České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická
Katedra řídicí techniky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Demonstrátor automatizace budov

Pavel Krejza

2010

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra řídicí techniky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: **Bc. Pavel Krejza**

Studijní program: Elektrotechnika a informatika (magisterský), strukturovaný
Obor: Kybernetika a měření, blok KM1 - Řídicí technika

Název tématu: **Demonstrátor automatizace budov**

Pokyny pro vypracování:

1. Navrhněte a realizujte propojení jednotlivých systémů a různé kombinace zapojení koncových prvků jako například žaluzie připojeny přes akční člen na EIB/KNX, ovládací tlačítka připojené jako digitální vstupy WAGO IO, BACnet controller apod.
2. Specifikujte a implementujte funkční bloky pro vytvořený návrh z bodu 1.
3. Realizujte demonstrační aplikaci, kde budou využity vytvořené funkční bloky.
4. Navrhněte a realizujte demonstrační panel s řídicím systémem a koncovými prvky (svítidla, senzory, žaluzie apod.).
5. Navrhněte několik laboratorních cvičení, která lze realizovat na panelu z bodu 4.

Seznam odborné literatury:

Dodá vedoucí práce

Vedoucí: Ing. Pavel Burget, Ph.D.

Platnost zadání: do konce zimního semestru 2010/2011

L.S.

prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.
vedoucí katedry

doc. Ing. Boris Šimák, CSc.
děkan

V Praze dne 8.1.2010

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

V Praze, dne: . . . . . Podpis: . . . . . .

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat všem, kteří svoji pomocí přispěli ke vzniku této práce. Velký dík patří Ing. Pavlu Burgetovi, PhD. za přátelské vedení a organizaci práce. Neméně bych chtěl poděkovat Ing. Ondřeji Nývltovi za vydatnou pomoc ať už v částech teoretických či při realizaci modelu. Poděkování patří jistě také panu Ladislavu Čmelíkovi za pomoc s technickými partiemi práce. Na závěr děkuji i kolegům z katedry, své rodině a přátelům za podporu při studiu.

Abstrakt

Předmětem této práce je vytvoření modelu rodinného domu s inteligentní elektroinstalací. Ve funkci centrální řídicí jednotky je proprietární PLC od firmy WAGO s množstvím přídavných modulů jež rozšiřují kontrolér o různá I/O rozhraní a zároveň umožňují propojení s otevřenými sběrnicemi pro domovní automatizaci. Použité protokoly jsou zástupci nejrozšířenějších systémů domovní automatizacei a to: KNX/EIB, BACnet, DALI a EnOcean. Motivace pro stavbu modelu je jeho využití při výuce v předmětech zabývajících se distribuovaným i centrálním řízením v oblasti automatizace budov.

Abstract

The subject of this thesis is to build up a model construction of a family house equipped with a smart wiring system. A proprietary PLC from WAGO company serves as the central control unit for the house. It offers a lot of additional modules which enhance the controller with a variety of I/O interfaces and also enable an interconnection with some open protocol buses used for the building automation. The protocols used in the project represent some of the most spreaded recent systems e.g.: KNX/EIB, BACnet, DALI and EnOcean. The purpose of such a construction is its planned use as a student's tool in teaching both centralized and distributed control in the area of the home automation.

Obsah

Seznam obrázků **9**

Seznam tabulek **11**

1 Úvod **12**
1.1 Seznámení s problematikou . . . 12
1.2 Motivace k domovní automatizaci . . . 13
1.3 Centralizované vs. distribuované řízení . . . 13
1.4 Přehled protokolů . . . 14
1.4.1 Otevřené standardy . . . 14
1.4.2 Proprietární řešení . . . 16

2 Použité sběrnice **17**
2.1 KNX/EIB . . . 17
2.1.1 Přehled . . . 17
2.1.2 Přenosová média . . . 17
2.1.3 Topologie . . . 18
2.1.4 Adresování účastníků . . . 19
2.1.5 Komunikace . . . 20
2.2 DALI . . . 22
2.3 EnOcean . . . 22
2.4 BACnet . . . 22
2.4.1 Přehled . . . 22
2.4.2 Oblast využití . . . 23
2.4.3 Architektura . . . 23
2.4.4 Objekty . . . 25
2.4.5 Služby . . . 25
2.4.6 Propojení s jinými systémy . . . 26

3 PLC a modularita **27**
3.1 Použitý kontrolér . . . 27
3.2 Vývojové prostředí CoDeSys . . . 27
3.3 Rozšiřující moduly . . . 28

4 Realizovaný model **31**
4.1 Požadavky . . . 31
4.2 Konstrukce . . . 31

4.2.1 Stavební materiál . . . 32
4.2.2 Umístění hlavních částí modelu . . . 33
4.3 Návrh modelu domu . . . 33
4.3.1 Seznam zařízení . . . 33
4.4 Elektroinstalace . . . 34
4.4.1 Rozvaděč . . . 35
4.4.2 Panel . . . 37
4.5 Místnosti a logické vazby mezi zařízeními . . . 38
4.5.1 Místnost s LCD panelem . . . 38
4.5.2 Dětský pokoj . . . 38
4.5.3 Koupelna . . . 38
4.5.4 Ložnice . . . 39
4.5.5 Chodba . . . 39
4.5.6 Obývací pokoj . . . 40
4.5.7 Technická místnost . . . 40
4.5.8 Garáž . . . 40
4.6 Konečná podoba modelu . . . 40

5 Řídicí program 44
5.1 Vývojové prostředí ETS 3 . . . 44
5.1.1 Oživení – Comissioning . . . 45
5.1.2 Topologie . . . 47
5.1.3 Skupinové adresy . . . 48
5.1.4 Vazby a komunikační objekty . . . 49
5.2 Konfigurace DALI . . . 49
5.2.1 Oživení sběrnice DALI . . . 49
5.2.2 Přístup k zařízením DALI z PLC a funkční bloky DALI . . . 51
5.2.3 Řešené problémy . . . 52
5.3 Konfigurace EnOcean . . . 52
5.4 Konfigurace BACnet . . . 53
5.4.1 Oživení BACnet kontroléru . . . 53
5.4.2 WAGO-BACnet configurator . . . 54
5.4.3 Konfigurace BACnet objektů v CoDeSysu . . . 55
5.5 Propojení více PLC WAGO přes sběrnici KNX . . . 56
5.5.1 Konfigurace TP1-Module . . . 56
5.5.2 Linkování proměnných z CoDeSysu do KNX . . . 56
5.6 Program v CoDeSysu . . . 58
5.6.1 Základní algoritmus . . . 59
5.6.2 Realizované funkční bloky . . . 61
5.7 Visualizace . . . 63
5.7.1 Dotykový panel . . . 65
5.7.2 PDA . . . 65

6 Laboratorní úlohy 67
6.1 Úloha 1 (práce s DALI) . . . 67
6.2 Úloha 2 (práce s ETS3) . . . 68
6.3 Úloha 3 (propojení na systém BACnet) . . . 68

6.4 Úloha 4 (tvorba vizualizace za použití *netvars*) 69

7 Závěr **70**

Literatura **71**

Příloha A : Informační poster **73**

Příloha B : Obsah CD **74**

Seznam obrázků

1.1 OpenTherm - Multipoint-to-point communication 15
1.2 SMI - Monomaster-multislave communication 15

2.1 Stromová topologie sítě KNX 18
2.2 Skupiny a komunikační objekty KNX 19
2.3 Výměna dat KNX 21
2.4 Modularita zařízení KNX 21
2.5 Zapouzdření rámců v BACnetu 24
2.6 Rozdělení integrace KNX a BACnet 26

3.1 KNX IP kontrolér s TP1 modulem 28

4.1 Schéma konstrukce 32
4.2 Grafický návrh panelu 35
4.3 Rozvaděčová skříň 36
4.4 Elektrické schéma zapojení rozvaděče 41
4.5 Elektrické schéma zapojení panelu 42
4.6 Hotový model - pohled zepředu 43
4.7 Hotový model - pohled zezadu 43

5.1 Blokové schéma zapojení PLC a sběrnic 45
5.2 Topologie modelu v ETS 3 47
5.3 Skupinové adresy modelu v ETS 3 48
5.4 adresování DALI svítidel 51
5.5 Propojení na síť BACnet prostřednictvím KNX 53
5.6 WAGO BACnet configurator 54
5.7 Odlišné nastavení parametrů pro export pro BACnet a KNX kontrolér . . . 56
5.8 Topologie ETS 3 s modulem TP1 na BACnet kontroléru 57
5.9 Funkční blok pro převod proměnných z IEC do KNX 58
5.10 Skupinová adresa v ETS 3 jež propojuje dva kontroléry WAGO 58
5.11 Vývojový diagram hlavního algoritmu 59
5.12 Funkční blok DALI_Store_Scenes 61
5.13 Funkční blok DT_TO_KNX_TimeOfDay 62
5.14 Funkční blok Termostat_KNX 62
5.15 Funkční blok DALI_RGB_light 63
5.16 Funkční blok Central_button 63
5.17 Hlavní okno vizualizace 65

5.18 Detail vizualizace ložnice 66

Seznam tabulek

2.1 Datagram KNX 20

4.1 Seznam zařízení 34
4.2 Obsah rozvaděče 37

5.1 VD soubory 46
5.2 IP adresy všech připojených stanic 46
5.3 Vazby komunikačních objektů KNX 50
5.4 DALI Store Scenes 61

Kapitola 1

Úvod

1.1 Seznámení s problematikou

Automatizace budov je v současnosti již dobře etablovaná technologie na trhu. Od počátku devadesátých let minulého století byly vyvíjeny jak uzavřené proprietární systémy různých výrobců, tak i otevřené standardy, které definují pravidla pro fyzická přenosová média, komunikační protokol až po aplikační služby. Proprietární systémy bývají levnější, jejich nevýhoda spočívá v závislosti na konkrétním výrobci. Pokud se tedy projektant rozhodne pro uzavřené řešení, jeho možnosti jsou omezené konkrétní nabídkou. A v případě, že se rozhodne pro kombinaci více uzavřených systémů, nebou mezi sebou zpravidla vzájemně kompatibilní a tím přichází o výhody plynoucí ze synergie. Zároveň nemá záruku, že takový systém bude v budoucnu podporovaný.

Otevřené standardy jež jsou popsány v kapitole 1.4.1 a 2 nabízejí především interoperabilitu, což přináší možnost integrovat zařízení mnoha různých výrobců do jednoho systému, který spojuje stejný komunikační protokol. Systémový integrátor může svobodně vybrat taková zařízení z portfolia různých firem, která nejlépe vyhovují konkrétním požadavkům.

Toto téma jsem zvolil, abych získal větší přehled v oblasti, která je bohužel ve studijních plánech pro řídicí techniku opomíjena. Oblast domovní automatizace je stále velmi perspektivní z hlediska vývoje, přestože na trhu už má početné zastoupení. Počet nových staveb rodinných domů s klasickou elektroinstalací stále převažuje, což je dáno především vyšší cenou inteligentních řešení. Sběrnicová technologie a automatizace se dnes uplatňuje ve větším měřítku ve velkých administrativních a správních budovách, kde její hlavní výhody nabízejí větší ekonomický přínos. Chtěl bych se tomuto odvětví dále věnovat, ať už vývojem ekonomicky dostupných systémů pro instalace do rodinných domů, kde je trh dosud nenasycený, anebo vývojem konkrétních zařízení pro etablované otevřené standardy, jež v současnosti jsou tak drahé, že má smysl jim konkurovat.

Tato práce dokumentuje stavbu demonstračního modelu a jeho softwarového vybavení. V prvních třech kapitolách této práce se čtenář seznámí se sběrnicemi KNX, BACnet, DALI a EnOcean. Ve čtvrté kapitole (4) je detailně popsán samotný model a jeho konstrukce včetně schémat elektrického zapojení. Kapitola 5 se věnuje softwarové části projektu. Zejména je v ní dokumentováno oživení jednotlivých sběrnic a propojení s PLC

kontrolérem. Pozornost je tu věnována i samotnému algoritmu programu, popisu vytvořených funkčních bloků a tvorba vizualizace. V kapitole 6 jsou navrženy laboratorní úlohy jako inspirace pro vyučující, kteří by tento demonstrátor chtěli využít jako učební pomůcku. V závěru je pak shrnutí dosažených výsledků.

1.2 Motivace k domovní automatizaci

Domovní automatizace s sebou přináší oproti klasické elektroinstalaci řadu výhod. Spojením různých oblastí technického vybavení budov pod jeden obecný systém dává projektantům možnost využít těchto vazeb ke zvýšení bezpečnosti, provozním úsporám a vyššímu komfortu. Bezpečnost je možno zvýšit např. vypnutím přívodu vody a určitých zásuvek centrálně při opuštění domu. Zároveň s tím je aktiváno zabezpečovací zařízení včetně sledování oken a řízení rolet a žaluzií v závislosti na denní době. Díky propojení systémů je možno simulovat přítomnost během nepřítomnosti uživatele a tím odradit případné zloděje. Poplašné hlášení lze automaticky poslat na libovolná telefonní čísla.

Úspor na provozních nákladech osvětlení je možno dosáhnout integrací snímačů jasu a stmívačů světel a jejich vazbou na intenzitu denního světla. Takto je možno u větších administrativních dosáhnout úspor energie až 75 procent. Další úspory přináší inteligentní řízení vytápění a klimatizace. Nastavení požadovaných teplot v jednotlivých místnostech se mění s ohledem na přítomnost/nepřítomnost člověka, denní dobu a typu místnosti díky tvorbě topných a chladicích profilů. Přívod tepla či chladu se vypíná, když je otevřené okno, teplo se tedy vyrábí jen tehdy, je-li to skutečně nutné. Ve větších budov lze významných úspor docílit implementací sofistikovaných řídicích algoritmů jako např. MPC regulace, jež počítá akční zásahy s využitím předpovědi počasí.

Na významném zvýšení uživatelského komfortu se podílí nejen možnost centrálních funkcí jako vypínání osvětlení a ovládání rolet a žaluzií. K domovní síti je možno se připojit přes internet, nebo mobilním telefonem a zjišťovat stav funkce např. vytápění. Přítomnost operátorského panelu s vizualizací dává možnost získat mnoho informací o stavu budovy, měnit nastavené parametry a centrálně ovládat libovolné zařízení. Časová automatika může řídit řadu procesů jako zavlažování, osvětlení a pohyb stínicích prvků. U žaluzií je možno nastavit naklopení lamel v závislosti na osvětlení a denní době.

1.3 Centralizované vs. distribuované řízení

O problematice centralizovaného a distribuovaného řízení bylo napsáno již mnoho [6], proto se omezím pouze na shrnutí týkajících se této práce. Demonstrační model totiž kombinuje obě metody. Hlavní řízení realizuje PLC kontrolér, do kterého je přivedeno množsví sensorů a I/O signálů. Zároveň je skrze komunikační rozhraní připojen ke sběrnici KNX, která má svou vlastní konfiguraci a jejíž zařízení pracují bez nutnosti provozu PLC. V tomto ohledu jsou i další sběrnice (DALI a EnOcean) řízeny centralizovaně, protože fungují na principu master-slave, kde v roli mastera je právě PLC a tudíž jejich funkce je na něm závislá.

1.4 Přehled protokolů

Systémů, které se v současnosti používají v domovní automatizaci je již celá řada. Tento přehled si neklade za cíl všechny vyjmenovat, pouze vybírá několik zajímavých zástupců. Zdroj [1], [8].

1.4.1 Otevřené standardy

KNX, DALI, EnOcean, BACnet

Tyto čtyři sběrnice jsou podrobně popsány v kapitole 2, neboť tato práce je využívá.

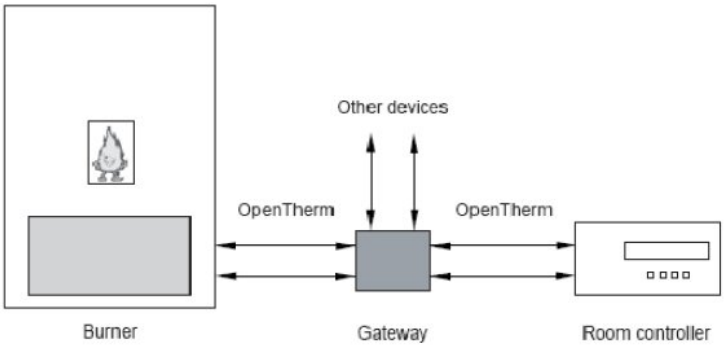
LonWorks

Technologie LONWorks je sběrnicový systém, standardizovaný normou EN 14908. Použité zařízení a přístroje jsou vybaveny vlastní distribuovanou inteligencí a jsou napojeny na lokální operační síť. Pro tuto techniku se používá zkratky LON, která je odvozena z anglického výrazu Local Operating Network. Sběrnice je obsáhle dokumentována zde [20].

OpenTherm

OpenTherm je otevřený, na výrobci nezávislý, systém a protokol pro komunikaci systémů vytápění, klimatizace a ventilace (HVAC). OpenTherm produkty jsou pokojové termostaty, řídicí jednotky vytápění, boilery, topná tělesa, regulátory závislé na počasí, kaskádní řízení atd. Jde o otevřený standard, jehož specifikace je dostupná všem členům jakož i nečlenům asociace OpenTherm. OpenTherm protokol by poprvé specifikován v roce 1996 (firma Honeywell uvolnila protokol za 1 GBP). Důvody pro vytvoření tohoto protokolu byla potřeba mít standard jednušše použitelnou komunikaci mezi termostatem a boilerem. Nezisková asociace OpenTherm sestává z více než 40 společností jako např.: Viessmann, Hager Controls SAS, Honeywell, Siemens Building Technologies atd. Komunikace je oboustranná, nezávislá na polaritě, typu master/slave a probíhá po 2 vodičích. Termostat vystupuje jako master, boiler pak jako slave, který poskytuje masterovi jak data, tak i napájení. Master může navíc řídit své požadavky na napájení od slavea (osvětlení displaye…) a tím šetrit energií. Nejedná se o sběrnicový systém a komunikace je tedy buď typu point-to-point (boiler/termostat) anebo multipoint-to-point (1 slave a 1 či více masterů). Tento typ komunikace je možný díky zařízení *gateway* ke kterému jsou připojeny další masteři (čidla, ventilace, vzdálený přístup a jiné viz obr. 1.1).

Existují standardní rozhraní pro připojení OpenTherm k BACnet IP, LONworks, Modbus, www a v budoucnu i KNX RF. [8]

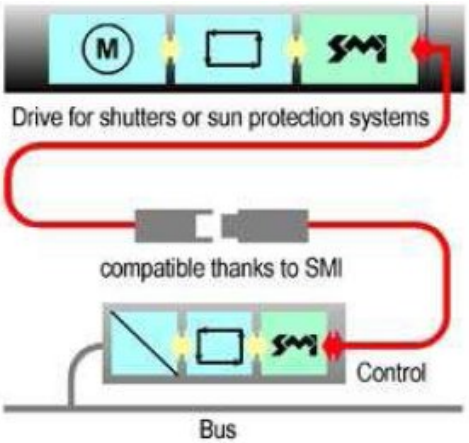


Obrázek 1.1: OpenTherm - Multipoint-to-point communication

SMI

SMI je zkratkou pro Standard Motor Interface. Jedná se o relativně novou specializovanou sběrnici – specifikovanou v roce 2001. Důvodem pro vývoj tohoto protokolu byla nespokojenost se standardním způsobem řízení pohonů v budovách. Jako příklady slouží:

- absence inteligentního řízení (pohyb na přesnou pozici)
- žádná zpětná vazba z pohonů o jejich poloze a jejich stavu
- složitá kabeláž



Obrázek 1.2: SMI - Monomaster-multislave communication

SMI je typický monomaster-multislave systém (viz. obr 1.2). Jeden master může být připojen k až 16 slavům (pohonům). Ty mohou být adresovány individuálně, skupinově nebo broadcastem. Příkazy v SMI jsou dvojího typu. Buď standardní nebo specifické pro daného výrobce. Mimo běžné příkazy (nahoru/dolů) je možno zadat přesný pohyb do mezipolohy a požadavky na diagnostiku motoru.

Hlavní aplikace je využití v budovách pro inteligentní digitální řízení pohonů rolet, žaluzií, markýz, slunečních ochran, zimních zahrad bazénových krytin a požárních ochran. SMI pohony mohou být řízeny samostatnými řídicími jednotkami nebo PLC. Také je možno je připojit k vyšším automatizačním systémům jako je KNX či LON. SMI používá pro připojení jednotek 5 vodičový kabel, jenž slouží zároveň jako napájení a zemnění k motorům a zbylé 2 vodiče jsou použity pro přenos dat. Délka sběrnice je omezená na

350m a topologie je volná. Přenos dat je obousměrný o rychlosti 2400 baud.

1.4.2 Proprietární řešení

Jsou uzavřené systémy a protokoly podléhající licenci. Vypracováno za použití zdrojů [8], [7]

Moeller X-Comfort/Nikobus

XComfort je bezdrátový systém pro domovní automatizaci, pracující na frekvenci 838MHz, jež je vyhrazena pro elektroinstalaci budov, což zajišťuje minimální rušení od jiných radiově ovládaných spotřebičů. Dosah vysílače činí jeden strop a dvě stěny, pokud přijímač není v dosahu, uplatní se tzv. „routing“ a paket je předáván ostatními prvky k cíli.Systém XComfort zvládá všechny požadované funkce: automatizace vytápění, klimatizace, nastavení rolet či žaluzií, garážových vrat, brány nebo řízení osvětlení včetně jeho stmívání.

