UNIVERZITA PARDUBICE
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Inteligentní osvětlení

Martin Habr

Bakalářská práce
2018

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Martin Habr**
Osobní číslo:	**I15030**
Studijní program:	**B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor:	**Komunikační a mikroprocesorová technika**
Název tématu:	**Inteligentní osvětlení**
Zadávající katedra:	**Katedra elektrotechniky**

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je návrh inteligentního spínače osvětlení. Spínač osvětlení bude schopný reagovat na signál od mechanického snímače, bude schopný režimu automatické detekce pohybu a rozsvěcení na základě potřeby přisvítit při nedostatku světla při detekci pohybu. Ovládání by mělo být možné i vzdáleně, buď na základě sběrnice používané pro osvětlení, nebo bezdrátově. Teoretická část práce bude obsahovat rozbor problematiky, popis možnosti řešení detekce pohybu (PIR, dopplerovské snímače), rozbor možnosti detekce intervalu vhodného pro automatické osvětlení (měření intenzity světla, časový rozvrh), přehled sběrnic používaných v osvětlení. Praktická část bude obsahovat návrh a realizaci modulu pro automatické osvětlení.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

[1] VÁŇA, V. Mikrokontroléry ATMEL AVR: popis procesoru a instrukční soubor. Praha: BEN technická literatura, 2003.336 s. ISBN 978-80-7300-083-0.
[2] VÁŇA, V. Mikrokontroléry ATMEL AVR: programování v jazyce C. Praha: BEN technická literatura, 2003. 216 s. ISBN 978-80-7300-102-0.
[3] VLACH, J. Řízení a vizualizace technologických procesů. Praha: BEN technická literatura, 2002. 160 s. ISBN 978-80-86056-66-X.
[4] BRTNÍK, B. Základní elektronické obvody. Praha:BEN technická literatura, 2011. 156s. ISBN 978-80-7300-408-8
[5] RIPKA, P.; TIPEK, A. Master Book of Sensors. Praha : BEN, 2003. ISBN 0-12-752184

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

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

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.
děkan

L.S.

Ing. Jan Pidanič, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 15. prosince 2017

Prohlášení autora

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

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 30. 11. 2018 Martin Habr

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce za vypůjčení potřebného vybavení a cenné rady, které mi pomohly s danou problematikou. Dále bych moc rád poděkoval rodině nejen za podporu při tvorbě bakalářské práce, ale také za podporu a zajištění po dobu celého studia. V neposlední řadě bych moc rád poděkoval mé přítelkyni, která mi byla oporou při studiu a hlavně při tvorbě bakalářské práce.

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací zařízení automatického spouštěče osvětlení, který je možné spouštět mechanickým tlačítkem, dálkovým ovládáním a při snížené intenzitě osvětlení pohybovým senzorem. V teoretické části se pojednává o pohybových detektorech, detektorech osvětlení a o sběrnicových systémech, které jsou používané ve světelné technice. V praktické části je vysvětlen návrh a zhotovení samotného zařízení.

Klíčová slova

mikroprocesor, DPS, pohybový senzor, osvětlení

Title

Smart light

Annotation

The aim of this bachelor thesis is to design and create a motion sensor device, which can be activated by a push button, remote control and a motion sensor used in case of low light intensity. The theoretical part is dedicated to motion and light sensors as well as bus system used in light technology. The practical part describes the design and creation of the device.

Keywords

Microprocessor, PCB, motion sensor, lighting

Obsah

Seznam zkratek **8**
Seznam obrázků **9**
Úvod **10**
1 Úvod do problematiky **11**
1.1 Podobné produkty na trhu 11
1.1.1 ORNO CR 248 DO 11
1.1.2 Detektor pohybu Siemens Delta 12
1.1.3 Panlux LM71000001 12
2 Detekce pohybu **13**
2.1 Světelná závora 13
2.2 Dopplerovský senzor 14
2.2.1 Mikrovlnná čidla 14
2.2.2 Ultrazvuková čidla 15
2.2.3 Pasivní Infračervená čidla (PIR) 15
3 Detekce intervalu vhodná pro osvětlení **17**
3.1 Časový interval 17
3.2 Detekce světla 17
3.2.1 Fotodioda 17
3.2.2 Fototranzistor 19
3.2.3 Fotorezistor 20
4 Sběrnicové systémy **21**
4.1 Sběrnicový systém DALI 21
4.1.1 Komunikace 21
4.1.2 Elektroinstalace 22
4.1.3 Výhody a nevýhody DALI instalací 23
5 Volba Součástek **24**
5.1 Volba MCU 24
5.1.1 ATmega8a 24
5.1.2 ATtinny13a 24
5.2 Volba senzoru intenzity osvětlení 25

5.3 Volba pohybového senzoru ... 25
5.4 Volba dálkového ovládání ... 26
5.4.1 TSOP31236 ... 26
5.4.2 TSAL6200 ... 26
5.5 Volba výstupního spínače ... 26
5.6 Volba napájení ... 27
5.6.1 Napájení zařízení ... 27
5.6.2 Napájení ovladače ... 27
6 Návrh schéma a návrh DPS ... 28
6.1 Zapojení zařízení ... 28
6.1.1 Zapojení napájení ... 28
6.1.2 Zapojení MCU ... 28
6.1.3 Zapojení TSOP31236 ... 30
6.1.4 Zapojení Světelného senzoru ... 31
6.1.5 Zapojení spínání relé ... 31
6.1.6 Zapojení modulu senzoru PIR ... 32
6.2 DPS zařízení ... 33
6.3 Návrh ovladače ... 34
7 Programování ... 35
7.1 Program pro zařízení ... 35
7.1.1 Nastavení INT0 a INT1 ... 36
7.1.2 Přerušení INT1 ... 36
7.1.3 Přerušení INT0 ... 36
7.1.4 Nastavení časovače ... 37
7.1.5 Nastavení a výpočet ADC ... 37
7.2 Program pro ovladač ... 39
7.2.1 Nastavení čítače ... 39
7.2.2 Nastavení INT0 ... 40
7.2.3 Přerušení INT0 ... 40
7.2.4 Funkce vysílání signálu ... 41
7.2.5 Nastavení režimu spánku ... 42
8 Oživení a popis hotového zařízení ... 43
8.1 Popis a oživení zařízení ... 43

8.2 Popis a oživení ovladače..... 44
9 Výsledný vzhled a parametry výrobku..... 45
Závěr..... 46
Literatura..... 47

Seznam zkratek

PN	je rozhraní polovodiče typu P a polovodiče typu N
IČ	Infra Červené
PIR	Passive Infra Red
DALI	Digital Addressable Lighting Interface
MCU	MicroController Unit
MLF	Micro-LeadFrame
TQFP	Thin Quad Flat Pack
PDIP	Plastic Dual In-line Package
RISC	Reduced Instruction Set Computer
SRAM	Static Random-Access Memory
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
FLASH	Flash memory
AD	Analog to Digital
ADC	Analog to Digital Converter
CMOS	Complementary Metal–Oxide–Semiconductor
DC	Direct Current
AC	Alternate Current
DPS	Deska Plošných Spojů
ISP	In Systém Programming
CTC	Clear To Compare
PWM	Pulse Width Modulation

Seznam obrázků

Obrázek 1 – ORNO CR 248 DO [1] 11
Obrázek 2 – Detektor pohybu Siemens Delta [2] 12
Obrázek 3 – Panlux LM71000001 [3] 12
Obrázek 4 – Princip světelné závory na dopravním páse 13
Obrázek 5 – Princip Dopplerovského senzoru [4] 14
Obrázek 6 – Soustředění paprsků záření pomocí Fresnelových čoček [5] 16
Obrázek 7 – V-A charakteristika fotodiody [6] 18
Obrázek 8 – V-A charakteristika fototranzistoru [6] 19
Obrázek 9 – Rozložení vodičů v kabelech použitelných v DALI [7] 22
Obrázek 10 – Ukázka příkladů DALI instalace [8] 23
Obrázek 11 – Závislost odporu na osvětlení [11] 25
Obrázek 12 – Modul HC-SR505 25
Obrázek 13 – Schéma zapojení napájecí část 28
Obrázek 14 – Ukázka zkrácení smyčky pomocí kondenzátoru [18] 29
Obrázek 15 – Schéma zapojení resetového tlačítka 29
Obrázek 16 – Schéma zapojení tlačítka 30
Obrázek 17 – Schéma zapojení ISP konektoru 30
Obrázek 18 – Schéma zapojení IČ přijímače TSOP31236 30
Obrázek 19 – Schéma zapojení světelného senzoru 31
Obrázek 20 – Schéma zapojení relé 32
Obrázek 21 – Schéma zapojení PIR modulu 32
Obrázek 22 – Rozložení součástek horní strany DPS 33
Obrázek 23 – Rozložení součástek ze spodní strany DPS 33
Obrázek 24 – Rozložení součástek z horní a spodní strany DPS 34
Obrázek 25 – Vývojový diagram hlavního programu 35
Obrázek 26 – Vývojový diagram načítání přijímaného signálu 36
Obrázek 27 – Určení hodnoty odporu ze závislosti odporu na intenzitě osvětlení [11] 38
Obrázek 28 – Vývojový diagram hlavního programu ovladače 39
Obrázek 29 – Vývojový diagram přerušení při stisku tlačítka 40
Obrázek 30 – Časový průběh signálu 41
Obrázek 31 – Vývojový diagram vysílání signálu 41
Obrázek 32 – Osazená DPS zařízení 43
Obrázek 33 – Osazená DPS ovladače 44
Obrázek 34 – Propojení ovladače a 6-Pin ISP 44
Obrázek 35 – Zhotovený výrobek 45

Úvod

Úkolem této bakalářské práce je vytvoření návrhu a realizace inteligentního spínače, který reaguje na mechanické tlačítko, bude umožňovat automatický režim, který při sníženém osvětlení aktivuje pohybový senzor a při detekci pohybu sepne osvětlení. Dále by se daný spínač měl dát sepnout vzdáleně a to tak, že ho buď bude možné připojit na sběrnicový systém využívaný v osvětlení, nebo ho bude možné spínat bezdrátově. V teoretické části bude probrána problematika pohybových senzorů, možností určení doby intervalu pro automatické osvětlení a představení sběrnic užívaných v osvětlení.

Nejprve se práce zabývá seznámením s danou problematikou a představuje obdobné automatické spínače, které se prodávají na českém trhu. Tvorba této bakalářské práce byla inspirována zmíněnými výrobky.

V teoretické části jsou popsány možnosti detekce pohybu, možnosti detekce intervalu vhodného pro použití v osvětlení a přehled sběrnicových systémů užívaných ve světelné technice.

Mezi popsané detektory pohybu patří světelná závora a různé druhy dopplerovských senzorů počínaje od mikrovlnných čidel, přes čidla ultrazvuková až po PIR čidla. Vybrané možnosti detekce intervalu popisují problematiku časového intervalu a následně snímání intenzity osvětlení pomocí fotocitlivých součástek, jejichž princip je podrobněji rozebrán. V práci je dále představen jeden nejznámější a nejvyužívanější sběrnicový systém užívaný v osvětlení a to konkrétně systém DALI.

Praktická část popisuje výběr jednotlivých částí, u vybraných dílů jsou dále rozebrány jejich parametry. Dále se práce věnuje popisem zapojení jednotlivých částí, návrhem DPS a problematikou samotného programu. V poslední části je vysvětleno oživení a popis funkcí zhotoveného zařízení.

1 Úvod do problematiky

S postupem času i technologií se rozvíjejí systémy pro ulehčení běžného života. S růstem technologií a poklesem výrobních nákladů dochází k rozšíření takovýchto zařízení do běžných domácností a toto vybavení přestává být nadstandardní, do inteligentních zařízení pro domácnost se řadí spousta výrobků od inteligentního osvětlení, přes různá zabezpečení, hudební systémy až po domácí pomocníky jako jsou robotické vysavače, sekačky, čističe oken a mnoha dalších zařízení.

Jako inteligentní osvětlení lze považovat různá zařízení počínaje pouhým pohybovým senzorem spínající osvětlení až po složité rozsáhlé domácí systémy, které umožňují ovládání například pomocí mobilního telefonu, umožnují regulaci jasu, barvy polohy osvětlení a spousta dalších možností.

1.1 Podobné produkty na trhu

Na trhu se vyskytuje spousta výrobků. Zde je výběr několika příkladů zařízení, jejichž funkce byli inspirací pro tvorbu této bakalářské práce.

1.1.1 ORNO CR 248 DO

Jedná se o stropní spínač osvětlení, spínač má PIR pohybový senzor snímající zorné pole 360° do vzdálenosti 6 m, čas sepnutí lze nastavit od 10 s do 15 min, dále lze nastavit intenzita, při které zařízení bude spínat v rozsahu od 3 do 2000 lux. Možnost ovládání pomocí dálkového ovládání pracujícího na frekvenci 433,92 MHz s dosahem až 30 m, pomocí kterého jde zařízení spínat a nastavovat. Maximální spínaný výkon je 2000 W. Cena tohoto výrobku se v současné době pohybuje okolo 500 Kč. Výrobek je vyobrazený na obrázku (Obrázek 1). [1]

Obrázek 1 – ORNO CR 248 DO [1]

1.1.2 Detektor pohybu Siemens Delta

Jedná se spínač osvětlení, který lze připevnit na stěnu či strop. Spínač má PIR pohybový senzor snímající zorné pole 290° do vzdálenosti 16 m, doba sepnutí lze nastavit od 5 s do 30 min, intenzita, při které bude zařízení spínat, lze nastavit v rozsahu od 0,5 do 100 lux. K zařízení je také k dispozici IČ dálkové ovládání s dosahem do 5 m, pomocí kterého lze spínat funkce časové zpoždění sepnutí a pevně nadefinované programy. Spínaný výkon je do 2300 W, spínacím členem je relé. Cena výrobku se v současné době pohybuje okolo 3 800 Kč. Výrobek je vyobrazený na obrázku (Obrázek 2). [2]

Obrázek 2 – Detektor pohybu Siemens Delta [2]

1.1.3 Panlux LM71000001

Jedná se o jednoduchý nástěnný pohybový spínač, který má PIR pohybový senzor spínající zorné pole do 180° do vzdálenosti 12 m, doba sepnutí lze nastavit od 10 s do 7 min. Intenzita, při které zařízení spíná, lze nastavit v rozsahu 3 až 2000 lux. Maximální spínaný výkon je 1200 W. Cena výrobku se v současné době pohybuje okolo 200Kč. Výrobek je vyobrazený na obrázku (Obrázek 3). [3]

Obrázek 3 – Panlux LM71000001 [3]

2 Detekce pohybu

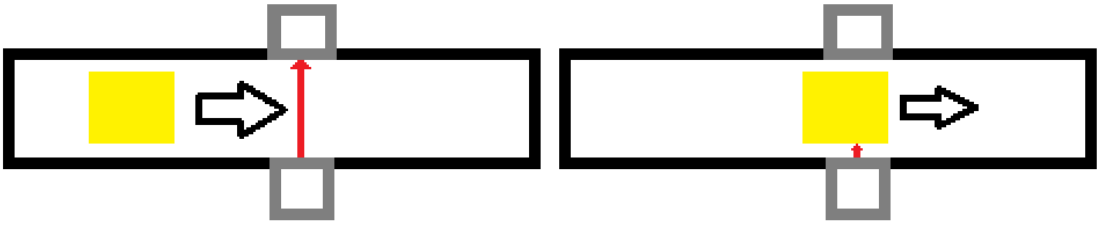
K detekci pohybu lze použít více způsobů. Záleží na více kritériích, například o jaký typ předmětu jde, popřípadě z jakého materiálu, na jakou vzdálenost chceme pohyb detekovat s jakou přesností a popřípadě jestli nás zajímá hodnota vzdálenosti nebo přesné umístění pohybujícího se předmětu či osoby, nebo zda nám stačí, že byl pohyb detekován. V našem případě jde o detekci osoby a jako výstup nás zajímá, zda byl pohyb zaznamenán, či nikoli.

