

Projektová studie systémů komunikace pro světelnou pohodu v budovách

Feasibility Study of Communication Systems for Light
Comfort in Buildings

Bc. Lukáš Konečný

Bakalářská práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lukáš Konečný**
Osobní číslo: **A13445**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Počítačové a komunikační systémy**
Forma studia: **prezenční**
Téma práce: **Projektová studie systémů komunikace pro světelnou pohodu v budovách**
Téma anglicky: **A Feasibility Study of Communication Systems for Lighting Comfort in Buildings**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární rešerši.
2. Popište stav teorie a techniky podle získaných informací rešerše.
3. Vypracujte zadání pro studii řešení světelné pohody se zaměřením na přenos dat a ovládacích signálů.
4. Zpracujte projektovou studii pro zadání.
5. Analyzujte pro dané řešení technickou, energetickou, ekonomickou i ekologickou proveditelnost.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. Hruška, František. Projektování řídicích a informačních systémů. Učební texty. 1. vyd. Zlín: UTB ve Zlíně, 2010, 175 s. ISBN 978-80-7318-979-2.
2. Příbyl, Jiří. Projektování datových systémů. 1. vyd. Praha: ČVUT, 2004, 320 s. ISBN 80-01-03078-4.
3. Malý, Jaroslav. Projektování informačních systémů 3. 1. vyd. Hradec Králové: Gaudeamus, 2000, 130 s. ISBN 80-7041-771-4.
4. Valeš, Miroslav. Inteligentní dům. 1. vyd. Brno: ERA, 2006, 123 s. ISBN 80-736-6062-8.
5. Staudek, Jan. 2 x 15 kapitol z distribuovaných systémů. Část 2, Přenos dat a počítačové sítě. 1. vyd. Brno: VUT, 1994, 155 s.
6. Mlýnek, Petr. Analýza a modelování datové komunikace po silnoproudém vedení: Analysis and modeling of power line communication: zkrácená verze Ph.D. thesis. Brno: VUT, 2012, 32 s. ISBN 978-80-214-4607-6.
7. Merz, Hermann, Hansemann, Thomas a Hübner, Christof. Automatizované systémy budov: sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 261 s. ISBN 978-80-247-2367-9.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. František Hruška, Ph.D.**
Ústav elektroniky a měření

Datum zadání diplomové práce: **12. ledna 2015**

Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2015**

Ve Zlíně dne 6. února 2015

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



Ing. Miroslav Matýsek, Ph.D.
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 přípoště-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- 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/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

22. 5. 2015

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je seznámení se s inteligentními systémy ovládajícími světelnou soustavu budovy a následný návrh projektové studie využívající jednu z popsaných technologií. Teoretická část se zabývá obecným přehledem prvků využívaných inteligentními elektroinstalacemi, popisem topologií zapojení a metodami datového přenosu. Dále jsou zde rozebrány požadavky na osvětlovací soustavu a všeobecné postupy při projektování osvětlovacího systému. Závěr teoretické části tvoří rozbor tří vybraných komunikačních systémů. Praktická část se skládá z projektové studie světelné soustavy modelového domu ovládané pomocí systému iNELS BUS.

Klíčová slova: osvětlení, požadavky na osvětlení, řízení osvětlení, inteligentní elektroinstalace, projektování, KNX/EIB, LonWorks, iNELS BUS

ABSTRACT

The goal of this thesis is to introduce to the building's intelligent lighting control systems followed by draft plan using one of the described technologies. The theoretical part deals with the general overview of components used in intelligent electrical wiring, describes network topologies and data transmission methods. Furthermore, there are discussed the requirements for lighting systems and general procedures for designing the lighting system. Conclusion of the theoretical part consist of analysis of three chosen communication systems. The practical part consist of feasibility study of model's house lighting system controlled by iNELS BUS.

Keywords: lighting, requirements for lighting, lighting control, intelligent electrical wiring, planning, KNX/EIB, LonWorks, iNELS BUS

Rád bych poděkoval svému vedoucímu panu doc. Ing. Františku Hruškovi, Ph.D. za poskytnuté rady, připomínky a čas strávený u konzultací při zpracování této diplomové práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 VYMEZENÍ POJMŮ SYSTÉMOVÁ TECHNIKA A AUTOMATIZACE	10
1.1 SYSTÉMOVÁ TECHNIKA	10
1.2 AUTOMATIZACE	11
2 PRVKY INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALCE PRO ŘÍZENÍ OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY	13
2.1 CENTRÁLNÍ JEDNOTKA	13
2.2 VSTUPNÍ JEDNOTKY (SENZORY).....	14
2.3 VÝSTUPNÍ JEDNOTKY (AKTORY).....	14
2.4 SYSTÉMOVÉ JEDNOTKY	14
3 DATOVÉHÉ PROPOJENÍ KOMUNIKAČNÍCH SYSTÉMŮ	15
3.1 TOPOLOGIE.....	15
3.1.1 Sběrníková topologie.....	15
3.1.2 Hvězdicová topologie.....	15
3.1.3 Kruhová topologie.....	16
3.1.4 Stromová topologie	17
3.2 PŘÍSTUPOVÉ METODY	17
3.2.1 Stochastické přístupové metody.....	17
3.2.2 Deterministické přístupové metody	18
3.3 KÓDOVÁNÍ LINKY.....	18
3.3.1 NRZ.....	19
3.3.2 Manchester	20
3.4 PŘENOSOVÁ RYCHLOST	21
3.5 ODEZVA	21
3.6 PŘENOSOVÁ MÉDIA	22
3.6.1 Koaxiální kabel	22
3.6.2 Kroucená dvojlinka	22
3.6.3 Optické vlákno	23
3.6.4 Radiové vlny	24
4 NÁVRH OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY	25
4.1.1 Volba typu osvětlovací soustavy.....	25
4.1.2 Výpočet intenzity umělého osvětlení	27
4.1.3 Volba světelně-technických parametrů	27
4.1.4 Dimenzování osvětlovací soustavy	30
4.1.5 Využití denního světla.....	30
4.1.6 Kontrola přítomnosti osob.....	30
4.1.7 Zavedení časových režimů	31
4.1.8 Výpočet spotřeby elektrické energie osvětlovací soustavy.....	31
5 VŠEOBECNÝ POSTUP PŘI PROJEKTOVÁNÍ SYSTÉMU	32
5.1 PŘÍPRAVA PROJEKTU	32
5.1.1 Projektová studie	32
5.1.2 Zadání nabídky.....	32

5.2	ZPRACOVÁNÍ DOKUMENTACE.....	32
5.2.1	Strukturální analýza	32
5.2.2	Projektová dokumentace	32
5.3	REALIZACE SYSTÉMU	33
5.3.1	Dodavatelská a montážní činnost.....	33
5.3.2	Provoz a údržba.....	33
6	POPIS VYBRANÝCH KOMUNIKAČNÍCH SYSTÉMŮ	34
6.1	KNX/EIB.....	34
6.1.1	Struktura systému KNX/EIB.....	34
6.1.2	Komunikace v systému KNX/EIB	35
6.1.3	Přenosová média systému KNX/EIB	38
6.2	LONWORKS.....	39
6.2.1	Struktura systému LonWorks.....	39
6.2.2	Komunikace v systému LonWorks	40
6.2.3	Přenosová média systému LonWorks	42
6.3	iNELS.....	42
6.3.1	Struktura systému iNELS.....	42
6.3.2	Komunikace v systému iNELS	43
6.3.3	Přenosová média systému iNELS	43
II	PRAKTICKÁ ČÁST	45
7	PROJEKTOVÁ STUDIE SYSTÉMU INELS BUS ŘÍDÍCÍHO SVĚTELNOU POHODU V RODINNÉM DOMĚ.....	46
7.1	PROJEKTOVÁ STUDIE	46
7.1.1	Záměr	46
7.1.2	Analýza proveditelnosti	47
7.2	NÁVRH SYSTÉMU	57
7.2.1	Funkční struktura	59
7.2.2	Technická struktura.....	62
7.3	EKONOMICKÉ A EKOLOGICKÉ ZHODNOCENÍ	71
	ZÁVĚR	73
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	74
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	75
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	78
	SEZNAM OBRÁZKŮ	80
	SEZNAM TABULEK.....	83

ÚVOD

V současné době zasahuje automatizace budov do stále více procesů a technologií. Její využití narůstá a není už jen součástí průmyslových objektů, administrativních budov či nákupních center, ale i bytových staveb či rodinných domů. Instalace těchto technologií do nových nebo stávajících staveb se tedy stává perspektivně rostoucím oborem již několik let. Budovy, ve kterých je obsažena automatizační technologie, se nazývají jako inteligentní.

Významnou součástí technologií inteligentních budov je řízení osvětlovací soustavy. Pro dosažení optimální světelné pohody, která významně působí na lidskou psychiku, se využívá senzorů vyhodnocujících množství denního světla přicházejícího okenními otvory. V závislosti na datech dodaných senzorem se aktory reguluje intenzita jednotlivých svítidel nebo poloha žaluzií, čímž se dosáhne požadovaného osvětlení místnosti. Samozřejmostí je také možnost řízení soustavy časovými plány, spínáním či vypínáním na základě detekce přítomnosti osob, nastavováním nejrůznějších světelných scén nebo klasickou ruční regulací uživatelem podle jeho aktuální potřeby. Účelem takového řízení je tedy nejen zpříjemnit pobyt v budově, ale také ho učinit pohodlnějším, bezpečnějším, energeticky efektivním a v neposlední řadě ekonomicky hospodárným.

Důležitým aspektem pro řízení osvětlovací soustavy je využití komunikačního systému. Pokud by se zadání řešilo pouze za pomoci konvenční elektroinstalace, vznikly by značně rozsáhlé kabelové rozvody. Proto se využívá bezdrátové komunikace nebo sběrníkových systémů, kde dochází za pomoci přenosového média k oboustranné výměně dat mezi jednotlivými automatizačními prvky. Komunikace mezi těmito prvky se také musí řídit pravidly danými topologií a druhem zapojení.

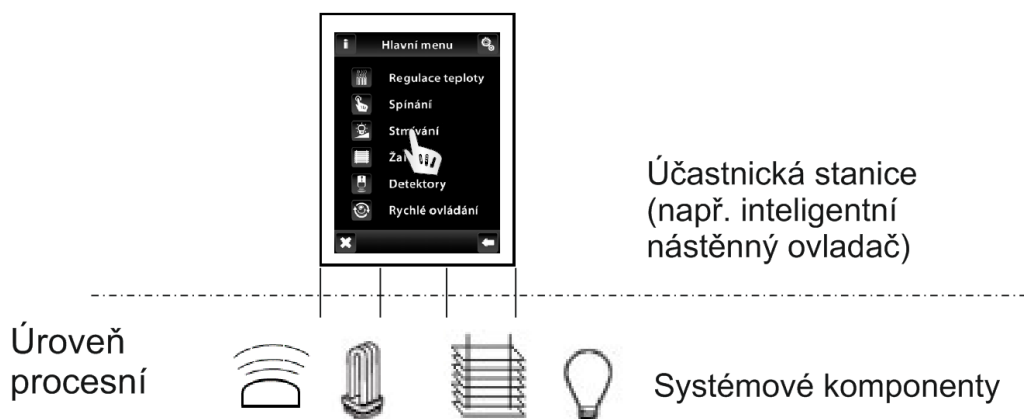
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VYMEZENÍ POJMŮ SYSTÉMOVÁ TECHNIKA A AUTOMATIZACE

Když se hovoří o automatizaci funkcí v budovách, využívá se pojmů automatizace budov a systémová technika budov. Na první pohled se může zdát, že se jedná o pojmy stejného významu. Přesto v nich existují rozdíly. [1]

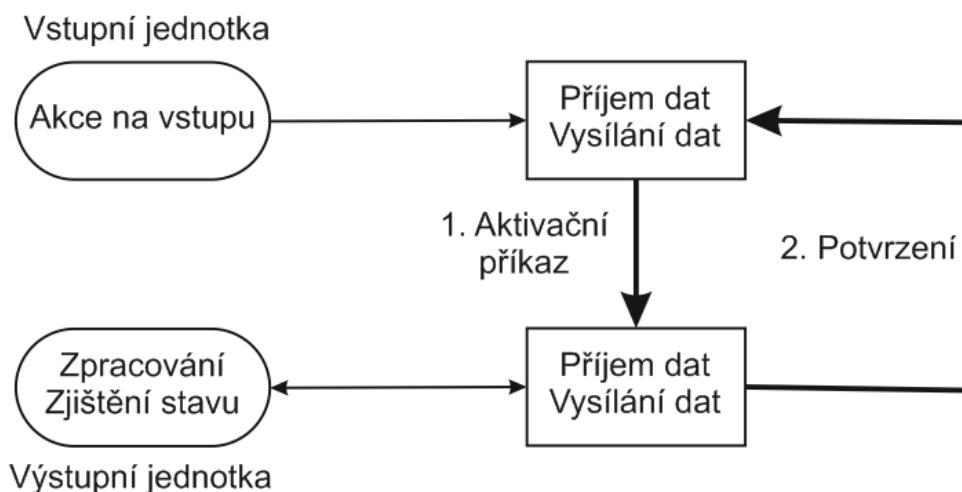
1.1 Systémová technika

Systémová technika popisuje propojení systémových komponent a účastnických stanic pomocí instalační sběrnice do jednoho systému tak, že ke zpracování automatických funkcí není zapotřebí centrální jednotky. Komunikaci i jednotlivé funkce zajišťují komponenty systémové techniky vybavené vlastními vestavěnými řídicími jednotkami. Takto řešené systémy se nazývají jako decentralizované. [1] [4]



Obr. 1. Hierarchická struktura decentralizované systémové techniky budov

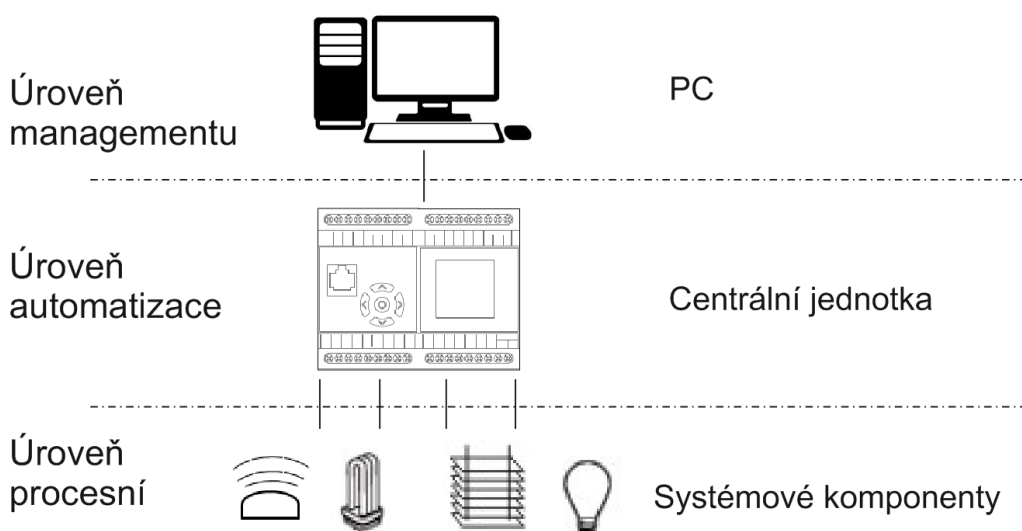
V současné době se pro tento druh aplikace využívají jednoúčelové komponenty, které jsou výrobcem předem naprogramované. Například příkaz k řízení osvětlení se vydává prostřednictvím inteligentního ovladače, vybaveného vlastním procesorem i připojením na sběrnici, který vyše příkaz k danému prvku. Pro vlastní provedení příkazu se využívá dalších systémových akčních členů vybavených také vlastním procesorem, které potvrdí příjem pokynu zpětným hlášením. [1]



Obr. 2. Průběh komunikace v decentralizovaném systému

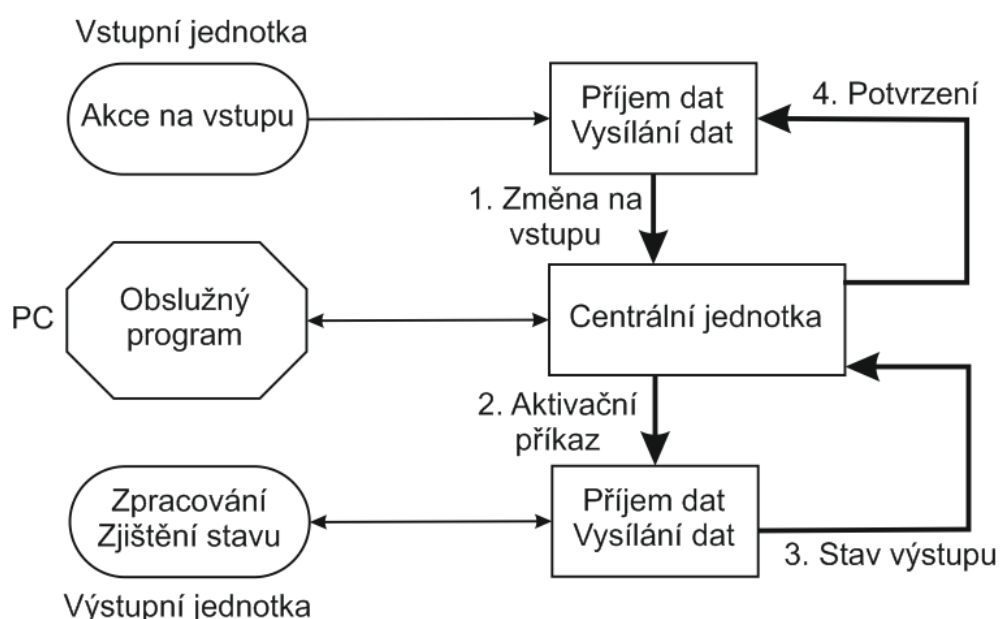
1.2 Automatizace

Automatizace je digitální měřicí, kontrolní, regulační a řídicí technika pro technické vybavení budov. Jedná se tedy o pojem nadřazený a obecnější, takže v sobě zahrnuje i pojem systémová technika. Automatizace budov, přesněji automatizační řídicí systém koordinuje a integruje z informačně technického hlediska jednotlivá zařízení budovy do jednoho celku. Řídicí a regulační funkce se pak zpracovávají autonomně. Vstupní i výstupní jednotky jsou propojeny s centrální jednotkou. Toto řešení se nazývá jako centralizovaný systém. [1] [4]



Obr. 3. Hierarchická struktura centralizované automatizace budov

Centrální jednotka, která zajišťuje automatický provoz instalace, také umožňuje monitorování a řízení počítačem na úrovni managementu. Do počítače se mohou sbíhat informace od všech připojených zařízení a ten tak může převzít funkce, které překračují rámec automatizace technických zařízení. Je to například záznam událostí, archivace naměřených hodnot nebo vizualizace stavu systémových komponent. Spojení s nadřazeným počítačem není v zásadě nutné. Již na této úrovni jsou v softwaru centrální jednotky obsaženy funkce, které zajišťují veškerý provoz. Nevýhodou oproti decentralizovanému systému je, že při poruše centrální jednotky dochází k výpadku celého systému. [1] [4]



Obr. 4. Průběh komunikace v centralizovaném systému

2 PRVKY INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALCE PRO ŘÍZENÍ OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY

Pro pochopení možností ovládání elektroniky v inteligentním domě je nejdůležitější si uvědomit, že všechna technika připojená k řídicímu systému může být odkudkoliv ovládána pomocí jakéhokoli nainstalovaného prostředku (vypínač, dotykový panel, bezdrátové dálkové ovládání, telefon apod.) nebo určité logiky reagující například na pohyb osob v objektu či intervaly časového rámce. Už neplatí, že je nějaké tlačítko nebo vypínač pevně přiřazen pro ovládání předem dané funkce jak tomu je v klasické silnoproudé instalaci, kde toto bývá jednou provždy určeno položením kabelu. Přesná funkce každého prostředku je pouze věcí konfigurace a případného naprogramování systému. Získáváme tím dokonalou flexibilitu a možnost k neustálému rozšiřování možností automatizace. Komunikační systém musí tedy být schopen přijímat další moduly a prvky systému, aniž by byla narušena zpětná kompatibilita. [2] [3]

2.1 Centrální jednotka

Centrální jednotka řídí provoz celého systému a také tvoří rozhraní mezi obslužným počítačem a řízeným systémem. Ze vstupních jednotek připojených do centrální jednotky jsou odesílána data informující o změně stavu. Centrální jednotka data zpracuje podle předem naprogramovaného scénáře a vydá povel patřičnému výstupnímu prvku. Ten po vytvořené odezvě odešle zpět odpověď centrální jednotce, ve které informuje o změně stavu. Centrální jednotka může dále upozornit vstupní jednotku, že reakce na podnět proběhla v pořádku. [3]

Všechny komponenty systému inteligentní budovy musí pravidelně odesílat zprávy informující o bezchybné komunikaci. Pokud řídicí jednotka neobdrží v určitém časovém intervalu zprávu, zaregistruje ztrátu komunikace s konkrétním prvkem a informuje uživatele o nastalé situaci. [3]

Logika spínání, způsob adresace a návaznost na ostatní technologie je dána programovým vybavením řídicí jednotky, které může být kdykoliv upraveno a díky tomu vytváří uživatelsky optimální prostředí při vzniku nových požadavků. Změna v nastavení může být provedena i na dálku servisním technikem pomocí vzdáleného přístupu. [2] [3]

2.2 Vstupní jednotky (senzory)

Vstupní jednotky (senzory) sledují události v systému a podle struktury zapojení vysílají zprávy k centrální jednotce nebo přímo k aktorům.

Senzory lze dle funkce dělit na:

- **Snímací** – snímající stav zařízení, které je ovládáno uživatelem (tlačítka, spínače, dálkové ovladače, dotykové displeje apod.)
- **Měřicí** – vyhodnocující parametry měřených veličin (detektory, soumrakové snímače, fotosenzory apod.)

Vzhledem k tomu, že senzory tvoří rozhraní mezi systémem inteligentní budovy a ostatními ovládanými zařízeními, je nutné počítat s ochranou vstupních svorek před zavlečením nežádoucích napěťových úrovní a tím chránit celý systém před možným zničením. [3]

2.3 Výstupní jednotky (aktory)

Zařízení a spotřebiče inteligentní budovy provádějící odezvu na pokyny od uživatele nebo na pokyny přímo vyplývající z předem vytvořeného scénáře jsou napojeny na systém prostřednictvím výstupních jednotek (aktorů). Aktory přijímají povely od centrální jednotky nebo sensorů a na základě získaných parametrů ovládají příslušné spotřebiče. [3]

Aktory lze dělit na:

- **Spínací:** umožňují spínání spotřebičů, zásuvek a ovládání žaluzií
- **Stmívací:** umožňují spojitě nastavení intenzity regulovaného svítidla

2.4 Systémové jednotky

Zajišťují funkci systému a pomáhají vytvářet jeho infrastrukturu. Mezi Systémové jednotky patří napájecí zdroje sběrnice, zesilovače signálu, vazební členy mezi jednotlivými úseky a převodníky pro komunikaci mezi různými systémy.

