

UNIVERZITA PARDUBICE

Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2021

Filip Joska

UNIVERZITA PARDUBICE
Fakulta elektrotechniky a informatiky

ŘÍZENÍ SVĚTEL PŘES WEBOVÝ SERVER

Filip Joska

Bakalářská práce
2021

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Filip Joska**
Osobní číslo: **I18076**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Řízení procesů**
Téma práce: **Řízení světel přes webový server**
Zadávající katedra: **Katedra řízení procesů**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je navrhnout a sestavit systém pro vzdálené ovládání světel ve vícepatrové budově. Ovládání bude realizováno přes webové rozhraní, kde každé patro bude mít své vlastní rozhraní a možnost přepínat mezi patry. Světla bude možné ovládat jednotlivě nebo jako celé patro. Funkčnost bude ověřena na modelu budovy FEI UPa.

Rozsah pracovní zprávy: **40**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

DOLEČEK, Jaroslav. Moderní učebnice elektroniky. Praha: BEN – technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-184-5.

BROŽA, Petr a Imrich BURANSKÝ. Programování WWW stránek pro úplné začátečníky. 3. aktualiz. a rozš. vyd. Brno: Computer Press, 2003. ISBN 80-7226-818-X.

ENC28J60 Data Sheet: Stand-Alone Ethernet Controller with SPI Interface [online]. In: . 2008, s. 98 [cit. 2020-10-06].

Dostupné z: http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39662c.pdf?utm_source=rss&utm_medium=rss

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Luboš Rejfek, Ph.D.**
Katedra elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: **27. listopadu 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **14. května 2021**

L.S.

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.
děkan

Ing. Daniel Honc, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 29. ledna 2021

Prohlašuji:

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

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

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 23. 4. 2021

Filip Joska

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Luboši Rejfkovi Ph.D. za cenné rady a poskytnutí materiálu a součástek. Také děkuji Ing. Pavlu Rozsivalovi za výrobu DPS.

V neposlední řadě bych rád poděkoval rodině, přátelům a přítelkyni, že mě podporovali při tvorbě bakalářské práce a po dobu celého studia.

V Pardubicích dne 23. 4. 2021

Filip Joska

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá vzdáleným řízením osvětlení ve vícepatrových budovách. Teoretická část práce obsahuje rozbor možných zdrojů světla a průmyslových sběrnic využívaných k řízení osvětlení. V praktické části je proveden návrh systému k řízení osvětlení konkrétní čtyřpatrové budovy (budovy Fakulty elektrotechniky a informatiky Univerzity Pardubice). Webservice řídící osvětlení na patře je realizován pomocí Arduino Uno, které je ke switchi připojeno modulem s řadičem ENC28J60.

KLÍČOVÁ SLOVA

řízení osvětlení, zdroje osvětlení, Arduino jako webservice

TITLE

LIGHT CONTROL VIA THE WEB SERVER

ANNOTATION

This bachelor's thesis is focused on lighting remote control in multiple-story buildings. In the theoretical part of this thesis, there is analysis of possible Light sources and industry buses used for lighting control. In the practical part, there was designed system to control lighting in a particular four-story building (building of Faculty of electrical engineering and informatics University of Pardubice) using the Arduino Uno board with ethernet controller ENC28J60, that serves as a web server through which the staff controls the lights.

KEYWORDS

lighting control, light sources, Arduino as a webservice

OBSAH

	SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK	9
	SEZNAM SYMBOLŮ VELIČIN A FUNKCÍ	11
	SEZNAM ILUSTRACÍ	12
	SEZNAM TABULEK	14
	ÚVOD	15
1	SVĚTELNÉ ZDROJE	16
1.1	ŽÁROVKA	16
1.2	HALOGENOVÁ ŽÁROVKA	16
1.3	ZÁŘIVKA	17
1.4	LED	18
1.5	POROVNÁNÍ SVĚTELNÝCH ZDROJŮ	21
2	ŘÍZENÍ OSVĚTLENÍ	22
2.1	SYSTÉM KNX	22
2.1.1	Řízení osvětlení pomocí systému KNX	23
2.2	ROZHRAŇÍ DSI	24
2.3	SYSTÉM DALI	24
3	MOŽNOSTI VZDÁLENÉHO ŘÍZENÍ	26
3.1	CENTRÁLNÍ ŘÍZENÍ POMOCÍ EXPRESS.JS API	26
3.2	VYUŽITÍ MIKROKONTROLÉRU JAKO WEBSERVERU	28
3.2.1	Využití programové FLASH paměti	29
3.2.2	Rozšíření paměti mikrokontroléru pomocí microSD karty	30
3.3	FINÁLNÍ VÝBĚR ŘEŠENÍ	31
4	KONCEPT ŘEŠENÍ	32
4.1	ROZŠÍŘENÍ PINŮ MIKROKONTROLÉRU	32
4.2	BUZENÍ SVĚTELNÝCH ZDROJŮ	33
4.3	ŘÍZENÍ MODELU BUDOVY	35
4.4	PROGRAMOVÁ OBSLUHA	39
4.4.1	Inicializace programu	41
4.4.2	Hlavní smyčka programu	41
4.4.3	Ovládání posuvných registrů	43
4.4.4	Sestavení webového rozhraní	44
4.4.5	Sestavení jednotlivých řádků tabulky	44

4.5	MODEL BUDOVY A ŘÍDICÍ ROZHRANÍ	47
	ZÁVĚR	50
	POUŽITÁ LITERATURA	52
	PŘÍLOHY	53

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

μIP	Micro Internet Protocol
API	Application Programming Interface
CS	Chip Select
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance
DALI	Digital Addressable Lighting Interface
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DSI	Digital Serial Interface
E27	Edisonův závit, průměr 27 mm
FEI UPa	Fakulta elektrotechniky a informatiky Univerzity Pardubice
GND	Ground
H1	Posluchárna H1
HTTP	HyperText Transfer Protocol
IP	Internet Protocol
IPv4	Internet Protocol version 4
KNX	standard KNX
KNX/EIB	KNX / European Installation Bus
LED	Light Emitting Diode
LSB	Least Significant Bit
MAC	Media Access Control
microSD	Micro Secure Digital (card)
MISO	Master-in Slave-out
MSB	Most Significant Bit
PN	Rozhraní přechodu polovodiče typu P a polovodiče typu N
RCK	(Storage) Register Clock
SCK	Shift (Register) Clock
SD	Secure Digital
SEM403	Seminární učebna 403
SEM406	Seminární učebna 406
SER	Serial (Input)

SPI	Serial Peripheral Interface
SRAM	Static Random Access Memory
SU401	Seminární učebna 401
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
UTP Cat5	Unshielded Twisted Pair Category 5
V-A	Volt-Ampérová (charakteristika)

SEZNAM SYMBOLŮ VELIČIN A FUNKCÍ

I	elektrický proud protékající rezistorem a diodou, A
I_A	el. proud odebíraný Arduinem a ethernetovým modulem dohromady, mA
I_b	elektrický proud vtékající do báze tranzistoru, A
I_c	celkový elektrický proud protékající obvodem, mA
I_d	elektrický proud protékající jednou diodou, mA
I_F	propustný proud, při kterém dioda emituje optické záření s optimální svítivostí, mA
I_{FM}	propustný proud špičkový, tedy maximální velikost propustného proudu, mA
I_r	maximální proud protékající posuvným registrem, mA
I_V	svítivost (intenzita optického záření) měřená ve vzdálenosti jedné stopy od diody, mcd
n	počet (diod/obvodů)
n_d	počet diod reprezentujících chodbu
n_p	počet pater modelu
n_r	počet posuvných registrů
P_m	výkonová ztráta, mW
R_b	elektrický odpor rezistoru v bázi tranzistoru, Ω
R_c	elektrický odpor rezistoru v kolektoru tranzistoru, Ω
R_p	elektrický odpor předřadného rezistoru, Ω
T_{OPR}	rozsah provozních teplot, ve kterých může dioda pracovat, K
U	výstupní el. napětí posuvného registru, V
U_{cc}	napájecí el. napětí, V
U_d	elektrické napětí na diodě, V
U_R	napětí v závěrném směru, V
U_t	úbytek el. napětí na tranzistoru, V
$\Delta\lambda$	spektrální šířka vyzařování, nm
λ	vlnová délka, při které vykazuje dioda největší intenzitu záření, nm

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obr. 1.1 – Schéma zapojení zářivky bez kompenzace účinníku	17
Obr. 1.2 – Schéma absorbce a emise fotonu elektronem	19
Obr. 2.1 – Schéma použití sběrnice KNX (Schneider Electric, 2018)	22
Obr. 2.2 – Schéma zapojení osvětlovacího systému s DALI protokolem (Sokanský, 2003) .	24
Obr. 2.3 – Příklad použití protokolu DALI v kombinaci se sběrnicí KNX (Kunc, 2007)	25
Obr. 3.1 – Topologie řízení pomocí Express API	26
Obr. 3.2 – Blokový diagram řízení s využitím Express API	27
Obr. 3.3 – Topologie sítě s mikrokontroléry jako webservery	28
Obr. 3.4 – Zjednodušený diagram načítání webového rozhraní z programové Flash paměti	29
Obr. 3.5 – Zapojení mikrokontroléru s microSD modulem a ENC28J60	30
Obr. 4.1 – Schéma řízení jednotlivých pater rozšířené o posuvné registry	32
Obr. 4.2 – Schéma připojení diody k posuvnému registru	33
Obr. 4.3 – Schéma proudového zesílení pomocí zapojení tranzistoru jako spínače	34
Obr. 4.4 – Inverzní zapojení tranzistoru jako spínače	35
Obr. 4.5 – Schéma propojení Arduina s ENC28J60 a zbytkem obvodu	35
Obr. 4.6 – Návrh desky plošného spoje řídicího obvodu 1. poschodí	36
Obr. 4.7 – Diagram připojení napájení k jednotlivým deskám	37
Obr. 4.8 – Osazovací schéma DPS 1. poschodí	37
Obr. 4.9 – Schéma připojení napájení k modelu	38
Obr. 4.10 – Krátké fragmenty uložené v programové paměti	39
Obr. 4.11 – Příklad dat o patře uložených v programové paměti	40
Obr. 4.12 – Inicializace mikrokontroléru	41
Obr. 4.13 – Diagram hlavní smyčky programu	42
Obr. 4.14 – Diagram řízení posuvných registrů (funkce setOutput)	43
Obr. 4.15 – Diagram čtení z programové paměti po bajtech	44
Obr. 4.16 – Ukázka plánu 2. poschodí budovy	45
Obr. 4.17 – Kontrola vynechaných místností	45
Obr. 4.18 – Kód výpisu čísla místnosti včetně aliasů	46
Obr. 4.19 – Příklad výsledné tabulky místností ve webovém rozhraní	47
Obr. 4.20 – Fotografie 4. poschodí modelu	47
Obr. 4.21 – Fotografie 3. poschodí modelu	48
Obr. 4.22 – Fotografie porovnání webového rozhraní se skutečným stavem	48

Obr. 4.23 – Porovnání variant webového rozhraní	49
Obr. 4.24 – Fotografie kompletního modelu budovy	49

SEZNAM TABULEK

Tab. 4.1 – Tabulka přiřazení adres	38
--	----

ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá návrhem systému pro řízení osvětlení ve vícepatrových budovách pomocí webservru. Motivací pro tvorbu této práce bylo vytvořit funkční model řízení světel v budově, který by bylo možné využívat například při popularizačních akcích, jako je například Noc Vědců a jiné akce pro širokou veřejnost.

Bez možnosti vzdáleného řízení osvětlení může být problematické například uzavírání rozlehlější budovy v noci, kdy je třeba zkontrolovat, zda je ve všech místnostech zhasnuto, případně zhasnout. Je tedy nutné buď celou budovu projít, případně se projít venku po obvodu a dívat se do oken, zda se někde nesvítí. Možnost osvětlení v místnostech kontrolovat či ovládat vzdáleně tedy představuje zásadní usnadnění. Možným řešením problému je právě vzdálené řízení.

Vzdálené řízení se nejčastěji realizuje pomocí sběrníkových systémů, protože je zpravidla jednoduché systém rozšířit například o další svítidla či ovládací prvky. Běžně se používají průmyslové sběrnice DALI či KNX, případně kombinace obou, kdy lze například provázat ovládání žaluzií (řízené na sběrnici KNX) a osvětlení (řízené systémem DALI). V této práci se však zabývám především využitím sběrnice ethernet pro její jednoduchost, a především dostupnost.

Světelné zdroje (s výjimkou žárovky, pokud nepožadujeme regulaci jasu) vyžadují pro svůj provoz předřadné členy – předřadníky. Řídit je lze analogově nebo digitálně. V minulosti se využívalo analogového řídicího napětí v rozsahu $1 \div 10$ V, avšak hlavní nevýhodou je úbytek napětí na vedení. V závislosti na vzdálenosti řízených prvků od zdroje tedy může dojít k nesprávnému nastavení některých předřadníků osvětlovací soustavy. Dnes se využívá především digitálního řízení, které je oproti analogovému výrazně odolnější vůči rušení. Díky digitální komunikaci nedochází ke zkreslení signálu vlivem úbytku napětí na vedení a je zajištěno nastavení všech předřadníků světelné soustavy na stejnou úroveň. Analogový systém také neumožňuje flexibilitu ani možnost řízení jednotlivých svítidel v osvětlovacím systému. To bylo motivací k vývoji sběrníkových systémů, jako je zmíněný systém DALI (Sokanský, 2003).

1 SVĚTELNÉ ZDROJE

První krok při návrhu řízení osvětlení je právě výběr vhodného světelného zdroje. Je tedy klíčové rozebrat jednotlivé možnosti zdrojů osvětlení a dle kladů a záporů jednotlivých zdrojů zvolit optimální volbu pro požadovanou aplikaci – v mém případě model vícepatrové budovy.

1.1 ŽÁROVKA

Žárovka využívá zahřívání vlákna při průchodu elektrického proudu. Tenké vlákno se při vysoké teplotě rozžhaví a svítí. Aby se zabránilo oxidaci drátku, je vestavěn do skleněné baňky, která uvnitř drží vlákno ve vakuu nebo pod nízkotlakým inertním plynem (využívá se například dusík). Nevýhodou však je, že náplň inertního plynu část tepla z vlákna odvádí kondukcí na sklo baňky, čímž klesá měrný výkon. Tento jev se kompenzuje zmenšením povrchu vlákna tzv. spiralizováním vlákna (Švihálek, 1972).

Hustota záření a účinnost roste s teplotou žhaveného vlákna, proto se musí jednat o materiál s vysokou teplotou tání. Zároveň musí jít o materiál velmi tažný, aby bylo možné z něho táhnout tenké vlákno. Nejvhodnějším materiálem se ukázal wolfram (Švihálek, 1972).

Žárovka je charakterizována příkonem a světelným výkonem. Z příkonu přivedeného na žárovku se na viditelné světlo přemění pouze 3 až 6 %. V průběhu života žárovky klesá její světelný tok (o 10 % za 100 hodin svícení). Životnost žárovky je stanovena normou na 1000 hodin a souvisí se síťovým napětím. Je-li žárovka napájena napětím nižším než síťovým, vydrží déle, bude odebírat menší elektrický proud, ale světelný tok bude nižší (Švihálek, 1972).

Žárovka má vysoký index podání barev, její účinnost je však velmi nízká. Nevýhodou je dále vysoká spotřeba žárovky a nízká životnost.

1.2 HALOGENOVÁ ŽÁROVKA

Halogenové žárovky jsou žárovky plněné plynem s příměsí halogenů nebo jejich sloučenin s cílem potlačit usazování wolframu na baňce, zvýšit tak stabilitu světelného toku během svícení a tím prodloužit životnost (Dvořáček, 2008).

Začalo se používat křemenné nebo tvrdé sklo s vyšší mechanickou pevností a teplotní odolností. To umožnilo zvýšit pracovní tlak plynné náplně a tím snížit rychlost vypařování wolframového vlákna (Dvořáček, 2008).

Wolfram vypařující se z vlákna, jehož teplota dosahuje přibližně 3 000 K, se v blízkosti skleněné baňky při teplotě pod 1 700 K slučuje s halogenem na příslušný halogenid wolframu. Ten v důsledku gradientu koncentrace prochází plynným prostředím zpět k vláknu, kde se při teplotě převyšující 1 700 K rozpadá na wolfram a volný halogen. Uvolněný halogen se znovu účastní reakce, zatímco atomy wolframu zvyšují tlak wolframových par v těsné blízkosti vlákna a omezují tak jeho vypařování, jedná se o tzv. wolfram-halogenový cyklus (Dvořáček, 2008).

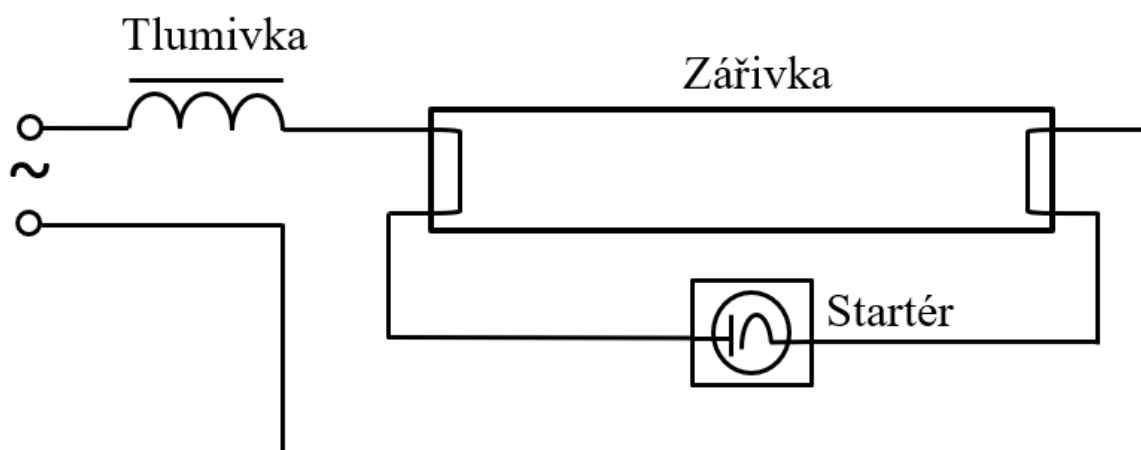
Stejně jako u klasické žárovky je výhodou spojitě spektrum vyzařovaného světla, vynikající podání barev a okamžitý start. Navíc halogenová žárovka dosahuje vyšší stability světelného toku a teploty chromatičnosti. Úbytek světla během života zpravidla nepřevyšuje 5 %. Také dosahuje výrazně vyšší účinnosti přeměny elektrické energie na světlo než klasická žárovka (Dvořáček, 2008).

Hlavní nevýhodou je vyšší cena výroby způsobená náročnější technologií výroby, a to zejména u žárovek s nízkým příkonem. U žárovek na malé napětí je zároveň nutné použít transformátor. V případě dlouhodobějšího provozu při výrazně nižším napětí již neprobíhá halogenový cyklus, proto je omezená možnost stmívání (Dvořáček, 2008).

1.3 ZÁŘIVKA

Zářivka je nízkotlaká výbojka se žhavenými elektrodami. Část elektrické energie je výbojem mezi elektrodami převáděna na viditelné světlo (2 %), další viditelné světlo se získá přeměnou ultrafialového záření v luminoforu (20 %) (Koudelka, 2005).

Protože při rostoucím proudu klesá odpor výboje, je třeba zapojit k zářivce předřadník, zpravidla tlumivku. Zároveň je k úspěšnému startu zářivky zapotřebí tzv. startér. Minimální



Obr. 1.1 – Schéma zapojení zářivky bez kompenzace účinníku

schéma zapojení je uvedeno na obr. 1.1 (Vodný, 2011).

Po připojení napájení je na startér přivedeno síťové napětí. Následně dojde k doutnavému výboji v baňce startéru a v důsledku toho dochází k sepnutí elektrod startéru. Startérem začne procházet zkratový proud tlumivky, který se uzavírá přes elektrody zářivky a tím dochází k jejich žhavení. Plyn uvnitř zářivky díky tomu ionizuje (Šolcová, 2011).

Sepnutím kontaktů přestane ve startéru hořet doutnavý výboj a po krátkém časovém intervalu dojde k rozpojení elektrod startéru. Proud tekoucí vlákny zářivky se přeruší a vyvolá tzv. napěťovou špičku (na tlumivce se naindukuje napětí asi 500 V, které se sčítá se síťovým). Je-li součet napětí a teplota elektrod dostatečná, dochází k zapálení zářivkového výboje a start je úspěšný, v opačném případě se proces opakuje. Po úspěšném startu protéká obvodem proud a napájecí napětí se rozdělí mezi tlumivku a zářivku. Napětí na zářivce je nižší než zápalné napětí startéru, proto se po úspěšném startu nevyužije – je vyřazen z činnosti (Šolcová, 2011; Švihálek, 1972).

Účinnost zářivky je oproti žárovce asi 3krát vyšší (kolem 20 %). Světelná účinnost dlouhých trubic je vyšší než krátkých a dále má na účinnost vliv i teplota skla. Nevýhodou však je pulzace světla následkem provozu ze střídavé sítě, které může způsobit tzv. stroboskopický jev (Švihálek, 1972; Koudelka, 2005).

Různé zářivky se liší i hodnotou indexu podání barev, který lze ovlivnit různým složením luminoforu. Je-li daný prostor náročný na rozeznání barev, využívají se zářivky s vysokým indexem podání barev, které jsou však i cenově náročnější (Koudelka, 2005).

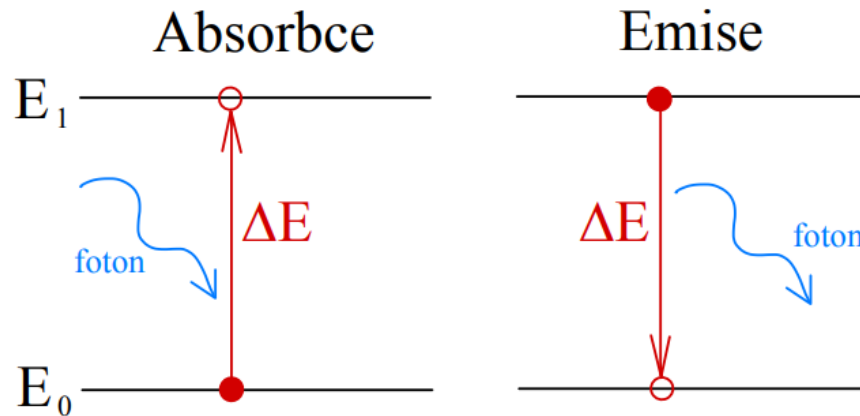
Nejčastějším provedením zářivek jsou tzv. lineární zářivky. Hlavní nevýhodou je však jejich délka. Dále se používají kompaktní zářivky, kterými lze přímo nahradit žárovku použijeme-li zářivku se závitem E27 (Koudelka, 2005).

1.4 LED

Light Emitting Diode, neboli dioda vyzařující světlo (optické záření), využívá principu elektroluminiscence, při které je PN přechodem vyzařováno optické záření (Doleček, 2005).

Princip luminiscence říká, že při zvýšení energie atomu může elektron dočasně přejít na vyšší energetickou hladinu. Po velmi krátkém časovém úseku se však vrací na původní dráhu a při tom vyzařuje nadbytečnou energii ve formě fotonu, viz obr. 1.2. V případě elektroluminiscence se jedná o vybuzení látky elektrickým polem. Opačného jevu, kdy elektron absorbuje energii fotonu na něho dopadajícího a přejde do vyšší energetické hladiny (viz obr. 1.2), se využívá ve fotodiodách a fototranzistorech (Doleček, 2005).

