

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

INSTALAČNÍ SBĚRNICE V INTELIGENTÍCH BUDOVÁCH

INSTALLATION BUS IN THE INTELLIGENT BUILDINGS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JIŘÍ KOZÁK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

ING. TOMÁŠ MARADA, PH.D.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky

Akademický rok: 2010/11

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jiří Kozák

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Instalační sběrnice v inteligentních budovách

v anglickém jazyce:

Instalation bus in the intelligent buildings

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem této rešeršní práce je seznámit se s oblastí inteligentních budov a vypracování detailního přehledu instalačních sběrnic používaných v této oblasti.

Cíle bakalářské práce:

1. Za pomoci internetu a dostupné literatury se seznamte s oblastí inteligentních budov.
2. Vypracujte detailní přehled instalačních sběrnic používaných v této oblasti.
3. U jednotlivých sběrnic uveďte příklady jejich nasazení, výhody, nevýhody a proveďte jejich srovnání.

Seznam odborné literatury:

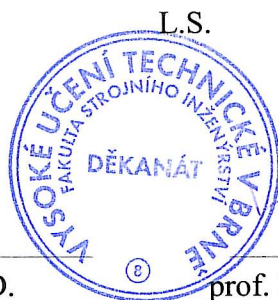
- [1] Kunc J., Elektroinstalace krok za krokem, GRADA, 2010.
- [2] Merz H., Automatizované systémy budov, GRADA, 2009.
- [3] Valeš M., Inteligentní dům, ERA, 2006.
- [4] <http://www.abb.cz/>

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Tomáš Marada, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 4.11.2010


Ing. Jan Roupec, Ph.D.
Ředitel ústavu




prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá instalačními sběrnici používanými v inteligentních budovách. V textu je uvedeno rozdělení instalačních sběrnic podle různých kritérií a stručný přehled některých používaných sběrnic, včetně jejich aplikací. Podrobněji jsou popsány sběrnice KNX/EIB a Lonworks.

Abstract

This bachelor's thesis deals with installation buses used in intelligent buildings. The text gives a breakdown of installation buses according to various criteria and a brief overview of buses, including their applications. Buses KNX/EIB and Lonworks are described in more details.

Klíčová slova

Instalační sběrnice, inteligentní budovy, KNX/EIB, Lonworks

Keywords

Installation bus, intelligent buildings, KNX/ EIB, Lonworks

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Tomáši Maradovi Ph.D. za cenné rady a připomínky. Svým rodičům bych rád vyjádřil dík za podporu a v neposlední řadě bych rád poděkoval Janě Dostálové za pochopení a trpělivost.

Obsah

ZADÁNÍ ZÁVĚREČNÉ PRÁCE	3
ABSTRAKT	7
KLÍČOVÁ SLOVA	7
PODĚKOVÁNÍ	9
ÚVOD	13
1.1 AUTOMATIZACE BUDOV.....	13
2 INSTALAČNÍ SBĚRNICE	15
2.1 SROVNÁNÍ POUŽITÍ INSTALAČNÍCH SBĚRNIC S KONVENČNÍ ELEKTROINSTALACÍ.....	15
2.2 POŽADAVKY KLADE NÉ NA INSTALAČNÍ SBĚRNICE.....	17
2.3 ZÁKLADNÍ TOPOLOGIE SBĚRNIC.....	17
2.3.1 Sběrnice.....	17
2.3.2 Strom.....	17
2.3.3 Hvězda.....	18
2.3.4 Úplná a částečná polygonální síť.....	18
2.4 ZPŮSOBY PŘÍSTUPU KE SBĚRNICI.....	19
2.4.1 Přístup dle přidělení (charakteristika, využití).....	19
2.4.2 Přístup dle požadavku.....	19
3 PŘEHLED SBĚRNICOVÝCH SYSTÉMŮ	21
3.1 STANDARDIZACE SBĚRNIC.....	21
3.2 ROZDĚLENÍ SBĚRNIC DLE DISTRIBUCE INTELIGENCE V SYSTÉMU.....	21
3.3 NIKOBUS.....	21
3.4 DOMINTELL.....	22
3.5 INELS A SBĚRNICE CIB.....	23
3.6 PHC.....	24
3.7 LCN.....	24
3.8 KNX/EIB.....	24
3.9 LONWORKS.....	25
3.10 SHRNU TÍ.....	25
4 SBĚRNICE KNX/EIB	27
4.1 HISTORIE.....	27
4.2 STANDARDIZACE.....	27
4.3 TOPOLOGIE.....	28
4.3.1 Napájecí zdroj.....	29
4.3.2 Liniová spojka.....	30
4.3.3 Individuální adresa přístroje.....	31
4.3.4 Skupinová adresa.....	31
4.3.5 Dodatky k adresování.....	32
4.4 KOMUNIKACE NA SBĚRNICI.....	32
4.4.1 Přenos informací.....	32
4.4.2 Přístup na sběrnici.....	34
4.4.3 Časový průběh komunikace.....	35
4.5 DATOVÉ TELEGRAMY NA KNX/EIB.....	36
4.5.1 Druhy telegramů.....	36

4.5.2	Stavba telegramů	37
4.5.3	Kontrolní pole.....	37
4.5.4	Priorita telegramu	37
4.5.5	Opakovací bit.....	38
4.5.6	Adresa odesilatele a příjemce	38
4.5.7	Příklad konfliktu při přístupu na sběrnici	38
4.5.8	Přepavní pole telegramu.....	39
4.5.9	Datové pole telegramu.....	40
4.5.10	Kontrola dat, zkušební pole.....	40
4.5.11	Zpětné hlášení	40
4.6.	PŘÍSTROJE PRACUJÍCÍ NA SBĚRNICI KNX/EIB	42
4.6.1	Sběrníková spojka.....	42
	Přenosový modul	42
	Mikrokontrolér.....	42
4.6.2	Snímače a akční členy	43
4.7.	ETS – ENGINEERING TOOL SOFTWARE.....	45
4.8.	PROJEKTY VYUŽÍVAJÍCÍ SBĚRNICI KNX/EIB	45
5.	LONWORKS	47
5.1	STANDARDIZACE	47
5.2	SÍŤOVÝ UZEL	47
5.2.1	Neuronový čip	47
5.2.2	Napájecí zdroj.....	48
5.2.3	Transceiver	49
5.3	PŘENOS INFORMACÍ V SÍŤÍCH LON.....	49
5.3.1	Adresování uzlů.....	50
5.3.2	Řízení přístupu na sběrnici LON	50
5.3.3	Síťové proměnné a vazby mezi uzly.....	51
5.3.4	Volně definované síťové proměnné.....	51
5.3.5	Standardní síťové proměnné (SNVT-Standard Network Variables Types).....	51
5.3.6	Struktura datových telegramů LON.....	52
5.4.	PRINCIPY POTVRZENÍ PŘÍJMU TELEGRAMU.....	52
5.5.	TOPOLOGIE SÍŤÍ LON	52
5.5.1	Liniová topologie.....	52
5.5.2	Hvězdicová a prstencová topologie	53
5.5.3	Složené topologie	53
5.5.4	Opakovač.....	53
5.5.5	Router	53
5.6.	SOFTWAREVÉ NÁSTROJE LONWORKS	53
5.6.1	Programovací nástroje	54
5.6.2	Nástroje pro ožívování sítí LON.....	54
5.7.	PROJEKTY VYUŽÍVAJÍCÍ SBĚRNICI LONWORKS.....	54
	PŘÍKLADY REALIZOVANÝCH PROJEKTŮ	54
6	ZÁVĚR.....	55
	PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY	57

Úvod

Díky technicko-ekonomickému rozvoji posledních desetiletí jsou kladeny stále větší požadavky na elektrotechnické vybavení budov a to jak privátních, tak veřejných. Většina požadovaných aplikací je realizovatelná pomocí klasické elektroinstalace, avšak od určité míry náročnosti požadavků je tento přístup ekonomicky a technicky nevýhodný. Vhodné řešení představují sběrnice systémy. Historicky byly používány pro automatizaci budov komunikační sběrnice průmyslové, později začali vznikat sběrnice systémy speciálně vyvíjené pro potřeby automatizace budov.

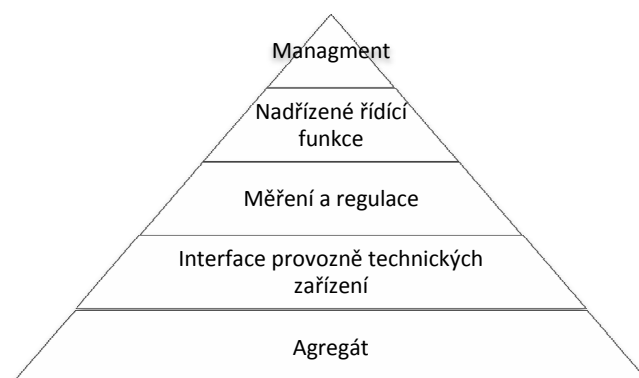
Ve vývoji instalačních sběrnic pro automatizaci budov a domácností existují dva přístupy. Historicky prvním přístupem jsou firemní řešení, kdy jedna firma vyvíjí vše potřebné pro instalaci a provozování inteligentní elektroinstalace. Druhým přístupem jsou řešení otevřená. Díky standardizaci můžeme vybírat potřebné vybavení z nabídky většího počtu výrobců, přičemž certifikací je zaručena funkčnost a korektnost vzájemné komunikace výrobků různých značek.

V dnešní době existuje celá řada řešení a to jak firemních, tak otevřených. Ve své práci zmíním některé z nabízených sběrnic, uvedu vhodnost jejich použití a budu se snažit o jejich vzájemné srovnání. V další části mé práce se zaměřím na sběrnice KNX/EIB a Lonworks, jednak proto, že se jedná o sběrnice nejpoužívanější a také kvůli tomu, že tyto sběrnice jsou předmětem zájmu Ústavu automatizace a informatiky Fakulty strojního inženýrství.

1.1 Automatizace budov

Automatizace budov je pojem zahrnující digitální měřicí, kontrolní, regulační a řídicí techniku pro vybavení budov. Jedná se o pojem nadřazený pojmu systémová technika budov. [1]

Systémová technika budov popisuje síť vznikající sestavením účastnických stanic a dalších systémových komponent. Propojení jednotlivých prvků sítě do jednoho systému je realizováno pomocí instalační sběrnice. Tento systém je sladěný s elektroinstalací a zajišťuje funkce, provozní fungování a spojení v příslušné budově. Inteligence daného systému je distribuována na jednotlivé komponenty. Informační toky probíhají přímo mezi jednotlivými účastníky. [1]

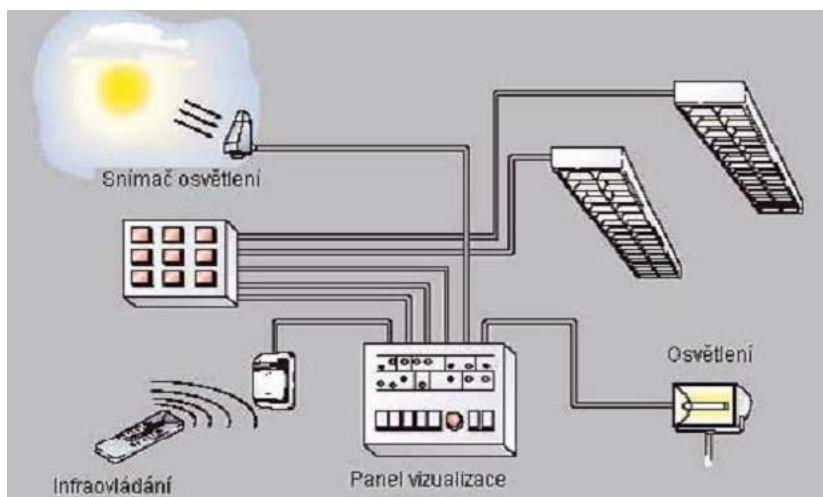


Obr. 1: Úrovňový model automatizace budov. [1]

2 Instalační sběrnice

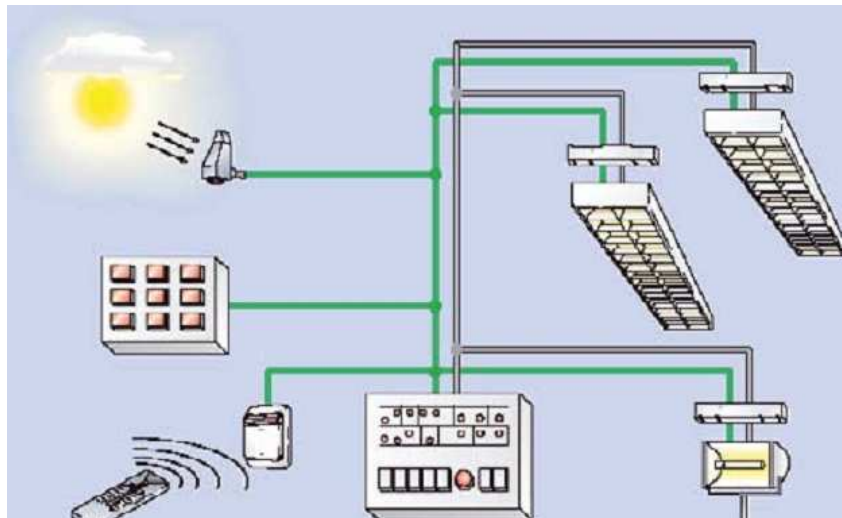
2.1 Srovnání použití instalačních sběrnic s konvenční elektroinstalací

Klasická elektroinstalace se skládá z mnoha samostatných obvodů s přesně specifikovaným účelem. Nedochozí k přenosu informací, přenáší se pouze spínací povely (spínání světel, ovládání žaluzií, spínání vzduchotechniky, topení atp.). Zapojení je pevné, pro vodiče se ve zdech vysekávají drážky. To znamená, že po dokončení projektu, není možné měnit účel dané elektroinstalace bez stavebních zásahů (pokládání vodičů pro nově požadované aplikace). Další nevýhodou klasické elektroinstalace může být její nepřehlednost u složitějších projektů. Problematické může být vzájemné propojení systémů (například automatické ztlumení světel při roztažení žaluzií, nastavení různých světelných scénérií atp.). [4]



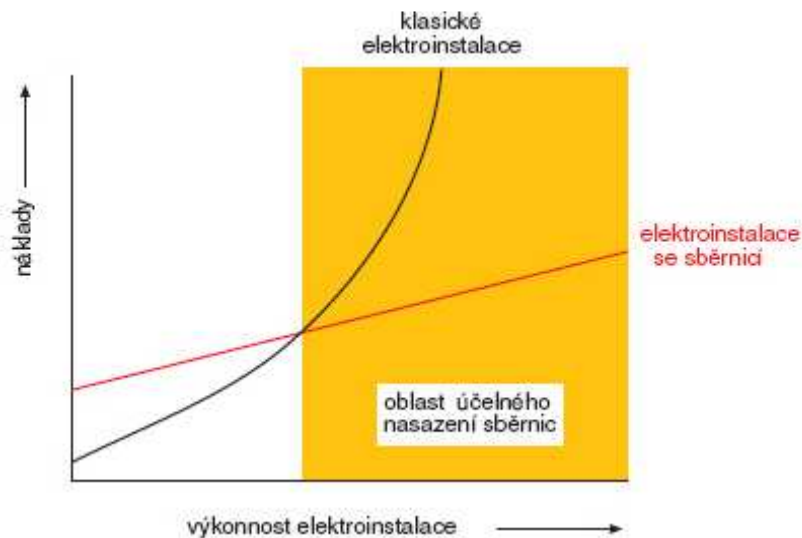
Obr. 2: Schematické znázornění zapojení klasické elektroinstalace [26]

