

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra informačního inženýrství**



**Bakalářská práce**

**Vývoj prototypu spektrální žárovky**

**Jan Pavelka**

© 2022 ČZU v Praze

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Pavelka

Systémové inženýrství a informatika  
Informatika

Název práce

**Vývoj prototypu spektrální žárovky**

Název anglicky

**Development of spectral light bulb prototype**

---

### Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je vytvořit prototyp žárovky, která bude měnit barevné spektrum závisle na denní době a ročním období. Výsledkem práce bude funkční prototyp spektrální žárovky, který se následně bude testovat v reálném prostředí.

### Metodika

Práce sestává z teoretické a praktické části.

Metodika zpracování teoretické části je založena na studiu odborných informačních zdrojů. Na základě syntézy zjištěných poznatků budou formulována teoretická východiska pro zpracování praktické části.

Praktická část se zaměřuje na návrh a implementaci prototypu.

Výsledný prototyp bude otestován v reálném prostředí a budou shrnuty poznatky z jeho vývoje a následného testování. Na základě těchto poznatků bude nastíněna možnost dalšího vývoje pro finální produkt.

## Doporučený rozsah práce

35-40 stran

## Klíčová slova

IOT, Arduino, Žárovka, Světlo

---

## Doporučené zdroje informací

BELL, C A. *Beginning sensor networks with Arduino and Raspberry Pi*. [New York, New York]: Apress, 2013. ISBN 1430258241.

FRIEDT, Jean Michel, Clement EUSTACHE, Emile CARRY a E. RUBIOLA. Software-Defined Radio Decoding of DCF77: Time and Frequency Dissemination with a Sound Card. *Radio Science*. 2017, (53). Dostupné z: DOI:10.1002/2017RS006420

Jiří Štefan; Jenő Tihanyi, *Výkonové tranzistory MOSFET*, BEN Technická literatura, 2002. ISBN 80-86056-54-6.

Kimberly K. Arcand, Megan Watzke, *Light: The Visible Spectrum and Beyond*: Black Dog & Leventhal, 2015. ISBN 978-1631910067.

VIRIUS, M. *1001 tipů a triků pro C++*. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-2941-8.

---

## Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – PEF

## Vedoucí práce

Ing. Jiří Brožek, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra informačního inženýrství

Elektronicky schváleno dne 1. 11. 2021

**Ing. Martin Pelikán, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 11. 2021

**Ing. Martin Pelikán, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 12. 03. 2022

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vývoj prototypu spektrální žárovky" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15. 3. 2022

---

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu práce Ing. Jiřímu Brožkovi, Ph.D. za cenné připomínky a ochotu konzultovat práci v nevšedních dobách. Dále bych rád poděkoval svým přátelům, kteří mě v nelehkých chvílích podporovali.

# Vývoj prototypu spektrální žárovky

## Abstrakt

Tato bakalářská práce se věnuje problematice světelných zdrojů, jejich vlastnostem a vlivu na cirkadiánní rytmus člověka. Hlavním cílem práce je návrh prototypu spektrální žárovky, která automaticky mění svůj typ světla na základě denní doby.

Teoretická část práce zpracovává poznatky o světelných zdrojích a jejich vlivu na zdraví člověka a obsahuje teoretická východiska a informace o technologiích použitých v praktické části.

Praktická část se potom zabývá návrhem prototypu světelného zdroje, jehož vlastnosti fungování vychází z poznatků nabytých v teoretické části. Na základně nedostatků vyzorovaných během vývoje jsou navržena řešení, která by v budoucnu mohla prototyp dovést k ideální funkčnosti.

**Klíčová slova:** světelné zdroje, žárovka, modré světlo, cirkadiánní rytmus, prototyp, arduino, ESP8266

# Development of spectral light bulb prototype

## Abstract

This bachelor thesis deals with the issue of light sources, their properties and influence on the human circadian. The main goal of this work is to design a prototype of a spectral lightbulb that automatically changes its form of light based on the daytime.

The theoretical part of the work processes the knowledge about light sources and their impact on human health and contains theoretical background and information about the technologies used in the practical part.

The practical part then deals with the design of a prototype of a light source, whose functionality is based on the knowledge gained in the theoretical part. Based on the drawbacks observed during development, solutions are proposed that could bring the prototype to ideal functionality in the future.

**Keywords:** artificial light, lightbulb, blue light, circadian rhythm, prototype, arduino, ESP8266

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>10</b>
<b>2 Cíl práce a metodika .....</b>	<b>11</b>
2.1 Cíl práce .....	11
2.2 Metodika .....	11
<b>3 Teoretická východiska .....</b>	<b>12</b>
3.1 Světelné spektrum .....	12
3.1.1 Barva světla .....	12
3.1.2 Teplota chromatičnosti .....	13
3.2 Míchání barev.....	14
3.3 Umělé osvětlení.....	15
3.4 Vlastnosti elektrického světelného zdroje.....	15
3.4.1 Světelný tok .....	15
3.4.2 Příkon.....	16
3.4.3 Teplota chromatičnosti .....	16
3.4.4 CRI.....	17
3.4.5 Flicker .....	17
3.5 Elektrické světelné zdroje .....	18
3.5.1 Wolframová žárovka.....	18
3.5.2 Sodíková výbojka .....	20
3.6 Technologie LED.....	21
3.7 Problém s modrým světlem.....	23
3.7.1 Způsoby ochrany před modrým světlem .....	23
3.7.2 Cirkadiánní rytmus .....	24
3.7.3 Aplikace na potlačení modrého světla na mobilních zařízeních.....	25
3.8 Pulsně šířková modulace (PWM).....	25
3.8.1 Použití PWM ve světelné technice .....	26
3.9 Regulátor napětí .....	27
3.10 Mikrokontrolér .....	28
3.10.1 ESP8266 .....	28
3.10.2 Vývojová deska NodeMCU.....	29
3.10.3 ESP8266 Arduino Core .....	30
3.10.4 Arduino IDE .....	30
3.11 Časový údaj DFC77 .....	31
<b>4 Vlastní práce.....</b>	<b>32</b>
4.1 Získávání aktuálního času .....	32
4.2 Časové údaje o východu a západu slunce .....	33
4.2.1 Problém s letním časem .....	34



4.3	Zdroje světla.....	34
4.4	Zdroj napětí.....	34
4.5	Spínací tranzistory.....	35
4.6	Programování ESP8266.....	36
4.7	Přidání knihoven.....	37
4.8	Kód.....	37
4.9	Časový modul DFC77.....	38
<b>5</b>	<b>Výsledky a diskuse.....</b>	<b>40</b>
5.1	Poznatky z vývoje a navrhované změny.....	40
<b>6</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>Seznam použitých zdrojů.....</b>	<b>42</b>
<b>8</b>	<b>Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk.....</b>	<b>44</b>
8.1	Seznam obrázků.....	44
8.2	Seznam tabulek.....	44

# 1 Úvod

Tématem této bakalářské práce je návrh a vývoj prototypu světelného zdroje, který bude automaticky přizpůsobovat svoje světlo aktuální denní době. Cílem tohoto počínání je, aby se tento umělý zdroj světla co nejvíce podobal přirozeným světelným podmínkám venku a nenarušoval tak cirkadiánní rytmus člověka.

V dnešním světě plném sdělovacích prostředků a výpočetní techniky je lidstvo obkloповáno čím dál více světelnými zdroji. Ať už se jedná o ulice lemované spoustou reklamních poutačů, tak i mnoho osobních zařízení, do kterých se díváme prakticky celý den. Přitom se jedná o problém docela nový, s rozšířením barevných displejů se setkáváme posledních 25 let.

Teoretická část se věnuje problematice světla a světelných zdrojů jako takových, vlivu světla na přírodu, a především na člověka. Popisuje také technická řešení ovládání světel a programování jejich logiky.

Praktická část si klade za cíl navrhnout prototyp žárovky, která bude automaticky měnit svoji intenzitu a chromatičnost světla, aby co nejvíce kopírovala denní cyklus. Výsledkem by měla být funkční žárovka, která bude podle aktuálního času přizpůsobovat svoji funkčnost okolním světelným podmínkám.

Tento prototyp bude otestován a na základě pozorování a zkušeností z vývoje budou reflektovány jeho nedostatky a následně navrženy změny v designu a funkčnosti.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Hlavním cílem práce je vytvoření prototypu světelného zdroje, který bude přizpůsobovat svoje světelné spektrum aktuální denní době a ročnímu období, aby co nejvíce kopíroval přirozené světelné podmínky ovlivňované sluncem a nenarušoval tak cirkadiánní rytmus člověka a byl i šetrný k ostatním živočišným druhům.

Sekundárním cílem práce je prototyp otestovat, poukázat na jeho nedostatky vzešlé z testování, navrhnout možné úpravy a nastítnit další vývoj, který by mohl vést ke konečné podobně produktu.

Teoretická část se bude věnovat shrnutí teoretických poznatků k problematice světelných zdrojů a sběrem podkladů pro tvorbu praktické části.

### **2.2 Metodika**

Metodika teoretické části práce bude založena na studiu relevantních odborných a technických zdrojů, které se věnují oblasti světla, světelných zdrojů, elektrických součástek a programování. Poznatky z teoretické rešerše budou využity pro vytvoření návrhu v praktické části.

Praktická část se bude zabývat volbou elektronických komponent a jejich následnému propojení ve funkční celek. Další část se bude zabývat popisem programu, který ovládá logiku a celkový chod těchto komponent. Z poznatků z vývoje a následného testování budou poté identifikovány chyby a nedostatky prototypu. Na základě těchto poznatků budou navrženy možné úpravy a vylepšení pro případnou další verzi prototypu a bude nastíněna možnost dalšího vývoje.

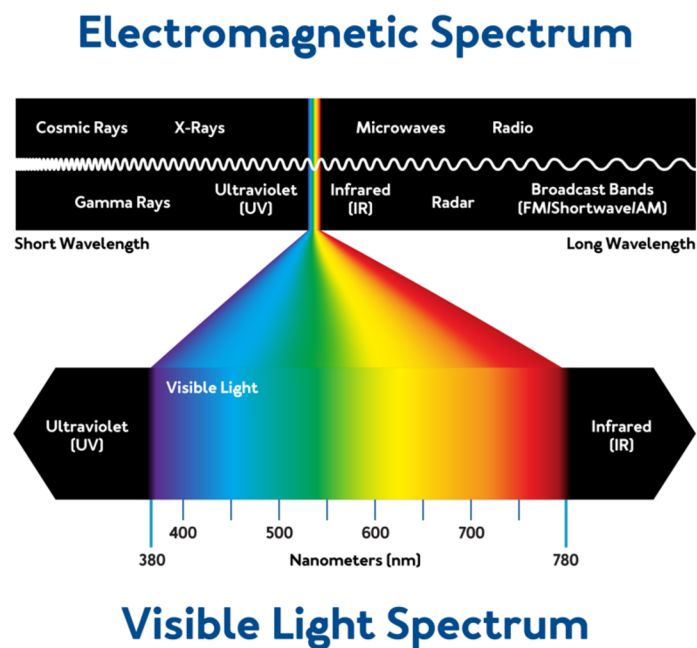
## 3 Teoretická východiska

### 3.1 Světelné spektrum

Světlo je ve své podstatě elektromagnetické vlnění a jako každé elektromagnetické vlnění má svojí vlnovou délku a frekvenci. Jako jednotka vlnové délky se používá nanometr (NM) a udává skutečnou fyzickou délku letící vlny v prostoru. Čím menší je vlnová délka, tím je větší frekvence záření. [1]