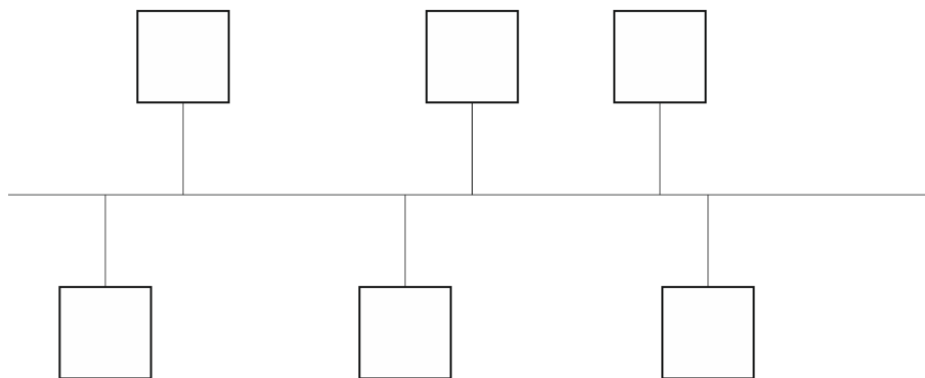
3 DATOVÉHÉ PROPOJENÍ KOMUNIKAČNÍCH SYSTÉMŮ

3.1 Topologie

Topologie udává způsob fyzického propojení jednotlivých účastníků komunikace. Pokud chce účastník přistoupit k přenosovému médium, musí se řídit pravidly udávané použitou topologií.

3.1.1 Sběrníková topologie

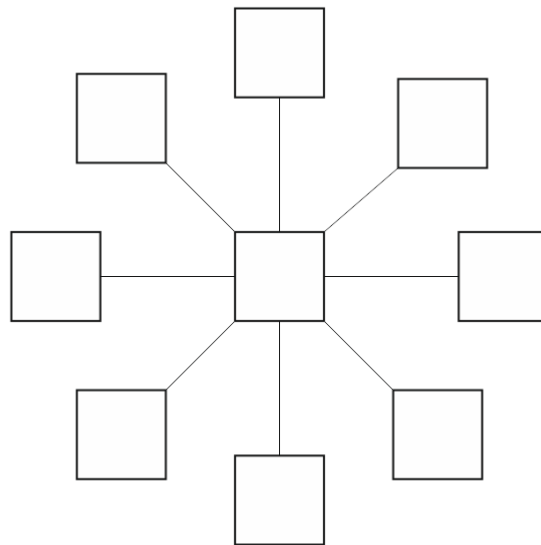
Komunikaci účastnických zařízení zprostředkovává hlavní přenosové médium (sběrnice). Jedná se o páteřní vedení, na které jsou napojeny všechny prvky sítě. Oba volné konce vedení musí být zakončeny odporovým terminátorem. Při souběžném přístupu více zařízení na přenosové médium dochází ke vzájemné kolizi, proto se musí zařízení řídit přístupovými metodami danými použitou technologií inteligentní elektroinstalace. Výhodou je jednoduchost instalace a nenáročnost na použité množství kabeláže. Nevýhodou je klesání výkonnosti sítě při připojení velkého množství zařízení a její úplná nefunkčnost při poruše páteřního vedení. [1] [5]



Obr. 5. Sběrníková topologie

3.1.2 Hvězdicová topologie

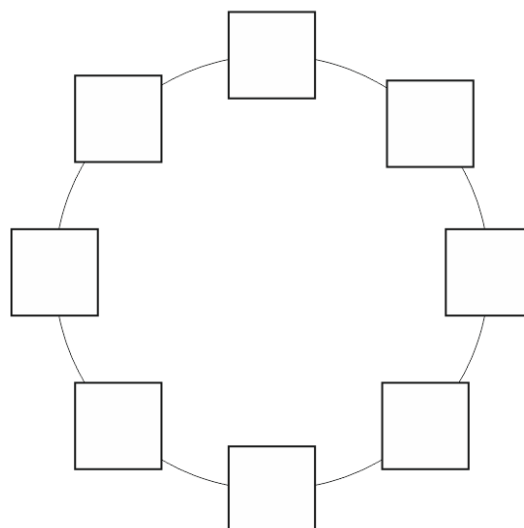
Všichni účastníci hvězdicové topologie se sbíhají do jednoho propojovacího centrálního uzlu. Mezi centrálním uzlem a zařízením připojeným na něj existuje vždy jen jedna cesta. Komunikace tedy probíhá na principu dvoubodového spoje. Výhodou je snadné nalezení závady při nefunkčnosti připojeného zařízení. Nevýhodou je vyšší náročnost na použité množství kabeláže a úplná nefunkčnost sítě při selhání centrálního prvku. [1] [5]



Obr. 6. Hvězdicová topologie

3.1.3 Kruhová topologie

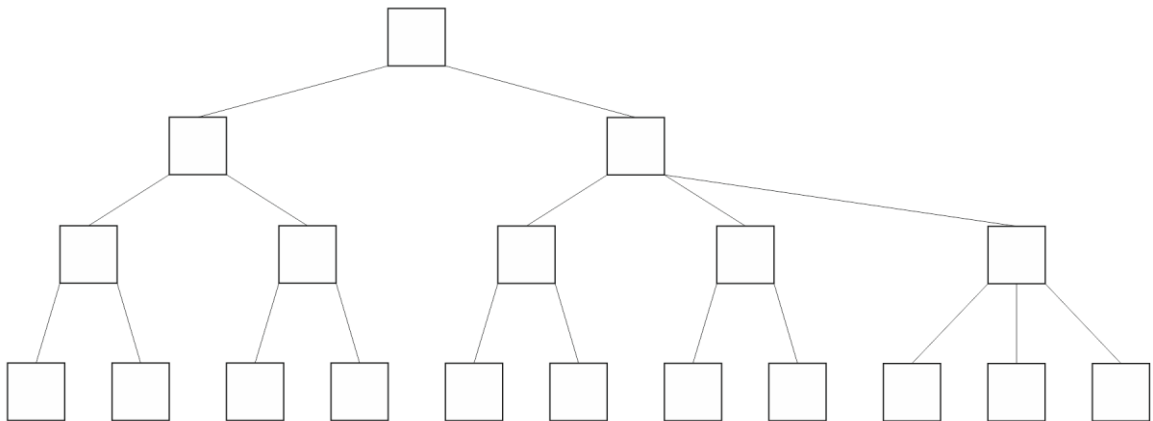
Topologie tvoří uzavřenou smyčku, ve které je každý účastník napojen na dva sousední uzly. Vysílaná zpráva prochází do cíle přes všechny mezilehlé uzly. Díky využití tzv. tokenu nedochází při vysílání dat ke kolizím. Účastník, který token obdrží, má právo vysílat a ostatní pouze naslouchají. Při poruše jednoho uzlu dochází k nefunkčnosti celé sítě. [5]



Obr. 7. Kruhová topologie

3.1.4 Stromová topologie

Vychází z hvězdicové topologie vzájemným propojením několika spojovacích prvků, které jsou centrem hvězdice. Tímto způsobem může být propojeno velké množství účastníků na rozlehlých plochách. Jednotlivé hvězdice mohou reprezentovat odlišná patra budovy nebo různá oddělení. [1]



Obr. 8. Stromová topologie

3.2 Přístupové metody

Při současném vysílání více účastníků na přenosovém kanálu vznikají kolize, které mají za následek vzájemné překrývání, rušení nebo mazání přenášených dat. Proto byly vyvinuty přístupové metody umožňující přístup ke kanálu bez vzniku kolizí.

3.2.1 Stochastické přístupové metody

Stochastické přístupové metody jsou založeny na náhodném přístupu uzlu k přenosovému médiu bez jakékoliv pořadí či garance úspěšného přenesení dat

➤ CSMA/CA

Účastník po určitou dobu naslouchá, zda nevysílá někdo jiný. Je-li kanál obsazený, počká, dokud se neuvolní. Jakmile zjistí, že je v kanálu klid, vyšle data. Pokud cílový účastník přijme vyslaná data v pořádku zašle potvrzení o přijetí. Když potvrzení nedojde, opakuje se celý cyklus od začátku. [1] [5]

➤ CSMA/CD

Stejně jako u CSMA/CA účastník periodicky testuje obsazení kanálu. Je-li kanál obsazený, počká, dokud se neuvolní. Jakmile zjistí, že je v kanálu klid, vyšle data.

Současně s odesíláním dat stále naslouchá, zda nevysílá někdo další. Pokud ano, dochází k detekci kolize a ukončí se přenos dat. Reakcí na vzniklou kolizi je vyslání tzv. jam signálu, který informuje ostatní účastníky o vzniklé kolizi. Potom se účastník odmlčí na náhodně stanovenou dobu a celý cyklus se opět opakuje od začátku. [1] [5]

Výhodou CSMA/CD je vyšší efektivnost, protože při detekci kolize zastaví vysílání dat, kdežto CSMA/CA odvysílá vždy data kompletní a čeká na potvrzení o přijetí.

3.2.2 Deterministické přístupové metody

Deterministické přístupové metody jsou založeny na řízeném přístupu uzlu k přenosovému médium. Řízení probíhá na základě předávání speciálního paketu.

➤ Token

Po síti je přenášen prázdný paket nazývaný token. Uzel, který potřebuje komunikovat, musí počkat, než k němu token dorazí. Po jeho obdržení změní příznak paketu, doplní hlavičku, naplní datové pole a odešle paket k cílovému uzlu. Cílový uzel po jeho obdržení zkontroluje kontrolní součty, nastaví příslušné příznakové bity a pošle paket dále. Jakmile paket dorazí zpět k tomu uzlu, který data poslal, přemění datový paket opět na prázdný token a pošle ho dále a celý cyklus se opakuje. [5]

3.3 Kódování linky

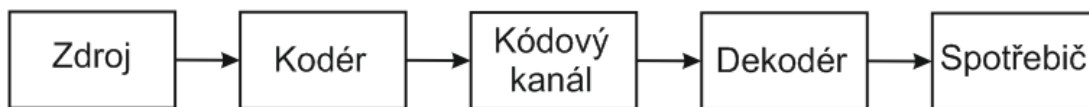
Z technického hlediska můžeme subsystém přenosu dat rozdělit na základní řetězec o třech blocích, který zahrnuje vysílač, kanál a přijímač. Úkolem vysílače je přiřadit určitý fyzický signál posloupnosti dat přicházející na jeho vstup. Kanál slouží jako přepravní médium signálu k přijímači, který zpracovává přijatý signál zpět na posloupnost dat. [6]



Obr. 9. Obecné blokové schéma subsystému přenosu dat [6]

V technice přenosu dat se zpravidla používá dvojkový signál, jehož jeden charakteristický stav vyjadřuje nula (nulový bit) a druhý jednička (jedničkový bit). Posloupnost těchto znaků musí být transformována na fyzikální signál přenášený prostřednictvím kanálu. U

inteligentní elektroinstalace se zpravidla využívá metalického přenosového média a posloupnost bitů je tedy přeměněna na napěťové signály. [1] [6]

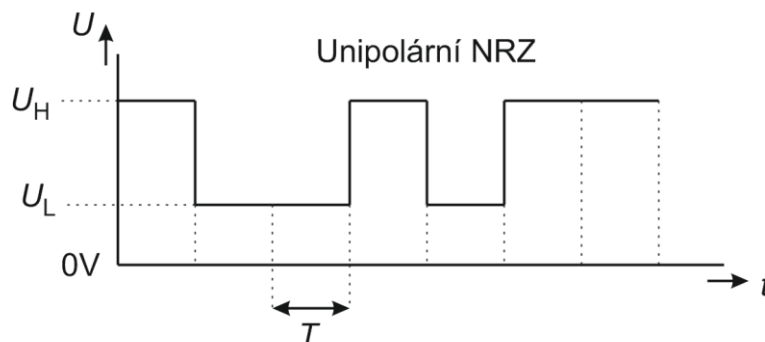


Obr. 10. Blokové schéma přenosu dat pomocí kódování [6]

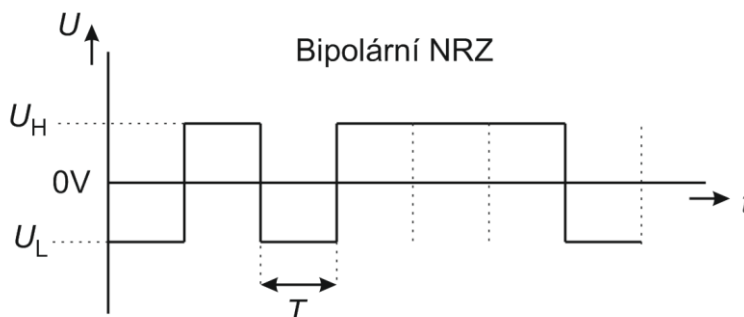
Mezi často využívané metody kódování patří NRZ a Manchester.

3.3.1 NRZ

Při kódování NRZ se používá dvou signálních prvků s konstantní úrovní napětí U_H a U_L v časovém intervalu T . Přiřazení prvků signálu jedničkovému a nulovému bitu je volitelné. Pokud jsou obě hodnoty reprezentovány kladným napětím, jedná se o kódování unipolární. Jestliže je jedna hodnota reprezentována kladným napětím a druhá záporným, jedná se o kódování bipolární. [1]



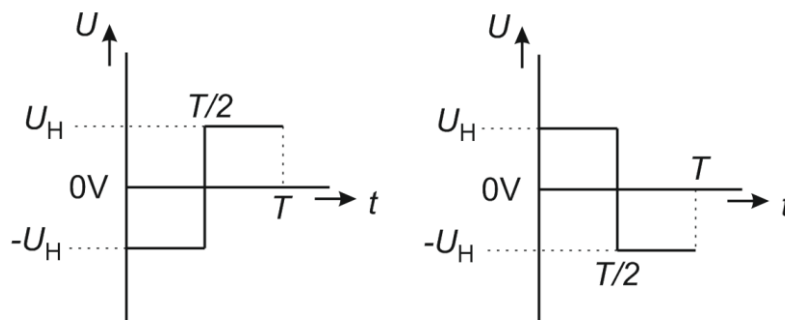
Obr. 11. Příklad unipolárního NRZ kódování



Obr. 12. Příklad bipolárního NRZ kódování

3.3.2 Manchester

Při kódování Manchester se používá dvou signálních prvků se dvěma intervaly T , přičemž po $T/2$ se hladina U_H změní na hladinu $-U_H$ a naopak. Přiřazení prvků signálu jedničkovému a nulovému bitu je volitelné. [1]



Obr. 13. Prvky signálu Manchesterského kódu [1]

Přiřazení prvků signálu k logickým stavům se vykonává dvěma způsoby:

➤ Bi-fázové

Stav „0“ se prvku signálu přiřadí, jestliže uprostřed intervalu hrana impulsu vzrůstá.

Stav „1“ se prvku signálu přiřadí, jestliže uprostřed intervalu hrana impulsu klesá.

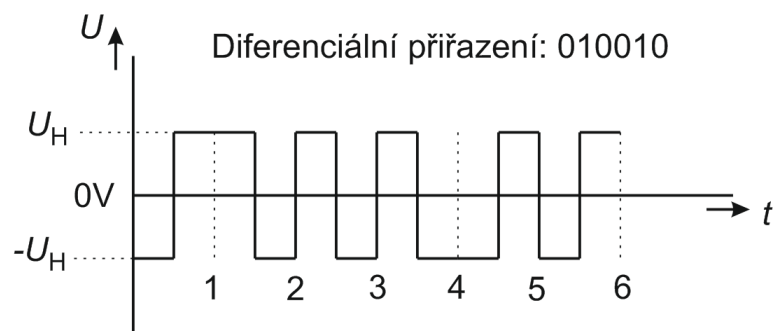
Pravidlo je však možno aplikovat i v obráceném pořadí. [1]



Obr. 14. Příklad Bi-fázového Manchesterského kódování

➤ Diferenciální

Přiřazení prvků „0“ a „1“ není pevné, ale závisí na poslední hladině předchozího prvku signálu. V případě stavu „1“ se poslední hladina (U_H resp. $-U_H$) předcházejícího prvku signálu zachová. V případě stavu „0“ se poslední hladina (U_H resp. $-U_H$) předcházejícího prvku signálu mění ve svůj opak (na $-U_H$ resp. U_H). [1]



Obr. 15. Příklad Diferenciálního Manchesterkého kódování

3.4 Přenosová rychlost

Přenosová rychlost neboli propustnost kanálu udává počet jednotek bitů, které se přenesou v daném časovém intervalu. Jednotkou je bit za sekundu (bit/s). Přenosová rychlost bývá uváděna s předponou násobného množství (kbit/s, Mbit/s, Gbit/s). [1]

Pro zjištění maximální možné přenosové rychlosti existuje vztah:

$$R = F \cdot \log_2 S \quad [\text{bit/s}] \quad (1)$$

kde

F je šířka pásma přenosového média (Hz)

S je počet charakteristických stavů číslicového signálu (-)

3.5 Odezva

Zpoždění odezvy (latence) je vyjádřeno dobou, která uběhne od vyslání požadavku na akci do jeho provedení. Dobu latence ovlivňuje použitá technologie i kvalita sítě. Obvykle se měří v milisekundách. Lze rozlišit dva základní druhy:

- **Jednosměrná** – doba mezi odesláním paketu a jeho přijetím
- **Obousměrná** – doba zahrnující odeslání paketu k cíli, jeho zpracování a odeslání zpět k původnímu zdroji

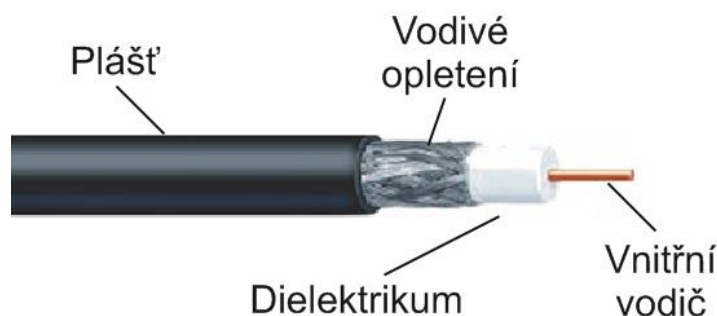
3.6 Přenosová média

Přenosové médium složí jako fyzická komunikační cesta mezi uzly sítě.

3.6.1 Koaxiální kabel

Kabel je tvořen jádrem z měděného vodiče, které je obaleno isolačním materiálem (dielektrikem). Izolátor je uzavřen do vodivého opletení, které má formu tkané mřížky. Opletení je ukryto do ochranného plastického pláště. [5]

Širší použití mají dva typy koaxiálních kabelů. Kabel s impedancí 50 Ω , který se používá pro digitální přenos a 75 Ω , který je využit pro přenos analogového signálu. Existuje celá řada variant lišících se tloušťkou vnitřního vodiče i dielektrika. Přenosová rychlost tedy souvisí s délkou a tloušťkou použitého kabelu. Kabel délky 500 m může přenášet data rychlostí 10 Mbit/s. Na kratších kabelech lze použít i vyšší rychlosti. [5]

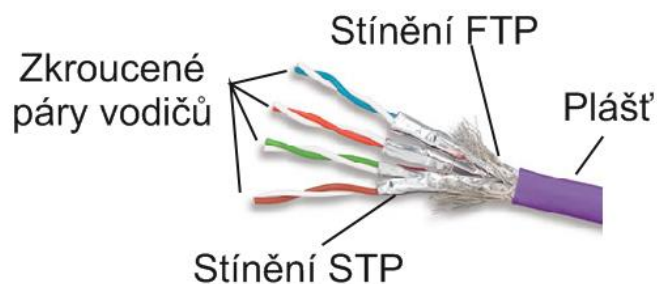


Obr. 16. Koaxiální kabel

3.6.2 Kroucená dvojlinka

Kroucenou dvojlinku tvoří dva izolované vodiče o průměru od 0,3 mm do 0,8 mm. Vodiče jsou závitovitě zkrouceny kolem sebe. Kroucením se zmenší elektrická interference mezi dvojicemi vodičů umístěných blízko sebe. Běžným provedením jsou varianty se 2 nebo 4 skroucených páry vodičů. Dále se kabel kroucené dvojlinky dělí dle stínění: [5] [7]

- **UTP** – kabel neobsahuje žádné stínění
- **FTP** – jedno stínění kolem všech párů
- **STP** – každý pár vodičů je stíněn zvlášť
- **S/FTP** – každý pár vodičů je stíněn zvlášť + jedno stínění kolem všech párů



Obr. 17. Kroucená dvojlinka S/FTP

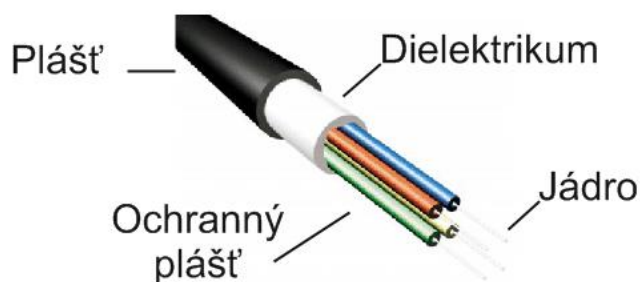
Kroucená dvojlinka se dělí na základě šířky pásma do několika kategorií od analogové telefonní linky vhodné jen pro přenos hlasu až po vysokorychlostní ethernet.

Kategorie	Šířka pásma	Přenosová rychlost
CAT 1	0,4 MHz	do 1 Mbit/s
CAT 2	4 MHz	4 Mbit/s
CAT 3	16 MHz	10 Mbit/s
CAT 4	20 MHz	16 Mbit/s
CAT 5	100 MHz	100 Mbit/s
CAT 5e	100 MHz	1 Gbit/s
CAT 6	250 MHz	10 Gbit/s
CAT 7	600 MHz	10 Gbit/s

Tab. 1. Kategorie kroucené dvojlinky

3.6.3 Optické vlákno

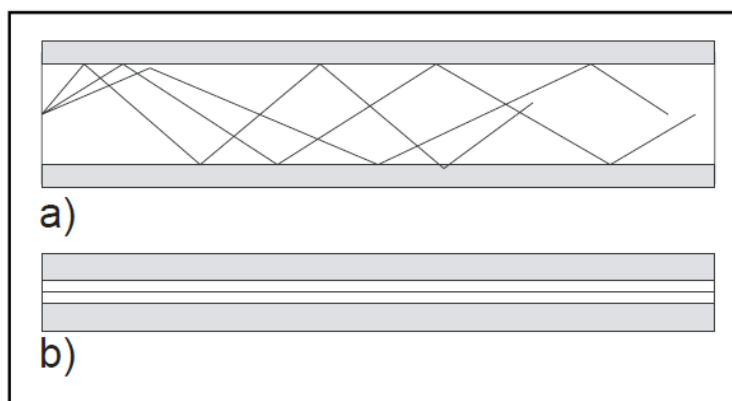
Přenosové médium je velmi tenké skleněné vlákno nebo vlákno z taveného křemíku eventuálně i z plastu určené pro vysokorychlostní přenosy na velké vzdálenosti. Jsou necitlivé vůči elektromagnetickému rušení avšak velmi citlivé na mechanické namáhání a ohyby. [7]



Obr. 18. Optické vlákno

Optické kabely se dělí dle typu jádra na:

- **Jednovidové** – jádrem se šíří jeden paprsek
 - menší průměr jádra (8 až 10 μ m)
 - vyšší rychlost (až 50 Gbit/s)
- **Mnohovidové** – jádrem se šíří mnoho různých paprsků pod různými úhly
 - větší průměr jádra (50 až 125 μ m)
 - nižší rychlost (až 10 Gbit/s)



Obr. 19. Optické vlákno: a) mnohovidové, b) jednovidové [7]

3.6.4 Radiové vlny

U bezdrátových přenosových médií není pro určení mezí šíření signálu ani tak určující prostředí, jako šířka pásma signálu vysílaného anténou. Šířka pásma signálu je obvykle rozložena okolo nějaké centrální frekvence. Čím je tato frekvence vyšší, tím širší bývá šířka pásma signálu a tudíž i vyšší rychlost přenosu dat. Na nižších frekvencích převažuje všesměrové šíření, na vyšších frekvencích lze šíření signálu lépe směřovat. [5]

Pro digitální paketovou komunikaci se využívá frekvence od 300 MHz do 3 GHz. Jedná se o pásmo ultra krátkých vln.