Sběrnicová elektroinstalace spojuje jednotlivé provozně technické funkce do jednoho společného systému řízení. Ke svému fungování používá tzv. instalační sběrnici, tedy přenosové médium, ke kterému jsou připojeny jednotlivé prvky elektroinstalace, vzájemně komunikující pomocí určitého protokolu. V problematice sběrnicové elektroinstalace se tyto prvky označují jako účastníci a dělí se na tzv. aktory (osvětlení, motory zatemnění, projekční technika atp.) a senzory (vypínače, snímače kvality prostředí, převodníky atp.) Senzory jsou napájeny sběrnicí a odesílají jejím prostřednictvím informace. Aktory jsou součástí silových rozvodů a vykonávají danou činnost na základě přijaté informace. Sběrnicové systémy mají mnoho výhod. Jsou snadno adaptabilní, uživatelsky přívětivé, umožňují lepší kontrolu spotřeby energie a kvality prostředí, další výhody skýtají v oblasti zabezpečení budov. [4]



Obr. 3: Schematické znázornění zapojení sběrnicové elektroinstalace (Pozn.: systém KNX/EIB, zelené vodiče – vedení sběrnice, šedé vodiče – silové vedení) [26]

Většinu požadavků je možné realizovat pomocí klasické elektroinstalace. Od určité úrovně výkonnosti elektroinstalace by však neúměrně stoupala cena projektu vzhledem k nutnosti použít značné množství vodičů oproti množství kabeláže použité při aplikaci inteligentní elektroinstalace. [2]



Obr. 4: Grafické znázornění tendence růstu nákladů klasické a sběrnicové elektroinstalace v závislosti na výkonnosti projektované elektroinstalace [2]

Dalším velice důležitým aspektem je adaptabilita sběrnicové elektroinstalace. Požadovanou funkční změnu lze v mnoha případech realizovat přeprogramováním stávající elektroinstalace a není nutné měnit elektrické rozvody. Toto je důležité v komerčních budovách, kde se požadavky na daný prostor mohou výrazně a často měnit. [1]

2.2 Požadavky kladené na instalační sběrnice

Požadavky kladené na instalační sběrnice vyplývají z jejich funkce. Jedná se o přenos energie pro napájení senzorů a jednotlivých akčních členů, zároveň musí sběrnice zajistit přenos informací mezi těmito prvky elektroinstalace.[4]

Objem přenášených informací se značně liší podle konkrétní aplikační oblasti sběrnice. Pro přenos spínacích povelů v aplikační oblasti osvětlení jsou nároky na přenosovou kapacitu sběrnice poměrně nízké. Naproti tomu v oblasti vytápění a vzduchotechniky (HVAC) je nutné využití DDC modulů, které snímají, zpracovávají a vyhodnocují signály naměřených hodnot, objem dat přenášený sběrnici je tedy řádově větší. Největší nároky na přenosovou kapacitu sběrnic vznikají na úrovni managementu, kde je nutné zajistit komunikaci s dalšími výpočetními systémy s funkcemi zúčtování a nadřazenými funkcemi managementu spotřeby energií, které zajišťují eliminaci špiček a omezení zátěžových maxim.[1]

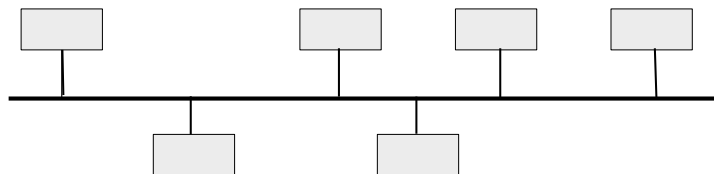
2.3 Základní topologie sběrnic

Topologie sběrnic je pojem označující geometrické uspořádání zařízení popřípadě účastníků, kteří si v dané síti vyměňují data. [1]

V následujících podkapitolách bude uveden jen stručný popis variant uspořádání, které jsou běžné v komunikačních systémech automatizace budov a výčet jejich hlavních výhod a nevýhod.

2.3.1 Sběrnice

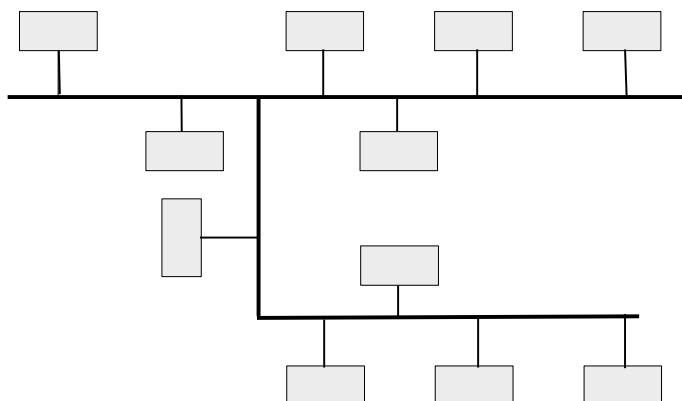
U sběrnice (liniové) topologie jsou jednotliví účastníci připojeni k jedinému přenosovému kanálu (sběrnici) pomocí krátkých odboček. Výhodou této topologie jsou nízké pořizovací náklady a snadná rozšiřitelnost sítě. Nevýhodou je nižší přenosová rychlost a možnost vzniku kolizí při komunikaci. [1]



Obr. 5: Sběrnice (liniová) topologie sítě.

2.3.2 Strom

Topologie stromu vychází ze sběrnice topologie. Na sběrnici jsou ovšem kromě účastníků připojeny i další sběrnice (tzv. linky). Tento typ topologie je výhodný zejména při tvorbě velkoplošných sítí. [1]

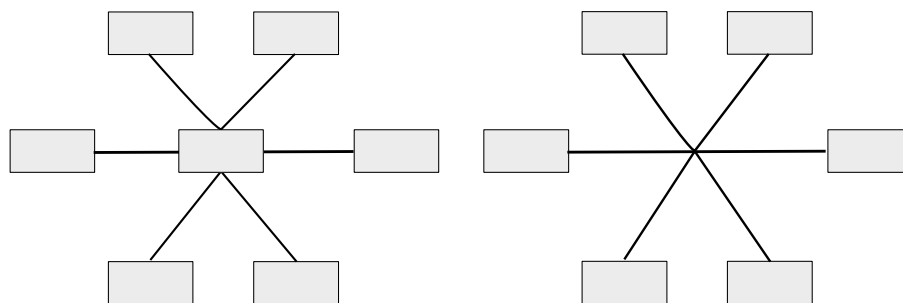


Obr. 6: Stromová topologie sítě.

2.3.3 Hvězda

Při použití této topologie je každý účastník připojen do centrálního uzlu, popřípadě jsou všichni účastníci spojeni s jednou centrální stanicí. Centrální stanice se nazývá Hub nebo Switch. [1]

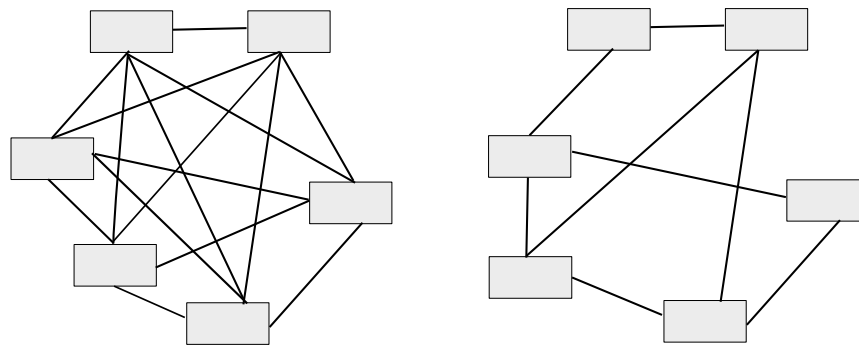
Oproti sběrnicové topologii se vyznačuje větší přenosovou rychlostí, to je dáno tím, že každý přenosový kanál je používán pouze jedním účastníkem, z toho plyne nemožnost vzniku kolizí při komunikaci. Síť je méně náchylná na kolaps, v případě poruchy jednoho účastníka nebo jeho komunikačního kanálu mohou ostatní účastníci dále fungovat v síti. Nevýhodou této topologie jsou velké nároky na kabeláž. V případě kolapsu centrálního prvku přestává fungovat celá síť. [3]



Obr. 7: Hvězdicová topologie s centrální stanicí a bez centrální stanice.

2.3.4 Úplná a částečná polygonální síť

V úplné polygonální síti je propojen každý účastník přímo se všemi ostatními, u částečně polygonální síti se přímo spojují jen někteří účastníci. [1]



Obr. 8: Úplná a částečná polygonální síť.

2.4 Způsoby přístupu ke sběrnici

V prostředí síťové komunikace umožňují sběrnice všem účastníkům přímý přístup ke kanálu přenosu. Přenosový kanál přijímá a dále zpracovává signály účastníků. Aby se signály jednotlivých účastníků vzájemně nezneškodily, byly vyvinuty dvě metody regulace přístupu účastníku k přenosovému kanálu.[1]

2.4.1 Přístup dle přidělení (charakteristika, využití)

Jedná se o nedeterministickou metodu, kdy účastníci přistupují ke komunikačnímu kanálu náhodně. V případě, že kanál chce najednou využívat více účastníků, dochází ke konfliktu. Přístup je povolen pouze jedinému účastníku, ostatní musejí opakovat pokus o získání přístupu později. Z toho plyne, že při velkém zatížení sběrnice není možné garantovat, že konkrétní účastník získá ve stanoveném čase přístup ke sběrnici. [1]

Rozlišujeme metody:

- CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection CSMA/CD)
- CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) – využívaná technologií KNX/EIB[1] modifikace této metody p- CSMA/CA je použita v sítích technologie LON

2.4.2 Přístup dle požadavku

Přístup dle požadavku je deterministická metoda. V konkrétním okamžiku může komunikační kanál využívat pouze jeden účastník. Přidělování přístupu ke kanálu probíhá cyklicky, je tedy přesně možné určit okamžik, kdy daný účastník bude mít oprávnění k přístupu, respektive interval, kdy účastník nebude mít možnost vysílat. [1]

3 Přehled sběrníkových systémů

Na současném trhu existuje celá řada sběrníkových systémů vhodných pro použití v oblastech automatizace budov. Vzájemně se liší stupněm decentralizace, škálou vhodných aplikací a svou standardizací. V následující kapitole bude uveden přehled některých sběrníkových systémů.

3.1 Standardizace sběrnic

Na trhu sběrníkových systémů určených pro automatizaci budov existují obecně dva přístupy k jejich standardizaci. Prvním, historicky starším, jsou řešení firemní. Komunikační protokol a ostatní důležité parametry, jejichž znalost je nezbytná pro vývoj přístrojů komunikujících pomocí dané sběrnice zůstává interní záležitostí firmy. Tato společnost zajišťuje vývoj a výrobu všech komponent nezbytných pro provoz inteligentní elektroinstalace na bázi jejich sběrníkového systému. Nevýhodou tohoto řešení mohou být omezení daná výrobním programem konkrétní společnosti, případně obtížné provázání s ostatními systémy. Výhodou firemních řešení může být nižší pořizovací cena jednotlivých komponent způsobená absencí procesu standardizace při uvádění komponenty na trh.

Druhý, historicky mladší přístup, spočívá ve vytvoření standardů na základě zveřejněných komunikačních protokolů a dalších specifikací sběrníkového systému. Výhodou standardizovaných sběrníkových systémů je větší počet výrobců komponent, mezi kterými je díky procesu certifikace zaručena korektnost vzájemné komunikace a bezproblémová funkčnost v síti. Samotný proces certifikace ovšem prodlužuje dobu nutnou k vývoji dané komponenty a tím zvyšuje její cenu.

3.2 Rozdělení sběrnic dle distribuce inteligence v systému

Dle distribuce inteligence v systému lze sběrníkové systémy pro automatizaci budov a domácností dělit na systémy centralizované a decentralizované (případně částečně decentralizované). [1]

V případě centralizovaných systémů existuje určitá centrální výpočetní a řídicí jednotka, která pomocí sítě komunikuje se snímači a akčními členy. Největší nevýhodou tohoto přístupu je neustálá hrozba výpadku celé sítě závislé. [1]

Nástup decentralizovaných systémů na konci 80. let souvisí s vývojem dostatečně výkonných mikroprocesorů. Díky mikroprocesorům bylo možné zpracovávat úlohy systémů v bezprostřední blízkosti technických instalací, tyto malé řídicí jednotky jsou označovány jako DDC (Direct Digital Controller). [1]

3.3 Nikobus

Nikobus je částečně decentralizovaný sběrníkový systém vyvinutý firmou Moeller pro použití v oblasti automatizace budov a domácností. Nikobus je vhodný pro použití v budovách s plochou do 4000m². Systém umožňuje precizní regulaci osvětlení, vytváření světelných scén, dálkové ovládání domácích spotřebičů. [18]

Délka sběrnice může dosahovat maximálně 1000m, přičemž k jedné řídicí jednotce je možné připojit až 256 senzorů a to až do vzdálenosti 350m. K přenosu informací se využívá kroucený pár vodičů. V praxi se nejčastěji vyskytuje topologie liniová, hvězdicová a stromová. Sběrnice je napájena stejnosměrným napětím o nominální hodnotě 9V. Komunikační protokol sběrnice Nikobus nebyl zveřejněn. [2]

Příkladem projektu využívající sběrnici Nikobus může být rekonstrukce starého kostelu v Hertfordshiru. Cílem projektu bylo zvýšit pohodlí obyvatel budovy a zároveň snížit spotřebu energií při zachování charakteru budovy. Ve výsledku jsou všechny obytné místnosti vybaveny vestavěnými reproduktory, datovým a multimediálním připojením a programovatelným osvětlením. Všechny systémy jsou připojeny k centrálnímu automatizačnímu systému Niko, který také zajišťuje regulaci vytápění a klimatizace budovy. [19]



Obr. 9: Starý kostel v Hertfordshiru využívající systém Nikobus. [19]

3.4 Domintell

Domintell je částečně centralizovaný sběrnicevý systém použitelný v oblasti automatizace budov a domácností. Nabízí běžně dostupné funkce, jako je například ovládání světel, vytváření světelných scén, sofistikované způsoby zabezpečení včetně simulace přítomnosti obyvatel a řízení prostředí. [20]

Komunikace mezi řídicí jednotkou a jednotlivými moduly je zabezpečena sběrnici RS-485 s vlastním komunikačním protokolem. Maximální vzdálenost přenosu je 1000m při přenosové rychlosti 200kb/s, při komunikaci na kratší vzdálenosti se rychlost zvyšuje (až 10 Mb/s při vzdálenosti 50m). Přenos dat mezi účastníky a jejich napájení zajišťují dva páry kroucených dvojlinek. Využívá se stejnosměrné napájecí napětí o jmenovité hodnotě 12V. Zařízení systému Domintell jsou vzájemně propojena liniově. [20]

Příkladem projektu využívající systém Domintell může být polyfunkční dům budovaný v Nymburce. Domintell bude ovládat osvětlení, topení a zásuvky, jak klasicky pomocí tlačítek, tak i přes GSM bránu. [21]



Obr. 10: Vizualizace polyfunkčního domu využívajícího sběrnici Domintell. [21]

3.5 Inels a sběrnice CIB

Částečně centralizovaný systém Inels pro tvorbu inteligentní instalace Inels je společným projektem firem Teco, a. s. a Elko EP, s. r. o. Mezi funkce poskytované tímto systémem patří centrální řízení spotřebičů, ovládání světel, ovládání rolet a žaluzií, regulace vytápění a klimatizace a zabezpečení objektu včetně simulace přítomnosti obyvatel budovy. Systém Inels je možné využít jak v oblasti malých elektroinstalací rodinných domů, tak i v administrativních a průmyslových stavebních projektech. [22]

Systém inteligentní elektroinstalace Inels je založen na výkonných centrálních jednotkách na bázi PLC a dvoudrátové sběrnici CIB (Common installation bus), která zajišťuje komunikaci i napájení senzorů a akčních členů. Při instalaci je nutné dodržovat polaritu vodičů, topologie sítě je libovolná, pouze zapojení do kruhu je nepřípustné. Na jednu větev je možné připojit až 32 jednotek, které komunikují s centrální jednotkou na principu master-slave. Pokud je v elektroinstalaci nezbytné použít více větví, než je počet rozhraní CIB příslušné centrální jednotky, je možné systém rozšířit pomocí externích master modulů obsahujících dvě větve CIB. Master modul je možné umístit až do vzdálenosti 300m od centrální jednotky v případě použití kovových vodičů. Při použití optických kabelů se maximální vzdálenost prodlužuje až na 1700m. Garantovaná rychlost odezvy dosahovaná i při plném vytížení sítě je 150ms při rychlosti přenosu dat 19,2 kb/s. Nominální hodnota stejnosměrného napájecího napětí je 24V, z důvodu trvalého dobíjení záložních akumulátorů je doporučováno používat napájecí napětí 27V DC. [22]

Příkladem projektu využívajícího systém Inels může být obchodní dům stojící v Brněnské ulici Táborská. Systém Inels v této budově zajišťuje řízení osvětlení, elektrickou zabezpečovací signalizaci a kontrolu teploty v chladicích boxech prodejny potravin.



