičnost

Barvu záření můžeme vnímat jako teplou, neutrální a studenou. Tento pojem můžeme obecně pojmenovat jako teplota chromatičnosti nebo také jako barevná teplota. Tato teplota odpovídá zářením absolutně černého tělesa zahřátého na určitou teplotu. Teplota chromatičnosti se značí  $T_c$  a jednotkou je kelvin (K). Teplotu chromatičnosti můžeme rozlišit do třech základních skupin.[5]

- $\pm < 4000$  K teplá bílá
- $\pm 4000 - 6000$  K neutrální bílá
- $\pm > 6000$  K studená bílá



Obr. 3.1: Teplota chromatičnosti. [6]

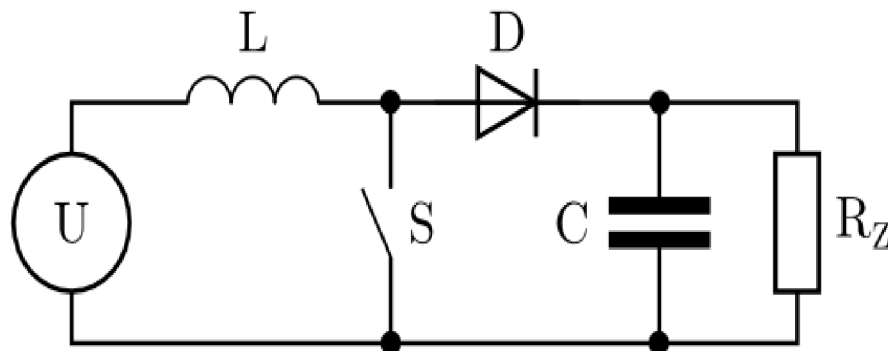
## 3.2 DC/DC Měníče

DC/DC měniče patří mezi napájecí zdroje a slouží ke změně velikosti stejnosměrného napětí a proudu. Mezi hlavní části obvodu patří spínací prvek realizovaný integrovaným obvodem, cívkou a kondenzátorem. Rychlost spínání IO se pohybuje ve stovkách kHz. Měníče můžou napětí zvyšovat, snižovat nebo obojí možnosti současně. Měníče můžeme rozdělit do třech typů.[7]

- BOOST – měnič zvyšující výstupní napětí na požadované (Step-up)
- BUCK – měnič snižující výstupní napětí na požadované (Step-down)
- BUCK-BOOST – měnič dokáže snižovat i zvyšovat výstupní napětí

### 3.2.1 Step-up

Jedná se o DC/DC měnič zvyšující napětí. Zjednodušené základní zapojení můžeme vidět na obrázku [3.2]. V rámci zjednodušení je IO nahrazen spínačem S. Při době sepnutí spínače protéká cívkou L proud a cívka akumuluje energii. Po rozepnutí spínače se polarita napětí cívky otočí. Vstupní napětí a napětí cívky se sečtou a diodou D se nabije kondenzátor C na vyšší napětí, než je vstupní napětí.

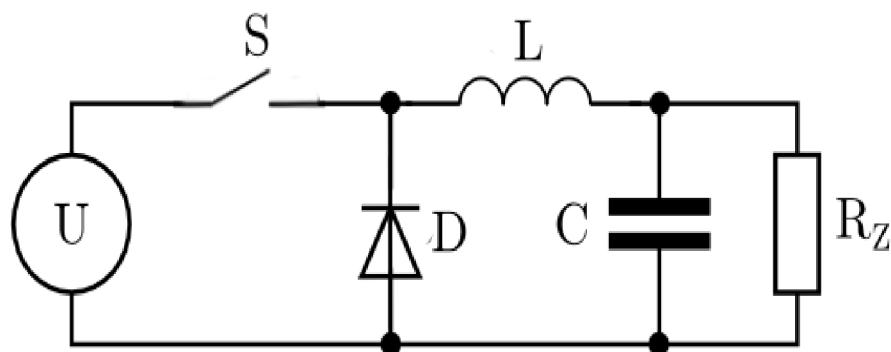


Obr. 3.2: Zjednodušené schéma Step-up měniče [7]

### 3.2.2 Step-down

Step-down měnič slouží ke snižování napětí. Princip funkčnosti si opět můžeme ukázat na zjednodušeném zapojení na obr [3.3]. Při sepnutém stavu spínače S je proudem nabíjen kondenzátor C a cívka L akumuluje energii. Při rozepnutí spínače se opět polarita cívky otočí, proudem z cívky je dobíjen kondenzátor. Dioda D slouží pro uzavření proudové smyčky.

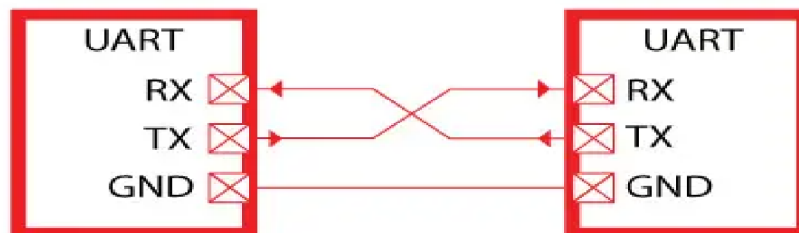




Obr. 3.3: Zjednodušené schéma Step-down měniče [7]

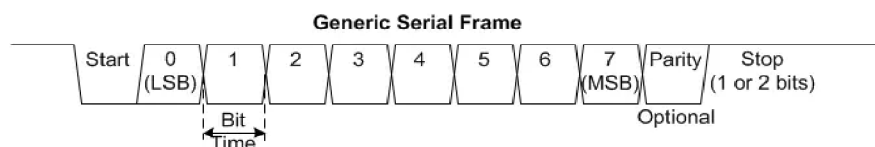
### 3.3 UART

UART (Universal asynchronous receiver-transmitter) je asynchronní sériová sběrnice. Slouží ke komunikaci mezi dvěma zařízeními. Komunikaci zajišťují dva datové vodiče TX a RX a zem. Tx-Transmit je určený k vysílání dat a RX-Receive zase k přijímání. Rychlost přenosu dat vyjadřuje Baud rate, jehož jednotkou je Baud [Bd]. Přenosové rychlosti se pohybují od stovek do stovek tisíc Baudů (1200,2400,4800,9600,19200).



Obr. 3.4: Schéma zapojení rozhraní UART [8]

Komunikace tvoří tzv. rámce, k zahájení slouží Start bit, poté následuje 8 datových bitů (první LSB-Least significant bit, poslední MSB-Most significant bit) a paritní bit, který slouží k detekci chyby při čtení. Datový rámec uzavírá Stop bit. Jeden paritní bit umožňuje detekci poškození jednoho datového bitu. Jsou dva druhy parity, sudá nebo lichá.[14]

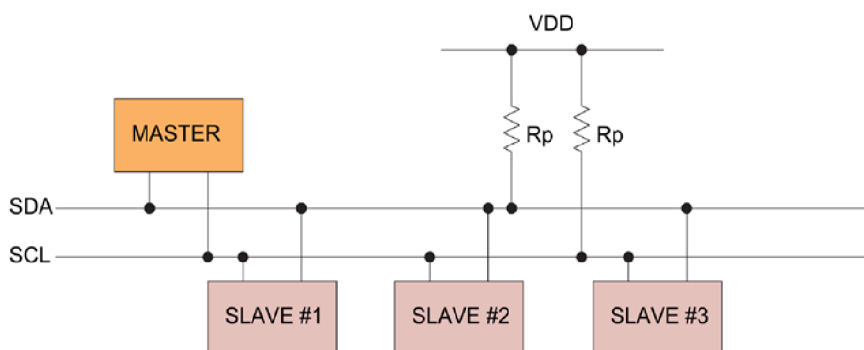


Obr. 3.5: Znáornění datového rámce UART [8]

### 3.4 I<sup>2</sup>C

I<sup>2</sup>C nebo IIC (Inter-Integrated Circuit) je synchronní sběrnice sloužící pro přenos dat. Zařízení, která se na sběrnici připojují, jsou dvojího typu, Master a Slave. Master je na sběrnici jenom jednou, zato Slave může být na sběrnici vícekrát. Master si vybírá Slave na základě adresy, kterou má každý Slave jinou. Výhodou je tedy možnost připojení více zařízení. Master generuje hodinový signál, oslovuje Slave pomocí adresy a zasílá nebo čte data z osloveného zařízení. Slave pouze přijímá nebo odesílá data do Master.

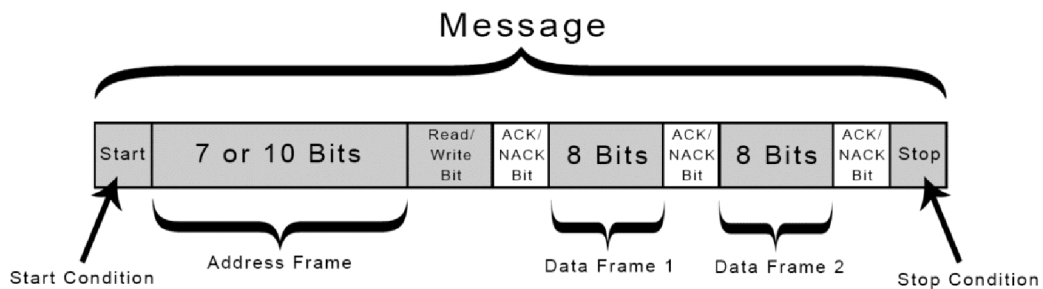
Připojování ke sběrnici se provádí pouze dvěma vodiči SDA (serial data) a SCL (serial clock).[9][14]



Obr. 3.6: Schéma zapojení rozhraní I<sup>2</sup>C [9]

Formát I<sup>2</sup>C zprávy:[10]

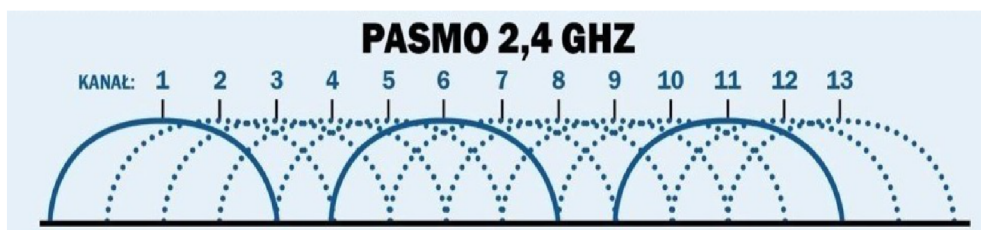
- Start Condition - přenos se zahajuje vygenerováním Start Condition
- Adresní rámec - 7 nebo 10 bitová adresa
- Read/Write bit - Read log.0, Write log.1
- ACK/NACK bit - Slouží pro potvrzení datového rámce (pokud byl přijat, příjemce podrží SDA v log.0)
- Datový rámec - 8 bitů
- Stop Condition - přenos se ukončí vygenerováním Stop Condition



Obr. 3.7: Znáornění datového rámce I<sup>2</sup>C[15]

### 3.5 WLAN

WLAN (Wireless Local-Area Network) je bezdrátová síť, umožňující komunikaci dvou a více především přenosných zařízeních jako jsou například mobilní telefony nebo notebooky . Je založena na standardech IEEE 802.11 b/g/n/ac atd. pracující v bezlicenčním pásmu 2,4 nebo 5 GHz. Pro označení těchto standardů se vžil název Wi-Fi. Na frekvenci 2,4 GHz je pro Evropu určeno 13 vysílacích kanálů s šířkou pásma 20 nebo 40 MHz. Jelikož se jedná o bezdrátovou síť, která se může vyskytovat i mimo využívaný prostor například rodinný dům nebo byt, je důležité tuto síť zabezpečit pro případ neoprávněného připojení. Nejčastějšími zabezpečeními jsou WEP, WPA, WPA2. Zabezpečení WEP je starší a dnes už se nevyužívá kvůli jeho slabému zabezpečení. V současnosti se využívá především zabezpečení WPA2 nebo WPA3.[11]



Obr. 3.8: Překrývání kanálů na frekvenci 2,4 GHz [12]

### 3.6 OLED

Hlavním rozdílem OLED (Organic Light-Emitting Diode) displeje oproti LCD je ten, že samotné pixely u OLED displeje vyzařují světlo. U LCD displeje se využívá podsvícení. Energetická náročnost tohoto řešení odpovídá počtu rozsvícených bodů na displeji, zatímco u LCD je stejná. OLED displeje tvoří 5 základních vrstev:

- Katoda

- Emisní organická vrstva
- Vodivá organická vrstva
- Anoda
- Substrát

Průchod proudu mezi vrstvami anody a katody způsobí vznik světelného záření v emisní organické vrstvě. Vodivá vrstva pomáhá k lepšímu přepravování "děr" od anody. Substrát je pak nejčastěji tvořen sklem nebo plastem. Technologie se v dnešní době využívá v displejích pro televizory, mobilní telefony nebo notebooky. Použití pružných plastových fólií místo skla přispívá v dnešní době k rozšíření tzv. ohebných displejů, využívané u ohebných telefonů nebo televizorů.[13]

OLED technologie přináší několik výhod:

- OLED displeje jsou konstrukčně tenčí a lehčí než LCD
- Dosahují většího kontrastu barev, vyšší svítivosti a lepších pozorovacích úhlů
- Nižší spotřeba energie

Nevýhodou OLED displejů je nižší životnost a vyšší cena.

