

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Elektronická fotbalová tabule  
Michal Čech

Bakalářská práce  
2019

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Michal Čech  
Osobní číslo: I15028  
Studijní program: B2612 Elektrotechnika a informatika  
Studijní obor: Komunikační a mikroprocesorová technika  
Název tématu: Elektronická fotbalová tabule  
Zadávající katedra: Katedra elektrotechniky

### Zásady pro vypracování:

Cílem práce je návrh a vytvoření elektronické verze tabule používané ve fotbale a podobných sportech pro vyvolávání hráčů ke střídání případně k zobrazování skóre. Tabule bude koncipovaná jako v ruce držená, čísla musí být ve velikosti použitelné na stadionech. Tabule musí mít rozhraní pro nastavení čísel, integrované, nebo případně ovladatelné z mobilního telefonu, počítače nebo jiného zařízení. Vzhledem k občasně vypjatosti uživatelů je potřeba aby tabule detekovala natočení vůči zemi a čísla adekvátně otočila, tak aby nedošlo k zobrazení vzhůru nohama. Displej musí být plně barevný a mít vyřešené napájení.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- [1] VÁŇA, V. Mikrokontroléry ATMEL AVR: popis procesoru a instrukční soubor. Praha: BEN technická literatura, 2003. 336 s. ISBN 978-80-7300-083-0.
- [2] VÁŇA, V. Mikrokontroléry ATMEL AVR: programování v jazyce C. Praha: BEN technická literatura, 2003. 216 s. ISBN 978-80-7300-102-0.
- [3] VLACH, J. Řízení a vizualizace technologických procesů. Praha: BEN technická literatura, 2002. 160 s. ISBN 978-80-86056-66-X.
- [4] BRTNÍK, B. Základní elektronické obvody. Praha: BEN technická literatura, 2011. 156s. ISBN 978-80-7300-408-8
- [5] RIPKA, P.; TIPEK, A. Master Book of Sensors. Praha : BEN, 2003. ISBN 0-12-752184

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Pavel Rozsival**  
Katedra elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: **31. října 2017**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **11. května 2018**



Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.  
děkan

Ing. Jan Pědanič, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 15. listopadu 2017

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 6. 5. 2019

Michal Čech

## **PODĚKOVÁNÍ**

Zde bych rád poděkoval vedoucímu práce za vypůjčení potřebného vybavení, za zhotovení DPS a za rady, které mi pomohli s mojí bakalářskou prací. Dále bych chtěl podekovat mojí rodině a to nejen za psychickou podporu při tvorbě bakalářské práce, ale i za finanční podporu při nákupu komponentů. Také bych chtěl poděkovat mojí přítelkyni, že při mně celou dobu stála a podporovala mě jen co to šlo. A v poslední řadě bych poděkoval mým kamarádům, kteří při mně stali.

## **ANOTACE**

Tato práce se zabývá návrhem a realizací elektronické střídací tabule která se využívá ve sportech k ukazování střídání. Tabule je koncipována pro držení v ruce. Přepínání číslic a změna barvy se provádí mechanickým tlačítkem. V teoretické části je popsáno světlo, různé druhy diod, druhy akumulátorů a DC/DC měniče. V praktické části je popsán návrh a zhotovení samostatného zařízení.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

RGB LED, DPS, arduino UNO3

## **TITLE**

Electric football board

## **ANNOTATION**

This work deals with design and realization of electronic switching board which is used in sports to show alternation. The board is designed to be held in hand. Switching digits and changing colors is done with a mechanical button. The theoretical part describes light, various types of diodes, types of accumulators and DC / DC converters. The practical part describes the design and construction of a separate device.

## **KEYWORDS**

RGB LED, DPS, arduino UNO3

# OBSAH

<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>9</b>
<b>Seznam zkratk .....</b>	<b>11</b>
<b>Úvod.....</b>	<b>12</b>
<b>1 Úvod do problematiky .....</b>	<b>13</b>
1.1 Podobné produkty na trhu .....	13
1.1.1 DERBY® Handy-E mono .....	13
1.1.2 MERCO .....	14
<b>2 Světlo.....</b>	<b>15</b>
2.1 Svítivost.....	15
2.2 Světelný tok .....	16
2.3 Intenzita osvětlení .....	16
<b>3 Diody .....</b>	<b>17</b>
3.1 Fotodioda.....	21
3.1.1 VA-charakteristika .....	23
3.1.2 Principiální zapojení s fotodiodou.....	23
3.2 Zenerova dioda .....	25
3.2.1 P-N přechod .....	25
3.3 LED.....	28
3.3.1 Provedení LED.....	30
3.3.2 RGB LED .....	31
<b>4 Druhy Akumulátorů .....</b>	<b>32</b>
4.1 Olověný akumulátor.....	32
4.2 Li-ion akumulátor .....	33
4.3 Li-pol akumulátory .....	33
4.4 NiZn akumulátory .....	34
4.5 NiCD akumulátory .....	34
4.6 NiMH a NiMH LSD akumulátory .....	35
<b>5 DC/DC měniče .....</b>	<b>36</b>

5.1	Step-up .....	36
5.2	Step-down.....	37
5.3	Invertující měnič .....	37
<b>6</b>	<b>Volba součástek .....</b>	<b>39</b>
6.1	Arduino UNO3 .....	39
6.2	RGB LED .....	39
6.3	MPU-9250 .....	39
6.4	Volba napájení .....	40
6.5	DC/DC step-down.....	40
<b>7</b>	<b>Návrh schéma a návrh DPS .....</b>	<b>42</b>
7.1	Mikro spínač .....	42
7.2	RGB LED .....	42
7.3	DPS s tlačítky .....	45
7.4	Hlavní DPS .....	46
<b>8</b>	<b>Program .....</b>	<b>48</b>
8.1	Program pro arduino .....	48
8.2	Popis kódu pro MPU-9250.....	50
8.3	Popis zobrazování symbolů pomocí RGB LED .....	51
<b>9</b>	<b>Oživení a popis zhotoveného zařízení .....</b>	<b>53</b>
9.1	Popis oživení DPS s tlačítky.....	53
9.2	Popis oživení hlavní DPS .....	54
9.3	Popis přivedení napájení skrze DC/DC měnič .....	55
9.4	Popis displejů.....	55
9.5	Popis zapojení arduina UNO3 .....	56
9.6	PVC deska .....	56
	<b>Závěr.....</b>	<b>57</b>
	<b>Použitá literatura.....</b>	<b>59</b>



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - DERBY® Handy-E double [1] .....	14
Obrázek 2 - DERBY® Handy-E double [1] .....	14
Obrázek 3 - MERKO [2].....	14
Obrázek 4 - MERKO [2].....	14
Obrázek 5 - elektromagnetického záření [4] .....	15
Obrázek 6 - Schéma diody [6].....	17
Obrázek 7- P-N přechod [7] .....	18
Obrázek 8 - P-N přechod [7] .....	18
Obrázek 9- P-N přechod [7] .....	18
Obrázek 10- P-N přechod [7] .....	19
Obrázek 11 - P-N propustný směr [7].....	20
Obrázek 12 - P-N závěrný směr [7].....	20
Obrázek 13 - VA-charakteristika [8] .....	21
Obrázek 14 - Schématická značka fotodiody [9] .....	23
Obrázek 15 - VA-charakteristika fotodiody [9] .....	23
Obrázek 16 - Odporový režim [9] .....	24
Obrázek 17 - Hradlový režim [9] .....	25
Obrázek 18 - Zenerova dioda [10].....	25
Obrázek 19 - P-N přechod Zenerova dioda [10] .....	26
Obrázek 20 - Stabilizační obvod [10] .....	27
Obrázek 21 - Praktický stabilizační obvod [10].....	28
Obrázek 22 - LED [11] .....	29
Obrázek 23 - Step-up základní schéma [16] .....	37
Obrázek 24 - Step-down základní schéma [16].....	37
Obrázek 25 - Invertující měnič základní schéma [16].....	38
Obrázek 26 - Zapojení tlačítka .....	42
Obrázek 27- Uspořádání segmentů.....	44
Obrázek 28 - Schéma zapojení RGB LED.....	44
Obrázek 29 - Schéma zapojení DPS s tlačítky .....	45
Obrázek 30 - Rozmístění součástek na DPS s tlačítky .....	46
Obrázek 31 - Schéma zapojení.....	47

Obrázek 32 - Rozmístění součástek na hlavní DPS.....	47
Obrázek 33 - Vývojový diagram hlavního kódu .....	50
Obrázek 34 - Ukázka kódu pro výpočet sklonu a náklonu .....	50
Obrázek 35 - Ukázka kódu přetočení .....	51
Obrázek 36 - Popis zobrazení symbolů pomocí RGB LED.....	52
Obrázek 37 - Popis DPS s tlačítky.....	53
Obrázek 38 - Popis oživení hlavní DPS.....	54

## SEZNAM ZKRATEK

LED	Light-Emitting Diode
UV	Ultrafialové záření
Cd	Kandela
Lm	Lumen
Lx	Lux
I	Svítivost
E	Intenzita osvětlení
P-N	Přechod polovodiče typu P a polovodiče typu N
VA-charakteristika	Volt ampérová charakteristika
U	Napětí
SMD	Součástka pro povrchovou montáž
RGB	Červená, zelená, modrá
Li-ion	Lithium-ion
Li-pol	Lithium-polymer
NiZn	Nickel-Zine
NiCD	Nickel-Cadmium
NiMH	Nickel-Metal Hydride
NiMH LSD	Nickel-Metal Hydride Low Self-Dischatge
DC/DC	Změna stejnosměrného proudu
Step-up	Zvyšující měnič
Step-down	Snižující měnič
DPS	Deska Plošných Spojů
PVC	polyvinylchlorid

## ÚVOD

Úkol této bakalářské práce je vytvořit a navrhnout elektronické verze tabule používané ve fotbale a podobných sportech ke střídání. Tabule musí být koncipována tak, aby jí bylo možné držet v ruce a další podmínkou je dostatečná viditelnost čísel na větší vzdálenost. Následně tabule musí mít rozhraní pro nastavení čísel a to buď integrované, nebo popřípadě ovládané na dálku z mobilního telefonu, nebo počítače. Tabule má dále být schopná zareagovat na případné přetočení, musí být tedy schopna přetočit čísla, a aby byla čitelná a dávala smysl. To znamená, aby se nezobrazovaly vzhůru nohama a v opačném pořadí. Displej musí být schopen měnit barvy a mít vyřešené napájení.

Nejprve se práce zabývá již hotovými produkty, které jsou k dostání na českém trhu. Tyto již hotové produkty mi byly inspirací při tvorbě této mé bakalářské práce.

V teoretické části popisují viditelné spektrum světla a to z důvodu práce ze světelným zdroje. Dále jsou tam zmíněny různé druhy diod. Jelikož musím řešit napájení tohoto výrobku tak se v teoretické části zmiňuji i o druzích akumulátorů. Poslední část teoretické části se zabývá DC/DC měniči.

V praktické části se popisuje výběr jednotlivých komponent a důvod jejich zvolení. Dále se práce věnuje popisu zapojení a návrhu jednotlivých DPS. Poté je mluveno o programové části práce a v poslední kapitole je popsáno zapojení a oživení produktu.

# 1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

S příchodem moderní doby a zlevnění výroby prakticky všech moderních součástek se můžeme s využitím LED potkat téměř kdekoli v praktickém životě. Například se z LED můžeme setkat v domácím osvětlení a to jak v inteligentní verzi tak i v neinteligentní verzi, ovšem jejich využití není jen ve osvětlení ale dají se pomocí nich dělat různé informační a sdělovací panely, které můžeme vidět například na trolejbusových zastávkách a nebo přímo na nich. LED se nám dostaly i do sportovního odvětví kde se díky nim ukazuje skóre, čas, střídání a spoustu dalších věcí.

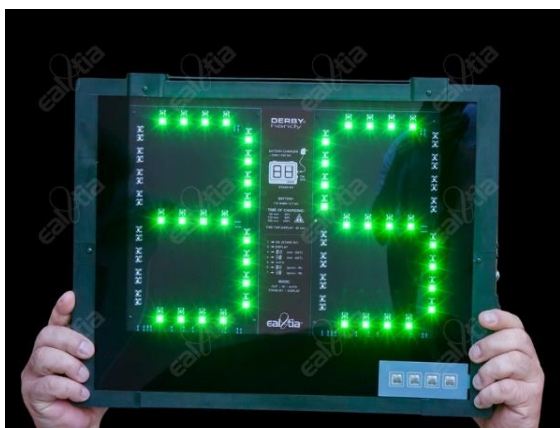
Za inteligentní osvětlení by šlo považovat to kde pouze nezmáčkneme vypínač a světlo svítí, ale to kde jsou další prvky, které nám zvedají pohodlí a nebo zpříjemňují život. Například přidání dálkového ovládání, pohybového čidla, barvy a intenzity osvětlení a mnoho dalších možností.

## 1.1 Podobné produkty na trhu

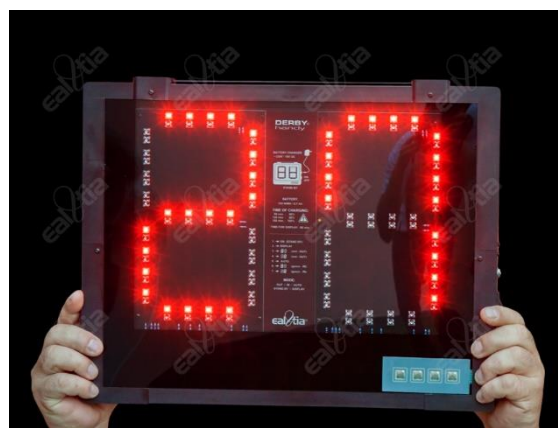
V dnešní době se na trhu už nachází ne malé množství takovýchto výrobků, ale ačkoliv v dnešní době jsou komponenty relativně levné tak podle mého jsou stále tyto zařízení příliš drahé. Zde je ukázka některých zařízení, které mi byly inspirací pro tvorbu této práce

### 1.1.1 DERBY® Handy-E mono

Tato elektronická tabule na střídání má displej na obou stranách a na každé straně jdou zobrazit červené a i zelené číslice, a to buď automaticky střídavě a nebo jednotlivě přepínáním. Rozměry tabule jsou 45x36 cm na výška a velikost číslic je 22 cm tato velikost zaručuje dobrou viditelnost, hmotnost této tabule je 2,1 kg. Tabule také obsahuje pohotovostní režim stand-by, paměť pro uložení připravených střídání a také bezdrátovou komunikaci střídací tabule s hlavní časomírou ovšem za předpokladu, že fotbalová tabule a časomíra jsou od této značky. Cena toho výrobku se pohybuje okolo 19000 Kč. Tahle tabule patří mezi ty dražší. Výrobek je vyobrazen na obrázku (Obrázek 1, Obrázek 2). [1]



Obrázek 1 - DERBY® Handy-E double [1]



Obrázek 2 - DERBY® Handy-E double [1]

### 1.1.2 MERCO

Tato tabule značky MERKO slouží jako ukazatel jednotlivých střídání plus lze na ní ukázat případný nastavený čas při fotbalovém zápase. Tabule je jednostranná a má displej s LED diodami ve dvou řadách, které tvoří celkem čtyři pole dvě tyto pole svítící červeně a dvě svítí zeleně, LED diody mají vysoký jas a nízkou spotřebu energie. Jako zdroj tabule využívá lithiovou baterii, která vydrží zásobovat tabuli energií až pět hodin. Ovládání této tabule MERKO LED je velmi jednoduché. Tabule je velmi lehká její váha je jen dva kilogramy. Lithiová baterie má hodnoty 12 V a 2200 mAh. Doba nabíjení této baterie je okolo tří hodin což je krásná doba na to že vydrží být v provozu pět hodin. Výrobce u této tabule garantuje dobrou viditelnost na 120 m což je více než dostačující vzdálenost. Rozměry tabule jsou 56 cm na šířku, 5 cm hloubka a výška tabule je 26,5 cm. Cena tohoto výrobku se pohybuje okolo 8300 Kč. Výrobek je vyobrazen na obrázku (Obrázek 3, Obrázek 4). [2]



