ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta elektrotechnická
Katedra řídící techniky

Řízení a monitoring systému osvětlení
Control and monitoring of lighting system

Bakalářská práce

Studijní program: Kybernetika a robotika
Studijní obor: Systémy a řízení

Vedoucí práce: Ing. Václav Matz, Ph.D.

Jakub Šimmer

Praha 2014

ABSTRAKT

Komunikační protokol DALI je jedním z nejznámějších a nejvíce používaných protokolů v oblasti světelné techniky. Jeho jednoduchost, odolnost, energetická nenáročnost jsou hlavními důvody jeho nasazení. Bakalářská práce se věnuje praktickému nasazení tohoto komunikačního protokolu s cílem řízení osvětlení v reálném rodinném domě. V rámci bakalářské práce bude řešena implementace protokolu v rámci nadřazeného řídícího systému NIAGARA AX pomocí ovladače elitedali a praktické vytvoření aplikace pro řízení a monitoring osvětlení v rodinném objektu. Součástí monitoringu osvětlení je také monitoring měření spotřeby elektrické energie světelného okruhu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Komunikační protokol, DALI, NIAGARA AX, Hawk, elitedali, aplikace.

ABSTRACT

Communication protokol DALI is one of the most well known and the most used protocols in a field of lighting technology. It‘s simplicity, immunity, energy savings are main reasons for it‘s expansion. Bachelor thesis consists of implementation of the protocol within control superior system NIAGARA AX by using elitedali driver and making an application for control and monitoring of lighting system in a real family house. Part of monitoring of the lighting system is also monitoring of energy consumption measurement of the lighting electrical circuit.

KEYWORDS

Communication protocol, DALI, NIAGARA AX, Hawk, elitedali, aplikace.

ŠIMMER, J. Řízení a monitoring systému osvětlení. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická. Katedra řídící techniky, 2014.

Bakalářská práce. Vedoucí práce: ing. Václav Matz, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Řízení a monitoring systému osvětlení jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Praze dne 15. 5. 2014 .....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce ing. Václavu Matzovi Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce. Konkrétně pak za školení v softwaru Coach AX.

V Praze dne 15. 5. 2014 .....

(podpis autora)

OBSAH

Obsah **v**

Seznam obrázků **vii**

Seznam tabulek **ix**

Úvod **1**

1 DALI **2**

1.1 Fyzická vrstva DALI 3

1.1.1 Předřadníky 3

1.1.2 Řídící jednotky 4

1.1.3 Kabeláž, topologie sítě 5

1.1.4 Napájecí zdroj 7

1.2 Linková vrstva DALI 8

1.3 Skupiny a světelné scény 9

1.4 Výhody nasazení DALI 12

1.5 DALI a BMS 10

1.5.1 DALI jako samostatný systém 11

1.5.2 DALI jako podsystém 11

1.5.3 DALI jako ryzí podsystém 12

2 Programovací prostředí Niagara AX **13**

2.1 Tridium 14

3 Systémy AX **15**

3.1 Řídící jednotka HAWK 15

3.1.1 Technické parametry 15

3.1.2 Výběr správné série a licence 16

3.2 Coach AX 17

3.3 Arena AX 17

3.4 Centra Line 17

4 Elitedali **18**

4.1 CNS 19

5 Vlastní práce **20**

5.1 Prostředí Coach AX 20

5.1.1 Navigace 20

5.2 Konfigurace sítě 22

5.2.1 Fyzické zapojení 22

5.2.2 Softwarová konfigurace 23

5.3 Logika řízení 25

5.3.1 Nejdůležitější datové body použitých zařízení 25

5.3.2 Modelová situace řízení osvětlení 26

5.4 Monitoring 29

5.4.1 Spotřeba elektrické energie 30

6 Závěr **31**

Literatura **x**

Seznam symbolů, veličin a zkratek **xii**

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Logo DALI – Digital Addressable Lighting Interface (převzato z [4]).....2
Obr. 2: Zapojení senzorů a řídící jednotky, metoda 1 (převzato z [5]) 4
Obr. 3: Zapojení senzorů a řídící jednotky, metoda 2 (převzato z [5]) 5
Obr. 4: Sériové zapojení (převzato z [3]).....6
Obr. 5: Paralelní zapojení (převzato z [3]) 6
Obr. 6: Sérioparalelní zapojení (převzato z [3]).....6
Obr. 7: Pěti žilový kabel DALI (převzato z [1]) 7
Obr. 8: Polarita u předřadníků na DALI sběrnici (převzato z [1]) 7
Obr. 9: Definice logických úrovní na DALI sběrnici (převzato z [1]) 8
Obr. 10: Struktura DALI rámce (převzato z [2]).....8
Obr. 11: Přímý paket (převzato z [2]) 8
Obr. 12: Zpětný paket (převzato z [2]).....9
Obr. 13: Časová posloupnost na sběrnici (převzato z [2]) 9
Obr. 14: Světelné scény DALI (převzato z [3]).....10
Obr. 15: DALI jako samostatný systém (převzato z [5]) 11
Obr. 16: DALI jako podsystém (převzato z [5])¨ 11
Obr. 17: DALI jako ryzí podsystém (převzato z [5]) 12
Obr. 18: Porovnání N-N struktury s Niagara N-1 (převzato z [7]).....14
Obr. 19: Niagara AX základem Centra Line AX řešení (převzato z [9]) 15
Obr. 20: Schéma implementace elitedali (převzato z [17]) 18
Obr. 21: eDIM, význam svorek fyzického rozhraní elitedali (převzato z [19]).....19
Obr. 22: Možnosti připojení eDIM a Hawk (převzato z [17]) 19
Obr. 23: Prostředí Coach AX 20
Obr. 24: Navigace v Coachi AX, operace nad platformou 21
Obr. 25: Navigace v Coachi AX, operace nad stanicí 21
Obr. 26: Fyzické zapojení Dim sítě (převzato z [19]).....22
Obr. 27: Zapojení DALI sběrnice k elitedali modulu (převzato z [19]) 23
Obr. 28: Softwarové moduly pro práci s elitedali 23
Obr. 29: Vložení Dim sítě do položky Drivers.....23

Obr. 30: Parametry bloku CLCwO 27
Obr. 31: Logika, centrální ovládání, složka Lighting_Sim 28
Obr. 32: Logika, řízení osvětlení, složka Garage 28
Obr. 33: Monitoring, Garage 29
Obr. 34: Monitoring, Vstupní stránka, Spotřeba 30

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Seznam zařízení DALI v aplikaci Matz_House 24
Tab. 2: Seznam skupin v aplikaci Matz_House.....24
Tab. 3: Proxy body, předřadník (převzato z [20]).....25
Tab. 4: Config body, předřadník / skupina (převzato z [20]) 25
Tab. 5: Proxy body, Tridonic Senzor (převzato z [20]).....26

ÚVOD

Předložená bakalářská práce se zabývá systémem řízení inteligentního osvětlení ve specifikované části rodinného domu. Systém inteligentního osvětlení je založen na světově známém komunikačním protokolu DALI.

Teoretický popis protokolu je uveden v první kapitole projektu. Kapitola se především zabývá fyzickou vrstvou protokolu stejně tak jako strukturou datových rámců. Kromě jiného jsou v první kapitole zmíněny výhody při nasazení komunikačního protokolu DALI.

Následující kapitoly se zaměřují na popis softwarového nástroje NIAGARA AX Framework. Tento nástroj umožňuje integraci slaboproudých systémů automatizace budov. Mezi tyto systémy se mohou řadit řídící systémy vytápění, ventilace, klimatizace, bezpečnostní systémy, systémy osvětlení, atd.

Cílem bakalářské práce je vytvoření funkční aplikace pro řízení inteligentního systému osvětlení užívající DALI síť v rámci programu NIAGARA AX Framework. Pro konfiguraci DALI sítě a možnost práce s DALI komponentami v nadřazeném BMS (Building Management System) systému je v této práci použit ovladač a rozhraní elitedali společnosti Control Network Solution.

V dnešní době si každý koncový uživatel přeje mít možnost monitorovat stav systému. Ať se jedná o monitoring rodinného domu, průmyslové výroby, ekonomických bilancí, atd. To platí také o osvětlení. Cílem je sledovat osvětlenost, stav svítidel, pohyb, průběh veličin v čase a především mít kontrolu nad systémy osvětlení, což umožňuje efektivní řízení osvětlení s cílem dosáhnout větších energetických úspor.

1 DALI

Zkratka DALI znamená v angličtině Digital Adressable Lighting Interface. Dá se říci, že DALI je inteligentní osvětlovací systém, který je populární svou úsporou energie, snadnou instalací a údržbou, řídícími funkcemi a nenáročností při změně topologie.

DALI není fyzický produkt. Je to standardizovaný průmyslový protokol, který umožňuje sjednocení rozličných DALI zařízení (světelných zdrojů, řídících modulů, senzorů, regulátorů, vypínačů, atd.) od různých výrobců v jednotný kompatibilní systém.

DALI protokol byl zahrnut v evropské normě EN 60929 do roku 2009. Dnes je definován v mezinárodní normě IEC 62386 ([1] Tridonic, 2013).

Technologie řízení osvětlení v minulosti využívaly buď analogové rozhraní, nebo vlastní digitální ovládání. Obojí má své nevýhody. Analogové stmívací systémy nejsou schopné přistupovat k jednotlivým světlům individuálně, jsou složité, finančně náročné a pozdější možná změna funkce nebo topologie je téměř nemožná. Vlastní digitální ovládání má oproti analogovému přístupu své výhody. Přesto ani tímto způsobem se nedají jednotlivá zařízení řídit individuálně. Digitální ovládání je ještě více složité a finančně náročné.

Protokol DALI definuje nový standard pro číslicovou komunikaci mezi jednotlivými komponentami osvětlovacího systému. Poskytuje poměrně snadnou komunikaci, snadnou instalaci, dostatečné řídící funkce, flexibilitu při návrhu. Samotné drátování je snadnou záležitostí a tím i náklady na instalaci jsou poměrné nízké. Každé zařízení může být individuelně adresováno a zároveň může být součástí až šestnácti skupin. Náklady na údržbu jsou díky centrálnímu sledování jednotlivých zařízení a stavu světelných zdrojů sníženy. Díky záměrnému využívání slunečního svitu, díky snímání přítomnosti osob v místnosti jsou menší také náklady za energie. Kromě jiného tento standard umožňuje změnu funkcí, intenzity osvětlení, přeskupování aniž by byl nutný jakýkoli fyzický zásah do topologie.

Protokol DALI byl navrhnut největšími společnostmi v oblasti světelné techniky s myšlenkou nabídnout trhu se světelnou technikou standard, který naplňuje všechny požadavky a řeší složité úkoly snadno a levně.

Obr. 1: Logo DALI – Digital Addressable Lighting Interface (převzato z [4])

1.1 Fyzická vrstva DALI

DALI je otevřený protokol, který umožňuje vzájemnou zaměnitelnost zařízení od různých výrobců.

Na jeden DALI okruh může být připojeno až šedesát čtyři zařízení, přičemž každé je adresovatelné (na rozdíl od analogových systémů, kde jsou všechna zařízení „adresována“ společně). Pojmem zařízení se myslí předřadníky, senzory, ovládací panely a další komponenty mající jedinečnou adresu.

Jednotlivá zařízení jsou spojena standardizovaným kabelem spolu s řídícím modulem DALI, který může být v rozsáhlejším systému spojen s dalšími řídícími moduly. DALI síť může pracovat samostatně, nebo může být připojena jako podsystém k nadřazenému BMS pomocí brány, viz další kapitoly.

Konfigurace DALI systému může být snadno změněna bez ohledu na změnu fyzického zapojení ([5] Cristal, 2003).

1.1.1 Předřadníky

Předřadník na sběrnici DALI je elektronické zařízení sloužící k nastavení požadovaného proudu zářivkou a ke komunikaci s dalšími komponentami na sběrnici. Každý předřadník má svou vlastní jedinečnou adresu. V jednom DALI okruhu je maximálně šedesát čtyři adresovatelných zařízení, přičemž každé zařízení je schopné komunikovat s řídícím modulem individuálně. Pro adresování všech zařízení najednou se používá „broadcast“ adresy, všechny bity jsou nastavené na log1.

Kromě individuálního přístupu je možné předřadníky adresovat pomocí skupin. Skupiny slouží k naplnění světelné pohody uživatelů, k dosažení požadované intenzity osvětlení na pracovních plochách, atd. Jeden předřadník může být součástí maximálně šestnácti skupin.

Předřadníky jsou zvlášť konfigurovány a nastavené parametry jsou uloženy v paměti každého z nich. Nastavují se tyto parametry:

- Úroveň světelného toku (při zapnutí, maximum, při havárii systému)
- Doba stmívání a rychlost stmívání
- Adresa
- Skupiny
- Světelné scény

Dvoucestná komunikace umožňuje obousměrný datový tok. Díky tomu poskytuje předřadník zpětnou vazbu řídícímu modulu. Zpětnou vazbou se myslí:

- Stav světelného zdroje (zapnutý, vypnutý)
- Aktuální úroveň světelného toku (udává se v procentech výkonu, např. 50 %, 75 %)
- Identifikace chyby (např. při prasklé žárovce, nebo potřebě výměny zářivky na konci udržovacího období, atd.)