Obr. 11: Obchodní dům využívající sběrníkový systém Inels [22]

3.6 PHC

Sběrnice PHC je využívána v centralizovaném systému firmy Peha. Síť tohoto systému má vždy jednu až čtyři jednotky. Ke každé z těchto jednotek je možné připojit až 640 informačních bodů (celkem tedy až 2560 bodů). Pro propojení jednotlivých prvků sítě a jejich napájení je využíván šestivodičový kabel a rozhraní RS-485. Rychlost přenosu dat činí 19,2kb/s na vzdálenost až 1000m. [2]

Sběrníkový systém firmy Peha nabízí obvyklé funkce jako je ovládání světel, žaluzií, rolet, klimatizace nebo vytápění. V oblasti zabezpečení budov je možné využívat simulace přítomnosti nebo kamerové systémy s centrální obsluhou. [23]

3.7 LCN

Technologie LCN (Local control network) byla na trh uvedena německou firmou Issendorf v roce 1994. Pro datový přenos se obvykle používá čtvrtý vodič silnoproudého rozvodu. V takovéto konfiguraci dosahuje rychlost přenosu dat 19,2 kb/s při maximální vzdálenosti 1000m. Při použití dvouúrovňové topologie složené z maximálního počtu segmentů (120) po 250 řídicích modulech je v síti obsaženo celkově 30000 modulů s více než 60000 přípoji na akční členy a senzory. LCN je tedy i přes svou jednoduchost vhodná pro rozsáhlé projekty. [2]

Tato sběrnice je vhodná pro řízení osvětlení, systém dokáže uchovávat až 120 přednastavených světelných scén. Dále je možné řídit kvalitu prostředí a to i automaticky pomocí parametrů jako je přítomnost lidí v místnosti, denní doba. Mezi další funkce patří například ovládání žaluzií, rolet atp. [24]

3.8 KNX/EIB

KNX/EIB je celosvětově používaný, standardizovaný systém. Jedná se o systém s distribuovanou inteligencí. Vzhledem k její důležitosti je sběrnice KNX/EIB podrobně popsána v rámci páté kapitoly.

3.9 Lonworks

Lonworks je podobně jako KNX/EIB standardizovaný a celosvětově používaný sběrníkový systém používaný v oblasti automatizace budov a domácností. Podrobný popis sběrnice Lonworks je předmětem šesté kapitoly.

3.10 Shrnutí

Největší výhodou decentralizovaných sběrníkových systémů oproti systémům centralizovaným, je absence centrálního řídicího členu, jehož kolaps může zavinit zhroucení celé sítě.

Standardizované sběrnice jsou flexibilnější, jejich využití je širší než u sběrníc firemních. Díky většímu počtu výrobců komponent je uživatel méně závislý na nabídce dodavatele. Naproti tomu firemní sběrnice se vyznačují nižšími pořizovacími náklady, díky absenci nákladného procesu standardizace jednotlivých komponent.

Všechny sběrníkové systémy uvedené v této kapitole nabízejí veškeré standardní funkce obvykle aplikované v automatizaci budov a domácností, jako je například ovládání světel a řízení kvality prostředí.

4 Sběrnice KNX/EIB

4.1 Historie

V roce 1990 byla založena mezinárodní asociace EIBA (European installation bus association) se sídlem v Bruselu. Hlavním cílem této organizace bylo vytvoření jednotných požadavků a standardů, které následně museli dodržovat všechny firmy vyrábějící přístroje pro tento decentralizovaný systém, přičemž jako základ byl použit již vyvíjený sběrnice systém Instabus (vyvíjen od roku 1986 firmou Siemens). Dodržováním těchto standardů je zajištěna spolehlivost a korektnost vzájemné komunikace přístrojů různých výrobců. [5]

Důležitým úkolem bylo vytvoření programovacího prostředí, které by umožnilo projektovat, programovat a následně oživovat systémové instalace. Za tímto účelem byl v roce 1991 uveden na trh nástroj ETS (Engineering tool software). [5]

V roce 1999 došlo ke sdružení asociací EIBA, Batibus a EHSA, které společně s významnými firmami pracujícími v oboru automatizace budov založili mezinárodní organizaci Konnex. Sídlem této organizace se opět stalo belgické hlavní město Brusel. Byl vytvořen standard KNX, přičemž jako základ byla využita evropská instalační sběrnice EIB. Pro využití sběrnice EIB hovořili zejména její dosavadní komerční úspěch, jasná certifikace a jednotný způsob uvádění do provozu pomocí ETS. Všechny přístroje vyvíjené pro sběrnici EIB automaticky vyhovují standardu KNX. [1]

KNX má oproti EIB mnohem více funkcí, což vyplývá z nutnosti propojovat větší množství přístrojů, nabízí možnost využití různých přenosových médií a různé způsoby uvádění do provozu odpovídající rozšířenému spektru použití. [2]

Asociace Konnex se vzhledem k rozvoji automatizace budov a díky značnému rozšíření sběrnice KNX/EIB rychle rozrůstá. V současné době má 230 členů z 29 zemí světa. Zajišťuje školení a certifikaci jednotlivých výrobků. Podrobné a aktuální informace jsou dostupné na stránkách www.knx.org. V České republice se nalézá školicí středisko provozované firmou ABB s.r.o. Elektro-Praga. [6]



Obr. 12: Současné oficiální logo KNX. [6]

4.2 Standardizace

Specifikace standardu KNX byly zveřejněny na jaře roku 2002. Vycházeli ze standardu EIB, který rozšiřovali o nové komunikační mechanismy a o možnost použití přenosových médií původně vyvíjených organizacemi Batibus a EHS.

V prosinci roku 2003 byl organizací CENELEC schválen protokol KNX a dvě jeho přenosová média (kroucená dvojlinka – KNX.TP a silový vodič – KNX.PL) jako evropský

standard EN 50090. Tomuto standardu odpovídá česká norma ČSN 50090 Elektronické systémy pro byty a budovy.[1] V roce 2006 byl schválen i radiofrekvenční přenos (KNX/RF). [6]

Vzhledem k tomu, že se sběrnice KNX kromě automatizace elektroinstalace často využívá i v oblasti HVAC byly vytvořeny evropské normy CEN EN 13321-1 a EN13321-2. [6]

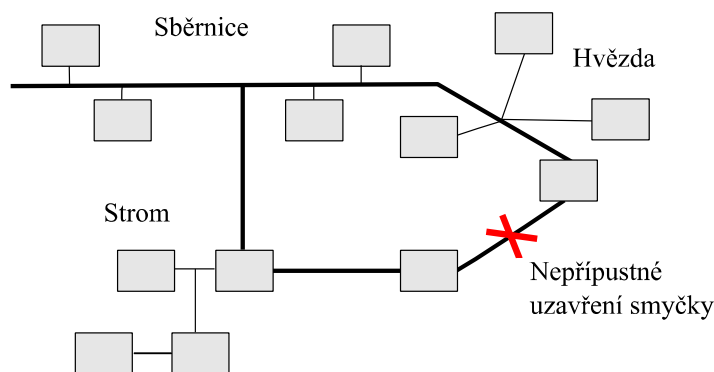
V roce 2006 byl protokol KNX (včetně všech používaných přenosových médií) schválen jako mezinárodní standard ISO/IEC 14543-3-x. [6]

Vzhledem ke značnému zájmu čínských zákazníků o produkty kompatibilní s protokolem KNX byla norma ISO/IEC 14543-3 přeložena do čínštiny a následně schválena čínským standardizačním výborem SAC TC 124 jako norma GB/Z 20965. [6]

Standardizace se také dočkalo propojení sběrnice KNX s jinými automatizačními systémy. Propojení KNX a BACnet popisují normy US ANSI/ASHRAE standard 135 a ISO 16484-5. [6]

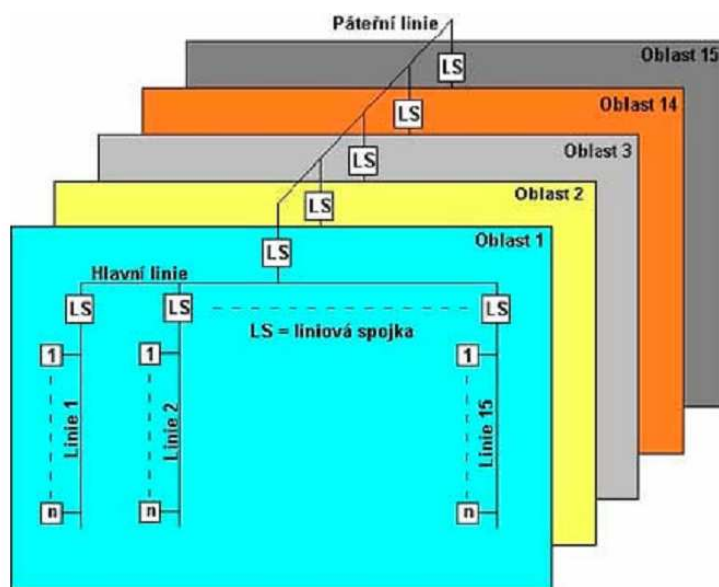
4.3 Topologie

Topologie každé linie může být téměř libovolná, jediné omezení spočívá v tom, že na sběrnici nesmí být uzavřena žádná smyčka. Kruhová struktura je tedy nepřijatelná.



Obr. 13: Příklad složené topologie linie sběrnice KNX /EIB s vyznačenou nepřijatelně uzavřenou smyčkou.

Pro sběrnici KNX/EIB je typická stromová topologie, která napodobuje instalační strukturu budovy. Jednotliví účastníci jsou vzájemně propojeni linií (Toto je možné představit si jako jednu kancelář.), ta může obsahovat až 256 přístrojů. Linie jsou spojeny prostřednictvím hlavní linie a vytvářejí společně tzv. oblast. Jedna oblast může obsahovat až 15 linií (kanceláře jednoho patra budovy). Oblasti jsou dále napojeny na páteřní linii.



Obr. 14: Stromová topologie rozsáhlé sítě KNX/EIB (LS-liniová spojka) [7]

Páteřní linie může spojovat až 15 oblastí, v jedné instalaci lze tedy používat maximálně 57600 přístrojů.[7]

Obvykle se projektování sítě omezuje na 64 účastníků (63 aktorů a jednu liniovou spojku s účastnickým číslem 0) na jednu linii, 12 linií na jednu oblast a 15 oblastí v celé síti. V síti je tedy $63 \cdot 12 \cdot 15 = 11\,340$ akčních členů, $12 \cdot 15 = 180$ liniových spojek a 15 spojek oblastních, celkově tedy 11 535 účastníků. Toto číslo je pro většinu projektů v bytové i účelové výstavbě, kde se v projektech KNX/EIB obvykle vyskytují desítky až stovky účastníků v rámci jedné sítě, dostatečné. [1]

Jednotlivé linie jsou vzájemně spojeny liniovými spojkami. Ty jednak galvanicky oddělují jednotlivé větve sítě, dále filtrují komunikaci tak, že pomocí tzv. filtrační tabulky nepouští telegramy určené pro komunikaci pouze v rámci příslušné linie dále. [1]

Projektování sítě je omezeno několika pravidly, která jsou dána fyzikální podstatou přenosu signálu na sběrnici a konstrukcí jednotlivých síťových prvků.

Na jeden napájecí zdroj smí připadat maximálně 64 napájených přístrojů, plně obsazená linie tedy musí obsahovat 4 napájecí zdroje a je rozdělena pomocí liniových spojek na 4 části (tyto LS jsou po hardwarové stránce shodné s LS připojující linie k hlavní linii, liší se pouze absencí filtrační tabulky ve svém aplikačním softwaru). Délka takto samostatně napájeného úseku sítě nesmí překročit 1000m, přičemž nejvyšší povolená vzdálenost mezi dvěma přístroji na tomto úseku je 700m. Vzdálenost mezi přístrojem a zdrojem nesmí překročit 350m. Pokud je v rámci jednoho úseku sítě potřeba použít více zdrojů, je jejich minimální vzájemná vzdálenost 200m, tím je snížena velikost vyrovnávacích proudů a omezena tvorba indukovaných špiček při přenosech telegramů. [7]

4.3.1 Napájecí zdroj

Úkolem napájecích zdrojů je zajistit, aby byl každý účastník v dané linii připojen na stejnosměrné napětí o nominální hodnotě 24V. Napájecí zdroje jsou k síti nízkého napětí

připojeny třemi svorkami (L, N, PE), pro sběrníkovou linii je určen vývod nízkého napětí (24V).

