

Bakalářská práce



České
vysoké
učení technické
v Praze

F3

Fakulta elektrotechnická
Katedra řídicí techniky

Intelligentní osvětlení

Automatické řízení osvětlení obytných prostor

Jiří Šindelář

Vedoucí: prof. Ing. Miroslav Husák, CSc.
Květen 2021

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Šindelář** Jméno: **Jiří** Osobní číslo: **483575**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra řídicí techniky**
Studijní program: **Kybernetika a robotika**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Inteligentní řízení osvětlení prostor

Název bakalářské práce anglicky:

Smart control lighting for rooms

Pokyny pro vypracování:

1. Proveďte analýzu současného stavu poznatků řešení systémů pro inteligentní řízení osvětlení ve veřejných i domácích prostorech z hlediska intenzity světla, přítomnosti lidí a dalších potřeb.
2. Navrhněte a realizujte laboratorní vzorek jednoduchého osvětlovacího systému s vhodným typem řídicí jednotky, vhodnými typy senzorů pro zjišťování stavu prostor z hlediska jejich osvětlení a obsazenosti. Realizovaný systém připojte, pomocí nadřazeného PC, ke vhodnému komunikačnímu standardu (např. internet) pro vzdálenou možnost sledování stavu prostor. Pro vyhodnocování a zobrazování přenášených dat zvolte vhodný typ zařízení, např. mobilní telefon, tablet nebo PC. Pro vyhodnocení krizového stavu navrhněte alarm na přijímacím zařízení, např. akustickým nebo obrazovým signálem.
3. Vyhodnoťte dosažené parametry navrženého systému a porovnejte je s již zavedenými systémy.

Seznam doporučené literatury:

1. Smart lighting: 4 systems for intelligent light, <http://hqdesigns.de/en/interior-guide/smart-lighting-systems-intelligent-light/>
2. What is human centric lighting?, <http://hqdesigns.de/en/interior-guide/what-is-human-centric-lighting/>

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

prof. Ing. Miroslav Husák, CSc., katedra mikroelektroniky FEL

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

Datum zadání bakalářské práce: **25.01.2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: _____

Platnost zadání bakalářské práce:

do konce letního semestru 2021/2022

prof. Ing. Miroslav Husák, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.
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.

05.05.2021
Datum převzetí zadání

Šindelář
Podpis studenta

Poděkování

Rád bych poděkoval prof. Ing. Miroslavu Husákovi, CSc. za možnost vypracovat bakalářskou práci na toto téma a za věcné připomínky při personalizaci zadání.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně, a že jsem uvedl veškerou použitou literaturu.

V Praze, 21. května 2021

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá řízením automatického osvětlení vnitřních obytných prostor. První kapitola představí některé současné nástroje k řešení problému. Druhá kapitola popisuje součástky, návrh a zapojení modelu. Třetí kapitola shrne strukturu a vlastnosti programů. V závěru je shrnuta dosažená funkčnost modelu a jeho dosud zjištěné nedostatky.

Klíčová slova: automatizované osvětlení, řízení osvětlení, regulace osvětlení

Abstract

This bachelor thesis is dealing with automatic control of indoor living spaces. The first chapter will introduce some of the tools that are today used to solve this problem. The second chapter describes parts, design and connections of parts on the model. The third chapter will summarize structure and properties of programs. In the end will be summarized final functionality of the model and mention the shortcomings identified so far.

Keywords: lighting control, automatic lighting regulation

Obsah

Úvod	1	2.1.4 Infračervené LED	11
1 Současné metody řešení a senzory detekce osob	3	2.1.5 Ovládací deska s procesorem	11
1.1 propojení	3	3 Programy	13
1.1.1 Drátové propojení	3	3.1 <i>NUCLEO STM32F411RE</i>	13
1.1.2 Bezdrátové propojení	4	3.1.1 Načítání dat z pinů a jejich zpracování	14
1.2 Senzory	5	3.1.2 Vyhodnocení požadavků nadřazeného PC a reakce na ně	14
1.2.1 Směrová optická brána	5	3.1.3 Update barev RGB LED	15
1.2.2 PIR senzor	6	3.1.4 Třída room	16
1.2.3 IR detektory	6	3.1.5 Třída WS2812_LED	16
1.3 Přirozené osvětlení vnitřních prostor	6	3.2 Admin aplikace	17
2 Fyzický model	9	3.2.1 Vstup z terminálu	17
2.1 Použité elektrické součástky	9	3.2.2 UDP komunikace	18
2.1.1 Potenciometry	9	3.2.3 ComPort komunikace	19
2.1.2 RGB LED	10	3.3 Uživatelská aplikace	19
2.1.3 Fototranzistory	10	4 Závěr	21
		Literatura	23

