UNIVERZITA PARDUBICE
Fakulta elektrotechniky a informatiky

VZDÁLENĚ ŘÍZENÝ ZDROJ PRO OSVĚTLENÍ PARKOVACÍ VĚŽE NA KOLA

Bc. Jan Dymáček

Diplomová práce
2017

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: **2016/2017**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Bc. Jan Dymáček**
Osobní číslo:	**I15177**
Studijní program:	**N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor:	**Řízení procesů**
Název tématu:	**Vzdáleně řízený zdroj pro osvětlení parkovací věže na kola**
Zadávající katedra:	**Katedra řízení procesů**

Zásady pro vypracování:

Cíl: Vytvoření jednotky pro napájení RGB LED pásku na 230 V, která bude ovládána pomocí PLC a aplikace v zařízení se systémem Android.
V teoretické části práce budou popsány možnosti regulace stejnosměrného výkonu, světelné vlastnosti LED světel, Ethernet komunikace s PLC, bezdrátová komunikace se zařízením se systémem Android a programování aplikací pro platformu Android.
V praktické části bude uvedena realizace řídicí jednotky, komunikace mezi jednotkou a PLC a se zařízením Android. Závěr práce bude věnován popisu programu řídicí jednotky a aplikace pro PLC a pro platformu Android.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

BENDA, Vítězslav. a Václav. PAPEŽ. Komponenty výkonové elektrotechniky: cvičení. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03128-4.
ZANDL, Patrick. Bezdrátové sítě WiFi: praktický průvodce. Brno: Computer Press, 2003. ISBN 80-7226-632-2.
SCHILLER, Jochen H. Mobile communications. 2nd ed. Boston: Addison-Wesley, 2003. ISBN 0321123816.
ALLEN, Grant. Android 4: průvodce programováním mobilních aplikací. Brno: Computer Press, 2013. ISBN 978-80-251-3782-6.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Daniel Honc, Ph.D.**
Katedra řízení procesů

Datum zadání diplomové práce: **25. října 2016**
Termín odevzdání diplomové práce: **17. května 2017**

Univerzita Pardubice Česká republika

L.S.

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.
děkan

Ing. Daniel Honc, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 15. listopadu 2016

Prohlášení

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 12. 4. 2017

Jan Dymáček

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Danielu Honcovi, Ph.D., za cenné rady a vstřícnost při konzultacích. Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří mě podporovali při studiu na vysoké škole, zejména rodičům, prarodičům a přítelkyni.

V Pardubicích dne 12. 4. 2017

Jan Dymáček

ANOTACE

Práce se zabývá vytvořením vzdáleně řízeného zdroje pro osvětlení parkovací věže na kola. Nejprve je uveden způsob regulace stejnosměrného výkonu. Následuje stručný popis LED diody a obecné popsání programovatelného logického automatu. Teoretická část se také zabývá výběrem bezdrátové komunikace a úvodem do programování Android aplikací. Praktická část se zabývá konstrukcí zdroje a programování mikrokontroléru, programovatelného logického automatu a Android aplikace.

KLÍČOVÁ SLOVA

regulace stejnosměrného výkonu, Bluetooth Low Energy, mikrokontrolér, Android aplikace, PLC, RGB LED pásek

TITLE

REMOTELY CONTROLLED POWER SUPPLY FOR LIGHTING OF PARKING TOWER FOR BIKES

ANNOTATION

Thesis deals with the creating a remotely controlled power supply for lighting of parking tower for bikes. Firstly a control method of DC power is stated. Brief description of the LED and a general description of the programmable logic controller follows. The theoretical part also deals with the selection of wireless communication and introduction to programming of Android applications. The practical part deals with the construction of power supply and programming of microcontroller, programmable logic controller and Android applications.

KEYWORDS

DC power regulation, Bluetooth Low Energy, microcontroller, Android application, PLC, RGB LED strip

OBSAH

Seznam zkratek a značek 10
Seznam symbolů proměnných veličin a funkcí 12
Seznam ilustrací 13
Seznam tabulek 14
ÚVOD 15
1 POPIS OSVĚTLENÍ PARKOVACÍ VĚŽE 16
2 PRINCIP REGULACE STEJNOSMĚRNÉHO VÝKONU 17
2.1 Pulzně šířková modulace 17
2.2 Výkonové spínací součástky 18
2.2.1 Tyristory 18
2.2.2 MOS tranzistory 20
2.3 Generování PWM signálu mikrokontrolérem 23
2.3.1 Popis mikrokontroléru 23
2.3.2 Popis čítače / časovače 24
3 PRINCIP LED A JEJÍ SVĚTELNÉ VLASTNOSTI 26
3.1 Princip LED diody 26
3.1.1 Aditivní míchání barev 26
3.2 Světelné parametry LED diod 27
3.2.1 Světelný tok 27
3.2.2 Svítivost 28
3.2.3 Jas 28
3.2.4 Osvětlenost 28
3.2.5 Barevná teplota 28
4 ETHERNET KOMUNIKACE S PLC 29
4.1 Popis PLC 29
4.2 Ethernet 30
5 MOŽNOSTI BEZDRÁTOVÉ KOMUNIKACE S MOBILNÍM ZAŘÍZENÍM 31
5.1 Wi-fi 31
5.1.1 Princip Wi-Fi 32
5.2 Bluetooth 32
5.2.1 Specifikace Bluetooth jádra 33
5.2.2 Bluetooth BR / EDR 34

5.2.3 Bluetooth Low Energy 34
5.3 Near field communication 35
5.3.1 Technologie NFC 35
5.4 Výběr bezdrátové technologie 36
6 PROGRAMOVÁNÍ PRO PLATFORMU ANDROID 37
6.1 Struktura systému Android 37
6.1.1 Aktivity 37
6.1.2 Služby 38
6.1.3 Poskytovatelé obsahu 38
6.1.4 Záměry 38
6.1.5 Přijímače 38
6.1.6 Oznámení 38
7 KONSTRUKCE VZDÁLENĚ ŘÍZENÉHO ZDROJE 40
7.1 Výběr výkonové spínací součástky 40
7.1.1 Výběr MOS tranzistoru 41
7.2 Výběr mikrokontroléru 42
7.3 Převodník ethernet-sériová linka 43
7.4 Bluetooth modul 45
7.4.1 Konfigurace Bluetooth modulu HM-10 46
7.4.2 Ověření komunikace s Bluetooth modulem HM-10 48
7.5 Návrh schéma 49
7.5.1 Napájecí část 49
7.5.2 Výkonová část 50
7.5.3 Logická část 52
7.6 Návrh desky plošného spoje 53
7.7 Prototyp DPS 55
8 PROGRAMOVÁNÍ MIKROKONTROLÉRU ATMEGA1281 56
8.1 Nastavení registrů 56
8.2 Vývojový diagram programu 59
9 PROGRAMOVANÍ PRO PLATFORMU ANDROID 61
9.1 Popis programu 61
9.2 Popis aplikace BT-Lighting 63
10 PROGRAMOVANÍ PLC 65
10.1 Popis programu pro plc 65

10.2 Popis vizualizace 67
ZÁVĚR 68
LITERATURA 69
PŘÍLOHY 71

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

ALU	Arithmetic-Logic Unit
AP	Access Point
ATT	Attributte Protocol
BLE	Bluetooth Low Energy
BR/EDR	Basic Rate / Enhaced Data Rate
CMYK	Cyan, Magenta, Yellow a blacK
CPU	Central Processing Unit
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DMA	Direct Memory Access
DPS	deska plošného spoje
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum
GAP	Generic Access Profile
GATT	Generic Attribute Profile
GTO	Gate Turn Off
HCI	Host Controller Interface
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor
JDK	Java Development Kit
L2CAP	Link Layer Control and Adaptation Protocol
LAD	Ladder Diagram
LED	Light-Emitting Diode
MAC	Media Access Control
MIMO	Multiple-Input Multiple-Output
MOS	Metal Oxide Semiconductor
NFC	Near Field Communication
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
PAN	Personal Area Network
PLC	Programmable Logic Controller
PWM	Pulse Width Modulation
RGB	Red, Green, Blue
SDK	Software Development Kit

SMD	Surface Mount Device
TTL	Transistor-Transistor-Logic
USART	Addressable Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter
USB	Universal Serial Bus
UUID	Universally Unique Identifier

SEZNAM SYMBOLŮ PROMĚNNÝCH VELIČIN A FUNKCÍ

C_{GD}	kapacita mezi gate-drain, pF
C_{GS}	kapacita mezi gate-source, pF
C_{iss}	vstupní kapacita MOS tranzsitoru, pF
C_{Mi}	Millerova kapacita, pF
g_{fs}	transkonduktance, S
I_D	proud drainem, A
I_G	proud gatem, nA
R_G	odpor gatu, Ω
s	obecný signál
T	perioda, s
t	čas, t
t_0	počáteční čas, s
U_{GH}	ustálené napětí mezi gate-source, V
$U_{GH(th)}$	prahové napětí mezi gate-source, V
U_{GS}	napětí mezi gate-soource, V
Z	impedance zátěže, Ω

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obr. 1.1 – Schéma řízení osvětlení parkovací věže na kola 16
Obr. 2.1 – Ukázka PWM signálu pro hodnoty střídy 20, 50 a 80 % 18
Obr. 2.2 – Voltampérová charakteristika tyristoru 19
Obr. 2.3 – Struktura MOS tranzistoru 21
Obr. 2.4 – Ukázka AVR architektury 24
Obr. 3.1 – Míchání základních a doplňkových barev 27
Obr. 3.2 – Diagram teploty chromatičnosti 28
Obr. 4.1 – Základní schéma programovatelného automatu 29
Obr. 5.1 – Architektura Bluetooth jádra 34
Obr. 5.2 – Princip NFC komunikace 36
Obr. 7.1 – Okno programu Configuration Tool 45
Obr. 7.2 – Bluetooth modul HM-10 se základní deskou 46
Obr. 7.3 – Ukázka komunikace s modulem HM-10 48
Obr. 7.4 – Napájecí část schéma 50
Obr. 7.5 – Výkonová část schéma 52
Obr. 7.6 – Logická část schéma 52
Obr. 7.7 – Návrh DPS 54
Obr. 7.8 – Pohled na prototyp DPS 55
Obr. 8.1 – Vývojový diagram programu pro mikrokontrolér 60
Obr. 9.1 – První obrazovka aplikace BT-Lighting 63
Obr. 9.2 – Třetí obrazovka aplikace BT-Lighting 64
Obr. 9.3 – Druhá obrazovka aplikace BT-Lighting 64
Obr. 10.1 – Vývojový diagram programu pro PLC 66
Obr. 10.2 – Okno vizualizace dotykového panelu 67

SEZNAM TABULEK

Tab. 3.1 – Adaptivní míchání barev 27
Tab. 5.1 – Přehled modifikací standardu 802.11 31
Tab. 5.2 – Parametry výkonových tříd Bluetooth technologie 33
Tab. 7.1 – Parametry tranzistoru IRF740PbF 42
Tab. 7.2 – Parametry vybraných mikrokontrolérů ATmega 43
Tab. 7.3 – Popis pinů převodníku WIZ107SR-TTL 44
Tab. 7.4 – Použité AT příkazy 47
Tab. 8.1 – Nastavení registru TCCRnA 57
Tab. 8.2 – Nastavení registru TCCRnB 57
Tab. 8.3 – Nastavení registru TIMSKn 58
Tab. 8.4 – Nastavení registru UCSR1B 58
Tab. 8.5 – Nastavení registru UCSR1C 58

ÚVOD

Cílem této diplomové práce je navrhnout a vytvořit vzdáleně řízený zdroj pro napájení RGB LED pásků osvětlující parkovací věž na kola. Vzdáleně řízený zdroj bude schopen nastavovat libovolné barvy jednotlivých pásku příslušného patra. Zdroj bude řízen programovatelným logickým automatem, jehož nastavování bude probíhat pomocí dotykového panelu. Další možností ovládání zdroje bude pomocí aplikace v mobilním zařízení.

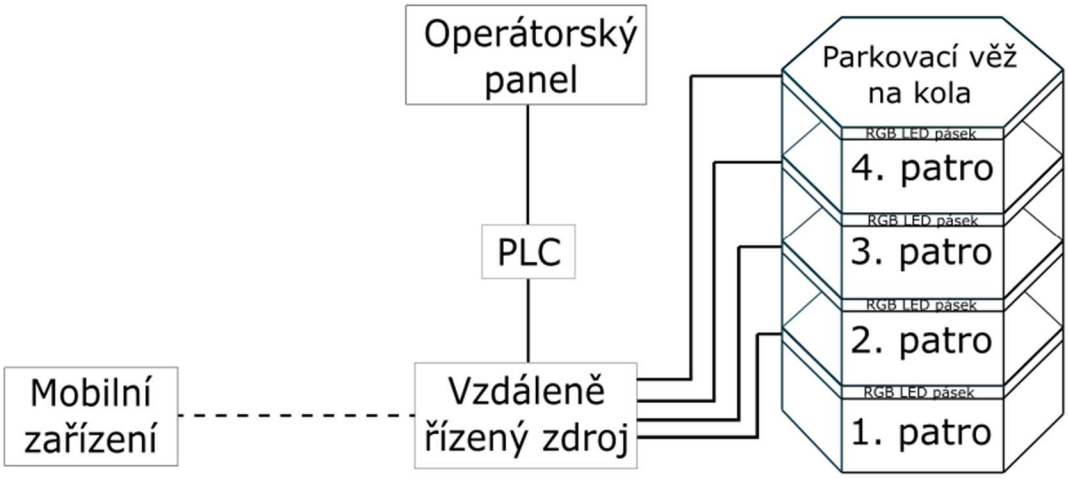
Na začátku teoretické části je uveden popis a blokové schéma osvětlení parkovací věže. Druhá kapitola se zabývá regulací stejnosměrného výkonu. Je zde uveden princip regulace a výkonové součástky vhodné pro tuto regulaci. Součástí této kapitoly je také princip regulace s využitím mikrokontroléru. Následující kapitola se věnuje stručnému popisu LED diody a principu míchání barev. Ve čtvrté kapitole je uveden obecný popis programovatelného logického automatu a ethernetového rozhraní, po kterém bude automat se vzdáleně řízeným zdrojem komunikovat. Dále jsou popsány možnosti bezdrátové komunikace s mobilním zařízením. Konkrétně se jedná o Wi-Fi, Bluetooth a NFC technologie. Na závěr je zdůvodněn výběr použité technologie pro tuto práci. Konec teoretické části je věnován úvodu do programování aplikací pro platformu Android.

Praktická část se nejprve zabývá konstrukcí vzdáleně řízeného zdroje. Na začátku je vybrána výkonová spínací součástka a její výběr je následně zdůvodněn. Další část se zabývá výběrem vhodného mikrokontroléru pro tuto práci. Následuje popis převodníku ethernet-sériová linka a jeho nastavení. Pro komunikaci s mobilním zařízením je určen Bluetooth modul HM-10. Modul je podrobně popsán a je zde také uvedeno ověření komunikace s tímto modulem. Konec kapitoly popisuje návrh schéma, které slouží jako základ pro návrh desky plošného spoje vzdáleně řízeného zdroje. Následující kapitola se zabývá popisem programování mikrokontroléru ATmega1281. Je uvedeno nastavení jednotlivých registrů a vývojový diagram hlavního programu. Aplikace pro platformu Android je popsána v kapitole 8. Nejprve je stručně popsán kód této aplikace a následně je popsáno uživatelské rozhraní. Konec praktické části je věnován programu pro programovatelný logický automat a vizualizaci dotykového panelu.

1 POPIS OSVĚTLENÍ PARKOVACÍ VĚŽE

V této kapitole je popsáno osvětlení parkovací věže na kola. Parkovací věž má čtyři patra, kde v každém patře je umístěn jeden RGB LED pásek. Délka jednoho pásku je 25 m (pásky jsou dělitelné po 1 m). Specifikací osazených RGB LED pásků je jejich napájení, standardní LED pásky jsou napájeny pomocí stejnosměrného napětí 12 V, ale tyto RGB LED pásky jsou napájeny pomocí napětí 230 V. Příkon jednoho metru pásku je 14,4 W. RGB LED pásky osvětlují parkovací věž zevnitř.

Napájení RGB LED pásků bude zajišťovat vzdáleně řízený zdroj, jehož návrh je cílem této práce. Hlavní požadavek na vzdáleně řízený zdroj je možnost volit barvu každého RGB LED pásku samostatně. Dalším požadavkem je ovládání vzdáleně řízeného zdroje z programovatelného logického automatu (dále jen PLC), kterým je parkovací věž vybavena. Uživatelské rozhraní pro PLC představuje dotykový panel. Pomocí něj bude možno ovládat



Obr. 1.1 – Schéma řízení osvětlení parkovací věže na kola

přes PLC vzdáleně řízený zdroj. Další možností ovládání vzdáleně řízeného zdroje je aplikace v mobilním zařízení se systémem Android. Mobilní zařízení bude komunikovat se vzdáleně řízeným zdrojem bezdrátově.

2 PRINCIP REGULACE STEJNOSMĚRNÉHO VÝKONU

V této kapitole je popsáno, jakým způsobem je možné regulovat stejnosměrný výkon. Podrobněji je popsána regulace pomocí pulzně šířkové modulace. Dále jsou zde uvedeny výkonové elektronické součástky, které se používají při tomto typu regulace stejnosměrného výkonu. Konec kapitoly se zabývá principem regulace při použití mikrokontroléru.

2.1 PULZNĚ ŠÍŘKOVÁ MODULACE

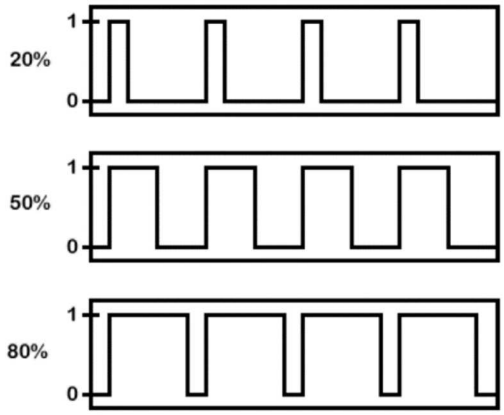
Pulzně šířková modulace (v Českém jazyce zkratka PŠM) je známa více pod pojmem PWM modulace (Javůrek, 2003). Zkratka PWM vznikla z anglických slov Pulse Width Modulation. Tato modulace se zejména využívá v regulační technice. Pomocí PWM signálu se regulují otáčky motoru, ohřev topné spirály a dále např. regulace jasu světel. Jedná se o bezeztrátovou regulaci. Principem modulace je přepínání mezi stavy 0 (vypnuto) a 1 (zapnuto), jedná se tedy o dvoustavovou modulaci. Poměr mezi stavem zapnuto a periodou signálu se nazývá střída. Střída PWM signálu určuje přenášený výkon a nejčastěji se udává v procentech. Vstupními parametry pro PWM modulaci jsou frekvence a požadovaná střída. Podle střídy signálu se mění jeho střední hodnota, která se vypočítá následovně

$$\bar{s}(t) = \frac{1}{T} \cdot \int_{t_0}^{t_0+T} s(t)\,\mathrm{d}t, \tag{2.1}$$

kde T – perioda signálu $s(t)$,

t_0 – počáteční čas.

Z principu PWM je patrné, že pro realizaci přepínaní mezi stavy vypnuto/zapnuto bude potřeba výkonových spínacích součástek. Mezi tyto součástky patří např. tyristory, GTO tyristory, IGBT tranzistory a MOS tranzistory. Výkonový tranzistor má ve stavu vypnuto nebo zapnuto minimální ztráty. V sepnutém stavu je na tranzistoru minimální úbytek napětí (odpovídá hodnotě saturačního napětí). V rozepnutém stavu neprochází tranzistorem téměř žádný proud. Při přechodu mezi těmito dvěma stavy dochází k největší ztrátě výkonu, proto doba přechodu mezi stavem vypnuto a zapnuto musí být co nejkratší. PWM signál je obdélníkový a v ideálním případě je doba přechodu mezi stavy zapnuto a vypnuto nulová. Na obr. 2.1 (Pistulka, 2012) je ukázka PWM signálu pro různé hodnoty střídy.



