

Řízení inteligentního osvětlení

Marek Hrušovský

Bakalářská práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Marek Hrušovský**
Osobní číslo: **A11106**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Řízení inteligentního osvětlení**

Zásady pro vypracování:

1. Průřezově zpracuje současný stav řešené problematiky.
2. Seznamte se základy používaných technologií.
3. Zvolte vhodné hardwarové zabezpečení komunikace svítidla se serverem.
4. Navrhněte softwarové řešení pro řízení stavů vypnuto/zapnuto/porucha.
5. Zhodnoťte výsledky práce a diskutujte směry budoucího vývoje.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **ADÁMEK, Milan a Miroslav MATÝSEK.** Úvod do elektrotechniky. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 159 s. ISBN 80-731-8411-7.
2. **SVOBODA, Jaroslav.** Využívání silnoproudých vedení a sítí pro přenos zpráv. Vyd. 1. V Praze: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2012, 229 s. ISBN 978-80-01-05168-9.
3. **SOKANSKÝ, Karel.** Inteligentní řízení osvětlovacích soustav vnitřního osvětlení [online]. Česká společnost pro osvětlování, 2003[cit. 2014-02-06]. Dostupné z: http://www.csorsostrava.cz/publikace/inteligentni_ridici_systemy%20-%202003.pdf
4. **SOKANSKÝ, Karel.** Základy základů světelné techniky [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2007[cit. 2014-02-06]. Dostupné z: http://feil.vsb.cz/kat410/studium/studijni_materialy/vuee/VUEE_Zaklady_svetelne_techiky.pdf
5. **Komunikujeme po silových rozvodech (1. část).** In: Hw.cz [online]. 2011 [cit. 2014-02-06]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/komunikujeme-po-silovych-rozvodech-1-cast.html>
6. **Komunikujeme po silových rozvodech (2. část).** In: Hw.cz [online]. 2011 [cit. 2014-02-06]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/komunikujeme-po-silovych-rozvodech-2-cast.html>

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Bc. Pavel Vařacha, Ph.D.

Ústav informatiky a umělé inteligence

Datum zadání bakalářské práce:

28. února 2014

Termín odevzdání bakalářské práce:

13. června 2014

Ve Zlíně dne 28. února 2014

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

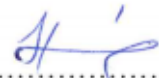
Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- Že odevzdaná verze diplomové/bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 13.6.2014


.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

V teoretickej časti sa práca zameriava na prehľad v súčasnosti používaných postupov a technológií v oblasti komunikácie po elektrických rozvodoch, a na technológie a postupy v oblasti riadenia osvetlenia. Ďalšia časť je potom zameraná na návrh a implementáciu riešenia riadenia osvetlenia po elektrických rozvodoch a možnosti ďalšieho vývoja.

Kľúčové slová: komunikácia po elektrickej sieti, osvetlenie, riadenie osvetlenia, inteligentne osvetlenie

ABSTRACT

In theoretical part, this bachelor thesis is focused on overview of currently used methods and technologies in sphere of powerline communication and on technologies and methods used in sphere of lighting control. Next part is focused on design and implementation of lighting control over electrical powerlines with future development possibilities.

Keywords: powerline communication, lighting, lighting control, intelligent lighting

Ďakujem svojmu vedúcemu bakalárskej práce Ing. Bc. Pavlovi Vařachovi, Ph.D. za vedenie pri tvorbe tejto bakalárskej práce a cenné rady.

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČASŤ.....	10
1 SILOVÉ ROZVODY ELEKTRICKEJ ENERGIE	11
1.1 TROJFÁZOVÁ SÚSTAVA.....	12
2 PRENOS SPRÁV PO SILOVÝCH ROZVODOCH.....	13
2.1 SYSTÉMY HROMADNÉHO DIAĽKOVÉHO OVLÁDANIA	13
2.2 ÚZKOPÁSMOVÉ PLC SYSTÉMY	14
2.3 ŠIROKOPÁSMOVÉ BPL SYSTÉMY	14
2.4 ŠTANDARDIZÁCIA PLC SYSTÉMOV	15
2.5 ELEKTROMAGNETICKÁ KOMPATIBILITA	15
2.5.1 Elektromagnetická kompatibilita systémov HDO	16
2.5.2 Elektromagnetická kompatibilita úzkopásmových systémov PLC	17
2.5.3 Elektromagnetická kompatibilita širokopásmových systémov BPL.....	17
3 INTELIGENTNÉ OSVETLENIE	18
3.1 ZDROJE OSVETLENIA	18
3.1.1 Žiarovky	18
3.1.2 Žiarivky	18
3.1.3 LED	18
3.1.4 Inteligentné svetelné zdroje.....	18
3.2 PREDRADNÉ PRÍSTROJE	20
3.3 STMIEVAČE	21
3.3.1 Stmievanie žiaroviek	21
3.3.2 Stmievanie žiariviek	22
3.3.3 Stmievanie LED	23
3.3.4 Ovládanie stmievania	24
3.4 RIADENIE OSVETLENIA	26
3.4.1 1 – 10 V	26
3.4.2 DSI	27
3.4.3 KNX	28
3.4.4 LonWorks.....	29
3.4.5 Modbus.....	30
3.4.6 DALI	31
II PRAKTICKÁ ČASŤ.....	35
4 RIEŠENIE KOMUNIKÁCIE PO SILOVÝCH ROZVODOCH.....	36
4.1 VÝBER KOMUNIKAČNÉHO RIEŠENIA	36
4.2 POUŽITIE ADAPTÉROV TP-LINK TL-PA2010P	37
4.2.1 TP-LINK Powerline Utility.....	37
5 REALIZÁCIA ZAPOJENIA	40
5.1 PRÍPRAVA RASPBERRY PI.....	40
5.1.1 Ovládanie GPIO pinov	42
5.2 ZAPOJENIE OSVETLENIA A SENZOROV	44
6 APLIKÁCIA PRE OVLÁDANIE OSVETLENIA	49

6.1	PACKAGE LOCALCONTROL.....	49
6.1.1	Trieda GPIO	49
6.1.2	Trieda Network	51
6.2	PACKAGE REMOTECONTROL	52
6.2.1	Trieda Controller	52
6.2.2	Trieda GUI	52
6.2.3	Trieda SetIPAddressDialog.....	55
6.2.4	Trieda History	55
6.2.5	Triedy TimeQueueModel a TimeQueueValue.....	55
6.2.6	Triedy QueueFileParser a QueueFileSaver	55
6.2.7	Trieda Network	56
6.2.8	Triedy Receiver a Sender	56
6.2.9	Triedy PingThread a TimeQueueCheck.....	56
6.3	TESTOVANIE APLIKÁCIE A ZAPOJENIA	57
7	SMERY ĎALŠIEHO VÝVOJA.....	61
	ZÁVER	63
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	64
	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	68
	ZOZNAM OBRÁZKOV	70
	ZOZNAM TABULIEK	72
	ZOZNAM PRÍLOH.....	73

ÚVOD

Svetelná technika prešla od prvých žiaroviek Thomasa Alva Edisona a prvých žiariviek Nikolu Teslu postupným rozvojom a stále sú v rámci nej uvádzané nové možnosti a technológie, ktoré zlepšujú životnosť, prispievajú k efektívnosti a znižujú náklady. Práve znižovanie nákladov a efektívnosť je hlavným hnacím prvkom zavádzania nových možností riadenia osvetlenia, kedy sa od vývoja prvých analógových stmievačov prešlo až ku komplexným riadiacim systémom osvetlenia. Tie bývajú často integrované v rámci celého riadenia dejov v budovách ako je napr. vykurovanie. Dôležitou časťou zavádzania nových typov riadenia osvetlenia je možnosť inštalácie nových prvkov do už existujúcej infraštruktúry.

V teoretickej časti tejto bakalárskej práce sú najskôr rozobrané možnosti komunikácie po silových elektrických rozvodoch, ktoré tvoria najrozšírenejšiu a najdostupnejšiu sieť pre prenos informácií na svete. Ďalej sú rozobrané základy súčasných možností riadenia osvetlenia s typmi možných riadiacich systémov a uvedené príklady produktov, ktoré sú v rámci nasadenia v jednotlivých systémoch riadenia osvetlenia dostupné.

Praktická časť je zameraná na výber vhodného produktu pre umožnenie komunikácie po silových elektrických rozvodoch a využitie tohto riešenia pre vzdialené riadenie osvetlenia. Ďalej je riešené konkrétne zapojenie osvetlenia a jeho vzdialené riadenie pomocou naprogramovanej aplikácie pre osobné počítače.

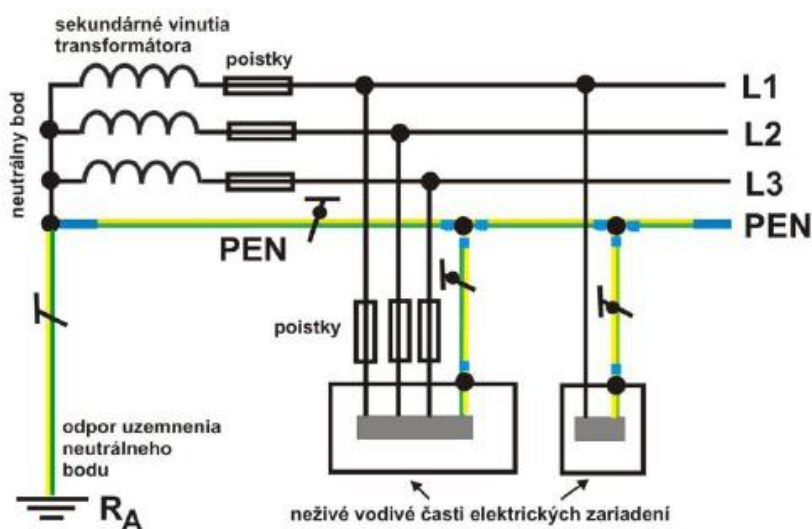
I. TEORETICKÁ ČASŤ

1 SILOVÉ ROZVODY ELEKTRICKEJ ENERGIE

Elektrická sieť je tvorená sústavou obvodov, ktoré slúžia na napájanie elektrických zariadení z toho istého zdroja. Elektrické siete sa podľa druhu delia na jednosmerné a striedavé. Sieť nie je napájaná len pôvodným zdrojom, nová elektrická sieť vzniká napr. aj za transformátorom spoľahlivo oddeleným od napájacej sústavy. Siete môžu byť vytvorené pre všetky napäťové pásma. [1]

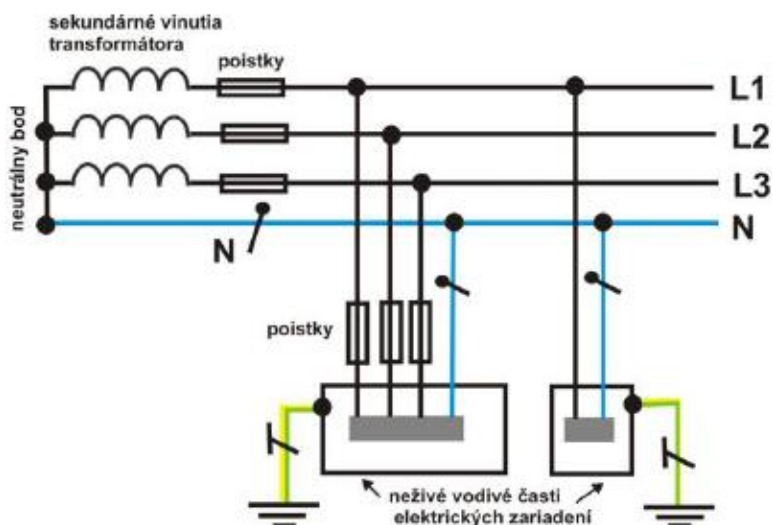
Siete podľa uzemnenia sa delia na:

- Sieť s priamo uzemneným neutrálnym bodom.



Obr. 1 Sieť s uzemneným neutrálnym bodom [1]

- Sieť s izolovaným neutrálnym bodom. [1]



Obr. 2 Sieť s izolovaným neutrálnym bodom [1]

Pri označovaní systémov elektrických sietí sa využívajú značenia z dvoch písmen – TN, TT, IT. Prvé písmeno značí vzťah siete a uzemnenia:

- T – priame spojenie jedného bodu siete so zemou.
- I – oddelenie všetkých živých častí od zeme alebo spojenie jedného bodu so zemou skrz veľkú impedanciu. [1]

Druhé písmeno značí vzťah neživých častí v rozvode a uzemnenia:

- T – priame spojenie neživých vodivých častí so zemou, nezávislé na zvyšku siete.
- N – priame spojenie neživých vodivých častí s uzemneným bodom siete. [1]

Ďalšie písmená v značení TN-C, TN-S vyjadrujú usporiadanie neutrálnych a ochranných vodičov:

- C – funkcia ochranného vodiča PE (Protective Earthing) a neutrálneho vodiča N (Neutral) sú zlúčené do jedného kombinovaného vodiča PEN (Protective Earthing and Neutral).
- S – vodiče PE a N sú od seba oddelené. [1][2]

1.1 Trojfázová sústava

Dnes sa všeobecne rozšírilo v lokálnych silových rozvodoch elektrickej energie používanie trojfázových sústav striedavých napätí. Striedavé napätia na jednotlivých fázach sú vzájomne posunuté o 120° . Najmenší počet vodičov potrebných pre rozvod jednotlivých fáz je 4. Tri vodiče pre jednotlivé fázy a spoločný vodič (nazýva sa nulový, stredný, neutrálny) ktorý sústavu uzemňuje (elektricky viazaná sústava). V prípade že je pre každú fázu použitý vlastný uzemňovací vodič, tak sa sústava nazýva elektricky neviazaná. [1][3]

Pre rozvod elektrickej energie ku koncovým bodom sa využívajú štyri úrovne napätia, ktoré sa postupne transformujú na nižšie úrovne:

- ZVN – zvlášť vysoké napätie (300 – 800 kV).
- VVN – veľmi vysoké napätie (52 – 300 kV).
- VN – vysoké napätie (1 – 52 kV).
- NN – nízke napätie (0,05 – 1 kV). [4]

V Európe a Českej republike sa prevádzkujú sústavy na spoločnej frekvencii 50 Hz so združeným napätím 400 V a fázovým napätím 230 V na koncových bodoch siete. Prevádzkovaná koncová elektrická sieť používa usporiadanie TN-S. [1][4]

2 PRENOS SPRÁV PO SILOVÝCH ROZVODOCH

Snahy o využitie tradičných rozvodov elektrickej energie pre prenos správ pochádzajú už z 19. storočia. Hlavnou ideou bolo využitie už vybudovaných, nákladných vedení pre viac účelov a zníženie ďalších nákladov. Od systémov jednoduchej signalizácie sa cez základné ovládanie postupne vyvinuli systémy hromadného diaľkového ovládania, elektrárenskej telefónie a úzkopásmových a širokopásmových dátových systémov. Súhrne sa používa anglická skratka PLC – Powerline Communication. [5][6]

Pri prenose informácii v tradičnej elektrickej sieti treba brať do úvahy výrazne väčšie prenosové útlmy silnoprúdových káblov, rozvetvenosť siete, jej nehomogenitu (rôzne druhy vonkajších a vnútorných vedení, transformátory, atď.), možné parazitné impedancie a veľa ďalších nežiadúcich vlastností. [5][6]

2.1 Systémy hromadného diaľkového ovládania

Systémy HDO (Hromadné diaľkové ovládanie) sa dajú klasifikovať ako jednosmerné systémy diaľkových operácií, ktoré z jedného centra vysielajú signál k veľkému počtu miest. Ako príklad by sa dal uviesť systém verejného osvetlenia. Povel je určený viacerým prijímačom o rovnakej funkcii. Nedochádza k spätnej signalizácii o prenose a u týchto systémov nie je vyžadovaná správnosť vyhodnotenia všetkých signálov. [5][7]

Ako technické riešenie prenosu informácie sa používalo a používa niekoľko druhov realizácie:

- Zmena prevádzkového stavu – dnes už nevyužívaný spôsob, na prenos signálu sa používalo momentové vypínanie jednej z fáz trojfázového systému.
- Vysielanie jednosmerných impulzov – vytvorením jednosmerného prepätia na vysielacej strane došlo na strane prijímača k naindukovaniu jednosmerného napätia medzi fázovým a uzemňovacím vodičom.
- Vysielanie striedavých impulzov – najrozšírenejší systém, väčšinou sa používajú frekvencie nad technickým kmitočtom siete (50 Hz) a to v rozmedzí od 110 Hz 2000 Hz. Pri vyhodnocovaní signálu sa overujú rozdiely medzi impulzmi. V Českej republike stanovuje doporučené frekvencie norma ČSN 334570 (česká technická norma). [5]

2.2 Úzkopásmové PLC systémy

Využitie úzkopásmových PLC systémov sa dá rozdeliť do troch skupín – hovorové, rozhlasové a nehovorové. Pri hovorových a rozhlasových systémoch sa využívali najmä možnosti amplitúdovej modulácie. Najväčšie uplatnenie dosiahli tieto systémy pri diaľkovom meraní, ovládaní a signalizácii. Využívajú sa aj pri konštrukcii Smart Grids (inteligentné rozvodné siete – elektrické, tepelné, vodárenské a iné), ktoré predstavujú spojenie telekomunikačných a energetických sietí k efektívnemu riadeniu výroby a spotreby energie. Umožňujú zber informácií, diagnostiku a operatívne riadenie. [5]

Druhy úzkopásmových PLC modemov sa dajú rozdeliť do troch skupín:

- Modemy obsluhujúce priamo senzory alebo analógové veličiny.
- Modemy poskytujúce dátové prenosy, napr. pomocou rozhrania RS 232 a využitia rôznych protokolov (napr. Modbus).
- Inteligentné modemy obsluhujúce meracie zariadenia (napr. elektromer, vodomer atď.). Bývajú vybavené sériovými portami na komunikáciu s meradlom, binárnymi vstupmi a výstupmi, repeatermi PLC signálu, programovateľnou pamäťou pre prispôbenie rôznym meradlám. [5]

Pri prenosoch sa využíva viacero druhov modulácie, najčastejšie FSK (Frequency-shift Keying) a DBPSK (Differential Binary Phase Shift Keying). Normalizácia frekvencií a technických princípov vychádza z niekoľkých noriem. Frekvencie sa pohybujú od 3 kHz do 490 kHz. Pre Českú republiku bola prevzatá norma ČSN EN 50065-1 (European Standard). Vychádza z Európskej normy výboru CENELEC (Comité Européen de Normalisation Électrotechnique) ktorá sa delí na ďalšie podskupiny:

- CENELEC A (3 – 95 kHz) pre dodávateľov energie.
- CENELEC B (95 – 125 kHz).
- CENELEC C (125 – 140 kHz) .
- CENELEC D (140 – 148,5 kHz). [5][6][7]