Rozsah stmívání předřadníků je 0,1 – 100 %. Spodní limit záleží na výrobci. Logaritmický průběh stmívání je standardizovaný a nejpohodlnější pro adaptaci lidského oka.

1.1.2 Řídící jednotky

DALI protokol byl vymyšlen za účelem poskytnutí široké škály možností pro řídící aplikace. Aplikace přinášejí multifunkční využití prostor. Jedna místnost může například sloužit jako přednášková místnost, kinosál, kancelář. Toho se dá dosáhnout správnou konfigurací předřadníků a naprogramováním řídícího modulu.

K přepínání naprogramovaných světelných scén dochází při podnětech ze snímačů přítomnosti, osvětlenosti, vypínačů, nástěnných panelů, atd.

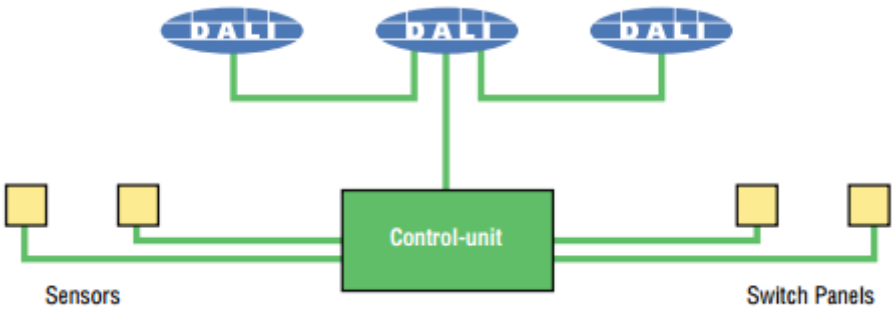
DALI může být také připojeno k nadřazeným systémům BMS. Základní aplikace mohou obsahovat jednoduché funkce jako časované zpoždění při zapnutí, vypnutí, stmívání. DALI lze aplikovat také ve starších už existujících světelných systémech za účelem dosažení určitých funkcí. Například vyměníme klasické 0-10V předřadníky za DALI předřadníky. Předřadníky DALI poskytují nadřazenému systému BMS informace o stavu světelného zdroje, monitoring osvětlení – procentuální hodnoty výkonu jednotlivých svítidel. Nutno podotknout, že jednoduchá DALI síť je funkční i bez řídící jednotky. Pro dosažení požadovaných funkcí je klíčová počáteční konfigurace předřadníků, přepínačů, senzorů. Zařízení jsou konfigurována externě připojením k sběrnici DALI pomocí speciálního USB modulu.

Je-li sběrnice DALI připojena k řídící jednotce, pak veškerá konfigurace parametrů komponent DALI probíhá přes ni. Ta kromě jiného může tvořit fyzické a logické propojení mezi senzory, přepínači a dalšími DALI zařízeními. Řídící jednotkou může být samostatné zařízení integrované v DALI kruhu. Řídící jednotka může být také integrována v BMS systému, který je s DALI sběrnicí spojený přes bránu ([5] Cristal, 2003).

Rozlišujeme dvě metody zapojení senzorů s řídící jednotkou.

Metoda 1

Senzory, ovládací panely, přepínače jsou k řídící jednotce připojeny každý zvlášť.



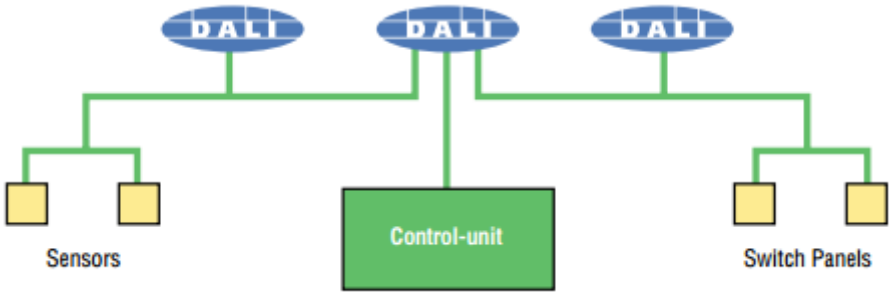
Obr. 2: Zapojení senzorů a řídící jednotky, metoda 1 (převzato z [5])

Řídící jednotky mohou být nástěnné nebo uchycené u stropu. Na přední straně jsou vstupy k připojení jakéhokoli typu senzoru (pohybový, senzor intenzity denního světla,

atd.), nebo vypínače. Jednotka po připojení vstupů automaticky rozpozná typ senzorů. Následně se manuelně konfiguruje jejich nastavení a vyhodnocování. Výstup řídící jednotky je samotná DALI sběrnice s předřadníky. Buď má řídící jednotka na výstupu svorky pro připojení DALI sběrnice, nebo jedná-li se o univerzální řídící jednotku, pak jsou k dostání převodní brány z univerzální sběrnice na specifickou. Příkladem může být převod ze sběrnice RS485 na sběrnici DALI.

Metoda 2

Senzory a přepínače jsou připojeny k řídící jednotce pomocí speciálního DALI kabelu. Spolu s předřadníky jsou senzory a přepínače součástí DALI sběrnice. To znamená, že každý senzor, přepínač či snímač má svoji unikátní adresu.



Obr. 3: Zapojení senzorů a řídící jednotky, metoda 2 (převzato z [5])

1.1.3 Kabeláž, topologie sítě

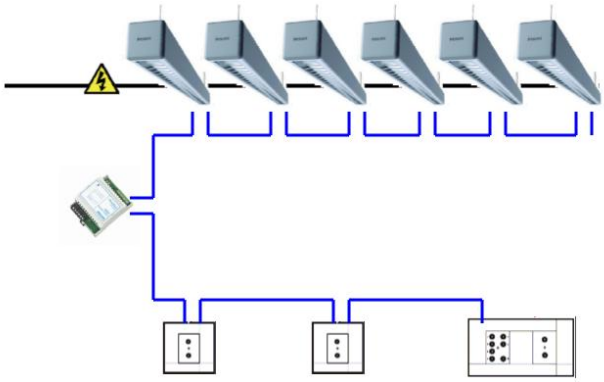
Na rozdíl od analogových systémů, řídící logika DALI nemá nic společného s fyzickým zapojováním kabelů. Instalace je v porovnání s klasickou elektroinstalací snadnější a tím, že není třeba pokládat extra kabely zaručující logickou funkci také ekonomicky výhodnější. Spínání, vypínání, přepínání se děje adresováním jednotlivých předřadníků.

Jak návrh tak realizaci silové a komunikační části inteligentního osvětlení usnadňuje standardizovaný kabel. Každé svítidlo na sběrnici je připojeno k silovým vodičům (typické značení fáze L, střední vodič N a ochranný vodič PE) a dvěma vodičům datovým (typické značení DA, DA). Datové vodiče se mohou nacházet ve stejném kabelu jako vodiče silové, pokud nedochází k rušení datového signálu. Datový kabel je možné vést také separátně od silového kabelu. Návrh záleží na rozhodnutí projektanta a také na rozmístění předřadníků, vypínačů a senzorů.

Při změně dispozice místnosti může být při vhodném prvotním návrhu provedena změna konfigurace svítidel bez jakéhokoli zásahu do elektroinstalace. Dobrým příkladem je třeba změna zasedací místnosti na kancelářskou místnost.

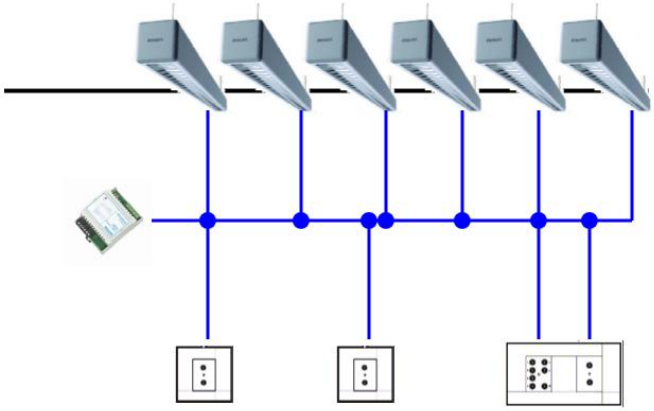
U DALI nezáleží na topologii sítě. Dokonce není zcela nutné předem přemýšlet jak připojit senzory, vypínače a nástěnné ovladače k předřadníkům. To lze provézt i následně bez jakéhokoli nutného přepojování. Nezáleží ani na topologii propojení jednotlivých předřadníků. Sběrnice DALI může být zapojena sériově, to znamená, že jednotlivé komponenty jsou propojeny za sebou. Nebo lze sběrnici DALI zapojit paralelně, což znamená, že zařízení na sběrnici se spojují v jednom bodě. Další možností je kombinace sériového a paralelního zapojení. Příklady jsou uvedeny na

následujících obrázcích. ([3] Philips, 2008).

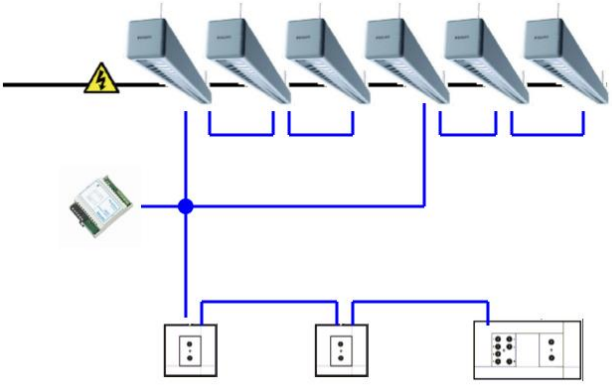


Obr. 4: Sériové zapojení (převzato z [3])

Výhodou sériového zapojení je pohodlnější pokládání kabelu. Na druhou stranu u zapojení do hvězdy se spotřebuje méně kabelu. Určitě ale nesmí dojít ke spojení do kruhu, neboli k vytvoření smyčky. DALI neuvažuje se zakončovacím odporem na konci kabelu, který by eliminoval možné rušení dat.



Obr. 5: Paralelní zapojení (převzato z [3])



Obr. 6: Sérioparalelní zapojení (převzato z [3])

Maximální délka jednoho DALI okruhu je 300m - to platí pro průřez kabelu 1,5 mm^2. Pro menší průřezy vodiče je maximální délka úměrně zkracována.

$$U_V = \frac{2 \cdot l \cdot I}{\gamma \cdot S} = \frac{2 \cdot 300 \cdot 0{,}25}{56 \cdot 1{,}5} = 1{,}786\ V \qquad (1)$$

Pro délku DALI okruhu 300 metrů, proud zdroje 250 mA, průměr měděného vodiče 1,5 mm^2 vychází úbytek napětí na vedení 1,786 V.

Obecně platí, že úbytek napětí v rámci jednoho DALI okruhu nesmí být vyšší jak 2 V. Toto kritérium má vyšší prioritu než maximální délka. V případě, že by úbytek napětí byl vyšší než 2 V na délku menší než 300 m, je třeba omezit délku.

Díky pomalému přenosu dat není třeba speciálních kabelů, jako například kroucené dvojlinky nebo stíněných kabelů.

Standardizovaný DALI kabel je pěti žilový, složený ze tří vodičů pro napájení světelného zdroje (L, N, PE) a dvou vodičů pro sběrnicovou komunikaci (DA, DA).

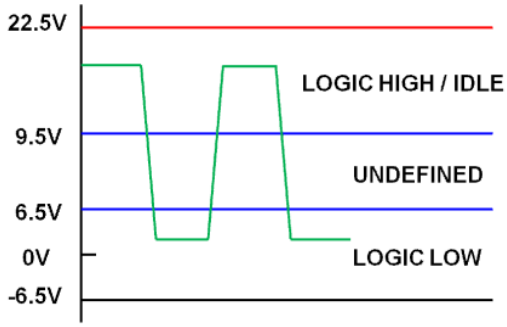
Obr. 7: Pěti žilový kabel DALI (převzato z [1])

Důležitým poznatkem je, že u konektorů na připojených komponentách nezáleží na polaritě datových vodičů. Viz obrázek č. 8.

Obr. 8: Polarita u předřadníků na DALI sběrnici (převzato z [1])

1.1.4 Napájecí zdroj

Logická nula, aktivní stav, je v protokolu DALI definována napětím v rozmezí (-6,5) – 6,5 V. Logická jednička, klidový stav sběrnice, je definována v rozpětí 9,5 – 22,5 V. Standardní napětí logické jedničky je obvykle 16 V.



Obr. 9: Definice logických úrovní na DALI sběrnici (převzato z [1])

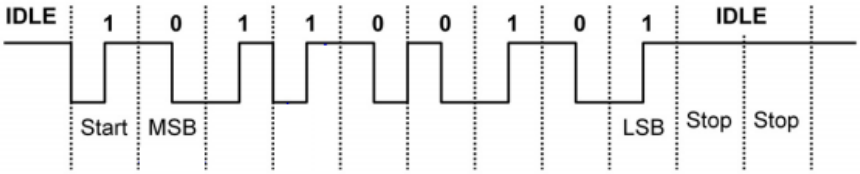
Maximální proud na sběrnici je roven 250 mA. Každému zařízení na sběrnici je dovoleno odebírat proud maximálně 2 mA.