## 4 Návrh zařízení

Kapitola je rozdělena na hardwarovou a konstrukční část zařízení vycházející z požadavků na zařízení.

### 4.1 Hardware

V následujících podkapitolách jsou blíže popsány jednotlivé části zařízení i zvolené konkrétní součástky. Mezi hlavní požadavky na zařízení je světelný zdroj svícení umožňující RGBW typ svícení. Dalším požadavkem je akumulátorový provoz, který bude poskytovat dostatečnou kapacitu a výkon pro zdroj světla. S akumulátorovým provozem souvisí jeho nabíjení. Při navrhování hardware je nutné přizpůsobit napětí jak pro zdroj světla, tak pro nabíjení akumulátoru. S požadavkem na ovládání souvisí také navrhovaný hardware, které je nutné implementovat přímo na zařízení.

#### 4.1.1 LED pásek

Jak již bylo zmíněno, pro navrhované zařízení byl vybrán jako zdroj světla LED pásek. V dnešní době jsou velice oblíbené z důvodu jednoduchosti napájení a instalace. Používají se pro různé využití, jako je osvětlování interierů bytu, kuchyňských linek nebo schodišť. Určité LED pásy dosahují i vysokých výkonů, řádově i desítky Wattů. U těchto pásků je z hlediska zahřívání a životnosti doporučeno LED pásek připevnit na hliníkový profil.

Na trhu se vyskytuje nepřeberné množství a druhů LED pásků, ale pro navržené řešení byly vybrány dva RGB a jeden RGBW LED pásek, každý s délkou 1 m. Jako první byl vybrán 12 V RGB pásek s 60 LED SMD diodami a pouzdem 5050, s výkonem 14,4 W/m. Světelný tok tohoto pásku je 850 lm a vyzařovacím úhlem 120°. Druhý byl zvolen 12 V RGBW LED pásek se 120 LED diodami (60 RGB, 60 W) s pouzdry 5050 a 2835, s výkonem 25 W/m. Výrobce udává životnost je 50 000h (5,7 let). Důvodem, proč bylo rozhodnuto pro typ RGBW, je aby bylo v barevném RGB spektru posíleno i denní světlo, které má teplotu chromatičnosti 4500 K. Světelný tok pásku je 1100 lm a vyzařovací úhel 120°. V součtu bude celkový výkon světla 53,8 W. Celkový odebíraný proud všemi pásky můžeme vypočítat podle následujícího vzorce[4.1].

$$I = \frac{P}{U} = \frac{53,8}{12} = 4,48A \quad (4.1)$$

### 4.1.2 Akumulátor

S požadavkem na bateriový provoz světla byl zvolen Lithium-iontový akumulátor (Li-Ion) typu 18650, který má průměr 18,4 mm a délkou 65,2 mm. S ohledem na samotnou velikost, hmotnost a kapacitu článku. Napětí různých Li-Ion článků se může lišit, ale zpravidla se nominální napětí pohybuje okolo 3,7 V. S vybranými LED pásky bylo rozhodnuto pro 4 články zapojenými do série s celkovým napětím 14,8 V. Výrobce uváděná kapacita článku je 3400 mAh. Celkovou uloženou energii baterií můžeme vypočítat následovně.

$$E = U \cdot Q = 14,8 \cdot 3,4 = 50,32Wh \quad (4.2)$$

Dále můžeme vypočítat i dobu provozu při maximálním výkonu LED pásků.

$$t = \frac{E}{P} = \frac{50,32}{53,8} = 0,93h \quad (4.3)$$

### 4.1.3 BMS

S bateriemi se pojí i jejich nabíjení. Jelikož žádné články nejsou napětově totožné, musí být použit Battery Management System (BMS), aby se při nabíjení články nabíjely současně se stejným napětím. Pro moje zařízení byl vybrán integrovaný obvod S-8254AAMFT, který může být použit pro 3 až 4 sériově zapojené články. Konkrétní obvod S-8254AAMFT disponuje následujícími napětovými vlastnostmi nabíjení a vybíjení článků:

- $4,2 \pm 0,025$  V - odpojení akumulátoru při nabíjení
- $4,1 \pm 0,05$  V - uvolnění nabíjení akumulátoru
- $2,5 \pm 0,08$  V - odpojení akumulátoru při vybíjení
- $2,7 \pm 0,1$  V - uvolnění vybíjení akumulátoru

Obvod slouží jako nabíjecí, balancovací a ochranný obvod pro baterie.

### 4.1.4 Step-up

Vstupní napětí, kterým bude světlo nabíjeno, je 5 V, a tudíž musí být napětí zvýšeno na napětí potřebné pro nabíjení baterii. K tomu slouží DC/DC měniče Step-Up. Maximální napětí plně nabitých článků je 16,8 V. Konečné nastavené napětí zvolíme vyšší a to 17,2 V. Výstupní napětí měniče se nastavuje zvolením rezistorů  $R_1$  a  $R_2$  z datasheetu [17]. Rezistor  $R_1$  zvolíme podle doporučené hodnoty z datasheetu na 1 k $\Omega$ . Ze známé a hodnoty rezistoru  $R_1$  můžeme ze vzorce [4.4] vyjádřit i  $R_2$ .

$$V_{out} = 1,25 \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \quad (4.4)$$

$$R_2 = \frac{R_1 \cdot (V_{out} - 1,25)}{1,25} = \frac{1000 \cdot (17,2 - 1,25)}{1,25} = 12760\Omega \quad (4.5)$$

Zvolenou hodnotou rezistoru  $R_2$  je hodnota 12,7 k $\Omega$ .

### 4.1.5 Step-down

Výstupní napětí z BMS je při plném nabití baterii 16,4 V. Je tedy nutné napětí pro 12 V LED pásky snížit. Byl tedy využit znovu DC/DC měnič, ale tentokrát Step-down. Hlavním parametrem při volbě měniče byl protékající proud, kterým bude měnič zatížen během plného výkonu LED pásků. S ohledem na protékající proud 4,48 A byl vybrán spínací regulátor XL4015, který je dimenzován na 5 A. Pro výpočet hodnot rezistorů je uplatněn stejný postup jako u Step-up měniče. Rozdílem je pouze výstupní 12 V napětí.

$$R_2 = \frac{R_1 \cdot (V_{out} - 1,25)}{1,25} = \frac{1000 \cdot (12,3 - 1,25)}{1,25} = 8840\Omega \quad (4.6)$$

Zvolenou hodnotou rezistoru je hodnota 8,87 k $\Omega$ .

### 4.1.6 Řídicí jednotka

Při návrhu řídicí jednotky byla hlavním požadavkem bezdrátová komunikace pomocí Wi-Fi. Nejvhodnější variantou se jevil mikrokontrolér ESP32-WROOM-32 nebo ESP8266. Z důvodu integrace Wi-Fi modulu přímo v čipu ESP32, vyšší výkonosti a samotné velikosti, byla vybrána varianta ESP32-WROOM-32UE, která navíc umožňuje připojení externí antény pomocí IPEX konektoru. Mikrokontrolér je osazen dvoujádrovým mikroprocesorem Xtensa LX6 32-bit s frekvencí 240 MHz. Mikrokontrolér se následně programuje pomocí FT232RL převodníku mezi USB a UART sběrnici. Výhodou je 12 bit hloubka A/D převodníku, výkon a pořizovací cena. Z důvodu rozsahu napájecího napětí EPS32, které činí 2,3 - 3,6 V, byl použit lineární 3,3 V stabilizátor AZ1117, který výstupní 12 V napětí ze Step-downu sníží na 3,3 V. S řídicí jednotkou souvisí, i jakým způsobem bude regulován výkon LED pásků. K tomuto účelu byl vybrán unipolární N-kanálový MOSFET tranzistor.

### 4.1.7 Ovládací prvky

Jedním z požadavků je i ovládání fotosvětla přímo na těle zařízení. To je realizováno pomocí čtyř spínačů a dvou potenciometrů. Tlačítka slouží pro pohyb v jednoduchém menu, které se zobrazuje na displeji. Potenciometry slouží pro regulaci jasu nebo barvy. Hlavní vypínač je umístěn vedle spínačů a slouží k zapínání a vypínání fotosvětla.

### 4.1.8 Displej

K zobrazení menu a nastavovaných hodnot byl vybrán 1,3" OLED displej s rozlišením 128 x 64 pixelů a řadičem SH1106. Velikost zobrazovací plochy je 29,42 x 14,7 mm s bílým typem svícení. Napájení displeje lze použít rozsah napětí 2,8 - 5,5 V. Displej komunikuje s ESP32 přes  $I^2C$  sběrnici.

## 4.2 Návrh DPS

Při návrhu DPS byla hlavním kritériem velikost. Jelikož DPS bude vloženo přímo dovnitř trubice, je tedy stěžejní jeho velikost. Vnitřní průměr hliníkové trubice, ve které budou všechny elektronické části zařízení, je 54 mm. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto o maximální šířce DPS, která činí 51 mm. Z důvodu výroby DPS prostřednictvím firmy JLCPCB [21], kde při větších velikostech DPS než 100 x 100 mm dochází ke značnému nárůstu ceny na výrobu, je tedy DPS rozdělena na dvě menší části. Při návrhu byla navrženo jednostranně osazená deska. První deska obsahuje část tvořenou Step-up společně s USB-C konektorem, Step-down měničem a BMS modulem. Druhou část tvoří řídicí mikrokontrolér ESP32, výkonové MOSFET tranzistory a ovládací prvky. S menšími rozměry desky se pojí i použití součástek v SMD provedení a využití dvouvrstvého zapojení. Při tvorbě schémat a DPS byl využit program Autodesk Eagle ve verzi 9.5.1. Schémata, osazovací plány i předlohy pro výrobu DPS jsou uvedeny v příloze práce [A] a [B].

### 4.2.1 Napájecí a nabíjecí obvod

Jak už bylo řečeno, napájecí a nabíjecí obvod se skládá ze tří částí. Step-up měnič realizován pomocí IO XL6009, Step-down pak obvodem XL4015 a BMS modulem S-8254AAMFT. Na obrázcích [4.1] a [4.2] jsou znázorněny 3D modely DPS vygenerovaných v software Fusion 360, který je implementován přímo v programu Autodesk Eagle.