Z pohledu člověka můžeme rozdělit světelné spektrum na viditelné a neviditelné. Jako viditelné světlo se označuje ta část spektra, kterou dokáže člověk vnímat zrakem, vlnová délka viditelného světla pohybuje zhruba od 380 do 750nm, přesné hranice jsou u každého jedince však individuální a záleží taky na aktuálních okolních podmínkách. [1]

Obrázek 1 – Světelné spektrum



Zdroj: [2]

#### 3.1.1 Barva světla

Na obrázku výše je znázorněno, že jak se mění vlnová délka světla, mění se i jeho barva. Barva jako koncept ovšem v reálném světě neexistuje, ale tvoří se až v obrazovém centru v mozku. [3]

Barevný vjem vzniká v oku, kde přicházející viditelné magnetické záření (tedy světlo) dopadá na sítnici. Vnímání barev v lidském oku umožňují světlocitlivé receptory, které se nazývají čípky. V lidském oku nalezneme tři druhy čípků, každý z nich je citlivý na konkrétní barvu ze třech základních barev – červená, zelená a modrá. Na základě vlnové délky přicházející do oka se následně budí konkrétní čípky. Čípky se evolučně vyvinuly z tyčinek, což je další zrakový senzor, který umožňuje organismu vnímat kontrast, tedy rozdíl mezi nejtmaším a nejsvětlejším bodem na jasové scéně. [1]

„Světlocitlivé buňky sítnice jsou buňky vytvářející nervovou stimulaci na základě absorpce fotonu přicházejícího na sítnici. Tyto buňky jsou dvojího typu: tyčinky a čípky. *Čípky* jsou citlivé na světlo různé barvy čili různé vlnové délky, různé intenzity a různé sytosti barev. Jsou prvními neurony sítnice. Zajišťují **fotopické** vidění, jsou zodpovědné za zrakovou ostrost. Nacházejí se v nejhojnějším počtu v centrální jamce (fovea centralis), což je malá jamka ve žluté skvrně. Směrem k periferii sítnice jejich hustota postupně klesá. Celkově nacházíme na sítnici 6 milionů čípků. Rozlišujeme 3 typy čípků, které je možné rozlišit pouze podle pigmentu v cytoplasmě, nikoliv podle tvaru buňky. *Tyčinky* jsou světlocitlivé buňky reagující na nižší intenzitu osvětlení než čípky, ale nejsou schopny rozeznávat barvy.“ [3]

Tyčinky zajišťují také skotopické vidění. Skotopické vidění umožňuje prožívat zrakové vjemy i téměř za úplné tmy, čípky v tomto „režimu“ vůbec nepracují, nezpracovává se tudíž žádná informace o barevném složení vjemu, získávaná informace má tedy pouze jasovou formu. [3]

„Lidské oko je schopno vnímat pouze malou část elektromagnetického záření. Při běžné intenzitě osvětlení je sítnice citlivá v oblasti záření o vlnové délce od 380 nm do 760 nm (oblast viditelného světla elektromagnetické spektra). Tato oblast se také kryje s jedním z pásem propustnosti zemské atmosféry. Dalším z důvodů, proč lidské oko nejvíc vnímá právě v této oblasti je fakt, že odpovídá maximu spektrálního vyzařování Slunce. Z grafu spektrální citlivosti lidského oka vidíme, že lidské oko je citlivé i na červené světlo vlnové délky např. 660 nm. Aby však byl dosažen zrakový vjem stejné intenzity jako pro záření světla o vlnové délce 550 nm, musí být světelný tok ze stejné plochy 10 000x větší.“ [3]

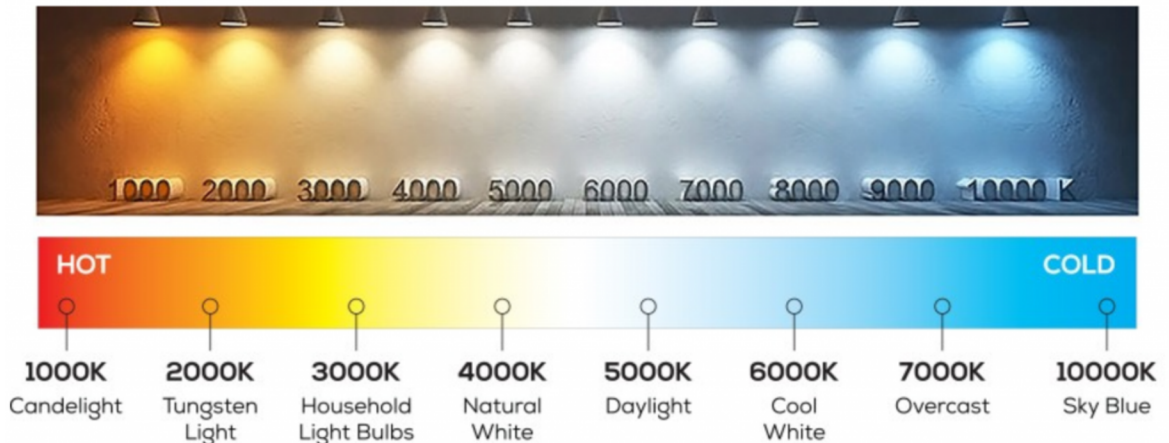
### 3.1.2 Teplota chromatičnosti

Teplota chromatičnosti, obecně označována jako teplota světla je veličina, která udává barevnou charakteristiku bílého světla. Jako jednotka se používá jednotka teploty kelvin (K) a

to pro to, že barva daného světla odpovídá barvě dokonalého černého tělesa rozžhaveného právě na tuto teplotu. [4]

Čím je teplota chromatičnosti nižší tím je světlo příjemnější a navozuje pocit útulnosti a tepla, proto se také hodně využívá v oblasti dekorativního osvětlení. Naopak studenější světlo se využívá například v dílnách a skladech, protože je vhodnější na práci. [4]

Obrázek 2 – Osa teploty chromatičnosti s vizualizací vzhledu osvětlení



Zdroj: [5]

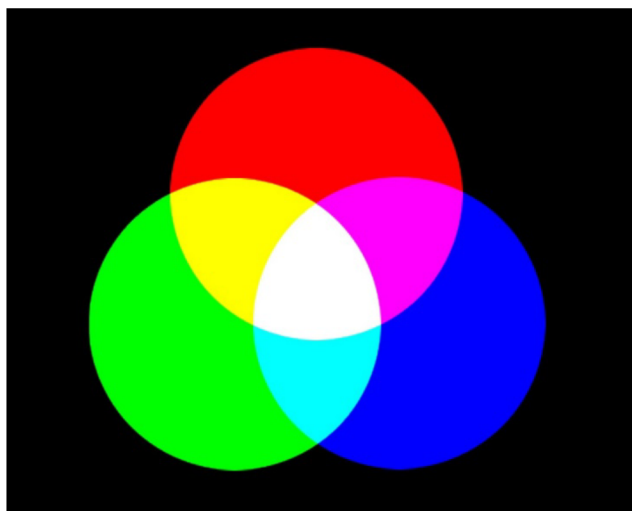
### 3.2 Míchání barev

Protože má lidské oko receptory na červenou, zelenou a modrou dá se iluze vnímání jakékoli barvy docílit právě pomocí různých kombinací těchto tří barev. Toho se využívá např. v počítačových displejích, každý bod na obrazovce je totiž tvořen pouze třemi zdroji světla a pomocí stanovení poměrů mezi nimi se stanoví výsledná vnímaná barva.

Existují dva modely míchání barev adaptivní a subtraktivní. Adaptivní míchání barev se používá v případech, kdy je barva tvořena přímo světelným zdrojem, pokud jsou zastoupeny všechny barvy v maximální intenzitě vznikne bílá barva. Tento model se využívá například u LCD a OLED displejů.

Druhým modelem je subtraktivní míchání, kdy je barva tvořena odrazem světla o konkrétní povrch. Pokud jsou zastoupeny všechny barvy stejným poměrem vznikne barva černá. Tohoto modelu využívají například tiskárny.

Obrázek 3 – Aditivní míchání barev



Zdroj: [6]

### 3.3 Umělé osvětlení

Od počátku historie planety země bylo jediným zdrojem světla slunce a pokud zrovna nebyl měsíc v úplňku byla v noci naprostá tma.

Za okamžik prvního výskytu umělého světla se dá považovat období, kdy si člověk osvojil oheň.

### 3.4 Vlastnosti elektrického světelného zdroje

#### 3.4.1 Světelný tok

„Světelný tok je veličina, které označuje světelnou energii, která je zdrojem vyzářena za 1 sekundu, jde tedy o formu výkonu. Jde o jeden z důležitých parametrů, kterému je potřeba věnovat pozornost při výběru osvětlení.“ [4]

„Velikost této jednotky nám přímo říká, jak bude daný světelný zdroj svítit. Wolframové žárovky měly světelný tok zhruba 13,5 lm/W. LED žárovky mají světelný tok nejčastěji v rozmezí mezi 30-110 lm/W. Přesto údaj ve wattech o výkonu LED žárovky není úměrný její svítivosti, proto se jím nemůžeme řídit při výběru síly LED žárovky tak, jako se to dalo u klasické žárovky. Příkon LED žárovky totiž závisí jednak na počtu diod a jejich svítivosti, ale také na barevné teplotě.“ [4]

Tabulka 1 – Srovnání světelného toku světelných zdrojů v závislosti na příkonu

Klasická žárovka	Halogenová žárovka	Úsporná žárovka	LED žárovka	Světelný tok
25 W	25 W	5 W	3 W	210 - 204 lm
40 W	40 W	9 W	5 W	400 - 450 lm
60 W	60 W	13 W	9 W	700 - 740 lm
100 W	100 W	22 W	15 W	1300 - 1500 lm

Zdroj: [4]

### 3.4.2 Příkon

Příkon je fyzikální veličina, která vyjadřuje množství odebírané energie. S příkonem taky souvisí světelný výkon, který udává kolik lumenů světla je zdroj schopen vyprodukovat na jednu jednotku wattu. Čím je tento poměr vyšší, tím je světelný zdroj efektivnější. [7]

### 3.4.3 Teplota chromatičnosti

„Každý typ světla má jinou barvu (teplota chromatičnosti) – některé osvětlení je více domodra, jiné zase dožluta až dočervena. Teplota chromatičnosti se udává v Kelvinech (K). Čím více Kelvinů, tím je světlo více bílé až modré.

Světlo svíčky nebo žárovky je nažloutlé, jeho teplota se pohybuje v rozmezí 1 000 až 4 500 K. Typické denní světlo v poledne a světlo zábleskové má teplotu kolem 5 000 až 7 000 K. Při zatažené obloze a úplném vyjasnění dosahuje světlo nejvyšší teploty, a to kolem 8 500 až 12 000 K.

#### **Teplý odstín – teplá bílá (2 800 – 3 300 kelvinů)**

- nažloutlý či naoranžovělý, podobný klasické žárovce, působí příjemně a útulně
- doporučené použití: obývací pokoj, ložnice, dětský pokoj a všude tam, kde se máme cítit příjemně a uvolněně

#### **Chladnější bílý tón – bílá (5 000 – 6 000 kelvinů)**

- je pocitově neutrální



- doporučené použití: kuchyň, koupelna, pracovny, na místech s nedostatkem denního světla v kancelářích, nákupních střediscích, ale také například při léčbě depresí během dlouhého zimního období, kdy je nedostatek přirozeného denního světla“ [8]

#### 3.4.4 CRI

CRI (Color Rendering Index) je index, který udává kvalitu podání barev při osvětlení umělým zdrojem světla. Jeho škála je od 0 do 100. Hodnotu 100 má slunce a např. wolframová žárovka. Hodnota CRI udává odchylku od ideálního zdroje světla.