Obr. 2.1 – Ukázka PWM signálu pro hodnoty střídy 20, 50 a 80 %

2.2 VÝKONOVÉ SPÍNACÍ SOUČÁSTKY

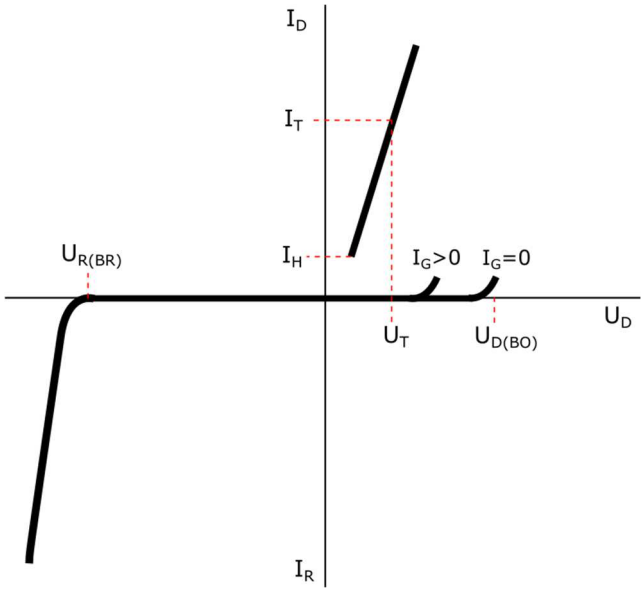
Jak bylo uvedeno výše, pro realizaci regulace stejnosměrného výkonu pomocí PWM modulace je nutné použití výkonových spínacích součástek. Tato podkapitola je věnována popisu principu a vlastností výkonových spínacích součástek. Podrobněji budou uvedeny tyristory a MOS tranzistory.

2.2.1 Tyristory

Tyristor je elektronická součástka se třemi elektrodami skládající se ze čtyřvrstvé struktury se třemi přechody PN. Jedna elektroda je připojena ke krajní vrstvě typu P, tato elektroda se nazývá anoda. Druhá elektroda je připojena ke krajní vrstvě typu N a nazývá se katoda. Třetí elektroda se nazývá řídicí elektroda, ta se připojuje k vnitřní vrstvě typu N nebo typu P. Pomocí ní je možné spínat tyristor. Struktura tyristoru je tvořena střídavým řazením polovodičů s opačným typem vodivosti (Benda, 2006). Jedná se především o spínací prvek s vysokou proudovou zatížitelností. Na obr. 2.2 (Benda, 2006) je zobrazena voltampérová charakteristika tyristoru. Funkce tyristoru je založena na tzv. tyristorovém jevu. Tyristorový jev je charakterizován lavinovým přechodem z blokovacího do propustného stavu. Tyristor je schopen se dostat do třech základních stavů:

- závěrný stav – stav s vysokou impedancí při polarizaci v závěrném směru (napětí U_R, proud I_R),
- blokovací (vypnutý) stav – stav s vysokou impedancí při polarizaci v přímém směru (napětí U_D, proud I_D),

- propustný (sepnuty) stav – stav s nízkou impedancí při polarizaci v přímém směru (napětí U_T, proud I_T).



Obr. 2.2 – Voltampérová charakteristika tyristoru

Pokud je na anodu tyristoru přivedeno záporné napětí a na katodu kladné napětí, dostane se tyristor do závěrného stavu. Průraz tyristoru vznikne v závěrném stavu při dosažení napětí $U_{R(BR)}$. Existují dva typy průrazu tyristoru, jedním typem je lavinový průraz a druhým je stykový průraz.

V případě přivedení kladného napětí na anodu tyristoru a záporného napětí na katodu, se dostane tyristor do blokovacího stavu. Na řídicí elektrodě není žádné napětí. Průrazné napětí $U_{(BO)}$ v přímém směru nevede ke zničení tyristoru, ale přepne tyristor do propustného stavu. Tento způsob spínání se používá zejména u diodových tyristorů a v případě, pokud to výrobce tyristoru povoluje. Dosažení tohoto typu sepnutí lze dosáhnout i při velké strmosti nárůstu blokovacího napětí. V tomto případě dojde k sepnutí tyristoru při menší hodnotě blokovacího napětí, než je napětí $U_{(BO)}$.

V předchozích případech se uvažovalo nulové napětí na řídicí elektrodě. Pro přepnutí tyristoru z blokovacího stavu do propustného stavu je nejlepší volbou přivedení kladného napětí na řídicí elektrodu proti katodě. Tímto je přechod mezi řídicí elektrodou a katodou polarizován v přímém směru. Řídicí elektrodou začne v tuto chvíli protékat proud I_{GH} a tyristor se otevře. Takto popsaný způsob spínání tyristoru je nejpoužívanější.

Přechod z propustného stavu do blokovacího stavu je možný dvěma způsoby. Prvním způsobem je snížení proudu procházející tyristorem na hodnotu menší, než je hodnota

přídržného proudu I_H. Druhým způsobem je přivedení napětí opačné polarity mezi anodu a katodu. Pro tento způsob se používá komutace obvodu. Tyristor nelze vypnout přerušením proudu řídicí elektrodou.

V následující části budou uvedeny parametry důležité při zapínání tyristoru. Jedním z parametrů tyristoru je zapínací doba t_{gt}, ta udává, jak dlouho trvá přechod z blokovacího stavu do propustného stavu. Tato doba je u tyristorů obvykle odvozena od průběhu řídicího proudu a anodového napětí.

K poklesu blokovacího napětí dochází za dobu t_d. Tato doba je závislá na velikosti a strmosti řídicího impulzu. Při velkém a strmém řídicím impulzu je doba t_d minimální. Pro určení zapínací doby je nutné znát ještě dobu, za kterou klesne blokovací napětí z 90 % na 10 % počáteční hodnoty. Tato doba se označuje t_f. Zapínací doba tyristoru je dána součtem doby t_d a doby t_f.

Při spínání tyristoru je důležitým dynamickým parametrem kritická strmost nárůstu propustného proudu. Tento parametr se označuje $(dI_T/dt)_{crit}$. Jedná se o maximální hodnotu rychlosti nárůstu propustného proudu tyristorem, při které se nepoškodí tyristorová struktura. Poškození tyristorové struktury by vedlo k nenávratnému zhoršení elektrických vlastností. Při růstu strmosti propustného proudu vzniká nadměrná ztrátová energie, která může vést k tepelnému průrazu.

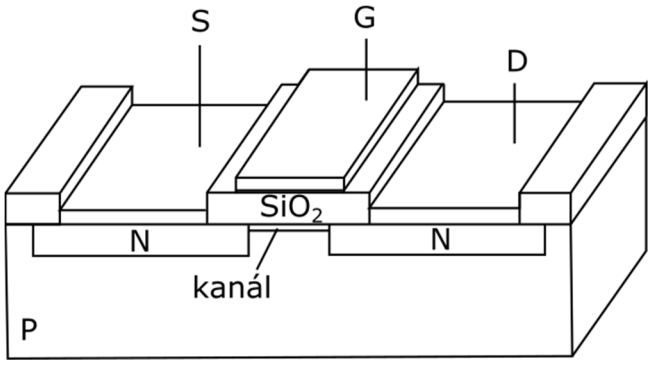
Posledním dynamickým parametrem, který je spojený se zapínáním tyristoru, je kritická strmost nárůstu blokovacího napětí. Označení parametru je $(dU_D/dt)_{crit}$. Tento parametr udává maximální hodnotu strmosti blokovacího napětí, při níž nedojde k přechodu z blokovacího stavu do propustného stavu. Je uvažováno, že na řídicí elektrodu je přivedeno nulové napětí.

2.2.2 MOS tranzistory

V této části bude uveden princip MOS tranzistorů (Benda, 2006). Následně budou popsány nejdůležitější parametry těchto výkonových prvků. Součástky založené na technologii MOS patří k nejrozšířenějším součástkám ve výkonové elektronice. Zkratka MOS vznikla z anglických slov Metal oxide semiconductor. Velikou výhodou MOS tranzistorů je spínání relativně velkých proudů a napětí při vysoké opakovací frekvenci. Mezi hlavní přednosti MOS tranzistorů patří vysoká vstupní impedance, vysoké výkonové zesílení, napěťové řízení a teplotní stabilita.

MOS tranzistor se skládá ze základní destičky, která je vyrobena z polovodiče typu P (nebo typu N) s vysokým odporem. Vysoký odpor polovodiče je dán malým procentem příměsí.

Další součásti jsou dvě navzájem oddělené oblasti typu N. Tyto oblasti představují source (značí se S) a drain (značka D). Source je obdobou emitoru u bipolárního tranzistoru a drain zase obdobou kolektoru. Hradlo je zde označováno jako gate (G). To je od základní destičky izolováno vrstvičkou SiO_2, na které je napařený povlak kovu. Struktura MOS tranzistoru s N-kanálem je na obr. 2.3 (Benda, 2006). Princip MOS tranzistorů je založen na povrchovém jevu v polovodičích. Změna povrchového potenciálu vytvoří pod vrstvičkou izolantu SiO_2 inverzní vrstvu na okraji polovodiče.



Obr. 2.3 – Struktura MOS tranzistoru

První stav pro popsání principu činnosti MOS tranzistoru je následující. Napětí mezi drain a source (značí se U_{DS}) je nulové a zároveň je nulové napětí i mezi gate a source (U_{GS}). V tomto stavu je odpor mezi drain a source určen odporem polovodiče typu P. Odpor polovodiče je pro tento případ vysoký. Pokud napětí U_{GS} zvýšíme nad hodnotu $U_{GS(th)}$ (napětí U_{GS} je kladné), která udává tzv. prahové napětí, vytvoří se ve vrstvičce izolantu pod gate elektrostatické pole. Jeho siločáry směřují od gate k okraji polovodiče. Díry nacházející se u okraje polovodiče jsou odpuzovány směrem do středu polovodiče. Naopak elektrony jsou přitahovány směrem k okraji polovodiče. Pokud koncentrace děr je u okraje polovodiče nízká a koncentrace elektronů je vysoká, potom se odpor mezi drain a source sníží a vytvoří se inverzní vrstva (indukovaný vodivý kanál). Při přiložení napětí mezi drain a source by v tuto chvíli mezi oběma elektrodami protékal proud. Změna odporu vodivého kanálu je dána změnou vodivosti neboli změnou koncentrace nosičů náboje. Tímto byl popsán princip MOS tranzistoru s indukovaným kanálem.

Parametry MOS tranzistorů je možné rozdělit do dvou kategorií (Stengl, 1999):

- mezní hodnoty,
- charakteristické hodnoty statických a dynamických parametrů tranzistoru a inverzní diody.

Mezní hodnoty musí být respektovány v pracovních podmínkách součástky určených uživatelem. Žádná z mezních hodnot nesmí být překročená z důvodu zničení tranzistoru. Mezi mezní hodnoty patří maximální napětí drain-source U_{DS}, stejnosměrný proud kolektoru I_D, impulzní proud kolektoru I_{Dpulz}, lavinový proud I_{AR}, lavinová energie E_{AS}, napětí gate-source U_{GS}, maximální ztrátový výkon P_D a rozsah provozní a skladovací teploty T_j a T_{stg}.

Charakteristické hodnoty jsou určeny tranzistorem a uživatel je nemůže ovlivnit. Ke statickým charakteristickým hodnotám se řádí průrazné napětí drain-source $U_{(BR)Dss}$, prahové napětí gatu $U_{GS(th)}$, zbytkový proud kolektoru I_{DSS}, svodový proud gatu I_{GSS} a odpor v sepnutém stavu mezi drainem a sourcem $R_{DS(on)}$. Mezi charakteristické dynamické hodnoty patří přenosová vodivost (neboli strmost, transkonduktance) g_{fs}, vstupní kapacita C_{iss}, zapínací doba t_{on} a vypínací doba t_{off}. Inverzní dioda má následující charakteristické parametry: stejnosměrný proud I_{DR}, impulzní proud I_{DRM}, propustné napětí U_{SD}, doba zotavení t_{rr} a náboj závěrného zotavení Q_{rr}.

MOS tranzistor je schopný se nacházet ve třech stavech pomocí řídicího napětí U_{GS},

1. Vypnutý stav,
2. Přechodný stav,
3. Sepnutý stav.

Při sepnutém stavu představuje MOS tranzistor klasický odpor a úbytek na něm je dán parametrem $R_{DS(on)}$ a proudem I_D. Ve vypnutém stavu má zase tranzistor velký odpor a proud I_D se blíží nule. Dynamické vlastnosti určuje přechodný stav.

Dynamické chování MOS tranzistoru je závislé na době potřebné pro vytvoření vodivého kanálu mezi drain a source. Tato doba je dána nabíjením a vybíjením kapacity vrstvičky izolantu a dalších parazitních kapacit. Na přechodové jevy má největší vliv kapacita C_{GD}. Ta představuje ekvivalentní vstupní impedanci vlivem Millerova jevu. Vztah pro Millerovu kapacitu je

$$C_{Mi} = (1 + g_{fs} \cdot Z) \cdot C_{GD}, \tag{2.2}$$

kde g_{fs} – je transkonduktance neboli přenosová vodivost,

Z – impedance zátěže.

V případě, že impedance zátěže je reálná, je celková vstupní kapacita dána vztahem

$$C_{iss} = C_{GS} \cdot C_{Mi}, \tag{2.3}$$

kapacita C_{GS} je velmi závislá na napětí U_{DS}. Pokud je tranzistor ve vypnutém stavu, napětí U_{DS} je veliké a vstupní kapacita je malá. V sepnutém stavu je napětí U_{DS} minimální a kapacita C_{GS}

je veliká. Při spínání výkonových MOS tranzistorů jsou potřeba relativně velké nabíjecí proudy z důvodu velké vstupní kapacity C_{iss}. Proud hradlem, který nabíjí vstupní kapacitu tranzistoru, je možné vyjádřit pomocí vztahu

$$I_G = \frac{U_{GH} - U_{GS}}{R_G} = \frac{U_{GH} - U_{GH(th)} - \frac{I_D}{g_{fs}}}{R_G}, \tag{2.4}$$

kde U_{GH} – hodnota napětí na gate po nabití vstupní kapacity,

R_G – odpor, přes který se nabíjí gate.

Pro řízení těchto tranzistorů se používají zdroje s nízkým vnitřním odporem. Pokud je MOS tranzistor řízen mikrokontrolérem je nutné použití tzv. MOS driverů. Další možností je použití bipolárního tranzistoru jako spínače MOS tranzistoru.

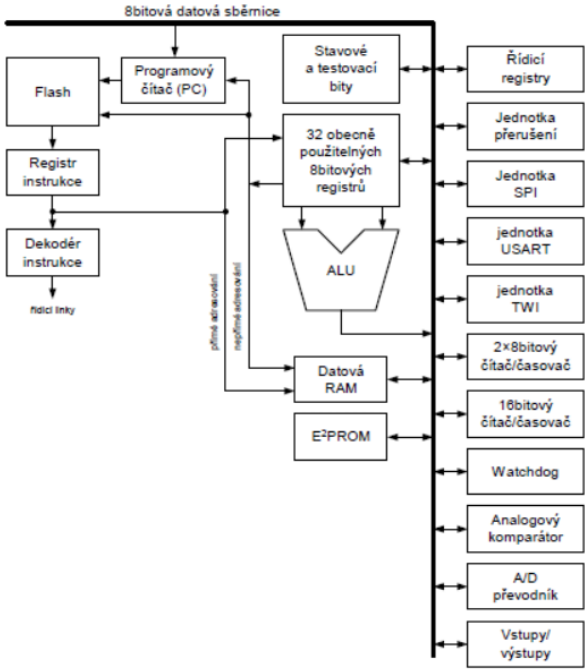
2.3 GENEROVÁNÍ PWM SIGNÁLU MIKROKONTROLÉREM

PWM signál je možné generovat pomocí mikrokontroléru, konkrétně pomocí jeho periferie čítače / časovače. Níže bude stručně popsán mikrokontrolér a následně generování PWM pomocí čítače / časovače.

2.3.1 Popis mikrokontroléru

Mikrokontrolér neboli jednočipový mikropočítač je termín pro elektronickou součástku, která je schopna sama o sobě fungovat. Skládá se z mikropočítače a periferií. Mikropočítač představuje spojení mikroprocesoru, pamětí a obvodů pro ovládání periferií (Pinker, 2004). Mikroprocesor je hlavním mozkem mikrokontroléru a řídí jeho činnost. Je složen z řadiče, aritmeticko-logické jednotky (ALU) a podpůrných obvodů. Řadič má za úkol dekódovat části programu (instrukce), řídit ALU jednotku a vydávat výstupní data. ALU jednotka je zodpovědná za výpočet základních matematických a logických operací. Paměti má mikropočítač dvě. Jedna z nich slouží pro uložení programu (většinou typu flash), který bude mikropočítač vykonávat, a druhá slouží pro uložení zpracovávaných dat (typu flash nebo EEPROM). Mezi periferie patří např. čítače / časovače, vstupy / výstupy, A / D převodníky, řadiče přerušení, řadiče přímého přístupu do paměti DMA a komunikační rozhraní. Součástí mikrokontroléru bývá většinou i zdroj hodinového signálu. Pro zvýšení hodinového signálu lze externě připojit oscilátor s požadovaným kmitočtem. Existují různé řady mikrokontrolérů od různých výrobců. Mezi nejznámější patří řada AVR od výrobce Atmel, další je řada PIC od

výrobce Microchip a dále např. řada ARM od výrobce STMicroelectronics. Na obr. 2.4 (Matoušek, 2006) je zobrazeno vnitřní schéma AVR architektury.



Obr. 2.4 – Ukázka AVR architektury

2.3.2 Popis čítače / časovače

Čítač / časovač je kombinovaná jednotka, která pracuje v režimu čítače nebo časovače (Matoušek, 2006). V režimu čítače se čítají pulzy vnějšího signálu. Režim časovače čítá pulzy hodinového signálu vycházejícího z vnitřního oscilátoru. Tento kmitočet může být upravován předděličkou hodinového signálu. Napočítáním daného počtu pulzu lze odměřit časový úsek. Mikrokontroléry mají tzv. komparační registr, jehož hodnota je neustále porovnávána s hodnotou čítače. Při shodě těchto dvou hodnot je možné generovat přerušení. Čítač / časovač je možné použít např. pro měření kmitočtu, generování PWM signálu a odměření časových intervalů. Existují dva typy čítačů / časovačů. Rozdělují se podle maximální hodnoty, které mohou nabývat. Jedním z nich je osmibitový čítač, ten má 256 hodnot a nabývá hodnot od 0 do 255. Druhým je šestnáctibitový čítač, který nabývá hodnot od 0 do 65 535, což je 65 536 hodnot.

Čítač / časovač může pracovat v několika režimech. Nejjednodušším režimem je tzv. normální režim. Čítač čítá pulzy, dokud nedosáhne maxima, poté přeteče a čítá znova od nuly. Dalším režimem se nazývá CTC. U tohoto režimu se už porovnává obsah čítače s komparačním registrem. Při shodě se obsah čítače vynuluje a čítá se od nuly. Hodnota komparačního registru

udává rozlišení čítače. Pro generování PWM signálu je tu rychlý PWM režim. Tento režim se od ostatních režimů liší tím, že čítá od nuly do maxima a při přetečení se vrací do nuly. Při shodě hodnoty čítače s komparačním registrem je nastavena logická nula na výstupním pinu mikrokontroléru, který je schopen čítač nastavovat. Při přetečení čítače se hodnota výstupního pinu nastaví do logické jedničky. Toto platí pro neinvertující režim, pro invertující režim je nastavování pinu obrácené. Takto vzniká PWM signál pomocí čítače / časovače. Poslední režim se nazývá fázové korigovaný PWM režim. Tento typ poskytuje PWM signál s velkým rozlišením. Čítač zde čítá od nuly do maxima a poté zpátky do nuly. Hodnota komparačního registru se aktualizuje vždy při dosažení maxima. V případě čítání nahoru je při dosažení shody nastaven výstupní pin do logické nuly, při čítání dolů je pin nastaven do logické jedničky (neinvertující režim). Pro invertující režim je nastavování výstupního pinu obrácené.

3 PRINCIP LED A JEJÍ SVĚTELNÉ VLASTNOSTI

Tato kapitola stručně popisuje princip LED (Light-Emitting Diode) diody a RGB LED diody. Kapitola se také zaměřuje na světelné vlastnosti LED diod. Mezi tyto vlastnosti patří např. světelný výkon, svítivost, světelná účinnost atd.

