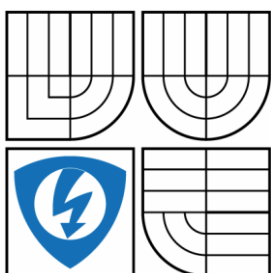


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

APLIKACE PRO REGULÁTOR HAWK

APPLICATION FOR THE HAWK REGULATOR

BAKALÁŘSKA PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PETR KVASNIČKA

VEDOUČÍ PRÁCE

SUPERVISOR

ING. MIROSLAV JIRGL

BRNO 2016



Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Automatizační a měřicí technika**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Petr Kvasnička

ID: 158181

Ročník: 3

Akademický rok: 2015/16

NÁZEV TÉMATU:

Aplikace pro regulátor HAWK

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Proveďte literární rešerši o řízení inteligentních budov.
2. Popište regulátor HAWK a systém COACH AX.
3. Vytvořte demonstrační úlohu s regulátorem HAWK včetně reálného modelu.
4. Ověřte funkčnost.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Honeywell. HAWK: regulátor a integrátor pro aplikace automatizace budov [online]. ©2015. Dostupné z: http://products.centraline.com/cz/ecatdata/pg_clhawk.html

Termín zadání: 8.2.2016

Termín odevzdání: 23.5.2016

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Jirgl

Konzultant bakalářské práce:

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc., předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá problematikou řízení inteligentních budov a praktického využití řídicího systému HAWK od firmy Honeywell. V práci je popsána obecná problematika řízení inteligentních budov, přesněji proč vznikají a jakým způsobem je možné realizovat automatizaci budov, včetně výpisu možných zařízení, které lze použít do těchto systémů. Práce se dále zabývá jedním ze systémů, které lze použít pro řízení budov. Řídicí systém se nazývá HAWK a v práci jsou popsány jeho programové prostředí a připojitelné periferie. Pro daný řídicí systém je v práci vytvořena praktická demonstrační zařízení větrného tunelu, na kterém je ukázána práce s užitím tohoto řídicího systému.

Klíčová slova

Inteligentní budova, komunikační protokoly, řídicí systémy, snímače, HAWK regulátor, COACH^{AX}

Abstract

This bachelor's thesis deals with the issue of intelligent buildings management and practical use of the control system HAWK from company Honeywell. The thesis describes the basic problem of intelligent building management, exactly why they created and how it is possible to implement building automation, including a listing of available equipment that can be used in these systems. The thesis also discusses one of the systems that can be used for building control. The control system is called HAWK and thesis describes the programming environment and connectable peripherals. For a given control system is formed in the scrubbing practical demonstration device wind tunnel, which is shown using the work of the control system.

Keywords

Intelligent building, communication protocols, control systems, sensors, HAWK regulator, COACH^{AX}

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Aplikace pro HAWK regulátor 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 jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: **23. května 2016**

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Miroslavu Jirglovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině za podporu.

V Brně dne: **23. května 2016**

.....
podpis autora

Bibliografická citace:

KVASNIČKA, P. Aplikace pro regulátor HAWK. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. 80s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Miroslav Jirgl.

Obsah

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Úvod..... | 10 |
| 2 | Důvody existence inteligentních budov | 10 |
| 2.1 | Služby poskytované pro inteligentní budovy | 10 |
| 3 | Technologie a systémy pro řízení inteligentních budov | 12 |
| 3.1 | Komunikační protokoly | 12 |
| 3.1.1 | Technologie LonWorks..... | 12 |
| 3.1.2 | Technologie BACnet..... | 13 |
| 3.1.3 | MODBUS..... | 13 |
| 3.1.4 | Sběrnice KNX/EIB..... | 14 |
| 3.1.5 | Sběrnice M-BUS | 14 |
| 3.1.6 | Protokol OPC | 15 |
| 3.2 | Řídicí systémy..... | 15 |
| 3.2.1 | Honeywell | 15 |
| 3.2.2 | Siemens | 17 |
| 3.2.3 | SAUTER Automation | 19 |
| 3.2.4 | CORAL | 20 |
| 3.3 | Senzory..... | 20 |
| 3.3.1 | Senzory pro HVAC | 20 |
| 3.3.2 | Senzory pro zabezpečení a ochranu majetku | 21 |
| 3.3.3 | Senzory pro bezpečnost a krizové stavy | 22 |
| 4 | Programovací rozhraní COACH ^{AX} | 22 |
| 4.1 | Služby a aplikace používané v COACH ^{AX} | 23 |
| 4.1.1 | Datové typy | 23 |
| 4.1.2 | Ovládací prvky | 23 |
| 4.1.3 | Alarmy | 24 |
| 4.1.4 | Sledování změn proměnných | 24 |
| 4.2 | Obsluha periférií | 25 |
| 4.2.1 | Vstupní a výstupní moduly použitelné v HAWK | 25 |
| 4.2.2 | Softwarové nastavení vstupů a výstupů v HAWK..... | 25 |
| 4.3 | Vývoj aplikace v COACH ^{AX} | 26 |
| 4.3.1 | Založení projektu | 26 |
| 4.3.2 | Zdrojová část..... | 26 |
| 4.3.3 | Vizualizace..... | 28 |
| 4.3.4 | Export grafu | 29 |

| | | |
|-------|--|----|
| 5 | Návrh a realizace demonstrační úlohy pro regulátor hawk | 30 |
| 5.1 | Popis použitého řídicího systému HAWK | 31 |
| 5.2 | Návrh a realizace elektrického vybavení | 31 |
| 5.2.1 | Modul PWM..... | 32 |
| 5.2.2 | Teplotní snímač..... | 36 |
| 5.2.3 | Žárovka | 37 |
| 5.2.4 | Obvod napájení | 37 |
| 5.3 | Softwarová část..... | 37 |
| 5.3.1 | Vytvoření platformy a propojení stanice pro HAWK..... | 37 |
| 5.3.2 | Tvorba stanice | 37 |
| 5.3.3 | Nastavení vstupů a výstupu..... | 38 |
| 5.4 | Zdrojová část..... | 41 |
| 5.5 | Vizualizace..... | 43 |
| 6 | Měření základních charakteristik tepelného systému | 45 |
| 6.1 | Měření přechodové charakteristiky systému bez zapnutého ventilátoru..... | 45 |
| 6.2 | Měření přechodové charakteristiky systému se zapnutým ventilátorem..... | 47 |
| 7 | Závěr..... | 49 |
| | Citovaná literatura..... | 51 |

Seznam obrázků

| | | |
|----------|--|----|
| Obr. 1 | Ukázka vzhledu tabulky objektu u BACnetu [6] | 13 |
| Obr. 2 | Ukázka vzhledu regulátoru HAWK [27] | 16 |
| Obr. 3 | Ukázka vzhledu regulátoru EAGLE [27]..... | 17 |
| Obr. 4 | Ukázka procesní podstanice Desigo PX V5 [30]..... | 18 |
| Obr. 5 | Ukázka automatické stanice EY-AS 525 [32] | 19 |
| Obr. 6: | Ukázka palety v COACH ^{AX} | 24 |
| Obr. 7: | Hlavní část programu pro simulaci teploty | 27 |
| Obr. 8: | Ukázka makra pro blok topení..... | 27 |
| Obr. 9: | Ukázka makra pro blok místnost | 28 |
| Obr. 10: | Ukázka výsledné vizualizace simulace | 29 |
| Obr. 11 | Blokové schéma zapojení demonstračního modulu..... | 30 |
| Obr. 12 | Vzhled zapůjčeného modulu větrného tunelu..... | 32 |
| Obr. 13 | Blokové schéma řídicího obvodu PWM | 32 |
| Obr. 14 | Vystup z LTC6992-1 při napájení 4V a řídicímu signálu 5V | 35 |
| Obr. 15 | Ukázka softwarového nastavení univerzálního vstupu v prostředí COACH ^{AX} | 38 |
| Obr. 16 | Hlavní část programu pro větrný tunel | 41 |

| | |
|---|----|
| Obr. 17 Programové provedení rovnice získané po kalibraci | 42 |
| Obr. 18 Programové provedení rovnice získané po kalibraci | 42 |
| Obr. 19 Vizualizace pro větrný tunel | 44 |

Seznam grafů

| | |
|--|----|
| Graf č. 1: Výsledek regulace z ukázkové úlohy teploty v místnosti | 29 |
| Graf č. 2 Měřená charakteristika napětí ventilátoru při různých hodnotách napětí z výstupu HAWK | 36 |
| Graf č. 3 Výsledná závislost získaná při kalibraci | 39 |
| Graf č. 4 Změřená charakteristika otáček ventilátoru na řídicím napětí z HAWK | 40 |
| Graf č. 5 Měření vstupního a výstupního signálu při vypnutém ventilátoru (0V) | 46 |
| Graf č. 6 Přechodová charakteristika získaná ze systému (9) | 47 |
| Graf č. 7 Měření výstupního signálu pro různé velikosti řídicího napětí pro PWM modul | 48 |

Seznam zkratek a pojmů

| | |
|--------------|--|
| V/V | Vstupně/ Výstupní |
| PDU | Protocol Data Unit |
| ADU | Application Data Unit |
| EIB | European Installation Bus |
| M-BUS | Meter-Bus |
| OPC | OLE for Process Control |
| OLE | Object Linking and Embedding |
| LON | Local Operating Network |
| SCADA | Supervisory Control And Data Acquisition |
| HMI | Human Machine Interface |
| SNMP | Simple Network Management Protocol |
| DDE | Dynamic Data Exchange |
| HVAC | Heating, Ventilating, Air-Conditioning |
| NTC | Negative Temperature Coefficient |
| PIR | Pasiv Infra Red |
| MW | Micro Wave |
| PWM | Pulze Width Modulation |
| VDC | Voltage Direct Current |
| TCP | Transmission Control Protocol |
| IP | Intenet Protocol |

1 ÚVOD

Aniž bychom si to uvědomovali, s inteligentními budovami se setkáváme dnes už prakticky denně. Často dokonce nemusí být na první pohled patrné, že budova, ve které se právě nacházíte, je inteligentní.