4 NÁVRH OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY

Cílem návrhu osvětlovací soustavy je vytvoření optimální zrakové pohody, která odpovídá potřebám člověka jak při práci tak i při odpočinku a umožňuje zraku optimálně plnit jeho funkci. Správné osvětlení, navržené podle zásad současné světelné techniky, respektující psychologické, fyziologické a biologické požadavky ovlivňuje kvalitu práce, únavu a zdravotní stav lidského organismu. [4]

Návrh osvětlovací soustavy vychází z řady dílčích hledisek, které se zohledňují při vytváření požadovaného světelného mikroklimatu. Tyto hlediska lze rozdělit na:

- **Vizuálně architektonické** – vizuální vzhled svítidel v daném prostoru
- **Světelně technické** – tvorba vhodných světelných podmínek pro danou zrakovou činnost vykonávanou na řešeném prostoru
- **Provozně technické** – energetická náročnost osvětlovací soustavy a její nároky na provoz i údržbu

4.1.1 Volba typu osvětlovací soustavy

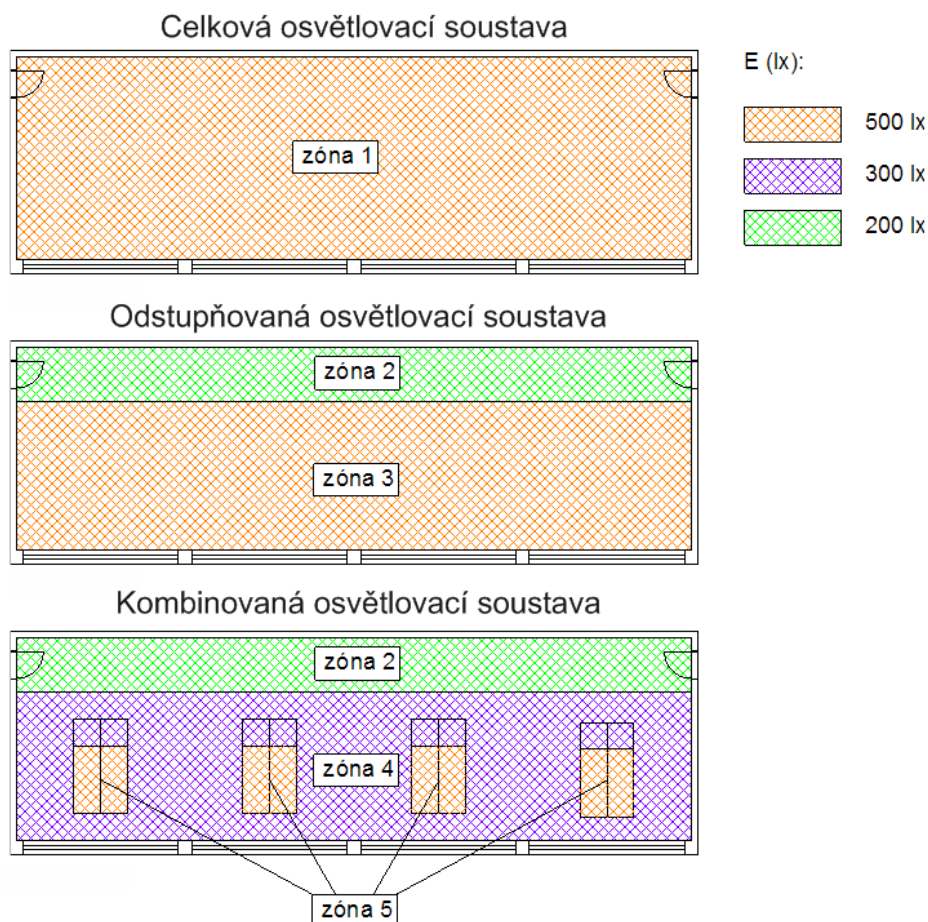
Osvětlovací soustava je soubor světelně technického zařízení sloužícího k vytvoření požadovaného světelného prostředí s náležitou hodnotou intenzity. Čím je zrakový výkon obtížnější, tím je vyšší intenzita osvětlení na základě toho, že oko musí rozlišovat menší detaily. Doporučené hodnoty intenzity umělého osvětlení jsou udávány mezinárodní organizací CIE. [4]

Prostor, Místo, Druh činnosti	Osvětlenost v lx
Základní jednoduchá zraková orientace v prostředí	20 – 30 – 50
Jednoduchá orientace, kratší doba jednoduché činnosti	50 – 75 – 100
Prostory, které nejsou dlouhodobě užívány pro pracovní účely, prostory obytné a společenské	100 – 150 – 200
Zraková místa pro jednodušší a běžné pracovní úkoly (kanceláře, školy)	200 – 300 – 500
Zraková místa pro vizuálně náročnější déle trvající pracovní úkony	500 – 750 – 1000
Zvláště náročné zrakové úkoly	1000 – 1500 – 2000
Velmi náročné zrakové úkoly	více než 3000

Tab. 2. Doporučené hodnoty intenzity umělého osvětlení podle CIE [4]

Dle charakteru osvětlovaného prostoru lze rozdělit osvětlovací soustavu do základních typů funkčních zón:

- **Celkové osvětlení** – Požadovanou osvětlenost, která je daná na základě nejnáročnější vykonávané zrakové činnosti zajišťuje rovnoměrně po celém prostoru. Tento typ vykazuje nejvyšší energetickou náročnost. [13]
- **Odstupňované osvětlení** – Osvětlovaný prostor je rozdělen do funkčně odstupňovaných zón lišících se charakterem vykonávané zrakové činnosti. Při dělení na jednotlivé zóny se bere v potaz i rozložení denní osvětlenosti prostoru. [13]
- **Místní osvětlení** – Slouží jako doplněk k osvětlovací soustavě u jednotlivých pracovišť. Zvyšuje osvětlenost na omezené ploše a zpravidla bývá samostatně ovládané. [13]
- **Kombinované osvětlení** – Jedná se o kombinaci celkového nebo odstupňovaného osvětlení s osvětlením místním. Tato varianta se považuje za energeticky nejúčinnější způsob osvětlení. [13]



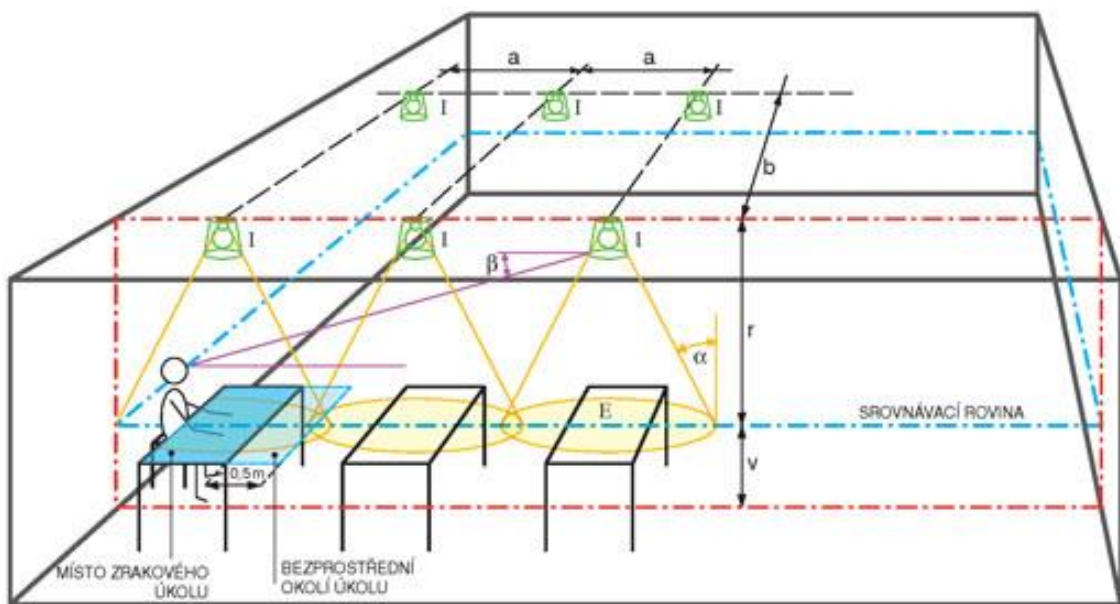
Obr. 20. Příklad funkčně vymezených zón osvětlovací soustavy [13]

Jako příklad je zde uveden obrázek číslo 20, kde je požadovaná osvětlenost na pracovištích 500 lx. Tohoto požadavku lze dosáhnout pomocí celkového, odstupňovaného i kombinovaného osvětlení. Energetická náročnost takto složených soustav je přibližně v poměru 100% : 80% : 50% (celkové osvětlení : odstupňované osvětlení : kombinované osvětlení). [13]

4.1.2 Výpočet intenzity umělého osvětlení

Základní veličinou, kterou se hodnotí umělé osvětlení, je intenzita osvětlení E [lx]. Pro bodový zdroj o svítivosti I [cd] s paprsky dopadajícími pod úhlem α [°] k normále srovnávací plochy ve vzdálenosti r [m] platí: [26]

$$E = I \cdot \cos \frac{\alpha}{r^2} \quad [\text{lx}] \quad (2)$$



Obr. 21. Veličiny související s umělým osvětlením [26]

4.1.3 Volba světelně-technických parametrů

➤ Měrný světelný výkon

Měrný výkon udává účinnost, s jakou svítidlo přemění elektřinu na světlo, neboli kolik lumenů světelného toku se získá z 1 wattu elektrického příkonu. Má také zásadní vliv na spotřebu elektrické energie. [15]

Je definován vztahem:

$$\eta = \frac{\Phi_v}{P}, \quad (3)$$

kde

Φ_v je světelný tok v lumenech (lm)

P je elektrický příkon ve wattech (W)

Jednotkou měrného světelného výkonu je lumen na watt ($\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$).

➤ Index barevného podání

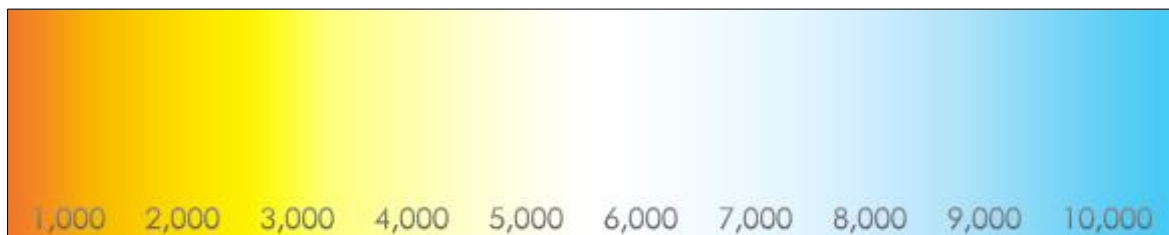
Všechny světelné zdroje by měly podávat svým světelným tokem barvy okolí co nejméně, jak je tomu u přirozeného denního světla. Měřítkem této vlastnosti je bezrozměrná veličina indexu barevného podání R_a , která je udávána v rozsahu od 0 do 100. Index barevného podání 100 mají světelné zdroje, které zobrazují barvy věrně, to znamená stejně jako denní světlo. Index barevného podání 0 mají naopak světelné zdroje, které vyzařují veškerý světelný tok na jedné vlnové délce, tudíž nemůže docházet k rozeznání barev, protože tyto barvy nejsou ve spektru obsaženy. [15]

➤ Teplota chromatičnosti

Teplota chromatičnosti světelného zdroje má výrazný vliv na vhodnost jeho použití. Určuje se na základě porovnání s tzv. černým tělesem a je znázorněna Planckovou křivkou. Pokud se zvýší teplota černého tělesa, zvětší se ve spektru podíl modré složky a podíl červené složky se zmenší a naopak. Jednotkou teploty chromatičnosti je Kelvin (K). [15]

Rozlišují se tři hlavní skupiny teplot:

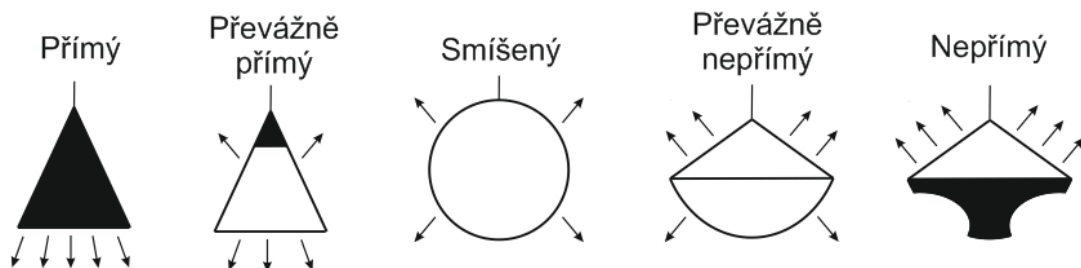
- **Teple bílá:** do 3 300 K
- **Neutrálně bílá:** 3 300 – 5 000 K
- **Chladně bílá:** nad 5 000 K



Obr. 22. Znázornění rozsahu barevného podání umělých světelných zdrojů

➤ Rozložení vyzařovaného světelného toku

Z pohledu rozložení vyzařovaného světelného toku se osvětlovací soustava dělí na přímé, přímo-nepřímé nebo nepřímé světelné zdroje. Přímé osvětlení je z hlediska dosažení kvantitativních parametrů osvětlení energeticky neúčinnější, nepřímé osvětlení je nejméně účinné.



Obr. 23. Rozdělení světelných zdrojů podle rozložení vyzařovaného světelného toku

Typ zdroje	Světelný tok do dolního poloprostoru (%)	Světelný tok do horního poloprostoru (%)
Přímý	90 až 100	0 až 10
Převážně přímý	60 až 90	10 až 40
Smíšený	40 až 60	40 až 60
Převážně nepřímý	10 až 40	60 až 90
Nepřímý	0 až 10	90 až 100

Tab. 3. Rozdělení světelných zdrojů podle rozložení vyzařovaného světelného toku [15]

➤ Doba životnosti

Životnost světelného zdroje je doba jeho funkce v hodinách do okamžiku, kdy přestal splňovat stanovené požadavky. V průběhu činnosti probíhají ve světelném zdroji různé procesy, které způsobují postupné změny jeho technických parametrů, a určují tak dobu jeho funkce. V této souvislosti se používá pojmů užitečná a fyzická životnost. [15]

- **Užitečná životnost** – doba funkce zdroje, během níž si jeho parametry zachovávají hodnoty ležící v určitých stanovených mezích. [15]
- **Fyzická životnost** – celková doba svícení do okamžiku úplné ztráty provozuschopnosti. [15]

4.1.4 Dimenzování osvětlovací soustavy

Výsledná hodnota dosažené osvětlenosti na srovnávací rovině nebo v místě zrakového výkonu je při návrhu osvětlovací soustavy vždy vyšší, než jsou hodnoty uvedené v normách. Hlavním důvodem je, že požadované parametry osvětlení musí být dodrženy po celou dobu životnosti osvětlovací soustavy. Vzhledem k tomu, že dochází ke stárnutí osvětlovací soustavy mající za následek pokles světelného toku svítidel, musí být osvětlovací soustava předdimenzovaná. Jako další důvod vyšších hodnot parametrů osvětlení je, že se světelné zdroje a svítidla vyrábějí v určitých výkonových řadách, a proto zpravidla nelze přesně dosáhnout požadovaných světelně technických parametrů, ale je třeba zvolit nejbližší vyšší výkonový stupeň daného technického zařízení. [13]

4.1.5 Využití denního světla

Osvětlení prostoru nebo místa zrakového výkonu se neposuzuje podle toho, zda je dosaženo umělým nebo denním osvětlením. Dobře navržené denní osvětlení umožní snížit požadavky na dobu provozu soustavy umělého osvětlení. V případě dostatečného denního osvětlení v řešeném prostoru lze dosáhnout významných úspor kontrolou úrovně denního osvětlení prostřednictvím řídicího systému. Informace ze světelných čidel umožňují omezit dobu provozu umělé osvětlovací soustavy, případně její intenzitu upravit tak, aby nesvítila naplno v době dostatečného denního osvětlení. Při výrazném přesažení dané intenzity osvětlení vznikající přímým slunečním svitem lze omezit množství oslňujícího denního světla pomocí regulace žaluzií. Světelné senzory používají pro snímání intenzity osvětlení především fotodiod nebo fototranzistorů, přičemž nastavení referenční hodnoty osvětlenosti se provádí přímo na senzoru. Některé typy senzorů jsou vybaveny pohybovými čidly a regulují úroveň osvětlení podle denního osvětlení i přítomnosti osob. [4] [13]

4.1.6 Kontrola přítomnosti osob

Řada místností v budově nebývá využívána po celou přítomnosti osob a často může docházet k tomu, že v průběhu nepřítomnosti zůstává osvětlovací soustava zapnuta. Pokud uživatel není v místnosti přítomný, nemá význam, aby osvětlovací soustava byla v provozu. Pro kontrolu přítomnosti osob se používají pohybová čidla. Na základě informací z pohybových čidel se pak zapínají/vypínají příslušná svítidla, osvětlovací soustava nebo její části, případně se omezuje jejich výkon. [13]

4.1.7 Zavedení časových režimů

Osvětlovací soustava plní svoji hlavní funkci zpravidla pouze po určitou část dne. Po skončení vymezené doby je možné ji vypnout nebo ji přepnout do jiného režimu, ve kterém přejímá jinou funkci. Proto, aby osvětlovací soustava byla provozována pouze po definovanou dobu, případně aby se automaticky přepnula do jiného provozního režimu, slouží časové ovládací prvky. Ty mohou, dle nastavení, ovládat osvětlovací soustavu jednoduchým zapínáním nebo vypínáním, případně mohou být součástí řídicího systému, který na základě informace z časového ovládacího prvku spouští přednastavené světelné scény. [13]

4.1.8 Výpočet spotřeby elektrické energie osvětlovací soustavy

Při posuzování energetické náročnosti osvětlení je potřeba znát příkon instalovaných svítidel, charakter provozu objektu a časové využití příkonu osvětlovací soustavy v průběhu určitého období, např. roku. Ovšem pro přesné hodnocení energetické náročnosti osvětlení objektu či jeho dílčích částí je nutné přímé měření spotřeby elektrické energie elektroměrem. [14]

Spotřeba elektrické energie osvětlení se stanoví dle normy ČSN EN 15193 ze vzorce:

$$W = (P_n \cdot F_C) \cdot \frac{(t_D \cdot F_O \cdot F_D) + (t_N \cdot F_O)}{1000}, \quad (4)$$

kde

- P_n je celkový instalovaný příkon svítidel ve wattech (W)
- t_D je doba provozu s denním osvětlením v hodinách (h)
- t_N je doba provozu bez denního osvětlení v hodinách (h)
- F_D je činitel respektující využití denního světla (-)
- F_O je činitel respektující obsazení prostoru (-)
- F_C je činitel charakterizující vliv regulace osvětlovací soustavy na konstantní osvětlenost (-)

Jednotkou spotřebované elektrické energie je počet kilowatthodin za rok ($\text{kWh} \cdot \text{rok}^{-1}$).

5 VŠEOBECNÝ POSTUP PŘI PROJEKTOVÁNÍ SYSTÉMU

Projektování komunikačního systému inteligentní elektroinstalace je proces skládající se z několika po sobě jdoucích kroků od návrhu až po samotnou realizaci systému. Pro dosažení stanoveného cíle je potřeba dodržovat naplánované postupy ve všech etapách projektu.