ABB Ego-N

Ego-n je sběrnicový centralizovaný systém domovní automatizace firmy ABB Elektro-Praga. Pro komunikaci mezi prvky systému se využívá speciální čtyřžilový kabel (2 vodiče pro přenos dat, 2 vodiče pro napájení prvků systému). Topologie sběrnic je lineární a v systému se rozlišují dva typy sběrnic:

- Primární sběrnice: napojení vstupů a výstupů a řídicího modulu s napájením. Řídicí modul zabezpečuje komunikaci mezi prvky primární sběrnice, mezi primární a sekundární sběrnicí a mezi dalšími řídicími jednotkami. Každá primární sběrnice může mít připojeno nejvýše 64 prvků. Její délka je max. 700 m.
- Sekundární sběrnice: propojení mezi řídícími moduly a rozhraními (např. TCP/IP, GSM, RF modul). Max 8 účastníků, délka max 2000m

iNELS

Původně vyvinuta firmou Teco Kolín, distribuována společností Elko ep. Zasahuje do tří oblastní automatizace dle velikosti. Zdroj [16]

- **StarterKit** představuje samostatné řešení dílčích oblastí elektroinstalace jako světlo, topení, rolety.
- **iNels** pokrývá aplikace rodinných domů, tak i rozsáhlejší segment automatizace budov. Používá sběrnici s volnou topologií nazvanou CIB s max 64 účastníky.
- **iNELS and building mangement system** je určen pro tvorbu široké, technologicky náročné aplikace řízení budov, zdrojů a rozvody topení a chlazení, kontrolu a sledování. Řízen PLC Tecomat Foxtrot, SCADA/HMI systém.

Více v katalogu iNels [16]

Kapitola 2

Použité sběrnice

2.1 KNX/EIB

2.1.1 Přehled

KNX/EIB je standardizovaný komunikační systém podle normy EN 50090, který se v technických systémech budov používá k informatickému propojení sítí zařízení snímačů, akčních členů, regulátorů, řídicích a regulačních panelů, obslužných, servisních, diagnostických, visualizačních, operátorských a dispečerských zařízení. Certifikace zařízení KNX/EIB a vývoj sběrnicových systémů je zajišťován v koordinaci s KNX/Konnex Association (ta vznikla sloučením BatiBUS, EIBA a European Systems Associations v květnu 1999). Proto takto certifikované přístroje a sběrnice nesou označení KNX/EIB – Evropská instalační sběrnice – European Installation Bus/KNX. [5], [17]

Jednou z důležitých vlastností přístrojů KNX je jejich modulární konstrukce. Tu tvoří sběrnicová spojka (bus coupler) a samotný aplikační modul. Přístroje jsou napájeny zdrojem s tlumivkou o hodnotě 30V DC (jmenovité napětí na sběrnici činí 24V).

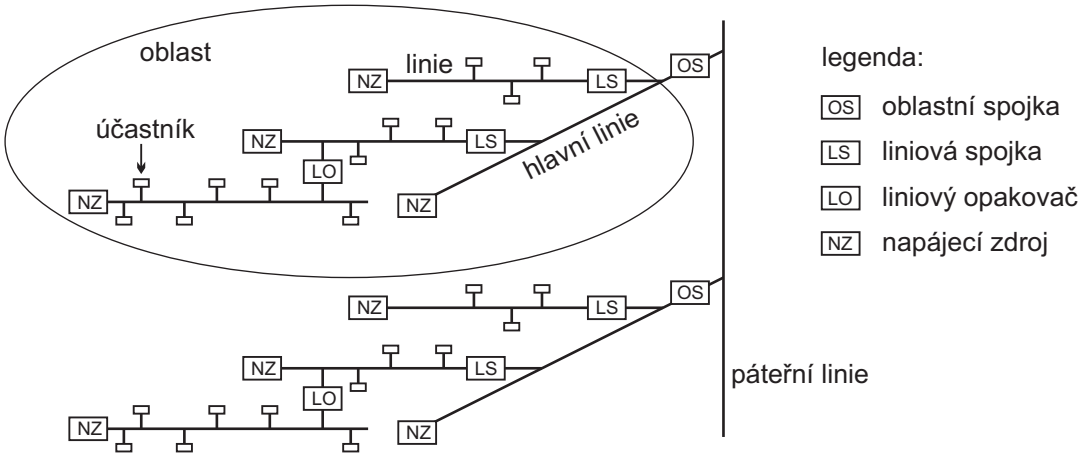
KNX definuje tři režimy provozu [3]:

- **Easy** : Nekonfiguruje se pomocí PC, ale centrálním kontrolérem, tlačítky.. Obvykle omezená funkčnost předurčuje k použití ve středně velkých instalacích
- **Automatický** : Konfigurace proběhne automaticky po připojení zařízení. Určen pro koncového spotřebitele, menší zařízení.
- **System** : Konfigurace pomocí PC a prostředí ETS 3. Určeno pro projektanty a instalatéry s certifikací KNX, rozsáhlejší instalace.

2.1.2 Přenosová média

Pro přenos dat jsou využitelná různá média:

- Twisted Pair – kroucený pár (KNX.TP): nejčastější řešení, zejména u novostaveb



Obrázek 2.1: Stromová topologie sítě KNX

- Power Line – silové vedení (KNX.PL): možnost využít stávající silové rozvody
- radiový přenos – (KNX/RF)
- Ethernet (KNXnet/IP): vysoký datový tok, komunikace s obsluhou, PC
- optická vlákna

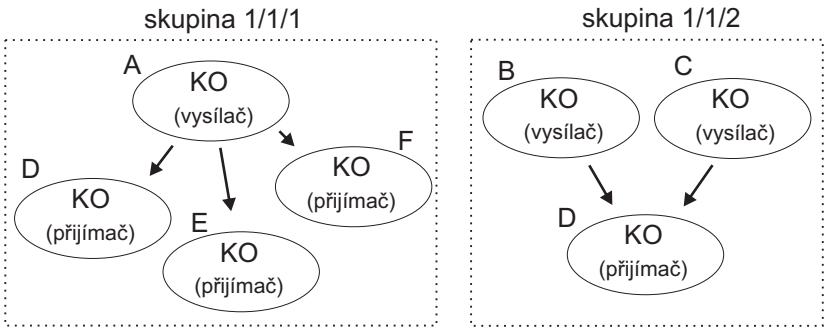
Pro rychlost přenosu na KNX.TP platí vbit = 96 kbit/s.

2.1.3 Topologie

Topologie sítě KNX/EIB je stromová viz. obr 2.1. Rozeznává tři hierarchické úrovně:

- oblast (max. 16)
- linie (max. 16)
- radiový přenos – (KNX/RF)
- účastník (max. 64-256)

Každá linie s max. 64 účastníky může být rozšířena pomocí liniových opakovačů (LS) až o tři další větve a max. počet zařízení včetně LS v jedné linii je tedy 256. Každá taková větev má svůj napájecí zdroj. Propojení linií je řešeno liniovými spojkami a nakonec propojení mezi oblastmi na tzv. páteřní linii je řešeno oblastními spojkami. Liniové a oblastní spojky mají filtrační funkci a zajišťují, aby telegramy byly přesměrovány jen tam kde jsou vyžadovány. U liniových opakovačů je situace jiná, ty pouze rekonstruují signál, nicméně telegramy sítě KNX se mohou přenést obvykle jen 6krát což je zaručeno dekrementací routingového čísla po každém přenosu.



Obrázek 2.2: Skupiny a komunikační objekty KNX

2.1.4 Adresování účastníků

Individuální adresy

Každý přístroj na sběrnici, který se účastní komunikace s daty má svoji jednoznačně určenou individuální adresu. Ta je do přístroje vložena pomocí programu ETS 3 v době uvedení do provozu ještě před nahráním samotné aplikace do zařízení. Tato adresa je tříúrovňová a odpovídá topologické struktuře sítě v budově. Současně by se adresy účastníků měly orientovat i podle pořadí v němž spolu lokálně sousedí. Adresa přístroje se zpravidla vyplňuje i na etiketu, protože zůstává neměnná.

Formát individuální adresy je *Oblast.Linie.Účastník* přičemž v telegramu má oblast i linie 4 bity a účastník 8 bitů dlouhé vyhrazené datové pole. Adresy liniových spojek mají rezervovaný formát O.L.0 a adresy oblastních spojek O.0.0.

Individuální adresy slouží tedy k jednoznačné identifikaci zařízení a v procesu oživení konfigurace celého systému KNX/EIB se pomocí nich adresují telegramy prostřednictvím ETS 3. V normální provozu se však používají telegramy se skupinovou adresou.

Skupinové adresy

K vytvoření funkčních vazeb na sběrnici KNX/EIB slouží takzvané skupinové adresy a komunikační objekty jednotlivých účastníků. Skupinové adresování může být buď dvojúrovňové nebo tříúrovňové a volí si ho projektant v ETS 3. Formát skupinové adresy je *Hlavní_skupina/Střední_skupina/podskupina* kde jsou rezervovány 4 bity pro hlavní, 3 bity pro střední skupinu a 8 bitů pro podskupinu. Pro lepší rozlišení mezi skupinovou a individuální adresou jsou ty skupinové odděleny lomítky, zatímco individuální jsou odděleny tečkami.

Komunikace v KNX/EIB funguje na principu vysílač/příjemce. Také umožňuje přiřadit více příjemců či vysílačů do jedné skupiny viz obr. 2.2. Jak je vidět z obrázku, je možné přiřadit stejného účastníka (D) v roli přijemce do dvou různých skupin. Není však možné totéž s účastníkem v roli vysílače, vyvolaná akce by nebyla jednoznačně určena.

Komunikační objekty (KO)

Pro každé zařízení na sběrnici KNX/EIB je k dispozici výrobcem vyvinutá aplikace a po jejím nahrání do přístroje jsou k dispozici jeho komunikační objekty. Ty představují komunikační rozhraní pro zápis a čtení na sběrnici a tedy způsob jakým komunikují zařízení na sběrnici mezi sebou. Například sensor typu tlačítko může mít 3 komunikační objekty (KO) dle dodané aplikace od výrobce. Jsou to například: krátký stisk, dlouhý stisk či bistabilní přepnutí hodnoty jako ve funkci spínače. K tomu aby došlo při stisku tlačítka k odeslání telegramu je třeba tomuto objektu přiřadit skupinovou adresu. Na druhé straně musí být nějaký příjemce tohoto telegramu – například akční člen KNX pro svítidlo. Jeho komunikační objekt musí být přiřazen ve stejné skupinové adrese a plní tak funkci posluchače.

2.1.5 Komunikace

Přístup na sběrnici

Kolize na sběrnici jsou ošetřeny mechanismem CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) díky existenci dominantních (log 0) a recesivních bitů (log 1) sběrnice. Rozhodování o tom, který ze dvou účastníků, jež zahájili komunikaci ve stejném momentě, bude ve vysílání pokračovat je záležitosti priority vysílaného telegramu. KNX rozlišuje tyto třídy přístupu podle priority:

- Třída 1 : Priorita systémová > Priorita alarmu > Opakovaný telegram
- Třida 2 : Priorita vysoká > Priorita nízká

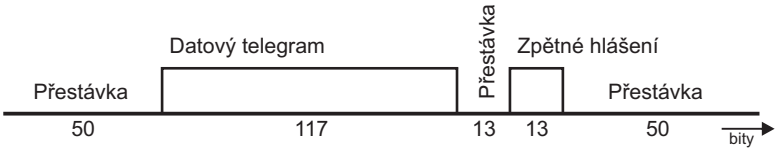
Informace o prioritě je obsažena v kontrolním poli datagramu KNX. Protokol KNX/EIB rozlišuje dva druhy zpráv a to datové telegramy a zpětná hlášení.

Datový telegram

Obsahuje binární informace v sedmi binárních polích viz tab. 2.1. Datové pakety jsou vysílány jako posloupnost znaků UART o délce 11 bitů. Detekce chyby je zaručena křížovou paritou, tedy jak v každém UART znaku, tak zkušební polem celého datagramu. Tímto mechanismem je možno detekovat, ale nikoliv opravit až tříbitové chyby v přenosu.

1 Byte	**2 Byty**	**2 Byty**	**1 bit**	**3 bity**	**4 bity**	**1 až 16 Bytů**	**1 Byte**
kontrolní pole	adresa odesílatele	adresa příjemce	typ adresy příjemce	přepravní pole	délka datového pole	datové pole	zkušební pole

Tabulka 2.1: Datagram KNX



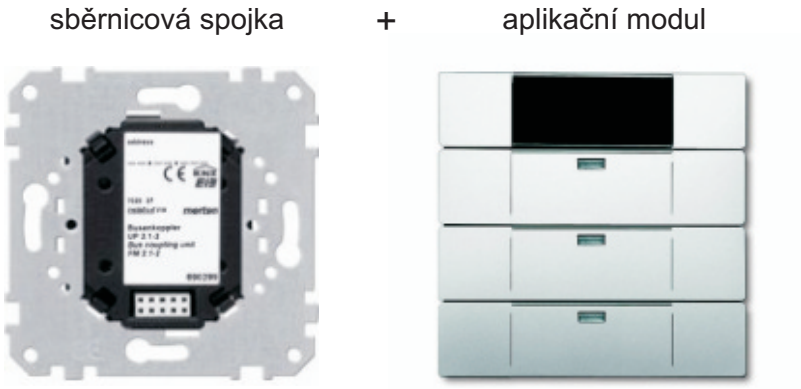
Obrázek 2.3: Výměna dat KNX

Zpětné hlášení

Datagram o délce 1 Bytu, který příjemce odešle jako odpověď na příjem datového telegramu. V něm sděluje zda zpráva byla správně přijata (ACK) či nikoliv (NACK), anebo nemohla být zpracována (BUSY). Vysílající poté může až třikrát zopakovat pokus o doručení paketu. V takovém případě je telegram označen jako opakovaný, aby ho znovu nezpracovávali ti účastníci ve skupině, kteří ho již obdrželi. Opakovaný telegram má vyšší prioritu. Časový průběh výměny dat na sběrnici KNX je popsán na obr. 2.3.

Hardware

Přístroje na KNX.TP, určené do instalačních krabic, jsou řešeny jako modulární prvky. Mohou být tvořeny dvojicí sběrnicové spojky (bus coupler) a aplikačního modulu (application module) viz obr. 2.4.



Obrázek 2.4: Modularita zařízení KNX

Software

Asociace Konnex distribuuje jednotné konfigurační rozhraní ETS 3 (více v kap. 5.1). To dává systémovým integrátorům univerzální nástroj pro kompletní návrh a parametrizaci sítě KNX. Každý licencovaný výrobce dodává navíc software pro nastavení funkcí svého produktu, který je buď importován do ETS3 ve formě vd souboru či plug-inu.

2.2 DALI

Digital Addressable Lighting Interface. Jedná se o sběrnicový standard pro ovládání svítidel. Norma má označení IEC 60929. Komunikace je založená na master-slave metodě na dvouvodičové sběrnici. Díky užitému kódování Manchester nezáleží na pořadí vodičů, vodiče nemusí být kroucené. Sběrnice je napájena vlastním zdrojem o jmenovitém napětí 16V DC. Logická jednička je v intervalu -3 až +3V a logická nula má práh 10V. Komunikace je relativně pomalá (pouze 1200 B/s), ale díky tomuto provení je systém robustní a odolný proti rušení. V jedné linii s masterm se může adresovat max. 64 účastníků. Je možné tento počet rozšířit přes gateway. Tato digitální technologie postupně vytlačuje klasické analogové předřadníky řízené napětím 0-10V.

Adresování předřadníků je automatické, dále je možno vytvářet skupiny a světelné scény. Protokol podporuje skupinový multicast a broadcast a tím snižuje komunikační režii. Je zajištěna i zpětná vazba od svítidla a detekce poruchy, což usnadňuje monitoring a servis v rozhlehlých budovách. Použité zdroje [11], [20]

2.3 EnOcean

Jedná o otevřený systém jenž spravuje konsorcium EnOcean Alliance, která si klade za cíl vytvořit interoperabilní standard, který pomáhá stavět budovy energeticky úsporné a flexibilní. EnOcean je bezdrátová technologie pro řízení budov. Hlavním koncept spočívá ve vývoji bezbateriových a bezúdržbových zařízení, které energii efektivně přeměňují z okolí a při mechanické excitaci. Příkladem je použitý čtyřkanálový vysílač, který energii pro vyslání paketu získá piezoelektrickým měničem. Existují ale také teplotní čidla fungující na principu termočlánků a okenní kontakty integrované do kliky, které generují energii pohybem při otevírání okna.

Pracuje na frekvenci 868,3 MHz, data jsou přenášena rychlostí 120kbit/s. Kvůli zabrání kolizí je režie komunikace velmi nízká, pakety trvají méně než 1 ms. Výkon vysílačů činí 10 mW což vystačí pro dosah 30 m v budovách a až 300 m na volném prostoru. Použité zdroje [20], [12], [13]

2.4 BACnet

2.4.1 Přehled

BACnet je zkratka pro Building Automation and Control Network. Pod tímto pojmem se zahrnuje komunikační protokol pro automatizační a řídicí systém budov, vyvinutý American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) a standardizován v roce 1995. Jeho zařízení a systémy mohou vzájemně komunikovat a vyměňovat si informace. Společný jazyk BACnet se rozšířil v mnoha aplikacích po celém světě a od 1.8.2004 byl normalizován též jako ČSN EN ISO 162484-5. [2], [5], [10]

Vznik BACnet byl vyvolán potřebou interoperability (s tím souvisí definice objektů) a

nezávislosti na výrobci zařízení. Před zavedením tohoto standardu se automatizace budov vyznačovala rozdrobeností vlastních technologií různých výrobců. Jednotlivé profese jako vytápění, ventilace, osvětlení či zabezpečovací technika byly navzájem nezávislé a tím nekompatibilní – bez vhodného interface pro výměnu informací.

Koncept BACnet jako dodavatelsky neutrální a nelicencované specifikace podporuje záměr provozovat komponenty od různých výrobců, což znamená větší tržní transparentnost, provázanost všech systémů automatizace budov a přináší komfort, optimalizaci spotřeby energie a bezpečnost.

2.4.2 Oblast využití

V účelových budovách se uplatňuje koncept vícevrstvého modelu automatizace budov. Tento model sestává ze tří úrovní:

- Úroveň managementu: Hlášení o přístupu a poruchách, řízení provozu, management energií
- Úroveň automatizační: Procesy měření, Řídicí proces, Regulační procesy
- Provozně procesní úroveň: Měření, Nastavování, Odčítání

Provozně procesní úroveň obsahuje jednotlivé sensory, akční členy a ovládací panely. Požadavky na přenosové objemy dat jsou malé a rostou směrem k vyšším úrovním až k managementu. Naproti tomu reakční rychlost odezvy není tak důležitá na managerské úrovni jako na procesní.

Systém BACnet, který je v zásadě vhodný pro všechny úrovně automatizace budov, vykazuje velké přednosti právě na úrovni funkcí managementu. Je proto často využíván jako nadřazený systém u rozsáhlých instalací, které jinak samy pracují na provozně procesní úrovni autonomně v rámci LonWorks anebo KNX.

Známým referenčním projektem je aplikace BACnet v budovách německého parlamentu, kde existuje napojení více než 100 000 prvků. Dalším příkladem je Universita v Rostocku a postupné napojení 262 nemovitostí v okruhu 15km na technologii BACnet.

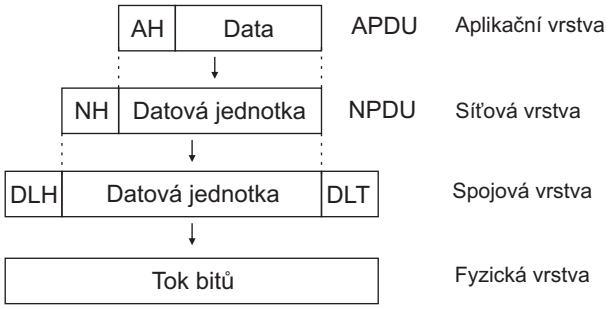
2.4.3 Architektura

ISO/OSI model v případě BACnetu obsahuje čtyři vrstvy obr. 2.5. Vzhledem ke snížení nákladů na potřeby hardwaru a softwaru jsou prezentační, relační a transportní vrstva integrovány do aplikační vrstvy.

Fyzická a linková vrstva

Přenos dat se může u BACnet realizovat prostřednictvím různých sítí:

- MS/TP (Master/slave token passing): Přenosová cesta RS-485, rychlost přenosu 9,6-76kbit/s



Obrázek 2.5: Zapouzdření rámců v BACnetu

- PTP (Point-to-point): vytáčené připojení skrze dvě zařízení kompatibilní s BACnet (Half Router). Protože toto spojení neexistuje permanentně, je vhodné ho využívat k občasné komunikaci. Přenosová rychlost je nižší – 56 kbit/s
- Ethernet: V případě Ethernetu lze s výhodou využít i stávající infrastrukturu přes kterou probíhá komunikace mezi PC na protokolem TCP/IP, protože datové pakety BACnet mají jinak definovanou hlavičku a je tím umožněna komunikace na stejném přenosovém kanálu. Vzhledem k velkému rozšíření a cenové dostupnosti Ethernetu je toto nejběžnější způsob instalace.
- LONworks: umožňuje díky speciálnímu hardwaru a softwaru
- ARCnet: token passing, až 7,5 Mbit/s na optickém kabelu

Síťová vrstva

Úkolem síťové vrstvy je přenos zpráv mezi různými typy sítí (např. MS/TP a Ethernet) nezávisle na tom, jaká technologie se používá ve vrstvě 2. Toto propojení je realizováno BACnet routery. BACnetová stanice má 2 bytovou globální (síťovou) adresu a je tedy společně s lokální adresou linkové vrstvy (MAC) jednoznačně identifikována. BACnet podporuje Internet Protocol (IP) a umožňuje tímto způsobem využívat globální síťové systémy. Struktura datové jednotky síťové vrstvy (NPDU):

```
Verze : řídící pole : DNET : DLEN : DADR : SNET : SLEN : SADR :
Hop Counter : ID výrobce : DATA
```

- DNET: síťová adresa příjemce
- DLEN: délka adresy MAC příjemce
- DADR: adresa MAC příjemce
- SNET: délka adresy MAC odesilatelewaru
- SADR: adresa MAC odesilatele
- DATA: datová jednotka pro aplikační vrstvu

BACnet používá UDP protokol místo zabezpečeného TCP z důvodu vysoké náročnosti na navázání a ukončení spojení. UDP má oproti tomu sice malou režii, ale jeho datagramy se posílají bez potvrzení nebo záruky doručení. Je třeba si tedy doručení paketů hlídat v rámci aplikační vrstvy.