A Programy

25



Obrázky

1.1 Znázornění fázového posunu dvou kanálů směrové optické brány [Rip20].	6
1.2 Teplota světla v průběhu dne [citd]. 7	
1.3 Standardní denní cyklus [citd]. . . 7	
2.1 Průdorys sestaveného laboratorního vzorku s naznačenými senzory a LED diodami	10
2.2 Fotografie sestaveného modelu . . 11	
2.3 Časování sériové komunikace s LED pro ovládací čip WS2812 [cite]. 12	
2.4 Schéma zapojení součástek na modelu	12
3.1 Diagram programů	14
3.2 Schéma stavového automatu optické brány	16

Tabulky

3.1 Nastavení pinů na desce	15
3.2 Formát zpráv	15
3.3 Příkazy v terminálu	18



Úvod

V této práci se budu zabývat shrnutím současné formy automatického řízení osvětlení obytných prostor z hlediska druhů komunikace senzorů a akčních členů v síti. Možnými druhy senzorů, které se dají použít, nebo již jsou ve značné míře používány, pro detekci osob ve vnitřních prostorech. Také se krátce zmíním o výhodách přirozeného osvětlení. Dále navrhnu a zprovozním malý model automatického osvětlení pro tři místnosti, který je zachycen na obrázku 2.2. Tento model dále připojím k ovládacímu PC, které bude sloužit jako hlavní uživatelské rozhraní a zároveň bude obstarávat komunikaci se zařízením uživatele přes internet pomocí protokolu UDP. Navrhnu jednoduchý systém alarmu pro informování o odchodu z prázdné místnosti. V závěru vyhodnotím do jaké míry jsem byl při návrhu a realizaci úspěšný. Mojí hlavní motivací při tvorbě tohoto modelu je snížení celkové energetické spotřeby za pomoci cenově dostupných součástek.

Kapitola 1

Současné metody řešení a senzory detekce osob

1.1 propojení

Pro komunikaci řídicí jednotky se senzory a akčními členy se mezi nejrozšířenější způsoby řadí připojení na pevnou datovou linku, ovladač s infračerveným přenosem a napojení na domácí bezdrátovou síť (například WiFi). Další způsoby komunikace, jako je třeba využití již zavedené elektroinstalace ke komunikaci skrze rozvody elektřiny, se k tomuto účelu, na území Evropy, nepoužívají velmi často[citc].

1.1.1 Drátové propojení

Pro tento způsob komunikace se využívá připojení všech zařízení pomocí pevné linky. Problémem je zde vyšší cena instalace, jelikož je nutné ke každému zařízení, které chceme připojit, natáhnout propojovací kabel. Výměnou za vyšší pořizovací náklady je vyšší stabilita a odolnost proti rušení. Do systému se dají připojit senzory umožňující účinnější automatizaci řízení (tento systém zpravidla řídí více, než jenom osvětlení) a zároveň má tak daleko vyšší stupeň flexibility. Pro nastavení parametrů chování systému se zpravidla používají ovládací panely na neměnných místech, nebo se dá použít i ovládání přes internetové připojení k centrální jednotce.

■ Wifi ovládání

Zde se pro komunikaci s řídicí elektronikou využívá připojení k již existující bezdrátové síti. Řídicí pokyny je možno vysílat ze zařízení, které je schopno se k dané síti připojit a obsahuje aplikaci s příslušnými komunikačními protokoly. K tomuto účelu se nejčastěji používá telefon s nainstalovanou aplikací pro řízení. Zároveň je tak i možno pomocí jednoho ovládacího zařízení řídit nezávisle několik světelných okruhů bez nutnosti použít více ovládacích zařízení.

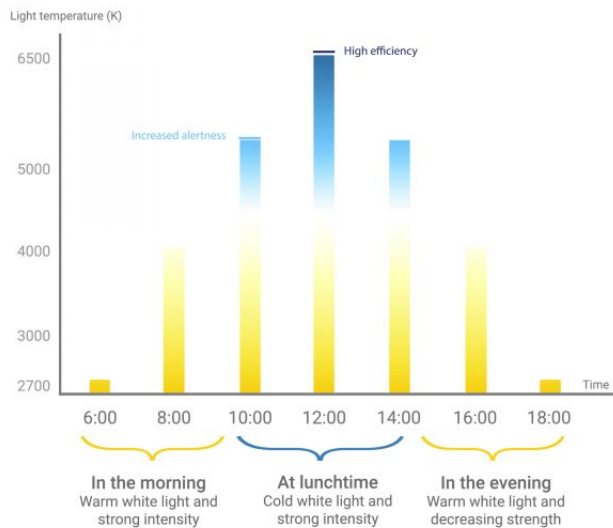
■ 1.2 Senzory

Pro efektivní řízení osvětlení je potřeba, aby řídicí systém měl informaci o tom, jestli se v místnosti, případně prostoru, nachází nějaká osoba. Také je užitečné znát počet přítomných osob, nebo i jejich identity. Pro určení toho, jestli je někdo v místnosti je možno využít infračervený senzor, který ale není schopný detekovat počet osob, nebo identitu. Toto lze doplnit třeba senzorem na principu směrové optické závory, která postrádá spolehlivost při detekci prázdného prostoru kvůli svému inkrementálnímu výstupu. Pro detekci identity osoby se dá použít bezdrátová čtečka karet aktivovaná detekcí osoby optickou závorou. Veškeré výše zmíněné funkce je také možno implementovat pomocí kamer se zpracováním obrazu pro rozpoznání osob.

