

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra teórie obvodov
Lekárska elektronika a bioinformatika



**Riadiaca jednotka svetelného
zdroja pre fototerapiu**
**Control unit for phototherapy
light source**

BAKALÁRSKA PRÁCA

Vypracoval: Jakub Michalovič
Vedúci práce: Ing. Jan Havlík, Ph.D.
Rok: 2022

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Michalovič** Jméno: **Jakub** Osobní číslo: **491954**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra teorie obvodů**
Studijní program: **Lékařská elektronika a bioinformatika**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Řídicí jednotka světelného zdroje pro fototerapii

Název bakalářské práce anglicky:

Control unit for phototherapy light source

Pokyny pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou fototerapie, biokompatibilního osvětlení a možnostmi jejich využití k podpoře léčby duševních onemocnění.
2. Navrhněte a realizujte řídicí elektroniku pro biokompatibilní světelný zdroj.
3. Ověřte funkčnost realizovaného zařízení.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Benedetti, F., Barbini, B., Colombo, C., & Smeraldi, E. (2007). Chronotherapeutics in a psychiatric ward. *Sleep Medicine Reviews*, 11(6), 509–522. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2007.06.004>
- [2] Cajochen, C., Freyburger, M., Basishvili, T., Garbazza, C., Rudzik, F., Renz, C., Kobayashi, K., Shirakawa, Y., Stefani, O., & Weibel, J. (2019). Effect of daylight LED on visual comfort, melatonin, mood, waking performance and sleep. *Lighting Research and Technology*, 51(7), 1044–1062. <https://doi.org/10.1177/1477153519828419>
- [3] Nussbaumer-Streit B, Forneris CA, Morgan LC, Van Noord MG, Gaynes BN, Greenblatt A, Wipplinger J, Lux LJ, Winkler D, G. G. (2019). Light therapy for preventing seasonal affective disorder. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011269.pub3>.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Jan Havlík, Ph.D. katedra teorie obvodů FEL

Jméno a pracoviště druhého(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **02.02.2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **20.05.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2023**

Ing. Jan Havlík, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Radoslav Bortel, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prehlásenie

Prehlasujem, že predloženú prácu som vypracoval samostatne a uviedol som všetkú použitú literatúru a zdroje v súlade s Metodickým pokynom o dodržiavaní etických princípov pri príprave vysokoškolských záverečných prác.

V Prahe dne

.....

Jakub Michalovič

Podakovanie

Ďakujem Ing. Janovi Havlíkovi, Ph.D. za vedenie mojej bakalárskej práce a za podnetné návrhy, ktoré ju obohatili.

Jakub Michalovič

Názov práce:

Riadiaca jednotka svetelného zdroja pre fototerapiu

Autor: Jakub Michalovič

Študijný program: Lekárska elektronika a bioinformatika

Druh práce: Bakalárska práca

Vedúci práce: Ing. Jan Havlík, Ph.D.

Katedra teórie obvodov, FEL ČVUT v Prahe

Abstrakt: Posledné roky sa fototerapia čoraz viac stavia do popredia v liečení duševných chorôb. Táto práca sa zaoberá návrhom a realizáciou hardvérového riešenia využívajúceho fototerapiu na liečebné účely. V teoretickej časti predstavuje princíp fototerapie a jej pôsobenie na človeka. Uvedené princípy sú následne v praktickej časti overené návrhom riadiacej jednotky svetelného zdroja, ktorá tento princíp aplikuje. Návrh predstavuje využitie vo fotosaune, prenosnom LED kufríku alebo interiérovej lampe. Jedným z hlavných cieľov je univerzálnosť riadiacej jednotky pre všetky zariadenia. Výsledkom návrhu je vstavaný plošný spoj, otestovaný v reálnom prostredí.

Kľúčové slová: fototerapia, riadiaca jednotka, ESP8266, DALI

Title:

Control unit for phototherapy light source

Author: Jakub Michalovič

Abstract: In recent years, phototherapy has increasingly been at the forefront of the treatment of mental illness. This thesis deals with the design and implementation of a hardware solution using phototherapy for therapeutic purposes. In the theoretical part, it presents the principle of phototherapy and its effect on humans. These principles are then verified in the practical part by designing a light source control unit that applies this principle. The design is used in a photocell, a portable LED case or an indoor lamp. One of the main objectives is the versatility of the control unit for all devices. The design results in an embedded PCB, tested in a real environment.

Key words: bright-light therapy, control unit, ESP8266, DALI

Obsah

Zoznam obrázkov	x
1 Úvod	1
1.1 Cieľ bakalárskej práce	1
1.2 Motivácia	2
2 Čo je fototerapia a aké má využitie pri liečení duševných chorôb	3
2.1 Osvetlenie a jeho vplyvy na biorytmus ľudského organizmu	3
2.2 Svetlá LED a ich účinky na človeka	4
2.3 Fototerapia	5
2.3.1 “Bright-light therapy” – Terapia oslnivým svetlom	5
2.3.2 Hormóny ľudských hodín – melatonín a sérotonín	6
2.3.3 SAD – Sezónna afektívna porucha	7
2.3.4 Aplikácia fototerapie	7
2.3.5 Vedľajšie účinky a samotná bezpečnosť terapie	7
2.4 Využitie v inej oblasti medicíny	7
2.4.1 Rakovina	7
2.4.2 Dermatológia	8
3 Návrh riadiacej jednotky	9
3.1 Schéma riadiacej jednotky	9
3.1.1 Mikrokontrolér ESP8266 s wifi modulom	9
3.1.2 DALI zbernica	11
3.1.3 RTC hodiny DS3231	13
3.2 Návrh dosky plošného spoja	14
3.3 Alternatívne súčiastky	16
3.3.1 ESP8266 a jeho alternatívy	16
3.3.2 RTC hodiny a iné alternatívy	18
3.3.3 DALI zbernica a jej alternatívy.	20
3.4 Porovnanie s inou jednotkou	21
4 Výroba riadiacej jednotky	23
4.1 Zistené chyby pri výrobe a ich riešenie	23
5 Testovanie riadiacej jednotky	25
5.1 LED panely s DALI prevodníkmi	25
5.1.1 Priebehy signálov na osciloskope	25
5.2 Program na testovanie	27
Záver	29
Bibliografia	31

Prílohy	33
A Schéma zpojenia	33
B Návrh dosky plošného spoja	34
C Náhľad	36

Zoznam obrázkov

2.1	Umiestnenie SCN v mozgu. [7]	5
2.2	Prenášanie fotoperiodickej informácie pomocou distribúcie melatonínu. [9]	6
3.1	Návrh zapojenia ESP8266 s napájaním podľa predlohy Wemos D1 mini.	10
3.2	Napájanie riadiacej jednotky, keď nie je pripojený USB konektor.	10
3.3	Samostatný mikroprocesor ESP8266 s wifi modulom bez napájania. [12]	11
3.4	Modul Wemos D1 mini. [13]	11
3.5	Prvá časť návrhu DALI zbernice s optočlenmi.	12
3.6	Druhá časť návrhu DALI zbernice s napájaním.	13
3.7	Schématické zapojenie RTC hodín pre fototerapeutický prístroj. Inšpirovali sme sa originálnym zapojením RTC DS3231.	13
3.8	Originálny modul RTC DS3231. [14]	14
3.9	Mikrokontrolér ESP8266 s napájaním na grafickom návrhu.	15
3.10	DALI zbernica sa nachádza v hornej časti plošného spoja, umožňujúca ľahký prístup ku konektorom na pripojenie ostatných zariadení.	15
3.11	RTC hodiny sa nachádzajú v ľavom dolnom rohu plošného spoja, umožňujúcu jednoduchú výmenu batérie.	16
3.12	Mikrokontrolér Arduino NANO. [16]	17
3.13	Samotný procesor ESP32. [19]	18
3.14	RTC hodiny DS3232. [21]	19
3.15	RTC hodiny DS3234. [22]	20
4.1	Návrhy malých plošných spojov pre USB konektor.	23
4.2	Device manager ukázal, že počítač nie je schopný rozpoznať zariadenie.	24
5.1	Priebeh signálu pri spustení funkcie broadcast(ON).	26
5.2	Priebeh signálu pri spustení funkcie broadcast(OFF).	26
5.3	Priebeh signálu pri spustení funkcie SetMaxLevel.	27
5.4	Dátum a čas vypisované na Serial Monitore v Arduino IDE.	27
5.5	Zobrazenie času a dátumu pomocou funkcie show_time.	28
5.6	Nastavenie času a dátumu pomocou funkcie set_time.	28
7	Celková schéma, podľa ktorej sa vytváral návrh plošného spoja.	33
8	Celkový návrh plošného spoja, ktorý bol zaslaný do výroby.	34
9	Celkový návrh plošného spoja, po opravách zistených pri výrobe.	35
10	Náhľad na hornú stranu riadiacej jednotky.	36
11	Náhľad na spodnú stranu riadiacej jednotky.	37
12	Plán osadenia súčiastok na doske.	38

Kapitola 1

Úvod

V posledných rokoch trpí veľmi veľa ľudí, či vedome alebo nevedome, duševnými chorobami. Životný štýl ľudí v dnešnej dobe degraduje pravidelnosť a synchroniu cirkadiánnych rytmov, ktoré sú pre zdravie človeka veľmi dôležité. Napriek tomu, že je to veľmi vážny problém, veľká časť populácie to nepovažuje za až tak dôležité. Doteraz boli alebo aj sú ľudia odkázaní na farmakologickú liečbu pomocou liekov. V dnešnej dobe sa vytvárajú nové možnosti liečby týchto ochorení, vďaka pokroku v moderných technológiách. Jednou z možností je chronoterapia pomocou vysoko oslnivého LED svetla. Táto terapia je známa pod názvom Light therapy. Vďaka tejto terapii sa zlepšenie stavu pacienta výrazne dostaví už po niekoľkých dňoch. Pri najlepších farmakologických procesoch liečby sa rovnaký účinok dostaví až po 6 týždňoch alebo v špecifických prípadoch určité percento pacientov nereaguje na túto liečbu. Okrem terapeutických účinkov má veľkú výhodu terapia pomocou svetelného zdroja aj pri prevencii voči depresiám, synchronizácii cirkadiánneho rytmu človeka, veľmi pomáha pri tvorbe melatonínu a seratonínu medzi zdravou populáciou.

Veľký pokrok vo vývoji terapeutického zdroja spravila firma Spectrasol v roku 2018, keď vyvinula špeciálnu technológiu, ktorá vyniká v zastúpení všetkých zložiek svetelného spektra. Firma Spectrasol nakoniec vytvorila projekt zaoberajúci sa začlenením tejto technológie do liečebných procesov s cieľom zefektívniť terapiu a liečbu psychických porúch alebo im úplne predísť.

1.1 Cieľ bakalárskej práce

Cieľom tejto bakalárskej práce je navrhnúť a realizovať riadiacu jednotku pre fototerapeutický svetelný zdroj. Úlohou riadiacej jednotky je ovládať osvetlenie v prístrojoch určených na fototerapiu. Riadiaca jednotka sa bude využívať v rôznych zariadeniach ako napríklad v svetelnej saune, svetelnom prenosnom kufríku, v interiérových lampách a sietidlách. Hlavnou úlohou je univerzálnosť elektroniky pre všetky zariadenia.

Hardware elektroniky je vytvorený pomocou DALI zbernice. Tá následne pomocou predradičiek ovláda samotné LED svetlá. Hlavnou ovládaciou časťou celej riadiacej jednotky je mikroprocesor ESP8266. Úlohou bakalárskej práce je navrhnúť a vyrobiť dosku plošných spojov, osadiť ju všetkými komponentami a otestovať jej funkčnosť.

1.2 Motivácia

Podieľať sa na tomto projekte bolo pre mňa veľkou výzvou, ale aj motiváciou zároveň. Vývoj plošného spoja bol náročný, nakoľko som sa s tým počas môjho štúdia nestretol. Hlavnú motiváciu predstavovala pomoc ľuďom. Zároveň možnosť rozšíriť si vedomosti v oblasti, ktorú som doteraz nepoznal. Taktiež sa mi páčila predstava, že za mojou prácou zostane reálny funkčný produkt. Vývoj lekárskeho prístroja zameraného na hardvér a elektroniku ma veľmi fascinuje. Plánujem sa mu venovať aj v budúcnosti.

Kapitola 2

Čo je fototerapia a aké má využitie pri liečení duševných chorôb

Ako som spomínal v úvode, duševné poruchy alebo ochorenia sa v posledných rokoch, čoraz viac diagnostikujú a trpí nimi veľká časť populácie. Jedna z najdôležitejších príčin je prostredie, v ktorom sa ľudia najčastejšie vyskytujú počas dňa. Väčšina ľudí pracuje v uzavretých priestoroch, ako napríklad v halách alebo vo veľkých otvorených kanceláriach, ktoré sú nedostatočne osvetlené, čo spôsobuje narušenie prirodzeného biorytmu človeka. Jedna z možností terapie, ktorá bola vynájdená len nedávno, je správne načasovanie fototerapie oslnivým svetlom pomocou špeciálneho LED svetla, ktorá podporuje tvorbu hormónov melatonín a seratonín, ktoré ovládajú naše vnútorné ľudské hodiny.

V tejto kapitole popíšem, aké má fototerapia žiadúce a nežiadúce účinky na cirkadiálny cyklus ľudského organizmu, princíp fototerapie a bezpečnosť samotnej fototerapie pre pacienta.

2.1 Osvetlenie a jeho vplyvy na biorytmus ľudského organizmu

Človek sa počas dňa stretáva s osvetlením nielen doma, ale aj na pracovisku, v obchodoch, priemyselných budovách, kde trávi veľmi veľa času. Svetlá na týchto rôznych miestach priamo vplyvajú na cirkadiálny rytmus ľudského organizmu a priamo ovplyvňujú náš zrak, výkon na pracovisku a energiu, ktorú máme počas dňa. Nevhodné osvetlenie môže spôsobovať namáhanie očí, bolesti hlavy a ospalosť, ktoré môžu viesť nielen k vážnej poruche zraku [1], ale najmä aj k rôznym nervovým, či psychickým ochoreniam alebo k vyhoreniu.[2]

Vplyv osvetlenia na naše zdravie je už viditeľný aj na základe našej nálady počas ročných období, kedy v zimných mesiacoch sme viac negatívny a ospalí kvôli nedostatku slnečného žiarenia. Výrazné posunutie nášho cirkadiálneho rytmu má za dôsledok zvýšenú ospalosť a zníženú tendenciu regenerácie nášho organizmu.