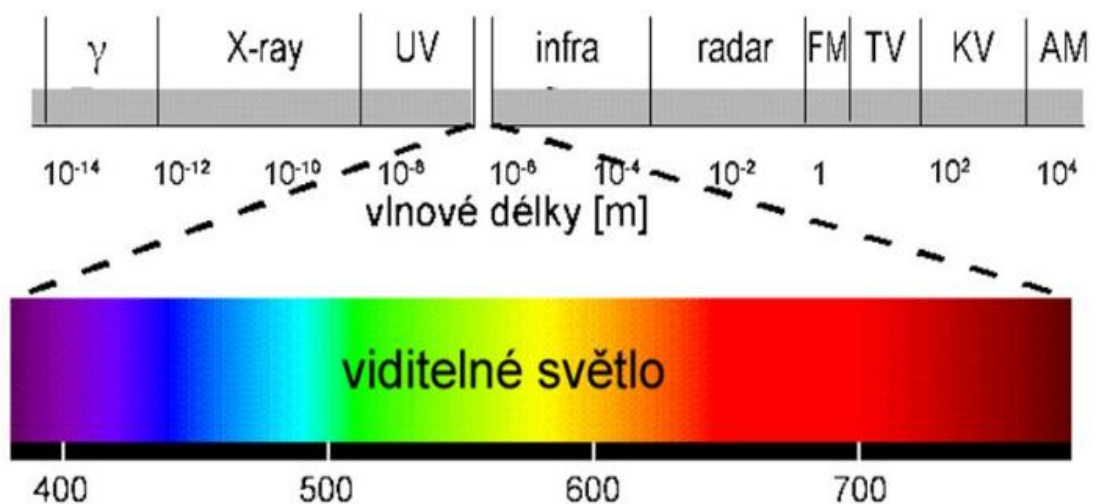
Obrázek 3 - MERKO [2]



Obrázek 4 - MERKO [2]

## 2 SVĚTLO

Světlo je vlastně elektromagnetické vlnění, které jsme schopni vnímat naším zrakem. Stejně jako jiná vlnění tak i elektromagnetické vlnění má svoji vlastní vlnovou délku, či frekvenci. Pro viditelné světlo se udává vlnová délka od 390nm až po 760nm (tyto hodnoty nejsou všude uváděny stejně a mohou se lehce měnit), pro tyto hodnoty odpovídá frekvence  $7,68 \cdot 10^{14}$  až  $3,95 \cdot 10^{14}$  Hz. Vyšší vlnové délky odpovídají infračervenému záření a to jsme schopni vnímat naším okem pouze jako sálající teplo. Nižší vlnové délky jsou pro ultrafialové záření. Námi viditelné má mnoho barev a každé barvě odpovídá jiná vlnová délka. Světlo, které se skládá ze všech vlnových délek jsme schopni vnímat jako bílé. Musíme si ovšem uvědomit, že naše oko obsahuje pouze tři receptory a každý je citlivý pouze na jednu barvu. Ty barvy jsou zelená, červená a modrá. Všechny další barvy jsme schopni vnímat jako kombinaci těchto barev v různých poměrech. Bílou barvu si naše oko namíchá ze všech těchto tří barev. [3]



Obrázek 5 - elektromagnetického záření [4]

### 2.1 Svítivost

Svítivost se označuje velkým písmenem I a její jednotkou je kandela (zkratka je cd). Jedna kandela odpovídá zhruba svítivosti jedné svíčky. Oproti tomu například klasická wolframová žárovka o příkonu 100 W má svítivost něco okolo 200 cd a v případě LED žárovky, která má stejnou svítivost má zhruba osmkrát menší příkon. Tato hodnota se normálně u žárovek nese-  
tkáme, protože normálně neuvádí na obalu produktu. [5]

## 2.2 Světelný tok

Světelný tok se označuje písmenem  $\Phi$  a jeho jednotkou je lumen (zkratka lumenu je lm). Světelný tok označuje světelnou energii, kterou je schopný světelný zdroj vyzářit za jednu sekundu, je to tedy jistá forma výkonu. 1 lm je definovaný jako světelný tok vyzářený zdrojem o svítivosti 1 kandela do prostorového úhlu 1 steradián. Tato hodnota je pro nás důležitá, protože se s ní setkáváme na obalech žárovek. Tato hodnota nám přímo říká, jak nám bude námi zvolený světelný zdroj svítit. U wolframové žárovky se udává zhruba světelný tok 13,5 lm/W oproti tomu u LED žárovek je světelný tok udávám zhruba 80 lm/W což je mnohonásobně větší než u klasické žárovky. Tato hodnota nezůstává stejná po celou dobu životnosti světelného zdroje, ale postupem času, jak světelný zdroj stárne, tak nám klesá i tato hodnota. To mají všechny zdroje světla společné, ale u každého zdroje světla je tento pokles jiný. U klasické wolframové žárovky tato hodnota v průběhu života může klesnou až na pouhých 30 procent, oproti tomu u LED žárovek tato hodnota klesá v průběhu životnosti jen na pouhých 70 procent původní hodnoty. [5]

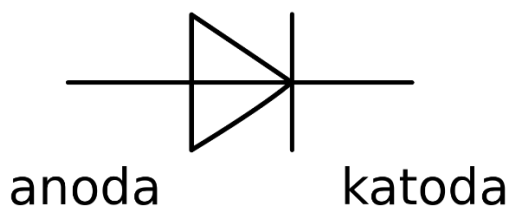
## 2.3 Intenzita osvětlení

Intenzita osvětlení se označuje velkým písmenem E. Jedná se vlastně o součást světelného toku, který dopadá na určitou plochu o nějakém obsahu. Základní jednotkou je jeden lux (zkratka lx). Vzorec pro výpočet jednoho lx je  $\text{lm} \cdot \text{m}^2$ . Spoustu lidí si plete mezi sebou jeden lux a lumen. Ovšem tyto dvě jednotky jsou úplně jiné. Intenzita osvětlení záleží na světelné toku zdroje světla, na jeho vyzařovacím úhlu a na vzdálenosti měřené plochy od tohoto zdroje. Intenzita osvětlení neboli jeden lx je vyvolán světelným tokem 1 lm rovnoměrně rozprostřeného na ploše 1  $\text{m}^2$ . Tuto jednotku lze změřit pomocí luxmetru a hodnoty pro osvětlení jednotlivých prostorů jsou uvedeny v normách. [5]



### 3 DIODY

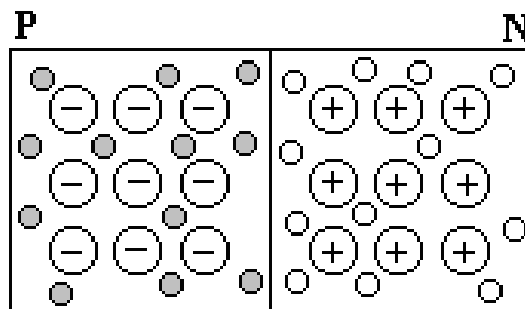
Dioda je elektrotechnická polovodičová součástka, která v obvodu propouští proud pouze jedním směrem. Lze ji tedy zapojit buď v propustném směru to znamená že proud přes diodu prochází, nebo v závěrném směru a proud skrze diodu neprochází. Podle konstrukce klasické diody slouží dioda buď k usměrnění elektrického proudu což znamená přeměna střídavého proudu na stejnosměrný, nebo ke stabilizaci elektrického napětí, či k signalizaci proudu. Polovodičová dioda se skládá ze dvou příměsí polovodičů. Jeden typ polovodiče je typu N neboli katoda a druhý polovodič typu P a neboli anody. Na rozhraní těchto polovodičů vzniká takzvaný P-N přechod, který v ideálním případě propouští proud pouze jedním směrem a druhým ne. Nejčastěji se pro diody používá jako základní prvek křemík, nebo germanium. Z jednoho z těchto dvou prvků se vytvoří destička a jedna strana se obohatí o prvek který má pět valenčních elektronů například fosfor, nebo arsen a druhá strana se obohatí o prvek, který má tři valenční elektrony jsem například patří bor, hliník a tak dále. Následným silovým působením částic se mezi nimi začne na P-N přechodu vytvářet elektrické pole. Schéma diody je vyobrazené na obrázku 6. [6]



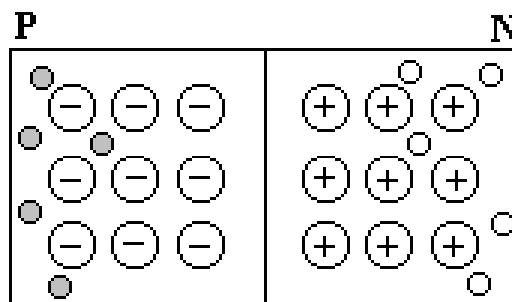
Obrázek 6 - Schéma diody [6]

Vytvoření přechodu znamená to, že k sobě přiložíme oba typy polovodiče, což je polovodič typu P a polovodič typu N. Oba tyto polovodiče nestačí dát jen k sobě, ale je nutné je propojit na mikroskopické úrovni. Po přechodu bude docházet k difúzi děr z polovodiče typu P do polovodiče typu N (viz obrázek 7). Díry jak i elektrony jakož nosiči jsou neustále v chaotickém pohybu. V polovodiči typu N se nám rekombinují díry s elektrony. Na rozhraní obou polovodičů se na polovodiči typu P objevují elektricky nevykompenzované nepohyblivé záporné ionty akceptorů. Díry z okolí obou polovodičů přejdou částečně do polovodiče typu N a tam následně rekombinují s elektrony. Vlastně dochází k difuzi elektronů z polovodiče typu N do polovodiče typu P. tam následně rekombinují s dírami. Na rozhraní obou polovodičů typu N a P začnou na polovodiči N vznikat nepohyblivé nevykompenzované kladné ionty donorů (viz obrázek 8). Tyto ionty jsou pevně svázané z krystalickou mřížkou polovodiče a proto se nemohou pohybovat a kdybychom vzali předpoklad, že by se mohli pohybovat tak jejich hmotnost je mnohem

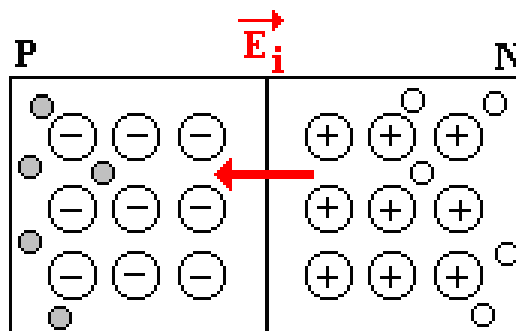
větší než elektronu a tudíž by se pohybovali o dost pomaleji. Následně vznikne hradlová vrstva o tloušťce něco okolo 1  $\mu\text{m}$  s elektrickým polem. Intenzita tohoto pole směřuje z polovodiče typu N do polovodiče typu P (viz obrázek 9). Následně toto elektrické pole zabraňuje dalšímu následnému pronikání děr do oblasti P-N přechodu (viz obrázek 10). V moment, kdy nastane rovnoměrný stav se v této oblasti nenacházejí žádné částice z nábojem, a proto má tato vrstva velký odpor. [7]



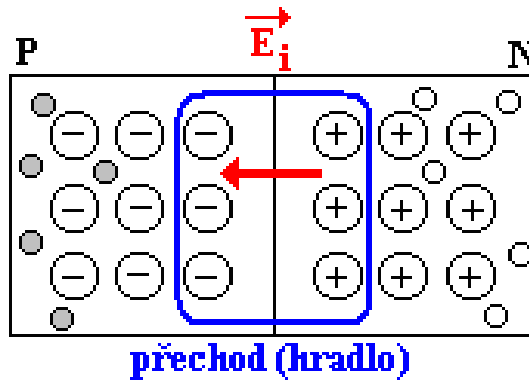
Obrázek 7 - P-N přechod [7]



Obrázek 8 - P-N přechod [7]

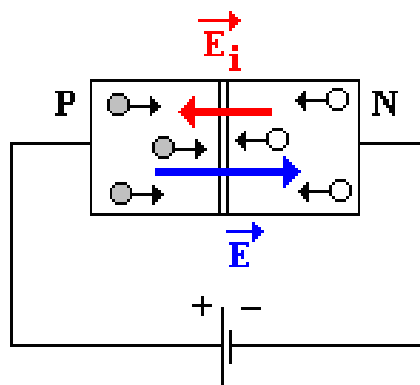


Obrázek 9 - P-N přechod [7]

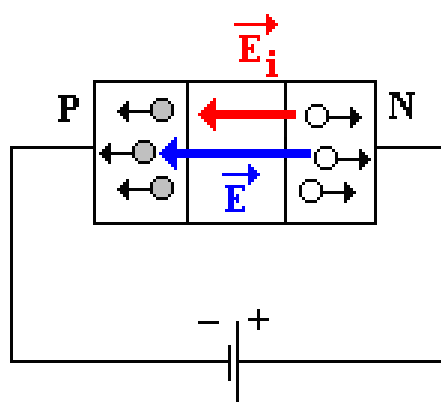


Obrázek 10 - P-N přechod [7]

Nyní když si zapojíme diodu do obvodu stejnosměrného proudu tak máme na výběr mezi dvěma druhy zapojení a to buď v propustném a nebo závěrném směru. Když připojíme polovodič typu P na kladný pól zdroje a polovodič typu N na záporný pól zdroje. Tak začne v polovodiči P vznikat elektrické pole, které je orientováno opačně, než je pole hradlové vrstvy a začne docházet k potlačování této vrstvy a obvodem začne tedy procházet proud. Tedy P-N přechod je zapojen v propustném směru. Díry jsou tedy přitahovány ke zápornému pólu zdroje a elektrony ke kladnému pólu zdroje (viz obrázek 11). Druhou možností je zapojit polovodič typu N na kladný pól zdroje a polovodič typu P na záporný pól zdroje (viz obrázek 12). Následkem tohoto zapojení začnou být elektrony z polovodiče N přitahovány ke kladnému pólu zdroje a díry z polovodiče P k zápornému pólu zdroje. Důsledkem toho se zvětší oblast v níž jsou volné nosiče náboje. Toto má za následek, že proud polovodičem neprotéká a tedy je dioda zapojena v závěrném směru. Tento proud ale ovšem není úplně nulový, a to díky neustálému pohybu vodivostních částic. Proud, který P-N přechodem protéká je velmi malý a tedy je zanedbatelný ve srovnání s proudem v propustném směru. [7]

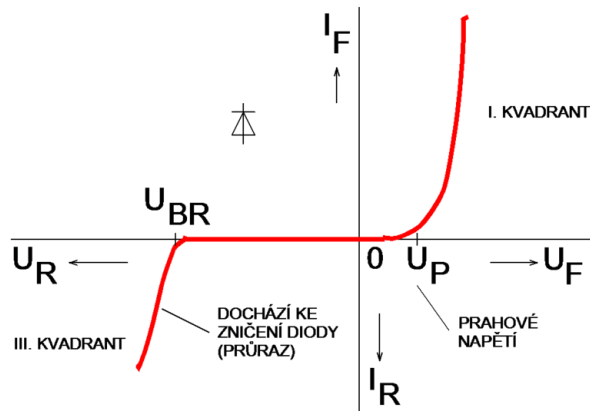


Obrázek 11 - P-N propustný směr [7]



Obrázek 12 - P-N závěrný směr [7]

Důležité informace o vlastnostech dané diody nám řekne její VA-charakteristika. Je to závislost stejnosměrného proudu, který protéká diodou, na připojeném stejnosměrném napětí. V propustném směru je dioda otevřená a prochází ní proud. Zobrazeno v prvním kvadrátu obrázku 13. Naproti tomu, když je dioda zapojena v závěrném směru tak ní teče minimální proud, doslova zanedbatelný, to je zobrazené ve třetím kvadrátu. Po překonání napětí  $U_{BR}$  nastane destruktivní proces a dioda se následně tohoto procesu zničí. [8]



Obrázek 13 - VA-charakteristika [8]

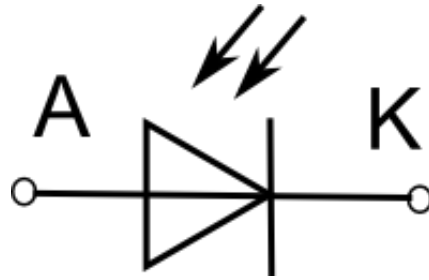
$U_P$  je prahové napětí diody v propustném směru a udává při jakém napětí začíná diodou procházet proud. V moment kdy  $U_F > U_P$  tak připojené vnější napětí překoná difuzní napětí a tím se zruší potenciálová překážka. Prahové napětí je tedy difuzní napětí. Odpor samotné diody je v propustné směru velmi malý (je závislý na typu diody) a anodové napětí což je napětí mezi anodou a katodou je asi 1 V. V závěrném směru proud tekoucí diodou je velmi malý doslova zanedbatelný, proud tvoří minoritní nosiče náboje. V tomto zapojení je odpor samotné diody někde mezi stovkami kilo ohmů až několik desítek megaohmů. Nastane-li stav, že závěrné napětí  $U_R$  dosáhne hodnoty  $U_{BR}$  (tato hodnota záleží na typu diody), nastane prudký nárůst závěrného proudu. To má za následek to, že elektrostatické pole je tak intenzivní, že vytrhá elektrony z vazeb mezi atomy a celkově ionizaci krystalové mřížky. Následkem toho začne nastávat proces vedoucí ke zničení diody. Ionizace nemusí být vždy destruktivní za předpokladu, že se sníží za v čase napájecí napětí tak se funkce diody obnoví, ale pokud se tak nestane nastane zničení diody. Výše uvedený průběh VA-charakteristiky lze popsat Shockleyho rovnicí. Kde je  $I$  (proud procházející diodou),  $I_0$  (zbytkový proud),  $U$  (napětí na diodě)  $U_T$  (teplotní napětí ( $U_T = kT/q$ ), při teplotě 27 °C je  $U_T = 26$  mV),  $k$  je (Boltzmannova konstanta  $1,38 \cdot 10^{-23}$  J/K),  $T$  (teplota v K). [8]

$$I = I_0 \left( e^{\frac{U}{U_T}} - 1 \right)$$

### 3.1 Fotodioda

Fotodioda jako jiné diody je polovodičová součást využívající P-N přechod, po případě využívající usměrňovacího přechodu kov-polovodič. Když se upraví P-N přechod tak aby bylo