2.3 Širokopásmové BPL systémy

Širokopásmové PLC systémy používajú presnejší anglický názov Broadband Powerline (BPL). Dosahujú vysokých rýchlostí a jedným z popudov pre ich vývoj bola možnosť pri-

pojenia k sieti Internet prostredníctvom existujúcich elektrických rozvodov. BPL modemy sa rozdeľujú z pohľadu rôznych napäťových úrovní na vonkajšie a vnútorné. Ako metódy modulácie prístupového signálu sa používajú GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying), OFDM (Orthogonal Frequency-division Multiplexing) a DSSSM (Direct Sequence Spread Spectrum Modulation). Rýchlosť pripojenia užívateľov klesá s ich počtom, takisto ako pri iných typoch širokopásmového prístupu (napr. DSL - Digital Subscriber Line). BPL ako zdroje rušenia by mali zodpovedať norme ČSN EN 55022. [5][8]

2.4 Štandardizácia PLC systémov

Okrem noriem ktoré špecifikujú PLC systémy v rámci možného využitia frekvencií, vlastností v rámci elektromagnetickej kompatibility a pod., vznikajú ešte štandardy, certifikáty a odporúčenia pre vzájomnú kompatibilitu a použitie koncových zariadení rôznych výrobcov. Napomáha to zlepšeniu kvality, rýchlejšiemu nasadeniu a ďalšiemu rozvoju systémov PLC. [7][9]

Pri štandardizácii systémov BPL a úzkopásmových PLC vzniklo niekoľko konzorcií a združení:

- PLC Forum – združenie ktoré sa zaoberá najmä rozvojom praktického uplatnenia PLC systémov.
- OPERA – Open PLC European Research Alliance, projekt Európskej únie ktorý sa zaoberá všetkými aspektmi PLC komunikácie od regulácie až po praktické nasadenie. V rámci projektu OPERA sa realizovalo niekoľko pilotných projektov s praktickým nasadením a vývoj prototypov väzobných členov, filtrov a terminálov. Hlavným výstupom je návrh Európskej špecifikácie PLC.
- HomePlug Power Alliance - združenie spoločností ktoré sa zaoberá rozvojom špecifikácií BPL systémov a ich certifikáciou. Súčasné špecifikácie sú HomePlug AV a HomePlug AV2 pre vysokorýchlostné spojenia a HomePlug GP pre inteligentné energetické siete. HomePlug AV a HomePlug GP certifikované zariadenia sú schopné vzájomnej komunikácie. [8][9][10]

2.5 Elektromagnetická kompatibilita

Trend rozvoja silovej energetiky pri výrobe a distribúcií elektrickej energie viedol k vyžívaniu vysokých napätí, prúdov a výkonov. Na druhej strane pre prenos informácií

a správ sa často využívajú nízke úrovne signálov (V, mV a mA). Systémy ktoré boli v minulosti od seba dostatočne oddelené sa často integrujú do spoločných zariadení a priestorov. To spôsobuje vzájomné rušivé ovplyvňovanie systémov, napr. indukcia parazitných napätí v rozvodoch pre prenosy správ. [5]

Z dôvodu koexistencie systémov s rôznymi parametrami tak vznikol nový obor nazývaný elektromagnetická kompatibilita (EMC). Ten zavádza tri hlavné pojmy:

- Elektromagnetická kompatibilita (EMC - Electromagnetic Compatibility) – schopnosť zariadenia alebo systému fungovať vo svojom elektromagnetickom prostredí bez vytvárania ďalšieho elektromagnetického rušenia.
- Elektromagnetická interferencia (EMI - Electromagnetic Interference) – nežiadúce ovplyvňovanie elektromagnetickými vplyvmi, zhoršujúce prevádzku zariadenia alebo systému. Ide o existenciu nežiadúcich prúdov a napätí.
- Elektromagnetická odolnosť (EMS - Electromagnetic Susceptibility) – schopnosť prevádzky zariadenia alebo systému bez straty funkčnosti, alebo výrazného zhoršenia prevádzkových charakteristík v prostredí zahrnujúcom elektromagnetické interferencie. [5][11]

Príkladom zariadenia ktoré negatívne vplýva na elektrické prostredie rozvodov je stmievač žiaroviek kontrolovaný triakom. Pri spínaní triaku dochádza ku generovaniu napäťových impulzov o niekoľkých desiatkach voltov, ktoré sa dostávajú na elektrickú sieť. [6]

2.5.1 Elektromagnetická kompatibilita systémov HDO

Prístupová sieť silových rozvodov predstavuje prostredie s veľkým počtom rôznych interferenčných zdrojov. Zariadenia HDO okrem napájacej frekvencie siete 50 Hz potrebujú pre svoju činnosť aj riadiaci signál frekvencie HDO. Pri prenose signálu pôsobí negatívne na jeho útlm rozvetvenosť a nehomogenita siete, manipulácia s ďalšími zariadeniami, ich pripojovanie do siete atď. Parazitné zložky striedavého signálu môžu vzniknúť aj na samotnom generátore elektrickej energie. [5]

Negatívne môže pôsobiť aj samotný signál HDO, napr. na iné komunikačné vedenia alebo môže preniknúť do častí s jednosmerným prúdom vďaka nedokonalému riešeniu usmerňovacích blokov. [5]

2.5.2 Elektromagnetická kompatibilita úzkopásmových systémov PLC

V súčasnosti v týchto systémoch dochádza k nežiaducemu rušeniu hlavne z dôvodu rôznych prevádzkových dejov v energetickej sieti – pripojovanie iných zariadení a pod. Úzkopásmové signály PLC takmer nikdy negatívne nezasahujú do iných systémov. [5]

2.5.3 Elektromagnetická kompatibilita širokopásmových systémov BPL

Pri realizácii týchto systémov dochádza k najväčším problémom z hľadiska EMC, hlavne z dôvodu ich širokej pracovnej frekvencie, najčastejšie 1,6 až 30 MHz ktoré sú využívané rôznymi ďalšími službami – armáda, rádioamatéri, rozhlas a pod. Širokých rozsah zariadení vplývajúcich na systémy BPL tak významne znemožňuje ich použitie na väčšie vzdialenosti. Významný je aj vplyv širokopásmových signálov na ostatné zariadenia, kedy väčšina dnes používaných systémov nespĺňa normy elektromagnetickej kompatibility. [5]

3 INTELIGENTNÉ OSVETLENIE

3.1 Zdroje osvetlenia

3.1.1 Žiarovky

Najstarší umelý zdroj osvetlenia. Princíp spočíva v tom, že do vnútra sklenenej banky z ktorej bol odčerpaný vzduch je uložené vlákno z volfrámu, skrz ktoré preteká elektrický prúd. Následný ohrev vlákna spôsobuje vyžarovanie vo viditeľnom spektre elektromagnetického vlnenia. Vákuum v banke chráni vlákno pred stykom s kyslíkom a možným horením. Žiarovky vyšších výkonov sú plnené inertnými plynmi. [11][12]

3.1.2 Žiarivky

Sú výhodné najmä z ekonomického hľadiska, pretože spotrebujú približne iba pätinu elektrického prúdu žiarovky pri rovnakom svetelnom toku a dlhšej životnosti. Princíp spočíva vo vybudení pár ortuti elektrickým poľom medzi dvoma elektródami. V parách dochádza k emisii ultrafialového žiarenia. Toto neviditeľné žiarenie sa špeciálnou látkou (luminoforom) na vnútornom povrchu transformuje na viditeľné svetlo. Voľbou luminoforu je možné ovplyvniť farbu svetla. [11][12]

3.1.3 LED

Svetlo emitujúce diódy generujú svetelné žiarenie pri tečení elektrického prúdu skrz polovodičový prechod. Na rozdiel od iných typov svietidiel, je pri LED (Light-emitting Diode) vyžarované len úzke spektrum elektromagnetického žiarenia. Svetlo je v podstate monochromatické. Toto sa rieši skladaním viacerých typov LED v jednom puzdre, alebo podobne ako pri žiarivkách na princípe podobnom luminoforu. Tým sa dá doceliť čiastočného prevodu na žiarenie iných vlnových dĺžok. Na usmernenie a zosilnenie svetla priamo z diódy sú použité šošovky. Veľkou výhodou LED je ešte menšia spotreba elektrickej energie ako napr. pri žiarivkách. [11][12]

3.1.4 Inteligentné svetelné zdroje

Existuje možnosť do štandardných svietidiel namontovať inteligentné svetelné zdroje vybavené bezdrôtovou Wi-Fi (Wireless Fidelity) alebo Bluetooth konektivitou. Osvetlenie sa potom dá ovládať pomocou smartphonu alebo tabletu. Ako inteligentné svetelné zdroje ovládané bezdrôtovo sa uplatňujú LED. Pri týchto inteligentných svetelných zdrojoch je

možnosť regulácie jasů osvetlenia, farby a teploty svetla, časovania, atď. Širšiemu rozšíreniu týchto svetelných zdrojov bráni najmä vysoká cena (viac ako 1000 Kč za jeden kus). [13][14]

Príklady inteligentných svetelných zdrojov:

- LIFX E26/27 – vybavené Wi-Fi, je ho možné ovládať z mobilných zariadení so systémami Android alebo iOS. Maximálny svetelný tok pri 17 W je 1000 lm. Teplota farby je v rozsahu 2700 – 8000 K. Udávaná životnosť 40000 hod. [13][15]



Obr. 3 LIFX [16]

- Philips HUE A19 – na prepojenie s Wi-Fi sieťou používa tzv. HUE most (na jeden most sa dá pripojiť 50 zariadení). Ovládať sa dá aplikáciou pre systém iOS. Dosahuje svetelný tok 600 lm pri 8 W. Teplota farby má rozsah 4000 – 6500 K. Životnosť je 15000 hod. [13][17][18]



Obr. 4 Sada Philips HUE [13]

- Samsung Smart Bulb – na prepojenie používa technológiu Bluetooth, dosahuje svetelný tok 600 lm, teplota farby v rozsahu 2700 – 6500 K. Udávaná životnosť 15000 hod. [18]



Obr. 5 Samsung Smart Bulb [18]

3.2 Predradné prístroje

Zdroje svetla okrem klasickej žiarovky potrebujú pre svoju činnosť predradné prístroje (predradníky). Pri klasickej žiarovke sa predradný prístroj uplatňuje vo forme regulátoru. Predradníky prevádzajú menovité napätie elektrickej siete na napätie vhodné pre svetelné zdroje a obmedzujú prúd tečúci svietidlom na požadovanú úroveň. Predradníky sa podľa hospodárnosti v spotrebe elektrickej energie delia podľa indexu energetickej účinnosti (EEI-CELMA – Energy Efficiency Index - Committee of European Union Luminaire Manufacturers Association) do siedmich tried. [19]

Tab. 1 Členenie predradníkov podľa EEI-CELMA [19]

Trieda	Druh
D	Magnetické predradníky s vysokými stratami
C	Štandardné magnetické predradníky
B2	Nízkostratové magnetické predradníky
B1	Super – nízkostratové magnetické predradníky
A3	Elektronické predradníky
A2	Nízko stratové elektronické predradníky
A1	Stmievateľné elektronické predradníky

Podľa toho či je predradník súčasťou svietidla alebo sa jedná o samostatný konštrukčný prvok ich delíme na:

- Vstavané – zabudované do svietidla.
- Integrované – tvoria súčasť svetelného zdroja.
- Samostatné – montujú sa mimo svietidlo. [19]

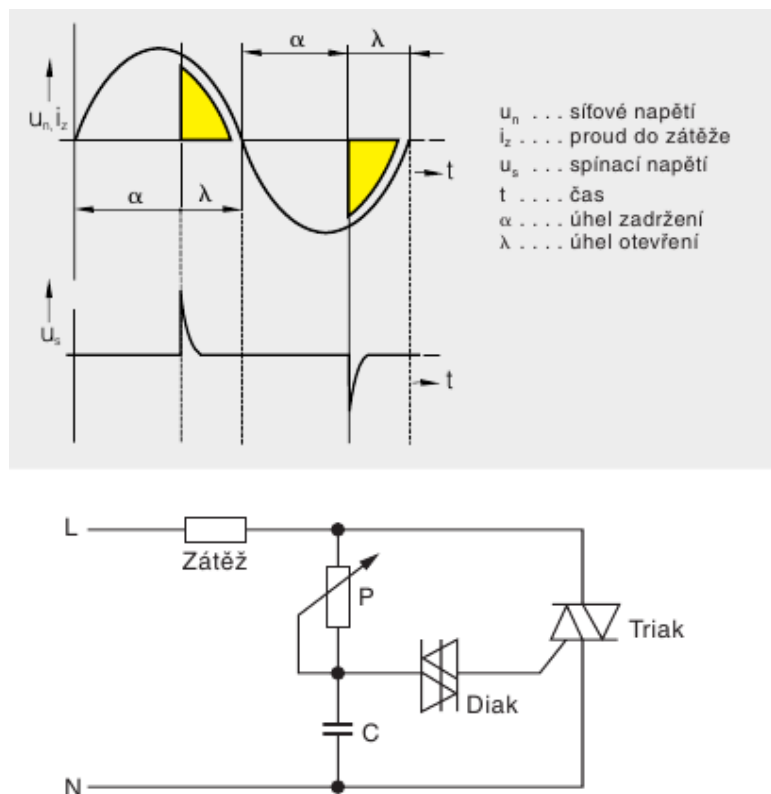
Integrované predradníky v svetelných zdrojoch slúžia ako náhrada za klasické žiarovky, keďže svetelný zdroj tak môže byť namontovaný do tradičných svietidiel. Vstavané predradníky majú podobnú funkčnosť ako integrované, avšak často majú ďalšie pomocné obvody ktoré zlepšujú vlastnosti. [19]

3.3 Stmievачe

Stmievачe sú zariadenia ktoré slúžia na ovládanie jasú osvetlenia. Vplývajú tak na svetelnú pohodu a znižujú odber elektrickej energie, pretože osvetlenie nie je zapnuté po celý čas na maxime. Tým sa zároveň zvyšuje jeho životnosť a znižujú prevádzkové a údržbové náklady. Existuje mnoho druhov stmievачov v závislosti na použítom zdroji osvetlenia alebo predradnom prístroji. [19][20]

3.3.1 Stmievanie žiaroviek

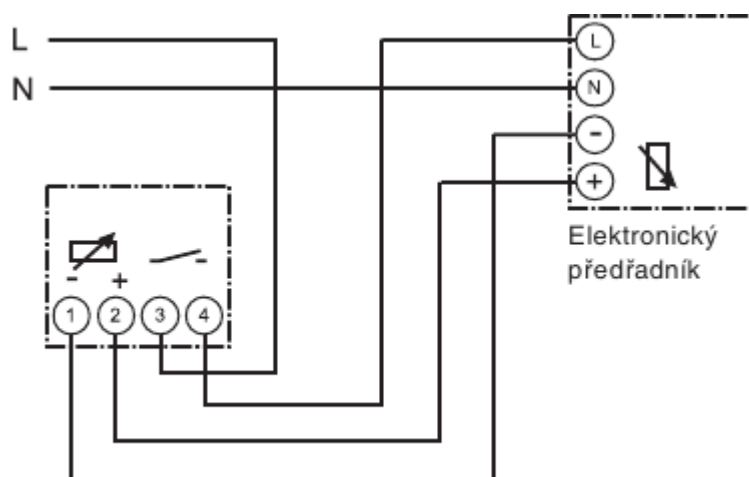
Pre zmenu jasú (svetelného toku) sa mení efektívna hodnota napätia na záťaži. Vo väčšine stmievачov dochádza k zmene jasú využitím princípu fázového riadenia pri zachovaní amplitúdy napätia. Efektívna hodnota napätia na záťaži sa mení spínaním triaku alebo výkonového tranzistora, ktorý je otvorený len určitú časť každej polovlny sínusového priebehu. Podľa spínania sa rozlišuje spúšťanie na nábežnej alebo zostupnej hrane. Rozsah stmievania je 0 – 100 % svetelného toku. [13][19][20]



Obr. 6 Stmívanie žiarovkových svetidiel fázovým riadením [20]

3.3.2 Stmívanie žiariviek

Aby bolo možné regulovať jas žiariviek, musia byť vybavené stmievateľným elektronickým predradníkom. Medzi stmievačom a predradníkom bývajú ešte okrem silových vodičov umiestnené vodiče na predávanie riadiaceho napätia. Jeden stmievač môže ovládať viac paralelne zapojených predradníkov. Vysoké zapínacie prúdy však komplikujú pripojenie viac než 5 predradníkov, ich počet sa dá zvýšiť využitím obmedzovača zapínacieho prúdu alebo prídavného relé či stykača. [20]

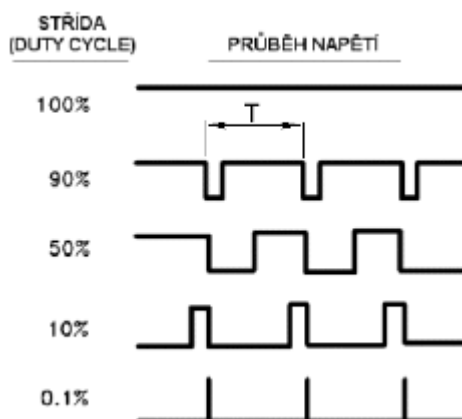


Obr. 7 Stmívanie žiarivkových svietidiel [20]

3.3.3 Stmívanie LED

Intenzita osvetlenia sa reguluje elektronicky v stmievateľnom predradníku. Využíva sa pulzne šírková modulácia (PWM – Pulse Width Modulation). [13][19]

Pulze šírková modulácia slúži na prenos analógového signálu pomocou signálu dvojhodnotového – napätie, prúd alebo svetelný tok. Signál je prenášaný pomocou striedy (pomer dĺžky impulzu k dĺžke medzery v jednej perióde), ktorá sa mení pričom zostáva konštantná amplitúda a perióda signálu. Strieda býva udávaná ako pomer (1:1, 2:1 atď.) alebo percentuálne (100 %, 50 % atď.). [21]



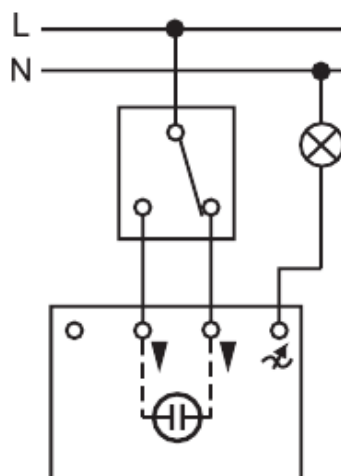
Obr. 8 Strieda signálu [21]

3.3.4 Ovládanie stmievania

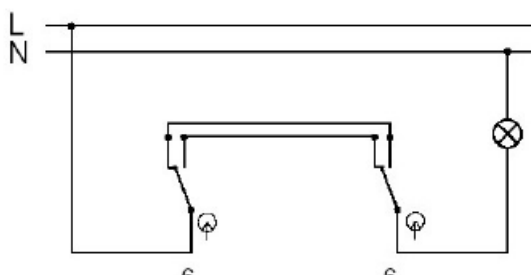
Na stmievanie osvetlenia sa používa niekoľko ovládacích prvkov.