CRI vyjadřuje schopnost světla pravdivě a věrně ukazovat barvy objektů, na které svítí. Reprezentuje věrnost podání barev daného zdroje a srovnává se se sluncem, jehož hodnota CRI je maximální, a to 100. Běžné LED žárovky mají CRI 80 – přiblížit se k hodnotě 100 je u LED zdrojů vzácné a náročné. [8]

#### 3.4.5 Flicker

Pod pojmem „Flicker“ (česky bychom mohli použít slovo blikání) se označuje neduh moderního osvětlení, které má v některých případech závisle na principu technického provedení tendenci velmi rychle blikat. Tento jev vzniká převážně ze dvou důvodů.

##### **Špatně vyfiltrované vstupní napětí**

Většina zdrojů osvětlení je napájena ze síťového střídavého napětí, v Evropě se jedná o 230 V s frekvencí 50Hz. Pokud není zdroj, který mění střídavé napětí na stejnosměrné, ze kterého se poté napájí např. LED diody, dostatečně dobře zkonstruovaný může docházet dokonce k viditelnému blikání právě na frekvenci 50 Hz.

##### **Pulzně šířková modulace**

Pulzně šířková modulace je způsob, jakým se dá docílit úpravy jasů žárovky. V zásadě se žárovka velmi rychle (jedná se obvykle minimálně o stovky hertzů) zapíná a vypíná. Lidské oko není tak dokonalé, aby takto rychlé změny zaznamenalo a vzniká iluze, že žárovka je méně jasná. Detailněji si pulzně šířkovou modulaci popíšeme v následujících částech práce.

Výrobci kvalitního osvětlení se pokoušejí tento problém adresovat a prodávají žárovky, které se označují jako „**Flicker-Free**“. [4]

## 3.5 Elektrické světelné zdroje

### 3.5.1 Wolframová žárovka

Žárovka s wolframovým vláknem byla prvním umělým světelným zdrojem, který k vytváření světla používal elektrickou energii. Patentoval si ji v roce 1879 Thomas Alva Edison a s nastupující elektrifikací spustila revoluci v osvětlování. Původně ovšem ještě nepoužívala wolframové vlákno ale vlákno uhlíkové, k použití wolframu se došlo díky jeho delší životnosti, protože odolává vyšším teplotám.

Konstrukce žárovky je poměrně jednoduchá, skládá se typicky ze závitu E27, který slouží jak k mechanickému uchycení žárovky do patice, tak elektrickému kontaktu. Samotný závit je určený přímo k připojení k nulovému vodiči a plocha na jeho špičce, která je od závitu obvykle oddělená keramickým nebo plastovým izolátorem, k připojení fáze. K závitu je uchycena skleněná baňka, která poskytuje ochranou atmosféru wolframovému vlákně, které je uvnitř.

Princip fungování je založen na žhavení vodiče elektrickým proudem. Procházející proud vlákno zahřívá a když už je teplota na určité úrovni začne vlákno vyzařovat světlo. Aby vlákno kvůli vysoké teplotě nezačalo hořet je ze skleněné baňky odsát veškerý vzduch, v žárovce je tedy vakuum. Kvůli snazší výrobě větších a výkonnějších žárovek, se místo vakua používá taky některý z plynů, které zamezují vznícení vlákna, typicky směs argonu a dusíku, v některých případech krypton nebo xenon. Jelikož pro výrobu světla vlákno žárovky v podstatě „hoří“ má žárovka velmi velké tepelné ztráty a je pro to velmi málo efektivní, udávaná účinnost je kolem 5 %. Světelný výkon se pohybuje okolo 10-15 lumenů na watt. Žárovka tedy mnohem víc topí, než svítí.

Obrázek 4 – Wolframová žárovka



Zdroj: [9]

V poslední dekádě se právě kvůli její nízké účinnosti a také s klesající cenou a širší dostupnosti alternativních technologií od používání běžných žárovek ustupuje. V roce 2009 se dokonce evropská komise shodla na postupném omezování prodeje žárovek, které nesplňují danou energetickou třídu. V roce 2022 je ovšem stále možné klasickou žárovku koupit v běžných obchodech. Žárovka byla tedy hlavním elektrickým světelným zdrojem více jak 140 let. [10]

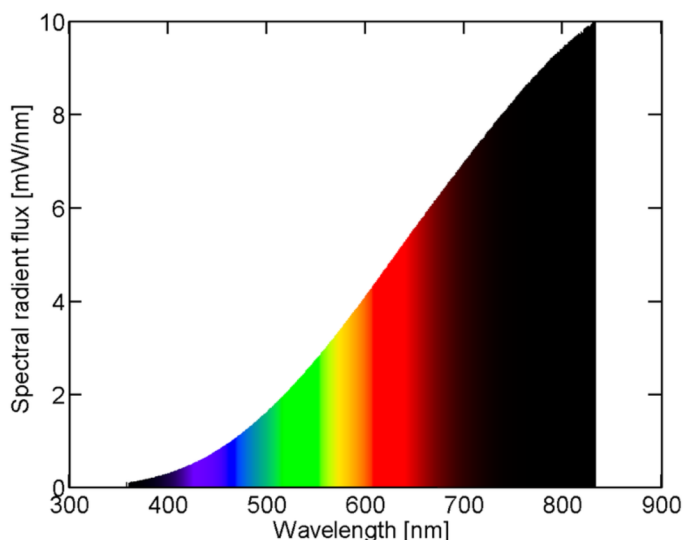
Typické výkon prodáváných žárovek se závitem E27 byl 20, 40, 60 a 100 wattů. Teplota chromatičnosti při plném výkonu je 2700 K na obrázku níže je vidět, že její světlo obsahuje neobsahuje žádnou modrou složku, jen velmi málo zelené a její světlo plynule roste přes oranžovou až do červené, díky tomu má příjemný oranžový nádech. Při použití stmívače její teplota klesá spolu se snižovaným výkonem, kdy při velmi malém jasu se dá dostat až na teplotu 1500 K, což odpovídá teplotě ohně. [11]

Ačkoli je žárovka připojená přímo k síťovému napětí 230 V 50 Hz nemá tendenci na této frekvenci blikat, protože vlákno je natolik rozžhaveno, že nestihne v průběhu pádu vlny napětí na 0 V vychladnout, a tudíž oscilace napětí není na výsledném svitu žárovky znát.

Klasickou žárovku můžeme tedy označit jako „Flicker-Free“ i když se tato nálepka používá spíše u zdrojů světla využívající technologii LED. [12]

V čem žárovka opravdu vyniká je velmi vysoké CRI, které je rovné 100. Při pohledu na spektrální graf je jasné proč, nejsou v něm žádné chybějící složky ani úzké výběžky. Žárovka má tedy stejně kvalitní světlo jako denní sluneční svit a díky tomu jsou pod jejím světlem barvy osvícených objektů velmi dobře rozeznatelné a objektivně se i přes její nedostatky stále jedná o jeden z nejlepších zdrojů světla.

*Obrázek 5 – Spektrum světla žárovky s wolframovým vláknem*



*Zdroj: [13]*

### 3.5.2 Sodíková výbojka

Sodíková výbojka je typ světelného zdroje, který k produkci světla využívá elektrického výboje v plynových výparech sodíku. Sodíkové výbojky se dělí na nízkotlaké a vysokotlaké podle tlaku použitého plynu.

Její největším negativem je velmi malé CRI, barvy pod jejím světlem jsou jen obtížně rozeznatelné, uplatňuje se hlavně ve veřejném osvětlení, kde její negativní vlastnosti tolik nevadí a jejímu širokému nasazení právě v této oblasti pomohla její relativně nízká cena a spolehlivost.

V oblasti pouličního osvětlení je tato technologie, stejně jako u klasické žárovky, postupně vytlačována technologií LED, opět především kvůli ceně a spolehlivosti. Tento fenomén ovšem vede k řadě problémům, protože v řadě případů se původní sodíkové výbojky nahrazují LED alternativami s nevhodnými vlastnostmi, kdy je jejich intenzita světla příliš vysoká a barva světla příliš studená. Tyto nevhodné modernizace vedou k nežádoucímu světelnému smogu, a především k negativnímu vlivu na život hmyzu a ptáků.

### 3.6 Technologie LED

LED dioda může mít spoustu podob v závislosti na výkonu, světelné charakteristice, optické charakteristice, velikosti, a hlavně na konkrétní situaci využití.

#### DIP LED

„(Direct In-line Package = přímo zapojený „balík“) LED je nejstarší typ čipů, v současnosti už minimálně používaná technologie. Světelný tok těchto čipů je velice nízký, jejich výhodou byla cenová dostupnost. Nejčastěji se vyskytují ve válcovém provedení, s průměry 3, 5 nebo 10 mm. Využití v automobilovém průmyslu, spotřebičích, reklamních panelech, vánočním osvětlení nebo ručních lampách (baterka).“ [5]

#### Power LED

„Power LED chip Nazývané také High Power LED, čili (vysoce) výkonné LED. Jsou podobné konstrukce jako DIP LED, avšak tyto čipy jsou větší, s lepší svítivostí a také delší životností. I tato technologie patří již mezi zastaralejší, nevýhodou je i úzký úhel vyzařování. Najdete je ve starších bodových žárovkách nebo závěsných lampách.“ [5]

#### SMD LED

„SMD LED čipy jsou čipy s nejširším spektrem využití. Tento čip je osazen v LED žárovkách, LED pásech, panelech, trubcích, reflektorech a jiných různých typech LED osvětlení. SMD (Surface Mounted Devices = povrchově montované) jsou modernější než předchůdci v podobě DIP nebo Power LED. Jsou uloženy na hliníkovém, měděném či stříbrném plátu, mají vyřešený odvod tepla a tím pádem mají lepší životnost (až 100 000 hodin). Úhel vyzařování těchto čipů je až 120° bez nutnosti použití optiky pro rozptýl světla.

SMD LED čipy jsou vyráběny ve více variantách. Jednotlivé číselné označení je rozměr čipu v milimetrech, čili například náš nejprodávanější LED pás s označením SMD3528 má čipy s rozměrem 3,5 x 2,8 mm.