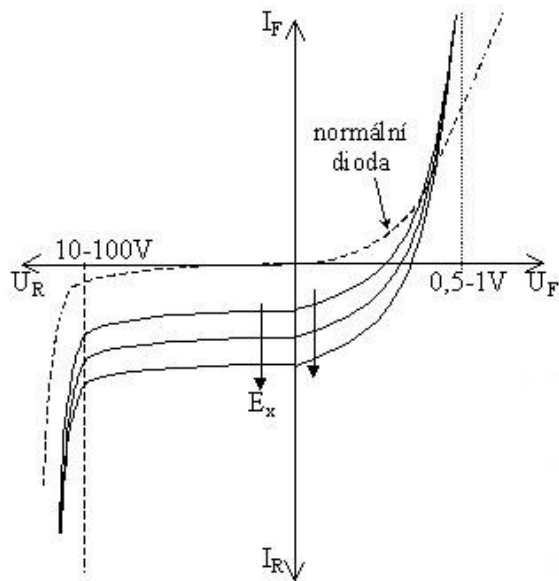
možné, na něj může dopadat optické záření tak je takovou diodu možné využívat jako fotocitlivou součástku. Nejčastěji používané polovodiče jsou křemík, germanium, arsenid india a mnoho dalších prvků. Tyto materiály jsou schopny absorbovat světelné záření a to zhruba v rozsahu 250 – 1100 nm pro křemík a pro germanium jsou uváděny hodnoty 800 – 2  $\mu\text{m}$ . Jak je známo, tak když dojde k P-N přechodu tak začne docházet k difuzi děr z polovodiče typu P do polovodiče typu N a zároveň elektronů z polovodiče typu N do polovodiče typu P. Na pomezí oblasti P-N přechodu začne vznikat úzká oblast, které se říká ochuzená oblast. V této oblasti se nám projeví vznik vnitřního elektrického napětí, které má za následek tvorbu vnitřního elektrického pole. Maximální intenzita elektrického pole se nachází na P-N přechodu, mimo ochuzenou vrstvu elektrické pole neexistuje. Pakliže by se dioda připojila ke zdroji energie v opačném směru tedy v závěrném tak by se nám takzvaná ochuzená vrstva rozšířila. Tloušťka této vrstvy má veliký význam pro funkci fotodiody. Dokud na diodu nezačne dopad optické záření tak k expanzi elektronů může nastat pouze v důsledku tepelného energie. V moment, kdy se P-N přechod osvětlí tak elektrony získají vyšší energii a pokud je tato energie dostatečná k tomu, aby se překonalo zakázané pásmo tak přejde elektron do vodivostního pásu a nechá po sobě díru. Vzniká tak pár elektron-díra. Absorpce optického záření závisí na jeho vlnové délce, krátké vlnové záření je absorbováno v tenké povrchové vrstvě diody. Tloušťka této vrstvy je 1  $\mu\text{m}$  nebo menší. Pro větší vlnové délky záření se nám polovodičový materiál stává průhledný, například pro křemík platí to, že se stává průhledný pro vlnové délky větší než 120 nm. Díky vnitřnímu elektrickému poli v oblasti P-N přechodu jsou elektrony a díry vzniklé díky působení optického záření od sebe odděleny tak, že elektrony přejdou do oblasti polovodiče typu N a díry zase do oblasti polovodiče P. Následně díky tomu vzniká na každé straně P-N přechodu elektrický náboj který lze detekovat na vývodech fotodiody. Tomuto přesunu se říká fotovoltaický jev. Fotodioda má za účel přenášet vzniklá nosiče náboje, které vznikli díky působení optického záření na její elektrody a to než se stihnou rekombinovat. Nosiče náboje mají jen omezenou životnost, tím je myšleno, než se vrátí na původní energetickou úroveň. Pravděpodobnost toho, že se nosiče dostanou do ochuzené vrstvy, závisí na tom, kde dojde k jejich vybuzení. Příčinou toho je závislost citlivosti fotodiody na vlnové délce optického záření. Fotovoltaický jev je vlastně vybuzení páru elektron díra a přesun nosičů náboje do oblastí s odpovídajícími typy vodivosti. Schéma fotodiody je vyobrazené na obrázku 14. [9]



Obrázek 14 - Schématická značka fotodiody [9]

### 3.1.1 VA-charakteristika

VA charakteristika neosvětlené fotodiody je podobná charakteristice usměrňovací diody (viz obrázek 15). Jakmile se fotodioda osvětlí určitou intenzitou, začne se posouvat charakteristika k záporným hodnotám. Když se podíváme na obrázek tak je nám jasně znatelné, že při osvětlení nám již už charakteristika neprochází počátkem a vykazuje proud  $I_R$  v závěrném směru. Toto mají za následek nosiče náboje, které se vytvořily dopadem světla. [9]

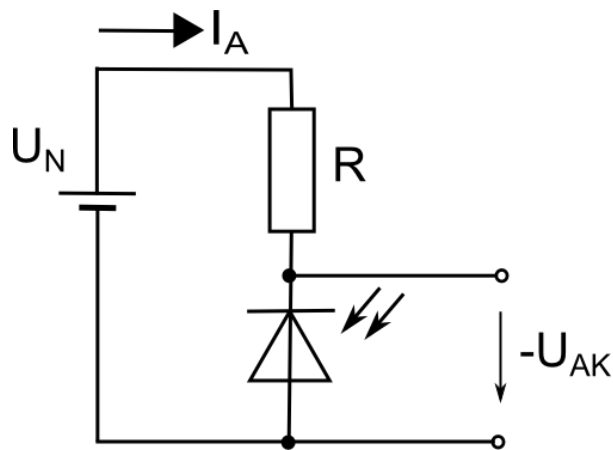


Obrázek 15 - VA-charakteristika fotodiody [9]

### 3.1.2 Principiální zapojení s fotodiodou

Z VA charakteristiky, která je vyobrazena na obrázku 15 můžeme vidět, že fotodioda může pracovat v 1, 3 ale i ve 4 kvadrantu, z čehož vyplývají dva základní režimy činnosti. Jeden režim

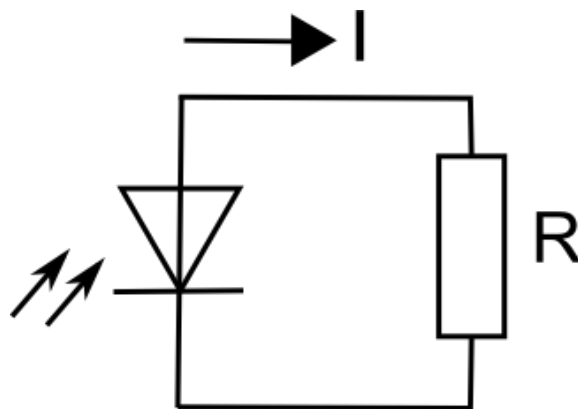
se nazývá odporový, kdy se chová jako spotřebič v obvodu napájený vnějším zdroje napětí a druhý režim je hradlový a v tomto zapojení dodává proud do připojené zátěže. Schéma odporového zapojení je znázorněné na obrázku 16. Pro tento režim je dioda zapojena do série se zatěžovacím rezistorem a v závěrném směru ke zdroji napětí. Při osvětlení o intenzitě, že dioda pracuje ve třetím kvadrantu platí následný vztah  $U_R = U_N + U_D$ . Jakmile se zvětší osvětlení a dioda začne pracovat ve čtvrtém kvadrantu tak napětí na zatěžovacím rezistoru má následnou velikost  $U_R = U_N + U_D$ . Dopadající fotony generují volné elektrony a díry. V tomto režimu je díky závěrné polarizaci na P-N přechodu vyšší intenzita elektrického pole a ochuzená oblast je širší, následně díky tomuto volné elektrony driftují vyšší rychlostí ke kontaktům katody a díry oproti tomu ke kontaktům anody. Díky rostoucí rychlosti nosičů se zvyšuje i přenosová rychlost fotodiody. [9]



Obrázek 16 - Odporový režim [9]

V druhém režimu, který se nazývá hradloví pracuje dioda ve čtvrtém kvadrantu VA-charakteristiky. V hradlovém režimu pracuje fotodioda jako zdroj energetické energie. Za předpokladu že je dioda zatížena rezistorem R a intenzita osvětlení je dostatečná, tak začne fotodioda generovat elektrickou energii a následně bude protékat rezistorem  $R_Z$  proud. Tento režim lze v praxi nalézt například u solárních baterií, které se skládají z velkoplošných diod. Tento režim je vyobrazen na obrázku 17. [9]

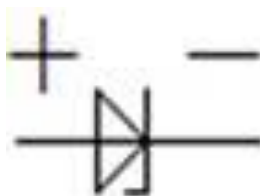




Obrázek 17 - Hradlový režim [9]

## 3.2 Zenerova dioda

Zenerova dioda je polovodičová součástka a její schéma mám vyobrazené na obrázku 18. Tato dioda se v elektronických obvodech využívá na to aby se ní stabilizovalo napětí. Princip funkce této diody je založen na takzvaném Zenerově průrazu přechodu P-N. Tento průraz nastává, když je dioda připojena do obvodu v závěrném směru což nám tedy říká, že tato dioda vede elektrický proud při zapojení, kdy se stabilizační dioda ničí. [10]

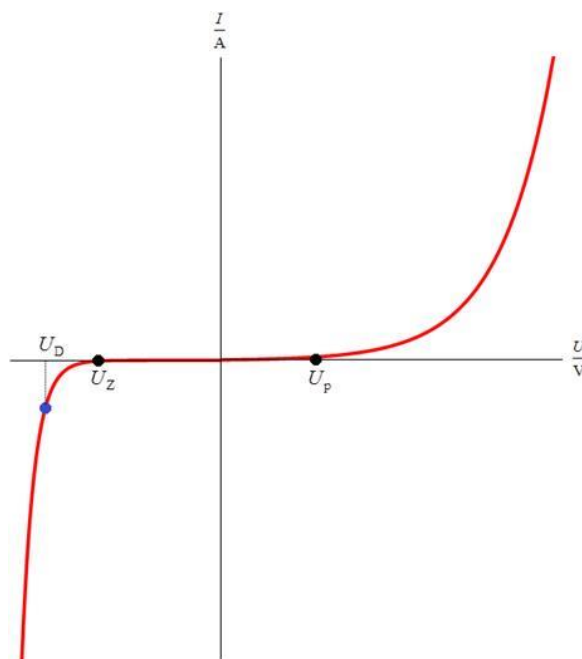


Obrázek 18 - Zenerova dioda [10]

### 3.2.1 P-N přechod

P-N přechod je tedy oblast, kde se nenachází žádné volné částice. Odpor této oblasti je velmi velký. Na tomto přechodu vzniká elektrostatické pole, které má v zapojení P-N předu v závěrném směru velkou velikost. Následně toho začíná vznikat elektronická síla, která působí na elektrony v krystalu a v důsledku této síly a pokud má dostatečnou veliká, dochází k vytržení elektronů z vazeb v těchto krystalech. Vytržené krystaly se začnou pohybovat v prostoru P-N přechodu a to má za následek to, že se prudce zvýší jeho vodivost. To znamená že klesne elektrický odpor o několik řádů až na hodnotu několika ohmů. Díky tomuto může procházet proud P-N přechodem i když je dioda zapojena v závěrném směru, při téměř konstantním napětí. Toto

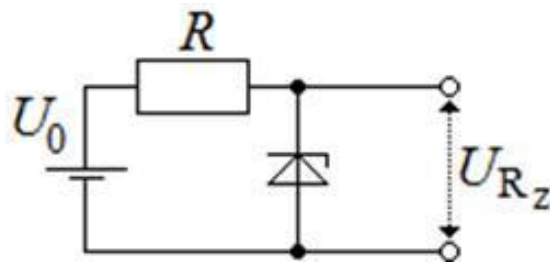
napětí, při kterém tento jev nastává se nazývá Zenerovo napětí. Velikost elektrické intenzity elektrostatického pole na přechodu PN je nepřímo úměrná šířce přechodu P-N. Tento popsáný Zenerový průraz je typický pro velmi úzké P-N přechody a pro napětí do 3 V. Když se zvětšuje šířka P-N přechodu tak roste i Zenerovo napětí. To má za důsledek, že uvolněné elektrony získávají větší energii a tuto energii si nesou ve formě kinetické energie. Pokud tento uvolnění elektro z velkou kinetickou energií narazí na jiný elektron, může zapříčinit jeho uvolnění z krystalické mřížky a tyto elektrony zase díky své velké kinetické energii mohou uvolňovat další a další elektrony. Toto je další typ P-N průrazu kterému se nazývá lavinový průraz. Tento průraz je typický pro větší napětí to je od 6 V. Oba tyto průrazy se projevují stejně jen jediný rozdíl je v teplotní závislosti daného průrazu. Když nastane Zenerův průraz tak při zvyšování teploty napětí klesá, ale namísto toho u lavinového průrazu nám napětí při zvyšování teploty roste. Pro napětí plus mínus 6 V se teplotní závislosti navzájem kompenzují, a proto stabilizace Zenerovou diodou při napětí 6 V téměř nezávislá na teplotě. VA-charakteristika této diody je v propustném směru velmi podobná jako u usměrňovací diody. Schéma VA-charakteristiky je vyobrazeno na obrázku 19. Tato dioda je vyrobena tak, aby byla schopna pracovat i v závěrném směru i po překročení průrazného napětí  $U_Z$ , které se nazývá Zenerovo napětí. [10]



Obrázek 19 - P-N přechod Zenerova dioda [10]

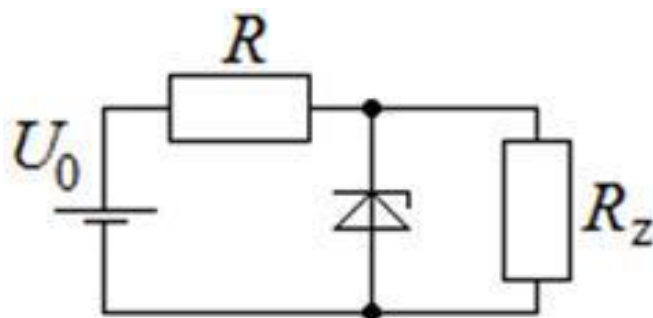
Schéma nejjednoduššího stabilizačního obvodu je zobrazeno na obrázku 20. Zenerova dioda je připojena v závěrném směru přes rezistor o odporu  $R$  ke zdroji napětí  $U_0$ . Proud tekoucí diodou je  $I_D$  a podle Ohmova zákona  $U_0 = R \cdot I_D + U_D$ .  $U_D$  je napětí měřené na diodě. Toto

zapojení je bez zátěže tedy naprázdno, což znamená, že elektrický odpor mezi výstupními svorkami obvodu je velmi velký. Jelikož není připojena zátěž, tak na diodě je stejné napětí jako na výstupu stabilizačního obvodu. V tomto obvodu je vstupní napětí  $U_0$  regulováno tak, aby na výstupním napětí  $U_Z$ . To v tomto případě odpovídá napětí  $U_D$ . Jelikož průrazné napětí této diody je stabilní i přes velký rozsah proudu, tak udržuje výstupní napětí  $U_{RZ}$  na konstantní hodnotě. A to i za předpokladu, že vstupní napětí se může měnit. Jelikož má tato dioda malou impedanci musí se použít rezistor o hodnotě  $R$ , aby se snížila hodnota protékajícího proudu diodou. Hodnota rezistoru  $R$  se musí zvolit správně, protože musí být dostatečně malá, aby byl možný chod diody v závěrném směru. To znamená, aby diodou procházel dostatečný proud. Hodnotu tohoto proudu má každá dioda jinou a musíme si ji zjistit z datasheetu dané Zenerovy diody. Nejčastěji to jsou mikroampéry až miliampéry. Zároveň hodnota tohoto odporu musí být dostatečně velká, aby nedošlo ke zničení diody. Aby Zenerova dioda opravdu stabilizovala napětí tak se musí pohybovat v levé části VA-charakteristiky tam kde je graf téměř kolmí k ose napětí. Pokud by se změnila hodnota proudu tak že by v grafu byla téměř vodorovně tak v tom případě Zenerova dioda stabilizovat nebude. Tento obvod v praxi nemá téměř žádný smysl. [10]