2.1 Světelná závora

Světelná závora paří mezi bariérová čidla, často slouží k zabezpečení objektu nebo k detekci předmětu například na dopravním páse. Světelná závora se skládá ze dvou částí vysílače a přijímače. Základním dělením světelných závor je na viditelné a neviditelné závory.

Viditelné světelné závory se využívají především v průmyslu nejčastěji k detekci předmětu na dopravním páse nebo k vymezení prostoru okolo stroje. Jako vysílač se používá dioda s velice malým rozptylem paprsků, nejideálnějším příkladem vysílače u viditelné světelné závory je laserová dioda. V zabezpečovacích systémech se tyto světelné závory příliš nepoužívají z důvodu snadného odhalení a následného překonání.

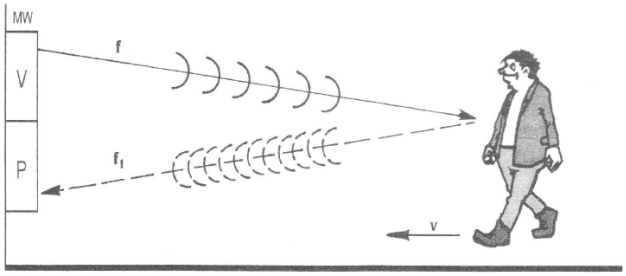
Infračervené závory se skládají vždy z aktivní části, což je vysílač, nejčastěji dioda s velice malým rozptylem paprsků světla, a dále se skládá z pasivní části, což je přijímač světelného záření. Z vysílače je vysílán paprsek buď neustále, nebo přerušovaný s určitou frekvencí, a přijímač tento paprsek zpracovává, pokud dojde k přerušení paprsku nebo ke snížení úrovně dojde k detekci pohybu. Dle složitosti provedení je lehčí či složitější oklamání daného zařízení a následné znemožnění detekce. Znemožnění oklamání detekce pohybu je obzvlášť důležité v zabezpečovací technice, kde světelná závora funguje jako bezpečnostní prvek. Na obrázku (Obrázek 4) je vyobrazená detekce předmětu na dopravním páse pomocí světelné závory. [4]



Obrázek 4 – Princip světelné závory na dopravním páse

2.2 Dopplerovský senzor

Dopplerovské senzory využívají šíření elektromagnetických vln v prostoru. Takovýto senzor se skládá z vysílače a přijímače. Vysílač vysílá elektromagnetické vlny o určité frekvenci. Vlny z vysílače se šíří k objektu, od něhož se odrazí a směřují zpátky k přijímači, který vyhodnocuje přijímaný kmitočet. Pokud se vlny odráží od nepohybujícího předmětu, tak je přijímaný kmitočet shodný s vysílaným kmitočtem, ale pokud jde o pohybující se předmět, tak se přijímaný kmitočet liší a to tak, že pokud se objekt přibližuje tak se přijímaný kmitočet zvyšuje a naopak. Tento jev je dám Dopplerovým efektem, proto jsou tyto čidla označován jako Dopplerovská. Na obrázku (obrázek 5) je vyobrazena změna frekvence při přibližování osoby k Dopplerovskému senzoru. [4]



Obrázek 5 – Princip Dopplerovského senzoru [4]

2.2.1 Mikrovlnná čidla

Tato čidla jsou většinou za vysokou cenu a v počátcích měli velikou spotřebu elektrické energie. Mikrovlnná čidla využívají vysílání na kmitočtu elektromagnetického vlnění v oblasti mikrovln. Na těchto kmitočtech je snížená prostupnost přes běžné stavební materiály jako je zeď dřevo a sklo a pokud prochází tak jen nepatrně, což je výhodou a zamezuje detekci pohybu mimo námi potřebný objekt. Tyto čidla používají plošné antény, které omezují jednu z negativních vlastností Mikrovlnných čidel a tou je zpětné vyzařování (za čidlo). Nejčastěji pracují v kmitočtových pásmech 2,5 GHz, 10 GHz a 24 GHz. Nejčastější charakteristika je kosinová, což znamená, že největší citlivost je v ose zářiče a nejmenší je kolmo k ose. Instalace probíhá tak, aby nedocházelo k rušení z okolních prostor, protože mikrovlny mohou částečně procházet tenkými stěnami a mohli by být detekovaný pohyb například projíždějícím výtahem nebo protékající vodou v plastových trubkách. V blízkosti mikrovlnných čidel nesmí být kovové nebo pokovené předměty jak o jsou například mříže, kovové dveře, zrcadla. Obzvlášť nevhodné jsou předměty s rovným povrchem, od kterých se mikrovlny odrážejí a tím mění detekční charakteristiku, proto čidlo s určitým dosahem může například v úzkých rovných chodbách detekovat na mnohonásobě delší vzdálenost než je uváděno. Dále nesmějí být použita mikrovlnná čidla v prostorách se silným elektromagnetickým rušením například spínání zářivkového osvětlení, dále by se v detekovaném prostoru neměla nacházet žádná zvířata. Kombinace více mikrovlnných čidel v jednom prostoru je možná pouze tehdy, pokud každé čidlo pracuje v jiném frekvenčním pásmu, nebo pokud zamezíme vzájemné ovlivňování čidel. [4]

2.2.2 Ultrazvuková čidla

Ultrazvuková čidla vytváří kolem sebe ultrazvukové pole na frekvenčním pásmu 20 až 45 kHz, toto pásmo leží nad hranicí slyšitelnosti lidského ucha, určitá zvířata mohou tyto frekvence slyšet například pes, nebo netopýr. Vysílačem je akustický zářič, který je podobný jako reproduktor, ten vysílá do prostoru vlnění o konstantním kmitočtu. Pokud se v prostoru nic nepohybuje tak se v prostoru vytvoří stojaté vlnění, přijímač tyto vlny vyhodnotí jako stejnou k vlně vyslané. Při pohybu tělesa v prostoru se změní fáze přijatého vlnění, tuto změnu fáze vyhodnotí elektronika a vyhodnotí ji jako detekci pohybu. Čidla by měly být instalovány tak, aby pravděpodobný pohyb směřoval k čidlu či od něho. Dosah ultrazvukových čidel je omezen velikým útlumem ve vzduchu a maximální detekovaná vzdálenost se pohybuje nejčastěji do 10 m. Měli bychom zohlednit také odrazivost těles v prostoru, čím hladší a tvrdší povrch tím je menší pohlcování a dochází k lepšímu odrazu ultrazvukových vln, v prostorách kde jsou koberce, nebo různé pěnové materiály dochází k absorbování ultrazvukových vln. Dále musíme dát pozor na umístění čidla tak, aby nám detekovaný pohyb nebyl způsoben průvanem, prouděním ventilace či topením. Nejčastější použití těchto senzorů nebývá k detekci pohybu, ale k určování vzdálenosti, v tomto případě elektronika neporovnává fázi, ale měří čas, za který se vyslaná ultrazvuková vlna vrátí zpět k přijímači. [4]

2.2.3 Pasivní Infračervená čidla (PIR)

Pasivní Infračervená čidla dále označována jako PIR se v současnosti řadí k nejrozšířenějším senzorům pohybu. Principem senzorů PIR je detekce IČ záření, dále označováno pouze jako IČ záření. Každé těleso, které má vyšší teplotu jak absolutní nula, tj. vyšší než - 273,15°C, vyzařuje elektromagnetické záření označované jako teplotní záření. Se vzrůstající teplotou se zkracují vlnové délky. IČ záření je označováno přibližně do teploty 560°C, od této teploty začíná být záření viditelné a lidským okem je vnímáno jako světlo. Živé organizmy vyzařují IČ záření o vlnových délkách v rozmezí 8 až 10 μm, lidské tělo o teplotě přibližně 35 – 37°C vyzařuje nejvíce záření o vlnových délkách 9,3 – 9,4 μm.

Nejdůležitějším prvkem PIR je pyroelement, je to polovodičová součástka podobná fototranzistoru, ale jeho největší citlivost je posunutá do oblasti IČ záření. Žádný pyroelement nelze vyrobit ideálně na určitou vlnovou délku, lze pouze zvýšit citlivost na infračervená záření oproti ostatním vlnovým délkám včetně viditelného světla, dále musíme zohlednit, že žádné těleso nevyzařuje pouze úzké spektrum IČ záření, ale širší spektrum ze kterého nás zajímá pouze určitá část.

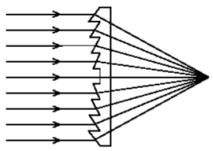
Pyroelement PIR čidla detekuje pouze změny dopadajícího záření, na stálou úroveň záření nereaguje. Jednoduchý pyroelement vyhodnotí předmět s rychle měnící se teplotou stejně jako pohyb zaznamenaný v jeho zorném poli, z tohoto důvodu se používají dvojité pyroelementy opačně polarizované zapojené do série, tudíž se jejich výstupní signály sčítají. Pokud se předmět vyzařující IČ záření nepohybuje, tak nám záření dopadá na oba pyroelementy současně a z důvodu opačné polarity se signál vyruší. V současné době se používají i čidla, která mají dva dvojité pyroelementy v jedno pouzdře s opačnou

polaritou. Jejich signály se navzájem porovnávají, což zvyšuje eliminaci nesprávnou detekci pohybu způsobenou okolním prostředím. PIR čidla umísťujeme tak, aby v ideálním případě směřovaly na určitou plochu o stejné teplotě, touto plochou může být zeď, ta nám slouží jako referenční vzorek pro vyhodnocení teplotních změn v detekovaném prostoru. Abychom zaznamenaly co nejvíce zón a co nejvíce změn v prostoru, používáme různé optické systémy.

Optika PIR čidel rozděluje snímaný prostor do detekčních zón, počet těchto zón je udán počtem segmentů zrcadla, počtem čoček, nebo geometrií předsazené mřížky. Tato optika soustřeďuje dopadající IČ záření z objektů nacházejících se v detekčních zónách na pyroelement. Optika PIR čidel se dělí na zrcadlovou a na optiku pomocí Fresnelových čoček.

Zpočátku byla používaná pouze kovová nedělená zrcadlová optika a průhled byl opatřen mřížkou před nebo za ochranou folií. Pozdějším vývojem došlo k vytvoření děleného zrcadla vyrobeného z plastu s napařenou kovovou odraznou vrstvou, tato zrcadla byla v některých případech také opatřena černou vrstvou, tím došlo k odfiltrování nežádoucích složek záření a tím na pyroelement dopadalo pouze IČ záření. Detekční zóna je dána geometrií jednotlivých částí zrcadla, tím můžeme zajistit různou ohniskovou vzdálenost.

Fresnelova čočka je nejhojněji využívaná čočka u senzorů PIR, využívá lomu paprsků, ten je vyobrazen níže na obrázku (Obrázek 6). Tyto čočky mají velice nízké výrobní náklady, jedná se o výlisek z plastické hmoty, který obsahuje soustavu čoček, které zajišťují rozdělení snímané ploch do detekčních zón. Nevýhodou Fresnelových čoček je, že nemohou zajistit různou ohniskovou vzdálenost jednotlivých čoček, to má za následek, že nejsou detekční zóny zaostřeny na pyroelement. Díky tomu získáme nižší amplitudu ještě před dalším zpracováváním signálu. Při pohybu malého objektu, například myši, v malé vzdálenosti od čidla může vyvolat velkou amplitudovou odezvu, což vede k nechtěné detekci pohybu v prostorách s možností výskytu hlodavců. Tento problém lze odstranit použitím zrcadlové optiky, která je cenově nákladnější.



Obrázek 6 – Soustředění paprsků záření pomocí Fresnelových čoček [5]

Mezi hlavní výhody PIR senzorů patří malá spotřeba a vysoká spolehlivost, do jednoho prostoru lze instalovat více čidel, aniž by docházelo ke vzájemnému ovlivňování, neboť tyto čidla nevyzařují žádnou energii. Mezi nevýhody se řadí příčiny vyvolání nechtěné detekce pohybu, jako jsou rychlé teplotní změny způsobené radiátory, nebo podlahovým topením, dále mohou vyvolat detekci pohybu faxovací zřízení, pohybující se závěsy zahřáté slunečním zářením nebo topením a také ho mohou způsobit zvířata: myši psi, kočky atd. [4]

3 Detekce intervalu vhodná pro osvětlení

Dobu aktivace výstupu, můžeme určit buď daným časovým intervalem, nebo měřením intenzity osvětlení a na základě hodnoty intenzity osvětlení určit zda je potřeba aktivovat výstup či nikoli.

3.1 Časový interval

Časový interval je vhodný v místech, kde je třeba osvětlení nebo jakékoli spuštění či aktivace senzoru v určité časové době. Hojně je této metody využíváno k osvitu terárií při chovu exotických plazů či podobných terarijních zvířat. Tyto zvířata vyžadují speciální osvětlení po určitou dobu dne, pokud toto chceme automatizovat, tak volba časového intervalu je pro toto použití velmi vhodná.