- **Otočné ovládanie**

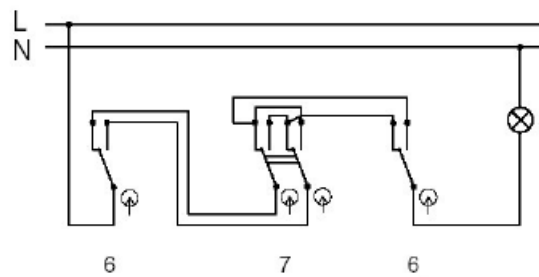
Jas je u otočných stmievačov definovaný natočením potenciometra. Stmievače s otočným ovládaním bývajú vybavené potenciometrom kombinovaným s tlačítkovým striedavým prepínačom. Vďaka tomu je možné pripojiť klasický striedavý prepínač v radení 6 a získať tak ďalšie ovládacie miesto. S využitím krížových prepínačov v radení 7 sa dá počet miest ďalej zvyšovať. Svietidlo sa zapína stlačením ovládacieho tlačítka stmievača alebo pripojeného prepínača. Jas sa reguluje otáčaním tlačítka stmievača. [20]



Obr. 9 Pripojenie otočného stmievača [20]



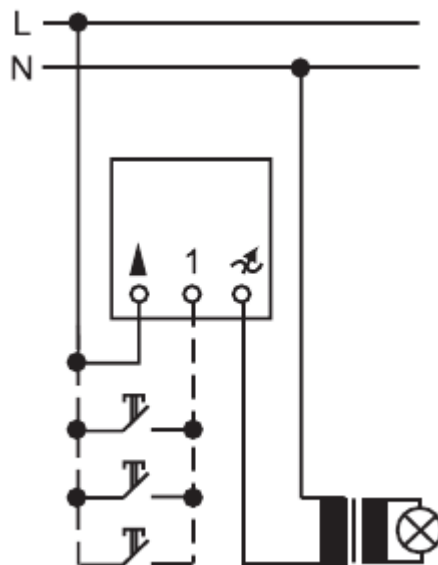
Obr. 10 Zapojenie prepínačov v radení 6 [19]



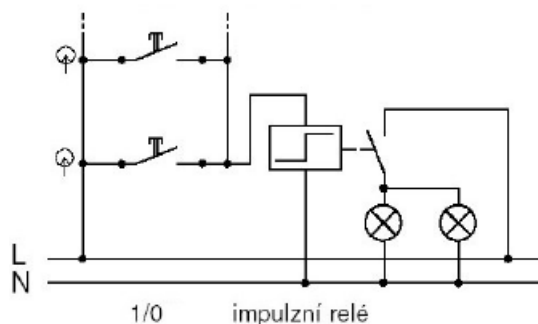
Obr. 11 Zapojenie prepínačov v radení 6+7 [19]

- **Krátkocestné ovládanie**

Stmievateľ reaguje na jemné stlačenie krytu. Krátke stlačenie znamená zapnutie, rešpektíve vypnutie osvetlenia. Dlhším stlačením sa reguluje jas. Stmievateľ s týmto typom ovládania bývajú vybavené funkciou uloženia naposledy použitého jas do pamäte. Počet ovládacích miest je možné zvýšiť zapojením ľubovoľného počtu tlačítok so zapínacím kontaktom v radení 1/0. Z týchto miest je svetlo možné zároveň stmievať. [20]



Obr. 12 Pripojenie krátkocestného stmievača [20]



Obr. 13 Zapojenie tlačítek v radení 1/0 [19]

- **Dial'kové ovládanie**

Stmievacie môžu mať vstavaný prijímač riadiaceho signálu, ktorý je možné ovládať niekoľkými spôsobmi:

- Infračervené ovládanie – využíva ručný vysielateľ, pred uvedením do prevádzky je nutné nastaviť komunikačný kanál.
 - Rádiové ovládanie – pri rádiovom ovládaní sa uplatňuje kódovaný vysokofrekvenčný signál. Do pamäti prijímača sa ukladá ovládací kód použitého vysielateľa.
- [20]

3.4 Riadenie osvetlenia

Medzi hlavné dôvody regulácie osvetlenia patrí dosiahnutie požadovaného osvetlenia v závislosti na vykonávanej činnosti a zníženie prevádzkových nákladov na osvetlenie. S rozvojom elektroniky prišlo k náhrade klasického spôsobu ovládania osvetľovacej sústavy zmenou napájacieho napätia. Moderné systémy poskytujú možnosť ovládať osvetlenie v rámci ovládania všetkých technológií v budove ako napr. vykurovanie, klimatizácia atď. [19]

3.4.1 1 – 10 V

Analógový systém riadenia, ktorý využíva na ovládanie dvojvodičové signálne vedenie. Často pri tomto systéme dochádza k úbytku napätia na vedení a všetky prvky osvetľovacej sústavy tak nemusia byť nastavené na rovnakú úroveň. Riadiace napätie je v rozsahu 1 až 10 V. [19]

Príklad produktu s analógovým systémom riadenia 1 - 10 V – ABB 2CDG110079R0011. Môže spínať alebo stmievať 2 svietidlá vybavené stmievateľnými predradníkmi. Signalizuje

je stav jednotlivých kontaktov a umožňuje ručné spínanie. Pripája sa na nadradenú zbernici KNX. [22]



Obr. 14 2CDG110079R0011 [22]

3.4.2 DSI

Digital Serial Interface prevádza signály z obslužných elementov (tlačítka, senzory, atď.) na digitálne a prenáša ich k elektronickým predradníkom. Digitálne riadenie zabezpečuje rovnakú svetelnú úroveň na všetkých pripojených svietidlách. V stmievanom systéme bývajú jednotlivé digitálne hodnoty priradené jednej definovanej hodnote svetelného toku. Odstupňované sú v súlade s logaritmickou krivkou očnej citlivosti. [19]

Príklad produktu pracujúcom s digitálnym systémom DSI – TRIDONIC DSI-VT. Tieto riadiace moduly sa dajú kaskádovať a môže ich byť zapojených viac za sebou. Každý modul zosilňuje a synchronizuje DSI signál. V prípade zlyhania napájania je uložená posledná riadiaca DSI hodnota. Každý modul môže kontrolovať až 50 DSI zariadení vrátane manuálneho stmievania a spínania. [23]

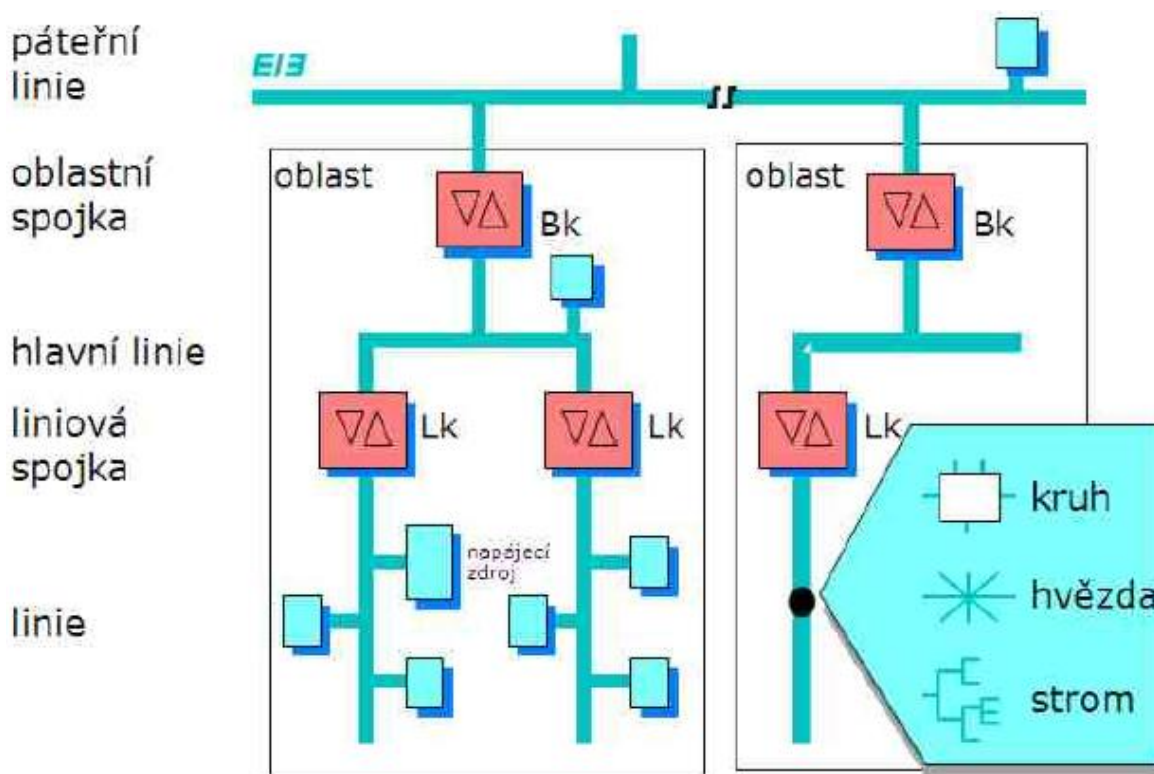


Obr. 15 TRIDONIC DSI-VT [23]

3.4.3 KNX

Decentralizovaný zbernicový systém, ktorý sa skladá z rôznych pripojených KNX (Kon-nex) prvkov (senzory, pohony, tlačítka, osvetlenie atď.). K identifikácii slúžia fyzické adresy. Po zbernici sa vysielajú tzv. telegramy ktoré obsahujú inštrukcie ako sa má zariadenie zachovať. Telegram obsahuje doplnkové a kontrolné polia pre zabezpečenie správnosti komunikácie, informácie o príjemcovi a odosielateľovi a v dátovom poli inštrukcie. Pomocou 16 bitového adresovania je možná vzájomná komunikácia medzi 65536 zariadeniami. [24]

Sieť sa skladá z troch úrovní. Najvyššia úroveň je chrbticová línia (backbone line), ktorá je jedna. Môže obsahovať ďalších 15 hlavných línií (main line) a na každú z nich sa môže pripojiť ďalších 15 línií dolnej úrovne. Na jednu linku dolnej úrovne sa pripája 254 zariadení ktoré sa môžu s hlavnou líniou a časťou chrbticovej línie zahrnúť do skupiny, ktorá sa nazýva zóna. Táto štruktúra vyžaduje oddeľovače zón (area coupler) a línií (line coupler), bez ich použitia by bolo možné používať iba chrbticovú líniu s 256 zariadeniami. Presná adresa zariadenia sa tak skladá z oblasti, línie a účastníka (0.0.1 až 15.15.255). [24]



Obr. 16 Štruktúra línií KNX [24]

Na prenos signálu môžu byť použité viaceré prenosové médiá:

- Krútená dvojlinka (twisted pair) – TP1 zo štandardu EIB (European Installation Bus), definovaná rýchlosť 9,6 kb/s.
- Elektrické vedenie (powerline) – PL110 zo štandardu EIB, definovaná rýchlosť 1200 b/s.
- Rádiový prenos – plne špecifikovaný štandardom KNX.
- Infračervený prenos.
- Využitie môžu byť aj Ethernet, Bluetooth, Wi-Fi, FireWire. [24]

Príklad produktu na zbernici KNX – ABB 2CDG110074R0011. Dokáže spínať alebo stmievať dve skupiny svietidiel s klasickými alebo elektronickými predradníkmi. [25]



Obr. 17 2CDG110074R0011 [25]

3.4.4 LonWorks

Zbernica LonWorks vychádza z obecnej definície siete nazývanej Local Operating Networks (LON). Sieť sa skladá z vzájomne komunikujúcich prvkov (uzlov), architektúra peer-to-peer. Jednotlivé prvky môžu byť prepojené rôznymi prenosovými médiami a komunikujú jednotným komunikačným protokolom LonTalk. Protokol LonTalk, navrhnutý podľa referenčného ISO/OSI (International Organization for Standardization/Open Systems Interconnection) modelu, definuje prístup na zbernicu a riadenie prenosu správ. Služby protokolu sú vyvolávané programami na aplikačnej vrstve. Správy môžu byť vysielané v reakcii napr. na zmenu stavov alebo ako reakcia na prijatú správu. [26][27]

Hlavnou hardwarovou súčasťou každého uzlu je tzv. Neuron chip ktorý zaisťuje komunikáciu prostredníctvom protokolu LonTalk, beh užívateľskej aplikácie (komunikácia so senzormi, ovládanie akčných členov atď.), spoluprácu s inými čipmi. [28]

Fyzická vrstva môže na prenos komunikačného signálu využívať viaceré prenosové médiá:

- Krútená dvojlinka (twisted pair).
- Elektrické vedenie (powerline) – v Európe sa riadi štandardom výboru CENELEC.
- Optické vlákna.
- Rádiový prenos – frekvencie 49 MHz, 400 – 450 MHz, 900 MHz, 1200 MHz, 2400 MHz.
- Infračervený prenos.
- Koaxiálny kábel. [27]

Príklad produktu pracujúcom na zbernici LonWorks – Schneider Electric LON I/O Module DR-N 8DI 8DO AC. Pracuje s výstupným striedavým napätím 24 V, dokáže nezávisle spínať 8 pripojených svetiel. Okrem riadenia osvetlenia dokáže ovládať aj systém vykurovania. Signalizácia stavu pre každý vstup a výstup. [29]



Obr. 18 LON I/O Module DR-N 8DI 8DO AC [29]

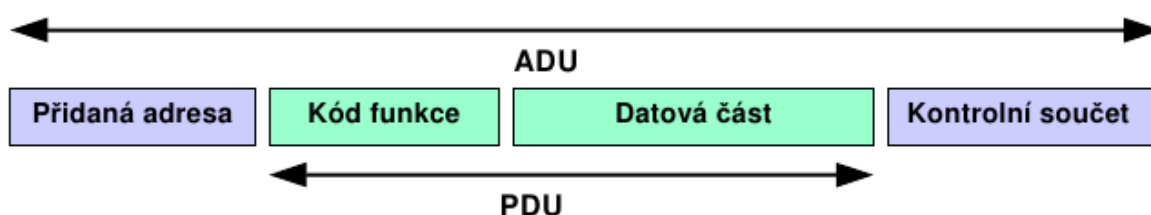
3.4.5 Modbus

Komunikačný protokol na úrovni aplikačnej vrstvy ISO/OSI modelu, ktorý podporuje veľký počet sietí a zberníc (RS-232, RS-422, RS-485, Ethernet atď.). Komunikácia je vykonávaná metódou požiadavka–odpoveď a typom klient-server. [30]

Správa sa v protokole Modbus definuje na úrovni protokolu (PDU – Protocol Data Unit) nezávisle na použitej komunikačnej vrstve. V závislosti na typu siete sa potom PDU rozširuje o ďalšie časti na správu na aplikačnej úrovni (ADU – Application Data Unit). [30]

PDU obsahuje kód funkcie a dátovú časť. Kód funkcie udáva aký druh operácie sa má vykonať (rozsah je od 1 do 255, kódy 128 až 255 sú vyhradené oznámeniu chyby). Niektoré funkcie obsahujú kód podfunkcie ktorý upresňuje operáciu ktorá sa má vykonať. Dátová časť slúži na uskutočnenie operácie, ktorú špecifikuje kód funkcie. Môže obsahovať napríklad adresu s počtom vstupov, ktoré má server prečítať. Dátová časť pri niektorých funkciách môže v PDU chýbať. [30]

Pri úspešnej operácii server vracia rovnaký kód funkcie a v dátovej časti prípadné požadované dáta. Pri chybe je nastavený najvyšší bit, ktorý indikuje neúspech a v dátovej časti je špecifikovaná príčina. [30]



Obr. 19 Tvar Modbus správy [30]

Príklad produktu komunikujúcom protokolom Modbus – Domat MW240. Obsahuje dva bezpotenciálové vstupy a dve výstupné relé. Môže riadiť dva svetelné okruhy. Okrem osvetlenia sa dá použiť aj na riadenie žalúzií. [31]



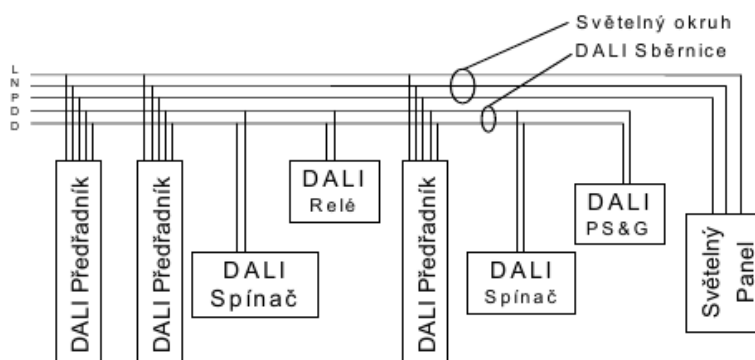
Obr. 20 Domat MW240 [31]

3.4.6 DALI

Digital Addressable Lighting Interface, vyvinutý komisiou IEC ako otvorený medzinárodný štandard pre riadenie osvetlenia, ktorý zaručuje vzájomnú komunikáciu zariadení a svetelných zdrojov rôznych výrobcov. Ide o flexibilný zbernicový systém, ktorý umožňuje okrem komunikácie v rámci osvetľovacieho systému integráciu ako subsystém v rámci

nadradeného systému správy budovy. Návrh systému obsahuje 16 možných skupinových adries ktoré môžu obsahovať 64 individuálnych adries a umožňuje uloženie 16 svetelných scén (nastavenie jasů). DALI zbernica slúži aj ako napájanie prvků systému, pričom celkový prúd na DALI zbernici nesmie prekročiť 250 mA a maximálny pokles napätia 2 V, limitná dĺžka je 300 m. [19][32]

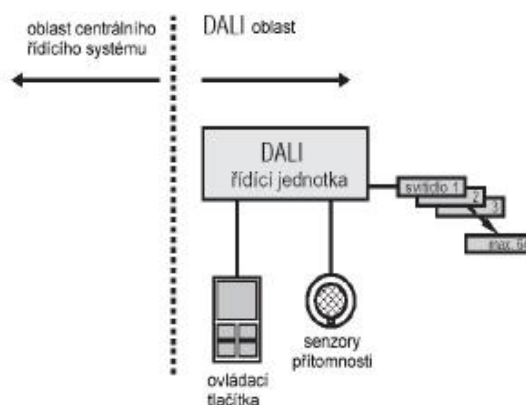
DALI protokol definuje príkazy (preddefinovaných je 100) a požiadavky, na ktoré sa po prijatí odosiľajú požadované údaje. Príkaz tvorí 19 bitov, prvý bit je aktivačný, 8 bitov je pre adresáciu (z toho 6 pre konkrétne zariadenie), 8 bitov pre prenášané dáta a 2 bity na ukončenie prenosu. [19][32]



Obr. 21 Schéma zapojenia systému s DALI protokolom [19]

- **DALI ako samostatný systém**

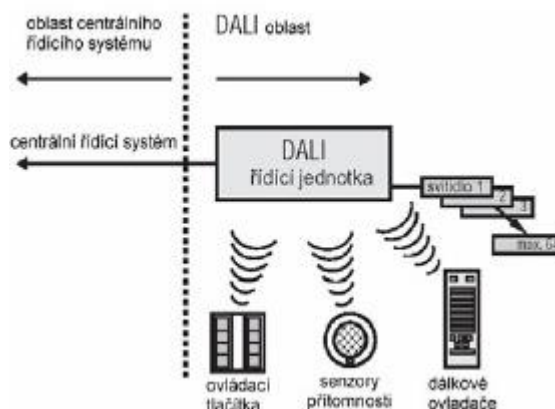
Najjednoduchšia aplikácia DALI systému, kedy je DALI úplne oddelený od centrálného riadiaceho systému budovy. Ovládacie prvky (spínače, senzory atď.) sa môžu napojiť na DALI zbernicu, cez ktorú potom komunikujú s riadiacou jednotkou. Ďalším spôsobom je možnosť napojiť ovládacie prvky priamo na riadiacu jednotku. [19][32]



Obr. 22 DALI ako samostatný systém [19]

- **DALI ako samostatný podsystém**

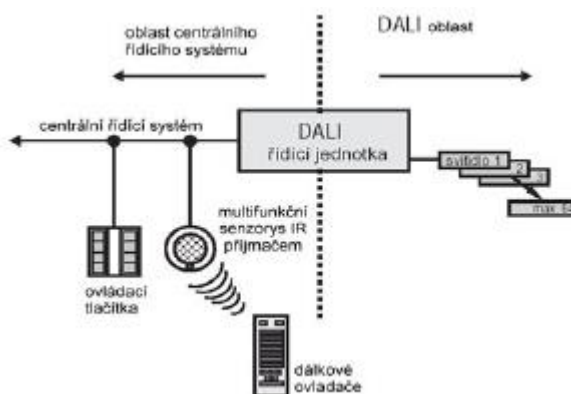
DALI je použitý ako podsystém v rámci správy budovy. Prvky osvetlenia sú zapojené v rámci DALI systému, ale riadiaca jednotka je zároveň pripojená na centrálny systém správy budovy, ktorý môže predstavovať napr. KNX. Medzi DALI a centrálnym systémom dochádza k výmene len tých najdôležitejších informácií (napr. signalizácia chyby). [19][32]



Obr. 23 DALI ako samostatný podsystém [19]

- **DALI ako závislý podsystém**

Pri tomto použití je DALI podsystém plne závislý od centrálného systému správy budovy. Ten preberá všetky funkcie DALI vrátane adresácie. Ovládacie prvky nebývajú súčasťou DALI podsystému. Na komunikáciu medzi DALI oblasťou a oblasťou centrálného systému sa navrhuje prekladač. [19][32]



Obr. 24 DALI ako závislý podsystém [19]

Príklad produktu používajúcom DALI – Osram DALI RC BASIC SO. Dokáže detekovať prítomnosť osôb s užívateľsky definovateľným oneskorením (1 – 30 min), hlásiť poruchu na svetelnom zdroji. Je možné riadiť 4 svetelné vstupy. [33]



Obr. 25 DALI RC BASIC SO [33]

II. PRAKTICKÁ ČASŤ

4 RIEŠENIE KOMUNIKÁCIE PO SILOVÝCH ROZVODOCH

Cieľom tejto práce je možnosť diaľkového riadenia osvetlenia prostredníctvom už existujúcich silových rozvodov v budovách a vyhnúť sa tak častokrát náročnému a drahému pokladaniu nových komunikačných vedení.