Obrázek 20 - Stabilizační obvod [10]

A proto se v praxi uplatňuje obvod, který je vyobrazen na obrázku 21. V tomto obvodu je mezi výstupní svorky připojena zátěž, kterou nám znázorňuje  $R_Z$ . Podle prvního Kirchhoffova zákona pro elektrický proud  $I_R$  procházející rezistorem o odporu  $R$ , elektrický proud  $I_D$  procházející diodou a elektrický proud  $I_Z$  procházející zátěží o odporu  $R_Z$  platí  $I_R = I_D + I_Z$ . Vzhledem k tomu, že napětí  $U_0$  je téměř konstantní tak je i konstantní i hodnota elektrického proudu  $I_R$ . Změno zátěže se nám změní hodnota elektrického proudu  $I_Z$  a zároveň se mění i proud  $I_D$ . proto aby stabilizační dioda fungovala správně musí se měnit proud tekoucí diodou v určitých mezích, tyto meze jsou udávány výrobcem dané diody. Pokud by byla tato hodnota proudu byla příliš vysoká tak by nastalo poškození diody, nebo úplné zničení diody. A za předpokladu, že by tato hodnota elektrického proudu byla příliš malá tak nám dioda nebude stabilizovat, to znamená, že na diodě při různých hodnotách elektrického proudu nebude konstantní napětí. [10]

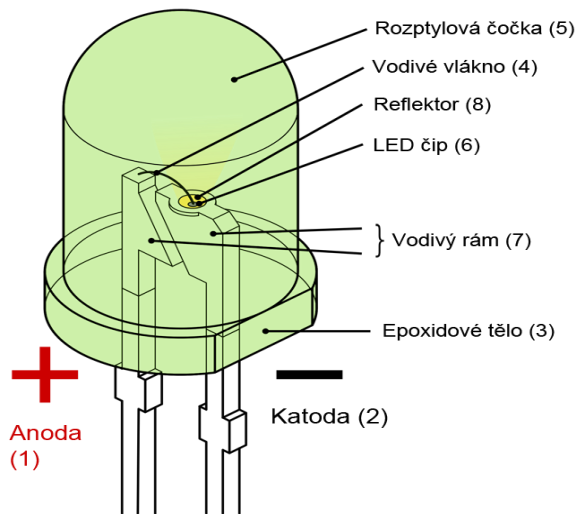


Obrázek 21 - Praktický stabilizační obvod [10]

### 3.3 LED

LED dioda je polovodičová součástka, která obsahuje P-N přechod. LED dioda se se vyznačuje tím, že je schopná vyzařovat světelné záření. Technologie LED diod je stará více než 40 let, ale rozšířené v elektronice začali být teprve až v posledních letech. Důvodem proč kdysi nebyli tolik rozšířené bylo to že jejich výrobní cena byla příliš vysoká a až z postupem času se jejich výrobní cena vyšplhala na tak dostačující že se začali hojně používat ve většině elektroniky. Tato dioda má světelný tok stejně dobrý jako konvekční svítidla, ba dokonce lepší a výrobní cena oproti starším zdrojům světla je daleko menší. LED dioda dokáže vyzařovat světlo díky P-N přechodu kterým protéká proud. Český název pro tuto diodu je elektroluminiscenční dioda, ale v praxi se jí říká hovorově ledka. LED dioda oproti standartním zdrojům světla jako jsou wolframové žárovky, výbojky a tak dále, má malý vstupní proud a napětí. Diody se vybavují optickým prvkem pro lepší rozptyl světla do prostoru. Ten bývá nejčastěji z epoxidové pryskyřice. LED diody mohou být buď bodové či rozptylové, záleží na rozptylovém úhlu. LED dioda je zobrazena na obrázku 22. Tetka když už o LED diodě něco víme tak se podíváme na její sestavení a popis funkce. Kladný náboj se na LED diodu přivádí na katodu (1) z katody následně teče proud do vlákna (4). Druhá část Led diody je připojena k vodivostnímu rámu (7), který vede z katody (2) k zápornému pólu. O tom jakou barvou nám daná Led bude svítit rozhoduje to jaké je použito chemické složení polovodiče (6). Celá LED dioda, kromě vývodů je obale v pouzdře z epoxidové pryskyřice. Toto pouzdro má za úkol hnedka tři věci. První věc je to, že pouzdro je navrženo tak, aby byl maximalizován průchod svět, poté upravuje vyzařovací uhel, pod kterým nám bude LED svítit a poslední což je také velice důležité chrání LED před vnějšími vlivy a poškozením. Vlastně díky tomuto pouzdru je dioda skoro nezničitelná a také

v ní nejsou žádné volné součástky. Díky tomu má také větší životnost a menší pravděpodobnost poruchy. [11]



Obrázek 22 - LED [11]

Z čím byl u LED diod problém bylo to, že se dlouho nedařilo najít způsob, jak vytvořit LED, která by byla schopna vyzařovat modré a vysoce svítivé bílé světlo. Touž jen ze samotného principu LED nelze přímo vytvořit. U starších bílé zářících ledek se to řešilo tak, že obsahovali trojici čipů a bílá barva se vytvářela pomocí kombinace barev, že v závěru LED vyzařovala bílé světlo. Další možností je využití luminoforu. Funguje to tak, že některé průhledné LED emitují průhledné světlo a část tohoto světla je přímo na čipu transformována luminoforem na žluté světlo. Následným smísením těchto dvou barev nám vznikne bílé světlo. Led umí vyzařovat jednobarevné světlo v rozsahu daného spektra. Toto světlo se označuje pomocí vlnové délky a jeho měřená jednotka je v nanometrech. Maximální vlnovou délku, které jsme schopni vždy dosáhnout nám udává materiál z kterého je daná LED vyrobena. Nebo ne ani tak LED jako samotný čip dané LED. Pro lidské oko je nejcitlivější vlnová délka něco okolo 565 až 600 nanometry. Proto se nám dobře rozpoznává rozdíl mezi žlutou a oranžovou LED než u ostatních barev. LED prvky se vyrábějí ze sloučenin galia a dalších příměsí. Příměsí se dodávají takové, jakou zrovna barevnou LED je potřeba vytvořit. Světelný výkon LED je závislí na spoustu veličinách, například na druhu použitého čipu, zapouzdření dané LED a tak dále. Množství světla, které je schopná Led vyzářit se měří v milikandelách. Svítivost Led je přímo úměrná proudu, který ní prochází. Takže se dá vlastně říct, že čím větší proud LED teče tím svítí jasněji.

LED jsou navrženy pro maximální proud 20 mA. Nesmíme také zapomenout, že čím větší počte diodou proud tím bude i větší množství proudového tepla. Takže když budeme návrh zařízení, kde bude více LED tak musíme počítat i z tím že nám dané zařízení bude více hřát. Led jsou navrhovány tak aby si byly schopné udržet co nejdéle svou životnost, ovšem za předpokladu, že se budou dodržovat provozní podmínky. Další věcí, která nás u LED zajímá je právě její vyzařovací úhel. Ten je závislý právě na použitém čipu dané LED a na čočce z epoxidové pryskyřice díky které se nám láme světlo. Poslední věcí, která nám vyzařovací úhel ovlivňuje je samotné umístění LED na daném výrobku. Prakticky lze říct, že čím je větší vyzařovací úhel tím nám LED více svítí do stran. Zapouzdření je navrženo tak, aby sloužilo jako zesilovací čočka pro světlo vycházející z LED čipu. Viditelnost vyzařovaného světla nám také může velice ovlivnit zabarvení zapouzdření. [11]

Životnost LED diod, nebo LED světel, které se skládají z většího počtu LED diod se většinou udává něco okolo 50000 hodin a více. Tato hodnota není u každé LED stejná. Záleží u ní na druhu výrobce a také samozřejmě na ceně dané LED. U příliš levných ba až podezřele levných LED si musíme uvědomit, že životnost nemusí být někdy ani těch více zmiňovaných 50000 hodin. V dnešním tržním systému se stanovilo, že LED žárovky pro domácí používání se vyrábí okolo hodnoty životností 15000 hodin. Tato životnost je brána dle normy L70B50. Zjednodušeně řečeno tato norma je stanovena tak, se vezme 100 LED a životnost se stanoví podle toho, kdy 50 procent LED svítí aspoň na 70 procent. [12]

### **3.3.1 Provedení LED**

LED se v dnešní době vyrábí v mnoha variantách. Jednou z nich jsou LED z drátovými vývody. Ty byly nejrozšířenější na začátku jejich vzniku a nejčastěji se s nimi můžeme setkat s kruhovým pouzdem o průměru 3 a 5 mm. Následně vznikli výkonnější LED se čtyřmi vývody, nicméně i tyto led mají omezené možnosti vyzařování přebytečného tepla do prostoru. V dnešní moderní době se už příliš LED z drátovými vývody nepoužívají. Právě LED z drátovými vývody nahradili v dnešní době z velké části SMD LED. Pouzdro SMD LED je bez drátových vývodů a je uzpůsobeno tak, aby jej bylo možné osazovat strojně. Názvy těchto SMD LED bývají nejčastěji odvozeny od jejich rozměrů, například 3528, 3535 a tak dále. Tyto SMD LED jsou vlastně už v dnešní době základním stavebním kamenem všech světelných LED výrobků jako jsou, například LED pásy nebo LED žárovky. Tyto LED lze dělit podle příkonu na nízko příkonové, ty jsou zhruba do 0,2 W, dále LED se středním příkonem, ty mají hodnotu příkonu zhruba od 0,2 – 1 W a v poslední variantě vysoko příkonové a u těch se udává hodnota na 1 W.

U LED, u kterých je příkon 0,5W a větší se už většinou přidává podložka pro odvod odpadového tepla. Další variantou jsou COB LED vlastně se jedná o SMD LED akorát o větších rozměrech a plochým tvarem. Tyto LED obsahují desítky až stovky čipů, a to nejčastěji v sériově paralelním zapojení. Jsou umístěny na teplo vodivém substrátu a to z důvodu odvodu tepla, jelikož jak je na nich více čipů tak produkují více odpadového tepla. Díky většímu množství čipů mají vysoký světelný tok, ale oproti tomu mají velké nároky na odvádění odpadního tepla, které akumulují. Prakticky je nelze používat bez kvalitního chlazení, zpravidla využívány v kovových tělesech svítidel. Jako poslední vyráběné provedení jsou vláknové LED. Je to vlastně lineární LED a je vyrobena tak že je více čipů uložených na skleněný substrát v řadě. Díky tomuto uspořádání s oboustranným fosforem mají tyto LED velký vyzařovací úhel. Nejčastěji se tyto LED používají v LED žárovkách napodobující staré vláknové žárovky. Jelikož mají tyto vláknové LED nízký příkon tak nekladou takové nároky na odvádění odpadového tepla. [13]

### **3.3.2 RGB LED**

RGB LED jsou vlastně LED složené ze tří LED a to konkrétně z červené, zelené a modré. Tyto LED dokáží vytvořit i bílé světlo a to tak, že zkombinují všechny tři barvy a následně díky tomu nám vznikne bílé světlo. Naše oko nepotřebuje všechny části spektra, aby světlo vidělo jako bílé, ale stačí mu právě více zmíněné tři barvy. RGB LED díky těmto třem barvám je schopná určitou kombinací těchto barev vytvořit i další druhy barev. Prakticky lze za pomoci těchto barev vytvořit jakoukoliv barvu z viditelného spektra světla. RGB je to barevný model, který je založen na teorii pana Younga a Helmholtze, trojbarevném vidění a Maxwellově barevném trojúhelníku. Své kořeny jako standart pro zobrazování barev na internetu má v letech 1953. Tato technologie se v dnešní době hojně využívá například u LED televizorů a monitorů. [11]

## 4 DRUHY AKUMULÁTORŮ

Na trhu se v dnešní době lze sehnat hnedka několik druhů akumulátorů, a proto při jejich volbě musíme porovnat mezi jednotlivými druhy, který se rozhodneme pro námi zvolený účel používat. Jelikož jsme realisté tak nás u daného akumulátoru nezajímají pouze parametry jako jsou rozměry nebo kapacita, ale také hlavně cena.

Druhy akumulátorů : - Olověný  
- NiCd  
- NiMH a NiMH LSD  
- NiZN  
- Li-ion  
- Li-pol

### 4.1 Olověný akumulátor

Olověné akumulátory mají v dnešní době hlavní uplatnění především v automobilech, nebo jako záložní zdroje. Je to akumulátor s elektrodami na bázi olova a jako elektrolyt se používá kyselina sírová. Hlavní výhodou tyto akumulátory mají v tom, že jsou schopné poskytnout rázově velké proudy, klasický příklad je právě u startování automobilu a druhou výhodou je jejich spolehlivost a vytrvalost. Oproti ostatním akumulátorům mají větší životnost a to i za předpokladu, že budou v nepříznivých podmínkách (například nízké teploty). Životnost olověných akumulátorů se udává v rozmezí 500-800 napájecích cyklů. Akumulátor snese mírné přebíjení, ale musíme si dát pozor na dlouhodobé přebíjení, protože má za následek přeměnu elektrolytu na plyn a ten je prudce jedovatý a mohlo by dojít k otravě. Opatrní musíme být i na tzv. uzavřené olověné akumulátory (SLA, Sealed Lead Acid, to jsou ty bez přímého přístupu k elektrolytu přes šroubovací vršky), při jejich dlouhodobém přebíjení může dojít i k fyzickému poškození (deformaci) baterie či dokonce explozi (záleží na samotné konstrukci baterie). Olověný akumulátor by se neměl nechávat delší dobu vybitý, protože na jeho elektrodách dochází pak takzvané sulfataci, která má za následek snížení maximální kapacity akumulátoru, proto když dojde k jeho vybití je vhodné ho, co nejdříve opět nabít. Další nevýhodou olověných akumulátorů je jejich větší hmotnost, za kterou může právě používané olovo, které váží zhruba 60 procent hmotnosti baterie. Díky tedy vysoké hmotnosti akumulátorů není příliš vhodné je používat do menších zařízení. Nominální napětí článku olověného akumulátoru je 2,1V a pro plně vybitý



akumulátor má napětí naprázdno hodnotu 1,95 V. Nejčastěji se můžeme setkat s olověnými akumulátory s hodnotami 6 V, 12 V či 24 V, ale vyrábějí si i jiné hodnoty. [14]

## 4.2 Li-ion akumulátor

Díky svým vlastnostem se tyto články používají hojně ve spotřební elektronice. Tyto akumulátory mají vysokou hustotu energie například oproti olověným akumulátorům jí mají bez problému dvakrát větší, mají nízkou úroveň samovybití a žádný paměťový efekt. Vhodně sestavená Li-ion baterie dokáže dodávat i velmi vysoké proudy, které lze uplatnit u náročnějších zařízení například u ruční vrtačky. Tento druh baterií má i vyšší nominální napětí článku, které je 3,6 V a při plném nabití má článek 4,2 V. Díky tomu že má vyšší nominální hodnotu jednotlivých článků může případné zařízení pracovat z menším množstvím článků. Například dnešní chytré telefony běžně pracují pouze z jednočlávkovou baterií. Tyto baterie jsou velmi citlivé na hluboké vybití (vybití pod určitou mez). Pokud jejich napětí klesne pod 2,4 V dojde k nevratnému poškození článku a pokud by kleslo napětí článku až pod hodnotu 2 V, tak může hrozit to, že díky vnitřním procesům článku dojde k jeho vnitřnímu zkratu. Problém je v tom že vnitřní zkrat článku se může projevit až po jeho opětovném nabití a tento znižovaný vnitřní zkrat může zapříčinit explozi článku. Aby k tomuto vybití nemohlo dojít tak se často baterie opatřují ochranným obvodem který vyřadí článek z provozu a následně jej aktivuje až po nabití na patřičnou hodnotu. Nejčastěji se tedy setkáme s Li-ion články ve spotřební elektronice, ale můžeme je potkat jako samostatné monočlánky. Životnost těchto článků se pohybuje průměrně něco okolo 500-1000 cyklů nabití. Nabíjení Li-ion článků vyžadují specifickou nabíječku. Pro nabíjení Li-ion se využívá metoda CC/CV (constant current, constant voltage). Při zahájení nabíjení vybitého článku se udržuje konstantní proud (CC), který odpovídá doporučené hodnotě nabíjení článku (např. 1 A). Během této fáze postupně stoupá napětí článku a po dosažení hranice cca 4,25V, což odpovídá cca 90 % nabití článku, se přejde na fázi konstantního napětí (CV), kdy se začne snižovat nabíjecí proud a díky tomu už dál napětí článku neroste. [14]