Základní princip je obdobný jako u klasické usměrňovací diody – připojením napětí v propustném směru dochází k přechodu elektrických nábojů přes přechod a dochází k rekombinaci elektronů s děrami. Vlivem přiloženého elektrického pole přecházejí elektrony na vyšší energetickou hladinu. Když elektron vyšší energetickou hladinu opustí, vyzáří elektromagnetické kvantum (Doleček, 2005).



Obr. 1.2 – Schéma absorpce a emise fotonu elektronem

Rekombinace jsou pochody, kdy volné elektrony ztrácejí energii a dostávají se na oběžné dráhy v atomech. Rekombinuje-li elektron s dírou, odevzdává atom energii zhruba rovnou šířce zakázaného pásu. V závislosti na typu materiálu se uvolněné kvantum energie buď vyzáří mimo krystal, nebo je absorbováno v mříži, což se projeví zvýšenou teplotou krystalu.

Vlnová délka energie vyzářené ve formě fotonu je dána rozdílem energií nosiče el. náboje před a po rekombinaci, tedy šířkou zakázaného pásu – čím větší je energie, tím kratší je vlnová délka vyzářeného světelného paprsku (Doleček, 2005).

Pravděpodobnost zářivé rekombinace roste se zvětšující se šířkou zakázaného pásu. U křemíku se šířkou zakázaného pásu 1,1 eV je uvolňovaná energie převážně absorbována v krystalu. Proto se využívá sloučenina GaAs se šířkou zakázaného pásu 1,34 eV. V tomto případě je již nezanedbatelná část energie vyzařována ve formě fotonů – stále však v oblasti infračerveného záření. V kombinaci s fosforem, tedy s použitím GaAsP (tzv. gallium arsenid fosfid) již získáme PN přechod vyzařující viditelné červené záření (Doleček, 2005).

Barva vyzařovaného světla je dána provedenou dotací a poměrem jednotlivých složek materiálu – galliumarsenidu a fosforu. Například dioda vyrobená ze sloučeniny 35 % galliumarsenidu a 65 % fosforu svítí červeně. Diody z $\text{GaAs}_{0,15}\text{P}_{0,85}$ svítí žlutě. Nejčastěji používanými materiály jsou sloučeniny prvků III. a V. skupiny periodické soustavy prvků – např. GaP, GaAlAs, GaN, InGaN, SiC (Doleček, 2005).

Generování bílého optického záření je uskutečněno využitím více barevných LED nebo použitím LED a luminoforu. Z cenových důvodů je nejčastějším způsobem realizace využití modré LED a luminoforu. Podle použitého luminoforu může mít optické záření různou barevnou teplotu – od teplé (nažloutlé) po studenou (namodralou) (Doleček, 2005).

V-A charakteristika LED se od klasické usměrňovací diody liší pouze ve velikosti napětí na mezi anodou a katodou U_F v propustném směru. U_F dále závisí na barvě diody a použitém materiálu (Doleček, 2005).

Důležitými parametry LED jsou:

- I_F – propustný proud, při kterém dioda emituje optické záření s optimální svítivostí,
- I_{FM} – propustný proud špičkový, tedy maximální velikost propustného proudu,
- U_R – napětí v závěrném směru (výrobci doporučují při $U_R > 3$ V použití ochranného obvodu),
- P_m – výkonová ztráta (při zvýšení výkonové ztráty dochází ke zvýšení teploty a tím ke snížení spolehlivosti diody),
- T_{OPR} – rozsah provozních teplot, ve kterých může dioda pracovat při zaručených hodnotách I_F ,
- I_V – svítivost (intenzita optického záření) měřená ve vzdálenosti jedné stopy od diody,
- λ – vlnová délka, při které vykazuje dioda největší intenzitu záření,
- $\Delta\lambda$ – spektrální šířka vyzařování (liší se podle materiálu a dotačních příměsí).

(Doleček, 2005)

Je žádoucí nastavit pracovní bod diody pomocí předřadného rezistoru, abychom dosáhli požadované svítivosti. Také se vlivem rezistoru omezí změna proudu diodou při změně její teploty.

Hlavní výhodou oproti vláknovým žárovkám je menší spotřeba – např. 100 mW při stejnosměrném napětí 5 V. Zároveň dioda zpravidla vykazuje větší svítivost než miniaturní žárovka. Dále má LED menší ztráty v podobně vydávaného tepla a poskytuje vyšší spolehlivost.

1.5 POROVNÁNÍ SVĚTELNÝCH ZDROJŮ

Žárovka má sice vysoký index podání barev a spektrum vyzářeného světla je spojitě, ale není výhodná pro svoji nízkou efektivitu. Pouze malou část energie vydá v podobě světla a zbylá energie se vyzáří v podobě tepla. Obzvláště pro model budovy by malé žárovky byly nevhodné kvůli jejich provozním podmínkám.

Zářivky mají oproti tomu nespojitě spektrum vyzářeného světla, index podání barev je nižší než u žárovky a index podání barev je u dražších zářivek poměrně vysoký, u levnějších je však pochopitelně nižší. U zářivek je také nebezpečí stroboskopického efektu. Jsou sice o něco efektivnější než žárovka, pro model budovy jsou ale nevhodné kvůli potřebě startovacího obvodu a s tím spojeného problematického řízení, zejména tedy startu.

LED se naopak jeví jako optimální světelný zdroj. Dosahují vysokého indexu podání barev a spektrum jimi vyzářeného světla bývá spojitě – ačkoliv to závisí na způsobu konstrukce konkrétního svítidla. Jsou velice efektivní a jejich provoz je tedy úspornější než v případě žárovek či zářivek. Pro osvětlení budovy bych tedy volil LED svítidla. Pořizovací cena kvalitních LED svítidel může být nepatrně vyšší než například cena žárovek, ale díky vysoké efektivitě se to dlouhodobě vyplatí. Pro model budovy jsou LED logickou volbou, je totiž možné je budít přímo řídicími signály bez použití dalších zesilujících obvodů.

2 ŘÍZENÍ OSVĚTLENÍ

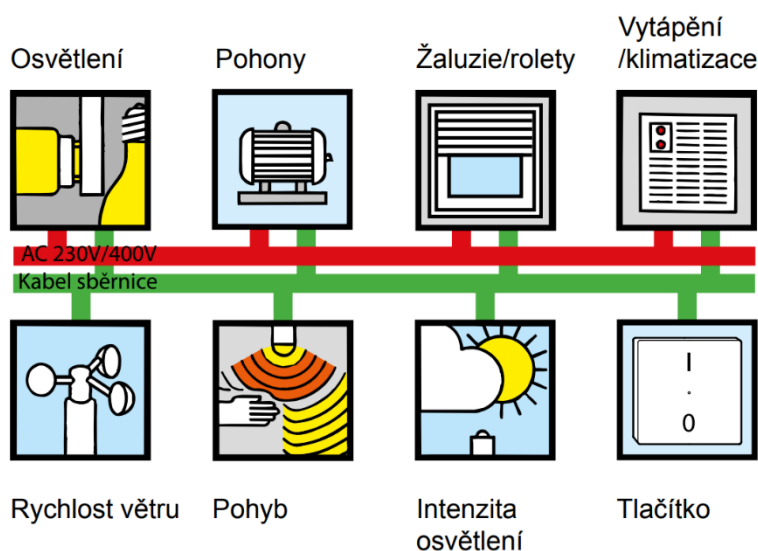
Světelné zdroje, kromě klasické žárovky, vyžadují pro svoji činnost předřadné přístroje. U klasické žárovky předřadník plní pouze funkci regulátoru. Halogenové žárovky na malé napětí vyžadují indukční nebo elektronické transformátory a u výbojových světelných zdrojů je předřadník také nezbytnou součástí. LED svítidla vyžadují předřadníky k napájení diod stejnosměrným konstantním proudem z důvodu proudové ochrany (Sokanský, 2003).

Předřadníky lze řídit analogově pomocí dvou vodičového signálního vedení. Dochází však k úbytkům napětí na vedení a nemusí být vždy splněna podmínka nastavení všech elektrických předřadníků na stejnou úroveň. Proto se dnes hojně využívá digitálního řízení, které má větší odolnost proti rušení a přepólování řídicího napětí. Digitálním řízením je také zajištěno nastavení regulátorů jasu všech předřadníků na stejnou úroveň (Sokanský, 2003).

Pro řízení se zpravidla využívá sběrnice systémů pro jednoduchost vedení a možnosti snadného rozšíření a modifikace soustavy. Systémy mohou být centralizované či decentralizované.

2.1 SYSTÉM KNX

Systém KNX se skládá z decentralizované dvoužilové sběrnice a připojených kompatibilních zařízení, viz obr. 2.1. Po sběrnici je přenášeno napájení pro elektroniku připojených zařízení a zároveň tzv. datové telegramy. Na sběrnici jsou připojena všechna zařízení včetně senzorů, akčních členů a systémových komponentů. Ke snímačům je zpravidla



Obr. 2.1 – Schéma použití sběrnice KNX
(Schneider Electric, 2018)

přiveden pouze kabel sběrnice, ale akční členy obvykle potřebují také síťové napětí 230/400 V pro ovládání zátěží. Sběrnice a síťové napájení jsou od sebe striktně odděleny (Schneider Electric, 2018).

Zařízení si mohou vyměňovat informace přímo prostřednictvím sběrnice vedení. Všechna zařízení jsou si rovnocenná (multi-master provoz). K zabránění kolize telegramů se využívá protokol CSMA/CA (Schneider Electric, 2018).

Snímače zaznamenávají informace, které jsou následně odesílány na sběrnici ve formě datových diagramů. Mezi snímače se řadí například i KNX tlačítka. Akční členy přijímají datové telegramy a převádějí je na spínací nebo stmívací signály (Schneider Electric, 2018).

Systémová zařízení a komponenty jsou nutné pro funkčnost celého systému. Jedná se o napájecí zdroje generující sběrnice napětí a systémové spojky spojující jednotlivé linie sběrnice (Schneider Electric, 2018).

Systém KNX je rozdělen na segmenty s hierarchickou strukturou. Nejmenší částí je linie, která obsahuje až 64 sběrnice zařízení a napájecí zdroj s tlumivkou. Pomocí liniových spojek připojených na hlavní linii lze vzájemně propojit až 15 linií, které tvoří jednu tzv. oblast. U větších instalací lze oblastní spojkou propojit až 15 oblastí pomocí páteřní linie. Hlavní a páteřní linie také vyžadují vlastní napájecí zdroj s tlumivkou (Schneider Electric, 2018).

2.1.1 Řízení osvětlení pomocí systému KNX

Pro řízení rozsáhlejších světelných soustav je vhodné využít sběrnici KNX v kombinaci se systémem DALI. V případě menších světelných soustav je výhodnější přímé řízení osvětlení přístroji instalace systému KNX (Kunc, 2007).

Prosté spínání svítidel vybavených světelnými zdroji všech typů mohou obstarávat spínací akční členy se silovými kontakty dimenzované na příslušné druhy zátěže a předpokládané proudové zatížení. Mají-li se žárovková či LED svítidla stmívat, je nutné uplatnit univerzální spínací a stmívací akční členy (Kunc, 2007).

Ke spínání či stmívání zářivkových zátěží v rozsáhlých místnostech je výhodné využít předradníků systému DSI. Řízení osvětlení pomocí systému KNX lze snadno provázat s ovládáním žaluzií (Kunc, 2007).

2.2 ROZHRANÍ DSI

Rozhraní DSI (Digital Serial Interface) převádí signály senzorů na digitální data a přenáší je k jednotlivým předřadníkům akčních členů (Sokanský, 2003).

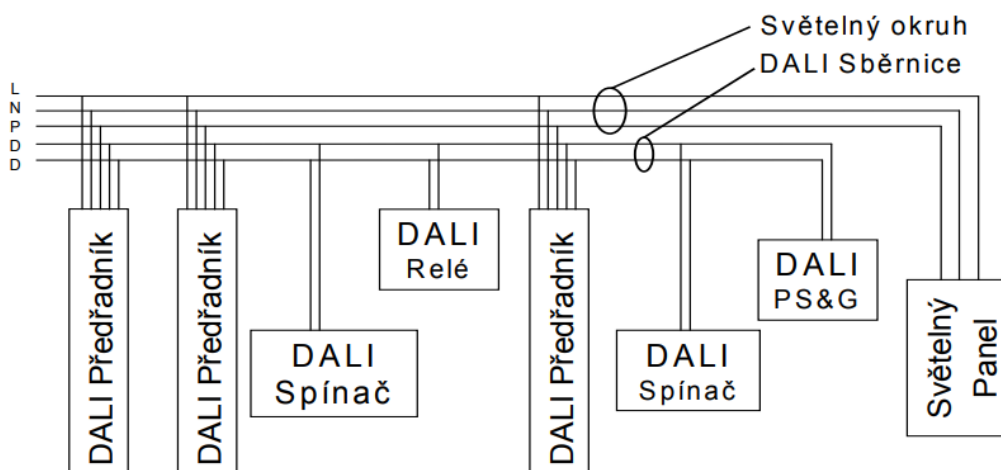
Výhodou je možnost využití vedení DSI v délkách i několika stovek metrů bez vlivu na přesnost vyhodnocení řídicího signálu. Úbytky napětí v závislosti na vzdálenosti od zdroje neovlivní přesnost vyhodnocení řídicího signálu (Kunc, 2007).

2.3 SYSTÉM DALI

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) je normovaný protokol. Mezinárodní norma zaručuje kompatibilitu řízených předřadníků od různých výrobců. Protokol určuje vzájemnou digitální komunikaci mezi jednotlivými prvky osvětlovací soustavy (Sokanský, 2003).

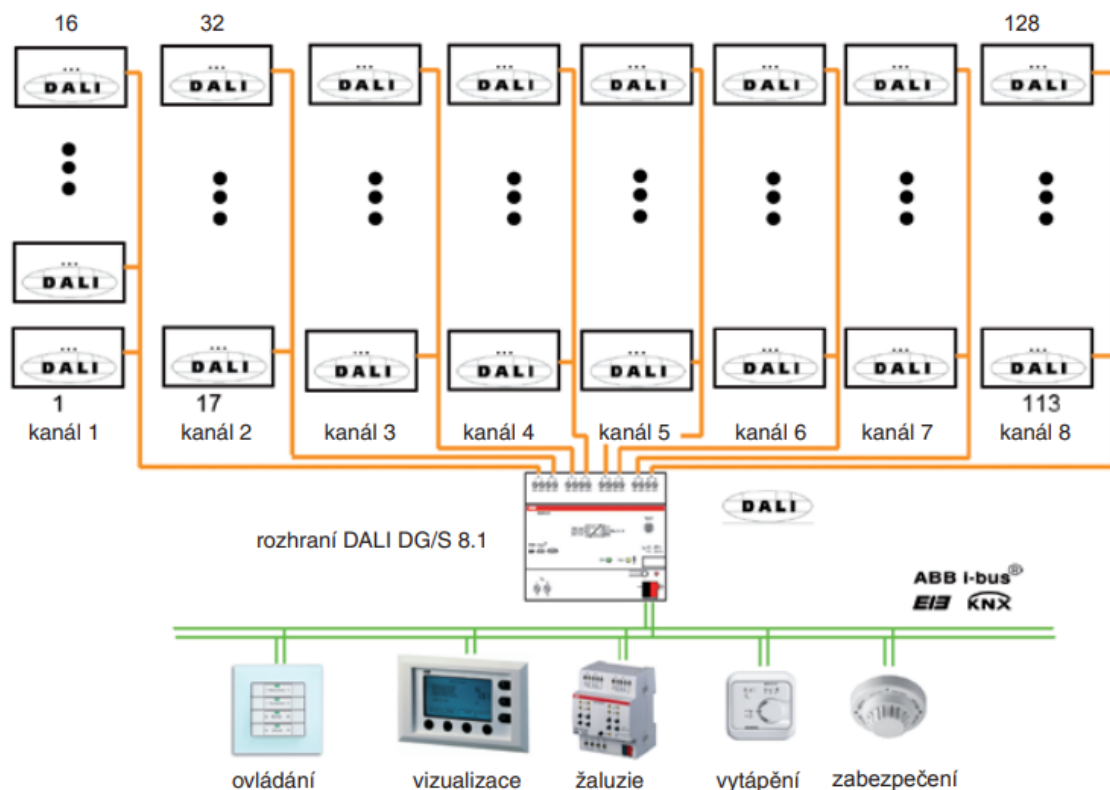
DALI protokol umožňuje řízení stmívání v 255 krocích podle definované logaritmické křivky, která respektuje fyziologické aspekty vnímání intenzity světla člověkem. Poskytuje také galvanické oddělení řídicího rozhraní, zpětné hlášení provozního stavu, paměť na uložení definovaných scén, programovatelný průběh stmívání a umožňuje kombinaci skupinového nebo individuálního adresování prvků soustavy (Sokanský, 2003).

Všechny prvky osvětlovací soustavy jsou propojeny datovou sběrnicí tvořenou dvěma vodiči, viz obr. 2.2. Zapojení může být libovolnou kombinací hvězdicové a větvené soustavy. Při instalaci nezáleží na polaritě vodičů (Sokanský, 2003).



Obr. 2.2 – Schéma zapojení osvětlovacího systému s DALI protokolem (Sokanský, 2003)

System řízení založený na DALI protokolu lze využívat jako samostatný systém nebo jako subsystém v rámci celkového systému správy budovy. DALI lze využít jako samostatný podsystém, ve kterém řídicí jednotka DALI komunikuje s centrálním řídicím systémem, ale samotné řízení provádí samostatně. Nebo jako závislý podsystém, kdy centrální řídicí systém přebírá všechny funkce DALI subsystému včetně adresace, konfigurace a řízení. Typickým příkladem použití DALI jako závislého subsystému je v kombinaci se sběrnici KNX/EIB, viz obr. 2.3 (Sokanský, 2003).



Obr. 2.3 – Příklad použití protokolu DALI v kombinaci se sběrnici KNX (Kunc, 2007)

3 MOŽNOSTI VZDÁLENÉHO ŘÍZENÍ

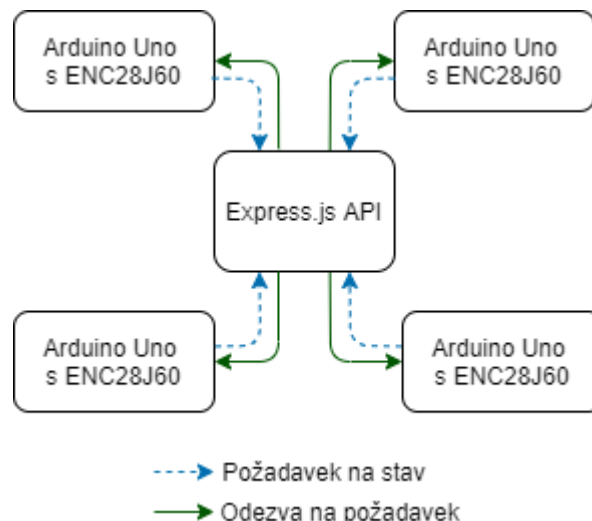
Pro jednoduchost a nízkou pořizovací cenu bude další řešení řízení osvětlení řešeno s využitím sběrnice Ethernet. Ke komunikaci po sběrnici byl zvolen mikrokontrolér ATmega328P v provedení Arduino UNO v kombinaci s ethernetovým kontrolérem ENC28J60, se kterým mikrokontrolér pracuje pomocí sběrnice SPI.

Hierarchie řízení je členěna na jednotlivá patra budovy. Každé z pater má vlastní modul skládající se z mikrokontroléru ATmega a čipu ENC28J60, které se starají o řízení osvětlení v daném patře. Osvětlení lze řídit pomocí centrálního prvku nebo decentralisticky s využitím mikrokontrolérů jako samostatných subsystémů.

3.1 CENTRÁLNÍ ŘÍZENÍ POMOCÍ EXPRESS.JS API

Express.js je minimalistický back-endový javascriptový aplikační framework založený na Node.js. Je vydáván jako open-source a slouží k tvorbě robustních aplikačních rozhraní – API (Express, 2017).

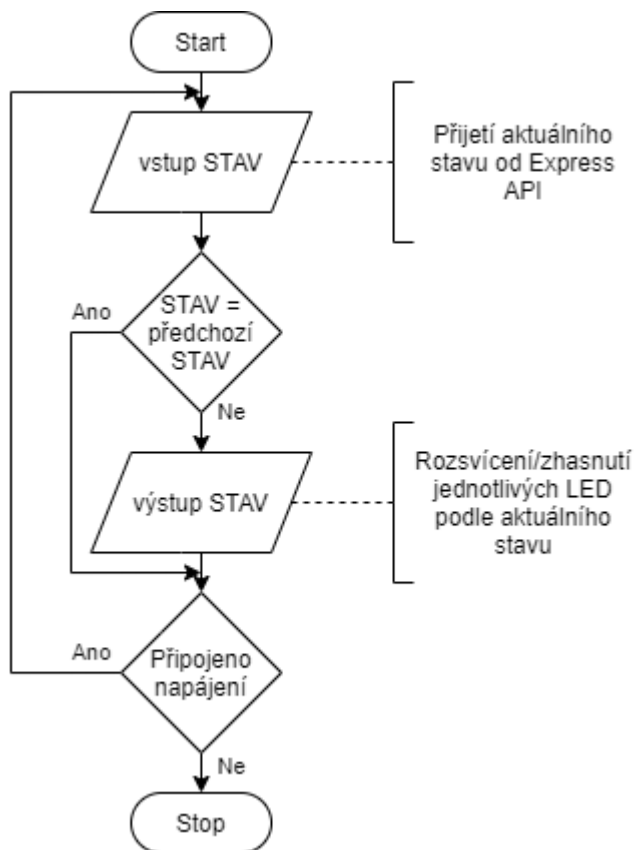
Webové rozhraní by v tomto případě bylo zprostředkováno Express.js serverem. Server by sloužil jako API, kterého by se jednotlivé moduly periodicky dotazovaly na aktuální stav, viz obr. 3.1. Aktuální stav by se přenášel jako 32 až 64bitové číslo (podle potřeby). V případě změny stavu by se podle hodnoty přijaté ze severu změnil výstup.



Obr. 3.1 – Topologie řízení pomocí Express API

Výhoda tohoto řešení spočívá především v centrálním řídicím prvku – serveru. Veškeré informace o místnostech všech pater by byly dostupné na jediném místě, takže by v případě potřeby bylo velmi jednoduché je měnit, aniž by se nahrával nový program do mikrokontrolérů.

Zároveň by se program mikrokontrolérů skládal z jednoduché smyčky: dotázání na aktuální stav, porovnání s předchozím a následná úprava výstupu v případě změny stavu, jak lze vidět na obr. 3.2.



Obr. 3.2 – Blokový diagram řízení s využitím Express API

Hlavní výhodou tohoto řešení spočívá v objemu dostupné paměti. Záleží na zařízení, na němž by byl sever provozován, ale dá se předpokládat, že by dostupná paměť pro webový server byla minimálně v řádu jednotek gigabajtů, nikoliv kilobajtů jako v případě paměti mikrokontroléru.