V dnešní době je velká část veřejných, firemních i dokonce soukromých budov vybavena inteligentními systémy. Cílem této práce je seznámit se s inteligentními budovami a důvody pro jejich realizaci a vypracovat přehled řídicích systémů a dalších automatizačních prvků, které jsou pro řízení inteligentních budov využívány. Následně pak bude vybrán a podrobněji popsán jeden z používaných řídicích systémů a vytvořena demonstrační úloha.

2 DŮVODY EXISTENCE INTELIGENTNÍCH BUDOV

Existuje několik různých definic, které popisují, co je to inteligentní budova. Pokud bychom shrnuli tuto definici, tak inteligentní budova je objekt, který dokáže vnímat prostředí a přizpůsobovat své regulátory tak, aby se dosáhlo co nejefektivnějšího využití všech používaných zařízení v budově. Z této zkrácené definice je možné získat informaci, proč vznikají tyto automatizované budovy. Hlavní důvodem vzniku je zvýšit zisk, jinými slovy snížit ztrátovost, která vzniká užíváním budov. Přesněji efektivnější využití používaných surovin jako je voda, elektřina, teplo a další. Samozřejmě dalším důležitým důvodem vzniku je zpříjemnit život uživatelům budov. V případě firmy může automatizace budov zvýšit produktivitu pracovníků a tím docílit vyšších zisků. Pokud bychom jednali o využití v rodinných domech, tak zde docílíme zejména zvýšení pohodlí užívaných služeb. Posledním důvodem vzniku automatizovaných budov je monitorování používaných zařízení, čímž se pomáhá v údržbě. Zvyšuje se tak životnost budov a prevence proti případným poruchám, které by mohly ohrozit životy nebo majetek.

Nevýhodou automatických systémů je hlavně jejich pořizovací cena. Proto je důležité, aby si nechal návrhář, který bude dům navrhovat, vypracovat analýzu o efektivitě plánovaných služeb, které se budou používat. Podle této analýzy pak může návrhář dosáhnout efektivního využití automatických systémů a tím docílit nižší spotřeby energií. [1],[2]

2.1 Služby poskytované pro inteligentní budovy

Pro inteligentní budovy existuje velké množství služeb, které je možné nainstalovat do budovy. Mezi nejdůležitější služby aplikované v inteligentních

budovách jsou: řízení spotřebních surovin, bezpečnostní správa, krizová správa a vnitřní komunikace. [1],[2]

Služby pro řízení spotřebních surovin

Jako spotřební surovina je brána voda, elektřina a plyn, které se spotřebují při chodu různých typů zařízení využívaných v budově. Inteligentní systémy v budově sledují a přerozdělují tyto zdroje. Systém tím řídí spotřebu a snižuje plýtvání.

Seznam služeb používaných pro regulaci spotřeby:

- Řízení klimatu v budově (topení, klimatizace, větrání a ohřev vody)
- Řízení elektrických spotřebičů [1],[2]

Služby pro zabezpečení

Pod bezpečnostní správou si představujeme služby, které nám zvyšují zabezpečení budovy před vstupem nepovolaných osob. Můžeme tím myslet místnost nebo celý objekt. Využívané jsou jak ve firemních budovách i v rodinných domech. Jejich aplikací se sníží pravděpodobnost krádeží. Kromě krádeží tyto systémy zvyšují bezpečnost osob v objektu, například zabezpečení elektrických rozvodů anebo omezení nepovolané obsluhy pro nebezpečné zařízení. [1], [2]

Služby pro krizové řízení

Jako služby krizového řízení si představujeme mechanismy, které budou chránit lidské životy nebo majetek. Případají zde prostředky, které kontrolují a detekují případné hrozby. Pod těmito hrozbami se rozumí požáry, uniky plynů, různé typy poruch užívaných zařízení atd. Pokud dojde k detekci hrozby, jsou inteligentní budovy vybaveny evakuačními mechanismy, které se automaticky aktivují podle detekované hrozby. Například v případě poruchy může dojít k automatickému vypnutí elektřiny, aktivování poplašné sirény, k aktivování nouzových vchodů atd. [1], [2]

3 TECHNOLOGIE A SYSTÉMY PRO ŘÍZENÍ INTELIGENTNÍCH BUDOV

Inteligentní budovu lze chápat jako jednotnou rozsáhlou síť, kde všechny používané prvky (snímače, spínače, elektronická zařízení atd.) jsou vzájemně propojené. Toto propojení zvyšuje hlavně bezpečnost, jelikož systém sbírá a vyhodnocuje data ze všech zdrojů a podle vyhodnocení rozhoduje, co se bude dít dále.

Hlavním jádrem inteligentní budovy, která se stará o příjem dat a posílání příkazů, je řídicí systém. Řídicí systém je brán jako prostředník, který posílá zprávy uživatelům, získává a posílá příkazy připojeným objektům. Pro zobrazení, případně posílání úloh uživatelům, se používají vizualizační programy. Tyto programy slouží jako prostředník mezi uživatelem a řídicím systémem. Propojení mezi objekty, řídicím systémem a koncovým uživatelem zprostředkovává komunikační protokol. V poslední řadě jako objekty bereme snímače, spínače, ventily atd. Všechny tyto prvky spolu vytvářejí inteligentní budovu. [1]

3.1 Komunikační protokoly

Komunikační protokoly se snaží vytvořit komunikaci mezi prvky v řízeném okruhu. Definiuje, jak budou vzájemně propojené prvky s různými typy sběrnic, jak rychle bude celý řídicí okruh reagovat, jaká data bude přijímat a vysílat a jaké bude množství připojených objektů v řídicím okruhu.

3.1.1 Technologie LonWorks

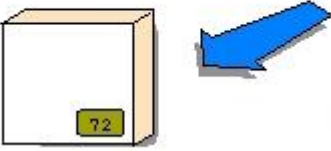
LonWorks byl navržený americkou firmou Echelon. Je standardizovaný normou EN 14908. Protokol LonWorks je využíván k propojení použitých zařízení do společné sítě. K připojení využívá neuronový čip, který sjednocuje připojené prvky jako stanice, senzory a další. Tímto připojením se odstraňuje vzájemná nekompatibilita a tím se dosáhne společné komunikaci v síti. Do sítě využívající LonWorks je možné snadno připojit libovolné zařízení. [2], [3]

Protokol LonWorks standardně posílá data rychlosti 78 kb/s. Umožňuje fyzicky připojit 64 zařízení a mezi ně vytvořit 32 385 síťových zařízení. Maximální délka sítě je 2 700 m. Při použití maximální délky je přenosová rychlost snížena přibližně na 10 kb/s. Pokud chceme dosáhnout standardní rychlosti, je potřeba aby délka sítě byla do 1 500 m. [5]

3.1.2 Technologie BACnet

BACnet byl vytvořen v roce 1995 firmou American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). Je standardizovaný normou ISO 16484-5. Protokol BACnet umožňuje připojení různých komponentů od různých výrobců. Protokol je navržen tak, aby ignoroval vnitřní nastavení připojených zařízení a pouze zprostředkoval vzájemnou komunikaci. BACnet se rozděluje na 3 části. [2]

První částí jsou “objekty“, které jsou chápány jako přístroje a snímače. Každé připojené zařízení dostane označení, kterým je reprezentováno v síti. Označení obsahuje jméno a typ objektu spolu s dalšími parametry, jako jsou aktuální hodnoty, limity a další. Tyto označené objekty jsou pak používány v komunikaci mezi jinými zařízeními.



| | |
|---------------|---------------------------|
| Object_Name | SPACE TEMP |
| Object_Type | ANALOG INPUT |
| Present_Value | 72.3 |
| Status_Flags | Normal, Out-of-Service |
| High_Limit | 78.0 |
| Low_Limit | 68.0 |

Obr. 1 Ukázka vzhledu tabulky objektu u BACnetu [6]

Druhou částí jsou “služby“, které jsou reprezentovány jako příkazy. Tyto příkazy obsahují informace a úlohy, které se mají u zvolených zařízení aplikovat. Mezi služby patří sdílení dat, alarmy, časovače, trendy a události.

V poslední řadě je druh komunikačního média, které bude obstarávat vzájemnou komunikaci mezi zařízeními připojenými v síti. Využívají se standardní typy médií jako Ethernet, LonTalk, RS232 a RS485. Pro protokol BACnet vznikl speciální typ komunikace z názvem BACnet/IP. BACnet/IP zvládá kromě přeposílání zpráv v síti i snadnou asimilaci jiných technologií. [6]

3.1.3 MODBUS

Protokol MODBUS byl vyvinut v roce 1979 firmou MODICO. Protokol se využívá pro připojování různých zařízení do jedné sítě. Principiálně protokol pracuje na principu klient – server. Využívá síťového modelu ISO/OSI, kde hlavně definuje aplikační vrstvu.

MODBUS ke své funkci využívá principu posílání zpráv a přijímání odpovědí, ať špatných nebo dobrých. Zpráva je ve tvaru PDU a lze jí v případě nutnosti rozšířit pro použití v aplikační vrstvě protokolem ADU. Zpráva typu PDU obsahuje kód operace a datovou část. Kód má velikost jeden bajt, jinými slovy může obsahovat až 255 různých kombinací činností. V praxi je ale polovina používaná pro negativní odpovědi. Datová část obsahuje potřebná data pro splnění zadané úlohy, která je v kódu operace. Výsledná komunikace vypadá tak, že klient pošle požadavek s určitým kódem.