## 4.3 Li-pol akumulátory

Li-pol neboli Lithium-polymer akumulátory místo tekutého elektrolytu využívají elektrolytu pevného. Nominální hodnota napětí jednoho článku je stejná jako u Li-ion článku, tedy 3,6V. Tyto baterie jsou velmi lehké, jsou zhruba o 15 procent lehčí než Li-ion, ale zase jsou oproti Li-ion bateriím objemnější a to zhruba o 10-20 procent. Tyto akumulátory lze vyrábět velmi

ploché, mohou mít tloušťku jen několik milimetrů a navíc mohou mít libovolný tvar. Díky tomu se sejdou do malinkých zařízení například jako jsou miniaturní kamery, nebo RC modely. Ostatní vlastnosti jsou velice podobné jako u Li-ion akumulátorů, ale jejich výrobní ceny je o něco vyšší. [14]

#### 4.4 NiZn akumulátory

Nikl zinkové články mají nominální napětí 1,65V, což je velmi blízká hodnota k napětí 1,5V, kterou mají primárním alkalické články. Články nejsou na trhu příliš běžné. Kapacita AA monočlánku je většinou 1500mAh. Pozor na to, že mírně vyšší napětí NiZn článku oproti alkalickému může způsobit problémy, pokud totiž uvažujeme baterii složenou z více do série zapojených článků, může rozdíl 0,15V násobený počtem článků dosáhnout v součtu tak vysoké hodnoty, že dané zařízení poškodí. Proto pozor při použití těchto článků například v blesku, který používá 4 či více AA monočlánků. NiZn články dokáží dodávat vysoké proudy, dokonce větší než dokáží NiMH či primární alkalické články, což je určitě pro některé oblasti využití výhoda. Bohužel stabilita těchto článků není dobrá a rychle klesá jejich životnost. Tyto články mají životnost okolo 200-300 nabíjecích cyklů, což je v porovnání s ostatními akumulátory velice málo. Tyto články mají obrovskou nevýhodu že už po pouhých 30-50 nabíjecích cyklech se začne projevovat výrazný efekt samovybíjení, a proto si tyto články nedokáží potom udržet svoji energii při delším skladování. Tyto akumulátory vyžadují svoji speciální nabíječku, ale zle je nabíjet v nabíječce pro NiMH či NiCD akumulátory. Rozdíl je především ve vyšším nabíjecím napětí. [14]

#### 4.5 NiCD akumulátory

NiCd jsou zastaralé nabíjecí akumulátory. Byly nahrazeny nejdříve NiMH, dnes NiMH LSD (s nízkým samovybíjením, low self-discharge) akumulátory, které je předčí snad ve všech parametrech. Lépe řečeno NiCd nemají žádnou výhodu nad NiMH a už vůbec ne nad NiMH LSD. Cadmium je toxický kovový prvek, proto není divu, že se od toho typu akumulátorů zcela opustilo. NiCd články mají nízkou kapacitu (AA články 600-1000 mAh), trpí paměťovým efektem a mají vysokou hodnotu samovybíjení (10 procent kapacity každý měsíc). Nominální napětí článku je 1,2V a je téměř konstantní po celou dobu vybíjení. Teoreticky by tyto články měly zvládnout stovky nabíjecích cyklů, ale v praxi to je o poznání horší. Protože tyto články jsou velice citlivé na přebíjení, které jim zkracuje životnost. A jelikož se tyto články se používali

především v minulosti, kdy neexistovaly chytré nabíječky tak k jejich přebíjení a tím pádem ke zkracování životnosti docházelo prakticky neustále. Pro nabíjení je možné použít nabíječky pro NiMH. [14]

#### **4.6 NiMH a NiMH LSD akumulátory**

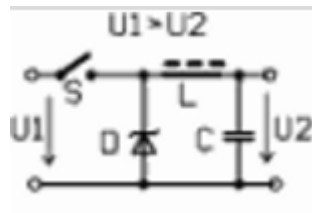
NiMH jsou v dnešní době nejrozšířenějším druhem akumulátorů běžného použití velikosti AA/AAA. Obrovský zlom přinesla společnost Sanyo (dnes Panasonic), která v roce 2005 představila akumulátory Eneloop, což byly první NiMH LSD monočlánky, tedy akumulátory s výrazně sníženým efektem samovybíjení. Do této doby bylo samovybíjení jedním z největších problémů a to nejen u těchto. Nominální napětí článků je 1,2V. Dokáže relativně snášet dobře vysoké zátěže (velký odběr proudu). Kapacita dnešních NiMH článků velikosti AA se pohybuje v rozmezí 2.500 až 2.700 mAh, u LSD článků o něco méně, typicky okolo 2.000 - 2.300 mAh. Standardní NiMH akumulátor po plném nabití ztrácí 5-20 % své kapacity hned první den a pak následně 1-4% každý další den. Plně nabitý NiMH akumulátor tak ztratí většinu své kapacity během několika měsíců, což byla a je zásadní nevýhoda oproti alkalickým článkům. NiMH LSD (Low Self-Discharge) akumulátory mají sice o něco nižší kapacitu zhruba o 20-30 procent, ale dokáží uchovat až 90 % své kapacity po prvním roce skladování a dokonce až 70 procent kapacity po třech letech skladování. Proto v dnešní době se příliš nevyplatí kupovat jiné články, než LSD. Životnost těchto článků se pohybuje okolo 1000 i více nabíjecích cyklů, speciální články zvládnou i 2000-3000 nabíjecích cyklů. NiMH i NiMH LSD články se nabíjí stejně. Je ale nutné mít správnou chytrou smart nabíječku! Důležité je, aby docházelo ke správné detekci plného nabití článku a následně ukončení jeho nabíjení. [14]

## 5 DC/DC MĚNIČE

DC/DC měniče jsou obvody, které dokáží buď snižovat, nebo zvyšovat velikost výstupního napětí. Tyto měniče se v dnešní době hojně využívají na napájení nejrůznějších zařízení, například počítačů, mobilních telefonů, nebo pro nabíjení jen samostatných baterií. Tyto měniče jsou zde mezi námi už od 60. let minulého století a tím, jak se rychle vyvíjela a pořád vyvíjí elektronika tak je můžeme nalézt téměř v každé dnešní spotřební elektronice. Spínané DC/DC měniče mohou pracovat na několika principech. Asi mezi nejpoužívanější patří ty ve kterých se k uchování energie používá cívka, nebo tranzistor. V dnešní době se v moderní elektronice, která má napájení z baterie se nejčastěji používají měniče step-up měnič, který obsahuje obvod pro měření výstupního napětí. Naměřené hodnoty potom slouží jako zpětná vazba díky které je obvod schopen dodávat konstantní napětí i za předpokladu že se baterie začne vybíjet. Jako další možností jsou měniče kapacitní, které nastřádanou energii ukládají do kondenzátoru. Lze sem zařadit například nábojové pumpy a zdvojovače napětí. A poslední zajímavou možností jsou měniče založené na mechanickém principu. Ty se skládají z motoru a na jeho hřídeli je připojen alternátor, nebo generátor. Při správné konstrukci cívek je možné vyrobit měnič na libovolné napětí o vysokém výkonu. Tyto měniče se používají u velkých strojů jako jsou například tramvaje, nebo lokomotivy. [15]

### 5.1 Step-up

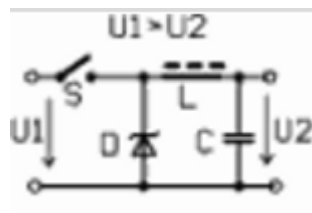
Neboli snižující měnič. V tomto obvodu se mění výstupní napětí a to tak že se zvyšuje na vyšší hodnotu oproti vstupu. Funguje to tak že při sepnutí spínače se začne nabíjet kondenzátor a proud tekoucí cívkou roste. A to do té doby, než se napětí na výstupu dostane na námi potřebnou hodnotu. V ten moment se spínač rozezne a proud tekoucí cívkou se začne uzavírat přes rekuperační diodu. To má za následek, že proud tekoucí cívkou klesá a kondenzátor se nám začne vybíjet do zátěže. V moment, kdy výstupní napětí začne klesat tak nám řídicí logika opět sepne spínač a celý cyklus začne zase od začátku a takto se to bude opakovat stále dokola. Schéma viz obrázek 23. [16]



Obrázek 23 - Step-up základní schéma [16]

## 5.2 Step-down

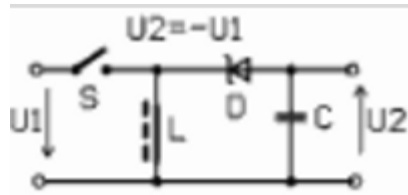
Neboli zvyšující měnič. Tento obvod funguje tak, že se nejprve kondenzátor nabije na napětí  $U_1$  pozor, ale při rozepnutém stavu spínače. Při sepnutí spínače začne růst proud tekoucí cívkou a po určité době se se spínač rozepne, aby nedošlo k přesycení cívky. V tomto okamžiku se na cívce začne indukovat napětí které se přičítá k výstupnímu  $U_1$ . proud tekoucí přes cívku teče přes diodu a nabíjecí kondenzátor a následně teče až do zátěže. Postupem času proud tekoucí cívkou klesá kondenzátor se začne vybíjet do zátěže a v moment kdy klesne napětí pod předem určenou hodnotu řídicí logika zapne spínač a celý koloběh se nám zase začne opakovat dokola. Schéma viz obrázek 24. [16]



Obrázek 24 - Step-down základní schéma [16]

## 5.3 Invertující měnič

Využívá se tam kde je potřeba změnit polaritu výstupního napětí. Funguje tak že při sepnutí spínače začne růst proud tekoucí sériově zapojenou cívkou a v moment kdy se nám spínač rozepne se na cívce začne akumulovat napětí opačné polarity které začne procházet skrze diodu zapojenou v závěrném směru (z důvodu, aby nedošlo k přebíjení kondenzátoru na opačnou polaritu). Na kondenzátoru se nám začne hromadit napětí, ale s opačnou polarizací oproti vstupnímu napětí. Tato měniče mají maximální účinnost okolo 60 procent. Schéma viz obrázek 25. [16]



Obrázek 25 - Invertující měnič základní schéma [16]

## 6 VOLBA SOUČÁSTEK

### 6.1 Arduino UNO3

Při volbě řídicí jednotky jsem se poradil z mým vedoucím práce a dohodli jsme se, že pro mě bude nejjednodušší použít arduino. Původně jsem chtěl použít arduino nano při testování správnosti zapojení a kódu se mi mojí chybou povedlo arduino nano odpálit tak jsem sáhnul po záložní verzi a tou bylo pro mě arduino UNO3.

Arduino UNO3 je vybaveno procesorem ATmega328, pracovním napětím 5 V. vstupní napětí je 7-12 V a výstupní napětí je maximálně 6-20 V. Arduino obsahuje 14 I/O pinů a 6 analogových. DC proud na pin je 40 mA. Flash paměť tohoto čipu je 32 kB, SRAM paměť je 2 KB a EEPROM paměť je 1 KB. Dále je zde krystal 16 MHz. [17]

### 6.2 RGB LED

Pro volbu LED, ze kterých se skládá segmentový displej jsem využil programovatelné RGB LED WS2812B SMD s pouzdrem 5050. na čipu jsou 3 LED, řadič a paměť na 3 byte. Ty slouží k nastavení svitu každé jednotlivé LED. Součástka obsahuje 4 vývody. první slouží na vstup 5 V pak další vývody zem (GND). A poslední 2 slouží pro vstup a výstup dat. Jelikož jsou LED zapojené v pásku stačí nám tedy pro ovládání pouze 3 vodiče. Jeden pro 5 V druhý pro GND a poslední pro data. Jedna Led na čipu si vezme 20 mA při plném svitu za předpokladu že budou svítit všechny 3 LED na čipu na maximum tak si jeden blok vezme 60 mA. [18]

Pro moje zařízení jsem použil 84 RGB LED to znamená že si vezmou 1,64A, protože v mém projektu vždy svítím jen jednou barvou a mezi barvami se vždy jen přepíná.

### 6.3 MPU-9250

Pro zjištění, zda bylo zařízení přetočeno jsem se rozhodl zvolit modul MPU-9250 který dokáže zastávat 3 funkce a to funkce gyroskopu, akcelerometru a magnetometru. Údaje k daným funkcím dokáže měřit ve třech osách a to v osách X, Y a Z. U všech měřených veličin lze přepínat rozsah v kterých budou měřeny. Modul lze napájet jak 3,3V tak 5V díky vestavěnému stabilizátoru. Proudový odběr tohoto modulu je zhruba 3,7mA při plném zatížení. Což je krásně malý proud, který mi nijak zdatně nezatíží baterii a tudíž neovlivní nijak zdatně maximální dobu životnosti zařízení. S modulem se komunikuje buď to přes rozhraní I2C nebo SPI. [19]

Pro moje zařízení by bohatě stačilo použít modul MPU-6500 který se od tohoto liší tím že neobsahuje magnetometr, ale jelikož jsem modul objednával z Číny tak jsem vzal rovnou tento modul MPU-9250 jelikož se nijak cenově nelišil od MPU-6500 a pro moji případnou další práci z tímto modulem má širší možnost použití.

## **6.4 Volba napájení**

V tomto bloku je popsán druh napájení mého zařízení a důvod mnou zvoleného zdroje napájení. Když jsem se rozhodoval jaký zdroj použiji jaký zdroj použiji tak jsem v původní myšlence chtěl použít Lithiové baterie které bych sérioparalelně pospojoval aby mi byli schopné dodat požadované napětí, ale v tom se mi objevilo hnedka několik problémů které bych musel řešit jako první problém byla cena těchto baterií protože množství které bych potřeboval aby udrželi toto zařízení rozumnou dobu při životě by bylo větší než bych chtěl a druhý problém byl to že jelikož toto zařízení nemá vestavěnou nabíječku tak bych musel sehnat ještě nabíječku pro tyto baterie což je další prodražení a navýšení ceny a také bych musel řešit jakým způsobem budou baterie v zařízení uložena aby je šlo odejmout. Proto jsem se rozhodl pro olověný akumulátor a to i za předpokladu že daný akumulátor bude o dost těžší a samozřejmě rozměrnější. To ale v tomto případě tolik nevadí, jelikož celková velikost zařízení není malinká.

Zvolil sem 12 V olověný akumulátor o hmotnosti 1 kilogram a rozměrech 17,8 cm délka 33,4 cm šířka a 6 cm výška a s kapacitou 2,3 Ah. Akumulátor je osazen konektory F1. díky kterým půjde jednoduše odejmout akumulátor ze zařízení a dát jej nabít. [20]

Jelikož jsem zvolil 12 V akumulátor tak je jej možné nabíjet pomocí auto nabíječky čímž jsem zároveň i vyřešil problém z dostupností univerzálního nabíjení.

## **6.5 DC/DC step-down**

Jelikož jsem se rozhodl používat RGB LED WS2812B které mají napájení 5V a využívám 12V akumulátor tak jsem byl nucen použít step-down měnič.

Pro tyto potřeby jsem se rozhodl použít modul DC/DC step-down od GM ELECTRONIC který má regulovatelný výstup, ze vstupním napětím 5-36V a výstupním 1,25-32V. Maximální proud který tímto modulem může protékat je 5A. Což je pro mé potřeby dostačující. Efektivita tohoto modulu je okolo 96 procent. Modul obsahuje trimr pro regulování výstupního napětí a trimr pro regulaci proudového omezovače. Dále obsahuje teplotní pojistku, pojistku proti zkratu, ochranu



polarity vstupního napájení a dvě tlačítka pro možnost přepínání hodnot zobrazované na displeji. Vstupní napájení je přivedeno přes svorkovnici a výstupní napájení lze vytáhnout buď přes svorkovnice, nebo přes USB konektor. [21]

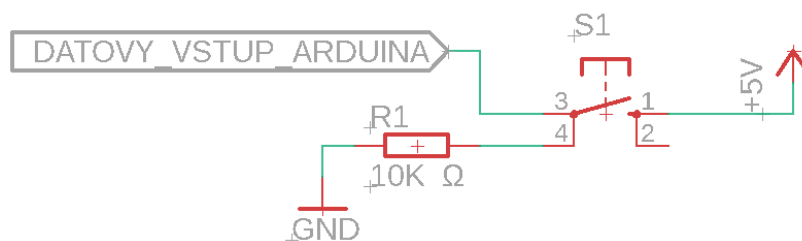
Pro moje potřeby je tento měnič dostačující dalo by se říct, že některé věci jsou na něm pro mě zbytečné, ale volba tohoto modulu byla provedena hlavně z toho důvodu, že jsem jej měl doma a tudíž mi přišlo zbytečné zakupovat jiný když tento modul je pro mé potřeby dostačující.