Nejmenší možný systém (elektronický předřadník s řídící jednotkou) vyžaduje maximální proud 2 mA pro předřadník plus proud odebíraný řídící jednotkou. Neexistuje omezení maximálního proudu odebíraného řídící jednotkou.

V DALI okruhu nezáleží na umístění napájecího zdroje. V případě, že se v okruhu vyskytují dva a více napájecích zdrojů záleží na polaritě připojených datových vodičů sběrnice. V každém případě nesmí maximální odebíraný proud sběrnice překročit hodnotu 250 mA ([1] Tridonic, 2013).

1.2 Linková vrstva DALI

Klasická struktura DALI rámce odpovídá schématu na obrázku č. 10. V tomto případě se jedná o jediný byte. Níže jsou popsány ostatní typy rámců. Rámec vždy začíná jedním start bitem a končí dvěma stop bity. Sběrnice je v klidovém stavu v hodnotě logické jedničky – IDLE ([2] Microchip, 2012).



Obr. 10: Struktura DALI rámce (převzato z [2])

V DALI komunikaci uvažujeme dva druhy rámců. Prvním je tzv. přímý rámec (Forward frame). Přímý rámec je paket poslaný řídícím modulem do předřadníku. Rámec se skládá z jednoho start bitu, osmi bitů určujících adresu, osmi datových bitů a dvou stop bitů. Jako první se posílají bity MSB – významné bity.

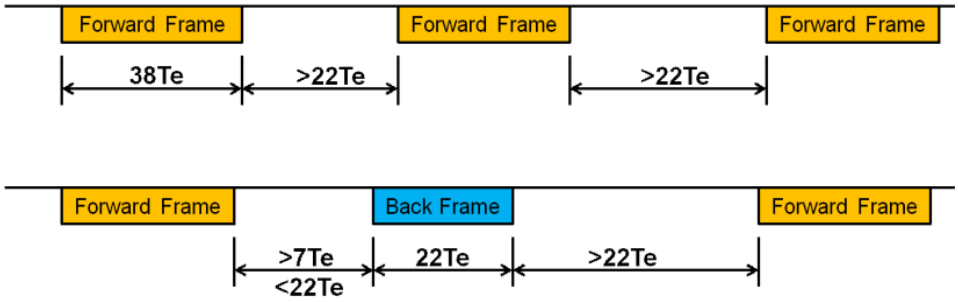
Obr. 11: Přímý rámec (převzato z [2])

- V případě Y = 0 se jedná o přesně definovanou adresu zařízení: 0AAA AAAS. Šesti bity je možno zakódovat 64 adres zařízení (0 – 63).
- V případě Y = 1 se jedná o adresu definované skupiny: 100A AAAS. Čtyřmi bity je možno zakódovat 16 skupinových adres (0 – 16).
  Adresa broadcastu je 1111 111S.
- V případě S = 0 bude datová část definovat hodnotu výkonu zátěže.
- V případě S = 1 bude datová část definovat příkaz.

Druhým typem rámce je tzv. zpětný rámec (Backward frame). Tento rámec vysílají předřadníky řídícím modulům. Rámec se skládá ze start bitu, osmi datových bitů a dvou stop bitů, viz obrázek č. 12.

Obr. 12: Zpětný rámec (převzato z [2])

V případě, že předřadník pošle na sběrnici hexadecimálně 0xFF, znamená to pro vysílající modul potvrzení předchozího příkazu. V případě, že odpověď (obsah zpětného rámce) je očekáván a sběrnice zůstává v klidovém stavu, znamená to pro řídící modul nesplněný předchozí příkaz. Zpětný rámec může nabývat i jiných hodnot než 0xFF, záleží na předchozím příkazu.



Obr. 13: Časová posloupnost na sběrnici (převzato z [2])

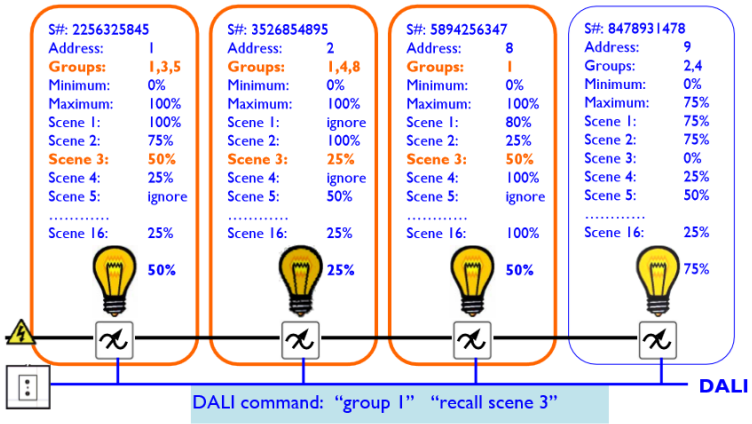
V kapitole zabývající se fyzickou vrstvou DALI protokolu je definovaná přenosová rychlost 1200 b/s. Parametr Te vyjadřuje dobu poloviny doby přenosu jednoho bitu, tj. 416,67 µs. Přenos přímého rámce trvá 38 Te, což se rovná 15,83 ms. Přenos zpětného rámce trvá 22 Te, to je 9,17 ms. Doba mezi dvěma přímými rámci musí být nejméně 22 Te. Doba mezi koncem přímého rámce a začátkem zpětného rámce musí být větší jak 7 Te a menší než 22 Te. Doba mezi koncem zpětného rámce a začátkem přímého rámce musí být nejméně 22 Te ([2] Microchip, 2012).

1.3 Skupiny, světelné scény, stmívání

Jedním z mnoha důvodů pro nasazení protokolu DALI je jeho flexibilita, jednoduchost při projektování a designování světelných scén.

Jak už bylo zmíněno dříve, přímý rámec se skládá z adresy. Na jedné DALI sběrnici jsme schopni adresovat až šedesát čtyři zařízení – předřadníků, senzorů, spínačů. Adresa zařízení je jedinečná. Kromě toho, že je k jednotlivým zařízením možno přistupovat individuálně, lze jednotlivá zařízení přidělovat do tzv. skupin. Jedno DALI zařízení na sběrnici může být součástí až šestnácti skupin. Při adresaci skupiny pak reagují všechna zařízení, která jsou její součástí.

Druhou částí přímého paketu je příkaz. Kromě příkazů typu „zapnout“, „vypnout“, popřípadě přímého nastavení intenzity osvětlení, je v každém předřadníku definováno šestnáct světelných scén. Jednotlivé scény se liší pouze změnou intenzity světelného toku v procentech. Obvykle jsou definovány pro celé skupiny světelných zdrojů.



Obr. 14: Světelné scény DALI (převzato z [3])

Dalším pojmem, který souvisí se světelnými scénami, respektive s přechody mezi světelnými scénami je doba stmívání (Fade time). Doba stmívání je časový úsek, během kterého se plynule mění svítivost světelného zdroje z výchozí svítivosti na požadovanou svítivost. Doba stmívání se aplikuje při příkazech GO TO SCENE, nebo při příkazu k nastavení přesné hodnoty svítivosti (Např. 60 %).

Dalším pojmem spojeným se stmíváním je rychlost stmívání (Fade rate). K jeho aplikaci dochází při příkazu UP a DOWN. Jedná se o situaci, kdy uživatel drží tlačítko ke zvýšení, snížení svítivosti. Jak rychle se svítivost mění záleží právě na velikosti Fade rate.

Jelikož je DALI digitální systém, míra svítivosti je zakódovaná v osmi bitech, tedy do dvě stě padesáti čtyř hladin, neboli kroků (Steps). Rychlost stmívání se udává v počtu kroků za sekundu. Nejvyšší rychlost stmívání je tři sta padesát osm kroků za sekundu. To znamená, že svítidlo plynule najede z 0 % na 100 % za sedm desetin sekundy. Doporučená rychlost stmívání je od čtyřiceti do šedesáti kroků za sekundu, tj. časový interval od čtyř do šesti sekund.

1.4 DALI a BMS

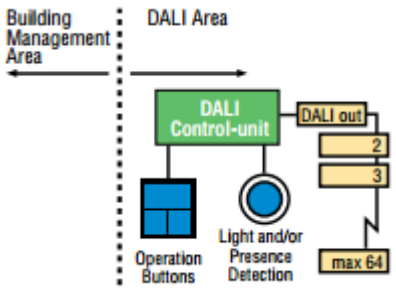
V zjednodušené formě si lze DALI představit jako systém složený pouze z předřadníku a řídící jednotky. Díky své flexibilitě je možné implementovat DALI do nadřazeného

systému jako například BMS. Řídící jednotka má pro komunikaci s předřadníky funkci Master. To znamená, že zařízení na DALI sběrnici přijímají příkazy z nadřazeného systému a zpětně nadřazenému systému předávají informace o stavu předřadníků, světelných zdrojů ([5] Cristal, 2003).

1.4.1 DALI jako samostatný systém

Jedná se o nejjednodušší možnost. Ve většině případů se skládá ze standardní řídící jednotky, přičemž nedochází k využití všech možných DALI funkcí. Systém je ryze soběstačný, bez jakéhokoli připojení k jinému systému. Všechny vypínače, ovladače, senzory jsou připojeny přímo k řídící jednotce.

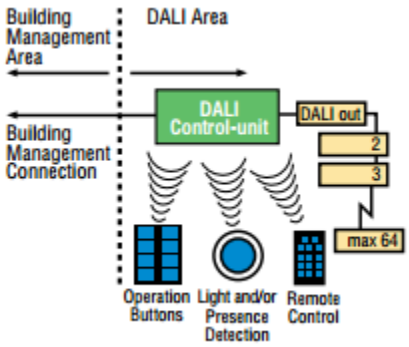
Ještě jednodušším zapojením by byla situace, která vůbec neuvažuje řídící jednotku. Jedná se pouze o předřadník se svítidlem a vypínač, stmívač, ovládací panel.



Obr. 15: DALI jako samostatný systém (převzato z [5])

1.4.2 DALI jako podsystém

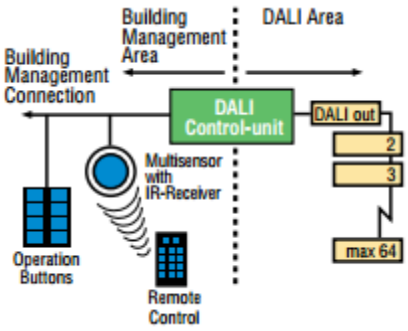
Jedná se o samostatný DALI systém, který je součástí BMS. Na rozdíl od předchozího příkladu je řídí jednotka spojená s nadřazeným systémem. Komunikace mezi DALI systémem a BMS je na úrovni chybových hlášení o aktuálním stavu zařízení. Senzory, dálkové ovladače a další ovládací prvky jsou připojeny k řídící jednotce DALI kabelem, nebo bezdrátově. Inicializace zařízení může být provedena v rámci BMS. Výhodou je, že systém může bez problému pracovat i bez připojení k BMS.



Obr. 16: DALI jako podsystém (převzato z [5])

1.4.3 DALI jako ryzí podsystém

V tomto případě slouží řídící jednotka DALI jako brána. Všechny zařízení v místnosti i v budově si vyměňují data v rámci BMS systému. Brána převádí příkazy z BMS do DALI a zpětně z DALI sítě do BMS informace o stavech jednotlivých zařízení. Typickými příklady nadřazeného systému jsou sítě BACnet, LonWorks nebo EIB KNX. Už u samotného návrhu se neuvažuje o možném zapojení DALI jako o samostatném systému. Inicializace jednotlivých zařízení a celkově systému osvětlení je součástí spouštění systému BMS.



Obr. 17: DALI jako ryzí podsystém (převzato z [5])

1.5 Výhody nasazení DALI

DALI protokol je v oblasti světelné techniky v Evropě považován za určitý standard už několik desítek let. Po mnoha úspěšných projektech se stal populárním po celém světě.

V rámci jednoho DALI okruhu lze připojit maximálně šedesát čtyři zařízení – zátěží, vypínačů, senzorů. To je ovšem pro velké průmyslové haly, konferenční centra a kanceláře nedostačující počet. Pomocí různých rozhraní, komunikačních bran, je možné propojit mnoho okruhů dohromady v jeden společný systém. Pro představu: v praxi v těch největších objektech bývá instalováno více než tisíc šest set DALI zařízení.

Dá se hrubě odhadnout, že spotřeba elektrické energie na osvětlení budovy je typicky 40 – 60 % celkové spotřeby elektrické energie. Až 60 % spotřeby elektrické energie pro osvětlování může být ušetřeno díky jednoduchým ekonomicky výhodným technologiím. K dosažení požadovaných hladin osvětlenosti je snaha co nejvíce využít denního světla. Díky možnostem nastavení výkonu svítidel, instalací senzorů pohybu a senzorů osvětlenosti dochází ke značným úsporám elektrické energie.