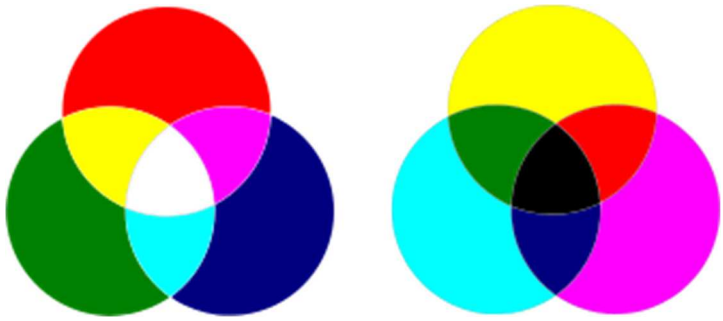
3.1 PRINCIP LED DIODY

Jedná se o polovodičovou součástku, která patří ke světelným zdrojům. Světlo je emitováno na základě elektroluminiscence (Pavelka, 2016). Průchodem elektrického proudu P-N přechodem, který je polarizován v propustném směru, dojde k uvolnění energie ve formě fotonu. Tento typ uvolněné energie představuje nekoherentní záření. Toto záření u LED představuje viditelné světlo.

P-N přechody se vyrábějí z různých polovodičových materiálů (Mikula, 2009). Podle typu materiálu LED diody je dáno, jakou barvou bude LED dioda svítit. Nejčastějšími barvami LED jsou červená, zelená a modrá (RGB barvy). Pomocí těchto tři barev je možné vytvořit různé barvy včetně bíle. Princip založen na transformaci UV záření a míchaní červené, zelené a modré barvy. UV záření vychází z polovodičového materiálu AlGaInN. Použitím červené, zelené a modré fosforečné vrstvy získáme patřičné barvy, jejichž smícháním dostaneme bílé světlo.

3.1.1 Aditivní míchání barev

Barevné vlastnosti světla jsou dány spektrálním složením vyzařujícího zdroje (Sokanský, 2011). Lidské oko nedokáže rozlišovat spektrální složení světla, ale jednotlivé složky spektra si složí a vytvoří výslednou barvu. Jak bylo uvedeno výše, bílá barva může být složena ze třech základních barev (trichromatická soustava RGB), anebo dále pomocí dvou doplňkových barev (dichromatická soustava). Doplňkové barvy jsou získávány mícháním dvou základních barev. Tyto barvy potom společně s černou barvou tvoří barevný prostor CMYK (Cyan, Magenta, Yellow a blacK). Základní barvy tvoří barevný prostor RGB. Pro lidské oko je jedno, zda je výsledná barva vytvořena pomocí barevného prostoru RGB nebo CMYK. Na obr. 3.1 (Sokanský, 2011) je znázorněn princip míchání základních barev a míchání doplňkových barev.



Obr. 3.1 – Míchání základních a doplňkových barev

RGB zdroj světelného záření je náročný na řízení. Je nutné řídit poměr jasu základních barev. Jas je závislý na hodnotě proudu procházejícím LED diodou. Vybrané barvy je možno získat poměrem základních barev podle tab. 3.1.

Tab. 3.1 – Adaptivní míchání barev

R	G	B	barva
0	0	0	Černá
255	0	0	Červená
0	255	0	Zelená
0	0	255	Modrá
255	255	0	Žlutá
255	0	255	Purpurová
0	255	255	Azurová
255	255	255	Bílá

3.2 SVĚTELNÉ PARAMETRY LED DIOD

V této části kapitoly budou uvedeny světelné parametry neboli vlastnosti světelných zdrojů, zejména LED diod. Mezi světelné parametry patří např. světelný tok, svítivost, jas a barevná teplota (Habel, 2013). Tyto veličiny charakterizují množství energie emitované světelným zdrojem ve formě viditelného záření.

3.2.1 Světelný tok

Světelný tok vyjadřuje schopnost zářivého toku způsobit zrakový vjem a základní jednotkou je 1 lumen (zkratka lm). Zářivý tok je definován jako množství energie přenesené prostorem za jednotku času. Jednotkou je 1 Watt. Světelný tok odpovídá zářivému toku vztaženému k citlivosti oka normálního fotometrického pozorovatele.

3.2.2 Svítivost

Svítivost je vyjádřena jako prostorová hustota světelného toku v různých směrech. Tato veličina je zavedena z důvodu toho, že zdroj světla nevyzařuje stejný světelný tok do všech směrů. Jednotkou svítivosti je kandela (zkratka cd).

3.2.3 Jas

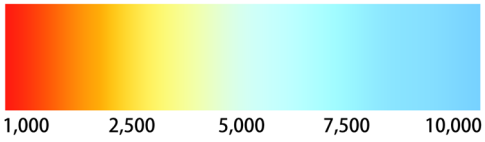
Jas patří mezi velmi důležité veličiny pro člověka. Důvodem je to, že právě jas je vnímán lidským okem. Jas je definován jako hodnota svítivosti vyzářená v daném směru z určité plochy, jednotkou jasu je kandela na čtvereční metr.

3.2.4 Osvětlenost

Tato veličina necharakterizuje přímo světelný zdroj, ale je nejčastěji používána při hodnocení osvětlovacích zařízení. Osvětlenost E je definována jako množství světelného toku dopadající na určitou plochu. Jednotkou osvětlenosti je lux (zkratka lx).

3.2.5 Barevná teplota

Tato vlastnost se také nazývá teplotou chromatičnosti. „Teplota chromatičnosti T_c je rovna teplotě černého zářiče, jehož záření má tutéž chromatičnost jako uvažované záření“ (Habel, 2013). Teplota chromatičnosti se udává v jednotkách kelvin (zkratka K). U teplotních zdrojů světla odpovídá teplota chromatičnosti přibližně teplotě zářivého prvku (např. vlákno žárovky). Podle teploty chromatičnosti se barvy rozdělují na teplé a studené barvy. Dále existuje ekvivalentní teplota chromatičnosti T_e. Ta je určena pro zdroje světla, jejichž spektrální složení zhruba odpovídá teplotnímu zářiči a křivka spektrálního složení je plynulá. Pro světelné zdroje mající nespojitou spektrální křivku je používán pojem náhradní teplota chromatičnosti T_n.



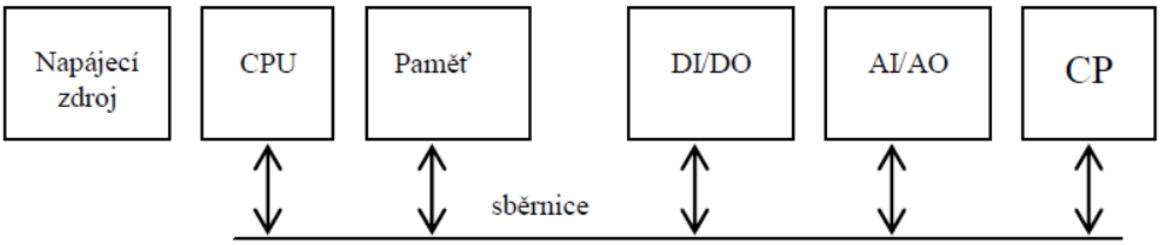
Obr. 3.2 – Diagram teploty chromatičnosti

4 ETHERNET KOMUNIKACE S PLC

PLC je zkratka anglických slov Programmable Logic Controller. V českém jazyce existuje pro PLC název programovatelný automat (PA), jak je uvedeno v (Koziorek, 2007). Jedná se o uživatelsky programovatelný řídicí systém určený pro řízení technologických procesu a strojů. V dnešní době existuje mnoho výrobců, kteří vyrábějí různé řady programovatelných automatů. Mezi nejznámější zahraniční výrobce patří německá společnost SIEMENS, Japonsko má dva zástupce Omron a Mitsubishi a v USA je největší společností Rockwell automation / Allen-Bradley. Česká republika má také svého výrobce PLC, je jím firma TECO.

4.1 POPIS PLC

Každé PLC obsahuje tyto komponenty: centrální procesorovou jednotku (CPU), systémovou paměť, uživatelskou paměť, část se vstupními a výstupními porty (slouží pro ovládání technologického procesu, stroje) a řadu komunikačních rozhraní pro možnost komunikace s dalšími řídicími systémy, ovládacími panely atd. (Koziorek, 2007). Všechny tyto části propojuje systémová sběrnice, nejjednodušší schéma PLC je na obr. 4.1 (Koziorek, 2007).



Obr. 4.1 – Základní schéma programovatelného automatu

Vstupy / výstupy PLC mohou být digitální nebo analogové. Komunikace mezi řídicími systémy probíhá většinou po ethernetu, další možností je sériová komunikace (RS232, RS485). Mezi hlavní výhody PLC systémů patří rychlá realizace, spolehlivost, odolnost, schopnost diagnostikovat závadu, snadná rozšiřitelnost a schopnost komunikace s okolními systémy. Z pohledu konstrukčního se PLC rozdělují na kompaktní a modulární. Kompaktní PLC mají vše v jednom pouzdře. Modulární PLC jsou sestaveny ze samostatného modulu CPU, vstupně / výstupních modulů a dále např. z komunikačních modulů. Program pro PLC je možné vytvořit v několika programovacích jazycích, mezi které patří Ladder diagram, Instruction list, Function block diagram a Structured text.

4.2 ETHERNET

Ethernet je velmi rozšířen jak v komerční oblasti, tak i v průmyslové oblasti. Pomocí něho se velké množství zařízení připojuje k nejpoužívanějšímu informačnímu prostředku dnešní doby – internetu. Komerční ethernet je nedeterministický, proto není vhodný pro průmyslové použití. Pro průmyslové použití je nutné zvýšit determinističnost z důvodu požadavku komunikovat v reálném čase (Koziorek, 2007). To je dosaženo např. zvýšením přenosové rychlosti, plně duplexním přenosem a dalšími vlastnostmi. Aplikováním těchto modifikací vznikne síť nazývaná průmyslový ethernet. Ethernet je definován na spodních dvou vrstvách modelu ISO / OSI. Jde o fyzickou a linkovou vrstvu. Model ISO / OSI popisuje komunikaci mezi dvěma počítači v sedmi souvisejících vrstvách. Zkratka ISO / OSI je z anglických slov International Standards Organization / Open System Interconnection (Mezinárodní organizace pro normalizaci / propojení otevřených systémů).

První vrstvou, na které je definován ethernet, je fyzická vrstva. Ta má na starosti přenos jednotlivých bitů po fyzickém mediu. Fyzickým médiem je většinou kroucená dvojlinka. Dříve se používal koaxiální kabel a v dnešní době jsou hojně využívány optické kabely pro velké přenosové rychlosti. Fyzická vrstva má také na starost definování napěťových úrovní, maximální frekvenci signálu, tvar použitých konektorů, počet kontaktů konektoru a spoustu dalších parametrů. Podle přenosové rychlosti a typu fyzického média se fyzická vrstva dělí do několika skupin.

Nad fyzickou vrstvou je linková vrstva. Hlavním úkolem této vrstvy je zaručit bezchybný přenos celých bloků bitů, označovaných jako rámce. Pokud je rámec přenesen bezchybně, linková vrstva odešle odesílateli informaci o bezchybném přenosu dat. V opačném případě odešle příkaz pro znovu zaslání daného rámce. Ethernet používá pro přenos dat metodu CSMA / CD (zkratka vznikla z anglických slov Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection). Jedná se o metodu mnohonásobného přístupu k médiu s nasloucháním nosné a detekce kolizí.

5 MOŽNOSTI BEZDRÁTOVÉ KOMUNIKACE S MOBILNÍM ZAŘÍZENÍM

Tato kapitola pojednává o tom, jakým způsobem je schopné mobilní zařízení komunikovat s dalšími zařízeními. V dnešní době se používají zejména bezdrátové technologie Wi-fi, Bluetooth a NFC (zkratka z anglických slov Near Field Comunication). Tyto technologie budou v následujících podkapitolách podrobněji popsány. Na konec kapitoly bude popsán a zdůvodněn výběr bezdrátové technologie použitý pro tuto práci.

5.1 WI-FI

V dnešní době je technologie Wi-Fi velmi rozšířená. Mnoho mobilních zařízení se pomocí Wi-Fi připojuje k celosvětové síti internet. Mezi mobilní zařízení patří zejména chytré mobilní telefony, ty by se bez technologie Wi-Fi ani neobešly. Wi-Fi je pouze komerčním názvem. Technické označení je standard 802.11 vydaný organizací IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Tento standard pracuje v bezlicenčních pásmech 2,4 GHz a 5 GHz (Schiller, 2003). Velkou výhodou Wi-Fi technologie je nízká cena a velká přenosová rychlost ve srovnání s ostatními bezdrátovými technologiemi. Nízká cena je dána obrovským množstvím výrobců po celém světě. Toto množství je zapříčiněno tím, že norma 802.11 je volně dostupná na internetu. Existují modifikace normy 802.11, ty se označují písmeny a, b, g, n. Jednotlivé modifikace definují přenosovou rychlost, frekvenci a použitou modulaci. Přehled jednotlivých modifikací je v tab. 5.1 (Eisinger). Dosah Wi-Fi signálu je do 100 m na volném prostranství. V budovách se tato vzdálenost zmenšuje. Při použití směrových antén je možno přenášet Wi-Fi signál až na vzdálenost několika kilometrů.

Tab. 5.1 – Přehled modifikací standardu 802.11

Standard	Pásmo, GHz	Maximální rychlost Mbit/s	Fyzická vrstva
802.11	2,4	2	DSSS
802.11a	5	54	OFDM
802.11b	2,4	11	DSSS
802.11g	2,4	54	OFDM
802.11n	2,4 nebo 5	600	OFDM, MIMO

5.1.1 Princip Wi-Fi

Wi-Fi využívá k přenosu informací rádiové vlny. Může pracovat v režimu infrastruktura nebo v režimu ad-hoc (Eisinger). V režimu infrastruktura je jedno zařízení s názvem Access point neboli přístupový bod (AP) a ostatní zařízení se připojují k AP. Režim ad-hoc umožnuje propojit dvě a více zařízení bez přístupového bodu. Standart 802.11 popisuje stejně jako standard 802.3 poslední dvě vrstvy modelu ISO / OSI, jedná se o vrstvy fyzickou a linkovou. Fyzická vrstva definuje typy modulace. Podle různých standardů se používají modulace DSSS, OFDM a technologie MIMO. DSSS je v překladu přímá sekvence rozprostřeného spektra, využívá rozprostření přenášené informace přes 22 MHz široké pásmo. Tato modulace umožňuje přenášet informace rychlostí až 11 Mbit/s. OFDM znamená ortogonální frekvenční multiplex. Zde se frekvenční pásmo rozdělí na velké množství úzkých kanálů, celková rychlost je dána součet rychlostí v jednotlivých kanálech. Rychlost přenosu dat dosahuje až 54 Mbit/s. MIMO je zkratkou pro mnoho vstupů a mnoho výstupů. Princip této technologie spočívá v tom, že je vysíláno více datových signálů naráz různými telekomunikačními cestami. Tato technologie potřebuje, aby přijímač / vysílač měl více antén.

5.2 BLUETOOTH

Bezdrátová technologie Bluetooth je definována společností IEEE jako standard 802.15 (Schiller, 2003). Řadí se do osobních počítačových sítí PAN (Personal Area Network). Jsou jí vybaveny zejména mobilní telefony, notebooky, ale např. i televize. Důvodem vzniku technologie Bluetooth bylo nahrazení metalických vedení, která spojovala různá zařízení na krátkou vzdálenost. Vstupními parametry při vývoji byly levná krátkodosahová komunikace, nízká energetická náročnost a minimální rozměry modulu. Bluetooth je vhodné pro komunikaci zejména mezi dvěma mobilními telefony, mobilním telefonem a headsetem a pro vytváření místních sítí.

Technologie Bluetooth v ČR pracuje na kmitočtu 2,4 GHz, konkrétně v pásmu od 2 400 MHz do 2 483,5 MHz. Jedná se o bezlicenční pásmo, ve kterém pracuje více technologii. (např. Wi-Fi). Z důvodu minimalizace rušení ostatními technologie používá Bluetooth rychlé přepínaní kanálů – metoda FHSS. Přepínání kanálu probíhá s frekvencí 1 600 kanálů/s. Tímto způsobem je zlepšena kvalita spojení. U Bluetooth technologie je definován výstupní výkon vysílaný anténou. Existují tři výkonové třídy zobrazené v tab. 5.2 (Pravda, 2013).

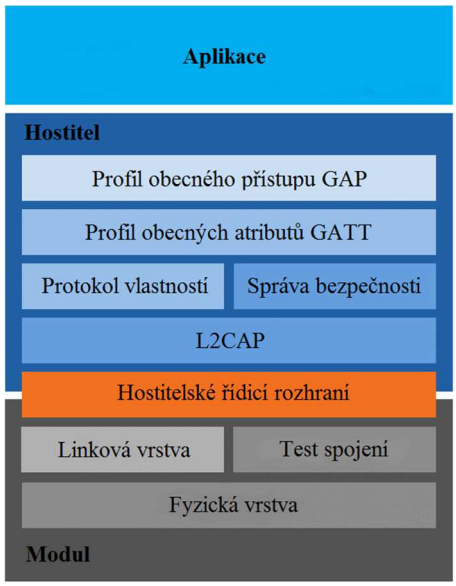
Tab. 5.2 – Parametry výkonových tříd Bluetooth technologie

Výkonová třída	Výstupní výkon, mW			Přibližný dosah, m
	max	nom	min	
1	100	-	1	100
2	2,5	1	0,25	50
3	1	-	-	10

Dvě Bluetooth zařízení při komunikaci tvoří spojení bod-bod (P-P), v případě více než dvou zařízení je spojení typu bod-více bodů (P-MP). Jedno zařízení řídí komunikaci, označováno jako master, ostatní zařízení jsou typu slave. K jednomu masteru je možno připojit až sedm slave zařízení. Dvě a více zařízení sdílející jeden kanál tvoří buňku, která se nazývá piconet. Sloučením více buněk piconet se vytváří skupina nazývaná scatternet.

5.2.1 Specifikace Bluetooth jádra

Každá implementace technologie Bluetooth má své specifické požadavky, ale základní architektura Bluetooth jádra je shodná, jak je uvedeno v (Bluetooth SIG, 2017). Architektura je zobrazena na obr. 5.1 (Bluetooth SIG, 2017), ze kterého vyplývá, že se skládá ze tří základních bloků. Prvním blokem je Bluetooth modul obsahující fyzickou vrstvu, linkovou vrstvu a blok pro testování spojení. Fyzická vrstva popisuje frekvenční pásmo, dolní a horní hranice pásma a rozdělení kanálu. Druhá vrstva je linková, kde jsou definovány formáty paketů, fyzické a logické kanály a provozní režimy pro přenos dat. Blok pro testování spojení umožňuje vysílání a přijímání posloupnosti paketů přes HCI rozhraní nebo přes USART. Druhý blok se nazývá hostitelské řídicí rozhraní HCI (Host Controller Interface) a obstarává komunikaci mezi Bluetooth modulem a třetím blokem. Třetí blok je tzv. hostitel Bluetooth a obsahuje několik protokolů. První protokol slouží pro řízení a adaptaci logických spojení L2CAP (Link Layer Control and Adaptation Protocol). Stará se o oddělení aplikací a služeb, provádí segmentaci dat, multiplexaci a demultiplexaci kanálu v rámci logického spoje. Dále umožňuje detekci a následnou korekci chyb. Druhým protokolem je protokol atributů ATT (Attributte protocol). Definuje klient / server protokol pro výměnu dat po navázání spojení. Tento protokol se používá zejména u Bluetooth 4.0 zařízení. Další částí je správa bezpečnosti (Security manager). Ta definuje integritu párování, ověřování a šifrování dat mezi zařízeními Bluetooth. Dále poskytuje sadu nástrojů bezpečnostních funkcí pro nejrůznější aplikace. Následují poslední dva protokoly, které se používají pouze u Bluetooth 4.0 implementace.



Obr. 5.1 – Architektura Bluetooth jádra

Prvním z nich je profil obecných atributů GATT (Generic Attribute profile). Ten definuje hierarchickou strukturu dat komunikujících Bluetooth 4.0 zařízení. Profil obsahuje služby a charakteristiky pro přenos dat mezi zařízeními. Služba obsahuje charakteristiky, případně odkazy na další služby. Charakteristika se skládá z typu (reprezentovaný UUID), hodnoty, sady vlastností a sady oprávnění. Druhým je profil obecného přístupu GAP (Generic Access Profile). Úkolem tohoto profilu je sdělit zařízením Bluetooth, jak se mají zobrazovat jako dostupná a následně spolu navázat komunikaci.