## 7 NÁVRH SCHÉMA A NÁVRH DPS

Pro návrh a vytvoření schéma a DPS jsme využil počítačový program EAGLE. V tomto bloku jsou popsána jednotlivá zapojení a navržené DPS.

### 7.1 Mikro spínač

Jako přepínací tlačítka jsem zvolil TACT-69N-F které funguje tak že má dva stavy. Jeden stav nastane v moment, kdy se tlačítko zmáčkne to je stav sepnuto a druhý stav je prakticky neustála, když tlačítko není zmáčknuté tedy stav rozepnuto. Tlačítka jsou připojena na vstup 5 V a na zem při čemž na zem jsou připojena přes odpor z hodnotou  $10\text{K}\Omega$ . Odpor je zde umístěn z toho důvodu aby při stisku tlačítka netekl příliš velký proud. Příliš velký proud by zapříčinil zkrat tlačítka a jeho nenávratné zničení. Maximální proud, který může tlačítkem protékat je dám výrobcem a to je u tohoto konkrétního modulu  $0,05\text{A}$ . teplotní rozsah tlačítka je udávám výrobcem od  $-25$  až po  $70^\circ\text{C}$ . Schéma zapojení je vyobrazené na obrázku 26. [22]



Obrázek 26 - Zapojení tlačítka

### 7.2 RGB LED

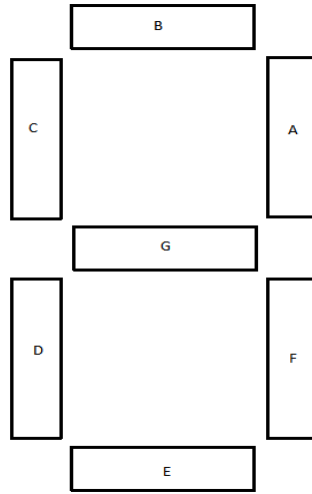
Pro vytvoření segmentového displeje je potřeba nejprve z pásku nastříhat jednotlivé segmenty. Pro jeden segment jsem se rozhodl použít šest RGB LED. Při rozhodování, zda bude stačit pouze šest LED jsem si nebyl příliš jistý, ale po odzkoušení viditelnosti jsem se ujistil že tento počet bude zdaleka pro moje potřeby dostačující. Kdybych použil například 8 RGB LED tak by byl segment příliš veliký a špatně by se hledala podložka na kterou by měl být upevněn. Zhotovil jsem tedy celkově čtrnáct segmentů, ze kterých jsem poskládal dva sedmi segmentové displeje. U čísel není zahrnuta tečka, jelikož se u mé práce pracuje i z tím že se tabule přetočí.

Segmenty jsou v určitém pořadí zapojeny sériově za sebou. V případě jiného sériového zapojení, než jsem zvolil já by nastal problém, že by sice daný displej fungoval, ale hodnoty, které by se na něm zobrazovali by nedávaly smysl.

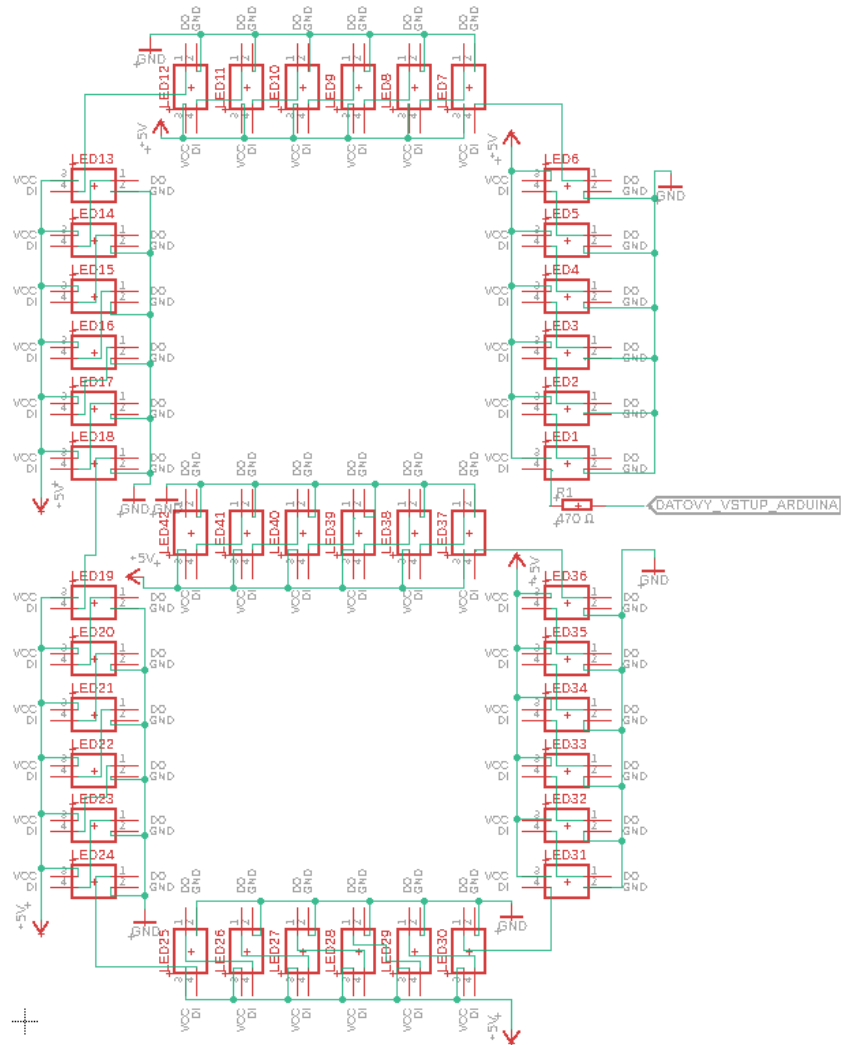
Na vstupní napájení jsem umístil blokovací kondenzátor s hodnotou 330  $\mu\text{F}$ . Doporučuje se zvolit kondenzátor mezi 100–1000  $\mu\text{F}$ . Moje volba 330  $\mu\text{F}$  byla zvolena na základě toho jaký kondenzátor jsem měl doma dostupný. Samozřejmě kdybych zvolil 1000  $\mu\text{F}$  tak by to bylo lepší, ale jelikož jsem měl dostupný pouze více zmíněný tak je pro mé účely dostatečně vyhovující. Dále by měl být na vstupu datového pinu a výstup arduina UN33 připojen odpor v rozmezí 100 až 470  $\Omega$ . Tento odpor tam je umístěn z důvodu odstranění šumu na lince. Já jsem zvolil opět mě dostupnou hodnotu odporu a tou byl odpor 470  $\Omega$ . odpor je umístění pouze mezi prvním segmentem a arduinem UN33 to znamená že jsou pro mé zařízení potřeba 2 tyto odpory. Žádné další součástky pro zprovoznění nejsou potřeba jelikož vše, co je potřeba je u RGB LED přidáno výrobcem. [23]

Jednotlivé segmenty, a i celkový displej s arduinem UN33 jsou mezi sebou propojeny pomocí kabelu označeného jako LiF9Y11Y se čtyřmi žilami z průměrem 32mm<sup>2</sup>. Kabel obsahuje jak je už patrné z popisku čtyři žíly, ale pro moje potřeby mi z kabelu postačí 3 žíly. Jelikož potřebuji připojit VCC, GND, DI. [24]

Jedna LED si vezme 0,020 mA při svitu pouze jednou barvou na maximální svit. Celkově si oba displeje vezmou tedy 1,68 A jelikož se na nich dohromady nachází 84 LED. Což je tedy 0,84A na jeden displej, který se skládá ze 42 LED. Jelikož mi nikdy nebude svítit více jak jedna barva, tak tento odebíraný proud pro mě finálním. Tento proud je brán ovšem při svitu všech LED najednou, ale to je možné pouze při startu programu, jelikož je defaultně nastavený na nuly na obou displejích. Ne že by nebylo možné pak nastavit na oba displeje opět nuly, ale v praxi pro to není důvod, jelikož displeje mají ukazovat čísla střídajícího a pak nastupujícího hráče na hřiště. Jeden segment měří 10 cm na vížku a je široký 1 cm. Vyobrazení uspořádání segmentů je na obrázku 27 a schéma zapojení je vyobrazeno na obrázku 28.



Obrázek 27 - Uspořádání segmentů

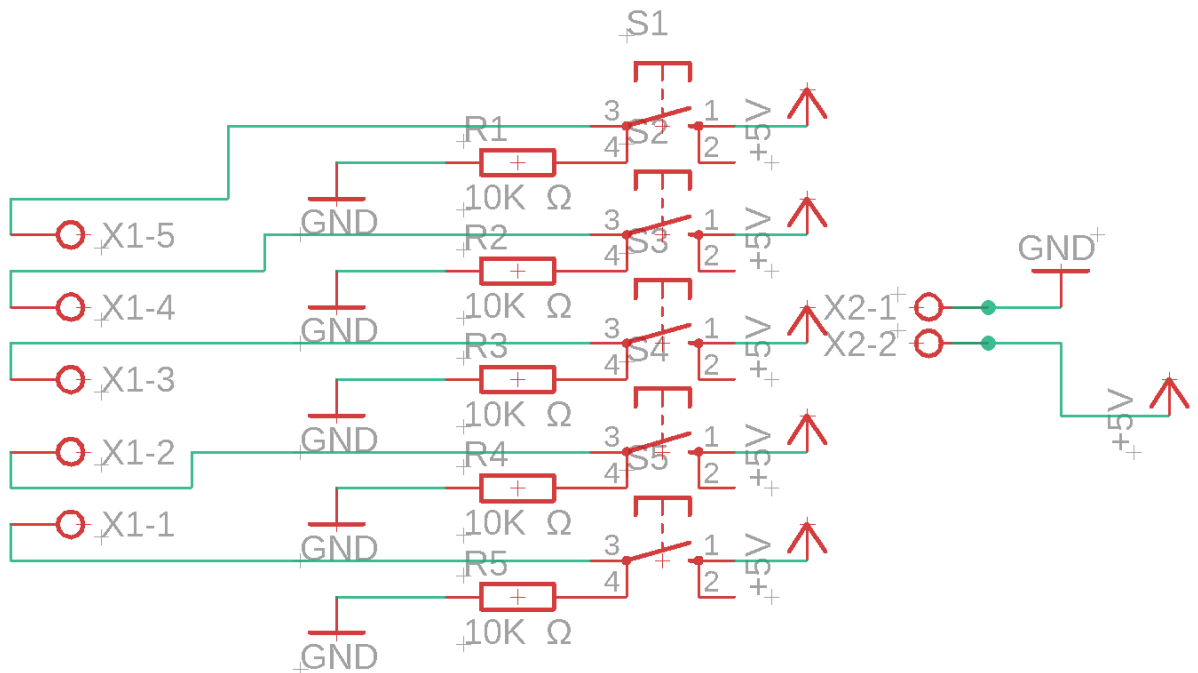


Obrázek 28 - Schéma zapojení RGB LED

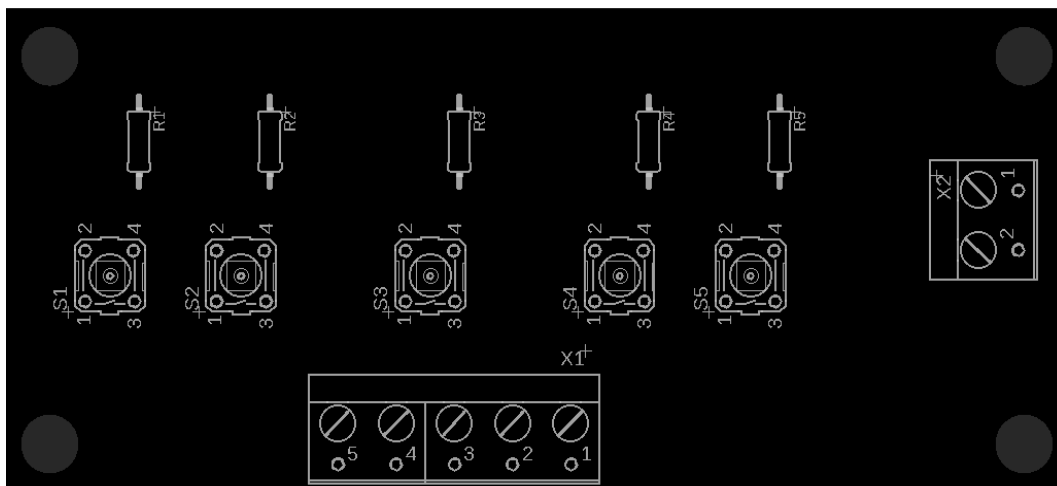
Jelikož je zapojení a uspořádání obou segmentů stejné je zbytečné jej sem vkládat dvakrát. Jediné v čem se liší je to, že každý displej je přiveden na jiný datový pin na arduinu UNO3.

### 7.3 DPS s tlačítky

Tato DPS je brána spíše jako ovládací DPS, protože na ní lze nalézt pět tlačítek a každé má svoji určenou funkci. První dvě tlačítka nalevo slouží k přičítání a odčítání čísel na levém displeji a druhá dvě tlačítka napravo slouží k přičítání a odčítání čísel na pravém displeji. Poslední tlačítku, které se nachází uprostřed slouží pro změnu barvi. Každé z těchto tlačítek je připojeno na zem přes odpor 10 K $\Omega$  a na vstup 5 V. Dále se zde nachází dvojitá svorkovnice na přivedení 5 V a země. Deska ještě obsahuje jednu pětimístnou svorkovnici, která umožňuje propojit tlačítka z datovými piny na arduinu UNO3. Svorkovnice jsem se rozhodl použít z toho důvodu že je pak kdykoliv možné a velice jednoduché jednotlivé DPS od sebe odpojit a případně je přemístit a to bez zasahování pájkou. Na DPS jsou vyvrtané čtyři 5 mm otvory pro uchycení DPS na desku na které bude DPS osazena. Schéma zapojení je vyobrazeno na obrázku 29 a schéma rozmístění součástek na DPS je vyobrazeno na obrázku 30.



Obrázek 29 - Schéma zapojení DPS s tlačítky

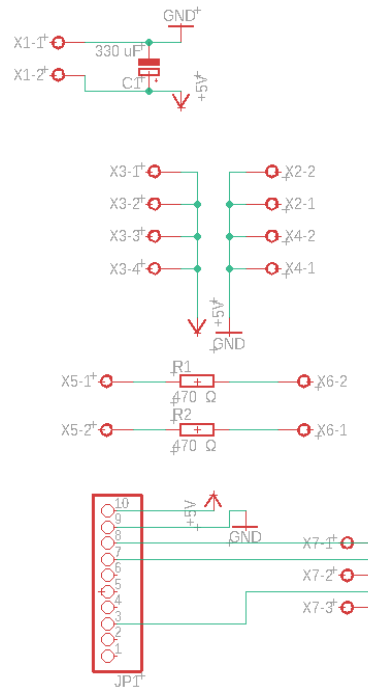


Obrázek 30 - Rozmístění součástek na DPS s tlačítky

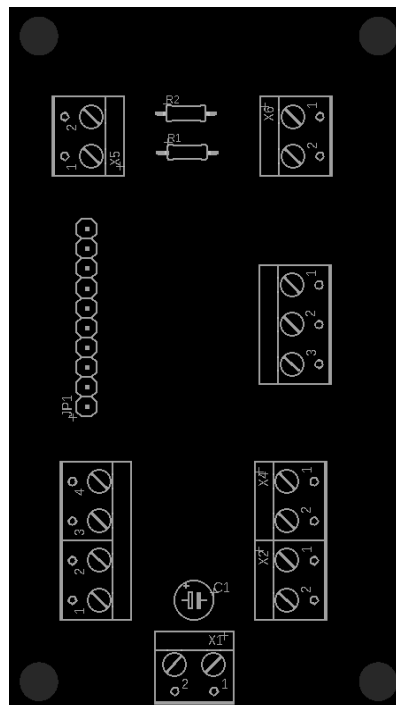
## 7.4 Hlavní DPS

Tato deska je nazvaná jako hlavní DPS, ale bylo by spíše trefné jí nazvat propojovací DPS. Protože funguje jako sprostředkovatel mezi jednotlivými moduly a deskou s tlačítky. Na desce se nachází dvojitá svorkovnice, na kterou je přivedeno 5 V a zem za touto svorkovnicí se nachází blokační kondenzátor o hodnotě  $330\mu\text{F}$ . Dále zde můžeme najít dvě čtyř vývodové svorkovnice. Levá slouží jako rozvod 5 V do DPS s tlačítky, 5 V do levého, a i pravého displeje a poslední místo je určené pro 5 V, které budou napájet arduino UNO3. Pravé svorkovnice slouží pro rozvod země do DPS s tlačítky, levého a pravého displeje a do arduina UNO3. dále se zde nachází deset pinových vývodů pro připojení modulu MPU9250. Klidně by stačilo použít pět pinových vývodů, protože zbylých pět nijak nevyužívám, ale nechal jsem si je na DPS z toho důvodu, že se bude lépe tento modul na ně uchyťovat. Připojen je vstup 5 V (u tohoto modulu je jedno, jestli přivedeme 5 V nebo 3,3 V dokáže si z tím poradit), zem a piny SCL/SCLK, SDA/SDI a INT. Při čemž jsou piny SCL/ACLK, SDA/SDI a INT vyvedeny na svorkovnici, aby je bylo možné následně připojit na arduino UNO3. Na arduinu UNO3 jsou tyto piny následně přivedeny na analogový pin 5 tam je přiveden pin SCL/ACLK na analogový pin 4 je přiveden pin SDA/SDI poslední pin INT je přiveden na digitální pin 2. Jako poslední jsou na DPS jsou dvě dvojitě svorkovnice a mezi nimi jsou odpory z hodnotou  $470\Omega$  tento odpor tam je umístěn z důvodu odstranění šumu. Tyto svorkovnice tam jsou z důvodu propojení datových pinů RGB LED a datových pinů arduina UNO3. Na arduinu UNO3 jsou pro to vyhrazené datové piny 8 a 9, pin 8 je pro leví displej a pin 9 je pro praví displej. Na DPS jsou vyvrtané čtyři

5 mm otvory pro uchycení DPS na desku na které bude DPS osazena. Schéma zapojení je vyobrazeno na obrázku 31 a schéma rozmístění součástek na DPS je vyobrazeno na obrázku 32.