Další výhody vyplývají z předchozích kapitol, jako například snadná instalace, jak individuální tak skupinové adresování, přehled o stavu jednotlivých zařízení, automatické stmívání, možnost havarijního režimu, definice světelných scén, atd.

2 PROGRAMOVACÍ PROSTŘEDÍ NIAGARA AX

Niagara AX Framework je programový nástroj, vývojové prostředí spojené s moderním řízením budov. Tím se myslí především systémy ovládané po internetu, aplikace šité dle potřeb zákazníka. Niagara AX staví na základech položených předešlým projektem Niagara R2 spuštěným v roce 1999. Niagara R2 ([8] Niagara AX, 2014) představuje koncept softwarového nástroje, který sjednocuje data a chování různých zařízení bez ohledu na výrobce či komunikační protokol. Cílem je poskytnout trhu systém umožňující bezproblémové připojení k internetu a webové rozhraní. Niagara AX Framework využila koncept předešlého projektu R2 a posouvá ho na vyšší úroveň.

Implementace zařízení od různých výrobců do jedné aplikace je časově náročná a drahá. V Niagara AX je už tato implementace provedena. K vytvoření řídících aplikací, které užívají vzdáleně přístupných modulů pro pohodlí projektanta a slouží k zefektivnění správy budov a zvýšení výkonu, se vyplatí užít už vytvořeného jádra Niagara AX. To obsahuje následující funkce:

- Propojení komunikačních protokolů
- Otevřené API (Application Programming Interface)
- Nezávislost na výrobci
- Přístup přes webové rozhraní
- Rozsáhlá sada pracovních nástrojů

V minulosti bylo trendem shromažďovat data z různých míst v systému na jedno místo a následně data nahrát na server. V rámci struktury Niagara AX Framework je možné rozprostřít aplikace do distribuovaných výpočetních zařízení tvořících jeden systém. Niagara AX je navržena pro podporu rozsáhlých aplikací běžící na mnoha zařízeních, na mnoha místech.

Výhodou Niagara AX je schopnost práce na různých platformách. Platformou se v tomto případě rozumí fyzické zařízení (osobní počítač, integrátor, regulátor, panelový počítač). Niagara může běžet na různých hardwarových zařízeních, operačních systémech včetně Microsoft Windows, Linux a Solaris. Tím, že je Niagara AX Framework psán v Javě, stačí mít na dané platformě nainstalovanou správnou verzi JVM (Java Virtual Machine). To umožňuje značnou flexibilitu.

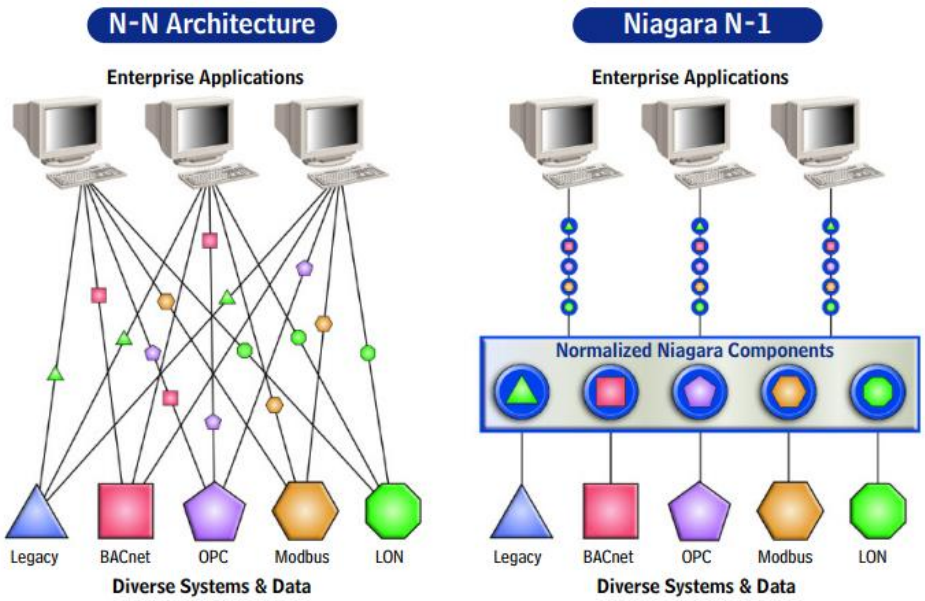
Niagara AX obsahuje řídící jádro provádějící aplikace od jednoduchého lokálního řízení přes aplikace s obsáhlými řídícími strategiemi a náročnou logikou. Zabudované funkce umožňují aplikacím provádět řízení, předávat chybové hlášení, sdělovat události koncovému uživateli v reálném čase. Komunikace přes internet a webové služby umožňují sledování, vyhodnocování dat a trendů, ale také tvorbu a správu aplikací přes vzdálený přístup, okno webového prohlížeče.

Niagara AX je vysoce flexibilní nástroj. Umožňuje ostatním vývojářům rozšířit své možnosti bez jakékoli závislosti na společnosti Tridium jako dodavateli. Otevřené API,

rozsáhlý zdrojový kód a obsáhlá dokumentace poskytuje vývojářům prostředky k vytvoření ovladačů pro specifické systémy v podnikání či systémy v průmyslu založených na Niagara AX Framework. Jeden z příkladů je ovladač elitedali.

Tvorbou aplikací založených na propojení zařízení různých platforem, systémů a výrobců přichází Niagara AX s novým termínem – Niagara Model Komponent. Komponentami se myslí virtuální datové body. Ty slouží ke sjednocení celkového procesu tvoření aplikací. Projektanti pracují stále v jednom stejném prostředí. Nezáleží na tom, jedná-li se o projektování jednoho integrovaného systému, nebo o projektování rozsáhlé aplikace s mnoha integrovanými sítěmi užívajícími různých komunikačních protokolů ([7] Tridium).

Transformaci dat z rozličných systémů užívajících odlišných komunikačních protokolů do standardizovaných komponent představuje struktura N-1. Na rozdíl od struktury N-N přináší metody N-1 založené na integraci virtuálních komunikačních bran. Vývojáři nemusí tvořením a testováním bran ztrácet čas. Každé Niagarou normalizované zařízení, nebo systém je ihned kompatibilní s jakýmkoli jiným zařízením.



Obr. 18: Porovnání N-N struktury s Niagara N-1 (převzato z [7])

2.1 Tridium

Tridium je na trhu světovou jedničkou ve vývoji softwaru pro automatizaci, monitoring a aplikace v oblasti řízení budov. Společnost byla založena ve Spojených Státech Amerických v roce 1996. Krátce po založení se rozrostla a v roce 2001 vznikla Evropská pobočka. V roce 2005 zaujal koncept Tridia skupinu Honeywell natolik, že sami začali využívat technologii Niagara AX Framework ve svých projektech. Mnoho dalších světově známých společností jako Siemens, LG, CNS jsou partnery Tridia. Dnes působí Tridium po celém světě. Důkazem je tomu přes 230 000 nasazení Niagara AX Framework v různých aplikacích zabývajících se úsporou energií, automatizací, zabezpečovacími systémy, řízením osvětlení ([6]) Tridium Europe).

3 SYSTÉMY AX

Označení AX představuje integraci rozdílných jinak neslučitelných systémů do jednoho nadřazeného systému. Jak Coach AX, Arena AX tak Hawk staví na programovém jádru Niagara AX od společnosti Tridium.

Obr. 19: Niagara AX základem Centra Line AX řešení (převzato z [9])

3.1 Řídící jednotka HAWK

Hawk je integrovaná řídící jednotka pro řízení systémů vytápění, ventilace, klimatizace (HVAC), systémů osvětlení, atd. Poskytuje možnosti řízení, monitoringu, zálohování dat, zabezpečení, časování, připojení k internetu, obsahuje integrovaný web server a tím možnost konfigurace a správy aplikací pomocí vzdáleného přístupu. Všechny funkce jsou integrovány v rámci této jedné platformy. Výhodou je kromě řízení a ovládání zařízení přes internet také možnost přístupu k aktuálním informacím přes webové uživatelsky příjemné rozhraní. Nasazení Hawku umožňuje efektivní plánování a nabízí chytré projekční možnosti, ať se jedná o projekt jakýchkoli velikostí.

3.1.1 Technické parametry

Hawk je k dostání ve třech sériích Hawk 200, Hawk 600, Hawk M2M. V rámci každé série lze zakoupit různé licence. V rámci licence se rozlišují parametry jako velikost paměti, počet podporovaných síťových ovladačů, rychlost procesoru. Hardware je pro všechny licence v dané sérii stejný. Při expanzi projektu stačí pouze zakoupit vyšší licenci.

Základní technické parametry ([16] Centraline). Konkrétní parametry závisí na sérii:

- Napájení. Hawk obsahuje konektor pro připojení napájení. Typicky je velikost napájecího napětí 15 V DC. Lze připojit externí moduly 24V AC/DC, 230V AC.
- Zabudovaný procesor IBM PowerPC 405EP o frekvenci 250 MHz pro sérii Hawk 200 a Hawk M2M, 524 MHz pro sérii Hawk 600.

- Dynamická paměť DRAM o velikosti 128 MB pro sérii Hawk 200 a Hawk M2M, 256 MB pro sérii Hawk 600.
- Záložní baterie. Délka zálohy při poruše je maximálně 5 minut.
- Pouzdro je přizpůsobeno pro uchycení na DIN lištu.

Hawk obsahuje tyto standardní porty:

- Port COM1 RS232
- Port COM2 RS485
- IP připojení: LAN1, LAN2
- Konektor pro napájení

Externě je možné připojit dva druhy I/O modulů:

- CLAXHAWKIO16: 8x univerzálních vstupů, 4x analogové výstupy, 4x digitální výstupy. K jednomu zařízení Hawk lze připojit až čtyři moduly tohoto typu ([11] Centraline).
- CLAXHAWKIO34: 16x univerzálních vstupů, 8x analogových výstupů, 10x digitálních výstupů. K jednomu zařízení Hawk lze připojit pouze jeden modul tohoto typu. Modul obsahuje integrované napájení 24 V AC/DC ([12] Centraline).

  Univerzální vstupy umožňují připojení teplotních snímačů 10 kΩ. Dále umožňují definovat nelineární charakteristiky. Parametry vstupů: 0 – 10 V DC, 4 – 20 mA. Analogové výstupy: 0 – 10 V DC. Digitální výstupy: max. 30 V AC/DC, max. proud 0,5 A.

  Výhodou série Hawk M2M je šestnáct už vestavěných vstupů a výstupů. Z toho je 8x univerzální vstup, 4x digitální výstup, 4x analogový výstup se stejnými parametry jako externě připojitelné I/O moduly.

Externě je možné připojit maximálně dvě přídavné karty:

- CLAXHAWKIFLON: FTT-10A LonWorks port.
- CLAXHAWKIF232: jeden RS232 port.
- CLAXHAWKIF485: dva RS485 porty.

3.1.2 Výběr správné série a licence

Při výběru regulátoru hrají roli jednotky kRU (kilo Resource Units). Jednotlivé licence jsou počtem kRU omezeny. Uvažovaná síť, počet zařízení v síti, počet datových bodů, možnost historie, to vše se přepočítává na odpovídající počet kRU.

V procesu výběru je důležité mít představu o velikosti aplikace, možném rozšíření do budoucna. K tomu pomohou následující body:

- Počet síťových ovladačů (LonWork, Bacnet, DALI, M-bus)
- Počet zařízení v každé síti
- Počet datových bodů na zařízení
- Rozsáhlost řídící logiky
- Počet datových bodů s historií
- Počet záznamů historie na jeden datový bod
- Počet datových bodů s alarmem
- Rozsah grafiky

Pro přesné určení typu Hawka existují tabulky, softwarové nástroje jako například Resource Estimator, který je součástí Coach AX. Obecně platí, že je lepší projekt naddimenzovat.

3.2 Coach AX

Pro samotný návrh aplikací je klíčový inženýrský nástroj Coach AX. Jedná se o softwarový, multifunkční nástroj pro prvotní konfiguraci regulátoru, nastavení připojených sítí, vytvoření řídících algoritmů, regulačních smyček, logických funkcí. Tvorba specifických aplikací může probíhat na osobním počítači v programu Coach AX i bez připojení k Hawka. Následně je vždy pouze jedna aplikace do Hawka nahrána. Po prvním nahrání stanice do Hawka je aplikaci možné upravovat online přes vzdálený přístup. Aplikace mohou využít síťových rozhraní, ovladačů, virtuálních zařízení, virtuálních spojení, už implementovaných řídících algoritmů, sběr dat, všelijakých hlášení potřebných ke specifické realizaci.