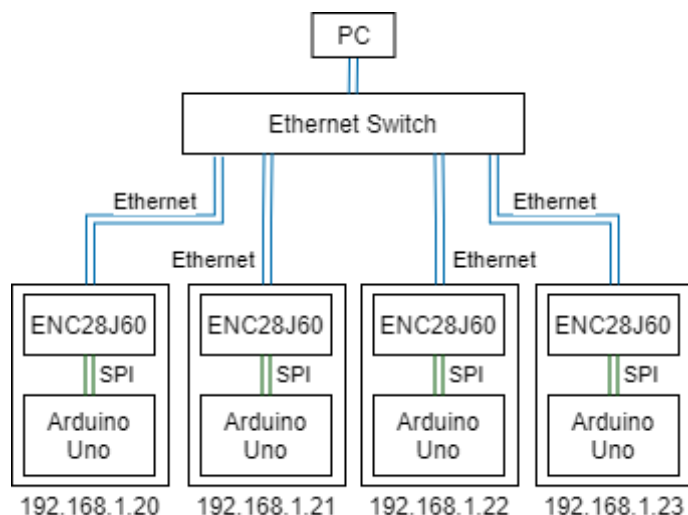
To vede k hlavní nevýhodě tohoto řešení: pořízení/provoz serveru. Server by bylo nutné provozovat na přídavném zařízení v lokální síti, nebo s využitím externích hostingů za předpokladu připojení sítě mikrokontrolérů k internetu. V případě lokálního provozu by narostly náklady o pořízení zařízení, na kterém by server fungoval – lze využít například Raspberry PI. Dále cena vzroste o náklady na jeho provoz, tedy napájení. Pokud by byl využit externí hosting, cena vzrůstá o cenu pronájmu externího serveru hostingů a také by bylo nutné zvýšit zabezpečení API.

Další méně podstatnou nevýhodou by byla též prodleva mezi stiskem tlačítka ve webovém rozhraní a reakcí mikrokontroléru na změnu. Při měření prototypu tohoto řešení

jsem zjistil, že čas mezi dokončením spojení s API a navázáním následujícího spojení byl v průměru 467 ms. Pokud by ke změně na straně webservru došlo v momentu, kdy mikrokontrolér začal přijímat informace o stavu, byl by schopný na změnu reagovat až po dokončení současného i následujícího spojení. Taková odezva by v průměru činila 533 ms. Toto zpoždění je však pro řízení osvětlení zanedbatelné, jelikož by se nijak významně neprojevalo.

3.2 VYUŽITÍ MIKROKONTROLÉRU JAKO WEBSERVERU

Další myšlenkou bylo využít přímo mikrokontrolér jako webserver. Každý modul skládající se z mikrokontroléru a ethernetového kontroléru ENC28J60 by sloužil jako samostatný webserver se statickou IP adresou v lokální síti, viz obr. 3.3. Přepínání mezi patry ve webovém rozhraní by probíhalo přesměrováním mezi jednotlivými webservery.



Obr. 3.3 – Topologie sítě s mikrokontroléry jako webservery

Pro práci s ethernetovým kontrolérem ENC28J60 byla nejprve využívána knihovna EtherCard, pomocí které však lze odesílat webovou stránku pouze celou najednou, nikoliv po částech (EtherCard, 2018).

Kvůli tomu nelze efektivně využít k uložení kostry webové stránky programovou paměť flash (o velikosti 32 KB). Protože k jednorázovému odeslání musí být využit buffer v paměti SRAM, která má velikost pouze 2 KB, z toho pro buffer lze využít maximálně 50 %. Musela by se tedy kompletní webová stránka včetně HTTP hlavičky vejít do 1 KB paměti.

Proto byl výběr knihovny přehodnocen, a nakonec byla pro tuto variantu využita knihovna UIPEthernet využívající mikro IP (μ IP) implementaci protokolu TCP/IP. Jedná se

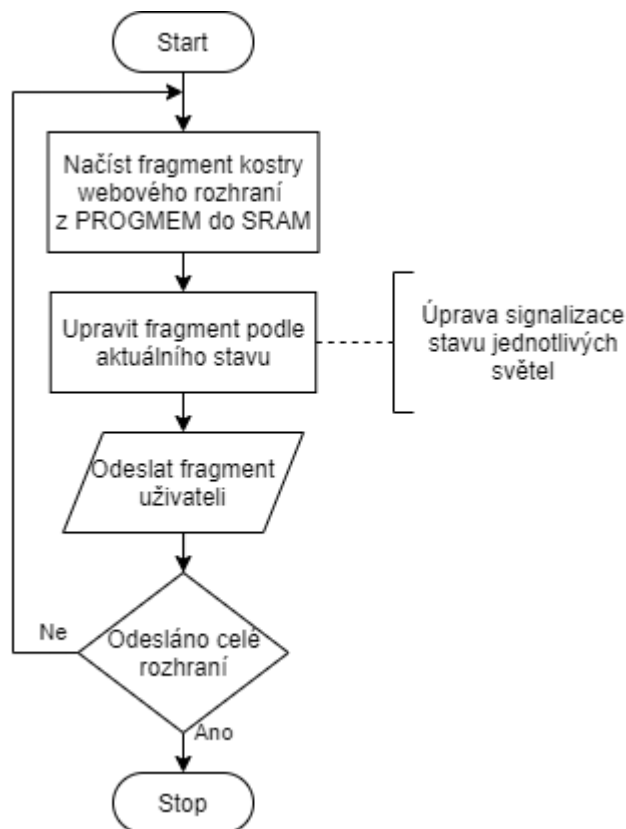
o velmi malou implementaci protokolu TCP/IP navrženou pro vestavěné systémy s omezenými prostředky (Barnett, 2005).

Hlavní předností tohoto řešení je jednoduchost a nízká cena. Díky decentralizovanému řízení moduly jednotlivých pater fungují jako samostatné systémy, tedy nezávisle na sobě. Rozhraní je realizováno přímo pomocí mikrokontrolérů bez využití dalších zařízení.

Nevýhodou je nutnost nastavení statického přiřazení IP adres k MAC adresám jednotlivých modulů a paměťové omezení, které lze řešit využitím programové flash paměti, nebo přídatným modulem s microSD kartou.

3.2.1 Využití programové FLASH paměti

Jedno z možných řešení nedostatku paměti je využít programové flash paměti. Hlavní myšlenka je tedy uložit kostru webového rozhraní do programové paměti. Následně kostru po částech načítat do bufferu v paměti SRAM, provádět požadované úpravy podle aktuálního stavu a poté tyto fragmenty odesílat uživateli, viz obr. 3.4.

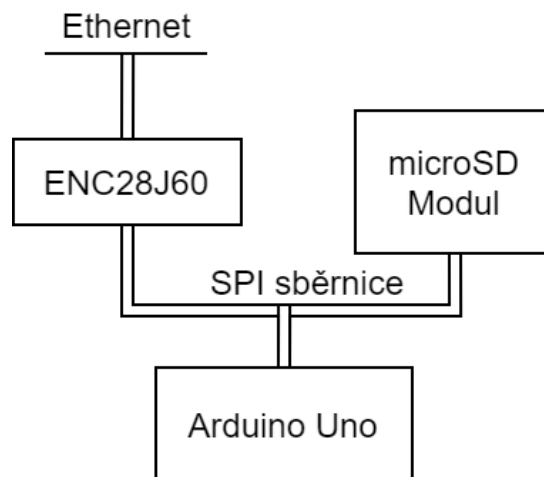


Obr. 3.4 – Zjednodušený diagram načítání webového rozhraní z programové Flash paměti

Není tedy třeba rozšiřovat řídicí modul o další části a všechny kód včetně webového rozhraní se nachází přímo v mikrokontroléru. Prostor pro webové rozhraní je však stále limitován poměrně malým množstvím paměti. Vnitřní SRAM mikrokontroléru ATmega328P má velikost pouze 32 KB a z toho velkou část zabere samotný program. Pro kostru webového rozhraní nám tedy zbývá odhadem 10 KB.

3.2.2 Rozšíření paměti mikrokontroléru pomocí microSD karty

Problém s omezenou pamětí lze řešit také využitím modulu s microSD kartou, který by pracoval na stejné SPI sběrnici jako ethernetový kontrolér, viz obr. 3.5. Na microSD kartě by se nacházela kostra webového rozhraní, kterou by mikrokontrolér po blocích načítal, zpracovával a odesílal uživateli.



Obr. 3.5 – Zapojení mikrokontroléru s microSD modulem a ENC28J60

Výhodou by bylo množství dostupné paměti limitované pouze velikostí microSD karty a případně množstvím dat, které by bylo možné za rozumný čas po sběrnici přenést. Dále by bylo jednoduché provádět změny ve webovém rozhraní: stačilo by microSD kartu připojit k počítači pomocí adaptéru a upravit dané soubory bez úprav samotných programů mikrokontrolérů. Toto řešení má však hned několik problémů.

Moduly, se kterými jsem se setkal, mají neduh, díky kterému nejsou schopné na stejné SPI sběrnici pracovat s dalšími zařízeními. Obsahují totiž sice CS (chip select) pin, ale pokud je na pinu CS logická 1, modul nadále pinem MISO (Master-in Slave-out) ovlivňuje stav sběrnice. To je způsobené nevhodným zapojením LVC125A na desce modulu. Tento problém lze řešit přepájením pinu LVC125A, případně sestrojením vlastního modulu.

Dalším problémem tohoto řešení je opět limitovaná paměť mikrokontroléru. Při použití oficiálních knihoven pro práci s SPI sběrnici, SD kartou a již zmiňovanou knihovnou UIPEthernet, v paměti SRAM mikrokontroléru již nezůstává prakticky žádné místo (kvůli globálním proměnným použitým v knihovnách). Hlavní příčinou je buffer pro práci s SD kartou, který musí pojmout celý datový blok – tedy 512 B.

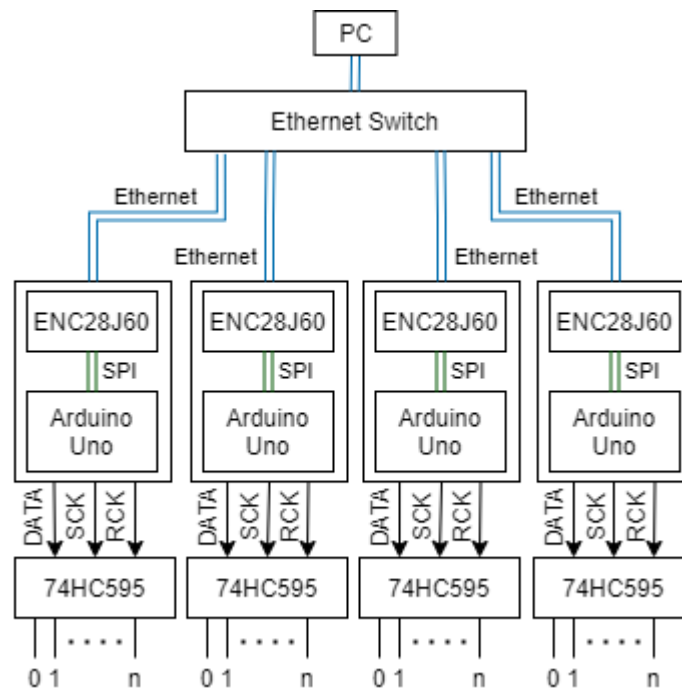
Toto řešení je nevhodné především kvůli vysokým nákladům na realizaci. Je třeba zakoupit nebo sestavit moduly pro práci s microSD kartou a zakoupit samotné microSD karty. Dále bychom opět narazili na problém s objemem paměti nutným pro práci s moduly.

3.3 FINÁLNÍ VÝBĚR ŘEŠENÍ

Pro řízení byla nakonec zvolena možnost decentralizovaného systému, kde každý mikrokontrolér funguje jako samostatný webový server. Paměťové omezení je dále řešeno využitím programové paměti pro kostru webového rozhraní. Důvodem této volby je jednoduchost tohoto řešení za cenu nutnosti lepšího hospodaření s pamětí. Zároveň má toto řešení nižší pořizovací cenu o případné pořízení a provoz centrálního serveru.

4 KONCEPT ŘEŠENÍ

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3, k řízení osvětlení v jednotlivých patrech bude využit vývojový kit Arduino Uno osazený mikrokontrolérem ATmega328P, jak lze vidět na obr. 4.1. Pomocí sériové sběrnice SPI k němu bude připojen ethernetový kontroler ENC28J60. Jednotlivé mikrokontroléry budou pomocí sběrnice Ethernet připojeny na switch, prostřednictvím kterého s nimi bude moci komunikovat obsluha systému.



Obr. 4.1 – Schéma řízení jednotlivých pater rozšířené o posuvné registry

Každé patro bude řídit právě jeden mikrokontrolér, který bude provozovat vlastní webový server umožňující řízení osvětlení v konkrétním patře. Webové rozhraní bude obsahovat odkazy na webové servery pro řízení ostatních pater.

4.1 ROZŠÍŘENÍ PINŮ MIKROKONTROLÉRU

Mikrokontrolér ATmega328P má omezený počet pinů. Navíc je část z nich využívána pro sběrnici SPI. Volných pinů mikrokontroléru je tedy velmi málo. V jednotlivých patrech je však třeba individuálně řídit osvětlení až pro 50 různých místností.

Rozšíření pinů bylo pro jednoduchost provedeno pomocí posuvných registrů. Konkrétně prostřednictvím obvodu 74HC595. Podle potřeby je možné za sebe připojit několik těchto obvodů a rozšířit tak počet volných pinů o $n \times 8$, kde n je počet obvodů 74HC595. Předností tohoto obvodu je tzv. latch registr, díky kterému se výstup změní až v momentu, kdy je to

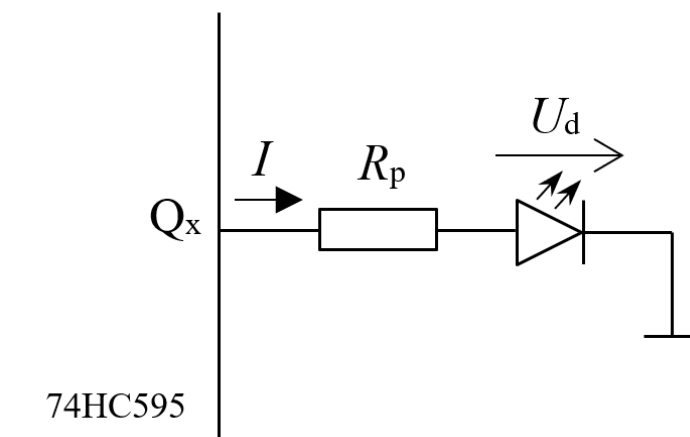
žadoucí, tedy po dokončení posuvů na posuvných registrech. Vyhneme se tedy nežádoucímu problikávání řízených svítidel vlivem posunů. Pomocí obvodů 74HC595 je možné zásadně rozšířit počet pinů s využitím pouze tří pinů mikrokontroléru k jejich obsluze – pinů SER, SCK, RCK. Pin SER (datový pin) je vstup posuvných registrů, pin SCK slouží pro hodinový signál posuvných registrů a pin RCK je hodinovým signálem „latch“ registru, pomocí kterého se přepne výstup na aktuální stav posuvných registrů.

4.2 BUZENÍ SVĚTELNÝCH ZDROJŮ

K buzení světelných zdrojů v jednotlivých místnostech jsou využity přímo obvody 74HC595. Ty však mají jednu nevýhodu – celkový proud jimi protékající může dosahovat maximálně 70 mA. Aby nedošlo k překročení tohoto limitu, jsou jednotlivé diody buzeny pomocí proudu o velikosti 8 mA. K diodě je tedy nutné zapojit odpovídající předřadný rezistor k omezení proudu. Výpočet odporu předřadného rezistoru v zapojení podle obr. 4.2 je

$$R_p = \frac{U - U_d}{I} = \frac{5 - 2,2}{8 \cdot 10^{-3}} = 350 \Omega, \quad (4.1)$$

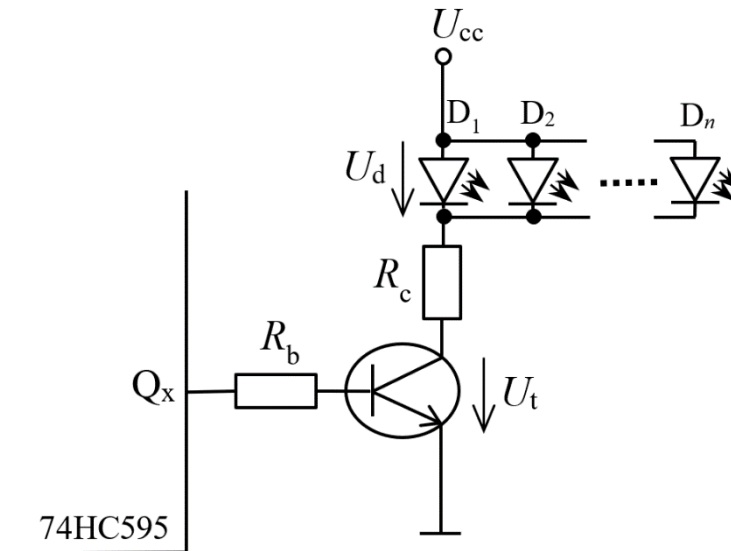
kde R_p je odpor předřadného rezistoru, Ω ,
 U – výstupní napětí posuvného registru, V,
 U_d – napětí na diodě, V,
 I – proud protékající rezistorem a diodou, A.



Obr. 4.2 – Schéma připojení diody k posuvnému registru

Výjimkou je řízení osvětlení chodeb. Pro názornost modelu osvětlení budovy je osvětlení na chodbách realizováno 12 diodami, které také řídí jeden pin posuvného registru. Aby byl dodržen proudový limit obvodu 74HC595, provádí se proudové zesílení pomocí

zapojení tranzistoru jako spínače dle obr. 4.3. Dále je ještě možná inverzní varianta tohoto zapojení, viz obr. 4.4, ale to by zbytečně komplikovalo obsluhu posuvných registrů, jelikož by jediný pin fungoval inverzně.

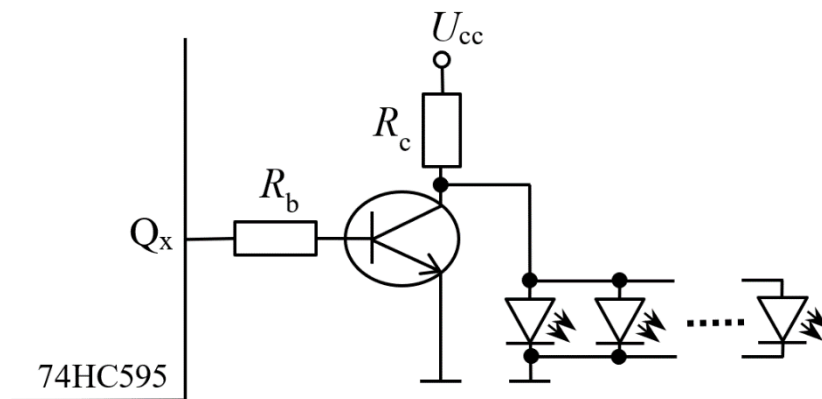


Obr. 4.3 – Schéma proudového zesílení pomocí zapojení tranzistoru jako spínače

Odpor rezistoru v kolektoru tranzistoru se vypočítá dle vztahu

$$R_c = \frac{U_{cc} - U_d - U_t}{n \cdot I_d} = \frac{5 - 2,2 - 0,7}{12 \cdot 8 \cdot 10^{-3}} = 22 \Omega, \quad (4.2)$$

- kde
- R_c je odpor rezistoru v kolektoru, Ω ,
 - U_{cc} – napájecí napětí, V,
 - U_d – napětí na diodách, V,
 - U_t – úbytek napětí na tranzistoru, V,
 - n – počet diod,
 - I_d – proud protékající jednou diodou, A.



Obr. 4.4 – Inverzní zapojení tranzistoru jako spínače

Hodnota odporu rezistoru v kolektoru tranzistoru odpovídá vztahu

$$R_b = \frac{U - U_t}{I_b} = \frac{5 - 0,7}{8 \cdot 10^{-3}} = 538 \Omega, \quad (4.3)$$

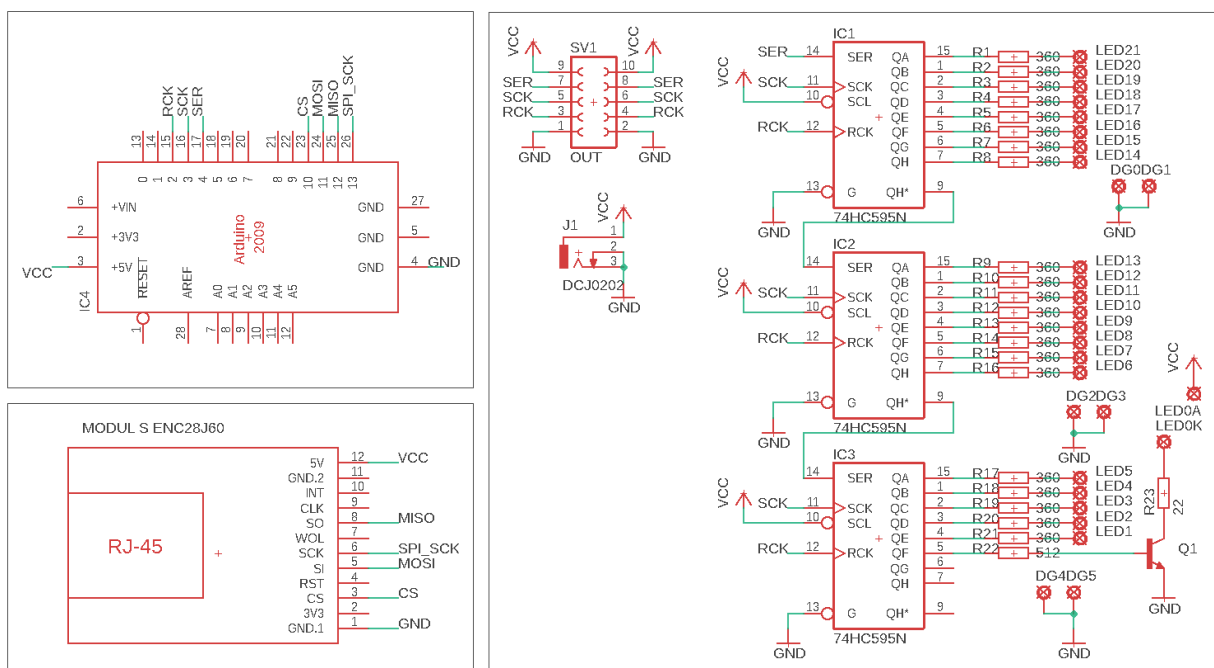
kde R_b je odpor rezistoru v bázi, Ω ,

U – výstupní napětí posuvného registru, V,

I_b – proud vtékající do báze, A.

4.3 ŘÍZENÍ MODELU BUDOVY

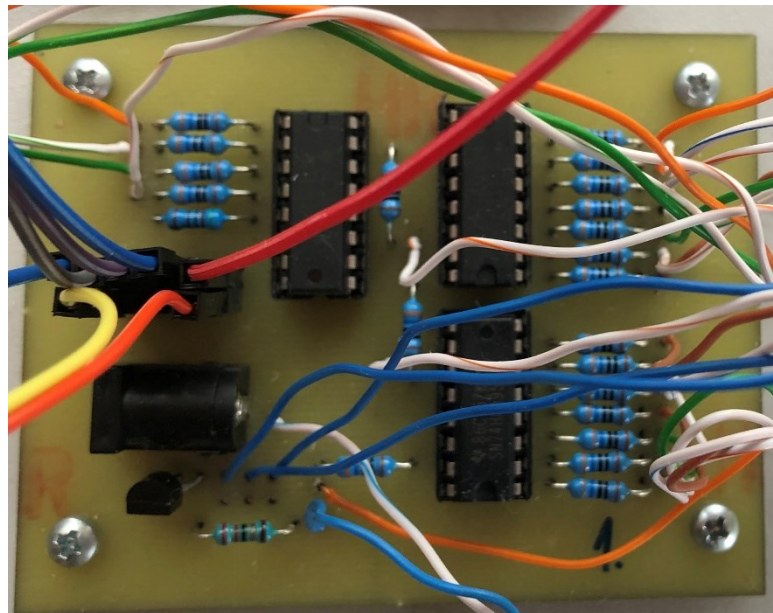
Obvody pro řízení jsou propojeny dle obr. 4.5. V tomto případě se jedná konkrétně o řídicí obvod 1. patra. Každá oddělená část představuje samostatnou desku plošného spoje.