4.1 Výber komunikačného riešenia

Na komunikáciu bola zvolená a zakúpená dvojica adaptérov TP-LINK TL-PA2010P. Tieto adaptéry poskytujú širokopásmové BPL spojenie pre TCP/IP LAN (Local Area Network) siete po silových rozvodoch do deklarovanej dĺžky 300 m v rámci jednej budovy. Využívajú OFDM moduláciu. Na fyzickej vrstve je deklarovaná maximálna rýchlosť 200 Mb/s, pre aplikácie je dostupná 100 Mb/s (vychádza z rýchlosti Fast Ethernetu). Navyše umožňujú priame šifrovanie prenosu pomocou 128 b AES šifry. Adaptéry TP-LINK TL-PA2010P sú certifikované pre špecifikáciu HomePlug AV. Plné znenie parametrov týchto adaptérov je dostupné v prílohách. [34]



Obr. 26 TP-LINK TL-PA2010P [34]

Tieto adaptéry boli zvolené z dôvodu jednoduchosti prepojenia užívateľského PC (Personal Computer) a počítača Raspberry Pi, ktorý bol použitý pre ovládanie osvetlenia. Adaptéry patria v súčasnosti medzi nižšiu triedu, no pre predpokladané nízke objemy dát sú postaču-

júce. Výhodou je vyvedená elektrická zásuvka zo zadnej strany adaptéru, ktorý tak umožňuje pripojenie ďalších zariadení na elektrickú sieť.

4.2 Použitie adaptérov TP-LINK TL-PA2010P

Pre nadviazanie komunikácie medzi adaptérmí stačí ich pripojenie do elektrickej siete. Po pripojení sa najskôr rozsvieti horná signalizačná LED, ktorá signalizuje napájanie. Následne by automaticky do 60 sekúnd malo dôjsť k rozpoznaniu zariadení a vytvoreniu spojenia prostredníctvom elektrickej siete – prostredná signalizačná LED. Nadviazanie spojenia sprevádza blikanie LED signalizujúcej napájanie. Pri pripojení zariadenia na ethernetový port svieti alebo bliká spodná LED. Kompletný popis signalizačných stavov adaptéra TP-LINK TL-PA2010P sa nachádza v prílohách.

Pre nastavenie šifrovania spojenia (párovanie) stačí na 1 sekundu podržať tlačítko nachádzajúce sa vedľa ethernetového portu. Do 2 minút následne podržať opäť na 1 sekundu tlačítko na ďalšom adaptéri.

Na vytvorenie LAN spojenia medzi 2 koncovými zariadeniami, je potrebné po pripojení na ethernetový port nastaviť na oboch zariadeniach IP adresy (niektorým zariadeniam môže byť pridelená IP priamo od adaptéra).

Kvalita spojenia medzi adaptérmí bola testovaná nástrojmi „iperf“ a „ping“. Spriemerované výsledky zo 100 meraní sú uvedené v Tab. 2.

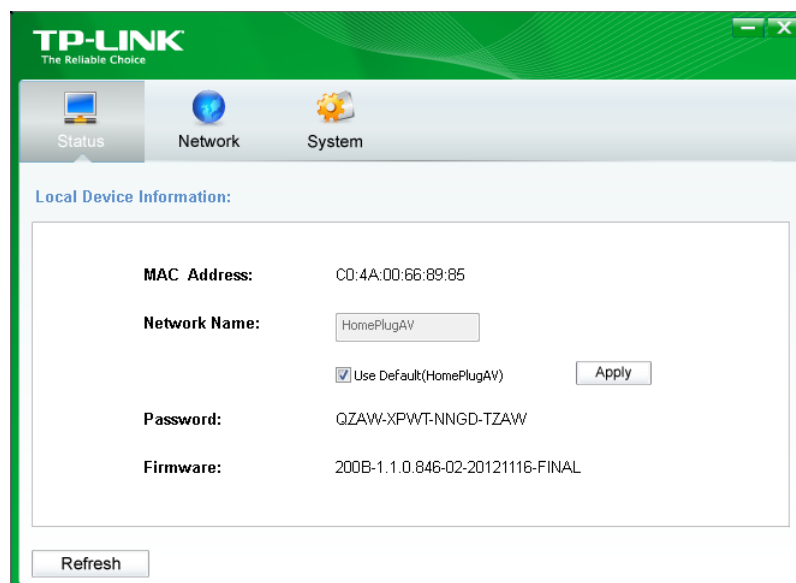
Tab. 2 Namerané hodnoty spojenia

	Odozva [ms]	Šírka pásma [Mb/s]
Priemer	5.013±1,476	64,38±0,905

Nameraná odozva je vcelku nízka. Prenosová rýchlosť sa nepribližuje deklarovaným 100Mb, čo môže byť spôsobené parazitnými vplyvmi na elektrickom vedení.

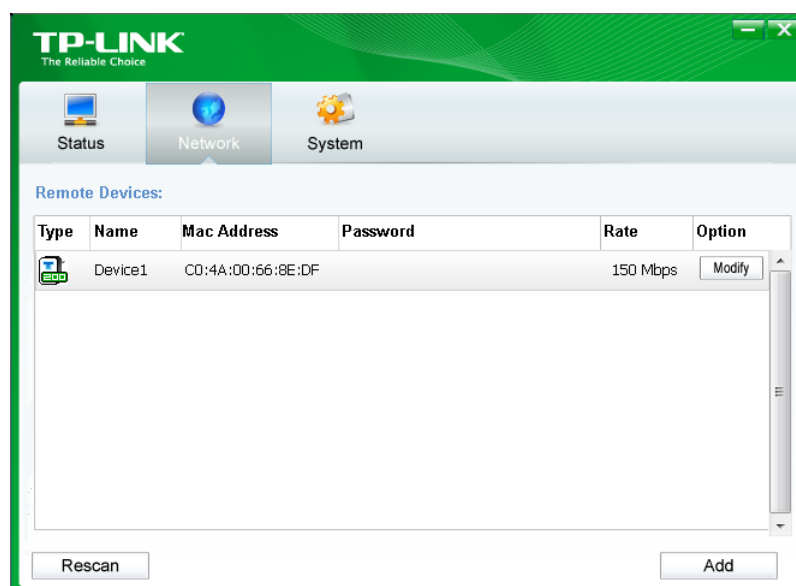
4.2.1 TP-LINK Powerline Utility

Spoločnosť TP-LINK dodáva spolu s adaptérmí TP-LINK TL-PA2010P na priloženom CD software na ich správu a konfiguráciu. Tie umožňujú okrem základnej konfigurácie a zobrazenia informácií aktualizáciu firmwaru pripojených adaptérov.



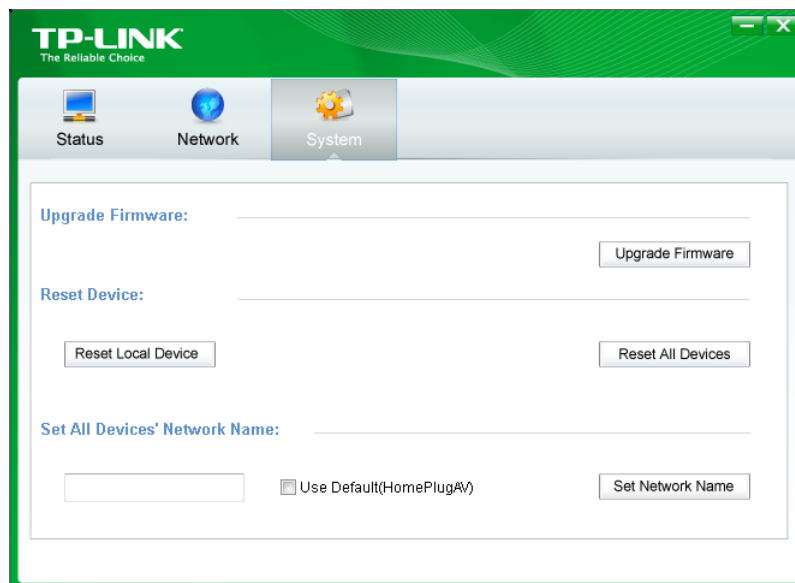
Obr. 27 Záložka Status v Powerline Utility

Na Obr. 27 je záložka Status v TP-LINK Powerline Utility, ktorá zobrazuje MAC adresu (Media Access Control) pripojeného adaptéra, názov siete (ktorý je možné zmeniť), heslo pre adaptér a aktuálne nainštalovanú verziu firmwaru.



Obr. 28 Záložka Network v Powerline Utility

V záložke Network ktorá je na Obr. 28 sú zobrazené ostatné adaptéry pripojené v sieti s MAC adresou a aktuálne dostupnou rýchlosťou. Podľa merania v kapitole 4.2 však hodnota v TP-LINK Powerline Utility zodpovedá dvojnásobku reálnej hodnoty na aplikačnej vrstve a ide teda skôr o aktuálnu maximálnu rýchlosť na fyzickej vrstve.



Obr. 29 Záložka System v Powerline Utility

V záložce System na Obr. 29 je možné aktualizovať verziu firmwaru (prípadné nové verzie sú dostupné na oficiálnej stránke spoločnosti tp-link.com). Ďalej je tu možnosť resetovať zariadenie do továrenského nastavenia a nastaviť názov siete pre všetky pripojené adaptéry.

5 REALIZÁCIA ZAPOJENIA

V tejto kapitole je riešený návrh a realizácia elektrického obvodu pre riadenie osvetlenia a softwarová príprava počítača Raspberry Pi.

5.1 Príprava Raspberry Pi

Na lokálne riadenie osvetlenia bol použitý počítač Raspberry Pi, model B, rev. 1 (Raspberry Pi) s operačným systémom Raspbian. Raspbian je verzia linuxovej distribúcie Debian upravená pre použitie s počítačom Raspberry Pi, ktorý má procesor architektúry ARM.



Obr. 30 Raspberry Pi, model B, rev. 1 [35]

Raspberry Pi načítava operačný systém z pamäťovej SD karty (Secure Digital). Bola použitá pamäťová SD karta Kingston Class 4 o veľkosti 16 GB. Na ňu bol pomocou linuxového nástroja „dd“ nahraný operačný systém Raspbian vo verzii zo 7. Januára 2014. Použitý príkaz:

```
dd bs=4M if=2014-01-07-wheezy-raspbian.img of=/dev/mmcblk0
```

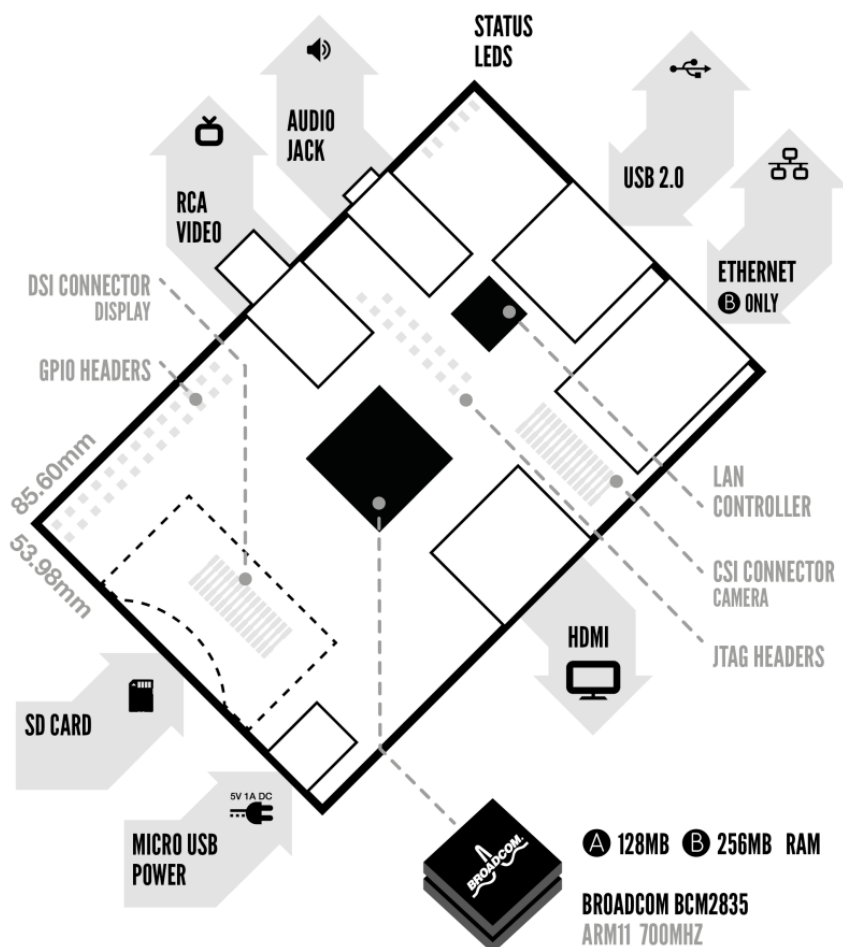
Na väčšine linuxových distribúcií musí byť tento príkaz spustený s právami superužívateľa (root). Parameter „if“ značí zdrojový obraz systému a parameter „of“ cieľové zariadenie (pamäťová karta). Označenie pamäťovej karty ako zariadenia sa môže medzi jednotlivými systémami líšiť. V dobe nahrávania nesmie byť na domovský operačný systém pripojený

žiadny súborový systém karty. Parameter „bs“ (block size) udáva počet bytov ktoré sa pamäťovú kartu nahrávajú v jednom bloku dát.

Na napájanie Raspberry Pi bol využitý USB adaptér do elektrickej zásuvky od spoločnosti HAMA s udávaným výstupným prúdom 800 mA pričom podľa špecifikácií potrebuje Raspberry Pi minimálne 700 mA. Po vložení SD karty, pripojení základných periférií (monitor, klávesnica), ethernetového kábla a zapojení napájania sa Raspberry Pi samo spustí. Do operačného systému Raspbian sa prihlasuje prednastavenými prihlasovacími údajmi:

- Meno – pi
- Heslo – raspberry

Pre správne fungovanie ethernetovej komunikácie po adaptéroch TP-LINK TL-PA2010P, z ktorých jeden bol pripojený na ethernetový port Raspberry Pi, sa nastavila v textovom súbore na ceste „/etc/network/interfaces“ IP adresa LAN siete. Tvar súboru „/etc/network/interfaces“ je uvedený v prílohách. Na úpravu súboru „/etc/network/interfaces“ sú nutné práva superužívateľa (root).



Obr. 31 Bloková schéma Raspberry Pi [36]

5.1.1 Ovládanie GPIO pinov

Priamo na ovládanie osvetlenia boli použité GPIO piny (Global Purpose Input Output) počítača Raspberry Pi. Ide o digitálne piny ktorých chovanie sa dá programovo kontrolovať (režim vstupu alebo výstupu, na určitých pinoch existujú aj ďalšie režimy, ale pre potreby tejto bakalárskej práce nie sú potrebné). Keďže Raspberry Pi nepoužíva žiadne ochranné obvody a GPIO sú pripojené priamo na čip, ktorý beží na napätí 3,3 V, musia sa prípadné vstupy o väčších napätiach vhodne upravovať aby nedošlo k poškodeniu Raspberry Pi.

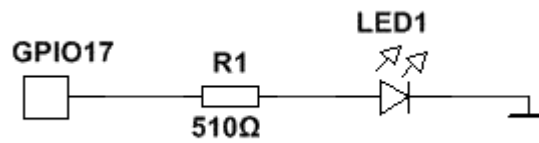
Na programovanie GPIO pinov bola použitá knižnica Pi4j pre programovací jazyk JAVA. Tá používa ako svoj podklad knižnicu WiringPi pre jazyk C/C++. Knižnica WiringPi používa iné označenie GPIO ako natívne Raspberry Pi. Tabuľka so zodpovedajúcimi označeniami je uvedená v prílohách. Knižnica Pi4j je distribuovaná vo formáte „*.jar“ súborov.

Tieto musia byť vždy pripojené k programu ktorý používa funkcie z tejto knižnice na ovládanie GPIO.