5.1 Příprava projektu

5.1.1 Projektová studie

Projektová nebo také úvodní studie formuluje představu zadavatele o účelu vytvoření komunikačního systému a požadavcích na něj. Cílem je vytvoření základní koncepce, která jasně definuje oblast a rozsah automatizace. Záměr musí popisovat podstatu problému, specifikovat přínosy a vyhodnotit ekonomickou efektivnost. V této fázi se nepopisuje podrobně chování a funkčnost systému. [7] [8]

5.1.2 Zadání nabídky

V zadání nabídky oslovené společnosti písemně definují předpokládanou dobu realizace, obchodní podmínky včetně platebních podmínek a požadavky na technické řešení systému. Zadavatel si pak na základně zvolených kritérií zvolí nejvhodnější nabídku. [7]

5.2 Zpracování dokumentace

5.2.1 Strukturální analýza

Zachycuje první konkrétní podobu systému formulovaného v předchozích dokumentech a slouží jako podklad pro podrobný návrh systému v projektové dokumentaci. V strukturální analýze je obsažen detailní rozbor systému specifikující jeho konkrétní technické i programové prostředky, postup tvorby systému včetně časového plánu realizace a kalkulace skutečných finančních nákladů. Výsledkem analýzy je grafický model reálného systému (např. diagram) popisující všechny jeho procesy a datové toky. [7] [8]

5.2.2 Projektová dokumentace

Dokumentuje systém do podrobností nezbytných pro jeho vybudování. Popisuje podrobně všechny detaily montáže včetně časového plánu, sestavení zařízení, umístění kabelových rozvodů a uvedení jednotlivých částí do provozu. Dále obsahuje dokumentaci popisující hardwarovou specifikaci i softwarové vybavení a pokyny pro obsluhu systému. Projektová

dokumentace se zpracovává formou výkresů, tabulek a textu. Při tvorbě projektové dokumentace je důležité dodržení platných zákonů a norem. [7] [8]

5.3 Realizace systému

5.3.1 Dodavatelská a montážní činnost

Zajištění, doprava a instalace programových prostředků, technického zařízení i dalších materiálů daných v projektové dokumentaci. Provedení souvisejících doprovodných stavebních prací za dodržení platných bezpečnostních předpisů. Konfigurace prostředků a jejich uvedení do provozu s následnou kontrolou parametrů systému, otestováním funkčnosti a případným doladěním. Tvorba protokolu o převzetí systému zadavatelem a předání příruček a školicích textů. [7] [8]

5.3.2 Provoz a údržba

Uživatel přebírá systém do své péče a začíná běžet záruční provoz po dobu danou ve smluvních podmínkách. Zhotovitel zajišťuje po tuto dobu údržbu systému s ohledem na vývoj potřeb uživatele. Dále může uživateli poskytovat poradenské a informační služby. [7] [8]

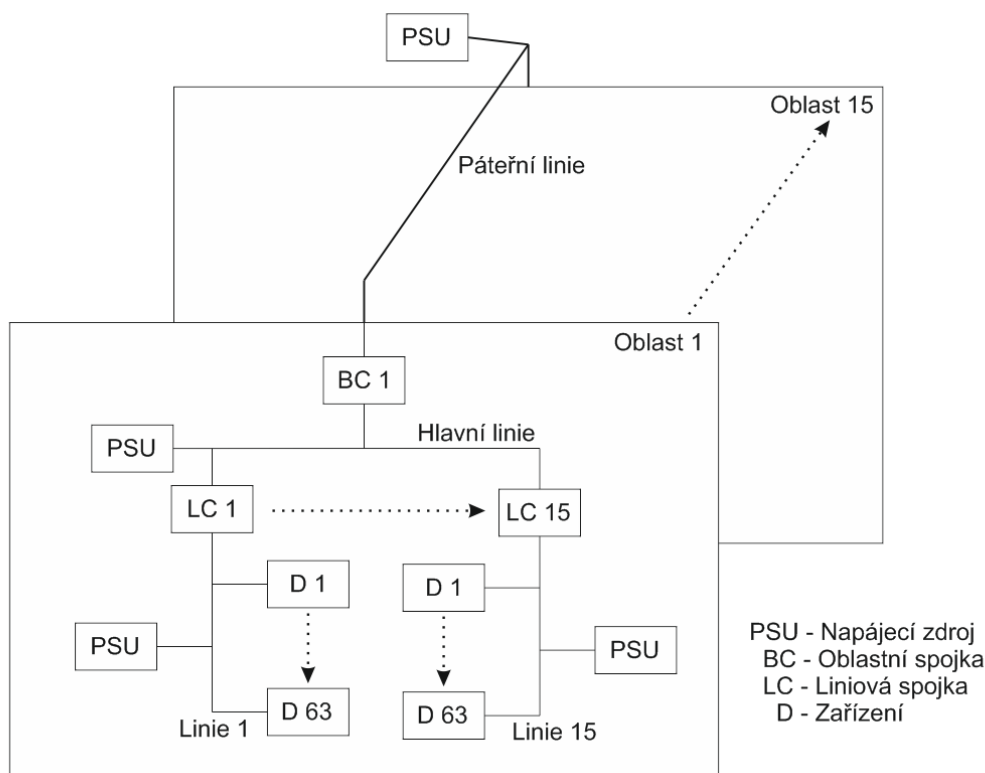
6 POPIS VYBRANÝCH KOMUNIKAČNÍCH SYSTÉMŮ

6.1 KNX/EIB

Evropská instalační sběrnice KNX/EIB je otevřený decentralizovaný systém využívaný v systémové technice budov pro datové propojení zařízení na sběrnici. Zařízení instalovaná do sběrnice systému KNX/EIB jsou dodávána různými výrobci a proto se musí řídit normami řady ISO/IEC 14543 pro dodržení vzájemné kompatibility při komunikaci. [1]

6.1.1 Struktura systému KNX/EIB

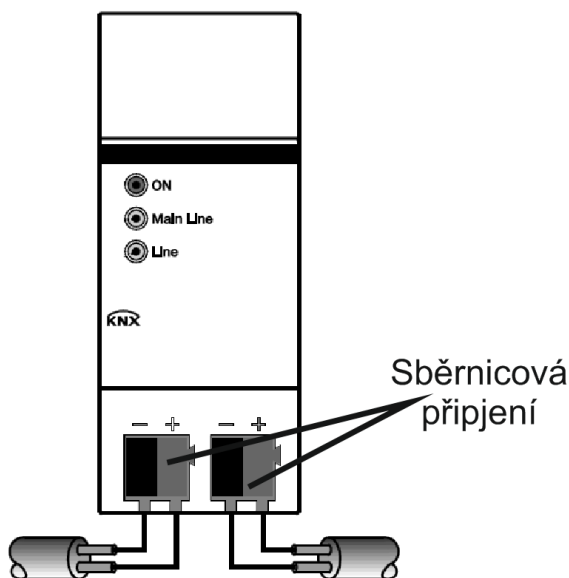
Mezi povolené topologie systému KNX/EIB patří stromová, hvězdicová a sběrnice struktura a jejich vzájemné kombinace. Kruhová topologie není povolena.



Obr. 24. Struktura zapojení systému KNX/EIB

Zařízení jsou propojena liniovým vedením, kde může být až 64 zařízení nebo 63 zařízení a 1 liniová spojka. Více liniových vedení spojených pomocí hlavní linie tvoří jednu oblast. V jedné oblasti může být maximálně 15 liniových vedení a celý systém může obsahovat maximálně 15 oblastí. Teoreticky může tedy být v systému napojeno až 14400 zařízení, avšak v praxi se počítá s určitými rezervami a počet zařízení v celém systému se zpravidla pohybuje kolem 12000. [1] [11]

Liniová nebo oblastní spojka je systémová jednotka sloužící k inforatickému propojení linií a může také zajišťovat funkci filtrace na základě filtrační tabulky uložené v EEPROM paměti. Filtrace umožňuje odlehčení zátěže přenášenými daty na linii tím, že propouští telegramy jen tam, kde jsou vyžadovány. [1]



Obr. 25. Liniová spojka systému KNX/EIB [12]

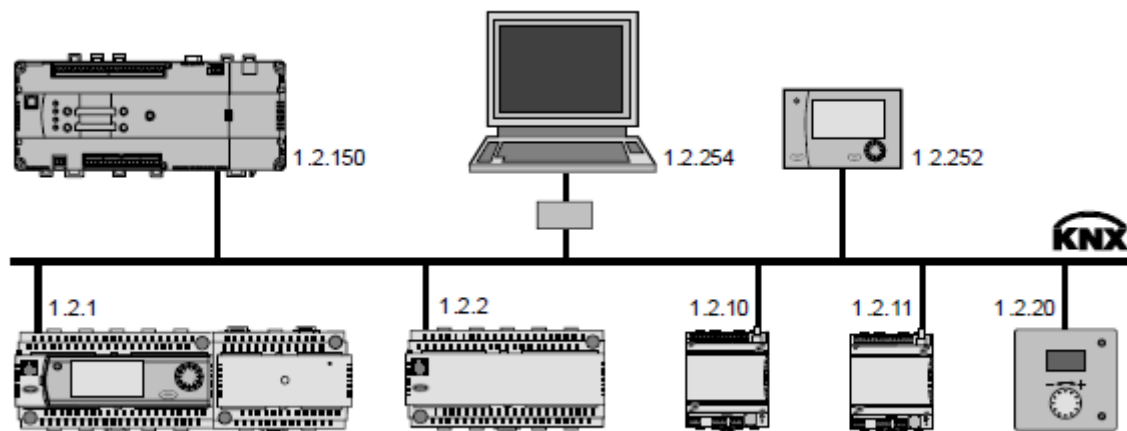
Aktory jsou napájeny ze silové sítě konvenční elektroinstalace 230 V AC, sensorům stačí zpravidla napájení z liniového vedení. Každá linie je zásobována energií z vlastního napájecího zdroje o jmenovitém napětí 24 V DC. Obě sítě musí být od sebe galvanicky odděleny. [1]

Celková délka kabeláže v jedné linii nesmí přesáhnout vzdálenost 1000 m. Největší vzdálenost mezi dvěma zařízeními v linii je 700 m, avšak největší vzdálenost mezi napájecím zdrojem a zařízením je 350 m. [11]

6.1.2 Komunikace v systému KNX/EIB

Všechna zařízení účastníci se komunikace musí mít unikátní adresu v rámci sítě, která je nahaná do jejich EEPROM paměti za pomoci konfiguračního softwaru ETS3. Syntaxe adresy každého zařízení se skládá ze tří identifikačních číslic: oblast, linie a zařízení, které jsou odděleny tečkami. Takto zadaná adresa jednoznačně identifikuje připojené zařízení, ale také udává místo jeho topologické polohy v síti. Mimo adresy unikátní existují ještě logické skupinové adresy, které mohou sdružovat určitou skupinu zařízení (např. všechny žaluzie v

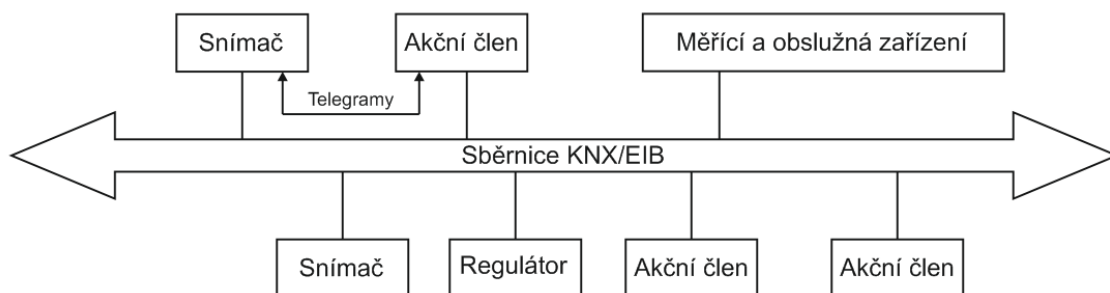
místnosti). Logické adresy využívají pro oddělování místo tečky znaku lomítko (skupina/meziskupina/podskupina). [1]



Obr. 26. Příklad rozdělení adres v jedné linii systému KNX/EIB [11]

Adresy zařízení mohou být libovolně voleny z čísel v rozsahu od 1 do 255. Stále ale platí podmínka, že v jedné linii může být maximálně 64 adresovatelných zařízení. Adresy oblastí a linií se volí z rozsahu 1 až 15, který je dán topologickým omezením sítě. Jako příklad je zde uveden obrázek číslo 26, na kterém se nacházejí zařízení v druhé linii první oblasti. [11]

Informace mezi zařízeními se šíří prostřednictvím datových telegramů na úrovni Peer-to-peer za pomoci NRZ kódování. Pakety se rozlišují na datové (příkaz) a potvrzující (zpětné hlášení). Pro zabránění jejich konfliktu na sběrnici se využívá přístupové metody CSMA/CA. [1]



Obr. 27. Znárodnění komunikace systému KNX/EIB

Datový paket KNX/EIB je rozdělen do 8 částí a nabývá velikosti 64 bitů až 184 bitů.

8 bit	16 bit	16 bit	1 bit	3 bit	4 bit	8 - 128 bit	8 bit
Kontrolní pole	Adresa odesílatele	Adresa příjemce	Typ adresy příjemce	Přepravní pole	Délka datového pole	Datové pole	Zkušební pole

Obr. 28. Datový paket systému KNX/EIB

- Kontrolní pole se skládá z úvodních bitů definujících, že jde o platný telegram protokolu KNX/EIB. Dále je v něm zanesena priorita přenášeného telegramu, která nabývá jedné ze čtyř možných hodnot: Systémová (systémový telegram), Poplachová (telegram typu alarm), Vysoká (přednostní telegram), Nízká (normální telegram). [13]
- Adresa odesílatele definuje zařízení, které vyslalo datový telegram a je vždy jednoznačná. [13]
- Adresa příjemce může adresovat pouze jedno konkrétní zařízení (individuální) nebo více zařízení zároveň (skupinová). [13]
- Typ adresy příjemce udává, zda se jedná o adresu individuální nebo adresu skupinovou. [13]
- Přepravní pole určuje omezení v počtu přenosů. Vždy když paket projde linií nebo oblastní spojkou sníží se tato hodnota o jedničku. Možné varianty počtu přenosů jsou: Neomezeně, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0 (přenos dále již není možný). Standardní hodnota počtu přenosů je 6. [13]
- Délka datového pole informuje o velikosti přenášené informace v datovém poli. [13]
- Datové pole obsahuje pokyny pro dané zařízení. Je tvořeno podle předdefinované jednotné normy, aby byla zajištěna správná funkčnost různých zařízení. [13]
- Zkušební pole slouží k identifikaci chyb při přenosu pomocí křížové kontroly. Dokáže odhalit až tři chybné bity. Reakcí na detekci chyby je opakování vysílání telegramu. [13]

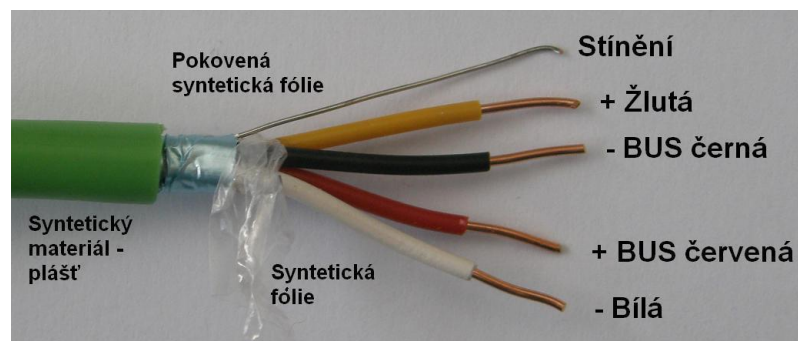
Potvrzující paket KNX/EIB je příjemcem ihned zaslán odesílateli ve tvaru: ACK (telegram byl správně přijat a zpracován), NACK (telegram byl chybně přijat), BUSY (telegram nemohl být zpracován). Na základě odpovědi zpětného hlášení vyhodnotí odesílatel, zda komunikace proběhla v pořádku nebo je potřeba opakovat vysílání paketu. [13]

6.1.3 Přenosová média systému KNX/EIB

Přenosový kanál se u KNX nejčastěji realizuje pomocí kroucené dvojlinky, tento způsob přenosu se značí jako KNX/TP. Další již méně používané techniky jsou přenos po silnoproudém vedení KNX/PL nebo radiový přenos KNX/RF.

➤ KNX/TP

Přenosovým médiem je kabel kroucené dvojlinky typu YCYM 2x2x0,8. Tato dvojlinka má typické zelené PVC opláštění a je složena ze dvou párů žil o průměru 0,8 mm. Může pracovat v rozsahu teplot od -30 °C do +70 °C při provozním napětím max. 300 V AC nebo 800 V DC. Pro přenos dat a současně napájení senzorů se využívá páru žil s červeným (+) a černým (-) vodičem. Druhý pár žil se žlutým a bílým vodičem slouží jako rezervní. Přenosová rychlost dosahuje 9,6 kbit/s. [1] [10]



Obr. 29. Kroucená dvojlinka YCYM 2x2x0,8 [10][10][10]

[10][10][10][10][10][10][10][10]

➤ KNX/PL

Přenosovým médiem je silnoproudá síť 230 V AC. Logickou nulu při přenosu dat představuje frekvence 105,6 kHz a logická jednička je reprezentována frekvencí 115,2 kHz. Přenosová rychlost dosahuje 1,2 kbit/s. Tato varianta se využívala především u rekonstrukcí, kde nebylo možné natáhnout kabeláž kroucené dvojlinky. V dnešní době je nahrazována radiovým přenosem, protože silnoproudé vedení není přizpůsobeno k datové komunikaci kvůli své frekvenční a časové proměnlivosti.

Silnoproudé vedení také představuje díky šumu velmi zarušené přenosové medium.

[1] [9] [10]

➤ **KNX/RF**

Bezdrátový radiový přenos mezi zařízeními probíhá na frekvenci 868 MHz při přenosové rychlosti 16,4 kbit/s.

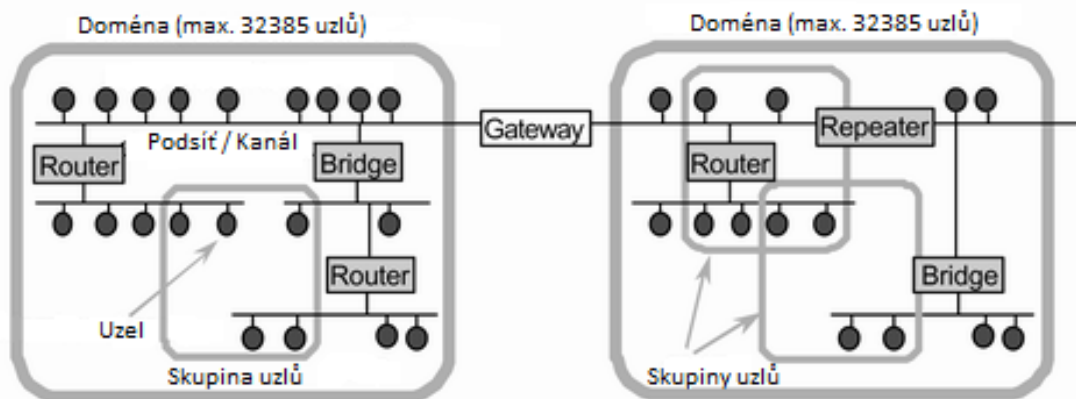
6.2 LonWorks

Technologie LonWorks je universální otevřený decentralizovaný komunikační protokol založený na metodě komunikace LON, kterou vyvinula americká firma Echelon. Sít' komunikačního systému je tvořena inteligentními uzly (z anglického nodes), které disponují vlastní inteligencí. Uzly jsou dodávány různými výrobci a pro jejich vzájemnou kompatibilitu a integraci se využívá norem řady ISO/IEC 14908. [1] [17]

6.2.1 Struktura systému LonWorks

Po fyzické stránce je sít' systému LonWorks jednoznačně strukturovaná. Nejmenší jednotkou sítě je uzel, jehož jádro vytváří neuronový čip. Jestliže zařízení obsahuje více neuronových čipů, pak každý jednotlivý vestavěný neuronový čip představuje samostatný uzel sítě. [1]

Struktura sítě je tvořena třemi úrovněmi hierarchie. První úroveň hierarchie je doména. K propojení domén slouží brána (gateway). Druhou úrovní je podsít'. V každé doméně může být až 255 podsítí. Podsít' tvoří logická skupina uzlů z různých kanálů. K propojení podsítí se používá směrovač (router) nebo most (bridge). Třetí úroveň tvoří samotný uzel. V každé podsíti může být až 127 uzlů. To dává dohromady maximální počet 32385 uzlů v jedné doméně. Každý uzel může být členem maximálně dvou domén, tím sloužit jako mezidoménová brána a posílat například data z jednoho senzoru do dvou domén najednou. [19]



Obr. 30. Struktura zpojení systému LonWorks [19]

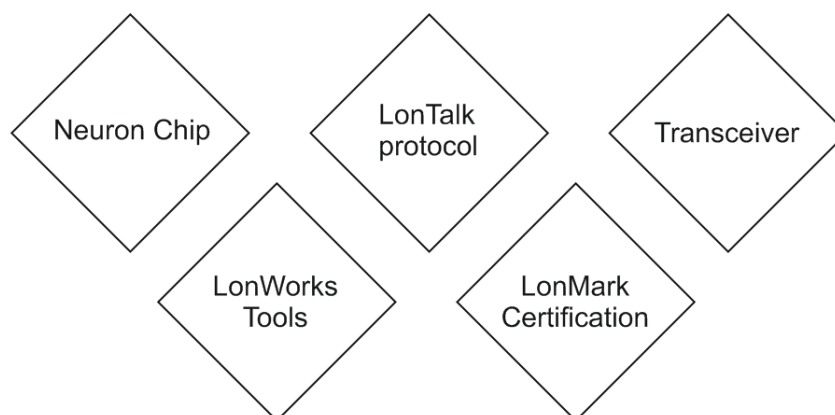
Uzly, jejichž funkce na sebe na sebe bezprostředně působí, by se měli umísťovat do stejné podsítě. Tímto opatřením se zabrání dlouhým reakčním časům při komunikaci. [1]

6.2.2 Komunikace v systému LonWorks

Komunikační model je nezávislý na topologii sítě a pakety tak lze přenášet mezi uzly libovolným způsobem na úrovni Peer-to-Peer za pomoci Manchester kódování. Pro zabránění jejich konfliktu se využívá přístupové metody CSMA/CD. [1]

Při adresování v síti se využívá k identifikování daného uzlu logické adresy ve tvaru Doména/Podsít'/ID_Neuronu. Doména tvoří největší celek virtuální sítě běžící na LonTalk protokolu. Další částí je podsít' tvořící virtuální kanály. Nakonec je ID neuronu, které je tvořeno 48 bitovým číslem, které je procesoru přiděleno během výroby. [1] [19]

Aby byla taková struktura umožněna, musí se každé zařízení skládat z množiny pěti vzájemně provázaných hardwarových a softwarových prvků.



Obr. 31. Prvky technologie LonWorks

➤ Neuron Chip

Neuronový čip je základní hardwarovou komponentou každého inteligentního uzlu zajišťující komunikaci prostřednictvím protokolu LonTalk. V jeho paměti jsou uloženy všechny programy, které zajišťují funkcionality a s tím související aplikace. Jedná se o mikroprocesorový systém složený ze tří jednotlivých procesorů, které jsou specializovány na vykonávání určitých operací. CPU 1 obstarává přístup k přenosovému médiu, CPU 2 zpracovává síťové proměnné a CPU 3 se stará o aplikační program v EEPROM paměti. [1] [20]



Obr. 32. Neuronový čip systému LonWorks [16]

➤ **LonTalk Protocol**

LonTalk protokol popisuje způsob programování neuronových čipů pro dané použití a pravidla jejich vzájemné komunikace v síti. Protokol je do neuronového čipu pevně implementován jako součást jeho firmwaru. Tímto je dosaženo základní unifikace inteligentních uzlů v systému LonWorks. [1]

➤ **Transceiver**

Transceiver zajišťuje fyzické propojení neuronových čipů do sítě a obstarává současně funkci vysílače i přijímače. Spojení mezi čipem a transceiverem se označuje jako síťové rozhraní, které dosahuje maximální přenosové rychlosti 1,25 Mbit/s. Jedná se o samostatný modul, který je umístěn na desce plošného spoje uzlu. Existuje široká nabídka transceiverů přizpůsobených pro různá přenosová média. [1]



Obr. 33. Transceiver systému LonWorks pro kroucenou dvojlinku [16]

➤ **LonWorks Tools**

Sada programátorských a implementačních nástrojů umožňujících vytvořit funkcionality v neuronovém čipu ovládající inteligentní uzly. [1]

➤ **LonMark Certification**

Certifikace LonMark zajišťuje kompatibilitu mezi komponenty od různých výrobců. [1]

6.2.3 Přenosová média systému LonWorks

Systém LonWorks je nezávislý na fyzickém přenosovém médiu. Podporován je přenos dat krouceným párem vodičů, radiovým kanálem, optickým kabelem, koaxiálním kabelem i silnoproudou elektrickou sítí 230 V AC. Samozřejmostí je i kombinace všech druhů přenosových médií, stačí jen použít správné rozhraní a naprogramování I/O pinů uzlu. Přenosová rychlost je dána použitým médiem, avšak maximálně lze v síti dosáhnout rychlosti 1,25 Mbit/s (omezeno rychlostí transceiveru uzlu). [17] [18] [19]

6.3 iNELS

Vývoj komunikačního systému iNELS vznikl za společné spolupráce firem Teco a.s. a ELKO EP, s.r.o. do fáze jeho druhé generace (iNELS II). Po ukončení této etapy vývoje pokračuje ELKO EP ve vlastní koncepci rozvoje tohoto systému, který označuje jako již třetí generaci (iNELS III). V současné době je iNELS registrovaná ochranná známka společnosti ELKO EP.