5.2.2 Bluetooth BR / EDR

Specifikace Bluetooth 2.0 / 2.1 s názvem Bluetooth Basic Rate / Enhaced Data Rate (BR / EDR) patří mezi nejpoužívanější specifikace technologie Bluetooth. Basic rate lze přeložit do češtiny jako základní přenosová rychlost, která představuje rychlost 1 Mbit za sekundu. Enhaced data rate představuje tzv. rozšířenou přenosovou rychlost dosahující až 2 Mbit za sekundu. Hlavní výhodou této specifikace je jednoduché a bezpečné párování zařízení. Pro párování je použit šestimístný kód. Frekvenční pásmo u této specifikace je rozděleno na 79 kanálů po 1 MHz.

5.2.3 Bluetooth Low Energy

Specifikace Bluetooth Low Energy (nízká energetická náročnost) je označovaná jako verze 4.0. Zařízení s touto specifikací se často označují jako BLE zařízení. Výhodou BLE

zařízení je, že mají velmi malou energetickou náročnost a poměrně velký dosah. Proto tato specifikace byla vyvinuta zejména pro aplikace, které mají bateriový zdroj elektrické energie a nevyžadují velké datové přenosy. Zde je frekvenční pásmo rozděleno na 40 kanálů. Kanály jsou dvou typů, prvním typem jsou datové kanály a druhým typem jsou inzertní kanály. Inzertní kanály jsou tři a zbylých 37 kanálu je datových.

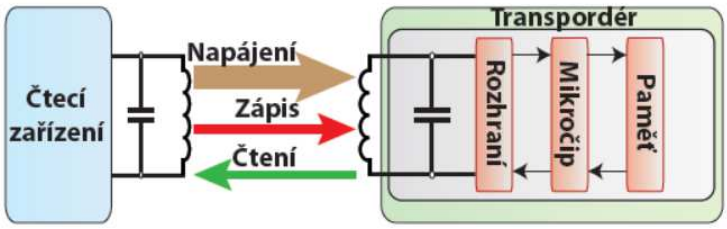
5.3 NEAR FIELD COMMUNICATION

Near field comunication znamená v českém překladu komunikace v blízkém poli (Havlíček, 2015). Jedná se poměrně o mladou technologii bezdrátového přenosu informací. NFC bylo vyvinuto z technologie RFID (Radio frequency identification), která slouží zejména pro identifikaci např. osob, zvířat a produktů. NFC patří od roku 2003 mezi ISO / IEC standard. Dále byla založena společnostmi Nokia, Sony a Phillips nezisková asociace NFC Forum.

5.3.1 Technologie NFC

U NFC probíhá komunikace na frekvenci 13,56 MHz pomocí elektromagnetické indukce (Rosenberg, 2013). Aby dvě zařízení mezi sebou mohla komunikovat přes NFC, vzdálenost mezi nimi musí být obvykle maximálně v jednotkách centimetrů. Rychlost přenosu dat je dána vzdáleností komunikujících zařízení a typem použitého standardu. Rychlost je poměrně nízká, pohybuje se od 106 kbit/s do 424 kbit/s. NFC slouží pro rychlý přenos malých informací, z tohoto důvodu je uvedená rychlost postačující. Hlavní výhody NFC představují absence složitého nastavování komunikace a komunikačního kanálu. Jednou z dalších výhod je nízká energetická náročnost. NFC zařízení mohou být napájena z baterie (aktivní) nebo jsou napájena pomocí elektromagnetické indukce z čtecího zařízení (pasivní).

Princip komunikace je znázorněn na obr. 5.2 (Rosenberg, 2013) a dále bude popsán. Čtecí zařízení je napájeno z baterie nebo ze sítě pomocí napájecího adaptéru. Transpondér zde figuruje jako pasivní zařízení, a tudíž nemá své vlastní napájení. Energie pro odeslání informace se získá ze čtecího zařízení. Základem NFC komunikace je elektromagnetické ovlivňování cívek. Ze čtecího zařízení se periodicky vysílá elektromagnetická vlna o dané frekvenci. V případě, že pasivní zařízení je v dostatečné blízkosti, začne přijímat signál. V tuto chvíli se začne indukovat napěti na přijímací anténě transpondéru. Naindukované napětí začne nabíjet kondenzátor. Nabitý kondenzátor je potom zdrojem pro spuštění mikrokontroléru. Po spuštění



Obr. 5.2 – Princip NFC komunikace

mikrokontrolér odešle odpověď na dotaz, který přijal od čtecího zařízení. U aktivního transpondéru je po přijmutí dotazu okamžitě odeslána odpověď. Tyto transpondéry mohou pracovat na větší vzdálenosti.

5.4 VÝBĚR BEZDRÁTOVÉ TECHNOLOGIE

Pomocí bezdrátové technologie bude vzdáleně řízený zdroj komunikovat s mobilním zařízením. Hlavním požadavkem na bezdrátovou technologii je její dosah. To znamená, jak daleko od sebe může být vzdáleně řízený zdroj a mobilní zařízení. Přenosová rychlost zde není až tak důležitá z důvodu přenášení malých objemů dat. Energetická náročnost bezdrátové technologie zde také nehraje žádnou roli, protože vzdáleně řízený zdroj bude napájen ze sítě. NFC technologie je schopna komunikace jen na vzdálenost několika málo centimetrů, tudíž možnost použít tuto technologii odpadá. Bluetooth i Wi-Fi mají podobný dosah. Liší se v přenosových rychlostech, které zde ale nehrají roli. Mobilní zařízení se pomocí Wi-Fi připojují k internetovým sítím. V případě, že by se chtělo mobilní zařízení připojit k vzdáleně řízenému zdroji, muselo by se od této sítě odpojit. Při použití technologie Bluetooth zůstane mobilní zařízení připojeno k Wi-Fi síti a současně se bude moci připojit i k vzdáleně řízenému zdroji. Z těchto důvodu je pro tuto práci vybrána technologie Bluetooth, konkrétně specifikace Bluetooth Low Energy.

6 PROGRAMOVÁNÍ PRO PLATFORMU ANDROID

Android je název operačního systému od společnosti Google. V dnešní době je tento operační systém rozšířen do velkého množství mobilních zařízení, mezi které patří mobilní telefony, tablety a dále např. chytré hodinky. Jedná se o otevřený software (open source), což znamená, že kdokoli může použít tento systém a osadit jím své zařízení.

Programování pro platformu Android je založeno na programovacím jazyce Java (Grant, 2013). Nejpoužívanější vývojová prostředí jsou Eclipse a Android Studio. Samotná vývojová prostředí nestačí pro to, aby se mohlo začít programovat. Nutné je ještě doinstalovat vývojový balíček Java JDK (Java Development Kit) od firmy Oracle. Dále je nutné mít programový vývojový balíček SDK (Software Development Kit), který je dostupný na stránkách Android developer.

Aplikace běžící pod operačním systémem Android se dosti liší od aplikací určených pro běžné počítače. Pro android aplikace se používají jiné nástroje, architektura je jiná a existuje větší množství omezení. Android aplikace např. nesmějí vytěžovat procesor mobilního zařízení na maximum, dále je nutné, aby správně uvolňovaly alokovanou paměť, jinak by mohlo dojít k zhroucení operačního systému.

6.1 STRUKTURA SYSTÉMU ANDROID

Operační systém Android má odlišnou strukturu od operačního systému, který běží na běžných počítačích. Struktura systému Android je vytvořena tak, aby se co nejvíce zamezilo chybám při běhu systému. Mezi základní bloky systému Android patří aktivity, služby, poskytovatelé obsahu, záměry, přijímače a oznámení.

6.1.1 Aktivity

Aktivity jsou základem pro vytváření uživatelského rozhraní (Grant, 2013). Lze si je představit jako okna u běžné aplikace na počítači. Aktivita má definovaný životní cyklus. Ten začíná spuštěním aktivity a vytvořením jejího objektu. V následujícím stavu aktivita běží a je vidět na mobilním zařízení. Pokud aktuální aktivitu přeruší aktivita s vyšší prioritou, dostane se aktuální aktivita do stavu pauzy. V tomto stavu je aktuální aktivita vidět, ale je překryta aktivitou s vyšší prioritou, není možné s ní pracovat. Dalším stavem je stav stop, při tomto stavu není aktivita vidět, ale její objekt nebyl zatím zničen. Je možné její restartování. Posledním

stavem je ukončení aktivity. Systém Android umožňuje spouštění nových aktivit a návrat k předchozím aktivitám.

6.1.2 Služby

Služby běží na pozadí a nepotřebují pro svůj běh uživatelské rozhraní (Vávrů, 2013). Běží v novém vlákně paralelně s hlavním vláknem dané aplikace. Používají se zejména pro dlouho trvající procesy, mezi které patří např. přehrávání hudby na pozadí, stahování dat, navázání spojení pomocí Bluetooth technologie a jiné. Službu je možné vytvořit a spustit ručně pomocí uživatelského rozhraní nebo pomocí meziprocesové komunikace. Služby běží do té doby, dokud nejsou ukončeny normálním způsobem nebo pokud není nutné uvolnit paměť, pak je systém ukončí předčasně. Mají životní cyklus podobný aktivitám.

6.1.3 Poskytovatelé obsahu

Poskytovatelé obsahu umožnují přistupovat k datům uložených v paměti zařízení pomocí více aplikací. Zajišťují úplnou kontrolu nad daty.

6.1.4 Záměry

Záměry (anglicky Intents) jsou systémové zprávy. Kolují v zařízení a upozorňují aplikace na různé události. Události představují akce jako např. vložení SD karty, odeslání SMS zprávy, spuštění nové aplikace. Záměr je obecně složen z činnosti, parametru a aplikace, která činnost provede. Existují dva typy záměrů. Prvním z nich je explicitní záměr. Ten má přímo definováno, pomocí jaké aplikace se daná činnost vykoná. Druhým je implicitní záměr, u kterého uživatel vybírá aplikaci pro vykonání činnosti.

6.1.5 Přijímače

Přijímače jsou určeny pro naslouchání informací z okolí, popřípadě zevnitř aplikace. Stejně jako služby nepotřebují uživatelské rozhraní. Je možné je použít např. pro příjem dat od vzdáleného Bluetooth zařízení, reakci na nízký stav baterie a další.

6.1.6 Oznámení

Oznámení neboli notifikace (z anglického slova notifications) slouží pro sdělení dané informace uživateli. Na tuto informaci může, ale i nemusí uživatel reagovat. Existují tři typy

oznámení: toast oznámení, oznámení ve stavovém řádku a oznámení pomocí dialogového okna. Toast oznámení slouží pro rychlou informaci uživateli, kdy se neočekává reakce na tuto informaci. Při oznámení ve stavovém řádku se v něm vytvoří ikona aplikace a je možné toto oznámení signalizovat zvukovým signálem nebo pomocí LED diody. Při oznámení pomocí dialogového okna je nutná reakce uživatele.

7 KONSTRUKCE VZDÁLENĚ ŘÍZENÉHO ZDROJE

Touto kapitolou začíná praktická část této diplomové práce. Vzdáleně řízený zdroj slouží pro napájení čtveřice LED pásků elektrickým proudem, přičemž každý pásek je napájen samostatně. To znamená, že každý pásek může vyzařovat světlo o téměř libovolné barvě. Zdroj je vzdáleně řízen přes ethernetové rozhraní programovatelným logickým automatem. Další možnost ovládání zdroje je pomocí aplikace v mobilním zařízení. Mobilní zařízení se zdrojem komunikuje bezdrátově pomocí technologie Bluetooth. V této kapitole bude popsán výběr výkonové spínací součástky pro regulaci stejnosměrného výkonu a výběr mikrokontroléru vhodného pro tuto práci. Dále bude popsán převodník ethernet-sériová linka pro komunikaci s programovatelným logickým automatem a Bluetooth modul pro komunikaci s mobilním zařízením. Závěr kapitoly je věnován popisu schéma a desky plošného spoje.

7.1 VÝBĚR VÝKONOVÉ SPÍNACÍ SOUČÁSTKY

Jak bylo uvedeno v kapitole 2, pro regulaci stejnosměrného výkonu pomocí PWM signálu je zapotřebí výkonových spínacích součástek. Výkonová spínací součástka reguluje proud procházející do patřičné větve RGB LED pásku, tímto způsobem se ovlivňuje jas patřičné barvy. Kmitočet spínání výkonové součástky musí být větší než 60 Hz. Tento kmitočet je dán nedokonalostí lidského oka. V případě, že LED pásek bude blikat o frekvenci vyšší než 60 Hz, lidské oko to bude vnímat, jako by pásek plynule svítil. LED pásky jsou napájeny usměrněným síťovým napětím o kmitočtu 100 Hz. Síťové napětí je usměrněno z důvodu toho, že LED dioda svítí jen v propustném směru, jak bylo uvedeno v oddíle 3.1. Další důvod je ten, že by LED pásek blikal při napájení síťovým napětím 230 V, 50 Hz.

V oddíle 2.2 jsou uvedeny jako výkonové spínací součástky tyristory a MOS tranzistory. Hlavní rozdíl mezi tyristorem a MOS tranzistorem je v principu sepnutí a rozepnutí. Tyristor se ideálně spíná přivedením kladného napětí mezi řídicí elektrodu a katodu. Rozepnutí probíhá při poklesu proudu tyristorem pod hodnotu přídržného proudu I_H nebo přivedením závěrného napětí mezi anodu a katodu. MOS tranzistor se sepne přivedením kladného napětí mezi gate a source. Při přivedení nulového napětí mezi gate a source se MOS tranzistor rozepne.

Přivedením usměrněného síťového napětí na anodu a katodu tyristoru se bude tyristor sám vypínat. To je dáno tím, že toto napětí je tvořeno půlvlnami, kde mezi jednotlivými půlvlnami nebude procházet tyristorem proud a tyristor se rozepne. To je problém použití tyristoru pro tuto práci. V případě, že PWM signál generovaný mikrokontrolérem nebude synchronizovaný s usměrněným síťovým napětím, bude tyristor sepnut po každé jinou dobu

v rámci periody. Toto by znamenalo blikání LED pásku. Při použití MOS tranzistoru je sepnutí a rozepnutí tranzistoru dáno přesně tvarem PWM signálu. Z tohoto důvodu je pro tuto práci zvolen MOS tranzistor.

7.1.1 Výběr MOS tranzistoru

V pododdíle výše je uveden důvod použití MOS tranzistoru pro regulaci stejnosměrného výkonu. V pododdíle 2.2.2 jsou uvedeny nejdůležitější parametry MOS tranzistoru. Na základě těchto parametrů je důležité vyspecifikovat přesný typ MOS tranzistoru, který je vhodný pro aplikaci v této práci.

Prvním důležitým parametrem je maximální napětí, které můžeme přivést mezi drain a source označované U_{DS}. Hodnota napětí U_{DS} použitého MOS tranzistoru musí být větší než hodnota napětí 328,57 V. Jedná se o maximální hodnotu síťového napětí 230 V, 50 Hz. Hodnota 230 V je pouze efektivní hodnotou síťového napětí. Dalším velmi důležitým parametrem je hodnota odporu tranzistoru v sepnutém stavu $R_{DS(on)}$. Na tomto parametru jsou závislé ztráty v tranzistoru a s tím související ohřívání součástky. Pokud tranzistorem mají procházet větší proudy, je požadováno, aby hodnota $R_{DS(on)}$ byla co nejmenší. Pro řízení MOS tranzistoru je velmi důležitým parametrem vstupní kapacita C_{iss}. Na tomto parametru je závislý vstupní nabíjecí proud a s ním související vybíjecí proud. Je samozřejmě požadováno, aby tento parametr byl malý a nezatěžoval se řídicí obvod.

Na základě výše uvedených parametrů se pro tuto práci jeví jako nejvhodnější použití MOS tranzistoru IRF740PbF od výrobce Vishay (VISHAY, 2011). Tranzistor je v pouzdře TO-220AB. Výhodou tohoto pouzdra je kovová chladící plocha. Ta musí být od chladiče odizolována, jelikož je na ní napětí U_{DS}. Tranzistor má hodnotu maximálního napětí U_{DS} = 400 V, tato hodnota plně odpovídá požadavkům. Hodnota odporu tranzistoru v sepnutém stavu $R_{DS(on)}$ je 0,55 Ω. Z pohledu toho, že tranzistorem bude procházet proud o maximální velikosti 0,5 A, je tato hodnota odporu dostačující. Další parametry vybraného MOS tranzistoru jsou v tab. 7.1. Všechny uvedené parametry jsou při teplotě T_j =25 °C.

Tab. 7.1 – Parametry tranzistoru IRF740PbF

Parametr	Hodnota	Jednotka
V_{DS}	400	V
V_{GS}	±20	V
I_{DM}	6,3	A
P_D	125	W
T_j, T_{stg}	(-55; +150)	°C
$R_{DS(on)}$	0,55	Ω
C_{iss}	1 400	pF

7.2 VÝBĚR MIKROKONTROLÉRU

Výběr mikrokontroléru je velmi důležitý. Hlavním úkolem mikrokontroléru je řízení MOS tranzistorů, komunikace s programovatelným logickým automatem a s mobilním zařízením. Mikrokontrolér musí být schopen řídit dvanáct MOS tranzistorů. Počet dvanáct je dán čtyřmi LED pásky, kde každý pásek má tři kanály pro řízení RGB diod. Pro řízení těchto tranzistorů je potřeba čtyřech čítačů / časovačů, kde u každého je možno nastavit tři hodnoty komparačního registru pro generování přerušení. Komunikace s programovatelným automatem bude probíhat přes převodník ethernet-sériová linka. S mobilním zařízením bude mikrokontrolér propojen pomocí sériové linky přes Bluetooth modul, který je taktéž vybaven sériovou linkou.

Při studiu na vysoké škole jsem se seznámil s mikrokontroléry AVR od výrobce Atmel, a proto je upřednostňuji pro tuto práci. Konkrétně se jedná o 8-bitové mikrokontroléry řady ATmega. Na základě výše uvedených úkolů jsem vybral následující typy mikrokontrolérů uvedené v tab. 7.2 (Atmel, 2014a). Uvedené typy se liší hlavně flash pamětí, její velikost je i promítnuta do označení typu mikrokontroléru. Pro tuto práci postačuje i nejmenší paměť 64 kB. Další rozdíly jsou v počtu pinů pouzdra, s ním souvisí i počet USART rozhraní a počet PWM kanálů. Nejvýhodnější je použití mikrokontroléru s dvanácti PWM kanály, protože je potřeba řídit dvanáct MOS tranzistorů. V tomto případě by MOS tranzistory byly řízeny přímo těmito kanály, které jsou vyvedeny na piny mikrokontroléru. Program pro mikrokontrolér by byl poměrně jednoduchý. Mikrokontroléry s tímto počtem PWM kanálů mají 100-pinové pouzdro, které pro své malé rozměry může komplikovat osazení pouzdra na desku plošného spoje. Z tohoto důvodu jsem pro tuto práci vybral mikrokontrolér ATmega1281 s 64-pinovým pouzdrem.

Tab. 7.2 – Parametry vybraných mikrokontrolérů ATmega

	ATmega640	ATmega1280	ATmega1281	ATmega2560	ATmega2561
frekvence, MHz	(0; 8) nebo (0; 16)	(0; 8) nebo (0; 16)	(0; 8) nebo (0; 16)	(0; 16)	(0; 16)
flash paměť, kB	64	128	128	256	256
počet pinů	100	100	64	100	64
USART rozhraní	4	4	2	4	2
počet PWM kanálů	12	12	6	12	6
počet 8-bitových čítačů / časovačů	2	2	2	2	2
počet 16-bitových čítačů / časovačů	4	4	4	4	4
napájecí napětí, V	(2,7; 5,5) nebo (4,5; 5,5)	(2,7; 5,5) nebo (4,5; 5,5)	(2,7; 5,5) nebo (4,5; 5,5)	(4,5; 5,5)	(4,5; 5,5)

7.3 PŘEVODNÍK ETHERNET-SÉRIOVÁ LINKA

Převodník ethernet-sériová linka umožnuje komunikaci mezi zařízením vybaveným ethernetovým rozhraním a zařízením obsahující sériové rozhraní (USART). V této práci umožňuje převodník komunikaci mezi programovatelným logickým automatem a mikrokontrolérem vzdáleně řízeného zdroje. Komunikace po ethernetu je zvolena z důvodu toho, že programovatelné logické automaty mají ethernetové rozhraní zabudováno přímo v CPU modulu. CPU modul je osazen konektorem RJ-45. Proto není nutné rozšiřovat programovatelný logický automat o rozšiřovací moduly, které umožnují komunikovat např. po sběrnici RS 232 nebo RS 485. Rozšíření programovatelného logického automatu je finančně náročné.