3.3 Arena AX

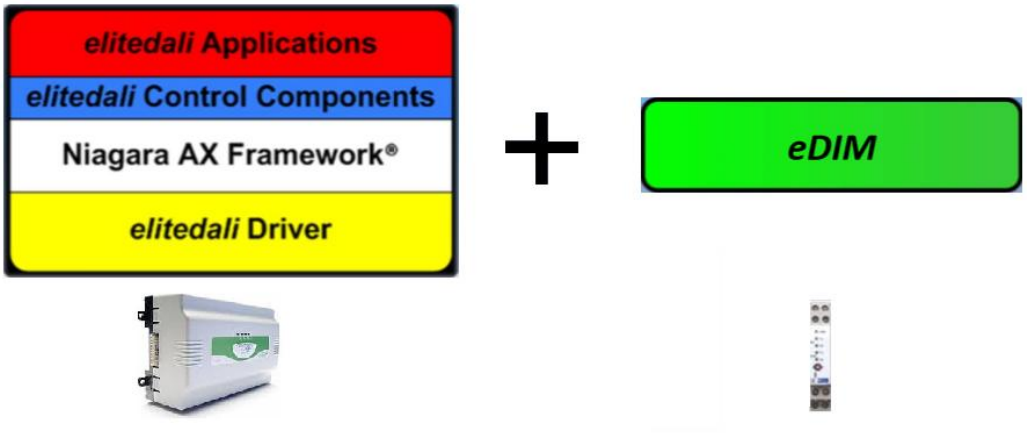
Arena AX je taktéž softwarový nástroj dohlížející na HVAC systémy, systémy osvětlení, bezpečnostní, požární systémy. Užívá se v rozsáhlejších aplikacích s několika Hawk regulátory. Nejběžnější otevřené systémy založené na komunikačním standardu TCP/IP jako například Modbus TCP, EIB KNX IP jsou v rámci Areny AX přímo integrovány. Kromě jiného poskytuje služby pro mobilní zařízení ke sledování trendů, grafů, vyhodnocování, predikce.

3.4 Centra Line

Obchodní značka CentraLine byla v roce 2004 prohlášena za samostatnou značku pro síťovou automatizaci budov společnosti Honeywell. CentraLine používá řešení, která jsou založena na technologiích společnosti Honeywell. Produkty firmy jsou součástí více než sta milionů domácností po celém světě. Trendem společnosti je zaměření se na systémy umožňující integraci různorodých sítí, systémů, technologií ([10] Centraline, 2014).

4 ELITEDALI

Elitedali je ovladač pro integraci DALI protokolu v rámci Niagara AX Framework. Elitedali dává formou modulu k dispozici všechny potřebné funkce ke zprovoznění DALI sítě v rámci rozsáhlejší aplikace k řízení, managementu a monitoringu systému osvětlení. Elitedali zde hraje roli komunikační brány mezi DALI sítí a BMS systémem, který je v tomto případě založen na Niagara AX Framework.



Obr. 20: Schéma implementace elitedali (převzato z [17])

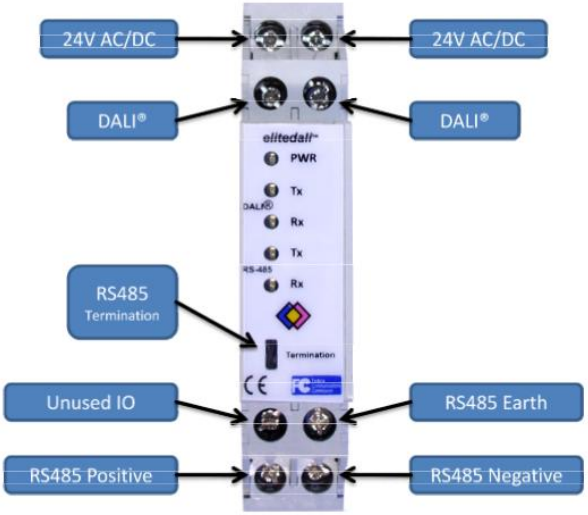
Propojení fyzického BMS zařízení (například Hawk od Centra Line, JACE od Tridium) s DALI sběrnicí zajišťuje propojovací sada od elitedali a to přímo přes port RS-485.

Sada obsahuje ([18] Control Network Solution):

- Licencovaný software elitedali: obsahuje elitedali ovladač a nástroje pro konfiguraci Dim sítě a DALI sítě, objekty DALI zařízení, řídící komponenty, standardní a specifické funkce.
- eDIM – elitedali DALI Interface Module: jedná se o fyzické rozhraní umožňující propojení řídící jednotky Hawk s DALI sběrnicí.

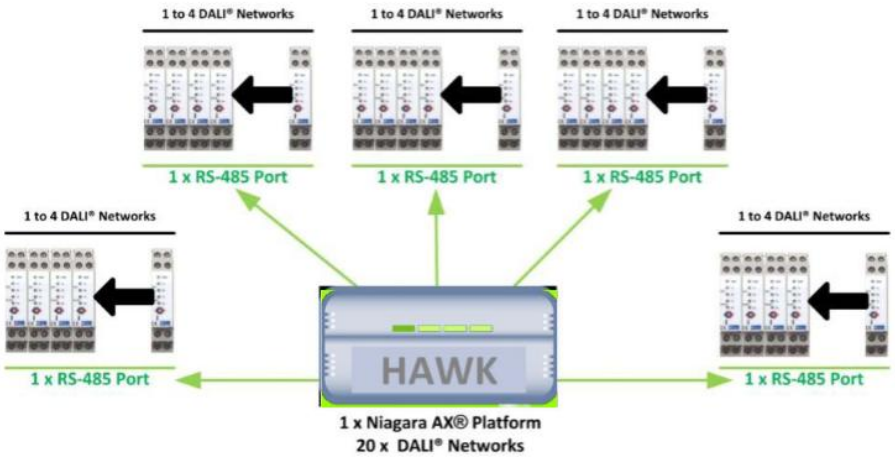
Propojovací sada elitedali poskytuje všechen software a hardware, který je potřeba k zprovoznění alespoň jednoho standardního DALI okruhu v rámci Niagara AX. Elitedali může být jeden z mnoha dalších systémů (HVAC, bezpečností systém, atd.) běžících na Niagara AX v rámci už nainstalovaných platforem. Cílem je sjednocení a zjednodušení řízení systémů.

Elitedali umožňuje napájení DALI sběrnice zdroji různých výrobců splňujících standardní požadavky DALI. Nezáleží na tom, z jakého zdroje budou předřadníky napájeny. To neplatí pro senzory. Řešení elitedali vyžaduje připojení standardizovaných senzorů společnosti CNS. Typickým je Tridonic Senzor snímající pohyb a hladinu osvětlenosti zároveň. Díky zabudované inteligenci poskytují plné řízení konstantní osvětlenosti a maximální využití přírodního světla.



Obr. 21: eDIM, význam svorek fyzického rozhraní elitedali (převzato z [19])

Jedna řídící jednotka Hawk může při zapojení dvou přídavných modulů (jeden modul obsahuje dva porty RS-485) dosáhnout maximálního počtu pěti portů RS-485. Na jeden port RS-485 lze připojit maximálně čtyři rozhraní eDIM. Celkově lze k jedné platformě Niagary AX (Hawk, JACE) připojit až dvacet okruhů DALI, maximálně 1280 DALI zařízení.



Obr. 22: Možnosti připojení eDIM a Hawk (převzato z [17])

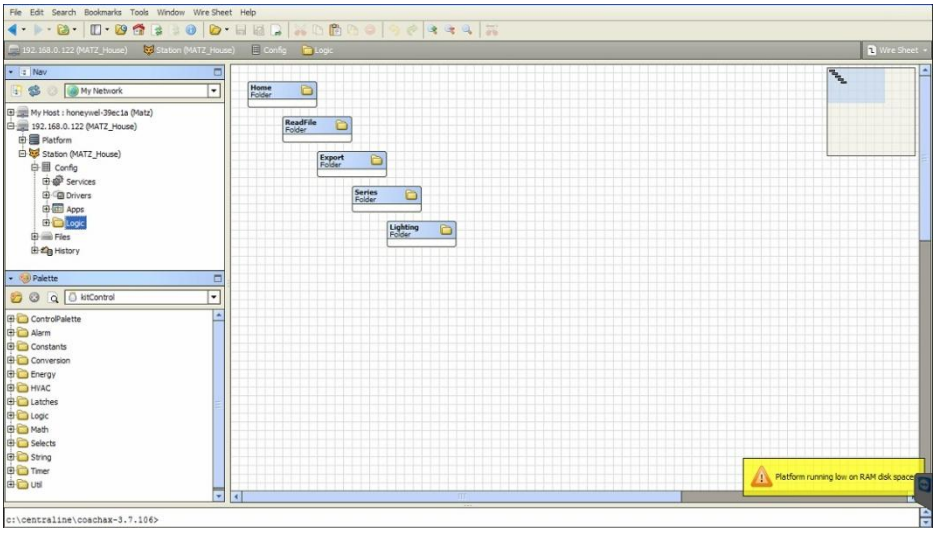
4.1 CNS

Control Network Solution je certifikovaným partnerem společnosti Tridium co se týče vývoje integračních modulů. CNS využívá webovou technologii společnosti Tridium a vytváří nová chytrá řešení, která jsou dodávána distributory Niagary AX jako součást managementu budov, automatizace, úspor energií. První standard, se kterým přišla CNS na trh byl elitedali. Dalším úspěšným projektem je ovladač CNS-EnOcean. EnOcean je bezdrátový protokol nasazený v komunikaci mezi senzory nezávislými na externím zdroji napájení ([22] Control Network Solution, 2014).

5 VLASTNÍ PRÁCE

Samotná aplikace řízení osvětlení byla vytvářena ve vývojovém prostředí Coach AX. Tím se myslí jak konfigurování sítě, tak vytvoření řídící logiky, alarmů, historie a následně také monitoringu. Na regulátoru Hawk už běží aplikace pro řízení vytápění v rodinném domě nazvaná Matz_House. V rámci bakalářské práce je aplikace už existujícího projektu vytápění rozšířena o řízení a monitoring osvětlení.

5.1 Prostředí Coach AX



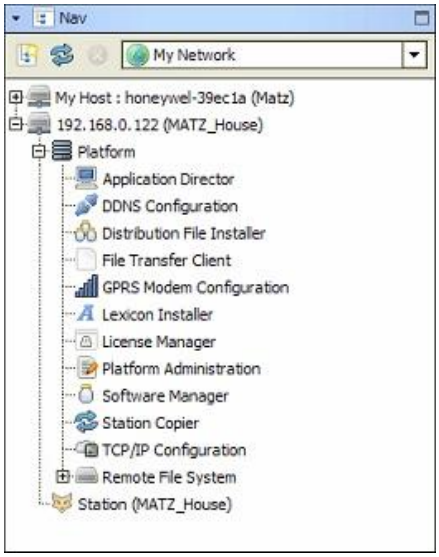
Obr. 23: Prostředí Coach AX

Prostředí Coach AX je velice intuitivní a pro uživatele přátelské. Skládá se ze tří nejpoužívanějších částí. Základem je Navigační okno nalevo a hlavní pracovní plocha uprostřed. Na pracovní ploše lze pracovat dle volby uživatele v různých modech. Doplňkovým prvkem je panel s paletami. Palety jsou moduly, obsahující funkční bloky, datové body, využívající se k tvoření logiky, řídících smyček, historie.

5.1.1 Navigace

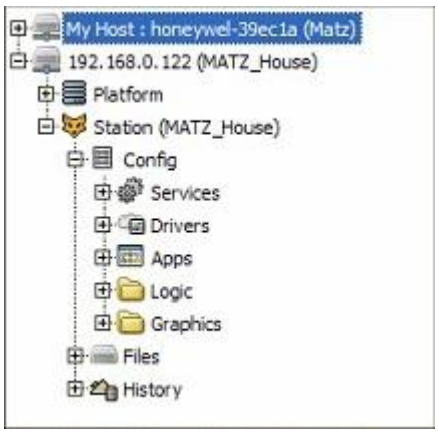
Nejdůležitější část Coach AX tvoří stromová struktura navigace. Jakákoli aplikace může být tvořena nebo upravována pouze v rámci připojené platformy. Platformou se rozumí fyzické zařízení, na kterém aplikace běží, tedy lokální počítač nebo integrátor, regulátor připojený pomocí TCP/IP protokolu. Nad danou platformou je možné vykonávat různé operace s ní spojené. Například spouštění stanic, správa licencí, instalovaných modulů, přístupových práv, přístup do datové struktury, atd.

Jednotlivé operace vykonané nad platformou se dle typu platformy liší. V principu zůstávají stejné, odchylky jsou nepatrné. Např. do platformy regulátoru Hawk lze přistoupit pouze z externího počítače. Nástroj ojedinělý pouze u regulátorů je Station Copier. Ten slouží ke kopírování stanice z lokálního počítače do připojené platformy.



Obr. 24: Navigace v Coachi AX, operace nad platformou

Na jedné platformě může být v jeden čas aktivní pouze jedna stanice. Přepínání stanic do stavu aktivní probíhá v nástroji Application Director. Je-li stanice ve stavu aktivní, lze na stanici pracovat. Na platformě lokálního počítače bývá uloženo více stanic, které jsou pasivní. Na platformě regulátoru je nahraná vždy pouze jedna stanice. V regulátoru nelze vytvářet nové stanice. Na druhou stranu, stanice, které jsou nahrané z platformy lokálního počítače, jdou v regulátoru za běhu editovat.