Použití časového intervalu pro spouštění osvětlení je ne příliš jednoduchá záležitost, své uplatnění samozřejmě má například v osvětlení průmyslových budovách kde je daná pevná pracovní doba, po kterou je požadováno dostatečné osvětlení. Pokud bychom časový interval chtěli použít pro domácí osvětlení spouštěné ve večerních a nočních hodinách, tak by v aplikaci měla být zohledněna měnící se délka dne během roku, což výrazně zvyšuje náročnost programu. Pokud nechceme, aby zařízení pracovalo neustále kuli uchování času, a při případném výpadku nechceme opět nastavovat čas, museli bychom promyslet problematiku zjišťování aktuálního času například pomocí internetu nebo pomocí rádiově řízeného času používaném například v budíkách. Nevýhodou časového intervalu je, že během dne může intenzita osvětlení klesnout pod požadovanou hodnotu osvětlení. Výhodou časového intervalu je, že je hlavní část řešena převážně programově, tudíž je minimalizovaná možnost planého sepnutí osvětlení. Dle mě je vhodnější variantou použití detektoru osvětlení.

3.2 Detekce světla

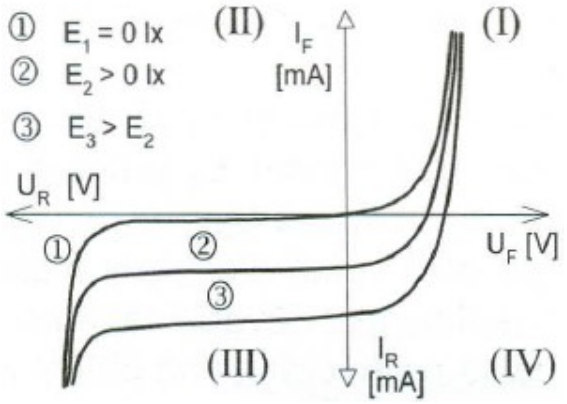
Detektory světla přeměňují optické záření na odpovídající elektrický signál. Tyto detektory se vyrábějí pro různá optická záření od ultrafialového až po infračervené. K detekci světla se využívají polovodičové součástky, mezi nejběžnější patří fotodioda, fototranzistor a fotorezistor, tyto součástky jsou níže podrobněji popsány.

3.2.1 Fotodioda

Dioda slouží k usměrnění střídavého proudu na stejnosměrný, propouští pouze kladnou složku signálu, pokud takovou to diodu upravíme tak, aby na ní mohlo dopadat optické záření tak je možné takovouto diodu použít jako fotocitlivou součástku.

Když na PN přechod nedopadá světelné záření tak dochází k uvolňování elektronů jen díky tepelné energii. Pokud dopadající záření je dostatečné dojde k uvolňování elektronů do vodivostního pásma a vznikají volné nosiče nábojů. Vstřebávání světelného záření je závislé na vlnové délce. Vlnová délka záleží na použitém materiálu, křemík je schopen absorbovat záření v rozsahu 250 nm – 1100 nm, gallium arsenid je schopen absorbovat

záření v rozsahu 800nm až 2 μm. Pro porovnání viditelné světelné záření se nachází mezi ultrafialovým a infračerveným zářením v rozmezí 390 – 760 nm. U fotodiody se využívá závěrného směru. Po připojení závěrného napětí se rozšíří ochuzená vrstva, tloušťka této vrstvy má veliký význam na funkci fotodiody.



Obrázek 7 – V-A charakteristika fotodiody [6]

Na obrázku (Obrázek 7) je vyobrazena voltampérová charakteristika, ze které se můžeme dozvědět, že se dioda využívá v závěrném směru a to konkrétně ve 3. a 4. kvadrantu voltampérové charakteristiky. Z toho vyplívá, že fotodioda může pracovat ve dvou režimech. První režim je označován jako odporový (fotovodivostní), kde se fotodioda chová jako spotřebič. Tento princip se používá pro detekci optického záření. Druhým režimem je hradlový (fotovoltaický), kde se fotodioda chová jako zdroj a dodává proud do obvodu se zátěží, přičemž si musíme dát pozor, aby nedošlo překročení napětí dané výrobcem pro závěrný směr. Tento režim se využívá v solárních panelech, které jsou tvořeny soustavami fotodiod. Činnost těchto článků se pohybuje okolo 15%.

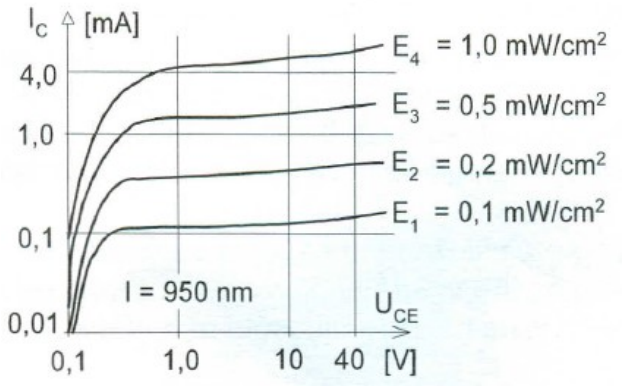
Fotodioda PIN má širší ochuzenou oblast oproti běžné fotodiodě, což snižuje možnost rekombinace nosičů náboje a tím se zvyšuje účinnost. Dochází také ke zvýšení rychlosti nosičů náboje. Tyto diody mohou pracovat na kmitočtech větších než 100GHz.

Schottkyho fotodioda má nižší kapacitu a tím pádem vykazuje menší parazitní odpor oproti PIN diodě, dosahují také vyšších mezních kmitočtů.

Lavinová fotodioda je vhodná pro použití pro aplikace s nízkou intenzitou osvětlení, v těchto diodách dochází, stejně jako u ostatních fotodiod, při dopadu fotonu ke vzniku volného páru nosičů náboje elektron-díra, ale oproti ostatním typům zde dochází k násobení z důvodu vzniku elektrického pole, které urychlí nosiče náboje a dochází k vyzáření dalších volných nosičů náboje z krystalické mřížky a tyto volné nosiče vyrážejí další nosiče a dochází k jevu zvaném fotonásobení. Fotonásobení se pohybuje v rozsahu desítek až stovek, což znamená, že když tato hodnota je například 50, tak při dopadu jednoho fotonu dojde k uvolnění přibližně padesáti nosičů náboje. Tyto fotodiody mají veliký význam pro přenos dat na velké vzdálenosti prostřednictvím optických kabelů, kdy dochází k velkému útlumu intenzity optického záření. [6]

3.2.2 Fototranzistor

Je to tranzistor, ve kterém lze řídit průchod nosičů náboje pomocí intenzity optického záření. Je uspořádán tak aby optické záření dopadalo v oblasti báze. Vyrábějí se ve dvou typech bez bázového vývodu, jedná se o častější provedení, a s bázovým vývodem, u něhož je možné ho řídit krom optického záření také elektrickým signálem do báze. Tyto tranzistory pracují na stejném principu jako běžné tranzistory pouze s rozdílem že dochází k zesilování fotoelektrického proudu.



Obrázek 8 – V-A charakteristika fototranzistoru [6]

Na obrázku (Obrázek 8) je vyobrazena voltampérová charakteristika fototranzistoru, parametrem jednotlivých průběhů je velikost energie dopadajícího záření E uváděná v mW/cm², také se můžeme setkat se závislosti průběhů na velikost osvětlení v Luxech.

Fototranzistor je díky složitější struktuře pomalejší jak fotodioda, doba odezvy se pohybuje v řádech desítek μs. Zapojení fototranzistorů je obdobné jako u běžných tranzistorů, takovýto tranzistor lze využít buď jako zesilovací prvek, kde je do určité velikosti intenzity osvětlení přímo úměrný výstupní signál vstupnímu signálu při překročení intenzity osvětlení dochází k saturaci, kdy se již kolektorový proud nezvětšuje. Pro pouhou dvoustavovou detekci úrovně osvětlení se využívá spínacího režimu. Pokud je osvětlení nedostatečné na výstupu je logická 0 při překročení dané intenzity fototranzistor přejde do saturace a na výstupu je logická 1. Pokud u tří vývodového provedení připojíme rezistor Rb a spojíme ho se zemí, tak můžeme zabránit sepnutí při malých intenzitách osvětlení, tím docílíme vyšší spolehlivosti spínání, pokud připojíme do báze napěťový dělič, tak můžeme pro naší aplikaci nastavit námi žádaný klidový pracovní bod.

Nejčastějším materiálem pro výrobu bývá křemík, který je citlivý v oblasti viditelného a infračerveného optického záření. Často tyto tranzistory jsou opatřeny světelným filtrem, který omezuje spektrální citlivost, aby nebyl tranzistor ovlivňován nežádoucími vlnovými délkami. [6]

3.2.3 Fotorezistor

Fotorezistor je polovodičová součástka bez PN přechodu. Dopadající světelné záření v něm vyvolá změnu elektrického odporu vlivem fotoelektrického jevu. Jeho odpor je nezávislý na směru protékajícího proudu. Jsou vyráběny z nedotovaného polovodičového materiálu. Jsou vyráběny tak, aby měly veliký odpor za tmy a malý odpor při osvětlení. Citlivost je dána závislostí intenzity optického záření na jeho odporu. Ve viditelném spektru mají největší citlivost fotorezistory vyrobené z materiálu CdS. Fotorezistory jsou velice závislé na teplotě, při nízkých intenzitách osvětlení nebo u větších vlnových délek je závislost větší. Teplotní ovlivnění zaviní teplotní šum. Nejčastější materiály jsou na bázi kadmia, olova a india. Nejběžnější materiály jsou: CdS, CdSe, PbS, PbSe.

Mezi důležité parametry patří hodnota odporu při určitém osvětlení a určité teplotě. Nejčastěji se udává hodnota odporu při 10 lux nebo 100 lux a při teplotě 25°C. Dále se udává velikost odporu za tmy, měří se přibližně 5s po přerušení osvětlení 10 lux, tato hodnota může dosahovat desítek kΩ až stovek MΩ. Mezi další parametry patří maximální přípustný ztrátový výkon udávaný převážně při teplotě 25°C. Dále také maximální provozní napětí při teplotě 25°C. A velice důležitým parametrem je rychlost odezvy, tato doba je závislá na použitém materiálu, mezi nejpomalejší se řadí CdS a mezi nejrychlejší patří InSb. U fotorezistorů se projevuje paměťový jev, fotorezistor si pamatuje hodnotu při skladování, tento jev lze minimalizovat tím, že budeme fotorezistor před použitím skladovat na světle.

Mezi výhody patří značná citlivost, snadné použití, nízká cena, možnost práce jak se stejnosměrným tak i střídavým napětím, a velikým poměrem odporu mezi osvětleným a neosvětleným odporem. Hlavními nevýhody fotorezistorů je dlouhá doba odezvy, velká teplotní závislost a poslední nevýhodou je že se projevuje stárnutí při provozu, což způsobí změnu odporu. [6]

4 Sběrnicové systémy

Hlavní myšlenkou těchto systému je vytvořit centrální systém ovládání osvětlení budov, tak aby jednotlivé prvky mezi sebou navzájem komunikovaly. Je více druhů sběrnicových systémů, které se používají pro světelnou techniku, jedním z nich je sběrnicový systém DALI (Digital Addressable Lighting Interface).

4.1 Sběrnicový systém DALI

Systém DALI obsahuje dva druhy zařízení, které mezi sebou komunikují, hlavním zařízením je tzv. master, ten je hlavní komunikační článek, který přijímá informace a rozesílá příkazy dalším zařízením ovládající osvětlení, které jsou označovány jako slave. Master zařízení mohou také komunikovat s dalšími Master zařízeními. [7]

4.1.1 Komunikace

Zařízení master má hlavní úkol ovládat zařízení typu slave, podává jim příkazy pomocí dvoubitových zpráv. Master taky často slouží jako komunikační rozhraní mezi s vyšším ovládacím prvkem a sítí DALI, nejčastější vyšší ovládací prvek je program v PC pomocí kterého můžeme definovat funkce jednotlivých zařízení. V DALI síti se může nacházet maximálně 64 zařízení typu master, tyto zařízení mezi sebou komunikují pomocí tříbitových zpráv. Maximální počet zařízení typu slave je 64, tyto zařízení mohou komunikovat pouze se zařízením typu master, od kterých dostávají dvoubitové zprávy. Slave zařízení odpovídají na příkazy typu Query pomocí jednobitových zpráv.

Rozesílání příkazů slave zařízením probíhá pomocí tří způsobů.

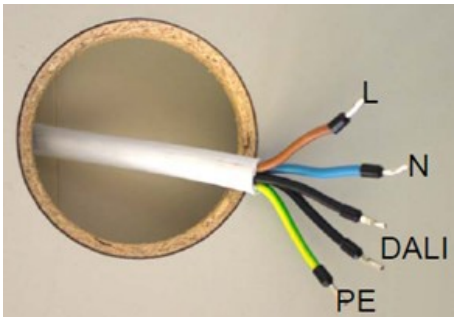
Prvním způsobem je Broadcast příkaz, ten přijmou všechna slave zařízení a zareagují na něj. Není vhodné tento příkaz používat, pokud očekáváme od slave odpověď na tento příkaz, protože všechna slave zařízení začnou vysílat odpověď současně.

Druhým typem příkazu je Individuální příkaz. Takovýto příkaz je určen pouze pro jediné konkrétní zařízení, které na něj zareaguje. Ostatní zařízení tento příkaz přijmou také, ale z adresy vyhodnotí, že není určen pro ně a příkaz zahodí.