Napájecí obvod pro nabíjení baterií je v levé horní části. Na boční straně DPS je USB-C konektor, kvůli pozici desky, která bude na čelní straně hliníkové trubice. K pinům CC1 a CC2 u USB-C konektoru jsou připojeny 5,1 k $\Omega$  pulldown rezistory z důvodu nastavení desky jako zařízení (neslouží tedy jako zdroj napětí). V rámci DPS byly převážně použity pro rezistory a kondenzátory, kromě elektrolytických, DC/DC měničů pouzdro 1206.

Pájecí jumperů SJ1, SJ2 a SJ3 slouží jako oddělovací prvky pro následné ulehčení ožívování obvodů.



Ve spodní části byl umístěn BMS modul S-8254AAMFT. Zde musely být použity rezistory i kondenzátory s pouzdrem 805 kvůli nedostatku místa. Výstupní piny (JP5-JP2) pro připojení jednotlivých článků jsou umístěny na spodní straně desky.

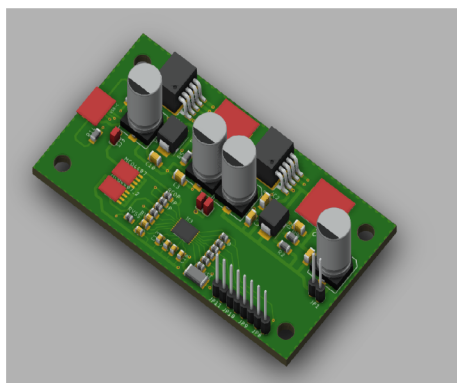
Poslední částí této DPS je Step-down obvod. Vybrané součástky i umístění jsou podobné jako u nabíjecího obvodu. Výstupem obvodu je 12 V napětí (JP1), které slouží jako zdroj pro LED pásy a řídicí mikrokontrolér ESP32.

Hodnoty použitých součástek jsou z velké části převzaty z datasheetu pro jednotlivé IO [17, 18, 19]. Zvolené hodnoty rezistorů pro nastavení výstupních napětí DC/DC měničů jsou uvedeny ve vzorcích [4.5] a [4.6].

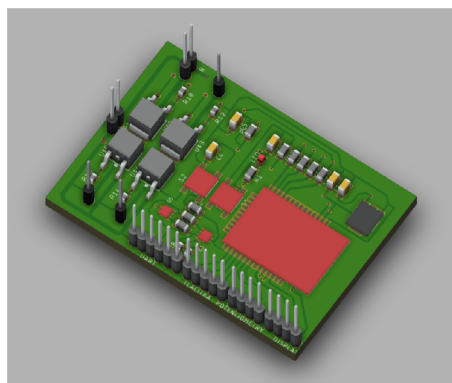
## 4.2.2 Řídicí a regulační část

Druhou částí DPS tvoří řídicí a regulační obvod. Na čelní straně desky je pin JP1, který slouží jako propojení obou desek. Následují N kanálové MOSFET tranzistory. Pro regulaci výkonu LED pásků byly vybrány 4 SMD tranzistory IRLR014 s pouzdrem TO-252-3.

Zbytek DPS pak už tvoří řídicí mikrokontrolér ESP32 a výstupní piny pro připojení ovládacích prvků. Jako zdroj napětí pro ESP32 je zvolen 3,3 V lineární regulátor AZ1117H-3.3. Tranzistory Q5 a Q6 slouží k nahrávání software do ESP32. Spínač S1 umožňuje resetování programu v mikrokontroléru. Spínač S2 slouží k přivedení ESP32 do nahrávacího (BOOT) režimu. Ve spodní straně DPS jsou piny pro připojení ovládacích prvků, jako jsou 4 tlačítka, 2 potenciometry a OLED displej.



Obr. 4.1: 3D model napájecího a nabíjecího obvodu



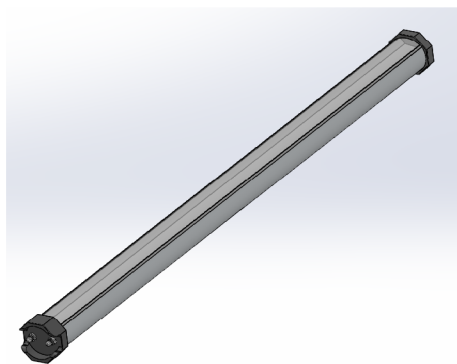
Obr. 4.2: 3D model řídicí a obslužné desky

## 5 Konstrukce

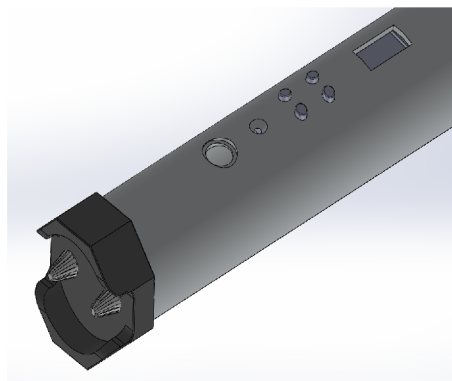
Tato kapitola popisuje zvolený typ konstrukčního řešení, průběh výroby a konečným zhotovením.

### 5.1 Trubice

Při volbě konstrukce bylo inspirací provedením od značky NanLite. Jako první byl proveden návrh 3D modelu fotosvětla v programu SolidWorks, který je znázorněn na následujících obrázcích [5.1] a [5.2]. Z důvodu ergonomie, zvoleného typu svícení a designu bylo rozhodnuto pro válcovitý tvar světla. Hlavním tělo tvoří trubice, do které je vložen hliníkový profil ve tvaru "V", na kterém jsou přilepené LED pásky. K bočnímu zaslepení slouží postranní krytky, které plní dvojí funkci. První z funkcí je možnost připojení nabíjecího konektoru a regulace svitu LED pásků. Jedna z krytek slouží k umístění nabíjecí desky s USB-C konektorem. Protilehlá krytka slouží k regulaci svitu LED pásků díky umístění potenciometrů na čelní straně. Druhá funkce, kterou krytky plní, souvisí s jejich tvarem. Tento tvar byl navržen v podobě šestiúhelníku z důvodu, aby trubici bylo možno při položení na rovnou plochu libovolně natáčet. Zadní část je vyhrazena pro umístění ovládacího panelu, který obsahuje tlačítka a OLED displej.

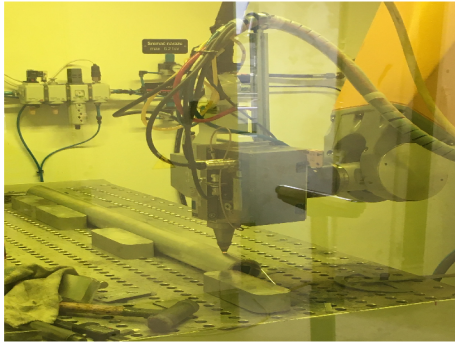


Obr. 5.1: Model světla



Obr. 5.2: Zadní detailnější pohled

Po zhotovení návrhu bylo přistoupeno k samotné realizaci. Stěžejním prvkem bylo zhotovení nosné trubice, která byla vyrobena z hliníkového materiálu. Z důvodu pevnosti a dobrého odvodu tepla byla vybrána právě hliníková slitina. Nejsložitější úpravou trubice bylo odřezání materiálu z důvodu zasazení profilu s LED pásky, kterou v domácích podmínkách nebylo možné provést, a proto byla vyhotovena ve firmě NHKZ Steel. Výseč byla odřezána pomocí laseru umístěném na šestiosém manipulátoru. V zadní části pak byly vyhotoveny otvory pro displej, čtyři tlačítka a vypínač.



Obr. 5.3: Řezání vrchní části trubice



Obr. 5.4: Pohled na ovládací panel

## 5.2 3D tisk

Dále bylo nutné vyrobit postranní krytky a vhodně připevnit vnitřní komponenty. Z důvodu oddělení elektrických částí od vodivého těla trubice a široké škále možností bylo přistoupeno k technologii 3D tisku. Veškeré modely byly vymodelovány v programu SolidWorks 2019. Mezi vytištěné komponenty patří postranní krytky, pouzdra na akumulátory, držák řídicí desky, deska pro umístění tlačítek a displeje, samotná tlačítka a otočné knoflíky. Všechny části, kromě otočných knoflíků, byly vytištěné z černého PET-G materiálu, který je odolnější vůči vyšším teplotám. Otočné knoflíky byly z důvodu barevného odlišení od černé krytky vytištěny z šedého PLA filamentu. Držáky akumulátorů byly navrženy jako vaničky, do kterých se akumulátory usadí. V podobném stylu byl vymodelován i držák řídicí desky. Postranní krytky byly vytištěné se 70 % výplní, která zajistí dostatečnou pevnost a odolnost. Do okrajů byla vymodelována i drážka, sloužící pro umístění gumy, aby fotosvětlo neklouzalo po hladkém povrchu. Napájecí krytka, kvůli umístění USB-C konektoru přímo na desce, musela být přizpůsobena k umístění této desky. K uložení slouží dvě ližiny, na které se deska přišroubuje.



Obr. 5.5: Vytisknuté postranní krytky

## 5.3 Konečné zhotovení

Po realizaci nosné trubice a vytištění všech součástí bylo přistoupeno ke konečnému zhotovení. Nejdříve byly přišroubovány všechny držáky a k nosné trubici a k nim přichyceny komponenty. K měničům XL6009 a XL4015 byly následně připevněny menší hliníkové pasivní chladiče.

Poté následovalo připevnění LED pásků na hliníkový profil, který zajistí lepší odvod tepla. Profil byl vybrán ze tří základních důvodů. Prvním důvodem je jeho velikost. Je dostatečně široký, aby se zde daly přilepit všechny tři pásy. Druhým důvodem je možnost do jeho zadní drážky vložit uchycení, které bylo využito k sešroubování s trubicí. Poslední výhodou je možnost do profilu nasunout difuzor. Použití difuzoru přináší své výhody. Hlavní výhodou je, že můžeme dosáhnout souvislé světelné linie bez viditelných bodů z LED pásků, které by mohly být u fotografování nežádoucí, tento efekt je ovšem vykoupen sníženou propustností světla. Pro řešení bakalářské práce byl vybrán půl kulovitý mléčný difuzor, který svým tvarem koresponduje s mým zvoleným řešením.

Posledním krokem bylo připevnění krytek. Ty byly nasunuty z boční strany na trubicí a zajištěny dvěma postranními šrouby. Celková hmotnost fotosvětla činí 2,74 kg. Výsledné zkonstruované světlo můžeme vidět na následujícím obrázku [5.6] nebo v příloze práce.



Obr. 5.6: 3D model napájecího a nabíjecího obvodu

## 6 Programové řešení

Tato kapitola se zabývá samotným návrhem programu, jakožto i jeho provedením.

### 6.1 Vývojový software

Pro ESP32 bylo vybráno vývojové prostředí Visual Studio Code. Jedná se o open source editor zdrojového kódu vyvíjený společností Microsoft, dostupný pro operační systémy Windows, Linux a macOS. Prostředí je vhodné pro programování různými jazyky jako jsou C, C++, HTML, Javascript, Python atd. Hlavní výhodou tohoto programu je možnost přidávání různých rozšíření a modifikací [22].