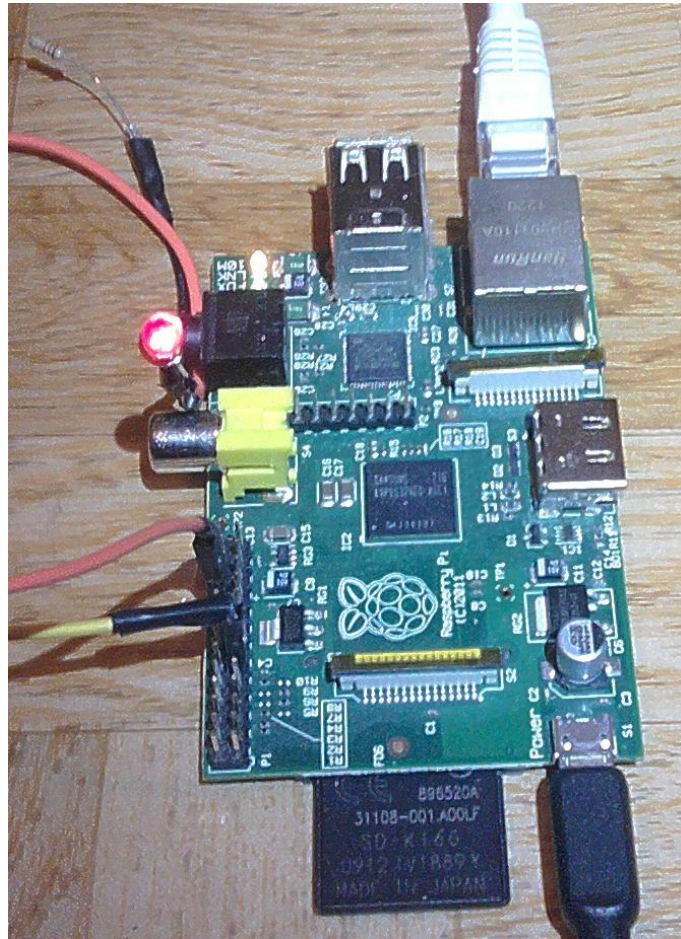


Obr. 32 Rozloženie GPIO [37]

Na otestovanie knižnice Pi4j a GPIO pinov bol vytvorený program „LED“ spúšťaný lokálne na Raspberry Pi, ktorý zhasína a rozsvetuje LED diódu podľa predaného parametra („ON“ alebo „OFF“). Nastavuje pin 17, na ktorý je LED dióda pripojená, na logickú 1 (3,3 V) alebo logickú 0 (0 V). Zapojenie je na Obr. 33. Na to aby program mohol pracovať s GPIO pinmi, musí byť spustený s právami superužívateľa (root).



Obr. 33 Schéma zapojenia LED



Obr. 34 Fyzické zapojenie s rozsvietenou LED

5.2 Zapojenie osvetlenia a senzorov

Ako zdroj svetla bola použitá LED trubica LED-T8-90-216S-W (X) značky GWL/Power, ktorá dosahuje svetelný tok 1180 lm pri príkone 13 W. Predradník trubice sa napája priamo zo štandardného sieťového striedavého napätia 230 V pri 50 Hz. Teplota farby je v rozsahu 2700 – 3500 K. Udávaná životnosť je 50000 hod. Vnútri sú použité vysokosvietivé SMD diódy typu 3528. [38]



Obr. 35 LED-T8-90-216S-W

LED trubica bola pripojená na napájanie cez WAGO svorky WAGO224-101 v prevedení CAGE CLAMP, ktoré umožňujú rýchle a bezúdržbové pripojenie, alebo prípadné odpojenie. Na napájanie sa trubica pripája cez 2 protiľahlé prípojky, ďalšia dvojica prípojek nemusí byť pripojená. Napájanie s LED trubicou bolo ďalej pripojené na relé NT-72-2 CS10 DC5V (K1), ktoré je spínané napätím 5V, spínanie relé rozsvetuje a zhasína LED trubicu.



Obr. 36 WAGO224-101 [39]



Obr. 37 NT-72-2 CS10 DC5V [40]

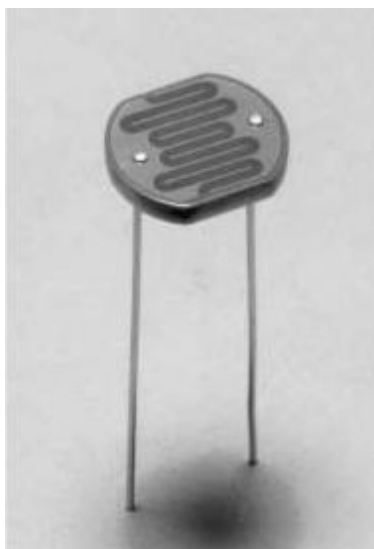


Obr. 38 Detail pripojenia LED trubice cez WAGO224-101

Keďže GPIO piny Raspberry Pi majú na výstupe napätie 3,3 V v stave logickej 1, bol na spínanie riadiaceho napätia 5 V pre relé použitý bipolárny NPN tranzistor 2N3904 (Q1).

Báza tranzistora bola pripojená na GPIO pin 7 cez rezistor R1 s hodnotou 1 k Ω . Spínaním tranzistora z pinu 7 je tak zároveň spínané relé, ktoré rozsvetuje a zhasína LED trubicu. Paralelne na relé bola navyše pripojená dióda 1N4007 (D1) s katódou orientovanou na zdroj riadiaceho napätia pre relé. Dióda D1 chráni tranzistor Q1 pred napäťovými vrcholmi, ktoré môžu vzniknúť pri rozpínaní relé.

Na meranie intenzity osvetlenia, bola na GPIO piny 24 a 25 pripojený fotorezistor VT83N2 (L1) cez dva 1 k Ω rezistory R2 a R3. Medzi fotorezistor L1 a rezistor R3 bol potom ešte kladným pólom pripojený elektrolytický kondenzátor C1 o kapacite 220 nF, ktorý je z druhej strany uzemnený. Táto sústava tvorí jednoduchý A/D prevodník (analogovo/digitálny), keďže Raspberry Pi neobsahuje žiadne analógové vstupy. Zapojenie funguje tak, že sa striedavo nabíja a vybíja kondenzátor C1 podľa polarít pripojených GPIO pinov a programovo sa sleduje doba jeho nabitia.



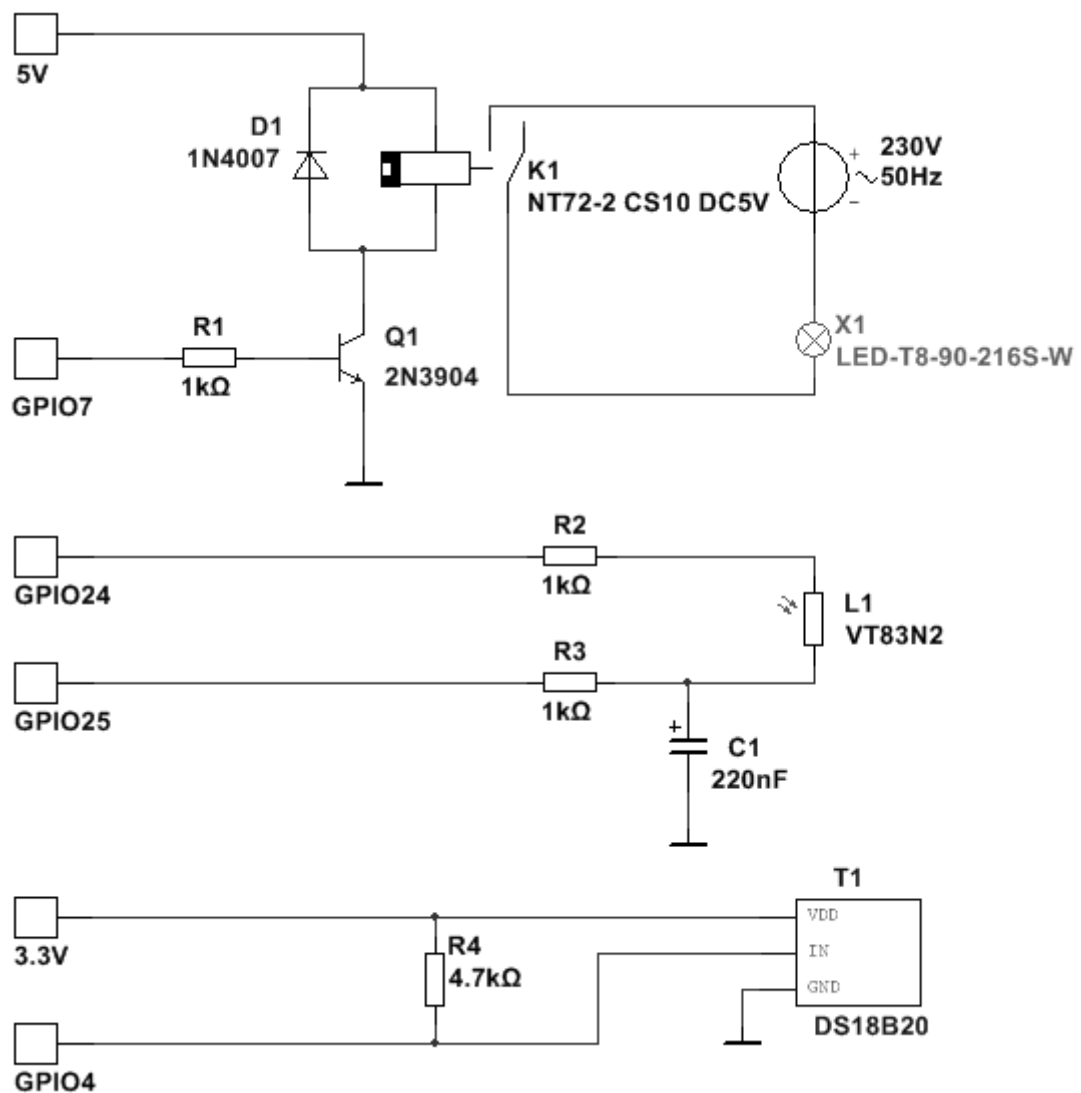
Obr. 39 VT83N2 [41]

V prípade, že je pin 24 nastavený ako vstup, tak sú rezistor R2 a fotorezistor L1 kondenzátora odpojené. Nastavením pinu 25 na logickú 0 sa kondenzátor vybíja. Obrátením funkcie pinov (24 ako výstup, 25 ako vstup) a nastavením pinu 24 na logickú 1 sa začne kondenzátor cez rezistor R2 a fotorezistor L1 nabíjať. Keď dosiahne hodnota napätia cca. 1,65 V tak pin 25 detekuje logickú 1 na svojom vstupe. Doba nabíjania sa tak približne rovná hodnote odporu fotorezistora. Aby odhad doby nabíjania čo najlepšie zodpovedal hodnote odporu, experimentálne sa upravila konštanta ktorá sa k premennej odporu programovo pripočítava.

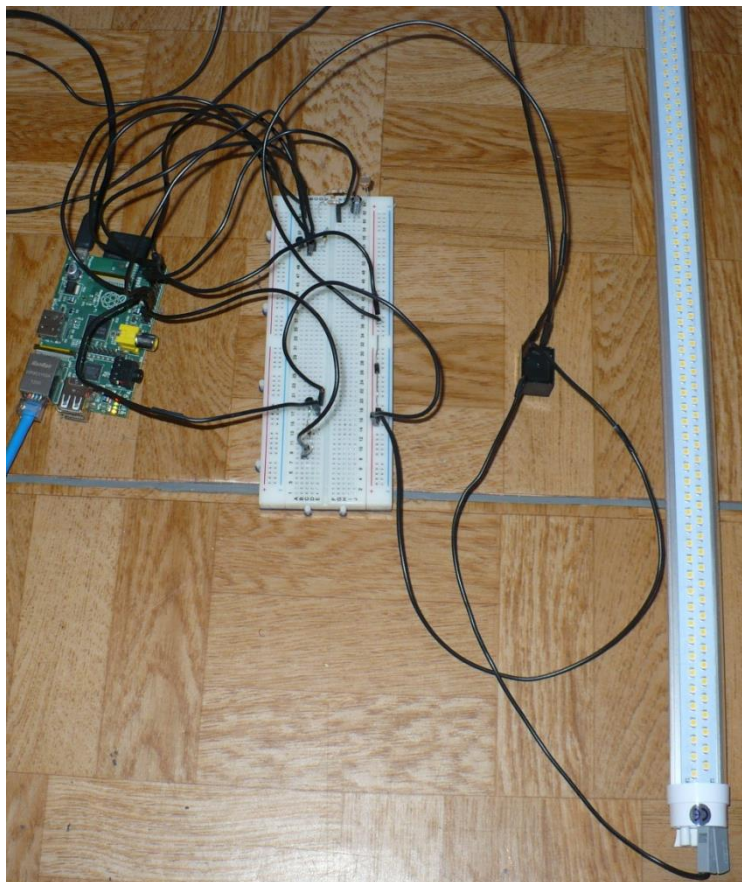
Na meranie teploty bol použitý digitálny teplomer DS18B20 (T1). Tento teplomer používa tzv. one-wire digital interface. Dátový pin je tak priamo pripojený na GPIO pin 4 (s premostením cez rezistor R4 na napájanie ktorý má odpor 4,7 k Ω). Na pripojenie one-wire zariadení je vyhradený iba konkrétny pin 4.



Obr. 40 DS18B20 [42]



Obr. 41 Schéma zapojenia osvetlenia a senzorov



Obr. 42 Fyzické zapojenie osvetlenia a senzorov

6 APLIKÁCIA PRE OVLÁDANIE OSVETLENIA

V tejto časti budú popisované jednotlivé triedy JAVA aplikácie ktorá bola vytvorená na softwarové ovládanie osvetlenia.

6.1 Package localControl

Tento package obsahuje triedy, ktoré sú určené pre beh na počítači Raspberry Pi.

6.1.1 Trieda GPIO

Táto trieda slúži na ovládanie pinov a snímanie hodnôt na senzorocho. V konštruktoze tejto triedy sa nainicializuje softwarové rozhranie GPIO a jednotlivé GPIO piny za použitia funkcií z knižnice Pi4j. Ďalej sú do bežiaceho jadra systému zavedené ovládače pre one-wire digital interface „w1-gpio“ a „w1-therm“ ktoré umožnia snímanie hodnôt z digitálneho teplomera. Tieto ovládače z pohľadu užívateľa vytvoria v systémovej zložke „/sys/bus/w1/devices“ podzložku pre pripojené one-wire zariadenie (teplomer). V tejto zložke sa nachádza súbor „w1_slave“, do ktorého sú periodicky zapisované hodnoty z digitálneho teplomera.

```
public int readTemperature()
{
    try
    {
        BufferedReader temperatureFileReader =
            new BufferedReader(
                new FileReader(temperatureFile));

        while (!temperatureFileReader
            .readLine().endsWith("YES"))
        {
            temperatureFileReader.close();
            temperatureFileReader = new BufferedReader(
                new FileReader(temperatureFile));
        }

        int value = Integer
            .parseInt(temperatureFileReader.readLine()
                .substring(29));
    }
}
```

```
        temperatureFileReader.close();
        return value;
    }
    catch (NumberFormatException | IOException e)
    {
        return 0;
    }
}
```

Vyššie je uvedený kód metódy „readTemperature()“ v ktorej sa spracováva textový súbor „w1_slave“, ktorý má nasledujúci tvar:

```
77 01 4b 46 7f ff 09 10 6f : crc=6f YES
```

```
77 01 4b 46 7f ff 09 10 6f t=23437
```

Reťazec „YES“ na konci prvého riadku značí, že senzor funguje správne. Hodnota teploty je na druhom riadku za písmenom „t“. Pre hodnotu v stupňoch Celzia stačí hodnotu zo súboru vydeliť 1000. Pri zisťovaní novej hodnoty teploty je nutné opäť prečítať súbor.

```
public int readPhotoresistor()
{
    pinA.setMode(PinMode.DIGITAL_INPUT);
    pinB.setMode(PinMode.DIGITAL_OUTPUT);
    pinB.setState(PinState.LOW);
    try
    {
        Thread.sleep(200);
    }
    catch (InterruptedException e)
    {
        return 0;
    }

    pinB.setMode(PinMode.DIGITAL_INPUT);
    pinA.setMode(PinMode.DIGITAL_OUTPUT);
    int count = 0;
    pinA.setState(PinState.HIGH);
```

```
while (pinB.isLow())
{
    count = count + 3;
    if (count > 500000)
        return 500000;
}

return count;
}
```

V uvedenej metóde „readPhotoresistor()“ sa číta približná hodnota aktuálneho fotorezistoru prepínaním pinov v premenných „pinA“ a „pinB“ (ktoré zodpovedajú fyzickým pinom 24 a 25) do stavu digitálneho vstupu alebo výstupu. Najskôr dôjde k vybitiu pripojeného kondenzátora, následne sa počítadlo nainicializuje na 0 a v cykle sa testuje hodnota na pine „pinB“. V každej otočke cyklu sa pričíta konštanta 3, ktorá najlepšie zodpovedá približnej meranej hodnote odporu fotorezistoru.

Ďalšie metódy slúžia na prepínanie a čítanie stavu pinov „pin1“ až „pin6“, ktoré môžu ovládať 6 možných pripojených svetelných zdrojov v svetelnom okruhu.

6.1.2 Trieda Network

Slúži na komunikáciu s pripojeným klientom. Čaká na TCP spojenie a po vytvorení spojenia spracováva prijaté príkazy vo forme textového reťazca. Podľa prijatej správy sa volajú metódy z predchádzajúcej triedy GPIO, ktorá je tu naalokovaná do objektu členskej premennej. Pri každej vykonanej operácii sa odosiela späť správa o jej vykonaní s prípadnými požadovanými informáciami, alebo správa o chybe. V prípade, že malo byť zapnuté osvetlenie a hodnota fotorezistoru je po zapnutí príliš malá, odosiela sa správa o chybe v osvetlení.

Táto trieda obsahuje hlavnú metódu „main()“ ktorá pred zavolaním metódy „run()“ (v ktorej potom beží program) kontroluje predané parametre. Ako parameter môže byť predaná hodnota portu na ktorom sa má čakať na prijaté TCP spojenie. Zadaná hodnota môže byť v rozsahu od 49152 do 65535, čo sú čísla nevyhradených portov.

6.2 Package remoteControl

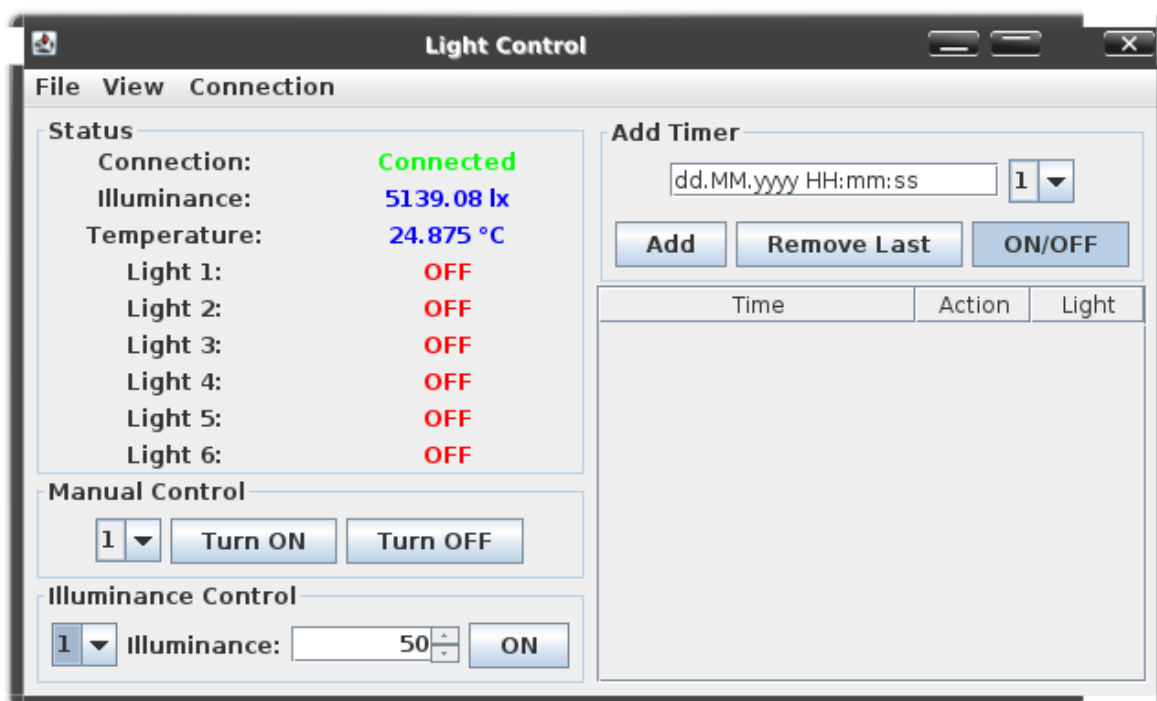
Triedy z tohto packagu sú určené pre beh na užívateľskom PC z ktorého sa bude osvetlenie ovládať.