Jedná se o uzavřený centralizovaný sběrniceový systém, kde jsou všechny vstupní, výstupní i řídicí prvky vyráběny i dodávány výhradně firmou ELKO EP, s.r.o.

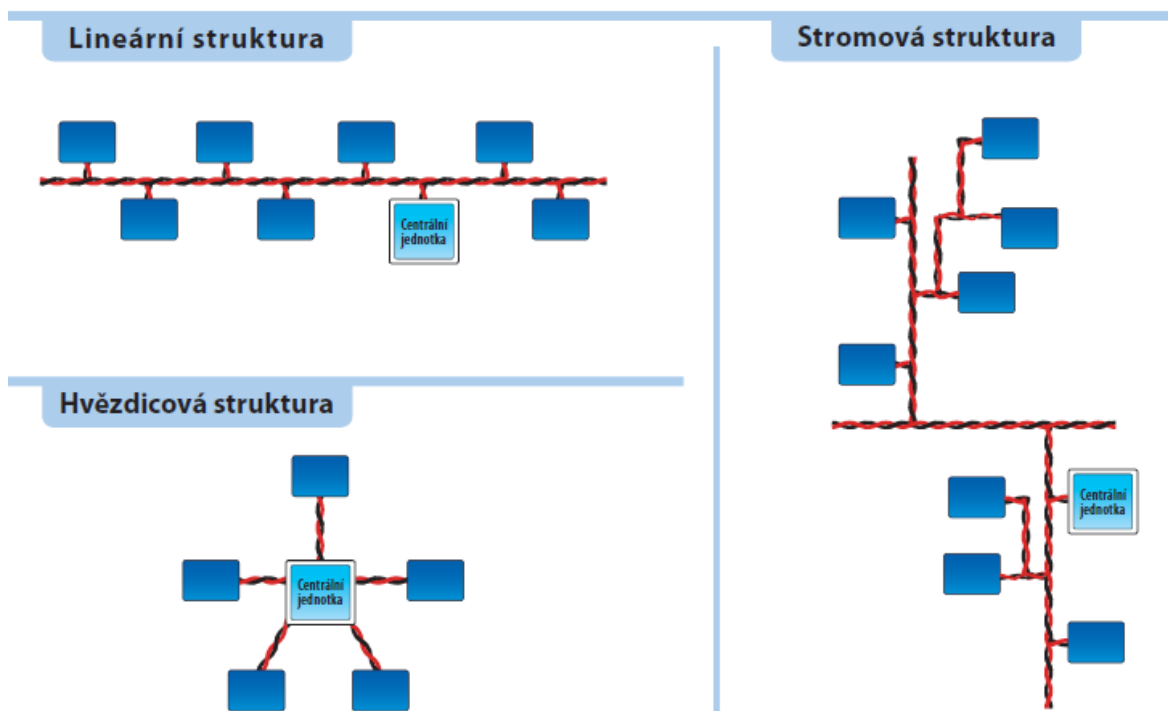
6.3.1 Struktura systému iNELS

Systém iNELS BUS je založen dvouvodičové instalační sběrnici CIB s volnou topologií, jejímž jediným omezením je, že nesmí být fyzicky uzavřena. Není tedy podporována kruhová topologie.

Celý systém se skládá z jednotlivých větví, které jsou napojeny na centrální řídicí jednotku. Na centrální jednotku lze napojit v základu maximálně dvě větve o 32 zařízeních. Avšak za pomoci rozšiřujících modulů je možno počet větví rozšířit až na 18, což dává maximální možný počet 576 zařízení v jednom systému.

Napájení systému iNELS BUS zajišťuje stabilizovaný napájecí zdroj o výkonu 100W jmenovitým napětím 27 V DC a od sběrnice CIB musí být impedančně oddělen.

Mezi strukturální omezení patří maximální délka jedné větve vedení 550 m a také všechny připojená zařízení na jedné větvi nesmí přesáhnout svým celkovým proudovým zatížením hodnotu 1 A.



Obr. 34. Příklad možného zapojení systému iNELS BUS [22]

6.3.2 Komunikace v systému iNELS

Komunikace probíhá na principu Master-Slave. Každá jednotka je adresována na základě své unikátní šestimístné hexadecimální hardwarové adresy dané při její výrobě. Konfigurace chování jednotek se provádí softwarem iNELS Designer & Manager a po dokončení je soubor s konfigurací nahrán ethernetovým rozhraním do centrální jednotky.

Principy datového přenosu jako je složení paketu, řešení kolizí na vedení či kódování dat podléhají autorským právům a v rámci konkurenční strategie nesmí být zveřejňovány.

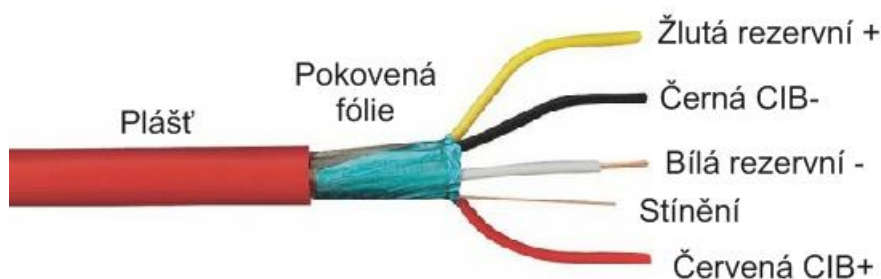
Jednotlivá zařízení systému iNELS BUS potřebná pro řízení světelné pohody budovy budou dále popsány v praktické části práce.

6.3.3 Přenosová média systému iNELS

Přenosový kanál je možno realizovat pomocí kroucené dvojlinky, tento způsob přenosu je označován jako iNELS BUS System. Druhou variantou je radiový přenos nazývaný jako iNELS RF Control. Oba druhy přenosu lze vzájemně propojit přizpůsobenou centrální jednotkou.

➤ iNELS BUS System

Přenosovým médiem je kabel kroucené dvojlinky typu J-Y(st)Y 2x2x0,8. Tato dvojlinka má typické červené PVC opláštění a je tvořena dvěma páry žil o průměru 0,8 mm. Rozsah pracovních teplot je od -30 °C do +70 °C při maximálním provozním napětí 300 V. Pro přenos dat a současné napájení zařízení na sběrnici se používá páru žil s červeným (+) a černým (-) vodičem. Druhý pár žil se žlutým a bílým vodičem slouží jako rezervní. Sběrnicové vedení CIB nepotřebuje k zakončení terminátor v podobě rezistoru. Přenosová rychlost dosahuje 19,2 kbit/s a maximální doba odezvy zatížené sítě se pohybuje kolem 150 ms. [22] [24] [25]



Obr. 35. Kroucená dvojlinka J-Y(st)Y 2x2x0,8 [24]

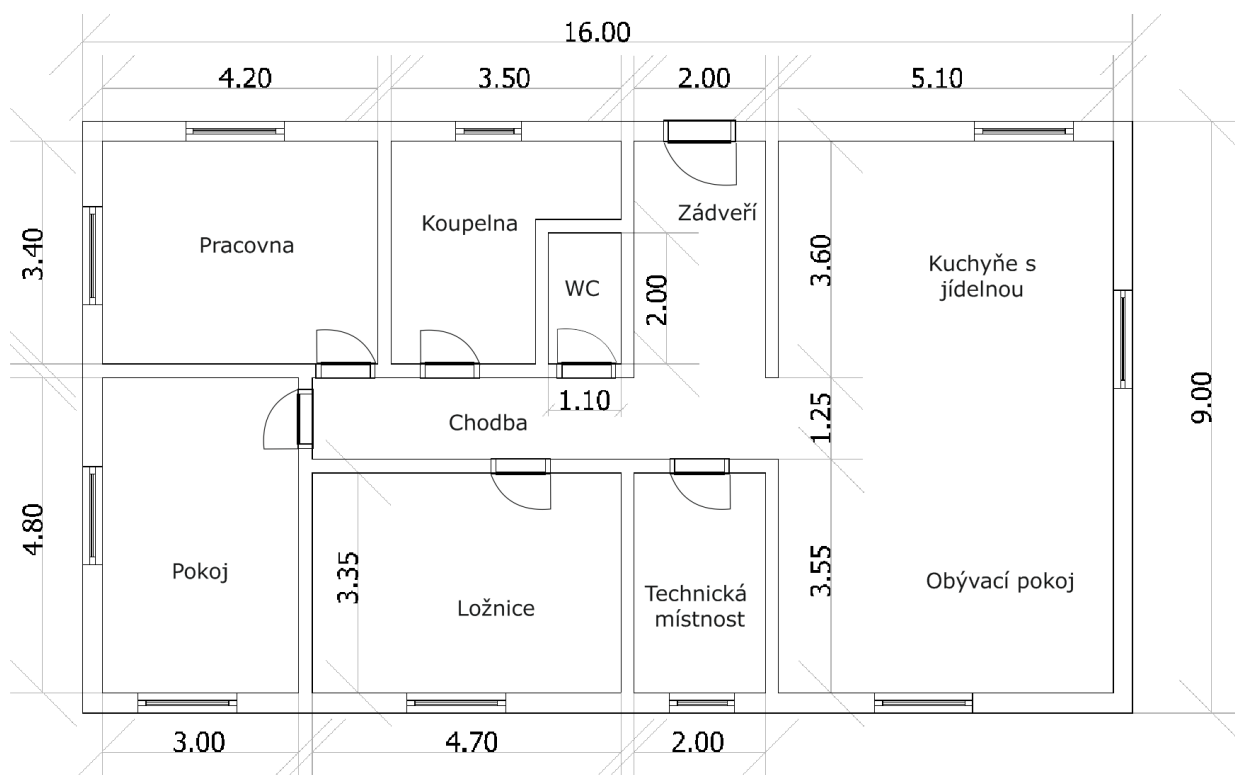
➤ iNELS RF Control

Bezdrátový radiový přenos mezi zařízeními a centrální jednotkou probíhá na frekvenci 868 MHz nebo 915 MHz. Maximální vzdálenost mezi zařízením a centrální jednotkou je 200 m. [22]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 PROJEKTOVÁ STUDIE SYSTÉMU INELS BUS ŘÍDÍCÍHO SVĚTELNOU POHODU V RODINNÉM DOMĚ

Praktická část diplomové práce se věnuje projektové studii zabývající se řešením světelné pohody v jednopodlažním rodinném domě využívající systém iNELS BUS. Cílem je udržovat prostřednictvím inteligentní elektroinstalace požadovanou hodnotu intenzity osvětlení v daných místnostech objektu za pomoci senzorů vyhodnocujících tuto veličinu. Při nedostatečném denním světle dojde k rozsvícení osvětlení na požadovanou intenzitu a naopak při jeho výrazném přebytku se automaticky upraví poloha žaluzií, aby nedocházelo k oslnění uvnitř budovy. Dalším aspektem návrhu je kontrola přítomnosti osob zabraňující zbytečnému provozu světelné soustavy.



Obr. 36. Půdorys domu

7.1 Projektová studie

7.1.1 Záměr

Řízení světelné pohody pro novostavbu jednopodlažního rodinného domu o celkové rozloze 144 m² obsahujícího 7 místností spojených chodbou se zádveřím. Budova obsahuje technologické systémy pro řízení osvětlení, ovládaní žaluzií, monitorování obsazenosti místností a vizualizaci stavu osvětlení.

Požadavky na intenzitu umělého osvětlení jednotlivých místností jsou rozděleny do skupin na základě vykonávaných zrakových činností:

- **50 – 100 lx** - jednoduchá orientace, kratší doba na jednoduché činnosti:
 - WC o rozloze 2,2 m²
 - Zádveří o rozloze 7,2 m²
 - Chodba o rozloze 8,8 m²

- **100 – 200 lx** - prostory, které nejsou dlouhodobě využívány pro pracovní účely, prostory obytné a společenské:
 - Obývací pokoj o rozloze 22,44 m²
 - Kuchyně s jídelnou o rozloze 20,4 m²
 - Ložnice o rozloze 15,7 m²
 - Technická místnost o rozloze 6,7 m²
 - Koupelna o rozloze 9,04 m²

- **200 – 300 lx** - zraková místa pro jednodušší a běžné pracovní úkoly:
 - Pokoj o rozloze 14,4 m²

- **500 – 600 lx** - zraková místa pro vizuálně náročnější déle trvající pracovní úkony:
 - Pracovna o rozloze: 14,28 m²

Všechna světla budou využívat LED technologie a budou skupinově stmívatelná v rámci místnosti. V každé místnosti kromě WC bude umístěn snímač pohybu. Automatická regulace intenzity světla nebude za potřeby na WC, chodbě, zádveří a v koupelně.

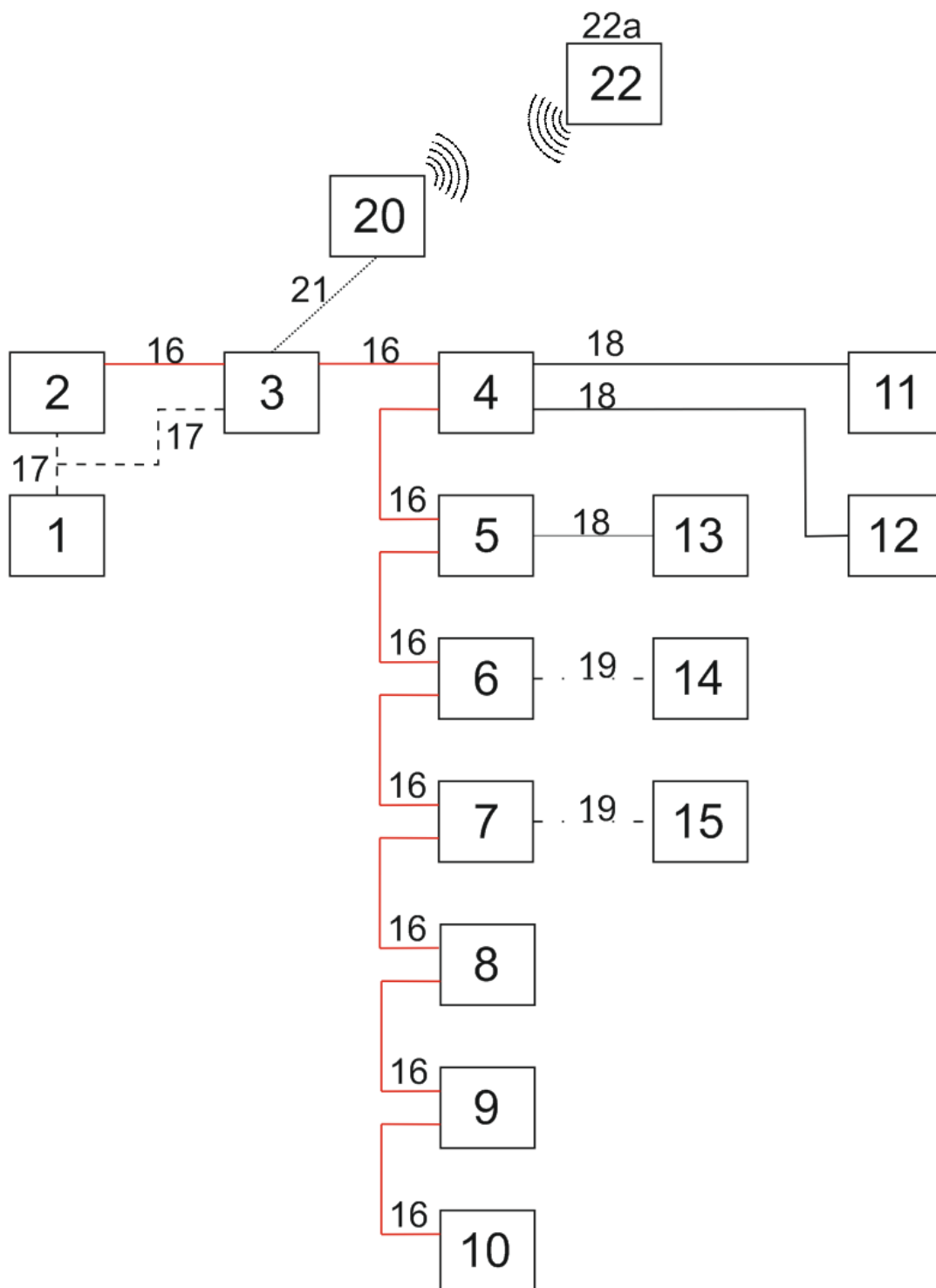
7.1.2 Analýza proveditelnosti

Jako zdroje umělého osvětlení jsou zvoleny úsporná podhledová LED svítidla Philips řady DN125B ve dvou provedeních: výkonnější LED20S/830 PSR WH a úspornější varianta LED10S/830 PSR WH.

Veškeré prvky starající se o chod inteligentní elektroinstalace iNESL BUS jsou umístěny do krytého rozvaděče v technické místnosti domu. Jedná se o napájecí zdroj, oddělovač sběrnice, centrální jednotku, stmívací aktory, spínací aktory, jednotku binárních vstupů a převodník analog-digital.

Jako ovládací prvky osvětlovací soustavy jsou použity nástěnné ovladače s krátkocestným ovládáním nebo ovládací jednotky s dotykovým displejem, které slouží zároveň jako vizualizační a ovládací nástroj celého systému iNELS BUS. Dále je možno ovládat celý systém aplikací iNELS Home Control prostřednictvím chytrého telefonu nebo tabletu.

Výčet všech použitých komponent systému je rozepsán v následujícím blokovém schématu:

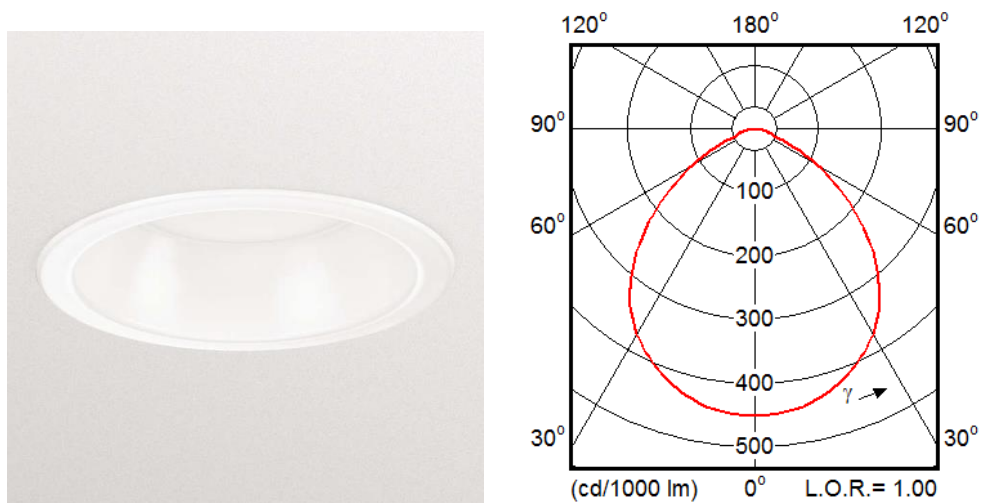


Obr. 37. Blokové schéma celého systému iNELS BUS

Číslo v blokovém schématu	Popis	Typ	Počet kusů
1	Napájecí zdroj	PS3-100	1
2	Oddělovač sběrnice	BPS3-02M	1
3	Centrální jednotka	CU3-01M	1
4	Universální stmívací dvoukanálový aktor	DA3-22M	5
5	Spínací čtyřkanálový aktor	SA3-04M	5
6	Jednotka binárních vstupů	IM3-140M	1
7	Převodník analog - digital	ADC3-40M	2
8	Ovládací jednotka s dotykovým displejem	ETS3	3
9	Nástěnný ovladač s krátkocestným ovládáním	WSB3-20	2
10	Nástěnný ovladač s krátkocestným ovládáním	WSB3-40	5
11	Svítilno	LED10S/830	6
12	Svítilno	LED20S/830	17
13	Žaluziový pohon	230 V AC	10
14	Snímač pohybu	JS-20	8
15	Senzor intenzity světla	SKS	6
16	Komunikační kabel sběrnice CIB	J-Y(st)Y 2x2x0,8	
17	Napájecí kabel 27 V DC	H07VK 1,5	
18	Kabel napájecího napětí svítidel	230 V AC	
19	Kabel napájecího napětí roletového pohonu	230 V AC	
20	Router	Wi-Fi	1
21	Datový kabel sítě LAN	CAT 5e UTP	1
22	Mobilní telefon nebo tablet s Wi-Fi připojením	OS: Android, iOS	
22a	Aplikace iNELS Home Control	OS: Android, iOS	

Tab. 4. Specifikace jednotlivých prvků blokového schématu

Pro zjištění potřebného počtu svítidel a jejich správného rozmístění v každé místnosti byly provedeny simulace umělého osvětlení ve freeware programu DIALux evo 5 od německého institutu DIAL, který obsahuje veškeré technické údaje o použitém svídle potřebných pro tento výpočet.