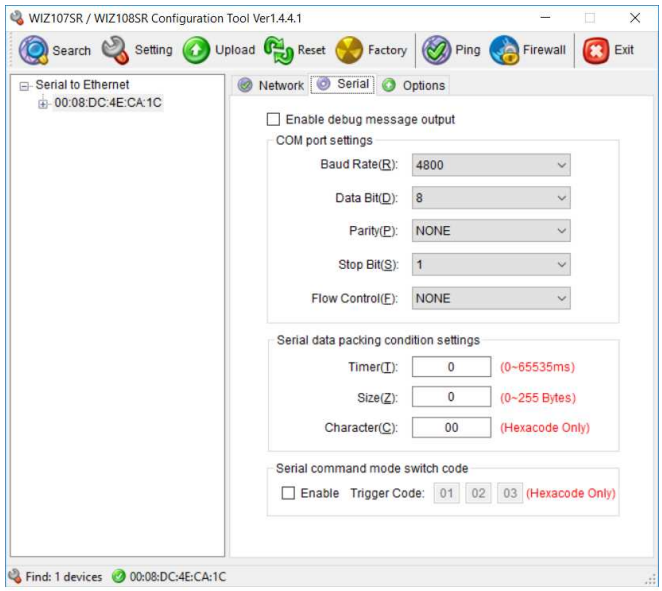
Jako převodník ethernet-sériová linka je pro tuto práci použit typ WIZ107SR-TTL od výrobce WIZnet (WIZnet, 2013). Přenosová rychlost ethernetové části je 10/100 Mb/s, sériové rozhraní má udávanou maximální rychlost 230 kb/s. Převodník umožňuje ruční zadávání IP adresy nebo je možné adresu přidělovat pomocí DHCP serveru. Převodník na straně sériové linky je kompatibilní s 3,3 V TTL logikou. To je dáno napájecím napětím převodníku, které je +3,3 V. Výrobce udává maximální možný proud 250 mA. Na to je nutné brát ohled při návrhu napájecího zdroje. Sériová linka převodníku je dostupná na 12-pinovém konektoru. Popis jednotlivých pinů konektoru je uveden v tab. 7.3 (WIZnet, 2013).

Tab. 7.3 – Popis pinů převodníku WIZ107SR-TTL

Pin	Název	Popis
1 a 2	VCC	Napájení +3,3 V
3	RXD	Příjem dat
4	nRESET	Systémový reset (aktivní v logické nule)
5	RTS	Požadavek na vysílání
6	nFAC_RST	Tovární nastavení (aktivní v logické nule)
7	TXD	Vysílání dat
8	HW_TRIG	Při navázaní spojení je v logické nule, pro ukončení spojení v logické jedničce
9	CTS	Povolení k vysílání
10	NC	Nevyužito
11 a 12	GND	Zem 0 V

Pro tuto práci je důležité správně nastavit převodník WIZ107SR-TTL. To se provádí pomocí programu, který poskytuje výrobce převodníku zdarma ke stažení. Program se nazývá *Configuration Tool* a je možné ho stáhnout na stránkách výrobce http://www.wiznet.io/. Před samotným nastavováním pomocí uvedeného programu je nutné připojit převodník ke zdroji napětí +3,3 V. Dále je nutné propojit převodník s počítačem pomocí klasického ethernetového kabelu.

Po otevření okna programu je nutné kliknout na ikonu *Search*. V následujícím okně, které se zobrazilo, se vybere možnost *UDP broadcast* a klikne se na ikonu *Search*. V případě, že je převodník připojen k počítači, měla by se v pravém sloupci zobrazit jeho MAC adresa. Po kliknutí na MAC adresu daného převodníku se zpřístupní možnosti nastavení v záložkách *Network*, *Serial* a *Options*. V záložce *Network* je možno nastavit přidělovaní IP adresy, v případě volby statické IP dresy je nutné ji vyplnit a dále vyplnit masku podsítě a bránu. V této záložce se také volí, v jakém režimu bude převodník pracovat. Je možno vybrat mezi TCP klient, TCP server, TCP kombinace a režimem UDP. Záložka *Serial* slouží pro nastavení parametrů sériové linky. Jedná se o parametry jako přenosová rychlost, počet datových bitů, parita, počet stop bitů a řízení toku dat. Řízení toku dat je možno pomocí pinů CTS a RTS. Pomocí pinu CTS se povoluje vysílaní a pomocí pinu RTS se vysílá dotaz, jestli je možno vysílat. Dále je tu možno nastavit, jak mají být zabalena data, která přišla po sériové lince, před odesláním do ethernetové části. Poslední možností v této záložce je umožnění konfigurace převodníku přes sériovou linku. V záložce *Options* lze nastavit doba, po kterou se má udržet spojení v případě, že nejsou přenášena data. Dále je tu možné nastavit dobu, po které se převodník znovu pokusí o navázaní spojení, tato doba lze nastavit pouze v režimu TCP klient. V této záložce lze také nastavit identifikační kód převodníku, heslo, které je nutné zadat před odesíláním dat ze zařízení na straně ethernetu (pouze pro režim TCP server).



Obr. 7.1 – Okno programu Configuration Tool

Pro tuto práci je nutné nastavit jednotlivé parametry převodníku. Nejprve se nastaví parametry v záložce *Network*. Je zvolena statická IP adresa 192.168.0.20 s portem o hodnotě 2000. Maska podsítě (Subnet mask) je nastavena na 255.255.255.0 a brána (Gateway) má hodnotu 192.168.0.1. Režim převodníku je nastaven na TCP server. Následuje nastavení parametrů záložky *Serial*. Je důležité zakázat převodníku zasílat debagovací zprávy. Rychlost sériového přenosu (Baud Rate) je zvolena 4 800 bit/s a datový rámec má velikost 8 bitů. Přenos dat je bez paritního bitu a počet stop bitů je zvolen 1 bit. Řízení toku dat není vyžadováno a zabalení dat přicházejících po sériové lince taktéž není vyžadováno. Jelikož převodník není zapotřebí konfigurovat přes sériovou linku, tak je tato možnost deaktivována. Na obr. 7.1 je možno vidět nastavené parametry v záložce *Serial*. V záložce *Options* není nutné nastavovat žádné parametry. Nahrání uvedených parametrů do převodníku proběhne pomocí ikony *Settings*. Vedle této ikony je to ikona pro aktualizace firmwaru převodníku (*Upload*), ikona pro reset převodníku (*Reset*), ikona pro tovární nastavení (*Factory*) a nástroj pro ověření spojení (*Ping*).

7.4 BLUETOOTH MODUL

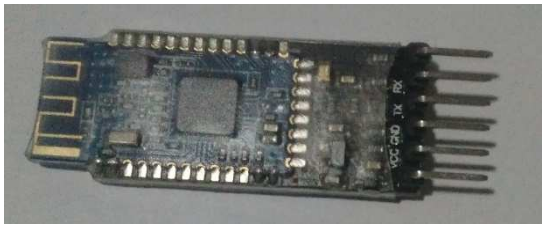
V oddíle 5.4 je zdůvodněn výběr bezdrátové technologie použité pro tuto práci. Pro komunikaci mezi mobilním zařízením a vzdáleně řízeným zdrojem je použita technologie Bluetooth, konkrétně verze Bluetooth 4.0 Low Energy. Pomocí aplikace v mobilním zařízení bude probíhat nastavování barev jednotlivých LED pásků.

Pro tuto práci jsem vybral Bluetooth modul HM-10 od výrobce JNHuaMao Technology (JNHuaMao, 2014). Modul HM-10 je schopen komunikovat s jiným zařízením využívající technologii Bluetooth 4.0. Přenášená data jsou dále přenášena pomocí sériové linky, kterou je tento modul vybaven. V této práci jsou data mezi modulem HM-10 a mikrokontrolérem ATmega1281 přenášena pomocí sériové linky a mezi mobilním zařízením a Bluetooth modulem probíhá přenos dat bezdrátově. Pro napájení modulu je zapotřebí napájecí napětí +3,3 V při němž může modul odebírat proud ze zdroje o velikosti až 50 mA. Výrobce udává, že odebíraný proud v režimu spánku, je v rozsahu od 400 µA do 1,5 mA. Vysílaný výkon modulem je možné nastavovat od -23 dBm do 6 dBm. Na tom závisí i maximální vzdálenost mezi komunikujícími zařízeními, tu výrobce udává až na 100 m v otevřeném prostranství. Modul HM-10 je možné provozovat v teplotách okolí, které se pohybují od -5 °C do +65 °C. Data jsou přenášena maximální rychlostí 6 kB/s, velikost přijímaných a vysílaných dat není nijak omezena a zabezpečení přenosu je realizováno pomocí šifrování a autentifikace. Autentifikace spočívá v tom, že než se vůbec začnou přenášet data je nutné, aby se vzdálené zařízení spárovalo s modulem HM-10. Párování probíhá po zadání zvoleného hesla. Konfigurace tohoto Bluetooth modulu probíhá pomocí AT příkazů. Modul je schopen pracovat v režimu master i slave.

7.4.1 Konfigurace Bluetooth modulu HM-10

Výhodou HM-10 modulu je jeho jednoduchá konfigurace pomocí AT příkazů. AT příkazy je možno zasílat pomocí sériové linky nebo pomocí druhého Bluetooth zařízení. Všechny AT příkazy sloužící pro konfiguraci je možné naleznout v technickém listu (JNHuaMao, 2014). Použité AT příkazy pro tuto práci jsou uvedeny v tab. 7.4.

Před samotným nastavováním HM-10 modulu je nutné tento modul propojit s počítačem. Pro zjednodušení propojení s počítačem jsem vybral HM-10 modul osazený na tzv. základní desce. Modul se základní deskou je možné vidět na obr. 7.2. Tato základní deska



Obr. 7.2 – Bluetooth modul HM-10 se základní deskou

převádí komunikační signály z 5 V logiky na 3,3 V logiku. Dále konvertuje napájecí napětí

5 V na napětí 3,3 V, vhodné pro napájení modulu. Základní deska je osazená šesticí pinů. Jde o piny STATE, VCC, GND, TXD, RXD a BRK. Piny STATE a BRK nebudou pro nastavení modulu použity. Pro připojení modulu k počítači je nutné použití USB kabelu TTL-232R-3V3-WE s integrovaným sériovým převodníkem. Tento USB kabel má na jedné straně klasický USB konektor a na druhé straně z kabelu vychází šest vodičů. Vodiče jsou barevně označeny. Černou barvu má vodič označený GND (zem), tento vodič se připojí na GND pin na základní desce modulu. Červenou barvou je označený vodič VCC (napájecí napětí +5 V), tento vodič je nutné připojit k pinu VCC na základní desce. Tímto způsobem je zajištěno napájení Bluetooth modulu. Pro komunikaci je nutné ještě propojit dva vodiče kabelu se základní deskou. První vodič má oranžovou barvu s označením TXD, tento vodič je nutné připojit na pin RXD na základní desce. Druhý vodič je žluté barvy a označen je RXD. Tento pin zbývá připojit na TXD pin na základní desce modulu HM-10. Je nutné dát pozor, aby nebyl propojen vodič RXD s pinem RXD na základní desce, resp. TXD vodič s pinem TXD. V tomto případě by sériová komunikace nefungovala.

Tab. 7.4 – Použité AT příkazy

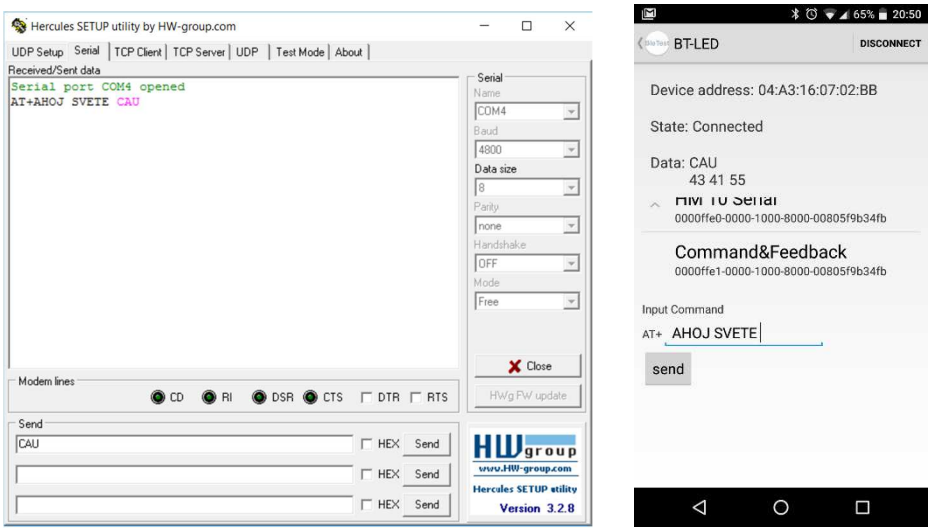
Formát zprávy	Odpověď	Parametr	Popis příkazu
AT	OK	-	Test spojení
AT+ADTY[Par]	OK+Set:[Par]	[Par] = 0	Nastavení modulu, aby byl zobrazitelný a připojitelný ostatními zařízeními
AT+BAUD[Par]	OK+Set:[Par]	[Par] = 5	Nastavení přenosové rychlosti na 4 800 bit/s
AT+IMME[Par]	OK+Set:[Par]	[Par] = 0	Pokud je modul napájen, tak je schopen pracovat.
AT+MODE[Par]	OK+Set:[Par]	[Par] = 0	Nastavení režimu přenosu dat
AT+NAME[Par]	OK+Set:[Par]	[Par] = BT-LED	Nastavení názvu modulu
AT+PARI[Par]	OK+Set:[Par]	[Par] = 0	Není nastaven paritní bit
AT+PIN[Par]	OK+Set:[Par]	[Par] = 123456	Nastavení hesla pro spárování.
AT+POWE[Par]	OK+Set:[Par]	[Par] = 3	Nastavení vyzařovaného výkonu
AT+RENEW	OK+RENEW	-	Tovární nastavení
AT+ROLE[Par]	OK+Set:[Par]	[Par] = 0	Nastavení režimu Slave
AT+STOP[Par]	OK+Set:[Par]	[Par] = 0	Nastavení jednoho stop bitu
AT+TYPE[Par]	OK+Set:[Par]	[Par] = 3	Nastavení párování pomocí kódu

Po fyzickém připojení k počítači je nutné nastavit parametry sériové linky, aby se shodovaly s výchozími parametry nastavenými v HM-10 modulu. Pro zasílání AT příkazů pomocí počítače je vhodné použití programu Hercules. V programu Hercules je nutné přejít na záložku *Serial* a nastavit opět parametry sériové linky shodné s výchozími parametry HM-10

modulu. Otevření sériového portu lze provést pomocí tlačítka *Open*. Po otevření sériového portu je možné začít posílat konfigurační AT příkazy. Pro ověření spojení se jako první příkaz posílá příkaz „AT“, pokud je spojení navázáno přijde zpátky odpověď „OK“. Po ověření spojení je modul HM-10 nakonfigurován pomocí příkazů uvedených v tab. 7.4.

7.4.2 Ověření komunikace s Bluetooth modulem HM-10

V pododdíle výše se provedlo nastavení Bluetooth modulu HM-10 pomocí AT příkazů. V tomto pododdíle bude ověřena komunikace mezi tímto modulem a mobilním zařízením. Modul HM-10 je stále propojen s počítačem, jak je uvedeno v pododdíle výše, a pro ověření komunikace je použit také program Hercules. Pomocí něho budou posílaná data do mobilního zařízení. V mobilním zařízení je nainstalována aplikace s názvem BluetoothBle HM10 Test. Tato aplikace je volně ke stažení na Google Play. Aplikace slouží pro ověření komunikace mezi mobilním zařízením a Bluetooth modulem HM-10. Aby aplikace byla schopna zobrazit nalezená Bluetooth zařízení je nutné v mobilním zařízení nastavit povolení sledování polohy. Bez tohoto nastavení aplikace nezobrazí dostupná Bluetooth zařízení, a nebude možno se k žádným zařízením připojit. Další nezbytnou věcí je zapnutí Bluetooth technologie na daném mobilním zařízení. Po splnění těchto náležitostí a spuštění aplikace BluetoothBle HM10 Test se po krátké době objeví v seznamu nalezených zařízení název BT-LED. Po kliknutí na tento název vyskočí zpráva s informací, že se musí Bluetooth zařízení spárovat. To se provede zadáním hesla „123456“ a následným potvrzením. Po připojení k modulu BT-LED je nutné v aplikaci na mobilním zařízení přejet v rolovacím seznamu na konec a kliknout na položku „HM 10 Seriál“. Po rozkliknutí této položky je nutné ještě kliknout na položku



Obr. 7.3 – Ukázka komunikace s modulem HM-10

„Command&Feedback“. V tuto chvíli je možné posílat textové řetězce z programu Hercules, které budou zobrazeny v aplikaci vedle textu „Data:“. Pro posílání textových řetězců z aplikace v mobilním zařízení slouží příkazový řádek „Input Command“. Příklad posílání textových řetězců je uveden na obr. 7.3. V tomto případě byl z programu Hercules poslán textový řetězec „CAU“ a z mobilní aplikace řetězec „AHOJ SVETE“.

7.5 NÁVRH SCHÉMA

V tomto oddíle bude popsán návrh schéma pro vytvoření vzdáleně řízeného zdroje. Schéma slouží jako základ pro vytvoření desky plošného spoje (dále DPS). Schéma je nakresleno pomocí vývojového programu Eagle od firmy Autodesk. Schéma lze podle funkce rozdělit na tři části:

- napájecí část,
- výkonová část – ovládání MOS tranzistorů,
- logická část – mikrokontrolér a převodník.

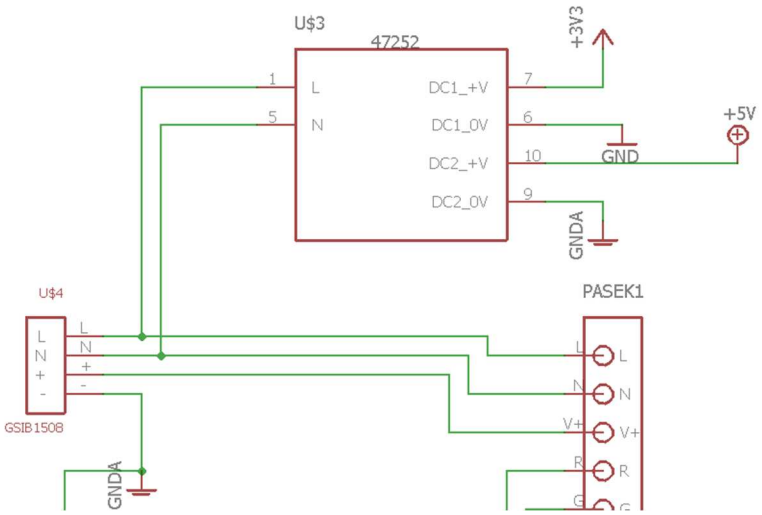
7.5.1 Napájecí část

Napájecí část slouží pro napájení LED pásků a také pro napájení jednotlivých součástek na DPS. Vstupní elektrické napětí je přímo síťové napětí 230 V, 50 Hz. Napájecí část se skládá ze tří napěťových úrovní. První úroveň odpovídá usměrněnému síťovému napětí, které je určeno pro napájení LED pásků. Druhá úroveň napětí má hodnotu +5 V a slouží pro řízení MOS tranzistorů. Poslední úroveň napětí má hodnotu +3,3 V a zajišťuje napájení mikrokontroléru, převodníku WIZ107SR-TTL a popřípadě Bluetooth modulu HM-10.

Pro napájení LED pásku je nutné usměrnit síťové napětí 230 V, 50 Hz. To je provedeno pomocí diodového můstku. Pro tuto práci jsem vybral diodový můstek GSIB1510 od výrobce Multicomp. Diodový můstek je v pouzdře SIP, které je osazeno čtyřmi piny. Prostřední dva piny slouží pro připojení síťového napětí a na krajních pinech je usměrněné napětí. Jeden krajní pin je více vzdálen od prostředních dvou pinů, na tomto pinu je kladný pól můstku. Na druhém krajním pinu je záporný pól můstku. Tento diodový můstek má maximální závěrné napětí 1 000 V. Maximální proud, který může můstkem procházet, je 15 A. Tato hodnota proudu je při maximální teplotě pouzdra 100 °C. Diodový můstek lze takto zatěžovat pouze, pokud je osazen chladičem. Výrobce udává maximální provozní teplotu od -65 °C do +150 °C.