Obrázek 31 - Schéma zapojení



Obrázek 32 - Rozmístění součástek na hlavní DPS

## 8 PROGRAM

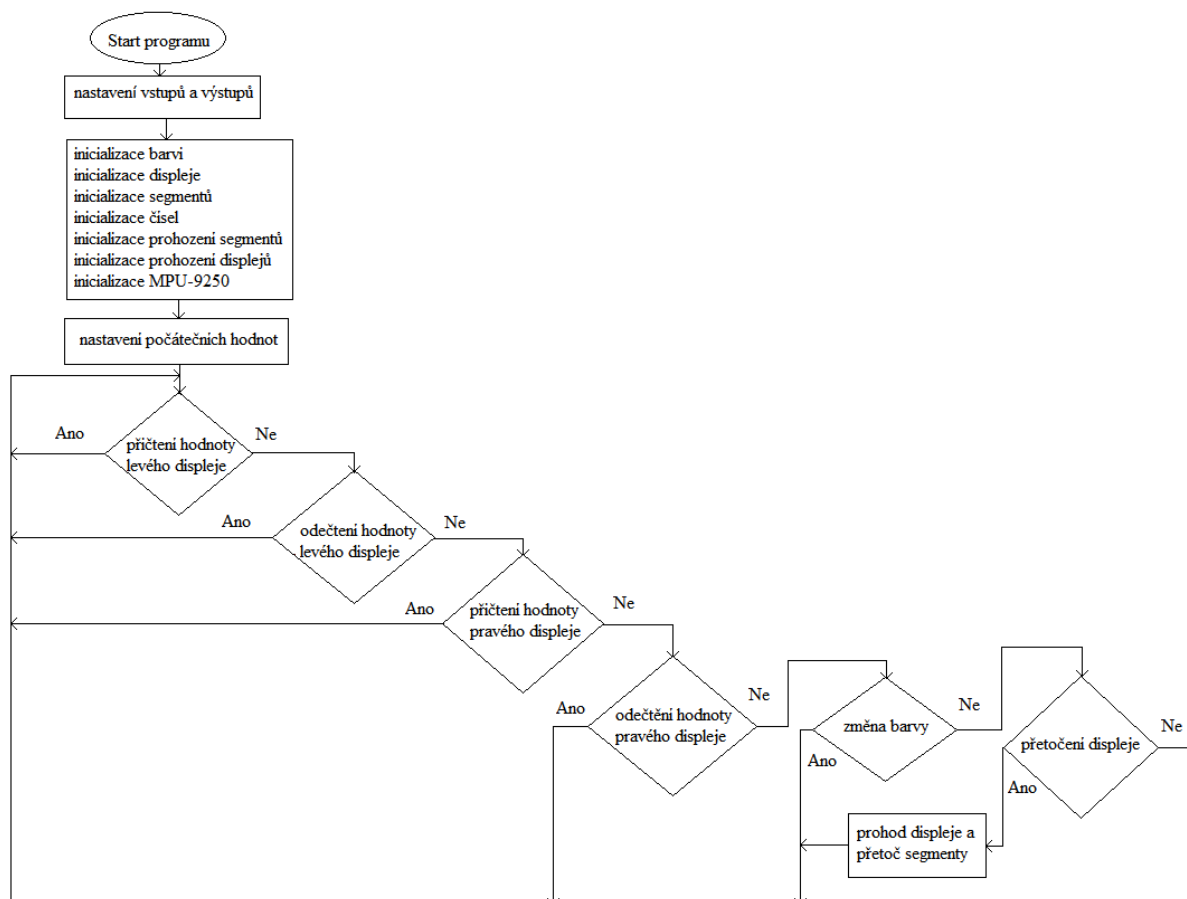
Program pro programování jsem zvolil přímo program od arduina program arduino. V tomto programu se píše v jazyce C++. V tomto bloku popíši zdrojový kód pro můj program celý zdrojový kód pak lze nalézt ve složce dokumentu.

### 8.1 Program pro arduino

Pro práci s jednotlivými RGB LED jsem použil knihovnu <neopixel.h>. Nejprve jsem si udělal strukturu barva, do které jsem si uložil jednotlivé barvy. Následně jsem si vytvořil strukturu segment, do které jsem si nastavil startovní LED a konečnou LED. Následně jsem si vytvořil jednotlivé segmenty a až g a do každého segmentu jsem si zadal startovní LED a konečnou LED. U tohoto jsem si musel dát pozor na to, že první LED v řetězci se inicializuje od nuly, a ne nikoliv od jedničky. Kdyby inicializoval LED od jedničky tak by mi první LED v řetězci nikdy nesvítla. Následně jsem si vytvořil strukturu symbol, ve které jsem si uložil počet segmentů použitých u symbolu a segmenty symbolu. Poté jsem si udělal pole symbolů a do jednotlivých symbolů jsem si uložil přiřazené segmenty pro daný symbol. Dále jsem si udělal strukturu displej, do které jsem si zadal pin, číslo, pásek a segmenty displeje. Poté jsem si musel vytvořit funkci pro zhasnutí displeje, kterou jsem vyřešil tak že jsem zhasnul všechny LED v řetězci. Když jsem už byl schopen vynulovat hodnoty displeje tak jsem si napsal funkci pro zobrazování symbolu. Při každém novém zadání symbolu se nejprve zavolá funkce právě zhasni displej, a to z toho důvodu, aby se mi nepřekrývaly jednotlivé symboly, protože by to mělo za následek to, že by mi ve výsledku svítily všechny segmenty a tím by bylo zařízení nepoužitelné. Pak jsem si musel nastavit jednotlivé pásy pro levý displej a pravý displej. Levý displej je připojen na datový pin 8 a pravý displej je připojen na datový pin 9. Tyto piny jsem si na začátku programu inicializoval. Základní hodnoty na obou displejích jsem si nastavil na nulu, protože je to praktická hodnota. Jakmile jsem měl toto vše nastavené tak jsem přidal pět tlačítek. Z toho jsou dvě tlačítka na jeden displej, a to konkrétně pro přičítání a odčítání. Poslední tedy páté tlačítko je pro změnu barvi. Přičítání je v cyklu for, kde je nastavené že lze přičítat hodnotu maximálně do čísla devět a odčítání je také v cyklu for akorát z tím opakem že se hodnota nepřičítá, ale odečítá a to maximálně do hodnoty nula. Oba dva cykli jsou ve funkci if a if else. Toto je pro oba displeje stejné. Přepínání barvy funguje tak, že jsem si nastavil výchozí barvu a po každém stisknutí se mi přemění barva, jelikož měním jen dvě barvy cyklí pořád dokola. Zákmitý tlačítek jsem odstranil pomocí funkce delay. Tuto hodnotu jsem testovat abych zjistil ideální čas zpoždění a pro moje potřeby jsem zvolil 300 milisekund.



Poté co jsem vyřešil to, že mi to ukazovalo jednotlivé číslice, které jsem si navolil jsem potřeboval řešit to, když se tabule přetočí. Pro toto mi posloužil modul PMU-9250. Pro tento modul jsou určeny dva analogové piny, a to konkrétně piny 4 a 5 a jeden digitální pin a to pin 2. Jelikož tento modul se skládá i ze MPU-6500 tak si pro moje potřeby vystačím z knihovnou pro tento modul. Pro to abych jej rozchodil jsem si musel vložit knihovny <Wire.h>, <Math.h>, <I2Cdev.h> a <MPU6050.h>. Nejprve jsem si nastavil jednotlivé proměnné, které potřebuji pro získání potřebných hodnot. A funguje to tak, že si zjistím všechny hodnoty, počítám potřebný počet hodnot a zprůměruju je. Následně pomocí matematické operace si nechám hodnoty převést na stupně. Nakonec vynuluji hodnoty pro další použití. Jakmile mám MPU-9250 funkční ve slova smyslu že mi z něho lezou nějaké rozumné hodnoty tak se musím pustit do části programu kde se mi při určitém natočení přehodí jednotlivé segmenty mezi sebou aby byli čísla na displejích čitelná, což znamená že se mi segment A nahraje do segmentu D, segment D do segmentu A, segment B do segmentu E, segment E do segmentu B, segment C do segmentu F a segment F do segmentu C. Proto aby bylo možné toto provést tak musím průběžně hodnoty segmentu zapisovat do nějaké proměnné jinak bych si hodnoty nenávratně přepsal a celý tento proces by byl k ničemu. Poté co jsem si přehodil mezi sebou jednotlivé segmenty, aby bylo číslo při přetočení čitelné jsem ještě musel mezi sebou prohodit leví displej za praví, protože jinak by například místo čísla sedmnáct bylo vyobrazeno číslo sedmdesát jedna což by bylo úplně jiné číslo, než bylo požadované a způsobilo by to velký problém. Jakmile se vrátí tabule do původní polohy tak se segmenty prohodí opět na zpět a zároveň se prohodí zase leví displej za praví displej. Vývojový diagram je zobrazen na obrázku 33.



Obrázek 33 - Vývojový diagram hlavního kódu

## 8.2 Popis kódu pro MPU-9250

Poté co jsi nahraji všechny potřebné knihovny tak si vytvořím objekt který si pojmenuji MPU6050 akcelerometr, poté si nadefinuji Ludolfovo číslu pi. Následně si vytvořím proměnou počet vzorků a nakonec si nastavím všechny potřebné proměnné. Následně si v hlavní smyčce loop ze 100 vzorků vypočítám průměrnou hodnotu pro osu Y. Mohl bych si vypočítat tuto hodnotu i pro ostatní osy, ale kvůli způsobu uložení modulu mi postačí pouze osa Y. Následně si z mnou získané průměrné hodnoty vypočítám sklon a náklon. Ukázka kódu pro tento výpočet je vyobrazen na obrázku 34.

```
angle_y = atan2(y, sqrt(square(x) + square(z))) / (pi / 180);
```

Obrázek 34 - Ukázka kódu pro výpočet sklonu a náklonu

Poté co získá mnou potřebnou hodnotu, tak všechny proměnné vynuluji a vynuluji i počet vzorků, pro další použití. Teď mi už modul MPU-9250 vypisuje hodnoty rotace na ose Y.

Hodnoty, které mi MPU-9250 lezou jsou kladné a záporné podle způsobu natočení module. Přetočení displejů nastane v moment, se mi hodnota rotace osy Y změní z kladné na zápornou a naopak. Na základě tohoto přetočení se se prohodí segmenty na displeji a prohodí se i čísla na segmentech. Ukázka této části kódu je na obrázku 35.

```
int rotaceY = angle_y ;
if (0 <= rotaceY && poloha != 1) {
    pretoceni = true;
} else if (rotaceY < 0 && poloha != -1) {
    pretoceni = true;
}
if (pretoceni) {
    PrehodSegmenty();
    PrehodCisla ();
    poloha *= -1;
    pretoceni = false;
}
```

Obrázek 35 - Ukázka kódu přetočení

### 8.3 Popis zobrazování symbolů pomocí RGB LED

V téhle části budu stručněji popisovat inicializaci jednotlivých RGB LED pro symbol v mém displeji. Před každým novým zavoláním se mi nejprve starý symbol na displeji vynuluje a to z toho důvodu aby se mi nepřekrývaly, to by totiž způsobilo, že by se na displeji ukazovali hlouposti. Na začátku mám v cyklu if podmínku, že číslo nesmí být záporné. Nejprve si v cyklu for projedu symboly. Každý symbol má přiřazený počet segmentů. V tomto cyklu for je vnořený ještě jeden cyklus for, který určí segmentům v čísle startovní RGB LED a konečnou RGB LED. Na konci je proměnná pásek, která mi určuje aktuální barvu. Tento kód je vyobrazen na obrázku 36.

```

void ZobrazSymbol() {
    ZhasniDisplej();
    if (cislo != -1) {

        for (int i = 0; i < symboly[this->cislo].pocetSegmentu; i++) {
            for (int j = symboly[this->cislo].segmenty[i]->startLed; j <= symboly[this->cislo].segmenty[i]->konecLed; j++) {
                pasek.setPixelColor(j, pasek.Color(aktualniBarva.r, aktualniBarva.g, aktualniBarva.b));
            }
        }
        pasek.show();
    }
}

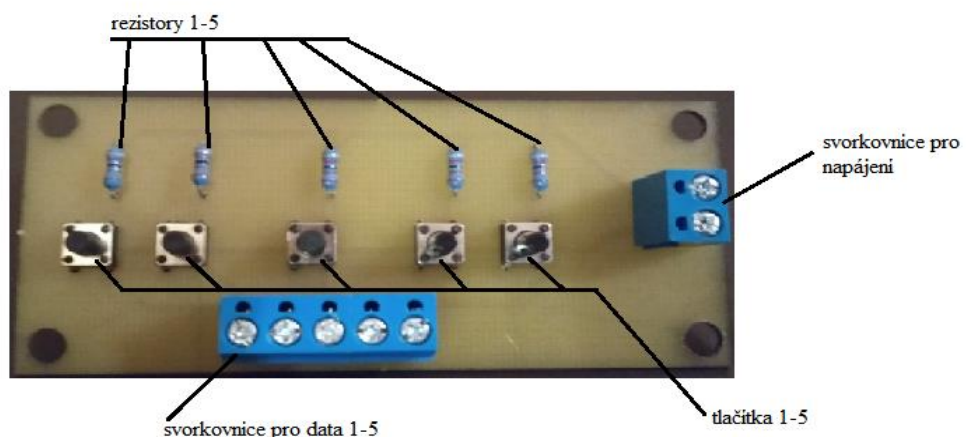
```

Obrázek 36 - Popis zobrazení symbolů pomocí RGB LED

## 9 OŽIVENÍ A POPIS ZHOTOVENÉHO ZAŘÍZENÍ

Poté co jsem osadil a napájel součástky na DPS tak došlo k očištění obou DPS od tavidla. Po napájení a očištění DPS jsem provedl u mnou zapájených DPS vizuální kontrolu, zda se na DPS chybou mého pájení neobjevily případné zkraty. Případně objevené zkraty byly opraveny a odstraněny. Dalším krokem bylo nahrání programu do arduina UNO3 a propojení jednotlivých DPS mezi sebou a připojení baterie z vypínacím tlačítkem skrze DC/DC měnič.