Nejčastěji používané SMD čipy:

- SMD 3528 – nejběžnější rozměr u LED pásů, světelný tok zhruba 5 lm/čip
- SMD 5050 – vhodné pro RGB a RGB+W osvětlení, světelný tok zhruba 12-15 lm/čip
- SMD 2835 – využití v LED reflektorech, panelech, žárovkách, světelný tok zhruba 10-12 lm/čip

- SMD 5730 – LED pásy s vyšším světelným tokem, zhruba 20-25 lm/čip
- SMD 3014 – díky malým rozměrům možnost hustšího uspořádání (až 240 čipů/m), zhruba 5-8 lm/čip
- SMD 2216 – využití v LED pásech, světelný tok zhruba 5-8 lm/čip
- SMD 2110 – díky malým rozměrům možnost hustšího uspořádání (až 700 čipů/m), zhruba 3 lm/čip“ [5]

### **COB LED**

„COB LED chipCOB (Chip On Board = čip na „desce“) je sloučení více SMD čipů do jednoho, které jsou stejně jako SMD pokryté vrstvou luminoforu – fluorescenční látka, která mění modré světlo z LED čipů na teplejší odstíny. Dosahují lepšího světelného toku, avšak vyžadují lepší chlazení kvůli vyšší tvorbě tepla. Nevýhodou je i vyšší cena. Využívají se v LED žárovkách, reflektorech nebo bodových zapuštěných svítidlech.“ [5]

### **MCOB LED**

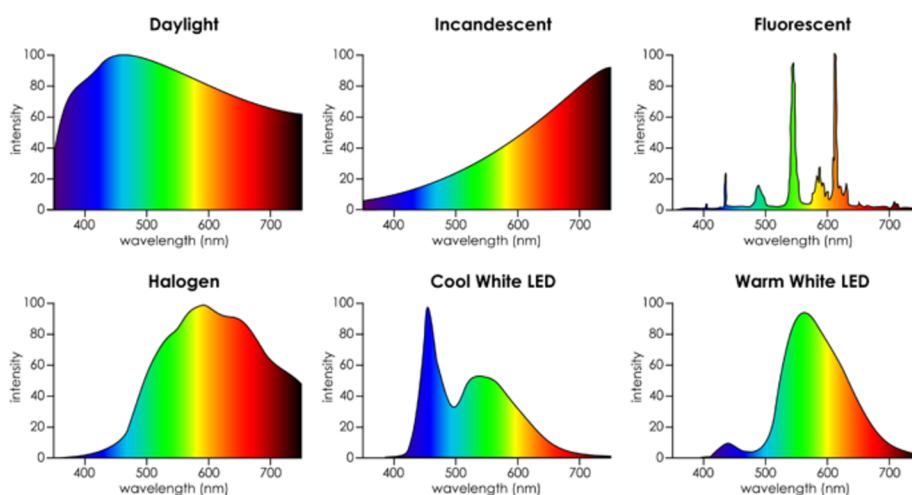
„MCOB LED chipMCOB (Multi Chip On Board = více čipů na „desce“) je v podstatě vylepšení COB technologie. Jde o seskupení několika COB čipů do jednoho svítidla. Výhodou je přímé uložení čipu na chladič čili i delší životnost a díky velikosti, resp. propojení několika SMD čipů do jednoho, i vyšší svítivost. Najdete je v reflektorech, průmyslových svítidlech nebo bodových svítidlech.“ [5]

### **Filament COG LED**

Filament COG LED chipFilament COG (Chip On Glass = čip na skle) je nejnovější technologie na trhu LED osvětlení. Na skleněné vlákno jsou umístěny LED čipy, které jsou pokryty vrstvou luminoforu. Tento typ má ze všech nejlepší odvod tepla a také nejvyšší úhel vyzařování (až 360°).

LED filament (LED vlákno) se využívá zejména u LED žárovek, v kombinaci s průhlednými, jantarovými nebo opálovými/mléčnými skly. Často je vlákno nakloněno v žárovce šikmo nebo různě zatočené. Důvodem je design a také fakt, že pokud nejsou vlákna vedle sebe uspořádaná, minimalizují se tmavá či stinná místa. [5]

Obrázek 6 – Srovnání světelných spekter světelných zdrojů



Zdroj: [10]

### 3.7 Problém s modrým světlem

„Zatímco světlo jakéhokoli druhu může potlačit sekreci melatoninu, modré světlo v noci to dělá silněji. Výzkumníci z Harvardu a jejich kolegové provedli experiment porovnávající účinky 6,5 hodiny vystavení modrému světlu a zelenému světlu srovnatelné jasnosti. Modré světlo potlačovalo melatonin asi na dvakrát déle než zelené světlo a posunulo cirkadiánní rytmy dvakrát tolik (3 hodiny vs. 1,5 hodiny).“ [14]

V další studii modrého světla výzkumníci z University of Toronto porovnávali hladiny melatoninu u lidí vystavených jasnému vnitřnímu světlu, kteří měli brýle blokující modré světlo, s lidmi vystavenými běžnému slabému světlu bez brýlí. Skutečnost, že hladiny hormonu byly v obou skupinách přibližně stejné, posiluje hypotézu, že modré světlo je silným supresorem melatoninu. Také to naznačuje, že pracovníci na směny a noční sovy by se možná mohli chránit, kdyby nosili brýle, které blokují modré světlo. Levné sluneční brýle s oranžově zbarvenými skly blokují modré světlo, ale blokují i jiné barvy, takže nejsou vhodné pro použití v interiéru v noci. Brýle, které blokují pouze modré světlo, mohou stát až 80 dolarů. [14]

#### 3.7.1 Způsoby ochrany před modrým světlem

- Používat před spaním pouze světla bez modré spektrální složky, která nenarušují cirkadiánní rytmus
- Vyhnout se používání počítačových a mobilních displejů alespoň 90 minut před spaním

- Pokud se člověk nemůže např. z pracovních důvodů v noci vyhnout modrému světlu, nosit červené nebo oranžové brýle modré světlo blokující.
- Přes den se vystavovat světlu co nejvíce, aby lidské tělo mělo dostatek impulsů udržovat se ve stavu bdělosti. [14]

### 3.7.2 Cirkadiální rytmus

Cirkadiální rytmus je přirozený biologický rytmus, který v průběhu dne ovlivňuje kolísání aktivity, bdělosti a spánku. Doktor Satchin Panda ve své knize Cirkadiální kód píše:

*„Veškeré živé bytosti na planetě podstupují nevyhnutelnou a předvídatelnou změnu prostředí; ať už žijí na poušti, v horách nebo v tropických pralesech, střídá se den a noc. Nezáleží na tom, zda žily před miliardou let nebo dnes. Téměř každý živý organismus si ke zvládnutí této předvídatelné každodenní změny světla a tmy vyvinul vnitřní způsob načasování neboli cirkadiální hodiny.*

*Každý živý organismus tráví dvacet čtyři hodin:*

- získáváním energie (potravy),
- optimalizací využití energie k údržbě každodenních funkcí a uchování jejího zbytku na pozdější využití,
- obranu před škodlivými vlivy a predátory,
- regenerací či růstem,
- rozmnožováním.

*Všechny tyto funkce jsou řízeny cirkadiálními hodinami, které optimalizují schopnost organismu vykonávat tyto úkoly tím, že každému z těchto nezbytných životních aspektů přiřazují během dne a noci optimální čas.“ [15]*

*„Prokázalo se, že jasné světlo může v noci způsobit naprostý kolaps cirkadiálního rytmu. Charles Czeisler z Harvardovy univerzity provedl v roce 1980 jednoduchý experiment. Pracoval se zdravými dobrovolníky, kterým změřil tělesnou teplotu. Poté je v různých nočních časech vystavil jasnému světlu. Následujícího dne jim znovu změřil teplotu a zjistil, že těm dobrovolníkům, kteří byli vystaveni jasnému světlu od půlnoci do dvou hodin ráno, následujícího dne naprosto zkolaboval cirkadiální rytmus teploty tělesného jádra. Jako by jejich těla naprosto ztratila pojem o čase. (Althoff et al., 2017) Když se vrátil k obnově světla a tmy, po třech dnech došlo k obnově regulace teploty.“ [15]*

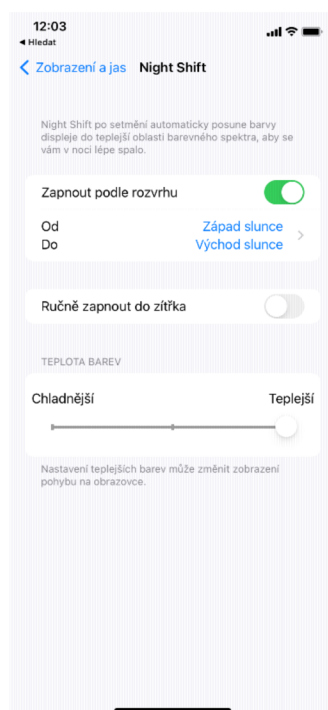


### 3.7.3 Aplikace na potlačení modrého světla na mobilních zařízeních

Firma Apple s příchodem jejího mobilního operačního systému iOS 9.3 21. března 2016 představila funkci Night Shift, jedná se o první aplikaci softwaru omezující modré světlo, která je implementována přímo do operačního systému. [16]

Tato aplikace umožňuje uživateli nastavit si časové rozmezí, kdy aplikace potlačí modrou složku světelného světla displeje, čímž se výrazně zbarví do oranžova. Je zde také možnost nastavit možnost „Od soumraku do úsvitu“, kdy operační systém automaticky mění čas změny barvy displeje na základě polohy mobilního zařízení a aktuální denní doby, podle toho, jak vychází a zapadá slunce. [16]

Obrázek 7 – Nabídka nastavení Night Shift



Zdroj: vlastní zpracování

## 3.8 Pulsně šířková modulace (PWM)

Pulsně šířková modulace (PWM) z anglického Pulse-width modulation je typ k modulace, který se používá ke snižování průměrného proudu elektrického signálu a to tím, že se původní signál velmi rychle vypíná a zapíná.

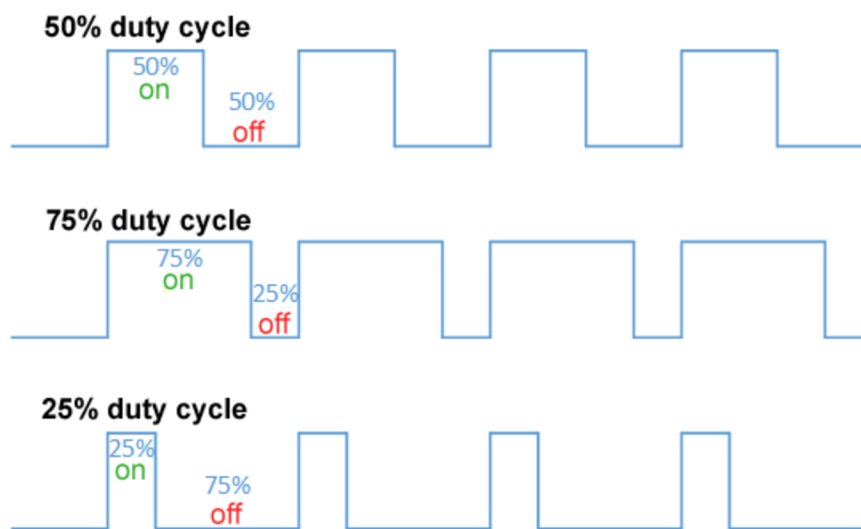
Pulsně šířková modulace má široký okruh využití, dají se s její pomocí kontrolovat otáčky motoru, používá se u zvukových zesilovačů třídy D a najde uplatnění ve spoustě dalších aplikacích. Primární využití však nachází v regulaci napětí potažmo proudu.

U svítidel se PWM používá k regulaci jasu obecně nebo pro míchání barev u RGB žárovek, kdy se pomocí míchání poměrů červené, zelené a modré složky tvoří konkrétní barva.