Jednou z takových modifikací je vývojové prostředí PlatformIO, které je i použito k tvorbě mého navrhovaného programu. Jedná se o vývojové prostředí (IDE) kombinující nástroj pro zápis zdrojového kódu, nástroje pro překlad, nástroj pro nahrávání výsledného programu a správce knihoven. Rozšíření podporuje více jak 40 platform například Atmel AVR, Espressif 32, Microchip PIC32 atd. nebo 1000 desek a vývojových sad. Vkládání knihoven je možné buď ručním vložením do připravených složek, nebo také pomocí online instalace z více jak 11 000 dostupných knihoven. Pro zařízení byl vytvořen program s frameworkem Arduino a zvolenou deskou Espressif ESP32 Dev Module.[23]

### 6.2 Rozdělení programu

Samotný program je rozdělen do dvou základních částí. První část programu zahrnuje ovládání fotosvětla pomocí ovládacího panelu umístěném na zadní straně trubice, tedy obsluhu pomocí spínačů, potenciometrů a OLED displeje. Druhou částí je bezdrátové ovládání pomocí mobilního telefonu prostřednictvím Wifi. Při každém zapnutí fotosvětla hlavním vypínačem se jako první spustí možnost ovládání pomocí panelu. Jelikož zařízení obsahuje pouze čtyři tlačítka pro pohyb v menu, dva potenciometry a hlavní vypínač, bylo nutné jedno z ovládacích prvků udělat multifunkční. Tím se stal ovládací spínač Back, který slouží tedy pro návrat v menu a také pro spuštění bezdrátového ovládání.

Nahrávání programu do ESP32 je prováděno pomocí převodníku FT232RL z USB na UART. Při nahrávání je potřeba stisknout spínač S2, aby se ESP32 přepnulo do módu, umožňující nahrávání programu.

Pro program jsou použité následující knihovny:

- Adafruit\_GFX.h
- Adafruit\_SH1106.h
- Adafruit\_I2CDevice.h

- driver/adc.h
- Wire.h
- WiFi.h
- pasek.h
- displej.h

Knihovny od společnosti Adafruit umožňují fungování OLED displeje, WiFi.h umožňuje používání WiFi klienta. Knihovny adc.h a Wire.h slouží k nadefinování vstupů nebo výstupů potenciometrů, LED pásku a tlačítek. Posledními vlastně vytvořenými knihovnami jsou pasek.h a displej.h. Knihovna pasek.h obsahuje především funkce používané pro řízení LED pásků, jako je například `RGBW()` nebo `HSBtoRGB()` zmiňované později. Knihovna displej.h obsahuje funkce umožňující jednoduší práci s displejem, například funkci `vypis_displej()`.

## 6.3 Ovládání pomocí panelu

První část programu byla navržena jako stavový automat, z důvodu snadného přecházení mezi stavy ve vytvořeném menu. Mezi hlavní dílčí částí programu patří čtení analogové hodnoty z potenciometrů, detekce stisknutí tlačítek, regulace svitu led pásků, ovládání displeje a samotné řízení LED pásků. Vzhledem k přehlednosti programu jsou dílčí části rozděleny do funkcí, které jsou následně volány.

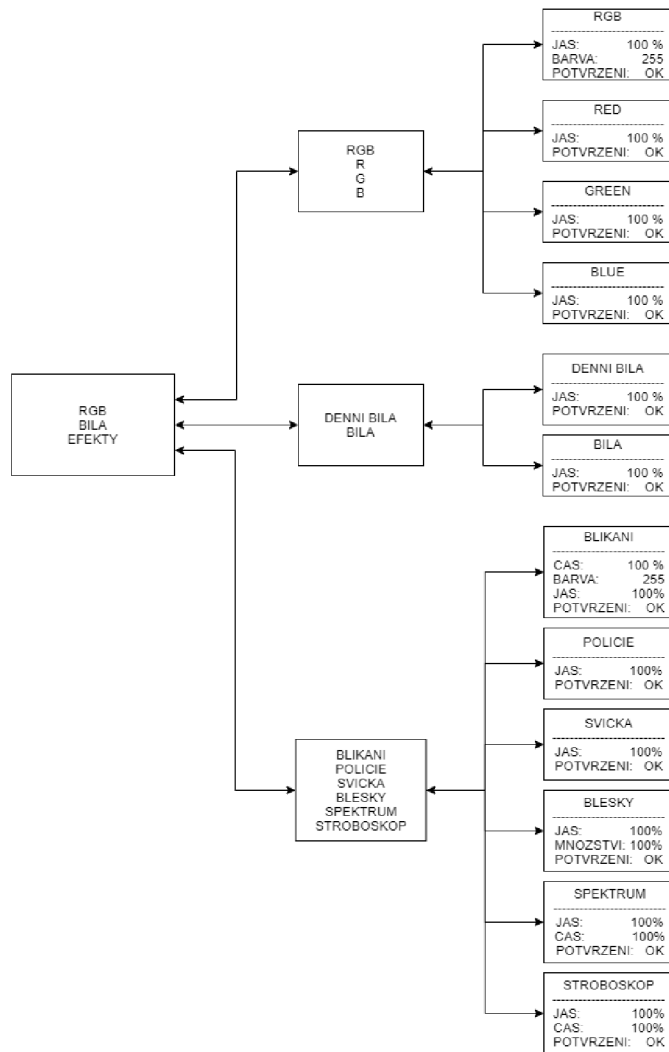
Menu je rozděleno do tří základních nabídek. První je RGB, zde je možnost nastavení jasu jak jednotlivých barev (R,G,B) tak i 256 barev z RGB spektra. Další nabídka je vyhrazena pro dva typy bílých barev. První je denní bílá barva svítící pouze z bílé W složky pásku. Druhá studenější bílá barva je kombinací svitu RGB složek na všech třech pásčích. Poslední a největší nabídkou jsou efekty. V nabídce se nachází celkem 6 efektů, simulující svit různých situací nebo předmětů.

Význam jednotlivých efektů:

- Blikání - blikání světla s možností výběru barvy z RGB spektra
- Policie - střídavé blikání červené a modré barvy simulující policejní maják
- Svíčka - pulzující oranžové světlo připomínající hořící plamen svíčky
- Blesky - náhodné rozsvěcování bílého světla napodobující průběh bouřky
- Spektrum - automatické prolínání barev z RGB spektra
- Stroboskop - periodické blikání bílé barvy

Pro lepší představu je rozdělení menu znázorněno na následujícím obrázku[6.1].





Obr. 6.1: Struktura menu

### 6.3.1 Čtení analogové hodnoty

Při psaní programu bylo nejdříve přistoupeno ke čtení analogové hodnoty z potenciometrů. Hodnoty ovšem velmi kolísaly, a to i v případě, že se potenciometry vůbec nehýbalo. Kolísání hodnot může být zapříčiněno parazitními vlastnostmi potenciometrů, přívodními vodiči nebo navrženou DPS. Kolísání mělo negativní vliv na řízení LED pásků, a to hlavně při nízkých hodnotách, kde šlo vidět výrazné blikání nebo úplné vypínání. Z tohoto důvodu bylo přistoupeno k průměrování hodnot. To bylo provedeno pomocí načítání 6 hodnot do pole, ze kterých se následně počítá aritmetický průměr. Následně bylo přistoupeno ke standartizaci [6.1], kterou bylo docíleno i nastavení maximální a minimální hodnoty (0-255) pro řízení LED pásků.

$$y = (MAX - MIN) \cdot \frac{(x - k1)}{(k2 - k1)} + MIN \quad (6.1)$$

- $y$  - výstupní hodnota
- $MAX$  - maximální hodnota po standartizaci
- $MIN$  - minimální hodnota po standartizaci
- $x$  - hodnota z A/D převodníku
- $k1$  - minimální hodnota A/D převodníku
- $k2$  - maximální hodnota A/D převodníku

Použití standartizace pomohlo k omezení rozsahu hodnot, bohužel i nadále docházelo k menšímu kolísání. Pro 100 % funkčnost bylo přidáno potvrzení nastavené hodnoty a vyřazení potenciometrů, které se provádí pomocí tlačítka Enter v každé z nabízených funkcí. Funkce `void poten()` obsahující čtením hodnot s následnými přepočty je ukázána na obrázku [6.2].

```

void poten()
{
    int sensorValue = adc1_get_raw(ADC1_CHANNEL_5);
    int sensorValue2 = adc1_get_raw(ADC1_CHANNEL_7);

    if(i<6){
        if((millis()-prom)>10){
            pole[i]=sensorValue;
            pole2[i]=sensorValue2;
            i++;
            prom=millis();
        }
    }
    else{
        k = (pole[0] + pole[1] + pole[2] + pole[3] + pole[4] + pole[5])/6;
        j = (pole2[0] + pole2[1] + pole2[2] + pole2[3] + pole2[4] + pole2[5])/6;
        for (int l = 0; l < 6; l++)
        {pole[l] = 0;
        pole2[l] = 0;}
        i=0;
    }

    value = (255*(k/4095));
    value2 = (255*(j/4095));
    jas = (100*value)/255;
    jas2 = (100*value2)/255;
}

```

Obr. 6.2: Funkce `poten()`

### 6.3.2 Obsluha menu

Obsluhování menu vykonává funkce `void butt()` za pomoci čtyř tlačítek. Dvě tlačítka umožňují se v nabídce pohybovat nahoru (Up) a dolů (Down). Zbývající slouží k potvrzení (Enter) zvolené funkce svícení nebo návratu zpět (Back). Nejdříve jsou tlačítka nastavena v programu jako vstupy s použitými interními PULL-UP rezistory v ESP32. Detekce stisknutí tlačítek se provádí pomocí funkce `digitalRead()`. Pohyb kurzoru v nabídce je realizován pomocí proměnné `buttonPushCounter`, která se buď zvětšuje nebo snižuje v závislosti, na stisku tlačítek Up a Down. Jelikož každá z nabídek obsahuje rozdílný počet funkcí, je nutné omezit pohyb kurzoru. K tomuto



účelu slouží proměnné `horni` a `dolni`, které se nastavují v každé z nabízených nabídek. Výslednou funkci `void butt()` můžeme vidět na následujícím obrázku [6.3].

```

void butt(){
    buttonState = digitalRead(up);
    buttonState2 = digitalRead(down);
    enterState = digitalRead(enter);
    backState = digitalRead(back);

    if (buttonState != lastButtonState) {
        if (buttonState == LOW) {
            buttonPushCounter++;
        } else {
        }
    }
    if (buttonState2 != lastButtonState2) {
        if (buttonState2 == LOW) {
            buttonPushCounter--;
        } else {
        }
    }
    lastButtonState = buttonState;
    lastButtonState2 = buttonState2;

    if (buttonPushCounter > horni)
        buttonPushCounter = dolni;
    else if (buttonPushCounter < dolni)
        buttonPushCounter = horni; {
    }
    if(enterState != lastButton){
        if(digitalRead(enter) == 0){
            pushbutton_prom = buttonPushCounter;
        }
    }
    if(backState != lastButton2){
        if(digitalRead(back) == 0){
            buttonPushCounter = pushbutton_prom;
        }
    }
    lastButton = enterState;
    lastButton2 = backState;
}

```

Obr. 6.3: Funkce `butt()`

### 6.3.3 Vypisování na display

Dalším krokem bylo vypisování nabídek a popisků čtených hodnot na display. Vypisování se provádí ve funkci `void displ()`. Funkce je realizována jako stavový automat pomocí příkazu `switch/case`. Nachází se zde celkem 16 stavů s texty pro jednotlivé efekty a nabídky. Ve zmíněné funkci se nastavuje následně i omezení kurzoru pro každou nabídku a je zde i zabezpečeno vypnutí svitu LED pásků, při odchodu zvolené funkce. Z důvodu přehlednosti, délce kódu a opakování stejných výpisů byla vytvořena funkce `void vypis_displej()`. Ukázka výpisu na displej pro efekt Svíčka je zobrazena na následujícím obrázku [6.4] a na obrázku [6.5] funkce `vypis_displej()`

```

case 52://SVÍČKA

    horni = 3;
    dolni = 3;
    vypis displej(display,"SVICKA","JAS:","POTVRZENI:",45);
    potvr();

    if(digitalRead(back) == 0){
        menu = 12;
        RGBW(0,0,0,0);
    }

break;

```

Obr. 6.4: Výpis k efektu Svíčka

```

void vypis displej(Adafruit_SH1106 display,String anadpis,
String aprvni, String adruhy, int acislo){

    display.setTextColor(WHITE);
    display.setCursor(acislo, 0);
    display.println(anadpis);
    display.setCursor(5, 10);
    display.println("-----");
    display.setCursor(10, 20);
    display.println(aprvni);
    display.setCursor(10, 30);
    display.println(adruhy);
    display.setCursor(100, 20);
    display.println("%");
}

```

Obr. 6.5: Funkce vypis\_displej()

### 6.3.4 Funkce

Mezi poslední částí kódu patřilo programování samotných LED pásků pro jednotlivé druhy svícení. Veškerý kód provádějící nastavení svitu LED pásků, zobrazení čtených hodnot z potenciometrů a uložení těchto hodnoty a se nachází ve funkci `void sett()`. Funkce je realizována stejně jako funkce `void displ()`, tudíž jako stavový automat obsahující 12 stavů.