■ 1.2.1 Směrová optická brána

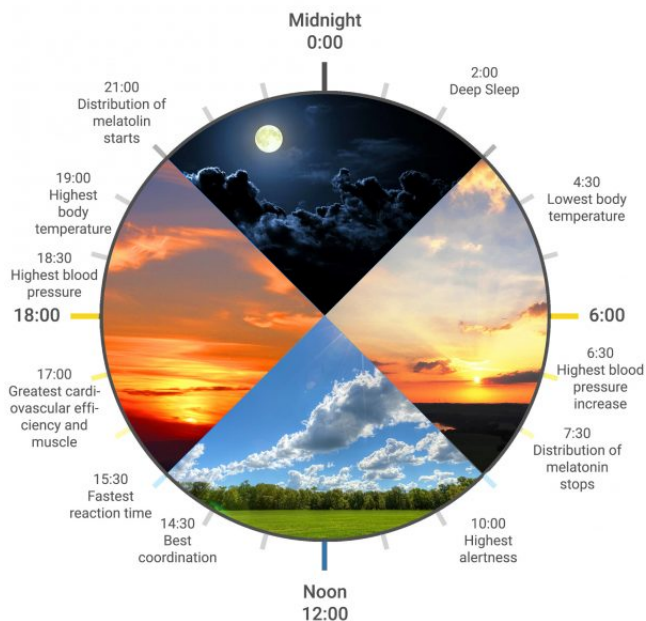
Tento senzor je tvořen dvojicí optických bran, které obsahují každá LED diodu a fototranzistor. Po zpracování výstupu fototranzistorů pomocí prahování je výstup tohoto senzoru dvojice signálů (obrázek: 1.1), které odpovídají tomu, jestli se mezi daným párem diod nachází překážka nebo ne. Při průchodu objektu jsou změny na obou výstupech vzájemně posunuty a tak je možno určit v jakém směru objekt skrz bránu prošel. Hranici pro prahování je možno nastavit staticky nebo dynamicky. Statická hranice lze snadno implementovat analogově, ale má nevýhodu možného chybného výstupu v závislosti na okolním osvětlení. Dynamický práh je spolehlivější, ale vyžaduje digitální zpracování.

Guideline values for light and its application in Human Centric Lighting



Obrázek 1.2: Teplota světla v průběhu dne [citd].

Reactions of the biorhythm to daylight (for people with normal working and rest periods)



Obrázek 1.3: Standardní denní cyklus [citd].

Kapitola 2

Fyzický model

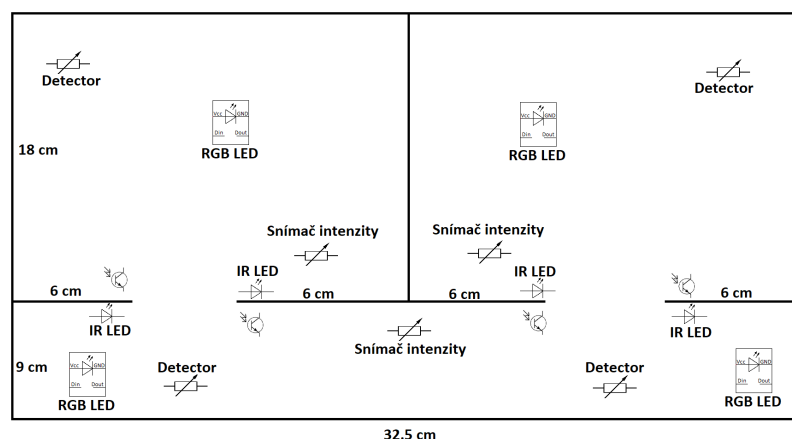
Jako fyzický model jsem se rozhodl vytvořit dva pokoje propojené chodbou dle obrázku 2.1. Vznikl tak model na obrázku 2.2. Namísto infračervených detektorů jsem použil potenciometry z důvodu realizovatelnosti laboratorního vzorku dané velikosti, jelikož při použití detektorů by bylo potřeba udržovat v dané místnosti vzorku objekt s detekovatelnou teplotní odlišností.

2.1 Použité elektrické součástky

Součástky jsem vybíral dle svých zkušeností a jejich dostupnosti na trhu tak, aby byla co nejlépe zajištěna jejich spolehlivost, odolnost proti rušení a přijatelná cena. Celý obvod modelu je zapojen dle 2.4.