Signál modulovaný pomocí PWM může nabývat pouze svou hodnotu, a to zapnuto a vypnuto, pokud se budeme bavit v digitální terminologii tak je tento signál 1bitový, buď má hodnotu 1 anebo 0. Pokud bychom například modulovali signál o napětí 12 V, bude výsledný modulovaný signál nabývat buď hodnot 12 V nebo 0 V. Samotný princip modulace pak tkví v tom, jak dlouho v určitém časovém úseku těchto hodnot nabývá. Důležitý je tedy poměr oněch dvou stavů v čase. Tento poměr se nazývá „střída“ a udává se procentech. Pro příklad: Pokud je signál pouze na úrovni 0 je střída 0 %, pokud je signál celý čas na úrovni 1, pak je střída 100 %. Pokud by byla střída 50 %, znamená to, že je půlku času v daném úseku signál na úrovni 0 a druhou půlku času na úrovni 1. [17]

Další důležitou vlastností je frekvence, která udává, jak často se tato změna děje. Tato frekvence se udává v hertzech (Hz). Hertz je jednotka počtu změny stavu za jednu sekundu. PWM signál může mít frekvenci od nižších desítek hertzů až po stovky megahertzů a ve výjimečných situacích použití i vyšší. [17]

Obrázek 8 – Příklad různých úrovní stříd PWM signálu



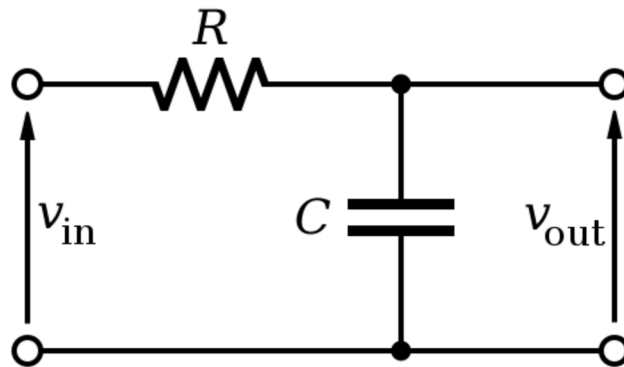
Zdroj: [18]

### 3.8.1 Použití PWM ve světelné technice

Regulace napětí je pokročilejší způsob ovládání efektivního výkonu světelného zdroje, místo klamání lidského zraku se u toho použití skutečně mění napětí a proud, který protéká světelným emitorem a tím se snižuje jeho celkový výkon. Stejně jako u předchozího způsobu

je pomocí nízkonapětového PWM signálu ovládán výkonový tranzistor. Za tímto tranzistorem je potom ještě zapojená nízkofrekvenční propust, častěji označovaná anglickým pojmem Low-pass filter. Tento filtr se skládá z kondenzátoru, který je zapojený paralelně k noze DRAIN výkonového tranzistoru a zemi v případě P-Kanálového tranzistoru a mezi DRAIN a plusový pól v případě N-Kanálového tranzistoru.

Obrázek 9 – Schéma zapojení Low-pass filtru



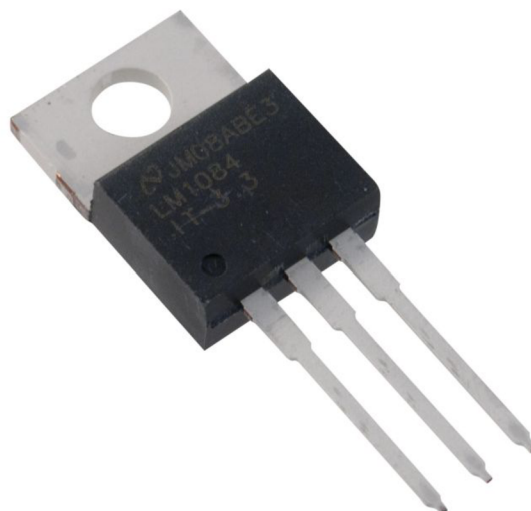
Zdroj: [19]

### 3.9 Regulátor napětí

Výhodou regulárních regulátorů regulátoru je jejich jednoduchost, nízká cena a také k jejich funkci není potřeba použití žádných externích součástek, napěťový výstup je taky dokonale vyhlazený a neobsahuje žádný vysokofrekvenční šum.

Hlavní nevýhodou lineárních regulátorů je jejich nízká efektivita, tato nízká efektivita je způsobená tím, že úbytek napětí mezi zdrojovým a cílovým napětím se maří pomocí vřazeného odporu a mění se na teplo. Proto jsou lineární regulátory vhodné spíše pro použití pro menší proudy. Při větších proudech a tím i větším ztrátovém teple je nutné použít chladič, jinak hrozí zničení součástky. Pro regulaci napětí při větších výkonech je vhodné místo lineárního regulátoru použít spínaný zdroj (neboli DC – DC) měnič, který je mnohem efektivnější. [20]

Obrázek 10 – Lineární regulátor v pouzdře TO220



Zdroj: [21]

### 3.10 Mikrokontrolér

Jednočipový počítač (anglicky microcontroller, běžně se používá počeštěný výraz mikrokontrolér) je integrovaný obvod, který samostatně funguje jako kompletní mikro počítač. Obsahuje tedy jedno nebo i více jader procesoru, paměť RAM a programovatelné I/O rozhraní. Většina čipů také obsahuje nějaký druh paměti ROM, ve který je uložený strojový kód, který se zavádí při spuštění. [22]

#### 3.10.1 ESP8266

ESP8266 je jedním z cenově nejdostupnějších mikrokontrolérů. Jeho hlavní výhodou kromě ceny je, že v základu obsahuje Wi-Fi modul a díky je schopný bezdrátově komunikovat s ostatními zařízeními, a dokonce se připojit k internetu, proto je velmi oblíbený a je většinou první volbou při tvorbě IOT (Internet Of Things) projektů. [23]

Moduly ESP8266 byl původně vyvinut pouze jako Wi-Fi k modul k jednočipovým počítačům z rodiny Arduino a jediná možnost, jak ho programovat byla pomocí AT příkazů. Čip ESP8266 je ale natolik výkonný, že je na něm možné spustit samostatný kód. [24]

Mikrokontrolery ESP lze programovat v programovacím jazyce LUA, MicroPython nebo pomocí populárního nástroje Arduino IDE. Právě pro Arduino IDE, který existuje knihovna, která umožňuje programovat desky ESP8266 pomocí jazyka Wiring, který je postavený na

jazyce C++. Výhodou použití Arduino IDE je dostupnost velkého množství knihoven a ESP se v tomto případě chová jako Arduino, ke kterému je poměrně dobrá dokumentace. Hlavním rozdílem je, že ESP8266 na rozdíl od Arduina nepracuje s 5V logikou, ale s logikou s napětím 3.3V. [23]

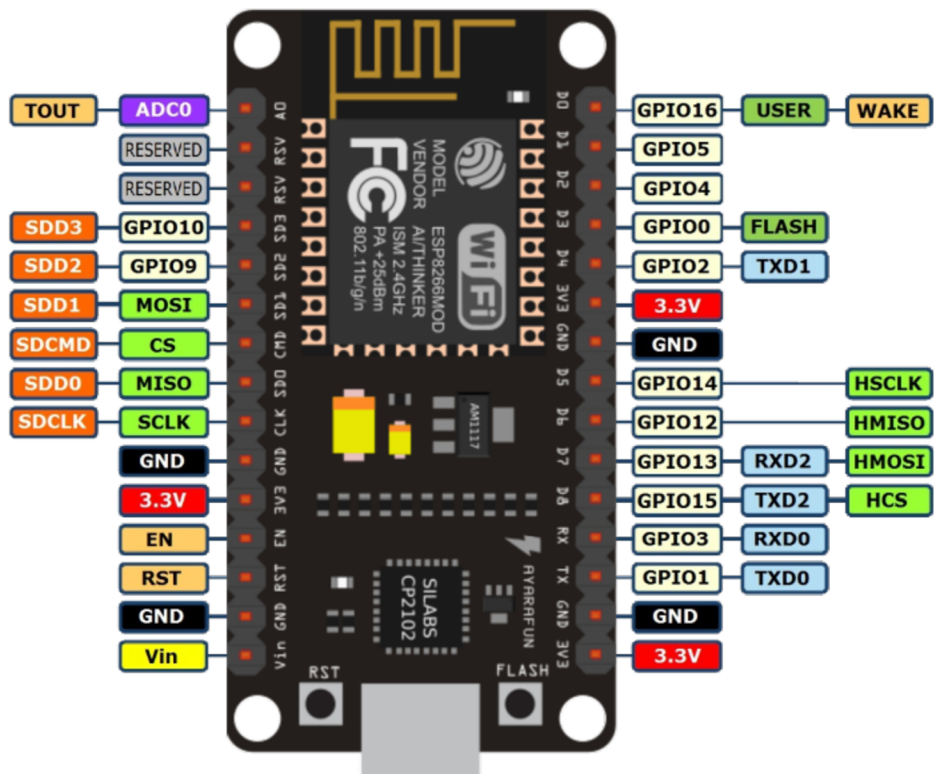
### **3.10.2 Vývojová deska NodeMCU**

Aby bylo možné moduly s čipem ESP8266 jednoduše programovat, dají se použít speciální vývojové desky. Nejlépe dostupné jsou vývojové desky od NodeMCU. NodeMCU je open-source IoT platforma, která původně vyvinula firmware pro moduly ESP, který bylo možné programovat pomocí jazyka Lua. Později toto společenství autorů začalo vyrábět právě tyto vývojové desky, díky nimž lze snadněji prototypovat IoT projekty. [24]

Podstatou vývojové desky je, že obsahuje všechny nutné komponenty, aby se dalo s mikrokontrolérem pohodlně pracovat. K počítači se dá připojit pomocí konektoru Micro USB, ze kterého se modul i napájí. Deska obsahuje regulátor napětí, který převádí 5 V z USB kabelu na 3.3 V na kterých operuje samotný modul. Důležitou součástí je taky USB, který převádí sériové rozhraní USB na standart sběrnice UART přes kterou je možné kontrolér programovat (Na obrázku níže je čip CP102). [22]

Veškeré vstupy i výstupy ESP modulu jsou vyvedeny na piny vývojové desky, které mají rozteč 2,54 mm a dají se tak bez problémů vsadit do nepájivého pole, které je vyloženě určené k prototypování. [24]

Obrázek 11 – Schéma vývojové desky NodeMCU v3



Zdroj: [25]

### 3.10.3 ESP8266 Arduino Core

Arduino Core je projekt NodeMCU, který přináší podporu modulů ESP8266 do vývojového prostředí Arduino IDE.

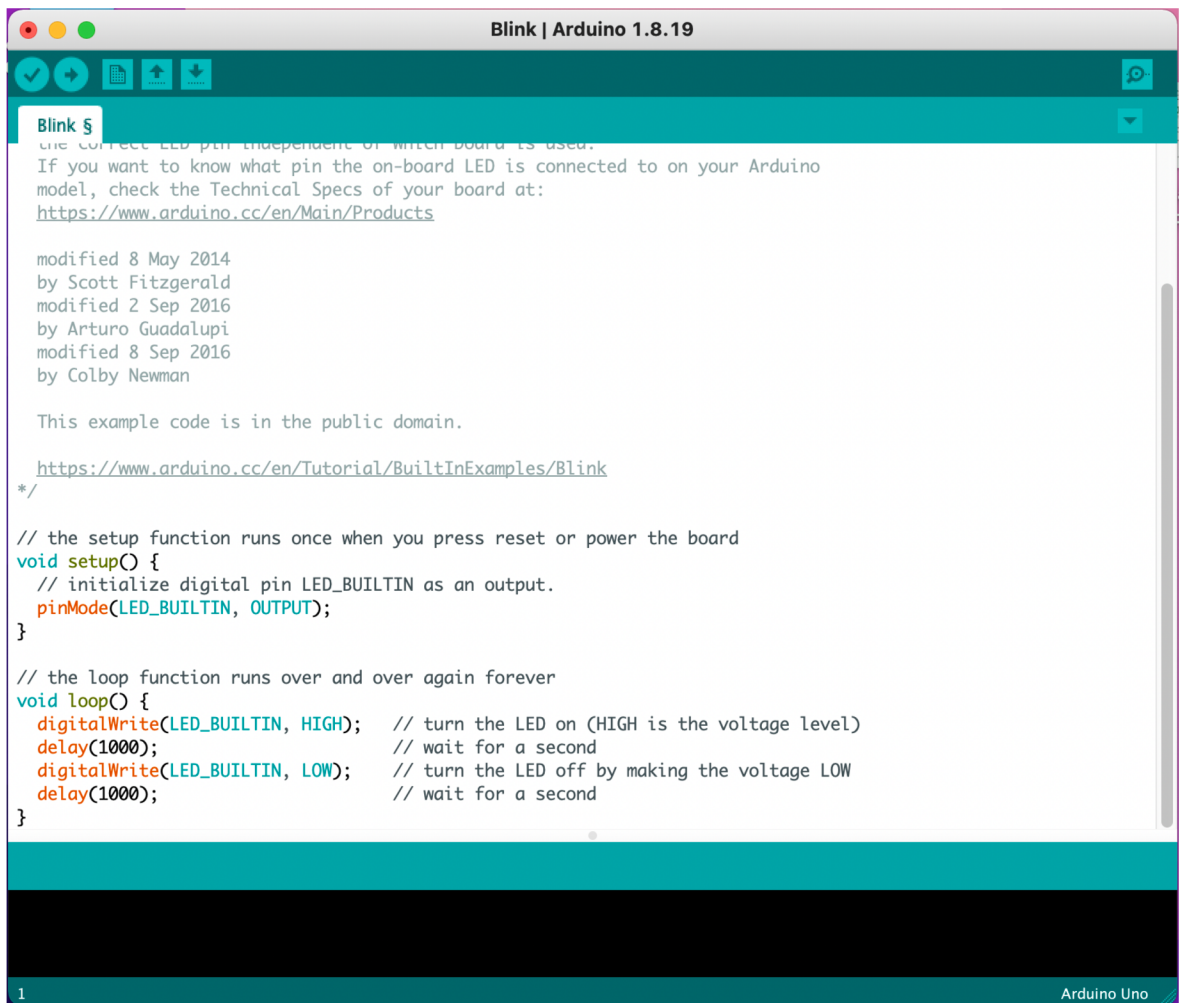
Značení GPIO pinů na vývojové desce NodeMCU je odlišné označení pinů v kódu Arduino IDE. Piny je nutné v kódu definovat pomocí čísel uvedených na obrázku č.8 v béžových rámečcích a nelze je zaměňovat s popisy na samotné vývojové desce. [26]