### 9.1 Popis oživení DPS s tlačítky



Obrázek 37 - Popis DPS s tlačítky

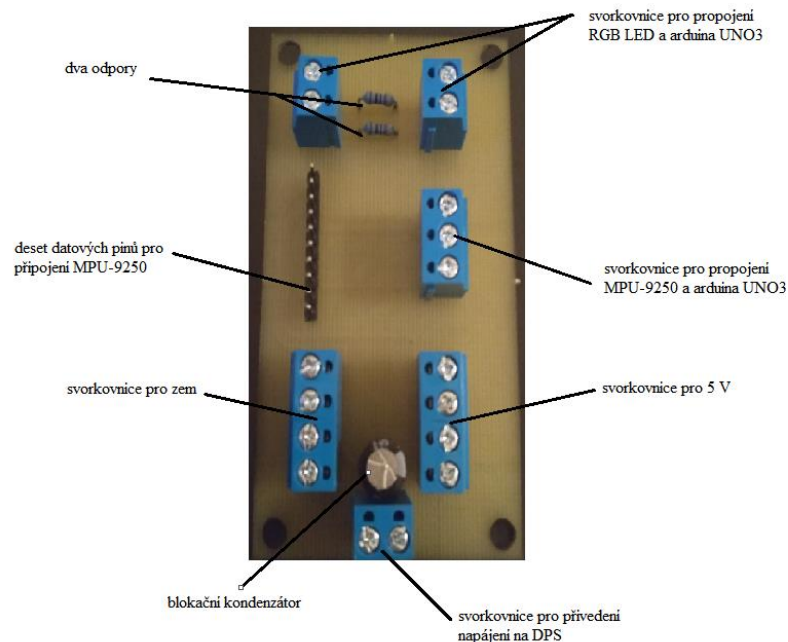
Na obrázku 37 jsou zobrazeny následující části:

- 1 svorkovnice pro data
- 2 svorkovnice pro napájení
- 3 tlačítka
- 4 pět tlačítek
- 5 pět rezistorů

Poté co jsem DPS napájel a zkontroloval tak jsem na svorkovnice určené pro napájení připojil napájení, které je vytažené ze hlavní DPS. Pro propojení jsem využil jednotlivé žíly z kabelu označeného Lif9Y11Y. Svorkovnice pro data jsem připojil na arduino UNO3, pro které jsem měl vyhrazené piny 3 až 7. Pro propojení jsem opět použil jednotlivé žíly z kabelu označeného Lif9Y11Y. Tlačítka jsou připojena přes odpor 10 k $\Omega$  na zem a druhý vývod pro zem je připojen

na svorkovnici pro data. Tlačítko je také připojeno na přívod 5 V. DPS je uchycena na desce, která drčí vše pohromadě pomocí šroubů a matic o průměru 5 mm a délce šroubů 20 mm.

## 9.2 Popis oživení hlavní DPS



Obrázek 38 - Popis oživení hlavní DPS

Na obrázku 38 jsou zobrazeny následující části:

- 1 svorkovnice pro propojení RGB LED a arduina UNO3
- 2 deset datových pinů pro připojení MPU-9250
- 3 svorkovnice pro propojení MPU-9250 a arduina UNO3
- 4 svorkovnice pro zem obou RGB LED displejů, DPS s tlačítky a arduina UNO3
- 5 svorkovnice pro 5 V obou RGB LED displejů, DPS s tlačítky a arduina UNO3
- 6 svorkovnice pro přivedení napájení na DPS
- 7 dva odpory
- 8 blokační kondenzátor

Poté co jsem DPS napájel a zkontroloval tak jsem na svorkovnice určené pro napájení připojil napájení, na DPS je přivedeno napájení 5 V. za svorkovnicí pro napájení je umístěn elektroly-

tický kondenzátor o hodnotě  $330\mu\text{F}$  a následně je přívod rozveden po desce k potřebným svorkovnicím a datovým pinům. Na datové piny je připájen modul MPU-9250 tento modul má na desku vyvedeny piny pro GND, VCC, SCL/ACLK, SDA/SDI a INT, potřebné piny jsou vyvedeny na jimi určenou svorkovnici konkrétně piny SCL/ACLK, SDA/SDI, INT a následně zní jsou připojené pomocí jednotlivých žil kabele označeného Lif9Y11Y na arduino UNO3 kde jsou pro to vyhrazené dva analogové piny a to konkrétně A5 a A4 a jeden datový pin 2, tyto žíly z tohoto kabele používám pro všechny propojení takže je už více nebudu zmiňovat. Na desce jsou ještě 4 svorkovnice pro rozvod GND a 4 svorkovnice 5 V do DPS s tlačítka, Oba displeje a arduina UNO3 opět propojené mezi sebou pomocí již více zmiňovaného kabele. Jako poslední se na desce nachází dva rezistory o hodnotě  $470\Omega$  a tyto odpory se nacházejí mezi čtyřmi svorkovnicemi které jsou určené pro propojení obou RGB LED displejů s arduinem UNO3. propojení je zase provedeno pomocí více zmíněnou kabeláží. DPS je uchycena na desce, která drčí vše pohromadě pomocí šroubů a matic o průměru 5 mm a délce šroubů 20 mm.

### **9.3 Popis přivedení napájení skrze DC/DC měnič**

Na svorky 12 V baterie jsem připojil jednotlivé žíly z kabele Lif9Y11Y a následně je propojil mnou zvoleným DC/DC měničem. Mezi výstup VCC baterie a vstup DC/DC měniče jsem připojil přepínací tlačítko s označením DS-425. Toto tlačítko má dva stavy a v každém v tomto stavu drží dokud nenastane mechanické přepnutí tyto stavy jsou sepnuto a rozepnuto. Nakonec je z DC/DC měniče vyvedeno 5 V na hlavní DPS. Propojení je provedeno pomocí již zmíněné kabeláže. Baterie je na desce, která drží všechny komponenty připevněna pomocí suchého zipu a to z toho důvodu aby jí šlo lehce vyndat a DC/DC modul je připojen pomocí šroubu dodávaných k modulu.

### **9.4 Popis displejů**

Displej se skládá ze sedmi segmentů a každý segment je složen ze 6 RGB LED. Jelikož je uspořádání segmentů na obou displejích stejné tak jsou na obrázku popsány pouze segmenty jen u jednoho displeje. Segmenty jsou propojeny v jednotlivém displeji sériově pomocí žil z kabele Lif9Y11Y a to v pořadí A, B, C, D, E, a G. Oba dva displeje jsou propojeny ze hlavní DPS. Pro propojení jsem opět použil jednotlivé žíly z kabele Lif9Y11Y. A to konkrétně je každý displej propojen se GND, 5 V a svorkovnicí pro data. Následně z hlavní DPS jsou propojeny

datové svorky přes rezistor na druhé datové svorky a z ní následně na arduino UNO3 na datové piny 8 pro leví displej a 9 pro praví displej.

## **9.5 Popis zapojení arduina UNO3**

Arduino UNO3 jako hlavní řídicí jednotku připojuji jako poslední poté co jsem do něho nahrál mnou potřebný program. Nejprve jsem si připojil mnou všechny potřebné datové piny, které byly D2 – D9. D2 pro INT modulu MPU-9250, D3 pro tlačítko 1, D4 pro tlačítko 2, D5 pro tlačítko 4, D6 pro tlačítko 5, D7 pro tlačítko 3, D8 pro leví displej, D9 pro praví displej. Analogové piny A5 jsem zapojil SCL/SCLK modulu MPU-9250 a na A4 jsem připojil SDA/SDI modulu PMU-9250 a jako poslední jsem na arduino UNO3 připojil GND a VIN vytažené z hlavní DPS. Arduini UNO3 je umístěné v pouzdru pro toto arduino a následně přilepeno na PVC desce.

## **9.6 PVC deska**

Všechny tyto periferie jsou připevněny a vzájemně propojeny na PVC desce o tloušťce 3 mm, výšce 500 mm a šířce 500 mm. Rozměry této PVC desky jsou zvolil tak, aby se dalo dobře ze střídací manipulovat. Barvu desky jsou zvolil černou a to pro zvýraznění číslic obou displejů.



## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a zhotovit elektronickou tabuli pro střídání ve fotbalových zápasech. Tabule měla mít možnost nastavit čísla střídajících hráčů, buď nastavením pomocí tlačítek, nebo za pomoci dálkového ovládání a také měla ukazovat který hráč jde na hřiště a který jde z něj. Dalším úkolem bylo detekovat přetočení tabule vzhůru nohama a přepsat číslice tak aby byli čitelné a dávali smysl.

Daný cíl se mi povedlo splnit. Zhotovil jsem elektronickou tabuli na střídání, která zobrazuje čísla střídajících hráčů na hřišti. Čísla jsou zobrazována na dvou sedmi segmentových displejích. Nejprve se nastaví číslo hráče, který jde ze hřiště a následně se nastaví číslo hráče, který na hřiště nastupuje. Nastavování čísel hráčů se provádí za pomoci tlačítek. Každý displej má pro nastavování vlastní tlačítka. Hráč odcházející ze hřiště je na tabuli označený červenou barvou LED a hráč jdoucí na hřiště zase zelenou barvou LED. Barva LED se přepíná taktéž tlačítkem. Přetočení tabule jsem detekoval pomocí modulu MPU-2950. Zdroj zařízení je 12 V baterie, těchto 12 V je pomocí DC/DC měniče změněno na 5 V. Mezi baterií a měničem se nachází spínač který buď zařízení vypne nebo zapne. Cele zařízení je umístěno na PVC desce. Viditelnost číslic na tabuli poměrně slušná číslice lze krásně přečíst i na vzdálenost 50 m.

Při sestavování a mého zařízení došlo ke komplikaci typu, že jsem připojil RGB LED přímo na arduino UNO3, které jsem následkem toho vypálil. Naštěstí jsem měl pro jistotu koupené i arduino UNO3 na kterém jsem nakonec práci dokončil.

Další problém se vyskytnul při programovací části práce. Nejprve mi program neustále zamrzával. Příčinou bylo to, že jsem se omylem upsal v jedné hodnotě a ta mi program zacyklila a toto zacyklení následně vedlo k zamrznutí programu. Další problém poté nastal při přetočení tabule, protože v moment, kdy se mi měli přetočit číslice a prohodit displeje tak mi některé segmenty přestali svítit a svítily pouze první LED v segmentu. Chyba byla opět z mé nepozornosti a mého přepsání. Jelikož jsem omylem dvěma segmentům nastavil pouze startovní LED. Chybu jsem objevil a následně opravil. Po těchto opravách program už fungoval správně.

Tato práce by šla do budoucna rozšířit například o možnost nastavování barvi a čísla hráčů za pomoci mobilní aplikace, samozřejmě za předpokladu připojení bluetooth, nebo by šlo přidat ukazatel stavu baterie.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Střídací světelná tabule DERBY® Handy-E double (oboustranná). Eal-tia.cz [online]. b.r. [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <http://www.eal-tia.cz/e-shop/svetelne-casomiry/fotbal/stridaci-svetelna-tabule-derby-handy-e-double-oboustranna.html>
- [2] Tabule pro střídání hráčů elektronická střídací tabule. Legea-eshop.cz [online]. b.r. [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://www.legea-eshop.cz/tabule-pro-stridani-hracu-elektronicka-stridaci-tabule~zstridaci-elektron.html>
- [3] Světlo. Fyzweb.cz [online]. 2008 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <http://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=109>
- [4] Elektromagnetického záření. Google.com [online]. b.r. [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: [https://www.google.com/search?q=elektromagnetické+zářen%u00ed%u00e9n%u00ed%u00e9n&tbm=isch&tbs=ring:CWGruPttqRsCIjh6tfEUybe3mCppmxvxEkVvTZiasRP-mRo-ooHSoPGinVVT3oEEhiDydCKXddnZZ6uOfyAOWy-tyw\\_1yoSCXq18RTJt7eYEEh8vnIwmsiKhIJKmmbG\\_1ESRW8RKppLbWvTjVoqEglnmJqxE-ZGjxEhYJn-2Vx-tyoSCaigdKg8aKdVEfw\\_1JOQMZI92KhIJVPe-gQSGIPJ0RJ5BjIUVAw8QqEgkIpd12dlnq4xE1JYjewHGxOi-oSCZ\\_1IA5bK3LD\\_1EVNx5ic1lgKs&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKEwiK\\_I\\_Rq4fiAh-VKMewKHUi5B2sQ9C96BAgBEBs&biw=1886&bih=949&dpr=1#imgrc=n8gDlsrcsP\\_nfM](https://www.google.com/search?q=elektromagnetické+zářen%u00ed%u00e9n%u00ed%u00e9n&tbm=isch&tbs=ring:CWGruPttqRsCIjh6tfEUybe3mCppmxvxEkVvTZiasRP-mRo-ooHSoPGinVVT3oEEhiDydCKXddnZZ6uOfyAOWy-tyw_1yoSCXq18RTJt7eYEEh8vnIwmsiKhIJKmmbG_1ESRW8RKppLbWvTjVoqEglnmJqxE-ZGjxEhYJn-2Vx-tyoSCaigdKg8aKdVEfw_1JOQMZI92KhIJVPe-gQSGIPJ0RJ5BjIUVAw8QqEgkIpd12dlnq4xE1JYjewHGxOi-oSCZ_1IA5bK3LD_1EVNx5ic1lgKs&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKEwiK_I_Rq4fiAh-VKMewKHUi5B2sQ9C96BAgBEBs&biw=1886&bih=949&dpr=1#imgrc=n8gDlsrcsP_nfM)
- [5] Svítivost, světelný tok a intenzita osvětlení. K-led.cz [online]. b.r. [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://k-led.cz/content/10-svitivost-svetelny-tok-a-intenzita-osvetleni>
- [6] Polovodičová dioda. Wikipedie.cz [online]. b.r. [cit. 2019-25-03]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Polovodičová\\_dioda](https://cs.wikipedia.org/wiki/Polovodičová_dioda)
- [7] Fyzikální podstata přechodu P-N. Encyklopedie fyziky [online]. b.r. [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/265-fyzikalni-podstata-prechodu-pn>

- [8] Voltampérová charakteristika diody. ELUC [online]. b.r. [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/578>
- [9] Fotodioda. ELUC [online]. b.r. [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/611>
- [10] Zenerova (stabilizační) dioda. Encyklopedie fyziky [online]. b.r. [cit. 2019-03-29]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/274-zenerova-stabilizacni-dioda>
- [11] Jak LED diody fungují. Ledsolution.cz [online]. b.r. [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://eshop.ledsolution.cz/led-diody-technicke-udaje/>
- [12] LED životnost. Wikipedie.cz [online]. b.r. [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/LED\\_žárovka](https://cs.wikipedia.org/wiki/LED_žárovka)
- [13] LED technologie. Lightronic [online]. b.r. [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <http://www.lightronic.cz/led-technologie.php>
- [14] HRUŠKA, Pavel. Nabíjecí baterie (akumulátory). Mrpear.net [online]. 2016 [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: <http://www.mrpear.net/cz/blog/1092/nabijeci-baterie-akumulatory-typy-nimh-nicd-nizn-li-ion-li-pol-chemie-jak-vybrat-a-koupit#leadacid>
- [15] SLINTÁK, VLASTIMIL. DC/DC měniče. UART.CZ [online]. 2013 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://uart.cz/952/dc-dc-menice/>
- [16] VLČEK, Jiří.Ing. Měníče napětí a spínané zdroje - teoretická základna. TZB-info [online]. 2007 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/teorie-elektrotechnika/4263-menice-napeti-a-spinane-zdroje-teoreticka-zakladna>
- [17] Arduino UNO3 datasheet. Fecegypt.com [online]. b.r. [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: [https://www.fecegypt.com/uploads/dataSheet/1522237550\\_arduino%20uno%20r3.pdf](https://www.fecegypt.com/uploads/dataSheet/1522237550_arduino%20uno%20r3.pdf)
- [18] WB2812B. Hwpro.cz [online]. b.r. [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: [https://www.hwpro.cz/oc/index.php?route=product/product&product\\_id=515](https://www.hwpro.cz/oc/index.php?route=product/product&product_id=515)

- [19] MPU-9250 datasheet. Easyduino [online]. San Jose, 2016 [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: [https://www.easyduino.cz/fotky32122/fotov/\\_ps\\_547PS-MPU-9250A-01-v1-1.pdf](https://www.easyduino.cz/fotky32122/fotov/_ps_547PS-MPU-9250A-01-v1-1.pdf)
- [20] Long 12V 2,3Ah olověný akumulátor F1 (WP2,3-12). AVACOM [online]. b.r. [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.avacom.cz/long-12v-2-3ah-oloveny-akumulator-f1-wp2-312>
- [21] Modul DC/DC step down. GM electronic [online]. b.r. [cit. 2019-05-03]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/modul-dc-dc-step-down-1-25-32v-5a-usb-led-displej#product-detail>
- [22] Mikrospínač do DPS. Svetsoucastek.cz [online]. b.r. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <https://www.svetsoucastek.cz/mikrospinac-ninigi-tact-69n-f-p51959/>
- [23] WS2812B RGB LED. Randomnerdtutorials.com [online]. b.r. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <https://randomnerdtutorials.com/guide-for-ws2812b-addressable-rgb-led-strip-with-arduino/>
- [24] LIF9Y11Y. Complete-electronics.com [online]. b.r. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <https://complete-electronics.com/7038865-unitronic-sensor-fd-lif9y11y-4x0-34-lapp-cable>