Server přijme kód a podle proveditelnosti pošle odpověď. Pokud je vše v pořádku, server vyšle stejný kód zpátky ke klientovi, ale pokud operaci nelze provést, tak ke kódu přičte hodnotu a tím vytvoří chybový kód. [16]

3.1.4 Sběrnice KNX/EIB

Komunikační protokol EIB vznikl v roce 1989 mezinárodní asociací EIBA. Cílem vzniku je sjednocení využívaných přístrojů a programovacích prostředků. V roce 1991 byl protokol EIB zveřejněn v podobě systémového rozhraní ETS. V roce 2001 byl pod dohledem asociace KONNEX protokol EIB vylepšen na verzi KNX. Protokol KNX je často označován jako KNX/EIB, ale v mnoha případech je označován jenom jako KNX. Protokol KNX/EIB je normalizován normou ISO/IEC 14543. [7]

Protokol KNX/EIB patří mezi decentralizované systémy. Umožňuje připojit přídatná zařízení, ale každé zařízení musí mít svůj vlastní mikroprocesor a musí být kompatibilní s rozhraním KNX/EIB. Protokol KNX/EIB používá ke komunikaci mezi zařízeními telegramy, které posílá za pomoci dvou vodičové datové sběrnice. Telegram je reprezentován jako sled binárních hodnot v hexadecimálním kódování. Telegram je vyslán do sítě ve tvaru, kde počátek svazku obsahuje start bit. Po start bitu následuje svazek bitů, které reprezentují adresy příjemce a odesílatele. Po adresách následuje svazek, který obsahuje přenášená data. Celý svazek je ukončen stop bitem. Průměrný čas k poslání k cíli je 20 ms. [8], [9], [3]

Protokol KNX/EIB standardně posílá data rychlostí 9600 bit/s. Umožňuje fyzicky připojit 256 zařízení a mezi ně vytvořit 57 600 síťových zařízení. [8]

3.1.5 Sběrnice M-BUS

Evropský standart M-BUS vznikl za spolupráce Texas Instruments Deutschland a University Paderborn. Protokol M-BUS je normalizován normou EN 13757-2. Využívá se ke sběru dat z měřicích přístrojů a senzorů. Dále se využívá k přenosu řídicích signálů. [12]

Standart M-BUS využívá pro připojení k zařízením jednu dvoudrátovou sběrnici, což vede k jednoduchému připojení a odstranění používaných zařízení v reálném čase. Tato výhoda spolu s jedním kabelem snižuje interferenci mezi připojenými zařízeními. Další výhodou jednotné sběrnice je, že hlavní stanice (master) dokáže vysílat data všem připojeným stanicím (slave) najednou. V každém případě tato vlastnost není obousměrná, což znamená, že všechny stanice nedokážou posílat data najednou. Data může posílat pouze jedna stanice. Komunikace tedy probíhá na principu master – slave, kde jedna řídicí centrální jednotka řídí své členy v zapojené síti. [10]

V síti může být zapojeno 250 stanic s celkovou maximální délkou 1000 m. Pokud chceme použít maximální rychlost 9 600 Bd, maximální délka musí být do 350 m. V poslední řadě M-BUS umožňuje poskytovat napájení mezi zapojené prostředky včetně možnosti galvanického oddělení.[10],[5]

3.1.6 Protokol OPC

Protokol OPC byl vyvinut v roce 1996 sdružením OPC Foundation. V tomto sdružení je přibližně 150 firem rozsetých po celém světě. Hlavními vlastnostmi OPC protokolu jsou otevřenost a flexibilita. Umožňuje připojení libovolného zařízení pod podmínkou, že zařízení umožňují komunikaci přes OPC. [14],[15]

Protokol pracuje na principu klient – server. Server je reprezentován jako prostředník, který získává data z připojených zařízení a tato data přeposílá svým klientům v upraveném formátu OPC. Klient pak tato přeformátovaná data zpracovává a zobrazuje koncovému uživateli ve tvaru grafu, tabulek a zpráv. Klient i server může být nainstalovaný na jednom stolním počítači.[15]

3.2 Řídicí systémy

Hlavní role řídicích systémů je získávat data ze svých zdrojů (senzory, spínače atd.) a měnit parametry řídicího procesu. Změny v procesu se provádí podle programu, který byl do systému nahraný. Řídicí systém se skládá z regulátoru a V/V modulů. Za pomoci V/V modulů dokáže řídicí systém přijímat a vysílat. Tyto moduly mohou být odděleny nebo integrovány s regulátorem. Moduly mohou být analogové nebo digitální.

Analogové vstupy jsou reprezentovány jako analogové hodnoty, které mohou být elektrické nebo neelektrické. Tyto hodnoty představují např. teplotu, svítivost atd. Analogové výstupy se využívají k řízení pohonů. Pro řízení se používá napětí v rozsahu 0-10 V. Digitální vstupy přijímají data ve tvaru zapnuto nebo vypnuto. Jsou získávány ze spínačů. Mohou být ve tvaru napěťového nebo bezpotenciálového kontaktu. Digitální výstupy vysílají bitové hodnoty a tím ovládají spínací objekty.

V dnešní době je možné se setkat s aplikací „web server“. Tato aplikace je nahrána v řídicím systému a umožňuje ovládat a sledovat řídicí procesy za pomoci webového rozhraní. [4]

3.2.1 Honeywell

Firma Honeywell se zabývá a prodává prostředky pro řízení budov. Nabízí k prodeji velkou škálu prostředků jako spínače, snímače atd. Z pohledu řídicích systémů firma Honeywell nabízí konfigurované regulátory, prostorové regulátory a volně programované regulátory.

Konfigurované regulátory mají svojí funkci přednastavenou a zaměřují se na kontrolu teploty v kotelnách. Prostorové regulátory se zaměřují na regulaci místnosti. Prodávají se ve dvou verzích - komunikativních a nekomunikativních. Nekomunikativní mají jednoduchou strukturu s několika tlačítky a jednou funkcí. Zatímco komunikativní využívají ke své funkci komunikační protokoly, navíc nabízí možnost ovládat libovolný proces. Hlavním zastáncem této kategorie je regulátor LYNX. LYNX regulátor se zaměřuje na ovládání prvků v rámci jedné místnosti. Používá ke komunikaci

komunikační protokoly LON a BACnet a k programování se používá systém COACH^{AX}.

Firma Honeywell kromě prostorové regulace také nabízí systémy pro celkové ovládání budovy. Do této kategorie patří regulátory HAWK a EAGLE.

HAWK

Regulátor či integrátor HAWK je určený pro regulaci všech služeb používaných v budově jako jsou regulace systému vytápění, větrání a klimatizace – HVAC (Heating, Ventilating and Air conditioning), hlídání spotřeby atd. Je navržený pro jednoduchou správu a ovládání. Je kompatibilní s různými komunikačními protokoly, jelikož má v sobě zahrnuto mnoho protokolů jako jsou LON, ModBus, BACnet, KNX, M-bus atd. Je malé velikosti a lze ho snadno připevnit na DIN lištu nebo stěnu. Pro programování se používá grafické rozhraní COACH^{AX}. Vyrábí se ve dvou sériích a to HAWK 300E a HAWK 600E. Hlavní rozdíl mezi sériemi je v rychlosti procesoru, kde série 300E používá 400 MHz procesor, zatímco série 600E používá 524 MHz procesor.

HAWK regulátor využívá k připojení budoucích zařízení externí vstupně/výstupní moduly. Existují dvě verze těchto modulů, a to IO16 a IO34. Rozdíl je v množství nabízených vstupně/výstupních modulů. Verze IO16 nabízí 8 univerzálních vstupů, 4 analogové výstupy a 4 digitální výstupy. Zatímco verze IO34 nabízí 16 univerzálních vstupů, 8 analogových výstupy a 10 digitálních výstupů. Kromě většího množství vstupů a výstupů, než verze IO16, také obsahuje integrovaný zdroj 24 VAC/DC. Manipulace s moduly je snadná, stačí připojit na boční konektor a připojit napájení. Na 1 HAWK regulátor lze připevnit do série čtyři moduly IO16 anebo jeden modul IO34 s dalšími dvěma moduly IO16. Celkově tedy lze zapojit 66 V/V modulů.

HAWK obsahuje aplikaci web server, díky web serveru je možné celý proces řízení ovládat za pomoci internetu. [36], [25]



Obr. 2 Ukázka vzhledu regulátoru HAWK [27]

EAGLE

EAGLE regulátor patří mezi univerzálně použitelné regulátory, ale oproti HAWK regulátoru je použitelný jenom pro komunikační protokol BACnet. Při použití převodníku je možné ho připojit do sítě využívající protokol LonWorks. Existuje několik variací EAGLE regulátoru, některé variace mají integrované V/V moduly, některé zase nemají. Hlavní výhoda oproti HAWK regulátoru je ta, že některé verze umožňují EAGLU připojit až 600 modulů V/V. K vytváření programu se používá speciální program CARE. K ovládání řídicího procesu lze použít libovolný PC, notebook, dotykový panel atd. Pro přístup k přístroji se používá USB port nebo Ethernet. [26]



Obr. 3 Ukázka vzhledu regulátoru EAGLE [27]

3.2.2 Siemens

Firma Siemens patří k nejznámějším výrobcům elektrotechniky. Siemens má vlastní divizi z názvem Building Technologies, která se zabývá vytvářením inteligentních systémů v budovách. Firma nabízí systémy pro měření a regulaci, bezpečností systémy atd. Kromě těchto provádí také komplexní řešení budov. Pro komplexní řešení nabízejí výrobky Desigo, které jsou vyráběny v sérii RX a PX V5.1. Série RX se vyrábí ve třech variantách. Jsou to regulátory teploty do jedné místnosti, kdy rozdíl mezi sériemi je pouze v užitém komunikačním protokolu. [28]

PX V5.1

Nejnovější výrobek firmy Siemens pro řízení budov je určený pro komplexní ovládání budov. Hlavní část se skládá z procesní podstanice, do této podstanice se pak připojují přídatné bloky, které obsahují V/V moduly. Podstanice se vyrábí v mnoha verzích. Rozdíl mezi verzemi je v ceně a v množství používaných V/V modulů. Jedna z dražších verzí PXC100 je schopná umožnit připojení až 200 fyzických V/V modulů, zatímco na levnější verze PXC50 lze zapojit až 52 V/V modulů. Je navržena pro podporu komunikačního protokolu BACnetu, ale lze použít i protokoly LonTalk, PTP nebo Ethernet.