Třetím typem příkazu je Skupinový příkaz. Tento příkaz zpracují pouze zařízení patřící do dané skupiny, ostatní zařízení příkaz přijmou a po vyhodnocení ho zahodí. Opět jako v prvním případě není vhodné používat tento příkaz, pokud očekáváme odpověď. Každé slave zařízení může být zařazeno až do šestnácti skupin. [7]

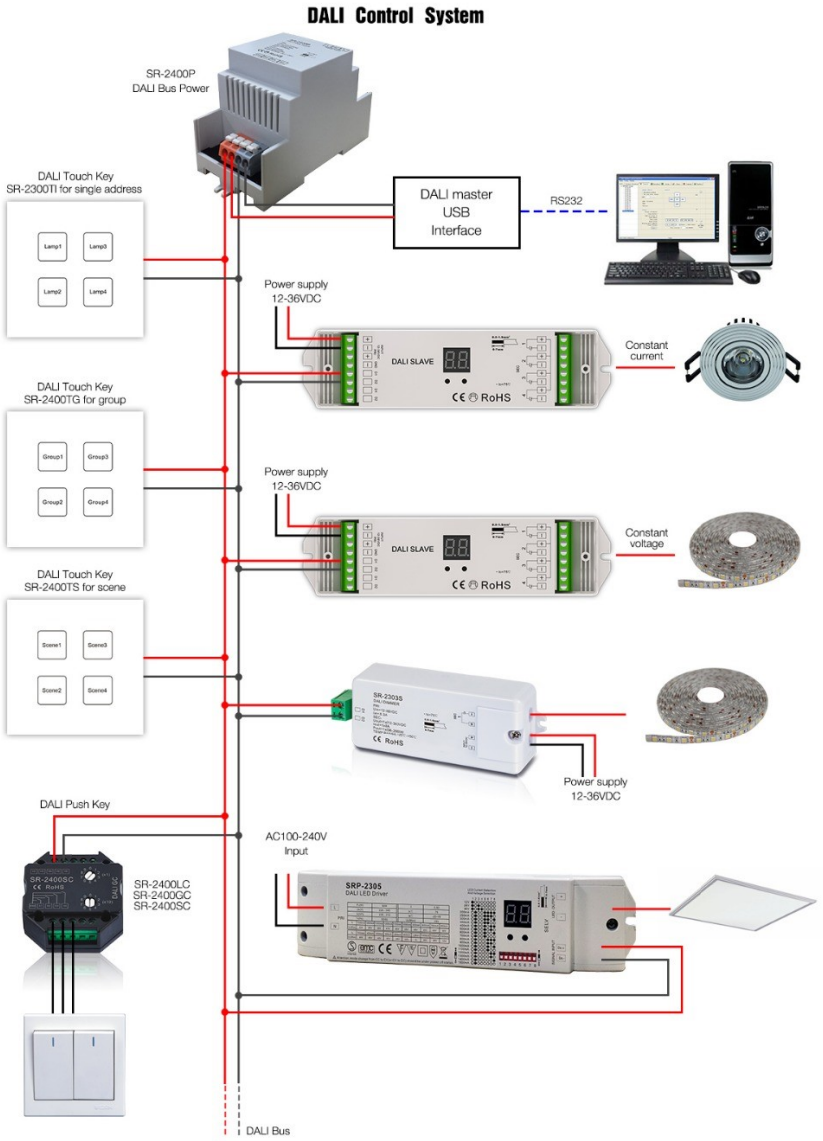
4.1.2 Elektroinstalace

Světelná zařízení typu slave se skládají ze dvou částí, první částí je předřadník který zpracovává příkazy od řídícího zařízení typu master, a druhou částí je samotné světlo v podobě žárovky, zářivky, led pásku a podobně. Na vstupu slave zařízení je dle normy nutné galvanické oddělení DALI sběrnice od mikroprocesoru předřadníku, toto oddělení se provádí pomocí optočlenů. Oddělení je z důvodu možného nesprávného zapojení vstupních vodičů tak, že by mohlo dojít k připojení napájení na místo DALI sběrnice. Pro přenos informací po sběrnici je potřeba dvou vodičů, tyto vodiče nemusí mít specifické parametry v podobě stínění. Z důvodu snížení nákladů jsou často DALI vodiče již obsaženy v kabelech s napájecími vodiči, ukázka napájecího kabelu obsahujícího DALI vodiče je vyobrazena na obrázku (Obrázek 9).



Obrázek 9 – Rozložení vodičů v kabelech použitelných v DALI [7]

U běžné elektroinstalace se vypínače stmívače a další ovládací zařízení se musí nacházet na začátku světelného obvodu, a pokud chceme ovládat všechna osvětlení z jednoho místa tak musíme použít velké množství kabelů. Kdežto v elektroinstalaci s použitím DALI sběrnice nezáleží, kde se jaký prvek nachází, tím docílíme nižších nákladů na rozvody. Vytvoření skupin světel a přiřazení k ovládacím prvkům se provádí přes konfigurační rozhraní pomocí programu v PC.



Obrázek 10 – Ukázka příkladů DALI instalace [8]

Na obrázku (Obrázek 10) je vyobrazeno vzorové schéma zapojení prvků ke sběrnici DALI, Na levé straně jsou uvedeny ovládací prvky a na pravé straně jsou zobrazena slave zařízení osvětlení, zde vidíme, že před každým prvkem osvětlení je předřadník. Na horní straně je vyobrazeno napájení DALI sběrnice a komunikační rozhraní. [7]

4.1.3 Výhody a nevýhody DALI instalací

Mezi výhody DALI instalací patří jednoduchá instalace, možnost libovolného přeskupení prvků při případných změnách v prostoru, úspory elektrické energie, možnost měření spotřeby jednotlivých světelných zařízení či skupin. Mezi nevýhody patří vyšší počáteční náklady při nákupu jednotlivých zařízení, nutnost konfigurace prvků přes počítač, omezení pouze na produkty podporující systém DALI. [7]

5 Volba Součástek

V tomto bloku je popsán výběr jednotlivých dílů, u kterých jsou představeny jejich parametry.

5.1 Volba MCU

Výběr mikroprocesoru proběhl z typů od firmy Atmel. Konkrétně pro zařízení byl vybrán mikroprocesor ATmega8a a pro ovladač mikroprocesor ATtinny13a. Volba byla provedena na základě nízké ceny, dobré dostupnosti a dostačujících parametrů pro tuto aplikaci. V rozhodování měly také roli předchozí pozitivní zkušenosti s těmito mikroprocesory.

5.1.1 ATmega8a

Mezi kritéria na volbu mikroprocesoru patří AD převodník, minimálně 2 piny pro externí přerušení, a minimálně 7 I/O portů. Tyto parametry dostatečně splňoval mikroprocesor ATmega8a. MCU je vyráběn ve třech provedeních v jednom vývodovém provedení v pouzdře PDIP a ve dvou variantách pro povrchovou montáž v pouzdrech TQFP a MLF. Volba byla provedena pro povrchovou montáž, konkrétně pro pouzdro TQFP z důvodů kompaktních rozměrů a relativně jednoduché montáže.

ATmega8a od společnosti ATMEL nyní MICROCHIP je osmibitový mikroprocesor založený na technologii CMOS. Mikroprocesor je založen na Harwardské architektuře, což znamená, že má oddělenou programovou paměť od paměti pro data, tato architektura má vyšší nároky na procesor, ale zabraňuje přepsání a zničení programu ukládanými daty. Pracuje s RISC instrukční sadou o počtu 130 instrukcí, která urychluje vykonávání složitějších instrukcí rozdělením do několika menších instrukcí, které se vykonávají v taktech oscilátoru, tím docílíme rychlejšího chodu aplikace, za ústupek že program bude zabírat více programové paměti. ATmega8a pracuje na frekvencích v rozsahu 0 – 16 MHz, pokud využijeme vnitřní oscilátor tak máme k dispozici taktovací frekvenci 1 MHz. Mikroprocesor má programovou paměť je typu FLASH o velikosti 8 kB, paměť pro data je typu EEPROM o velikosti 512 B a pracovní paměť typu SRAM o velikosti 1 kB. Dále má k dispozici dva osmibitové a jeden šestnáctibitový čítač/časovač, tři kanály PWM, osmi-kanálový ADC, dva externí zdroje přerušení. Provozní napětí je v rozsahu 2,7 až 5,5 V. [9]

5.1.2 ATtinny13a

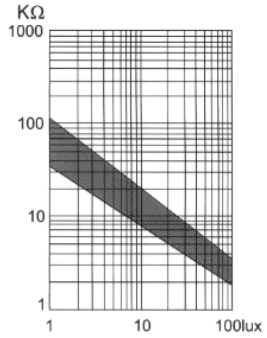
Pro dané využití byl požadovaný mikroprocesor malých rozměrů, který bude mít alespoň jeden pin pro externí přerušení, minimálně 2 I/O porty, časovač a dále aby mohl být napájen baterii. Těmto parametrům dostatečně vyhovoval mikroprocesor ATtinny13a. Ten je vyráběn ve více provedeních, jedno vývodové provedení a několik provedení pro povrchovou montáž. Pro dané využití byla zvolena variantu v pouzdře SOP-8 pro povrchovou montáž.

ATtiny13a je od společnosti ATMEL nyní MICROCHIP, je osmibitový mikroprocesor s Harwardskou architekturou a RISC instrukční sadou o počtu 120 instrukcí. Mikroprocesor má 1 kB FLASH paměť pro program, 64 B EEPROM paměti pro data a pracovní paměť 64 B SRAM. Dále má k dispozici jeden osmibitový čítač/časovač, dva kanály PWM, čtyř-kanálový desetibitový ADC, jeden externí zdroj přerušení. Pracuje na frekvencích v rozmezí 0 – 20 MHz, pokud využijeme vnitřní oscilátor tak mám k dispozici taktovací frekvenci 9,6 MHz. Provozní napětí je v rozsahu 1,8 – 5,5 V. [10]

5.2 Volba senzoru intenzity osvětlení

Pro snímání intenzity byla zvolena nejlevnější varianta, kterou je fotorezistor, neboť v této aplikaci není potřeba získávat přesnou hodnotu intenzity osvětlení, ale pouze dvoustavové spínání, zda je hodnota pod stanovenou hranicí nebo nad ní. Byl zvolen fotorezistor GL5528.

GL5528 má dle datového listu při osvětlení 10 Lux odpor 8 – 20 KΩ a při osvětlení 0 Lux odpor minimálně 1 MΩ. Níže na obrázku (Obrázek 11) je zobrazena závislost odporu v KΩ na osvětlení v Luxech. [11]



Obrázek 11 – Závislost odporu na osvětlení [11]

5.3 Volba pohybového senzoru

Pro detekci pohybu byl zvolen PIR senzor z důvodu poměrně dobré dostupnosti a častého využívání ve světelné technice, konkrétně byl zvolen již zhotovený modul HC-SR505, vyobrazený na obrázku (Obrázek 12). Jedná se o modul založený na čipu EG4001, který je navržen přímo pro PIR detektory.

Obrázek 12 – Modul HC-SR505

EG4001 je založen na technologii CMOS, s nízkou spotřebou 45 μA při 3 V a 75 μA při 5V. Je provozován na stejnosměrném napětí od 2,3 V do 6 V. Obsahuje dvoustupňový operační zesilovač, komparátor pro dva nezávislé napěťově snímače. Dále obsahuje

nastavitelný časovač spuštění. Tento čip je navržen především pro PIR senzory s použitím minimálního počtu externích součástek, což umožnuje malé rozměry provedení, tudíž to snižuje i výrobní náklady na senzory zhotovené s tímto čipem. [12]

HC-SR505 je pohybový PIR senzor, při detekování pohybu automaticky sepne na dobu 8 S ± 30%. Pracovní stejnosměrné napájecí napětí je v rozsahu 4,5 – 20 V. Klidový proud je uváděný v datovém listu nižší jak 60 μA. Detekční vzdálenost od senzoru je do 3 m. Rozměry modulu jsou velmi kompaktní 10 x 34 mm. [13]

5.4 Volba dálkového ovládání

Existuje spousta možností pro bezdrátovou komunikaci, paří mezi ně komunikace pomocí IČ záření, bezdrátová komunikace na frekvenci 433 MHz, bluetooth komunikace, wifi komunikace atd.

Komunikaci mezi ovladačem a samotným zařízením byla zvolena pomocí IČ záření, které se využívá běžně například ve většině ovladačích pro televize, DVD a podobná zařízení. Konkrétně byl zvolen přijímač TSOP31236 a jako vysílač byla použita IČ dioda tsal6200. Toto rozhodnutí bylo ovlivněno nízkými nákupními náklady a dobrou dostupností daných komponentů.

5.4.1 TSOP31236

TSOP31236 je přijímač IČ záření o nosné frekvenci 36 kHz. Maximální přenosová vzdálenost je dle datového listu uváděna až 35 m. Pracuje na stejnosměrném napětí v rozsahu 2,7 – 5,5 V. Při nečinnosti je na výstupním pinu aktivní jednička, a při přijmu signálu je výstup spínaný do nuly. Nejvyšší citlivosti dosáhneme s vlnovou délkou 950 nm. Jako vysílače se proto doporučují IČ diody s označením TSALxxxx. [14]

5.4.2 TSAL6200

TSAL6200 je IČ dioda o vlnové délce 940 nm. Vyzařovací úhel této diody je 17°. Napětí na diodě v propustném směru je v rozmezí 1,35 – 1,6 V. Odebíraný proud v propustném směru je 100 mA. Jedná se o vysoce zářivou diodu, která je vhodná pro provoz s vysokým impulzním proudem. Je vhodná pro použití v ovladačích jako vysílací dioda. Doba zotavení je dle datového listu udávána 15 ns, což umožňuje vysílání signálu na velmi vysokých frekvencích. [15]

5.5 Volba výstupního spínače

Jako výstupní spínač bylo zvoleno relé, jedná se o dvoustavový spínač, tudíž jím nelze ztlumovat osvětlení, ale pouze zapínat či vypínat. Hlavním požadavkem na relé bylo spínací napětí cívky, toto napětí mělo být 5 V DC, neboť celé zařízení je napájeno napětím 5 V. Konkrétně bylo zvoleno relé SRD-05VDC.

SRD-05VDC je relé, které lze spínat napětím 5 V DC. Odběr cívky při sepnutí je dle datového listu 90 mA. Relé může spínat proudy do hodnoty 10 A při 250 V AC a

do hodnoty 10 A při 30 V DC. Rychlost sepnutí je udávána maximálně do 10ms a rychlost rozpojení je udávána maximálně 5 ms. Životnost relé je 100000 sepnutí. [16]

5.6 Volba napájení

V tomto bloku je popsán výběr a typ napájecího napětí pro zařízení a pro ovladač.

5.6.1 Napájení zařízení

Napájení pro zařízení je zvoleno tak, aby bylo možné k zařízení připojit síťový adaptér o výstupním napětí v rozsahu 5 – 20 V DC. Toto napětí je následně stabilizováno lineárním stabilizátorem napětí s označením L7805.

L7805CV je lineární stabilizátor, který stabilizuje napětí z rozsahu 5 – 20 V na výstupní napětí 5 V ± 0,2 V. Stabilizátor můžeme zatížit odběrem proudu v rozsahu 5 mA – 1 A. [17]

5.6.2 Napájení ovladače

Ovladač je napájen pomocí baterie, z důvodu pohodlí a mobility. Konkrétně se jedná o často využívanou baterii CR2032, která má výstupní napětí 3 V. V tomto případě bylo vyžadováno kompaktních rozměrů a napětí minimálně 3 V, což tato baterie splňuje.