2.1.1 Potenciometry

Pro realizaci jsem se rozhodl použít lineární otočné potenciometry s odporem $10\text{ k}\Omega$. Tyto potenciometry jsou zapojeny jako děliče napětí. Levou část otočné dráhy mají trvale připojenou na zem, zatímco pravá je na spínaných $3,3\text{ V}$. Střed je pro čtení dat přiveden na vstup ADC na kontrolní desce. Důvod ke spínání reference potenciometrů je snížení spotřeby obvodu, jelikož pro zjištění jejich polohy stačí, aby jimi tekla ustálený proud pouze v době



Obrázek 2.1: Průdorys sestaveného laboratorního vzorku s naznačenými senzory a LED diodami

vzorkování daného vstupu ADC. Všechny potenciometry jsou v systému zapojeny paralelně, což znamená že celková spotřeba v ustáleném stavu všech sedmi potenciometrů je přibližně $7,6 \text{ mW}$.

2.1.2 RGB LED

Jsou použity čtyři inteligentní RGB diody s čipy řady WS2812, které umožňují nastavování barev pomocí digitální sériové komunikace a tak k jejich ovládání stačí jeden digitální datový pin na ovládací desce. Je však nutno dodržet přesné časování přenosu dat dle obrázku 2.3. Napájení jsou z 5 V stabilizovaných elektrolytickými kondenzátory o celkové kapacitě $66 \mu\text{F}$.

2.1.3 Fototranzistory

Jedná se o fototranzistory s označením *L-93DP3BT*, které mají největší citlivost na vlnové délce 940 nm , operují tak mimo viditelné spektrum v infračervené oblasti. Tento typ jsem zvolil, abych minimalizoval rušení od okolního osvětlení. Na kolektor je přivedeno napětí $3,3 \text{ V}$ a emitor, jehož napětí je snímáno pomocí ADC, je připojen přes odpor o hodnotě $2,7 \text{ k}\Omega$ na zem. Velikost tohoto odporu byla zvolena experimentálně, aby se co nejvíce potlačil vliv okolního rušivého osvětlení a zároveň aby byl fototranzistor schopen dosáhnout saturace při rozsvícení příslušné infračervené diody. Fototranzistory



Obrázek 2.2: Fotografie sestaveného modelu

jsou s infračervenými LED umístěny v optických branách křížem, aby se snížil vliv přesvitu od infračervených LED ke druhému fototranzistoru.

■ 2.1.4 Infračervené LED

Pro buzení optických bran jsem zvolil diody *L-53 F3BT*, které mají vyzářovací vlnovou délku 940 nm . Jejich zapojení je se společnou anodou, která je připojena na zdroj 5 V přes odpor $2,7\text{ k}\Omega$ a stabilizována dvěma paralelně zapojenými kondenzátory o celkové kapacitě $44\text{ }\mu\text{F}$. Ke každé katodě je připojen odpor $100\text{ }\Omega$. Poté jsou vodiče společně přivedeny na kolektor NPN tranzistoru *BC 548C*, jehož emitor je připojen na zem a báze je přes odpor $470\text{ }\Omega$ připojena na ovládací pin procesoru.

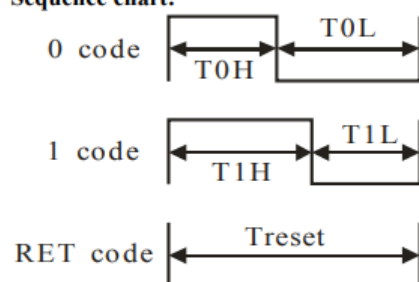
■ 2.1.5 Ovládací deska s procesorem

Pro řízení jednotlivých signálů je použita deska *NUCLEO STM32F411RE*, která obsahuje procesor s jádrem *Cortex®-M4*, které běží na frekvenci 100 MHz . Deska je opatřena 16-ti kanálovým ADC převodníkem, který jsem použil pro čtení analogových signálů z potenciometrů a fototranzistorů. Konkrétní nastavené použitých pinů je možno nalézt v tabulce 3.1.

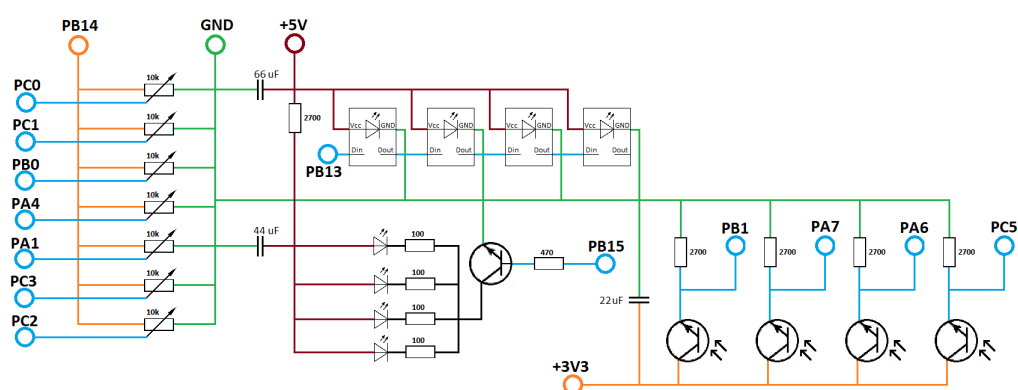
Data transfer time ($T_H+T_L=1.25\mu s\pm 600ns$)