6.2.1 Trieda Controller

Obsahuje hlavnú metódu „main()“, ktorá ako parametre môže preberať IP adresu a port na ktorý sa má pripájať. Ďalšie metódy slúžia na validáciu týchto vstupných parametrov. V prípade, že nie sú zadané parametre, alebo sú zadané chybné používajú sa východzie hodnoty. Ďalej táto trieda spúšťa grafické rozhranie z ktorého sa potom ovláda pripojené osvetlenie a spúšťajú ďalšie operácie.

6.2.2 Trieda GUI

V tejto triede sú vytvorené jednotlivé grafické prvky aplikácie, ktoré sú pomocou vhodných správčov rozhrania zobrazené. Z tejto triedy sa následne spúšťajú ďalšie vlákna pre prácu so sieťou alebo so súbormi. Delegáciou samostatných vlákien pre tieto potenciálne výpočetne náročné operácie sa zabezpečuje odozva rozhrania za každých okolností.



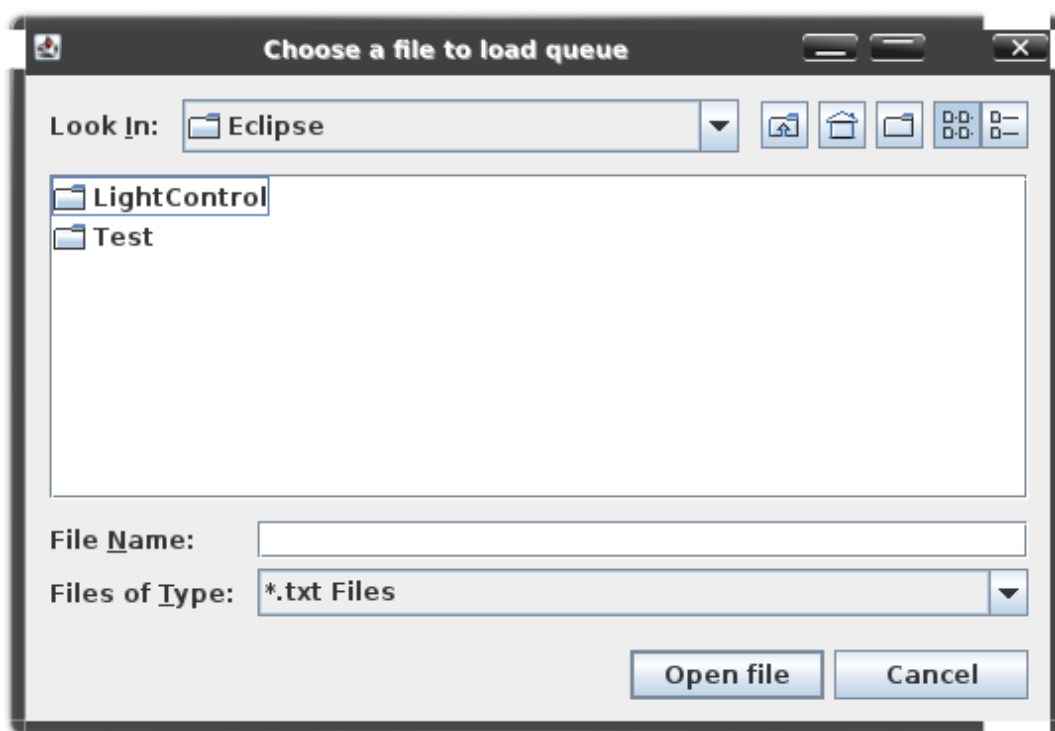
Obr. 43 Grafické okno aplikácie pre ovládanie osvetlenia

V pravej dolnej časti okna na obr. 22 sa nachádza tabuľka pre časovač, do ktorej sa dajú pomocou hornej ponuky „Add Timer“ vložiť údaje pre spustenie osvetlenia v určený čas

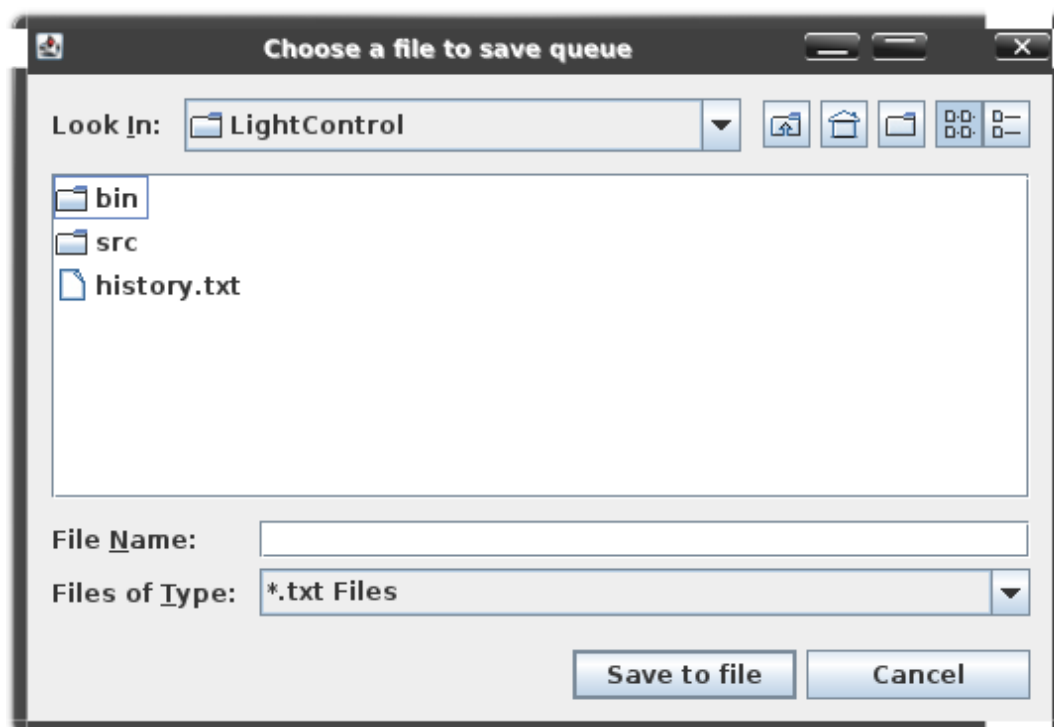
s presnosťou na sekundy. Dá sa zvoliť či sa má dané svetlo (ktoré je označené číselne od 1 do 6) v určený čas zapnúť alebo vypnúť

V ľavej hornej časti okna sú údaje o tom či je aplikácia pripojená, hodnota intenzity osvetlenia a teploty v miestnosti kde sa osvetlenie nachádza. Nasleduje stav jednotlivých svetiel (zapnuté/vypnuté). Pod týmito údajmi je manuálne ovládanie jednotlivých svetiel, ktoré sa môžu vypnúť alebo zapnúť. V položke „Illuminance Control“ sa dá navoliť zapnutie určitého svetla pri danej hodnote intenzity osvetlenia.

V menu File sú položky pre načítanie alebo uloženie textového súboru s údajmi pre časové zapínanie a vypínanie osvetlenia (tieto súbory teda fungujú ako dávkové pre akcie časovač osvetlenia). Ďalej je tam položka pre nastavenie IP adresy.

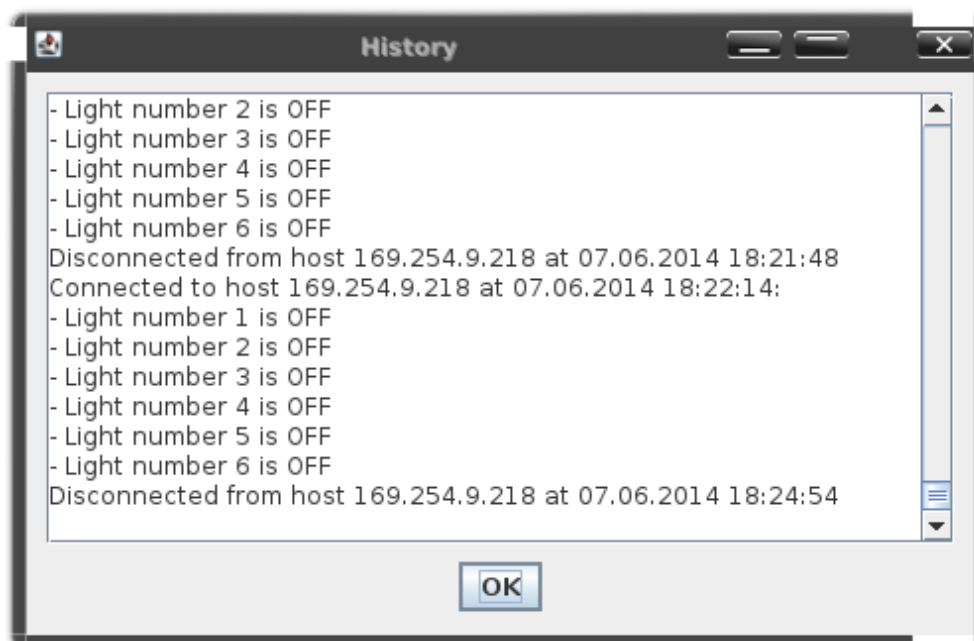


Obr. 44 Dialóg pre načítanie súboru s údajmi pre časové spínanie



Obr. 45 Dialóg pre uloženie súboru s údajmi pre časové spínanie

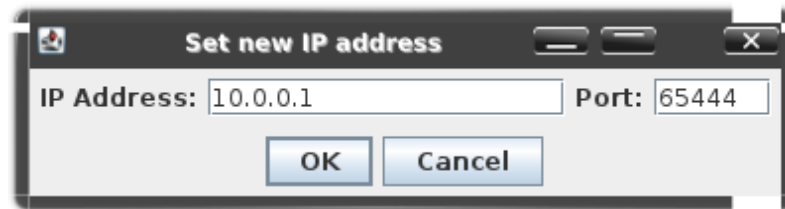
V menu View sa dá prepnúť zobrazovanie stupňov Celzia na stupne Fahrenheita a naopak. V menu Connection sú položky pre aktivovanie sieťového pripojenia alebo odpojenia aplikácie a zobrazenie histórie pripojenia s vykonanými akciami.



Obr. 46 Dialóg s históriou pripojenia

6.2.3 Trieda SetIPAddressDialog

Obsahuje dialóg pre nastavenie IP adresy ku ktorej sa má aplikácia pripojiť. Dialóg sa zobrazuje vybraním príslušnej položky v menu File, ktoré je vytvorené v predchádzajúcej triede GUI.



Obr. 47 Dialóg pre nastavenie IP adresy

6.2.4 Trieda History

Nespúšťa sa vo vlastnom vlákne, keďže ukladanie jedného riadku do súboru nie je výpočetne náročné. V konštruktore sa načíta alebo vytvorí súbor „history.txt“, do ktorého sa ukladá história. Ďalej sa už len z triedy GUI volajú členské metódy pre uloženie informácie. Ukladanie prebieha po jednom riadku v prípade vykonanej akcie.

6.2.5 Triedy TimeQueueModel a TimeQueueValue

Trieda TimeQueueValue slúži ako kontajner pre uloženie informácií o časovom spúšťaní osvetlenia. Obsahuje polia pre uloženie času kedy sa má akcia vykonať, typ akcie (zapnúť, vypnúť) a číslo svetla na ktorom sa má akcia vykonať.

Trieda TableQueueModel slúži ako TableModel pre zobrazenie tabuľky časového spúšťania osvetlenia. Ako kolekcia pre uloženie informácií triedy TimeQueueValue slúži Vector, táto kolekcia je thread-safe a funguje ako lineárny zoznam. TableQueueModel rozširuje rozhranie AbstractTableModel a obsahuje tak jeho verejné metódy pre prístup k údajom, ktoré potom využíva tabuľka v triede GUI pre svoje zobrazenie.

6.2.6 Triedy QueueFileParser a QueueFileSaver

Spúšťajú sa vo vlastnom vlákne a načítavajú (QueueFileParser) alebo ukladajú (QueueFileSaver) súbor s informáciami o časovom spúšťaní osvetlenia. Obsahujú rovnakú referenciu na kolekciu Vector s hodnotami triedy TimeQueueValue ako trieda TimeQueueModel.

V triede `QueueFileParser` sa prechádza súbor a podľa prečítaných informácií sa vytvára nový objekt triedy `TimeQueueValue` a zaraďuje sa do kolekcie `Vector`.

V triede `QueueFileSaver` sa prechádza `Vector` s objektmi triedy `TimeQueueValue` a podľa určeného formátovania ho po riadkoch zapisuje do zvoleného textového súboru.

6.2.7 Trieda `Network`

Spúšťa sa vo vlastnom vlákne a vytvára TCP spojenie pre ovládanie osvetlenia. Po úspešnom vytvorení spojenia sa spúšťajú vlákna tried `Receiver` a `Sender` pre komunikáciu, a 2 časovo zapínané vlákna tried `TimeQueueCheck` a `PingThread` za použitia `ScheduledExecutorService`.

6.2.8 Triedy `Receiver` a `Sender`

Trieda `Sender` obsahuje `BlockingQueue` (nazvanú `commandQueue`) textových reťazcov, do ktorej sú príkazy predávané z triedy `GUI` podľa užívateľom navolených akcií. Pokiaľ sa v `BlockingQueue` nachádza nejaký príkaz tak ho objekt typu `PrintWriter`, ktorý bol vytvorený pri nadviazaní spojenia v triede `Network`, odošle.

Trieda `Receiver` obsahuje `BlockingQueue` (nazvanú `messageQueue`), do ktorej sa pri prijatí odpovede v objekte typu `BufferedReader`, ktorý bol taktiež vytvorený pri nadviazaní spojenia v triede `Network` a teda predaný ako referencia, pridá táto prijatá odpoveď. Tieto odpovede predané do `BlockingQueue` sa následne čítajú v triede `GUI`, ktorá zároveň zobrazuje prípadné prijaté informácie.

Obe triedy sa spúšťajú vo vlastnom vlákne.

6.2.9 Triedy `PingThread` a `TimeQueueCheck`

Obe sa spúšťajú vo vlastnom časovo spúšťanom vlákne v triede `Network`.

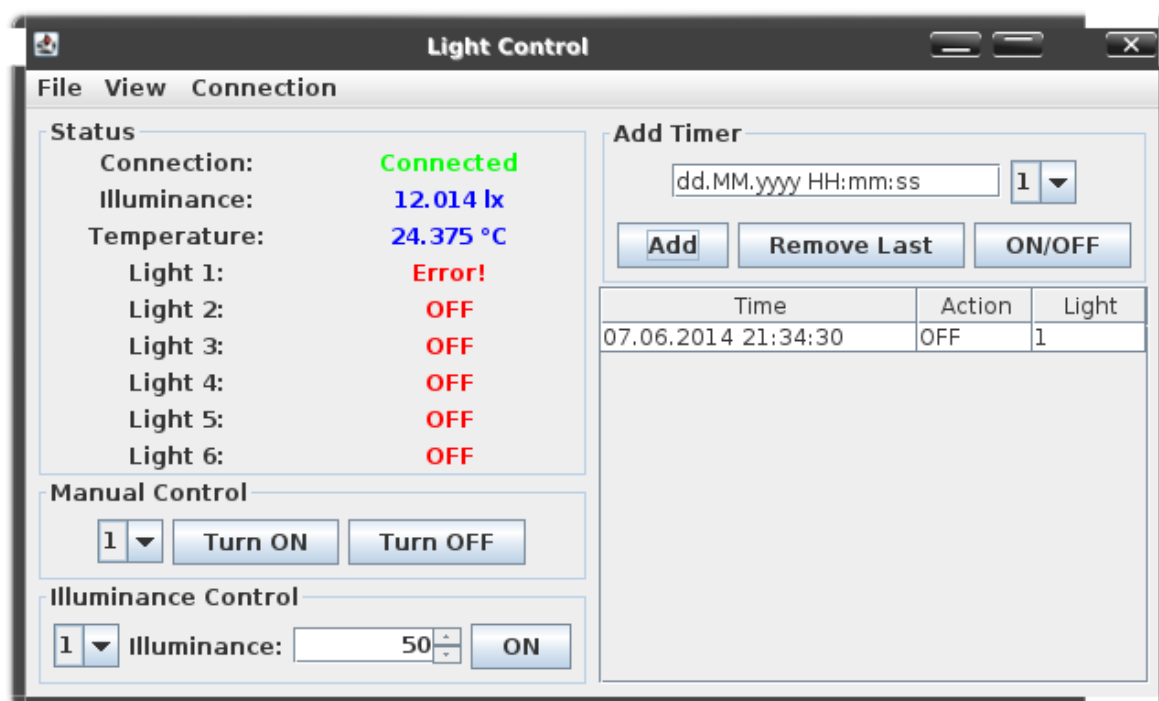
Trieda `PingThread` periodicky, každých 10 sekúnd, pridáva do zoznamu príkazov `commandQueue` (rovnaká referencia ako v triedach `GUI` a `Sender`) príkaz „/ping“. Tým sa udržiava platné TCP spojenie.

`TimeQueueCheck` každú sekundu prechádza `Vector` s hodnotami `TimeQueueValue` (rovnaká referencia ako v ostatných triedach) pre časové spúšťanie, a ak narazí na hodnotu času, ktorá súhlasí s časom aktuálnym tak do `BlockingQueue` `commandQueue` (rovnaká referencia ako v ostatných triedach) zaraďuje príkaz s príslušnou akciou.