Mezi prvními typy svícení, patří samotný svit RGB složek a dvou typů bílých barev. K regulaci svitu byla vytvořena funkce `RGBW()`. Nejčastěji je ovšem vkládání výsledků standartizace potenciometrů. Samotná funkce obsahuje 4 funkce `ledcWrite()`, která pomocí PWM modulace s frekvencí 4 kHz řídí svit RGBW složek s 8 bitovým rozlišením, tedy hodnotou 0 - 255. Na obrázku [6.6] lze vidět příklad použití funkce `RGBW`.

Ukázku kódu k efektu svíčka dokládá obrázek [6.6]. Nachází se zde potvrzení nastavené hodnoty jasu pomocí tlačítka Enter, která zobrazí nastavenou hodnotu a odpojí potenciometry. Základem efektu je funkce `random()`, která pro daný rozsah hodnot generuje náhodné hodnoty čísel. Tyto hodnoty jsou pak vstupem do funkce `RGBW()`, která rozsvěcuje R,G a W složku. Výsledkem je pulzující světlo, připomínající svit svíčky.

```

case 52://SVÍČKA
display.setCursor(80, 30);

if (pooo == 0 && buttonPushCounter ==3) {
  display.println("OFF");
}
else {
  display.println("ON");
}

if(pooo == 0 && menu ==52){
  display.setCursor(80, 20);
  display.println(jas);
  ulo = jas;
  ulo2 = value;
}
else{
  display.setCursor(80, 20);
  display.println(ulo);
}
svicka_value = random(ulo2/1.25,ulo2);
RGBW(svicka_value,svicka_value/3.5,0,svicka_value);
break;

```

Obr. 6.6: Kód k efektu Svíčka

Funkce `random()` je následně použita v efektu Blesky, kde ovšem dochází k úplnému vypnutí nebo zapnutí RGB složek. Výsledkem je náhodné rozsvěcování bílého světla, které má simulovat průběh blesků při bouři.

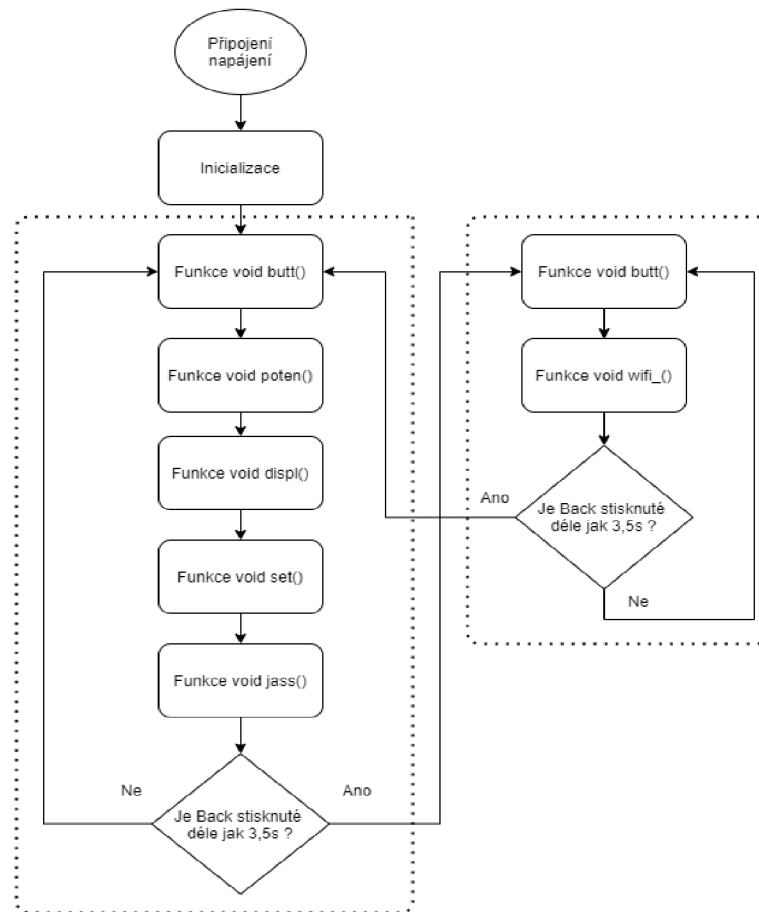
Dalším efektem je spektrum. Jak již bylo řečeno, jedná se o automatické prolínání barev z RGB spektra. Základem efektu je funkce `HSBtoRGB()`, která převádí barevný model HSB na RGB. Funkce umožňuje měnit barevné spektrum společně s hodnotou jasu pro jednotlivé barvy.

Mezi nejsložitější efekt patří Blikání. Jedná se o efekt, kde je možnost nastavení barev z RGB spektra, dále rychlosti blikání a jas LED pásků. Je to jediná funkce, která z důvodů nastavování více parametrů obsahuje kromě uložení hodnot i navýšování jasu pomocí tlačítka. V efektu je možnost vybrat ukazatelem parametr jas, a pomocí tlačítka Enter navýšit jas na hodnoty 20 %, 40 %, 60 %, 80 % a 100 %. Přepínání mezi vypnutím a zapnutím LED pásků je zajištěno pomocí funkce `millis()`. Funkce od spuštění programu neustále narůstá a pokud je překročen určitý čas, dochází k změně stavů, ve kterých se buď LED pásky zapínají nebo vypínají. Výhoda této funkce oproti `delay()` je ta, že program není pozastaven, ale stále běží dále. Funkce `millis()` byla využita ještě u efektu Policie, Stroboskop a k přepínání mezi druhy ovládání.

## 6.4 Bezdrátové ovládání

Druhou možností, jak ovládat fotosvětlo, je pomocí bezdrátové WiFi sítě. ESP32 podporuje sadu standardů IEEE 802.11 b/g/n. Spínač Back, který při době stisknutí

delší jak 3,5 s, uvede program do bezdrátového ovládání. Při opětovném podržení se vrátí zpět ovládání pomocí panelu. Přechod mezi druhem ovládání je znázorněn na následujícím diagramu [6.7].



Obr. 6.7: Diagram výběru ovládání

Pro detekci delšího podržení tlačítka je opět využita funkce `millis()`. Při stisknutí dochází k rozdílu hodnot, a pokud je rozsah větší než nastavená hodnota, dojde k přechodu mezi ovládaním.

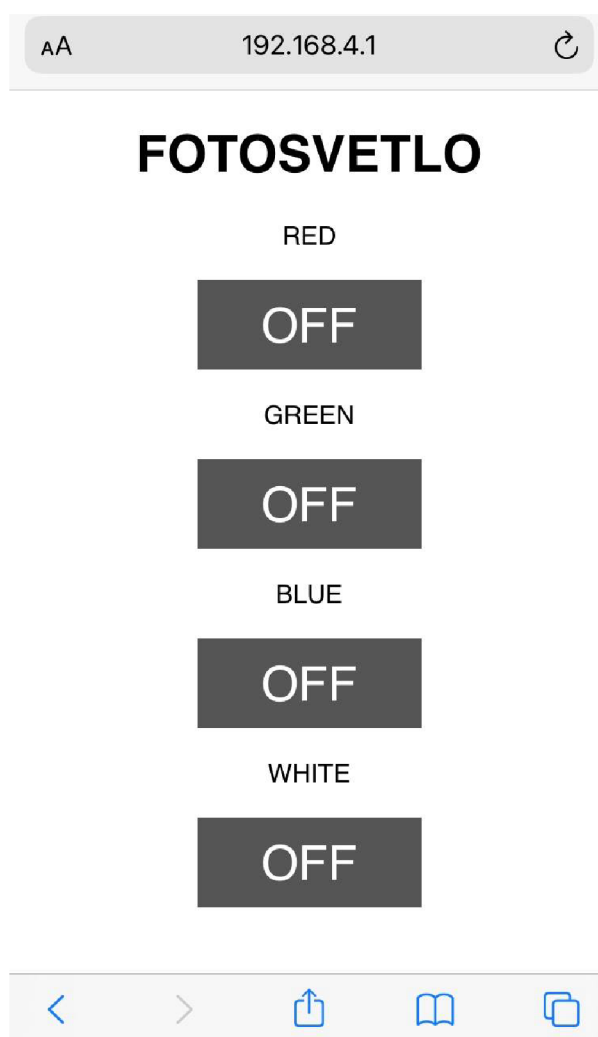
Hlavní funkcí je `void wifi_()`, která obsahuje veškerý kód potřebný k obsluze pomocí bezdrátového ovládání. Při zavolání této funkce, se nejprve spustí WiFi komunikaci s nastaveným názvem a heslem v módu AP (Access Point) se zabezpečením WPA2. Poté program vyčkává, dokud se klient nepřipojí k webserveru. Pokud se klient připojí, zobrazí se webová stránka napsaná v jazyce HTML, kde je možné ovládat jednotlivé složky RGBW pásků. Pokud se stiskne jedno z tlačítek, je poslána webserveru konkrétní zpráva, kterou ESP32 zpracuje a vykoná daný požadavek. Po vykonání požadavku dochází k odpojení klienta od webserveru. Pokud uživatel už nechce využívat bezdrátové ovládání, lze opětovným stisknutím tlačítka po dobu 3,5

s přejít zpět do klasického ovládání pomocí zadního panelu. Při tomto přechodu se WiFi komunikace vypne z důvodu šetření výdrže akumulátoru.

Způsob bezdrátového připojení lze popsat následujícím způsobem:

- 1. Připojení k vytvořené Wi-Fi síti "Fotosvetlo"
- 2. Zadání přístupového hesla
- 3. Spuštění jakéhokoliv webového prohlížeče
- 4. Zadání IP adresy "192.168.4.1" do adresního řádku

V zobrazené webové stránce je možnost vypínat nebo zapínat jednotlivé složky RGBW fotosvětla. Při zmáčknutí tlačítek dochází, jak k zapnutí příslušné barvy, tak ke změně nápisu "OFF" na "ON" a barvy tlačítka. Ukázka zobrazeného prostředí je uvedena na obrázku [6.7].



Obr. 6.8: Ukázka webové stránky

## 7 Testování zařízení

V následující kapitole jsou uvedeny naměřené hodnoty v rámci testování fotosvětla. Mezi hlavní měřené parametry patří doba nabíjení akumulátoru a doba svitu.

### 7.1 Doba nabíjení

Důležitým parametrem zařízení fungujících na akumulátorový provoz je doba nabíjení. Zařízení bylo nabíjeno pomocí 5 V napájecího adaptéru k mobilnímu telefonu s udávaným výstupním proudem 1 A. Doba nabíjení od úplného vybití akumulátoru do úplného nabití se pohybuje okolo 4,5 h.