T0H	0 code ,high voltage time	0.35us	$\pm 150ns$
T1H	1 code ,high voltage time	0.7us	$\pm 150ns$
T0L	0 code , low voltage time	0.8us	$\pm 150ns$
T1L	1 code ,low voltage time	0.6us	$\pm 150ns$
RES	low voltage time	Above $50\mu s$	

Sequence chart:



Obrázek 2.3: Časování sériové komunikace s LED pro ovládací čip WS2812 [cite].



Obrázek 2.4: Schéma zapojení součástek na modelu

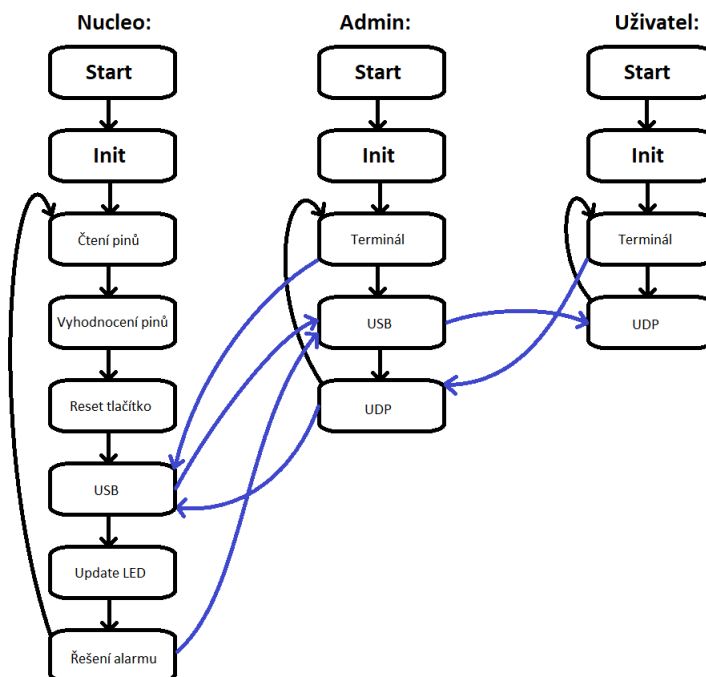
Kapitola 3

Programy

Celé řízení se skládá ze tří programů psaných v jazyce *c++*. O konečné řízení se stará program pro desku *NUCLEO STM32F411RE*, který zařizuje čtení a zpracování signálů s následnými akčními zásahy do modelu. Nad ním je v nadřazeném počítači admin aplikace, která s deskou komunikuje prostřednictvím rozhraní USB a také s uživatelskou aplikací pomocí posílání UDP packetů. Admin i uživatelská aplikace řeší především vstupy do terminálu. Diagram programů s jejich propojením je zachycen na obrázku 3.1.

3.1 *NUCLEO STM32F411RE*

Aplikace je vyvinutá v prostředí <https://ide.mbed.com/> a závisí na knihovně *mbed-os*, která je vložena do programu prostřednictvím *mbed.h*. Jako první si program nastaví piny dle tabulky 3.1 a vytvoří si instance struktur senzorů, instance jednotlivých pokojů a instanci ovládání LED diod. Dále program vyprázdňuje příchozí buffer zpráv od nadřazeného počítače a inicializuje barvy. Následně program vstupuje do nekonečné smyčky. Nejdříve jsou načteny stavy jednotlivých vstupních pinů a vyřeší se reakce na vstupy od modelu. Poté je zkontrolováno uživatelské tlačítko a při jeho stisknutí resetován alarm a počet lidí v místnostech na základní hodnoty. Následně se zkontroluje aktivita příchozích zpráv od admin aplikace a v případě požadavku je daný požadavek vyřešen. Dále jsou odeslány nové barvy pro RGB LED a pokud je detekován alarmový signál, tak se změní stav LED na desce a pošle se zpráva o alarmu nadřazenému PC. Rutina alarmu se vykonává s frekvencí 5 *Hz*



Obrázek 3.1: Diagram programů

3.1.1 Načítání dat z pinů a jejich zpracování

Nejdříve se načtou data z fototranzistorů s vypnutými infračervenými LED. Po zapnutí infračervených LED, a počkání $100 \mu s$ pro ustálení, je přečtena druhá sada hodnot a následné vypnutí LED. Dále je zapnuto napájení potenciometrů, které jsou po $1 \mu s$ přečteny a jejich napájení opět vypnuto. Následuje stabilizace hodnot potenciometrů prahováním nuly a váženým průměrováním s předešlou hodnotou. Pro jednotlivé pokoje se provede časová kontrola detektoru a pokud jsou všechny detektory v místnosti pod danou hranicí příliš dlouho (v modelu je tato doba $2 s$), tak je vynulován počet osob v dané místnosti. Nakonec jsou předány instancím pokojů jejich přiřazené sady fototranzistorů pro vyhodnocení stavu optických bran.