Vzhledem k tomu, že správná funkce síťových spojek musí být zajištěna v rozmezí napětí 15V až 35V (díky poklesu napětí na sběrnici), nemusí být napájecí zdroje stabilizované. Maximální hodnota proudu se pohybuje od 160mA do 640mA, podle toho kolik účastníků bude daným zdrojem napájeno, případně na rezervě kterou chce projektant vytvořit. [27]

Pro případ, že dojde k překročení maximálního proudu nebo ke zkratu, jsou napájecí zdroje vybaveny ochranou. Při poruše je zdroj odpojen, přičemž signalizace poruchy bývá obvykle realizována pomocí LED diody. Díky tomu, že je zdroj vybaven tlumivkou umožňuje komunikaci v linii. [27]

Pokud dojde ke krátkodobému výpadku napětí (například v průběhu bouřky), může být doba výpadku překlenuta pomocí energie naakumulované ve filtračních kondenzátorech zdrojů. Při plném zatížení sběrnice musí být zdroj schopen zabezpečit dodávku energie minimálně po dobu 100 μ s. Díky tomu že odběr dosahuje své nominální hodnoty jen zřídka, je tato doba obvykle podstatně delší a krátkodobý výpadek napětí se na fungování sítě KNX/EIB neprojeví. V případě nutnosti zabezpečení sítě proti delším výpadekům energie je možné využít bateriové moduly (např. typ AM/S 12.1 zajišťuje napájení minimálně po dobu 10 minut při plném zatížení) [27]

Jelikož každá linie obsahuje vlastní zdroj, vypadávají v případě jeho poruchy z komunikace jen účastníci zařazení na této linii a činnost okolních linií není narušena. V případě výpadku zdroje na hlavní nebo páteřní linii dochází k výpadku oblasti, popřípadě celé sítě.[1]

4.3.2 Liniová spojka

Účelem tohoto systémového přístroje je informačně propojovat jednotlivé linie, popřípadě segmenty linií, přičemž zůstává zachováno jejich galvanické oddělení. Podle úrovně sítě, na které je liniová spojka použita slouží jako: liniový opakovač oddělující jednotlivé segmenty linie, liniová spojka spojující linii s hlavní linií nebo jako spojka oblastní spojka spojující hlavní linii dané oblasti s páteřní linií. [1]

Pokud je v dané linii použito více než 64 účastníků je nezbytné ji pomocí liniových oddělovačů (tzv. repeatrů) rozdělit na 4 samostatné segmenty s vlastními napájecími zdroji. V případě velkých nároků na obsazení linie bývají liniové opakovače připojeny paralelně. Důvodem paralelního zapojení jednotlivých segmentů linie je fakt, že obvyklé datové telegramy nejsou schopny projít více než šesti spojkami. Liniový opakovač se od liniových a oblastních spojek neliší po hardwarové stránce, rozdílný je však aplikační software, který neobsahuje filtrační tabulku. Účelem liniového opakovače je rekonstruovat přijaté signály, ty jsou následně přeměrovány na nadřazený případně podřazený segment linie. [1]

Liniové a oblastní spojky zajišťují filtraci komunikace na sběrnici. Telegramy odeslané účastníkem z dané linie jsou spojkou přeměrovány, pokud přijímač leží vně této linie. K tomuto účelu spojce slouží tzv. filtrační tabulka skupinových adres, která je do jejího aplikačního softwaru vložena v prostředí ETS. Aplikační software bývá uložen v EEPROM (electrically erasable programmable read-only memory). Filtrované telegramy jsou přeměrovány jen tam, kde jsou požadovány, tím je sníženo datové zatížení sítě a umožněn souběžný přenos dat ve více liniích. Samotná filtrace telegramu trvá 20ms. [1]

4.3.3 Individuální adresa přístroje

Polohou přístroje v systémové instalaci je definována jeho individuální adresa. Individuální adresa je využívána při programování jednotlivých přístrojů, diagnostice a lokalizaci závad v síti. Individuální adresa je složena ze tří částí, které jsou vzájemně odděleny tečkami. První část obsahuje číslo 0 až 15, přičemž 0 je vyhrazena samotné páteřní linii. Určuje pořadové číslo oblasti v dané síti. Další část je tvořena opět číslicí 0 až 15, druhou částí je určena konkrétní linie, ve které se daný přístroj nachází. Ve druhé části individuální adresy je 0 vyhrazena hlavní linii. Poslední část individuální adresy určuje pořadí přístroje na linii a nabývá hodnoty 0 až 255. [7]

Individuální adresa je přístroji přidělena již v době projektování sítě prostřednictvím ETS ve verzi používané projektantem. Individuální adrese je v telegramu KNX/EIB vyhrazeno 16 bitů. [1]

- 4 bity pro oblast
- 4 bity pro linii
- 8 bitů pro označení pořadí přístroje v rámci dané linie

Příklady individuálních adres:

- Obecně: oblast. linie. účastník
- 4.0.0 oblastní spojka, spojující hlavní linii 4. oblasti s páteřní linií
- 2.3.0 liniové spojka, spojující 3. Linii 2. oblasti s hlavní linií 2. oblasti
- 2.2.14 adresa 14. přístroje ležícího ve druhé linii druhé oblasti

4.3.4 Skupinová adresa

Tento typ adresy účastníka slouží při běžné komunikaci na sběrnici. V systémech KNX/EIB existují skupinové adresy dvouúrovňové a tříúrovňové. Jednotlivé úrovně skupinové adresy jsou vzájemně odděleny lomítkem, takto je na první pohled patrné, že se nejedná o adresu individuální. Způsob adresace se nastavuje v průběhu projektování elektroinstalace prostřednictvím ETS. Skupinové adrese je v datovém telegramu vyhrazeno 16 bitů, přičemž využito bývá obvykle 15 bitů. [1]

Dvouúrovňová adresace je složena z hlavní skupiny a podskupiny. Pro hlavní skupinu jsou rezervovány 4 bity, 11 bitů patří podskupině. Takto může být definováno až 2^4 hlavních skupin, číslovaných 0-15 a 2^{11} podskupin označených číslem 0-2047. Hlavní skupina určuje funkci účastníka. Např.: 1 pro osvětlení, 2 pro žaluzie, 0 pro bezpečnost. Podskupinou je definována účastníková poloha. Např.: 1 pro obývací pokoj, 2 pro garáž, 3 pro pracovnu. [1]

Příklady dvouúrovňových skupinových adres:

- Obecně hlavní skupina/podskupina
- 1/3 osvětlení, pracovna
- 0/2 zabezpečení, garáž
- 2/1 žaluzie, obývací pokoj

- 1/1 osvětlení, obývací pokoj

Stavba tříúrovňové adresy je odlišná, hlavní skupině jsou opět vyhrazeny 4 bity, střední skupině se vyhrazeny 3 bity a posledních 8 bitů patří podskupině. V systému s tříúrovňovou adresací je tedy možno definovat 2^4 hlavních skupin, číslovaných 0-15, dále 2^3 středních skupin označených číslem 0-7 a nakonec 2^8 podskupin číslovaných 0-255. Největší předností tříúrovňové adresace je větší rozlišovací schopnost. Je tedy možné například samostatně ovládat bodové osvětlení, stropní osvětlení a osvětlení pracovního prostoru v rámci jedné místnosti. V praxi se jako 0 nejčastěji označuje hlavní skupina zabezpečení, stejně jako u adresace dvouúrovňové. [1]

Příklady tříúrovňových skupinových adres:

- Obecně hlavní skupina/střední skupina/podskupina
- 1/1/1 osvětlení, obývací pokoj, strop
- 1/1/2 osvětlení, obývací pokoj, bodová světla
- 1/2/1 osvětlení, pracovna, strop
- 1/2/2 osvětlení, pracovna, bodová světla

4.3.5 Dodatky k adresování

Vzhledem k omezené kapacitě paměti EEPROM nenaleznou hlavní skupiny 14 a 15 místo ve filtrační tabulce spojek, proto by se za normálních okolností neměly v projektu vyskytovat, pokud je jejich využití nevyhnutelné, je nutné náležitě konfigurovat liniové spojky. [1]

Pro rozeznání typu adresy slouží účastníkům na sběrnici tzv. vlajka adresy. Jedná se o speciální bit v 6. datovém bytu telegramu. V případě že se jedná o individuální adresu, nabývá tento bit hodnoty 0. V případech skupinové adresy je hodnota tohoto bitu rovna jedné. [1]

4.4 Komunikace na sběrnici

Informace jsou po sběrnici KNX/EIB přenášeny formou datových telegramů v binární podobě. Vzhledem k tomu, že informace jsou přenášeny stejným párem vodičů, jako napájecí napětí sběrnicevých spojek jsou digitalizovaná data namodulována na toto napětí. V datovém telegramu musí být obsaženy jednak informace obsahující příkazy a informace umožňující plynulý a korektní způsob komunikace na sběrnici. Datový telegram tedy obsahuje údaje o prioritě telegramu, skupinovou adresu, parametry příkazu, individuální adresu, přenosové pole a pole kontrolní. Význam a struktura jednotlivých částí telegramu bude popsána v následujících kapitolách. [9]

4.4.1 Přenos informací

Pro přenos informací v systémových instalacích KNX/EIB mohou být využita různá přenosová média. Binární informace musí být před vlastním přenosem transformována v závislosti na zvoleném typu přenosového média do vhodného fyzického signálu. Pro optická vlákna se bude jednat o signál světelný, v případě použití KNX.RF půjde o signál rádiový, při použití KNX.TP (kroucený pár), případně KNX.PL (silové vedení) bude signál

napěťový. Volba vhodného typu přenosového média je dána vlastnostmi realizovaného projektu. Vzhledem k tomu, že použití KNX.TP je nejrozšířenější, a to zejména u novostaveb, bude podrobně popsán přenos dat prostřednictvím právě tohoto přenosového média. [1]

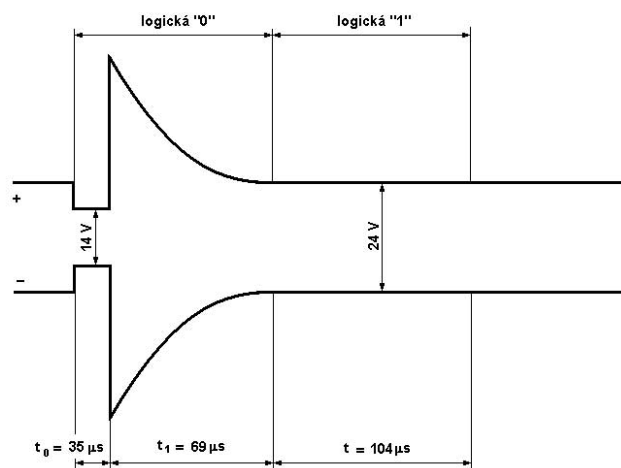
Samotné vedení KNX.TP je certifikováno asociací Konnex. Vedení musí splňovat některé fyzické požadavky, jako je počet vodičů, minimální průřez, izolační napětí atd. [10]

Pro klasický kroucený pár je typické vedení YCYM 2 x 2 x 0,8. Na první pohled lze sběrnicevé vedení od ostatních rozvodů odlišit díky zelenému PVC opláštění. Samotné vedení sestává ze dvou páru žil, jejichž vodiče mají průměr 0,8mm, jsou ve dvojích zkroucené a vzájemně odstíněné kaširováním hliníkovou fólií. Pár žil s černým (-) a červeným (+) vodičem je využíván pro napájení účastníků na sběrnici a současně pro přenos dat. Druhý pár žil se žlutým a bílým vodičem slouží jako rezerva. [1]

Pro převod binární informace do podoby signálu elektrického napětí jsou využívány speciální přenosové moduly, např. T-UART-IC z produkce Siemens Semiconductor Group. Signál je tvořen rozdílem napětí mezi kladným červeným a záporným černým žilovým vodičem. Pokud je na napájecí napětí superponován napěťový puls o velikosti 5V jedná se o logickou „0“, logická jednička je vyjádřena nulovým pulsem, tedy napětí mezi žilami je v průběhu jejího přenosu rovno 24V. Fyzikální podstata napěťového pulsu při vysílání logické nuly spočívá v přechodovém jevu na tlumivce napájecího zdroje při ukončení pravouhlého napěťového pulsu. Jednotlivé pulsy jsou vzájemně odděleny časovým intervalem 35 μ s, samotný puls je vyslán 69 μ s, pro odeslání jednoho bitu je tedy potřeba 104 μ s. [9]

Z toho údaje je možno určit datovou propustnost v_{bit} na KNX.TP: [1]

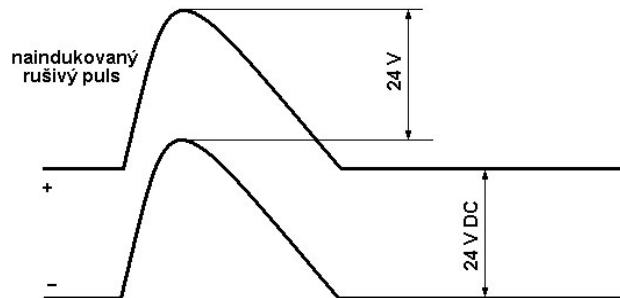
$$v_{\text{bit}} = \frac{1}{T} = \frac{1 \text{ bit}}{104 \mu\text{s}} \approx 9615 \frac{\text{bit}}{\text{s}} \approx 96 \frac{\text{kbit}}{\text{s}}$$



Obr. 15: Průběh signálu při odeslání dat na sběrnici KNX/EIB [9]

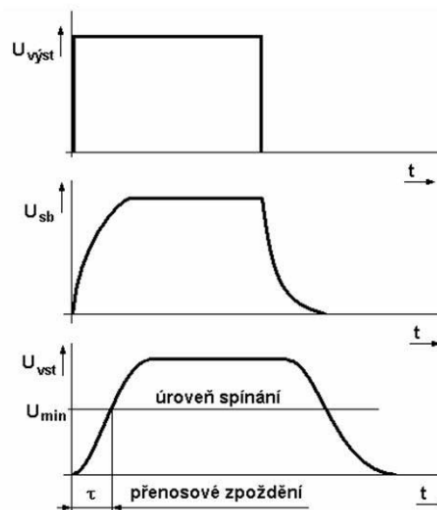
Při přijetí signálu na sekundární vinutí transformátoru přenosového modulu sběrnicevé spojky dochází k součtu signálů z obou primárních vinutí, takže na řídicí obvody sběrnicevé spojky jsou přiváděny pulsy binárního telegramu. Díky různým vnějším, či vnitřním vlivům (např. elektromagnetická indukce) může dojít k rušení a vzniku tzv. poruchového signálu. Tyto rušivé pulsy na obou vodičích se vzájemně odečtou za pomoci rozdílového transformátoru. Přítomnost rozdílového transformátoru na vstupech sběrnicevých

spojek výrazně zvyšuje odolnost systému proti poruchovým signálům a značně zvyšuje pravděpodobnost, že komunikace na sběrnici proběhne korektně [9]



Obr. 16: Průběh poruchového signálu sběrnice KNX/EIB [9]

Teoreticky pravoúhlý průběh přenášených signálů je deformován vlivem indukčnosti transformátorů sběrnicových spojek a tlumivky napájecího zdroje a parazitních impedancí (zejména parazitní impedance samotného sběrnicového vedení). Vlivem deformace signálu dochází k přenosovému zpoždění. Přenosové zpoždění je způsobeno tím, že řídicí obvody sběrnicové spojky zaznamenají vstupující puls až po dosažení určité minimální hodnoty napětí. Díky tomu, že je signál deformován, není okamžik začátku příjmu signálu a okamžik dosažení minimálního napětí pro zaznamenání signálu totožný.[9]



Obr. 17: Vznik přenosového signálu vlivem jeho deformace.[9]

4.4.2 Přístup na sběrnici

V případě, že chce účastník vysílat datový telegram, musí nejdříve ověřit, zda je sběrnice volná. Po události, která má za následek odeslání telegramu (stisknutí tlačítka, zjištění nepříjemně nízké teploty atp.) nejdříve vysílač zjišťuje, jestli je sběrnice volně k dispozici. Sběrnice je považována za volnou, jestliže v čase potřebném pro odeslání 50 bitů (telegramy 1. třídy) popř. 53bitů (telegramy 2. třídy) neproběhne žádný přenos dat. Po tuto dobu musí být napěťový rozdíl mezi červeným a černým vodičem roven nominální hodnotě 24V DC. [1]