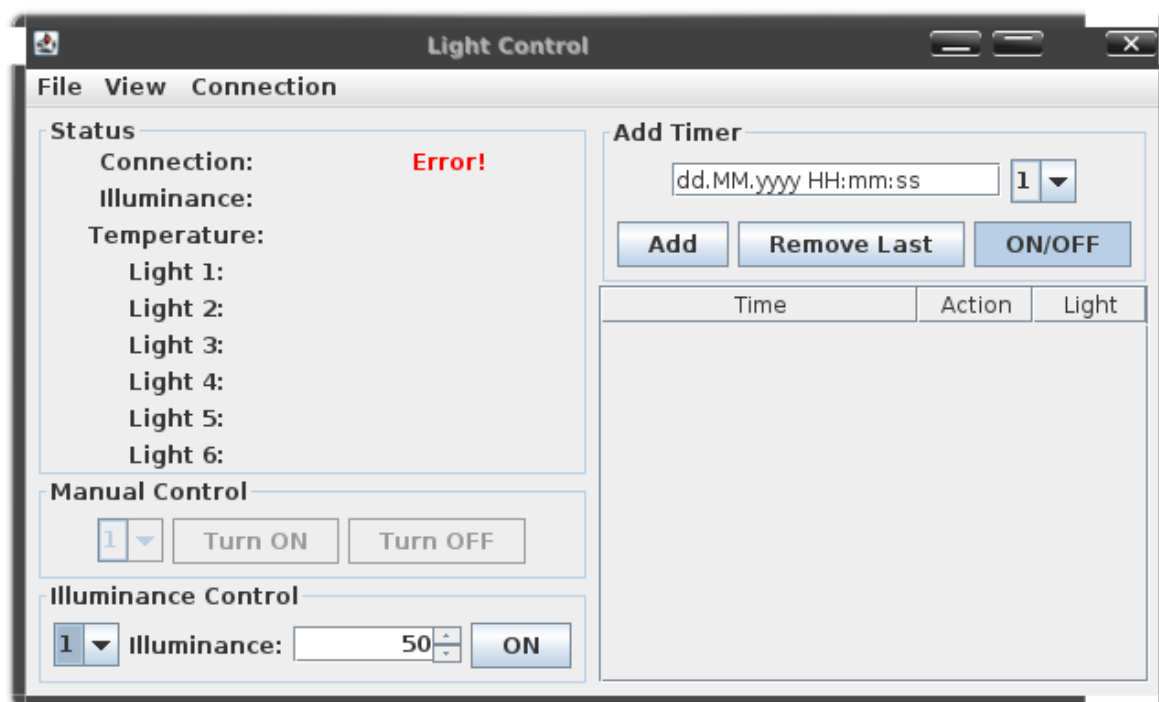
6.3 Testovanie aplikácie a zapojenia

Aplikácia bola úspešne otestovaná na správnu funkčnosť a hlásenie prípadných chýb alebo porúch spojených so sieťovým pripojením, osvetlením alebo lokálnymi problémami s dostupnosťou súborov.

Aby sa lokálna aplikácia na Raspberry Pi spúšťala bez užívateľského zásahu po spustení Raspberry Pi, bol upravený súbor „/etc/rc.local“ kam bol pridaný príkaz pre spustenie aplikácie pri štarte operačného systému na Raspberry Pi. Súbor „/etc/rc.local“ je skript ktorý sa vykonáva pri štarte operačného systému a príkazy ktoré vykonáva majú práva superužívateľa (root). Jeho tvar je uvedený v prílohách.

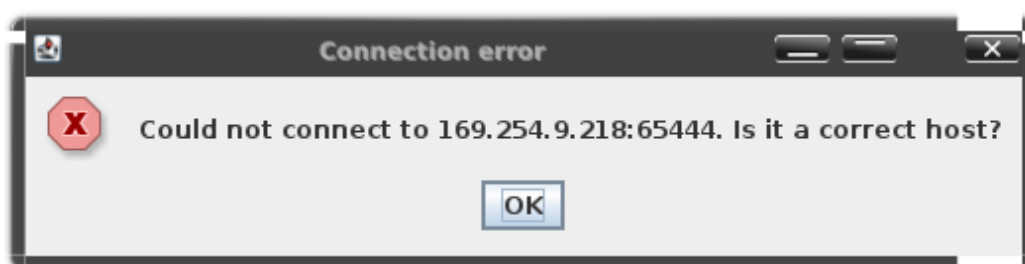


Obr. 48 Hlásenie problému na svetle

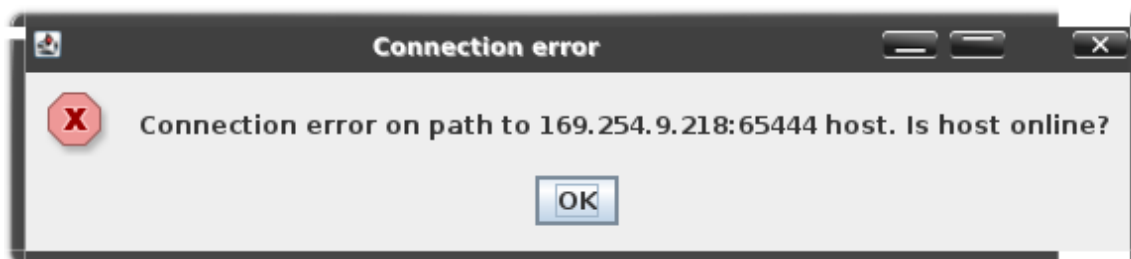


Obr. 49 Hlášení problému so sieťovým spojením

V prípade sieťového spojenia vyskočia na užívateľa dva druhy dialógového okna (Obr. 50 a Obr. 51) v závislosti na tom, či je problém s nadviazaním spojenia alebo sa problém stal už po úspešnom spojení (napr. pád aplikácie na druhej strane alebo prerušenie komunikačného vedenia).

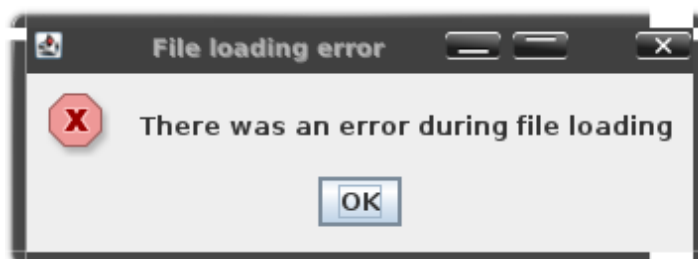


Obr. 50 Hlášení neúspešného spojenia

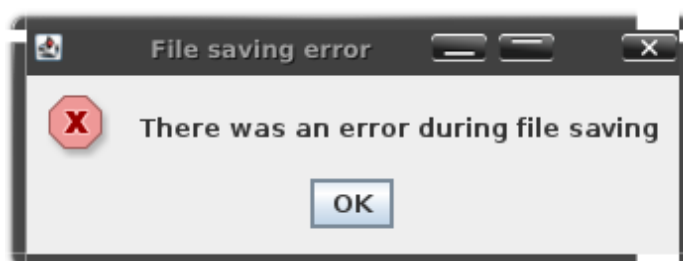


Obr. 51 Hlášení zlyhania spojenia

Ďalšie dialógové okná slúžia pre informácie a hlásenie chýb v lokálnej aplikácii pri problémoch s dostupnosťou súborov (Obr. 52 a Obr. 53).

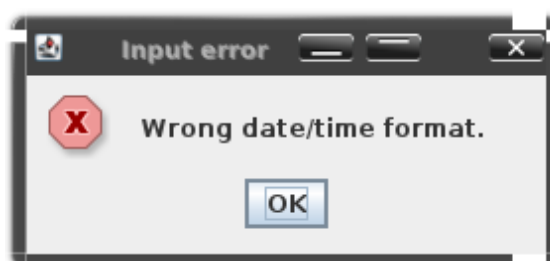


Obr. 52 Hlásenie problému s načítaním súboru



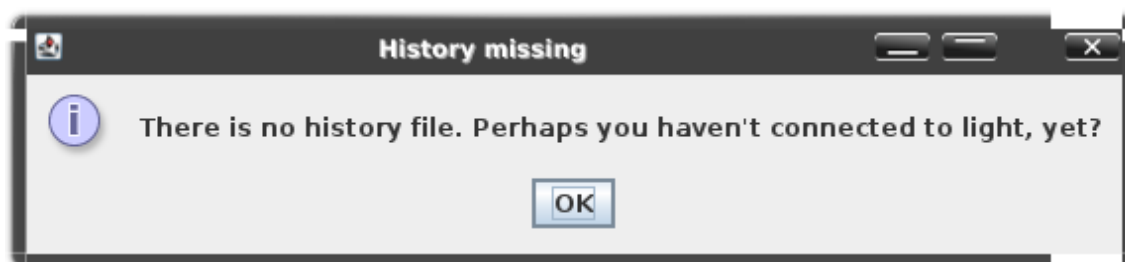
Obr. 53 Hlásenie problému s ukladaním súboru

V prípade, že užívateľ zadá do poľa pre pridanie časovača zle naformátované údaje, zobrazí sa o tom informácia v dialógovom okne (Obr. 54).



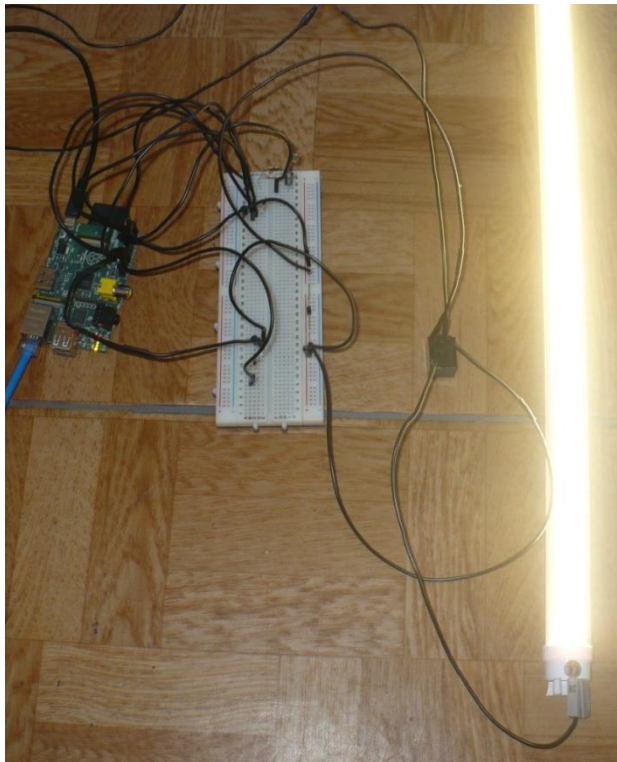
Obr. 54 Zlý vstupný dátum a čas

V prípade, že užívateľ chce zobrazit' históriu pripojenia a zapínania osvetlenia a ešte neprišlo k žiadnemu spojeniu, alebo je problém s načítaním súboru, zobrazí sa dialógové okno s hlásením (Obr. 55).



Obr. 55 Hlásenie neexistujúceho súboru s históriou

Fungovanie zapojenia sa otestovalo zapínaním a vypínaním osvetlenia za použitia naprogramovanej aplikácie. Táto aplikácia úspešne zobrazovala hodnoty zo senzorov.



Obr. 56 Zapojenie s rozsvieteným svetlom

7 SMERY ĎALŠIEHO VÝVOJA

Uvedené zapojenie osvetlenia dokáže z naprogramovanej aplikácie na užívateľskom PC manuálne zapnúť a vypnúť osvetlenie, zapnúť osvetlenie v závislosti na intenzite osvetlenia v okolí, spracovať viac časových údajov pre časové spúšťanie osvetlenia, zobrazit' históriu pripojenia a odpojenia užívateľa.

Ďalší vývoj zapojenia a užívateľskej aplikácie by mohol obsahovať vytvorený alebo zakúpený stmievateľný predradník, ktorý by umožnil regulovať intenzitu osvetlenia buď manuálne alebo z užívateľom dopredu zadaných údajov, ktoré by sa vykonávali podľa času. Nastavenie intenzity osvetlenia by sa mohlo ukladať pre budúce použitie.

Použitím iného zdroja svetla, ktorý by umožňoval zmenu farby osvetlenia by bolo možné do aplikácie pridať túto funkčnosť zároveň s časovým spúšťaním akcií na zmenu farby a ukladaním prednastavených a použitých hodnôt. Na zlepšenie užívateľskej pohody by sa farba osvetlenia mohla nastavovať a meniť podľa údajov o aktuálnej teplote v miestnosti.

Pridanie senzoru detekcie pohybu (prítomnosti) osôb by umožnilo zapínanie osvetlenia za prítomnosti osôb. V ich neprítomnosti by mohlo dôjsť k vypnutiu osvetlenia alebo zníženiu jeho intenzity. To by malo za výsledok zníženie prevádzkových nákladov na osvetlenie.

Zároveň so senzorom pohybu by mohla byť prítomná kamera na zaznamenávanie obrazu z miestnosti v prípade prítomnosti osôb, tým by sa viac využila kapacita širokopásmového modulu na komunikáciu po elektrickej sieti.

Pridanie reproduktora na prehrávanie hudby, ako na moderných inteligentných zdrojoch osvetlenia, by sa mohlo využiť na funkciu inteligentného budíka, ktorý by okrem zvukového upozorňovania mohol postupne zvyšovať intenzitu osvetlenia v miestnosti a vplývať na zlepšenú užívateľskú pohodu.

Celý systém riadenia osvetlenia by sa mohol s vytvorením príslušného zapojenia integrovať do nadradeného systému automatizácie budovy ako sú napr. KNX, Modbus alebo LonWorks.

Na manipuláciu s osvetlením by sa mohla zaviesť autentizácia užívateľov so šifrovaním spojenia, z ktorých každý užívateľ by mohol mať vytvorený vlastný profil s uloženými údajmi o nastavení intenzity osvetlenia, časovom spúšťaní atď. Šifrovanie by umožnilo bezpečné prenášanie obrazu z kamery.

K ovládaniu osvetlenia z aplikácie na užívateľskom PC by za prítomnosti pripojenia k sieti typu Wi-Fi mohlo byť vytvorené doplnkové ovládanie z mobilných zariadení so systémami Android, iOS, Windows Phone atď. Tu by sa opäť využila schopnosť autentizácie a šifrovania na zabránenie nežiaducej manipulácie s osvetlením.

Wi-Fi sieť by mohla byť použitá aj na priamu komunikáciu s osvetlením, jej nasadenie by však mohol komplikovať problém s dostatočným pokrytím signálu v rozsiahlejších budovách.

ZÁVER

V súčasnosti dochádza k stále väčšiemu zavádzaniu inteligentných systémov do všetkých oblastí ľudského života. Inteligentné systémy dokážu fungovať podľa zadaných parametrov, informovať o svojom stave a prípadne automaticky reagovať na zmeny. Práca bola zameraná na riadenie osvetlenia s využitím stávajúcich elektrických silových rozvodov na prenos informácií.

V teoretickej časti v prvej kapitole bolo popísané usporiadanie elektrických sietí, na čo ďalej nadväzovali v druhej kapitole spôsoby ich využitia pre prenos informácií. Boli popísané systémy hromadného diaľkového ovládania, úzkopásmové systémy a širokopásmové systémy. Kapitola tri sa venovala osvetleniu, pričom boli najskôr rozvedené základné druhy používaných svetelných zdrojov a možnosti ich stmievania. Hlavnou časťou tejto kapitoly potom boli jednotlivé typy systémov používaných jednak na ovládanie osvetlenia, alebo prípadne aj na ovládanie ďalších súčastí v budovách. Pre každý typ systému riadenia osvetlenia bol uvedený konkrétny produkt, ktorý na danom systéme pracuje.

Praktická časť je zameraná na návrh a implementáciu zapojenia diaľkového ovládania osvetlenia, za prenosu informácií po elektrickej sieti. Najskôr bol zvolený produkt pre zabezpečenie komunikácie s vytvorením zapojenia LED svetelného zdroja. Na lokálne ovládanie osvetlenia bol použitý počítač Raspberry Pi. Pre jednoduché ovládanie bola vytvorená aplikácia, ktorá komunikovala s Raspberry Pi.

Cena použitých súčiastok je spolu o niečo vyššia ako dostupné komerčné riešenia pre podobný účel, avšak vytvorená aplikácia prináša ďalšiu pridanú hodnotu. Komerčné riešenia navyše často používajú netradičné napäťové úrovne (napr. 24 V), ktoré nemusia byť bežne dostupné alebo ďalšie káblové rozvody na zabezpečenie komunikácie. V tomto prípade teda vychádza použité riešenie cenovo lepšie. V prípade nasadenia rozsiahlych sústav osvetlenia by toto riešenie mohlo byť ešte výhodnejšie. Nedostatkom oproti komerčným riešeniam je však absencia stmievania a presnejšieho hlásenia porúch na svetelných zdrojoch, ktoré sú na komerčných riešeniach zavedené a spoľahlivo otestované.

ZOZNAM POUŽITÉJ LITERATURY

- [1] KOPECKÝ, Viliam. *Rozvod elektrickej energie* [online]. 2003[cit. 2014-05-15]. Dostupné z: http://www.kves.uniza.sk/kvesnew/dokumenty/Elektroenergetika_1_Extern/Prednasky/Rozvod/Siete.pdf
- [2] Terminologie pro elektrické instalace – vodiče: střední, nulový, nulovací, neutrální a PEN. *Odbornecasopisy.cz* [online]. 2014 [cit. 2014-05-15]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=26466
- [3] ADÁMEK, Milan a Miroslav MATÝSEK. *Úvod do elektrotechniky*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 159 s. ISBN 80-731-8411-7.
- [4] *Člověk, energie a ekologie CE - KEL* [online]. 2005[cit. 2014-05-16]. Dostupné z: http://www.mti.tul.cz/files/ce/ce_02.pdf
- [5] SVOBODA, Jaroslav. *Využívání silnoprůdých vedení a sítí pro přenos zpráv*. Vyd. 1. V Praze: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2012, 229 s. ISBN 978-80-01-05168-9.
- [6] SUTTERLIN, Phil a Walter DOWNEY. *A Power Line Communication Tutorial - Challenges and Technologies* [online]. 2013[cit. 2014-05-16]. Dostupné z: <http://www.itk.ntnu.no/fag/TTK4545/TTK2/Pensum-filer/PowerLineCommunication.pdf>
- [7] Komunikujeme po silových rozvodech (1. část). In: *HW.cz* [online]. 2011[cit. 2014-05-16]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/komunikujeme-po-silovych-rozvodech-1-cast.html>
- [8] PUŽMANOVÁ, Rita. Přístup po elektrické síti. In: *DSL.cz* [online]. 2005[cit. 2014-05-16]. Dostupné z: <http://www.dsl.cz/clanek/300-pristup-po-elektricke-siti>
- [9] Komunikujeme po silových rozvodech (2. část). In: *HW.cz* [online]. 2011[cit. 2014-05-16]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/komunikujeme-po-silovych-rozvodech-2-cast.html>
- [10] *HomePlug Alliance Press Kit* [online]. 2014[cit. 2014-06-17]. Dostupné z: https://www.homeplug.org/news/press_kit/HomePlug_Electronic_Press_Kit.pdf
- [11] DORF, Richard C. *The electrical engineering handbook*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 1997. ISBN 978-142-0049-763.