6 Návrh schéma a návrh DPS

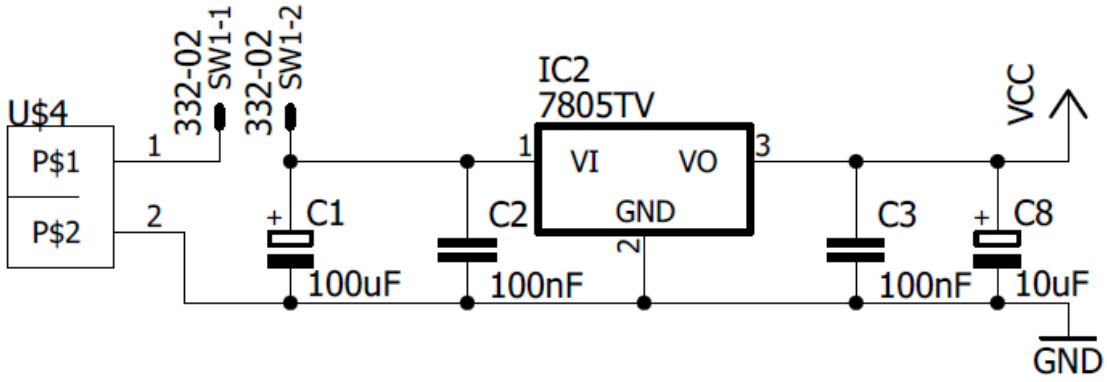
Nástroj pro vytvoření schéma a DPS proběhl v počítačovém programu EAGLE. V tomto bloku jsou popsány pouze důležité části obvodu.

6.1 Zapojení zařízení

Zařízení se skládá z několika částí, patří mezi ně napájení, mikroprocesor, tlačítka, světelný senzor, PIR senzor, IČ přijímač a relé. Níže jsou jednotlivé části podrobněji popsány.

6.1.1 Zapojení napájení

Napájecí část je tvořena z několika komponentů, první částí je konektor pro připojení napájení z adaptéru, následují piny pro připojení vypínače a poslední částí je stabilizátor doplněný kondenzátory, které slouží k vyhlazení vstupního a výstupního napětí stabilizátoru. C1 a C2 jsou elektrolytické kondenzátory, přičemž vstupní kondenzátor C1 je vhodné volit v řádech stovek µF, v tomto případě byla zvolena hodnota kapacity 100 µF, kondenzátor C4, na obrázku (obrázek) je označen jako C8, se doporučuje volit přibližně 10x menší než C1, proto byla zvolena hodnota 10 µF. Kondenzátory C2 a C3 jsou doporučovány výrobcem, je vhodné volit keramické kondenzátory o hodnotě 100 nF. Schéma napájecí části je vyobrazeno na obrázku (Obrázek 13).

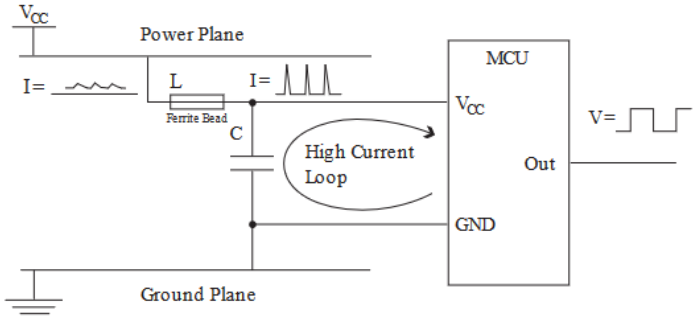


Obrázek 13 – Schéma zapojení napájecí část

6.1.2 Zapojení MCU

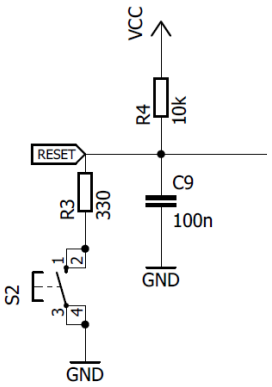
Při návrhu zapojení MCU bylo zohledněno doporučené zapojení od výrobce. Převážně je věnována pozornost zapojení přívodu napájení, jelikož je to velice důležitá část pro správný chod mikroprocesoru. Mikroprocesor pracuje v širokém rozmezí napětí a spotřebovává proud pouze několik miliampér. Odebíraný proud je pouze průměrná hodnota proudu, jelikož se jedná o digitální obvod, který odebírá proud ve velmi krátkých špičkových impulzech, tyto impulzy mohou mít hodnotu v řádech stovek miliampér. Pokud bychom neošetřily napájecí piny kondenzátory, tak by se tyto špičky šířily po celé napájecí smyčce a může ovlivňovat ostatní zařízení na desce, a také celé smyčky působí jako antény a vyzařují impulzy do okolí. Proto se k napájecím pinům umisťují co nejblíže

kondenzátory připojené k zemi, abychom minimalizovali vzniklé smyčky v zapojení. Pro přívod napětí k analogové části se doporučuje kondenzátor doplnit ještě o feritovou tlumivku, která sníží spínací šum, doporučuje se volit nízkou hodnotu, aby nedošlo k významnému poklesu stejnosměrného napětí, ukázkové zapojení kondenzátoru a tlumivky je vyobrazeno na obrázku (Obrázek 14). V našem případě byly na napájecí piny připojeny pouze kondenzátory co nejblíže napájecích pinů o hodnotě 100 nF. [18]



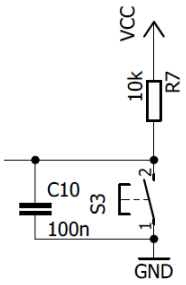
Obrázek 14 – Ukázka zkrácení smyčky pomocí kondenzátoru [18]

Dalším důležitým bodem je vnější reset. Pokud požadujeme možnost resetování zařízení pomocí tlačítka, tak se doporučuje mezi mikroprocesor a spínač připojit rezistor o hodnotě 330 Ω pro omezení strmých impulzů vzniklých sepnutím spínače. Při sepnutí spínače se totiž zkratuje kondenzátor a proud, který teče přes spínač, může mít vysokou špičkovou hodnotu, to způsobí, že spínač může generovat strmé špičky po dobu 2 – 10 ms, do doby než dojde k vybytí kondenzátoru. Na obrázku (Obrázek15) je znázorněno schéma zapojení resetového tlačítka, doplněného o omezující rezistor R3 o hodnotě 330 Ω, pull-up rezistor R4 o hodnotě 10 kΩ a vyhlazující kondenzátor o hodnotě 100 nF. [18]



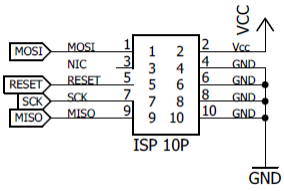
Obrázek 15 – Schéma zapojení resetového tlačítka

Další částí u mikroprocesoru je připojení tlačítka na I/O pin, zapojení tlačítka je rozšířeno o pull-up rezistor o hodnotě 10 kΩ, který nám definuje logickou 1 při nečinnosti, aby se pin nenacházel v nedefinovaném stavu. Dále je spínač doplněn o kondenzátor, který má za úkol vyhladit vniklé odskoky kontaktů při spínání, které by mikroprocesorem mohly být vyhodnoceny jako platné stisky tlačítka, tyto odskoky je vhodné ještě ošetřit programově, aby nedocházelo k chybám. Schéma zapojení tlačítka je vyobrazeno na obrázku (Obrázek 16).



Obrázek 16 – Schéma zapojení tlačítka

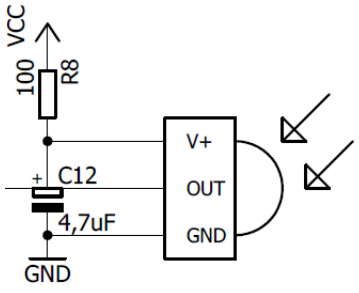
Dále je také připojen konektor pro nahrávání programu, jedná se o deseti-pinový konektor. Rozložení pinů a připojení k MCU je vyobrazeno na obrázku (Obrázek 17).



Obrázek 17 – Schéma zapojení ISP konektoru

6.1.3 Zapojení TSOP31236

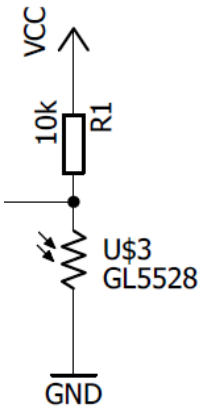
Zapojení infračerveného přijímače proběhlo dle doporučeného zapojení znázorněné v datovém listu, kde je vyžadován kondenzátor o velikosti 4,7 µF připojený mezi piny Vs a GND, dále je vyžadováno připojit rezistor o hodnotě 100 Ω mezi přívod napájení a pin Vs, zapojení IČ přijímače doplněného o doporučené součástky je znázorněno na obrázku (Obrázek 18). Výstupní pin je přiveden na MCU na pin PD2, který slouží jako zdroj přerušení INT0. [14]



Obrázek 18 – Schéma zapojení IČ přijímače TSOP31236

6.1.4 Zapojení Světelného senzoru

Světelný senzor je principiálně zapojen jako napěťový dělič, hodnota rezistoru R1 byla zvolena 10 kΩ, přibližně totožné hodnotě by se měl fotorezistor blížit při osvětlení 10 Lux. Schéma zapojení světelného senzoru je vyobrazeno na obrázku (Obrázek 19). Výstup napěťového děliče je přiveden na A/D převodník mikroprocesoru konkrétně na ADC6. [19]

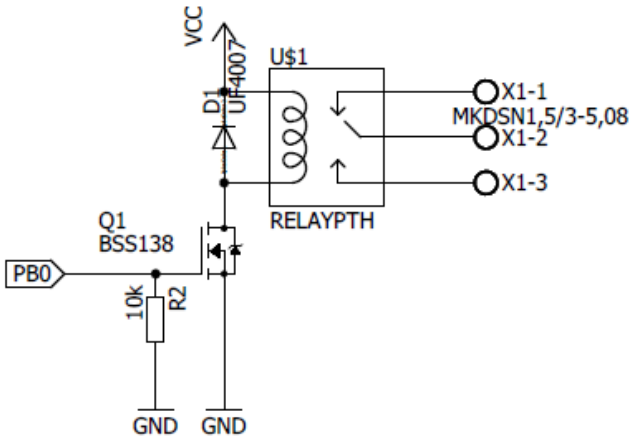


Obrázek 19 – Schéma zapojení světelného senzoru

6.1.5 Zapojení spínání relé

Při řešení spínání relé si je potřeba především uvědomit, že se jedná o induktivní zátěž. Pro spínání relé bylo zvoleno spínání pomocí tranzistoru. Typ tranzistoru byl zvolen MOSFET na základě tvrzení: „*Protože, na rozdíl od bipolárních, netrpí tranzistory řízené elektrickým polem druhým průrazem, staly se pro výkonové MOS tranzistory typickými aplikacemi spínání induktivních a kapacitních zátěží.*“ (DOLEČEK, 2005 s. 122). Musíme také věnovat pozornost vzniku velikých napěťových špiček, konkrétně při rozpínání induktivní zátěže nastává nejkritičtější okamžik, neboť naindukované napětí v cívce je dostatečně velké pro zničení tranzistoru. Dochází při něm k velké změně proudu na velmi krátkou časovou dobu, což má za následek vznik velkých napěťových špiček, které je potřeba správným způsobem omezit tak, aby došlo ke snížení pod hodnotu průrazného napětí tranzistoru a tím nedošlo ke zničení spínacího tranzistoru. Je více možností jak doplnit spínací zapojení, první možností je použití diodového omezovače, druhou možností je použití RC omezovače a třetí možností je použití ochrany pomocí zenerovy diody. V této aplikaci vedlo rozhodnutí k první variantě, tudíž byl použit diodový omezovač. Principem diodového omezovače je, že se při rozpojení obvodu, kde indukované napětí v cívce působící proti změně magnetického toku, dojde k otevření diody a tím pádem k odvedení nahromaděné energie. V tomto případě může docházet k dlouhému proudovému doznívání, což může být pro některé aplikace nepřípustné. Rychlost lze upravit použitím rezistoru zapojeného sériově s diodou. [20]

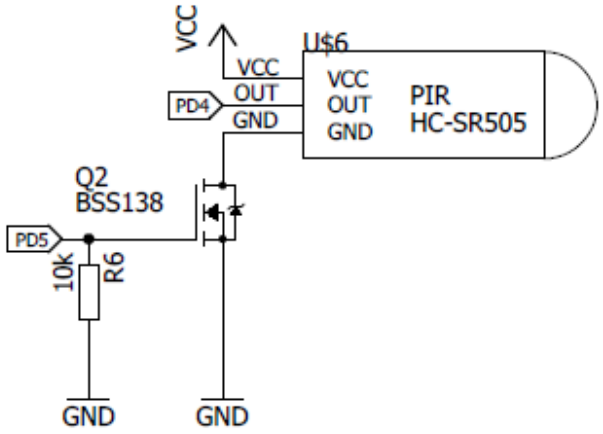
Konkrétně byl zvolen n-kanálový MOSFET s označením BSS138. Dioda byla vybrána na základě rychlosti otevření, konkrétně byla zvolena rychlá dioda UF1007. Schéma zapojení spínání relé je znázorněno na obrázku (Obrázek 20).



Obrázek 20 – Schéma zapojení relé

6.1.6 Zapojení modulu senzoru PIR

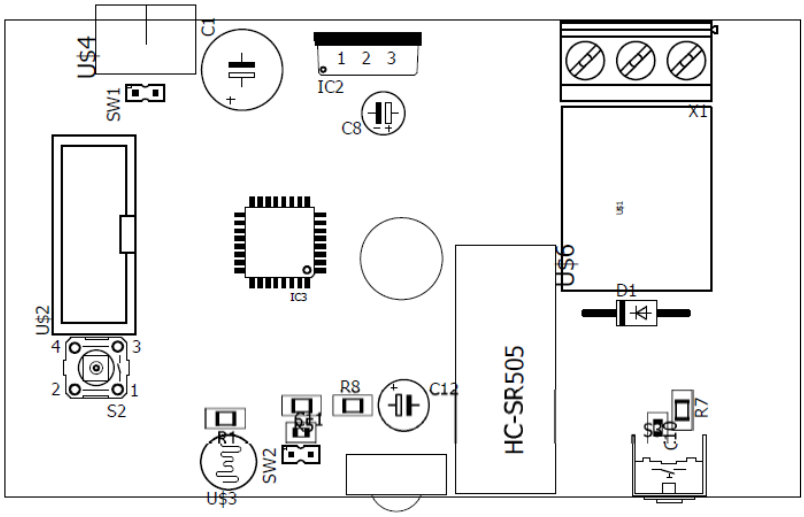
Zapojení modulu je velice jednoduché, Modul má 3 vývody VCC, OUT a GND, výstup senzoru je připojený k MCU na pin PD4, dále je řešeno vypnutí modulu v nečinnosti. Pro vypínání modulu byl zvolen shodný tranzistor jako v předchozím případě BSS138. Vypínání modulu je připojeno na MCU na pin PD5. Schéma vypínacího obvodu modulu je znázorněno na obrázku (Obrázek 21).