3.1.2 Vyhodnocení požadavků nadřazeného PC a reakce na ně

Pro rozhraní je použit neblokovací režim čtení, kdy se kód pro reálné čtení spouští pouze tehdy, pokud byla detekována příchozí zpráva. Přerušování způ-

Pin	I/O nastavení	použití
PA1	Analog In	Pravý detektor na chodbě
PA4	Analog In	Snímač intenzity na chodbě
PA5	Digital Out	Ovládání LED na desce
PA6	Analog In	Pravý vnitřní fototranzistor
PA7	Analog In	Levý vnitřní fototranzistor
PB0	Analog In	Levý detektor na chodbě
PB1	Analog In	Levý vnější fototranzistor
PB13	Digital Out	Datový kanál pro RGB LED
PB14	Digital Out	Spínané napájení potenciometrů
PB15	Digital Out	Spínání infračervených LED
PC0	Analog In	Detektor v levé místnosti
PC1	Analog In	Snímač intenzity v levé místnosti
PC2	Analog In	Detektor v pravé místnosti
PC3	Analog In	Snímač intenzity pravé místnosti
PC5	Analog In	Pravý vnější fototranzistor
PC13	Digital In	Uživatelské tlačítko na desce

Tabulka 3.1: Nastavení pinů na desce

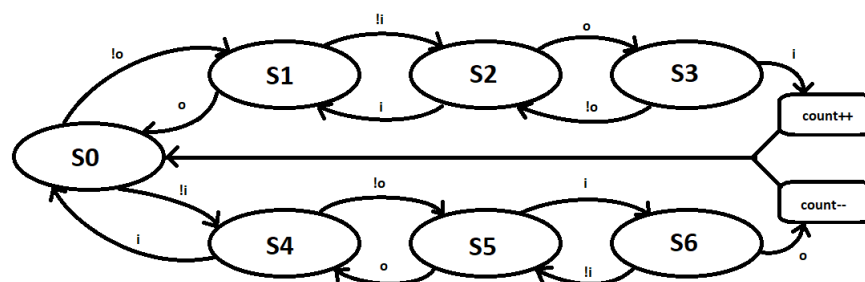
typ	1.B	2.B	3.B	4.B	celková délka
Set	0	Id pokoje	Id dat	data	4B
Read	1	Id pokoje	ID dat	-	3B
Alert	2	-	-	-	1B

Tabulka 3.2: Formát zpráv

sobené příchozí zprávou spouští funkci přerušení, která uloží příchozí data do FIFO kruhového bufferu a detekce příchozí komunikace je v programu zařízena rozdílem v pozicích indexů začátku a konce fronty. V případě detekce je přijat typ zprávy a podle typu je určena celková požadovaná délka a přijat zbytek. V případě že se jedná o zprávu *alert*, tak je vynulován stav *alarm* ve všech pokojích. Pokud je zpráva typu *set*, tak je dešifrován typ požadavku s místností a upravena požadovaná hodnota. Jedná-li se o typ *read*, tak je jako u zprávy *set* dešifrován požadavek s místností a do dočasné proměnné je uložena tázaná hodnota, která je poté odeslána nadřazenému PC. Formát zpráv je uveden v tabulce 3.2.

■ 3.1.3 Update barev RGB LED

Pokud se změnil počet osob v místnosti z nuly na kladné číslo, tak se nastaví základní intenzita světla. Nastaví se nová saturace barev dle uběhlého času (na modelu je nastavena délka cyklu na 10 s pro lepší možnost prezentace) a



i - vnitřní brána
o - vnější brána
count - počet osob

Obrázek 3.2: Schéma stavového automatu optické brány

upraví se intenzita podle změny hodnoty příslušných potenciometrů. Pokud v místnosti není záznam o přítomnosti osoby, tak je intenzita nastavena na nulu. Nakonec se pošle sekvence barev sériově do RGB LED.

3.1.4 Třída room

Tato třída se zabývá zpracováváním optických bran a detektorů. Zpracování detektorů probíhá prahováním hodnoty a pokud je detektor nad hranicí, tak je resetován čas od poslední detekce osoby. V opačném případě a pokud uběhl daný čas od poslední detekce, tak je nastaven počet osob v dané místnosti na nulovou hodnotu. Zpracování signálů jednotlivých optických bran funguje dle stavového automatu na obrázku 3.2. Pro každou směrovou optickou bránu, která je přidělena danému pokoji, je využit samostatný stavový automat. Pokud je detekován odchod osoby z místnosti, ve které je počet osob nulový, je toto vyhodnoceno jako krizový stav a je v místnosti nastaven příznak alarm.