Podľa výsledkov štúdie, ktorá sa zaoberala vplyvom denného svetla na celkové zdravie a kvalitu spánku pracovníkov v kancelárii [3], vyplýva, že pracovníci, ktorí

mali svoje pracovisko pri okne a mali dostatok denného osvetlenia, boli oveľa viac efektívni pri práci a vykazovali lepšiu fyzickú aktivitu a kvalitu práce ako pracovníci, ktorí mali pracovisko nevhodne osvetlené lampami bez denného svetla. Avšak vytvoriť rovnako osvetlené pracovisko umelým svetlom, aby vykazovalo rovnaké účinky ako denné svetlo je veľmi náročné, pretože slnečné žiarenie mení počas dňa vlnovú dĺžku farieb spektra.

Po zhrnutí všetkých týchto známych problémov je potrebné vyvinúť osvetlenie, ktoré by sa prispôsobovalo slnečnému žiareniu počas dňa a tým zlepšilo výkonnosť, efektívnosť, náladu a spánok pracovníkov vo vnútorných priestoroch.

2.2 Svetlá LED a ich účinky na človeka

Technológia LED svetiel napreduje a už v dnešnej dobe poznáme mnoho výhod ale aj nevýhod tohto osvetlenia. Dôležité je dbať na dopad a účinky na ľudský organizmus aby sme vedeli predísť účinkom, ktoré sú nežiadúce pre náš organizmus. Silný jas LED osvetlenia môže človeku spôsobovať bolesti hlavy, silné namáhanie zraku vedúce až k bolestiam očí a môže zájsť až k epileptickému záchvatu. Výhody LED osvetlenia oproti iným typom svetiel sú zreteľné. Menšia toxickosť emituje skoro žiadne elektrické alebo magnetické pole. [2] Aby sme vedeli prispieť pomocou technológie LED k zníženiu duševných a telesných ochorení je potrebné, aby boli správne zastupené všetky zložky spektra farieb. Najnovšia technológia LED je schopná prispôbiť sa dennému svetlu pre danú geolokáciu alebo dokonca sledovať a prispôbiť sa dynamike slnečného žiarenia počas dňa [1], vďaka čomu vieme vytvoriť ideálne svetelné podmienky na pracovisku a tým zachovať aj prirodzený cirkadiánný cyklus a duševnú rovnováhu ľudského organizmu.

Veľkým problémom pri osvetlení veľmi žiarivým osvetlením je blikanie. Pri veľmi krátkej dobe nemusí byť vôbec zaznamenané ľudským zrakom, ale to je individuálne pre každého človeka. Senzitívne ľudské organizmy pociťujú tento jav v krátkej dobe oveľa intenzívnejšie. Výskumom bolo zistené, že prahová frekvencia spôsobujúca tento problém je asi 60 Hz a menej. Nad úrovňou 100 Hz je tento jav už takmer nespozorovateľný. [4] Ak ľudský organizmus nezaznamená jav blikania, stále to môže mať negatívny vplyv na rovnováhu človeka. Intenzita blikania závisí od zariadenia, ktoré ovláda dané LED osvetlenie. Tento jav sa dá najmä sledovať pri pomalom zhasínaní alebo rozsvetovaní. Blikanie sa dá obmedziť pomocou vysokofrekvenčných predradníkov, ktoré percentuálne znížia moduláciu svetelného výkonu. [2]

Vyššie popísané nevýhody sa pri technológii LED dajú jednoducho vyriešiť. LED vytvára silné žiarivé osvetlenie a preto je veľmi dôležité dbať na umiestnenie a intenzitu daného svetla. Najlepšia možnosť, ktorá prichádza do úvahy je umiestniť túto technológiu do takých svietidiel, ktoré disponujú tieniacimi prvkami alebo difúzormi, ktoré rozptýlia svetlo do okolitého prostredia a tým znížia ich intenzitu. Takto navrhnuté svietidlo je potrebné umiestniť v priestore tak, aby neoslňovalo človeka, ale aby vhodne presvetlilo priestor.

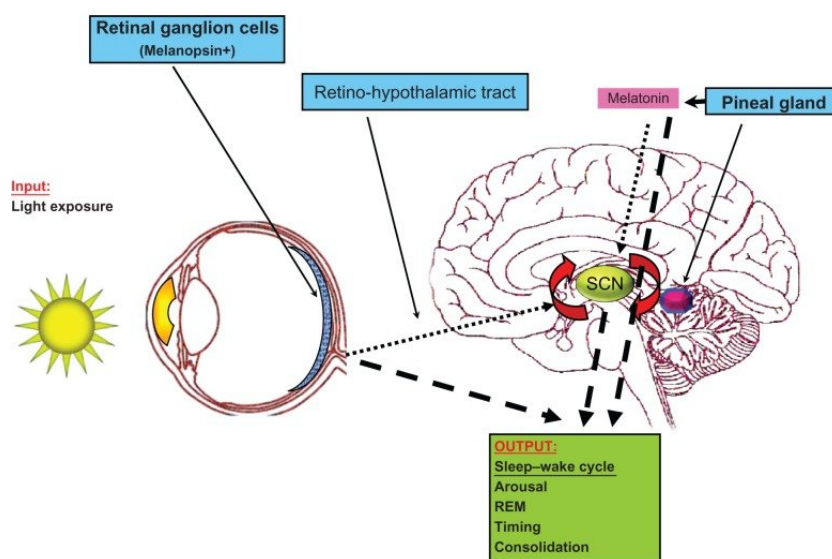
2.3 Fototerapia

Fototerapiu poznáme aj pod názvom “Bright-light therapy”. Z názvu nám už vyplýva, že sa jedná o terapiu oslnivým svetlom. Tento typ terapie je vysoko účinný pri liečbe, ale aj pri prevencii pred duševnými chorobami. Ako som spomínal už v úvode, zdravotný stav pacienta sa dokáže zlepšiť už do niekoľkých dní, pričom pri liečbe antidepressívami sa rovnaké zlepšenie dostaví až po 6 týždňoch. Fototerapia dosahuje pozitívne výsledky aj pri liečbe veľkej depresívnej poruchy, pri poruchách spánku, pri prevencii pred popôrodnými depresiami a jej samotnej liečbe. Napríklad pri sezónnej afektívnej poruche (SAD), je liečba fototerapiou účinná v 70 – 90 %.

2.3.1 “Bright-light therapy” – Terapia oslnivým svetlom

Terapia oslnivým svetlom má pozitívny efekt na úpravu narušeného cirkadiánneho cyklu človeka a na liečbu vážnych psychických porúch. Pozitívne výsledky sa pomocou “Bright-light therapy” dostavili aj pri liečbe chronickej, bipolárnej a antepatrálnej depresie. Terapie oslnivým svetlom je účinná aj pri bežných, nie až tak závažných problémoch ako je napríklad zlepšenie spánkového režimu, resynchronizácia biologických hodín, vyššia bdelosť počas dňa a lepšie pôsobenie serotonínu v tele. [5] Vďaka týmto účinkom sa dá fototerapia využívať ako veľmi efektívna prevencia pred duševnými poruchami. Dokáže zvýšiť a zefektívniť náš výkon na pracovisku.

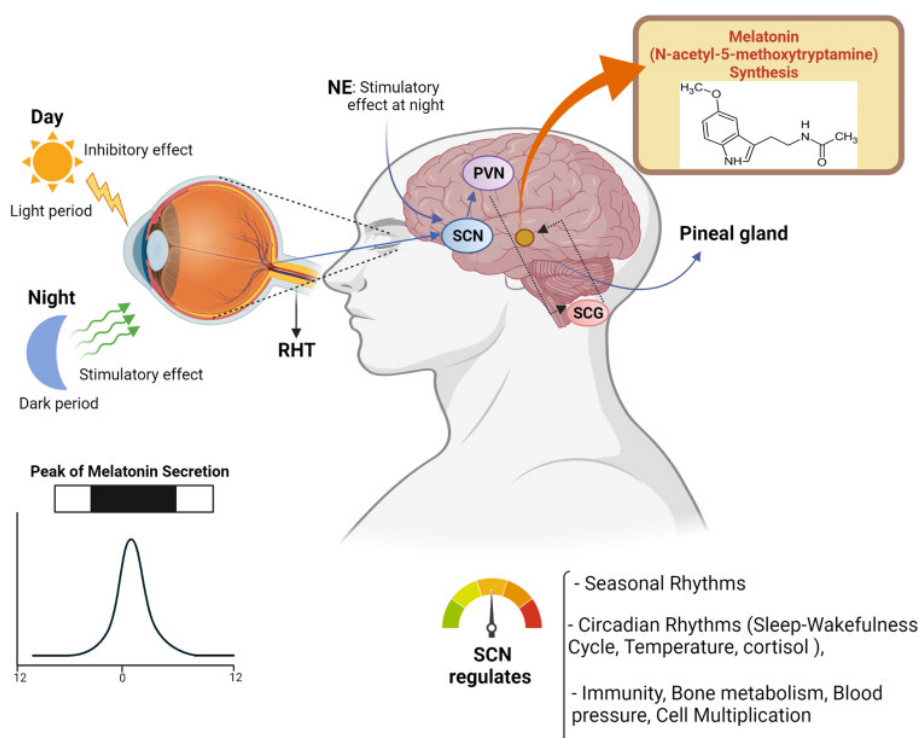
V ľudskom mozgu sa nachádza centrum, nazývané hypothalamus (po slovensky podlôžko), ktoré má na starosti fyziologické funkcie, spánok alebo telesnú teplotu. Toto centrum poznáme aj ako ľudské hodiny, ktoré sa nazývajú “Suprachiasmatic nucleus” (SCN). SCN je dôležité aj pre ovládanie cirkadiánneho rytmu, ktorý je riadený svetlom, ktoré zachytáva “zeitgeber” (biologické hodiny). “Zeitgeber” je dôležitý pre synchronizáciu biologického rytmu človeka. Mozog získava informáciu o časti dňa pomocou svetla, ktoré dopadá na sietnicu oka, ktorá obsahuje proteín melanopsín. Zo sietnice, kde je zachytená táto informácia sa dostane do SCN v mozgu pomocou retino-hypotalamického traktu (RHT). [6]



Obr. 2.1: Umiestnenie SCN v mozgu. [7]

2.3.2 Hormóny ľudských hodín – melatonín a sérotonín

Najdôležitejším hormónom na riadenie ľudských hodín je melatonín, ktorý sa produkuje a vylučuje v tzv. tmavej časti denného cyklu. Hlavnou úlohou melatonínu je informovať všetky bunky o dennom cykle pomocou distribúcie. Informácia prijatá z RHT do SCN, kde sa synchronizuje s cirkadiánnym oscilátorom, ktorý má zhruba 24 hodín a prenesie sa do celého mozgu. Hlavne do oblasti zahrňujúcej epifýzu (pineal), kde sa riadi celý melatonínový cyklus. Odtiaľ sa distribuuje do všetkých buniek ľudského tela ale aj naspäť do SCN, kde sa využije pre cirkadiánnu cyklus. Cirkadiánnu cyklus ovplyvňuje napríklad spánkový cyklus, naše emócie a imunitný systém. [8]



Obr. 2.2: Prenášanie fotoperiodickej informácie pomocou distribúcie melatonínu. [9]

Melatonín vzniká vďaka premene z hormónu sérotonín, ktorý sa nachádza v iných častiach tela, ale hlavne v centrálnej nervovej sústave (CNS). V CNS je sérotonín zodpovedný hlavne za zmeny nálad, správania a za správne fungovanie cirkadiálneho rytmu človeka. Avšak CNS je schopná tento hormón prijímať len pri dostatočnom svetelnom žiarení, čo spôsobuje jeho menšiu hladinu počas zimného obdobia, kedy ľudský organizmus pociťuje deficit svetla. Tento svetelný deficit spôsobuje nízku hladinu sérotonínu a tým aj prudké zmeny nálad, či správania aj u ľudí, ktorí netrpia žiadnou psychickou poruchou. Ľudia, ktorí trpia psychickými ochoreniami spôsobí znížená hladina zhoršenie ich zdravotného stavu, čo spôsobí spustenie sezónnej afektívnej poruchy.

2.3.3 SAD – Sezónna afektívna porucha

Pacienti, u ktorých je diagnostikovaná sezónna afektívna porucha, trpia bipolárnymi alebo unipolárnymi poruchami, čo znamená, že sa u nich prejavujú rôzne stavy počas ročných období. Napríklad v letných mesiacoch trpia manickými stavmi a naopak v zimných mesiacoch stavmi úzkosti. Ľudia trpia najčastejšie na jesenno-zimnú poruchu, avšak počet pacientov sa líši podľa veku, pohlavia, či podľa spôsobu diagnostiky. [5] Typické symptómy pre toto ochorenie sú zlá nálada, nezájem, naberanie na váhe, zvýšená agresia alebo zvýšená chuť do jedla. [6] Podľa vedcov môže zlepšiť priebeh ochorenia posúvanie sekrécie melatonínu pomocou udržania vysokej hladiny melatonínu počas dňa a tým predĺžiť nočné uvoľňovanie a fázové oneskorenie vylučovania melatonínu.

2.3.4 Aplikácia fototerapie

Pri aplikácii fototerapie oslnivým svetlom treba dodržiavať určité podmienky pre maximalizáciu účinku liečby. Na úrovni očí musí byť umiestnený svetelný zdroj a samotné svetlo by malo dopadať na sietnicu pod uhlom $30^\circ - 60^\circ$. Liečba sa odporúča podávať v ranných až doobedných hodinách, kedy sa zvyšuje účinok osvetlenia. Tým dokážeme zmierniť ochorenie v kratšom čase. Intenzita oslnivého osvetlenia sa zvyčajne nastavuje na 10000 lx po dobu 30 minút. Čím nižšia je intenzita svetla, tým dlhšie treba aplikovať oslnivé svetlo na pacienta. Fototerapia je najviac účinná pri podchytení počiatočného štádia ochorenia a preto sa môže stať, že pozitívny účinok liečby vo vysokom štádiu ochorenia nemusí pretrvávajúť po skončení terapie.[6]

2.3.5 Vedľajšie účinky a samotná bezpečnosť terapie

Terapia sa prispôbuje na každého pacienta individuálne a pacienti konzultujú svoj zdravotný stav s lekárom. Vďaka tomu má fototerapia zriedkavé vedľajšie účinky, je ľahko znášaná a akceptovaná pacientami. Najčastejšie vyskytujúce sa vedľajšie účinky udávané pacientami sú bolesť hlavy, nevoľnosť, namáhaný zrak a zvýšená nervozita. Pacienti, ktorým sa aplikovala fototerapia vo večerných hodinách, sa najviac sťažovali na nekvalitný spánok.[6]

2.4 Využitie v inej oblasti medicíny

Fototerapia využíva svetelnú energiu aj na liečbu fyzických, či iných ochorení. Pri veľkej väčšine liečebných procedúr má minimálne vedľajšie účinky, jednoducho sa aplikuje a jej výroba nie je nákladná. V nasledujúcich podkapitolách budú priblížené niektoré oblasti použitia mimo oblasť liečby duševných chorôb.