Obr. 4.5 – Schéma propojení Arduina s ENC28J60 a zbytkem obvodu

Jednotlivé desky jsou propojeny s využitím dutinkových lišt (např. SV1). Schémata pro zapojení jednotlivých pater, příslušné desky plošných spojů a osazovací schémata jsou umístěny v přílohách B a C.

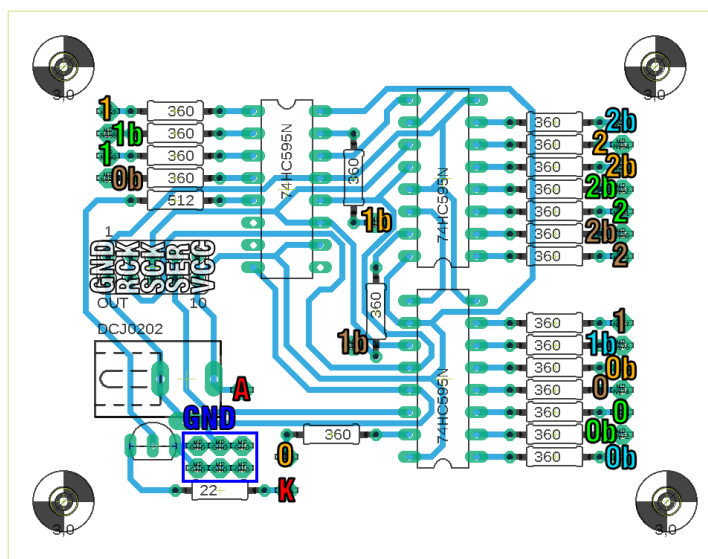
Na obr. 4.6 lze vidět vyrobený modul, který ovládá světla v prvním patře modelu, tento modul byl navržen podle obvodu v pravé části obr. 4.5. Samotné LED jsou k tomuto obvodu připojeny pomocí vodičů. Protože jsou LED připojeny vodiči a nejsou tedy umístěny na DPS, nebylo použito přímo pouzdro určené pro LED, ale samostatné pájecí plochy, protože pájecí plocha pro katodu a anodu diody nemusí být na desce nutně vedle sebe. To zjednodušuje návrh desky zejména u 2. a 3. patra, kde je počet ovládaných diod více než dvojnásobný v porovnání s 1. patrem. Zemnicích pájecích ploch pro připojení katod diod je výrazně méně než diod samotných, protože jsou rozdělené do skupin po 7, které mají společný vodič propojující katody diod v dané skupině.



Obr. 4.6 – Návrh desky plošného spoje řídicího obvodu 1. poschodí

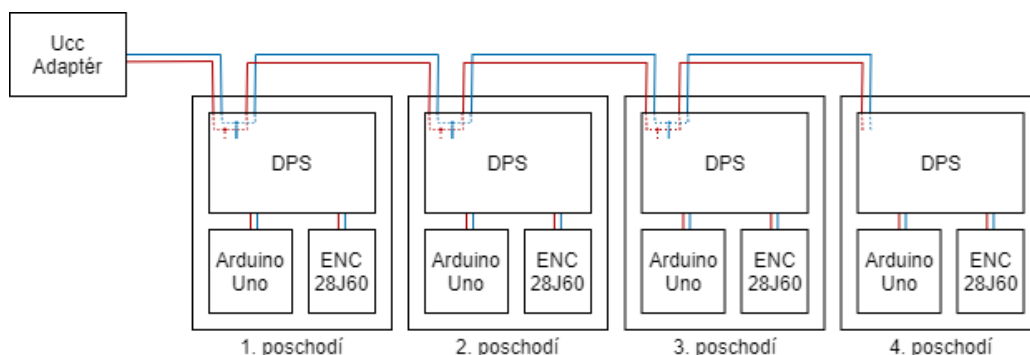
K připojení diod k obvodu byl využit osmi-žilový kabel UTP Cat5. Diody se dělí do skupin po 7, protože jeho 7 žil je použitých jako řídicí vodiče a 8. je zemnicí.

Na obr. 4.8 je uvedeno osazovací schéma DPS 1. patra modelu. Čísla na pájecích plochách značí číslo kabelu, kterým má být dioda připojena. Barva odpovídá barvě žíly daného kabelu a písmeno b značí, že se nejedná o celistvou barvu. (například se nejedná o zelenou, ale bílo-zelenou). Zbýlá osazovací schémata jsou dostupná v příloze B.



Obr. 4.8 – Osazovací schéma DPS 1. poschodí

Napájení celého modelu bude poskytovat napájecí adaptér o výstupním napětí 5 V. Tento zdroj zajišťuje napájení všech pater modelu. Každé Arduino Uno je napájeno přímo přes piny 5 V a GND. Ethernetový modul s ENC28J60 je také napájen pomocí 5 V poskytovaných deskou plošného spoje na obr. 4.6. Jednotlivé obvody posuvných registrů jsou napájeny přímo adaptérem, viz obr. 4.9 a obr. 4.7.



Obr. 4.7 – Diagram připojení napájení k jednotlivým deskám

Maximální odebíraný proud obvodu odpovídá vztahu

$$I_c = (I_A + n_d \cdot I_d)n_p + n_r \cdot I_r = (90 + 12 \cdot 8)4 + 20 \cdot 70 = 2\,144 \text{ mA}, \quad (4.3)$$

kde I_c je celkový proud protékající obvodem, mA,

I_A – proud odebíraný Arduinem a ethernetovým modulem dohromady, mA,

n_d – počet diod reprezentujících chodbu,

I_d – proud protékající jednou diodou, mA,

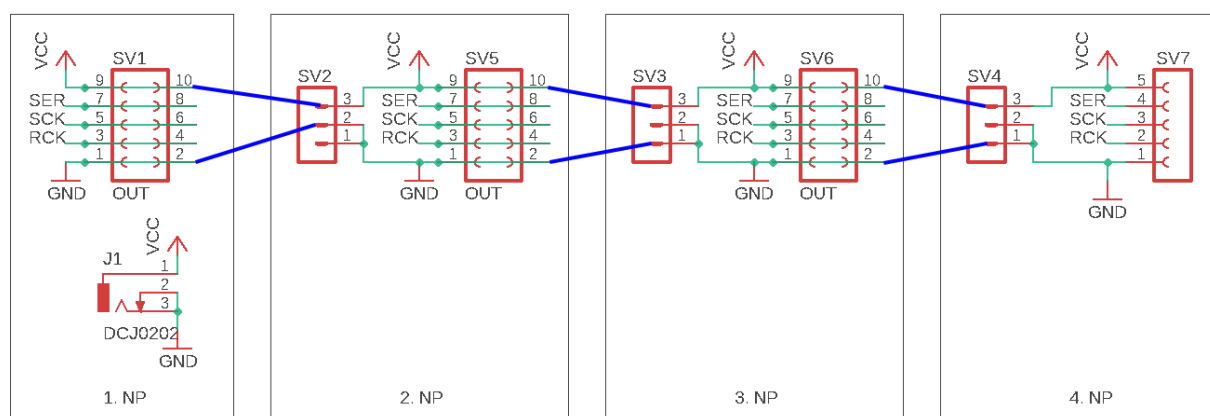
n_p – počet pater modelu,

n_r – počet posuvných registrů (včetně registrů, které nejsou plně využité),

I_r – maximální proud protékající posuvným registrem, mA.

Na základě výpočtu 4.3 byl zvolen napájecí adaptér s výstupem 5 V/3 A.

Napájení mezi patry je propojeno také prostřednictvím zmíněných dutinkových lišt. Na obr. 4.9 jsou modře symbolicky naznačeny drátové propojky, kterými dojde k přivedení napájení do všech poschodí modelu. K součástce označené J1 se připojí napájecí adaptér.



Obr. 4.9 – Schéma připojení napájení k modelu

Před propojením jednotlivých obvodů sběrnicí Ethernet je pro správnou funkčnost nutné konfigurovat DHCP server, aby přiřadil MAC adresám jednotlivých ethernetových modulů požadovanou lokální adresu IPv4. Konfiguraci přiřazení adres odpovídá tab. 4.1.

Tab. 4.1 – Tabulka přiřazení adres

Číslo patra	MAC adresa	Lokální adresa IPv4
1.	74:64:A1:2D:30:21	192.168.1.20
2.	74:64:A1:2D:30:27	192.168.1.21
3.	74:64:A1:2D:30:2D	192.168.1.22
4.	74:64:A1:2D:30:33	192.168.1.23

K webovému serveru a webovému rozhraní k řízení osvětlení modelu se následně přistupuje pomocí zmíněných lokálních adres z libovolného zařízení připojeného ke stejné síti.

Návrhu modelu budovy je založen na plánku budovy dostupného na webových stránkách fakulty, viz příloha D.

Každá místnost, s výjimkou chodeb, je ovládána samostatně a každá místnost na plánku je tedy reprezentována právě jednou diodou – až na několik výjimek. První výjimkou jsou již zmíněné chodby (v kapitole 4.2). Po ploše chodeb je rozmístěno 12 diod, které jsou ovládané najednou. Další výjimkou jsou sloučené místnosti, pro které byl vytvořen systém tzv. aliasů,

který je blíže popsán v kapitole 4.4.5. Jedná se například o sloučení předsíně toalet se samotnou místností toalet v případě, že je předsín na plánu vedena jako samostatná místnost s vlastním číselným označením.

Různé typy místností jsou odlišeny pomocí tří barev diod – žluté, zelené a červené. Žlutou barvou jsou vyznačeny chodby, toalety, vrátnice, menza včetně její předsíně, kuchyňky a studijní oddělení. Zelenou barvou jsou značeny učebny, laboratoře a zasedací místnosti. Červená barva je použita pro zbylé místnosti – pracovny, technické místnosti apod.

4.4 PROGRAMOVÁ OBSLUHA

Velmi důležitou částí je samotná programová obsluha obvodu. Protože bylo k řízení využito Arduino Uno, program tedy vykonává dvě základní funkce – setup a loop.

Jelikož použité řešení spoléhá na využití programové flash paměti k uložení potřebných dat (zpravidla k uložení kódu webového rozhraní), je třeba nejprve tyto data definovat. Webové rozhraní je v programové paměti uloženo po několika fragmentech. První celistvý fragment obsahuje HTTP odezvu, začátek kódu webové stránky včetně hlavičky s definovanými styly a začátek obsahu – konkrétně titulek a nadpis výběru patra.

Druhým obsáhlejším fragmentem jsou tlačítka pro ovládání celého patra najednou a hlavička tabulky místností. Následně je v paměti také fragment obsahující uzavírající tagy webové stránky.

Zbylé fragmenty jsou velmi krátké – zpravidla méně než 100 znaků, viz obr. 4.10. Jedná se o tagy definující začátek řádku tabulky a buňky tabulky. Dále jsou zde uloženy kompletní buňky pro indikaci stavu dané místnosti a vzor buňky s přepínacím tlačítkem. Jelikož řádky ovládající chodby a místnost H1 se vymykají systému číslování, jsou pro zjednodušení v programové paměti uloženy kompletní popisné buňky těchto řádků.

```
const char numTemp[] PROGMEM = "0X 0YY";
const char rowTag[] PROGMEM = " <tr>";
const char cellTag[] PROGMEM = " <td>";
const char tdOn[] PROGMEM = "<td class='on'>Svítil</td>";
const char tdOff[] PROGMEM = "<td class='off'>Nesvítil</td>";
const char btnTemp[] PROGMEM = "<td><a href='\"ciXY'\">Přepnout</a></td>";
const char halls[] PROGMEM = "<tr><td></td><td>Chodba</td>";
const char h1[] PROGMEM = "<tr><td>010302024</td><td>H1</td>";
```

Obr. 4.10 – Krátké fragmenty uložené v programové paměti

V neposlední řadě jsou v programové paměti uložena také data o daném patře, která určují, jakým způsobem je sestavováno webové rozhraní, které patro ovládá, viz obr. 4.11.

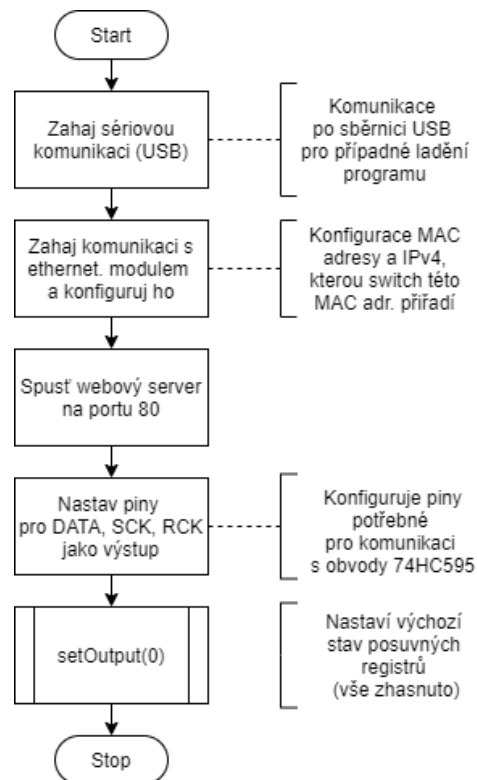
Konkrétně se jedná o seznam čísel místností, které se mají v tabulce vynechat (například čísla označující jednotlivé chodby a schodiště), seznam tzv. aliasů sloužících ke sloučení dvou nebo více místností a popisky místností včetně číselných označení, ke kterým jednotlivé popisky patří.

```
#elif FLOOR == 1
#define ROOMS 59
const uint8_t excluded[] PROGMEM = {1, 2, 4, 5, 8, 10, 11, 19, 22, 23, 24, 36, 37, 40};
#define EXC_C 14
const uint16_t alias[] PROGMEM = {0x0403, 0x0806, 0x0A09};
#define AL_C 3
const char desc0[] PROGMEM = "EL204";
const char desc1[] PROGMEM = "PL202";
const char desc2[] PROGMEM = "PL203";
const char *const desc[] PROGMEM = {desc0, desc1, desc2};
const uint8_t desc_i[] PROGMEM = {53, 54, 55};
#define DESC_C 3
```

Obr. 4.11 – Příklad dat o patře uložených v programové paměti

4.4.1 Inicializace programu

Tato kapitola se zabývá obsahem zmíněné funkce setup. Jak lze vyčíst z názvu, funkce setup proběhne právě jednou po připojení mikrokontroléru k napájení a využívá se k počáteční konfiguraci. V tomto případě dochází k zahájení sériové komunikace pro případné ladění. Následně dojde ke spojení s ethernetovým modulem a k jeho konfiguraci MAC adresy a IPv4 v lokální síti. Po konfiguraci se spustí webový server na portu 80. Nakonec ve funkci setup dochází ke konfiguraci pinů pro ovládání sítě posuvných registrů a k nastavení výchozího stavu – vše zhaslé. Celý proces je zobrazen v diagramu na obr. 4.12.

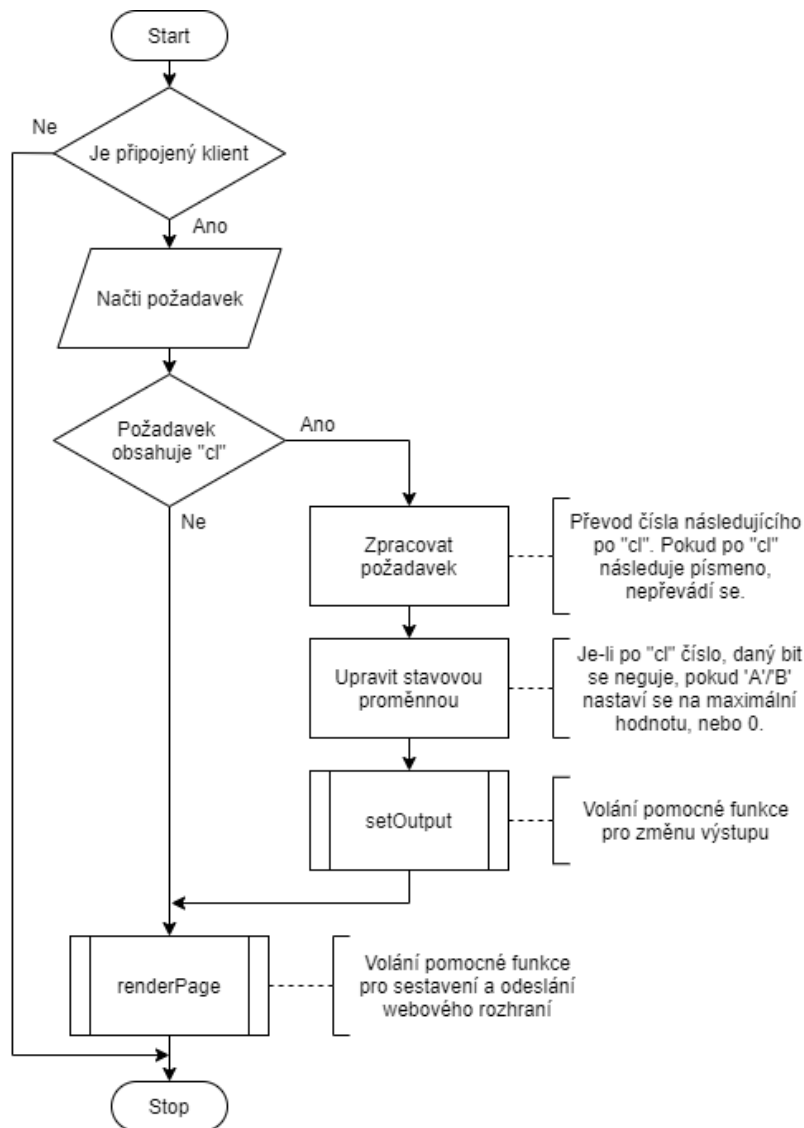


Obr. 4.12 – Inicializace mikrokontroléru

4.4.2 Hlavní smyčka programu

V hlavní smyčce programu, tedy ve funkci loop, se periodicky kontroluje, zda se k webovému serveru připojil klient.

Jestliže se k serveru připojil klient, nejprve dojde k přečtení klientova požadavku a následně k jeho zpracování. Konec požadavku poznáme tím, že následuje prázdný řádek. Pokud požadavek obsahuje řetězec „cl“, jedná se o požadavek na změnu stavu, který je nutno provést před odesláním odezvy ve formě webového rozhraní, viz obr. 4.13, aby klientem přijaté webové rozhraní již obsahovalo provedené změny.



Obr. 4.13 – Diagram hlavní smyčky programu

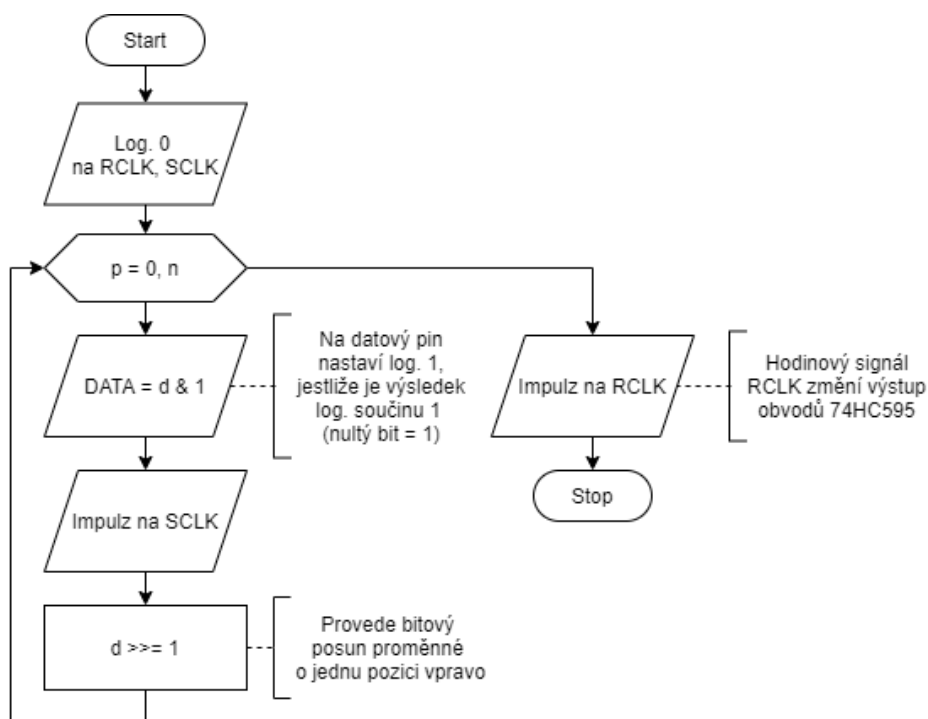
V případě, že je první znak následující po řetězci „cl“ písmeno „A“, dojde k rozsvícení všech světel (stavová proměnná se nastaví na maximální hodnotu). Následuje-li po řetězci „cl“ písmeno „B“, dojde k zhasnutí všech světel (stavová proměnná se nastaví na hodnotu 0). Pokud po „cl“ následuje číselná hodnota, je převedena na integer. Výsledné číslo odpovídá pořadovému číslu bitu, který chceme ve stavové proměnné změnit, respektive negovat. Například číslo 12 by znamenalo, že bude znegován 12. bit v proměnné (počítáno od nuly).

Po změně stavové proměnné je zavolána funkce setOutput, která změní výstup sítě posuvných registrů, viz kapitola 4.4.3.

Následně odešleme klientovi odezvu na požadavek ve formě webové stránky. O sestavení a odeslání webové stránky klientovi se stará funkce renderPage, která je upřesněna v kapitole 4.4.4. Nakonec dojde k ukončení spojení s klientem a čekání na další požadavek.

4.4.3 Ovládání posuvných registrů

Jak již bylo zmíněno, síť posuvných registrů je řízena prostřednictvím funkce setOutput, jejíž jedinou vstupní proměnnou je 64b integer udávající stav jednotlivých svítidel. Funkce nejprve nastaví oba hodinové signály na logickou nulu a následně v jednoduchém cyklu přenáší jednotlivé bity do posuvného registru, viz obr. 4.14. Přenos probíhá od LSB po MSB, tedy od nejméně významného bitu po nejvýznamnější. Nultý bit stavové proměnné tedy řídí n -tý výstup sítě posuvných registrů, kde n je počet ovládaných svítidel.

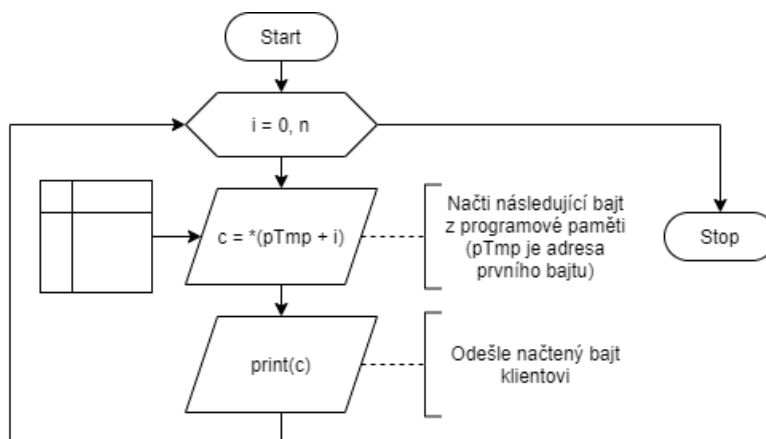


Obr. 4.14 – Diagram řízení posuvných registrů (funkce setOutput)

Po přenosu všech využitých bitů stavové proměnné (tolika bitů, kolik je ovládaných svítidel), se odešle hodinový impulz na pin RCLK a změní tak výstup obvodů 74HC595.