Obr. 25: Navigace v Coachi AX, operace nad stanicí

Ve stanici jsou definovány připojené sítě, logika, správní práva. Nejvíce úkonů se odehrává ve větvi Config. V záložce Services dochází k definici uživatelů a jejich přístupových práv. Dále se zde vedou záznamy chybových a výstražných hlášení, možnost zálohy stanice, atd. V záložky Drivers se přidávají ovladače připojených sítí. Definují se připojená zařízení, typy datových bodů vstupů a výstupů.

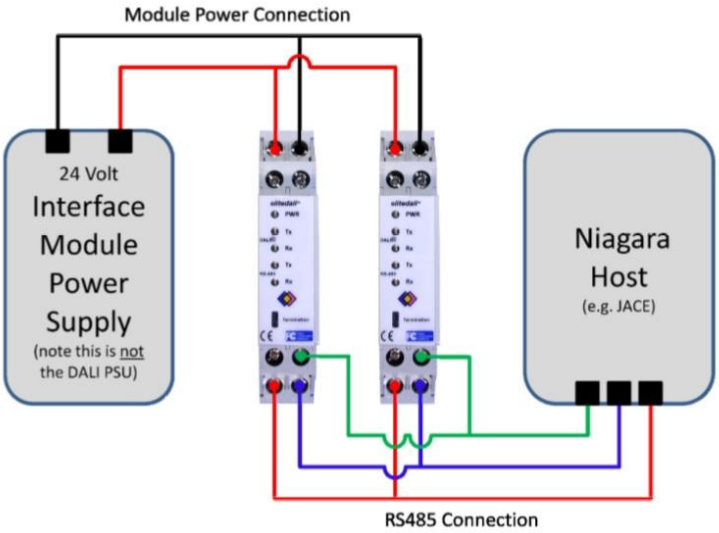
Logika řízení aplikace je skryta ve formě složky. V Coachi AX téměř nezáleží, kde přesně je složka s logikou uložena, ale doporučuje se ji umístit pod kořenovým adresářem Config. Obecně platí, že nabídka pravého tlačítka dává k dispozici mnoho pracovních možností. Například v módu Wire se drátuje logika, v Property Sheet lze nastavit a sledovat parametry.

5.2 Konfigurace sítě

Pro připojení DALI sítě k regulátoru Hawk se využívá elitedali modul sloužící jako převodník, rozhraní. O připojení Hawku k elitedali modulu po RS485 hovoříme jako o Dim síti. Senzory, zátěže, spínače, vypínače připojené za elitedali modulem jsou součástí DALI sítě.

5.2.1 Fyzické zapojení

Dim síť je založena na standardu sériové komunikace RS485. K jednomu portu RS485 regulátoru mohou být připojeny nejvýše čtyři elitedali moduly. Ty se zapojují buď do hvězdy, nebo sériově. Vzdálenost modulů od regulátoru se doporučuje menší než jeden metr. Ve vlastní konfiguraci aplikace Matz_House je instalováno pouze jedno Dim zařízení.



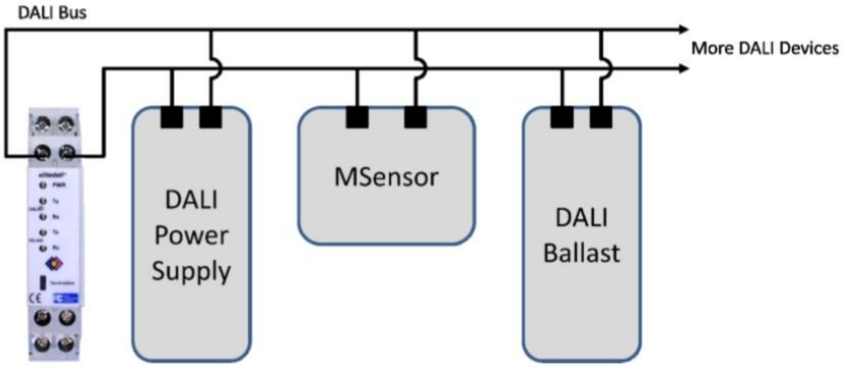
Obr. 26: Fyzické zapojení Dim sítě (převzato z [19])

Elitedali moduly potřebují své vlastní napájení o stejnosměrném či střídavém napětí 24 V s tolerancí 10 %. V aplikaci Matz_House je modul napájen střídavým napětím. Při instalaci je třeba ověřit aktuální velikost napětí. Tím, že moduly neodebírají tolik proudu se stává, že při nízké zátěži dodávají transformátory vyšší napětí, než je dovoleno.

Regulátor, elitedali moduly, jejich napájení, vše je umístěno v hlavním rozvaděči.

DALI sběrnice je k elitedali modulu připojena standardně dvouvodičově. Je třeba nezaměňovat DALI napájení s napájením elitedali modulu. Při připojení nezáleží na polaritě datových vodičů.

V aplikaci Matz_House je řízeno osvětlení v garáži, chodbě a před domem. V každé místnosti je instalována světelná zátěž s předřadníkem. V garáži se nachází zářivkové výbojky. V chodbě a před domem se nachází světelné zdroje LED. V každém prostoru je na stropě uprostřed umístěn multifunkční senzor snímající pohyb a míru osvětlenosti v luxech. Zdroj DALI sítě je taktéž umístěn v hlavním rozvaděči. Datové vodiče jsou vedeny spolu se silovými ve standardizovaném DALI kabelu.



Obr. 27: Zapojení DALI sběrnice k elitedali modulu (převzato z [19])

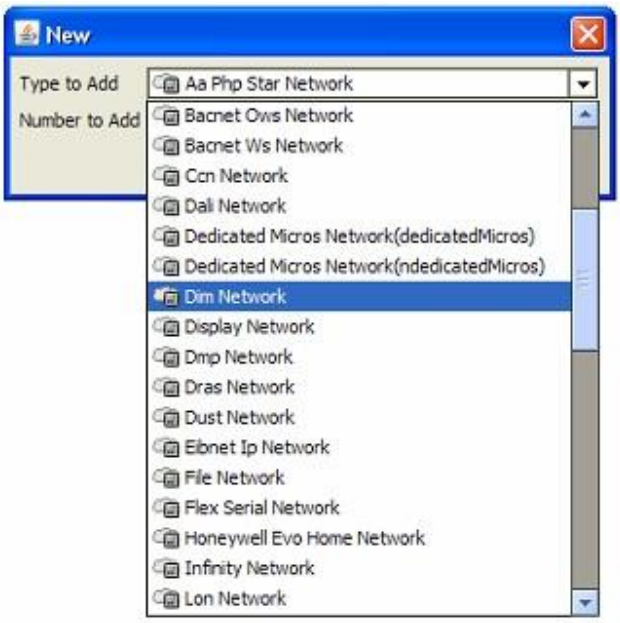
5.2.2 Softwarová konfigurace

Pro softwarovou konfiguraci elitedali sítě na platformě Hawku je třeba mít nainstalované moduly elitedali2 a elitedali2KitControl. Instalace modulů se provádí v navigačním okně volbou Software Manager.

elitedali2	Control Network Solutions 2.0.5	Control Network Solutions 2.0.5	Up to Date
elitedali2KitControl	Control Network Solutions 2.0.5	Control Network Solutions 2.0.5	Up to Date

Obr. 28: Softwarové moduly pro práci s elitedali

Každou síť, která je k platformě připojena, je potřeba strukturovat pod položkou Drivers v navigačním okně. Je třeba si uvědomit, že Dim síť je nadřazena DALI síti. Z toho důvodu jsou Dim zařízení a DALI sítě stromově řazeny pod položkou Dim sítě.



Obr. 29: Vložení Dim sítě do položky Drivers

Pro správnou funkci musí být při inicializaci jednoznačně určeno k jakému portu je Dim síť připojena. Číslo portu, přenosovou rychlost, stop bity a další vlastnosti se nastavují v Property sheet. V aplikaci Matz_House je Dim síť připojena k portu COM2, přenosová rychlost 87600 b/s, osm datových bitů, jeden stop bit, bez parity.

V Dim Device Manager je možno vkládat jednotlivé elitedali moduly. U vloženého Dim zařízení je třeba definovat adresu modulu a název. Adresa zařízení je uvedena na zadní straně. V případě, že adresa není známa, lze pomocí volby Discover získat adresy všech zařízení připojených k portu. V aplikaci Matz_House je Dim síť pojmenovaná dim1.

Přidáním Dim zařízení se do jeho stromové struktury automaticky přidává síť DALI. Jako u každé sítě, nejprve je třeba správně adresovat připojené zařízení. Existuje několik způsobů adresování. Jsou-li známy adresy zařízení, lze je zadat manuálně. V mnoha případech, ale známé nejsou. Pak se volí možnost buď adresovat všechna zařízení v síti najednou, nebo pouze nově přidaná.

Název zařízení	Adresa zařízení
Balast_Garage	1
Balast_Hallway	2
Ballast_Outside	3
Tridonicsenzor_Garage	4
Tridonicsenzor_Hallway	5
Tridonicsenzor_Outside	6

Tab. 1: Seznam zařízení DALI v aplikaci Matz_House

Poté, co má každé zařízení v síti jedinečnou adresu, lze zařízení vkládat do stanice. Pomocí tlačítka Discover dojde k detekci všech připojených zařízení. Senzory a předřadníky lze v Coachi AX umístit jako objekty do složky představující DALI síť.

S DALI skupinami se v Coachi AX pracuje jako se složkami. Jeden předřadník lze umístit maximálně do 16 skupin. Každá skupina může být libovolně pojmenována, ale hlavně ji musí být udělena adresa. V případě, že by aplikace vyžadovala více než 16 skupin, umožňuje elitedali vytvořit tzv. virtuální skupiny. Ty jsou od klasických skupin neefektivní, protože každé zařízení už není adresováno v rámci skupiny, ale samostatně. To má vliv na zahlcení sběrnice telegramy.

Název skupiny	Adresa skupiny
Garage	1
Hallway	2
Outside	3

Tab. 2: Seznam skupin v aplikaci Matz_House

5.3 Logika řízení

Každé zařízení je reprezentováno datovými body. Informace o zařízení jsou v definovaných časových okamžicích dynamicky čteny a v Niagara AX zapisovány do datových bodů.

Rozlišují se dva typy datových bodů ([20] elitedali, 2012):

- Proxy – tyto body obsahují běžné informace o stavu zařízení. Například u předřadníku v DALI síti se jedná o informace o aktuálním výkonu, poruše na zařízení, jestli je svítidlo zapnuté. Proxy body se jako vstupní veličiny používají v logice a také v monitoringu.
- Config – jedná se o virtuální body sloužící ke konfiguraci, kontrole parametrů zařízení. V případě DALI předřadníku to může znamenat zařazení do skupiny, nastavení scény, minimálního a maximálního výkonu.

Datové body jsou umístěny v kořenovém adresáři zařízení v příslušném ovladači sítě, kdežto samotná logika je umístěna libovolně v samostatné složce mimo adresář zařízení. Datové body se s řídícími bloky v logice propojují pomocí funkce Link Mark. To platí obecně pro jakékoli funkční bloky, které jsou v rozdílných složkách. Bloky v rámci jedné složky se propojují symbolickými liniemi.

5.3.1 Nejdůležitější datové body použitých zařízení

Název bodu	Typ bodu	Popis
status	DALI status point	DALI status point je reprezentován polem bitů. Každý bit vyjadřuje určitý stav. Např. první bit: ‚No problems detected‘
actualLevel	Numeric point	Vyjadřuje aktuální výkon svítidla v procentech
lampFailure	Boolean point	Ve stavu true signalizuje poruchu
lampPowerOn	Boolean point	Nabývá hodnoty true, když je svítidlo zapnuté

Tab. 3: Proxy body, předřadník (převzato z [20])

Název bodu	Typ bodu	Popis
group 1 - 16	Boolean point	Je-li u skupiny nastaveno true, předřadník je její součástí
scene 1 -16	Numeric point	Každá scéna je definovaná procentuální vyjádřením výkonu

Tab. 4: Config body, předřadník / skupina (převzato z [20])

Název bodu	Typ bodu	Popis
luxLevel	Numeric point	Reprezentuje aktuální hladinu osvětlení
occupancy	Enum point	Reprezentuje pohyb: Occupied, nebo klid: Unoccupied

Tab. 5: Proxy body, Tridonic Senzor (převzato z [20])

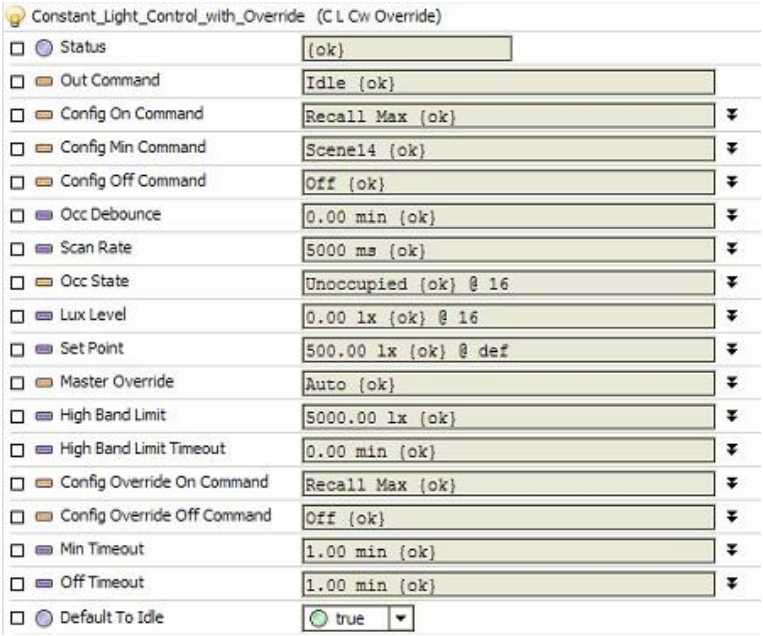
5.3.2 Modelová situace řízení osvětlení

Řízení osvětlení na chodbě a venku bude principiálně stejné jako v garáži. Z toho důvodu bude princip řízení vysvětlen na osvětlení v garáži.