### 7.2 Výdrž akumulátoru

Mezi hlavní parametry navrhovaného fotosvětla patří nepochybně i výdrž akumulátoru. Výdrž baterie byla vždy měřena z plně nabití baterie až do úplného odpojení BMS modulem pro 3 typy svícení. První je zjištění doby výdrže pro jednu ze 4 barev (R,G,B,W). Jelikož proud modré barvy je největší, byla vybrána právě tahle barva. Jako další typ svícení byla vybrána bílá barva z důvodu největšího možného výkonu fotosvětla. Poslední variantou bylo zjištění doby výdrže akumulátoru, a to při efektu spektrum, z důvodu většího kolísání odebíraného proudu. Doba výdrže akumulátoru byla měřena při dvojí hodnotě jasu, a to 100 % a 80 %. Měřenými parametry jsou tedy celkový čas výdrže, celkový odebíraný proud LED pásky, teplota na povrchu profilu s LED pásky ( $T_{dif}$ ) a teplota chladiče na step-down měniči ( $T_{step}$ ). Naměřené hodnoty pro 80 % jas můžeme vidět v tabulce [7.1] a 100 % jas pak v tabulce [7.2].

Tab. 7.1: Naměřené parametry svícení (80%)

| Typ svícení | t [min] | $T_{dif}$ [°C] | $T_{step}$ [°C] | I [A]     |
|-------------|---------|----------------|-----------------|-----------|
| Modrá barva | 200     | 32             | 32              | 0,92      |
| Bílá barva  | 81      | 39             | 39              | 1,8       |
| Spektrum    | 290     | 31             | 32              | 0,44-0,95 |

Tab. 7.2: Naměřené parametry svícení (100%)

| Typ svícení | t [min] | $T_{dif}$ [°C] | $T_{step}$ [°C] | I [A]     |
|-------------|---------|----------------|-----------------|-----------|
| Modrá barva | 177     | 31             | 42              | 1,12      |
| Bílá barva  | 52      | 43             | 52              | 2,9       |
| Spektrum    | 117     | 36             | 46              | 0,97-1,92 |

### 7.3 Zhodnocení dosažených výsledků

Z naměřených hodnot lze upozorovat, že i při maximálním svitu dokáže fotosvětlo pracovat necelou hodinu. Při maximálním svitu modré barvy nebo efektu spektra se hodnoty pohybují okolo 2 až 3 h. Maximální svit je dostačující a v praxi bude pravděpodobně častěji využívána nižší hodnota jasu. S nižší hodnotou jasu je odhadována doba provozu fotosvětla na 3 - 5 hodin.

Nejvyšší naměřená teplota profilu s LED pásky byla při 100 % svitu bílé barvy. Hodnota 43 °C je s ohledem na výkon přijatelná. Teplota 52 °C při tomto nastavení je vyšší, ale opět přijatelná.

Jak již bylo výše řečeno, maximální výkon fotosvětla byl stanoven na 53,8 W. Tato hodnota byla ovšem stanovena pro svit všech LED pásků. S ohledem na dostatečný výkon je bílá barva zprostředkována pouze svitem RGB složek. V tomto případě je výkon 35,7 W.

$$W = U \cdot I = 12,3 \cdot 2,9 = 35,7W \quad (7.1)$$

- $U$  - výstupní napětí Step-down měniče
- $I$  - celkový proud

V případě, že by v praxi nebyl výkon dostatečný, je možné spojit s bílou barvou ještě W složku LED pásku nebo zvýšit napětí Step-down měniče.

Podstatným aspektem při výrobě zařízení jsou jeho cenové náklady. V následující tabulce 7.3 jsou uvedeny jednotlivé komponenty fotosvětla a jejich pořizovací cena.

Tab. 7.3: Cenový přehled komponent fotosvětla

| Komponent                  | Cena [Kč] |
|----------------------------|-----------|
| SMD součástky              | 1130      |
| Výroba DPS                 | 400       |
| LED pásky                  | 1050      |
| Hliníková trubice a profil | 480       |
| Difuzor                    | 205       |
| 3D tisk                    | 126       |
| Akumulátory                | 230       |
| OLED displej               | 72        |
| Celkem                     | 3693      |

Konečným zhodnocením zhotoveného a otestovaného fotosvětla je porovnání s konkurenčními produkty. V tabulce 7.4 je uvedeno porovnání parametrů všech zařízení. Celkovým výkonem fotosvětlo převyšuje veškerá zařízení, tento výkon, jak již bylo řečeno, lze navýšit. Výdrž baterie při maximálním výkonu má navržené světlo 50 min. S omezením výkonu na 80 %, který je stále velice dostatečný, dosahuje zařízení provozu až 3 h. Mezi výhody patří také zvolený způsob konstrukce, tedy robustní hliníkové tělo oproti konkurenčním plastovým světelným tělům. Hlavní nespornou výhodou navrženého fotosvětla jsou jeho nejnižší pořizovací náklady. Světlo NanLite 30C sice disponuje delší výdrží baterie, ale také je 4x dražší než navržené fotosvětlo.

Tab. 7.4: Srovnání světel

| Parametry     | NanLite 30C   | Yongnuo YN360      | Fomei MINI       | Fotosvětlo      |
|---------------|---------------|--------------------|------------------|-----------------|
| Výkon         | 32 [W]        | 21,6 [W]           | 12 [W]           | 35,7[W]         |
| Světelný tok  | 2850 [lm]     | 2790 [lm]          | 1500 [lm]        | 2550[lm]        |
| Chromatičnost | 2700-6500 [K] | 3200K - 5500K      | 2500K - 9000 [K] | 4500 [K]        |
| Výdrž baterie | 2 [h]         | 50-90 [min]        | 90 [min]         | 50 [min]        |
| Rozměry       | 1200x48 [mm]  | 583 x 48 x 24 [mm] | 156x80x15 [mm]   | 1030x70x70 [mm] |
| Hmotnost      | 1180 [g]      | 805 [g]            | 300 [g]          | 2740[g]         |
| Cena          | 14 490 Kč     | 4 790 Kč           | 3 990 Kč         | 3693 Kč         |



# Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout RGB světlo používané ve fotografických ateliérech. V úvodu práce byl proveden průzkum dostupných RGB světel na trhu, vypsání jednotlivých parametrů a zhodnocení, následně byly definovány požadavky na zařízení.

Dále je popsán zvolený způsob řešení navrhovaného fotosvětla společně s teoretickým rozbohem dané problematiky.

Po seznámením s teoretickým rozbohem bylo přistoupeno k samotnému návrhu jednotlivých částí. Základní části, které jsou ve fotosvětle použity, jsou Step-up (XL6009) a Step-down (XL4015) DC/DC měniče, zvolené Li-Ion akumulátory, které jsou nabíjeny prostřednictvím BMS s integrovaným obvodem S-8254A. Za hlavní řídicí jednotku byl vybrán mikrokontrolér ESP32-WROOM z důvodu implementace WiFi komunikace a dostatečným počtem vstupů a výstupů. Jako zdroj svícení byly vybrány dva RGB a jeden RGBW pásek s celkovým výkonem 53,8 W. Mezi zvolené ovládací prvky patří spínače, OLED displej a potenciometry. Následně bylo přistoupeno k návrhu DPS, které byly z důvodu velikosti rozděleny na dvě části. Napájecí a nabíjecí obvod obsahuje oba DC/DC měniče a BMS modul. Hlavní částí řídicí DPS je ESP32, která vyhodnocuje připojená tlačítka společně s potenciometry a následně řídí svit LED pásků pomocí MOSFET tranzistorů. Obě DPS byly vyrobeny, osazeny SMD součástkami a následně oživeny.

Následující kapitola popisuje zvolené řešení konstrukce. Hlavní část tvoří hliníková trubice, díky které je zařízení robustní a poskytuje dostatečný prostor pro implementované komponenty v případě přidání dalších akumulátorů. Pro různé komponenty byla použita technologie 3D tisku, která velice usnadnila výrobu jednotlivých částí a připevnění DPS, akumulátorů a OLED displeje společně s tlačítky.

Zařízení má implementovaný software vytvořený v prostředí Visual Studio Code, který umožňuje dvojí ovládání. První část software, která umožňuje ovládání fotosvětla pomocí ovládacího panelu, je zcela dokončená a funkční. V budoucnu lze snadno přidat různé kombinace barev nebo efektů. Druhá část softwaru se bude v budoucnu upravovat, aby bylo možné kromě jednotlivých složek řídit i efekty a jejich parametry.

Závěr práce je věnován testování zařízení a zhodnocení dosažených výsledků. Zhodnocení a porovnání zařízení mezi konkurenčními světly dostupnými na trhu je popsáno v kapitole 7.3. Navržené fotosvětlo je funkční a pokyny pro vypracování bakalářské práce byly splněny.

# Literatura

- [1] NanLite Pavotube 30C. *megapixel.cz* [online], megapixel, 2020 [cit. 25. 12. 2020]. Dostupné z: <https://www.megapixel.cz/nanlite-pavotube-30c-1-pack>
- [2] Yongnuo YN360 III. *photo-store.net* [online], photo-store, 2020 [cit. 25. 12. 2011]. Dostupné z: <https://www.photo-store.net/photography/led-lights/yongnuo-yn360-iii-pro-led-light-wand-3200-5500k/>
- [3] Fomei LED MINI. *megapixel.cz* [online], megapixel, 2020 [cit. 25. 12. 2020]. Dostupné z: <https://www.megapixel.cz/fomei-led-mini-rgb-12>
- [4] HABEL, Jiří. Základy světelné techniky *odbornecasopisy.cz* [online], 2009/1 [cit. 26. 12. 2020]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/38554.pdf>
- [5] SOKANSKÝ, Karel. *Světelná technika* České vysoké učení technické v Praze, ISBN 978-80-01-04941-9 [online], 2011 [cit. 26. 12. 2020]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/dokument/CVUT-6-Svetelna.pdf>
- [6] Chromatičnost. *blog.exkalibr.cz* [online], blog.exkalibr, 2020 [cit. 25. 12. 2020]. Dostupné z: <https://blog.exkalibr.cz/index.php/2019/01/14/teplota-chromaticnosti-barevna-teplota-svetla/>
- [7] SLINTÁK, Vlastimil. *DC/DC měniče* [online], uart, 2013/2 [cit. 27. 12. 2020]. Dostupné z: <https://uart.cz/952/dc-dc-menice/>
- [8] Introduction to UART Communication *Uart communication working applications* [online], 2020 [cit. 31. 12. 2020]. Dostupné z: <https://microcontrollerslab.com/uart-communication-working-applications/>
- [9] Analog Devices, *UI2C Primer: What is I2C? (Part 1)* [online], 2020 [cit. 31. 12. 2020]. Dostupné z: <https://www.analog.com/en/technical-articles/i2c-primer-what-is-i2c-part-1.html#>
- [10] VALDEZ,Jonathan, BECKER Jared *Understanding the I2C Bus* [online], 2015 [cit. 31. 12. 2020]. Dostupné z: [https://www.ti.com/lit/an/slva704/slva704.pdf?ts=1609692541616&ref\\_url=https](https://www.ti.com/lit/an/slva704/slva704.pdf?ts=1609692541616&ref_url=https)
- [11] RAIS, Michael *WiFi lokalizace pro Android* [online], 2014 [cit. 17. 5. 2021]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/p35x8/Thesis.pdf>
- [12] KABELOVÁ TELEVIZE KADAŇ *WIFI* [online], 2016 [cit. 15. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.ktkadan.cz/stranka/wifi>