4.4.4 Sestavení webového rozhraní

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.3, kostra webové stránky je uložena v programové flash paměti po několika částech. Sestavení a odeslání webové stránky je zprostředkováno funkcí `renderPage`. Nejprve se z programové paměti po jednotlivých bajtech načte a odešle klientovi úvodní část webové stránky obsahující hlavičku včetně stylů a titulku, viz obr. 4.15.



Obr. 4.15 – Diagram čtení z programové paměti po bajtech

Následně jsou vypsány odkazy na webové servery ovládající ostatní patra budovy. Místo odkazu na aktuální patro je pouze číslice psaná tučně indikující ovládané patro.

Dále je opět bajt po bajtu načtena a odeslána další část stránky z programové paměti, stejný způsobem jako na obr. 4.15. Tato část obsahuje ukončovací tagy řádku s odkazy na ostatní patra, tlačítka pro ovládání všech světel najednou a hlavičku tabulky místností.

O sestavení jednotlivých řádku tabulky – rozhraní pro ovládání jednotlivých místností – se stará funkce `renderRows`, viz kapitola 4.4.5.

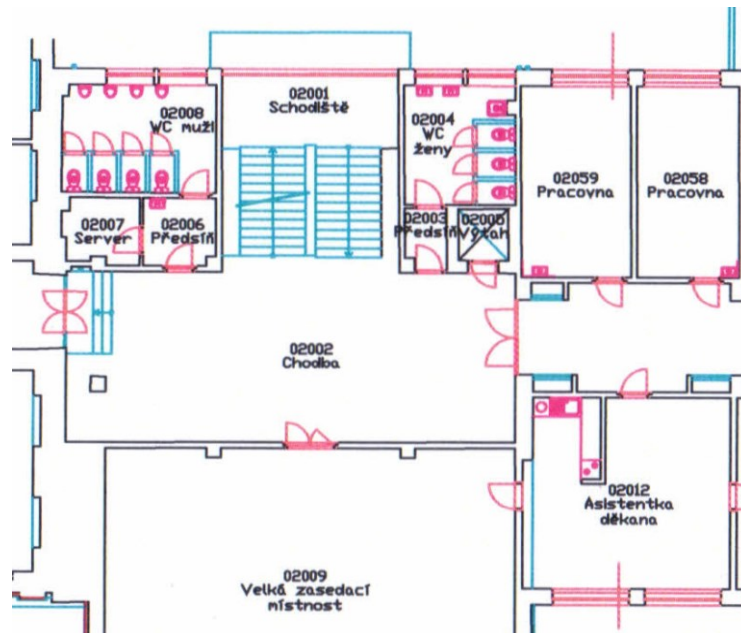
Nakonec se z programové paměti načte konec webové stránky, který se následně také odešle klientovi. Jedná se o zbylé ukončovací tagy (tabulky a celé webové stránky).

4.4.5 Sestavení jednotlivých řádků tabulky

Jak bylo zmíněno v kapitole 4.3, model budovy včetně systému číslování vychází z dostupného plánu budovy. Na obr. 4.16 lze vidět část plánu 2. poschodí. Byla využita právě pěticiferná čísla označující každou místnost včetně schodišť a chodeb. Pro přehlednost byla za první dvě cifry označující poschodí umístěna mezera.

Při sestavování jednotlivých řádků tabulky (pomocí funkce `renderRows`) se využívá několika bloků html kódu uloženého v programové flash paměti. Nejprve dojde k resetu

pomocných proměnných, které se starají například o přiřazení tzv. aliasů – toho se využívá, když je osvětlení ve dvou nebo více místnostech ovládáno najednou (viz kapitola 4.4).



Obr. 4.16 – Ukázka plánu 2. poschodí budovy

Následně se dostáváme do cyklu, který projde jednotlivé místnosti v patře a pokud se nejedná o jedno z vynechaných označení (značení schodišť nebo výtahů), je dané místnosti sestaven řádek v tabulce a odeslán klientovi.

Prvním krokem je tedy kontrola, zda dané číslo místnosti není na seznamu vynechaných. V pomocné proměnné (`c_exclude`) je načtené číslo následující vynechané místnosti. Jestliže se shoduje s aktuálním číslem místnosti, načte se do pomocné proměnné z programové paměti následující vynechané (není-li poslední) a současná iterace cyklu se přeskočí, viz obr. 4.17. K načtení jednotlivých prvků seznamu vynechaných slouží pomocný index – `c_e`, který zároveň slouží ke kontrole konce seznamu (porovnání s délkou seznamu – `EXC_C`).

```
for (int i=0;i<ROOMS;i++)
{
    if ((i+1)==c_exclude) { // kontrola seznamu k vynechání
        if (c_e != EXC_C) {
            c_exclude = pgm_read_word_near(excluded + c_e);
            c_e++;
        }
        continue;
    }
}
```

Obr. 4.17 – Kontrola vynechaných místností

Pokud označení místnosti není ve vynechaných, postupně se sestaví řádek k jejímu ovládní. Nejprve se z programové paměti načte tag začátku řádku tabulky, který se následně odešle klientovi. Stejným způsobem se načte a odešle i tag začátku buňky v řádku.

První položkou v řádku je číslo místnosti ve stejném formátu jako v plánku na obr. 4.16, tedy ve formátu 0X 0YZ, kde X je číslo patra a YZ je číslo dané místnosti. Po odeslání čísla místnosti následuje kontrola aliasů, viz obr. 4.18. Jestliže je k místnosti přiřazen alias, je zapsán přímo za číslo místnosti oddělený odřádkováním. Kontrola aliasu probíhá obdobně jako kontrola, zda je řádek vynechán. V pomocné proměnné (c_alias) je uložen následující alias ve formě 16b integeru. Vyšších 8 b proměnné slouží jako nový alias k nižším 8 b.

Následuje buňka s popisem místnosti. Tato buňka je použita převážně pro označení

```
memcpy_P(buffer, numTemp, sizeof numTemp); // 0X 0YZ
buffer[1] = 48 + FLOOR + 1; // 0 = znak 48, číslo patra (znak X)
uint8_t jednotky = (i + 1) % 10;
buffer[4] = (((i + 1) % 100 - jednotky) / 10) + 48; // náhlada znaku Y
buffer[5] = jednotky + 48; // náhrada znaku Z
klient.print(buffer);

while ((c_alias & 0x00ff) == (i + 1)) { // kontrola aliasu
klient.print("<br>"); // oddělení od předchozího
jednotky = ((c_alias & 0xff00) >> 8) % 10;
buffer[4] = (((c_alias & 0xff00) >> 8) % 100 - jednotky) / 10) + 48;
buffer[5] = jednotky + 48;
klient.print(buffer); // vypiš alias

if (c_a != AL_C) { // pokud není poslední, načti následující
c_alias = pgm_read_word_near(alias + c_a);
c_a++;
} else {
break;
}
}
```

Obr. 4.18 – Kód výpisu čísla místnosti včetně aliasů

učeben (např. SEM403). Načtení popisu místnosti z programové paměti probíhá obdobně, jako kontrola vynechání. Pokud místnost popis nemá, je toto pole vyplněno spojovníkem.

Po popisu je buňka udávající aktuální stav osvětlení v místnosti, tedy zda svítí, nebo nesvítí. Kompletní buňka pro oba stavy je uložena v programové paměti. Při vykreslení tedy pouze dojde ke kontrole příslušného bitu stavové proměnné a podle výsledku se z programové paměti načte požadovaná buňka a odešle klientovi.

Posledním prvkem v řádku je tlačítko pro přepnutí stavu. Celá buňka s tlačítkem je opět uložena v programové paměti. Po jejím načtení je pouze potřeba přepsat znaky udávající, jaké svítidlo tlačítko ovládá.

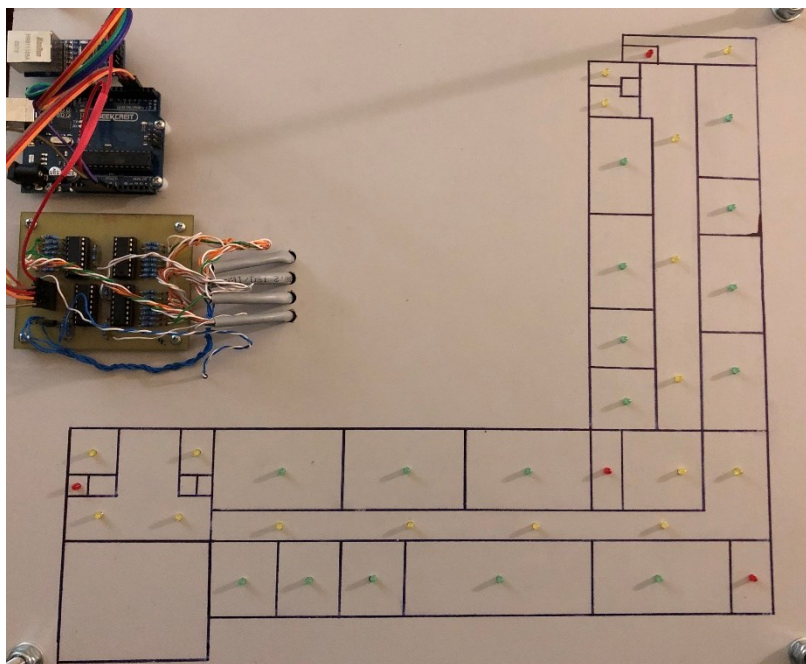
Výjimkou je první řádek tabulky ovládající chodby a druhý řádek v ovládání 3. patra ovládající místnost H1, jejíž označení vybočuje ze zmíněného systému číslování. Tyto řádky se vypisují mimo cyklus kontrolující místnosti. První dvě buňky těchto řádků jsou uloženy v programové paměti jako celek, zbytek řádku se sestavuje stejným způsobem jako v případě ostatních místností. Příklad výsledné tabulky lze vidět na obr. 4.19. Kompletní webová rozhraní pro jednotlivá patra jsou umístěna v příloze E.

Označení	Popis	Stav	Ovládání
-	Chodba	Nesvíí	Přepnout
01 001	PC101	Nesvíí	Přepnout
01 002	PC102	Svíí	Přepnout

Obr. 4.19 – Příklad výsledné tabulky místností ve webovém rozhraní

4.5 MODEL BUDOVY A ŘÍDICÍ ROZHRANÍ

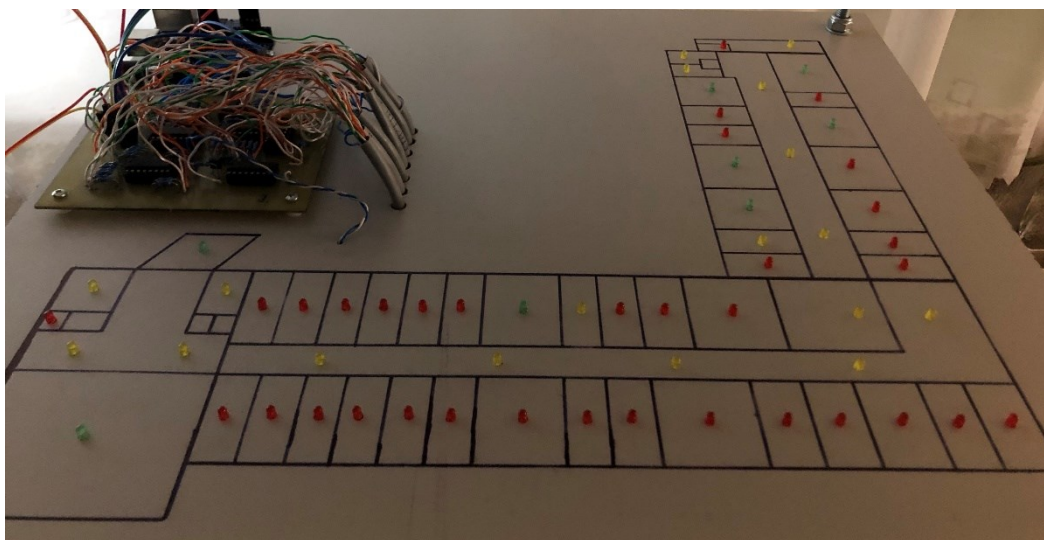
Výsledný model byl zkonstruován ze čtyř dřevotřískových desek, kde každá reprezentuje jedno z pater modelu. Desky nad sebou drží čtyři závitové tyče s mezerou mezi deskami o velikosti 20 cm, aby byl z boku přehledně vidět celý plánek daného patra. Jelikož



Obr. 4.20 – Fotografie 4. poschodí modelu

má budova fakulty tvar písmene L, zbývá na obdélníkových deskách volné místo, které je z části využito k montáži řídicích obvodů.

Na obr. 4.20 je fotografie 4. poschodí modelu. Plánek tohoto poschodí včetně popisků místností je dostupný v přílohách B a D. Je zde vidět, že místnost v levém dolním rohu (H2) není osazena diodou. Místnost H2 je totiž řízena v rámci 3. poschodí, viz obr. 4.21. V přílohách B a D jsou také dostupné plánky s popisky místností ostatních pater modelu.



Obr. 4.21 – Fotografie 3. poschodí modelu

Na obr. 4.22 lze vidět porovnání reálného stavu 4. poschodí modelu s jeho webovým rozhraním. Skutečně tedy svítí pouze chodby a místnosti SU401 a SEM406.

Ovládání osvětlení

Výběr patra: [1.](#) [2.](#) [3.](#) [4.](#)

Ovládání všech světel: ON OFF

Označení	Popis	Stav	Ovládání
-	Chodba	Svítí	Přepnout
04 003	-	Nesvítí	Přepnout
04 004	-	Nesvítí	Přepnout
04 006	-	Nesvítí	Přepnout
04 007	-	Nesvítí	Přepnout
04 008	-	Nesvítí	Přepnout
04 010	EL405	Nesvítí	Přepnout
04 011	-	Nesvítí	Přepnout
04 012	SU401	Svítí	Přepnout
04 013	PC406	Nesvítí	Přepnout
04 015	SEM402	Svítí	Přepnout

↑

SU401

↑

SEM402

Obr. 4.22 – Fotografie porovnání webového rozhraní se skutečným stavem

Webové rozhraní má dvě varianty – světlou a tmavou. Ve stylech webové stránky jsou definované proměnné s barvami, které se přepínají podle nastavení systému či prohlížeče.

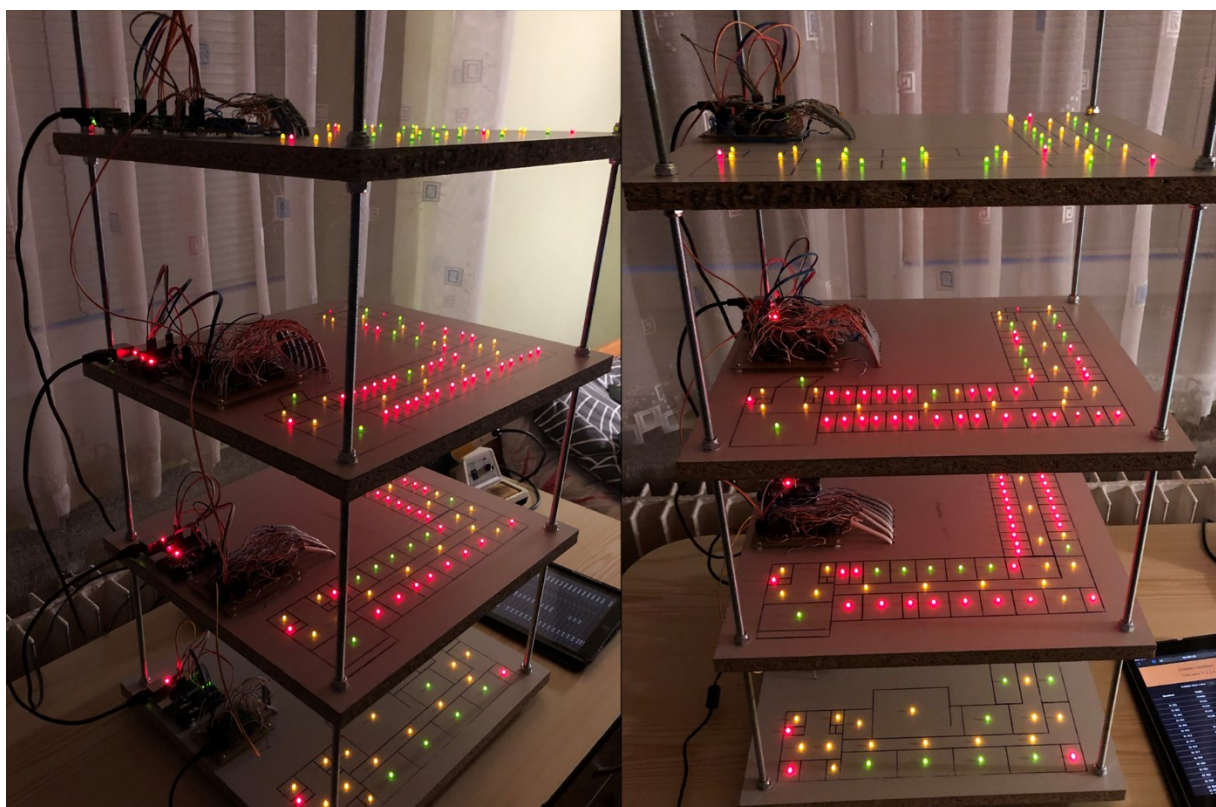
Pokud má tedy systém, na kterém je webové rozhraní otevřené, nastavený tmavý motiv (případně pokud má internetový prohlížeč nastavené vynucení tmavého motivu), zobrazí se



Obr. 4.23 – Porovnání variant webového rozhraní

i webové rozhraní ve tmavé variantě. Porovnání barevných variant je na obr. 4.23.

Sestavený model budovy je uveden na obr. 4.24. Aby bylo ověřeno, že je napájení modelu dostatečné, jsou rozsvícena všechna světla v sestaveném modelu. Tím je prokázána plná funkčnost navrženého systému.



Obr. 4.24 – Fotografie kompletního modelu budovy

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout systém ke vzdálenému řízení osvětlení ve vícepatrové budově. Systém měl být realizován přes webové rozhraní, kde má každé patro vlastní rozhraní a mezi jednotlivými patry lze přepínat. Samotné osvětlení mělo být možné řídit po jednotlivých světlech, nebo celých patrech. Funkčnost navrženého systému měla být ověřena na modelu budovy Fakulty elektrotechniky a informatiky Univerzity Pardubice, který bylo také nutné sestavit.

Úspěšně byl navržen a zkonstruován systém ke vzdálenému řízení osvětlení ve vícepatrové budově. Systém je navržený na řízení osvětlení konkrétně ve zmíněné budově FEI UPa, ale pouze s drobnými úpravami obvodu (v závislosti na počtu místností) lze systém využít i v jiných budovách. Po naprogramování a sestavení řídicího obvodu byl systém odzkoušen na modelu budovy fakulty. Zadáání práce tedy bylo splněno v plném rozsahu.

V teoretické části byly nejprve rozebrány možné zdroje osvětlení v budově. Jako nejvhodnější zdroj osvětlení byly zvoleny LED svítidla, především pro jejich efektivitu a vhodné provozní podmínky.

Následně bylo zmíněno, jak se vzdálené či inteligentní řízení běžně řeší. Byly popsány zejména systémy KNX a DALI, tedy systémy, které lze použít buď samostatně, nebo společně (kdy DALI funguje jako subsystém na sběrnici KNX). Nakonec byla však pro jednoduchost použití a nízkou pořizovací cenu k řízení využita sběrnice Ethernet.

Nejprve bylo nutné zvolit, zda bude systém řízení centralizovaný (kdy by se moduly řídicí jednotlivá patra dotazovaly centrálního serveru, který by zároveň zprostředkoval webové rozhraní), nebo decentralizovaný (kdy by každý modul zprostředkoval své vlastní webové rozhraní a pouze odkazoval na adresy ostatních). Pro jednoduchost a nižší pořizovací cenu byl zvolen decentralizovaný systém. Nevýhodou bylo paměťové omezení při návrhu webového rozhraní. Omezení bylo řešeno využitím programové paměti typu flash.

Dalším krokem byl způsob rozšíření pinů mikrokontroléru ATMega328P, který byl zvolen k řízení jednotlivých pater. K tomuto účelu byly zvoleny posuvné registry, konkrétně obvod 74HC595. Jsou výhodné kvůli tzv. „latch“ registru, díky kterému je možné výstup změnit celý v jednom kroku po dokončení posuvů.

Systém by šlo dále vyvíjet použitím silnějšího mikrokontroléru případně s větším objemem paměti. Výsledkem by byla možnost vytvořit komplexnější webové rozhraní a plynulejší běh celého systému. Dále by bylo možné systém rozšířit například o ovládání

elektronických zámků, nebo vybavit mechanickými vypínači pro jednotlivé místnosti, aby mohl uživatel v případě potřeby světla zhasnout i lokálně.

POUŽITÁ LITERATURA

- BARNETT, Drew a Anthony J. MASSA. 2005. Inside the uIP Stack. *Dr. Dobb's: The world of software development* [online]. 1 February 2005 [cit. 2021-02-07]. Dostupné z: <https://www.drdoobs.com/inside-the-uip-stack/184405971>
- DOLEČEK, Jaroslav. 2005. *Moderní učebnice elektroniky*. Praha: BEN – technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-184-5.
- DVOŘÁČEK, Vladimír. 2008. Světelné zdroje: halogenové žárovky. *SVĚTLO* [online]. 2008, 2008, **2008**(5), 56-58 [cit. 2021-02-05]. ISSN 1212-0812. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/37973.pdf>
- EtherCard: Arduino interface library for the ENC28J60 Ethernet controller chip (GPL)*, 2018. [online]. 2018 [cit. 2021-02-07]. Dostupné z: <https://www.aelius.com/njh/ethercard/>
- Express: Node.js web application framework*, 2017. [online]. StrongLoop, IBM, and other expressjs.com contributors, 2017 [cit. 2021-02-07]. Dostupné z: <https://expressjs.com>
- KOUDELKA, Ctirad. 2005. *Světlo a osvětlování*. Fakulta elektrotechniky a informatiky Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, 2005. Dostupné z: <http://fe1.vsb.cz/kat420/vyuka/Bakalarske/prednasky/svetlo%20a%20osvetlovani.pdf>
- KUNC, Josef. 2007. Výhody systémové instalace ABB i-bus®KNX/EIB při řízení osvětlení. *ELEKTRO* [online]. 2007, **2007**(10), 2-4 [cit. 2021-02-05]. ISSN 1210-0889. Dostupné z: https://www.vfservis.cz/files/001923_elektro_7.pdf
- SCHNEIDER ELECTRIC, 2018. *Inteligentní elektroinstalace: Systém řízení budov – KNX katalog* [online]. [cit. 2021-02-06]. Dostupné z: <https://www.inteligentni-bydleni.cz/ke-stazeni/inteligentni-elektroinstalace.pdf>
- SOKANSKÝ, Karel, Petr KREJČÍ, Josef NEZVAL, Tomáš NOVÁK a František ORSÁG. 2003. *Inteligentní řízení osvětlovacích soustav vnitřního osvětlení* [online]. Ostrava: Česká společnost pro osvětlování, 2003 [cit. 2021-02-06]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/dokument/3102.pdf>. VŠB-TU Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky.
- ŠOLCOVÁ, Veronika a Miroslav NOVÁK. 2011. Analýza startů zářivky s elektromagnetickým předřadníkem. *Electroscope* [online]. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická, 2011, **2011**(3) [cit. 2021-02-05]. ISSN 1802-4564. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11025/612>
- ŠVIHÁLEK, Jan a Vysoké učení technické v Brně. 1972. *Světelná technika a osvětlování: Určeno pro posl. elektrotechn. fak.* Praha: SNTL, 1972. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:97d0d9e0-4219-11e4-8113-005056827e52>
- VODNÝ, Jiří. 2011. *Úsporné žárovky a zářivky-experimentální zjišťování vlivu na napájecí síť* [online]. Ostrava, 2011 [cit. 2021-02-05]. Dostupné z: https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/87342/VOD076_FEI_B2649_3907R001_2011.pdf. Bakalářská práce. Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky Katedra elektroenergetiky.