Pokud chceme zprávy z BACnet přenášet přes IP routery do dalších sítí je nutné tyto zprávy dodatečně vkládat do IP paketů. Pro tyto účely se používají dva způsoby, umožňující globální vedení sítě BACnet prostřednictvím internetu:

- Tunneling router: používá tzv. Packet Assembler-Dissasembler (B/IP PAD)
- BACnet/IP: zařízení přímo kompatibilní s IP, komunikace prostřednictvím IP-routerů

Aplikační vrstva

V aplikační vrstvě BACnet se přenášejí informace k řízení, regulaci, k dotazování, alarmům atd. Dotazování pracuje na principu Client-Server. Patří sem např. potvrzované služby, kde klient očekává odpověď a v opačném případě vyšle hlášení aplikaci.

2.4.4 Objekty

Základním rysem BACnet objektová orientace. Prakticky všechny prvky v systému mají objektovou reprezentaci. Máme-li například teplotní snímač, uživateli nebude záležet na tom, jakým způsobem je hodnota uložena. Bude reprezentován jako objekt analogový vstup s předem definovanými vlastnostmi (Properties). Některé properties jsou volitelné (O – optional), jiné závazné (Read, Write). Kromě jednoduchých analogových a digitálních vstupních a výstupních objektů jsou v BACnetu definovány i složité objekty pro regulaci instalovaných zařízení, provozní kalendáře a záznamy trendů.

Pokud předdefinované objekty nepostačují, lze je rozšířit. Ve standardu je definováno 30 objektů. Objekty v rámci zařízení lze jednoznačně identifikovat prostřednictvím 32bitového Object Identifier – ten je rozdělen na 10bit objektový typ a 22bit objektové číslo.

2.4.5 Služby

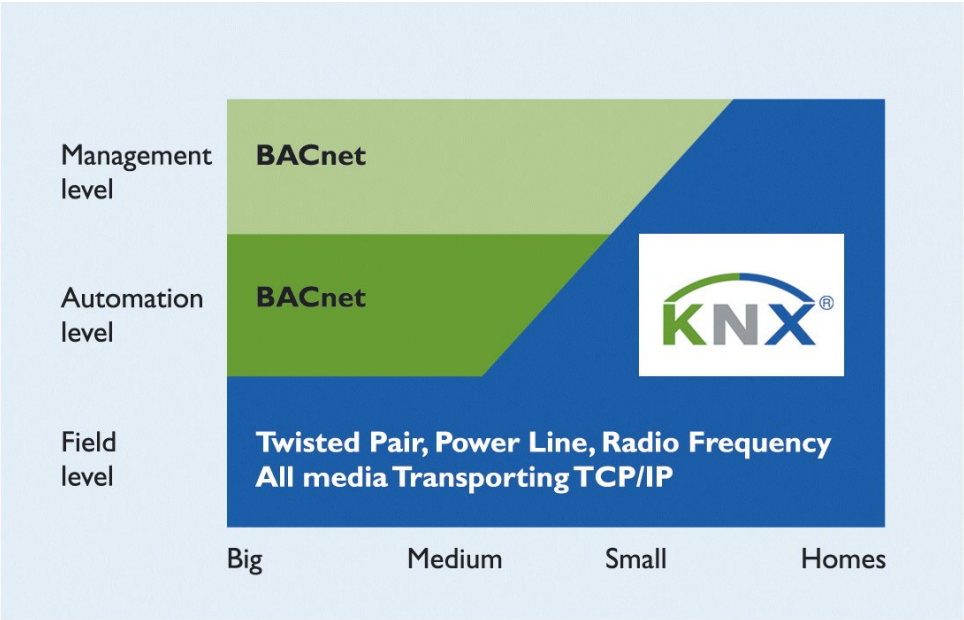
BACnet definuje na 38 služeb z nichž jediná Read-property musí být podporována vždy.

Služby přístupu k objektu

Např. získání present value a číslo objektu

Služby alarmu a události

- Hlášení změny hodnot (COV – change of value). Existence COV serveru, který posílá informaci všem abonentům (zařízením jež má na seznamu)
- Intrinsické hlášení
- Algoritmické hlášení změn



Obrázek 2.6: Rozdělení integrace KNX a BACnet

Služby pro přístup k souborům:

Každý soubor má mít souborový objekt s atomickými operacemi čtení a zápisu

Služby device managementu a řízení sítě

Řídící a správní úkony jako např. zastavení nebo nastartování BACnet device, nastartování hodin, synchronizace.

2.4.6 Propojení s jinými systémy

Kromě vzájemného propojení sítí BACnet mezi sebou pomocí routerů je možno propojit BACnet skrze Gateway se systémy KNX/EIB či LONworks. Propojení BACnet s KNX/EIB jsem realizoval prostřednictvím PLC Wago Bacnet/IP a modulu rozhraní KNX TP1. Postup pro oživení je popsán v kapitole 5. Standard BACnet je díky své univerzálnosti a objektovému přístupu předurčen k použití na vyšších úrovních automatizace, ve větších budovách zejména na řídicí vrstvě. Obrázek 2.6 ukazuje jeden z možných přístupů propojení dvou otevřených systémů, tentokrát z pohledu Asociace KNX.

Kapitola 3

PLC a modularita

PLC je zkratka pro Programmable logical controller. Jde o programovatelný počítač používaný pro domovní či průmyslové automatizaci. Oproti standardním počítačům jsou PLC navrženy s ohledem na vícenásobné I/O uspořádání, s větším rozsahem provozních teplot, větší imunitou proti elektrickému rušení, odolností v prašných podmínkách s vibracemi a nárazy. Řídicí program je typicky uložen v paměti eeprom. PLC je příkladem systémů reálného času, kde výstupní výsledky musí být produkovány v odezvě na vstupní podmínky a to v omezeném čase jinak dojde k nezamýšleným výsledkům operace. [19] V automatizaci budov je proto řízení pomocí PLC vzhledem k vyjmenovaným parametrům ideální. Existuje levnější varianta řízení v podobě mikrokontrolérů, ale ty nenabízí dodatečnou flexibiltu, neboť každá budova je příliš odlišná ve svých požadavcích.

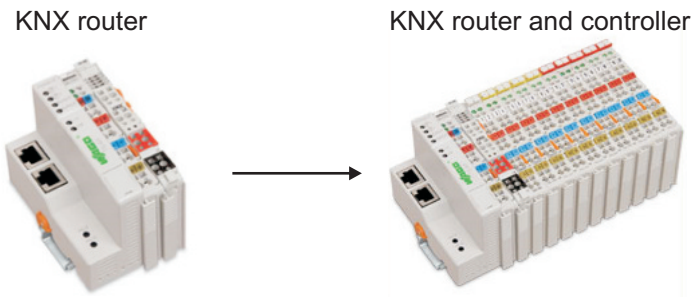
3.1 Použitý kontrolér

Vzhledem k integraci PLC se sběrnicí KNX/EIB bylo třeba zvolit kontrolér, který by poskytl jak rozhraní pro fyzické médium KNX.TP, tak i ethernetové rozhraní pro konfiguraci sítě KNX přes PC s prostředím ETS 3. Těmto požadavkům plně vyhovuje kontrolér s typovým označením 750-849 KNX IP. Skrze spojení s KNX a dalšími sběrnicemi jako DALI a EnOcean dává prostor širokému spektru zařízení různých parametrů a jejich vzájemné kooperaci. Jednodušší vazby a funkce jako např. ovládání svítidel, vytápění a žaluzií lze řešit na úrovni sběrnic, zatímco realizaci složitějších algoritmů jako simulace přítomnosti či centrální povely přebírá PLC.

V modelu je použita varianta **Controller and router**, to znamená kombinaci KNX kontroleru s modulem TP1 a dalších modulů viz. obr. 3.1

3.2 Vývojové prostředí CoDeSys

CoDeSys je vývojové prostředí pro programování aplikací kontrolérů, podléhající mezinárodní průmyslové normě IEC 61131-3. Výraz CoDeSys je zkratkou pro Controller Development System. Je vyvíjen německou firmou 3S-Smart Software solutions, na jejímž webu [9] je zdarma k dispozici ke stažení. Tento standard stanovuje jak programovací jazyky:



Obrázek 3.1: KNX IP kontrolér s TP1 modulem

- Ladder diagram (LD) : žebříčkový diagram
- Function block diagram (FBD) : diagram funkčních bloků
- Structured text (ST) : strukturovaný text, syntaxe podobná Pascalu
- Instruction list (IL) : strojový kód
- Sequential function chart (SFC) : sekvenční graf

Dále definuje datové typy jako BOOL, BYTE, WORD atd. Proměnné jsou globální, lokální, I/O mapovací a dočasné. Lze jim přiřadit atribut RETAIN pro uložení do flash paměti.

3.3 Rozšiřující moduly

Modularita WAGO PLC ho činí univerzálním nástrojem pro komunikaci s mnoha periferiemi a to nejen vstupně-výstupními. Následuje popis všech modulů o které byl PLC rozšířen včetně popisu jejich funkce. Katalogové listy a knihovny pro CoDeSys jsou přiloženy na CD či dostupné na [18].

rozhraní KNX TP1 (no. 753-646)

Tento modul slouží jako gateway do sběrnice KNX.TP (twisted pair). Pracuje v režimu router (viz. www.wago.com) a skrze něj jsou data z KNX/EIB dostupná i v kontroléru. Tento modul je pro správnou funkci ostatních modulů třeba zařadit jako první v pořadí.

Intruder Detection – 2DI (no. 750-424)

Speciální vstupní modul, jenž hlídá sepnutí bezpečnostního okruhu. V naší aplikaci je využit pro vyhodnocení signálu z PIR čidla.

8 DI (no. 750-450)

Standardní I/O modul s funkcí 8 digitálních vstupů. Jsou využity jako např. signály z tlačítkových spínačů či okenních kontaktů.

8DO High side (no. 750-580)

Standardní I/O modul s funkcí 8 digitálních výstupů. Logická jednička spíná potenciál 24V proti 0V. Je využitý pro ovládání cívek relé a indikaci topení. Jelikož proudová zatížitelnost jednotlivých výstupů je až 500 mA, jsou jím napájeny i topné odpory.

8DO Low side (no. 750-536)

Standardní I/O modul s funkcí 8 digitálních výstupů. Logická jednička spíná 0V potenciál proti 24V. Toho je využito pro ovládání kontrolních LED u ovladače čtyřtlačítka, protože jsou v zapojení se společnou anodou.

4AO (no. 750-559)

Modul s funkcí 4 analogových výstupů. Výstupy poskytují napětí v rozsahu 0-10V, což odpovídá řídicímu napětí stmívačů použitých LED svítidel.

4AI – Pt1000 (no. 750-460/003)

Tento modul se 4 analogovými vstupy je kalibrován pro teplotní sensor Pt1000, jenž je v aplikaci využit jako venkovní teploměr. Naměřená hodnota čidla je linearizována a převedena na stupně celsia a přímo dostupná v CoDeSysu s přesností 0.1 °C.

rozhraní DALI (no. 750-641)

Sběrnicové rozhraní pro DALI. Tento modul zároveň i sběrnici napájí, musí do něj být zavedeno referenční napětí pro DALI ze speciálního zdroje.

rozhraní EnOcean (no. 750-642)

Modul dvojnásobné šířky, opatřen příjmovou anténou. Zpracovává rádiové telegramy ze zařízení EnOcean a dále je poskytuje kontroléru.

měření spotřeby (no. 750-493/001)

Modul, který měří výkony v jedno až trojfázové napájecí soustavě. Činí tak počítáním okamžitého výkonu, z údajů o okamžité hodnotě napětí na jednotlivých fázích a proudů, procházejících měřícími transformátory. Použitý modul má max. přípustný měřící proud 5A, a protože naše aplikace tento limit nepřekročí, není nutný použít navíc ještě proudový transformátor. Díky způsobu měření lze spočíst činný výkon i u nesinusoidálního průběhu, dále zdánlivý i jalový výkon. Též je dostupný údaj o celkové spotřebě energie za určitý čas.

zdroj 12V (no. 750-623)

Napěťový DC-DC měnič, nastavitelný na výstupní rozsah 5-15V, pomocí DIP switche umístěného na těle modulu. Vstupní napětí 24V DC musí být přivedeno zvlášť. Je použit pro napájení PIR čidla a wi-fi AP umístěnému uvnitř modelu.

oddělovač napájecí sběrnice 24/230V (no. 750-612)

Tento modul slouží ke galvanickému oddělení napájecí sběrnice kontroléru. Moduly zapojené za ním jsou napájeny 230V.

4D0 230V (no. 753-540)

Modul se čtyřmi digitálními výstupy, které spínají síťové napětí. Pokud není třeba většího proudu než 0,5 A, je možno tímto modulem s výhodou nahradit klasický DO a relé. V našem modelu je takto spínán transformátor pro LED svítidlo. Celý modulární systém PLC musí být terminován koncovým modulem (no. 750-600).

Kapitola 4

Realizovaný model

4.1 Požadavky

Realizovaný model bude sloužit pro výuku studentů v předmětech zabývajících se sběrnicemi pro domovní automatizaci. Mimo to je také vystavovaným předmětem na veletrhu Ampér 2010. Z těchto faktů plynou následující požadavky:

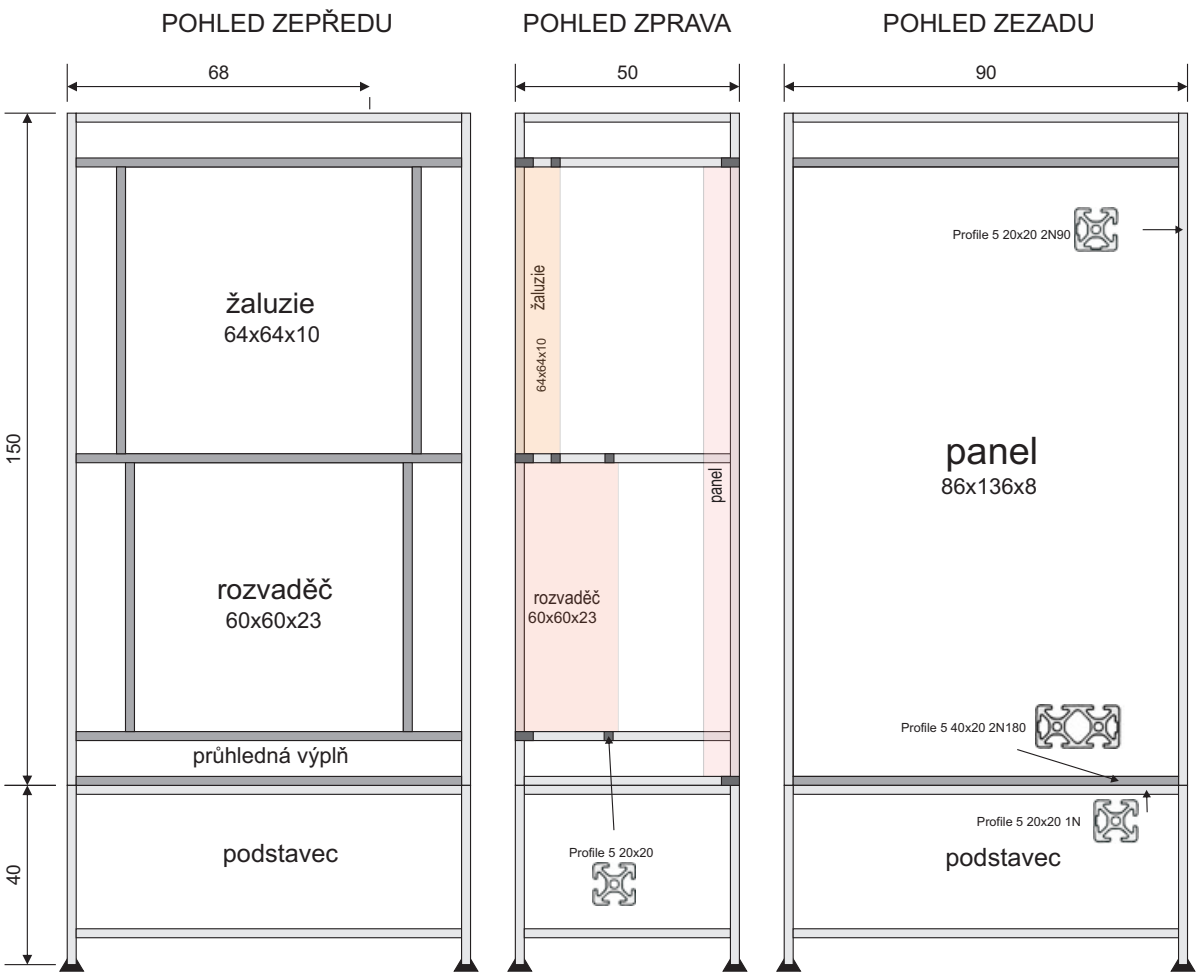
- Navrhnout rozložení místností v domě, tak aby jejich zobrazení bylo rovinné. Dům bude reprezentován panelem potištěným grafikou.
- Všechny použitá zařízení jsou nástěnné a připevnitelné k panelu (do montážních krabic, otvorů atd.)
- Architektura je postavena tak, že všechny sběrnice a jejich účastníci spolu mohou komunikovat.
- Navrhnout rozvaděč, včetně zapojení všech prvků. Rozvaděč musí být odpojitelný od zbytku modelu – použití konektorů. Rozvaděč by měl být standardní s průhlednými dvěřmi.
- Mobilita a kompaktnost. Konstrukce dvojdílná, možnost transportu osobním autem.
- Navrhnout logické funkční vazby zařízení v jednotlivých místnostech.

4.2 Konstrukce

Návrh konstrukce byl postaven na základě tří částí, umístěných na pohledové části modelu:

- panel s grafikou domu
- rozvaděč
- elektricky poháněná venkovní žaluzie

Vzhledem k tomuto uspořádání se nejprve uvažovalo o tvaru trojbokého hranolu. Ten se však ukázal jako nepraktický. Lépe bylo zvolit variantu čtyřbokého kvádru, z důvodů snazší konstrukce a lépe využitého prostoru. Rozměry konstrukce činí $90 \times 190 \times 50$ cm. Protože přílišná výška by byla překážkou při převozu, je konstrukce dále rozdělena na dvě



Obrázek 4.1: Schéma konstrukce

snadno spojitelné části a to model a podstavec. Výška hlavní části (modelu) je 150 cm a výška podstavce 40 cm. Schéma konstrukce včetně rozměrů všech částí je na obr. 4.1.

4.2.1 Stavební materiál

Vzhledem k tomu, že předchozí podobné modely postavené na naší katedře byly zhotoveny pomocí systému hliníkových profilů Item od firmy Haberkorn-Ulmer [15], přikročil jsem také k tomuto řešení. Konstrukce je designově čistá, přesná a má dostačující pevnost i pružnost. Hliníkové profily a montážní prvky jsou velmi variabilní a je jich celá řada. Jejich možnosti jsou detailněji dokumentovány v DP p. Vozára [20], takže zde uvedu jen stručně několik poznatků.

Zvolil jsem profily velikosti 5, což je verze s nejmenší tloušťkou profilu. Protože mi šlo o pokud možno profesionální vzhled, volil jsem profily tak, aby na pohledových stranách profilu nebyla montážní drážka. K tomuto způsobu montáže je třeba volit utahovací prvek s názvem Universal fastener. Jeho část je zapuštěna do otvoru v profilu, který je potřeba dílensky vyfrézovat, což činí práci poněkud složitější. Výsledkem však je, že spoj není

vrtán skrz pohledovou část profilu.

Konstrukce je samonosná a všechny příčné profily jsou výše popsaným způsobem uchyceny na nosných rohových profilech.

4.2.2 Umístění hlavních částí modelu

Celá přední strana je rezervovaná pro panel s místnostmi a zařízeními a rozměry tohoto panelu činí 86 × 136 cm. Na zadní část modelu je vespod umístěn rozvaděč a nad ním žaluzie. Poloha rozvaděče byla zvolená s ohledem na zvýšenou stabilitu celé konstrukce, protože je výrazně těžší (cca 20 kg) než žaluzie (cca 8 kg). Zároveň je žaluzie i rozvaděč podepřen druhotnými příčkami procházejí tělem konstrukce. Jedna příčka též prochází středem panelu, kde brání nechtěným prohybům panelu při interakci se zařízeními jako jsou tlačítka. Boční stěny jsou vyhrazené pro poster s informacemi o modelu a pro loga sponzorů.

Zbylé volné otvory v konstrukci jsou opatřeny bílými výplněmi z tvrzeného PVC včetně stropní části. Úzký otvor pod rozvaděčem je opatřen průhledným plexisklem, aby bylo možno prohlédnout si konektory připojující rozvaděč.

4.3 Návrh modelu domu

Model domu byl navržen tak, aby se nelišil příliš od skutečnosti. Bylo nutné však brát odhled na zařízení, které jsou k dispozici a jejich funkční včlenění do jednotlivých místností. Jednotlivá zařízení domu byla věnována různými firmami, případně koupena ze zdrojů školy. Například všechny prvky pro sběrnici KNX/EIB dodala firma Gira a většinu svítidel a jejich předřadníků věnovala firma Aprolux. Dotykový panel, PLC a elektroinstalační svorky dodala firma Wago. Žaluzii s motorem věnovala firma Alnic. Po analýze dostupných zařízení byly navrženy tyto místnosti:

- místnost pro umístění LCD panelu
- dětský pokoj
- koupelna
- ložnice
- chodba
- obývací pokoj
- technická místnost
- garáž

4.3.1 Seznam zařízení

Jakým způsobem jsou jednotlivé prvky přiřazeny do místností ukazuje tab. 4.1

Na základě požadavků na počet místností a umístění daných zařízení byl vypracován profesionální grafický návrh (4.2). Návrh byl použit k výrobě panelu z tvrzeného PVC o tloušťce 8 mm.

pokoj	#	prvek	výrobce (typ)	rozhraní
LCD	1	display	Wago	ethernet
dětský pokoj	2	LED BIG dimmable	350mA	DO
	3	vypínač 2-pol	Gira – 88116	KNX
	4	čidlo pt1000	katedra	AI
	5	kontrolka dekor.	8mm red LED	DO
koupelna	6	LED bodovka	350mA	DO
	7	vypínač 1-pol	Gira	KNX
ložnice	8	RGB spotlight	Tridonic	DALI
	9	LED dimmable	350mA	DO230V
	10	vypínač 4-pol	Gira - 882xx	KNX
	11	termostat 2	Gira	KNX
	12	topení+resistor	smd led, 200R	DO
	13	žaluzie	Gira - 61000	KNX
	14	okenní kontakt	spínač	DI
chodba	15	centrální vypínač	katedra	4DI, 3DO
	16	schodišťové světlo		DO230V
obývák	17	RGB LED strip	Tridonic	DALI
	18	LED dimmable	350mA	AO, DO
	19	vypínač 4-pol		enOcean
	20	kontrolka	8mm red LED	DO
	21	termostat 1	Gira - 57616	KNX
	22	topení+resistor	smd led, 200R	DO
	23	okenní kontakt	spínač	DI
	24	ventil	Gira - 56900	KNX
technická místnost	25	kontrolka boiler	8mm red LED	DO
garáž	26	PIR čidlo	Honeywell	DI
	27	světlo 24V AC		DO 230V

Tabulka 4.1: Seznam zařízení

4.4 Elektroinstalace

Elektroinstalace modelu se, podobně jako ve skutečném domě, dělí do dvou částí. Jednak je to rozvaděč, kam je přiveden přívod napájení pro celý dům. Nechybí tu jističe, proudový chránič, rozdělení do napájecích okruhů. Inteligentní elektroinstalace se neobejde bez PLC umístěným v rozvaděči, sběrnicová rozhraní, napájecí moduly, relé spínaná řídicím programem. Druhou částí je elektroinstalace samotného domu. Tedy kabeláž a všechna připojená elektrická zařízení v domě.