2.4.1 Rakovina

Súčasný prístup v liečbe rakoviny nie sú schopné selektívne poškodzovať nádorové bunky bez napadnutia zdravého tkaniva. Technológia fotodynamickej terapie (PDT), vrátane terapie nádorov, je jedna z prípustných možností. Aplikuje sa elektromagnetické ožiarenie vo viditeľnom rozsahu, po zavedení fotosenzibilizátora do organizmu. Je to látka, ktorá zvyšuje citlivosť tkaniva na svetlo. Implementácia metódy PDT je založená na schopnosti nádorových buniek akumulovať a určitý

čas zdržiavať fotosenzibilizátory. Postihnutá oblasť je následne ožiarená svetlom. V nádorových bunkách s nahromadeným fotosenzibilizátorom dochádza pôsobením svetla k vysoko toxickým reakciám, ktoré vedú k smrti rakovinových buniek. [10]

2.4.2 Dermatológia

V dermatológii sa najviac využíva na fototerapiu ultrafialové, ale aj viditeľné a infračervené žiarenie. O výslednom efekte výrazne rozhodujú vlastnosti kože, ktoré má každý z nás individuálne. Ďalej rozhoduje druh poškodenia a spôsob dávkovania terapie. Dermatologická fototerapia sa aplikuje pomocou ožarovacích kabínok, ktoré umožňujú celotelovú liečbu zo všetkých strán. Lokálne žiariče sú určené pre fototerapiu rúk a nôh. Využíva sa napríklad na potransplantačné stavy, silné akné alebo na rôzne typy ekzémov a kožných defektov. Použitie fototerapie v oblasti dermatológie je omnoho obsiahlejšie, používa sa nie len ako hlavný terapeutický nástroj, ale veľmi často ako doplnková liečba. [11]

Kapitola 3

Návrh riadiacej jednotky

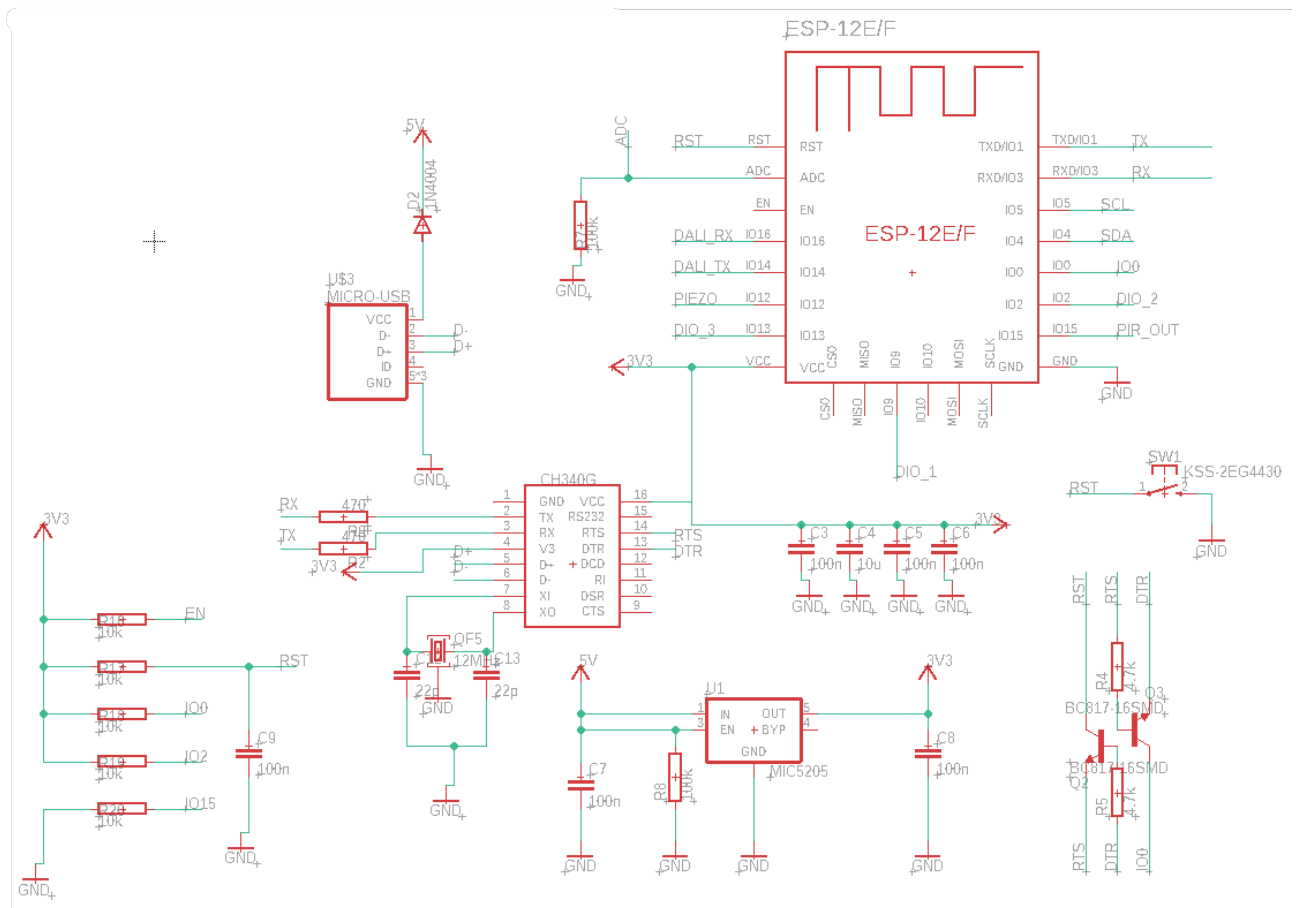
3.1 Schéma riadiacej jednotky

Riadiaca jednotka pre svetelný zdroj sa skladá z viacerých dôležitých častí pre správne aplikovanie fototerapie. Hlavnou riadiacou časťou je mikroprocesor ESP8266 s wifi modulom, kvôli jeho parametrom a cenovej dostupnosti. Aby fototerapia svetlom bola čo najefektívnejšia, používame DALI zbernicu na precízne ovládanie LED svetiel, na ktorých potrebujeme upravovať teplotu a spektrum svetla podľa potreby pacienta počas dňa. Informáciu o reálnom čase nám poskytnú presné RTC hodiny s I2C rozhraním, nakoľko správne aplikovanie fototerapie závisí na cirkadiánnom rytme človeka.

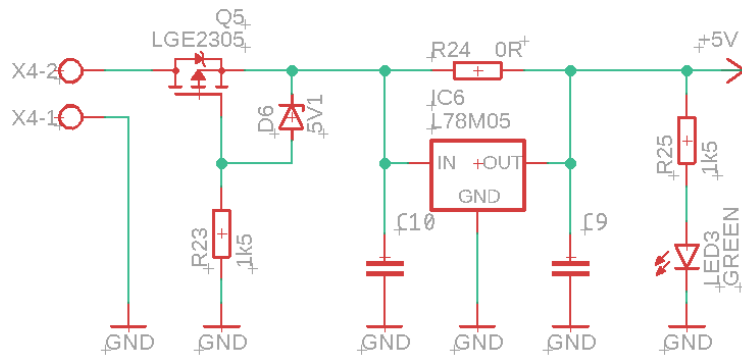
3.1.1 Mikrokontrolér ESP8266 s wifi modulom

Mikroprocesor ESP8266 je vysoko integrovaný čip, ktorý ponúka kompletne a ucelené WIFI sieťové riešenie. Pre riadiacu jednotku sa hodí aj kvôli ďalším výhodám, ako sú cenová dostupnosť, malé rozmery a pamäť až 1 MB pre skompilovaný kód. Pre porovnanie Arduino UNO má iba 32 kB pamäte. WIFI modul nám otvára možnosť na diaľkovú komunikáciu s fototerapeutickým prístrojom, aby lekár mal možnosť kontrolovať, či pacient dodržiava a správne aplikuje fototerapiu a prípadne mohol upravovať liečbu podľa potreby.

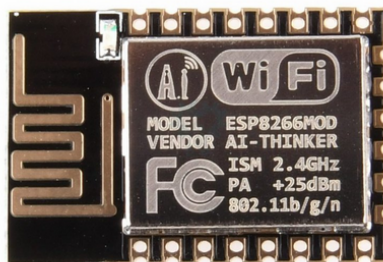
Pomocou mikroprocesora ovládame ďalšie súčasti tohto projektu, ako napríklad vstupy a výstupy DALI zbernice, RTC hodiny a iné senzory, ktoré môžu byť prípadne pripojené k riadiacej jednotke. ESP8266 disponuje 32-bitovým procesorom s taktom 80 MHz, pričom je možné pretaktovať až na 160Mhz, čo ponúka dostatočný výkon pre riadiacu jednotku. Z procesoru vystupuje 16 GPIO pinov s výstupným prúdom 12mA pri napätí 3,3V. Na všetkých pinoch (okrem GPIO16) je možné modulovať PWM. Mikroprocesor je napájaný napätím 3,3V pomocou klasického prevodníka CH340G. Na správne zapojenie napájania mikroprocesora bola použitá predloha Wemos D1 mini, ktorý bol použitý pri projekte minulý rok a osvedčil sa.



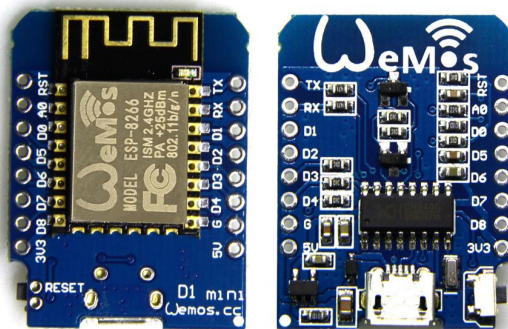
Obr. 3.1: Návrh zapojenia ESP8266 s napájaním podľa predlohy Wemos D1 mini.



Obr. 3.2: Napájanie riadiacej jednotky, keď nie je pripojený USB konektor.



Obr. 3.3: Samostatný mikroprocesor ESP8266 s wifi modulom bez napájania. [12]



Obr. 3.4: Modul Wemos D1 mini. [13]

3.1.2 DALI zbernica

Skratka DALI znamená Digital Addressable Lighting Interface. Je veľmi jednoduchá na inštaláciu a poskytuje veľkú variabilitu programovateľných scenárov osvetlenia. Táto zbernica sa používa na riadenie a automatizáciu svetiel v malých alebo veľkých priestoroch. Systém DALI používa digitálne rozhranie, ktoré transformuje signál na bity. Digitálny signál nám umožňuje presnejšie a flexibilnejšie ovládanie LED svetiel fototerapeutického prístroja. DALI má veľkú výhodu v centralizácii ovládania osvetlenia pomocou ovládača, napríklad aj v telefóne alebo v inom počítačovom zariadení. Keďže DALI je obojsmerný systém, umožňuje každému svietidlu komunikovať späť s ovládačom o aktuálnom stave alebo prípadnej poruche. Na prijímanie signálov zo snímačov sa využíva 24-bitová správa a vydáva 16-bitové príkazy riadiacemu zariadeniu. Ďalšou dôležitou výhodou DALI systému je rýchle a presné monitorovanie, ktoré môže byť nápomocné pri aplikovaní liečby fototerapiou, vďaka ktorému vie lekár v reálnom čase prispôbovať nastavenie LED svietidiel podľa potreby.

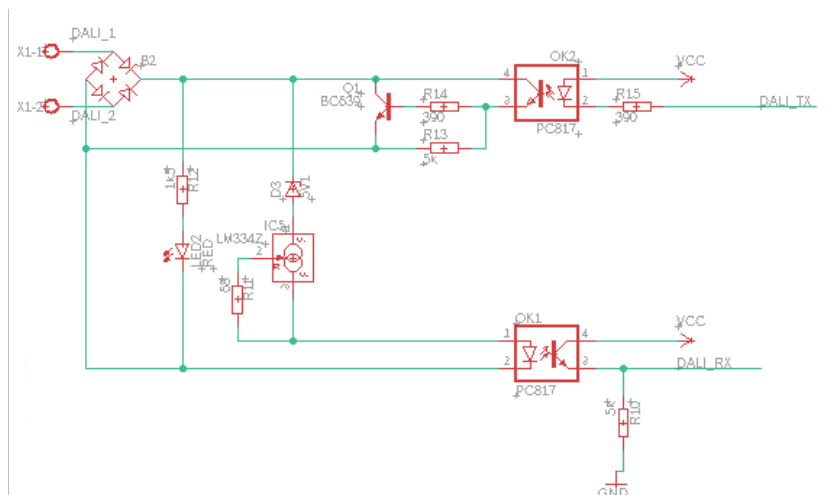
Zbernica sa skladá z predradníkov, ktoré sú poprepájané napájacím vodičom, pomocou ktorého komunikuje s riadiacim procesorom. Riadiaca jednotka pridelí každému predradníku samostatnú adresu, aby bola v spojení s každým predradníkom a získavala jednotlivé informácie.

Predradníky môžu byť pospájané do jednotlivých skupín, ktoré môže riadiaca jednotka riadiť ako jeden celok. Potom predradník disponuje informáciou, do akej skupiny patrí a akú úlohu alebo funkciu má vykonávať. Priradenie do skupín môžeme rôzne meniť podľa potreby užívateľa.

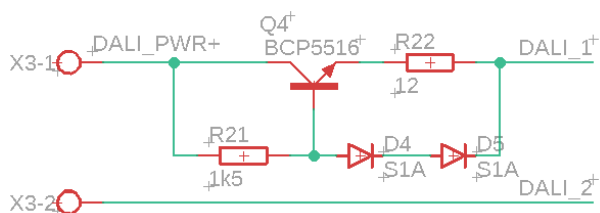
Komunikácia DALI zbernice je založená na princípe multimaster zbernice, ktorá je napájaná zo spoločného zdroja, ale s prúdovým obmedzením. Využíva optický oddelovač vybavený spínačom, ktorý pri vysielaní zbernicu skratuje. Nezáleží na polarite, pretože všetky zariadenia majú usmerňovač, aby sa zabezpečilo, že spojenie bude indiferentné. Protokol prenosu informácii využíva kódovanie Manchester. Systém DALI pracuje na princípe Master-Slave, ktorého každý Master dokáže ovládať 64 prevodníkov s vlastnou adresou.