PŘÍLOHY

Příloha A – CD

Příloha B – Technický popis

Příloha C – Návrhy desek plošných spojů řídicích obvodů

Příloha D – Vzorové plánky budovy

Příloha E – Ukázky jednotlivých webových rozhraní

Příloha k bakalářské práci
Řízení světel přes webový server
Filip Joska

CD

OBSAH

1. Text bakalářské práce ve formátu PDF
2. Úplný zdrojový kód firmware pro jednotlivé mikrokontroléry
3. Schémata zapojení a návrhy desek plošných spojů řídicích obvodů ve formátu Autodesk Eagle

Příloha k bakalářské práci
Řízení světel přes webový server
Filip Joska

TECHNICKÝ POPIS
SYSTÉM K ŘÍZENÍ OSVĚTLENÍ

OBSAH

	SEZNAM OBRÁZKŮ	B-2
	SEZNAM ZKRATEK	B-3
	ÚVOD	B-4
1	MODEL BUDOVY FEI UPA	B-5
2	ŘÍDICÍ OBVOD	B-9
2.1	ZAPOJENÍ ŘÍDICÍCH OBVODŮ JEDLOTLIVÝCH PATER	B-9
2.1.1	Zapojení řídicího obvodu 1. poschodí	B-9
2.1.2	Zapojení řídicího obvodu 2. poschodí	B-11
2.1.3	Zapojení řídicího obvodu 3. poschodí	B-12
2.1.4	Zapojení řídicího obvodu 4. poschodí	B-13
2.2	PŘIPOJENÍ NAPÁJENÍ	B-14

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. B.1 – Rozmístění diod 1. poschodí	B-5
Obr. B.2 – Tabulka přiřazení propojovacích kabelů k diodám 1. poschodí	B-5
Obr. B.3 – Rozmístění diod 2. poschodí	B-6
Obr. B.4 – Tabulka přiřazení propojovacích kabelů k diodám 2. poschodí	B-6
Obr. B.5 – Rozmístění diod 3. poschodí	B-7
Obr. B.6 – Tabulka přiřazení propojovacích kabelů k diodám 3. poschodí	B-7
Obr. B.7 – Rozmístění diod 4. poschodí	B-8
Obr. B.8 – Tabulka přiřazení propojovacích kabelů k diodám 4. poschodí	B-8
Obr. B.9 – Schéma řídicího obvodu 1. poschodí	B-9
Obr. B.10 – Osazovací schéma DPS 1. poschodí	B-10
Obr. B.11 – Schéma řídicího obvodu 2. poschodí	B-11
Obr. B.12 – Osazovací schéma DPS 2. poschodí	B-11
Obr. B.13 – Schéma řídicího obvodu 3. poschodí	B-12
Obr. B.14 – Osazovací schéma DPS 3. poschodí	B-13
Obr. B.15 – Schéma řídicího obvodu 4. poschodí	B-13
Obr. B.16 – Osazovací schéma DPS 4. poschodí	B-14
Obr. B.17 – Schéma připojení napájení k modelu	B-14

SEZNAM ZKRATEK

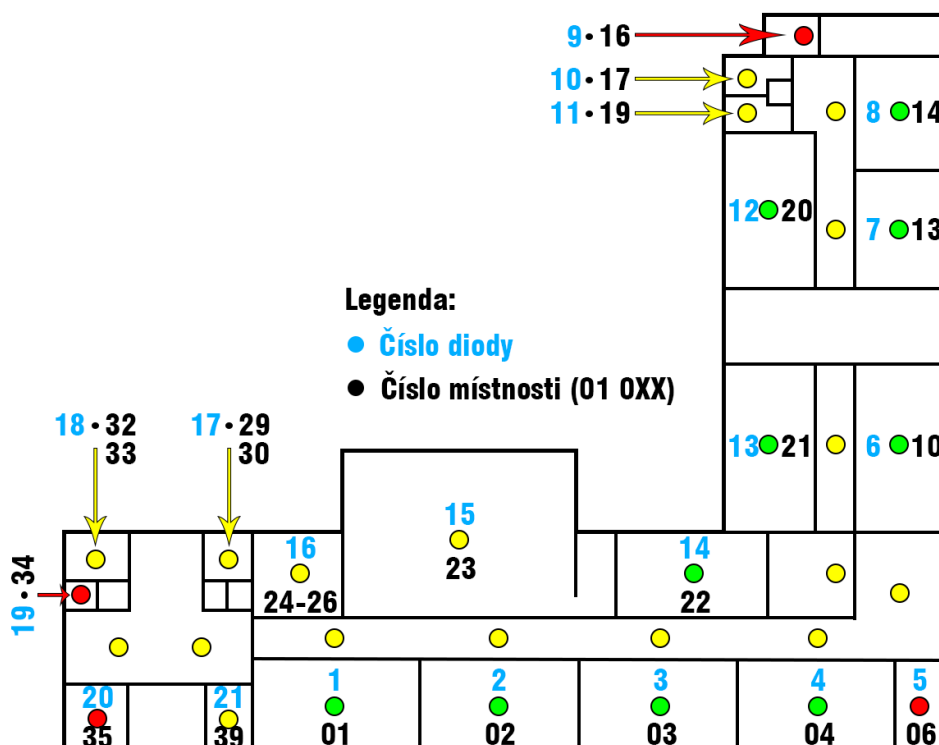
DPS	Deska plošného spoje
FEI UPa	Fakulta elektrotechniky a informatiky Univerzity Pardubice
GND	Ground
LED	Light Emitting Diode
RCK	(Storage) Register Clock
SCK	Shift (Register) Clock
SER	Serial (Input)

ÚVOD

Tato příloha obsahuje technický popis systému řízení osvětlení. Obsahuje schémata pro zapojení jednotlivých pater a osazovací schémata desek plošných spojů. Příloha také obsahuje plánky rozmístění diod na jednotlivých poschodích modelu budovy FEI UPa.

1 MODEL BUDOVY FEI UPA

Na obr. B.1 lze vidět rozmístění diod 1. poschodí včetně jejich barvy a označení.



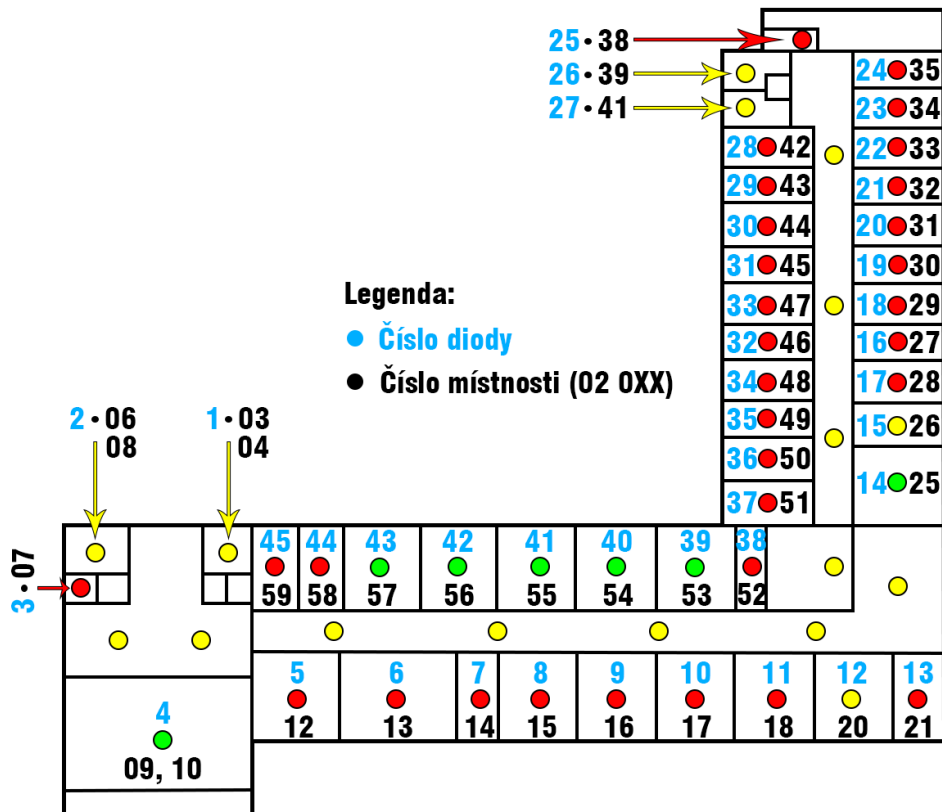
Obr. B.1 – Rozmístění diod 1. poschodí

Diody jsou s řídicími obvody propojené pomocí 3 kabelů, které jsou očíslované. Na obr. B.2 je uvedeno přiřazení jednotlivých žil kabelu k číslům diod.

1.		
Kabel	Barva	Místnost
0	oranžová	21
	bílo-oranž	16
	zelená	18
	bílo-zelen	19
	hnědá	17
	bílo-hněd	1
	modrá	GND
	bílo-modrá	20
1	oranžová	4
	bílo-oranž	5
	zelená	2
	bílo-zelen	3
	hnědá	14
	bílo-hněd	13
	modrá	GND
2	oranžová	7
	bílo-oranž	8
	zelená	10
	bílo-zelen	9
	hnědá	12
	bílo-hněd	11
	modrá	GND
bílo-modrá	6	

Obr. B.2 – Tabulka přiřazení propojovacích kabelů k diodám 1. poschodí

Rozmístění diod na 2. poschodí modelu je zobrazené na obr. B.3.



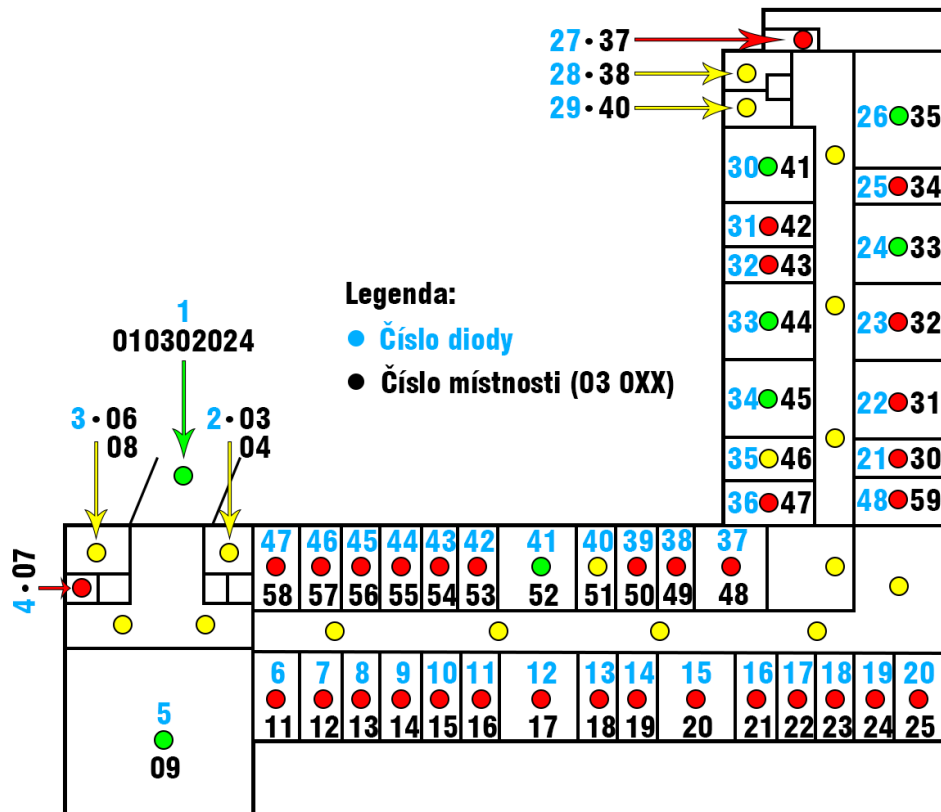
Obr. B.3 – Rozmístění diod 2. poschodí

Tabulka přiřazení jednotlivých propojovacích kabelů k číslům diod pro 2. poschodí (zobrazeným na obr. B.3 modře) je na obr. B.4

2.								
Kabel	Barva	Místnost	Kabel	Barva	Místnost	Kabel	Barva	Místnost
0	oranžová	9	3	oranžová	36	6	oranžová	26
	bílo-oranž	7		bílo-oranž	14		bílo-oranž	27
	zelená	8		zelená	15		zelená	-
	bílo-zelen	41		bílo-zelen	35		bílo-zelen	-
	hnědá	42		hnědá	34		hnědá	-
	bílo-hněd	43		bílo-hněd	17		bílo-hněd	-
	modrá	GND		modrá	GND		modrá	GND
bílo-modrá	6	bílo-modrá	37	bílo-modrá	25			
1	oranžová	10	4	oranžová	33	-		
	bílo-oranž	11		bílo-oranž	18			
	zelená	12		zelená	16			
	bílo-zelen	39		bílo-zelen	32			
	hnědá	13		hnědá	19			
	bílo-hněd	38		bílo-hněd	31			
	modrá	GND		modrá	GND			
bílo-modrá	40	bílo-modrá	20					
2	oranžová	2	5	oranžová	21	-		
	bílo-oranž	3		bílo-oranž	30			
	zelená	45		zelená	28			
	bílo-zelen	44		bílo-zelen	29			
	hnědá	1		hnědá	24			
	bílo-hněd	5		bílo-hněd	23			
	modrá	GND		modrá	GND			
bílo-modrá	4	bílo-modrá	22					

Obr. B.4 – Tabulka přiřazení propojovacích kabelů k diodám 2. poschodí

Na obr. B.5 je uvedeno rozmístění diod 3. poschodí modelu.



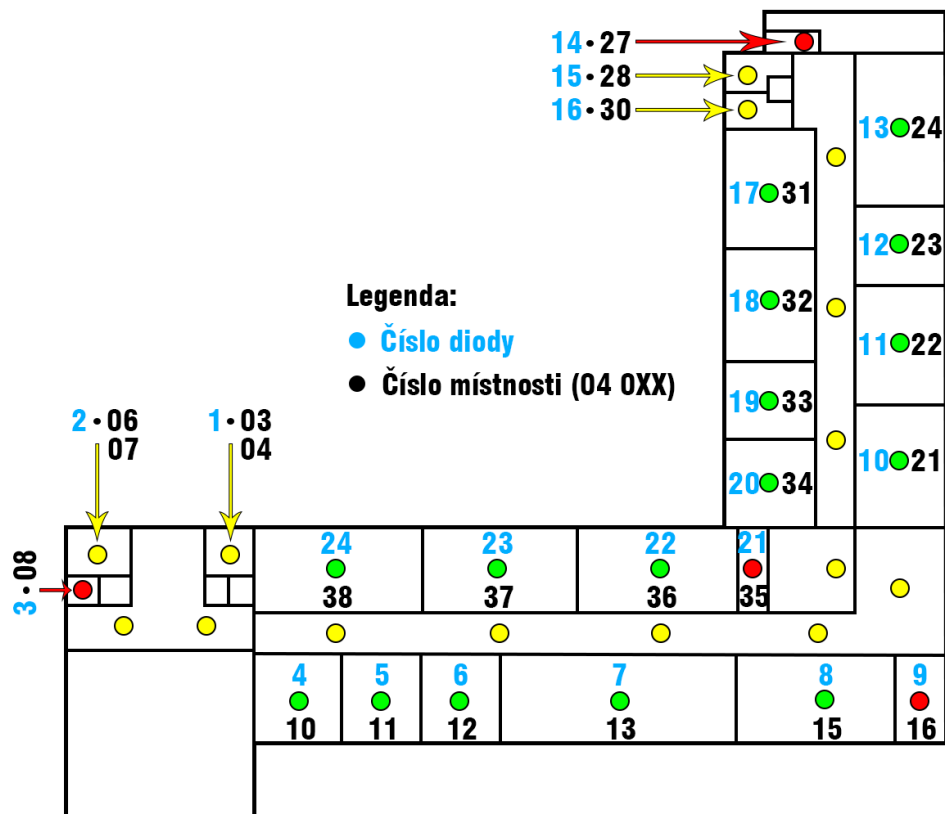
Obr. B.5 – Rozmístění diod 3. poschodí

Tabulka přiřazení propojovacích kabelů k číslům diod pro 3. poschodí je uvedena na obr. B.6.

3.								
Kabel	Barva	Místnost	Kabel	Barva	Místnost	Kabel	Barva	Místnost
0	oranžová	8	3	oranžová	16	6	oranžová	30
	bílo-oranž	7		bílo-oranž	17		bílo-oranž	29
	zelená	45		zelená	38		zelená	27
	bílo-zelen	44		bílo-zelen	37		bílo-zelen	28
	hnědá	9		hnědá	14		hnědá	26
	bílo-hněd	10		bílo-hněd	15		bílo-hněd	25
	modrá	GND		modrá	GND		modrá	GND
bílo-modrá	46	bílo-modrá	39	bílo-modrá	-			
1	oranžová	42	4	oranžová	48			
	bílo-oranž	41		bílo-oranž	21			
	zelená	13		zelená	20			
	bílo-zelen	40		bílo-zelen	19			
	hnědá	12		hnědá	35			
	bílo-hněd	11		bílo-hněd	36			
modrá	GND	modrá	GND					
bílo-modrá	43	bílo-modrá	18					
2	oranžová	3	5	oranžová	24			
	bílo-oranž	4		bílo-oranž	23			
	zelená	2		zelená	32			
	bílo-zelen	47		bílo-zelen	31			
	hnědá	6		hnědá	34			
	bílo-hněd	5		bílo-hněd	33			
modrá	GND	modrá	GND					
bílo-modrá	1	bílo-modrá	22					

Obr. B.6 – Tabulka přiřazení propojovacích kabelů k diodám 3. poschodí

Rozmístění diod 4. poschodí modelu je uvedeno na obr. B.7.



Obr. B.7 – Rozmístění diod 4. poschodí

Tabulka přiřazení propojovacích kabelů k číslům diod 4. poschodí lze vidět na obr. B.8.

4.					
Kabel	Barva	Místnost	Kabel	Barva	Místnost
0	oranžová	3	3	oranžová	14
	bílo-oranž	2		bílo-oranž	15
	zelená	5		zelená	-
	bílo-zelen	4		bílo-zelen	-
	hnědá	6		hnědá	-
	bílo-hněd	24		bílo-hněd	-
	modrá	GND		modrá	GND
	bílo-modrá	1		bílo-modrá	16
1	oranžová	21	-		
	bílo-oranž	9			
	zelená	7			
	bílo-zelen	23			
	hnědá	22			
	bílo-hněd	8			
	modrá	GND			
bílo-modrá	20				
2	oranžová	11	-		
	bílo-oranž	10			
	zelená	12			
	bílo-zelen	18			
	hnědá	17			
	bílo-hněd	13			
	modrá	GND			
bílo-modrá	19				

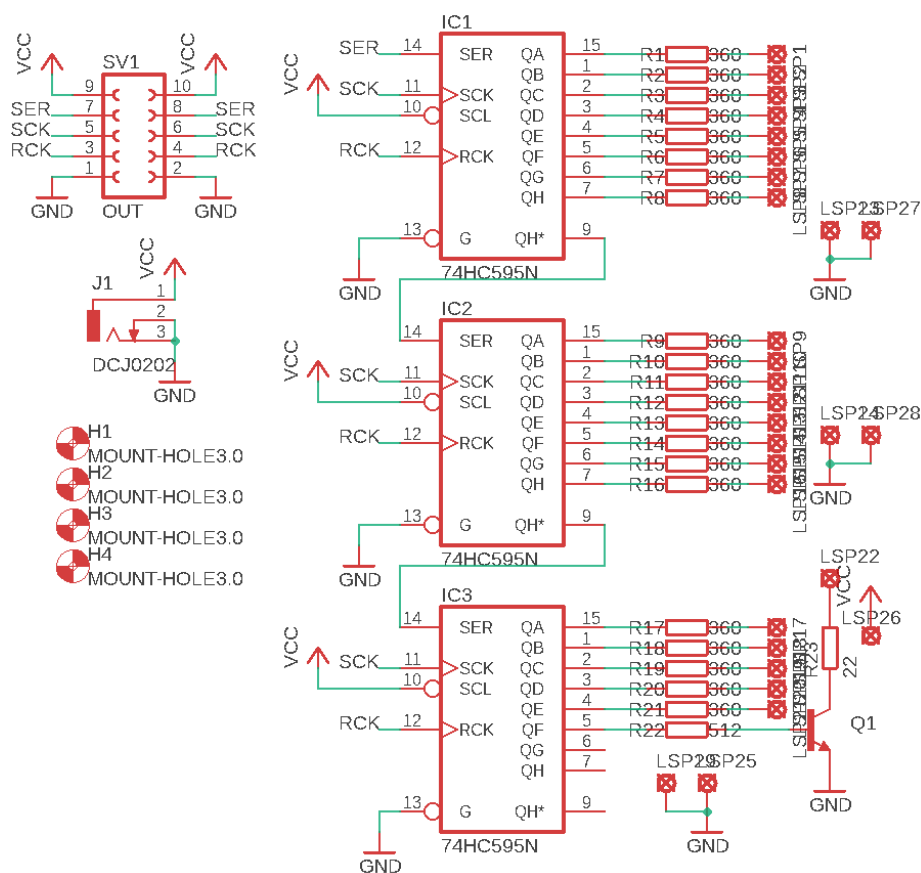
Obr. B.8 – Tabulka přiřazení propojovacích kabelů k diodám 4. poschodí

2 ŘÍDICÍ OBVOD

2.1 ZAPOJENÍ ŘÍDICÍCH OBVODŮ JEDLOTLIVÝCH PATER

2.1.1 Zapojení řídicího obvodu 1. poschodí

Schéma řídicího obvodu 1. poschodí je uvedeno na obr. B.9. Dutinková lišta SV1 slouží k připojení napájení a pinů pro ovládání posuvných registrů k desce Arduino Uno. Zároveň slouží k propojení napájení s následujícím poschodím (s 2. poschodím).



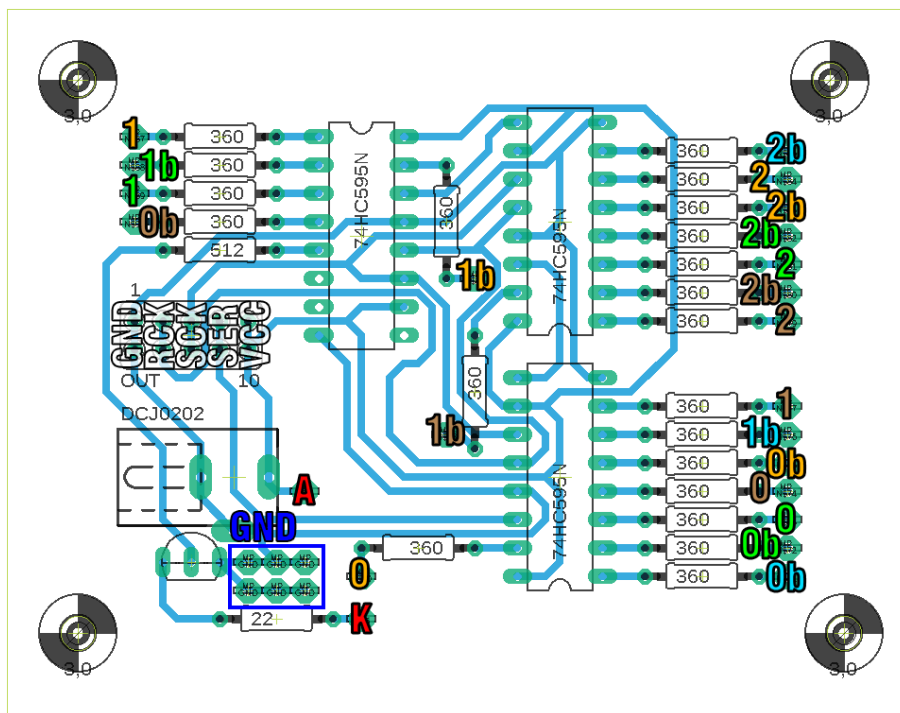
Obr. B.9 – Schéma řídicího obvodu 1. poschodí

Na obr. B.10 je zobrazen návrh desky plošného spoje řídicího obvodu pro 1. poschodí včetně osazovacích poznámek. Návrh DPS bez těchto poznámek je dostupný v příloze C, případně v příloze A (na CD).