Vzhledem k malé energetické náročnosti modelu je celý rozvaděč připojený jednofázově. Též nejsou třeba výkonové stykače, třebaže je v modelu spínán boiler či zásuvka. Tím se model liší od skutečného domu.

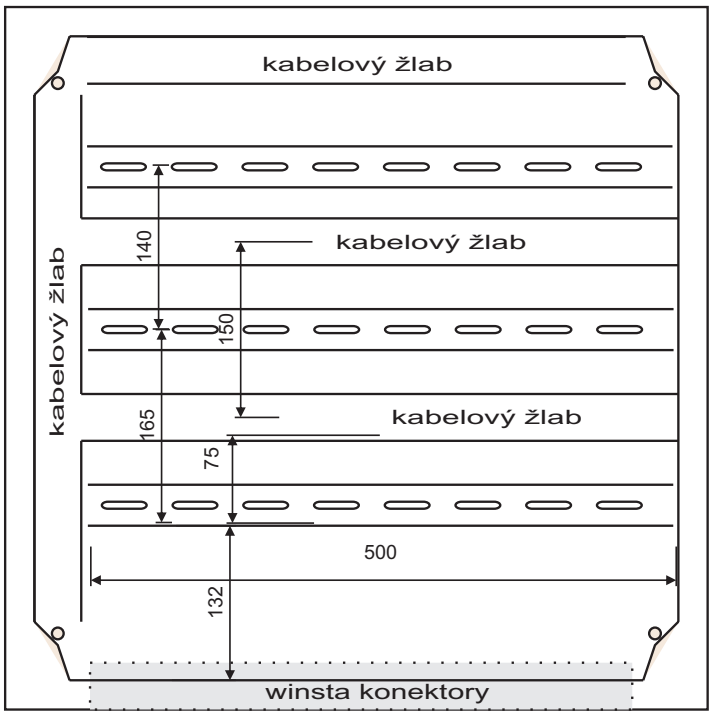
Obrázek 4.2: Grafický návrh panelu

4.4.1 Rozvaděč

Při návrhu rozvaděče je třeba začít s vhodnou volbou rozváděčové skříně. Je proto důležité vědět kolik přístrojových modulů, kolik jističů a svorek bude celkově potřeba. Při předchozí analýze jsem dospěl k počtu cca 70 modulů (modul odpovídá místu 12 cm na DIN liště). Standardní rozvaděč s předem připravenými lištami s roztečí 150 mm a zakrývacími plasty nebyl vhodným řešením, vzhledem k přítomnosti PLC a jiných rozměrově nestandardních modulů a svorek. Byla tedy zakoupena rozváděčová skříň od firmy Schneider Electric s montážním plechem, která umožňuje libovolné umístění kabelových žlabů a DIN lišt. Rozměry skříně jsou $60 \times 60 \times 23$ cm, což umožňuje osazení třech řad DIN lišt a třech kabelových žlabů nad nimi spolu s jedním svislým žlabem na levé straně viz. obr 4.3. V tomto uspořádání je ve skříni prostor pro max. počet až 3x40 modulů. To poskytuje dostatečnou rezervu a variabilitu a umožňuje lépe funkčně sdružit příslušné moduly.

Elektroinstalační prvky

Nyní, když máme rozváděčovou skříň osazenou lištami a žlaby, je třeba vhodně rozmístit jednotlivé moduly. Jak je ukázáno na schématu obr. 4.3, konektory (WINSTA) pro připojení kabelů jsou umístěny ve spodní části skříně. Nad nimi musí být určitý prostor pro vodiče a tyto vodiče jsou připojeny ve svorkách (TOPJOBS) v první montážní DIN liště. První lišta je tedy vyhrazená svorkám a do její pravé části umístíme hlavní jistič a proudový chránič. Druhá lišta je oddělena kabelový žlabem a je ve standardní vzdálenosti



Obrázek 4.3: Rozvaděčová skříň

150 mm. Na této prostřední liště jsou umístěny zleva patice s relé, stykač, zásuvka, pak řada šesti jističů a dále pak napájecí moduly pro DALI a KNX. Třetí DIN lišta je v o něco menší vzdálenosti od druhé (140 mm) opět s kabelovým žlabem mezi nimi. Je to proto, že sem je umístěn PLC kontrolér s moduly jenž má nesymetrické uchycení na lištu. PLC je umístěn doprostřed, vlevo od něj je napěťový transformátor 230/24/12V a vpravo svorky s 24V DC, N a PE uzly. Na pravém okraji je místo pro ethernetový switch a napájecí 2A 24V DC zdroj pro PLC.

V celém rozvaděči jsou pouze měkké vodiče odlišené barvami podle typu signálu. Pro silové vedení je použito vodičů o průřezu 1.5mm^2 standardního barevného značení. Fáze hnědou, pracovní vodič světle modrou a PE vodič zelenožlutou. Pro signálové vodiče jsou vyhrazeny vodiče o průřezu 1mm^2 černé barvy. Pro napájení +24V je barva červená a 0V je tmavě modrá. Vzhledem k měkkosti vodičů jsou všechny opatřeny lisovacími koncovkami. Všechna zařízení Wago se připojují bezšroubově, svorkovnice TOPJOBS disponují technologií CAGE CLAMPS a pomocí speciálního šroubováku se vodič připojí zasunutím do otvoru. Výhodou PEN TOPJOBS je i to, že jsou svým uchycením k DIN liště již uzemněny a zapojením do bloku se společným N-vodičem je snadno vytvořen i uzel pro pracovní nulu.

Rozvaděč je spojen s modelem skrze konektory WAGO WINSTA. Též se jedná o bezšroubovou technologii. Konektory jsou přítomny ve čtyřech provedeních. Jedná se o černé 3-vodičové sloužící pro připojení silových okruhů, dále bílé 2-vodičové pro signálové okruhy, modré 2-vodičové pro sběrnici DALI a zelené se speciálním průřezem pro tenké pevné dráty sběrnice KNX. Zásuvky RJ-45 jsou též samořezné, s montáží bez krimpovacích kleští. Pro přehlednost všechny prvky připojené v rozvaděči jsou v tabulce č. 4.2.

název	výrobce	typ	ks	funkce
PLC	Wago	750-649	1	řídicí kontrolér
napájecí zdroj 24V DC	Wago	787-912	1	napájení PLC a Touchpanelu
zdroj pro KNX	Gira	640mA	1	napájení sběrnice KNX
zdroj pro DALI	Wago		1	napájení sběrnice DALI
ethernetový switch	Wago		1	5-portový
napěťový transformátor		230/24/12V	1	napájení světla 12V AC
3-pólový jistič	OEZ	3xB10A	1	hlavní jistič
2-pólový proudový chránič	OEZ		1	hlavní chránič
1-pólový jistič	OEZ	B10A	3	jistič
1-pólový jistič	OEZ	B6A	2	jistič
1-pólový jistič	OEZ	B1A	1	jistič zásuvky
zásuvka	OEZ	ZSE	1	zásuvka
relé	Schrack	24V DC	4	patice Wago se signálkou
2-pólový stykač	OEZ	20A	1	nezapojen
Topjob svorky - dvojlinky	Wago		20	připojení signálových dvojlinek
Topjob svorky - PEN	Wago		10	připojení silových okruhů
Topjob svorky - 6-uzel	Wago		8	uzly pro 24V DC napětí
Topjob svorky - PEN	Wago		3	uzel pro PE a N vodiče
Winsta konektory 2-p	Wago		22	připojení signálových dvojlinek
Winsta konektory KNX	Wago		2	připojení KNX
ethernetové konektory	8-8S	samořezné	4	připojení ethernetu
Winsta konektory 3-p	Wago		9	přípojení silových okruhů

Tabulka 4.2: Obsah rozvaděče

Schéma zapojení rozvaděče

Kompletní elektroinstalační schéma viz. obr. 4.4 ukazuje zapojení všech signálových vodičů z příslušných svorek na PLC a jejich vyvedení na konektory či na relé. V rozvaděči jsou všechny signálové vodiče a vodiče silových okruhů opatřeny popiskem, tak aby bylo možno jednoznačně určit kde byl zapojen a kam vede jeho druhý konec. Tyto popisky se shodují s popisy signálů ve schématu. Popisy vodičů jsou provedeny v modré barvě. Červeně jsou pak popsány čísla svorek a jim přináležejících konektorů.

4.4.2 Panel

Druhá část elektroinstalace se zabývá vším ostatním co je umístěno vně rozvaděče. Tedy kabeláže k elektrickým spotřebičům a spotřebiči samotnými. Všechna zařízení jsou umístěna na panelu s modelem domu. S tím ovšem, že pomocná zařízení jako LED drivery, žaluziový aktor, resistory atd. nejsou přiznána a jsou umístěny na opačné straně panelu. Vodiče i přístroje na této straně jsou buď přišroubovány vruty, anebo uchyceny montážní lepicí svorkou. Uzly pro vodiče jsou realizovány Wago svorkami. Kabeláž je vedena silovými kabely CYSY 3×1.5 a signálovými kabely CYLY 2×1.

Schéma zapojení panelu

Kompletní elektrické zapojení panelu viz. obr. 4.5 ukazuje umístění prvků v domě, jejich propojení na očíslovaný konektor v rozvaděči.

4.5 Místnosti a logické vazby mezi zařízeními

Inteligentní elektroinstalace umožňuje, díky své propojené architektuře, softwarovou realizaci všech vazeb jednotlivých zařízení. Kromě toho, že takové vazby jsou flexibilní a jednoduše je lze měnit bez zásahů do elektroinstalace, přináší to i další výhody jako možnost sdružovat více zařízení pod jedno ovládací místo. Příkladem může být centrální ovladač. Způsob jakým jsou jednotlivá zařízení funkčně propojeny v rámci jednotlivých místností je následující:

4.5.1 Místnost s LCD panelem

Dotykový LCD panel Wago o úhlopříčce 12 palců a rozměrech rámu 28×20 cm svoji velikostí zcela vyplňuje místnost vlevo nahoře. Slouží pro visualizaci domu a zobrazuje stav jednotlivých svítidel, topení, kontrolek a dodatečných informací. Zároveň je možno z něho zadávat řídicí povely a funguje tedy jako HMI zařízení (Human-Machine Interface). Více o visualizaci v kapitole 5.7.

4.5.2 Dětský pokoj

V dětském pokoji, lokalizovaném v pravém horním rohu, je umístěno dvojpólové tlačítko na sběrnici KNX, dále stmívatelné rozptýlené LED světlo a do dekorační květiny nad postýlkou je integrována červená LED. Levá část ovladače slouží k ovládání světla. Krátký stisk funguje jako bistabilní spínač on/off a dlouhým stiskem se mění intenzita osvětlení. Světelný předřadník je ovládán bezpotenciálových kontaktem, s tím že řídicí algoritmus spínání a stmívání je implementován uvnitř předřadníku a nelze ho měnit. Ovládací kontakt je řízen pomocí relé přes PLC. Konstrukce předřadníku neumožňuje získat informaci o aktuálním stavu svítidla a není tedy vyobrazen ve visualizaci. Taktéž funkce centrálního vypnutí není realizovatelná přímočaře, ale lze jí docílit naprogramováním určité řídicí sekvence z PLC.

Dekorační květina je ovládaná pravou polovinou ovladače KNX a to způsobem on/off. V dětském pokoji je navíc umístěno teplotní čidlo Pt 1000, jež plní funkci referenční okolní teploty.

4.5.3 Koupelna

V koupelně je pouze jeden ovladač na sběrnici KNX s integrovanou kontrolkou a bodové bílé LED světlo. Světlo není stmívané a je ovládáno vypínačem v režimu on/off.

4.5.4 Ložnice

Ložnice je vybavena dvěma svítidly; RGB LED bodovkou napojenou na sběrnici DALI a bílou stmívatelnou LED bodovkou. Dále je tu termostat s displayem a čtyřmi integrovanými tlačítky a nad ním čtyřpólové tlačítko. Obě zařízení jsou na sběrnici KNX. Nechybí tu okenní kontakt, indikace topení a topný odpor.

Horní část čtyřpólového tlačítka je využita pro ovládání RGB bodovky. Levým tlačítkem je spínán a stmíván vybraný barevný kanál a pravým tlačítkem uživatel vybere následující barevný kanál. Pořadí cyklování barev je červená>zelená>modrá>červená. Spodní část čtyřtlačítka je určena pro ovládání žaluzie. Levým tlačítkem volí směr nahoru, pravým dolů. Žaluziový předřadník náleží také sběrnici KNX a vazba s ovladačem je integrovaná v přímo v přístrojích a jejich funkce je nezávislá na stavu řídicího PLC. Krátkým stiskem žaluziového ovladače se provede krokování – vhodné např. při naklápění lamel. Dlouhý stisk žaluzii pošle do koncových poloh.

Ložnicový termostat má integrovaný display na němž se zobrazí dvě teploty a aktuální čas. Standardně ukazuje teplotu v místnosti, teplotu venku (tam je přivedena teplota z čidla Pt1000) a hodnota času je posílána v minutových intervalech z PLC. Pod displayem jsou tlačítka na volbu režimu termostatu. Dostupné jsou čtyři režimy podle přítomnosti člověka v místnosti, času, či stavu čidel: comfort, standby, night, frost protection. V termostatu je nahrána aplikace pro spojitý PI regulátor a jeho výstupem je hodnota 0-100. Přímo na termostatu jsou také dvě tlačítka, kterými lze upravit požadovanou teplotu v místnosti. Zbylá dvě tlačítka na termostatu jsou využita pro ovládání stmívaného LED bodového světla.

Výstup regulátoru je zpracován v PLC a následně indikován rozsvícením topné spirály tvořené smd LED diodami. Pod termostatem je umístěn topný odpor o hodnotě 200 Ohm, který svým ohřevem zahřívá i teplotní čidlo v termostatu a tím zajišťuje zpětnou vazbu pro vytápění. Maximální výkon topného odporu je $P = U^2/R, P = 242/200 = 2,88W$, což generuje dostatečnou energii k ohřátí místnosti na 29 °C.

Okenní kontakt je reprezentován spínačem, který pokud je v horní poloze, pošle tuto informaci termostatu a ten se přepne do režimu frost protection, přičemž udržuje nastavenou teplotu na 7 °C .

4.5.5 Chodba

V chodbě je přítomen centrální ovladač a schodišťové světlo. Centrální ovladač je vybaven čtyřmi tlačítky a třemi modrými LED kontrolkami. Jedná se o dílensky upravený design ABB Time s PCB deskou pod klapkami. Byl vyroben na Katedře řídicí techniky v rámci jiného projektu. Narozdíl od předešlých ovladačů je tento zapojen přímo na digitální I/O v PLC. Levé horní a dolní tlačítko je využito jako centrální ovládání žaluzií, přestože v našem modelu je žaluzie jen jedna, je centrální žaluziový ovladač standardní součást domu. Pravé horní a dolní tlačítko slouží k ovládání schodišťového světla, přičemž světlo se vypíná také automaticky po uplynutí stanovené lhůty.

Dlouhý stisk pravého horního tlačítka uvede celý dům do tzv. režimu démona, což je signalizováno pomalým blikání horní kontrolky na ovladači. Opětovným dlouhým stiskem

je režim démona zastaven. Dlouhý stisk pravého spodního tlačítka poskytuje tzv. funkci central off, tzn. vypne všechna světla v domě. michal

4.5.6 Obývací pokoj

V obývacím pokoji jsou instalována dvě svítidla. Jednak je to sběrnicí DALI řízený RGB LED pás s krycím plexi mléčné barvy a jednak stmívatelná bílá LED bodovka. Dále je tu pokojový termostat, hlavice s ventilem (obě zařízení jsou KNX), topný odpor, indikace topení, kontrolka varné konvice, okenní kontakt a čtyřkanálový bezdrátový nástěnný vysílač EnOcean.

Levým horním tlačítkem se zapíná barevné světlo a jeho opětovným stiskem mění přednastavená barevná scéna. Levým spodním tlačítka se pak scéna vypíná. Pravým horním tlačítkem se ovládá stmívané bílé světlo a pravým spodním tlačítkem se aktivuje varná konvice a zůstává sepnutá po definovaný časový interval.

Termostat je bez displaye, je možno pouze volit režimy, ty jsou stejné jako u ložnicového termostatu a dále otočným potenciometrem je možno upravit nastavenou teplotu v rozsahu –3 až +3 °C . Též je svázán s pozicí okenního kontaktu, v případě, že je okno otevřeno, výstup termostatu je roven nule. Aplikací termostatu je PI kontrolér a jeho výstup je přes skupinovou adresu svázán s řídicím vstupem topné hlavice KNX. Topná hlavice žádný vodní okruh nespíná, pouze je nasazena na kus s ventilem, který klade přístroji mechanický odpor. Podobně jako vytápění v ložnici, i zde je výstup indikován topnou spirálou a topný odpor je ve vazbě s čidlem termostatu.

4.5.7 Technická místnost

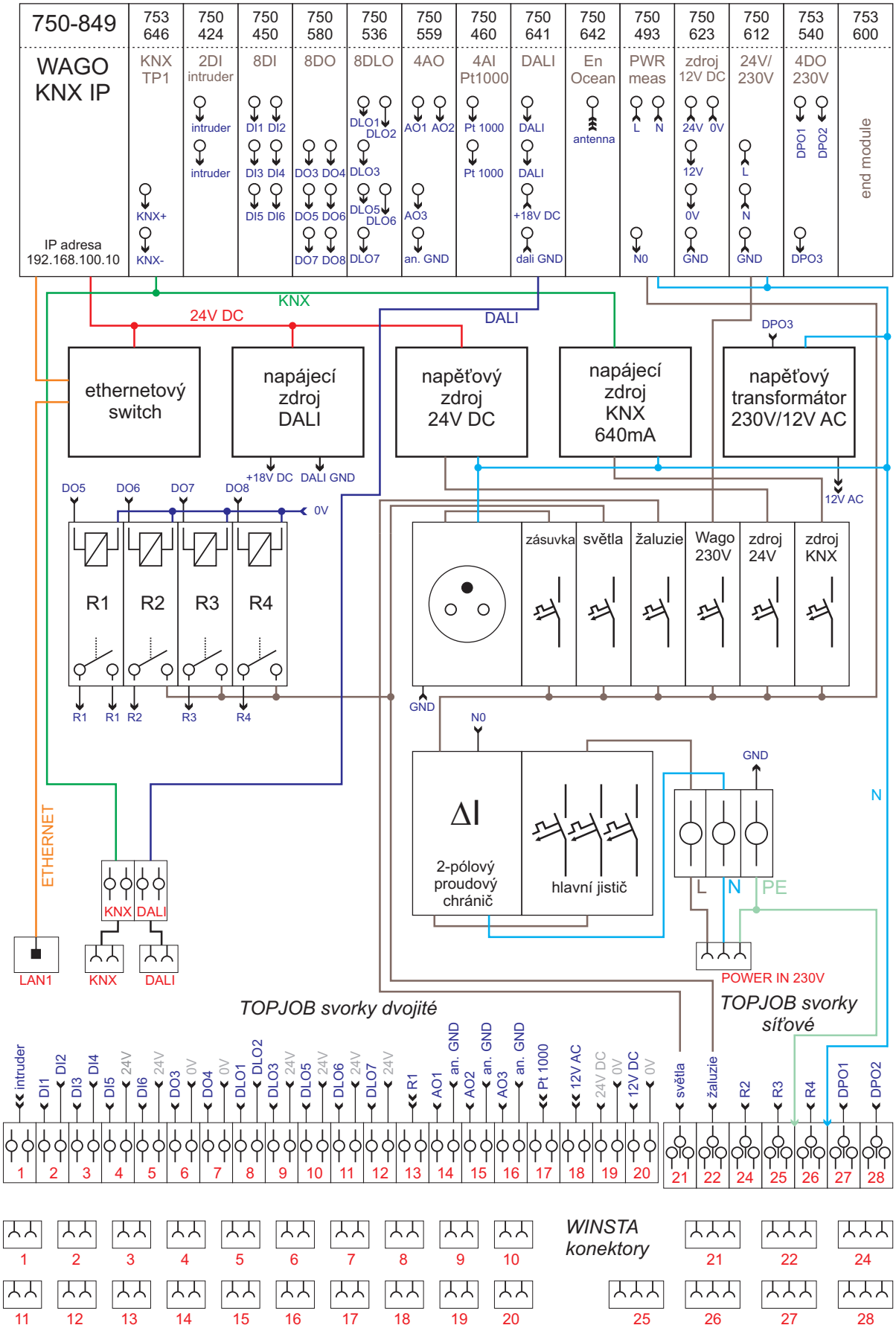
V této suterénní místnosti je umístěna kontrolka boileru. Indikuje aktivní výstup alespoň jednoho z termostatů.