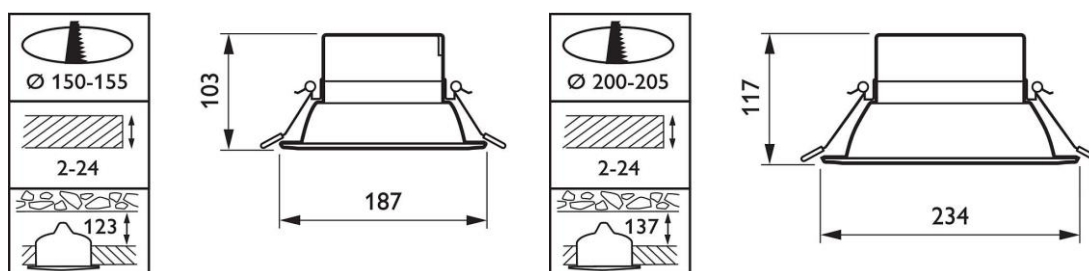


Obr. 38. Vzhled a křivka svítivosti svítidel Philips řady DN125B [27]

Parametry použitých svítidel:

Philips DN125B		
Typ	LED10S/830 PSR WH	LED20S/830 PSR WH
Světelný tok	1000 lm	2000 lm
Příkon	13 W	24 W
Světelný výkon	80 lm·W ⁻¹	80 lm·W ⁻¹
Vstupní napětí	220 – 240 V AC / 50 – 60 Hz	220 – 240 V AC / 50 – 60 Hz
Index barevného podání	> 80	> 80
Teplota chromatičnosti	3000 K	3000 K
Doba životnosti	50000 hodin	50000 hodin

Tab. 5. Parametry svítidel Philips řady DN125B



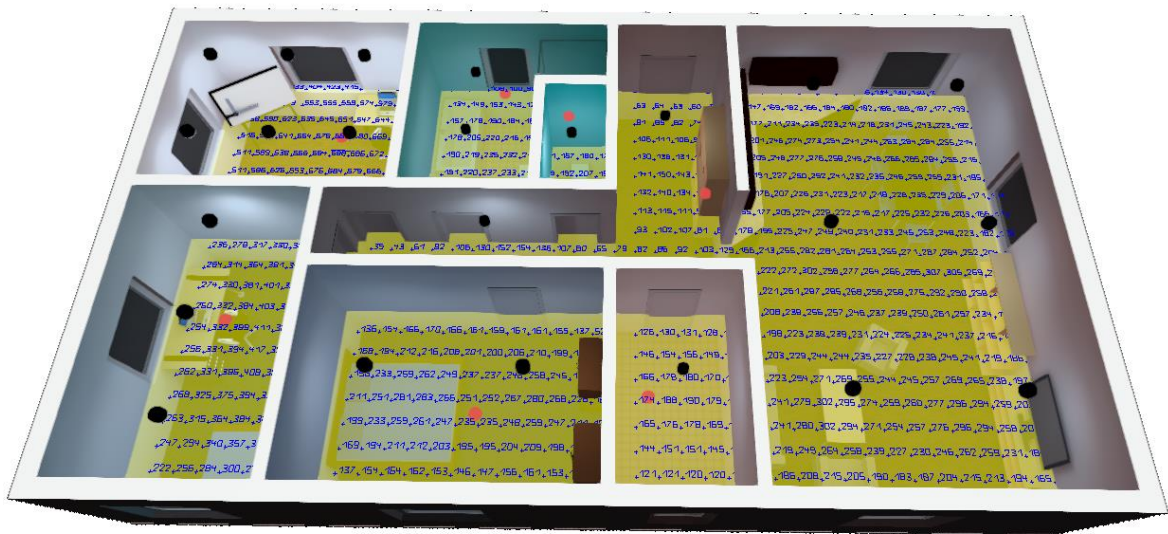
Obr. 39. Rozměry svítidel LED10S/830 PSR WH a LED20S/830 PSR WH [27] [28]



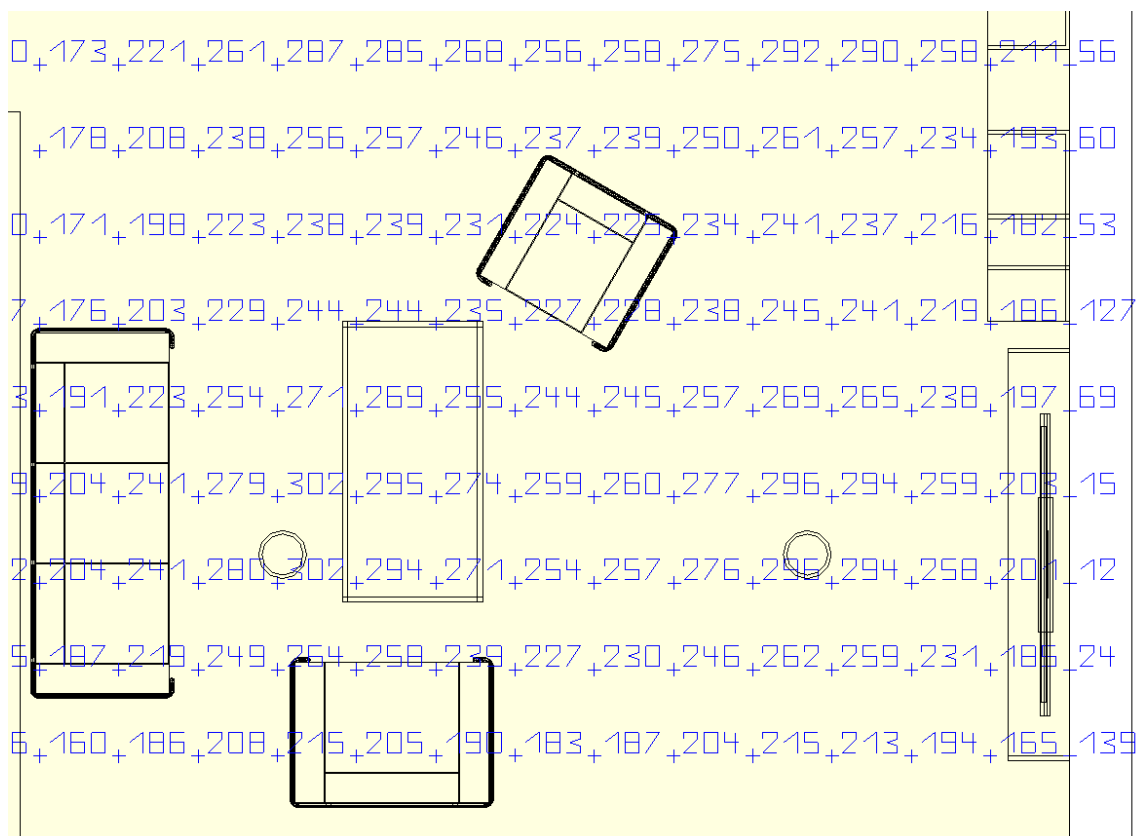
Obr. 40. Vizualizace vymodelovaného domu programem DIALux evo 5



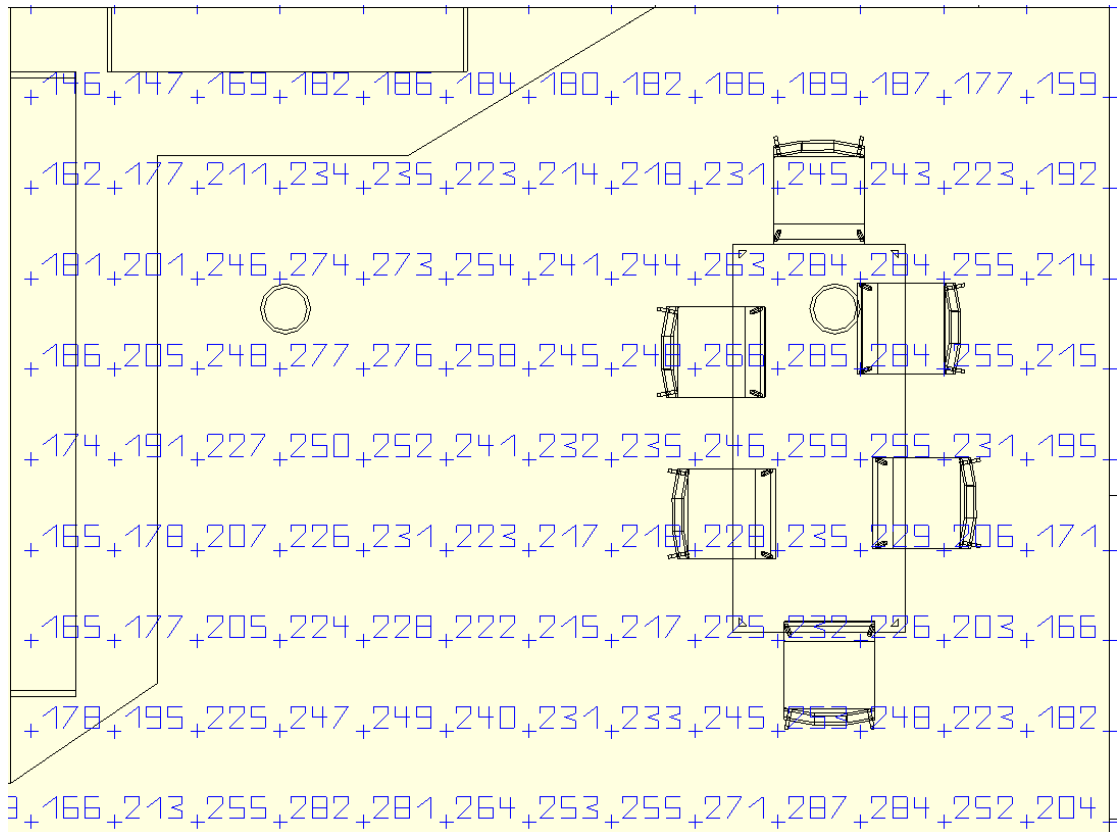
Obr. 41. Vizualizace vymodelovaného domu programem DIALux evo 5



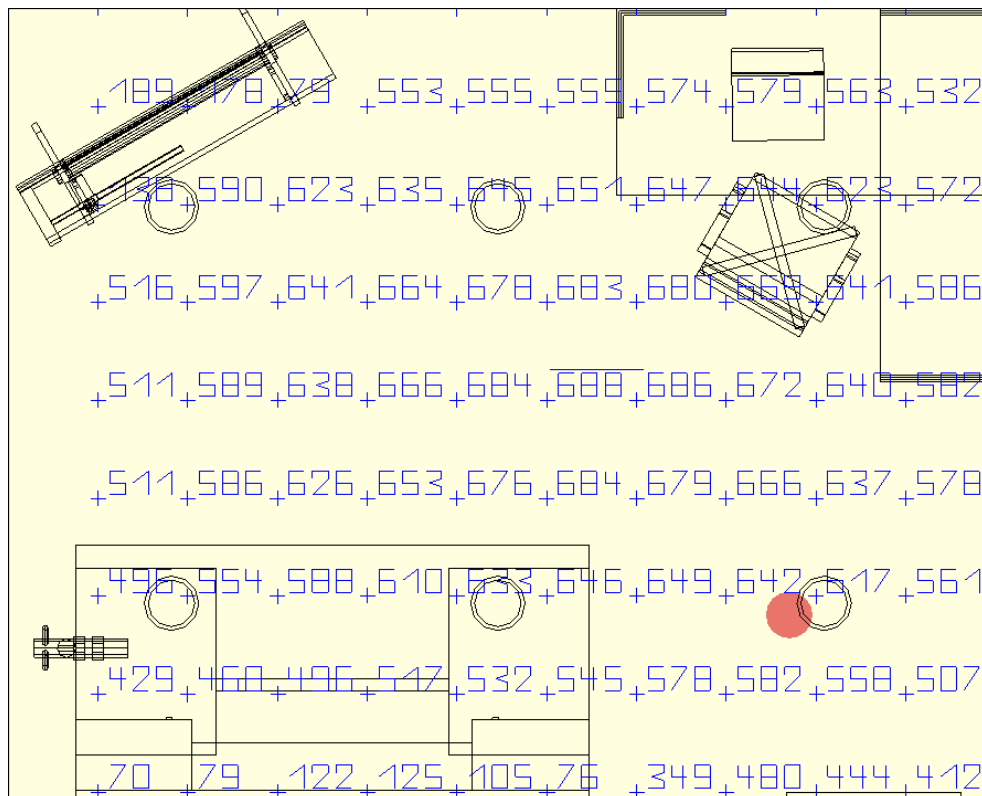
Obr. 42. Simulace umělého osvětlení programem DIALux evo 5



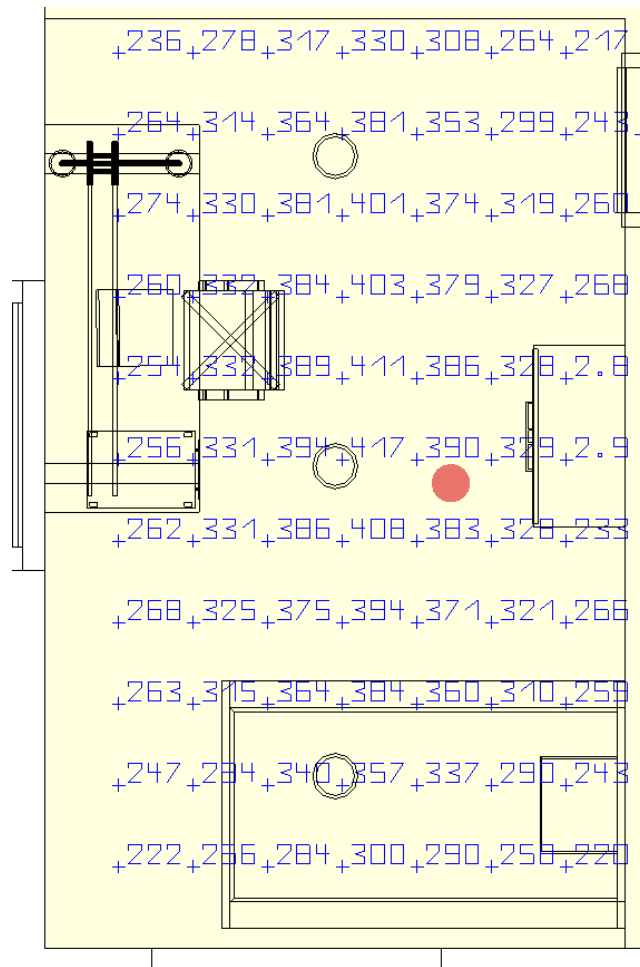
Obr. 43. Nasimulované hodnoty intenzity umělého osvětlení obývacího pokoje



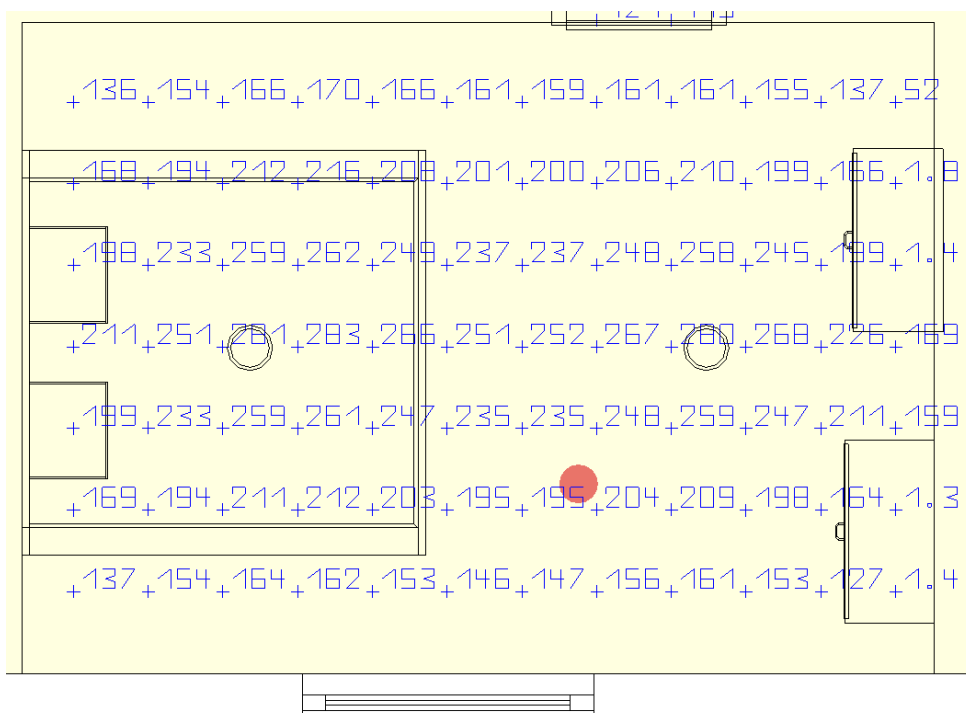
Obr. 44. Nasimulované hodnoty intenzity umělého osvětlení kuchyně s jídelnou



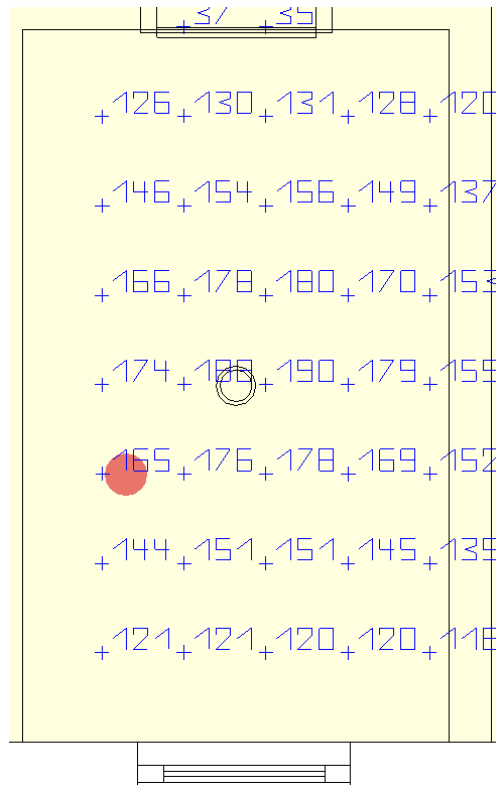
Obr. 45. Nasimulované hodnoty intenzity umělého osvětlení pracovny



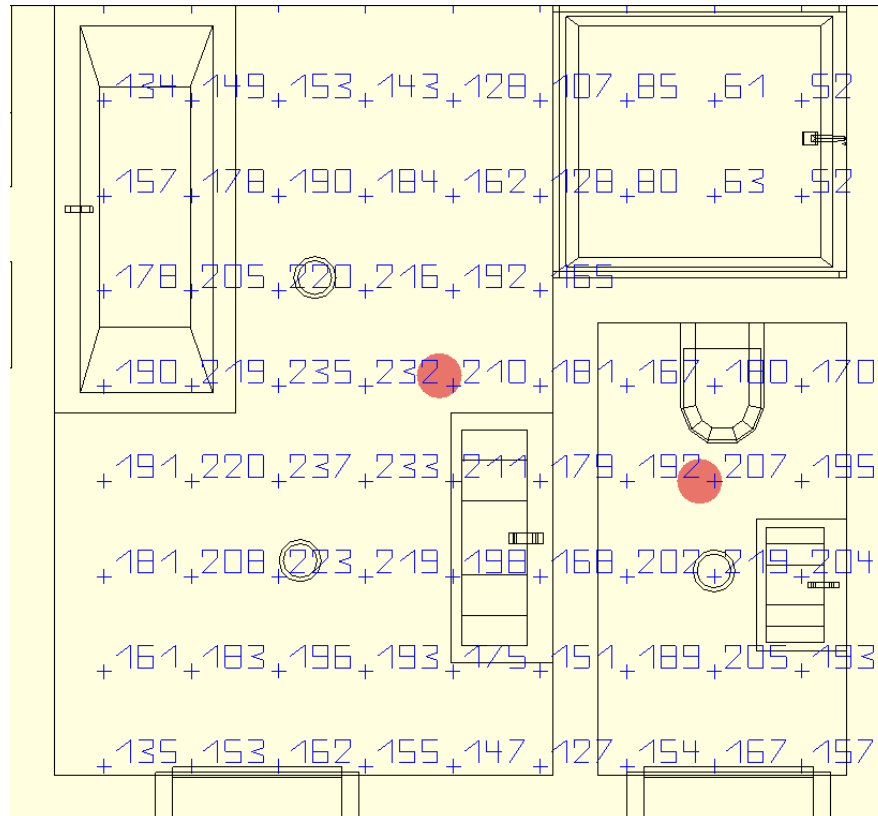
Obr. 46. Nasimulované hodnoty intenzity umělého osvětlení pokoje



Obr. 47. Nasimulované hodnoty intenzity umělého osvětlení ložnice



Obr. 48. Nasimulované hodnoty intenzity umělého osvětlení technické místnosti



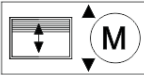







Obr. 49. Nasimulované hodnoty intenzity umělého osvětlení koupelny a WC

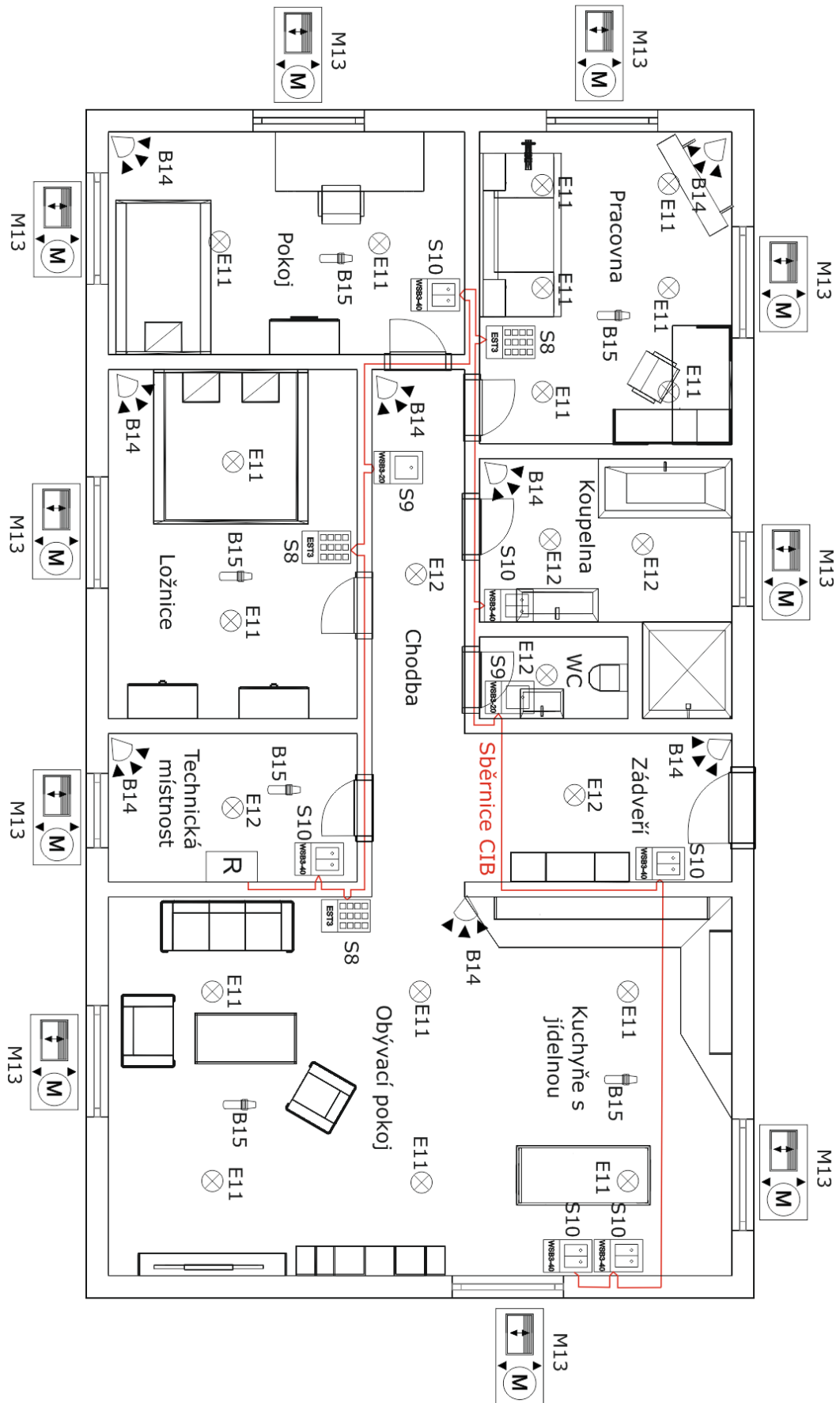
7.2 Návrh systému

Navrhovaný systém se skládá ze dvou částí. Funkční struktury, která zajišťuje uživatelské ovládání a monitorování systému a technické struktury obsahující veškeré prvky starající se o chod inteligentní elektroinstalace iNESL BUS umístěné v rozvaděči.