### 3.10.4 Arduino IDE

Arduino IDE je vývojové prostředí určené k tvorbě kódu pro Arduino.

Arduino IDE má velmi minimalistické a jednoduché uživatelské rozhraní a proto je vhodné i pro začátečníky, kteří s tvorbou elektrotechnických projektů teprve začínají. [20]

Obrázek 12 – Arduino IDE s příkladovým kódem



```

Blink
the correct LED pin independent of which board is used.
If you want to know what pin the on-board LED is connected to on your Arduino
model, check the Technical Specs of your board at:
https://www.arduino.cc/en/Main/Products

modified 8 May 2014
by Scott Fitzgerald
modified 2 Sep 2016
by Arturo Guadalupi
modified 8 Sep 2016
by Colby Newman

This example code is in the public domain.

https://www.arduino.cc/en/Tutorial/BuiltInExamples/Blink
*/

// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000); // wait for a second
}

```

Zdroj: vlastní zpracování

### 3.11 Časový údaj DFC77

„DCF77 je časová reference vysílaná na nosné frekvenci 77.5 kHz německým Národním Metrologickým Ústavem poblíž Frankfurtu nad Mohanem (50° 0' 56" N, 9° 0' 39" E). DCF77 slouží k nastavení a synchronizaci hodin, které nemají možnost získat čas jinak (např. pomocí NTP nebo GPS)“ [27]

## 4 Vlastní práce

Myšlenkou vlastní práce je přinést prototyp světla, které mění během dne mění svůj typ vyzařovaného světla, aby bylo pro aktuální denní dobu vhodné a nenarušovalo cirkadiánní rytmus člověka.

Na rozdíl od chytrých žárovek typu Philips Hue apod., které ke své funkci často potřebují další zařízení a k ovládání chytrý telefon, si tento prototyp klade za cíl uvést do funkce na první pohled zcela obyčejnou žárovku, kterou může používat kdokoli, aniž by si uvědomoval, že žárovka vůbec něco dělá. Změna světla během dne by měla být naprosto přirozená. Během dne bude žárovka svítit typem světla, které je studený a velmi jasný, k večeru zase teplejším světlem s menší intenzitou, které je po západu slunce příjemnější pro oči, má sníženou modrou spektrální složku a na pohled bude připomínat světlo klasické wolframové žárovky. Během noci bude žárovka svítit oranžově a velmi slabě, aby nenarušovala cirkadiánní rytmus člověka, nedráždila oči a neovlivňovala tvorbu melatoninu.

Žárovka zcela záměrně nebude mít žádné ovládací prvky, kterými by bylo možné typ světla manuálně měnit. Uživatel by se měl zcela adaptovat předem nastaveným časovým mapám a přizpůsobit svoji denní činnost přirozenému cyklu světla. To znamená vstávat ideálně za rozbřesku, aby využil co nejvíce času, kdy má k dispozici přírodní zdroj světla, a nesvítit dlouho do noci a šel místo toho včas spát.

### 4.1 Získávání aktuálního času

Aby se světlo žárovky mohlo automaticky měnit, je nutné nějakým způsobem nutně získat aktuální čas. Budoucí myšlenka využití toho prototypu taková, že by měl být v další fázi náhradou za klasickou žárovku s Edisonovým závitem. Kdy uživatel vypne obyčejnou žárovku vypínačem, přeruší se přívod proudu, což je samozřejmě u klasické žárovky žádoucí, u žárovky, která musí mít přehled o čase je to však výrazný problém. Při vypnutí by byla ztracena data o čase, a i kdyby se před vypnutím uložila, v okamžik zapnutí už by nebyla aktuální. Je tedy nutné po každém zapnutí o čase někde získat.

K tomu to účelu bude využito standartu DFC77, což je způsob získávání času pomocí radiových vln. Žárovka se tedy po každém zapnutí pokusí získat informace o čase pomocí integrovaného radiového přijímače a podle přijatého času si synchronizuje svůj vnitřní systémový čas. Po dobu, co bude žárovka zapnutá se bude řídit právě tímto časem, po přerušení přívodu elektrické energie a pozdějším opětovném zapnutí čas opět získá pomocí radiových



vln. Žárovka také nebude připojena k žádnému externímu zařízení ani k internetu, aby se zachovala jednoduchost klasické žárovky a nemuselo se nic nastavovat.

## 4.2 Časové údaje o východu a západu slunce

Dalším aspektem požadované funkčnosti žárovky je nutné, aby kromě informace, jaký je aktuální čas, byla také v systému uložena informace o tom, kdy svítá a kdy slunce zapadá a venku začíná být tma. Protože se doba úsvitu a soumraku v průběhu roku výrazně mění, není možné světlo měnit stále ve stejný čas. Je tedy nezbytné, aby v paměti žárovky byly uložené údaje o času východu a západu slunce v průběhu roku.

Tyto informace byly získány z webu [timeanddate.com](http://timeanddate.com). Jelikož se žárovka bude používat v České republice, jsou data od soumraku a úsvitu měřena vůči zeměpisné poloze hlavního města Prahy. Ze získaných byla pomocí programu MS Excel vytvořena tabulka od třech sloupcích a 366 řádků, každá řádek pro jeden den v přestupném roce. V prvním sloupci je uveden den a měsíc, ve druhém sloupci čas východu slunce v daný den a ve sloupci třetím čas západu slunce. Tabulka obsahuje dny přestupného roku, tedy i 29. únor, a to proto, aby i v přestupném roce byly k dispozici údaje o čase. Data jsou očištěna o časový posun z důvodu změny času ze zimního na letní, údaje jsou tedy pouze pro astronomický čas.

Server [timeanddate.com](http://timeanddate.com) poskytuje i online API k získávání aktuálních informací o západu a východu slunce, jelikož však žárovka nebude připojena k internetu je nutné tyto informace ukládat trvale v její paměti.

Obrázek 13 – Ukázka tabulky časů soumraku a úsvitu

	A	B	C
1	Datum	Úsvit	Soumrak
2	1.1	7:59	16:12
3	2.1	7:59	16:13
4	3.1	7:58	16:14
5	4.1	7:58	16:15
6	5.1	7:58	16:16
7	6.1	7:58	16:17
8	7.1	7:57	16:18
9	8.1	7:57	16:19
10	9.1	7:57	16:21
11	10.1	7:56	16:22
12	11.1	7:56	16:23
13	12.1	7:55	16:25
14	13.1	7:55	16:26

Zdroj: vlastní zpracování

#### **4.2.1 Problém s letním časem**

Jelikož se se dvakrát v průběhu roku mění čas z letního na zimní a naopak, posouvají se i časy východu a západu slunce o hodinu vpřed, respektive dozadu. Tuto změnu bude v časové mapě nutno reflektovat. Bohužel data, kdy se čas mění není jsou pevná a vždycky se tomu tak děje poslední neděli v měsíce březnu, kdy se čas posouvá o hodinu dopředu a poslední neděli v říjnu, kdy se zase posouvá o hodinu zpět. Pomocí modulu DFC je možné den změny časového pásma detekovat a k uloženým údajům a východu a západu slunce hodinu přičíst nebo odečíst.

### **4.3 Zdroje světla**

Jako světelný zdroj v prototypu žárovky jsou použity LED diody typu Power LED. Tyto diody byly vybrány primárně kvůli jejich výkonu, dobré manipulaci s nimi a také protože fungují s napětím 12 V, které souhlasí s napětím vybraného zdroje.

Místo toho, aby žárovka měnila barvu pomocí míchání červené, zelené a modré složky, jako to bývá u běžných RGB žárovek, bude v tomto prototypu pro každý typ světla zvláštní zdroj.

#### **Studená bílá**

Tento typ světla je určen k použití během dne. Svítit bude hodinu od východu slunce až do hodiny před západem slunce. Jeho teplota chromatičnosti bude 5500-6500 K, což odpovídá barvě slunečního záření přes den. Jeho příkon je 5 W a udávaná světelnost 450 lm.

#### **Teplá bílá**

Teple bílou barvou začne světlo svítit vždy hodinu před západem sluncem, má teplotu chromatičnosti 2700 K, příkon jsou 3 W a udávaná svítivost 330 lm. Tento typ světla by se měl nejvíce podobat klasické wolframové žárovce.

#### **Oranžová**

Oranžová barva světla bude svítit vždy od desíti hodin večer, neobsahuje žádnou modrou spektrální složku, tím pádem je bezpečné ji používat v noci.