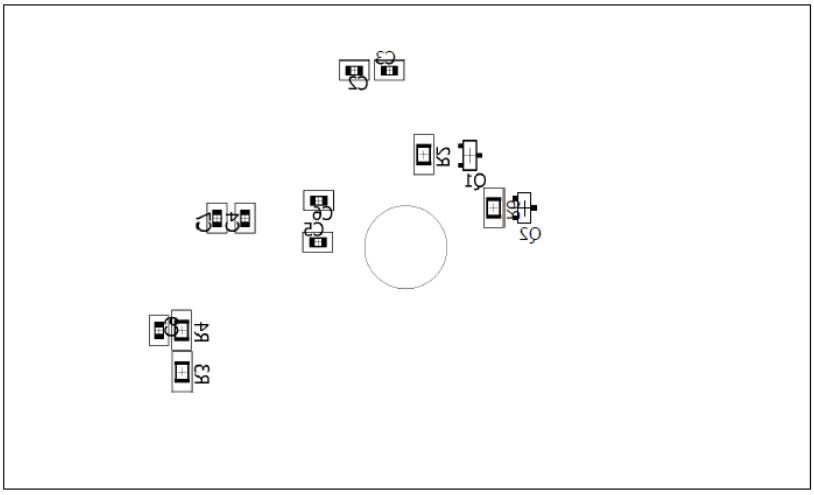
Obrázek 21 – Schéma zapojení PIR modulu

6.2 DPS zařízení

Rozměry samostatné DPS jsou uzpůsobeny tak, aby bylo možné zařízení připevnit do krabičky s označením KM42BN. Na obrázku (Obrázek 21) je vyobrazeno rozložení součástek z vrchní strany DPS a rozložení součástek ze spodní strany DPS je na obrázku (Obrázek 22). Kompletní návrh DPS a schéma zapojení byl vytvořen v programu EAGLE a je přiložen ve složce dokumentu. Na DPS jsou všechny senzory umístěny na čelní straně zařízení. Na zadní straně je konektor pro připojení napájení, piny pro hlavní vypínač a svorkovnice na výstupu relé.



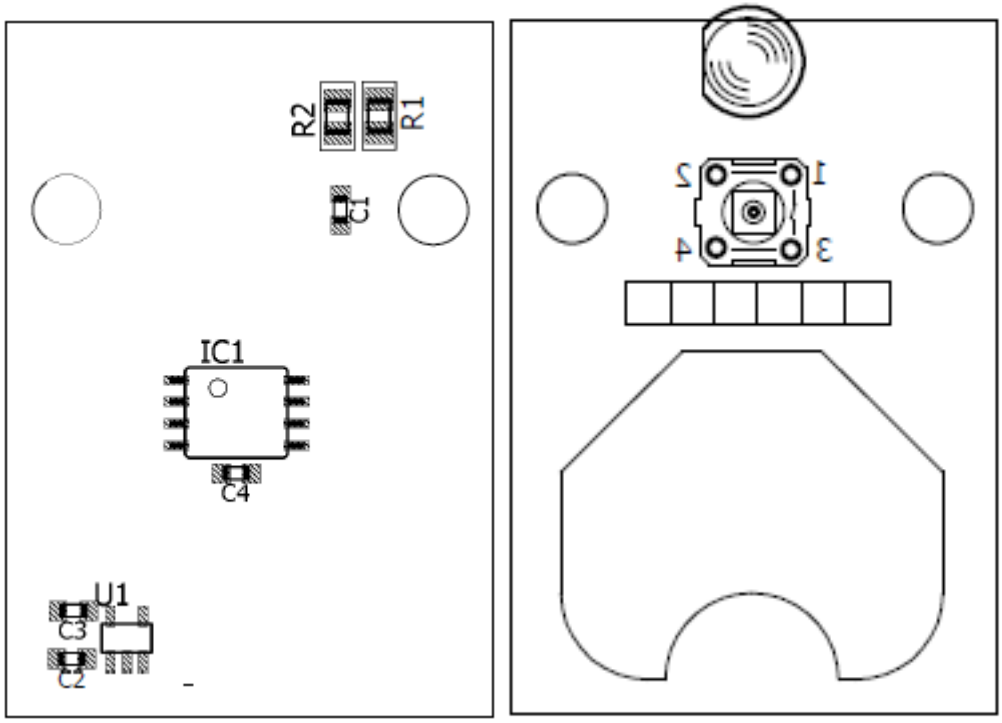
Obrázek 22 – Rozložení součástek horní strany DPS



Obrázek 23 – Rozložení součástek ze spodní strany DPS

6.3 Návrh ovladače

Rozměry a rozložení součástek u ovladače bylo voleno tak, aby bylo možné umístění do krabičky s označením KM10. Ovladač se skládá jen z několika částí, Hlavní částí je mikroprocesor ATTiny13a ke kterému je připojeno tlačítko na pin externího přerušení INT0 nacházejícího se na pinu PB1, k tlačítku je připojen kondenzátor pro vyhlazení odskoků a pull-up rezistor R2 aby se nenacházelo v nedefinovaném stavu, dále je zde dioda TSAL6200 připojena přes rezistor R1 na PB0, kde se nachází výstup OC0A. K MCU je také připojena šesti-pinová lišta pro naprogramování. Mezi napájecími piny MCU je zapojen kondenzátor pro minimalizování smyčky podrobněji popsáno víše již u MCU ATmega8a. Dále se v zapojení nachází bateriový držák pro baterii cr2032, ten je doplněn stabilizátorem napětí na 3,3 V s označením MIC5504-3.3YM5 doplněný o kondenzátory dle doporučení z datového listu o velikosti 1µF. Tento stabilizátor byl při pájení nakonec vynechán a dané místo bylo překlenuto drátovou propojkou, protože baterie CR2032 má výstupní napětí 3V, tudíž nemůže dojít k překročení povoleného napětí. Tento stabilizátor by bylo třeba použít, pokud by bylo do ovladače vyžadováno vložení jiného typu baterie s překračujícím napětím hodnotu 3,3 V. Nížena obrázku (Obrázek 24) je zobrazeno rozložení součástek z obou stran DPS. Opět kompletní návrh DPS a schéma vytvořený v programu EAGLE je přiloženo ve složce dokumentu.



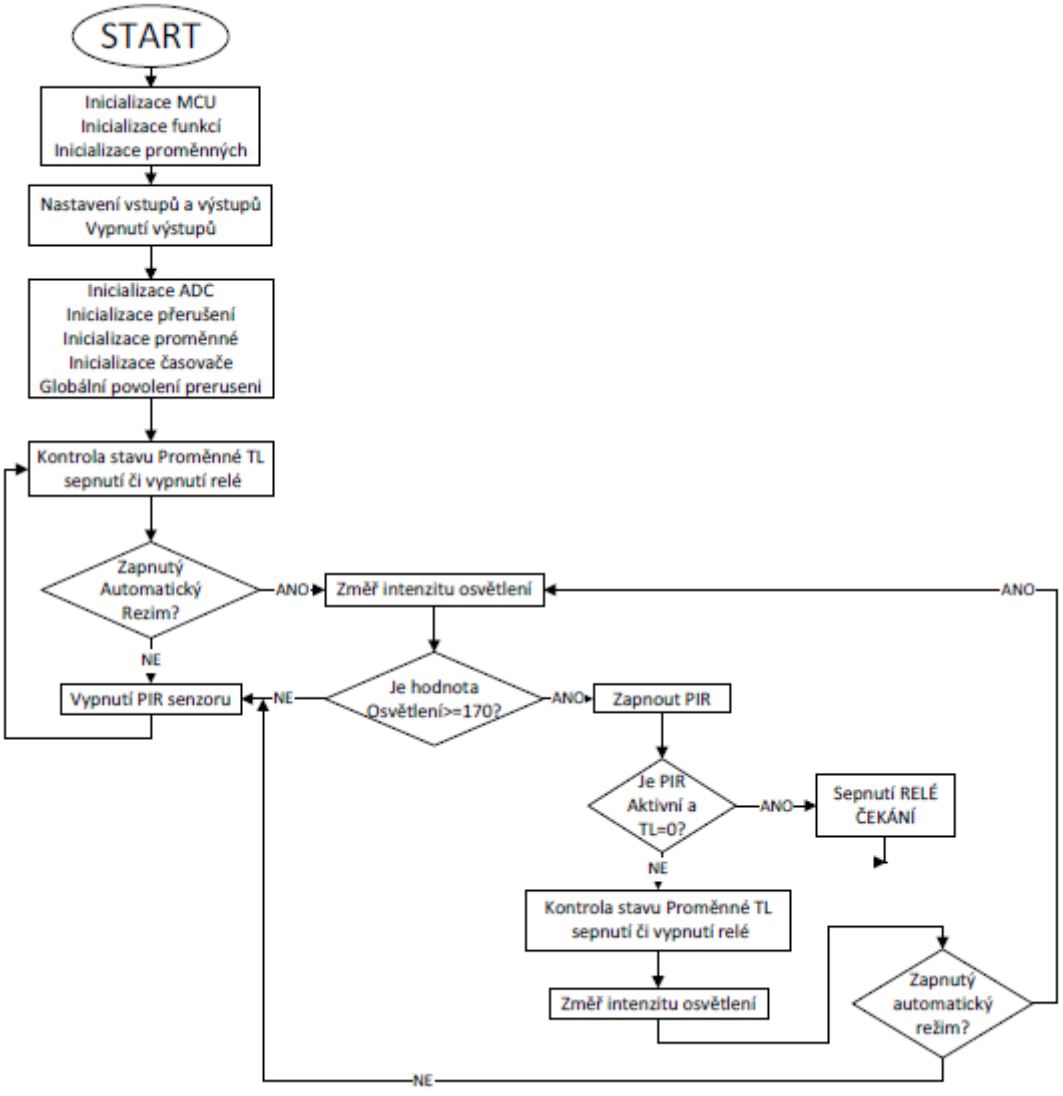
Obrázek 24 – Rozložení součástek z horní a spodní strany DPS

7 Programování

Pro vytvoření programu byl zvolen programovací jazyk C. Tvorba a kompilace programu proběhla v programovací prostředí Atmel Studio 7.0. Samotné nahrávání programu bylo provedeno externím programátorem pomocí ISP konektoru. V tomto bloku je probírána problematikou jednotlivých částí programu. Kompletní programy pro zařízení a pro ovladač jsou přiloženy ve složce dokumentu.

7.1 Program pro zařízení

Program pro zařízení se skládá z několika dílčích problematických částí. Skládá se z hlavního programu, dvou přerušení, první přerušení je vyvoláno tlačítkem a druhé přerušení je vyvoláno příjmem IČ signálu z ovladače. Na obrázku (Obrázek 25) je vyobrazeno blokové schéma hlavního programu, jednotlivé důležité části jsou popsán níže.



Obrázek 25 – Vývojový diagram hlavního programu

7.1.1 Nastavení INT0 a INT1

Pro nastavení vektorů přerušení INT0 a INT1 je zapotřebí nastavit registry MCUCR a GICR. Parametry, které je třeba nastavovat, byly vyhledány v datovém listu mikroprocesoru ATmega8a.

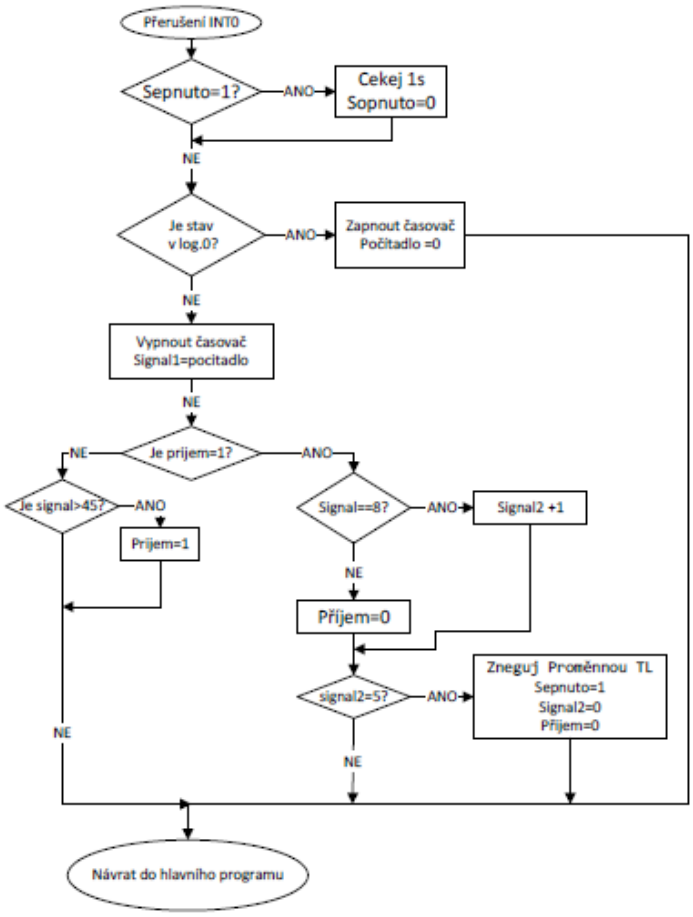
V registru MCUCR volíme, na jakou změnu bude přerušení reagovat. V našem případě volíme že INT0 bude reagovat na jakoukoli hranu nastavením ISC0n[1:0] = 01 a INT1 bude reagovat na rostoucí hranu nastavením bitů ISC1n[1:0]=11. V registru GICR povolujeme jednotlivá přerušení v našem případě nastavením bitů INT0 a INT1. [9]

7.1.2 Přerušení INT1

Ve funkci vyvolané přerušením se při stisknutí tlačítka provede pouze negace proměnné TL a počká se 30 ms. Následně dojde k návratu zpět do hlavního programu.

7.1.3 Přerušení INT0

Ve funkci vyvolané přerušením na jakoukoliv hranou vyvolanou IČ přijímačem, dochází k načítání přijímaného signálu a pokud se jedná o správnou hodnotu, tak se provede negace stavu proměnné TL stejně jako při stisknutí tlačítka. Blokové schéma načítání signálu je vyobrazeno na obrázku (Obrázek 26). Přesnější popis signálu je popsaný v bloku vysílání signálu.