Další dvě napájecí úrovně +5 V a +3,3 V jsou získány z integrovaného spínaného zdroje. Spínaný zdroj vybraný pro tuto práci je typ VTX-214-005-0305 od výrobce Vigortronix

(Vigortronix). Tento spínaný zdroj je možno napájet střídavým napětí od 100 V do 240 V při frekvenci 50/60 Hz. Spínací proud může při napětí 230 V dosahovat až 25 A, ale maximální provozní proud je udáván jako 35 mA. Na svém výstupu má k dispozici dvě úrovně napětí, které jsou od sebe galvanicky odděleny. *Výstup 1* má hodnotu napětí +3,3 V a udávaná přesnost je menší než 5 %. Z tohoto výstupu je možné odebírat maximální proud o hodnotě 757 mA. Tato hodnota proudu by měla postačit pro napájení mikrokontroléru a převodníku, popřípadě Bluetooth modulu. Převodník má odběr maximálně 250 mA, mikrokontrolér při použití



Obr. 7.4 – Napájecí část schéma

dvanácti výstupních pinů, kde každý má odběr 10 mA, má odběr kolem 150 mA. Součet těchto dvou proudů je výrazně nižší než hodnota maximálního proudu *Výstupu 1*. *Výstup 2* má hodnotu napětí +5 V s přesností menší než 7 %. Tento výstup má oproti *Výstupu 1* menší hodnotu maximálního odebíraného proudu, ta dosahuje hodnoty 500 mA. Tato hodnota by měla postačovat pro řízení MOS tranzistorů. Předpokládaný proud potřebný pro řízení by měl dosahovat hodnoty kolem 360 mA.

Obr. 7.4 znázorňuje napájecí část schéma vzdáleně řízeného zdroje. V horní části obrázku je schématická značka spínaného zdroje. V levé části je znázorněn diodový můstek, který je společně se spínaným zdrojem napájen ze svorkovnice znázorněné vpravo.

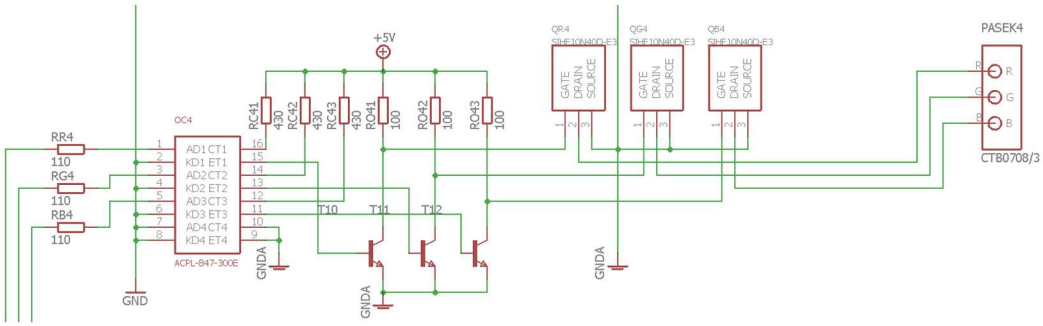
7.5.2 Výkonová část

Výkonová část slouží pro regulaci stejnosměrného výkonu dodávaného do jednotlivých LED pásků. Zahrnuje v sobě MOS tranzistory a součástky sloužící pro řízení MOS tranzistorů. MOS tranzistory použité pro tuto práci jsou podrobněji popsány v pododdíle 7.1.1. Součástky pro řízení MOS tranzistorů jsou zde, protože MOS tranzistory nelze v tomto případě řídit přímo

mikrokontrolérem. To je z důvodu toho, že MOS tranzistory spínají, respektive rozpínají usměrněné napětí 230 V. MOS tranzistory jsou mikrokontrolérem řízeny přes oddělovací optočleny, které spínají bipolární tranzistory. Bipolární tranzistory potom přímo spínají a rozpínají MOS tranzistory.

Oddělovací optočleny jsou složeny z LED diod a fototranzistorů, slouží pro oddělení logické části (mikrokontrolér) a výkonové části (MOS tranzistory). Jelikož je potřeba ovládat dvanáct MOS tranzistorů, je teoreticky zapotřebí dvanáct optočlenů. Ale MOS tranzistory jsou ve čtyřech skupinách po třech. To je dáno tím, že je nutné ovládat čtyři LED pásky a u každého pásku jsou tři barvy. Proto jsem místo dvanácti samostatných optočlenů, které by zabraly hodně místa na DPS, použil čtveřici čtyř kanálových optočlenů. Konkrétně se jedná o optočleny ACPL-847-300E od výrobce Avago Technologies (AVAGO TECHNOLOGIES, 2008). Optočleny jsou v SMD provedení s 16-ti piny. Pro napájení LED diody optočlenu jsou důležité dva parametry. Prvním z nich je maximální napětí na diodě, které je v tomto případě 1,2 V. Druhým parametrem je maximální proud, který může procházet LED diodou optočlenu, ten je stanoven na 50 mA. Na základě těchto parametrů a znalosti napětí mikrokontroléru (+3,3 V) je možné vypočítat předřadný odpor k LED diodě optočlenu. Úbytek napětí na předřadném odporu je dán rozdílem napětí mikrokontroléru a napětí na LED diodě optočlenu. V tomto případě je rozdíl 1,1 V. Proud procházející LED diodou optočlenu je zvolen 10 mA. Z Ohmova zákona je možné vypočítat, že předřadný odpor má hodnotu 110 ohmů.

Bipolární tranzistory zde mají funkci spínačů MOS tranzistorů. Běžně se používají pro spínání MOS tranzistoru speciální drivery, které jsou přímo určeny k ovládání MOS tranzistorů. Pro tuto práci je možno tyto drivery nahradit bipolárními tranzistory. Použil jsem bipolární tranzistory typu NPN, konkrétně typ BC817-40 od výrobce NXP (NXP, 2009). Tento bipolární tranzistor je v SMD pouzdru SOT-23. Maximální špičkový proud procházející tímto tranzistorem je 1 A, průměrný proud, který může procházet je 0,5 A. Tyto hodnoty jsou dostatečné pro odvedení vybíjecího proudu MOS tranzistoru. Pro spínaní bipolárního tranzistoru je nutné určit proud bází, pomocí kterého se řídí otevření tranzistoru. Z výstupní charakteristiky nalezené v technickém listu jsem určil, že proud bází je 10 mA. Tato hodnota je zvolena z důvodu toho, aby tranzistor byl dostatečně otevřený pro procházející kolektorový proud o hodnotě 0,5 A. Proud do báze bipolárního tranzistoru je řízen fototranzistorem optočlenu. Napájecí napětí pro řízení proudu bází je 5 V. Pokud se od tohoto napětí odečte úbytek napětí na fototranzistoru (0,1 V) a úbytek na bipolárním tranzistoru (0,6 V), pro předřadný odpor báze vychází úbytek 4,3 V. V případě, že proud báze má být 10 mA vychází hodnota předřadného odporu 430 Ω.

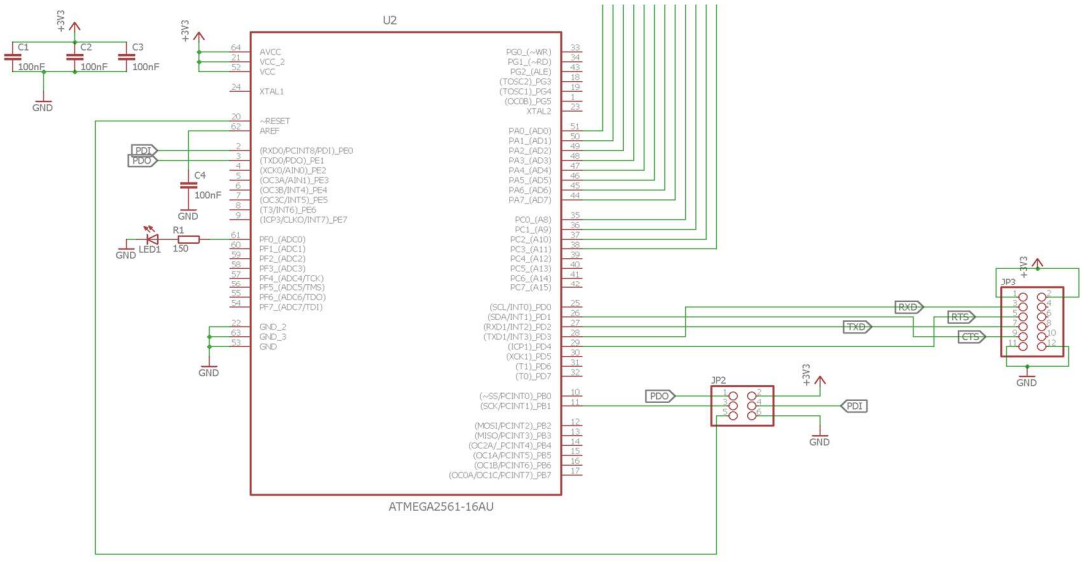


Obr. 7.5 – Výkonová část schéma

Na obr. 7.5 je znázorněna výkonová část pro řízení stejnosměrného výkonu jednoho LED pásku. Toto zapojení je v celkovém schéma celkem čtyřikrát. V levé části obrázku jsou předřadné odpory pro LED diody optočlenu (odpory RR4, RG4 a RB4). Blok OC4 přestavuje čtyř kanálový optočlen ACPL-847-300E. Odpory RC41, RC42 a RC43 jsou předřadné odpory báze bipolárních tranzistorů T10, T11 a 12. Odpory RO41, R042 a RO43 omezují nabíjecí proud vstupních kapacit MOS tranzistorů QR4, QG4 a QB4.

7.5.3 Logická část

Logická část schéma v sobě zahrnuje mikrokontrolér ATmega1281 a součástky s ním spojené. V aplikačních poznámkách k mikrokontroléru (Atmel, 2014b) je doporučeno pro napájení mikrokontroléru použít čtveřici filtračních kondenzátorů. Hodnoty filtračních kondenzátorů jsou stanoveny na 100 nF. Na obr. 7.6 se jedná o kondenzátory C1, C2, C3 a C4. První tři kondenzátory se připojují paralelně mezi zem (GND) a piny AVCC, VCC a VCC_2.



Obr. 7.6 – Logická část schéma

Přes kondenzátor C4 se uzemňuje pin AREF, který není využit a je doporučeno ho takto přizemnit. LED dioda označená LED1 má funkcí ladícího nástroje. Slouží při odlaďování programu mikrokotroléru. K LED diodě patří předřadný odpor R1, pomocí kterého je nastaven procházející proud diodou.

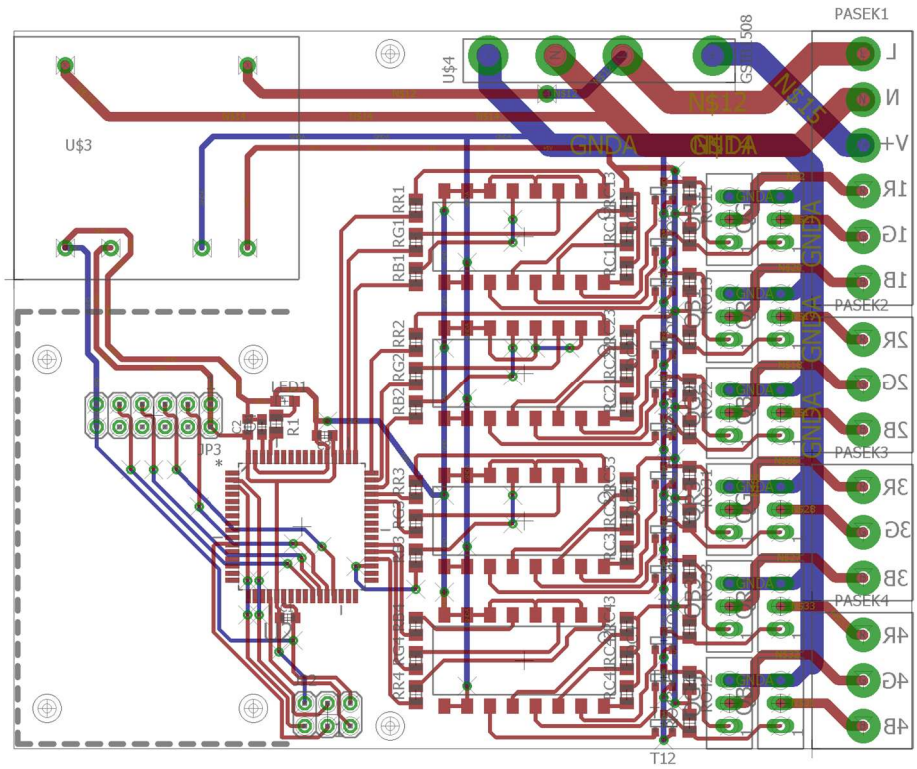
Mikrokontrolér ATmega1281 lze programovat pomocí ISP konektoru. ISP konektor má 6 pinů, tyto piny jsou uspořádány ve dvou řadách po třech pinech. Oproti běžnému programování mikrokontrolérů pomocí pinu MISO a MOSI, je u mikrokontroléru ATmega1281 změna. Na první pin konektoru se místo pinu MISO připojuje pin PDO. Druhý pin konektoru slouží pro připojení napájení +3,3 V. Hodinový signál SCK se připojuje na třetí pin konektoru. Na čtvrtý pin se standardně připojuje pin MOSI, ale u mikrokontroléru ATmega1281 je použit pin PDI. Pátý pin konektoru slouží pro připojení signálu RESET a šestý pin je pro připojení země (GND).

Poslední součástkou v logické části je konektor pro připojení převodníku WIZ107SR-TTL nebo pro připojení Bluetooth modulu HM-10. Jedná se o dvanácti pinový konektor, který má dvě řady po 6 pinech. Tento konektor je použit z důvodu, že převodník WIZ107SR-TTL je osazen stejným typem konektoru. Modul HM-10 je možno připojit ke stejnému konektoru pomocí samostatných drátků. Na první a druhý pin konektoru je přivedeno napájení +3,3 V a na poslední dva piny (11, 12) je přivedena zem GND. Pin 3 konektoru je propojen s pinem TXD1 mikrokontroléru. Pátý pin konektoru je připojen k pinu PD4 a má význam RTS signálu. Předposledním využitým pinem konektoru je pin 7, který je propojen s pinem RXD1. Poslední využitý pin konektoru (pin 9) je propojen s pinem PD1 a má funkci CTS signálu. Piny 4, 6, 8 a 10 konektoru nejsou využity.

7.6 NÁVRH DESKY PLOŠNÉHO SPOJE

Pro návrh DPS je základem schéma uvedené výše. Stejně jako schéma, tak i návrh DPS je vytvořen v programu Eagle. DPS je navržena pro profesionální výrobu z důvodu využití vrchní a spodní strany desky. Profesionální výroba umožňuje použití velkého množství propojek mezi vrchní a spodní vrstvou. Dále umožňuje zvolit tenkou šířku vodivé cesty. V návrhu je použito několik typů šířky vodivých cest. Nejširší vodivé cesty jsou u usměrňovacího můstku, zde je zvolena šířka vodivé cesty 2,5 mm. To je dáno tím, aby těmito vodivými cestami mohl procházet proud až 6 A. Druhé nejširší vodivé cesty jsou vedeny k MOS tranzistorům, mají šířku 1,5 mm. Pro napájení spínaného zdroje jsou použity vodivé cesty o šířce 1 mm. Pro napájení mikrokontroléru a bipolárních tranzistorů jsou vedeny vodivé

spoje o šířce 0,6 mm a signálové cesty mají šířku 0,4 mm. DPS má rozměry 100×80 mm. DPS je osazena SMD součástkami, mimo výkonových součástek, které jsou vývodové (jsem patří spínaný zdroj, MOS tranzistory, usměrňovací můstek a připojovací svorkovnice). Součástky jsou umístěny pouze na vrchní vrstvě. Pasivní SMD součástky jsou typu 0805. Na DPS je počítáno s montáží převodníku WIZ107SR-TTL pomocí čtyř otvorů. Dále jsou na DPS vytvořeny dva otvory pro přichycení DPS do krabičky.



Obr. 7.7 – Návrh DPS

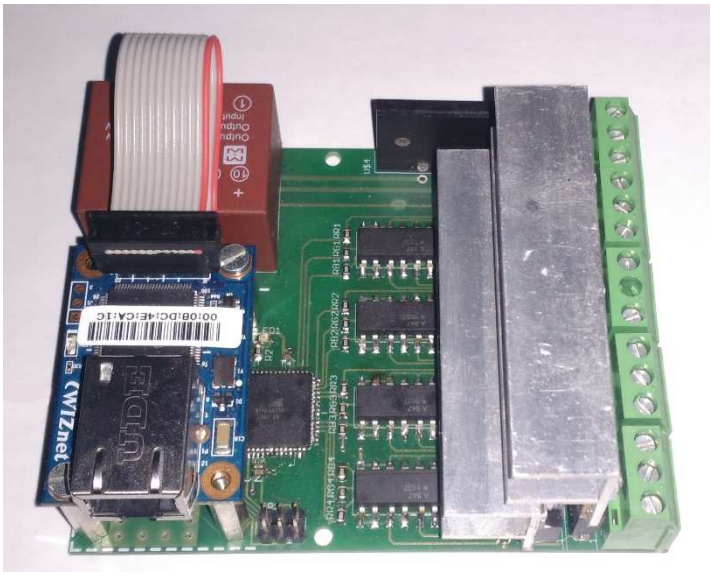
Na obr. 7.7 je znázorněn návrh DPS vzdáleně řízeného zdroje. Červené vodivé cesty jsou ve vrchní (top) vrstvě a modré vodivé cesty jsou ve spodní (bottom) vrstvě. Šedou barvou jsou vyznačeny obrysy součástek s jejich označením. Touto barvou jsou také vyznačeny otvory pro umístění převodníku a pro montáž DPS do krabičky, přerušovanou čarou je znázorněno umístění převodníku. Zelená barva představuje propojky mezi vrchní a spodní vrstvou, anebo díry pro vývodové součástky.

Umístění součástek jsem zvolil takové, aby dávalo nějaký smysl. Po celé pravé straně jsou rozmístěny svorkovnice pro připojení napájení a pro připojení čtveřice LED pásků. V pravém horním rohu je umístěn usměrňovací můstek, který je co nejblíže napájecí svorkovnici. To je zvoleno z důvodu, aby nejširší vodivé cesty byly co nejkratší. Na pravé straně za svorkovnicemi jsou dvě řady MOS tranzistorů. MOS tranzistory jsou takto uspořádány

z důvodu, aby mohly být osazeny chladícími profily. Zhruba uprostřed DPS jsou umístěny pod sebou čtyři čtyř kanálové optočleny. Mezi optočleny a MOS tranzistory se nacházejí bipolární tranzistory se souvisejícími odpory. V levém horním rohu je umístěn spínaný zdroj. Pod spínaným zdrojem je dvanácti pinový konektor pro připojení převodníku nebo Bluetooth modulu. Tento konektor zde může být umístěn, protože převodník bude umístěn na DPS pomocí distančních sloupků. Vpravo od dvanácti pinového konektoru se nachází mikrokontrolér ATmega1281. Filtrační kondenzátory jsou co nejblíže umístěny napájecím pinům mikrokontroléru. Pod mikrokontrolérem u kraje DPS je umístěn ISP konektor pro nahrání programu.

7.7 PROTOTYP DPS

DPS je profesionálně vyrobena firmou PCB Benešov. Podklady pro výrobu byly vygenerovány pomocí programu Eagle. DPS je ošetřena nepájivou maskou kromě pájecích plošek, které jsou pocínovány. Na nepájivé masce jsou natištěny označení jednotlivých součástek pro snadnější osazování. DPS jsem ručně osadil pomocí mikropájky s plynulou regulací teploty. Na obr. 7.8 je fotografie již osazené DPS. Na pravé straně je možno vidět chladiče MOS tranzistorů. Chladiče jsou vyrobeny z hliníkových F-profilů. F-profily jsou od chladících plošek MOS tranzistorů odizolovány pomocí slídových podložek a izolačních průchodek. To je z důvodu toho, že na chladící plošce MOS tranzistorů je napětí.



Obr. 7.8 – Pohled na prototyp DPS

8 PROGRAMOVÁNÍ MIKROKONTROLÉRU ATMEGA1281

Tato kapitola se zabývá popisem programu, který je vytvořen pro obsluhu mikrokontroléru ATmega1281. Program umožnuje mikrokontroléru přijímat a vysílat data, na základě přijatých dat se nastavují barvy jednotlivých LED pásků. Program je napsán v programovacím jazyce C ve vývojovém prostředí Atmel Studio verze 7.0. Program je nahrán do mikrokontroléru pomocí programátoru AVR Dragon od výrobce Atmel.