Pro zajištění co nejmenšího počtu konfliktů při přístupu na sběrnici jsou telegramy rozděleny do dvou tříd, přičemž telegramy s třídou přístupu jedna mají před datovými telegramy druhé třídy přednost. Datové telegramy druhé třídy se mohou odeslat až po uplynutí 53 dob bitu bez aktivity, oproti 50 dobám u datových telegramů první třídy. Z toho plyne, že datové telegramy druhé třídy se mohou odeslat až po odeslání všech datových telegramů první třídy. V případě konfliktu mezi datovými telegramy se stejnou třídou přístupu, přichází na řadu metoda CSMA/CA.[1]

Datové telegramy s třídou přístupu 1:

- Systémové telegramy
- Poplachové telegramy
- Opakované telegramy

Datové telegramy s třídou přístupu 2:

- Přednostní telegramy
- Normální telegramy

Pro přístup na sběrnici KNX/EIB je využívána metoda CSMA/CA, která patří mezi tzv. metody stochastické. Základem jejího principu je existence dominantních a recesivních signálních prvků. Dominantní prvek se proti prvku recesivnímu při komunikaci prosadí. V elektroinstalacích KNX/EIB je dominantním signálním prvkem nulový bit a jedničkový bit je signál recesivní. V praxi to znamená, že pokud chtějí dva účastníci využívat sběrnici zároveň, dochází k testování jejich telegramů bit po bitu. Telegram, ve kterém se jako první objeví nula za přítomnosti jedničky ve druhém telegramu, bude odeslán jako první. Telegram s jedničkou bude odeslán následně. Metoda CSMA/CA tedy umožňuje řešit konflikty v přístupu na sběrnici, tak že vysílač může svůj telegram vysílat bez časového prodloužení. Příklad řešení konfliktu přístupu na sběrnici bude uveden po popsání struktury datového telegramu [1]

4.4.3 Časový průběh komunikace

Většina přenášených datových telegramů obsahuje povely pro sprání elektrických obvodů, tyto telegramy obsahují pouze dva datové byty. V takovýchto případech trvá komunikace mezi odesílajícím a přijímajícím účastníkem na stejné lince 20,072ms, tedy 193 dob přenosu bitu. Tento čas platí pro telegramy první třídy, pro telegramy druhé třídy je tato doba prodloužena o 0,321ms vzhledem k tomu, že sběrnice musí být před odesláním telegramu volná o 3 doby bitu déle. Příklad časového průběhu komunikace při odeslání spínacího telegramu první priority mezi dvěma účastníky na stejné lince: [2]

Činnost	Trvání v dobách bitu	Trvání v μs
Čekání na volnou sběrnici	50	5200
Vysílání datového telegramu	$9 \cdot (11+2)=117$	12168
Přestávka	$11+2=13$	1352
Vysílání zpětného hlášení	$11+2=13$	1352
Celková doba	193	20072

Tab. 1: Časový průběh komunikace při odeslání spínacího telegramu KNX/EIB [1]

4.5 Datové telegramy na KNX/EIB

Prostřednictvím telegramů dochází na sběrnici KNX/EIB k výměně informací mezi jednotlivými účastníky. Struktura telegramu zajišťuje plynulý a bezproblémový přenos informací na sběrnici.

4.5.1 Druhy telegramů

Existují dva druhy telegramů. Telegramy datové a telegramy potvrzovací (tzv. zpětná hlášení). Odeslání datového telegramu předchází událost, jako je například stisknutí tlačítka, dosažení požadované teploty pokoje nebo narušení bezpečnosti v objektu. Po této události odešle konkrétní přístroj datový telegram s určitou skupinovou adresou. Všichni účastníci, kterým je tento datový telegram určen následně potvrdí jeho přijetí prostřednictvím zpětného hlášení. Aby nedocházelo k zahlcování sběrnice větším počtem zpětných hlášení, probíhají zpětná hlášení jako souhrnná. V případě, že se příjemce telegramu nachází mimo linii vysílače, bývá přijetí telegramu potvrzeno liniovou spojkou. [1]

Velikost datového telegramu se pohybuje od 9 do 23 bytů (nejběžnější spínací telegramy mají 9 bytů) s následující strukturou. Binární informace přenášená datovým telegramem bývá rozdělena do sedmi polí s následující strukturou: [1]

- 1 byte – Kontrolní pole
- 2 byty – adresa odesílatele
- 2 byty + 1 bit – adresa příjemce
- 3 bity – přepravní pole
- 4 bity – údaj o délce datového pole
- 1 – 16 bytů – datové pole
- 1 byte – zkušební pole

Velikost zpětného hlášení je jeden byte a obsahuje informaci o přijetí datového telegramu. [1]

Podrobný popis struktury obou druhů telegramů bude uveden v následujících kapitolách.

4.5.2 Stavba telegramů

Datové telegramy i zpětná hlášení jsou přenášeny jako pakety znaků UART. Paket UART má velikost 11 bitů, přičemž před odesláním následujícího znaku se vkládá mezera dvou bitů. Odeslání jednoho paketu tedy zabírá 13 bitových časových intervalů. Mezi poslední znak UART datového telegramu a souhrnné zpětné hlášení se vkládá mezera o velikosti jednoho znaku. Takto vzniká mezera 15 bitových časových intervalů mezi posledním bitem posledního paketu UART datového telegramu a startovacím bitem zpětného hlášení. [1]

4.5.3 Kontrolní pole

Kontrolní pole tvoří první část datového telegramu, jeho velikost činí 1 byte, tedy jeden znak UART. Před obsah samotného kontrolního pole se vkládá startovací bit (SB, hodnota 0), za posledním znakem jsou umístěny paritní bit (PB, se sudou paritou slouží pro kontrolu správnosti přijatého obsahu) a koncový bit (EB, hodnota 1). Kontrolní pole (a tedy i paket UART) může vypadat například takto: [1]

SB	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	PB	EB
0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1

Tab. 2 Příklad kontrolního pole sběrnice KNX/EIB [1]

Přičemž nejdůležitější bit paketu je bit D7 (v literatuře označován jako MSB – most significant bite) a nejméně důležitým bitem je bit D0 (LSB – least significant bite)

4.5.4 Priorita telegramu

Priorita telegramu je určena dvěma bity, bitem D3 také označovaném jako P1 a bitem D2 označovaném jako P0. Priorita je jeden ze tří prvků telegramu rozhodujícím o přístupu na sběrnici. Dalšími prvky rozhodujícími o přístupu na sběrnici jsou opakovací bit a adresa odesílatele telegramu. Vzhledem k tomu, že jako první z těchto prvků je odvíšlán prioritní bit P0, má největší význam pro rozhodování o pořadí přístupu na sběrnici. Telegramy mohou mít následující prioritu: [1]

D2(P0)	D3(P1)	Priorita
0	0	Systemová priorita
0	1	Poplachová priorita
1	0	Vysoká priorita
1	1	Nízká priorita

Tab. 3 Priority datových telegramů KNX/EIB [1]

Pokud je priorita dvou telegramů shodná, stává se rozhodujícím prvkem opakovací bit.[1]

4.5.5 Opakovací bit

Pokud vysílající stanice dostane od jednoho nebo více příjemců negativní zpětné hlášení, musí tento telegram odeslat znovu. Změní se hodnota opakovacího bitu D5, označovaného R, z jedničky na nulu. Tím se priorita opakovaného telegramu zvýší oproti prioritě telegramu vysílaného poprvé. Pokud je priorita i hodnota opakovacího bitu dvou telegramů shodná, rozhoduje o přístupu na sběrnici individuální adresa odesílatele.[1]

4.5.6 Adresa odesílatele a příjemce

Zásady tvorby individuální adresy jsou popsány v kapitole 4.1.4. Pro přístup na sběrnici je rozhodující její binární podoba zapsaná v paketu UART telegramu. Přístup na sběrnici získává ten z účastníků, v jehož adrese se jako u prvního objeví 0 za přítomnosti jedniček v adresách ostatních účastníků.[1]

4.5.7 Příklad konfliktu při přístupu na sběrnici

Čtyři účastníci se současně pokoušejí o odeslání datového telegramu. Pole datových telegramů těchto účastníků, podle nichž bude určeno pořadí přístupu na sběrnici, jsou uvedena v následující tabulce:

Individuální adresa odesílatele	Kontrolní pole					Zdrojová adresa		
	D7 D6	R	D4	P1P0	D1D0	Oblast	Linie	Účastník
1.1.1	1 0	1	1	1 1	0 0	0001	0001	00000001
1.1.3	1 0	1	1	0 1	0 0	0001	0001	00000011
1.1.10	1 0	0	1	0 1	0 0	0001	0001	00001010
1.1.21	1 0	0	1	0 1	0 0	0001	0001	00010101

Tab. 4: Příklad konfliktu při přístupu na sběrnici KNX/EIB [1]

Prvním kritériem sledovaným při přístupu na sběrnici je třída přístupu, která je určena bity P0 a P1. Účastnická stanice 1.1.1 chce odeslat telegram s nízkou prioritou bez opakování, 1.1.3 se snaží o odeslání telegramu s vysokou prioritou bez opakování. V obou případech jde tedy o telegramy s druhou třídou přístupu na sběrnici, které je možné odeslat po uplynutí 53 dob bitu bez aktivity na sběrnici. Vzhledem k tomu, že telegramy účastnických stanic 1.1.10 a 1.1.21 jsou opakované, náleží jim první třída přístupu a proto budou odeslány dříve. Dochází však ke konfliktu mezi těmito stanicemi. [1]

Každých 8 bitů datových telegramů je odesláno jako paket znaků UART. (Poslední dva jedničkové bity každého paketu představují mezeru).

Účastnická stanice	Znaky UART 1	Znaky UART 2	Znaky UART 3
1.1.10	0 00101001 11 11	0 10001000 01 11	0 01010000 11 11
1.1.21	0 00101001 11 11	0 10001000 01 11	0 10101000 11 11

Tab. 5: Příklad konfliktu při přístupu na sběrnici KNX/EIB [1]

Vzájemným srovnáním jednotlivých bitů zleva doprava lze zjistit, že pakety znaků UART 1 (Kontrolní pole) a UART 2 (Byte adresy odesílatele vyšší hodnoty obsahující čísla oblasti a linie účastníka) datových telegramů obou účastníků jsou shodné. U paketu UART 3 (Byte adresy odesílatele nižší hodnoty obsahující číslo účastníka na linii) dochází ke konfliktu. Druhý bit tohoto paketu je v případě 1.1.10 nulový, kdežto u 1.1.21 jedničkový. Vzhledem k tomu, že nula je dominantní, musí účastník 1.1.21 odstoupit, 1.1.10 získává volný přístup ke sběrnici a možnost odeslání všech paketů UART svého datového telegramu. Po odeslání telegramu účastníka 1.1.10 získá přístup a možnost odeslat svůj telegram stanice 1.1.21. [1]

Po odeslání obou telegramů první třídy dochází ke konfliktu mezi účastníky 1.1.1 a 1.1.3.

Účastnická stanice	Znaky UART 1	Znaky UART 2	Znaky UART 3
1.1.1	0 00111101 11 11	0 10001000 01 11	0 10000000 11 11
1.1.3	0 00101001 11 11	0 10001000 01 11	0 11000000 11 11

Tab. 6: Příklad konfliktu při přístupu na sběrnici KNX/EIB [1]

V tomto případě dochází ke konfliktu již při porovnání kontrolních polí obou telegramů (Znaky UART 1). Zatímco čtvrtý bit znaků UART 1 stanice 1.1.3 je nulový, u stanice 1.1.1 se na tomto místě nachází recesivní jednička. Účastnická stanice 1.1.1 tedy uvolní přístup na sběrnici pro stanici 1.1.3, jejíž telegram má vysokou prioritu. Po odeslání telegramu stanice 1.1.3 získává přístup na sběrnici stanice 1.1.1 a jako poslední z uvedených účastníků může odeslat všechny znaky svého datového telegramu [1]

4.5.8 Přeprování pole telegramu

Standardní telegram může být přenesen přes liniové opakovače, liniové a oblastní spojky přeneseny maximálně šestkrát. Pro zajištění kontroly počtu přenosů jsou telegramy vybaveny přepravním (routingovým) polem. Toto pole se nachází v šestém bytu telegramu, má délku 3 bity (R0, R1, R2) a ve své podstatě funguje jako čítač cyklů. Funkce přepravního pole je naznačena v následující tabulce. [1]

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
DAF	R2	R1	R0	L3	L2	L1	L0
	1	1	1	Přenos není omezen			
	1	1	0	Telegram lze přenést 6x			
	1	0	1	Telegram lze přenést 5x			
	0	1	1	Telegram lze přenést 4x			
	1	0	0	Telegram lze přenést 3x			
	0	1	0	Telegram lze přenést 2x			
	0	0	1	Telegram lze přenést 1x			
	0	0	0	Další přenos telegramu není možný			

Tab. 7: Průběh změny obsahu přepravního pole datového KNX/EIB. [1]

4.5.9 Datové pole telegramu

Velikost datového pole datového telegramu se pohybuje v rozmezí 2 až 16 bytů. Obsahuje uživatelská data, jako například příkaz ke zpuštění žaluzií, zvýšení teploty atp. Nejčastěji mají uživatelská data 2 byty, které obsahují příkazy na spínání obvodů a stmívání. Počet datových bytů se řídily standardy EIS, jednotlivé DPT (Data type point), jsou tedy normalizovány a jsou závazné pro jednotlivé výrobce přístrojů pro KNX/EIB, tím je zaručena korektní komunikace mezi přístroji různých výrobců. [1]

Například DPT funkce spínání je 1.001, DPT funkce přenosu řetězce jednoho až čtrnácti znaků ASCII je 16.000. [11]

4.5.10 Kontrola dat, zkušební pole

Vzhledem k tomu, že při digitálním přenosu dat není možné zaručit bezchybný přenos informací, je nutné kontrolovat správnost přijatých dat. Přenosová chyba nastává, pokud se odeslaná jednička vyhodnotí jako nula nebo naopak. V instalacích KNX/EIB se k identifikaci těchto chyb používá tzv. křížová metoda. Touto metodou se dají snadno a bezpečně odhalit jedno až tři bitové chyby, což je pro aplikace řízení a automatizace budov dostatečné. V případě identifikace chyby dochází k opakovanému odeslání telegramu. [1]

Křížová metoda kontroly dat spočívá ve zdvojené kontrole na paritu. Datový paket každého pole je zajištěn sudou paritou, ve formě paritního bitu. Každý datový telegram navíc obsahuje tzv. zkušební pole. Jedná se o samostatný paket UART s jedním kontrolním bytem, přičemž hodnoty jeho bitů jsou dány lichou paritou datových bitů ostatních datových bytů telegramu. [1]

Název pole	Paket UART				
	Startovací bit	Datové bity (D0-D7)	Paritní bit	Ukončovací bit	Mezerové bity
Kontrolní pole	0	00101101	0	1	11
Adresa odesílatele	0	10001000	0	1	11
Adresa odesílatele	0	11010000	1	1	11
Adresa příjemce	0	10001000	0	1	11
Adresa příjemce	0	01010100	1	1	11
Přepravní pole	0	10000111	0	1	11
Datové pole	0	00000000	0	1	11
Datové pole	0	10000011	1	1	11
Zkušební pole	0	01010110	0	1	11

Tab. 8: Příklad tvorby zkušebního pole.