DALI technológia ovládania svetiel zohráva kľúčovú úlohu pri vytváraní udržateľných a efektívnych pracovných podmienok. Je vhodná pre riadiacu jednotku svetelného zdroja fototerapeutického prístroja.

V DALI zbernici sa použili dva optočleny, OK1 (prijímací) a OK2 (vysielač). Ďalej bol použitý usmerňovací mostík B2 (aby nezáležalo na polarite pripojenia), prúdový stabilizátor LM334Z obmedzujúci prúd prechádzajúcej LED prijímaceho optočlenu. Stabilizátor sa skladá z dvoch tranzistorov a dvoch rezistorov. Nakoniec sme použili Zenerovu diodu D3, ktorá zaisťuje, aby prijímací optočlen nesvietil pri napätí, ktoré je považované za nízke.



Obr. 3.5: Prvá časť návrhu DALI zbernice s optočlenmi.

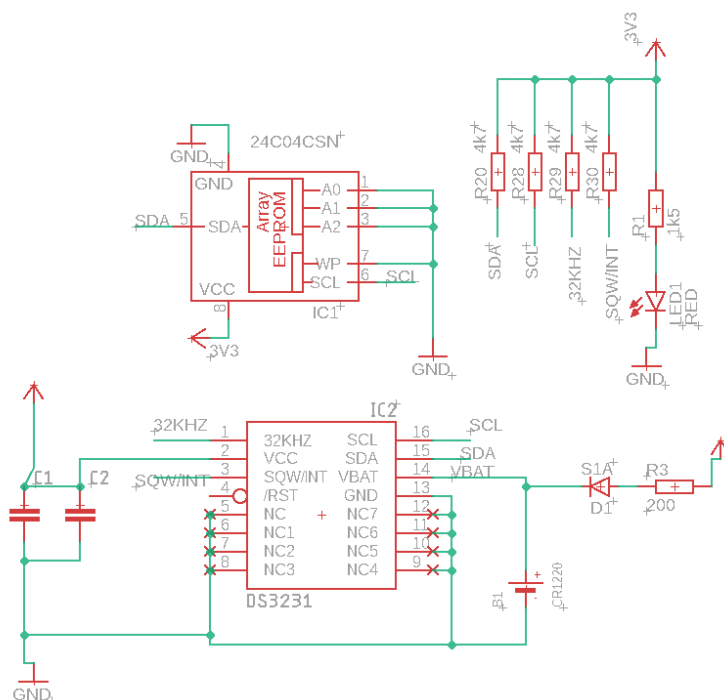


Obr. 3.6: Druhá časť návrhu DALI zbernice s napájaním.

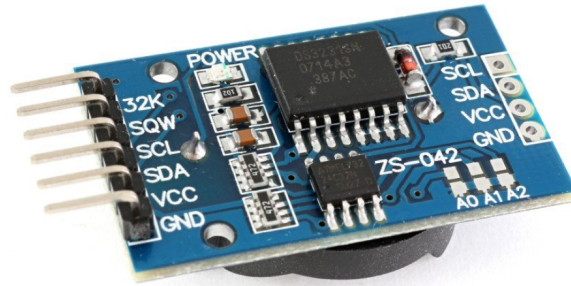
3.1.3 RTC hodiny DS3231

Anglická skratka RTC znamená Real-time clock, teda hodiny reálneho času, ktoré udržujú a ukladajú údaje o aktuálnom čase. Tieto hodiny sú predovšetkým známe z počítačov a serverov. Používajú sa aj v iných rôznych elektronických zariadeniach, ktoré využívajú presný čas. Tieto hodiny komunikujú cez rozhranie I2C pri frekvencii 400 kHz. Hodiny RTC sú napájané pomocou napätia 5V, pričom pracovné napätie môže byť od 3,3V do 5V. RTC obsahuje aj vlastný teplotne kompenzovaný oscilátor, ktorý zaručuje vysokú presnosť. Systém má veľa výhod. Modul využíva pamäť Flash AT24C32 o veľkosti 32kb, aby údaje po vypnutí zostali uchované. Modul RTC disponuje slotom pre použitie nabíjacej batérie LIR2032 3,6V. Veľkou výhodou je, že táto batéria je v module nabíjaná.

Tieto výhody sú nadmieru vhodné pre fototerapeutický prístroj. Modul je kompaktný, s malými rozmermi, vďaka ktorým sa ušetrí priestor. Riadiaca jednotka sa bude môcť použiť aj v iných zariadeniach pre fototerapiu v budúcnosti.



Obr. 3.7: Schématické zapojenie RTC hodín pre fototerapeutický prístroj. Inšpirovali sme sa originálnym zapojením RTC DS3231.



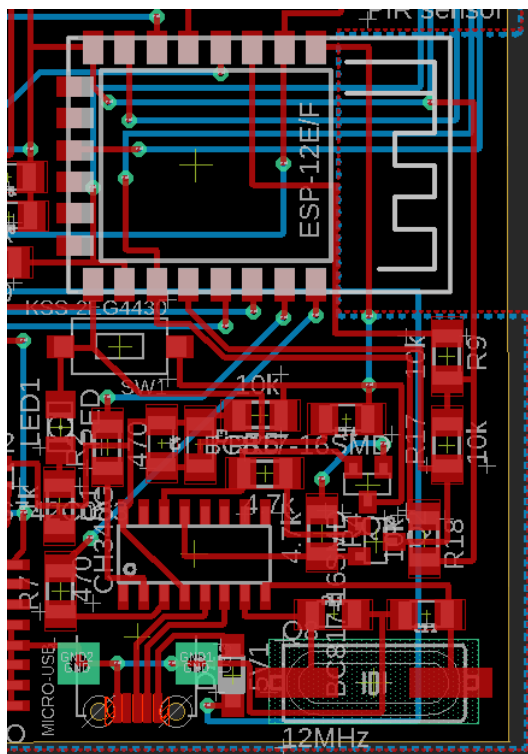
Obr. 3.8: Originálny modul RTC DS3231. [14]

3.2 Návrh dosky plošného spoja

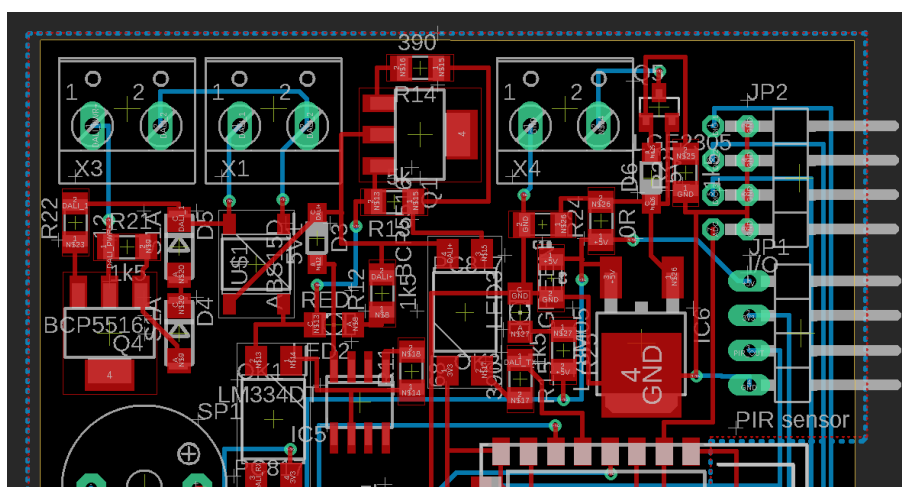
Návrh dosky plošného spoja bol vytvorený na základe schémy riadiacej jednotky, popísanej v predchádzajúcej podkapitole. Skladá sa z dvoch vrstiev kvôli väčšiemu počtu súčiastok a pre lepšiu optimalizáciu vodičov medzi nimi. Vodiče označené červenou farbou sa nachádzajú vo vrchnej vrstve a vodiče označené modrou farbou sa nachádzajú v spodnej vrstve. Obidve vrstvy obsahujú uzemnenie okrem priestoru pod anténou, aby nebol rušený WIFI signál. Súčiastky sú ukladané tak, aby boli súvisiace časti blízko pri sebe a zároveň logicky oddelené. K dosiahnutiu optimálneho umiestnenia jednotlivých častí bolo potrebných niekoľko návrhov. Prvé návrhy boli zamietnuté kvôli zasahovaniu častí medzi sebou. Mikrokontrolér je umiestnený v strede tak, aby anténa smerovala k okraju plošného spoja. Tým sa zabezpečilo, aby ostatné súčiastky nerušili WIFI signál. DALI zbernica je umiestnená v celej hornej polovici. Tak vzniklo dostatok voľného miesta na svorky a piny pre napájanie zbernice a komunikáciu s LED svietidlami. RTC hodiny sú umiestnené do spodného rohu, diagonálne od mikrokontroléra. To umožnilo umiestniť slot batériu priamo do rohu, aby sa zabezpečila ľahká manipulácia pri jej výmene. Napájanie riadiacej jednotky sa nachádza vedľa hodín pod mikrokontrolérom. USB konektor je osadený v opačnom rohu ako slot na batériu, takže sa s napájacím káblom ľahko manipuluje.

Blokovacie kondenzátory C3, C4, C5 a C6 sú umiestnené pri súčiastkach, ktoré majú chrániť. Jeden sa nachádza pri mikrokontroléri ESP8266, druhý pri RTC a dva pri CH340G na napájaní jednotky.

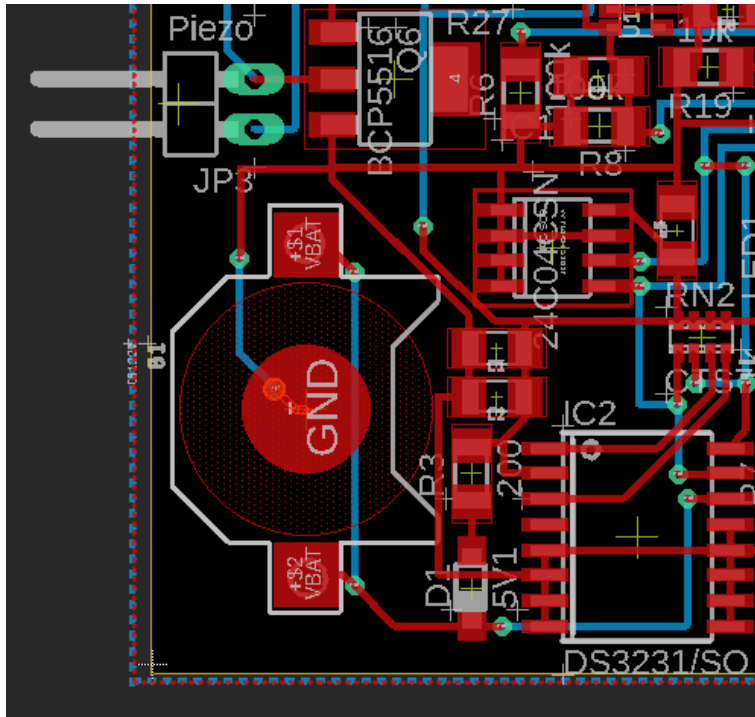
Následne boli navrhnuté prepojenia medzi jednotlivými súčiastkami. Toto rozvrhnutie vyžadovalo niekoľko návrhov. Prvé návrhy boli zamietnuté kvôli nevhodne optimalizovanej sieti vodičov. Je potrebné, aby sieť bola dobre optimalizovaná, čo umožní vyhnúť sa prípadným závadám. Dve vrstvy plošného spoja umožňujú sa vyhnúť prípadným kolíziám medzi vodičmi a optimalizovať ich dĺžku na kratšie vzdialenosti. Potom sme skontrolovali chybové hlásenia. Program kontroluje vzdialenosť medzi jednotlivými vodičmi, aby do seba navzájom fyzicky nezasahovali, a zároveň kontroluje nadbytočné uhly pri samotných spojoch. Tiež upozorňuje na vzdušné spoje podľa schémy. Po odstránení všetkých chýb a poslednej kontrole mohla byť doska odoslaná do výroby.



Obr. 3.9: Mikrokontrolér ESP8266 s napájaním na grafickom návrhu.



Obr. 3.10: DALI zbernica sa nachádza v hornej časti plošného spoja, umožňujúca ľahký prístup ku konektorom na pripojenie ostatných zariadení.



Obr. 3.11: RTC hodiny sa nachádzajú v ľavom dolnom rohu plošného spoja, umožňujúcu jednoduchú výmenu batérie.

3.3 Alternatívne súčiastky

V tejto podkapitole by som chcel priblížiť použitie alternatívnych súčiastok na výrobu riadiacej jednotky a porovnať ich s tými, ktoré boli použité v popisovanom návrhu.

3.3.1 ESP8266 a jeho alternatívy

Pri výbere mikrokontroléru treba správne naplánovať požiadavky a definovať reálnu aplikáciu mikrokontroléru pre tento projekt. Pred rozhodnutím, aký procesor použiť bolo potrebné si položiť pár otázok:

- Aký počet digitálnych a analógových pinov I/O treba použiť?
Pre tento projekt nie sú potrebné žiadne analógové piny. Pre komunikáciu s RTC a DALI sa využívajú digitálne piny.
- Je potrebná Wifi konektivita?
Ako som spomínal v úvode tejto práce, Wifi konektivita je potrebná pre vzdialenú komunikáciu so zariadením, kde bude umiestnená táto jednotka.
- Aká je maximálna veľkosť plošného spoja?
Čo najmenšia, aby sa riadiaca jednotka dala jednoducho a bez zložitých úprav namontovať do viacerých zariadení. Potrebný je malý procesor s dostatočným výkonom.
- Aké je maximálne napätie, ktoré všetky "gadgets" potrebujú?
RTC hodiny pracujú na napätí 3,3V. Potrebný je teda procesor s napájacím napätím 3,3V. DALI zbernica je napájaná zo samostatného zdroja, pretože pracuje na napätí až 12V.

Po zodpovedaní týchto otázok, čo projekt vyžaduje, sme začali vyberať z viacerých možností, ktoré nižšie popíšem. Výber bol zameraný na radu ESP, pretože tieto procesory spĺňajú vyššie uvedené požiadavky.