Pro programování se používá programovacího jazyka D-MAP. Programování se provádí propojováním bloků v grafickém módu. PX V5 umožňuje podporu web serveru. Je možné celý sledovaný proces ovládat a sledovat za pomoci webového prohlížeče. Tuto funkci výrobci označují jako PX-WEB. [29], [30]



Obr. 4 Ukázka procesní podstanice Designo PX V5 [30]

3.2.3 SAUTER Automation

Firma SAUTER je světově známou firmou zabývající se výrobou měřicí a řídicí techniky. Nabízejí mnoho druhů snímačů, spínačů a řídicí techniku pro místnosti nebo celé objekty.

SAUTER EY-modulo 5

System EY – modulo 5 je nejnovější řídicí systém od firmy SAUTER. Je vytvořen pro účely komplexního ovládnání budovy. Skládá se z hlavní centrální jednotky EY-AS 525, která podporuje 26 V/V modulů. Je možné připojit až 8 externích jednotek V/V, popřípadě lze napojit speciální modul novalink. Používá pouze jeden komunikační protokol BACnet/IP. K programování se používá CASE Suite. Je podporována aplikace web server, která umožňuje dálkovou manipulaci ovládnání za pomoci internetu. [32]



Obr. 5 Ukázka automatické stanice EY-AS 525 [32]

3.2.4 CORAL

Česká firma CORAL nabízí SCADA/HMI systémy, které umožňují sledovat a řídit libovolné technické procesy.

TIRS.NET

TIRS.NET je SCADA systém určený pro zpracovávání dat a řízení technologických procesů. Jsou brána jako řídicí jednotka, na kterou se za pomoci přídatných komunikačních konektorů připojí používané přístroje (PLC, snímače atd.) V dnešní době firma nabízí několik verzí těchto systémů. Nejaktuálnější je verze TIRS.NET 6. Hlavní předností těchto systémů je integrace komunikačních protokolů. Protokoly, které podporuje, jsou Modbus, MBus, SNMP, OPC, BACnet a DDE. V poslední řadě je podporována grafická vizualizace a web server.

Požizovací cena TIRS.NETu, podle jejich ceníku (viz. [34]), je závislá na požadovaných parametrech. V případě malých projektů se můžeme vejít mezi 5 000 až 10 000 Kč, ale pokud budeme chtít využít maximální potenciál, tak výsledná cena může být až 10x větší. [33]

3.3 Senzory

Existuje obrovské množství senzorů, které se používají v inteligentních budovách. Dělí se na senzory pro vytápění, ochlazování, klimatizaci a ventilaci (HVAC), senzory zabezpečení a senzory pro bezpečnost.

3.3.1 Senzory pro HVAC

Senzory typu HVAC se používají k sledování změn pro vytápění, ochlazování, klimatizaci a ventilaci.

NTC Termistory

NTC Termistory slouží k měření teploty. Ke své funkci využívají odpor, který má záporný teplotní součinitel. Tento odpor pak reaguje na změnu teploty a mění svoji pozici ve své charakteristice, která exponenciálně klesá s rostoucí teplotou. [17],[19]

Termočlánky

Termočlánky využívají termoelektrický jev. Používá se drát, kde na jednom konci je jiná teplota než na druhém konci. Díky tomu vzniká v drátu termoelektrické napětí, které reprezentuje rozdíl teplot na obou koncích. [19]

Dilatační hygrometry

Dilatační hygrometry se využívají pro měření vlhkosti. Pracují na principu změny objemu látek v závislosti na vlhkosti okolí. [21]

Psychrometry

Psychrometry se využívají pro měření vlhkosti. Pro realizaci psychrometru se používají dva teploměry. Jeden teploměr pracuje jako referenční a druhý je obalený vlhkou látkou. Vlhkost se získá odečtením teplot z obou teploměrů a výpočtem. [21]

Snímače oxidu uhličitého

Snímač oxidu uhličitého se používá pro detekci oxidu uhličitého v místnosti. Pracuje na principu měření intenzity infračerveného záření, které je tlumeno množstvím oxidu uhličitého přítomného v měřené místnosti. [17]

3.3.2 Senzory pro zabezpečení a ochranu majetku

Detektor pohybu PIR

Detektor snímá za pomoci infračerveného záření hlídanou místnost. Pokud někdo vejde do místnosti, dojde ke zvýšení intenzity vyzařovaného záření a snímač aktivuje poplach. [22]

Detektor pohybu MW

Detektor využívá tzv. Dopplerův jev. Pracuje na principu sledování vlnové délky, která se změní, pokud se ve sledovaném prostoru objeví cizí objekt. Pokud dojde k detekci, aktivuje se poplach. [22]

Detektor tříštění skla

Detektor je vybaven mikrofonom, který analyzuje zvuky v místnosti. Pokud dojde k rozbití okna v hlídané místnosti, tak detektor vyhodnotí situaci a vyhlásí poplach. [22]

Infrazávora

Infrazávora obsahuje přijímač, který vysílá infračervený paprsek. Tento paprsek pak přijímá přijímač, který je na druhé straně závory. Alarm se aktivuje, pokud dojde k přerušení tohoto paprsku. [22]

3.3.3 Senzory pro bezpečnost a krizové stavy

Optické - kouřové detektory

Detektor využívá snížené viditelnosti způsobené kouřem. Detektor má komoru, ve které se vysílá infračervené světlo. Intenzita tohoto světla se pak snímá. Pokud intenzita začne klesat právě způsobeným kouřem, tak detektor vyhlásí poplach. Detektor se nehodí do oblastí s povolenou koncentrací kouře. [23]

Teplotní detektor

Teplotní detektory se aktivují při překročení limitní teploty v místnosti nebo sledují rychlost růstu teploty v místnosti. Při překročení se aktivuje poplach. Nevýhodou tohoto detektoru je, že se nejčastěji aktivuje až v průběhu požáru. [23]

Ionizační detektory

Ionizační detektory jsou méně používané detektory hlavně díky využití radioaktivních látek, které detektor využívá. Detektor ionizuje vzduch ve své komoře a za pomoci proudu dokáže detekovat kouř ve své komoře. [23]

Nasávací kouřové detektory

Nasávací kouřové detektory jsou nejcitlivější detektory na trhu. Využívá se zde laserový detektor, který snímá nasáty vzduch a detekuje přítomnost kouře. [23]

4 PROGRAMOVACÍ ROZHRANÍ COACH^{AX}

System COACH^{AX} navržený firmou Honeywell je určený pro vytváření řídicích aplikací pro HAWK regulátor a dohlížecí software ARENA^{AX}. Základ programování se provádí v grafickém prostředí, kde stačí vybrat prvek a přesunout ho na návrhářskou plochu. Po přesunu se nastaví parametry vloženého prvku a propojí s okolními prvky. Všechny změny na daném prvku se projeví okamžitě, jelikož COACH^{AX} pracuje v reálném čase. [30], [31]

Software COACH^{AX} pro svoji funkci využívá platformu a stanici. Platformu bereme jako hlavního zprostředkovatele řízení. Může se jednat o PC, na kterém je COACH^{AX} nainstalovaný, nebo HAWK regulátor. Hlavní úlohou platformy je obstarání služeb zapojeným stanicím, které využívají danou platformu. Jinými slovy zvolená platforma rozhoduje, jaké funkce lze u připojených stanic použít. Připojení do platformy je závislé na typu platformy. Pokud se chceme připojit do HAWKa, používáme jako

základní přihlašovací jméno: tridium a heslo: niagara. V případě, že chceme zapojit jako platformu PC, se používají administrátorské přihlašovací údaje do operačního systému, který běží v počítači.

K platformě se připojují stanice. Stanice obsahuje aplikace, které se vytváří v grafickém prostředí. Pokud se stanice úspěšně připojí na platformu, aplikace, kterou stanice obsahuje, se aktivuje. V COACH^{AX} lze navrhnout mnoho stanic, ale aktivní může být jen jedna. Pro platformu HAWK lze nahrát a aktivovat pouze jednu stanici. Základní přihlašovací údaje ke stanici jsou pro obě platformy stejné přihlašovací jméno: admin a heslo: volitelné, s tím že musí obsahovat minimálně 10 písmen, alespoň jednu číslici a velké písmeno. Samozřejmě je možné vytvářet vlastní přihlašovací údaje za pomoci *Category service*. [33]

4.1 Služby a aplikace používané v COACH^{AX}

V program COACH^{AX} existuje obrovské množství použitelných aplikací a funkcí. Z těchto aplikací jsou dále popsány ty, které se nejčastěji používají. Systém COACH^{AX} je psaný v programovacím jazyce JAVA, je tedy možné doprogramovat další části.