4.5.11 Zpětné hlášení

Účastnická stanice příslušné skupiny po přijetí datového telegramu a uplynutí 13 bitových dob odesílá potvrzující telegram, tzv. zpětné hlášení. Jedná se o sumární telegram, kde dominantní nulové bity, podobně jako při přístupu na sběrnici, přepíší recesivní jedničkové bity. Zpětné hlášení tedy vyjadřuje stav celé skupiny, tím je zajištěno, že sběrnice

není zahlcená zpětnými hlášeními jednotlivých účastníků. [1] Obsah zpětného hlášení může být následující:

Význam	MSB							LSB
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
ACK	1	1	0	0	1	1	0	0
BUSY	1	1	0	0	0	0	0	0
NACK	0	0	0	0	1	1	0	0

Tab. 9: Možná zpětná hlášení KNX/EIB. [1]

Kde:

- ACK : pozitivní potvrzení, telegram byl přijat správně
- BUSY: negativní potvrzení, příjemce nemohl telegram přijmout
- NACK: negativní potvrzení, datový telegram byl přijat chybně

V případě, že vysílající stanice obdrží negativní potvrzení (BUSY, NACK) přijetí telegramu, případně neobdrží žádné zpětné hlášení, odešle telegram opakovaně. Telegram může být opakovaně odeslán maximálně třikrát. [1]

Příklad souhrnného zpětného hlášení:

Příjemce	Paket UART	Význam
1	0 00110011 01	ACK
2	0 00000011 01	BUSY
3	0 00110000 01	NACK

Tab. 10: Vznik souhrnného zpětného hlášení KNX/EIB - zpětná hlášení 3 různých účastníků. [1]

Tři účastníci odpovídající skupiny odesílají tři různá zpětná hlášení, účastník jedna přijal datový telegram korektně, účastník 2 byl v době přijetí zaneprázdněn a účastník 3 přijal datový telegram poškozený. Nulové bity přepíše bity jedničkové a vysílající stanice přijme následující zpětné hlášení: [1]

Paket UART	Význam
0 00000000 01	BUSY+NACK

Tab. 11: Vznik souhrnného zpětného hlášení KNX/EIB-výsledné souhrnné zpětné hlášení. [1]

Vysílající stanice tedy dokáže určit, že alespoň jeden z příjemců byl obsazen a minimálně jeden příjemce obdržel datový telegram poškozený. Správné přijetí telegramu příjemcem 1 nedokáže vysílající stanice rozeznat vzhledem k tomu, že dominantní nulové bity BUSY a NACK přepsali recesivní jedničkové bity zprávy ACK. [1]

4.6. Přístroje pracující na sběrnici KNX/EIB

Některé z důležitých systémových přístrojů, jako jsou napájecí zdroje a liniové spojky, byly popsány v předcházejících kapitolách. Kromě systémových přístrojů rozlišujeme snímače a akční členy. [1]

Požadavky na hardwarové řešení jednotlivých přístrojů jsou značně rozdílné, jsou ovlivněny zejména oblastí použití a vykonávanou funkcí přístroje. Dalším důležitým faktorem majícím vliv na konstrukci vnitřního hardwaru je druh použitého přenosového média. Pro každé přenosové médium existuje jiný přenosový modul pro připojení přístroje ke sběrnici. [1]

Hardware přístrojů lze dělit na vnitřní a vnější. Vnější hardwarem je veškeré opláštění přístrojů a elektrické připojky. Vnitřní hardware je tvořen elektronickými prvky přístrojů, jako jsou například mikrokontroléry. [1]

Všechny přístroje komunikující prostřednictvím sběrnice KNX.TP jsou složeny ze dvou základních komponent. Jedná se o sběrnicovou spojku a aplikační modul, který může být buď samostatný, nebo integrovaný. [1]

4.6.1 Sběrnicová spojka

Sběrnicová spojka obsahuje přenosový modul a mikrokontrolér. V případě, že se jedná o sestavený přístroj KNX/EIB bývá aplikační modul připojen pomocí desetipólového nebo dvanáctipólového aplikačního rozhraní (PEI – Physical External Interface). Pokud jsou aplikační modul a sběrnicová spojka integrovány jedná se o přístroj kompaktní. [1]

Přenosový modul

Jak bylo uvedeno v předcházejícím textu, musí být přenosový modul přizpůsoben zvolenému přenosovému médium. Přenosové moduly bývají schvalovány asociací KNX jako standardní řešení. Jsou to například:

- Siemens EIB-TP-UART
- Infineon FZE 1066

Pomocí EIB-TP-UART lze bez velkých nákladů zajistit přístup na sběrnici vzhledem k tomu, že s řídicí jednotkou komunikuje pomocí rozhraní RS-232 (sériový port). [1]

FZE 1066 je vhodný zejména pro připojení mikrokontrolérů řady MC68HC05 vyráběných firmou Motorola, avšak připojení mikrokontrolérů jiných firem je také možné.

Přenosový modul získá od mikrokontroléru datový telegram dodržující předem zadaný protokol přenosového modulu. Tento telegram je následně transformován přenosovým modulem do podoby signálů sběrnice KNX.TP. [1]

Mikrokontrolér

Volba mikrokontroléru pro daný přístroj, je závislá na aplikaci zajišťované daným přístrojem. Důležitými parametry každého mikrokontroléru jsou velikosti pamětí RAM, ROM a EEPROM. Každý mikrokontrolér obsahuje port (PEI) pro komunikaci mikrokontroléru s aplikačním modulem. Mechanické i elektrické vlastnosti těchto rozhraní jsou normalizovány. Příkladem mikrokontrolérů používaných v přístrojích KNX/EIB může být MC68HC05B6 nebo pro KNX/EIB speciálně vyvinutý jednočipový počítač MC68HC705BE12 firmy Motorola. [1]

4.6.2 Snímače a akční členy

Úkolem snímačů je zjišťovat fyzikální veličiny, případně přání uživatele a odesílat instrukce v podobě datových telegramů, které mají být vykonány akčními členy. Po přijetí a vykonání instrukcí odesílá akční člen zpětné hlášení o správnosti přijetí telegramu. V případě potřeby je možné prostřednictvím aplikačního softwaru zajistit cyklické odesílání informací o stavu akčního členu. [8]

Snímače dělíme na tlačítkové, kontaktní a snímače analogových hodnot. Jednotlivé typy snímačů se liší svou konstrukcí a vhodností způsobu použití.

Tlačítkový typ snímačů je nejběžnější typ snímače v systémových instalacích KNX/EIB. Slouží k ručnímu ovládní žaluzií, světel, ovládní garážových vrat a mnoha dalších funkcí. Aplikační modul a liniová spojka připojující tento modul ke sběrnici musí pocházet od téhož výrobce, v opačném případě spolu nebudou komunikovat korektně. Naproti tomu liniová spojka bude korektně komunikovat s jakýmkoliv akčním členem stejného výrobce. [8]

Jednotlivé aplikační moduly bývají vybaveny jedním či více tlačítky uspořádanými horizontálně nebo vertikálně. Tlačítka jsou obvykle vybavena indikátorem ve formě dvoubarevné LED diody. Funkce tohoto indikátoru se nastavuje v průběhu parametrizace snímače v prostředí ETS. Indikátor může svou barvou dávat najevo, je-li akční člen, který je daným snímačem ovládn, zapnutý nebo vypnutý. V případě, že je daným tlačítkem ovládná centrální funkce, například vypnutí všech světel v domě, zatažení žaluzií v patře atd., nemůže indikátor znázorňovat stav všech spotřebičů v libovolném okamžiku, jelikož ten může být po odeslání centrálního příkazu změněn prostřednictvím jiného ručně nebo automaticky odeslaného příkazu (hodnota osvětlení v obývacím pokoji klesne pod nastavenou mez, rozsvítí se bodová světla, hlavní světla a světla v ostatních pokojích však zůstávají stále vypnuta). V takovémto případě může LED indikátor trvale svítit jednou barvou a sloužit jako orientační osvětlení nebo je trvale vypnut. V případě, že je dané tlačítko využíváno k ovládní dvou spotřebičů, může indikátor znázorňovat stav pouze jednoho z nich. (stisk horní poloviny - zapnutí hlavního světla, opakovaný stisk horní poloviny - vypnutí hlavního světla, stisk spodní poloviny zapnutí lampy – opakovaný stisk spodní poloviny – vypnutí lampy) Pod okraji každého tlačítka jsou umístěny miniaturní tlačítkové spínače nebo snímače dotyku. Tyto prvky po stisknutí odesílají napěťový signál do sběrnice spojky prostřednictvím aplikačního rozhraní PEI. [8]

V následující tabulce je uvedeno několik hodnot napětí připadající některým aplikačním modulům.

Typ	Napětí [V]	Funkce
0	0,00	Není připojen žádný aplikační modul
2	0,50	4 binární (analogové) vstupy + 1 binární výstup
4	1,00	2 binární (analogové) vstupy + 3 binární výstupy
6	1,50	3 binární (analogové) vstupy + 2 binární výstupy
12	3,00	Sériová synchronizace
14	3,50	Sériová synchronizace – pevná délka
16	4,00	Sériová synchronizace
19	4,75	4 + 1 binárních výstupů
20	5,00	Nahrávání

Tab. 12: Napětí připadající různým aplikačním modulům KNX/EIB [8]

Kontaktní typ snímačů může být jakýkoliv elektromechanický kontaktní prvek, jako je například tlačítkový spínač, magnetický kontakt, hladinový spínač apod. Testovací napětí bývá odvozeno buď z napětí vnějšího zdroje, nebo napětí sběrnice. [8]

Kontaktní snímače se se systémovou instalací KNX/EIB propojují prostřednictvím tlačítkových nebo univerzálních rozhraní, případně pomocí binárních vstupů. Vstupy a rozhraní bývají vytvářeny v různých konstrukčních variantách, které se liší maximální přípustnou délkou vedení, kterým je daný kontaktní snímač připojen. [8]

Tlačítková rozhraní bývají konstruována pro připojení ke svorkám libovolného tlačítkového snímače, musí být tedy vybavena dostatečným počtem připojovacích vodičů. Další možná konstrukce tlačítkových rozhraní spočívá v možnosti přímého připojení k bezšroubovým svorkám tlačítkových ovladačů a domovních spínačů. Sběrnice KNX/EIB se k tomuto typu rozhraní připojuje ze spodní strany bezšroubovými svorkám. Testovací napětí je odvozeno od napětí na sběrnici. Pro požadovanou funkci (stmívání, ovládání žaluzií atp.) bývají spínače vybaveny příslušným aplikačním softwarem. Výhodou tlačítkového rozhraní je snadně začlenění designových ovládacích prvků, které nejsou standardně dodávány pro aplikace v systémové technice. [8]

Výhodou univerzálního rozhraní je, že jej lze využít nejen jako vstupní, ale i jako výstupní zařízení. Lze k němu připojovat libovolné kontaktní snímače. Jednotlivé vstupy je možno programovat pro různé funkce jako je stmívání, spínání, odesílání hodnot, případně i pro kombinační a vícenásobné spínání nebo postupové či rozdílové čítání. Výstupní funkcí univerzálního rozhraní může být například spínání LED, řízení ovládacích prvků atp. Nevýhodou univerzálního rozhraní je omezená délka připojovacího vedení na cca 10m. Testovací napětí je opět odvozeno od napětí sběrnice. [8]

Binární vstupy lze využít pouze jako vstupní zařízení. Výhodou je možnost prodloužit délku propojovacího vedení mezi kontaktními snímači a vstupními svorkami přístrojů až na 100m. Existují varianty pro vnější nebo vnitřní testovací napětí. [8]

Snímače analogových hodnot se v systémových elektrických instalacích KNX/EIB využívají všude tam, kde je nutné sledovat dvoustavových hodnot (vypnuto/zapnuto, dosažení maximální výšky hladiny kapaliny v nádrži atp.) i plynule proměnné fyzikální veličiny, jako je čas, teplota, tlak, vlhkost, výška hladiny kapaliny v zásobníku, výkon, spotřeba elektrické energie atp. [8]

4.7. ETS – Engineering Tool Software

ETS je jednotné programové vybavení pro projektování a oživování instalací založených na sběrnice systému KNX/EIB. Od roku 2010 je ETS nabízen ve své čtvrté verzi, přičemž se jedná software určený pro operační systém Windows. [1]

Současná verze ETS je zpětně kompatibilní se všemi projekty, které byly vytvořeny v ETS 2 nebo ETS 3 (ETS 2 byl na trh uveden v roce 1996). Umožňuje návrh a projektování sítí, jejich oživování, je nápomocný při tvorbě technické dokumentace a v neposlední řadě poskytuje nástroje pro diagnostiku a lokalizaci problémů vzniklých v navrhovaných projektech. ETS 4 je dostupný ve třech základních verzích, které se liší komplexností nabízených funkcí. Nejjednodušší verze ETS 4 Demo je určena zejména pro první seznámení s tímto prostředím, umožňuje tvorbu pouze malých a jednoduchých projektů, na druhé straně je po registraci dostupná zdarma. ETS Lite umožňuje tvorbu malých až středně rozsáhlých projektů. Nejvyšší verze, ETS 4 Professional, nabízí veškeré funkce dostupné v systémech KNX/EIB a je vhodná pro tvorbu rozsáhlých projektů. [25]

Při tvorbě projektu je možné postupovat například takto (nejedná se o závazný a jediný možný postup) [1]:

- Založení nového projektu
- Stanovení topologie navrhované sítě
- Volba použitých přístrojů a jejich začlenění do jednotlivých linií sítě
- Parametrizace jednotlivých přístrojů
- Stanovení funkcí (definování spinových adres)
- Přidělení skupinových adres

4.8. Projekty využívající sběrnici KNX/EIB

Sběrnice KNX/EIB poskytuje veškeré funkce běžné v oblasti automatizace budov a domácností. Díky standardizaci systému je pro tento sběrnice systém dostupné značné množství přístrojů mnoha výrobců. Mezi vhodné aplikace patří mimo jiné ovládání světel, řízení prostředí, ovládání žaluzií, rolet, garážových vrat a aplikace související se zabezpečením objektů. Univerzálnost systému je možné ukázat na následujících příkladech.