Základním stavebním kamenem je řídící blok CLCwO (Constant Light Controller with Override) obsažený v paletě funkčních bloků elitedali Control Kit.

CLCwO automaticky reguluje výstup inteligentního systému osvětlení tak, aby bylo co nejvíce využito přírodního světla a zároveň bylo dosaženo požadované úrovně osvětlenosti ve snímané oblasti. Tento blok je plně kompatibilní s příkazy na DALI sběrnici.

Princip CLCwO spočívá v časové řídící smyčce. V rámci jednoho cyklu se vykonávají jednotlivé výpočty, podmínky a to s frekvencí, která je definovaná jako Scan Rate v milisekundách. Mezi hlavní vstupy patří Occ State (Occupancy State), Lux Level, což jsou vstupy z Tridonic Senzoru, a Set Point, což je hladina požadované osvětlenosti, kterou definuje projektant. V případě, že vstup Occ State je ve stavu Unoccupied, výstup je ve stavu Idle (beze změny). Změnou stavu na Occupied se na výstupu CLCwO objeví příkaz definovaný parametrem ConfigOn Command. Přetrvává-li stav Occupied, řídící smyčka se spustí automaticky. V každém cyklu se porovná naměřená hodnota na vstupu Lux Level s požadovanou hladinou Set Point. Je-li naměřená hodnota menší než Set point, na výstupu se objeví příkaz STEP UP. V opačném případě STEP DOWN. Při změně stavu Occupied na Unoccupied se automaticky spustí první časovač s periodou definovanou jako Occ Debounce. Po skončení této periody se spustí druhý časovač s periodou definovanou jako Min Timeout. Po vypršení se na výstupu CLCwO objeví příkaz definovaný v Config Min Command a spustí se třetí časovač s periodou definovanou jako Off Timeout. Na odeznění časovače je na výstupu příkaz definovaný pod Config Off Command. Pokud se v průběhu tří časovačů změní stav zpět na Occupied, časovače skončí svou činnost a řídící smyčka znovu reguluje na požadovanou hladinu. Překročí-li na vstupu hodnota osvětlenosti Lux Level hranici definovanou jako High Band Limit, spustí se časovač o periodě definované jako High Band Limit Timeout. Neklesne-li hladina osvětlenosti zpět pod hranici, osvětlení se vypne. Přesněji, na výstupu bloku se objeví příkaz definovaný Config Off Command. Funkce Master Override umožňuje tři základní režimy. V režimu On je na výstupu nastaven příkaz definovaný pod Config Override On Command. V režimu Off je na výstupu nastaven příkaz definovaný pod Config Override Off Command. V režimu Auto probíhá výše zmíněná regulace hladiny osvětlení na hodnotu stanovenou pomocí Set Point. Výhodou vstupu Master Override je možnost ovládat výstup bloku CLCwO v závislosti na výstupech z jiných bloků tvořící celkovou logiku systému.



Obr. 30: Parametry bloku CLCwO

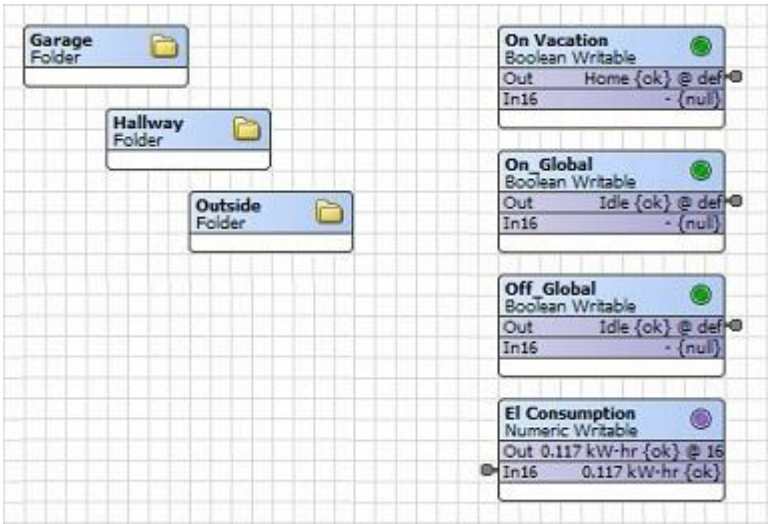
DALI skupina Garage je napojena na výstup CLCwO. Důležité Config body skupiny jsou nastaveny následovně. Hladina Scene14 je rovna 20%, maxLevel 100%, doba stmívání Fade Time Seconds45. Doba stmívání je aplikována, když předřadník obdrží příkaz GO TO SCENE 14. Je to časový úsek, během kterého se svítivost plynule mění z hodnoty počáteční scény na hodnotu konečné scény.

Běžně je režim řízení nastaven na Auto. Existují případy, kdy dochází ke změně režimu. Nastavením On_Local či Off_Local na hodnotu logické hodnoty True, false lze manuálně rozsvítit a zhasnout osvětlení v garáži. Obecně platí, že nastavení Off_Local má vyšší prioritu než On_Local. Stejně tak lze manuálně rozsvítit a zhasnout světla v celém objektu nastavením On_Global, Off_Global. Také na této úrovni má prioritu vypínací funkce. Krom toho, globální proměnné mají vyšší prioritu než lokální proměnné. Proměnné On_Global a Off_Global jsou ve složce o úroveň vyšší než zbytek logiky v garáži.

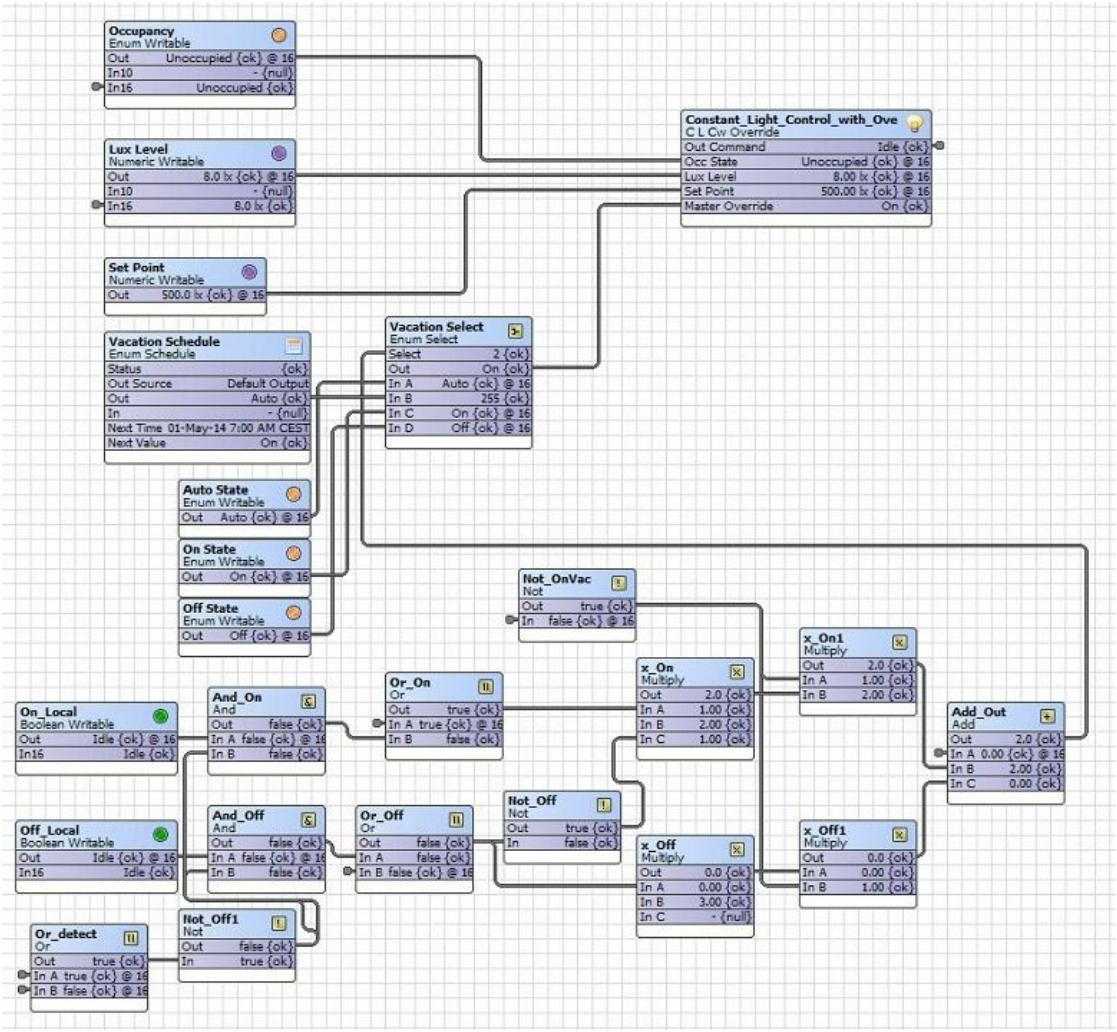
Funkcím manuálního vypínání a zapínání je nadřazena funkce Vacation Mode. V případě, že proměnná OnVacation je nastavena na True, přebírá kontrolu nad režimem Schedule (Plánovač). Před tím, než rodina vyjede na dovolenou a objekt zůstane prázdný, lze pro každou místnost nastavit harmonogram automatického spínání v jasně definovaných časech. Například v ranních hodinách se na chodbě na deset minut rozsvítí. To alespoň zdánlivě vyvolává u kolemjdoucích pocit, že se v domě něco děje.

Složka Logic je umístěna v adresáři Config. Ve složce Logic se kromě složek s logikou kamerových systémů, vytápění, klimatizace nachází složka s logikou řízení osvětlení Lighting_Sim. Tato složka obsahuje proměnné Global_On, Global_Off, On_Vacation. Kromě jiného jsou zde vytvořeny podsložky Garage, Hallway, Outside.

Stejný princip je použit jak pro Hallway tak pro Outside. Regulace osvětlenosti venku se pouze liší tím, že defaultně nepracuje v režimu Auto, ale Auto_no_clc. To znamená, že CLCwO nereguluje na požadovanou hladinu osvětlenosti, ale reaguje pouze na pohyb. V případě, že senzor zaznamená pohyb, světlo se rozsvítí.