4.5.8 Garáž

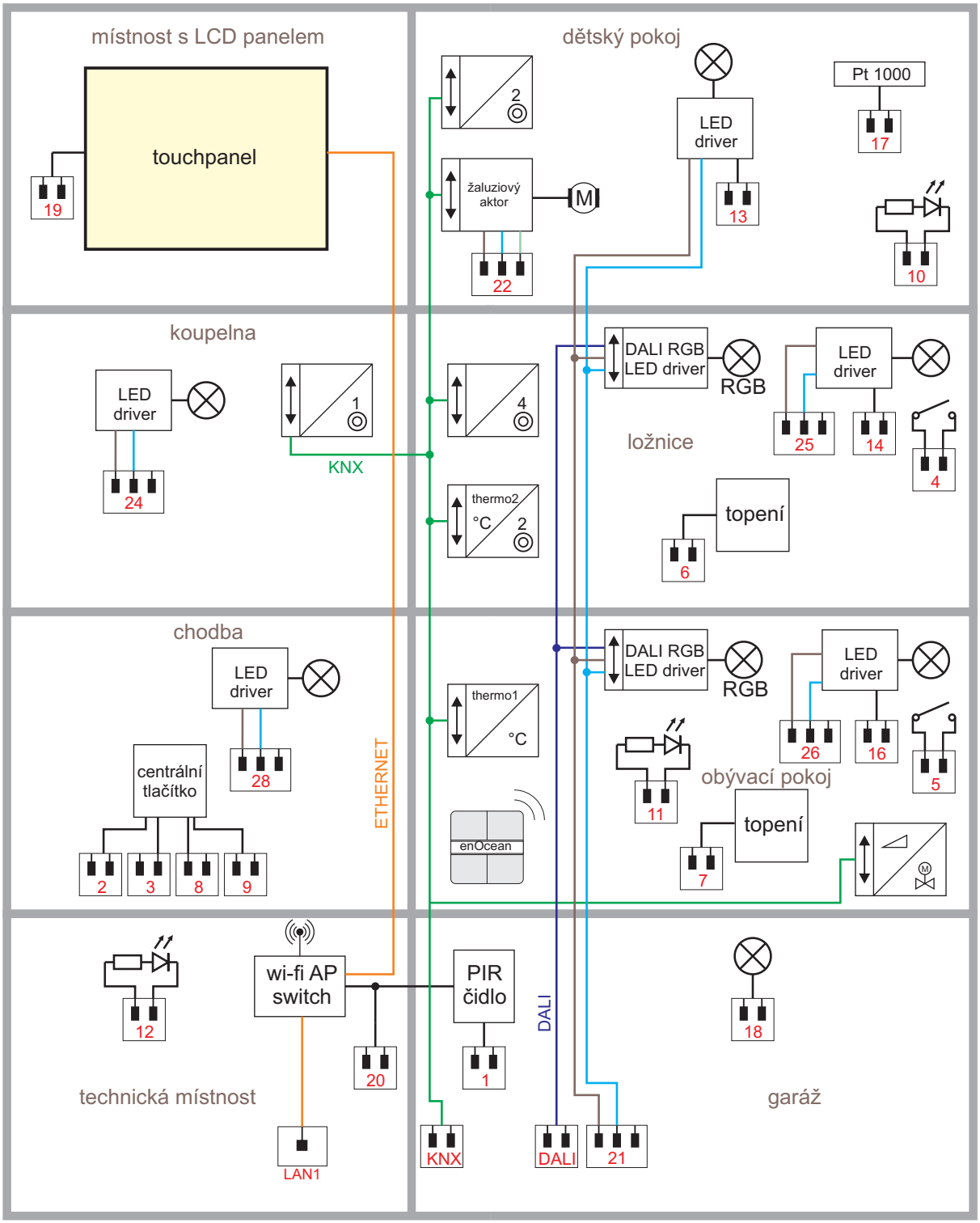
Veprostřed místnosti se nachází LED světlo v barevném provedení teplá bílá. Je napájeno napětím 12V AC. V levém horním rohu je umístěno PIR (Passive Infra Red) čidlo, které detekuje pohyb v místnosti. Svým umístěním vespod modelu detekuje veškerý pohyb ve vzdálenosti cca 3m. Vazba PIR čidla na garážové světlo je jednoduchá. Světlo svítí dokud je poplašný okruh PIR čidla rozpojen.

4.6 Konečná podoba modelu

Na fotografiích 4.6 a 4.7je vyobrazen hotový model, tak jak byl prezentován na veletrhu Ampér 2010.



Obrázek 4.4: Elektrické schéma zapojení rozvaděče



Obrázek 4.5: Elektrické schéma zapojení panelu

Obrázek 4.6: Hotový model - pohled zepředu

Obrázek 4.7: Hotový model - pohled zezadu

Kapitola 5

Řídicí program

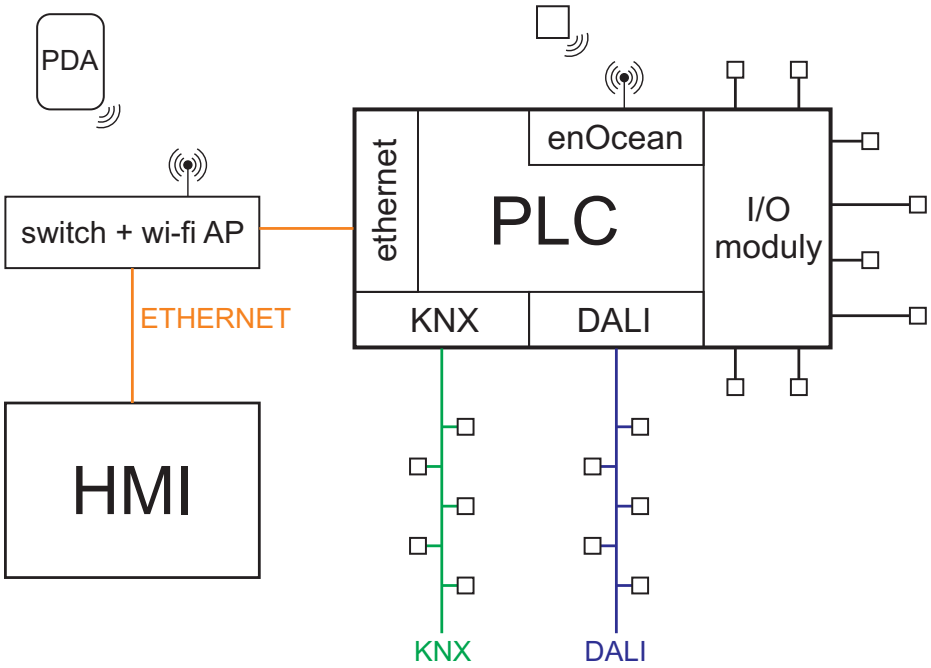
V této kapitole je popsána softwarová část tohoto demonstrátoru domovní automatizace. Software tvoří "inteligenci" budovy. Je neoddělitelnou součástí každé inteligentní elektroinstalace. Jestliže na jednu stranu má inteligentní elektroinstalace narozdíl od té konvenční výhodu ve flexibilitě a jednodušší kabeláže, pak z jistého pohledu nevýhodou je nutnost navrhnout pro celý systém komplexní algoritmus. Jak je patrné z obrázku topologie realizovaného modelu (obr. 5.1), lze problém řízení rozdělit na dílčí řešení. Je třeba řešit algoritmy pro tyto subsystémy:

1. Vytvoření proměnných v PLC z příslušných I/O modulů,
2. oživení a konfigurace sběrnice KNX/EIB,
3. adresování svítidel na sběrnici DALI,
4. iniciace vysílače enOcean,
5. tvorba vizualizace a synchronizace proměnných pro HMI (Human Machine Interface),
6. a na závěr propojit všechny subsystémy v jeden funkční celek.

5.1 Vývojové prostředí ETS 3

Jak již bylo řečeno v kapitole 2, systémový integrátor má pro kompletní správu a konfiguraci sběrnice KNX/EIB, v rukách nástroj ETS 3 (Engineering Tool Software, version 3). Jedná se o vývojové prostředí distribuované společností Konnex Association. Je de facto součástí KNX standardu a je na trhu od roku 1993. Všichni výrobci zařízení licencovaných pro KNX jsou povinni vydat i příslušný software – databázi, kterou je možno do ETS 3 importovat. Tím je dosaženo kompatibility zařízení KNX od různých výrobců. Ke dni 1. 5. 2010 jsou k dispozici licence ve třech verzích a to:

- ETS3 Professional (900 €) : plná verze



Obrázek 5.1: Blokové schéma zapojení PLC a sběrnic

- ETS3 Supplementary (50 €) : doplňková licence k plné verzi
- ETS3 Trainee (100 €) : verze pro výuku, omezení 1 projekt, nelze exportovat

Pro potřeby katedry byla zakoupena jedna licence verze ETS3 Trainee. V případě požadavku na budoucí výuku KNX je možno zakoupit balík tzv. Educational licence, který obsahuje jednu plnou profesionální verzi ETS3 a deset licencí verze Trainee. ETS3 zná čtyři způsoby využití, tvoří je návrh systému, oživení sběrnice, projektová dokumentace a diagnostika sítě.

5.1.1 Oživení – Comissioning

Návod na oživení sběrnice KNX konfigurované přes procesorový modul WAGO KNX IP je detailně popsán v souboru [21]

`KNX_StarterKit_navod_pro_oziveni.pdf`

Uvedu zde pouze základní postup a přidám postřehy, které nejsou explicitně v návodu uvedeny a mohou ušetřit čas při oživování. Po založení nového projektu v ETS 3 je nutné importovat databázové soubory a plug-iny jednotlivých zařízení. Tyto soubory mají příponu .vd? a jsou zpravidla ke stažení na stránkách výrobce [14]. Pozor, je třeba importovat vd soubor i pro napájecí zdroj, ten obdrží automaticky adresu 1.1.- . Všechny vd soubory (viz. tabulka 5.1) včetně katalogových listů použitých zařízení jsou uloženy na přiloženém CD.

výrobce	typ	název	vd soubor
Gira	57000	Bus coupler	05709190.vd1
Gira	559xx	Thermostat+4pushbuttons	1ets3_flaechenschalter_1v00ag.zip
Gira	61000	shutter actuator	06109190.vd1
Gira	56900	Heating valve	05699190.vd1
Gira	57616	Continuos regulator	05769190.vd1
Gira	88116	pushsensor 1fold	08819290 push button 1-gang.vd1
Gira	882xx	pushsensor 2fold	08829290 push button 2-gang.vd1
Gira	18100	pushsensor 1 single	01819190.vd1
Gira		Power source 640 mA	
Wago	753-646	IP-router	IP-Router.vd4
Wago	750-849	IP-controller	IP-Controller.vd4

Tabulka 5.1: VD soubory

V ETS 3 je PLC procesorový modul (750-849) pojmenován jako IP controller a musí být umístěn na hlavní linii 1.0.X jež je označena jako médium IP. Modul KNX TP1 (753-646) slouží jako router pro jednu linii na sběrnici KNX na médiu TP. Adresa routeru je 1.1.0. Obě zařízení je třeba přidat do okna topologie.

Důležitá pro komunikaci ETS 3 s PLC je ethernetová konfigurace. Nejprve je třeba správně přidělit IP adresu pro PC a PLC (viz. tabulka 5.2). Konfigurace rozhraní se provede nástrojem ETS Connection Manager, kde se vybírá síťový adaptér PC. Poté se konfiguruje IP-router skrz nastavení parametrů. Stačí do něj opsat MAC adresu PLC – ta je na štítku zboku přístroje, a provést Scan IP aby proběhla autodetekce IP nastavení. V tomto momentě můžeme nahrát fyzickou (individuální) adresu včetně aplikace do přístroje. To se provede výběrem Download… a buď je možno vybrat jen programování adresy anebo společně s aplikací. ETS 3 poté vyzve ke zmáčknutí programovací tlačítka (PRG RT) a pokud je komunikace v pořádku, adresa i aplikace je zapsána do IP routeru.

název stanice	IP adresa
PLC WAGO KNX IP	192.168.100.10
PLC WAGO BACnet	192.168.100.20
RD ETS 3	192.168.100.11
RD Desigo	192.168.101.11
LCD panel WAGO	192.168.100.12
Siemens PXM20	192.168.101.21
Siemens PXC22	192.168.101.22

Tabulka 5.2: IP adresy všech připojených stanic

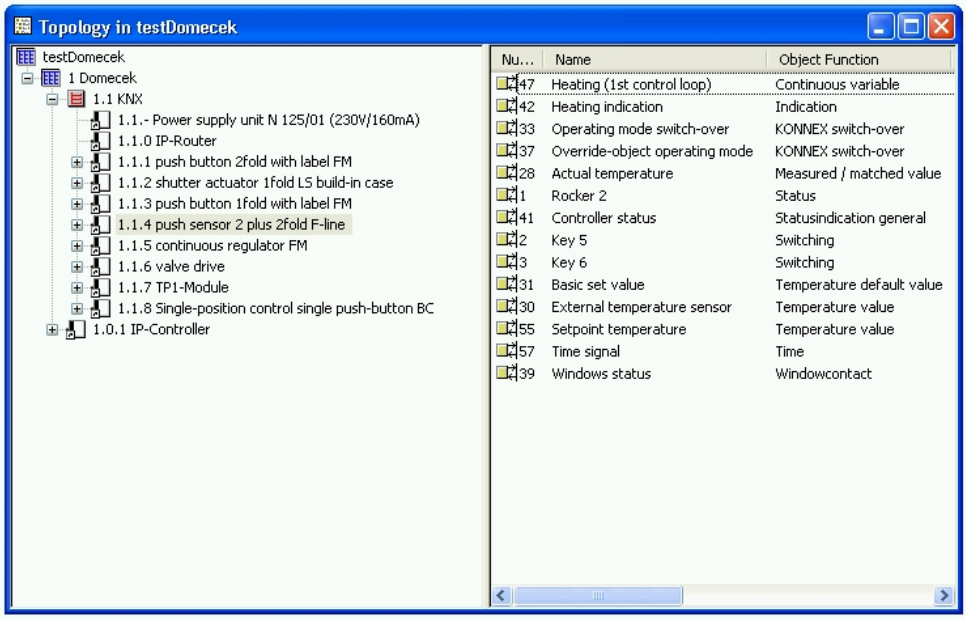
Řešené problémy při oživování

Mohou nastat různé problémy, např. kolize adresy interface ETS 3 a routeru. Potom je třeba ověřit, že tomu tak je a ručně přestavit adresu interface na např. 15.15.255. Pokud

nelze navázat spojení se sběrnicí (tlačítkem Connect), je dobré restartovat aplikaci ETS 3 případně provést reset PLC.

5.1.2 Topologie

Po úspěšném zahájení komunikace mezi ETS 3 a PLC je třeba sestavit topologickou strukturu celé KNX sítě. Vzhledem k malému počtu zařízení postačí, když všichni účastníci budou připojeny na stejnou linii. V tomto případě to musí být linie obsahující IP-router, tzn. linie 1.1. Přidávání zařízení do linie se provede příkazem *add device* kde mu návrhář přidělí fyzickou adresu a vybere z databáze příslušné zařízení a jeho aplikaci. Aplikací pro stejné zařízení může být víc, např. pro termostat jsou k dispozici dvě: Spojitý regulátor a Spínaný regulátor. Přehled všech zařízení je na obr. 5.2 .



Obrázek 5.2: Topologie modelu v ETS 3

Pozor, přiřazením zařízení a jeho aplikace v okně Topology v ETS 3 ještě neproběhne komunikace se skutečným zařízením. Zapsání adres do EEPROM paměti fyzických zařízení musí proběhnout postupně. Každé zařízení má definovaný způsob jak ho uvést do programovacího režimu. Tento režim je signalizován obvykle červenou LED. Ve většině případů je na těle přístroje zabudováno programovací tlačítko. V případě KNX TP1 modulu se režim spustí klemou mezi dvěma svorkami. Topná hlavice má mechanismus spouštění programovacího režimu přiblížením magnetu k určité části přístroje. U modulárních přístrojů, které jsou ke sběrnici připojeny sběrnicovou spojkou (bus coupler) je třeba nahrát fyzickou adresu přímo do bus coupleru. Celý proces iniciace zařízení lze popsat tako:

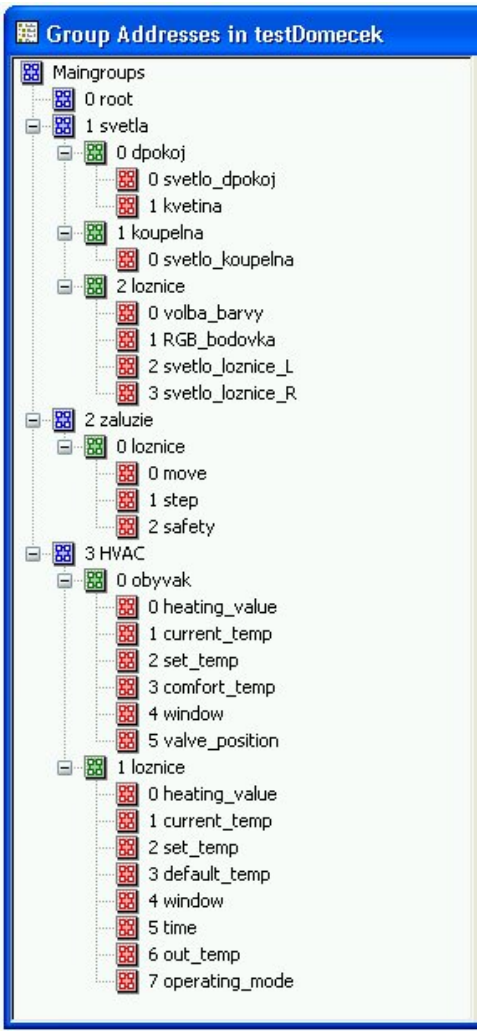
1. Vybrat zařízení v ETS 3 a v kontextovém menu zadat Download Individual Address
2. Po výzvě ETS 3 uvést zařízení (nebo bus coupler) do programovacího režimu
3. Po úspěšném uložení fyzické adresy do bus coupleru nasunout aplikační modul

4. Nahrát aplikaci příkazem Download Aplication

Tímto způsobem je nahrán program a aplikace do každého zařízení. Pozor, v jednom okamžiku smí být max. jedno zařízení v programovacím režimu.

5.1.3 Skupinové adresy

Návrh skupinových adres z hlediska projektu ETS 3 nejdůležitější. Skupiny by měly sdružovat funkční oblasti domu a respektovat jejich umístění. Přestože tento projekt je malý, zvolil jsem tříúrovňové adresování, protože umožňuje lépe popsat logické vazby. Hlavní skupiny označují oblast automatizace jako světla, žaluzie a HVAC. Střední skupiny jsou pojmenovány podle místností v domě a nakonec podskupiny popisují jednotlivé objekty viz obr. 5.3.



Obrázek 5.3: Skupinové adresy modelu v ETS 3

5.1.4 Vazby a komunikační objekty

Skupinové adresy jsou jakési kontejnery pro výměnu dat skrze komunikační objekty (KO). Logické vazby v KNX jsou potom vytvořeny přiřazením KO k patřičným skupinám. Pro komunikaci zařízení na KNX a řídicího programu v PLC je třeba vytvořit si vlastní KO v rámci CoDeSysu. Každý KO musí mít definovaný standardní typ DPT a v rámci jedné skupiny mohou existovat jen KO stejného typu. Dále jsou KO označeny tzv. komunikačními flagy. Těmi je rozlišeno zda se jedná o vysílač nebo přijímač (Read, Write), či zda se bude vysílat telegram při změně hodnoty objektu (Transmit). Či zda se vyšle telegram s aktuální hodnotou na příkaz Update. Tyto flagy není třeba zpravidla měnit, protože jsou nastaveny defaultně v aplikaci, nicméně může nastat případ, kdy je třeba základní chování změnit.