4.1.1 Datové typy

Systém COACH^{AX} podporuje čtyři datové typy:

- Boolean – bitové hodnoty, reprezentovaný zelenou barvou
- Numeric – číselný tvar, reprezentovaný fialovou barvou
- Enumerated – více parametrový typ, reprezentovaný oranžovou barvou
- String – textový charakter, reprezentovaný bílou barvou

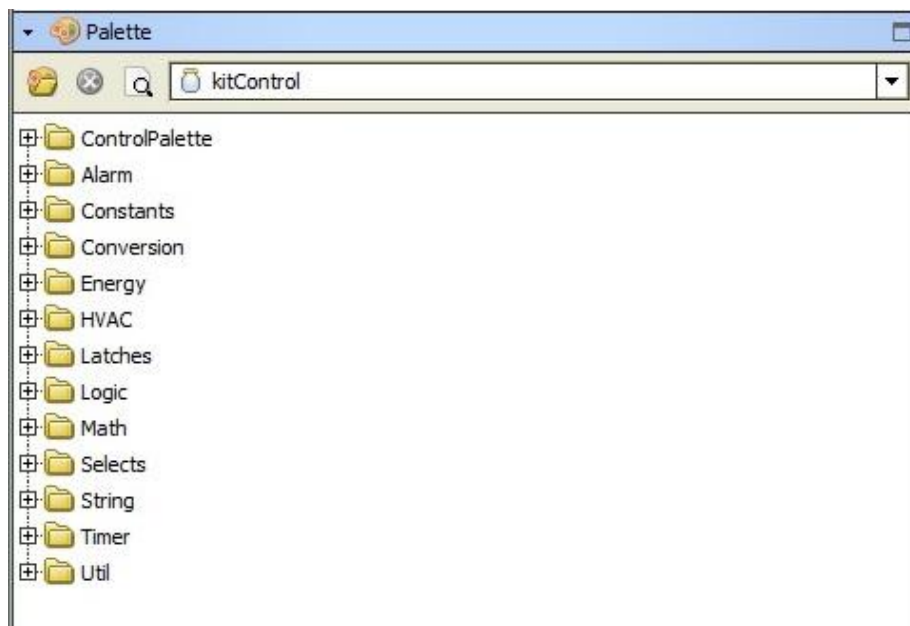
Všechny datové typy lze vzájemně přetytovat za pomoci specifických konvertorů. Datové typy mohou být ve tvaru konstant nebo přepisovatelných tvarů. [35]

4.1.2 Ovládací prvky

V COACH^{AX} lze použít tyto prvky:

- Matematické funkce – sčítání, násobení, logaritmy, exponenciála atd.
- Logické funkce – and, or, porovnání, xor atd.
- Časovače
- Generátory – impulzní, sinusový průběh, náhodný generátor čísel a rampa
- Prvky pro řízení HVAC – zpětnovazební smyčka, PID regulátor, hystereze atd.
- Plánovače času

Všechny prvky se dají vybrat za pomoci palety nástrojů. Stačí si hledaný prvek najít v paletě a přetáhnout na vývojovou plochu. [35]



Obr. 6: Ukázka palety v COACH^{AX}

4.1.3 Alarmy

Alarmy lze připojit k sledovanému prvku. Alarm lze nastavit, aby se aktivoval při překročení povoleného rozsahu. Každý alarm se musí přiřadit ke své třídě. Třídy se vytváří v *service/ alarm service*. Pro zobrazení alarmu se používá konzolový příjemce, který zobrazuje a ukládá vyskytlé alarmy. Je možné nastavit, aby se vyskytlé alarmy posílaly za pomoci emailu. [35]

4.1.4 Sledování změn proměnných

Pomocí přídatku, který umožňuje sledovat změny stavu vybraného příkazu, lze zaznamenat hodnoty v průběhu času do grafu. Jsou možné dva přídatky pro sledování s intervalem nebo bez intervalu. S intervalem je možné nastavit, kdy se bude snímat hodnota zvoleného prvku v případě, že se zvolí bez intervalu tak se bude snímat vždy, když se změní hodnota.

Přídatek se dá získat jako *extension* v knihovně historie přes paletu. Při nalezení stačí vzít a přidat k sledované proměnné a povolit. Výslednou charakteristiku je možné zobrazit v navigačním menu ve složce historie. Je možné získaný graf a data exportovat do tvaru pdf, html a csv (formát pro excel). [35]

4.2 Obsluha periferií

Firma Honeywell nabízí vlastní V/V moduly sloužící pro připojení různých druhů s vstupních a výstupních zařízení. Jsou vyráběny ve dvou verzích IO16 a IO34. K centrální jednotce lze připojit více modulu IO16, ale nelze připojit víc IO34. Maximální kombinace jsou 4x IO16 nebo 2x IO16 a 1xIO34.

4.2.1 Vstupní a výstupní moduly použitelné v HAWK

Vstupně-výstupní moduly IO16 a IO34 obsahují univerzální vstupy, které lze podle programového nastavení v COACH^{AX} nastavit, jestli se bude snímat analogová nebo digitální hodnota vstupu.

Lze vybrat z těchto typů vstupů:

- 10K ohm Thermistor
- Resistiv 0-100K ohms
- 0-10 Vdc
- 4-20 mA
- Binary Input

Kromě vstupů obsahují moduly IO34 a IO16, oddělené digitální a analogové výstupy. Digitální reléové výstupy dokáží spínat 24 V/0,5A stejnosměrného nebo střídavého. Na přední straně V/V modulu jsou umístěny LED diody, které indikují, jaké digitální výstupy jsou aktivní nebo neaktivní. V poslední řadě analogové výstupy jsou nastaveny pro generování stejnosměrného napěťového signálu v rozsahu 0-10 V při maximálním proudu 4 mA. [37]

4.2.2 Softwarové nastavení vstupů a výstupů v HAWK

Pro přímé použití vstupů a výstupů u regulátoru HAWK slouží NDIO driver. Driver je potřeba nainstalovat do modulu HAWK. Ovladače jsou součástí NDIO modulu, který se dá nahrát ve výběru nainstalovaných modulů. K seznamu nainstalovaných modulů se dá dostat za pomoci *Platform Software Manager*, kde je výpis všech použitelných modulů. Zde se najde modul *ndio* a nainstaluje. Po úspěšné instalaci a restartování HAWK jednotky lze nastavit NDIO driver. Ve složce driver přidáme za pomoci tlačítka *add NDIO Network*. Ve vytvořeném NDIO Network stiskneme tlačítko *Discover* a přidá se *NDIO Board*. Pokud je připojeno více jednotek HAWK IO modulů, bude zde přítomno více *NDIO Board*, rozdíl mezi Board bude v hodnotě portu, kde nejmenší číslo portu je nejbližší k centrální jednotce a naopak největší číslo nejdále. Pokud je vše správně nastavené měla by se rozsvítit kontrolní LED dioda přední straně IO modulu. V poslední fázi se pod NDIO Bordem nachází přídatek *Points*, kde se po stisknutí *Discover*, zobrazí všechny použitelné vstupy a výstupy.

Po vytvoření vstupů nebo výstupu se objeví v navigačním menu pod *Points* vytvořený vstup nebo výstup. Kliknutím pravým tlačítkem na daný vstup nebo výstup je třeba zvolit *link to mark*. Nyní v grafickém prostředí vložíme za pomoci palety nebo přes pravé tlačítko *Numeric Writable* nebo *Boolean Writable*, v závislosti jestli se jedná analogovou nebo digitální hodnotu a klikne se na ní pravým tlačítkem. V nabídce se vybere *link to* nebo *link from* v závislosti jestli se jedná o vstup nebo výstup. Vyskočí dvě okna vedle sebe, kde je možné vybrat propojení vstupů a výstupů. Po úspěšném vybrání dojde k propojení a je možné posílat hodnoty na výstupy nebo číst vstupy.

4.3 Vývoj aplikace v COACH^{AX}

Kapitola 4.3 zabývající se vývojem aplikace v COACH^{AX} je popsána formou názorné ukázky tvorby aplikace v COACH^{AX}. Tato aplikace je vytvořena a testována pouze na počítači, tj. bez připojeného HAWK regulátoru. Všechny proměnné jsou náhodně generované a výsledná aplikace je tak pouze ilustrační. Hlavním cílem této kapitoly je nastínit a ukázat na příkladu práci v prostředí COACH^{AX}. Ukázková úloha je na téma ovládání topení v místnosti v závislosti na venkovní teplotě. Programovací kódy jsou umístěné v příloze D.

4.3.1 Založení projektu

Prvním krokem je nastavení platformy a stanice. Jak bylo popsáno v předešlých kapitolách, platforma je něco jako páteří jednotka a stanice obsahuje kód, který se bude provádět. Nejprve je nutné vytvořit platformu. Platforma se vytváří v záhlavním menu *FILE/ open platform*. Po kliknutí se objeví tabulka, kde je třeba vyplnit IP adresu platformy.

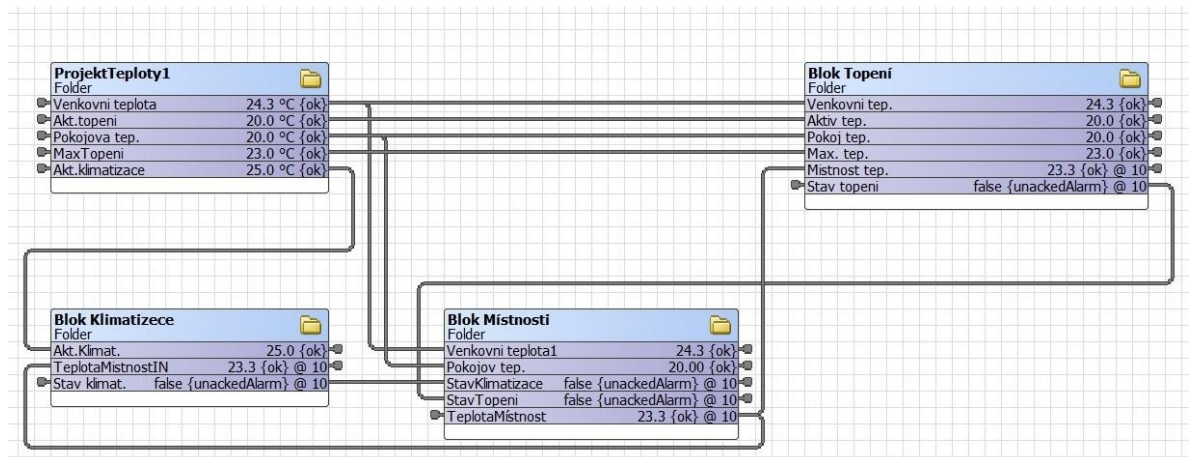
Pro účely simulace bude sloužit pouze COACH^{AX}, z tohoto důvodu je IP adresa lokálního počítače. V posledním okně jsou vyžadovány přihlašovací údaje používaného operačního systému. Po úspěšném vytvoření platformy zbývá vytvořit stanici.