Obr. 31: Logika, centrální ovládání, složka Lighting_Sim



Obr. 32: Logika, řízení osvětlení, složka Garage

5.4 Monitoring

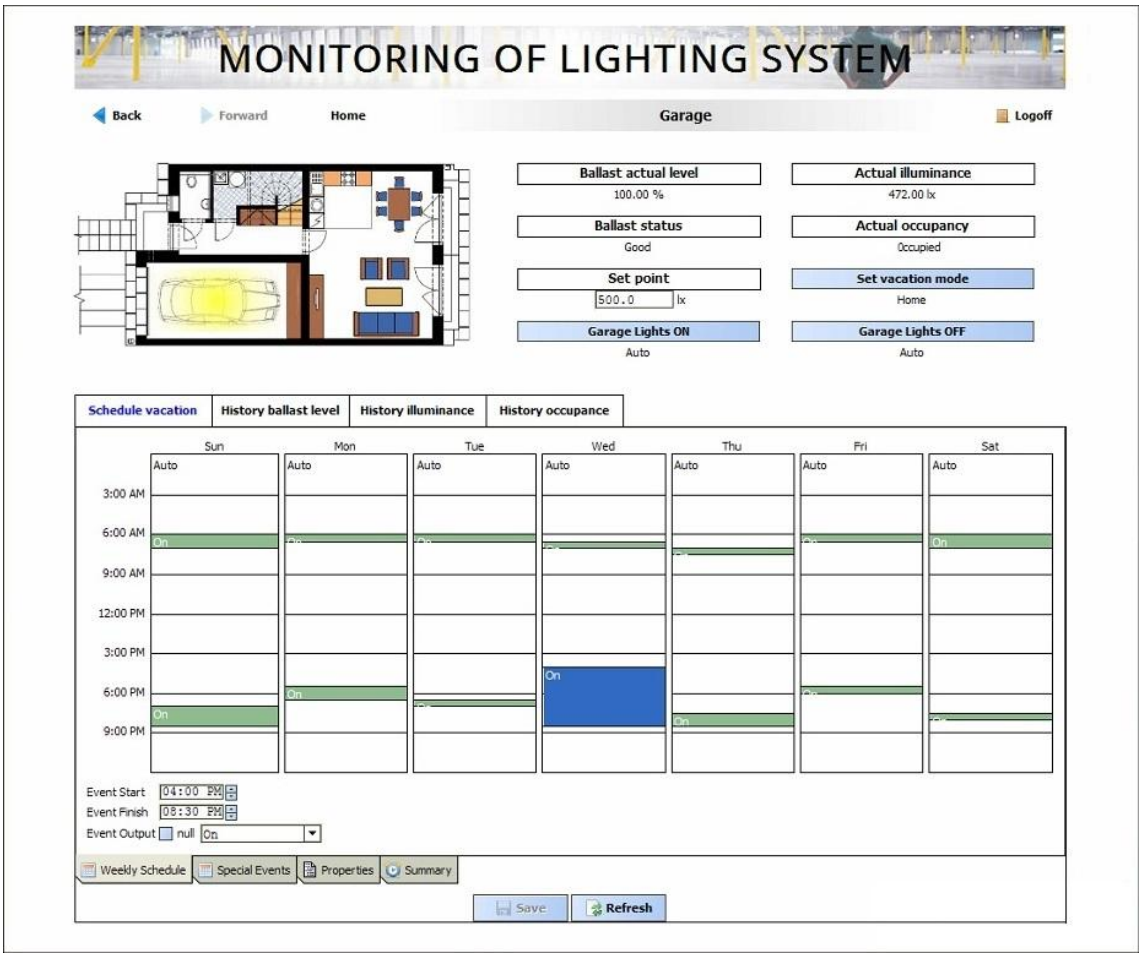
Monitoring je velmi důležitou součástí jakéhokoli projektu. Umožňuje investorovi nastavovat Set Pointy a sledovat odezvy systému v graficky a uživatelsky příjemném rozhraní.

Prakticky se jedná o nalinkování výstupů a vstupů datových bodů z logické části ke grafickým objektům. Coach AX nabízí mnoho palet s předpřipravenými komponentami od tlačítek, textových vstupů, popisek po grafické animace znázorňující tekoucí vodu v potrubí, točící se ventilátor a další. Kromě toho lze importovat Schedule tabulku (tabulka pro plánování), tabulky či grafy s historií.

Majitel objektu má vždy k dispozici informace o aktuální hladině osvětlenosti i o tom, zda se v dané oblasti někdo vyskytuje. Dále o stavu předřadníku. Základními informacemi je okamžitý procentuální výkon, popř. porucha předřadníku.

Kromě zobrazovaných informací je klíčové nastavení hladiny osvětlenosti, na kterou má kontrolér regulovat. Ze stránky Garage lze nastavit prázdninový režim a samozřejmě manuálně rozsvítit či zhasnout.

Dále je možno přepínat historii osvětlenosti, přítomnosti, výkonu předřadníku.



Obr. 33: Monitoring, Garage

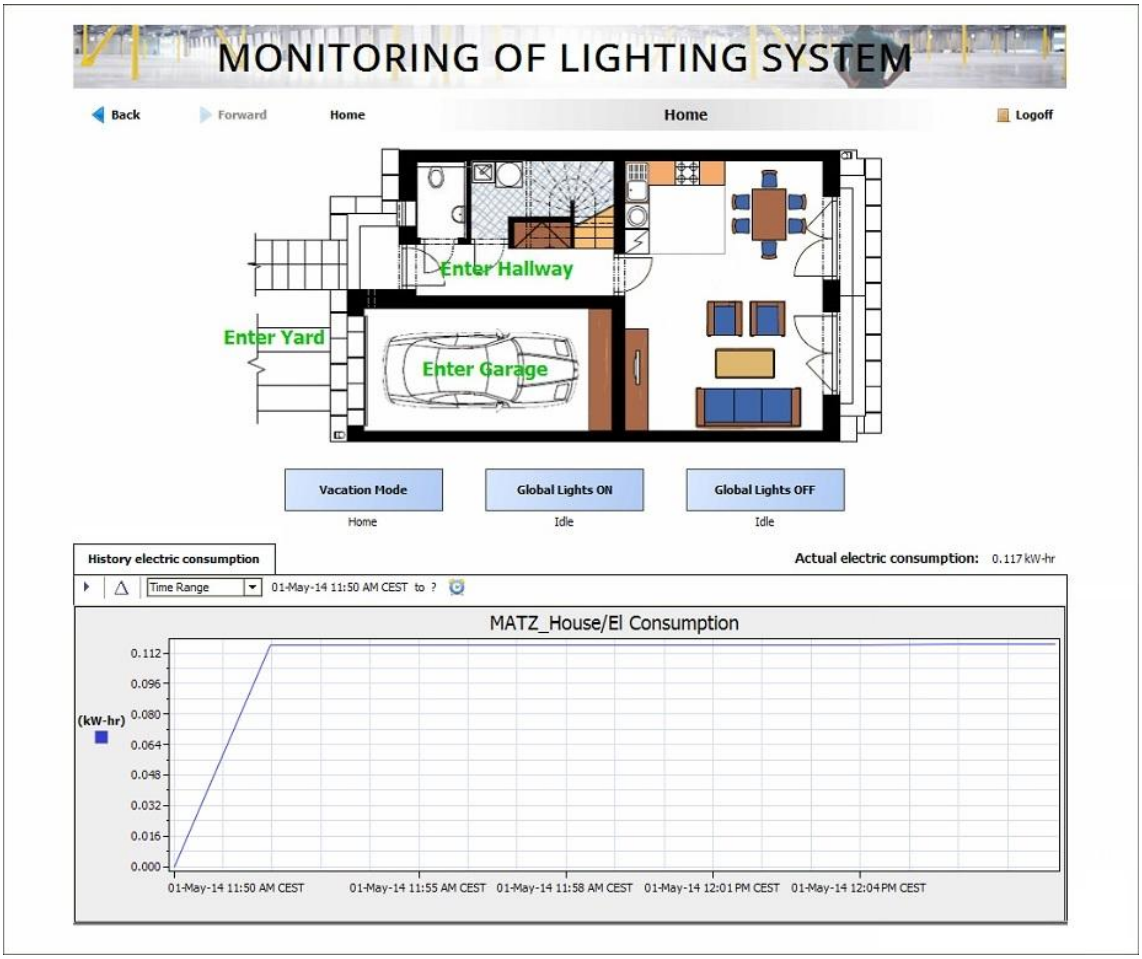
5.4.1 Spotřeba elektrické energie

K měření spotřeby elektrické energie slouží jednofázový, jednosazbový elektroměr umístěný na DIN liště v hlavním rozvaděči. Všechny DALI předřadníky jsou napájeny z jednoho silového okruhu. Elektroměr je umístěn hned za 10A jističem silového okruhu. Zařízení obsahuje impulsní výstup pro externí záznam v nadřazeném systému. Dle velikosti okamžitého odběru se mění frekvence impulsů, což je také znázorněno blikající LED diodou.

Převod mezi počtem impulsů a spotřebou elektrické energie je lineární se strmostí jedna tisícina, tj. tisíc impulsů se rovná jedné kilowatthodině.

Výstup elektroměru je připojen na univerzální vstup UI2 integrátoru Hawk.

Aktuální stav a historie spotřeby elektrické energie jsou monitorovány ze vstupní stránky Home. Inicializační stránka Home obsahuje hyper odkazy na stránky příslušných místností v objektu viz monitoring Garage.



Obr. 34: Monitoring, Vstupní stránka, Spotřeba

6 ZÁVĚR

V rámci bakalářské práce byl rozebrán princip fungování DALI sítě a jejího komunikačního protokolu. Popsána byla fyzická vrstva a linková vrstva DALI protokolu. Navíc integrace DALI sítě v nadřazeném BMS systému.

Pro následnou vlastní aplikaci byl důležitý rozbor implementace DALI protokolu v nadřazeném systému Niagara AX Framework nazvaný elitedali.

Vlastní aplikace řešila softwarovou konfiguraci DALI sítě, logiku řízení osvětlení v části rodinného domu. Konfigurace i logika se vytvářely v aplikaci Matz_House, běžící na platformě regulátoru Hawk. K regulátoru Hawk se připojuje přes software Coach AX ze vzdáleného počítače.

Při počátečním návrhu jakékoli aplikace je klíčová správná volba série a licence regulátoru a integrátoru Hawk. V regulátoru použitém pro vlastní aplikaci bylo kromě logiky řízení osvětlení obsaženo řízení vytápění, kamerového systému, spotřeb energie, bezpečnostního systému. To je náročné na počet připojených sítí, datových bodů, historií, alarmů, tedy na paměť. Z důvodu nedostatku místa na disku vznikaly během tvorby chyby. Ty se daly řešit restartováním aplikace.

Aplikace řídí osvětlení na požadovanou hladinu v garáži na chodbě a před domem. Logika řízení je ve všech třech místech principielně shodná. Osvětlení lze také manuálně zapínat a vypínat a to lokálně, nebo globálně.

Vzhledem k vytvoření aplikace systému řízení osvětlení, který byl implementován do stávající aplikace řízení vytápění rodinného domu, lze konstatovat, že stanovené cíle a tedy zadání bakalářské práce bylo splněno.

LITERATURA

[1] Dokumentace DALI manual: http://www.tridonic.com/com/en/download/technical/DALI-manual_en.pdf. Staženo 4. 1. 2014.

[2] Dokumentace Digitally Addressable Lighting Interface (DALI) Communication: http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/01465A.pdf. Staženo 5. 1. 2014.

[3] Dokumentace Introduction to DALI: http://www.dte.us.es/docencia/etsii/itis/emc/Transparencias/domoinmo/dl. Staženo 6. 1. 2014.

[4] DALI a working party of ZVEI e.V.: http://www.dali-ag.org/. Použito 24. 2. 2014

[5] Cristal, DALI systems: http://www.cristalcontrols.com/wp-content/uploads/2013/09/DALI-123-EN.pdf. Staženo 25. 2. 2014

[6] Tridium Europe, oficiální web: http://www.tridiumeurope.com/. Nahlédnuto 3. 3. 2014

[7] Tridium, oficiální web: http://www.tridium.com/galleries/brochures/NiagaraAX_FINAL1.pdf. Staženo 3. 3. 2014

[8] Niagara AX, oficiální web: http://www.niagaraax.com/. Nahlédnuto 3. 3. 2014

[9] V. Matz. Nová generace řídících systémů Honeywell CentraLine AX: https://ib.cvut.cz/sites/default/files/Honeywell_prednasky/3a_prezentace.pdf. Staženo 4. 3. 2014

[10] Centra Line by Honeywell, oficiální web: https://www.centraline.com. Nahlédnuto 4. 3. 2014

[11] IO-16 module for Hawk: https://www.centraline.com/uploads/ecat-en1/pdf/en1z0946-ge51r0608.pdf. Staženo 4. 3. 2014

[12] IO-34 module for Hawk: https://www.centraline.com/uploads/ecat-en1/pdf/en1z0947-ge51r0608.pdf. Staženo 4. 3. 2014

[13] LON option card for Hawk: https://www.centraline.com/uploads/ecat-en1/pdf/en1z0948-ge51r0608.pdf. Staženo 4. 3. 2014

[14] RS-232 option card for Hawk: https://www.centraline.com/uploads/ecat-en1/pdf/en1z0949-ge51r0608.pdf. Staženo 4. 3. 2014

[15] RS-485 option card for Hawk: https://www.centraline.com/uploads/ecat-en1/pdf/en1z0950-ge51r0608.pdf. Staženo 4. 3. 2014

[16] HAWK Series 200/600: https://www.centraline.com/uploads/ecat-cz/pdf/en0z0944-ge51r0508.pdf. Staženo 4. 3. 2014

[17] Control Network Solution. Intro to elitedali Multidrop for COACH AX, červen 2012.

[18] Elitedali for Niagara AX:
http://www.control-network-solutions.co.uk/?post_type=document&p=421.
Staženo 4. 3. 2014

[19] Control Network Solution. elitedali Installation Manual, březen 2012.

[20] Control Network Solution. elitedali Reference Manual, březen 2012.

[21] Control Network Solution. elitedali Kit Control Manual, březen 2012.

[22] Control Network Solution, oficiální web: http://www.control-network-solutions.co.uk/.
Nahlédnuto 12. 5. 2014

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

BMS	Building management systém
DALI	Digital addressable lighting interface
IDLE	klidový stav sběrnice
MSB	Most Significant Bit
API	Application Programming Interface
HVAC	Heating, Ventilation, Air Conditioning
LON	Local Operating Network
eDIM	elitedali Interface Module
JACE	Java Application Control Engine
CNS	Control Network Solution
DIM	DALI Interface Module
kRU	kilo Resource Unit
Schedule	Plánovač
Ballast	Předřadník
CLCwO	Constant Light Controller with Override