Po konfiguraci PLC a jakékoliv změně jeho proměnných je třeba příkazem *Build* v CoDeSysu vygenerovat soubor sym-xml a ten poté naimportovat do IP-controlleru v ETS 3 (příkaz edit parameters...). Takto se editují komunikační objekty kontroléru v KNX. Je třeba při jakékoliv změně znovu nahrát aplikaci do přístroje. Obvykle stačí *partial download*, ten nahraje jen tu část aplikace, která se změnila a díky tomu trvá kratší dobu. PLC komunikační objekty mají shodný název s proměnnými v IEC aplikaci. Všechny začínají buď prefixem IN_ což značí vstupy do PLC z KNX, nebo OUT_ čímž jsou charakterizovány výstupy z PLC do KNX. Všechny vazby s KO jsou uvedeny v přehledu 5.3

5.2 Konfigurace DALI

5.2.1 Oživení sběrnice DALI

Pro oživení sběrnice DALI v CoDeSysu je třeba importovat knihovnu

`DALI_02.lib`

Postup k oživení je podrobně popsán v přiloženém souboru:

`DALI_02_Config_e.pdf`

a dokumentace funkčních bloků knihovny DALI je popsána v souboru

`DALI_02_e.pdf`

V CoDeSysu je třeba vytvořit instanci typu FbDALI_Joblist s parametrem čísla modulu. V našem případě lze ponechat defaultní hodnotu 1. V druhém kroku je třeba vytvořit visualizační blok pro konfigurační nástroj DALI configuration Tool. To se provede přes záložku visualisations kde vytvoříme nový objekt a naimportujeme z knihovny blok FrontPageDALI. Projekt poté zkompilujeme a nahrajeme do PLC. V běžícím programu pak spustíme přes visualizaci konfigurační nástroj DALI (DALI configuration tool) a přidělíme nejprve nové adresy jednotlivým zařízením na sběrnici – toto se provede tlačítkem

adresa	název	komunikační objekty
1/0/0	svetlo_dpokoj	pbutton left switch + status LED + IN_svetlo_dpokoj
1/0/1	kvetina	pbutton right switch + status LED + IN_kvetina
1/1/0	svetlo_koupelna	pbutton switching + IN_svetlo_koupelna
1/2/0	volba_barvy	pbutton right switch - IN_volba_barvy
1/2/1	RGB_bodovka	pbutton left switch - IN_RGB_bodovka
1/2/2	svetlo_loznice_L	key 5 switch + IN_svetlo_loznice_L
1/2/3	svetlo_loznice_R	key 6 switch + IN_svetlo_loznice_R
2/0/0	move	shutter move + rocker move + IN_OUT_zaluzie_up
2/0/1	step	shutter step modus + rocker step modus
2/0/2	safety	shutter safety + OUT_zaluzie_safety
3/0/0	heating_value	valve input + manipulated value heating + IN_heating_obyvak
3/0/1	current_temp	current temperature output + IN_current_temp_obyvak
3/0/2	set_temp	set temperature output + IN_set_temp_obyvak
3/0/3	comfort_temp	comf. temp input + OUT_comfort_temp_obyvak
3/0/4	window	input locking regulator + OUT_window_obyvak
3/0/5	valve_position	valve actual position + IN_valve_position
3/1/0	heating_value	heating 1st control loop + IN_heating_loznice
3/1/1	current_temp	actual temperature + IN_current_temp_loznice
3/1/2	set_temp	setpoint temperature + IN_set_temp_loznice
3/1/3	default_temp	basic set value + OUT_default_temp_loznice
3/1/4	window	windows status + OUT_window_loznice
3/1/5	time	time signal + OUT_time
3/1/6	out_temp	external temp. sensor + OUT_pt1000
3/1/7	operating_mode	operating mode switch over

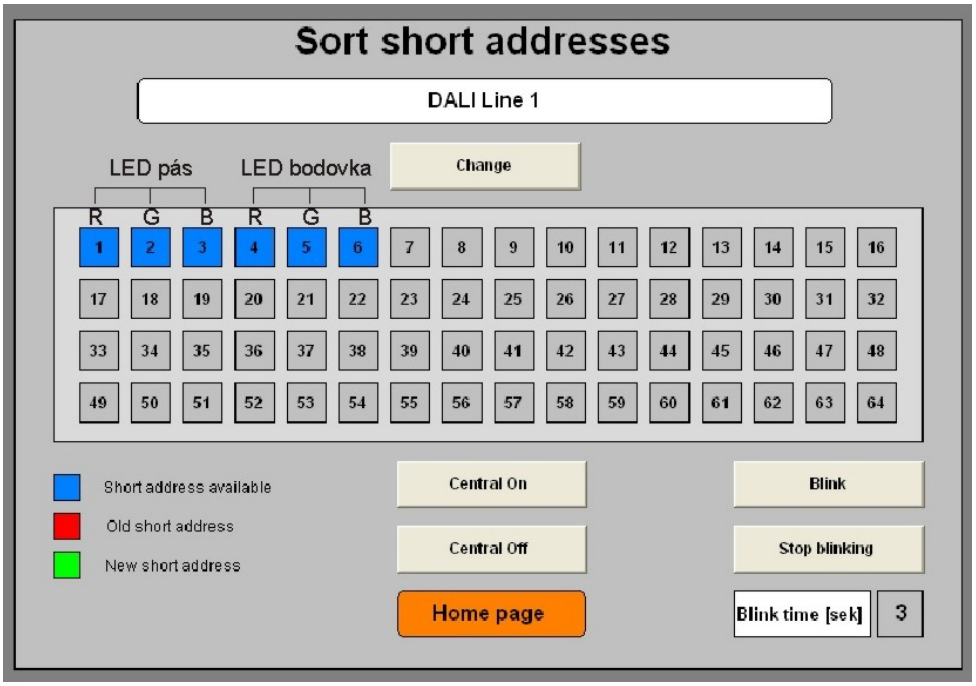
Tabulka 5.3: Vazby komunikačních objektů KNX

- Addressing > New addressing (držet alespoň 2s).

Poté můžeme seřadit libovolně adresy jednotlivých účastníků. V případě RGB svítidla jsou obsazeny právě 3 adresy, a to pro každý kanál jedna. V projektu jsou k dispozici dvě svítidla a obě mají RGB složky, obsadí tedy celkem 6 adres viz obr. 5.4.

- Address assignment

Změny se dělají vždy vyměněním pozic dvou účastníků. Zde je možné on-line otestovat, zda všechna přiřazená světla svítí pomocí *Central on/off* anebo zda funguje vybraná adresa pomocí *Blink* příkazu. Je také možné seskupit více světel pod jednu skupinu a ovládat je pak jedním příkazem a tedy i telegramem na sběrnici. Skupinové adresace je využito pro centrální vypínání světel. V projektu je definovány dvě skupiny pro dvě RGB svítidla. To se provede přes dialog



Obrázek 5.4: adresování DALI svítidel

- Group assignment

Též je možné nakonfigurovat světelné scény. Maximální počet scén je 16. Např. při použití RGB LED lze takto definovat určitou barvu nastavením různého jasu pro každý barevný kanál. K tomu slouží dialog

- Scene Configuration

5.2.2 Přístup k zařízením DALI z PLC a funkční bloky DALI

Přístup se děje skrze funkční bloky z knihovny DALI. Ať už se jedná o spínače či stmívače, vždy obsahují parametry:

bAddress

Adresa zařízení (short address) nebo skupiny (group address). Proměnná je typu byte.

xGroup

Boolean, má-li hodnotu false, pak *bAddress* je interpretováno jako adresa zařízení. Má-li hodnotu true, pak jde o skupinovou adresu. Poznámka: Chci-li adresovat skupinu, je třeba zapsat do vstupu *bReferenceAddress1* (např. u bloku *FbDALI_DimmSingleButton*) adresu jednoho účastníka ze skupiny, aby měl referenci o současném jasu.

xButton

Boolean, ovládací bit svítidla. Většina bloků potřebuje tlačítkový impuls a podle jeho délky rozhodne o krátkém (sepnutí) či dlouhém (stmívání) stisku.

Využité funkční bloky

Funkční bloky disponují řadou nastavení např. rychlost stmívání, min a max úroveň atd. V řídicím programu jsou využity tyto funkční bloky:

- FbDALI_DimmSingleButton : ovládání jasu a spínání jedním tlačítkem
- FbDALI_RecallScene : vyvolání barevné scény
- FbDALI_SwitchValue : sepnutí on/off
- DALI_store_color_scenes : uživatelsky vytvořený blok pro záznam barevných scén

5.2.3 Řešené problémy

Pozor na volání již uložené skupiny – je třeba volat s parametrem referenční adresy, viz. výše. Vzhledem k malé rychlosti na sběrnici DALI (1200 KBit/s) je třeba počítat s tím, že sekvence více příkazů vyslaná přes programem z PLC nemusí být celá zpracována DALI masterem. Proto je nutné dávkové volání prokládat intervalem alespoň 10 ms.

5.3 Konfigurace EnOcean

EnOcean je bezdrátová technologie, komunikační přijímačový modul (750-642) je vybaven pouze anténou coby výstupní rozhraní. Do CoDeSysu je třeba importovat knihovnu:

`EnOcean_04.lib`

Kroky k uvedení do provozu jsou popsány v souboru

`ApplicatioNote_Enocean.pdf`

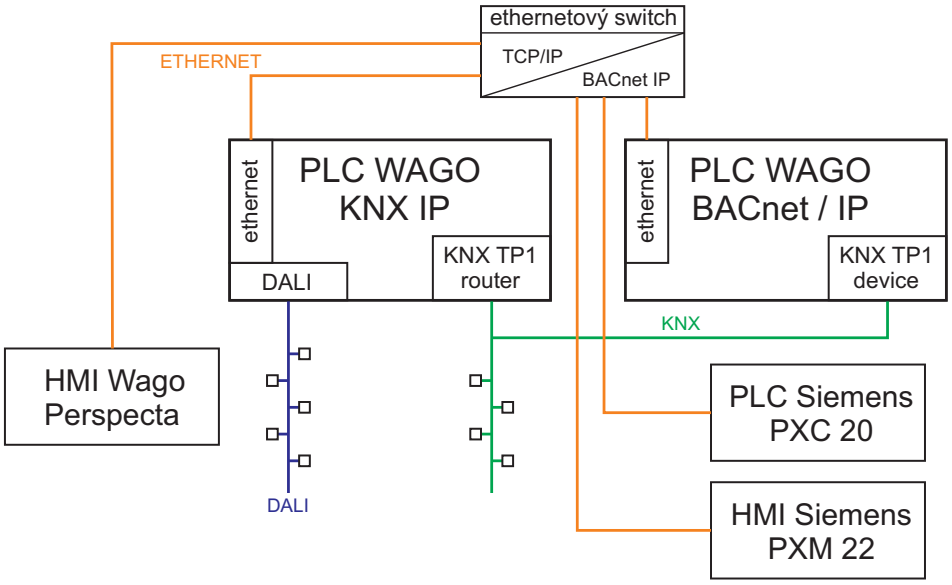
Nejprve vytvoříme instanci funkčního bloku *FbEnoceanReceive* se vstupem 1 a na výstupu proměnnou typu *typEnOcean*. Toto slouží pro příjem paketů v modulu PLC. Pro rozpoznání vysílače slouží blok *FbShow_ID_by_Click*, který po přijetí nějakého paketu enOcean vyčte a na výstupu zobrazí identifikátor zařízení. Přijaté ID je poté uloženo jako RETAIN proměnná typu DWORD do flash paměti. ID tlačítka je v tuto chvíli známo PLC, a proto stačí zavést jako vstupní proměnnou do bloku *FbButton_4_Channel*. Výstupem tohoto bloku jsou stavy sepnutí jednotlivých tlačítek. Paket je vyslán jak při stisku tlačítka, tak při jeho uvolnění, je tedy možné detekovat i dobu stisku.

5.4 Konfigurace BACnet

Sběrnice BACnet není v modelu integrovaná, nicméně její začlenění tvoří součást zadání této DP. Konkrétní požadavek byl formulován jako možnost připojit realizovaný model domu k externí síti komunikující skrze BACnet objekty. Spojovací médium je tvořeno dvojlinkou sběrnice KNX.TP. K vytvoření BACnet sítě byla použita tato zařízení:

- PLC Wago BACnet modelová řada 750-830
- PLC Siemens PXC 22
- Operátorský panel Siemens PXM 20

Schéma na obr.5.5ukazuje propojení kontroléru použitého v modelu s kontrolérem pro BACnet.



Obrázek 5.5: Propojení na síť BACnet prostřednictvím KNX

5.4.1 Oživení BACnet kontroléru

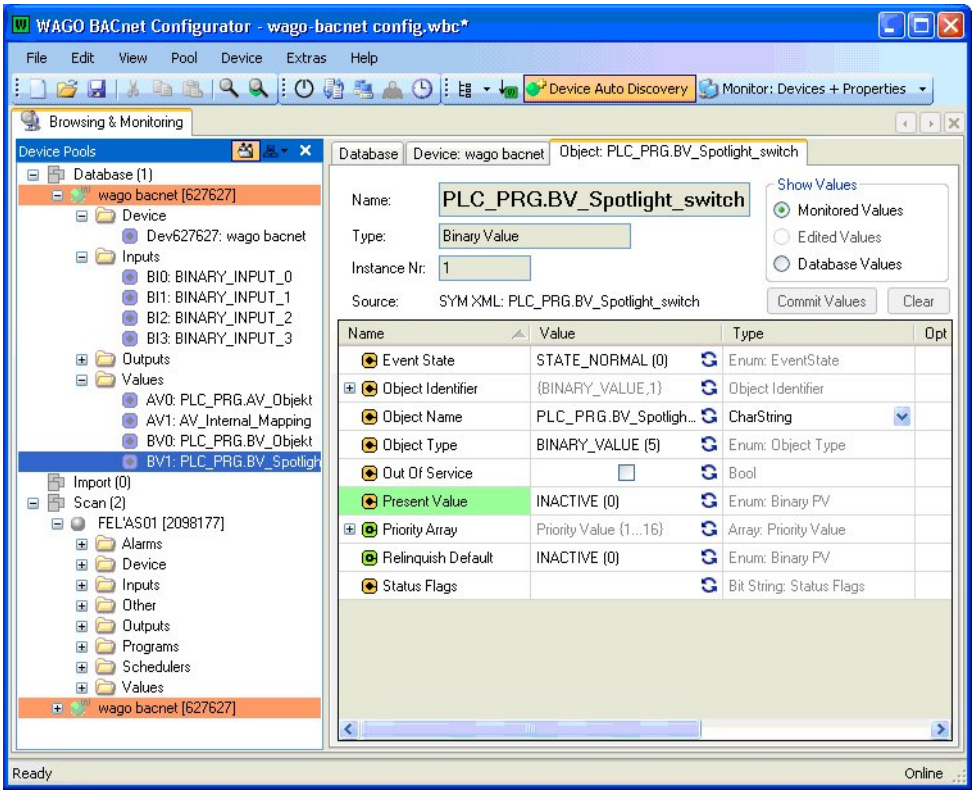
Návod na konfiguraci Wago BACnet kontroléru je obsažen v souboru:

`ApplicationNote_BACnet_01_easy.pdf`

K tomu je třeba mít instalaci CoDeSysu ve verzi alespoň 2.3.9.7 – tedy takovou která obsahuje i target pro BACnet (750-830). Do CoDeSysu je třeba importovat knihovnu:

`BACnet_01_easy.lib`

Aby bylo možné monitorovat BACnet sběrnici pomocí PC, je nutné nainstalovat Wago BACnet configurator včetně TCP/IP ovladače BacStac (ten je součástí instalačního procesu). Firewall instalovaný na PC musí být vypnutý.



Obrázek 5.6: WAGO BACnet configurator

5.4.2 WAGO-BACnet configurator

WAGO-BACnet configurator (obr. 5.6) slouží pro snadné nahlížení do proměnných a objektů na BACnet sběrnici. Automaticky detekuje všechna zařízení, která jsou na sběrnici připojena. Je možné skrze něj číst i hodnoty objektů jiných výrobců. V našem případě se jedná o kontrolér Siemens PXC-22. Především je pomocí něho konfigurován PLC WAGO BACnet. Seznam objektů pro BACnet, jenž je vytvořen IEC aplikací (CoDeSys) je skrze soubor *sym-xml* importován přímo do kontroléru.

Řešené problémy

V případě že WAGO-BACnet configurator nedetekuje PLC, může pomoci vstup do nastavení bacStac driveru. Ten se nachází v síťovém nastavení TCP/IP. Stačí pouze otevřít úpravu parametrů, nechat je beze změny, uložit a zavřít. Případně restartovat PC anebo PLC. Pokud je PLC detekováno, ale pokyn ke konfiguraci způsobí výjimku a ukončení programu, pak je třeba vypnout proxy (při vzdáleném přístupu).

5.4.3 Konfigurace BACnet objektů v CoDeSysu

Automatické vytvoření objektů

Vstupně výstupní moduly zapojené do kontroléru WAGO BACnet se mapují automaticky jako BACnet objekty a jsou přístupné na sběrnici. Pokud má být nějaký I/O modul ovládán přímo ze sběrnice BACnet, je třeba toto nastavit v CoDeSysu. Vybereme požadovaný modul v nabídce "PLC Configuration" a nastavíme proměnnou *PAAsignment* na BACnet (jako výchozí je nastaveno PLC). Pozor! Proměnné tohoto modulu nebudou zapisovatelné z programu PLC.

Uživatelsky vytvořené objekty

V CoDeSysu je možno vytvořit objekt BACnet jakéhokoliv typu, který nabízí knihovna `BACnet_01_easy.lib`. Standardně jde např. o binary value (BV_Object) a analog value (AV_Object).

Toto jsou již tedy přímo BACnet objekty, se kterými je možno pracovat v IEC přes patřičné funkce. Lze ovšem použít jiný přístup – tzn. "internal Mapping" (též v dokumentaci jako "override variable"). V IEC aplikaci jsou definovány jako běžné proměnné (typu real, bool atd.), ale lze k nim přistoupit přes BACnet konfigurátor a slinkovat je s nově vytvořeným objektem v konfigurátoru (v režimu *configure*). Problém: Interně mapované proměnné nejsou vždy korektně slinkované s IEC. Proto doporučuji používat BACnet objekty

Zápis a čtení BACnet objektů v CoDeSysu

- BACnet ⇒ CoDeSys

  Propojení BACnet objektů s proměnnými v IEC se děje přes funkce jako např. *FuBACnetBinaryPV_to_BOOL*, která zapisuje hodnotu "present_value" dané binární proměnné v BACnetu do bool proměnné definované v CoDeSysu.

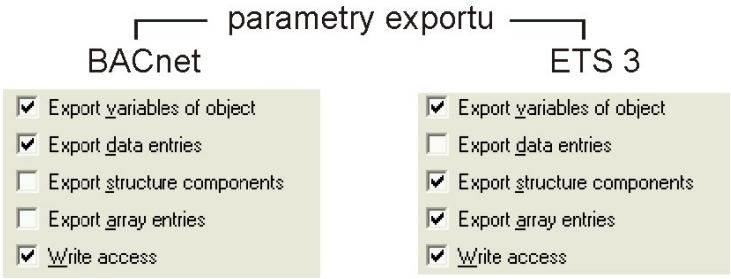
- CoDeSys ⇒ BACnet

  Zápis opačným směrem se děje pomocí *FbBOOL_TO_BACnetPriorityArray*, kde je třeba uvést i BACnet prioritu tohoto požadavku.

Export sym_xml z IEC do BACnetu

Po každé úpravě objektů či proměnných v CoDeSysu, které mají být použity v BACnetu je potřeba vygenerovat aktualizovaný seznam těchto proměnných (soubor "sym-xml") a nahrát je pomocí wago BACnet configuratoru do PLC.

Pozor!! Proměnné IEC, které jsou typu BACnet object musí být mappable. Toho se docílí povolením zápisu "write access" při exportu *sym-xml* souboru. V návodu "bacnet easy" je tento checkbox nezaškrtlý, nicméně zřejmě je to chyba. V opačném případě je při pokusu o zápis z Bacnet configurátoru anebo z panelu PXM zobrazena chyba zápisu. Z IEC



Obrázek 5.7: Odlišné nastavení parametrů pro export pro BACnet a KNX kontrolér

to sice zapsat jde, ale v bacnet sběrnici se toto neprojeví. Správné nastavení parametrů pro export je na obr. 5.7.

5.5 Propojení více PLC WAGO přes sběrnici KNX

Disponujeme dvěma kontroléry WAGO:

- typ 750-849 - KNX/IP controller
- typ 750-830 - BACnet controller

Dále máme dva KNX moduly (typ 753-646), které zajistí fyzické připojení sběrnice KNX přes kabel TP. Každý kontrolér má připojen jeden modul KNX. Modul připojený na KNX/IP controller pracuje v režimu "router mode" a je indikován zelenou LED vlevo nahoře. Konfigurace tohoto modulu je popsána v kapitole Oživení ETS3.

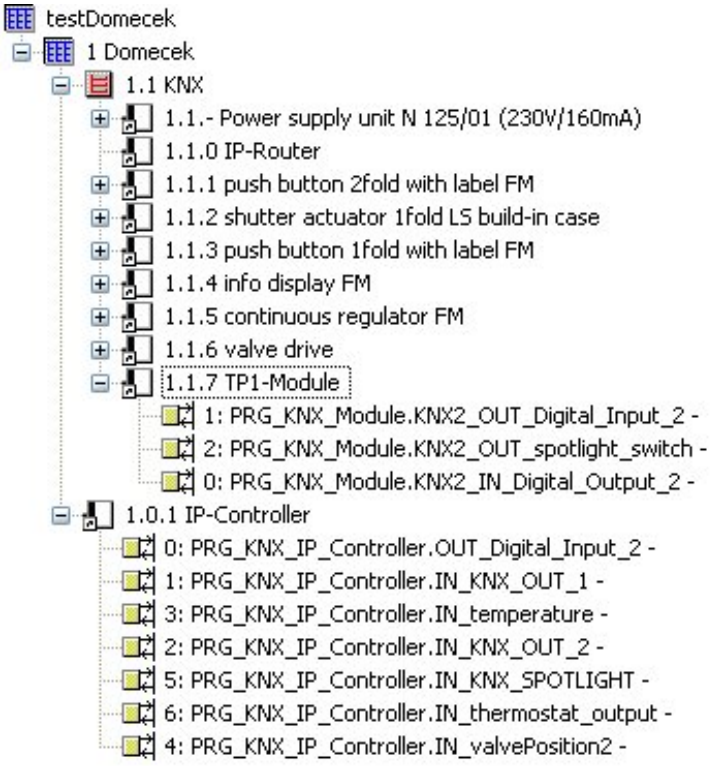
5.5.1 Konfigurace TP1-Module

Modul připojený na BACnet kontroléru pracuje v režimu "device mode". Pozor! Modul KNX na BACnet kontroléru (device mode) musí být zapojen jako poslední (minimálně tedy za I/O moduly). V opačné případě nebude fungovat žádný z modulů. Konfigurace device modulu v ETS3 Nejprve je třeba do databáze ETS3 importovat aplikaci pro modul pracující v device modu. Tento soubor je ke stažení na www.wago.com v sekci building automation a jmenuje se `KNXTP1-Klemme.vd4`.

TP1-Modul musí být na linii TP, stejně jako modul na druhém kontroléru, který je označen jako IP-router a má adresu 1.1.0 (viz 5.8). Programování fyzické adresy a následně i aplikace proběhne po uvedení modulu do programovacího režimu. To se provede klemou mezi kontakty 2-6 a je indikováno rozsvícením červené LED na modulu. Pokud přidělení adresy napoprvé selže, bude nutné restartovat prostředí ETS3 – občas totiž vypadne komunikace se sběrnicí KNX. Též je nutné resetovat kontrolér, aby odpadnul programovací mód.

5.5.2 Linkování proměnných z CoDeSysu do KNX

Chceme-li propojit dva kontroléry pomocí KNX sběrnice, pak oba musí nejprve mít příslušné komunikační objekty, které jsou vzájemně kompatibilní. Jako příklad uvádím po-



Obrázek 5.8: Topologie ETS 3 s modulem TP1 na BACnet kontroléru

sílání bitu, který dává povel k rozsvícení svítidla.

Zadání: Ovládat výstup na KNX kontroléru proměnnou z BACnet kontroléru.