Stanice se vytváří v záhlavním menu *TOOLS/New Station*. Po kliknutí bude požadován název stanice a vytvoření hesla k přihlášení. Heslo musí mít minimálně 10 znaků s tím, že musí obsahovat alespoň jedno velké písmeno a numerickou cifru. Po úspěšném vytvoření stanice zbývá propojit platformu se stanicí. Nejprve je třeba aktivovat platformu zadáním přihlašovacích údajů operačního systému. Po aktivaci se vybere platforma a v nabídce se vybere *Application director*. Zde je seznam všech stanic. Jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách, v COACH^{AX} může být víc stanic, ale aktivní může být pouze jedna. Pokud je nějaká stanice aktivní, tak ji lze vypnout tlačítkem *stop* a spustit jinou stanici, na které se bude vytvářet projekt.

4.3.2 Zdrojová část

Pro zdrojovou část jsou využita makra, jak je vidět podle obrázku č. 7 Makro je v programu COACH^{AX} služba, která umožňuje část obvodu s ovládacími prvky sloučit

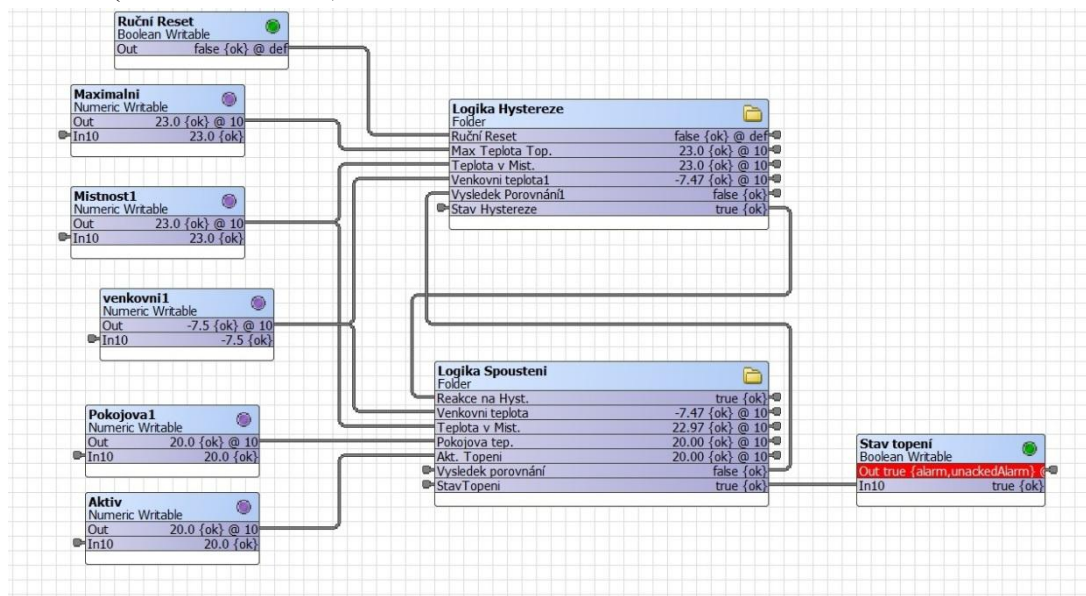
do jednoho bloku. Použitím funkce *composite* lze určovat, co bude vstup a co výstup. Toto řešení přináší zpřehlednění programovacího kódu.



Obr. 7: Hlavní část programu pro simulaci teploty

Na obrázku č. 7 jsou čtyři bloky, které spolu vytvářejí hlavní část ukázkového programu. V bloku *ProjektTeploty1* jsou určeny všechny teploty, které budou potřeba. Jsou zde čtyři konstantní teploty, které se používají k aktivacím. Přesněji pokojová teplota, chápaná jako minimální teplota pro místnost, teplota aktivace topení, maximální teplota pro topení a teplota pro aktivaci klimatizace. Poslední teplota simuluje venkovní teplotu. Pro simulaci venkovní teploty je použit generátor rampy. Pro účely simulace se rampa generuje od -30 °C až do 30 °C v šestiminutovém intervalu.

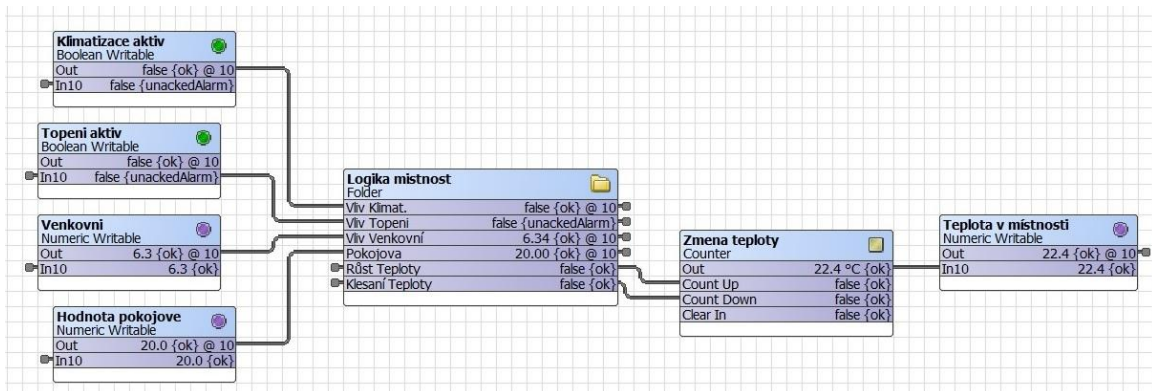
V bloku *klimatizace* je porovnávána teplota místnosti s aktivací, a pokud je teplota v místnosti větší než aktivace, tak se aktivuje klimatizace. Pro hodnotu *Stav klimatizace* je navíc využita služba alarmu. Pokud je klimatizace aktivní, tak se zbarví do červena (viz. obrázek č. 8).



Obr. 8: Ukázka makra pro blok topení

Blok topení je na obrázku č. 8. V daném bloku jsou další dva bloky. V prvním bloku Logika hystereze je realizováno dvoustavové spínání teploty. Principiálně se od maximální teploty za pomoci odečítání získá druhá teplota, při které se bude znovu zapínat topení. Tím je vytvořena hystereze. V této simulaci je hystereze v rozsahu 22 °C až 23 °C.

V bloku *logika spuštění* je porovnávána venkovní teplota spolu se stavem hystereze a pokojovou teplotou s teplotou v místnosti. Pokojová teplota vyjadřuje minimální přípustnou teplotu v místnosti. Pokud tedy klesne teplota v místnosti pod 20 °C, tak se spustí topení a dojde k regulaci teploty na 20 °C. Tato teplota není závislá na hysterezi.

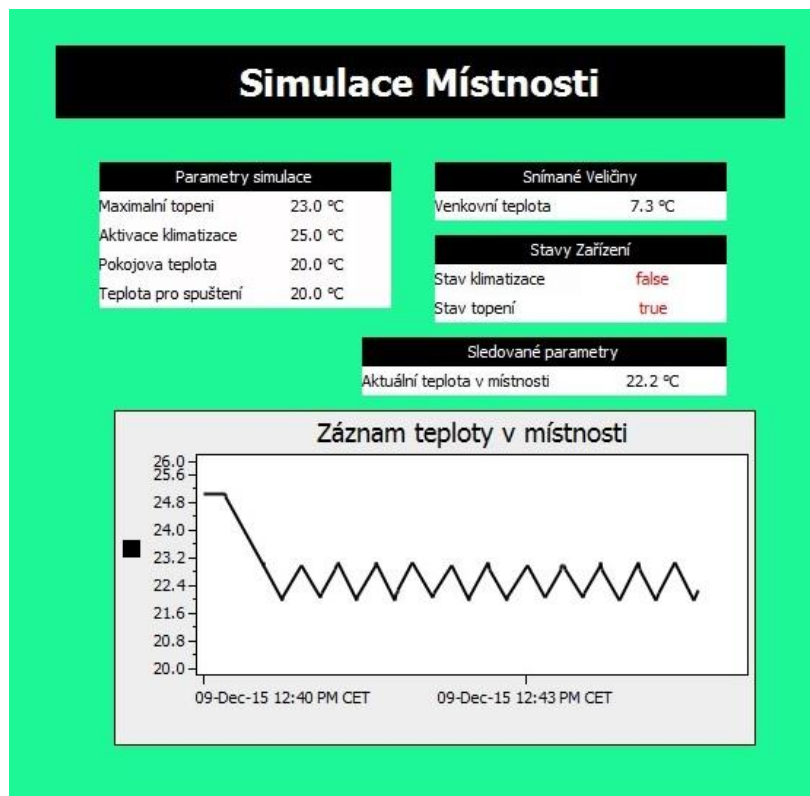


Obr. 9: Ukázka makra pro blok místnost

Obsah posledního bloku místnost je zobrazen na obrázku č. 9. V daném bloku je blok *Logika místnost*. Zde se provádí zvyšování nebo snižování teploty. Ke zvyšování teploty dochází, když je aktivní topení nebo pokud je venkovní teplota větší než pokojová. V případě, že venkovní teplota je větší než pokojová, uvažuje se, že je letní období. Ke snižování teploty dochází, když je chladné období. Přesněji, když je venkovní teplota menší než pokojová a není aktivní topení. Pro simulaci růstu nebo poklesu je použit ovládací prvek *counter*, který přijímá impulzy, které jsou generovány v logice místnosti. Tyto impulzy zvyšují nebo snižují teplotu každou sekundu o 0,1 °C.