Celý program je obsažen v jednom souboru s názvem „zdroj_LED_ATmega1281.c“. Začátek programu slouží pro importování použitých knihoven, následuje definování adres v paměti EEPROM a deklarace globálních proměnných. Program pokračuje definováním funkcí a přerušení od čítačů. V přerušení od čítačů jsou nastavovány výstupní piny mikrokontroléru, pomocí kterých jsou řízeny MOS tranzistory. Následuje definování přerušení od sériové linky USART. Přerušení je generováno při přijetí znaku. Pokud se začnou přenášet data, tak přerušení od čítačů jsou zakázána. Po sériové lince jsou přenášeny dva typy řetězců. Prvním typem jsou data, které obsahují informaci o nastavení barvy daného LED pásku. Formát tohoto řetězce je „pRxxxGyyyBzzz“. Za písmenem „p“ se skrývá číslo LED pásku. Kód „xxx“ nabývá hodnot 0 až 255 a udává jas červené barvy. To samé platí pro kódy „yyy“ a „zzz“, ty ale představují jas zelené a modré barvy. Druhý typ přijatého řetězce slouží na to, aby mikrokontrolér odeslal aktuální nastavené barvy všech LED pásků po sériové lince. Formát přijatého řetězce je „posli_RGB“. Všechny přijaté řetězce obsahují na konci ukončovací znak „x“, který signalizuje konec přenášeného řetězce. Další částí programu je hlavní blok „main“. Na začátku tohoto bloku se nastavují vstupně-výstupní porty a deklarují se lokální proměnné. Následuje nastavení registrů jednotlivých čítačů a registrů, pomocí kterých se nastavuje sériová linka. Nastavení registrů bude popsáno v oddíle 8.1. Po nastavení registrů je nutné povolit globální přerušení. Další částí programu je nekonečná smyčka „while“. V ní se dešifrují přijata data a provedou se patřičné operace, aby LED pásky svítili požadovanou barvou. Nebo se odešlou data obsahující informaci, jakými barvami svití jednotlivé LED pásky. Podrobněji bude tato část programu popsána v oddíle 8.2.

8.1 NASTAVENÍ REGISTRŮ

Pro správnou funkci čítačů / časovačů je nutné jejich správné nastavení. Nastavení se provádí pomocí řídicích registrů. Pro tuto práci jsou použity čtyři 16-ti bitové čítače / časovače označené číslicemi 1, 3, 4 a 5. U těchto čítačů / časovačů je možno nastavit až tři různé hodnoty, které se porovnávají s komparačním registrem. To znamená, že jedním 16-ti bitovým registrem

je možno nastavovat RGB barvy jednoho LED pásku. Pro nastavení čítačů / časovačů slouží registry TCCRnA, TCCRnB, TCCRnC a TIMSKn (za „n“ se dosazuje číslo čítače / časovače). První dva uvedené registry se nastavují na začátku programové části main a jejich nastavení je pevné. Registr TCCRnC není pro tuto práci využit. Poslední registr TIMSKn je nastavován na základě požadovaných nastavení barev jednotlivých LED pásků.

V tab. 8.1 a tab. 8.2 jsou znázorněny jednotlivé bity řídicích registrů TCCRnA a TCCRnB. Je zde zobrazeno výchozí nastavení a nastavení použité pro tuto práci. Pomocí bitů WGM13 až WGM10 je nastaven režim čítače / časovače, jedná se o rychlý 8-mi bitový PWM režim. Tento režim je zvolen z důvodu čítání čítače / časovače do hodnoty 255, při zvolení 16-ti bitového PWM režimu by čítač / časovač čítal do hodnoty 65 535. Dosažení této hodnoty by trvalo dlouhou dobu a frekvence spínaní MOS tranzistoru by byla velmi malá, což by mělo za následek blikání LED pásků. Frekvence pro čítač / časovač je použita frekvence vnitřního oscilátoru 1 MHz, která je pomocí předděličky vydělena osmi. Čítaní do hodnoty 255 a frekvence z předděličky dávají výstupní frekvenci PWM signálu ±488 Hz. Tato frekvence postačuje pro správné spínání MOS tranzistorů.

Tab. 8.1 – Nastavení registru TCCRnA

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Název	COMnA1	COMnA0	COMnB1	COMnB0	COMnC1	COMnC0	WGMn1	WGMn0
Výchozí nastavení	0	0	0	0	0	0	0	0
Použité nastavení	0	0	0	0	0	0	0	1

Tab. 8.2 – Nastavení registru TCCRnB

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Název	ICNCn	ICESn	-	WGMn3	WGMn2	CSn2	CSn1	CSn0
Výchozí nastavení	0	0	0	0	0	0	0	0
Použité nastavení	0	0	0	0	1	0	1	0

V tab. 8.3 je zobrazeno nastavení registru TIMSKn, kdy žádná z hodnot registrů OCRnA, OCRnB a OCRnC není rovna 0 nebo 255 (je povoleno přerušení při přetečení i všechna tři přerušení při shodě s komparačním registrem). Hodnoty těchto registrů se porovnávají s komparačním registrem čítače/časovače a při shodě je generováno přerušení.

Hodnota úrovně jasu červené barvy je ukládána do registru OCRnA, hodnota úrovně jasu zelené barvy je ukládána do registru OCRnB a úroveň jasu modré barvy je ukládána do registru OCRnC.

Tab. 8.3 – Nastavení registru TIMSKn

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Název	-	-	ICIEn	-	OCIEnC	OCIEnB	OCIEnA	TOIEn
Výchozí nastavení	0	0	0	0	0	0	0	0
Použité nastavení	0	0	0	0	1	1	1	1

Pro správnou funkci sériové linky je nutné její nastavení. Nastavení se provádí pomocí registrů UCSR1A, UCSR1B, UCSR1C a UBRR1. Parametry v registru UCSR1A nejsou v této práci použity. V tab. 8.4 a tab. 8.5 jsou znázorněna nastavení registrů UCSR1B a UCSR1C. Je povolen příjem a vysílání po sériové lince. Dále je povoleno přerušení při přijetí znaku. Počet přenášených bitů je stanoven na osm. Režim sériové linky je asynchronní, data jsou přenášena bez paritního bitu a počet stop bitu je jeden. Přenosová rychlost se nastavuje pomocí registru UBRR1 a zvolená rychlost je 4 800 bit/s.

Tab. 8.4 – Nastavení registru UCSR1B

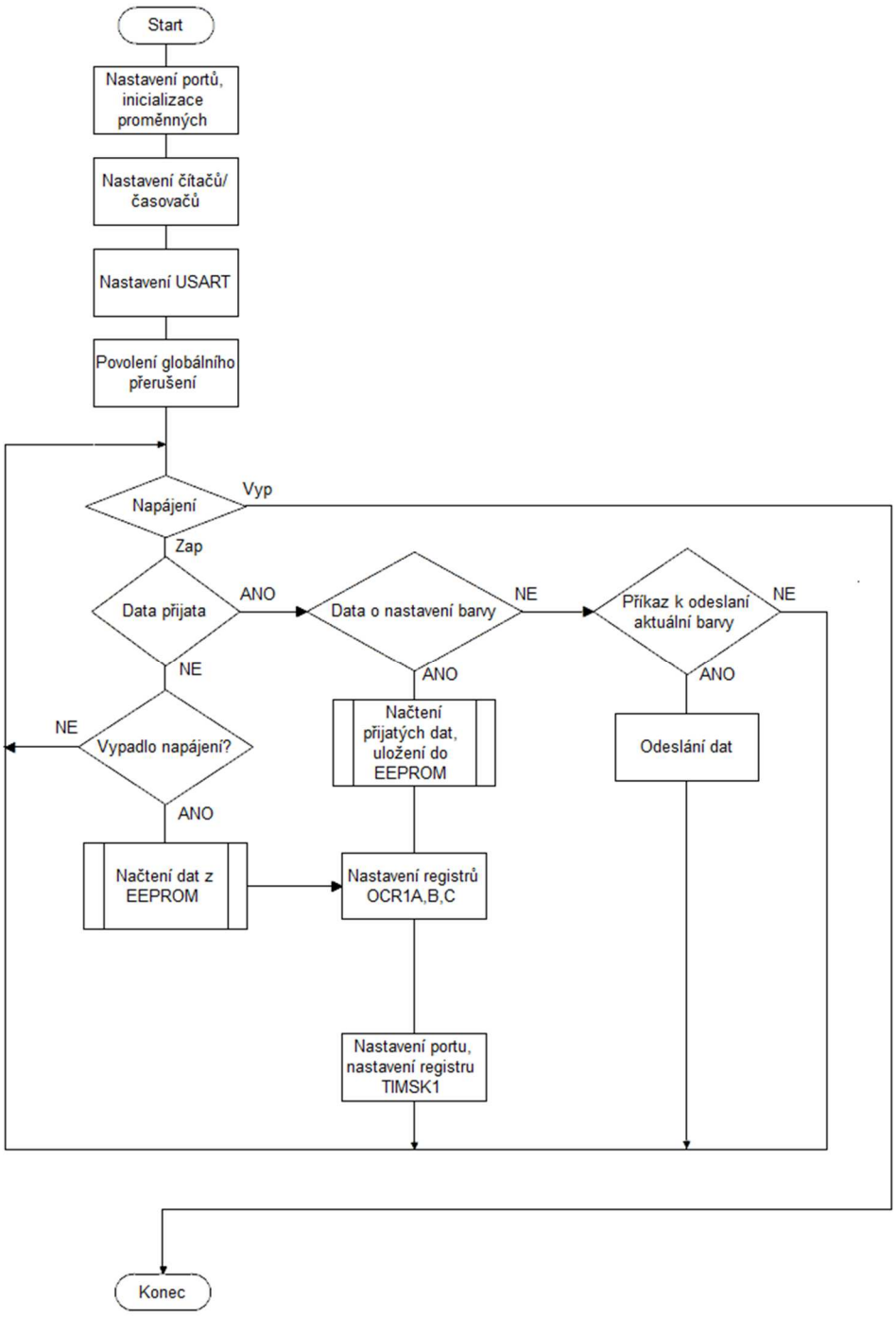
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Název	RXCIE1	TXCIE1	UDRIE1	RXEN1	TXEN1	UCSZ12	RXB81	TXB81
Výchozí nastavení	0	0	0	0	0	0	0	0
Použité nastavení	1	0	0	1	1	0	0	0

Tab. 8.5 – Nastavení registru UCSR1C

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Název	UMSEL11	UMSEL10	UPM11	UPM10	USBS1	UCSZ11	UCSZ10	UCPOL1
Výchozí nastavení	0	0	0	0	0	1	1	0
Použité nastavení	0	0	0	0	0	1	1	0

8.2 VÝVOJOVÝ DIAGRAM PROGRAMU

V tomto oddíle je uveden vývojový diagram programové části „main“. Pro zjednodušení je vývojový diagram na obr. 8.1 jen pro jeden LED pásek. Posloupnost programu pro ostatní LED pásky je téměř stejná. Na začátku je inicializována důležitá proměnná signalizující zapnutí zdroje nebo výpadek napájení. V nekonečném cyklu se na začátku zjišťuje, zda přišly data, anebo se jedná o první vstup do nekonečného cyklu (zapnutí zdroje nebo výpadek napájení). Pokud se jedná o první vstup do nekonečného cyklu, tak se data načtou z EEPROM paměti a nastaví se všechny barvy LED pásků. V případě, že přišly po sériové lince data, tak se zjišťuje, zda to jsou data s informací o nastavení barvy nebo příkaz o odeslání aktuálního nastavení barev jednotlivých LED pásků. Pokud se jedná o druhou možnost data se odešlou a program se vrací na začátek cyklu. V případě, že se jedná o informaci nastavení barvy daného LED pásku, provede se zjištění, o který LED pásek se jedná. Poté se vyčtou z přijatých dat hodnoty úrovně jasu RGB barev. Tyto hodnoty se následné uloží do paměti EEPROM a také se uloží do registru OCRnA, OCRnB a OCRnC. V dalším kroku se zjišťuje, zda některá ze složek R, G nebo B, není rovna hodnotě 0 nebo 255. Při hodnotě 0 je nastaven příslušný pin trvale do hodnoty logická „0“ (daná barva LED pásku vůbec nesvítí) a při hodnotě 255 (daná barva svití maximálně) je nastaven do hodnoty logická „1“. Přerušení čítače / časovače při shodě s komparačním registrem je zakázáno. Pokud se hodnoty jasu pohybují od 1 do 254, tak jsou nastavena všechna přerušení daného čítače / časovače (nastavení registru TIMSKn). PWM signál je pak generován pomocí přerušení od čítače / časovače.



Obr. 8.1 – Vývojový diagram programu pro mikrokontrolér

9 PROGRAMOVANÍ PRO PLATFORMU ANDROID

V této kapitole je stručně popsáno programování aplikace pro platformu Android, pomocí které je možno ovládat nastavení výsledných barev jednotlivých LED pásků pomocí mobilního zařízení. Aplikace s názvem „BT-Lighting“ je vytvořena v programovacím jazyce Java ve vývojovém prostředí Android Studio. Aplikace pro komunikaci se vzdáleně řízeným zdrojem využívá technologii Bluetooth 4.0 Low Energy. Z aplikace se posílají příkazy o nastavení výsledné barvy jednotlivých LED pásků a je možno přijímat informace, jakými barvami LED pásky svítí. Barvy LED pásků je možno nastavovat pomocí předdefinované palety barev nebo pomocí ručního režimu, kde lze nastavit téměř jakákoli barva smícháním složek R, G a B. Aplikace je odzkoušena na mobilním telefonu Alcatel One Touch Idol 3 mini.

9.1 POPIS PROGRAMU

Základ pro vytvoření aplikace „BT-Lighting“ je ukázková aplikace „BluetoothLeGatt“, která slouží jako inspirace pro vytváření aplikací pracující s Bluetooth zařízeními, dostupná na webu Android Developers (Google, 2013). Základem aplikace „BT-Lighting“ jsou čtyři Java soubory. První Java soubor má název „SampleGattAttributes“ a slouží pro definovaní Bluetooth služeb a charakteristik. Zde je nutné zadat UUID služby a charakteristiky shodné s Bluetooth modulem HM-10. UUID kód služby je „0000ffe0-0000-1000-8000-00805f9b34fb“ a UUID kód charakteristiky je „0000ffe1-0000-1000-8000-00805f9b34fb“. Druhý Java soubor se nazývá „DeviceScanActivity“ a jedná o první ze dvou aktivit, které obsahuje aplikace „BT-Lighting“. Tato aktivita plně vyhovuje pro tuto práci, a proto není nutné ji upravovat. Aktivita má za úkol vyhledat dostupná Bluetooth zařízení a vytvořit jejich seznam. Po výběru daného Bluetooth zařízení předá informace o tomto zařízení následující aktivitě. Následující aktivita se nazývá stejně jako Java soubor „DeviceControlActivity“, ve kterém je obsažena. Aby mohla aplikace využívat Bluetooth technologii v mobilním zařízení, je nutné definovat službu. Služba je definována v Java souboru „BluetoothLeService“. Tento soubor je také převzat z ukázkové aplikace, ale pro aplikaci „BT-Lighting“ je upraven. První úprava spočívá v odstranění načítání tepové frekvence v metodě „broadcastUpdate“. Dále je nutné přidání metody pro odesílání dat „writeCharacteristic“.

Největšími změnami prošel Java soubor „DeviceScanActivity“ se stejnojmennou aktivitou. Tato aktivita je hlavní části celé aplikace. Na začátku se inicializují globální proměnné. Dále je definován objekt třídy „Serviceconnection“ pro komunikaci se službou „BluetoothLeService“. Pomocí něho je možno se připojit k vzdálenému Bluetooth zařízení.

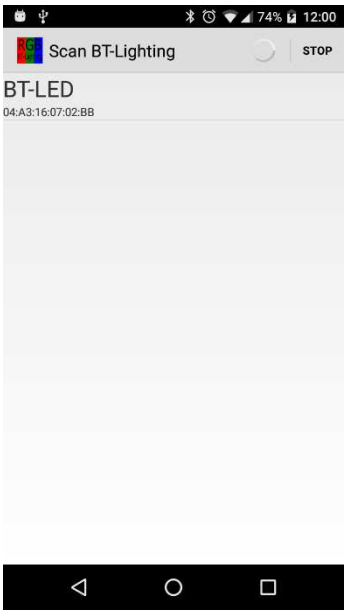
K předávání dat od služby „BluetoothLeService“ do aktivity „DeviceScanActivity“ slouží objekt třídy „BroadcastReceiver“. Tento objekt předává do aktivity informace, zda je vzdálené Bluetooth zařízení připojené nebo není, dále předává přijata data, která přišla od vzdáleného Bluetooth zařízení. První metodou této aktivity je metoda „onCreate“. Tato metoda se volá jako první při vytvoření aktivity. Na jejím začátku jsou deklarovány proměnné a je tu spuštěna služba „BluetoothLeService“. Aktivita „DeviceScanActivity“ má dvě zobrazovací plochy (dva layouty), které se přepínají pomocí objektu třídy „viewswitcher“. Grafické zobrazení této aktivity je popsáno v XML souboru „main_layout“.

Pro první layout existují tři metody. První metoda s názvem „onClick_setting_button“ se volá při stisku tlačítka „Setting“. V této metodě se volá objekt viewswitcher, který zobrazí druhý layout sloužící k nastavení vybraného LED pásku. Dále se tu nachází definování seznamu palety barev a výchozí nastavení přepínacích tlačítek. Druhá metoda v prvním layoutu má název „onClick_load_button“ a jejím úkolem je předání řetězce „posli_RGB“ metodě „send_data“, která tento řetězec pošle vzdáleně řízenému zdroji. Metoda „send_data“ navíc k danému řetězci přidá ukončovací znak „x“. Třetí metoda s názvem „displayFloorColor“ se volá v případě, že od vzdáleně řízeného zdroje přišly data (data nesou informaci o aktuálním nastavení barev jednotlivých LED pásků). Tato metoda přijatá data, která jsou v datovém formátu string, rozdělí do prvků pole podle zvoleného oddělovacího znaku (v tomto případě je jako oddělovací znak použita čárka). Pole datového typu string se převede na pole datového typu integer. Na základě hodnot typu integer se mění barva obrázku příslušící k danému LED pásku.

Druhý layout je určen pro nastavení výsledné barvy zvoleného LED pásku. Pro tento layout je definováno několik metod. První metoda s názvem „onClick_set_button“ se volá pro stisknutí tlačítka „Set“, které slouží pro nastavení zvolené barvy daného LED pásku. Tato metoda zavolá metodu „data_fill_key“ pro získaní dat k odeslání a následně se získaná data předají jako parametr metodě „send_data“. Metoda „data_fill_key“ na začátku načte číslo zvoleného LED pásku, které je uvedeno na začátku odesílaného řetězce (formát řetězce je uveden v kapitole 8). Pokud je vybrána možnost nastavení z palety barev, přidá se patřičný kód do odesílaného řetězce. V případě, že je vybrána možnost manuálního nastavení barvy, tak se přidá kód získaný metodou „reedSeekBar“. Tato metoda přečte hodnoty z posuvníků jednotlivých RGB složek.

9.2 POPIS APLIKACE BT-LIGHTING

V tomto oddíle je stručně popsáno uživatelské rozhraní aplikace BT-Lighting. Uživatel může vidět celkem tři různé obrazovky. Po spuštění aplikace se zobrazí první obrazovka, která slouží k vyhledání vzdáleného Bluetooth zařízení. Její grafické znázornění je možno vidět na obr. 9.1. Po spuštění aplikace se automaticky začnou vyhledávat dostupná Bluetooth zařízení,



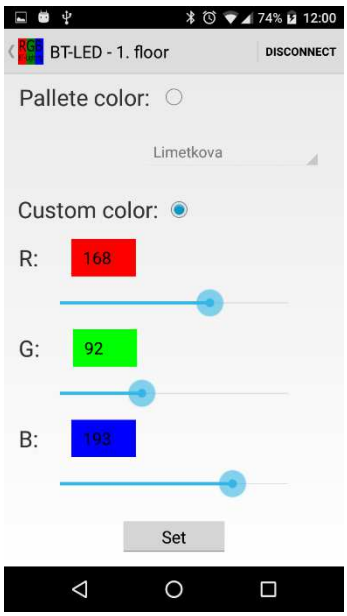
Obr. 9.1 – První obrazovka aplikace BT-Lighting

pokud je Bluetooth technologie v mobilním zařízení zapnuta. Pokud zapnuta není, vyskočí dialogové okno s dotazem, zda se má Bluetooth technologie zapnout. Pro zapnutí a vypnutí vyhledávání je v horní liště napravo tlačítko. Pokud aplikace vyhledává, tak je zobrazeno tlačítko pro zastavení vyhledávání „STOP“. V případě, že je vyhledávání zastaveno, je zobrazeno tlačítko „START“. Nalezena Bluetooth zařízení jsou zobrazena v seznamu.