Pri výbere mikroprocesora sa musíme zamerať aj na typy pamätí, ktoré mikrokontroléry používajú, aby predstava o rozdieloch medzi nimi bola čo najjasnejšia. Prvým typom je FLASH pamäť alebo aj programový priestor, kde je uložená skica arduina. Druhým typom je SRAM pamäť alebo aj statická pamäť s náhodným prístupom, kde skica vytvára a manipuluje s premennými. EEPROM je pamäť, ktorú môžu programátori použiť na ukladanie dlhodobých informácií. Pamäť FLASH a EEPROM sú energeticky nezávislé, takže informácie pretrvávajú aj po vypnutí napájania. SRAM je nestála a informácie sú vymazané pri zapnutí napájania. [15]

Arduino

Na začiatku projektu som uvažoval aj s výberom Arduina, ktorý nie je z rady ESP, ale má zmysel ho spomenúť. Z celej rady typov Arduina by sa na tento projekt najviac hodil typ Arduino NANO, kvôli svojim malým rozmerom. Všetky typy dosiek Arduino bežia na 16 MHz, čo znamená, že mikroprocesor môže vykonávať až 16 miliónov pokynov za sekundu. Môže to znieť veľa, ale napríklad dosky ESP bežia až na 52 MHz a viac, čo poskytuje oveľa väčší výpočtový výkon. Pracovné napätie Arduina je až 5 V so spotrebou prúdu zhruba 35 mA. Samotné napájanie majú v rozmedzí 7 až 12 V. Tieto parametre pri výbere do tohto projektu nemali veľkú váhu, ale pre lepšiu predstavu som ich spomenul. Výhodou dosiek Arduino je dispozícia väčšieho počtu analógových vstupov oproti iným výrobcam a veľmi jednoduchým programovacím prostredím Arduino IDE, s jednoduchším typom programovania v jazyku C. Nevýhodou týchto dosiek je, že na trhu sa náchadza veľmi veľa klonov od iných výrobcov, ktoré nemajú dobrú spoľahlivosť. [15]

Keď to zhrniem tak Arduino sa podľa môjho názoru na tento projekt nehodí. Nevyužijeme analógové piny, nedisponuje zabudovaným Wifi rozhraním a cena Arduino originálnych dosiek je oveľa vyššia ako napríklad dosiek od ESP. Arduino by nevyhovovalo ani pre väčšie rozmery ako má ESP.



Obr. 3.12: Mikrokontrolér Arduino NANO. [16]

ESP32

ESP32 je pokročilá verzia mikrokontroléru ESP8266, ktorý bol použitý v tomto projekte. Tento bol vyvinutý, nakoľko ESP8266 má nedostatky v zabezpečení. ESP32 ponúka dvojjadrový procesor s taktom od 160 do 240 Mhz. Veľkou výhodou tohto mikrokontroléru je, že disponuje nie len WIFI modulom ale má aj Bluetooth, pomocou ktorého je možné ovládať funkcie daného zariadenia na diaľku, ponúka viac GPIO pinov a poskytuje vysokú rýchlosť prenosu až 150 Mbps. 32-bitový procesor s koprocesorom ponúka ultranízku spotrebu na to, koľkými funkciami disponuje. Tieto mikrokontroléry sa dajú programovať pomocou rozhrania Arduino IDE aj s príslušnými knižnicami, čo veľmi zvyšuje ich obľúbenosť medzi používateľmi. Prevádzkové napätie procesorov ESP je 3,3V, disponuje pamäťou 4 MB PSRAM, 520 kB SRAM a dodatočnou RAM 4MB. Takáto veľkosť pamätí zabezpečí lepšiu výpočtovú rýchlosť, pri použití viacerých funkcií a ukladania väčšieho množstva informácií. Jedinou nevýhodou oproti ESP8266 je len vyššia cena. [17] [18]

Mikrokontrolér ESP32 by som odporučil na použitie na tento projekt, pretože má veľa výhod oproti ESP8266, ktoré som popísal vyššie. ESP8266 má aj nižšiu spotrebu energie, ale v porovnaní so všetkými funkciami, ktoré nám ESP32 ponúka, je to iba zanedbateľná nevýhoda. Na tento projekt postačuje aj ESP8266, pretože nie je potrebný až tak veľmi výkonný mikrokontrolér a ani Bluetooth. ESP8266 je predsa len lacnejší a menší.



Obr. 3.13: Samotný procesor ESP32. [19]

3.3.2 RTC hodiny a iné alternatívy

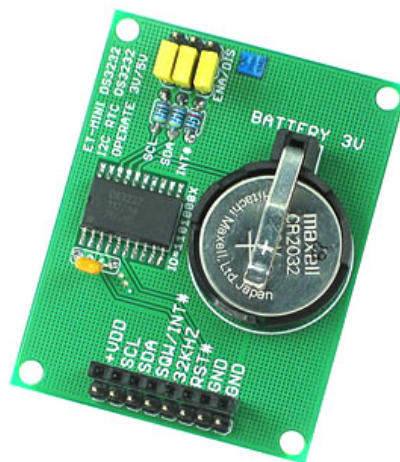
Pri voľbe RTC hodín treba zväžiť niekoľko požiadaviek, ktoré sa budú hodiť na daný projekt. Projekty napájané batériou budú ťažiť z nízkej spotreby energie, zatiaľ čo vedecké meracie zariadenia môžu potrebovať maximálnu presnosť. RTC hodiny používajú dva typy rozhraní - I2C alebo SPI.

I2C znamená Inter-Integrated Circuit. I2C je jednoduchý dvojbodičový sériový protokol používaný na komunikáciu medzi dvoma zariadeniami alebo čipmi vo vstavanom systéme. I2C má dve linky SCL a SDA, SCL sa používa na hodiny a SDA sa používa na dáta.

SPI znamená Serial Peripheral interface. SPI je štvorvodičový sériový komunikačný protokol. SPI sa riadi architektúrou master-slave. Štyri línie SPI sú MOSI, MISO, SCL a SS. SCL sú sériové hodiny, ktoré sa používajú na celú dátovú komunikáciu. Slave Select (SS) sa používa na výber podriadeného zariadenia. Master out Slave In (MOSI) je výstupná dátová linka z mastera a Master in Slave out (MISO) je vstupná dátová linka pre Master.

DS3232

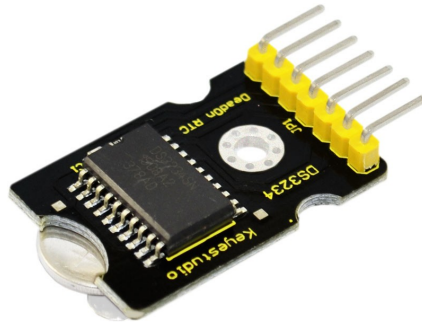
DS3232 je presný I2C RTC s integrovaným kryštálom a SRAM. Je veľmi podobný použitému DS3231 ale má pár úprav. DS3232 má pridanú funkciu časového limitu, čo obmedzuje minimálnu frekvenciu, pri ktorej môže byť rozhranie I2C prevádzkované. Tento modul je napájaný pomocou 3,3V napätia. 32 kHz výstupný budič sa zmenil na push-pull, čo odstraňuje potrebu externého pullup rezistora, čo vedie k úspore miesta. Výstup 32 kHz na DS3232 je navrhnutý tak, aby pri vypnutí klesol. DS3231 sa po vypnutí prepne do stavu vysokej impedancie. DS3232 má 236 B SRAM zálohovanej batériou. Na druhú stranu DS3231 má pamäť až 32 KB FLASH. Pre tento projekt je potrebná väčšia FLASH pamäť, ako má DS3232, pretože potrebujeme ukladať viacero informácií o čase.[20]



Obr. 3.14: RTC hodiny DS3232. [21]

DS3234

DS3234 využíva SPI rozhranie s integrovaným kryštálom a SRAM. Je veľmi podobný DS3232, ale má pár nasledujúcich zmien. Adresa a údaje sa prenášajú sériovo pomocou obojsmerného rozhrania SPI. Rovnako ako DS3232, má integrovaných 236 B pamäte zálohovanej SRAM s batériou. Integrovaný oscilátor je kľúčom k presnosti, na ktorý sa dá spoľahnúť. Napájacie napätie týchto hodín je rovnako 3,3 V, ako pri predošlom modeli. [20]



Obr. 3.15: RTC hodiny DS3234. [22]

Všetky typy RTC hodín sa líšia iba vo veľmi malých detailoch. Väčšinou všetky majú presnosť ± 2 ppm od 0°C do 40°C a $\pm 3,5$ ppm od -40°C do 85°C , záložný batériový vstup pre neprežité meranie času a nízku spotrebu energie. Všetky hodiny v reálnom čase počítajú sekundy, minúty, hodiny, deň, dátum, mesiac a rok s priestupným rokom.[23] Cena pri RTC a alternatívach nehrá rolu, pretože RTC hodiny sú vo všeobecnosti lacné a medzi jednotlivými typmi je iba minimálny rozdiel.

3.3.3 DALI zbernica a jej alternatívy.

DALI je v skutočnosti veľmi komplexný systém, ktorým sa dajú ovládať svietidlá v budovách. Na trhu sa nenachádza veľa alternatív pre DALI zbernicu. Asi jedinou vhodnou alternatívou sa ukazuje komplexnejší systém KNX.

KNX

Systém KNX je decentralizovaný systém používaný nie len na ovládanie svietidiel. Zbernica KNX je koncipovaná na multi-master prevádzku, tak ako DALI zbernica. Všetky zariadenia na zbernici sú si rovnocenné komunikačné prvky. Keďže sa jedná o decentralizovaný systém, môže pracovať aj bez centrálnej riadiacej jednotky. Vtedy komunikácia prebieha priamo medzi jednotlivými prístrojmi, tzv. point-to-point. To znamená, že každý prístroj na zbernici musí disponovať svojou vlastnou riadiacou jednotkou, teda mikroprocesorom. Veľkou výhodou je, že pri poruche jedného prvku, môžu ostatné zariadenia ďalej komunikovať medzi sebou a plniť svoje funkcie. Pri centrálne riadených systémoch znamená porucha riadiacej jednotky kolaps pre celý systém. Na druhú stranu táto výhoda predstavuje aj nevýhodu, pretože je potrebná robustná inštalácia.[24] KNX si poradí aj so správou ďalších zariadení, bežne inštalovaných v budovách v rámci elektriinštalácie, ako napríklad vykurovanie, klimatizácia, zabezpečenie, ovládanie roliet alebo meranie spotreby a hospodárenie s energiou.

KNX je však až príliš sofistikovaný pre tento projekt. Úplne postačuje ovládanie LED osvetlenia na menšie vzdialenosti od riadiacej jednotky. Tým pádom je pre nás výhodnejší centralizovaný DALI systém.

3.4 Porovnanie s inou jednotkou

V tejto kapitole by som chcel priblížiť porovnanie jednotky s iným typom, ktorý je vyvíjaný vo svete. Pomocou zmeny parametrov osvetlenia, ako je vlnová dĺžka a dávka terapie, sa môžu liečiť nielen duševné ochorenia. Preto sa ukázala potreba vyvinúť programovateľný a laditeľný prístroj, ktorý možno použiť na laboratórne experimenty vedúce k podrobnému skúmaniu a analýze parametrov, požadovaných pri rôznych druhoch fototerapeutickej liečby. Táto štúdia [25] sa zaoberá výrobou univerzálnej jednotky pre všetky odvetvia medicíny. Tento systém je programovateľný pre rôzne parametre súvisiace s terapiou. Funguje na báze svetelných LED diód rovnako ako naša riadiacia jednotka. Systém je postavený na základe mikrokontroléra TM4C123GH6PM. Výhodou je ovládanie cez jednoduchú maticovú klávesnicu na vkladanie parametrov. Vložené parametre sa zobrazujú na LCD displeji, pre spätnú väzbu užívateľovi. K jednotke je pripojená aj prenosná batéria.

Použitý mikroprocesor TM4C123GH6PM je nízkoenergetický, vysokovýkonný 32-bitový mikrokontrolér vyrobený pomocou technológie energeticky nezávislej pamäte a je plne kompatibilný s priemyselnými štandardmi. Je porovnateľný s mikroprocesorom ESP8266, ale je oveľa sofistikovanejší a je zbytočne drahý.

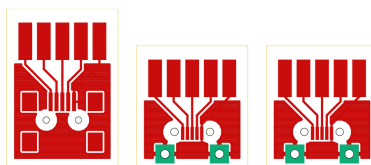
Kapitola 4

Výroba riadiacej jednotky

Podľa grafického návrhu boli vyrobené dva prototypy plošného spoja. Jeden na realizáciu a druhý do zálohy. Na plošný spoj sa osadili súčiastky pomocou špeciálnej pasty a následne bol celý plošný spoj zabezpečený. Pri výrobe neboli zatiaľ osadené 2 súčiastky. Pamäť flash AT24C32 RTC hodín, pretože pre naše účely ju zatiaľ nepotrebujeme. RTC hodiny majú vlastnú pamäť. Návrh umožňuje v budúcnosti pripojiť procesor, ktorý vlastnou pamäťou nedisponuje. Druhou súčiastkou je kondenzátor C13, ktorý patrí k regulátoru MIC5205. Podľa schémy z datasheetov tam tento kondenzátor môže, ale aj nemusí byť a preto nebol zatiaľ osadený.

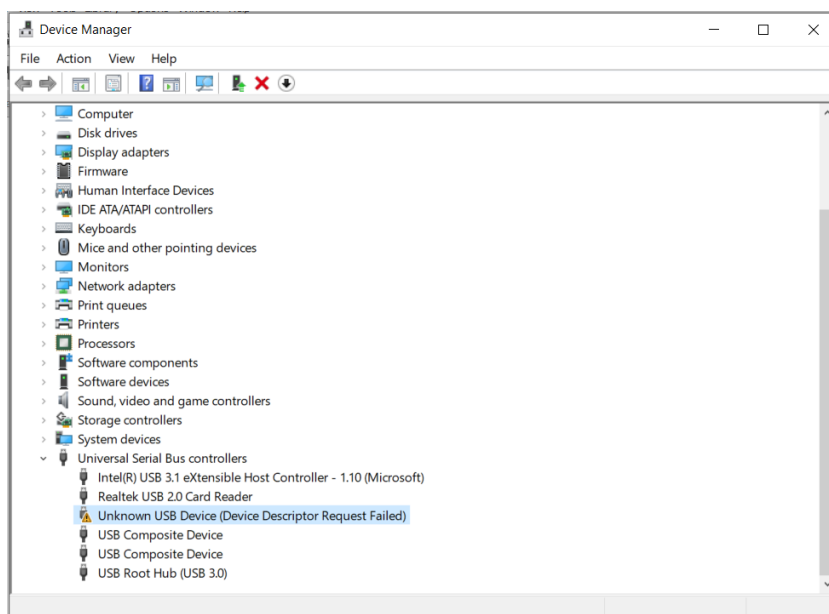
4.1 Zistené chyby pri výrobe a ich riešenie

Prvá základná chyba, ktorá bola odhalená pri osadzovaní súčiastok, bol neprávne otočený USB konektor smerom do vnútra plošného spoja. Tým pádom súčiastky na plošnom spoji bránili zapojiť USB kábel. Tento problém bol vyriešený dodatočným návrhom a následnou výrobou malého externého plošného spoja. Na tento plošný spoj bol osadený micro-USB konektor a následne pripojený pomocou krátkych drôtov k riadiacej jednotke.