### **4.4 Zdroj napětí**

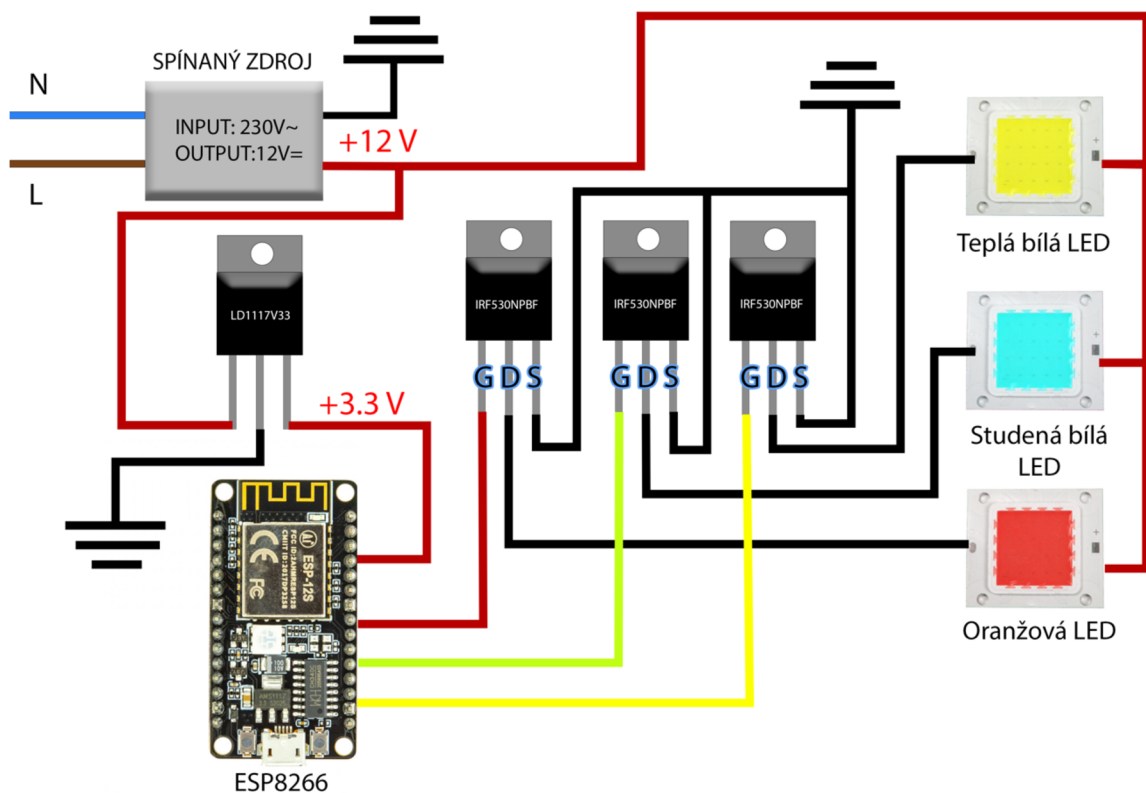
Pro bezpečný vývoj tohoto projektu není vhodné pracovat přímo se síťovým napětím, které může být při neopatrném zacházení zdraví nebezpečné až dokonce smrtelné.

Jelikož LED čipy, kterým jsem vybral jako zdroje světla pracují s napětím 12 V a další řídicí elektronika, kterou budu popisovat dále v práci, pracuje s napětím 3.3 V, rozhodl jsem se použít spínaný zdroj o stejnosměrném napětí 12 V, který dokáže dodat proud o 2 ampérech, jeho celkový výkon je tedy 24 W, což po součtu odběrů jednotlivých komponent nechává ještě výraznou rezervu. 12 V je nízké napětí se kterým je již zcela bezpečné pracovat. K napájení mikrokontroléru a časového modulu DFC77 jsem použil lineární regulátor LD1117V33, který napětí 12 V převede na 3.3 V, jeho maximální výstupní proud je teoreticky 800 mA.

## 4.5 Spínací tranzistory

I přesto, že mají jednotlivé LED čipy poměrně malý odběr, není možné je napájet přímo z mikrokontroléru ESP. Ten dokáže z jednoho svého programovatelného pinu GPIO poskytnout pouze 10 mA při 3.3 V, což rozhodně není dostatečné pro napájení LED čipu. Je tedy nutné použít spínací tranzistor typu MOSFET. V prototypu budou použity N-kanálové mosfety IRF530NPBF. Tyto mosfety jsou tzv. typu „Logic-Level“, což znamená, že jsou plně saturovány už při nízkém napětí, konkrétně 3 V. V plné saturaci má mosfet nejmenší přechodový odpor a tím i nízké tepelné ztráty.

Obrázek 14 – Zjednodušené schéma zapojení výkonových součástek k ESP8266



Zdroj: vlastní zpracování

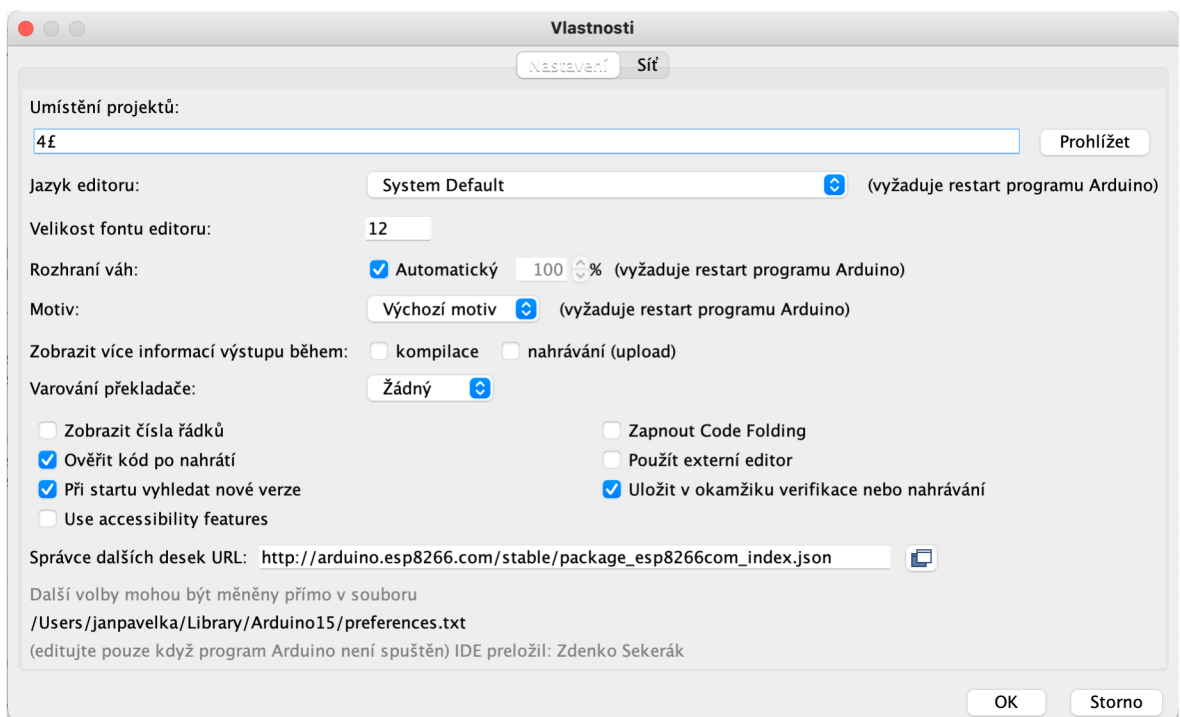
## 4.6 Programování ESP8266

Programování mikrokontroléru ESP8266 bude probíhat pomocí Arduino IDE, který je určený pro programování desek z rodiny Arduino. Aby bylo Arduino IDE schopno kompilovat kód pro procesor ESP8266 je nutné použít knihovnu, která přidává podporu pro desky ESP. Aby se knihovna vůbec dala nainstalovat je potřeba nejdříve přidat externí manažer desek. Cesta k tomuto nastavení je Soubor > Vlastnosti. Poté stačilo do kolonky „Správa dalších desek URL“ vložit adresu:

„[http://arduino.esp8266.com/stable/package\\_esp8266com\\_index.json](http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json)“

Po přidání této je potřeba otevřít z horního menu Nástroje > Manažer Desek a do vyhledávacího pole napsat klíčové slovo „esp“, v nabídce se zobrazí knihovna esp8266 od autora ESP8266 Community. Pro svůj projekt jsem použil nejaktuálnější verzi knihovny 3.0.2. Poslední krok toho nastavení je zvolit konkrétní desku pro vývoj, případě tohoto projektu NodeMCU 1.0 (ESP 12E-Module). Vývojové prostředí je tímto připraveno pro psaní a kompilování kódu.

Obrázek 15 – Nastavení Arduino IDE



Zdroj: vlastní zpracování

## 4.7 Přidání knihoven

V tomto projektu jsou použité některé externí knihovny, aby byl celý kód kompaktnější a nebylo všechny funkce nutno programovat zvlášť.

Knihovna	Využití
Arduino DCF77	Komunikace s DFC77 modulem
Arduino Time Library	Knihovna, která umožňuje pracovat s časem, přidává časové proměnné atd.

## 4.8 Kód

Tato sekce se bude zabývat popisem programu, který řídí chování prototypu.

Na začátku celého programu je nejdřív potřeba do programu zahrnout všechny použité knihovny, to se dělá pomocí syntaxe `#include`.

```
#include "DCF77.h"  
#include "Time.h"
```

Poté se nadefinují jednotlivé GPIO piny a jejich příslušná číselná označení se uloží do konstant typu `integer`, aby se na ně později v kódu dalo odkazovat.

```
//definice příslušných GPIO pinů  
const int dfc_pin = 5; //pin připojený ke kontroleru DFC77  
const int red = 4 //oranžová LED  
const int warm = 0; //teplá bílá  
const int cold = 2; // studená bílá
```

Tato část definuje časovou proměnou z knihovny `Time` a nastavuje vstupní pin `DFC77` modulu a hardwarové přerušení jemu přiřazené.

```
time_t time;  
DCF77 DCF = DCF77(DCF_PIN, DCF_INTERRUPT);
```

Funkce „`set_light`“ se stará o finální ovládání hardwaru pomocí GPIO pinů. Má dva parametry „`LED_TYPE`“ datového typu `String` a `state` datového typu `boolean`. Pomocí této funkce se rozhoduje o tom, která z LED se zapne nebo vypne.

```
void set_light(String LED_TYPE, bool state) {  
    //nastavování stavu pro teple bílou LED  
    if(LED_TYPE == "warm"){  
        if(bool) digitalWrite(warm, HIGH);  
        else digitalWrite(warm, LOW);  
    }  
}
```

```

        //nastavování stavu pro studeně bílou LED
if(LED_TYPE == "cold"){
    if(bool) digitalWrite(cold, HIGH);
    else digitalWrite(cold, LOW);
}

        //nastavování stavu pro oranžovou LED
if(LED_TYPE == "red"){
    if(bool) digitalWrite(red, HIGH);
    else digitalWrite(red, LOW);
}
}

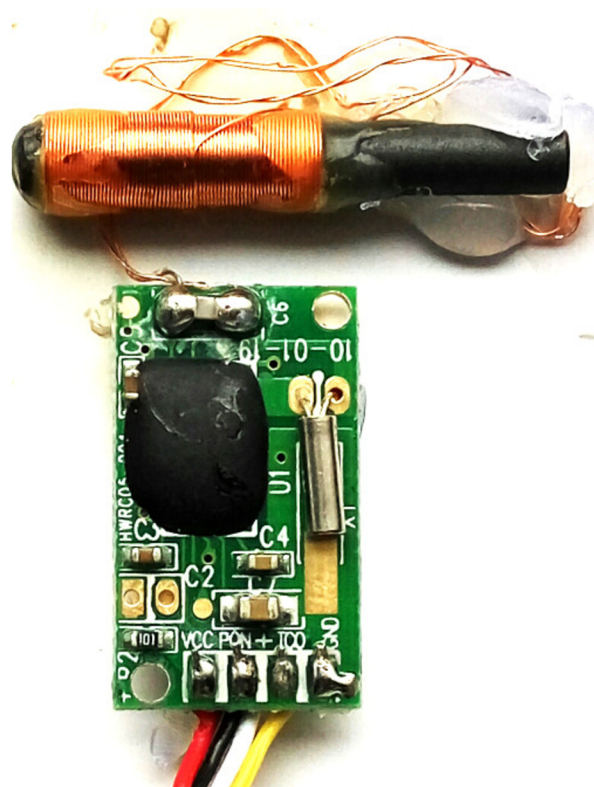
```

## 4.9 Časový modul DFC77

K získávání aktuálního času prototyp využívá modul pro příjem DFC77 signálu, který byl demontován z domácího radiobudíku. Modul má výstupní piny VDD, PON, GND, DAT a EU/UK. Piny VDD a GND slouží pro napájení, VDD je připojený k 3.3 V regulátoru a GND na společnou zem. PON je pin, který slouží k zapnutí modulu, pokud je připojený na zem modul je aktivní, pokud připojený není modul se nachází ve vypnutém stavu, jelikož je žádoucí, aby se aktivoval ihned při zapnutí žárovky je permanentně připojený na zem.