V levé části obr. B.10 se nachází dutinková lišta SV1, na které jsou popsány jednotlivé piny. Pin SER (datový) je datový pin, který se připojí ke 4. pinu desky Arduino Uno. Piny pro hodinový signál SCK a RCK se připojí na 3., respektive 2. pin desky Arduino Uno. Pomocí

pinů VCC a GND se k desce Arduino Uno připojí napájení (na piny 5 V a GND). Propojení navrženého DPS s deskou Arduino Uno je shodné pro všechny poschodí modelu.

Jednotlivé plošky pro připojení LED k obvodu jsou popsány barevnými čísly. Číslo odpovídá číslu kabelu, ke kterému má být dioda připojena. Barva čísla značí barvu žíly daného kabelu, ke které je LED připojena. Dále je barva upřesněna podle toho, zda je u čísla připsáno



Obr. B.10 – Osazovací schéma DPS 1. poschodí

písmeno ‚b‘. Je-li například u zeleného čísla písmeno ‚b‘, má být k dané plošce připojena bílo-zelená žíla kabelu, nikoliv celistvě zelená.

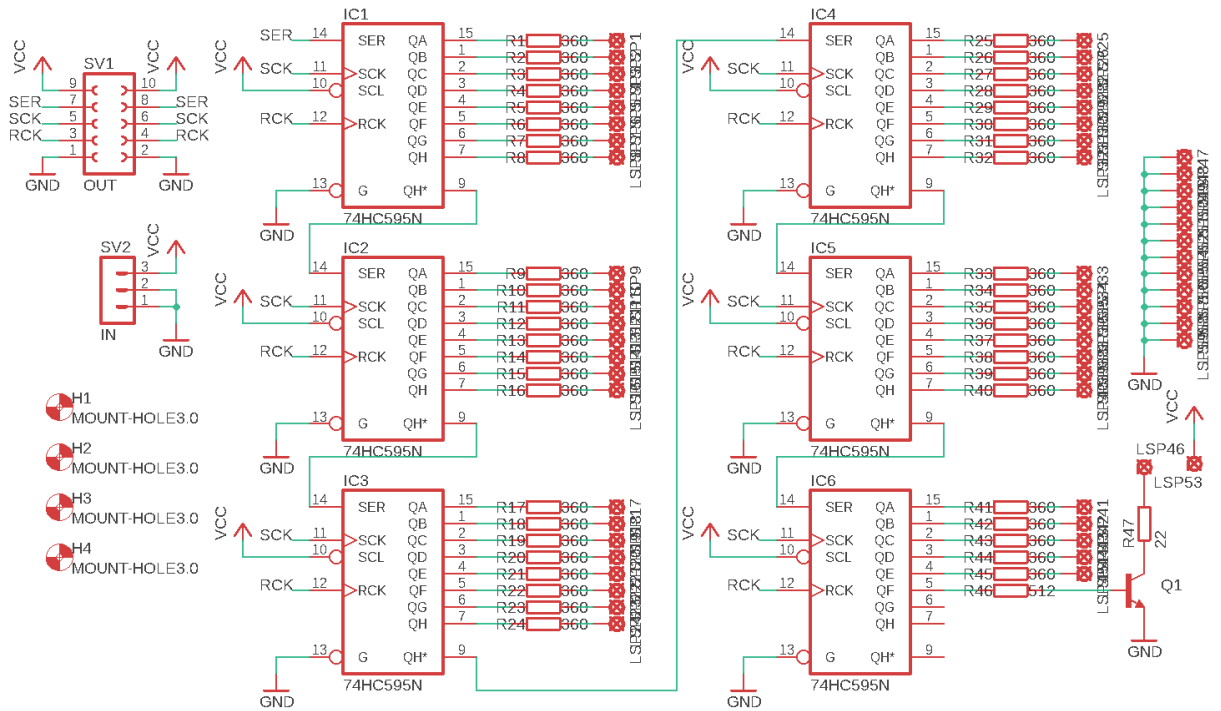
Červené písmeno A značí plošku, ke které má být připojena anoda diod reprezentujících chodbu, písmo K naopak značí plošky pro připojení jejich katod.

V neposlední řadě je zde modrý obdélník s označením GND. Obdélník vyznačuje plošky, ke kterým je třeba připojit modré žíly jednotlivých kabelů – anody jednotlivých skupin diod.

Stejný systém značení je využit i ve zbylých osazovacích schématech.

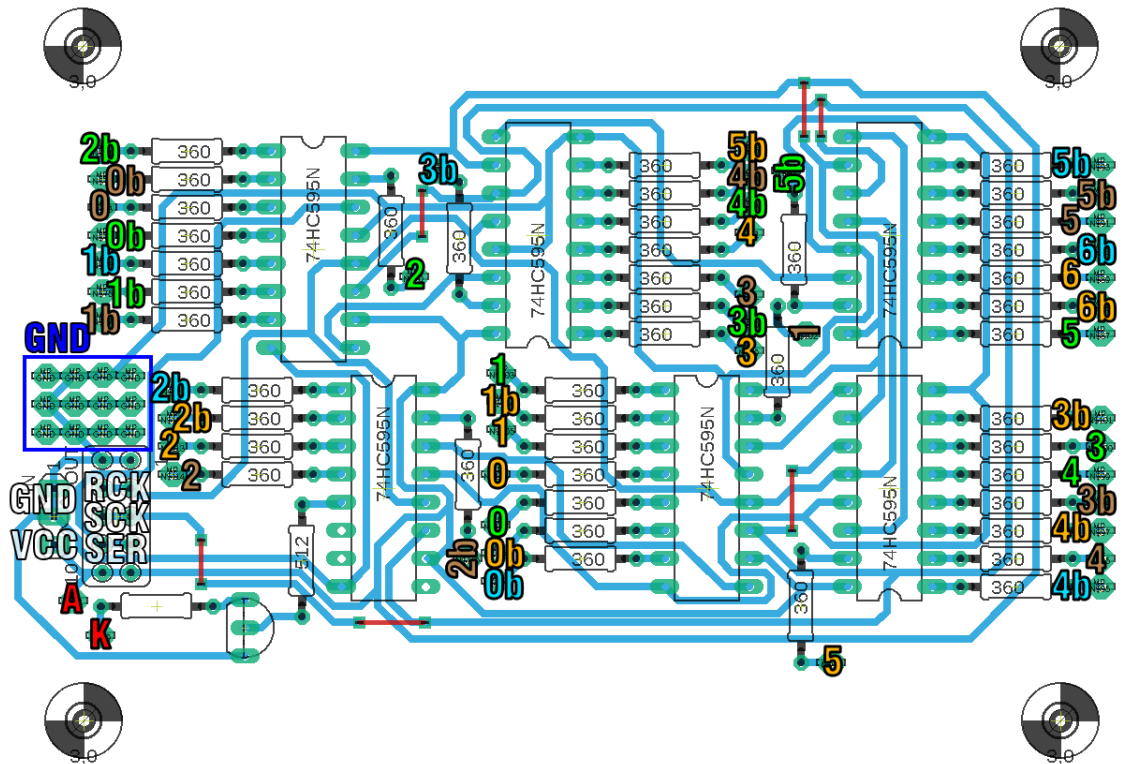
2.1.2 Zapojení řídicího obvodu 2. poschodí

Na obr. B.11 lze vidět schéma řídicího obvodu 2. poschodí.



Obr. B.11 – Schéma řídicího obvodu 2. poschodí

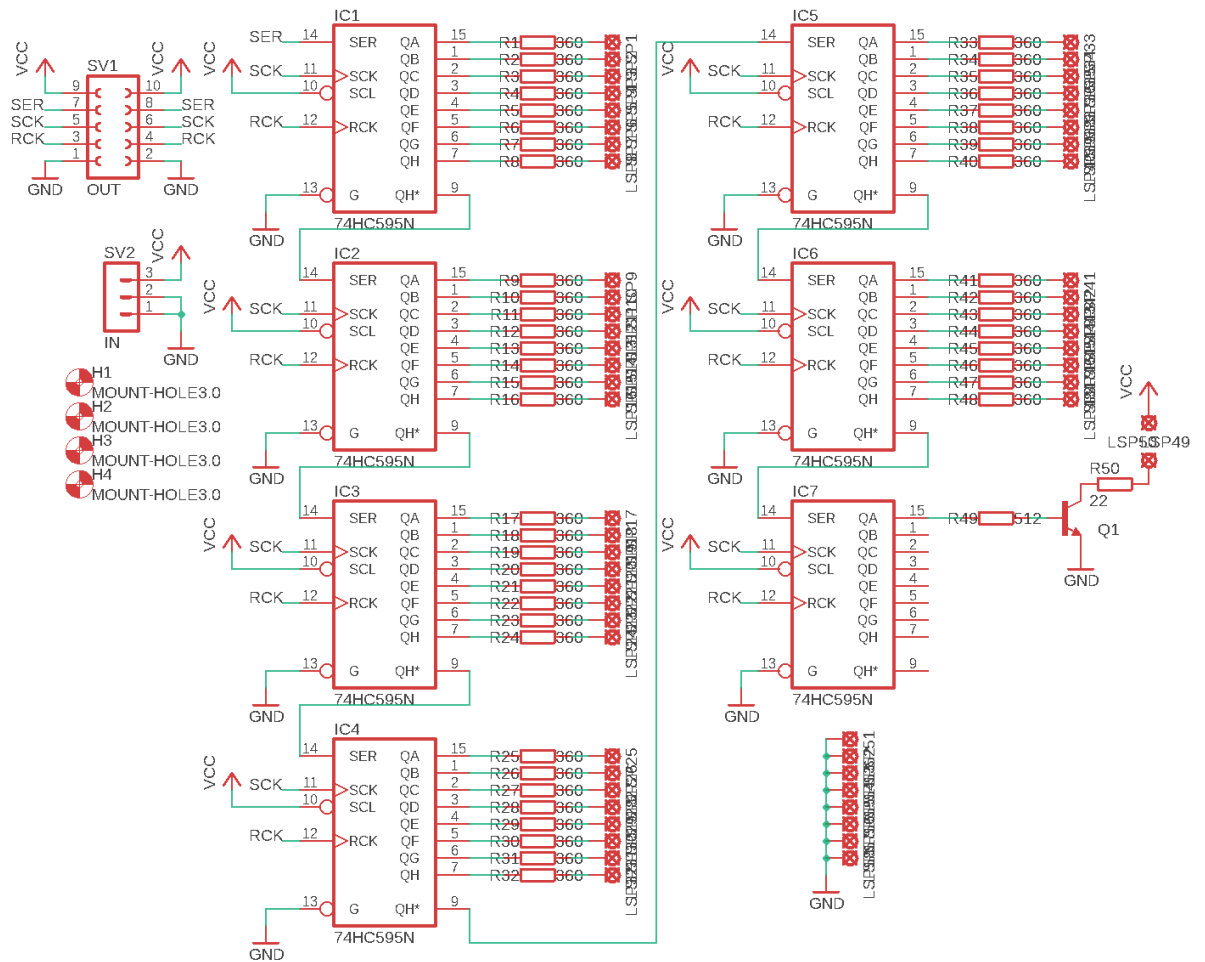
Osazovací schéma DPS řídicího obvodu 2. poschodí je na obr. B.12.



Obr. B.12 – Osazovací schéma DPS 2. poschodí

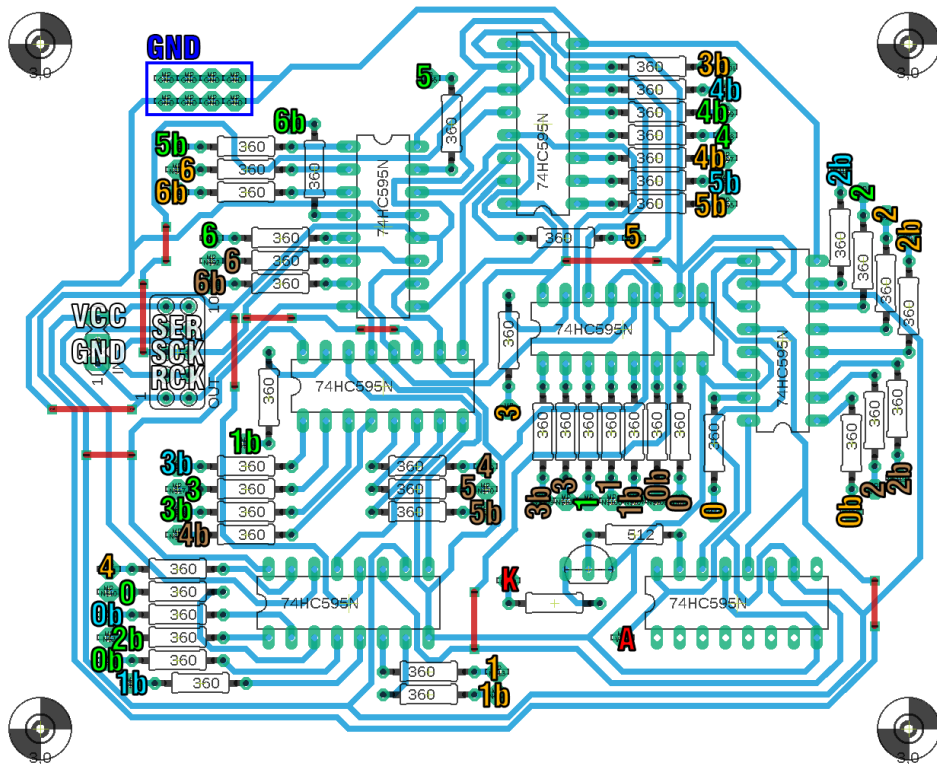
2.1.3 Zapojení řídicího obvodu 3. poschodí

Na obr. B.13 lze vidět schéma řídicího obvodu 3. poschodí.



Obr. B.13 – Schéma řídicího obvodu 3. poschodí

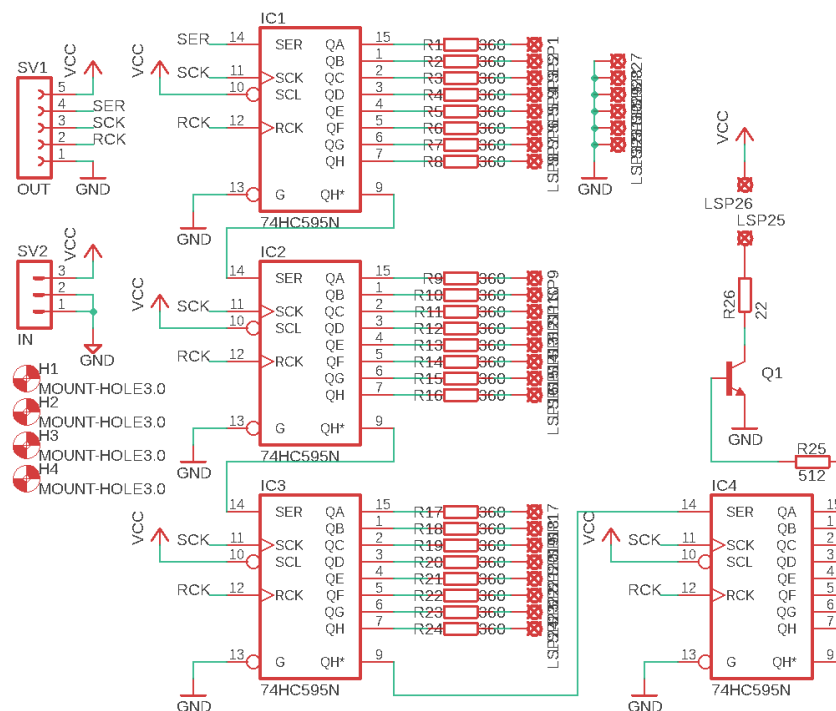
Osazovací schéma DPS řídicího obvodu 3. poschodí je na obr. B.14.



Obr. B.14 – Osazovací schéma DPS 3. poschodí

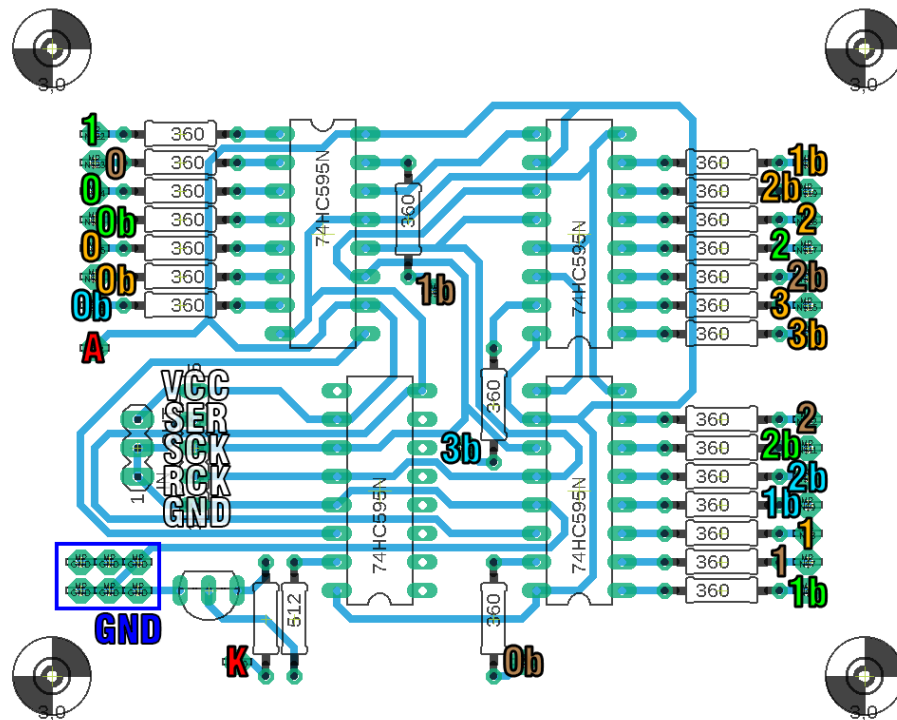
2.1.4 Zapojení řídicího obvodu 4. poschodí

Na obr. B.15 lze vidět schéma řídicího obvodu 4. poschodí.



Obr. B.15 – Schéma řídicího obvodu 4. poschodí

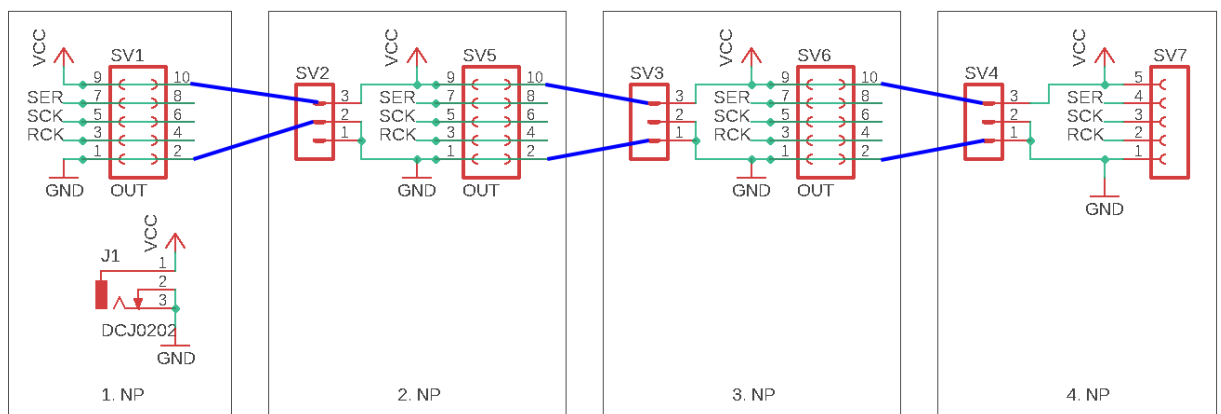
Osazovací schéma DPS řídicího obvodu 4. poschodí je na obr. B.16.



Obr. B.16 – Osazovací schéma DPS 4. poschodí

2.2 PŘIPOJENÍ NAPÁJENÍ

Pro oživení modelu je nutné připojit napájení k jednotlivým poschodím modelu. K tomu jsou využity dutinkové lišty. Na obr. B.17 jsou modře symbolicky naznačeny drátové propojky, kterými dojde k přivedení napájení do všech poschodí modelu. Ve výsledku jsou tedy k napájecímu adaptéru řídicí obvody jednotlivých poschodí vůči sobě připojeny paralelně. K součástce J1 se následně připojí napájecí adaptér se soušým konektorem o průměru 5,5/2,1 mm.