- [13] ALKILU *All About OLEDs* [online], 2016 [cit. 15. 5. 2021]. Dostupné z: <http://www.alkilu.com/oleds>
- [14] MACHO, Tomáš *BPC-MIC-Prednasky (09)* VUT v Brně [online] [cit. 3. 12. 2020]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/priloha\\_fs.php?dpid=191901&skupina=dokument\\_priloha](https://www.vutbr.cz/www_base/priloha_fs.php?dpid=191901&skupina=dokument_priloha)
- [15] Fastbit Embedded Brain Academy *I2C Protocol Explanation* [online], 2020 [cit. 31. 12. 2020]. Dostupné z: <http://fastbitlab.com/stm32-i2c-lecture-3-i2c-protocol-explanation/>
- [16] Microchip Technology. *Microchip Developer Help:Bluetooth Low Energy Channels* [online], 2020 [cit. 31. 12. 2020]. Dostupné z: <https://microchipdeveloper.com/wireless:ble-link-layer-channels>
- [17] Datasheet *XL6009* [online], 2020 [cit. 28. 12. 2020]. Dostupné z: <https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=XL6009>
- [18] Datasheet *XL4015* [online], 2020 [cit. 28. 12. 2020]. Dostupné z: <https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=XL4015>
- [19] Datasheet *ESP32-WROOM-32* [online], 2020 [cit. 18. 5. 2021]. Dostupné z: [https://cz.mouser.com/datasheet/2/891/esp32\\_wroom\\_32e\\_esp32\\_wroom\\_32ue\\_datasheet\\_en-1855879.pdf](https://cz.mouser.com/datasheet/2/891/esp32_wroom_32e_esp32_wroom_32ue_datasheet_en-1855879.pdf)
- [20] Datasheet *UA78M33* [online], 2020 [cit. 28. 12. 2020]. Dostupné z: [https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ua78m.pdf?HQS=dis-mous-null-mouser-mode-dsf-pf-null-wwe&ts=1609152107076&ref\\_url](https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ua78m.pdf?HQS=dis-mous-null-mouser-mode-dsf-pf-null-wwe&ts=1609152107076&ref_url)
- [21] JLCPCB:PCB Prototype & PCB Fabrication Manufacturer *JLCPCB* [online], 2020 [cit. 29. 12. 2020]. Dostupné z: <https://jlcpcb.com/>
- [22] Visual Studio Code [online], 2020 [cit. 24. 4. 2021]. Dostupné z: <https://code.visualstudio.com/>
- [23] PlatformIO [online], 2020 [cit. 24. 4. 2021]. Dostupné z: <https://platformio.org/>

# Seznam symbolů a zkratek

## Symboly:

|          |                               |
|----------|-------------------------------|
| $\Phi$   | světelný tok [lm]             |
| $T_c$    | teplota chromatičnosti [K]    |
| <b>E</b> | energie [Wh]                  |
| <b>U</b> | elektrické napětí [V]         |
| <b>I</b> | elektrický proud [I]          |
| $\Omega$ | elektrický odpor [ $\Omega$ ] |

## Zkratky:

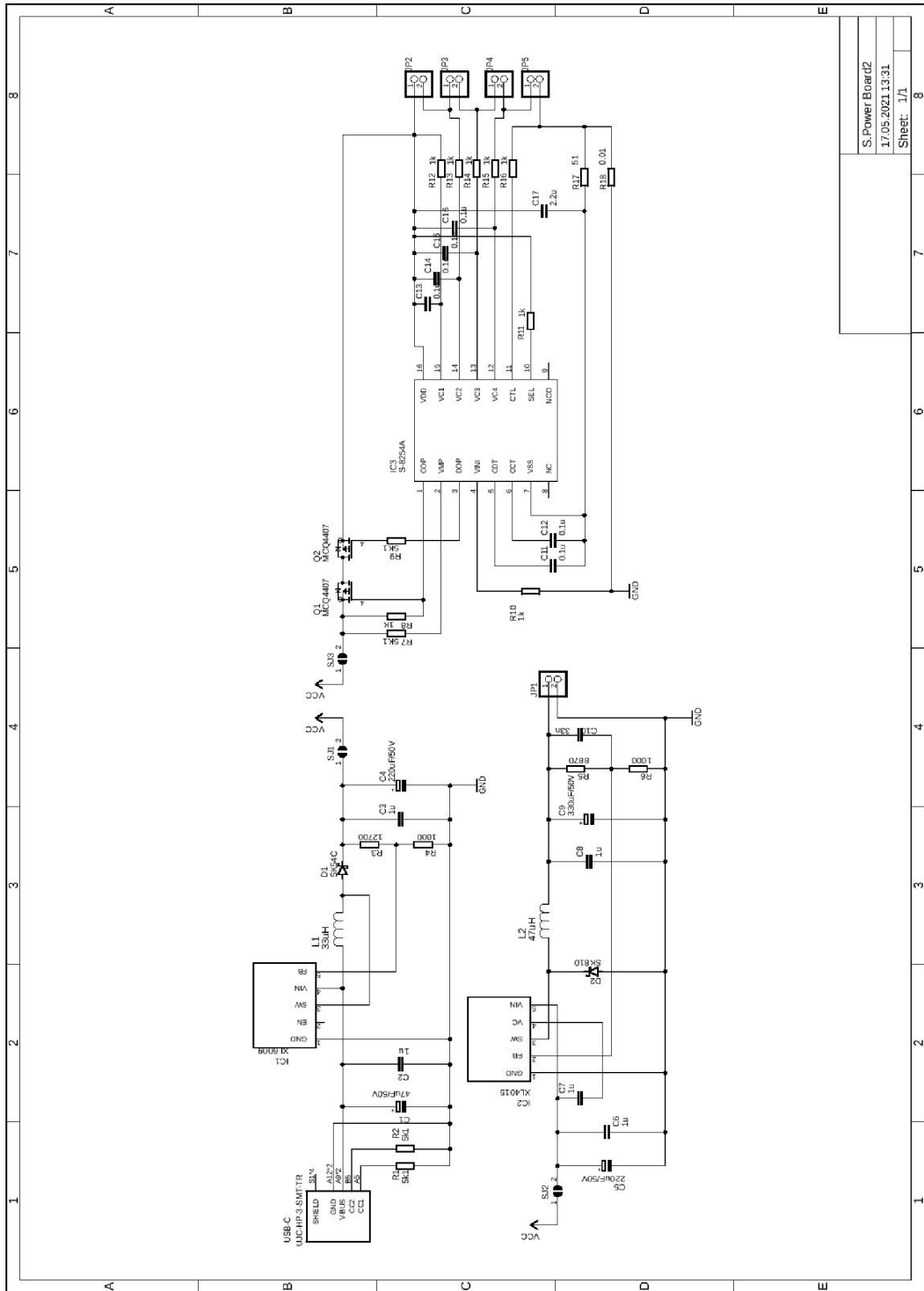
|               |   |
|---------------|---|
| <b>RGB</b>    | Red, Green, Blue                                  |
| <b>RGBW</b>   | Red, Green, Blue, White                           |
| <b>DC</b>     | stejnoseměrné napětí                              |
| <b>LED</b>    | Light-Emitting Diode                              |
| <b>DPS</b>    | deska plošných spojů                              |
| <b>Li-Ion</b> | Lithium-Iontový                                   |
| <b>BMS</b>    | Battery Management System                         |
| <b>MOSFET</b> | Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor |
| <b>OLED</b>   | Organic Light Emitting Diode                      |
| <b>IO</b>     | integrovaný obvod                                 |
| <b>SIG</b>    | Special Inte-rest Group                           |
| <b>UART</b>   | Universal Asynchronous Receiver-Transmitter       |
| <b>LSB</b>    | Least significant bit - nejméně významný byt      |
| <b>MSB</b>    | Most significant bit - nejvíce významný byt       |
| <b>ACK</b>    | Acknowledgement - potvrzení                       |
| <b>NACK</b>   | Negative-Acknowledgement - negativní potvrzení    |

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>WLAN</b>           | Wireless Local-Area Network                       |
| <b>IEEE</b>           | Institute of Electrical and Electronics Engineers |
| <b>WEP</b>            | Wired Equivalent Privacy                          |
| <b>WPA</b>            | Wireless Protected Access                         |
| <b>Wi-Fi</b>          | Wireless Protected Access                         |
| <b>A/D</b>            | analogově-digitální (převodník)                   |
| <b>I<sup>2</sup>C</b> | Inter-Integrated Circuit                          |

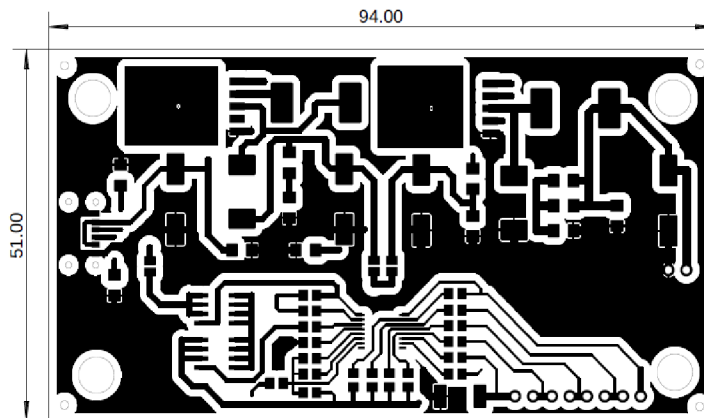
# Seznam příloh

|   |                           |    |
|---|---------------------------|----|
| A | Napájecí a nabíjecí obvod | 50 |
| B | Řídící a obslužný obvod   | 54 |
| C | Obsah přiloženého CD      | 58 |

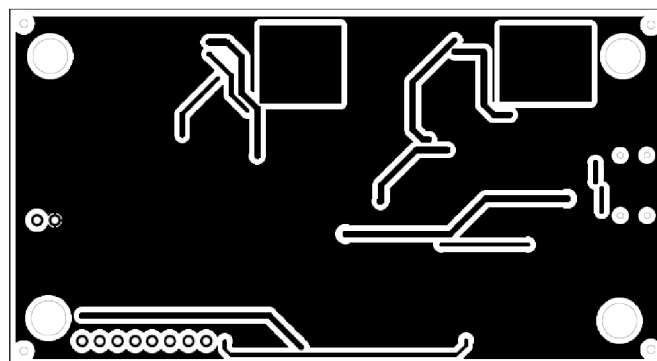
# A Napájecí a nabíjecí obvod



Obr. A.1: Předloha zapojení napájecího obvodu

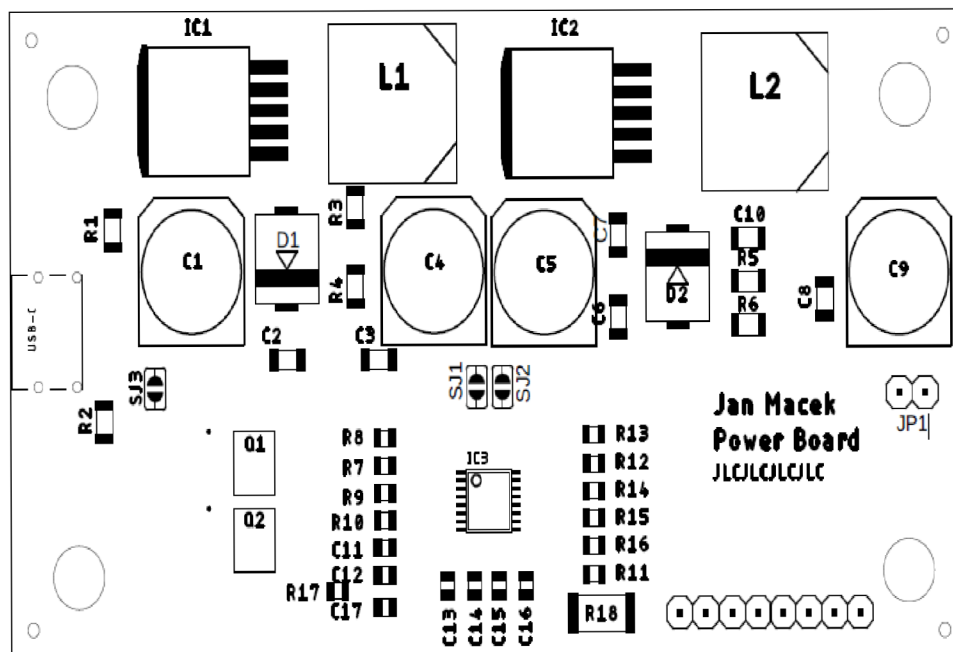


Obr. A.2: Předloha pro DPS (Top)