Řešení:

1. Začneme psaním programu pro BACnet kontrolér v CoDeSysu. Mimo hlavní program, který obsluhuje samotný BACnet vytvoříme ještě jeden programový blok, kde bude řešena pouze komunikace KNX. Tento program inicializuje KNX modul (*FbKNX_Master_646*). Poté vytvoříme proměnnou typu bool (*internal_switch*) a namapujeme ji jako proměnnou KNX pomocí bloku *FbDPT_Switch*. Je nazvána *KNX2_OUT_spotlight_switch*. Prefix KNX2 říká, že jde o druhý modul KNX na sběrnici. Ten první je na kontroléru KNX a pracuje v router mode. Prefix OUT_ značí, že jde o výstup z kontroléru, aby bylo poznat kterým směrem budou pakety po sběrnici KNX chodit.

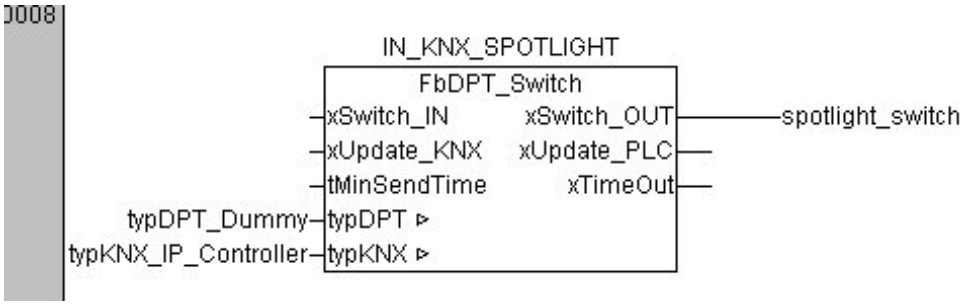
2. Nyní je třeba exportovat tuto proměnnou pomocí sym-xml souboru (ten je vygenerován při kompilaci programu v CoDeSysu) do ETS3. Pozor, pokud byl soubor sym-xml předtím použit pro export do BACnetu, bude třeba změnit možnosti exportu, tak aby odpovídaly obr. 5.7. Import do ETS3 probíhá přes TP1-Module > Edit parameters > Import sym-xml file... Je třeba ovšem mít na paměti, že importujeme do TP1-Modulu a ne do hlavního IP-controlleru a to přestože ETS3 používá ke konfiguraci KNX právě IP-controller. Po importu je třeba aktualizovat aplikaci v TP1-Modulu. V tomto okamžiku by měl mít náš modul nový komunikační objekt nazvaný

jméno_programu.KNX2_OUT_jméno_proměnné viz. obr. 5.8.

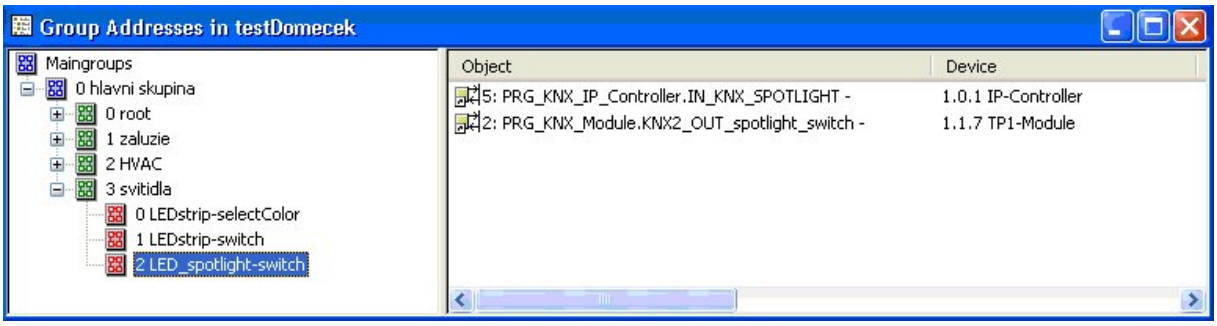
3. Nyní vytvoříme komunikační objekt pro IP-controller, který bude mít na starosti příjem ovládacího bitu po sběrnici KNX. Musíme tedy přejít do programu pro KNX kontrolér a v něm vytvořit KNX proměnnou stejného typu (*FbDPT_Switch*), která se bude jmenovat *IN_KNX_Spotlight*. Namapovat ji můžeme na jakoukoliv interní proměnnou PLC, případně na výstupní modul (viz. obr. 5.9). Postup exportu proměnné do ETS3 je stejný jako v předchozím bodě, s tím rozdílem, že nyní importujeme sym-xml soubor (vygenerevaný programem v CoDeSysu pro KNX kontrolér) do IP-controlleru.

4. Nakonec je třeba vytvořit propojení mezi nově vzniknuvšími komunikačními objekty. To se provede přiřazením stejné skupinové adresy oběma objektům, viz. obr. 5.10. Oba účastníci ve stejné skupině mohou vysílat i naslouchat a tedy změna výstupní hodnoty jednoho z nich vyvolá změnu na vstupu druhého. Komunikace může probíhat oboustranně, v našem případě ovšem probíhá jen ve směru BACnet kontrolér (TP1-Module) ⇒ KNX kontrolér (IP-controller).

5. Propojení skupinové adresy je třeba potvrdit aktualizací aplikace v obou zařízeních v ETS3



Obrázek 5.9: Funkční blok pro převod proměnných z IEC do KNX

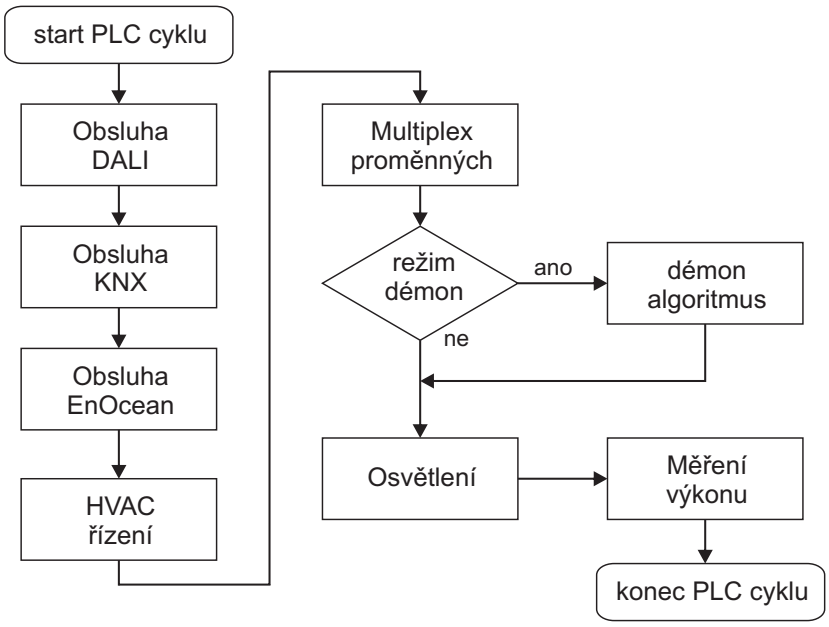


Obrázek 5.10: Skupinová adresa v ETS 3 jež propojuje dva kontroléry WAGO

5.6 Program v CoDeSysu

O nutnosti dekompozice řídicího algoritmu na dílčí bloky se hovořilo na začátku této kapitoly. V CoDeSysu jsou tyto bloky uspořádány do složek s podprogramy, případně

s uživatelsky definovanými funkčními bloky. Na obr. 5.11 je zobrazen vývojový diagram hlavního algoritmu. Algoritmus představuje jeden scancyklus PLC.



Obrázek 5.11: Vývojový diagram hlavního algoritmu

5.6.1 Základní algoritmus

Obsluhy proměnných sběrnic DALI a EnOcean jsou popsány v sekcích výše.

HVAC řízení

Řízení vytápění je plně v kompetenci termostatů sběrnice KNX. Uživatel může zasahovat do hodnoty požadované teploty a termostat generuje výstup (hodnota je typu BYTE 0-255) pro spojitě řízený topný ventil. Pro zajištění zpětné vazby (viz kap. 4.5.4) je k dispozici pouze digitální výstup. Hodnota je tedy v CoDeSysu převedena na PWM výstup s periodou 6s, což je vzhledem k časové konstantě ohřevu topného odporu dostatečně dlouhá doba. Vzhledem k faktu, že indikace topení a topný odpor sdílí tentýž DO, kratší perioda PWM by už působila rušivým dojmem. Vypnutí topení při sepnutém okenním kontaktu je zpracováno aplikačním modulem termostatu díky odeslání příslušného paketu po KNX.

Osvětlení

Stmívaná světla, která jsou připojena přímo na I/O PLC, jsou řízena bloky FbDimmerDoubleSwitch a FbDimmerSingleSwitch z knihovny `Building_common.lib`. Tyto bloky mají výstupy jak digitální, tak analogové, které jsou kompatibilní s použitými předřadníky.

Režim démon

Po jeho aktivaci jsou spuštěny tři funkční bloky FbRandom, každý se třemi výstupy. Na tyto výstupy jsou namapována ovládací tlačítka osmi svítidel. Výstupy těchto bloků se mění náhodně při přijetí enable bitu na vstupu. Vstupy jsou aktivovány periodicky, pro každý blok je perioda různá, a to blokem Blink.

Multiplexování proměnných

Tento podprogram se stará o to, aby bylo možné přistupovat k jednomu akčnímu členu (např. svítidlo) z více míst. Například světlo v ložnici je spínáno nástěnným tlačítkem KNX, z dotykového panelu visualizace a také automaticky v režimu démon. Toto sdílení proměnné je řešeno vytvořením virtuálního tlačítka, tedy proměnné která bude logickým součtem všech proměnných jež se snaží přistupovat ke svítidlu. Pokud je svítidlo ovládáno tlačítkem, je vše v pořádku. V případě, že máme bistabilní přepínač – případ koupelnového světla, je třeba použít složitější logickou funkci. Funkce bude tvořena RS klopným obvodem, kde na vstup SET se přivede logický součet náběžných hran a na RESET logický součet sestupných hran.

Obsluha KNX

Pokud je správně nakonfigurovaný modul KNX v kontroléru, v CoDeSysu je to indikováno v proměnné *KNX_IP_Master.enumDeviceStatus* a též rozsvícením USR LED na kontroléru zeleně. Pokud tomu tak není, je třeba znovu zkompilovat sym-xml soubor příkazem *Build* a nahrát ho do ETS 3. Ke změně sym-xml z pohledu ETS 3 dochází zpravidla při přidávání nových proměnných KNX v CoDeSysu, nicméně chyba komunikace KNX může nastat i jindy – zřejmě se změnou CRC v kontroléru.

Aby byla zajištěna kompatibilita mezi datovými typy KNX (DPT) a CoDeSysu, jsou k dispozici funkční bloky z knihovny `KNX_Standard.lib`, které převádí DPT na běžné typy EIC a naopak. Např. typ *DPT_Switch* je převeden na BOOL. Všechny tyto funkční bloky mohou být vstupní i výstupní, podle přiřazení proměnných buď na vstup nebo na výstup. V KNX o způsobu funkce rozhoduje komunikační flag nastavený v ETS3. Standardně je možno nechat obojí READ, WRITE.

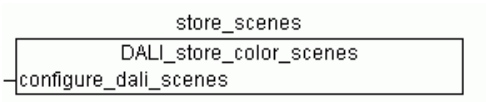
Proměnná z KNX se v CoDeSysu namapuje zpravidla po změně její hodnoty, typicky stisknutím tlačítka, změnou teploty senzoru, či analogové hodnoty výstupu. Pokud by to aplikace vyžadovala, je možné posílat hodnotu cyklicky, ale u této možnost je třeba zvážit možné přetížení sběrnice. Je-li třeba odeslat proměnnou, která nezměnila svoji hodnotu na základě asynchronní události, pak je nutné tuto událost (stisk tlačítka) zavést do vstupní proměnné *update_KNX*. To vynutí odeslání paketu. Takto je ovládaná např. žaluzie jedním bitem (DPT up/down), povel dolů je vyvolán odesláním nuly na patřičnou skupinovou adresu. Též detekce takového paketu na KNX v CoDeSysu musí proběhnout testováním výstupní proměnné *update_PLC* a přečtením hodnoty proměnné. To je příklad, kdy detekujeme, že žaluzie dostala povel k pohybu dolů uvnitř KNX.

5.6.2 Realizované funkční bloky

V rámci tvorby přehledného programu v CoDeSysu jsem navrhl několik funkčních bloků, které díky zapouzdření usnadňují práci s objekty např. Termostat pro KNX, RGB DALI svítidlo či 4-násobný ovladač se třemi LED. Kromě nich jsem vytvořil bloky pro funkce jako automatické nahrání scén do DALI masteru či funkci převádějící datum a čas z CoDeSysu do KNX DPT formátu.

DALI_Store_Scenes

Funkce, jež uloží předdefinované světelné scény do konfigurace DALI (obr. 5.12). Aplikuje se na RGB svítidle s adresami 1,2 a 3. Má jeden vstupní parametr enable, který aktivuje programovací proceduru. Uložené scény jsou pak volány funkčním blokem *Fb-DALI_RecallScene*, a číslem vybrané scény podle tabulky 5.4.



Obrázek 5.12: Funkční blok DALI_Store_Scenes

scéna #	barva	R	G	B
1	červená	100	0	0
2	oranžová	80	30	0
3	žlutá	60	60	0
4	zelená	0	100	0
5	azurová	0	60	60
6	modrá	0	0	100
7	fialová	40	0	80
8	bílá	100	100	100

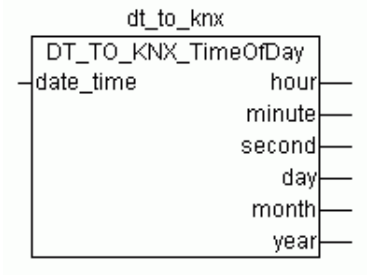
Tabulka 5.4: DALI Store Scenes

DT_TO_KNX_TimeOfDay

Slouží pro konverzi časového a datového typu z CoDeSysu na DPT definovaného v KNX (obr. 5.13). Vstupním parametrem je typ DT, což je datový typ date time a výstupem jsou jednotlivé časové segmenty jako hour, minute, second, day, month a year. Všechny jsou typu BYTE a jsou tudíž kompatibilní s blokem pro KNX *FbDPT_TimeOfDay*. Blok je použit pro zobrazení aktuálního času na displeji termostatu.

Termostat_KNX

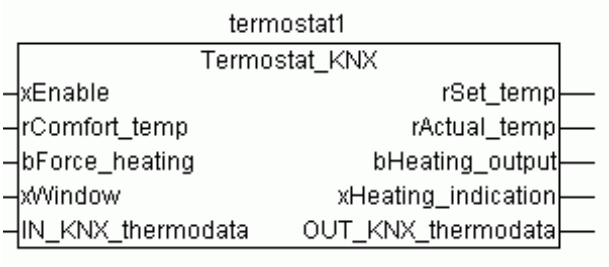
Vytváří objekt obecného termostatu na KNX s parametry, které jsou jsou dostupné u všech běžných termostatů. Vstupy jsou *comfort_temp* typu REAL pro uživatelské nastavení požadované teploty, dále *enable* (BOOL) určuje zda je termostat v automatickém



Obrázek 5.13: Funkční blok DT_TO_KNX_TimeOfDay

režimu či zda je řízen nadřazeným regulátorem např. z PLC. Hodnota pro KNX topné hlavice pak je určena proměnnou *force_heating* typu BYTE. Posledním vstupním parametrem je *window* reprezentující okenní kontakt. Výstupem bloku termostat je nastavená teplota (*set_temp*) a aktuální teplota (*actual_temp*) obě typu REAL. Dále *heating_output* typu BYTE ukazuje hodnotu výstupu regulátoru nebo *heating_indication* BOOL je pravdivý je-li výstup nenulový. Blok na obr. 5.14

Pro zajištění komunikace s KNX jsou vytvořeny datové struktury *IN_KNX_thermodata* a *OUT_KNX_thermodata* v nichž jsou uloženy proměnné získané z KNX.



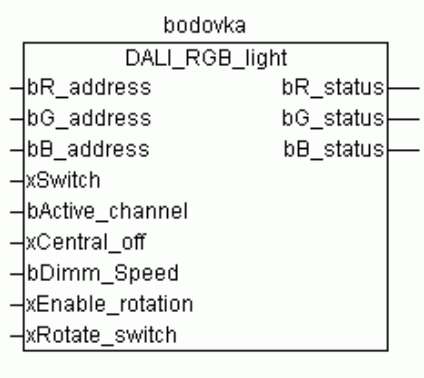
Obrázek 5.14: Funkční blok Termostat_KNX

DALI_RGB_light

Protože v knihovně pro DALI nejsou standardní bloky pro RGB svítidla, vytvořil jsem zapouzdření, které ovládá barevné světlo. Vstupy bloku (obr. 5.15) tvoří adresy jednotlivých barev (*bR_address, bG_address, bB_address* dále *xSwitch* který ovládá vybraný kanál, *bActive_channel* číslo typu BYTE v rozsahu 1-3 odpovídá aktuálně vybranému kanálu. Dále vstup pro vypnutí celého svítidla *Central_off* a rychlost stmívání *bDimm_Speed*. Posledními dvěma vstupy je umožněno měnit barvy pomocí tlačítka (*xEnable_rotation a xRotate_switch*. Výstupy bloku zobrazují úroveň jasu jednotlivých barev s využitím procedury DALI_read_status.

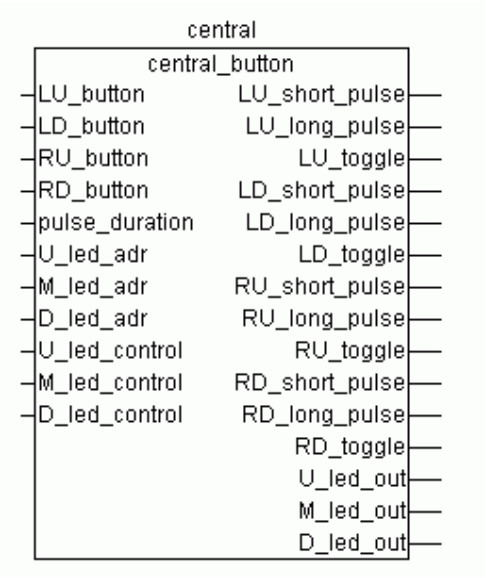
Central_button

Zapouzdřuje nástěnné čtyřtlačítko se třemi modrými LED kontrolkami. Vstupy *LU_button, LD_button, RU_button, RD_button*, se mohou namapovat přímo na digitální vstupy připojené k tlačítkům. Blok nabízí pro každé z tlačítek tři módy provozu. Detekuje krátký



Obrázek 5.15: Funkční blok DALI_RGB_light

a dlouhý stisk (*short_pulse, long_pulse*, přičemž rozhodující práh je určen proměnnou *pulse_threshold* a délka pulsu na výstupu je v obou případech dána *pulse_duration*. Dále je k dispozici výstup *toggle*, který reaguje na krátký puls negací své hodnoty. Vytváří tak bistabilní spínač. Pro LED kontrolky jsou vyhrazeny vstupy *led_adr* kam se přiřadí přímá adresa, dále *led_control* pro jejich spínání a výstup *led_out* s aktuálním stavem. Blok je na obr. 5.16



Obrázek 5.16: Funkční blok Central_button

5.7 Visualizace

Jedním ze základních rysů domovní automatizace je přítomnost operátorského panelu, který umožňuje sledovat stav a ovládat všechny funkce domu z jednoho místa. Tuto úlohu v našem modelu plní LCD panel od firmy Wago s označením CP-104 Perspecto. Panel má svůj operační systém (Microsoft Windows CE 5.0) a dodaný firmware (PLCWinCE build 2.4.7.7) umožňuje na něm spouštět vizualizace vytvořené v CoDeSysu. To je rozdíl oproti

běžné vizualizaci, která je uložena přímo v kontroléru a lze k ní přistupovat např. přes webové rozhraní. Wago Perspecto komunikuje s PLC prostřednictvím UDP protokolu a to za použití speciálních síťových proměnných zvaných netvars. Návod na nastavení vizualizace pro Wago HMI je v souboru (zdroj [4]):

`Navod_codesys_na_perspecto.doc`

Předpokladem pro instalaci CP-104 je nainstalovaný CoDeSys verze alespoň 2.3.9.13. Dále je třeba nastavit IP adresu, aby byla součástí lokální sítě. Pomocí programu *installtarget.exe* se do CoDeSysu nahraje target `elrest-P4xx35-Visu.tnf`

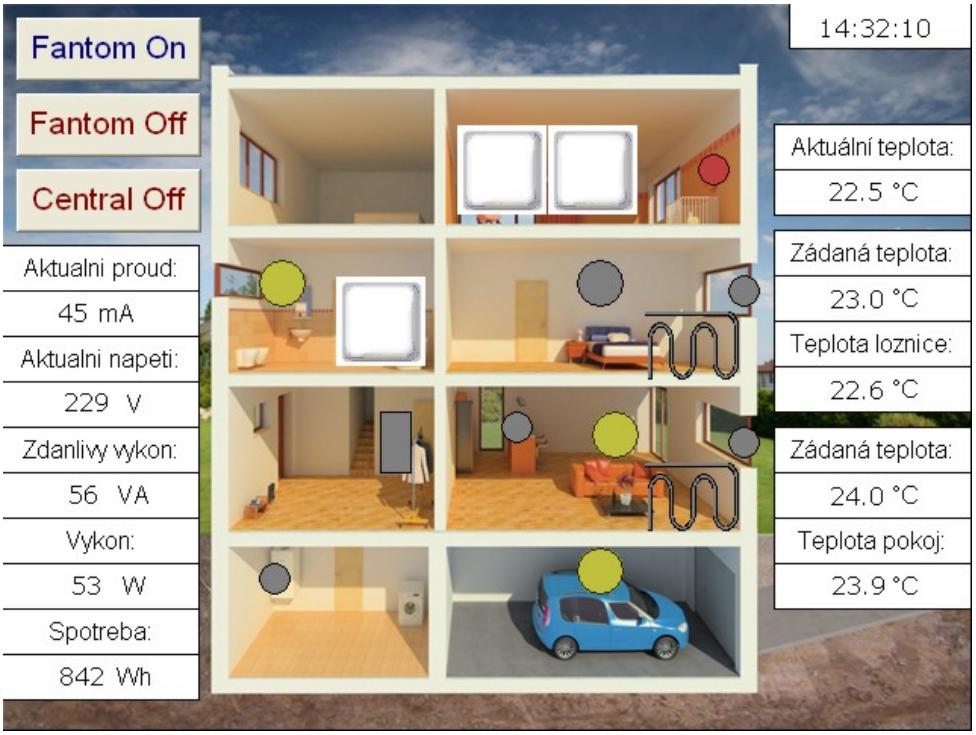
Práce se síťovými proměnnými *netvars*

K práci se síťovými proměnnými je třeba importovat knihovnu `NetVarUDP.lib`

Nejprve je třeba navrhnout seznam proměnných, které se účastní komunikace mezi PLC a HMI. Není možné definovat komunikující obousměrně, proto budou seznamy dva. Ty, které budou směřovat z PLC do visualizace – typicky stavy jednotlivých svítidel, analogové hodnoty, informace o domu – jsou pro lepší přehlednost označeny postfixem _VISU. Naopak proměnné směřující z HMI do PLC – typicky ovládací povely – označíme postfixem _HMI. Program v kontroléru bude nadřazený, síťové proměnné se tedy vytvoří v programu pro PLC. Postup vytvoření netvars je následující:

1. Global Variables > Add object…
2. Vytvoříme soubor *.exp s proměnnými netvars_IN, zvolíme *Add network* a *Export before compile*. Network type: UDP a zaškrtneme Pack variables a Read
3. Nyní soubor netvars_OUT.exp, zde zvolíme parametr Write, případně Cyclic transmission.
4. Build… (vygenerují se oba soubory *.exp)
5. Analogicky se vytvoří seznamy síťových proměnných i v aplikaci pro panel, s tím rozdílem, že se zvolí možnost "import before compile" a použijí se již zkompilované soubory exp. Je důležité zachovat správný list identifier (COB-ID) pro stejné soubory. V tomto okamžiku jsou propojené obě aplikace skrze soubory se síťovými proměnnými. Pokud je vytvořena nová síťová proměnná v PLC, je automaticky namapována i do aplikace pro panel.