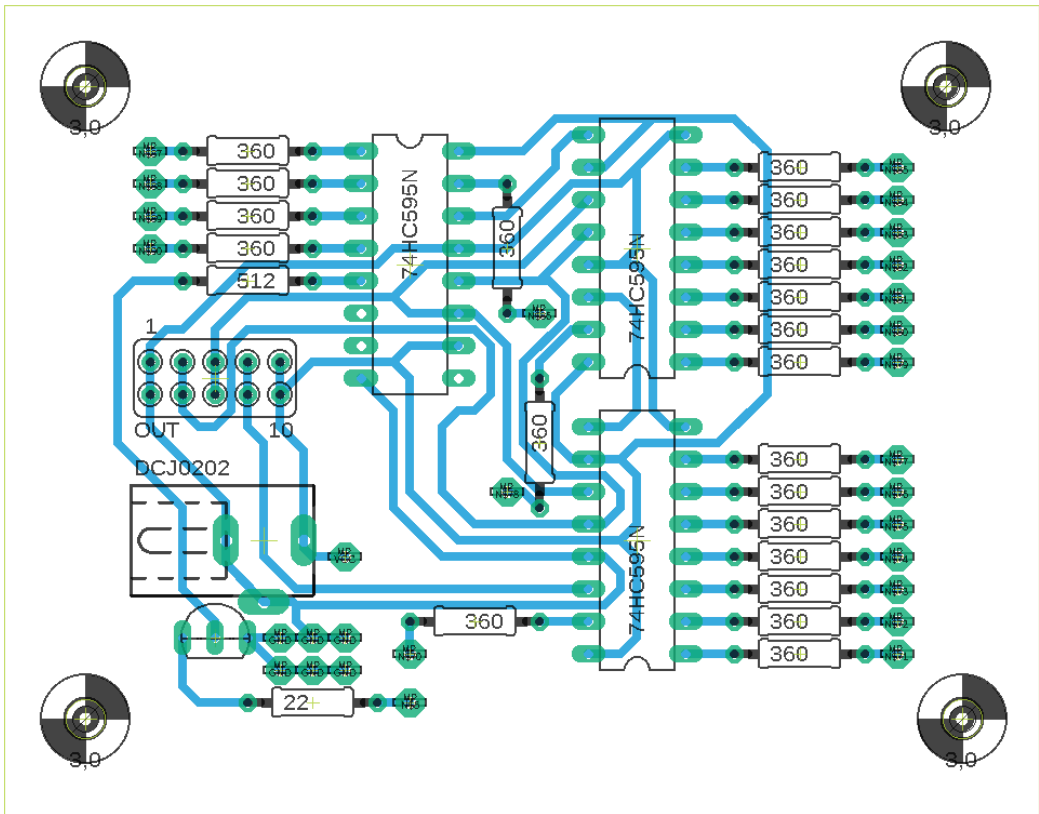
Obr. B.17 – Schéma připojení napájení k modelu

Příloha k bakalářské práci
Řízení světel přes webový server
Filip Joska

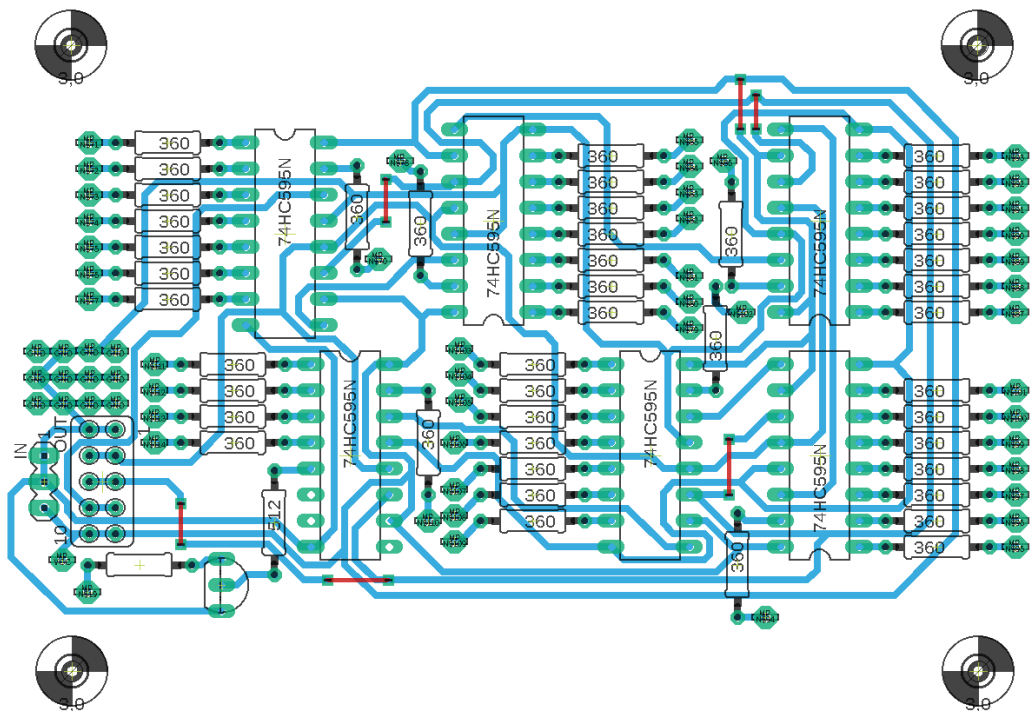
**NÁVRHY DESEK PLOŠNÝCH SPOJŮ ŘÍDICÍCH OBVODŮ
SYSTEM K ŘÍZENÍ OSVĚTLENÍ**

OBSAH

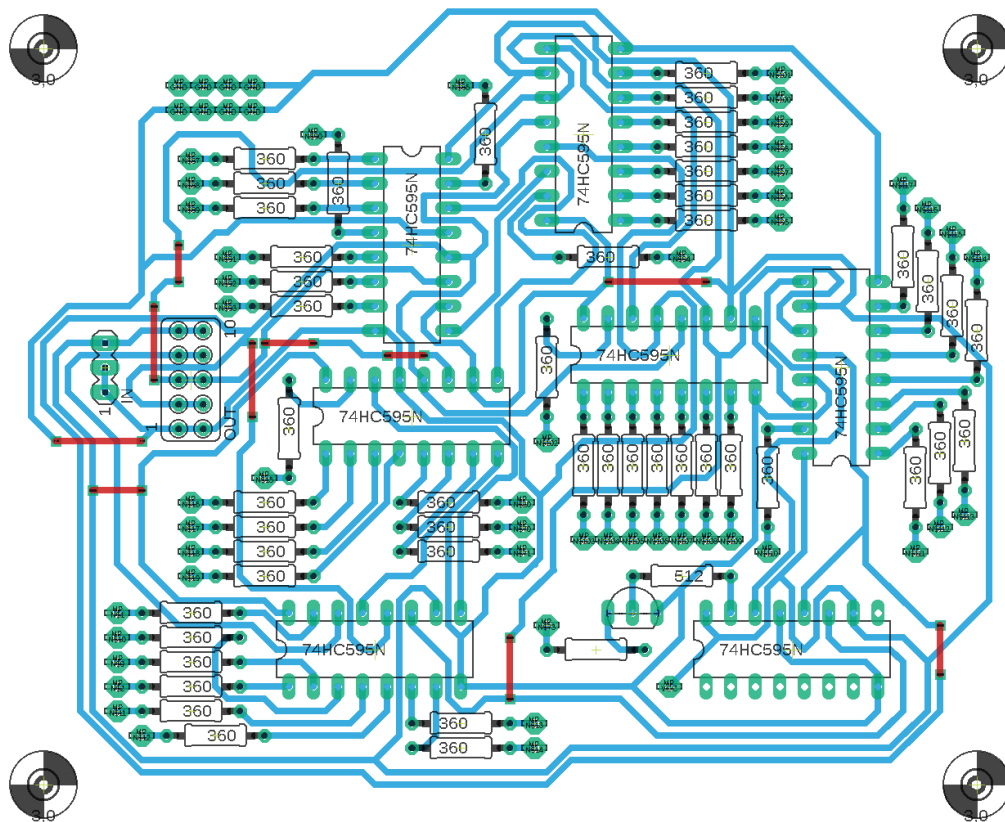
Obr. C.1 – Návrh desky plošného spoje 1. poschodí	C-2
Obr. C.2 – Návrh desky plošného spoje 2. poschodí	C-2
Obr. C.3 – Návrh desky plošného spoje 3. poschodí	C-3
Obr. C.4 – Návrh desky plošného spoje 4. poschodí	C-3



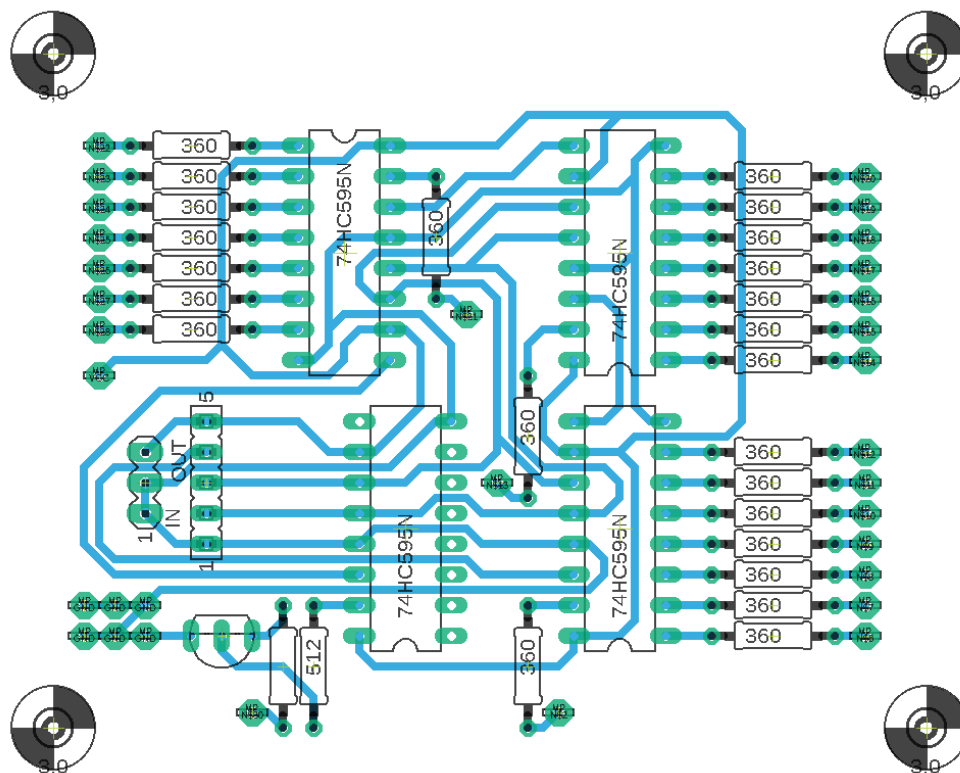
Obr. C.1 – Návrh desky plošného spoje 1. poschodí



Obr. C.2 – Návrh desky plošného spoje 2. poschodí



Obr. C.3 – Návrh desky plošného spoje 3. poschodí



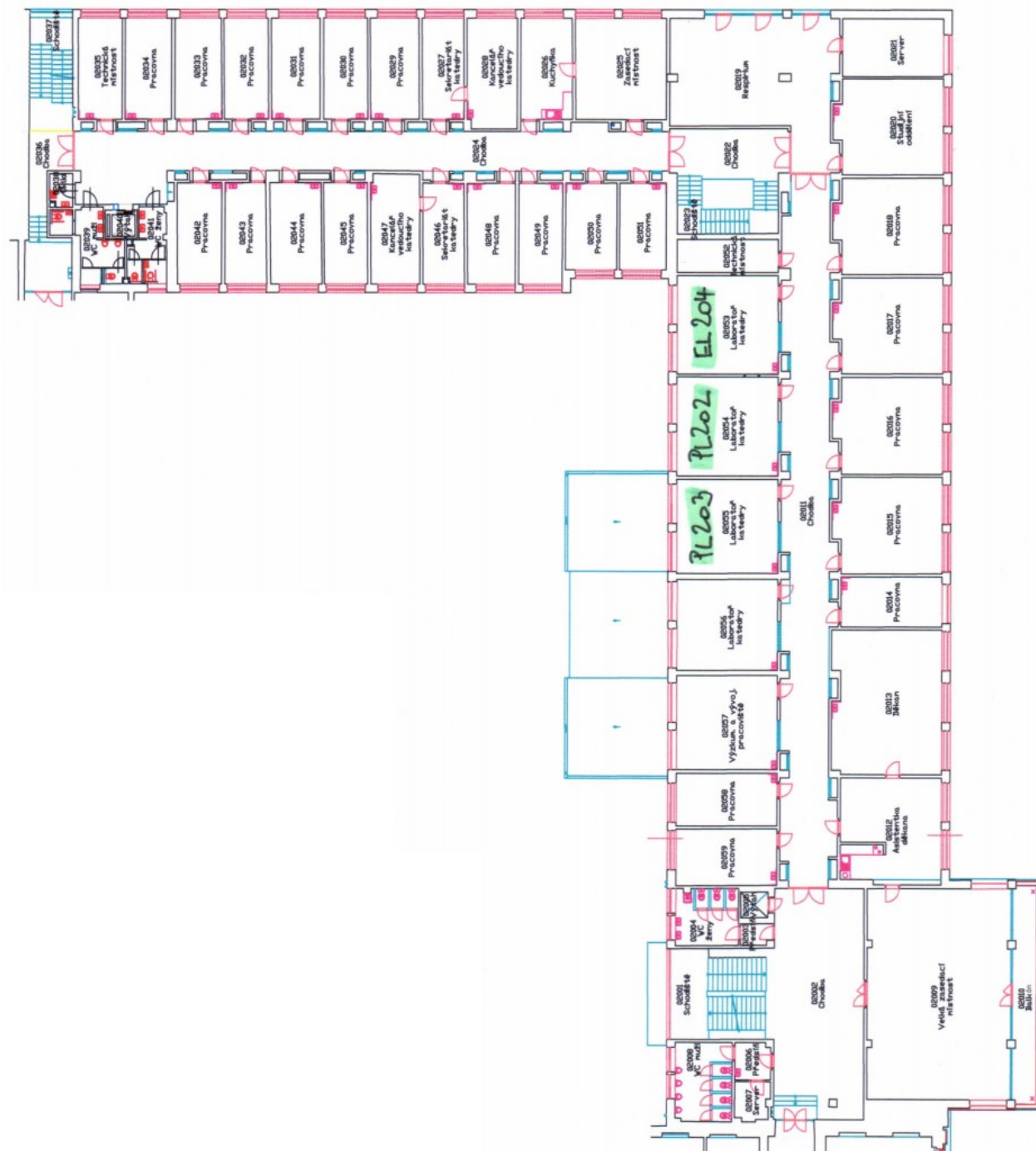
Obr. C.4 – Návrh desky plošného spoje 4. poschodí

Příloha k bakalářské práci
Řízení světél přes webový server
Filip Joska

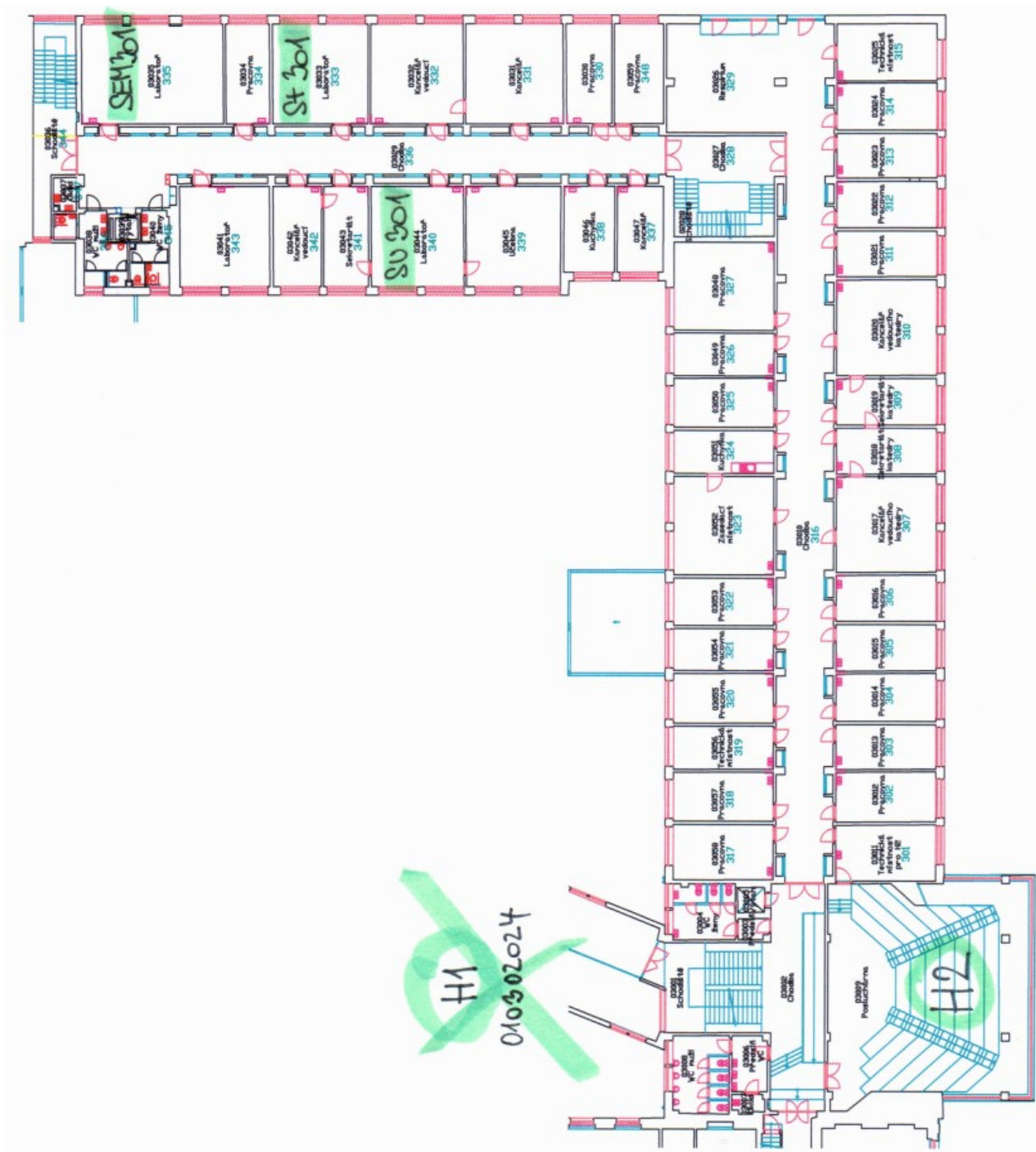
VZOROVÉ PLÁNKY BUDOVY
MODEL BUDOVY FEI UPA

OBSAH

Obr. D.1 – Originální plánec 1. poschodí	D-2
Obr. D.2 – Originální plánec 2. poschodí	D-3
Obr. D.3 – Originální plánec 3. poschodí	D-4
Obr. D.4 – Originální plánec 4. poschodí	D-5



Obr. D.2 – Originální plánek 2. poschodí



Obr. D.3 – Originální pláněk 3. poschodí

Příloha k bakalářské práci
Řízení světel přes webový server
Filip Joska

UKÁZKY JEDNOTLIVÝCH WEBOVÝCH ROZHRANÍ
SYSTEM K ŘÍZENÍ OSVĚTLENÍ

OBSAH

Obr. E.1 – Webové rozhraní 1. poschodí	E-2
Obr. E.2 – Webové rozhraní 2. poschodí	E-3
Obr. E.3 – Webové rozhraní 3. poschodí	E-4
Obr. E.4 – Webové rozhraní 4. poschodí	E-5

Ovládání osvětlení

Výběr patra: **1.** 2. 3. 4.

Ovládání všech světel:

ON

OFF

Označení	Popis	Stav	Ovládání
-	Chodba	Svíí	Přepnout
01 001	PC101	Nesvíí	Přepnout
01 002	PC102	Nesvíí	Přepnout
01 003	PC103	Nesvíí	Přepnout
01 004	PC104	Svíí	Přepnout
01 006	-	Nesvíí	Přepnout
01 010	EL101	Svíí	Přepnout
01 013	NET101	Nesvíí	Přepnout
01 014	NET102	Nesvíí	Přepnout
01 016	-	Nesvíí	Přepnout
01 017	-	Nesvíí	Přepnout
01 019	-	Nesvíí	Přepnout
01 020	PL101	Nesvíí	Přepnout
01 021	EL102	Nesvíí	Přepnout
01 022	PC105	Nesvíí	Přepnout
01 023	-	Nesvíí	Přepnout
01 024 01 025 01 026	-	Nesvíí	Přepnout
01 029 01 030	-	Nesvíí	Přepnout
01 032 01 033	-	Nesvíí	Přepnout
01 034	-	Nesvíí	Přepnout
01 035	-	Nesvíí	Přepnout
01 039	-	Nesvíí	Přepnout

Obr. E.1 – Webové rozhraní 1. poschodí

Ovládání osvětlení

Výběr patra: [1.](#) [2.](#) [3.](#) [4.](#)

Ovládání všech světel: ON OFF

Označení	Popis	Stav	Ovládání
-	Chodba	Svíti	Přepnout
02 003 02 004	-	Nesvíti	Přepnout
02 006 02 008	-	Nesvíti	Přepnout
02 007	-	Svíti	Přepnout
02 009 02 010	-	Nesvíti	Přepnout
02 012	-	Svíti	Přepnout
02 013	-	Nesvíti	Přepnout
02 014	-	Nesvíti	Přepnout
02 015	-	Nesvíti	Přepnout
02 016	-	Nesvíti	Přepnout
02 017	-	Nesvíti	Přepnout
02 018	-	Nesvíti	Přepnout
02 020	-	Nesvíti	Přepnout
02 021	-	Nesvíti	Přepnout
02 025	-	Nesvíti	Přepnout
02 026	-	Nesvíti	Přepnout
02 027	-	Nesvíti	Přepnout
02 028	-	Nesvíti	Přepnout
02 029	-	Nesvíti	Přepnout
02 030	-	Nesvíti	Přepnout
02 031	-	Nesvíti	Přepnout
02 032	-	Nesvíti	Přepnout
02 033	-	Nesvíti	Přepnout
02 034	-	Nesvíti	Přepnout
02 035	-	Nesvíti	Přepnout
02 038	-	Nesvíti	Přepnout
02 039	-	Nesvíti	Přepnout
02 041	-	Nesvíti	Přepnout
02 042	-	Nesvíti	Přepnout
02 043	-	Nesvíti	Přepnout
02 044	-	Nesvíti	Přepnout
02 045	-	Nesvíti	Přepnout
02 046	-	Nesvíti	Přepnout
02 047	-	Nesvíti	Přepnout
02 048	-	Nesvíti	Přepnout
02 049	-	Nesvíti	Přepnout
02 050	-	Nesvíti	Přepnout
02 051	-	Nesvíti	Přepnout
02 052	-	Nesvíti	Přepnout
02 053	EL204	Nesvíti	Přepnout
02 054	PL202	Nesvíti	Přepnout
02 055	PL203	Nesvíti	Přepnout
02 056	-	Nesvíti	Přepnout
02 057	-	Nesvíti	Přepnout
02 058	-	Nesvíti	Přepnout
02 059	-	Nesvíti	Přepnout

Obr. E.2 – Webové rozhraní 2. poschodí

Ovládání osvětlení

Výběr patra: [1](#) [2](#) **[3](#)** [4](#)

Ovládání všech světel:

Označení	Popis	Stav	Ovládání
-	Chodba	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
010302024	H1	Svíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 003	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 004	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 006	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 008	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 007	-	Svíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 009	H2	Svíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 011	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 012	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 013	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 014	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 015	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 016	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 017	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 018	-	Svíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 019	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 020	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 021	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 022	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 023	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 024	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 025	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 030	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 031	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 032	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 033	St301	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 034	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 035	SEM301	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 037	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 038	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 040	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 041	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 042	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 043	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 044	SU301	Svíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 045	-	Svíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 046	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 047	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 048	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 049	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 050	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 051	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 052	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 053	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 054	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 055	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 056	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 057	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 058	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>
03 059	-	Nesvíti	<input type="button" value="Přepnout"/>

Obr. E.3 – Webové rozhraní 3. poschodí

Ovládání osvětlení

Výběr patra: 1. 2. 3. **4.**

Ovládání všech světel: **ON** **OFF**

Označení	Popis	Stav	Ovládání
-	Chodba	Svítil	Přepnout
04 003 04 004	-	Nesvítil	Přepnout
04 006 04 007	-	Nesvítil	Přepnout
04 008	-	Nesvítil	Přepnout
04 010	EL405	Nesvítil	Přepnout
04 011	-	Nesvítil	Přepnout
04 012	SU401	Svítil	Přepnout
04 013	PC406	Nesvítil	Přepnout
04 015	SEM402	Nesvítil	Přepnout
04 016	-	Nesvítil	Přepnout
04 021	IT401	Nesvítil	Přepnout
04 022	IT402	Svítil	Přepnout
04 023	SEM403	Nesvítil	Přepnout
04 024	EL406	Svítil	Přepnout
04 027	-	Nesvítil	Přepnout
04 028	-	Nesvítil	Přepnout
04 030	-	Nesvítil	Přepnout
04 031	EL407	Nesvítil	Přepnout
04 032	EL408	Nesvítil	Přepnout
04 033	PL404	Nesvítil	Přepnout
04 034	PL405	Nesvítil	Přepnout
04 035	-	Nesvítil	Přepnout
04 036	SEM404	Nesvítil	Přepnout
04 037	SEM405	Nesvítil	Přepnout
04 038	SEM406	Nesvítil	Přepnout

Obr. E.4 – Webové rozhraní 4. poschodí