Prvním příkladem je rozsáhlý projekt Terminálu 3 mezinárodního letiště Delhi v Indii. V této budově je instalováno okolo 11 000 přístrojů KNX. V budově je pomocí pohybových senzorů, časovačů a centrálního systému řízeno spínání a stmívání více než 100 000 osvětlovacích prvků. [6]



Obr. 18: Terminál 3 letiště Delhi využívající sběrnici KNX/EIB

Druhý, poměrně neobvyklý příklad, je projekt obytného vozidla využívajícího sběrnici KNX/EIB. Prostřednictvím tohoto systému je zajištěno automatické zatahování žaluzií při zapnutí televize, ovládání a regulace energetického systému vozidla (solární články, baterie, generátor), zabezpečení vozidla a signalizace poklesu zásob paliva a čerstvé vody. [6]



Obr. 19: Obytný vůz využívající KNX/EIB

5. Lonworks

Jak bylo řečeno v kapitole 4.8 je technologie LONWORKS, podobně jako KNX/EIB, výrazně decentralizovaný systém, který je mimo jiné využíván i v projektech z oblasti automatizace budov a domácností. [1]

Samotná technologie LONWORKS, zkráceně LON, byla vyvinuta Kalifornskou firmou Echeleon na přelomu 80. a 90. let dvacátého století. Jejím základem je tzv. Neuron chip, který je nositelem decentralizované inteligence sítě. Neuron chip byl veřejně představen v roce 1990 a práva na jeho výrobu získaly firmy Toshiba a Cypress (v té době člen skupiny Motorola). [1]

Důležitým mezníkem ve vývoji technologie LON bylo uvedení vývojové a aplikační platformy LONWORKS-Network-Services v roce 1997. Díky této platformě a důsledné standardizaci produktů jednotlivých výrobců je umožněna aplikace a implementace jednotlivých prvků nezávisle na jejich výrobcích. [1]

5.1 Standardizace

Technologie LON je standardizována v rámci amerických norem ANSI/EIA-709.x a EIA 852, tyto normy byly převzaty do evropského systému norem jako ISO/IEC 14908-x. Evropské normy byly zahrnuty do norem ČSN pod analogickým označením ČSN EN 14908-x. [1]

- ISO/IEC 14908-1: komunikační protokol
- ISO/IEC 14908-2: použití silového vedení jako komunikačního média
- ISO/IEC 14908-3: použití kroucené dvojlinky jako komunikačního média
- ISO/IEC 14908-4: technologie IP kompatibility [12]

5.2 Síťový uzel

Síťový uzel (node) je základním stavebním prvkem sítě systému LON, přičemž se dá rozdělit na několik základních stavebních bloků. Hlavním prvkem uzlu je neuronový čip, jak již bylo řečeno v úvodu této kapitoly, jedná se o nositele distribuované inteligence v systému. Neuronový čip je řídicí částí uzlu, ve které běží uživatelské aplikace, zároveň zajišťuje komunikaci s okolím pomocí protokolu LonTalk. Dalším stavebním blokem je napájecí zdroj zajišťující dodávku energie pro uzel. Posledním ze tří základních stavebních prvků každého uzlu jsou obvody rozhraní, které propojují neuronový čip s komunikačním médiem. [13]

5.2.1 Neuronový čip

Nejčastěji v praxi využívané neuronové čipy jsou typy 3150 a jednodušší 3120, které jsou vyráběny firmami Cypress a Toshiba. Oba tyto čipy jsou vybaveny třemi procesory označovanými CPU 1 až 3, které plní rozdílné úkoly nezbytné pro správnou funkci neuronového čipu. [1]

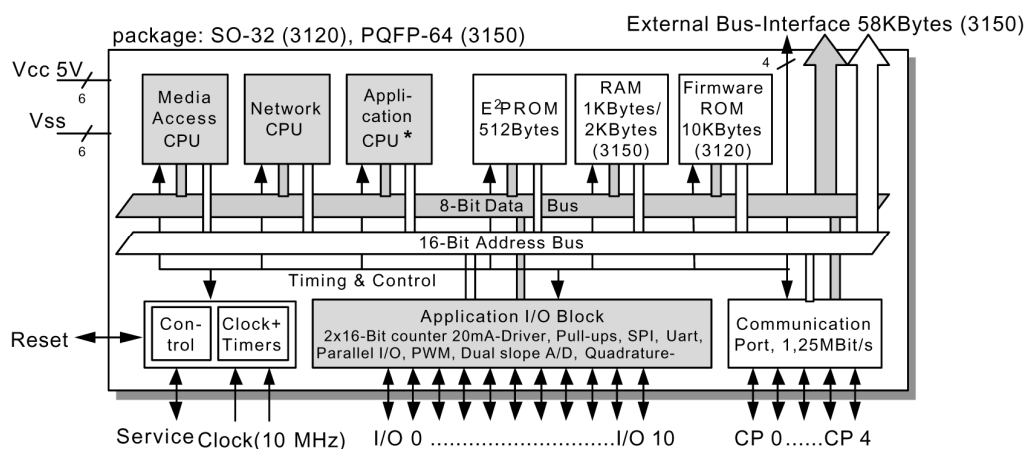
Procesor CPU 1 má na starost přístup k médiím (Media access CPU). Komunikace s transceiverem je zprostředkována síťovým rozhraním. Ovládá a řídí všechny komunikační

porty na linkové úrovni komunikačního modelu ISO/OSI. Na výstupním portu odpovídá forma paketu protokolu Lon Talk. CPU 1 má na starosti i další úkony spojené s komunikací mezi uzly, jako je například bufferování výstupů a vstupů řízení odesílání jednotlivých paketů dle jejich priority atp. [13]

Procesor CPU 2 je odpovědný za odesílání síťových proměnných (Network CPU). Zpracovává požadavky a informace na požadované služby protokolu Lon Talk. Mimo jiné také řídí časovací funkce využívané při zpracovávání signálu, směrování paketů a adresování uzlů. [13]

Procesor CPU 3 zpracovává aplikační programy (Application CPU). Aplikační programy systému LON jsou psány v programovacím jazyku Neuron C, do neuronového čipu jsou aplikace přenášeny prostřednictvím komunikačních portů. V některých případech CPU 3 plní pouze funkci zprostředkovatele informací mezi I/O porty uzlu a síťovým procesorem. Programátor může přímo ovlivňovat pouze tento procesor, zbylé dva jsou automaticky řízeny firmwarem výrobce a parametry aplikačního softwaru zpracovávané aplikačním procesorem. [13]

Součástí každého neuronového čipu jsou 3 různé druhy flash pamětí. Jedná se o paměť RAM, jejímž úkolem je zajišťovat komunikaci mezi jednotlivými procesory. Modul paměti EEPROM obsahuje aplikační software a konfigurační parametry zvolené programátorem, dále uchovává aktualizovatelné části firmwaru. EEPROM je přepisovatelná a nedestruktivní data, která jsou na ní uložena, jsou tedy přístupná i po výpadku napájecího proudu. Paměť ROM obsahuje neměnnou část firmwaru neuronového čipu a také protokol LonTalk. [1]



Obr. 20: Blokové schéma vnitřního uspořádání neuronového čipu. [13]

5.2.2 Napájecí zdroj

Způsob napájení uzlu závisí na náročnosti aplikace, která je požadována. V případě náročných zařízení s větší spotřebou energie je možné využít napájení pomocí separátního zdroje stejnosměrného napětí o jmenovité hodnotě 24V, který je připojen na kontakty přístroje. U méně náročných aplikací, typických pro bytovou automatizaci (nástěnné ovládací panely atp.), které mají obvykle nižší příkon, je možné přístroje napájet přímo prostřednictvím sběrnice kabelu. Další možnost spočívá v napájení síťovým napětím 230V, přičemž silové vedení je možné využít i pro přenos informací. Podle druhu zvoleného způsobu

napájení a přenosového média musí být zvolen správný transceiver. Síťový napájecí zdroj na základní desce zajišťuje stabilizaci napájecího napětí. [1]

5.2.3 Transceiver

Transceiver je součást kombinující v sobě vysílač a přijímač. Slouží k připojení neuronového čipu ke sběrnici a k modulaci signálu dle použitého přenosového média. Rozhodující vliv na volbu transceiveru má jednak použité přenosové médium, dalším faktorem je požadovaná topologie sítě, její délka, případně požadovaná rychlost přenosu. [13]

Transceivery jsou konstruovány buď v podobě samostatné desky, nebo jako rozšiřující moduly. K uzlovému zařízení se transceiver připojuje pomocí konektorů, které zajišťují jejich plnou vyměnitelnost a tím i využitelnost zařízení při použití různých komunikačních médií. [1]

Při volbě transceiverů je nutné respektovat jistá pravidla. V jedné síti je možné použít transceivery FTT (Free topology transceiver - pro volnou topologii) a LPT (Link power transceiver). Samotná sběrnice může být položena libovolně, pólování je nutné dodržovat pouze u kruhové topologie, v ostatních případech je libovolné. Naproti tomu transceivery typu TPT (Twisted pair transceiver) není možné v rámci jedné sítě kombinovat s FTT ani LPT transceivery. Výběr nejběžněji používaných transceiverů a některých jejich charakteristik je uveden v následující tabulce. Pro ostatní přenosová média, jako jsou optické kabely, infračervený přenos nebo vysokofrekvenční rádiový přenos existují speciálně konstruované transceivery. [1]

Transceiver	Přenosové médium	Přenosová rychlost	Topologie	Max. délka sítě	Zdroj napájení
PLT-22	síť 230V	4,8 kb/s	volná	dle rušení	speciální síťový díl
LPT-10	Kroucená dvojlinka	78 kb/s	volná liniová	500m 2700m	sběrnice
FTT-10A	Kroucená dvojlinka	78 kb/s	volná liniová	500m 2700m	samostatný
TPT/XF-78	Kroucená dvojlinka	78 kb/s	liniová	1400m	samostatný
TPT/XF-1250	Kroucená dvojlinka	1,25Mb/s	liniová	130m	samostatný

Tab. 13: Příklady transreiverů a jejich parametrů pro sběrnici LON.[1]

5.3 Přenos informací v sítích LON

Způsob přenosu informací v sítích LON je definován prostřednictvím protokolu Lon Talk, který je součástí firmwaru neuronového čipu každého uzlu sítě a umožňuje bezproblémovou komunikaci prostřednictvím všech použitelných komunikačních médií. Protokol Lon Talk byl vyvinut firmou Echeleon v roce 1989, přičemž byl navržen dle referenčního modelu ISO/OSI složeného z několika vrstev (viz. následující tabulka).[14]

Vrstva	Zajišťované funkce	Služby
Aplikační	Aplikační programy	běh aplikačního programu, síťové proměnné
Prezentační	Interpretace zpráv	výměna zpráv mezi aplikacemi, interpretace paketu zprávy
Relačný	Vzdálené činnosti	definice kódů zpráv, ověřování zpráv (zda má odesílatel patřičná oprávnění)
Transportní	Spolehlivost přenosu	Spolehlivost doručení paketů, detekce duplicit, potvrzování přijetí paketů
Síťová	Adresování	doručení paketu správnému cílovému uzlu/uzlům
Linková	Přístup na médium	přístup na médium, kódování dat, oprava chyb vzniklých přenosem
Fyzická	Elektrické propojení	definuje propojení po fyzické stránce

Tab. 14: Jednotlivé vrstvy referenčního modelu ISO/OSI Adresování. [14]

5.3.1 Adresování uzlů

Adresování jednotlivých uzlů v sítích LON spadá pod síťovou vrstvu referenčního ISO/OSI modelu. Samotná adresa uzlu má tři úrovně, které odpovídají umístění uzlu v síti.

Nejvyšší úroveň adresy uzlu tvoří doména, jejíž identifikátor má délku 0,1,3 nebo 6 bajtů, přičemž jeden uzel může být členem dvou domén a tím zajišťovat jejich propojení.[14]

Doména zároveň představuje nejvyšší síťovou strukturu v systémech LON, vzniklou propojením několika podsítí pomocí routerů. Jedna doména může obsahovat až 255 podsítí. [1]

Druhou úroveň tvoří podsít', která obsahuje až 128 uzlů. Jeden z těchto uzlů je v případě propojení podsítí přiřazen routeru. [1]

Poslední úroveň adresy představuje samotný uzel, který je určen 48 bitovým číslem (tzv. Neuron id). V rámci jedné sítě je tedy možné adresovat $255 \cdot 127 = 32\,385$ pracovních stanic. [1]

5.3.2 Řízení přístupu na sběrnici LON

Stejně jako kódování dat náleží problematika přístupu na sběrnici pod linkovou vrstvu ISO/OSI referenčního modelu. V protokolu Lon Talk je pro přístup na sběrnici využita metoda p-CSMA/CA. [1]

Účastnické stanice vyžadující přístup na sběrnici sledují provoz. Po uvolnění sběrnice (bus idle), začne běžet určitá, pro všechny účastníky stejná doba, po uplynutí tohoto časového úseku následuje čekací doba náhodné délky. Možnost odeslat datový telegram případně účastníkovi s nejkratší náhodně generovanou čekací dobou. [15]

Délka čekací doby je závislá na použitém typu transceiveru. V případě, že dojde ke konfliktu dvou účastníků, jsou schopni tento fakt zjistit před zahájením odeslání svých telegramů a přerušit přístup na sběrnici. Značnou nevýhodou této metody je možnost vzniku značných čekacích dob, zejména v sítích s velkým počtem uzlů. Tento problém lze zmírnit

zavedením priorit. Každému uzlu v síti je přiřazena priorita, která ovlivní délku čekací doby daného uzlu. [1]

5.3.3 Síťové proměnné a vazby mezi uzly

Síťové proměnné představují nositele informace při komunikaci mezi uzly sítě LON. V průběhu generování přístrojů se stanovují výstupní síťové proměnné (nvo-network variable output) u snímačů a vstupní síťové proměnné (nvi-network variable inputs). Pro správnou volbu síťové proměnné je vhodné prostudovat katalogový list výrobce daného přístroje. [1]

Po definování vhodných síťových je nezbytné vytvořit vazby mezi uzly, které spolu budou komunikovat. K tomuto účelu se využívají nástroje zvané Binding Tools. Samotná vazba se vytváří graficky, přičemž je možné vzájemně spojovat jen výstupní a vstupní síťové proměnné. V průběhu vytváření vazby je provedena kontrola, zda si vstupní a výstupní proměnné vzájemně odpovídají. [1]

5.3.4 Volně definované síťové proměnné

Výrobci přístrojů pro síť LON mohou síťové proměnné definovat libovolně. Při použití volně definovaných proměnných pro komunikaci dvou přístrojů různých výrobců ovšem hrozí chybná interpretace přenesené informace. [1]

5.3.5 Standardní síťové proměnné (SNVT-Standard Network Variables Types)

Typy standardních síťových proměnných jsou definovány předpisy Lonmark Interoperability Association. Použitím SNTV je možné předejít problémům při vytváření vazeb. Pro nejčastěji používané veličiny se definují tyto parametry [1]:

- Oblast použití
- Označení síťové proměnné
- Struktura proměnné
- Datová délka v bajtech
- Rozsah hodnot
- Úroveň rozlišení
- Fyzikální jednotku měřené veličiny

V následující tabulce jsou uvedeny příklady některých typů standardních síťových proměnných.

Oblast použití	Označení typu	Rozsah hodnot	Rozlišení	Jednotka
Stmívání, spínání	SNVT_switch	0-100, 0-1	0,5	%, -
Teplota, vytápění	SNVT_temp_p	-273,17 až 327,66	0,01	°C
Osvětlení	SNVT_lux	0 až 65 535	1	lux
Úhel	SNVT_angle_deg	-359,98 až 360	0,02	°
Absolutní vlhkost	SNVT_abs_humid	0 až 655,34	0,01	g/kg

Tab. 15: Příklady SNVT. [16]

5.3.6 Struktura datových telegramů LON

Doba přenosu datového telegramu je úměrná délce informace, která je v něm obsažena. Vyslání nejkratšího spínacího telegramu trvá 1,4ms, průměrná doba odeslání telegramu jsou 2ms. V následující tabulce je popsána samotná struktura datového telegramu.

Obsah pole:	Kontrolní pole	Informace o doméně	Fyzická adresa zdroje	Fyzická nebo skupinová adresa příjemce	SNVT	Datové pole	Kontrolní pole
Délka pole:	8 b	8 b	16 b	8 b	16 b	1-256 B	16 b

Tab. 16: Struktura datového telegramu LON.