Obr. 4.1: Návrhy malých plošných spojov pre USB konektor.

Druhá vzniknutá základná chyba je, že som si pri navrhovaní schémy riadiacej jednotky nevšimol, že som zabudol pripojiť CH340G na GND. Túto chybu som však rýchlo opravil prispájkovaním krátkeho vodiča na najbližší pin GND. To spôsobovalo chybnú komunikáciu s počítačom, pretože zariadenie nebolo rozpoznané. Úloha CH340G je vyslať informáciu do počítača, že sa pripojilo USB a navyše umožní procesoru odoslať informáciu do počítača, o tom aké zariadenie sa pripojilo. Ďalej som prehliadol, že šestnásty pin na CH340G bol pripojený na 3,3V, ale správne má byť pripojený na 5V. Myslím si, že toto nižšie napätie tiež spôsobilo zo začiatku chybnú komunikáciu s počítačom.



Obr. 4.2: Device manager ukázal, že počítač nie je schopný rozpoznať zariadenie.

Pri ďalšej kontrole bolo objavené, že na pine JP1 nie je napätie 5V. Prepojenie od zdroja k pinu bolo prerušené. Chyba bola odstránená naspájkovaním kúsku vodiča medzi rezistorom R26 a kondenzátorom C7, kde bolo prepojenie prerušené.

Pri prvej skúške pod napätím sa nerozsvietila kontrolná LED napájania. Po premeraní ohmmetrom bolo zistené, že LED má otočenú polaritu. Na púzdre bola označená anóda a nie katóda, ako je vo zvyku. Podobná situácia nastala aj pri kontrole LED diód na DALI zbernici. LEDky sa otočili a tým sa závada odstránila.

Poslednou závadou bol usmerňovač na DALI zbernici. Pri výrobe som ho osadil naopak a tak na svorkách nebolo namerané príslušné napätie. Chyba bola odhalená pomocou malého kódu ovládajúceho výstup na ESP8266 pre komunikáciu so zbernicou. Na výstup sme posielali obdĺžnikový signál o frekvencii 100Hz, ktorý sme na svorkách zbernice pomocou osciloskopu nevideli. Po otočení usmerňovača sa na svorkách objavil pekný obdĺžnikový signál a závada bola odstránená.

Kapitola 5

Testovanie riadiacej jednotky

Po odstránení všetkých chýb sa následne mohlo začať testovanie funkcií a spoľahlivosť riadiacej jednotky. Testovanie prebiehalo v školskom laboratóriu pomocou LED panelov s DALI prevodníkmi a pomocou osciloskopu. Program na ovládanie jednotky pre test sa vyvíjal postupne. Jednotlivé časti testu priblížim v nasledujúcich kapitolách.

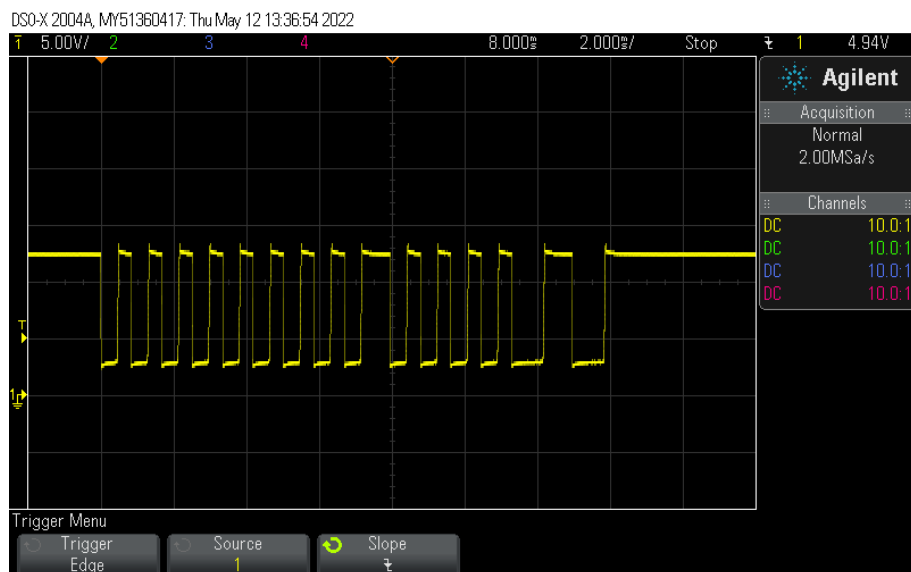
5.1 LED panely s DALI prevodníkmi

Na začiatku sa otestovala DALI zbernica pomocou samostatného programu. Overovala sa jej funkčnosť a komunikácia s mikrokontrolérom. Na napájanie zbernice bol použitý laboratórny zdroj, ktorý generoval napätie 12 V. Zbernicu sme ovládali pomocou príkazov cez Serial Monitor v Arduino IDE. Pripojené LED panely sa podarilo vypnúť, zapnúť a stlmiť intenzitu svetla. Test prebehol bez problémov a neprejavili sa žiadne nestability. Prípadné komplikácie v budúcnosti pri dlhodobom využívaní však nevieme vylúčiť.

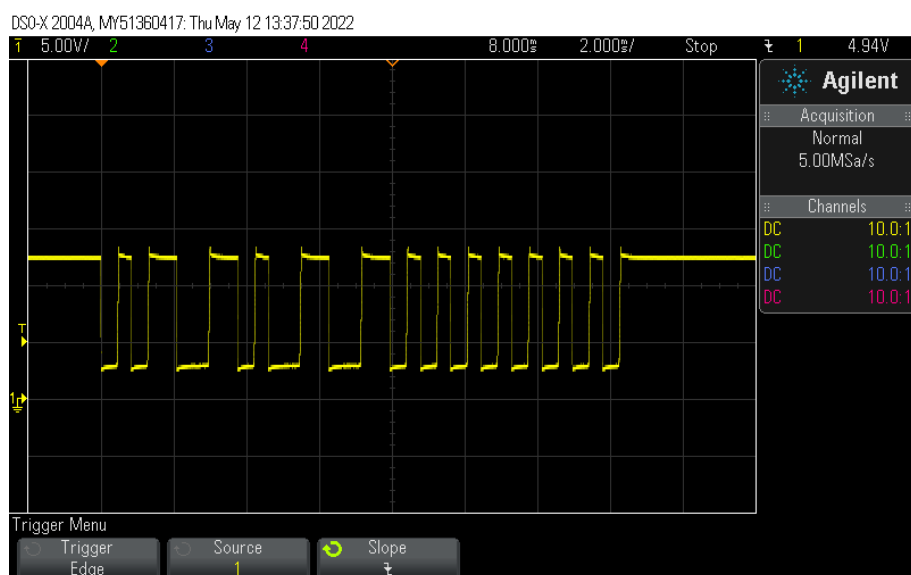
5.1.1 Priebehy signálov na osciloskope

Počas testovania sme si overovali a zobrazovali priebehy signálov na osciloskope Agilent. Na ukážku boli vybrané priebehy signálov troch funkcií - broadcast(ON), broadcast(OFF) a SetMaxLevel. Reakcia signálu na príkaz je viditeľná ako zmena na zbernici v Manchester kódovaní, ktoré sme stručne popísali vyššie.

Na obrázku 5.1 je zobrazený priebeh pre funkciu broadcast(ON). Priebeh signálu začína start bitom s hodnotou 1. Potom nasleduje bit pre určenie adresy, ktorý má v tomto prípade tiež hodnotu 1. Ďalej nasleduje 6 adresných bitov a koncový bit. Koncový bit reprezentuje typ paketu a pre tento signál je nastavený na hodnotu 1 a obsahuje dátový príkaz. Nakoniec nasledujú dátové bity a 2 stop bity. Binárne vyjadrenie ON reprezentujúce dátovou časťou signálu 00000101 dostaneme po dekódovaní signálu zo zbernice. Podobným spôsobom dostaneme po dekódovaní dátovú časť signálu pre funkciu broadcast(OFF), zobrazeného na obrázku 5.2. Binárne vyjadrenie pre OFF je 00000000.

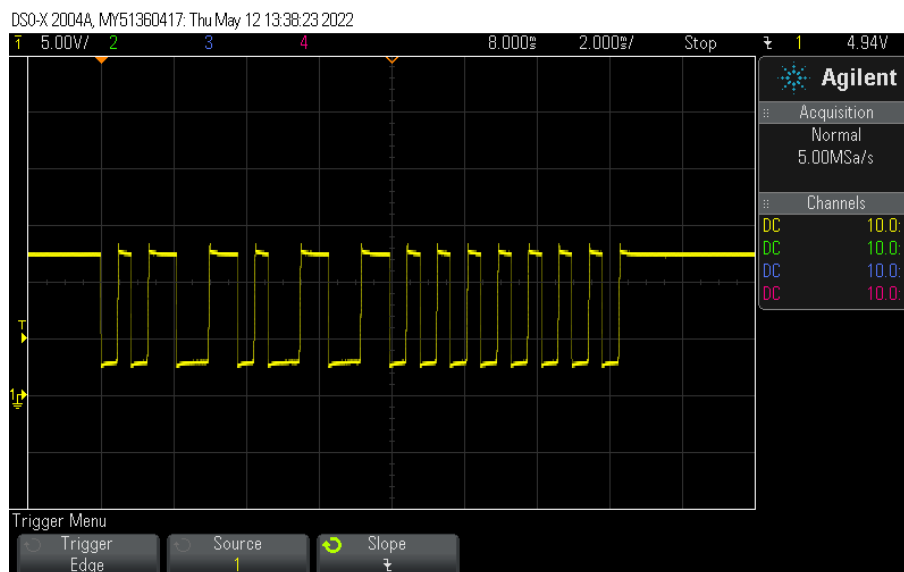


Obr. 5.1: Priebeh signálu pri spustení funkcie broadcast(ON).



Obr. 5.2: Priebeh signálu pri spustení funkcie broadcast(OFF).

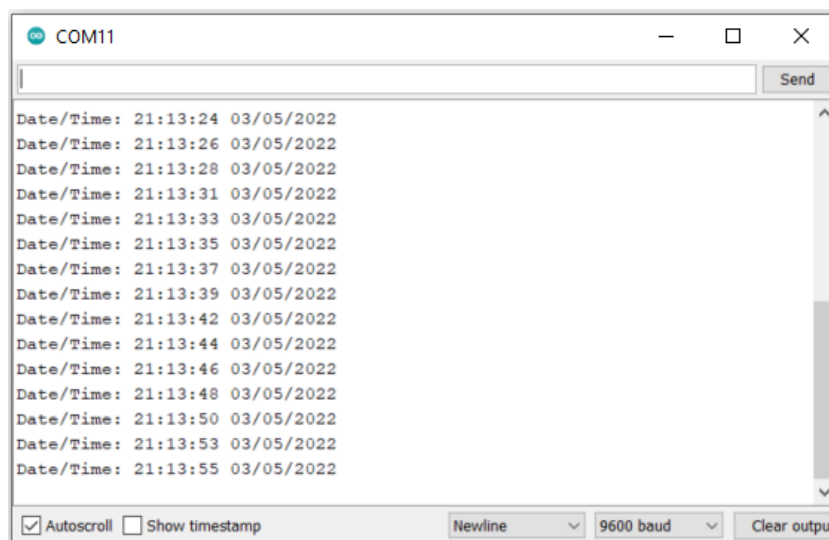
Funkcia SetMaxLevel slúži na nastavenie maximálnej intenzity svetla LED panelov. Rovnakým spôsobom dekódujeme aj tento signál. Na obrázku 5.3 je zobrazený signál inicializácie, ktorou začína funkcia. Po inicializácii nasleduje viacero ďalších binárnych sekvencií. Konkrétne sekvencie pre dáta o uložení v registri prevodníka, príkaz na uloženie registru a ukončujúcu sekvenciu. Počas inicializácie sa na DALI zbernicu odosielajú 2 pakety, hexidecimálne 0x45 a 0x00. Dekódovaním signálu inicializácie dostaneme nasledovnú sekvenciu: 1101001010000000. Prvý bit znázorňuje začiatok vysielania pomocou start bitu. Potom nasleduje prvý hexadecimálny paket v binárnej sústave, ktorý predstavuje adresu a posledná jednotka hovorí o tom, že sa jedná o príkaz. Za ním sa nachádza dátový byte reprezentujúci samé nuly, teda sa jedná o druhý paket.



Obr. 5.3: Priebeh signálu pri spustení funkcie SetMaxLevel.

5.2 Program na testovanie

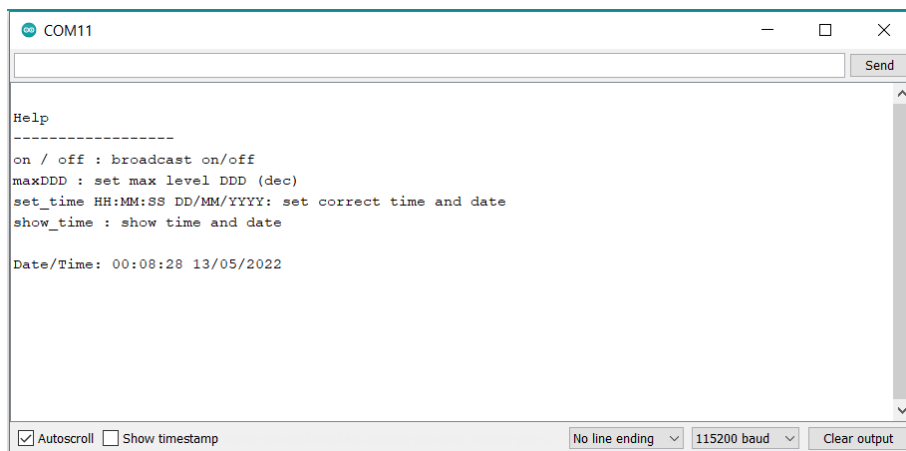
Na začiatku testovania bola rozblikaná LED-ka vstavaná priamo na mikrokontroléri ESP8266 a nastavil sa PIEZO bzučiak, ktorý vydáva zvuk pri zapnutí alebo reštartovaní. Neskôr som doprogramoval ovládanie RTC hodín. Vypisoval sa čas a dátum na Serial Monitor v rozhraní Arduino IDE.