Na druhou obrazovku se uživatel přepne po kliknutí na položku vybraného zařízení. Na pozadí dojde v tuto chvíli k připojení k vzdáleně řízenému zdroji. Druhá obrazovka informuje o stavu připojení, umožňuje výběr LED pásku, jehož barvu chce uživatel nastavit a dále je možno zobrazit aktuálně nastavené barvy všech LED pásků. LED pásky jsou zde označeny podle patra parkovací věže na kola. Pomocí tlačítka v horní liště napravo se provádí připojení nebo odpojení od vzdáleně řízeného zdroje. Výběr patra, v kterém chce uživatel nastavit barvu LED pásku, se provádí pomocí rozbalovacího seznamu „Selection floor“. Po kliknutí na tlačítko „Setting“ se provede přepnutí na třetí obrazovku, která slouží pro nastavení. Pomocí tlačítka „Load color“ se načtou aktuálně nastavené barvy LED pásků ve všech patrech parkovací věže na kola. Na obr. 9.3 je zobrazena druhá obrazovka aplikace „BT-Lighting“.

Obr. 9.3 – Druhá obrazovka aplikace BT-Lighting

Na třetí obrazovce je možno nastavovat barvu zvoleného patra (zvoleného LED pásku). Pokud chce uživatel nastavit barvu z palety, tak klikne na tlačítko u textu „Pallete color“. Tato možnost umožňuje výběr z deseti předvolených barev. Při ručním nastavení barev klikne uživatel na tlačítko vedle textu „Custom color“. Potom je možno nastavit jednotlivé RGB složky. Hodnotu je možno zadat pomocí klávesnice nebo nastavením posuvníku. Nastavení zvolené barvy se provede kliknutím na tlačítko „Set“. Třetí obrazovka je na obr. 9.2.



Obr. 9.2 – Třetí obrazovka aplikace BT-Lighting

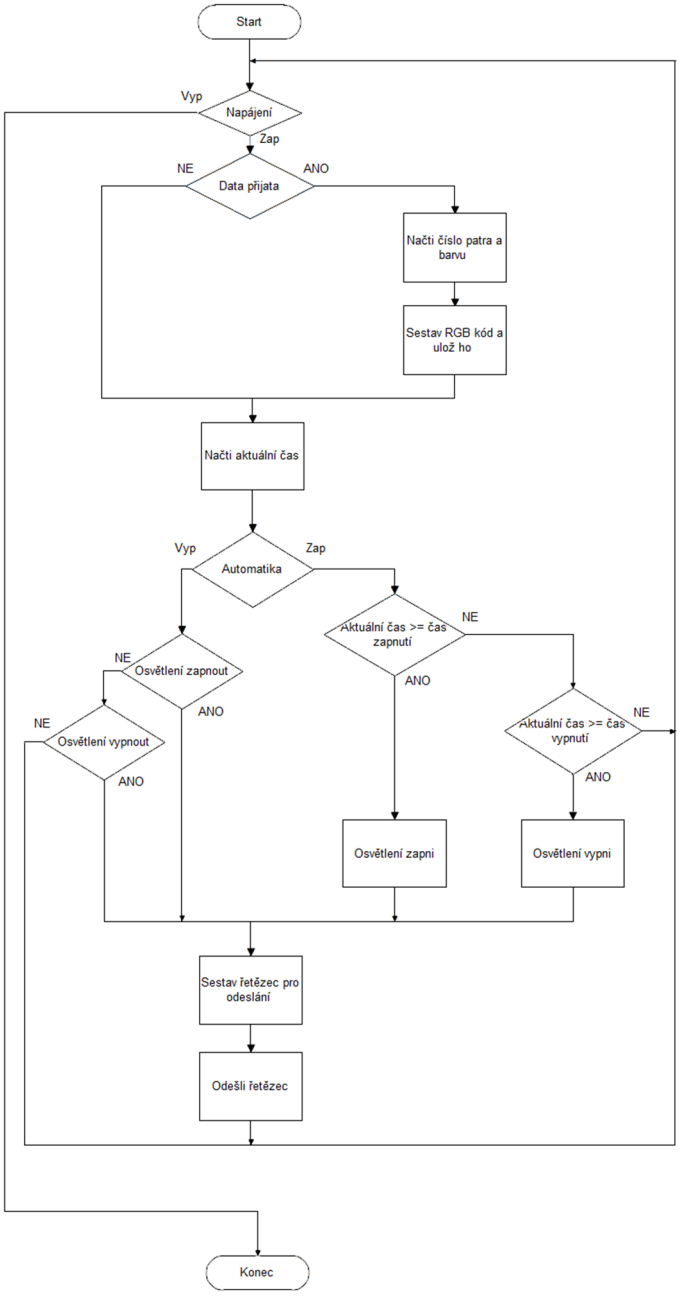
10 PROGRAMOVANÍ PLC

Tato kapitola se zabývá popisem programu pro PLC SIEMENS S7-1500 a popisem vizualizace pro dotykový panel. PLC komunikuje se vzdáleně řízeným zdrojem pomocí ethernetového rozhraní. Úkolem PLC je posílat vzdáleně řízenému zdroji informace o nastavení barev jednotlivých RGB LED pásků. Zapínání a vypínaní osvětlení parkovací věže je možno provádět manuálně nebo v automatickém režimu. Nastavení jednotlivých parametrů (čas vypnutí a zapnutí, barvy pásků) je realizováno pomocí dotykového panelu.

10.1 POPIS PROGRAMU PRO PLC

Program pro PLC je vytvořen ve vývojovém prostředí TIA Portal V14 od firmy SIEMENS. Program pro PLC je vytvořen v programovacím jazyku LAD (Ladder Diagram). Cely projekt vytvořený v TIA Portal má název „BT-Lighting-PLC“. Základ programu tvoří jedna funkce s názvem „Ovladani_zdroje“ a dva datové bloky. První datový blok má název „Data_OP“ a slouží pro ukládání dat přijatých od dotykového panelu. Konkrétně se jedná o data nesoucí informaci, jakou barvou má svítit RGB LED pásek v daném patře. Dále tu jsou uloženy proměnné, které slouží pro volbu automatického nebo ručního ovládání a zapnutí či vypnutí osvětlení. Také tu jsou uloženy proměnné s údaji o čase zapnutí a vypnutí při automatickém režimu. Druhý datový blok má název „Data_zdroj“ a jsou v něm uloženy proměnné pro ovládání vzdáleně řízeného zdroje. Je tu uloženo pole datového typu char, které slouží pro odesílání řetězce do vzdáleně řízeného zdroje. Dále je tu struktura obsahující nastavení komunikace po ethernetovém rozhraní (protokol TCP/IP). Tento datový blok obsahuje další pomocné proměnné a pole pro uložení nastavených barev v jednotlivých patrech a také pole v němž je paleta předdefinovaných barev.

Další část tohoto oddílu je věnována popisu funkce „Ovladani_zdroje“. Vývojový diagram této funkce je na obr. 10.1. Funkce běží v PLC v nekonečné smyčce. Na začátku se zjišťuje, zda nepřišly nová data informující o změně barvy nějakého RGB LED pásku. Data přicházející od dotykového panelu jsou datového typu integer. Představují tříciferné číslo, jehož první cifra je označení patra a další dvě označují barvu, kterou má pásek v daném patře svítit. V bloku „Načti číslo patra a barvu“ se z tohoto tříciferného čísla vyčte číslo patra a číslo barvy. Na základě těchto dvou čísel se v následujícím bloku „Sestav RGB kód a ulož ho“ sestaví a uloží do paměti řetězec sloužící pro odeslání do vzdáleně řízeného zdroje. Formát tohoto řetězce je uveden v kapitole 8. Další blok slouží pro načítaní aktuálního času. Ten je zapotřebí

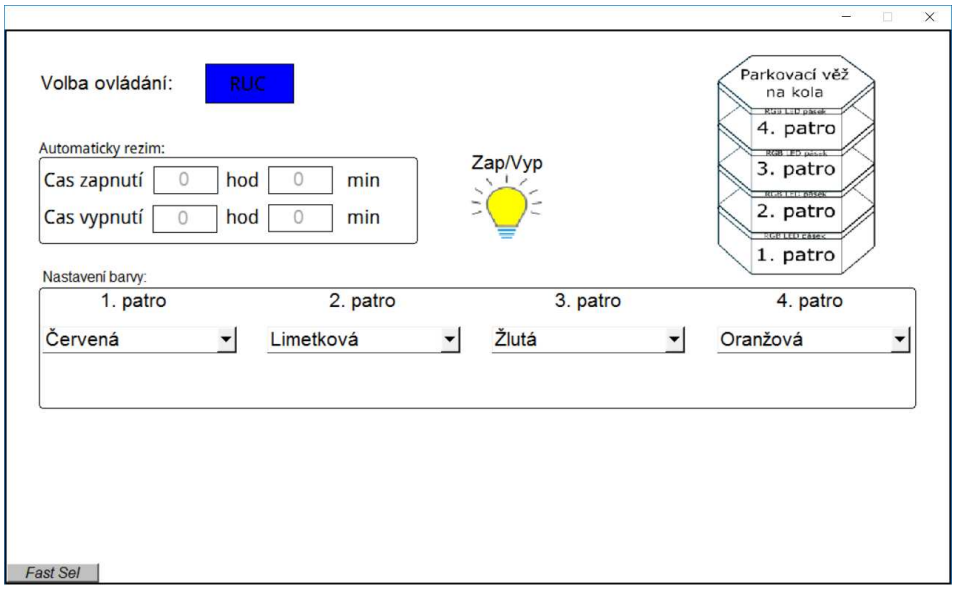


Obr. 10.1 – Vývojový diagram programu pro PLC

v automatickém režimu, kde se porovnává s časem, kdy se má osvětlení zapnout nebo naopak vypnout. Kromě automatického režimu je možno osvětlení zapínat a vypínat v ručním režimu. Pokud se má osvětlení zapnout, tak se sestaví řetězec pro každé patro a řetězce se odešlou do vzdáleně řízeného zdroje. Pro vypnutí osvětlení se sestaví pro každé patro řetězec ve tvaru „pR000G000B000“, kde „p“ značí číslo patra.

10.2 POPIS VIZUALIZACE

Vizualizace pro dotykový panel je vytvořena ve vývojovém prostředí EasyBuilder Pro, zde je také provedena simulace dotykového panelu, jelikož reálný dotykový panel jsem neměl k dispozici. Okno vizualizace je zobrazeno na obr. 10.2. Režim osvětlení parkovací věže je



Obr. 10.2 – Okno vizualizace dotykového panelu

možný v automatickém nebo ručním režimu. Při volbě ručního režimu se osvětlení zapínání nebo vypíná kliknutím na žárovku. Při zvolení automatického režimu je nutné zadat čas zapnutí a čas vypnutí osvětlení. Čas v hodinách lze zadávat v rozsahu 0 až 23, zadání jiné hodnoty je programově ošetřeno. Ošetřeno je i zadávání času v minutách, kde je možno zadat hodnoty od 0 do 59. V automatickém režimu je možnost ručního zapínání a vypínání osvětlení zablokována. Při ručním režimu není možno zadávat čas pro zapínání a vypínání osvětlení. Nastavení barev RGB LED pásků v jednotlivých patrech je možno pouze z předdefinované palety barev. Tato paleta je stejná, jako v případě Android aplikace „BT-Lighting“ pro mobilní zařízení.

ZÁVĚR

Podařilo se vytvořit prototyp vzdáleně řízeného zdroje pro osvětlení parkovací věže na kola. Tento zdroj umožňuje napájet čtveřici RGB LED pásků, které jsou konstruovány na napětí 230 V. Je možno nastavovat téměř jakoukoli barvu každého RGB LED pásku nezávisle na ostatních páscích. Zdroj je možno ovládat pomocí dotykového panelu přes PLC SIEMENS řady S7-1500 nebo pomocí aplikace z mobilního zařízení.

V teoretické části byl vysvětlen princip regulace stejnosměrného výkonu pomocí PWM, byly uvedeny výkonové spínací součástky, konkrétně tyristory a MOS tranzistory. Součástí teoretické části bylo také seznámení s bezdrátovými technologie, kterými jsou vybaveny mobilní zařízení. Pro tuto práci byla vybrána technologie Bluetooth ve verzi 4.0.

Hlavní úkolem praktické části bylo vytvoření prototypu DPS vzdáleně řízeného zdroje. Důležitou část představovalo naprogramování mikrokontroléru ATmega1281 tak, aby byl schopen řídit výkonové MOS tranzistory a také uměl komunikovat s PLC nebo s aplikací v mobilním zařízení. Program pro mikrokontrolér je vysvětlen na vývojovém digramu. Součástí praktické části je vytvoření aplikace pro mobilní zařízení vybavené operačním systémem Android. Aplikace je plně funkční, ale je spíše doplňková, protože hlavní ovládání vzdáleně řízeného zdroje je pomocí vizualizace na dotykovém panelu.

Díky této práci jsem se naučil a také si prakticky ověřil, jak regulovat stejnosměrný výkon zařízení pracující s napětím 230 V. Při tomto napětí jsem musel brát ohled na ovládání MOS tranzistorů pomocí mikrokontroléru. Není možné ovládat MOS tranzistory přímo z mikrokontroléru, ale je zde nutné vytvořit mezičlen. Dále jsem se seznámil s programovatelným automatem SIEMENS S7-1500 a jeho programováním. Velkým přínosem pro mě bylo také seznámení se s programováním aplikací pro platformu Android a komunikace s Bluetooth zařízením.

Nevýhodou vzdáleně řízeného zdroje je možnost komunikace pouze s programovatelným automatem nebo pouze s mobilním zařízením přes Bluetooth rozhraní. To je dáno výběrem mikrokontroléru, který má pouze jednu sériovou linku (tento mikrokontrolér byl vybrán z důvodu menšího počtu pinů, což hrálo roli při jeho osazování). Vylepšení vzdáleně řízeného zdroje bych viděl v osazení mikrokontroléru s více sériovými linkami a větším počtem PWM kanálů. Další vylepšení by mohlo spočívat v přidání reálného času do mikrokontroléru, aby zdroj mohl fungovat sám o sobě bez nutnosti připojení k PLC.

LITERATURA

ATMEL, 2014a. *ATmega640/V-1280/V-1281/V-2560/V-2561/V [DATASHEET]: 8-bit Atmel Microcontroller with 16/32/64KB In-System Programmable Flash* [online]. San Jose. [cit. 2017-03-07]. Dostupné z: http://www.atmel.com/Images/Atmel-2549-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega640-1280-1281-2560-2561_datasheet.pdf

ATMEL, 2014b. *APPLICATION NOTE: AVR042: AVR Hardware Design Considerations, AVR 8-bit Microcontrollers* [online]. San Jose. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: http://www.atmel.com/Images/Atmel-2521-AVR-Hardware-Design-Considerations_ApplicationNote_AVR042.pdf

AVAGO TECHNOLOGIES, 2008. *ACPL-8x7 Multi-Channel Full-Pitch Phototransistor Optocoupler* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: http://www.farnell.com/datasheets/461120.pdf?_ga=1.113906754.433539112.1466572589

BENDA, V.; PAPEŽ, V. 2006. *Komponenty výkonové elektrotechniky*. Praha: Nakladatelství ČVUT. ISBN 80-010-3518-2.

BLUETOOTH SIG, 2017. *Bluetooth* [online]. Washington. [cit. 2017-02-27]. Dostupné z: https://www.bluetooth.com/

EISINGER, P. *Moderní bezdrátové sítě IEEE 802.11n, WiMAX*. Brno. [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: http://www.ped.muni.cz/wtech/03_studium/teps/stud/moderni_bezdratove_site.pdf

GOOGLE, 2013. BluetoothLeGatt. *Android Developers* [online]. 2013 [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: https://developer.android.com/samples/BluetoothLeGatt/index.html

GRANT, A. 2013. *Android 4: průvodce programováním mobilních aplikací*. Brno: Computer Press. ISBN 978-80-251-3782-6.

HABEL, J. 2013. *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public. ISBN 978-80-86534-21-3.

HAVLÍČEK, J. 2015. *Komunikace v blízkém poli Near Field Communication* [online]. Zlín. [cit. 2017-02-27]. Dostupné z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/33885/havl%C3%AD%C4%8Dek_2015_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky. Vedoucí práce Martin Pospíšilík.

STENGL, J. P.; TIHANYI, J. 1999. *Výkonové tranzistory MOSFET*. Praha: BEN – technická literatura. ISBN 80-860-5654-6.

JAVŮREK, J. 2003. *Regulace moderních elektrických pohonů*. Praha: Grada. ISBN 80-247-0507-9.

JNHUAMAO TECHNOLOGY COMPANY, 2014. *Bluetooth 4.0 BLE module Datasheet* [online]. Shandong. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: http://fab.cba.mit.edu/classes/863.15/doc/tutorials/programming/bluetooth/bluetooth40_en.pdf

KOZIOREK, J.; CHROMČÁK, L. 2007. *Logické systémy řízení a programovatelné automaty*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita. ISBN 978-80-248-1490-2.

MATOUŠEK, D. 2006. *Práce s mikrokontroléry ATMEL AT89C2051: [měření, řízení a regulace pomocí několika jednoduchých přípravků]*. Praha: BEN – technická literatura. µC. ISBN 80-730-0174-8.

MIKULA, V. 2009. *Aplikace LED pro signalizační a osvětlovací účely v dopravě*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. 56 stran. Vedoucí diplomové práce Jiří Drápela.

NXP, 2009. *BC817; BC817W; BC337: Product datasheet* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: http://www.farnell.com/datasheets/699988.pdf?_ga=1.72511827.1777001715.1478547916

PAVELKA, T. 2016. *Provozní vlastnosti LED a jejich modelování.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. 116 stran. Vedoucí disertační práce Petr Baxant.

PINKER, J. 2004. *Mikroprocesory a mikropočítače*. Praha: BEN – technická literatura. ISBN 80-730-0110-1.

PISTULKA, M. 2012. *Návrh zapojení DMX ovladače LED RGB pásků*. Sezimovo Ústí. ABSOLVENTSKÁ PRÁCE. VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA, STŘEDNÍ ŠKOLA, CENTRUM ODBORNÉ PŘÍPRAVY. Vedoucí práce Jan Fuka.

PRAVDA, I. 2013. *Bluetooth.* České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická. Praha. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: http://data.cedupoint.cz/oppa_e-learning/2_KME/080.pdf

SCHILLER, J. H. 2003. *Mobile communications*. 2nd ed. Boston: Addison-Wesley. ISBN 03-211-2381-6.

SOKANSKÝ, K. 2011. *Světelná technika*. Praha: České vysoké učení technické v Praze. ISBN 978-80-01-04941-9.

ROSENBERG, M.; MERTLÍK, T. 2013. Technologie NFC: popis, bezpečnost a využití. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. *Elektrorevue* [online]. Brno, 1999, **15**(2), 139-146 [cit. 2017-02-27]. ISSN 1213-1539. Dostupné z: http://www.elektrorevue.cz/cz/clanky/informacni-technologie/0/technologie-nfc---popis--bezpecnost-a-vyuziti/.

VÁVRŮ, J.; UJBÁNYAI, M. 2013. *Programujeme pro Android. 2., rozš. vyd.* Praha: Grada, 2013. Průvodce (Grada). ISBN 978-80-247-4863-4.

VIGORTRONIX. *5 Watt Dual Output AC-DC Converters* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: http://www.farnell.com/datasheets/2117907.pdf?_ga=1.268122702.1777001715.1478547916

VISHAY, 2011. *Power MOSFET*: *IRF740, SiHF740* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: http://www.vishay.com/docs/91054/91054.pdf

WIZNET, 2013. *WIZ107SR User Manual: Version 1.61* [online]. [cit. 2017-03-08]. Dostupné z: http://www.soselectronic.cz/a_info/resource/Wiznet/WIZ107SR_User.pdf

PŘÍLOHY

A - CD

Příloha A

Příloha k diplomové práci

Vzdáleně řízený zdroj pro osvětlení parkovací věže na kola

Bc. Jan Dymáček

CD

Obsah

1 Text diplomové práce ve formátu PDF