5.4. Principy potvrzení příjmu telegramu

Pro potvrzení korektního příjmu datového telegramu LON existují tři různé metody. Volbou vhodné metody lze předejít zahlcování sběrnice zpětnými hlášeními. V následující tabulce jsou uvedeny příklady metod potvrzení příjmu telegramu.[1]

Princip potvrzení	Princip	Vhodnost
Unacknowledged	Telegram se odesílá jednou, bez následného potvrzení	Nedůležité zprávy, velké vytížení sběrnice
Unacknowledged repeated	Telegram se odesílá n-krát, bez následného potvrzení	Nedůležité zprávy, velké vytížení sběrnice, eliminováno nebezpečí chyby při krátkodobém rušení
Acknowledged	Telegram se odesílá jednou, každá stanice jej potvrzuje	Standardní nastavení
Request/Response	Telegram se odesílá jednou, odpověď obsahuje požadované informace	Vizualizační systémy, zajištění alarmu

Tab. 17: Principy potvrzení příjmu datového telegramu Lon. [1]

5.5. Topologie sítě LON

Topologie sítě LON je přesně definována, nejmenší jednotkou každé sítě je uzel přičemž pokud zařízení obsahuje více než jeden neuronový čip (výkonné moduly DDC atp.), představuje každý z těchto čipů samostatný uzel sítě. Pro jednotlivé druhy topologie sítě musí být zvolen vhodný transceiver. [1]

5.5.1 Liniová topologie

Při tomto uspořádání sítě je možno dosáhnout největší délky (dle typu vodiče až 2700m). Připojovací vedení k jednotlivým uzlům nesmí přesáhnout délku tří metrů. Odrazu signálu na koncích sběrnice je zabráněno pomocí ukončovacího členu, který je tvořen

rezistorem o jmenovitém odporu $R=107\Omega$. Tento odpor bývá označován anglickým výrazem terminator. Pokud využíváme LPT, bývá ukončovací člen součástí napájecího zdroje. [1]

5.5.2 Hvězdicová a prstencová topologie

Při použití těchto struktur sítě se uplatňují transceivery pro volnou topologii. Jejich maximální délka je 500m, přičemž vzdálenost mezi uzly sítě by neměla překročit 320 metrů. Uzavřené prstencové sítě jsou vhodné pro instalaci v místnostech, díky snadnější rozšiřitelnosti dalšími komponentami. Při použití kruhové topologie je nezbytné dodržet polaritu vedení sběrnice, v opačném případě hrozí vznik krátkého spojení a následného zhroucení sítě. Pro hvězdicovou a prstencovou topologii je jako zakončovací člen doporučován rezistor o jmenovitém odporu $R=52,3\Omega$. [1]

5.5.3 Složené topologie

Složené topologie vznikají spojením podsítí (subnets), které tvoří nejmenší síťový segment, ve kterém je možné adresovat až 128 uzlů. Maximální počet uzlů v podsíti je ovlivněn použitým druhem transceiverů, potažmo náročností uzlů na napájení. [1]

V případě použití LPT je daný úsek sítě napájen vlastním zdrojem, a proto nepředstavuje pro sběrnicevý systém výraznou zátěž. Díky tomu lze v takovéto podsíti adresovat maximální počet uzlů (127+1). [1]

Opačný případ nastane při použití FTT, kdy jednotlivé uzly představují pro sběrnici daleko větší energetickou zátěž. Vzhledem k tomuto faktu je možné adresovat pouze 64 účastníků, v případě potřeby adresovat větší počet uzlů v rámci jedné podsítě je nutné použít opakovač.[1]

Pokud se v síti nacházejí uzly s různými transceivery, je pro stanovení maximálního počtu adresovatelných uzlů využíváno jednoduché pravidlo. Množství zařízení vybavených FTT je vynásobeno dvěma, počet zařízení s LPT zůstává stejný a následný součet všech zařízení v síti nesmí být větší (bez přítomnosti opakovače) než 128. [1]

5.5.4 Opakovač

Opakovač (repeater) je zařízení, které je nezbytné použít, pokud je v podsíti adresován větší než maximální počet účastnických stanic vybavených FTT nebo v případě překročení maximální délky vedení sběrnice uvnitř segmentu sítě. Opakovač spojuje dva segmenty sítě využívající stejné přenosové médium. Opakovač přeposílá datové telegramy, ovšem nezajišťuje jejich filtraci. Za sebou mohou být zapojeny maximálně tři opakovače. [1]

5.5.5 Router

V rámci sítě LON plní podobnou funkci jako opakovač, zajišťuje však spojení mezi segmenty sítě, které využívají různá přenosová média. Tyto segmenty se nazývají v odborné terminologii sítí LON jako kanály (channels). Router navíc zajišťuje filtraci. V případě, že datový telegram nedorazí k určenému adresátovi v rámci segmentu, přesměrovává jej router na následující segment sítě. Při propojování několika podsítí je router považován za samostatný uzel. [1]

5.6. Softwarové nástroje LONWORKS

Obecně lze tyto nástroje rozdělit do dvou základních skupin. Nástroje sloužící k programování neuronových čipů jednotlivých uzlů a nástroje pro uvádění sítí LON do provozu. [1]

5.6.1 Programovací nástroje

Pro programování neuronových čipů jsou využívány například nástroje LonBuilder a Node Builder. Samotné programování probíhá na PC. Využívaný programovací jazyk nese název Neuron-C, svou syntaxí je založen na programovacím jazyku C. [1]

5.6.2 Nástroje pro ožívání sítí LON

Tyto nástroje slouží pro parametrizaci jednotlivých uzlů a vytváření vazeb mezi uzly. Tyto nástroje jsou vyvíjeny a nabízeny mnoha výrobci. Příkladem může být databázový systém Lonwork Network Services nebo aplikace Lonmaker. [1]

5.7. Projekty využívající sběrnici Lonworks

Systém LON se používá v mnoha odvětvích automatizace. Kromě automatizace budov a domácností se jedná zejména o průmyslovou automatizaci a automatizaci dopravy a distribuce energií.[1]

V oblasti automatizace budov a domácností se sběrnice využívají mimo jiné v následujících aplikacích [17]:

- Měření a management spotřeby energií
- Vytápění, chlazení a větrání
- Ovládání a řízení osvětlení
- Multimediální aplikace
- Zabezpečení, detekce úniků plynu, pohybu atp.
- Zavlažování

Příklady realizovaných projektů

- Letiště Oslo – Norsko
- Zlaté doly Moab – Jižní Afrika
- Institut Maxe Plancka – Stuttgart, Německo
- Centrála firmy Skanska – Vaxjo, Švédsko

6 Závěr

Cílem této práce bylo seznámit se s problematikou instalačních sběrnic používaných v inteligentních budovách, vypracovat jejich přehled a vzájemně porovnat jednotlivé přístupy, které se v problematice instalačních sběrnic vyskytují.

Druhá kapitola obsahuje základní informace týkající se instalačních sběrnic a požadavků, které jsou na sběrnice kladeny. Dále je v této kapitole uveden přehled základních topologií a způsobů přístupu účastníků ke sběrnici.

Obsahem třetí kapitoly je přehled některých sběrnicových systémů včetně vhodnosti jejich použití. Tato kapitola také obsahuje informace o dělení instalačních sběrnic dle jejich standardizace a stupně distribuce inteligence v systému. V závěru kapitoly je uvedeno stručné shrnutí a srovnání jednotlivých přístupů a jejich vhodnosti při praktické aplikaci.

Čtvrtá kapitola pojednává o sběrnici KNX/EIB. Snažil jsem se podrobněji popsat její historii, standardizaci, topologii a průběh komunikace na této sběrnici. V textu jsou také popsány základní přístroje nezbytné pro provoz sítí KNX/EIB. V závěru čtvrté kapitoly jsou uvedeny příklady aplikace KNX/EIB.

Předmětem zájmu páté kapitoly je systém Lonworks vyvinutý americkou firmou Echeleon. Podobně jako v případě sběrnice KNX/EIB jsem se snažil v textu popsat standardizaci, topologii, a přístroje nezbytné pro provoz tohoto systému. V závěru kapitoly jsou uvedeny příklady projektů využívajících sběrnici Lonworks.

Celkově lze říct, že na současném trhu existuje široká nabídka instalačních sběrnic. Všechny sběrnice nabízejí základní funkce používané v oblasti automatizace budov a domácností. Rozdíly lze nalézt jen u speciálních a méně běžných funkcí. Při volbě vhodné instalační sběrnice pro daný projekt rozhoduje mnoho parametrů. Příkladem parametru, který ovlivňuje výběr sběrnice je rozsah vytvářeného projektu. Při výběru sběrnicového systému by měl být brán zřetel i na předpokládané změny požadavků na elektroinstalaci budovy. V případě malých projektů, kde je pravděpodobné, že se požadavky nebudou měnit zásadním způsobem, je možné volit firemní řešení bez vážnějších obav, že za pomoci vybraného systému nebude možné v budoucnosti realizovat nově požadované funkce. V případě rozsáhlých projektů nebo projektů, u kterých je předpoklad výrazných změn požadavků je vhodnější volit řešení standardní, i přes vyšší počáteční investici. Díky většímu počtu výrobců komponent pro danou sběrnici je pravděpodobnější, že bude možné realizovat nově požadované funkce bez výraznějších dodatečných nákladů.

Přehled použité literatury

- [1] MERZ, Hermann; HANSEMANN, Thomas; HÜBNER, Christof. *Automatizované systémy budov: Sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet*. 1. vyd. Praha : Grada Publishing, a.s., 2008. 264 s. ISBN 978-80-247-2367-9 .
- [2] HÁJEK, Jan. Komunikační sběrnice používané v automatizaci budov. *Automatizace* [online]. 2004, č. 11 [cit. 13. března 2011]. Dostupný z WWW: <http://www.automatizace.cz/article.php?a=384>
- [3] Příspěvatelé Wikipedie. Hvězdicová topologie. *Wikipedie: otevřená encyklopedie* [online]. Poslední aktualizace 16. prosince 2010 [cit. 14. března 2011]. Dostupný z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Hv%C4%9Bzdicov%C3%A1_topologie
- [4] VAŇUŠ, Jan. *Systémová technika budov*. Ostrava, 2003. 17s. Učební text Fakulty elektrotechniky a informatiky, VŠB-TU Ostrava.
- [5] KUNC, Josef. ABB: KNX/EIB Příklady sběrnicových systémů. *Elektrika.cz* [online]. Ze dne 18. září 2008 [cit. 14. března 2011]. Dostupný z WWW: <http://elektrika.cz/data/clanky/abb-systemove-elektricke-instalace-knx-eib-2013-3-cast/view?searchterm=knx>
- [6] KNX. www stránky [online]. updated 4th March 2011 [cit. 14. března 2011]. Dostupný z WWW: <http://knx.org/>
- [7] KUNC, Josef. ABB: Topologické uspořádání KNX/EIB. *Elektrika.cz* [online]. Ze dne 20. duben 2008 [cit. 16. března 2011]. Dostupný z WWW: <http://elektrika.cz/data/clanky/abbsystemove-elektricke-instalace-knx-eib-2013-10-cast/view>
- [8] KUNC, Josef. ABB: Instalace KNX/EIB, akční členy, snímače. *Elektrika.cz* [online]. Ze dne 20. listopadu 2007 [cit. 19. března 2011]. Dostupný z WWW: <http://elektrika.cz/data/clanky/abb-instalace-knx-eib-akcni-cleny-snimace/view>
- [9] KUNC, Josef. ABB: ABB: Přenos dat v instalacích KNX/EIB. *Elektrika.cz* [online]. Ze dne 19. února 2009 [cit. 20. března 2011]. Dostupný z WWW: <http://elektrika.cz/data/clanky/abb-prenos-dat-v-instalacich-knx-eib/view>
- [10] ABB. *Příručka pro odborníky elektroinstalatéry: Popis systému*. [online]. Dostupný z WWW: <http://elsynn.abb.cz/obchod/documents/EIB-Popis%20syst%C3%A9mu,%20P%C5%99%C3%ADru%C4%8Dka%20pro%20elektr%20o%20instal%C3%A1t%C3%A9ry.pdf>
- [11] KNX, training. *Datatyper* [online]. Last update 2011-03-04 [cit. 17. března 2011]. Dostupný z WWW: http://www.knx-training.se/knx/trainingcenter/knx_tc

- fs.asp?fil=http://www.tekniskabyran.se/KNX/TrainingCenter/EN/open_course/DataTypes.asp
- [12] ECHELEON. *Building automation standards* [online]. [cit. 4. dubna 2011]. Dostupný z WWW: <http://www.echelon.com/solutions/building/standards.htm>
- [13] VOJÁČEK, Antonín. Sběrnice LonWorks - 3.část - Neuron chip & ostatní hardware. *Automatizace.hw.cz* [online] Ze dne 10. září 2005 [cit. 15. dubna 2011]. Dostupný z WWW: <http://automatizace.hw.cz/mereni-a-regulace/ART164-sbernice-lonworks--3cast--neuron-chip-%2526-ostatni-hardware.html>
- [14] VOJÁČEK, Antonín. Sběrnice LonWorks - 2.část - LonTalk protokol. *Automatizace.hw.cz* [online] Ze dne 11. duben 2005 [cit. 15. dubna 2011]. Dostupný z WWW: <http://automatizace.hw.cz/mereni-a-regulace/ART152-sbernice-lonworks--2cast--lontalk-protokol.html>
- [15] ECHELEON. *Troubleshooting LonWorks Devices and Twisted Pair Networks* [online]. [cit. 16 dubna 2011]. Dostupný z WWW: <http://www.echelon.com/support/documentation/docs/troubl2.pdf>
- [16] LONMARK. *SNVT Master List* [online]. January 2006. [cit 18. dubna 2011]. Dostupný z WWW: <http://www.kainenergy.com/files/SNVT.pdf>
- [17] ECHELEON. *Home Control: The smart home powered by Echeleon* [online]. [cit 24. dubna 2011]. Dostupný z WWW: <http://www.echelon.com/solutions/home/>
- [18] NIKO. [online]. [cit. 24. dubna 2011]. Dostupný z WWW: <http://www.niko.eu/>
- [19] NIKO, Ltd. Nikobus in the old church in Hertfordsire. *Hiddenwires.co.uk* [online]. [cit. 29. dubna 2011]. Dostupný z WWW: <http://hiddenwires.co.uk/resourcescasestudies/casestudies20091203-01.html>
- [20] Urbanovič, Daniel. Inteligentná inštalácia DOMINTELL. *elektroprojektant.sk* [online]. [cit 29. dubna 2011]. Dostupný z WWW: http://elektroprojektant.sk/elpr/text/1132/inteligentna_instalacia_domintell/
- [21] CMS. *Projekty Domintellu v CMS* [online]. [cit 1. května 2011]. Dostupný z WWW: <http://www.cmsys.cz/cze/automatizace-budov/domintell-projekty-cms/>
- [22] INELS. *O systému iNELS* [online]. poslední aktualizace 2011. [cit. 1. května 2011]. Dostupný z WWW: <http://www.inels.cz/index.php?sekce=view>
- [23] PEHA. *Functions private buildings* [online]. [cit. 1. května 2011]. Dostupný z WWW: http://www.peha.de/cms/front_content.php?client=1&lang=2&idcat=579
- [24] ISSENDORF. *What is LCN* [online]. [cit 12. května 2011]. Dostupný z WWW: <http://www.issendorff.com/>

- [25] KNX. *ETS4 Description* [online]. Updated 12th October 2010 [cit 16. května 2011]. Dostupný z WWW: <http://www.knx.org/knx-tools/ets4/description/>
- [26] ABB. Elektronický prospekt [online]. Dostupný z WWW: [http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/f8364a3ffd2404f9c125773d0033fe47/\\$file/elektronicky_prospekt_05.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/f8364a3ffd2404f9c125773d0033fe47/$file/elektronicky_prospekt_05.pdf)
- [27] KUNC, Josef. ABB: ABB: Přenos informací v instalacích KNX/EIB. *Elektrika.cz* [online]. Ze dne 19. srpna 2009 [cit. 20. března 2011]. Dostupný z WWW: <http://elektrika.cz/data/clanky/systemove-elektricke-instalace-knx-eib-5-cast/view?searchterm=nap%C3%A1jec%C3%AD%20zdroje>