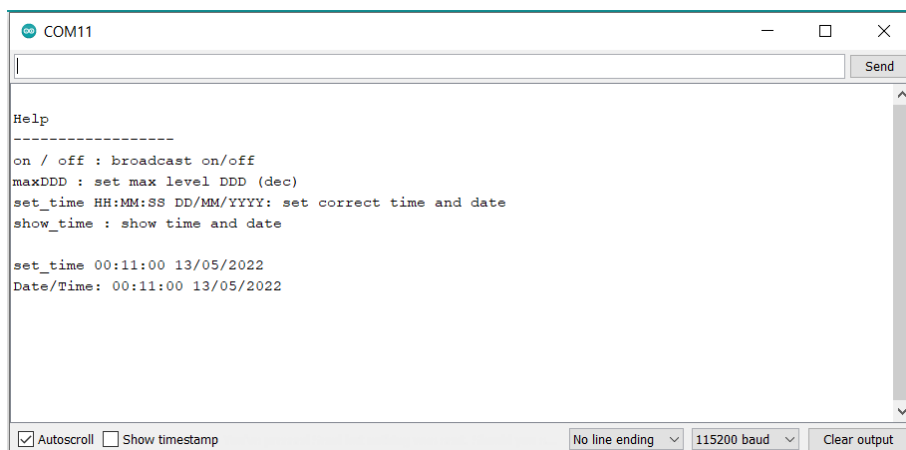
Obr. 5.4: Dátum a čas vypisované na Serial Monitore v Arduino IDE.

Po jednoduchom otestovaní RTC hodín, začali testy DALI zbernice. Pre DALI zbernicu sme najprv použili samostatný program, aby sme overili jej základnú funkčnosť a komunikáciu s mikrokontrolérom. Po úspešnom samostatnom otestovaní každej časti sme vytvorili program zlučený z funkcií, ktoré sme chceli použiť pri poslednom teste.

Ku zvyšným príkazom sme ešte pridali príkazy na ovládanie RTC hodín cez Serial Monitor (show_time a set_time). Show_time slúži na ukázanie aktuálneho času a dátumu. Príkazom set_time dokáže užívateľ nastaviť správny čas a dátum.



Obr. 5.5: Zobrazenie času a dátumu pomocou funkcie show_time.



Obr. 5.6: Nastavenie času a dátumu pomocou funkcie set_time.

Záver

Hlavnou úlohou tejto práce bolo navrhnúť hardvér univerzálnej riadiacej jednotky pre liečenie duševných chorôb pomocou fototerapie. Navrhnutá jednotka využíva princíp rozhrania DALI zbernice, s ktorou je možné komunikovať pomocou mikrokontroléru ESP8266. Dôležitou výhodou navrhutej jednotky je jej variabilita. V prípade potreby sa k nej dajú pripojiť ďalšie senzory cez príslušné piny. Ponúka možnosť individuálnych úprav pre každé zariadenie, kde môže byť použitá. Riadiaca elektronika disponuje aj RTC hodinami pre správne načasovanie fototerapie. Pre porovnanie sú opísané alternatívne súčiastky, ktoré by sa dali využiť na vývoj takejto elektroniky, ich výhody a nevýhody voči nami zvoleným riešením.

Práca sa venuje aj problematike fototerapie ako takej. Rozoberá jej každodenný dopad na ľudský organizmus a samotnú liečbu duševných ochorení. Opisuje technológie využívané na takúto liečbu, najmä pomocou využitia špeciálne navrhnutých plnospektrálnych LED svietidiel. Pre zaujímavosť uvádza príklady použitia aj v iných odvetviach medicíny.

Riadiaca jednotka bola testovaná iba v laboratórnych podmienkach. Predstavuje upgrade už existujúcej, spoľahlivo fungujúcej riadiacej jednotky, ktorá pomáha lekárom liečiť pacientov v NUDZ v Klecanoch. Funkčnosť navrhnutého hardvéru bola overená pripojením LED panelov s DALI prevodníkmi v školskom laboratóriu. LED panely predstavovali reálne podmienky zapojenia vo fototerapeutickom prístroji. Správnosť reakcie jednotky na príkazy bola overená aj pomocou zobrazenia priebehu signálu na osciloskope.

Elektronika popísaná v tejto práci bude použitá aj v iných fototerapeutických zariadeniach. Konkrétne v prenosnom svetelnom kufríku a interiérovej lampe. Táto jednotka môže byť s menšími modifikáciami priamo vložená do týchto zariadení. Svetelný kufrík a lampa majú zlepšiť proces liečby v domácom prostredí a tým zlepšiť zdravotný stav väčšej skupiny ľudí trpiacich na duševné ochorenia.

Bakalárska práca je súčasťou väčšieho projektu, ktorý sa zaoberá vývojom fototerapeutických zariadení na liečenie duševných chorôb. Autor sa podieľal na návrhu, realizácii a testovaní riadiacej jednotky v laboratórnych podmienkach, ktorá následne bude použitá vo fototerapeutických prístrojoch pomáhajúcich pri liečbe duševne chorých ľudí.

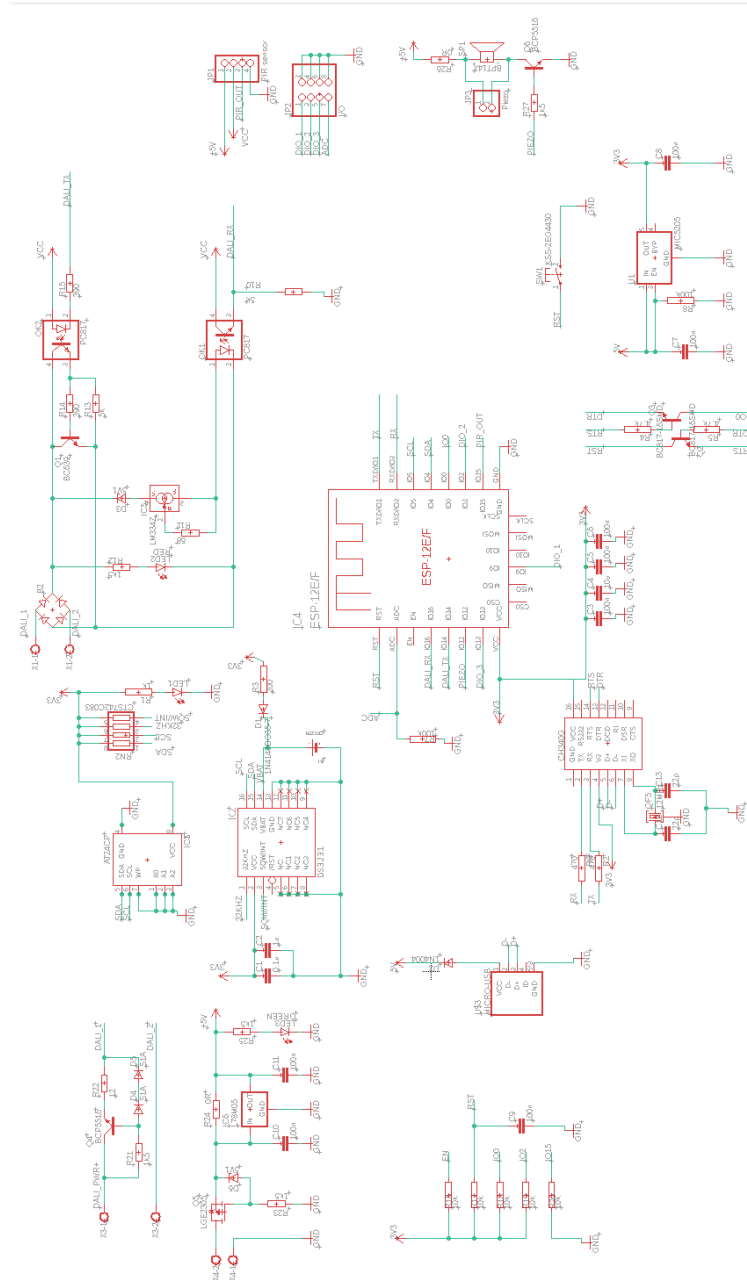
Bibliografia

1. CAJOCHEN, C; FREYBURGER, M; BASISHVILI, T; GARBAZZA, C; RUDZIK, F; RENZ, C; KOBAYASHI, K; SHIRAKAWA, Y; STEFANI, O; WEIBEL, J. Effect of daylight LED on visual comfort, melatonin, mood, waking performance and sleep. *Lighting Research & Technology*. 2019, roč. 51, č. 7, s. 1044–1062.
2. TICLEANU, Cosmin; LITTLEFAIR, Paul. A summary of LED lighting impacts on health. *International Journal of Sustainable Lighting*. 2015, roč. 17, s. 5–11.
3. BOUBEKRI, Mohamed; CHEUNG, Ivy N; REID, Kathryn J; WANG, Chia-Hui; ZEE, Phyllis C. Impact of windows and daylight exposure on overall health and sleep quality of office workers: a case-control pilot study. *Journal of clinical sleep medicine*. 2014, roč. 10, č. 6, s. 603–611.
4. BULLOUGH, JD; SWEATER HICKCOX, K; KLEIN, TR; NARENDRAN, N. Effects of flicker characteristics from solid-state lighting on detection, acceptability and comfort. *Lighting Research & Technology*. 2011, roč. 43, č. 3, s. 337–348.
5. MARUANI, Julia; GEOFFROY, Pierre Alexis. Bright light as a personalized precision treatment of mood disorders. *Frontiers in psychiatry*. 2019, roč. 10, s. 85.
6. PAIL, Gerald; HUF, Wolfgang; PJREK, Edda; WINKLER, Dietmar; WILLEIT, Matthaeus; PRASCHAK-RIEDER, Nicole; KASPER, Siegfried. Bright-light therapy in the treatment of mood disorders. *Neuropsychobiology*. 2011, roč. 64, č. 3, s. 152–162.
7. VOSKO, Andrew M; COLWELL, Christopher S; AVIDAN, Alon Y. Jet lag syndrome: circadian organization, pathophysiology, and management strategies. *Nature and science of sleep*. 2010, roč. 2, s. 187.
8. CARDINALI, Daniel P; PÉVET, Paul. Basic aspects of melatonin action. *Sleep medicine reviews*. 1998, roč. 2, č. 3, s. 175–190.
9. ALAMDARI, Arezoo Fathalizadeh; RAHNEMAYAN, Sama; RAJABI, Hadi; VAHED, Nafiseh; KASHANI, Hamid Reza Khayat; REZABAKHSH, Aysa; SANAIE, Sarvin. Melatonin as a promising modulator of aging related neurodegenerative disorders: Role of microRNAs. *Pharmacological Research*. 2021, roč. 173, s. 105839.

10. TRUNOV, Alexander; BELIKOV, Alexander. Development of architectural realizations of phototherapy computer's systems for prevention and treatment. In: *2019 10th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)*. 2019, sv. 1, s. 334–339.
11. ETTLER, Karel. Fototerapie v dermatologické léčbě. *Klinika nemoci kožních a pohlavních LF UK a FN v Hradci Králové, Čes slov Derm.* 2005, roč. 80, č. 1, s. 5–10.
12. LASKAKIT. *Ai-Thinker ESP-12E ESP8266 WIFI modul*. 2022. Dostupné tiež z: <https://www.laskakit.cz/ai-thinker-esp-12e-esp8266-wifi-modul/>.
13. JOOM. *WIFI Development Board D1 Mini ESP8266 WeMos High quality*. 2022. Dostupné tiež z: <https://www.joom.com/cs/products/5d513aa936b54d0101184bc5>.
14. HWKITCHEN. 2022. Dostupné tiež z: <https://www.hwkitchen.cz/rtc-hodiny-realneho-casu-ds3231-pamet-EEPROM-AT24C32/>.
15. DIYIOT. *Arduino vs ESP8266 vs ESP32 Comparison*. 2020. Dostupné tiež z: <https://diyi0t.com/technical-datasheet-microcontroller-comparison/>.
16. DRATEK. 2022. Dostupné tiež z: https://dratek.cz/arduino/1474-originalni-vyvojovy-kit-arduino-nano.html?gclid=Cj0KCQjw4PKTBhD8ARIsAHChzRK6p%20U6AoT8Q5e00tmI0nQdjftuwfyLg9iKisv0hnuGxjw4HSORU0AEaAmXPEALw_wcB.
17. ELECTRONICSHUB. *ESP32 vs ESP8266 – Which One To Choose?* 2021. Dostupné tiež z: <https://www.electronicshub.org/esp32-vs-esp8266/>.
18. SVITLA. *ESP8266 vs ESP8285 vs ESP32*. 2020. Dostupné tiež z: <https://svitla.com/blog/esp8266-vs-esp8285-vs-esp32>.
19. LASKAKIT. 2022. Dostupné tiež z: <https://www.laskakit.cz/espressif-esp32-wroom-32-2-4ghz-wifi-bluetooth-modul/>.
20. SHINDE, Hrishikesh. *Feature Comparison of the DS323x Real-Time Clocks*. 2011. Dostupné tiež z: <https://www.maximintegrated.com/en/design/technical-documents/app-notes/5/5143.html>.
21. FUTURLEC. 2022. Dostupné tiež z: <https://www.futurlec.com/mini-ds3232.shtml>.
22. ROBOTSTORE. 2022. Dostupné tiež z: <http://robotstore.cz/obchod/arduino/ds3234-spi-rtc-presny-arduino-modul-realneho-casu/>.
23. HACKADAY. *Choosing The Right RTC For Your Project*. 2020. Dostupné tiež z: <https://hackaday.com/2020/09/30/choosing-the-right-rtc-for-your-project/>.
24. ŠIMON, Fibr. *Náhrada konvenčního osvětlení tunable white svídkly*. 2020. Dipl. pr. České vysoké učení technické v Praze. Vypočetní a informační centrum.
25. KOHLI, Himani; SRIVASTAVA, Sangeeta; SHARMA, Sanjeev Kumar; CHOUHAN, Satish; OZA, Manan. Design of Programmable LED Based Phototherapy System. *International Journal of Optics*. 2019, roč. 2019.