3.1.5 Třída WS2812_LED

Jedná se o třídu zajišťující komunikaci s RGB LED a uchováající informace potřebné pro toto ovládání, jako je například počet sériově zapojených LED a pole požadovaných barev ve formátech RGB a HSV. Formát HSV je nadřazený, jelikož je zpravidla pro uživatele příjemnější na ovládání a umožňuje separátní ovládání intenzity a saturace barvy. Intenzita je řízena buď přímým nastavením hodnoty uživatelem, nebo je řízena změnami na potenciometru, kdy je změna

intenzity lineárně závislá na směrnici ve směru pohybu hodnoty potenciometru. Pro kladný směr otáčení je směrnice dána vztahem 3.1 a směrnice v záporném směru je dána vztahem 3.2. Pro oba případy platí, že hodnoty V značí nastavenou intenzitu dané RGB LED a I značí stav potenciometru, který udává požadovanou změnu.

Odesílání barev je ve formátu GRB od MSB. Celý cyklus odesílání barev je v sekci s kritickým časem, aby nedošlo k narušení časování jednotlivých bitů sériové komunikace příchozím přerušením převážně od USB komunikace.

$$dV_{kladné} = \frac{V_{max} - V_{last}}{I_{max} - I_{last}} \quad (3.1)$$

$$dV_{záporné} = \frac{V_{last}}{I_{last}} \quad (3.2)$$

3.2 Admin aplikace

Program je rozdělen do tří hlavních částí cyklu. První část obstarává vstup z terminálu. Druhá komunikuje s deskou přes ComPort a třetí zajišťuje příjem a odesílání dat UDP protokolem. Každý komunikační kanál je v neblokovacím stavu, což zpravidla zajišťují timeouty.

3.2.1 Vstup z terminálu

Jako metoda neblokovacího vstupu je zde použit příkaz `PeekConsoleInput()`, který vrací počet přečtených bytů ze vstupu bez posunu zásobníku vstupu. Tuto hodnotu jsem omezil shora na 1. Pokud je hodnota větší než nula, tak je provedeno zpracování vstupního příkazu. První znak příkazu nastavuje typ požadavku. Pokud se nejedná o požadavek *Alert*, který je ihned odeslán bez dalších parametrů, tak druhý znak představuje jedinečný identifikátor pokoje a třetí je typ dat. Pokud se jedná o požadavek na zápis, tak je přečtena hodnota ze vstupu oddělena mezerou, která představuje požadovanou hodnotu daných dat. Po začátku příjmu příkazu je terminál v blokovacím režimu a do neblokovacího režimu přejde až tehdy, pokud je požadavek odeslán, nebo přijatý znak není rozpoznán jako validní pro danou pozici. Příklad validní zprávy pro zápis odstínu barvy v levém pokoji na přibližně 100° je *slh 71*. Hodnoty intenzity a odstínu jsou v rozmezí 0 - 255. Hodnoty saturací jsou od nuly do hodnoty 100.

Klávesa	nastavuje	typ	omezení	komentář
S	typ zprávy	Set	-	požadavek pro zápis hodnoty
R	typ zprávy	Read	-	požadavek pro čtení hodnoty
A	typ zprávy	Alert	-	požadavek pro vypnutí alarmu
R	Id pokoje	pokoj levý	-	zpráva určena pro pravý pokoj
L	Id pokoje	pokoj pravý	-	zpráva určena pro levý pokoj
H	Id pokoje	chodba	-	zpráva určena pro chodbu
A	typ dat	vnitřní brána	r	hodnota vnitřní části brány
B	typ dat	vnější brána	r	hodnota vnější části brány
C	typ dat	stav brány	r	stav, ve kterém je brána
D	typ dat	obsazenost	rw	počet osob v místnosti
E	typ dat	barva R	r	intenzita složky R v barvě
F	typ dat	barva G	r	intenzita složky G v barvě
G	typ dat	barva B	r	intenzita složky B v barvě
H	typ dat	odstín	rw	odstín barvy
I	typ dat	dolní saturace	rw	minimální hodnota saturace
J	typ dat	horní saturace	rw	maximální saturace
K	typ dat	intenzita	rw	intenzita barvy
L	typ dat	detektor	r	přijímaná hodnota detektoru