Teoreticky nyní stačí jen nahrát příslušné programy do zařízení a síťové proměnné jsou synchronizovány. Bohužel, zřejmě díky chybě ve firmwaru v HMI zařízení Wago Perspecto se nepodaří vždy uspět. Zejména, když je přidána nová síťová proměnná, zařízení spolu přestanou komunikovat skrze netvars. Toto je možno řešit resetem obou zařízení a znovunahráním aplikace do ETS 3.



Obrázek 5.17: Hlavní okno vizualizace

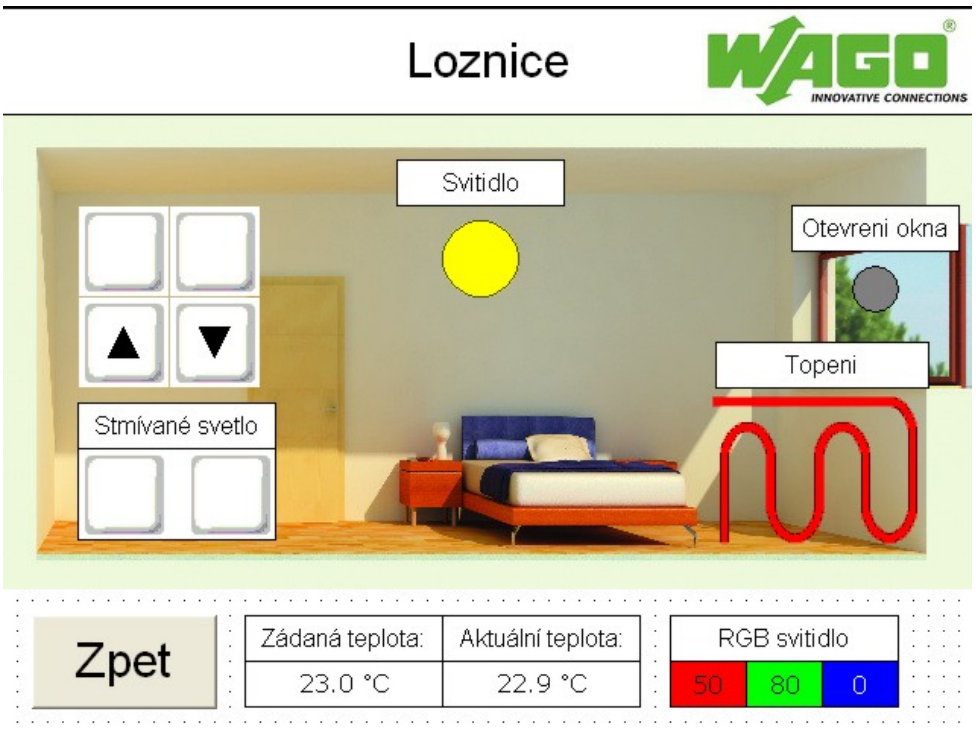
5.7.1 Dotykový panel

Hlavní okno vizualizace (obr. 5.17) je pojmenované *PLC_Visu* a zobrazuje zmenšený náhled domu na pozadí stejné grafiky jako u celého panelu. Jsou tak zobrazeny stavy svítidel, s výjimkou světla v dětském pokoji (viz. předřadník bez zpětné vazby, k. 4.5.2). Dále zobrazuje stavy kontrolek, okenních kontaktů a indikace topení. Prostor na obou stranách domu je využit k zobrazení informace o pokojových teplotách aktuálních a požadovaných, dále přesný čas a informace z měřicího modulu. Ovládací prvky jsou tlačítka v místnostech, jejich počet byl redukován kvůli rozměrům displeje. Navíc jsou k dispozici tlačítka pro ovládání režimu démon a pro centrální vypnutí světel.

Místnost ložnice (5.18) má svoji vlastní vizualizaci, jež se zobrazí po kliknutí do prostoru místnosti. Zde je pro ovládání k dispozici všech šest tlačítek a kromě údajů již obsažených v hlavním okně je tu navíc informace o intenzitě jednotlivých barevných kanálů DALI RGB svítidla.

5.7.2 PDA

Široké možnosti vizualizace byly demonstrovány jednoduchou aplikací na PDA. Zařízení PDA se připojuje prostřednictvím wi-fi Access Pointu umístěném v těle konstrukce přímo k webovému rozhraní kontroléru PLC.



Obrázek 5.18: Detail vizualizace ložnice

Kapitola 6

Laboratorní úlohy

Demonstrátor má největší význam v případě jeho využití pro výuku studentů. Dovolím si tedy navrhnout několik laboratorních cvičení.

6.1 Úloha 1 (práce s DALI)

Tato úloha seznámí studenty se sběrnicí DALI pro digitální adresování svítidel. Studenti si v CoDeSysu otevřou projekt s již nahranou hardwarovou konfigurací PLC a postupně vytvoří funkční bloky pro DALI master a konfigurační nástroj jako vizualizaci. Tímto nástrojem poté přiřadí adresy svítidlům a určí jejich pořadí, poté vytvoří skupiny a seznámí se s několika funkčními bloky. K ovládání svítidel využijí tlačítka zapojených do DI kontroléru. Naprogramují si funkce časového a centrálního vypnutí. Vyzkouší si práci se světelnými scénami.

Postup:

1. Prostudujte si kapitoly Oživení sběrnice DALI (5.2) a Obecné informace o DALI (2.2)
2. Vytvořte nový projekt v CoDeSysu a nahrajte hardwarovou konfiguraci. Naimportujte knihovnu `Dali_02.lib` do CoDesysu.
3. Podle návodu vytvořte blok DALI_master_joblist a visualizaci s konfiguračním nástrojem. Poté zkompilujte a spusťte.
4. Pomocí konfiguračního nástroje proveďte zahajte nové adresování a přiřaďte adresy v pořadí R,G,B. Pro jedno ze svítidel vytvořte skupinu.
5. Uložte v konfiguračním nástroji několik světelných scén
6. Vytvořte v CoDeSysu algoritmus pro centrální vypnutí, časové sepnutí, vyvolání barevné scény. Zobrazte status svítidel. Použijte funkční bloky z knihovny.

6.2 Úloha 2 (práce s ETS3)

Seznamte studenty se sběrnicí KNX a s její konfigurací v programu ETS3. Studenti si vyzkouší připojit nového účastníka ke sběrnici, seznámí se s topologií a skupinovými adresami. Vytvoří nové komunikační vazby s propojením na PLC. Následně budou monitorovat provoz na síti a hledat význam paketů.

Postup:

1. Seznamte se s KNX v kapitolách 2.1 a s aplikací ETS 3 v kapitole 5.1
2. Otevřete si připravený projekt v ETS 3 a do okna topologie přidejte nového účastníka (tlačítko). K tomu je třeba sejmout aplikační modul a aktivovat sběrnicovou spojku. Nezapomeňte nahrát spolu s novou individuální adresou také aplikaci do nového účastníka.
3. Vytvořte novou komunikační skupinu kam vložíte komunikační objekt tlačítka a nějakého akčního členu na sběrnici (např. žaluzie). Příkazem *Partial download* aktualizujte aplikace v přístrojích.
4. Otevřete si projekt v CoDeSysu a vytvořte novou proměnnou typu *fbDPTSwitch*. Exportujte sym-xml soubor příkazem *Bulid* a importujte ho v ETS 3 do parametrů pro IP-controller. Nově vytvořený komunikační objekt svažte s již vytvořenou skupinou a aktualizujte.
5. Zkompilujte program v CoDeSysu a spusťte (svítí-li USR LED zeleně, import z ETS3 proběhl v pořádku) a sledujte zmáčknutí daného ovladače vyvolá odezvu i v CoDeSysu.
6. Sledujte aktivitu na sběrnici pomocí nástroje *Group monitor* a vyhodnoťte jednotlivé pakety.

6.3 Úloha 3 (propojení na systém BACnet)

Tato úloha předpokládá dostupnost Wago BACnet kontroléru s TP1 modulem pro KNX. Demonstruje možné propojení sběrnice KNX s BACnet sítí. Studenti budou pracovat se dvěma PLC kontroléry a monitorovat BACnet síť pomocí aplikace WAGO BACnet configurator. Nutná je i funkční instalace ETS 3 kvůli synchronizaci nových proměnných v obou kontrolérech.

1. Prostudujte kapitolu 2.4 a 5.4
2. Otevřete si vzorový projekt v CoDeSysu pro BACnet kontrolér. Pomocí funkčních bloků vytvořte BACnet objekty typu Digital Output a Digital Input a svažte je s interními proměnnými v CoDeSysu.

3. Spusťte WAGO BACnet configurator a zvolte autodetekci zařízení. Proveďte nejprve export sym-xml souboru příkazem *Bulid* v CoDeSysu a poté importujte do konfigurátoru. Sledujte zda se proměnné zobrazí a zda jsou svázány s programem v PLC

4. Nyní spusťte program v CoDeSysu pro KNX kontrolér. V něm vytvořte KNX proměnnou typu DPT_switch, a exportujte sym-xml. Stejnou proměnnou vytvořte i v BACnet kontroléru a zkompilujte znovu sym-xml soubor tentokrát s parametry pro KNX.

5. Spusťte ETS 3 a nahrajte parametry sym-xml pro IP-controler (program pro PLC KNX) a do IP-device (program pro BACnet PLC). Vytvořte skupinovou adresu pro komunikaci obou kontrolérů a vložte do ní komunikační objekty odpovídající oběma proměnným.

6. Změňte hodnotu proměnné v BACnet konfiguratoru a sledujte zda se změna propaguje skrz oba kontroléry a do PLC KNX. Zkuste totéž opačným směrem.

6.4 Úloha 4 (tvorba vizualizace za použití *netvars*)

Tvorba jednoduché vizualizace za použití síťových proměnných. Tato úloha je podmíněna vydáním nového firmwaru pro dotykový panel, protože v současnosti je práce s netvars je obtížná.

1. Přečtěte si návod na netvars v kapitole 5.7

2. Otevřete si vzorový program v CoDeSysu. Vytvořte seznam globální síťových proměnných netvars_IN a netvars_OUT a exportujte.

3. Otevřete si program pro panel seznamy s netvars do něj importujte.

4. Vytvořte jednoduché tlačítko ve vizualizaci, které bude ovládat některé svítidlo

5. Vytvořte proměnnou pro stav jiného svítidla a tento stav zobrazte ve vizualizaci graficky.

Kapitola 7

Závěr

Při práci na tomto projektu jsem se seznámil se sběrnicí KNX/EIB a s tvorbou projektu v konfiguračním prostředí ETS 3. Všechna zařízení KNX jsou součástí projektu ETS 3, kde jsou definované komunikační vazby a síťová topologie. Vzhledem k decentralizované povaze sběrnice KNX tyto zařízení pracují bez ohledu na stav PLC. V modelu jsou dále použity otevřené sběrnice DALI pro digitální adresování svítidel a bezdrátová technologie EnOcean s vícekanálovým piezoelektrickým vysílačem. Též bylo v rámci práce realizováno funkční propojení na systém BACnet skrze dva PLC kontroléry s TP1 rozhraním spojené fyzickým médiem KNX.TP.

Hlavní řídicí algoritmus je vykonáván modulárním konrolérem PLC od firmy WAGO. Kromě sběrnicových zařízení obsahuje model řadu prvků zapojených přimo do I/O modulů PLC. V modelu je též instalován dotykový displej CP-104 Perspecto, na němž běží vizualizace domu, kde je zobrazen stav a možnost ovládat zařízení. Vzdálený přístup k vizualizaci a správě je možný prostřednictvím ethernetu a wi-fi díky instalovanému Access Pointu.

Konstrukce modelu je zhotovena z pohledových hliníkových profilů *item*, všechna zařízení přiznaná na panelu jsou v nástěnném provedení s profesionálně vytvořeným grafickým pozadím. Boční stěny konstrukce vybaveny informačním posterem viz. přílohy a reklamními logy sponzorských firem. Zadní stěna obsahuje vestavěný rozvaděč a elektrickou venkovní žaluzii. Navrhl jsem kompletní elektroinstalaci domu včetně osazení rozvaděče a panelu. Elektroinstalační schémata jsou dokumentována v této zprávě.

Věřím, že realizovaný demonstrátor najde své uplatnění jako pomůcka při výuce otevřených sběrnic pro domovní automatizaci. Z tohoto titulu jsem si dovolil navrhnout několik laboratorních úloh.

Demontrátor byl úspěšně dokončen a prezentován na veletrhu s elektronikou Ampér 2010 pod záštitou firmy Wago Elektro, s. r. o.

Literatura

[1] anonym: Sběrnice pro řízení inteligentních budov. *FEL ČVUT*, 2009.

[2] kolektiv autorů: *ASHRAE Standard – A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks (BACnet)*. Tullie Circle NE, první vydání, 1995.

[3] kolektiv autorů: *KNX základní kurs*. Konnex, první vydání, 2009.

[4] Krákora, J.: CoDeSys runtime na HMI Wago CP-104 Perspecto. *WAGO*, 2010.

[5] Merz, H.; Hansemann, T.; Hübner, C.: *Automatizované systémy budov*. GRADA Praha, první vydání, 2008, 261 s., iSBN 978-80-247-2367-9.

[6] Novák, J.: Přednášky k předmětu Sběr a přenos dat. 2010, ⟨https://measure.feld.cvut.cz/cs/vyuka/predmety/A5M38SPD⟩.

[7] Nývlt, O.: *Automatický návrh řízení pro domovní automatizaci*. Diplomová práce FEL-ČVUT, první vydání, 2008.

[8] Nývlt, O.: Protocols and Systems for Home and Building Automation. *FEL ČVUT*, 2009.

[9] [online]: 3S Software Alliance. 2010, ⟨http://www.3s-software.com/*ångle*.

[10] [online]: BACnet standard. 2010, ⟨http://www.big-eu.org/⟩.

[11] [online]: DALI standard. 2010, ⟨http://www.dali-ag.org/⟩.

[12] [online]: EnOcean. 2010, ⟨http://www.enocean.com/⟩.

[13] [online]: EnOcean alliance. 2010, ⟨http://www.enocean-alliance.org/⟩.

[14] [online]: Gira katalog. 2010, ⟨http://www.gira.com/⟩.

[15] [online]: Haberkorn katalog. 2010, ⟨http://www.haberkorn.cz/ke-stazeni/⟩.

[16] [online]: Katalog inels - tk_inels_2010.pdf. 2010, ⟨http://www.inels.cz/⟩.

[17] [online]: Konnex Association. 2010, ⟨http://www.knx.org/⟩.

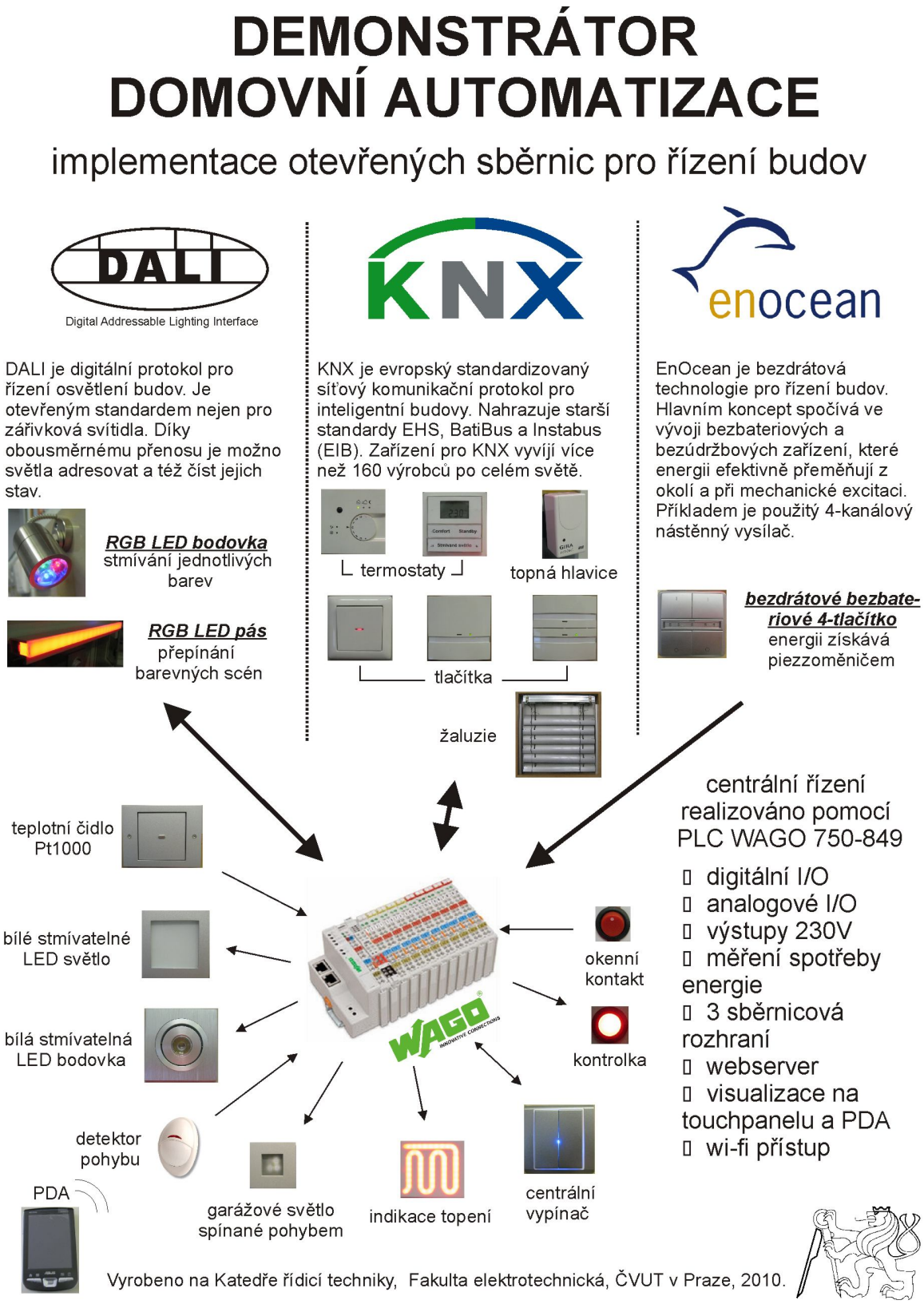
[18] [online]: Wago katalog. 2010, ⟨http://www.wago.com⟩.

[19] [online]: Wikipedia - PLC. 2010, ⟨http://en.wikipedia.org/wiki/Programmable_logic_controller/⟩.

[20] Vozár, V.: *Model automatizace budov*. Diplomová práce FEL-ČVUT, první vydání, 2005.

[21] WAGO: KNX_StarterKit_navod_pro_oziveni.pdf. 2010.

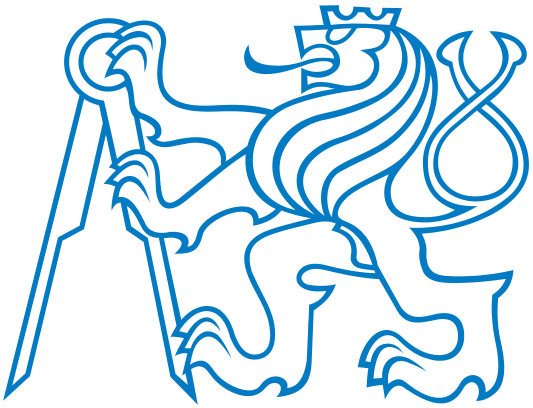
Příloha A : Informační poster



Příloha B : Obsah CD

Přiložené CD obsahuje data v těchto adresářích:

- `programs` : zdrojové kódy v CoDeSysu
- `latex` : zdrojové soubory pro publikaci v systému LaTeX
- `ets3` : projekt v ETS 3 a vd soubory
- `user_guides` : katalogové listy a manuály pro oživení



Demonstrátor automatizace budov

Text byl připraven pomocí typografického systému LaTeX 2_ε a nástroje na generování soupisu literatury BibTeX.

Obrázky v textu vytvořeny za pomocí programů CorelDRAW a IrfanVIEW.

Pavel Krejza **Praha, 2010**