Obr. A.3: Předloha pro DPS (Bottom)



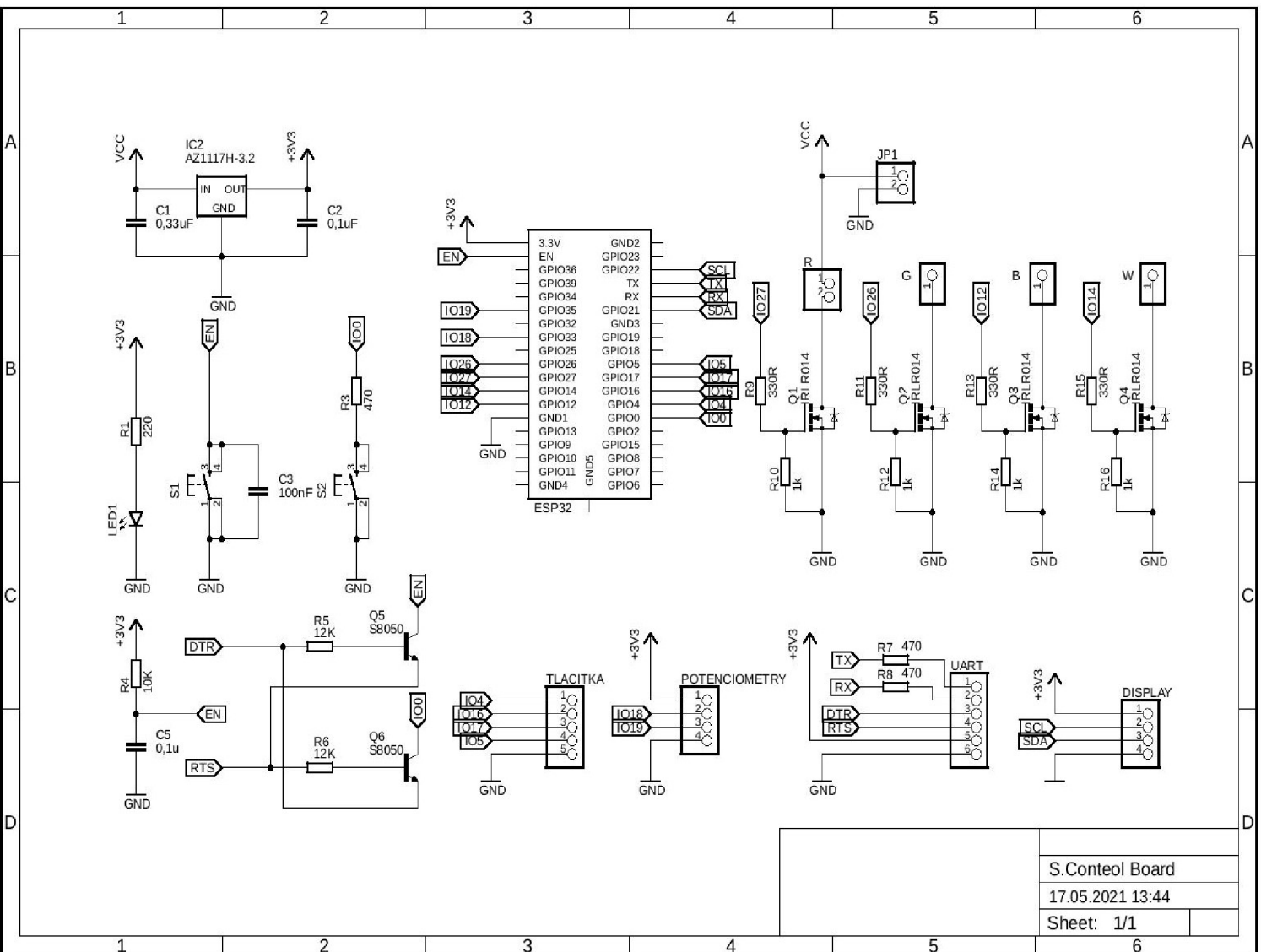


Obr. A.4: Osazovací výkres součástek napájecí DPS

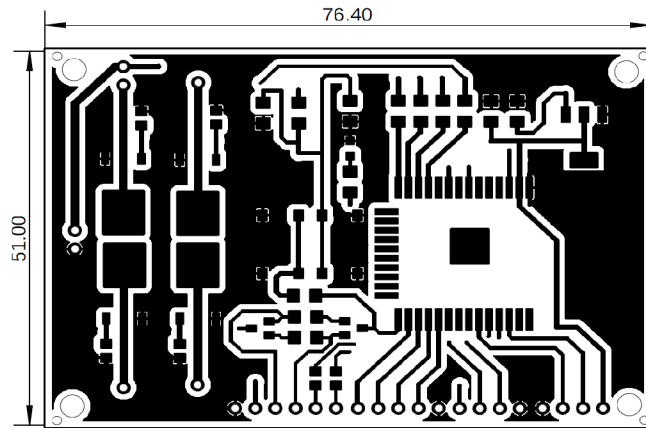
| Part                        | Value           | Package             |
|-----------------------------|-----------------|---------------------|
| SJ1 SJ2 SJ3 R18             | -               | R2512               |
| C11 C12 C13 C14 C15 C16     | 0.1uF           | C0805               |
| R8                          | 1K              | R0805               |
| R10 R11 R12 R13 R14 R15 R16 | 1K              | R0805               |
| C2 C3 C6 C7 C8              | 1uF             | C1206               |
| C17                         | 2.2u            | C0805               |
| R7 R9                       | 5,1K            | R0805               |
| R1 R2                       | 5,1K            | R1206               |
| C10                         | 33nF            | C1206               |
| L1                          | 33uH            | INDM125125X800N     |
| C1                          | 47uF/50V        | 150CLZ-1010         |
| L2                          | 47uH            | INDM125125X800N     |
| R17                         | 51R             | R0805               |
| C4 C5                       | 220uF/50V       | 150CLZ-1010         |
| C9                          | 330uF/50V       | 150CLZ-1010         |
| R4 R6                       | 1K              | R1206               |
| R5                          | 8,87K           | R1206               |
| R3                          | 12,7K           | R1206               |
| Q1 Q2                       | MCQ4407         | SOIC127P600X175-8N  |
| IC3                         | S-8254A         | TSSOP16             |
| D1                          | SK54C           | SMC                 |
| D2                          | SK810           | SMC                 |
| USB-C                       | UJC-HP-3-SMT-TR | CUI_UJC-HP-3-SMT-TR |
| IC2                         | XL4015          | TO263-5             |
| IC1                         | XL6009          | TO263-5             |

Obr. A.5: Seznam součástek pro napájecí obvod

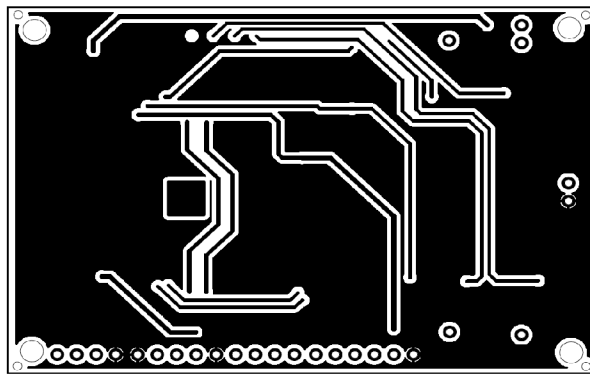
# B Řídicí a obslužný obvod



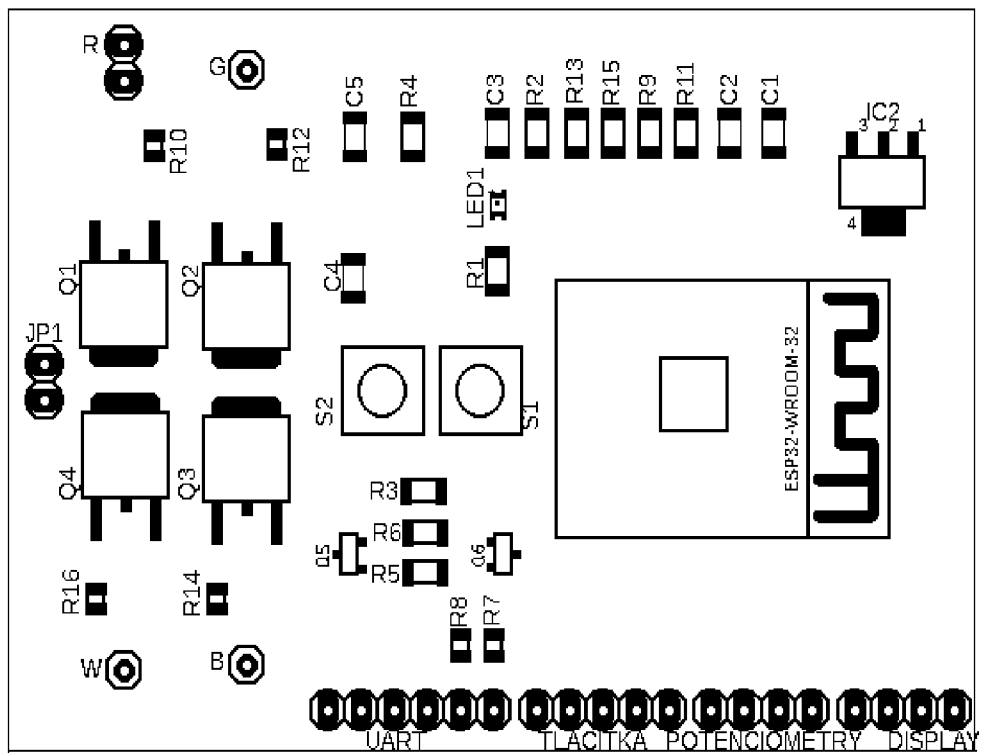
Obr. B.1: Schéma zapojení řídicího obvodu



Obr. B.2: Předloha pro DPS (Top)



Obr. B.3: Předloha pro DPS (Bottom)



Obr. B.4: Osazovací výkres součástek řídicí DPS

| Part            | Value       | Package     |
|-----------------|-------------|-------------|
| LED1 C5         | 0 1u        | C1206       |
| C2              | 0 1uF       | C1206       |
| C1              | 0 33uF      | C1206       |
| R10 R12 R14 R16 | 1K          | R0805       |
| R4              | 10K         | R1206       |
| R5 R6           | 12K         | R1206       |
| C3              | 100nF       | C1206       |
| R1              | 220R        | R1206       |
| R9 R11 R13 R15  | 330R        | R1206       |
| R3              | 470R        | R1206       |
| R7 R8           | 470R        | R0805       |
| IC2             | AZ1117H-3.2 | SOT223      |
| S1 S2           | DTSM-6      | DTSM-6      |
| IC1             | ESP32-WROOM | ESP32-WROOM |
| Q1 Q2 Q3 Q4     | IRLR014     | TO252       |
| Q5 Q6           | S8050       | SOT23       |

Obr. B.5: Seznam součástek pro řídicí obvod

## C Obsah přiloženého CD

- 3D tisk
- Bakalářská práce
- DPS
  - Autodesk Eagle 9.6.2
  - Materiály pro výrobu DPS
  - Schéma zapojení a seznam součástek
- Fotodokumentace
- Software
  - Knihovny
  - Program