Obrázek 26 – Vývojový diagram načítání přijímaného signálu

7.1.4 Nastavení časovače

Nejprve si musíme zvolit vhodný typ časovače a určit si v jakých intervalech přesněji s jakou frekvencí chceme časovač provozovat. Námi zvolená frekvence je 5 kHz. Pro tuto frekvenci je vhodné použít šestnáctibitový časovač v režimu CTC. Registry pro správné nastavení nalezneme v datovém listu MCU ATmega8a, konkrétně se jedná o registry TCCR1A, TCCR1B, OCR1A, TIMSK. Nejprve si musíme vypočítat hodnotu vrcholu, kterou nastavíme do OCR1A a ve výpočtu si musíme zvolit předděličku kterou nastavíme do TCCR1B. Výpočet provedeme dle vzorce vyobrazeného níže.

$$OCRnA = \frac{f_{clk}}{2 \cdot N \cdot f_{OCRnA}} - 1$$

kde: $OCRnA$ je hodnota vrcholu, do které bude časovač čítat
f_{clk} je taktovací frekvence MCU
N je předdělička pro časovač, její hodnoty můžou být 1,8,64,256,1024
f_{OCRnA} je naše žádaná frekvence, kterou požadujeme

V našem případě když dosadíme frekvenci MCU 1 MHz předděličku zvolíme 1 a za žádanou frekvenci dosadíme 5 kHz, tak nám vyjde hodnota 99, Kterou nastavíme do registru OCR1A. V registru TCCCR1A se nastavují výstupní piny časovače, to je pro nás nepotřebné a dále je zde část bitů WGM pro volbu režimů, v našem případě se v této části žádný bit nastavovat nemusí, tudíž tento registr zůstává nulový. V registru TCCR1B musíme nastavit bit WGM12, protože jsme si zvolili CTC režim a dále se v tomto registru nastavuje předdělička v našem případě se jedná o bit CS10, ale tento bit budeme nastavovat až při spouštění časovače, neboť když je předdělička nastavena 0 tak je časovač zastavený. Dále potřebujeme natavit registr TIMSK ve kterém se povolují přerušení, v našem případě potřebujeme nastavit bit OCIE1A, který povoluje přerušení při dosažení hodnoty OCR1A. [9]

Přerušení časovače nám slouží pouze jako počítadlo, tudíž v obsluze přerušení časovače inkrementujeme proměnnou počítadlo, kterou používáme v části programu přerušení INT0, kde načítáme signál z IR přijímače.

7.1.5 Nastavení a výpočet ADC

Pro správný chod ADC musíme nastavit registry ADMUX a ADCSRA. Parametry, které chceme nastavovat, vyhledáme v datovém listu mikroprocesoru ATmega8a.

V registru ADMUX volíme referenční napětí, zarovnání výsledku převodu a jaký převodník chceme obsluhovat. V našem případě volíme vnitřní referenci nastavením bitů REFS[1:0] = 01, musíme dát pozor, abychom měli připojený kondenzátor mezi pinem Aref a GND. Dále volíme zarovnání doleva nastavením bitu ADLAR, tím docílíme, že žádaná hodnota bude uložena do registru ADCH a v registru ADCL budou uloženy dva nejméně důležité bity, které nebudeme zohledňovat, tudíž získáme osmi-bitovou hodnotu. Poslední věc, kterou musíme nastavit v tomto registru, je zvolení kanálu ADC. V našem případě chceme číst hodnotu z ADC6, proto musíme nastavit bity MUX[3:0] = 0110.

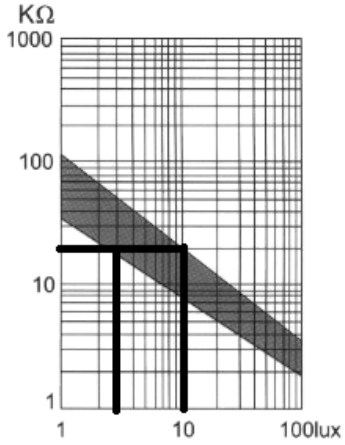
V registru ADCSRA musíme povolit A/D převod, dále zde pouštíme A/D převod a nastavujeme předděličku pro rychlost převodu. Povolení A/D převodu provedeme nastavením bitu ADEN, spuštění převodu provedeme nastavením bitu ADSC, volbu předděličky zvolíme na nejvyšší hodnotu 128 Nastavením bitů ADPS[2:0] = 111.

Při dokončení každého převodu se v registru ADCSRA nastaví bit ADIF, toho využijeme tak, že budeme čekat, dokud se daný bit nenastaví, a následně přečteme požadovanou hodnotu z registru ADCH.

$$x = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * 255$$

kde: x je výstupní hodnota A/D převodníku
$R1$ je hodnota odporu R1 z děliče napětí
$R2$ je hodnota odporu fotorezistoru

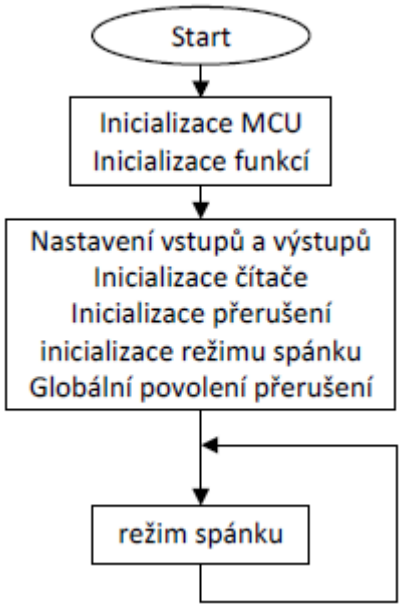
Výpočet provedeme dle výše uvedeného vzorce. Vzorec vznikl složením a následném pokrácením vzorců pro výpočet děliče napětí a upraveným vzorcem pro výpočet výsledku ADC převodu uváděným v datovém listu. Do vzorce dosadíme hodnoty R1 = 10 kΩ a R2 je proměnná hodnota, kterou určíme ze závislosti odporu na osvětlení, viz (Obrázek 27) volíme hodnotu 20 kΩ. Tato hodnota odpovídá intenzitě osvětlení v rozsahu 3 – 10Lux. Se snižující hodnotou osvětlení se hodnota výstupu zvyšuje, což budeme v programu porovnávat, když bude hodnota větší nebo rovna 170, bude PIR senzor aktivní. [9]



Obrázek 27 – Určení hodnoty odporu ze závislosti odporu na intenzitě osvětlení [11]

7.2 Program pro ovladač

Hlavním úkolem programu ovladače je zareagovat na stisknutí tlačítka, při stisknutí vysílat daný signál a po uvolnění tlačítka uvést MCU do režimu spánku, aby nedocházelo zbytečně k vybíjení baterie. Blokové schéma hlavního programu je vyobrazeno níže na obrázku (Obrázek 28). Jednotlivé nastavení dílčích částí je popsáno níže.



Obrázek 28 – Vývojový diagram hlavního programu ovladače

7.2.1 Nastavení čítače

Stejně jako u zařízení si musíme zvolit vyhovující typ čítače, a určit požadovanou frekvenci. Naše požadovaná frekvence je 36 kHz, jelikož je potřeba vysílat signál na této frekvenci, aby byl signál IČ přijímačem přijat. Typ čítače zvolen v režinu CTC. Opět pro tento režim musíme vypočítat hodnotu, do které bude časovač čítat, a dále musíme určit předdělička. Výpočet provedeme dle vzorce vyobrazeného níže.

$$OCRnA = \frac{f_{clk}}{2 \cdot N \cdot f_{OCRnA}} - 1$$

kde: $OCRnA$ je hodnota vrcholu, do které bude časovač čítat
f_{clk} je taktovací frekvence MCU
N je předdělička pro časovač, její hodnoty můžou být 1,8,64,256,1024
f_{OCRnA} je naše žádaná frekvence, kterou požadujeme

V našem případě když dosadíme frekvenci MCU 9,6 MHz předděličku zvolíme 1 a za žádanou frekvenci dosadíme 36kHz, tak nám vyjde hodnota 132, Kterou nastavíme do registru OCR0A. V registru TCCCR0A se nastavují změny výstupních pinů časovače při dosažení vrcholu zásobníku, této možnosti využijeme níže v programu, konkrétně využijeme negování výstupního pinu OCR0A nastavením bitu COM0A0, nyní nás v tomto

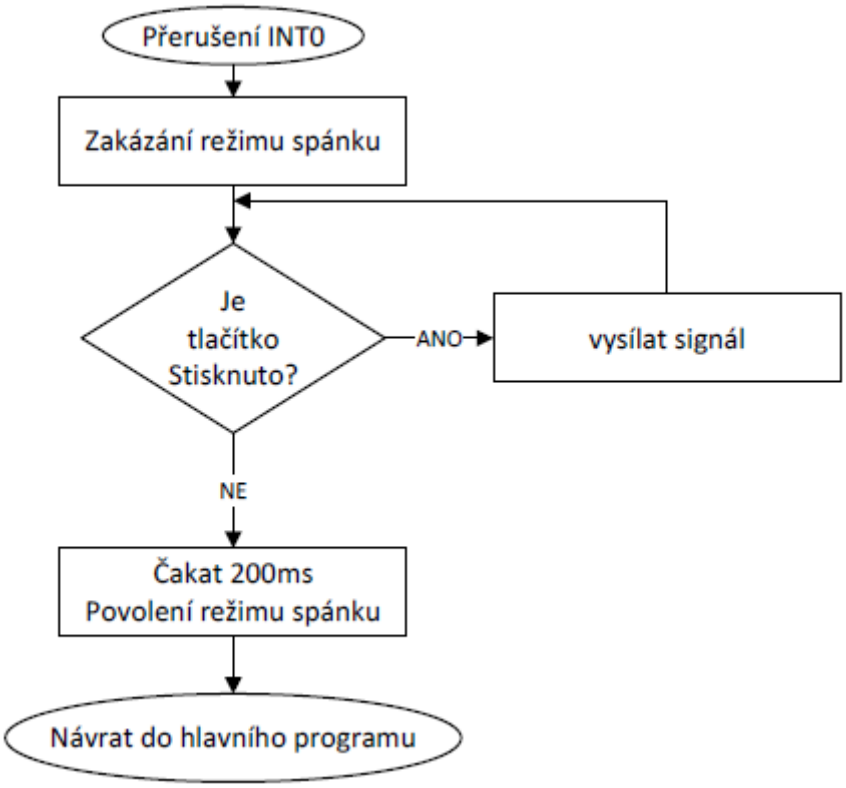
registru zajímá pouze volba CTC režimu, kterou provedeme nastavením bitu WGM01. V registru TCCR0B je pro nás důležitá volba předděličky nastavením bitu CS00, což znamená zvolení předděličky o hodnotě 1. V inicializaci nepotřebujeme, aby byl časovač spuštěný, proto nebudeme registr TCCR0B v inicializaci nastavovat, tím pádem bude hodnota nastavena na 0 a časovač bude zastavený. [10]

7.2.2 Nastavení INT0

Jelikož pro probuzení MCU z režimu spánku, který je popsaný níže, potřebujeme vyvolání přerušení na základě logické nuly, což je nastaveno výchozím nulovým stavem, tak v registru MCUCR nemusíme nastavovat žádný bit. Zajímá nás pouze nastavení povolení přerušení, což provedeme nastavením bitu INT0 v registru GIMSK. [10]

7.2.3 Přerušení INT0

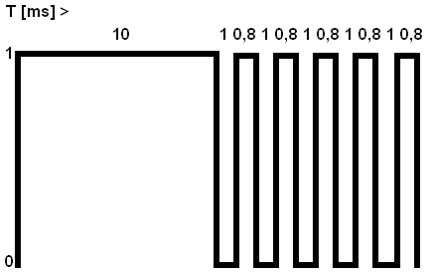
V přerušení INT0 dojde k probuzení MCU z režimu spánku, následně probíhá během stisku tlačítka k vysílání signálu a po té přejde MCU opět do režimu spánku. Blokové schéma průběhu režimu spánku je vyobrazeno na obrázku (Obrázek 29), podrobnější popis vysílání signálu je popsán v dalším odstavci.



Obrázek 29 – Vývojový diagram přerušení při stisku tlačítka

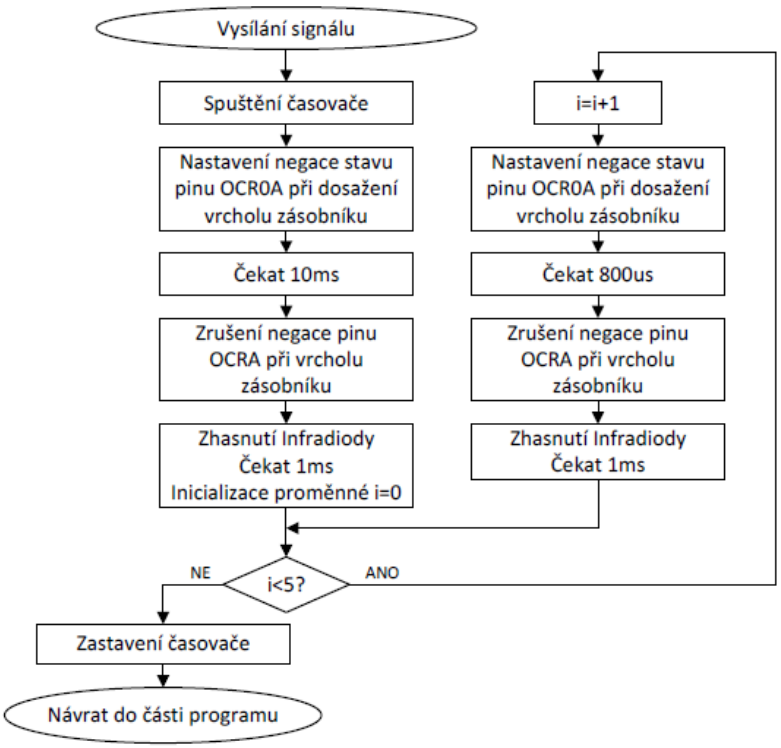
7.2.4 Funkce vysílání signálu

Pro vysílání signálu byl zvolen průběh signálu vyobrazený na obrázku (Obrázek 30). V tomto signálu jsou důležité délky trvání impulzu nikoli mezery, neboť v přijímači signálu detekujeme pouze logické 1. Daný průběh je vysílám na frekvenci 36 kHz, tedy při logické 1 vysílač nesvítí, ale bliká s danou frekvencí, po dobu logické nuly je vysílač v nečinnosti. Jelikož pro tuto aplikaci není potřeba přenášet nějaká informace, tak je vysílán jen předem daný počet impulzů, který je v programu na přijímači vyžadován. Daný průběh byl zhotoven s testováním ostatních ovladačů v domácnosti tak, aby náš ovladač neovlivňoval a nechtěně nespínal jiná zařízení v domácnosti a naopak aby naše zařízení nebylo spínáno jinými ovladači.