Tabulka 3.3: Příkazy v terminálu

3.2.2 UDP komunikace

Neblokování vstupu je zde zařízeno timeoutem funkce `recvfrom()`. Při timeoutu vrátí funkce chybovou hodnotu po jejímž příjmu je z hodnoty posledního erroru v chybovém zásobníku určeno, zda se jedná o timeout, nebo o jinou chybu. V případě že se nejedná o timeout, tak je program ukončen s návratovou hodnotou 1. Pokud je přijata zpráva od uživatele, tak je přeposlána ovládací desce a pokud se jedná o zprávu typu `read`, tak je nastaven vnitřní proměnná programu značící, že další odpověď desky je určena pro uživatele. Správnost přijaté zprávy je kontrolována pomocí výpočtu hodnoty CRC (v knihovně [cita]), které má výstup o délce 8 bitů. Vzhledem k délce zpráv v posílaných UDP packetech jsem vyhodnotil tuto délku CRC jako nejvhodnější. Komunikace probíhá přes porty 8888, na kterém admin aplikace poslouchá, a 5555, na kterém svá data posílá. Vzhledem k tomu, že uživatelská i admin aplikace běží v tuto chvíli na jednom počítači, tak je jako IP adresa použita hodnota 127.0.0.1, která představuje vždy adresu současného PC, takže zpráva neopustí dané PC.

■ 3.2.3 ComPort komunikace

Pro čtení je použita funkce `ReadFile()` z adresy daného ComPortu, který má nastavený timeout, takže pokud do vypršení daného času nepřijde zpráva, tak je počet přečtených bytů nulový a tato část se přeskočí. V případě, že přijatá zpráva je typu *Alert*, tak je vypsáno hlášení do terminálu a také je zpráva přeposlána uživateli. V opačném případě je zkontrolována proměnná, zda uživatel čeká odpověď desky, a pokud je výsledek pozitivní, tak mu zprávu přepoše v UDP packetu. V opačném případě je přijatá hodnota vypsána na terminál. Pro komunikaci jsem zvolil rychlost 115200 *baud* a formát dat je 8 bitů data, 1 stopbit a žádná parita. Pro čtení a zápis jsem nastavil timeouty o velikosti 10 *ms*.

■ 3.3 Uživatelská aplikace

Jedná se o terminálovou aplikaci která pro komunikaci s terminálem a admin aplikací používá stejné protokoly, jako admin aplikace. Hlavní rozdíl je v tom, že požadavek z terminálu je přeposílán admin aplikaci a program nemá protokol k přímé komunikaci s deskou přes USB. Porty pro UDP komunikaci jsou zrcadlově otočené a posílají se na adresu počítače s admin aplikací, která je v případě modelu stejná jako u admin aplikace.

Kapitola 4

Závěr

Představil jsem současné způsoby řešení komunikace inteligentních systémů a běžně používaných systémů. Představil jsem pojem přirozené osvětlení vnitřních prostor a zdůvodnil jeho důležitost. Navrhl jsem model (obrázek 2.1) se zapojením (obrázek 2.4), který jsem poté sestavil (obrázek 2.2) a zprovoznil aby fungoval dle požadovaných parametrů. Po celou dobu návrhu jsem se snažil aby konečný systém měl co nejnižší spotřebu za podmínky zachování celkové funkčnosti systému. Tuto spotřebu jsem snižoval třeba spínáním napájení potenciometrů pouze po dobu čtení jejich hodnoty. Napsal jsem programy pro regulaci osvětlení a nastavení parametrů této regulace.

Při testování systému jsem narazil na několik nedokonalostí, které jsem již nestíhal vyřešit. Mezi ně patří zablokování terminálových aplikací při změně okna, čemuž se dá za normálních okolností předejít tím, že obě terminálové aplikace nejsou v běžné situaci určeny pro to, aby běžely na jednom PC. Druhým pozorovaným problémem je to že se ovládací deska v náhodných případech zacyklí v odesílání dat zpět, přičemž tento jev neovlivní chod desky a zdá se, že se jedná o chybné čtení příchozího cyklického bufferu.

Pro univerzálnější použití by bylo potřeba ještě zvýšit modularitu programů, tak aby bylo možné měnit strukturu prostor jen pomocí jednoduchého konfiguračního souboru. Dále by bylo vhodné vytvořit grafické rozhraní pro uživatelskou aplikaci namísto terminálu.



Literatura

- [cita] *Crc knihovna*, <http://hqdesigns.de/en/interior-guide/what-is-human-centric-lighting/>, Accessed: 2020-12-06.
- [citb] *Omron's d6t mems thermal sensor*, <https://www.digikey.com/en/videos/o/omron-electronics-emc-div/omrons-d6t-mems-thermal-sensor>, Accessed: 2021-03-24.
- [citc] *Smart lighting: 4 systems for intelligent light*, <http://hqdesigns.de/en/interior-guide/smart-lighting-systems-intelligent-light/>, Accessed: 2021-01-01.
- [citd] *What is human centric lighting?*, <http://hqdesigns.de/en/interior-guide/what-is-human-centric-lighting/>, Accessed: 2021-01-01.
- [cite] *Ws2812 datasheet*, <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.774-029.2.pdf>, Accessed: 2021-05-18.
- [Rip20] Ripka, *7. měření lineární a úhlové polohy optoelektronické a ultrazvukové senzory*, 2020.



Příloha A

Programy

Kód programů jak v pdf formě, tak i ve formátu souborů s kódem je možné nalézt v příloze Programy.