Na pinu DAT se objevuje výstupní signál, ve kterém jsou zakódována data o aktuálním čase, tento pin je přímo propojený na vstupní pin ESP s označením D1, kde následně bude pomocí softwaru prováděna jeho analýza a konverze do datového typu času. Poslední pin s označením EU/UK se používá k volbě mezi evropským standardem DFC77 a britským NPL. Pokud je pin uzemněn, přijímá modul signál DFC77, pokud je připojený ke kladnému pólu zdroje napětí, přijímá NPL. Jelikož je potřeba řídit čas pomocí evropského vysílače, je tento pin připojený na zem.

Obrázek 16 – DCF77 modul s feritovou anténou



Zdroj: [28]

## 5 Výsledky a diskuse

### 5.1 Poznatky z vývoje a navrhované změny

Hlavním aspektem, kterým bude potřeba se v další verzi prototypu zabývat, je miniaturizace. Místo modulu pro získávání času pomocí DFC77 bude nutné přijít s alternativní variantou získávání času. Samotný modul je poměrně kompaktní a do finálního produktu tvarově podobného klasické žárovce by se jistě vešel, problém je s jeho feritovou anténou. Kvůli frekvenci DFC77 musí mít anténa jasné fyzické parametry, a tudíž jakákoli její miniaturizace není možná. Anténa musí být také poměrně daleko od spínaného zdroje, aby nedocházelo k rušení přijímaného signálu. Pro získávání času bude proto nutné zvolit úplně jednu technologii. Nabízí se technologie RTC (Real Time Clock), což je samostatný modul, který obsahuje čipy, který uchovává aktuální čas. Nevýhodou tohoto řešení je, že je závislý na zdroji napájení, a tudíž by žárovka musela obsahovat baterii a po jejím vybití by se musel čas znovu nastavovat.

Dalším problematickým aspektem prototypu jsou požití výkonové LED čipy, které mají velké tepelné ztráty a v uzavřeném prostředí by mohlo docházet k velkému zahřívání komponent uvnitř těla žárovky. Tyto čipy jsou také poměrně velké a s přídavným chladičem už by byl problém je do těla žárovky vmístit. Lepší alternativou by mohly být SMD Led čipy, které se používá i v komerčních LED žárovkách. V tomto prototypu jsem je nepoužil, protože vyžadují naletování na plošný spoj, kterých jsem v tomto prototypu kvůli snadným změnám návrhu nepoužíval.

Dalším budoucím krokem by mohlo být vytvoření těla žárovky pomocí 3D tisku, která by měla Edisonův závit, do kterého by se vešly všechny komponenty včetně zdroje. Světlo z LED čipů by bylo rozptýleno pomocí difuzoru ve tvaru polokoule, aby výsledný produkt vypadal jako klasická LED žárovka.



## 6 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývala problematikou světelných zdrojů a jejich vlivu na lidské zdraví. Jejím cílem bylo vyvinutí prototypu žárovky, která automaticky bez přičinění uživatele mění svoje světelné spektrum a intenzitu podle aktuálního času, získaného pomocí radiových vln a jeho porovnání s informacemi o světelných podmínkách v daném ročním období a konkrétní části dne.

Návrhu prototypu žárovky předcházela výzkum fyzikálních vlastností světelného záření, konkrétních světelných zdrojů, jejich technických parametrů, způsobu využití a vlivu na lidské zdraví, aby bylo možné využít nejvhodnější technologii. Teoretická část se také zabývala průběhem slunečního světla během dne v jednotlivých ročních obdobích.

Praktická část byla zaměřena na praktické využití poznatků nabytých z předcházející rešerše k vytvoření návrhu prototypu žárovky přizpůsobující se denní době. Byla zde popsána motivace k vytvoření takového produktu a scénář využití v běžném životě.

Následně byly popsány technologie, které budou použity ke zhotovení finálního prototypu. Další část se věnovala softwarové stránce prototypu, byla zde popsána logika a algoritmy, podle kterých se žárovka chová a přizpůsobuje prostředí.

V poslední části byly reflektovány nedostatky prototypu, které vzešly z jeho vývoje a následného testování. Na základě těchto poznatků byly navrženy možné budoucí kroky ke zdokonalení prototypu, k minimalizaci jeho nedostatků a nastíněny možnosti jeho dalšího vývoje, které by v budoucnu mohly vést až ke zhotovení finálního produktu.

## 7 Seznam použitých zdrojů

- [1] ARCAND, Kimberly a Megan WATZKE. *Light: the visible spectrum and beyond*. New York: Black Dog & Leventhal, 2015. ISBN 978-1631910067.
- [2] UNDERSTANDING THE LIGHT SPECTRUM AND ITS BENEFITS. *Carem.com* [online]. [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://carex.com/blogs/resources/understanding-the-light-spectrum-and-its-benefits>
- [3] Oko (biofyzika). *WikiSkripta* [online]. 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy, 2018 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Oko\\_\(biofyzika\)](https://www.wikiskripta.eu/w/Oko_(biofyzika))
- [4] Co je to světelný tok a intenzita osvětlení?. *Svět svítidel* [online]. [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://www.svet-svitidel.cz/clanky-svetelny-tok-a-intenzita-osvetleni/>
- [5] Co je LED čip? Jaké typy se používají?. *Goled* [online]. [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://www.goled.cz/blog/led-cipy/>
- [6] Additive Color Mixing II. In: *Wikimedia Commons* [online]. 2006 [cit. 2022-02-11]. Dostupné z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AdditiveColorMixingII.png>
- [7] Příkon a výkon: Jak se vyznat v pojmech?. *Elektrina.cz* [online]. [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/prikon-vykon>
- [8] Barva světla (teplota chromatičnosti) u LED osvětlení: Barva světla LED: teplá, denní, nebo studená bílá?. *T-Led* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.t-led.cz/blog/barva-svetla/>
- [9] Gluehlampe 01 KMJ. In: *Wikimedia Commons* [online]. 2007 [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gluehlampe\\_01\\_KMJ.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gluehlampe_01_KMJ.png)
- [10] OSEMAN, NEIL. KNOW YOUR LIGHTS: TUNGSTEN. *NEIL OSEMAN* [online]. [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://neiloseman.com/know-your-lights-tungsten/>
- [11] URBANI, Laura. *Technology takes on the old-fashion lighbulb*. Dostupné z: doi:URBANI, Laura. Technology takes on the old-fashion lighbulb. Tribune - Review / Pittsburgh Tribune - Review [online]. Feb 17, . 2007 ProQuest Central.
- [12] FLICKER-FREE LED LIGHTING: POWERED BY WAVEFORM LIGHTING. *Waveform Lighting* [online]. [cit. 2022-03-13]. Dostupné z: <https://www.waveformlighting.com/flicker-free-led-lighting>
- [13] Spectral power distribution of a 25 W incandescent light bulb. In: *Wikimedia Commons* [online]. 2015 [cit. 2022-03-02]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spectral\\_power\\_distribution\\_of\\_a\\_25\\_W\\_incandescent\\_light\\_bulb.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spectral_power_distribution_of_a_25_W_incandescent_light_bulb.png)
- [14] Blue light has a dark side. *Harvard Health* [online]. [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/blue-light-has-a-dark-side>

- [15] PANDA, Satchin. *Cirkadiánní kód: využijte přirozený rytmus svého těla pro zdraví, výkon a zhubnutí*. Vydání první. Přeložil Bianca BELLOVÁ. V Brně: Jan Melvil Publishing, 2020. Fit & food. ISBN 978-80-7555-117-7.
- [16] About iOS 9 Updates. *Apple Support* [online]. USA [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://support.apple.com/en-us/HT208010>
- [17] STENGL, Jens Peer a Jenö TIHANYI. *Výkonové tranzistory MOSFET*. 1. čes. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 1999. ISBN 80-86056-54-6.
- [18] Duty Cycle Examples. In: *Wikimedia Commons* [online]. 2018 [cit. 2022-02-04]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Duty\\_Cycle\\_Examples.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Duty_Cycle_Examples.png)
- [19] Lowpass Filter RC. In: *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 2022-01-17]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1st\\_Order\\_Lowpass\\_Filter\\_RC.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1st_Order_Lowpass_Filter_RC.svg)
- [20] KNIGHT, Dave. Introduction to Linear Voltage Regulators. *DigiKey Electronics* [online]. [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://www.digikey.cz/en/maker/blogs/introduction-to-linear-voltage-regulators>
- [21] Lineární Stabilizátor napětí. In: *GM Electronic* [online]. [cit. 2022-01-28]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/lm1084it-3-3-to220>
- [22] BAICHTAL, John. *Arduino for beginners: essential skills every maker needs*. Indianapolis: Que, 2014. ISBN 978-0789748836.
- [23] *ESP8266EX: Datasheet* [online]. Espressif Systems, 2020 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf)
- [24] NodeMCU: Connect Things EASY. *NodeMCU* [online]. 2018 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: <http://www.nodemcu.com/>
- [25] NodeMCU a jeho verzie: doska s Wi-Fi čipom ESP8266. In: *Root.cz* [online]. [cit. 2022-02-16]. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/nodemcu-a-jeho-verzie-doska-s-wi-fi-cipom-esp8266/>
- [26] GROKHOTKOV, Ivan. Welcome to ESP8266 Arduino Core's documentation!. *ESP8266 Arduino Core* [online]. [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://arduino-esp8266.readthedocs.io/en/latest/>
- [27] HRUŠKA, Ondřej. Přijímač časové reference DCF77. *FEL ČVUT* [online]. [cit. 2022-02-25]. Dostupné z: [https://embedded.fel.cvut.cz/sites/default/files/kurzy/lpe/radioclock\\_dcf77/LongWave\\_Time\\_Reference\\_DCF77.pdf](https://embedded.fel.cvut.cz/sites/default/files/kurzy/lpe/radioclock_dcf77/LongWave_Time_Reference_DCF77.pdf)
- [28] DCF77 Signal with Arduino. *Forgani* [online]. [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://www.forgani.com/electronic/pcf77-signal-with-arduino/>

## 8 Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk

### 8.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 – Světelné spektrum .....	12
Obrázek 2 – Osa teploty chromatičnosti s vizualizací vzhledu osvětlení .....	14
Obrázek 3 – Aditivní míchání barev .....	15
Obrázek 4 – Wolframová žárovka .....	19
Obrázek 5 – Spektrum světla žárovky s wolframovým vláknem .....	20
Obrázek 6 – Srovnání světelných spekter světelných zdrojů .....	23
Obrázek 7 – Nabídka nastavení Night Shift .....	25
Obrázek 8 – Příklad různých úrovní stříd PWM signálu .....	26
Obrázek 9 – Schéma zapojení Low-pass filtru .....	27
Obrázek 10 – Lineární regulátor v pouzdře TO220 .....	28
Obrázek 11 – Schéma vývojové desky NodeMCU v3 .....	30
Obrázek 12 – Arduino IDE s příkladovým kódem .....	31
Obrázek 13 – Ukázka tabulky časů soumraku a úsvitu .....	33
Obrázek 14 – Zjednodušené schéma zapojení výkonových součástek k ESP8266 .....	35
Obrázek 15 – Nastavení Arduino IDE .....	36
Obrázek 16 – DCF77 modul s feritovou anténou .....	39

### 8.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 – Srovnání světelného toku světelných zdrojů v závislosti na příkonu .....	16
--	----