- [12] SOKANSKÝ, Karel. *Základy základů světelné techniky* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická Univerzita Ostrava, 2007[cit. 2014-05-17]. Dostupné z: http://fei1.vsb.cz/kat410/studium/studijni_materialy/vuee/VUEE_Zaklady_svetelne_techiky.pdf
- [13] MICHALEC, Libor. Jaké jsou možnosti stmívání LED světel?. In: *HW.cz* [online]. 2013 [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/jednoduche-stmivani-svetel.html>
- [14] Chytré LED žárovky: lze je ovládat přes mobil nebo přes ně pouštět hudbu. In: *EkoList* [online]. 2014 [cit. 2014-06-20]. Dostupné z: <http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/led-zarovky-lze-je-ovladat-pres-telefon-nebo-pres-ne-poustet-hudbu>
- [15] E26/27 Edison A21 Info Sheet. *LIFX.co* [online]. 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://store.lifx.co/pages/e26-27-edison-a21-info-sheet>
- [16] LIFX Smart Bulb (screw). *LIFX.co* [online]. 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://store.lifx.co/products/edison-screw>
- [17] Tech specs. *MeetHUE.com* [online]. 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://meethue.com/en-us/inside-hue/tech-specs/>
- [18] Philips Hue vs. Samsung Smart Bulb vs. LG Smart Lamp. *The Verge* [online]. 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.theverge.com/products/compare/7650/7651/7654>
- [19] SOKANSKÝ, Karel. *Inteligentní řízení osvětlovacích soustav vnitřního osvětlení* [online]. 2003[cit. 2014-05-20]. Dostupné z: http://www.csorsostrava.cz/publikace/inteligentni_ridici_systemy%20-%202003.pdf
- [20] *Profesionální elektroinstalace* [online]. 2009[cit. 2014-05-24]. Dostupné z: http://www.bqz.sk/download/_info/abb_Professionalni_elektroinstalace.pdf
- [21] PEŠEK, Filip. *Pulzně šířková modulace(PWM)* [online]. 2011[cit. 2014-05-24]. Dostupné z: http://beranek.lsd.spsejecna.net/I3B/Pe%C5%A1ekFilip_PWM.pdf
- [22] Člen akční spínací a stmívací 1-10 V, 2násobný, řadový. *ABB.com* [online]. 2006 [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://www117.abb.com/catalog.asp?thema=10316&category=4325>

- [23] *DSI-V/T Control module for amplifying DSI signals* [online]. 2013[cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://www.svetlosasa.cz/files/tridonic/luxcontrol-system-rizeni-osvetleni/dsi-ovladace/dsi-ridici-moduly/dsi-vt-multifunkcni-ridici-modul.pdf>
- [24] *Technické informace o KNX systému* [online]. 2010[cit. 2014-05-24]. Dostupné z: http://www.somfyarchitecture.cz/downloads/buildings/technicke_informace_o_knx_systemu.pdf
- [25] Člen akční stmívací univerzální 2násobný, řadový. ABB.com [online]. 2006 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www117.abb.com/catalog.asp?thema=6079&category=2700>
- [26] VOJÁČEK, Antonín. Sběrnice LonWorks - 1.část - Úvod. In: *Automatizace.HW.cz* [online]. 2005 [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2005040501>
- [27] VOJÁČEK, Antonín. Sběrnice LonWorks - 2.část - LonTalk protokol. In: *Automatizace.HW.cz* [online]. 2005 [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2005041101>
- [28] VOJÁČEK, Antonín. Sběrnice LonWorks - 3.část - Neuron chip & ostatní hardware. In: *Automatizace.HW.cz* [online]. 2005 [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2005061001>
- [29] *Lighting Control Catalogue* [online]. 2011[cit. 2014-05-24]. Dostupné z: http://www.schneider-electric.com/download/CZ/CS/file/29333285-Lighting_Control_Catalog_06-0000-2-01_9.2011.pdf/?fileName=Lighting_Control_Catalog_06-0000-2-01_9.2011.pdf&reference=06-0000-2&docType=Catalog
- [30] RONEŠOVÁ, Andrea. *Přehled protokolu MODBUS* [online]. 2005[cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~ronesova/bastl/files/modbus.pdf>
- [31] *MW240 Malý I/O modul pro řízení osvětlení a žaluzií* [online]. 2013[cit. 2014-05-24]. Dostupné z: http://domat-int.com/wp-content/uploads/KL/CZ/domat_MW240_cz.pdf
- [32] *DALI Manual* [online]. 2001[cit. 2014-05-24]. Dostupné z: http://www.dali-ag.org/fileadmin/user_upload/pdf/news-service/brochures/DALI_Manual_engl.pdf

- [33] *DALI RC BASIC SO | řídící jednotky pro systémy řízení osvětlení* [online]. 2014[cit. 2014-05-24]. Dostupné z: http://www.osram.cz/appsinfo/pdc/pdf.do?cid=GPS01_1028843&mpid=ZMP_56826&vid=EU_ALL_eCat&lid=CS
- [34] TL-PA2010P. TP-LINK.com [online]. 2014 [cit. 2014-06-04]. Dostupné z: <http://www.tp-link.com/en/products/details/?model=TL-PA2010P#spec>
- [35] Raspberry Pi. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-06-04]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_pi
- [36] New graphic. In: *RaspberryPi.org* [online]. 2011 [cit. 2014-06-05]. Dostupné z: <http://www.raspberrypi.org/new-graphic/>
- [37] RPi Low-level peripherals. In: *ELinux.org* [online]. 2014 [cit. 2014-06-05]. Dostupné z: http://elinux.org/Rpi_Low-level_peripherals
- [38] GWL/Power LED trubice, 216x SMD, T8, 90 cm, teplá bílá, 13 W. *LED-230V.cz* [online]. 2012 [cit. 2014-06-06]. Dostupné z: <http://www.led-230v.cz/Patice/Zarivka/Usporna-zarivka-LED-216x-SMD-T8-90-cm-tepla-bila-13-W-230-V.html>
- [39] *Lighting Connectors "Service"* Connectors [online]. 2014[cit. 2014-06-07]. Dostupné z: <http://www.vo.gme.cz/dokumentace/820/820-836/dsh.820-836.1.pdf>
- [40] *NT72(4459)&NT72-2* [online]. 2014[cit. 2014-06-07]. Dostupné z: <http://www.vo.gme.cz/dokumentace/634/634-177/dsh.634-177.1.pdf>
- [41] *Photoconductive Cell* [online]. 2014[cit. 2014-06-07]. Dostupné z: <http://www.vo.gme.cz/dokumentace/520/520-059/dsh.520-059.1.pdf>
- [42] DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer [online]. 2014[cit. 2014-06-07]. Dostupné z: <http://www.vo.gme.cz/dokumentace/530/530-067/dsh.530-067.1.pdf>

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

TN-C	Elektrická sieť so zlúčeným ochranným a neutrálnym vodičom.
TN-S	Elektrická sieť s oddeleným ochranným a neutrálnym vodičom.
PE	Protective Earthing
N	Neutral.
PEN	Protective Earthing and Neutral
ZVN	Zvlášť vysoké napätie
VVN	Veľmi vysoké napätie
VN	Vysoké napätie
NN	Nízke napätie
PLC	Powerline Communication
HDO	Hromadné diaľkové ovládanie
ČSN	Česká technická norma
FSK	Frequency-shift Keying
DBPSK	Differential Binary Phase Shift Keying
EN	European Standard
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Électrotechnique
BPL	Broadband Powerline
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
OFDM	Orthogonal Frequency-division Multiplexing
DSSSM	Direct Sequence Spread Spectrum Modulation
DSL	Digital Subscriber Line
OPERA	Open Powerline Communication European Research Alliance
EMC	Electromagnetic Compatibility
EMI	Electromagnetic Interference

EMS	Electromagnetic Susceptibility
LED	Light-emitting diode
Wi-Fi	Wireless Fidelity
EEI	Energy Efficiency Index
CELMA	Committee of European Union Luminaire Manufacturers Association
PWM	Pulse Width Modulation
DSI	Digital Serial Interface
KNX	Konnex
EIB	European Installation Bus
LON	Local Operating Networks
ISO	International Organization for Standardization
OSI	Open Systems Interconnection
PDU	Protocol Data Unit
ADU	Application Data Unit
DALI	Digital Addressable Lighting Interface
LAN	Local Area Network
PC	Personal Computer
MAC	Media Access Control
SD	Secure Digital
GPIO	Global Purpose Input Output
A/D	Analógovo-digitálny

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1 Sieť s uzemneným neutrálnym bodom [1]	11
Obr. 2 Sieť s izolovaným neutrálnym bodom [1]	11
Obr. 3 LIFX [16]	19
Obr. 4 Sada Philips HUE [13]	19
Obr. 5 Samsung Smart Bulb [18]	20
Obr. 6 Stmievanie žiarovkových svietidiel fázovým riadením [20]	22
Obr. 7 Stmievanie žiarivkových svietidiel [20]	23
Obr. 8 Strieda signálu [21]	23
Obr. 9 Pripojenie otočného stmievača [20]	24
Obr. 10 Zapojenie prepínačov v radení 6 [19]	24
Obr. 11 Zapojenie prepínačov v radení 6+7 [19]	25
Obr. 12 Pripojenie krátkocestného stmievača [20]	25
Obr. 13 Zapojenie tlačítek v radení 1/0 [19]	26
Obr. 14 2CDG110079R0011 [22]	27
Obr. 15 TRIDONIC DSI-VT [23]	27
Obr. 16 Štruktúra línii KNX [24]	28
Obr. 17 2CDG110074R0011 [25]	29
Obr. 18 LON I/O Module DR-N 8DI 8DO AC [29]	30
Obr. 19 Tvar Modbus správy [30]	31
Obr. 20 Domat MW240 [31]	31
Obr. 21 Schéma zapojenia systému s DALI protokolom [19]	32
Obr. 22 DALI ako samostatný systém [19]	32
Obr. 23 DALI ako samostatný podsystem [19]	33
Obr. 24 DALI ako závislý podsystem [19]	33
Obr. 25 DALI RC BASIC SO [33]	34
Obr. 26 TP-LINK TL-PA2010P [34]	36
Obr. 27 Záložka Status v Powerline Utility	38
Obr. 28 Záložka Network v Powerline Utility	38
Obr. 29 Záložka System v Powerline Utility	39
Obr. 30 Raspberry Pi, model B, rev. 1 [35]	40
Obr. 31 Bloková schéma Raspberry Pi [36]	42
Obr. 32 Rozloženie GPIO [37]	43

Obr. 33 Schéma zapojenia LED	44
Obr. 34 Fyzické zapojenie s rozsvietenou LED	44
Obr. 35 LED-T8-90-216S-W	45
Obr. 36 WAGO224-101 [39]	45
Obr. 37 NT-72-2 CS10 DC5V [40]	45
Obr. 38 Detail pripojenia LED trubice cez WAGO224-101	45
Obr. 39 VT83N2 [41]	46
Obr. 40 DS18B20 [42]	47
Obr. 41 Schéma zapojenia osvetlenia a senzorov	47
Obr. 42 Fyzické zapojenie osvetlenia a senzorov	48
Obr. 43 Grafické okno aplikácie pre ovládanie osvetlenia	52
Obr. 44 Dialóg pre načítanie súboru s údajmi pre časové spínanie	53
Obr. 45 Dialóg pre uloženie súboru s údajmi pre časové spínanie	54
Obr. 46 Dialóg s históriou pripojenia	54
Obr. 47 Dialóg pre nastavenie IP adresy	55
Obr. 48 Hlásenie problému na svetle	57
Obr. 49 Hlásenie problému so sieťovým spojením	58
Obr. 50 Hlásenie neúspešného spojenia	58
Obr. 51 Hlásenie zlyhania spojenia	58
Obr. 52 Hlásenie problému s načítaním súboru	59
Obr. 53 Hlásenie problému s ukladaním súboru	59
Obr. 54 Zlý vstupný dátum a čas	59
Obr. 55 Hlásenie neexistujúceho súboru s históriou	59
Obr. 56 Zapojenie s rozsvieteným svetlom	60

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1 Členenie predradníkov podľa EEI-CELMA [9]	20
Tab. 2 Namerané hodnoty spojenia	37

ZOZNAM PRÍLOH

PRÍLOHA P I:	Adaptér TP-LINK TL-PA2010P
PRÍLOHA P II:	Raspberry Pi
PRÍLOHA P III:	Zoznam použitých súčiastok
PRÍLOHA P IV:	Zdrojové kódy a program
PRÍLOHA P V:	Súbor „/etc/network/interfaces“
PRÍLOHA P VI:	Súbor „/etc/rc.local“

PRÍLOHA P I: ADAPTÉR TP-LINK TL-PA2010P

Štandardy a protokoly: HomePlug AV, IEEE802.3, IEEE802.3u

Rozhranie: 100Mbps Ethernet

Zásuvka: EU

Tlačítko: 1x Párovacie

LED: Power, Powerline, Ethernet

Spotreba: <1.6 W

Dosah: 300 m

Modulácia: OFDM

Šifrovanie: 128 b AES



Tabuľka stavov indikačných LED:

LED	Stav	Indikácia
Power LED	Zapnutá	Adaptér je zapnutý.
	Blikajúca	Adaptér je v úspornom režime, alebo nadväzuje spojenie.
	Vypnutá	Adaptér je vypnutý.
Powerline LED	Zapnutá	Adaptér je spojený v powerline sieti.
	Blikajúca	Adaptér prenáša dáta.
	Vypnutá	Adaptér nie je spojený v powerline sieti, alebo je v úspornom režime.
Ethernet LED	Zapnutá	Ethernet je pripojený.
	Blikajúca	Ethernetový port prenáša dáta.
	Vypnutá	Ethernet nie je pripojený.

PRÍLOHA P II: RASPBERRY PI

SoC: Broadcom BCM2835

CPU: 700 MHz ARM1176JZF-S

GPU: Broadcom VideoCore IV @ 250 MHz, OpenGL ES 2.0 (24 GFLOPS)

RAM: 256 MB

Video výstup: Composite RCA, HDMI (rev 1.3 & 1.4)

Audio výstup: 3.5 mm, HDMI

Úložný priestor: SD / MMC / SDIO karta

Konektivita: 100 Mb/s Ethernet, 2x USB

Napájanie: 5 V (700 mA, 3,5 W)

Tabuľka označení pinov v knižnici Pi4j a na samotnom Raspberry Pi:

Pi4j označenie	Fyzické označenie	Funkcia	Funkcia	Fyzické označenie	Pi4j označenie
-	-	3,3 V	5 V	-	-
8	0	SDA	5 V	-	-
9	1	SCL	0 V	-	-
7	4	GPIO7	TxD	14	15
-	-	0 V	RxD	15	16
0	17	GPIO0	GPIO1	18	1
2	21	GPIO2	0 V	-	-
3	22	GPIO3	GPIO4	23	4
-	-	3,3 V	GPIO5	24	5
12	10	MOSI	0 V	-	-
13	9	MISO	GPIO6	25	6
14	11	SCLK	CE0	8	10
-	-	0 V	CE1	7	11

Špeciálne funkcie pinov:

- GPIO1 – PWM výstup.
- GPIO7 – one-wire rozhranie.
- SDA a SCL – pripojenie I2C zariadení.
- MOSI, MISO, SCLK, CE0, CE1 – rozhranie SPI.
- TxD, RxD – sériová linka, UART.

Súbory vzťahujúce sa k meraniu spojenia medzi dvoma adaptérmi sú na priloženom CD.

PRÍLOHA P III: ZOZNAM POUŽITÝCH SÚČIASTOK

Zapojenie LED:

- **LED LED1 - LED 5MM RED POINT**

$$U_F = 2,3 \text{ V}$$

$$U_R = 5 \text{ V}$$

$$I_F = 15 \text{ mA}$$

$$I_R = 100 \mu\text{A}$$

$$I_V = 15 \text{ mcd}$$

$$P_d = 40 \text{ mW}$$

$$\lambda = 650 \text{ nm}$$



- **Rezistor R1**

$$R = 510 \Omega$$

$$\text{Tol.} = 5 \%$$

$$P_z = 250 \text{ mW}$$



Zapojenie osvetlenia:

- **Rezistory R1, R2, R3**

$$R = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\text{Tol.} = 5 \%$$

$$P_z = 250 \text{ mW}$$



- **Rezistor R4**

$$R = 4,7 \text{ k}\Omega$$

$$\text{Tol.} = 5 \%$$

$$P_z = 250 \text{ mW}$$



- **Elektrolytický kondenzátor C1**

$$C = 220 \text{ nF}$$

$$U = 63 \text{ V}$$

$$\text{Tol.} = 20 \%$$



- **NPN tranzistor Q1 - 2N3904**

$$I_C = 0,2 \text{ A}$$

$$U_{CE} = 40 \text{ V}$$

$$U_{CB} = 60 \text{ V}$$

$$P_d = 0,625 \text{ W}$$



- **Dióda D1 - 1N4007**

$$U_F = 1,1 \text{ V}$$

$$U_R = 1000 \text{ V}$$

$$I_F = 1 \text{ A}$$

$$I_R = 30 \text{ } \mu\text{A}$$



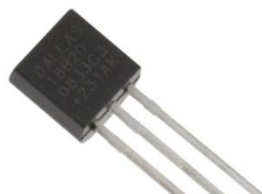
- **Teplomer T1 - DS18B20**

Rozsah od $-55 \text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+125 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Presnosť $\pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Rozlíšenie od 9 do 12 b

$U = 3 \text{ V}$ až $5,5 \text{ V}$



- **Fotorezistor L1 - VT83N2**

$R = 28 \text{ k}\Omega$ (pri 10 lx)

$R = 500 \text{ k}\Omega$ (úplná tma 5 s)

$P_z = 175 \text{ mW}$



- **Relé K1 - NT-72-2 CS10 DC5V**

$U_{\text{cievka}} = 5 \text{ V}$

$R_{\text{cievka}} = 56 \text{ }\Omega$

$P_{\text{cievka}} = 450 \text{ mW}$

$U = \sim 240 \text{ V}$

$I = 10 \text{ A}$



- **Svorky WAGO224-101**

$U = 400 \text{ V}$

$I = 24 \text{ A}$



- **LED trubica X1 - LED-T8-90-216S-W**

$U = \sim 230 \text{ V}$

$P = 13 \text{ W}$

$\Phi = 1180 \text{ lm}$

Životnosť = 50000 hod

Farebná teplota = $2700 - 3500 \text{ K}$

Päťica T8



PRÍLOHA P IV: ZDROJOVÉ KÓDY A PROGRAM

Kompletné zdrojové kódy a spustiteľné súbory vytvorenej aplikácie sú na priloženom CD.

PRÍLOHA P V: SÚBOR „/ETC/NETWORK/INTERFACES“

```
auto lo
iface lo inet loopback

#auto eth0
#iface eth0 inet dhcp

iface eth0 inet static
address 10.0.0.1
netmask 255.0.0.0

allow-hotplug wlan0
iface wlan0 inet manual
wpa-roam /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf
iface default inet dhcp
```

PRÍLOHA P VI: SÚBOR „/ETC/RC.LOCAL"

```
#!/bin/sh -e
#
# rc.local
#
# This script is executed at the end of each multiuser
runlevel.
# Make sure that the script will "exit 0" on success or any
other
# value on error.
#
# In order to enable or disable this script just change the
execution
# bits.
#
# By default this script does nothing.

_IP=$(hostname -I) || true
if [ "$_IP" ]; then
    printf "My IP address is %s\n" "$_IP"
fi

modprobe wl-gpio
modprobe wl-therm
java -jar /home/pi/localControl.jar

exit 0
```