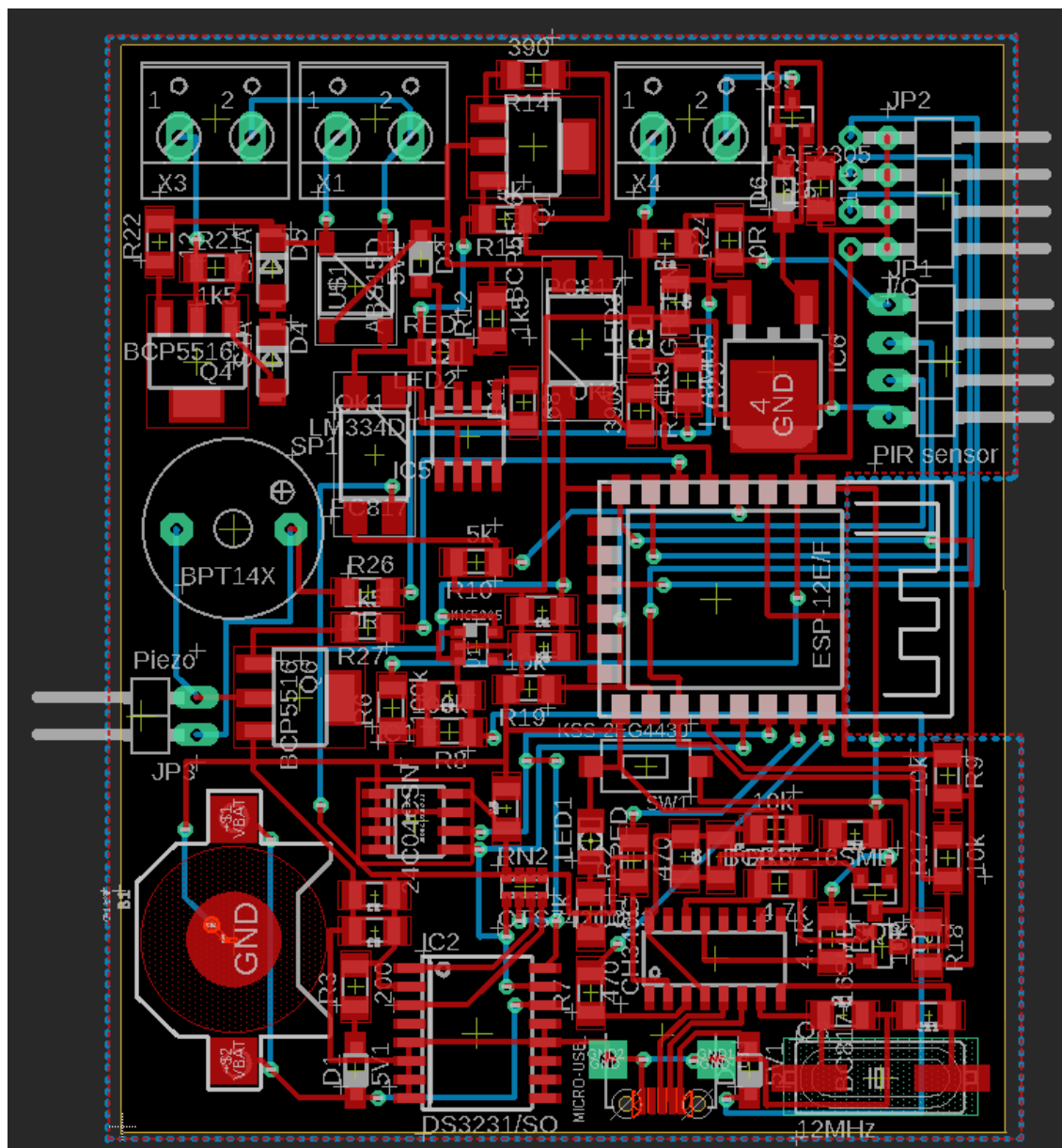
Prílohy

A Schéma zpojenia

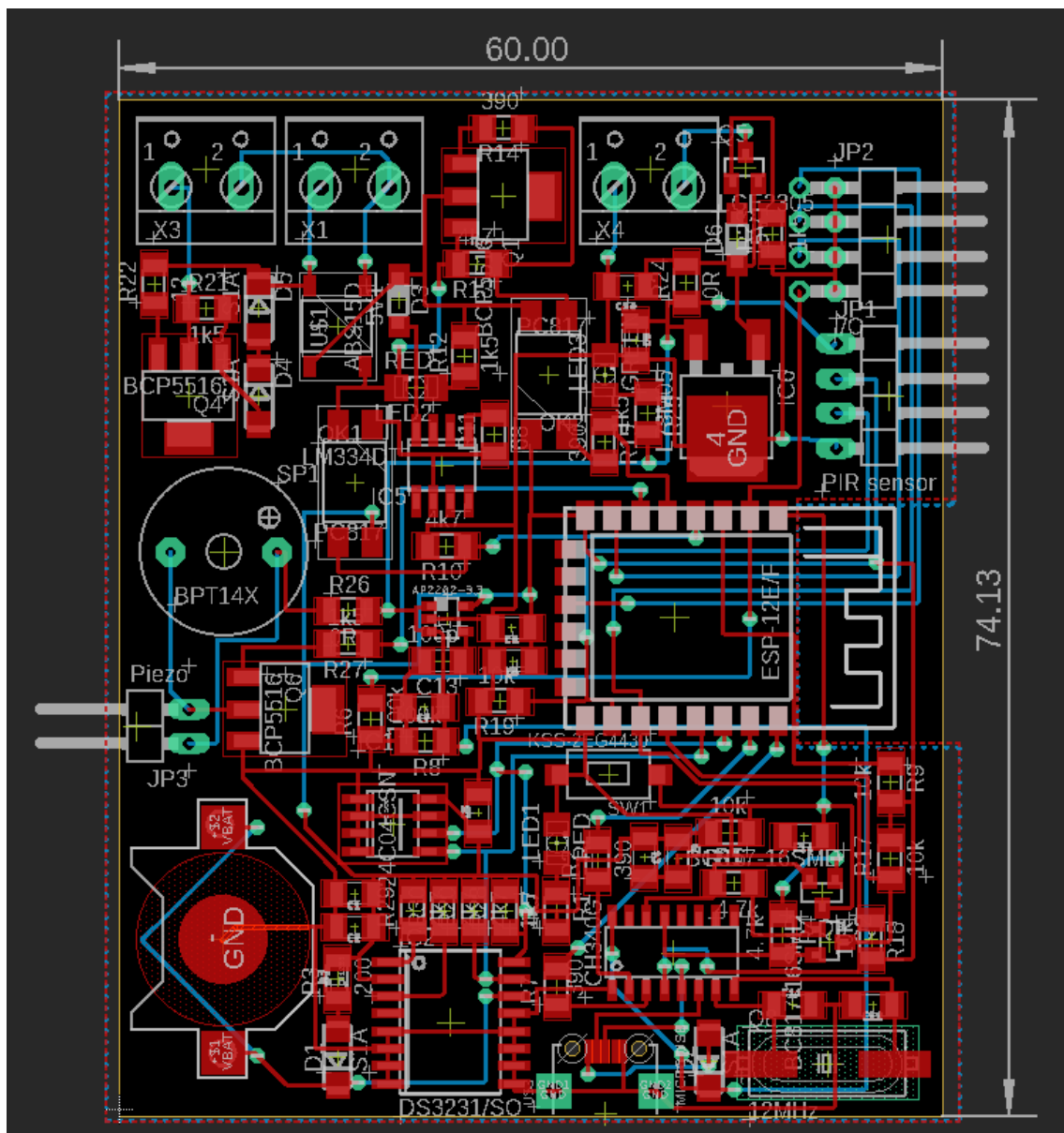


Obr. 7: Celková schéma, podľa ktorej sa vytváral návrh plošného spoja.

B Návrh dosky plošného spoja

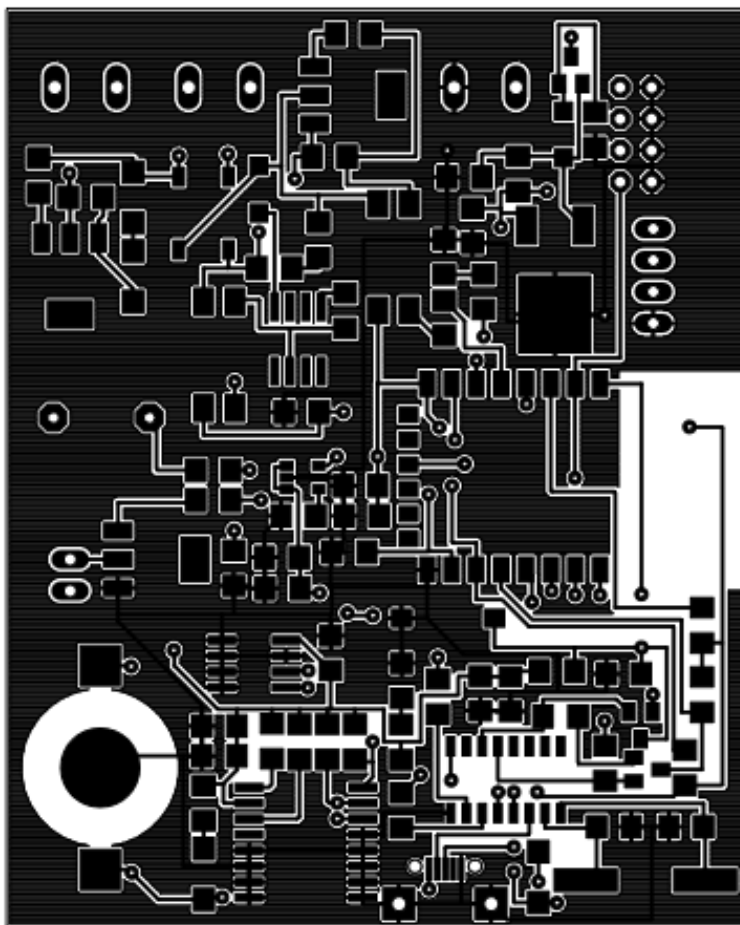


Obr. 8: Celkový návrh plošného spoja, ktorý bol zaslaný do výroby.

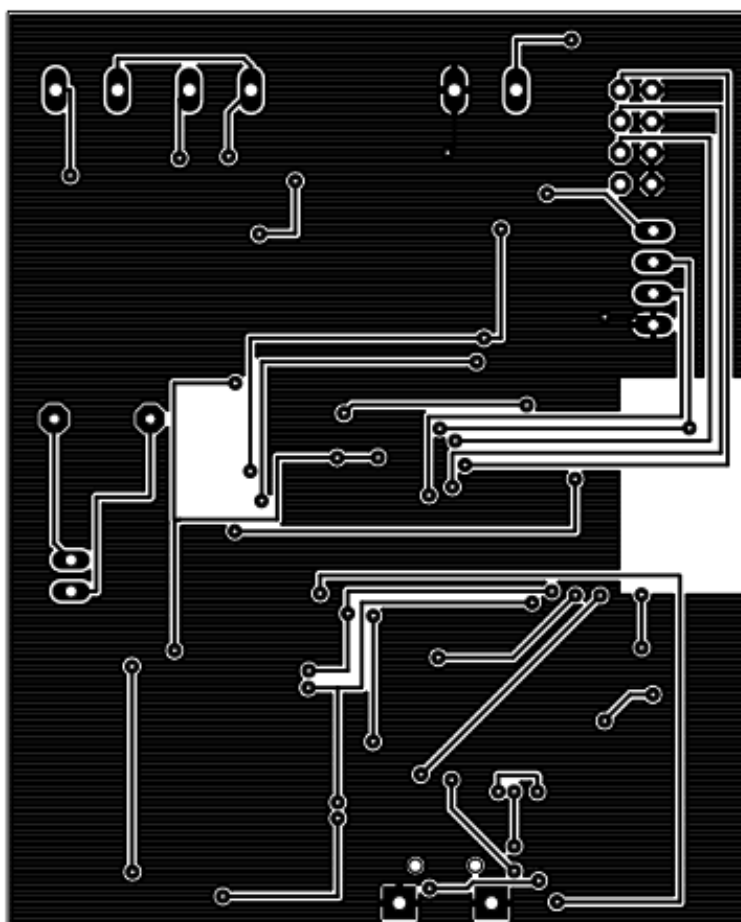


Obr. 9: Celkový návrh plošného spoja, po opravách zistených pri výrobe.

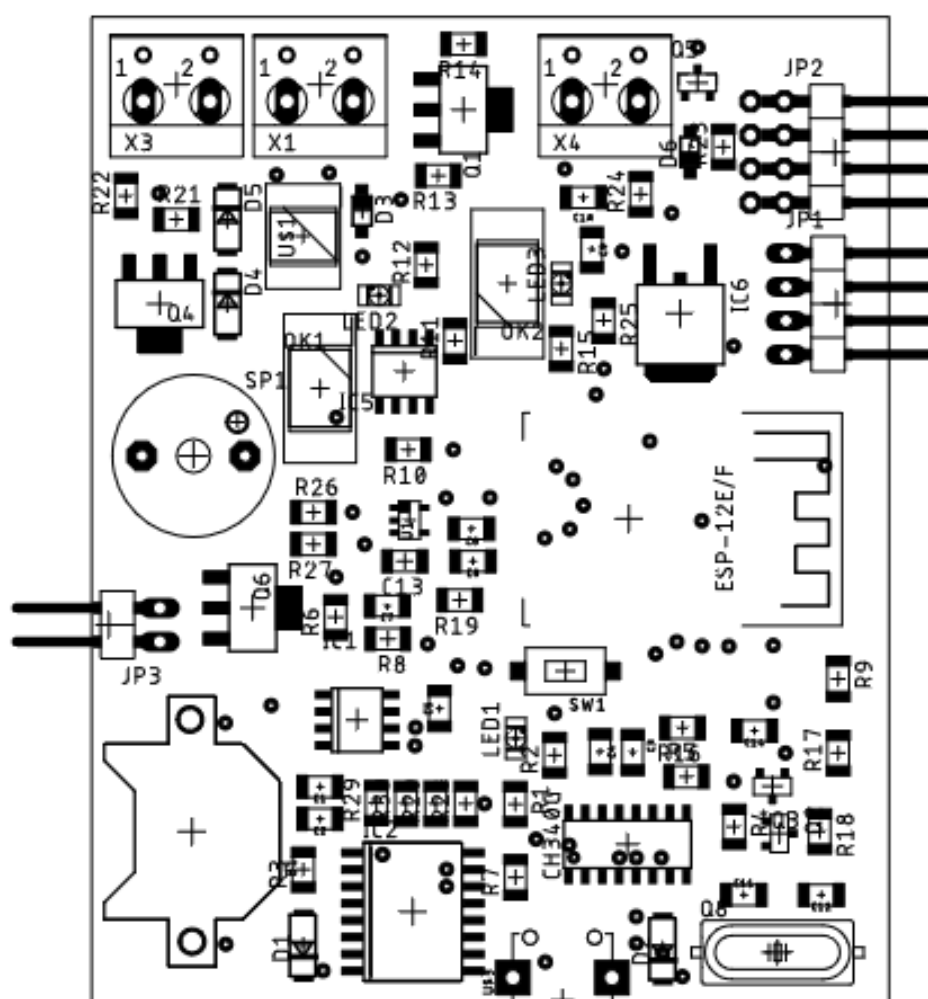
C Náhľad



Obr. 10: Náhľad na hornú stranu riadiacej jednotky.



Obr. 11: Náhlad na spodnú stranu riadiacej jednotky.



Obr. 12: Plán osadenia súčiastok na doske.