4.3.3 Vizualizace

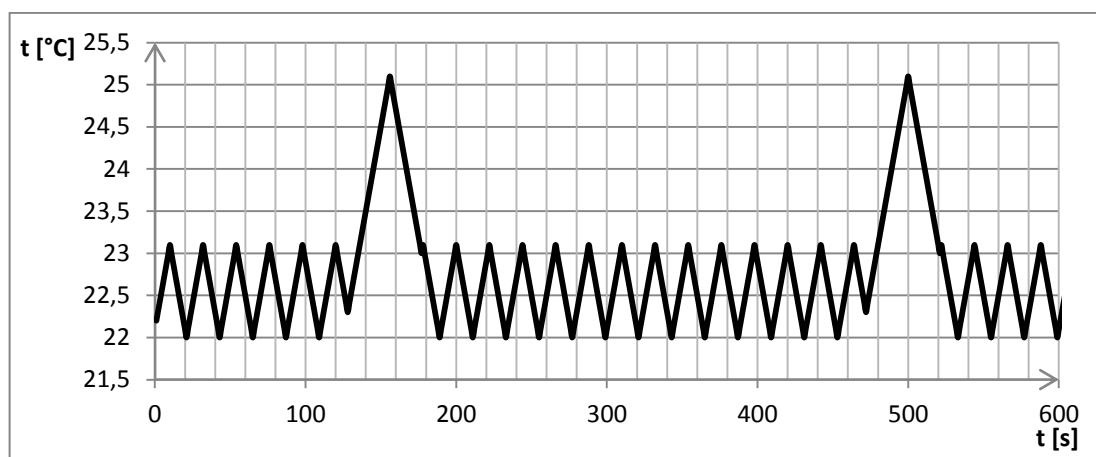
Jelikož ukázková úloha není příliš náročná z pohledu množství použitých prvků, je vizualizace spíše textově orientovaná. Ve vizualizačním okně jsou vypsány sledované parametry včetně stavů použitých zařízení. Dále je zde graf, který zobrazuje historii změny teploty v místnosti.



Obr. 10: Ukázka výsledné vizualizace simulace

4.3.4 Export grafu

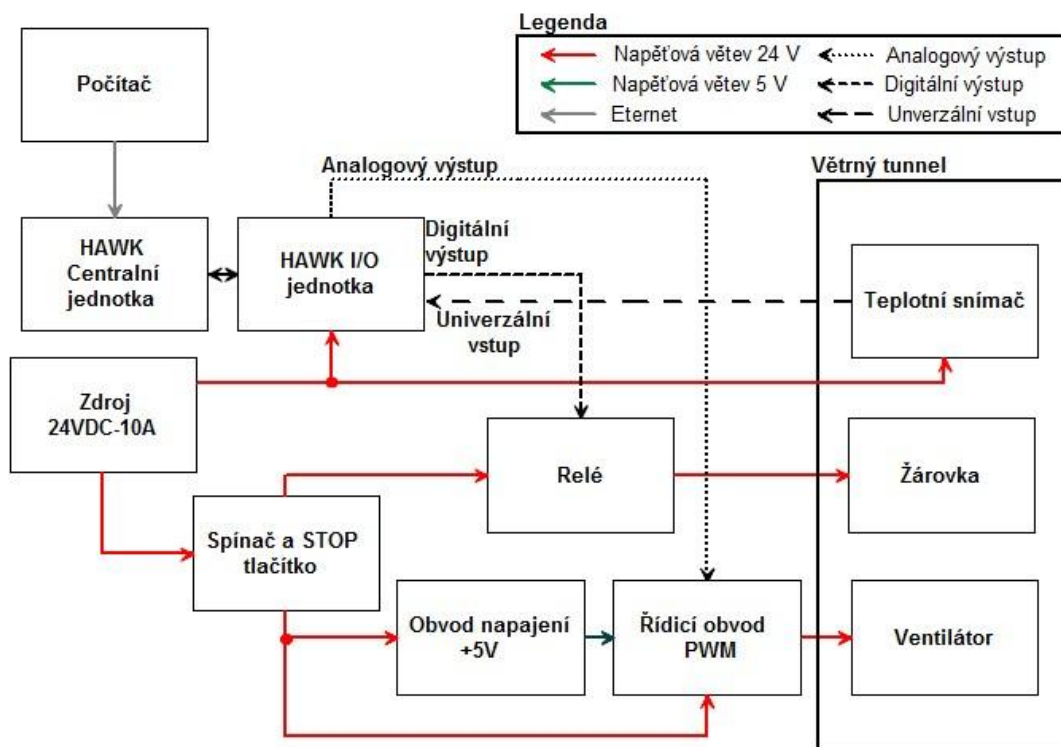
Pro sledování informace o teplotě v místnosti je využito rozšíření historie. Toto rozšíření dokáže sledovat změnu stavu v čase a umožňuje vytvářet grafy. Sledovanou proměnnou je proměnná *Teplota v místnosti*, zobrazena na obrázku č. 10. Program pak automaticky zaznamená změny a vytvoří graf. Tato data je pak možné exportovat do Excelu a dále zpracovat. Graf č. 1 ukazuje, jak probíhá hystereze topení v chladném období a růst teploty v teplém období.



Graf č. 1: Výsledek regulace z ukázkové úlohy teploty v místnosti

5 NÁVRH A REALIZACE DEMONSTRAČNÍ ÚLOHY PRO REGULÁTOR HAWK

Cílem této části práce je zejména připojení reálné instrumentace na vstupy a výstupy regulátoru HAWK a jejich obsluha pomocí software COACH^{AX}. Jelikož je tato práce orientována na řídicí systémy pro řízení budov, resp. inteligentních budov, je vhodné pracovat s prvky jako topení, ventilace (klimatizace), apod. Pro demonstrační úlohu za pomoci HAWK regulátoru byl tedy využit dostupný model větrného tunelu. Větrný tunel obsahuje ventilátor, který se je řízen za pomoci pulzní šířkové modulace (PWM), získané převodem analogového výstupu z HAWK. Pro generování tepla je uprostřed tunelu umístěna žárovka. Na konci tunelu je umístěn teploměr, který měří teplotu, která se posílá na univerzální vstup HAWK nastavený pro měření proudu v rozsahu 4-20 mA. Na obrázku č. 11 je blokově znázorněn celý systém (model) větrného tunelu.



Obr. 11 Blokové schéma zapojení demonstračního modulu

Model se řídí za pomoci centrální jednotky HAWK, k této centrální jednotce se přistupuje za pomoci počítače přes jeden ze dvou ethernetových portů. K hlavní centrální jednotce je připojen HAWK-IO34, což je modul, který obsahuje V/V moduly. Současně je k tomuto modulu přivedeno stejnosměrné napájení 24 V. Modul

IO34 je schopný napájet připojenou centrální jednotku, takže není nutné napájet centrální jednotku zvlášť.

Z modulu IO34 jsou využívány vstupy a výstupy. Na vstup, který je brán jako univerzální a lze ho využívat pro analogové i digitální informace, je k modulu IO34 připojen teplotní snímač, který je napájen 24 V. Dále jsou využívány analogové a digitální výstupy. Analogový výstup je využíván pro řízení rychlosti otáček ventilátoru a digitální výstup je využíván k ovládní relé, které zapíná a vypíná žárovku.

5.1 Popis použitého řídicího systému HAWK

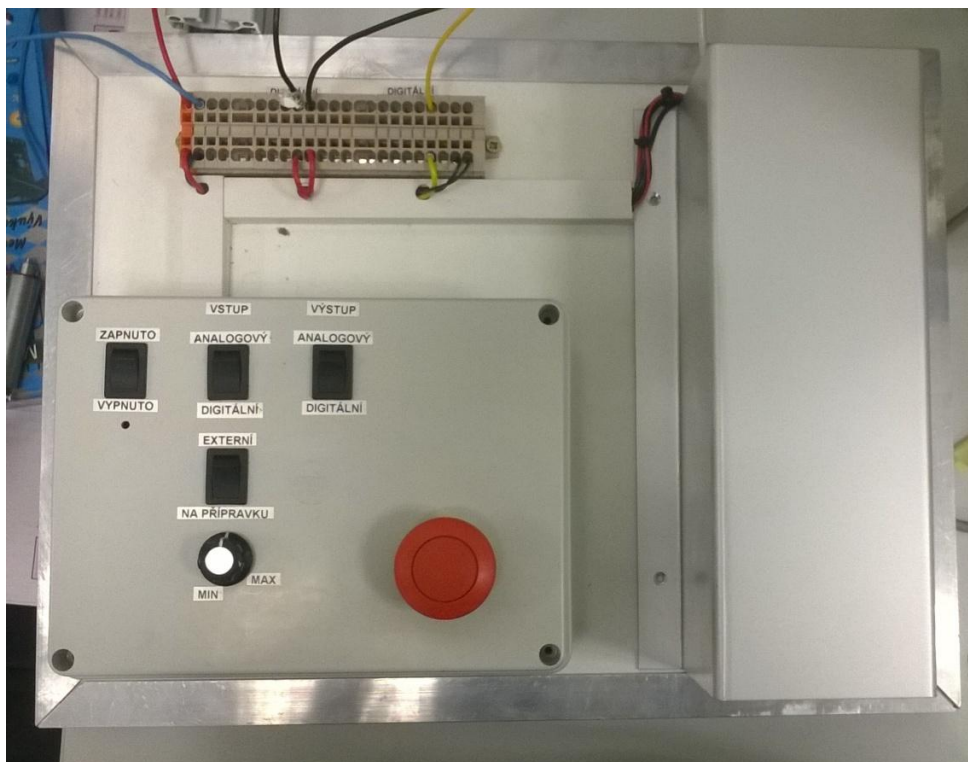
K projektu je poskytnuta centrální jednotka HAWK verze 300E, je na bázi modulu NPM3. Operační systém se využívá qnx-jace-npm3xx-etfs2048 verze 2.7.20.1. Pracuje na architektuře ppc. Obsahuje jednojádrový procesor, 260 MB paměti a lze do něj uložit přibližně 125 MB dat. Pro komunikace obsahuje dva ethernetové porty, jeden sériový port RS232 a jeden sériový port RS485. Pro komunikaci je zvoleno využití ethernetového připojení mezi centrální jednotkou a počítačem.