Dispoziční rozložení datové sběrnice CIB a jednotlivých komponent systému se značením odpovídajícím pořadovým číslem v blokovém schématu s přidaným mezinárodním písmenovým kódem značícím druh komponenty je znázorněno na obrázku 53.

	Rozvaděč
	Svítlidlo
	Žaluziový pohon
	Ovladač WSB3-20
	Ovladač WSB3-40
	Ovladač EST3
	Fotosenzor
	Snímač pohybu

Obr. 52. Legenda k dispozičnímu rozložení prvků



Obr. 53. Dispoziční rozložení prvků systému

7.2.1 Funkční struktura

➤ Nástěnný ovladač s krátkocestným ovládáním WSB3-20 a WSB3-40

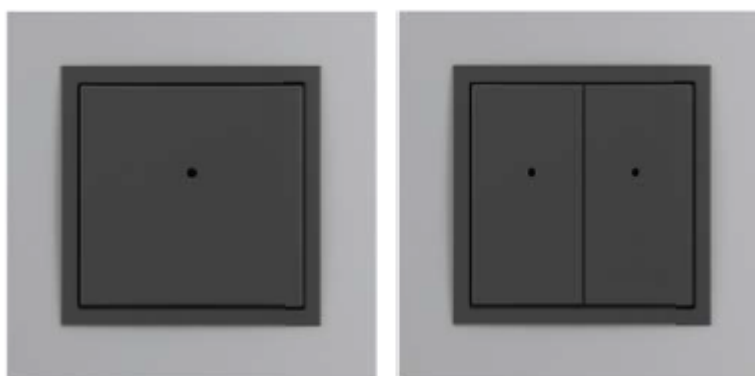
Nástěnné ovladače v sobě obsahují vestavěné mikrotlačítka s nízkým zdvihem, které jsou vybaveny indikační LED diodou signalizující stav ovládaného spotřebiče. Typ WSB3-20 je ve dvoukanálovém provedení a typ WSB3-40 je v provedení čtyřkanálovém. Každý kanál může ovládat jakýkoliv aktor nebo skupinu aktorů v systému a také může mít přiřazenou jakoukoliv naprogramovanou funkci či makro. Ovladač rozlišuje krátké a dlouhé stisky.

Ovladač WSB3-20 se nachází v domě celkem ve dvou místnostech: chodba a WC. Ovladač WSB3-40 je použit celkem šestkrát: pokoj, technická místnost, 2x kuchyně s jídelnou, koupelna a zádveří. Ve všech místnostech jsou vypínače naprogramovány na rozlišování krátkých a dlouhých stisků.

U WSB3-20 i WSB3-40 (levá kolébka) dojde při krátkém stisknutí horní pozice k zapnutí všech svítidel v dané místnosti a při krátkém stisku dolní pozice dojde k jejich vypnutí. Při dlouhém stisku horní pozice se zvyšuje intenzita osvětlení a při dlouhém stisku dolní pozice se intenzita osvětlení snižuje.

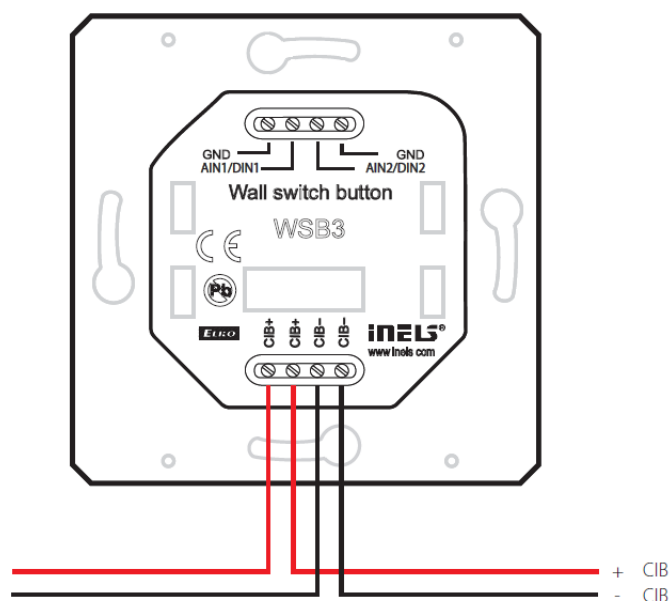
Na pravé kolébce spínačů WSB3-40 je nastaveno ovládání žaluzií. Při krátkém stisknutí horní pozice dojde k úplnému vysunutí žaluzií a při krátkém stisku dolní pozice dojde k jejich spuštění. Při dlouhém stisku horní pozice se žaluzie po dobu stisku vysunují a při dlouhém stisku dolní pozice se po dobu stisku spouští.

Pravá kolébka spínače WSB3-40 nacházejícího se v zádveří slouží jako odchodový vypínač, který při odchodu vypne veškeré osvětlení v domě.



Obr. 54. Nástěnný ovladač s krátkocestným ovládáním WSB3-20 a WSB3-40 [22]

Všech osm kusů těchto ovladačů je svorkovnicí napojeno na druhou větev instalační sběrnice CIB2 vedoucí z centrální jednotky, která je znázorněna červenou barvou na dispozičním plánu rozložení prvků systému. Každá pozice tlačítka má v rámci sběrnice svoji vlastní hardwarovou adresu. Po uživatelské zásahu do regulace intenzity osvětlení, zůstává osvětlení v tomto stavu po určenou dobu, poté se opět vrátí zpět do automatického režimu.



Obr. 55. Zapojení ovladače WSB3 do sběrnice CIB [22]

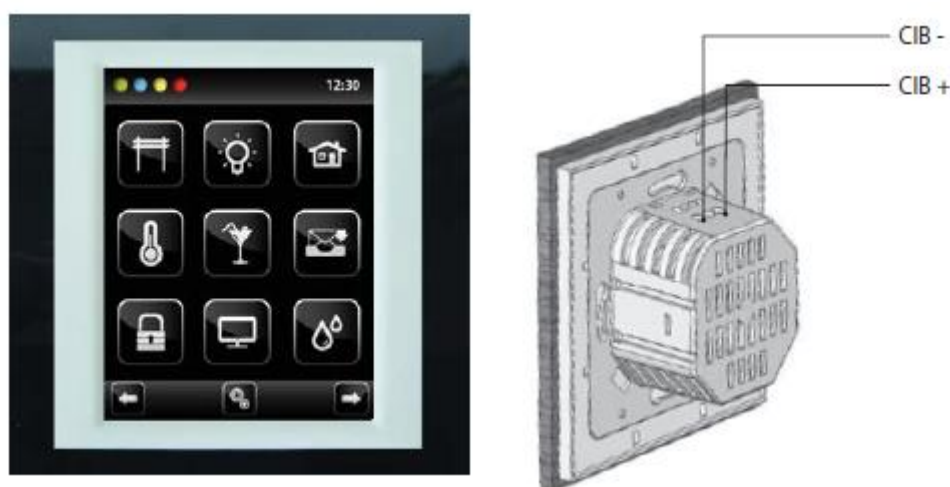
WSB3-20 / WSB3-40 Technické parametry	
Napájecí napětí	27 V DC
Komunikace	CIB
Jmenovitý proud	25 mA ze sběrnice CIB
Pracovní teplota	-20 °C ... +55 °C
Skladovací teplota	-30 °C ... +70 °C
Krytí přístroje	IP 20
Kategorie přepětí	II
Stupeň znečištění	2

Tab. 6. Technické parametry WSB3-20 / WSB3-40

➤ Ovládací jednotka s dotykovým displejem EST3

Ovládací nástěnná jednotka s dotykovým displejem umožňuje ovládání všech zařízení inteligentní elektroinstalace z jednoho místa a zároveň slouží jako vizualizační prostředek systému. Pomocí snímací dotykové plochy lze ovládat nakonfigurovaná zařízení nebo jen zjišťovat jejich aktuální stav.

Ovládací jednotka EST3 se nachází v domě celkem ve třech místnostech: pracovna, obývací pokoj a ložnice. V každé z těchto místností slouží primárně k ovládání prvků v ní obsažených a také poskytuje kompletní kontrolu nad celým systémem.



Obr. 56. Ovládací jednotka EST3 a její zapojení do sběrnice CIB [22]

Všechny tři kusy těchto jednotek jsou svorkovnicí napojeny na druhou větev instalační sběrnice CIB2 vedoucí z centrální jednotky, která je znázorněna červenou barvou na dispozičním plánu rozložení prvků systému. Jednotky EST3 jsou na sběrnici reprezentovány jednou hardwarovou adresou.

EST3 Technické parametry	
Napájecí napětí	27 V DC
Komunikace	CIB
Jmenovitý proud	150 mA ze sběrnice CIB
Pracovní teplota	0 °C ... +55 °C
Skladovací teplota	-20 °C ... +70 °C
Krytí přístroje	IP 20
Kategorie přepětí	II
Stupeň znečištění	2

Displej	3,5" TFT LCD (240x320)
Barevná hloubka	24 bit (16,7 mil. barev, True Color)
Podsvícení	Aktivní
Dotyková plocha	Rezistivní

Tab. 7. Technické parametry EST3

➤ **iNELS Home Control**

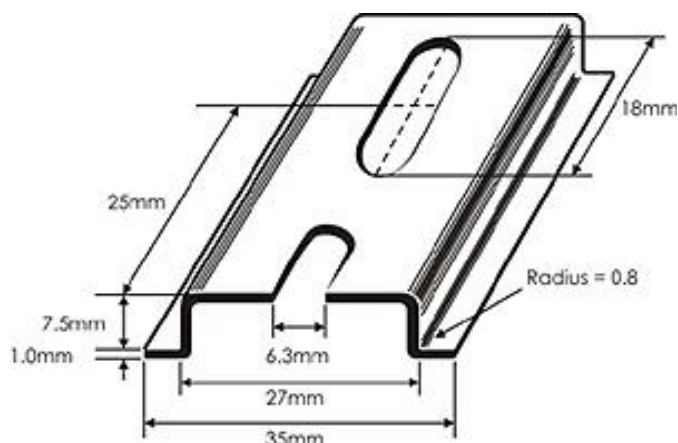
iNELS Home Control je doplňková aplikace systému pro chytrý mobilní telefon nebo tablet s operačním systémem Android nebo iOS sloužící k ovládání a monitorování všech funkcí v domě. Aplikace po nakonfigurování IP adresy a portu komunikuje prostřednictvím bezdrátové domácí sítě nebo vzdáleně přes internet s centrální jednotkou.

➤ **iNELS3 Designer & Manager**

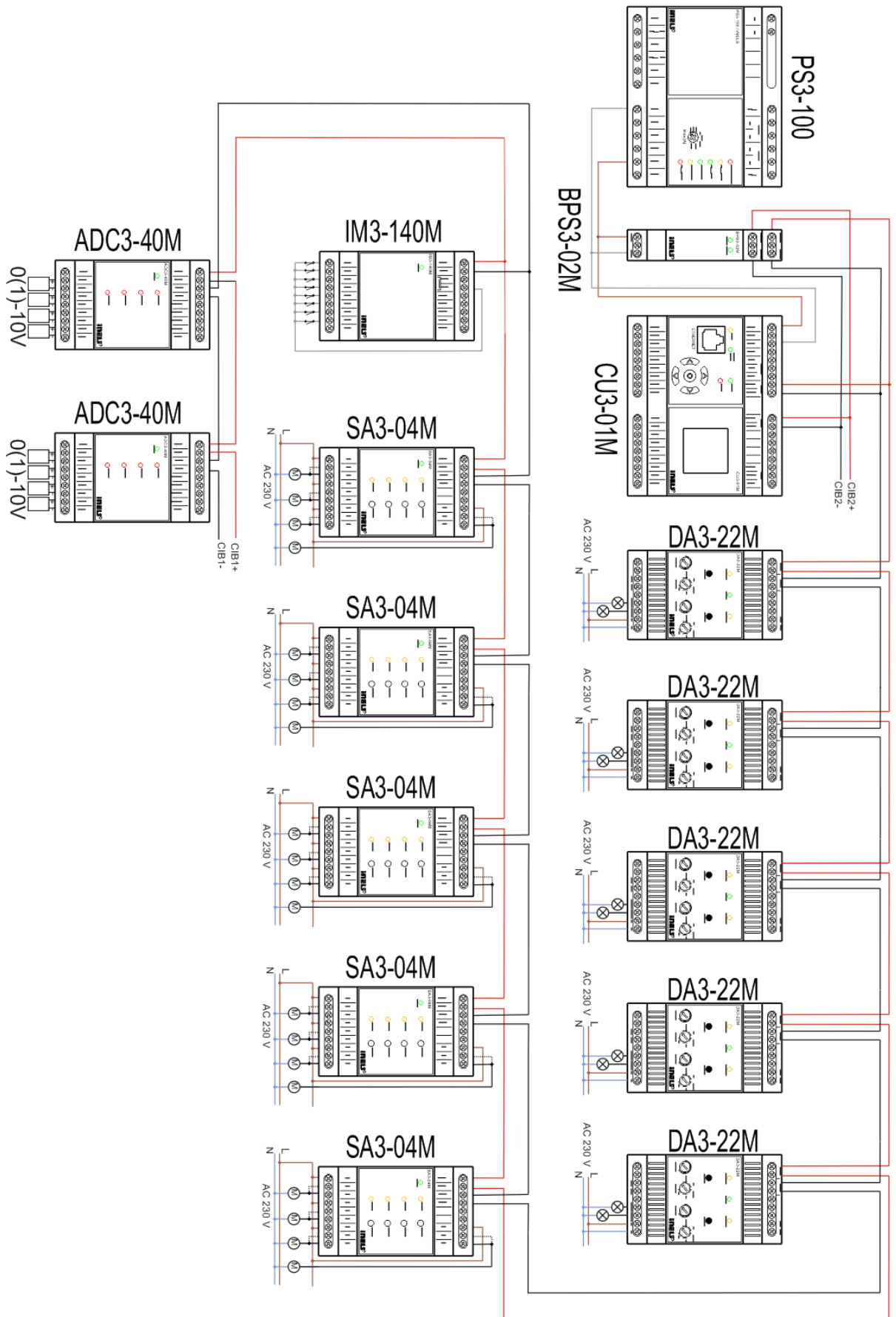
Jedná se o programovací prostředí určené k parametrizaci, konfiguraci, ovládání a vizualizaci celého systému. Za pomoci vkládání vícenásobných podmínek, porovnávání proměnných, členění prvků do logických skupin, využití čítačů a časovačů zajišťuje požadovaný chod inteligentní elektroinstalace. Umožňuje tvorbu časových událostí a programů, přiřazování funkcí nebo povelů, které se mají vykonat v závislosti na určité vstupní akci. Vytvořená konfigurace se nahraje do centrální jednotky přes rozhraní Ethernet.

7.2.2 Technická struktura

Technická struktura obsahuje všechny modulové prvky inteligentní elektroinstalace iNELS BUS umístěných v rozvaděči na DIN liště standardu EN 60175. Schéma vzájemného propojení těchto prvků je znázorněno na obrázku 58.



Obr. 57. DIN lišta



Obr. 58. Schéma zapojení technické struktury

➤ **Napájecí zdroj PS3-100**

Stabilizovaný napájecí zdroj s celkovým výkonem 100 W. Slouží k napájení centrální jednotky a prostřednictvím oddělovače sběrnice napájí také větve sběrnicové elektroinstalace CIB. Zdroj je vybaven elektronickou ochranou proti zkratu, přepětí, výkonovému a teplotnímu přetížení. Funkce zdroje je zálohována dvěma sériově zapojenými dobíjecími bateriemi o výstupním napětím 12 V. Na zdroji se nachází diody signalizující činnost zdroje a baterií, stav výstupního napětí a dobíjení baterií. Zdroj je v provedení 6-MODUL a je určený k montáži na DIN lištu v rozvaděči.



Obr. 59. Napájecí zdroj PS3-100 [22]

PS3-100 Technické parametry	
Napájecí napětí	100 – 250 V AC / 50 – 60 Hz
Příkon naprázdno	2 W
Příkon při maximální zátěži	111 W
Výstupní napětí	27 V DC
Maximální proudová zatížitelnost	3,6 A
Pracovní teplota	-20 °C ... +50 °C
Skladovací teplota	-30 °C ... +70 °C
Krytí přístroje	IP 20
Krytí přístroje se zákrytem v rozvaděči	IP 40
Kategorie přepětí	III
Stupeň znečištění	2

Tab. 8. Technické parametry PS3-100

➤ **Oddělovač sběrnice BPS3-02M**

Oddělovač sběrnice slouží k impedančnímu oddělení napájecího zdroje od sběrnice CIB, kterou napájí napětím 27 V DC. Umožňuje připojení dvou větví sběrnice. Na oddělovači se nachází diody signalizující stav napájení připojených CIB větví. Oddělovač sběrnice je v provedení 1-MODUL a je určený k montáži na DIN lištu v rozvaděči.



Obr. 60. Oddělovač sběrnice BPS3-02M [22]

BS3-02M Technické parametry	
Napájecí napětí	27 V DC
Výstupní napětí	27 V DC
Maximální proudová zatížitelnost	2 x 1 A
Pracovní teplota	-20 °C ... +50 °C
Skladovací teplota	-30 °C ... +70 °C
Krytí přístroje	IP 20
Krytí přístroje se zákrytem v rozvaděči	IP 40
Kategorie přepětí	III
Stupeň znečištění	2

Tab. 9. technické parametry BS3-02M

➤ **Centrální jednotka CU3-01M**

Centrální jednotka je mozkiem celé sběrnice elektroinstalace. Nastavení řízeného systému je uloženo do nonvolatilní vnitřní paměti. Při výpadku napájecího napětí tedy nedojde ke ztrátě dat a po dobu deseti dnů je centrální jednotka schopna uchovávat informaci o reálném čase (RTC). Nastavení času je také možno provést synchronizací pře NTP server. Na čelním panelu se nachází Ethernetový konektor RJ45, který slouží k připojení jednotky do sítě a k nahrání konfigurace programem iNELS3 Designer & Manager, maximální rychlost přenosu dat je 100 Mbit/s. Dále je zde OLED displej s ovládacími tlačítky umožňující nastavení jednotky a zobrazení informací o aktuálním stavu. Centrální jednotka je v provedení 6-MODUL a je určena k montáži na DIN lištu v rozvaděči.



Obr. 61. Centrální jednotka CU3-01M [22]

CU3-01M Technické parametry	
Napájecí napětí	27 V DC
Komunikace	CIB, Ethernet
Jmenovitý proud	110 mA
Pracovní teplota	-20 °C ... +55 °C
Skladovací teplota	-25 °C ... +70 °C
Krytí přístroje	IP 20
Krytí přístroje se zákrytem v rozvaděči	IP 40
Kategorie přepětí	III
Stupeň znečištění	2

Tab. 10. Technické parametry CU3-01M

➤ **Universální stmívací dvoukanálový aktor DA3-22M**

Univerzální stmívací dvoukanálový aktor slouží k ovládní intenzity jasu smývatelných světelných zdrojů typu ESL, LED a RLC s napájením 230V. Disponuje dvěma samostatně ovladatelnými kanály s polovodičovými řízenými výstupy 230 V AC. Maximální možné zatížení je 400 VA pro každý kanál. Typ ovládaného světelného zdroje se nastavuje přepínačem na přední straně přístroje. Dále lze potenciometrem na přední straně přístroje nastavit minimální hodnotu jasu pro eliminaci blikání různých typů světelných zdrojů. Pomocí ovladačích tlačítek na předním panelu lze manuálně ovládat daný výstup. Na stmívači se nachází diody indikující výstupy. Aktor je vybaven elektronickou nadproudovou a tepelnou ochranou, která vypne výstup při přetížení, zkratu nebo přehřátí. Universální stmívač je v provedení 3-MODUL a je určený k montáži na DIN lištu v rozvaděči.



Obr. 62. Universální dvoukanálový aktor DA3-22M [22]

Celkem je v systému použito pět těchto aktorů napojených svorkovnicí na první větev instalační sběrnice CIB1 vedoucí z centrální jednotky. Celkem spínají deset samostatných kanálů. Každý kanál má svoji vlastní hardwarovou adresu a představuje jednu místnost popsanou v dispozičním rozložení na obrázku 53. V místnostech o více svítdlech jsou tato svítdla zapojena paralelně a stmívána současně jako jeden celek. Propojení aktoru se svítdly je znázorněno na schématu zapojení na obrázku 58.

DA3-22M Technické parametry	
Napájecí napětí	27 V DC
Komunikace	CIB
Jmenovitý proud	5 mA ze sběrnice CIB

Pracovní teplota	-20 °C ... +35 °C
Skladovací teplota	-30 °C ... +70 °C
Krytí přístroje	IP 20
Krytí přístroje se zákrytem v rozvaděči	IP 40
Kategorie přepětí	III
Stupeň znečištění	2

Tab. 11. technické parametry DA3-22M

➤ Spínací čtyřkanálový aktor SA3-04M

Spínací aktor je určen pro nezávislé spínání až čtyř nejrůznějších spotřebičů reléovými bezpotenciálovými výstupy. Každý z výstupních kontaktů je samostatně ovladatelný. Maximální možné zatížení je 400 VA pro každý výstup. Díky přepínacím kontaktům lze aktor využít pro ovládání až dvou pohonů 230V (např. žaluzie), přičemž vhodným propojením kontaktů lze zabezpečit hardwarové zablokování možnosti současného sepnutí fáze na oba výstupy. Pomocí ovladačích tlačítek na předním panelu lze manuálně spínat daný výstup. Na spínači se nachází diody indikující výstupy. Spínací aktor je v provedení 3-MODUL a je určený k montáži na DIN lištu v rozvaděči.



Obr. 63. Spínací čtyřkanálový aktor SA3-04M [22]

Celkem je v systému použito pět těchto aktorů napojených svorkovnicí na první větev instalační sběrnice CIB1 vedoucí z centrální jednotky. Celkem spínají dvacet samostatných kanálů. Každý kanál má svoji vlastní hardwarovou adresu a představuje jednu polohu žaluziového motoru. Pro pohyb žaluzií nahoru a dolů je tedy potřeba využít

dva kanály. Propojení aktoru s žaluziovými motory je znázorněno na schématu zapojení na obrázku 58.

SA3-04M Technické parametry	
Napájecí napětí	27 V DC
Komunikace	CIB
Jmenovitý proud	70 mA ze sběrnice CIB
Pracovní teplota	-20 °C ... +55 °C
Skladovací teplota	-30 °C ... +70 °C
Krytí přístroje	IP 20
Krytí přístroje se zákrytem v rozvaděči	IP 40
Kategorie přepětí	III
Stupeň znečištění	2

Tab. 12. Technické parametry SA3-04M

➤ Jednotka binárních vstupů IM3-140M

Jednotka binárních vstupů je určena k připojení až 14 zařízení se spínacím nebo rozepínacím bezpotenciálovým kontaktem. Generuje napájecí napětí 12V DC pro napájení externích detektorů. Jednotka je v provedení 3-MODUL a je určena k montáži na DIN lištu v rozvaděči.