Obrázek 30 – Časový průběh signálu

V kódu programu nejprve dochází k zapnutí časovače, následně dochází k zapínání a vypínání negace pinu OCR0A při dosažení vrcholu zásobníku u časovače v registru TCCR0A na určitou dobu. Přesnější popis je vyobrazen na obrázku (Obrázek 31), kde je blokové schéma programu.



Obrázek 31 – Vývojový diagram vysílání signálu

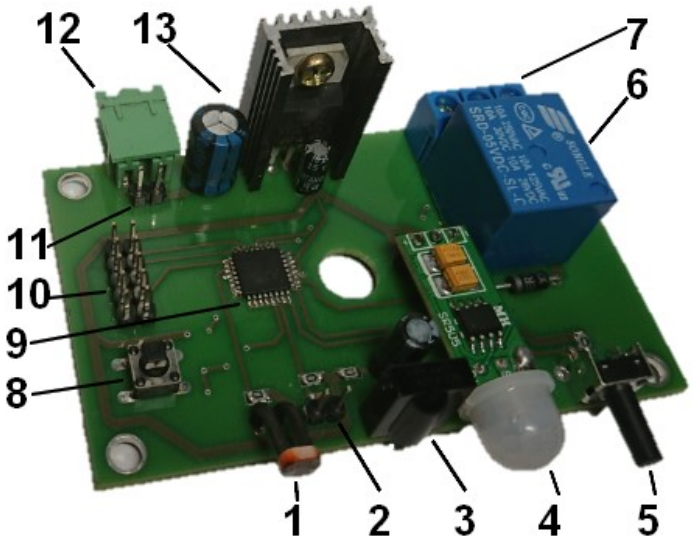
7.2.5 Nastavení režimu spánku

Pro nastavení režimu spánku byla použita nastavovaná knihovna avr/sleep.h. S pomocí této knihovny je nastavování velice jednoduché. Pro inicializaci použijeme funkci set_sleep_mode(Power down), ve které si zvolíme typ režimu spánku Power down, ze kterého lze MCU probudit pouze pomocí nízkého stavu na pinu externího přerušení INT0 nebo pomocí watchdog přerušení. Dalším krokem je povolení přerušení pomocí funkce sleep_enable(). A poslední věcí je spuštění režimu spánku v části kódu, funkcí sleep_mode(). V našem případě je uveden MCU do režimu spánku při vykonávání nekonečné smyčku hlavního programu.

8 Oživení a popis hotového zařízení

Po osazení a napájení součástek došlo k očištění DPS od zbytků tavidla. Následně byla provedena vizuální kontrolu, zda se na napájené DPS nenalézají zkraty, popřípadě byli daná místa opravena. Dalším krokem mylo nahrání programu a následné odzkoušení funkčnosti.

8.1 Popis a oživení zařízení



Obrázek 32 – Osazená DPS zařízení

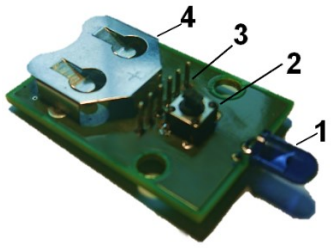
Na obrázku (Obrázek 32) jsou znázorněny následující části:

1 světelný senzor
2 piny pro připojení vypínače automatického režimu
3 IČ přijímač
4 modul s PIR senzorem
5 spínač pro manuální zapínání relé
6 relé
7 svorkovnice pro připojení spínaného osvětlení
8 tlačítko reset
9 MCU ATmega8a
10 piny pro naprogramování MCU pomocí ISP programátoru
11 piny pro připojení hlavního vypínače
12 konektor pro připojení napájení
13 obvod stabilizace napájení

Pro nahrání programu musíme připojit napájení a vložit propojku na piny hlavního vypínače, dále připojíme programátor, v našem případě byl použit deseti-pinový programátor USB-ASP, samozřejmě lze použít i jiný šesti-pinový programátor ale musíme použít správné drátkové propojení daných pinů. Pokud nahrání programu proběhne úspěšně, můžeme otestovat naše zařízení.

Pokud máme přivedeno napájecí napětí a propojený hlavní vypínač mělo by jít relé spustit mechanickým spínačem nebo pomocí dálkového ovládání, k jinému spuštění by v tomto okamžiku nemělo dojít. Pokud propojíme piny pro automatický režim a zajistíme nižší intenzitu osvětlení než je hraniční, v našem případě cca 3 – 10 Lux, měl by se aktivovat PIR senzor a při detekci pohybu by se mělo sepnout relé, po následném vypnutí pokud zvýšíme intenzitu osvětlení nad danou hranici, tak by zařízení mělo reagovat pouze na mechanický spínač či dálkové ovládání. Pokud vše pracuje správně, je zařízení v pořádku.

8.2 Popis a oživení ovladače

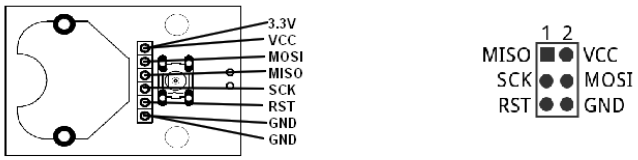


Obrázek 33 – Osazená DPS ovladače

Na obrázku (Obrázek 33) jsou znázorněny následující části:

1 IČ dioda
2 tlačítko
3 piny pro naprogramování
4 bareriový držák na baterii CR2032

Pro nahrání programu musíme použít drátových propojek a vhodný zdroj napětí o hodnotě 3.3 V, v našem případě byl použit šesti-pinový programátor AVR mkII, při zapojování se musí dát pozor na správné propojení daných pinů, viz níže na obrázku (Obrázek 34). Při nahrávání je třeba dát pozor na správné nastavení fuse bitů, v tomto případě byl od výrobce nastavený bit, který dělí taktovací frekvenci 8 a zařízení nepracovalo správně. Po úspěšném nahrání programu ovladač otestujeme. Do ovladače vložíme baterii CR2032 a při stisku tlačítka by měl ovladač vysílat signál. Vysílaný signál není viditelný pro lidské oko, ale lze ho spatřit pomocí objektivu fotoaparátu, či mobilního telefonu. Otestování provedeme přímo na zapnutém zařízení při namíření ovladače na zařízení a zmáčknutí tlačítka, by se mělo sepnout relé v zařízení. Pokud vše proběhne bez chyb, tak je ovladač v pořádku.



Obrázek 34 – Propojení ovladače a 6-Pin ISP

9 Výsledný vzhled a parametry výrobku

Zhotovené zařízení bylo umístěno do krabičky s označením KM42BN, a ovladač byl zapouzdřen do krabičky s označením KM10. Výsledná vizualizace výrobku je vyobrazena na obrázku (Obrázek 35).

Obrázek 35 – Zhotovený výrobek

Zhotovené zařízení uvedeme do provozu připojením vhodného adaptéru a zapnutím spínače na zadní straně. Výstup relé je umístěn uvnitř krabičky, proto při připojování spínaného obvodu je nutné odšroubovat kryt.

Pokud zapneme automatický režim pomocí vypínače na čelní straně, tak je snímána okolní intenzita osvětlení, když tato hodnota klesne pod hranici ležící v rozsahu cca 3 – 10 Lux, tak dojde k aktivaci senzoru PIR, který detekuje pohyb v zorném poli 100° do vzdálenosti 3 m. Při vypnutém automatickém režimu lze zařízení spínat dvěma způsoby. První možností je použití tlačítka přímo na zařízení a druhou možností je použití dálkového ovladače, kterým je možné spínat zařízení ze vzdálenosti i více jak 5 m.

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vytvoření návrhu a realizace inteligentního spínače, který reaguje na mechanické tlačítko, umožňuje automatický režim, který při sníženém osvětlení aktivuje pohybový senzor a při detekci pohybu sepne osvětlení. Dále bylo cílem, aby bylo možné daný spínač sepnout vzdáleně, buď připojením na sběrnicový systém využívaný v osvětlení, nebo pomocí bezdrátové technologie.

Daný cíl byl splněn. Podařilo se zhotovit spínač osvětlení, který v automatickém režimu při sníženém osvětlení reaguje na pohyb pomocí PIR senzoru až do vzdálenosti 3 m. Osvětlení je také možné sepnout přímo na spínači pomocí tlačítka, nebo dálkově pomocí IČ ovladače, ze vzdálenosti i více jak 5 m.

V teoretické části byly popsány možnosti detekce pohybu, možnosti detekce intervalu vhodného pro použití v osvětlení a přehled sběrnicových systémů užívaných ve světelné technice.

Mezi popsané detektory pohybu patřila světelná závora a dopplerovské senzory, do kterých se řadí čidla mikrovlnná, ultrazvuková a PIR. V možnostech detekce intervalu v osvětlení byla probrána problematika časového intervalu a snímání intenzity osvětlení pomocí fotocitlivých součástek. V práci byl dále představen jeden sběrnicový systém užívaný v osvětlení a to konkrétně systém DALI.

Při realizaci došlo k několika drobným komplikacím při programování, ale nakonec se tyto problémy podařilo vyřešit. Nejprve bylo nutné vyřešit, jakým způsobem přijímat signál vysílaný ovladačem, jaký signál a v jakém tvaru a délce vysílat. V souvislosti s tím bylo nutné zohlednit vzájemné ovlivňování zařízení, která jsou ovládaná pomocí IČ signálu. Ve výsledku byl vytvořen signál, který neovlivňuje jiná zařízení a není shodný s jiným signálem užívaným v běžných ovladačích.

Další problém nastal při nahrávání programu do ovladače, kde nahrání proběhlo úspěšně, ale ovladač nevysílal signál o dané frekvenci. Výstupní signál byl ověřen pomocí osciloskopu, který ukázal, že intervaly impulzů byly osmkrát větší a frekvence blikání byla osmkrát menší. V MCU byl od výrobce nastaven fuse bit, který dělil taktovací frekvenci na osminovou hodnotu. Po přenastavení tohoto bitu již vše pracovalo správně.

V problematice osvětlení by se v dalších návrzích mohlo aplikovat stmívání pomocí pulzně šířkové modulace a tranzistoru, ovládání pomocí aplikace v mobilním telefonu, prostřednictvím bluetooth nebo wifi.

Literatura

[1] Úzké stropní pohybové PIR čidlo a dálkové ovládání. *Dstechnik.cz* [online]. b.r. [cit. 2018-11-30]. Dostupné z: https://www.dstechnik.cz/uzke-stropni-pohybove-pir-cidlo-dalkove-ovladani/orno-cr-248-do-6969.html

[2] Detektor pohybu PIR 290° Siemens Delta, dálkové ovládání, bílá. *Rr-naradi.cz* [online]. b.r. [cit. 2018-11-30]. Dostupné z: https://www.rr-naradi.cz/detektor-pohybu-pir-290-siemens-delta-dalkove-ovladani-bila#prettyPhoto

[3] SENSOR PIR pohybové čidlo 180°, bílá. *Shop.panlux.cz* [online]. b.r. [cit. 2018-11-30]. Dostupné z: https://shop.panlux.cz/cz/senzory/1324-senzor-pir-180-bily-8595216613349.html

[4] UHLÁŘ, Jan. *Technická ochrana objektů*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství PA ČR, 2005. ISBN 80-725-1189-0.

[5] How PIRs Work. *Adafruit* [online]. b.r. [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: https://learn.adafruit.com/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor/how-pirs-work

[6] DOLEČEK, Jaroslav. *Moderní učebnice elektroniky: 3.díl Optoelektronika a optoelektronické prvky*. Praha: BEN - technická literatura, 2005. ISBN 80-730-0184-5.

[7] *Implementace D.A.L.I. protokolu pro STM8 mikrokontroler*. Praha, 2009. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze.

[8] Dali lighting control system. In: *Alibaba.com* [online]. b.r. [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: https://www.alibaba.com/product-detail/dali-lighting-control-system_60392006438.html

[9] ATmega8A Data Sheet. *MICROCHIP* [online]. Chandler, Arizona, USA: Microchip Technology Inc., 2017 [cit. 2018-11-13]. Dostupné z: https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Microchip%208bit%20mcu%20AVR%20ATmega8A%20data%20sheet%2040001974A.pdf

[10] ATtiny13A Data Sheet. *MICROCHIP* [online]. San Jose, CA, USA: Atmel Corporation, 2012 [cit. 2018-11-13]. Dostupné z: http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/doc8126.pdf

[11] *CdS PHOTOCONDUCTIVE CELLS GL5528* [online]. b.r. [cit. 2018-11-30]. Dostupné z: https://pi.gate.ac.uk/pages/airpi-files/PD0001.pdf

[12] EG4001 Datasheet. *Egmicro.com* [online]. 2012 [cit. 2018-11-30]. Dostupné z: https://www.egmicro.com/download/EG4001_datasheet_EN.pdf

[13] *HC-SR05 Mini PIR Motion Sensor* [online]. b.r. [cit. 2018-11-30]. Dostupné z: https://docs.bsfrance.fr/documentation/10583_HC_SR505/HC-SR505.pdf

[14] *IR Receiver Modules for Remote Control Systems* [online]. b.r. [cit. 2018-11-30]. Dostupné z: https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.520-055.1.pdf

[15] *TSAL6200 High Power Infrared Emitting Diode,* [online]. b.r. [cit. 2018-11-30]. Dostupné z: http://www.farnell.com/datasheets/2049868.pdf

[16] *SRD-05VDC-SL-C-Datasheet.* [online]. b.r. [cit. 2018-11-30]. Dostupné z: http://www.circuitbasics.com/wp-content/uploads/2015/11/SRD-05VDC-SL-C-Datasheet.pdf

[17] *L78xx Datasheet Positive voltage regulator ICs* [online]. b.r. [cit. 2018-11-30]. Dostupné z: https://cz.mouser.com/datasheet/2/389/l78-974043.pdf

[18] *AVR042: AVR Hardware Design Considerations* [online]. 2016 [cit. 2018-11-13]. Dostupné z: http://ww1.microchip.com/downloads/en/appnotes/atmel-2521-avr-hardware-design-considerations_applicationnote_avr042.pdf

[19] WILLIAMS, Elliot. *Make: AVR programming*. Sebastopol, Calif.: Maker Media, 2014. Make.magazine.com. ISBN 978-1-4493-5578-4.

[20] DOLEČEK, Jaroslav. *Moderní učebnice elektroniky: 2. díl Polovodičové prvky a elektronky*. Praha: BEN - technická literatura, 2005. ISBN 80-730-0161-6.