Obr. 64. Jednotka binárních vstupů IM3-140M [22]

V systému je použita jedna tato jednotka s osmi připojenými detektory pohybu. Každý vstup jednotky má svoji vlastní hardwarovou adresu. Jednotka je napojena svorkovnicí na první větev instalační sběrnice CIB1 vedoucí z centrální jednotky.

Propojení jednotky s detektory pohybu je znázorněno na schématu zapojení na obrázku 58.

IM3-140M Technické parametry	
Napájecí napětí	27 V DC
Komunikace	CIB
Jmenovitý proud	100 mA ze sběrnice CIB
Pracovní teplota	-20 °C ... +55 °C
Skladovací teplota	-30 °C ... +70 °C
Krytí přístroje	IP 20
Krytí přístroje se zákrytem v rozvaděči	IP 40
Kategorie přepětí	III
Stupeň znečištění	2

Tab. 13. Technické parametry IM3-140M

➤ Převodník analog-digital ADC-40M

Převodník analogového signálu na digitální slouží k připojení snímačů intenzity osvětlení generujících napěťový signál 0-10 V. Rozlišení převodníku je 14 bitů. Převodník je v provedení 3-MODUL a je určen k montáži na DIN lištu v rozvaděči.



Obr. 65. Převodník analog-digital ADC-40M [22]

V systému jsou použity dvě tyto jednotky s osmi připojenými snímači intenzity osvětlení. Každý vstup jednotky má svoji vlastní hardwarovou adresu. Jednotka je napojena svorkovnicí na první větev instalační sběrnice CIB1 vedoucí z centrální

jednotky. Propojení jednotky se senzory je znázorněno na schématu zapojení na obrázku 58.

ADC-40M Technické parametry	
Napájecí napětí	27 V DC
Komunikace	CIB
Jmenovitý proud	100 mA ze sběrnice CIB
Pracovní teplota	-20 °C ... +55 °C
Skladovací teplota	-30 °C ... +70 °C
Krytí přístroje	IP 20
Krytí přístroje se zákrytem v rozvaděči	IP 40
Kategorie přepětí	III
Stupeň znečištění	2

Tab. 14. Technické parametry ADC-40M

➤ **Zhodnocení celkového proudového zatížení větví CIB**

$$\text{CIB1} = 5x \text{ DA3-22M} + 5x \text{ SA3-04M} + 1x \text{ IM3-140M} + 2x \text{ ADC-40M}$$

$$\text{CIB1} = 5x 5 \text{ mA} + 5x 70 \text{ mA} + 1x 100 \text{ mA} + 2x 100 \text{ mA} = \mathbf{675 \text{ mA}}$$

$$\text{CIB2} = 2x \text{ WSB3-20} + 6x \text{ WSB3-40} + 3x \text{ ETS3}$$

$$\text{CIB2} = 2x 25 \text{ mA} + 6x 25 \text{ mA} + 3x 150 \text{ mA} = \mathbf{650 \text{ mA}}$$

Všechna připojená zařízení na sběrnici CIB1 i CIB2 svým proudovým odběrem nezatěžují sběrnici nad její povolený limit 1 A a celková délka kabelu sběrnice nepřekračuje maximální povolenou délku 550 m. Navrhované zapojení je tedy možno uskutečnit.

7.3 Ekonomické a ekologické zhodnocení

Pro posouzení energetické náročnosti světelné soustavy byl použit program DIALux evo 5, který na základě normy EN 15193 provedl výpočet odhadované spotřeby elektřiny za rok. Do vyhodnocení se bere v potaz celkový příkon instalovaných svítidel, odhadovaná doba provozu s denním a bez denního osvětlení, možnost automatické regulace intenzity osvětlení a detekce obsazenosti místností. Pro navržený systém se bude roční spotřeba elektrické energie pohybovat v rozmezí 1000 kWh až 1200 kWh za rok.

Na základě toto odhadu lze provést výpočet měrných emisí základních znečišťujících látek vyprodukovaných elektrárnou do ovzduší, které vzniknou při výrobě 1200 kWh za rok.

$$1200 \text{ kWh} = 4,32 \text{ GJ}$$

		jedn/GJ	TZL/GJ	SO ₂ /GJ	NO _x /GJ	VOC/GJ	CO/GJ	CO ₂ /GJ
kg/GJ	ZP	26,3158	0,0006	0,0003	0,0480	0,0019	0,0093	55,1000
kg/GJ	HU	58,8235	1,2030	0,6706	0,1765	0,0235	0,1176	102,9000
kg/GJ	CU	45,4545	0,7150	1,5880	0,1190	0,7070	3,5740	110,0000
kg/GJ	koks	32,2581	0,6350	0,7150	0,1190	0,7070	3,5740	130,0000
kg/GJ	dřevo	83,3333	0,4130	0,1590	0,2360	0,0710	0,0790	90,5000
kg/GJ	LTO	24,3902	0,1690	2,3820	0,7940	0,0270	0,0470	72,5700
kg/GJ	elektro	312,5000	20,4510	11,4002	3,0005	0,3995	1,9992	1749,3000

Tab. 15. Roční vyprodukované emise znečišťujících látek v kilogramech na 1 GJ

Základní znečišťující látky:

TZL - tuhé znečišťující látky: 88,3 kg / rok

SO₂ - oxid siřičitý: 49,2 kg / rok

NO_x - oxidy dusíku: 13 kg / rok

VOC - těkavé organické látky: 1,7 kg / rok

CO - oxid uhelnatý: 8,6 kg / rok

CO₂ - oxid uhličitý: 7556 kg / rok

ZÁVĚR

Práce byla zaměřena na problematiku systémů řídicích světelnou soustavu v budovách za účelem udržení světelné pohody.

V teoretické části jsou nejprve popsány způsoby komunikace centralizovaných a decentralizovaných systémů, dále jsou zde rozebrány jednotlivé prvky potřebné pro funkčnost inteligentní elektroinstalace, kterými jsou centrální jednotky, systémové jednotky, aktory a senzory. Tato kapitola je zde pro získání základní představy o principech funkčnosti řídicího systému. Navazuje na ni kapitola zabývající se řešením samotného přenosu dat v komunikačních systémech.

Dalším bodem teoretické části jsou postupy při projektování systémů a požadavky kladené na návrh umělého osvětlení, jsou zde rozebrány jednotlivé parametry umělých zdrojů světla a úsporná opatření jako je kontrola přítomnosti osob nebo maximální využití denního světla.

Poslední kapitola teoretické části se zabývá rozбором tří vybraných komunikačních systémů. Jedná se o dva otevřené decentralizované systémy KNX/EIB a LonWorks a jeden uzavřený centralizovaný systém iNELS. Je zde popsána struktura zapojení, průběh komunikace a podporovaná přenosová média.

Praktická část obsahuje projektovou studii proveditelnosti systému pro řízení světelné pohody v novostavbě jednopodlažního rodinného domu. Na základě absolvované praxe ve firmě ELKO EP jsem jako řídicí systém zvolil iNELS BUS. Cílem bylo navrhnout moderní osvětlovací systém s nízkou energetickou náročností, proto jsem využil LED osvětlení, které se v dnešní době stává trendem. Na základě zvoleného půdorysu jsem nejprve provedl simulace vybraných svítidel v programu DIALux, díky kterým jsem mohl určit jejich správný počet a rozložení v místnostech. Samotný návrh systému se pak řídil na základě předem daných požadavků. Na základě měřeného množství intenzity osvětlení a detekce pohybu osob systém rozhoduje o úrovni umělého osvětlení a poloze žaluzií. Tyto pravidla musí být předem definované pomocí programovacího prostředí iNELS Designer & Manager. V práci jsou popsány funkční struktury systému zabývající se jeho ovládáním a také technické struktury řešící jeho funkčnost. Na závěr je vyhodnocena energetická náročnost navržené světelné soustavy, která dosahuje 1200kWh za rok.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The thesis was focused on the issues of building's lighting control systems in order to maintain lightning comfort.

In the theoretical part there are described ways of communication in centralized and decentralized systems, there are also discussed the various elements needed for the functionality of the intelligent electrical wiring, which are the central unit, system unit, sensors and actuators. This chapter is there to give an idea about the functioning principles of the control system. Next chapter addressing the actual data transmission in communication systems.

Another chapter of theoretical part deals with the procedures for designing systems and requirements for artificial lighting draft, there are discussed various parameters of artificial light sources and energy saving measures such as checking for the presence of people or the maximum use of daylight.

The last chapter deals with the analysis of three selected communication systems. There are two open decentralized systems KNX / EIB and LonWorks and one closed centralized system iNELS. There is also described the structure of participation, process of communication and supported transmission media.

The practical part includes project feasibility study of lighting control system in the newly built single-storey house. The goal was to design a modern lighting system with low energy, so I took advantage of LED lighting, which is nowadays becoming a trend. Based on the selected plan, I first performed simulation of selected luminaires in DIALux, thanks to which I could identify the correct number and layout of the rooms. The actual design of the system is then conducted on the basis of predetermined requirements. Based on the measured light intensity and amount of movement detection system decides the level of artificial light and the position of the blinds. These rules must be defined in advance using the programming environment INELS Designer & Manager. The paper describes the functional structure of the system dealing with the controls and the technical structure to address its functionality. Finally, it evaluates the energy intensity of proposed lighting system which achieves 1200kWh per year.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MERZ, Hermann, Thomas HANSEMANN a Christof HÜBNER. *Automatizované systémy budov: sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 261 s. ISBN 978-80-247-2367-9.
- [2] VALEŠ, Miroslav. *Inteligentní dům*. 1. vyd. Brno: ERA, 2006, 123 s. ISBN 80-736-6062-8.
- [3] LEVEK, Vladimír. *Širší aspekty možností bezdrátových inteligentních budov*. [online]. 2012, 10 s. [cit. 2015-05-02]. ISSN 1213-1539 Dostupné z: www.elektrorevue.cz/cz/download/sirsi-aspekty-moznosti-bezdratovych-inteligentnich-budov
- [4] SOKANSKÝ, Karel. Česká společnost pro osvětlování. *Inteligentní řízení osvětlovacích soustav vnitřního osvětlení* [online]. 2003, 122 s. [cit. 2015-05-02]. Dostupné z: <http://www.mpo-efekt.cz/dokument/3102.pdf>
- [5] STAUDEK, Jan. *Přenos dat a počítačové sítě: 2 x 15 kapitol z distribuovaných systémů. Část II. Přenos dat počítačové sítě*. 1. vyd. Brno: VUT, 1994, 155 s.
- [6] PŘIBYL, Jiří. *Projektování datových systémů*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 2004, 320 s. ISBN 80-010-3078-4.
- [7] HRUŠKA, František. *Projektování řídicích a informačních systémů. Učební texty*. 1. vyd. Zlín: UTB ve Zlíně, 2010, 175 s. ISBN 978-80-7318-979-2.
- [8] MALÝ, Jaroslav. *Projektování informačních systémů 3*. 1. vyd. Hradec Králové: Gaudeamus, 2000, 130 s. ISBN 80-7041-771-4.
- [9] MLÝNEK, Petr. *Analýza a modelování datové komunikace po silnoproudém vedení: Analysis and modeling of power line communication: zkrácená verze Ph.D. thesis*. Brno: VUT, 2012, 32 s. ISBN 978-80-214-4607-6.
- [10] Automatizace.hw.cz. *Úvod do KNX* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/teorie-a-praxe/knx.html>
- [11] Siemens. *KNX bus communications* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: www.downloads.siemens.com/download-center/Download.aspx?pos=download
- [12] ABB i-bus KNX. *Line Coupler LK/S 4.2 Product Manual* [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z: www.knx-gebaeudesysteme.de/sto_g/English/PRODUCT_MANUALS/LKS_42_PH_EN_V1-0_2CDC502066D0201.PDF

- [13] TZB-info. *Energetická náročnost a úspory u osvětlovacích soustav* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/osvetleni/12254-energeticka-narocnost-a-uspory-u-osvetlovacich-soustav>
- [14] TZB-info. *Energetická náročnost osvětlovacích soustav – TZB-info* [online]. [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/osvetleni/10162-energeticka-narocnost-osvetlovacich-soustav>
- [15] SOKANSKÝ, Karel. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky. *Základy základů světelné techniky* [online]. 2007, s. 41 [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: http://fei1.vsb.cz/kat410/studium/studijni_materialy/vuee/VUEE_Zaklady_svetelne_techiky.pdf
- [16] Echelon. *Introduction to the LonWorks Platform* [online]. [cit. 2015-05-08]. Dostupné z: http://downloads.echelon.com/support/documentation/manuals/general/078-0183-01B_Intro_to_LonWorks_Rev_2.pdf
- [17] Časopis Automa. *Systémy TAC – LonWorks pro řízení v budovách* [online]. [cit. 2015-05-08]. Dostupné z: http://automa.cz/index.php?id_document=32352
- [18] Automatizace.hw.cz. *Sběrnice LonWorks – 1.část – Úvod* [online]. [cit. 2015-05-08]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2005040501>
- [19] Automatizace.hw.cz. *Sběrnice LonWorks – 2.část – LonTalk protokol* [online]. [cit. 2015-05-08]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2005041101>
- [20] Automatizace.hw.cz. *Sběrnice LonWorks – 3.část – Neuron chip & ostatní hardware* [online]. [cit. 2015-05-08]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2005061001>
- [21] ELKO EP, S.R.O.. *Přehled sortimentu*. 1. vyd. Holešov, 2015, 65 s.
- [22] ELKO EP, S.R.O.. *iNELS BUS systém – Sběrnicevá elektroinstalace*. 1. vyd. Holešov, 2015, 57 s.
- [23] ELKO EP, S.R.O.. *iNELS RF Control – Bezdrátová elektroinstalace*. 1. vyd. Holešov, 2015, 60 s.
- [24] Elektro Wandelt. *Brandmeldekabel rot BMK-J-Y(ST)Y* [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: http://www.elektrowandelt.de/out/pictures/generated/product/1/665_665_100/sol_06891_1.jpg

- [25] Tecno a. s. *Peripheral modules on CIB Common Installation Bus* [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: http://www.tecnolab.ws/pdf/cib_cfox_en.pdf
- [26] ATELIER DEK. *Umělé osvětlení z pohledu projektanta* [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://atelier-dek.cz/umele-osvetleni-z-pohledu-projektanta-203>
- [27] Philips. *DN125B LED10S/830 PSR WH CoreLine Downlight* [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: http://www.lighting.philips.com/main/prof/coreline-downlight-dn125b/911401799001_EU/product
- [28] Philips. *DN125B LED20S/830 PSR WH CoreLine Downlight* [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: http://www.lighting.philips.com/main/prof/coreline-downlight-dn125b/911401799201_EU/product

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AC	Alternating Current
CIB	Common Installation Bus
CIE	Commission Internationale de L'Eclairage
CPU	Central Processing Unit
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
DIN	Deutsches Institut für Normung
DC	Direct Current
EIB	European Installation Bus
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
EST	Electron Stimulated Luminescence
ETS3	Engineering Tool Software, version 3
FTP	Foiled Twisted Pair
I/O	Input/Output
ID	Identification
IEC	International Electrotechnical Commission
IP	Internet Protocol
ISO	International Organization for Standardization
KNX	Konnex bus
KNX/PL	Konnex bus Power Line
KNX/RF	Konnex Bus Radio Frequency
KNX/TP	Konnex Bus Twisted Pair
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light Emitting Diode
LON	Local Operating Networks

NTP	Network Time Protocol
NZR	Non Return to Zero
PVC	Polyvinylchlorid
RTC	Real Time Clock
STP	Shielded Twisted Pair
S/FTP	Shielded/Foiled Twisted Pair
TFT	Thin Film Transistor
UTP	Unshielded Twisted Pair

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Hierarchická struktura decentralizované systémové techniky budov</i>	10
<i>Obr. 2. Průběh komunikace v decentralizovaném systému</i>	11
<i>Obr. 3. Hierarchická struktura centralizované automatizace budov</i>	11
<i>Obr. 4. Průběh komunikace v centralizovaném systému</i>	12
<i>Obr. 5. Sběrníková topologie</i>	15
<i>Obr. 6. Hvězdíková topologie</i>	16
<i>Obr. 7. Kruhová topologie</i>	16
<i>Obr. 8. Stromová topologie</i>	17
<i>Obr. 9. Obecné blokové schéma subsystému přenosu dat [6]</i>	18
<i>Obr. 10. Blokové schéma přenosu dat pomocí kódování [6]</i>	19
<i>Obr. 11. Příklad unipolárního NRZ kódování</i>	19
<i>Obr. 12. Příklad bipolárního NRZ kódování</i>	19
<i>Obr. 13. Prvky signálu Manchesterského kódu [1]</i>	20
<i>Obr. 14. Příklad Bi-fázového Manchesterského kódování</i>	20
<i>Obr. 15. Příklad Diferenciálního Manchesterského kódování</i>	21
<i>Obr. 16. Koaxiální kabel</i>	22
<i>Obr. 17. Kroucená dvojlinka S/FTP</i>	23
<i>Obr. 18. Optické vlákno</i>	23
<i>Obr. 19. Optické vlákno: a) mnohovidové, b) jednovidové [7]</i>	24
<i>Obr. 20. Příklad funkčně vymezených zón osvětlovací soustavy [13]</i>	26
<i>Obr. 21. Veličiny související s umělým osvětlením [26]</i>	27
<i>Obr. 22. Znázornění rozsahu barevného podání umělých světelných zdrojů</i>	28
<i>Obr. 23. Rozdělení světelných zdrojů podle rozložení vyzářovaného světelného toku</i>	29
<i>Obr. 24. Struktura zapojení systému KNX/EIB</i>	34
<i>Obr. 25. Liniová spojka systému KNX/EIB [12]</i>	35
<i>Obr. 26. Příklad rozdělení adres v jedné linii systému KNX/EIB [11]</i>	36
<i>Obr. 27. Znázornění komunikace systému KNX/EIB</i>	36
<i>Obr. 28. Datový paket systému KNX/EIB</i>	37
<i>Obr. 29. Kroucená dvojlinka YCYM 2x2x0,8 [10]</i>	38
<i>Obr. 30. Struktura zpojení systému LonWorks [19]</i>	39
<i>Obr. 31. Prvky technologie LonWorks</i>	40

<i>Obr. 32. Neuronový čip systému LonWorks [16]</i>	41
<i>Obr. 33. Transceiver systému LonWorks pro kroucenou dvojlinku [16]</i>	41
<i>Obr. 34. Příklad možného zapojení systému iNELS BUS [22]</i>	43
<i>Obr. 35. Kroucená dvojlinka J-Y(st)Y 2x2x0,8 [24]</i>	44
<i>Obr. 36. Půdorys domu</i>	46
<i>Obr. 37. Blokové schéma celého systému iNELS BUS</i>	48
<i>Obr. 38. Vzhled a křivka svítivosti svítidel Philips řady DN125B [27]</i>	50
<i>Obr. 39. Rozměry svítidel LED10S/830 PSR WH a LED20S/830 PSR WH [27] [28]</i>	50
<i>Obr. 40. Vizualizace vymodelovaného domu programem DIALux evo 5</i>	51
<i>Obr. 41. Vizualizace vymodelovaného domu programem DIALux evo 5</i>	51
<i>Obr. 42. Simulace umělého osvětlení programem DIALux evo 5</i>	52
<i>Obr. 43. Nasimulované hodnoty intenzity umělého osvětlení obývacího pokoje</i>	52
<i>Obr. 44. Nasimulované hodnoty intenzity umělého osvětlení kuchyně s jídelnou</i>	53
<i>Obr. 45. Nasimulované hodnoty intenzity umělého osvětlení pracovny</i>	53
<i>Obr. 46. Nasimulované hodnoty intenzity umělého osvětlení pokoje</i>	54
<i>Obr. 47. Nasimulované hodnoty intenzity umělého osvětlení ložnice</i>	54
<i>Obr. 48. Nasimulované hodnoty intenzity umělého osvětlení technické místnosti</i>	55
<i>Obr. 49. Nasimulované hodnoty intenzity umělého osvětlení koupelny a WC</i>	55
<i>Obr. 50. Nasimulované hodnoty intenzity umělého osvětlení zádveří</i>	56
<i>Obr. 51. Nasimulované hodnoty intenzity umělého osvětlení chodby</i>	56
<i>Obr. 52. Legenda k dispozičnímu rozložení prvků</i>	57
<i>Obr. 53. Dispoziční rozložení prvků systému</i>	58
<i>Obr. 54. Nástěnný ovladač s krátkocestným ovládáním WSB3-20 a WSB3-40 [22]</i> .59	
<i>Obr. 55. Zapojení ovladače WSB3 do sběrnice CIB [22]</i>	60
<i>Obr. 56. Ovládací jednotka EST3 a její zapojení do sběrnice CIB [22]</i>	61
<i>Obr. 57. DIN lišta</i>	62
<i>Obr. 58. Schéma zapojení technické struktury</i>	63
<i>Obr. 59. Napájecí zdroj PS3-100 [22]</i>	64
<i>Obr. 60. Oddělovač sběrnice BPS3-02M [22]</i>	65
<i>Obr. 61. Centrální jednotka CU3-01M [22]</i>	66
<i>Obr. 62. Universální dvoukanálový aktor DA3-22M [22]</i>	67
<i>Obr. 63. Spínací čtyřkanálový aktor SA3-04M [22]</i>	68
<i>Obr. 64. Jednotka binárních vstupů IM3-140M [22]</i>	69

Obr. 65. Převodník analog-digital ADC-40M [22]70

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Kategorie kroucené dvojlinky</i>	<i>23</i>
<i>Tab. 2. Doporučené hodnoty intenzity umělého osvětlení podle CIE [4]</i>	<i>25</i>
<i>Tab. 3. Rozdělení světelných zdrojů podle rozložení vyzařovaného světelného toku [15]</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 4. Specifikace jednotlivých prvků blokového schématu</i>	<i>49</i>
<i>Tab. 5. Parametry svítidel Philips řady DN125B</i>	<i>50</i>
<i>Tab. 6. Technické parametry WSB3-20 / WSB3-40</i>	<i>60</i>
<i>Tab. 7. Technické parametry EST3</i>	<i>62</i>
<i>Tab. 8. Technické parametry PS3-100</i>	<i>64</i>
<i>Tab. 9. technické parametry BS3-02M</i>	<i>65</i>
<i>Tab. 10. Technické parametry CU3-01M</i>	<i>66</i>
<i>Tab. 11. technické parametry DA3-22M</i>	<i>68</i>
<i>Tab. 12. Technické parametry SA3-04M</i>	<i>69</i>
<i>Tab. 13. Technické parametry IM3-140M</i>	<i>70</i>
<i>Tab. 14. Technické parametry ADC-40M</i>	<i>71</i>
<i>Tab. 15. Roční vyprodukované emise znečišťujících látek v kilogramech na 1 GJ</i>	<i>72</i>