K bočnímu konektoru centrální jednotky je připojen V/V modul CLAXHAWKIO34. Modul IO34 obsahuje 16 univerzálních vstupů, 10 digitálních a 8 analogových výstupů.

5.2 Návrh a realizace elektrického vybavení

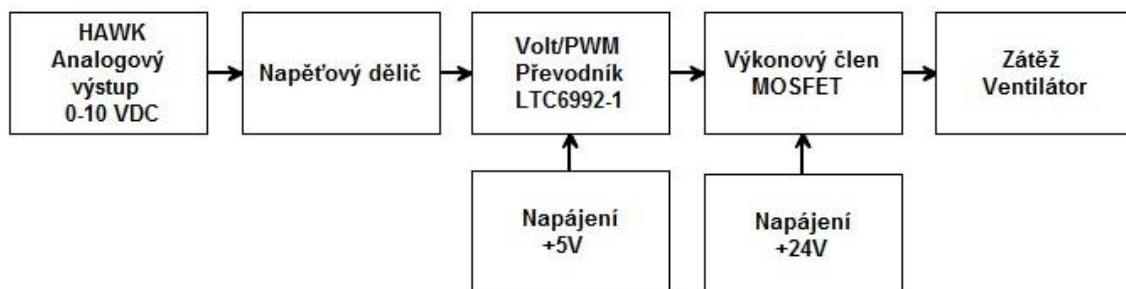
Výchozí model bylo třeba z pohledu elektroniky kompletně přepracovat, protože se ukázalo, že obsažená řídicí elektronika, postavená na bázi řídicího mikrokontroléru ATMega, je nefunkční. Z toho důvodu bylo nutné vytvořit vlastní řídicí elektroniku pro ovládní jednotlivých prvků. Z časových důvodů však bohužel nebyla vytvořena elektronika pro připojení snímače otáček, umístěného na druhém z ventilátorů na opačné straně modelu, než je připojený ovládný ventilátor.

Výchozí stav byl tedy takový, že byl k dispozici teplotní snímač, relé, žárovka a model větrného tunelu bez elektroniky ukázaný na obrázku č. 12. Pro účely modelu byly vyrobeny tyto desky plošných spojů: modul PWM a deska napájení. Popis těchto desek je v příloze B.



Obr. 12 Vzhled zapůjčeného modulu větrného tunelu

5.2.1 Modul PWM



Obr. 13 Blokové schéma řídicího obvodu PWM

Na obrázku č. 12 je blokové schéma obvodu pro ovládání ventilátoru. Pro ovládání je využíván analogový výstup z HAWK regulátoru, který je v rozsahu stejnosměrného napětí 0-10 V. Toto napětí je převáděno na obdélníkový signál za pomoci pulzní šířkové modulace, která se provádí za pomoci převodníku LTC6992. Převedený obdélníkový signál pak spíná tranzistor a tím ovládat rychlost otáčení ventilátoru.

Pro účely převodu lze využít integrovaný obvod LTC6992. LTC6992 je schopný provádět PWM od frekvence 3,81 Hz až do 1Mhz pro vstupní signál od 0 do 1 V. Je vyráběn ve čtyřech provedeních, každé provedení operuje s jiným pracovním rozsahem.

Například verze LTC6992-2 operuje na rozsahu 5% až 95%, jinými slovy velikost výstupního napětí obdélníkového signálu nedosáhne velikosti napájení, které převodník využívá a tím nepřestává oscilovat. Pro účely modelu je využít LTC6992-1, jelikož jako jediný operuje v plném rozsahu. V poslední řadě je možné LTC6992-1 napájet od 2,25 V do 5,5 V. Napájení má vliv na velikost výstupního napětí modulovaného signálu. Pro účely práce je možné využít libovolné napájení v povoleném rozsahu obvodu LTC6992-1, protože zvolený tranzistor spíná při 2 V. Napájení pro obvod LTC6992-1 se získává za pomoci stabilizátoru napětí. Navržený stabilizátor bere z hlavní zdroje +24 V a převádí na +5 V.

HAWK regulátor poskytuje stejnosměrný analogový výstup v rozsahu 0-10 V, ale převodník LTC6992-1 je možné využít pouze pro rozsah 0-1 V, z tohoto důvodu je mezi výstupem z HAWK a vstupem LTC6992-1 vložen napěťový dělič s dvěma odpory o hodnotě 1kΩ a 9,1kΩ, které rozděluje napětí v poměru 10:1 a tím se vytváří rozsah 0-1V, s kterým převodník LTC6992-1 dokáže pracovat.

Výstupní signál z převodníku LTC6992-1 může operovat na frekvenci od 3,81 Hz až po 1Mhz, protože pro spínání tranzistoru budeme potřebovat aspoň 400 kHz. Nastavení pro požadovanou frekvenci je uvedeno v dokumentaci výrobce [38]. V dokumentaci je psáno, že je potřeba si zvolit POL bit, N_{DIV} a R_{SET} . POL bit definuje, jestli bude brán kladný převod nebo inverzní převod, neboť je potřeba, aby při malém napětí v rozsahu 0-1 V se ventilátor otáčel pomaleji, tak POL bit se zvolí 0. Po určení POL bitu je potřeba vybrat parametr N_{DIV} , který reprezentuje programovatelnou děličku, jež dělí generovanou frekvenci podle vzorce (1).

$$f_{OUT} = \frac{1MHz}{N_{DIV}} * \frac{50k\Omega}{R_{SET}} \quad (1)$$

Pro zvolení správného N_{DIV} využijeme rovnici (2).

$$\frac{62,5 kHz}{f_{OUT}} \leq N_{DIV} \leq \frac{1 MHz}{f_{OUT}} \quad (2)$$

Pokud požadujeme, aby na výstupu se nacházela frekvence o velikosti 400 kHz, tak do rovnice (2) dosadíme za $f_{OUT} = 400 kHz$.

$$\frac{62,5 kHz}{400 kHz} \leq N_{DIV} \leq \frac{1 MHz}{400 kHz}$$

$$\frac{62,5 kHz}{400 kHz} \leq N_{DIV} \leq \frac{1 MHz}{400 kHz}$$

$$0,1 \leq N_{DIV} \leq 2,5$$

Podle vypočtu z rovnice (2) je N_{DIV} v rozsahu mezi 0,1 až 2,5. N_{DIV} podle výrobce nabývá hodnoty 1,4,16,64 až do 16384. Ve zvoleném rozsahu lze použít $N_{DIV} = 1$. Převodník LTC6992-1 využívá DIVCODE. Za pomoci DIVCODE se nastavují zvolené parametry N_{DIV} a POL bit. Při zvolených $N_{DIV} = 1$ a POL = 0, se určí za pomoci tabulky v dokumentaci DIVCODE = 0.

Při zvoleném DIVCODE je nutné vypočítat napětí, které se přivede na DIV pin, který nastaví zvolené N_{DIV} a POL. Napětí pro DIV pin určíme z rovnice (3).

$$\frac{V_{DIV}}{V^+} = \frac{DIVCODE + 0,5}{16} \pm 1,5\% \quad (3)$$

Do rovnice (3) se dosadí za $DIVCODE = 0$.

$$\frac{V_{DIV}}{V^+} = \frac{0 + 0,5}{16} \pm 1,5\%$$

Z dané rovnice se určilo, že poměr mezi napětím na pinu DIV a napájecím napětím je 0,03125 V, což odpovídá tabulce, která se vyskytuje v dokumentaci. Pokud je zvolený poměr, je potřeba určit odpory děliče napětí, který přivede na pin DIV požadované napětí. Podle výrobce lze využít libovolné kombinace odporu s podmínkou, že paralelní kombinace odporu nepřesáhne 500 k Ω . Jako dělicí odpory byly zvoleny odpory hodnoty 1M5 Ω a 47 k Ω . Nyní se provedou kontrolní přepočty dosazením do rovnice pro napěťový dělič již odpory 1M5 Ω a 47 k Ω vytváří.

$$V_{DIV} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * V^+ \quad (4)$$

Kde se dosadí za $R_2 = 47 \text{ k}\Omega$ a za $R_1 = 1\text{M}5 \Omega$.

$$V_{DIV} = \frac{47 \text{ k}}{1\text{M}5 + 47 \text{ k}} * 5$$

Z rovnice (4) se získá za $V_{DIV} = 0,1519 \text{ V}$. a při použití levé strany vzorce (3) se získá, že poměr mezi napětím na DIV pinu a pinu napájení V^+ je napětí velikosti 0,0303 V. Podle dokumentace je potřeba, aby napětí bylo menší než 0,3125 V, což je splněno i s případnou rezervou nepřesností použitých odporů.

Poslední parametr, který se určí R_{SET} . Parametr R_{SET} se určí odvozením z rovnice (1).

$$R_{SET} = \frac{1 \text{ Mhz} * 50 \text{ k}}{N_{DIV} * f_{OUT}}$$

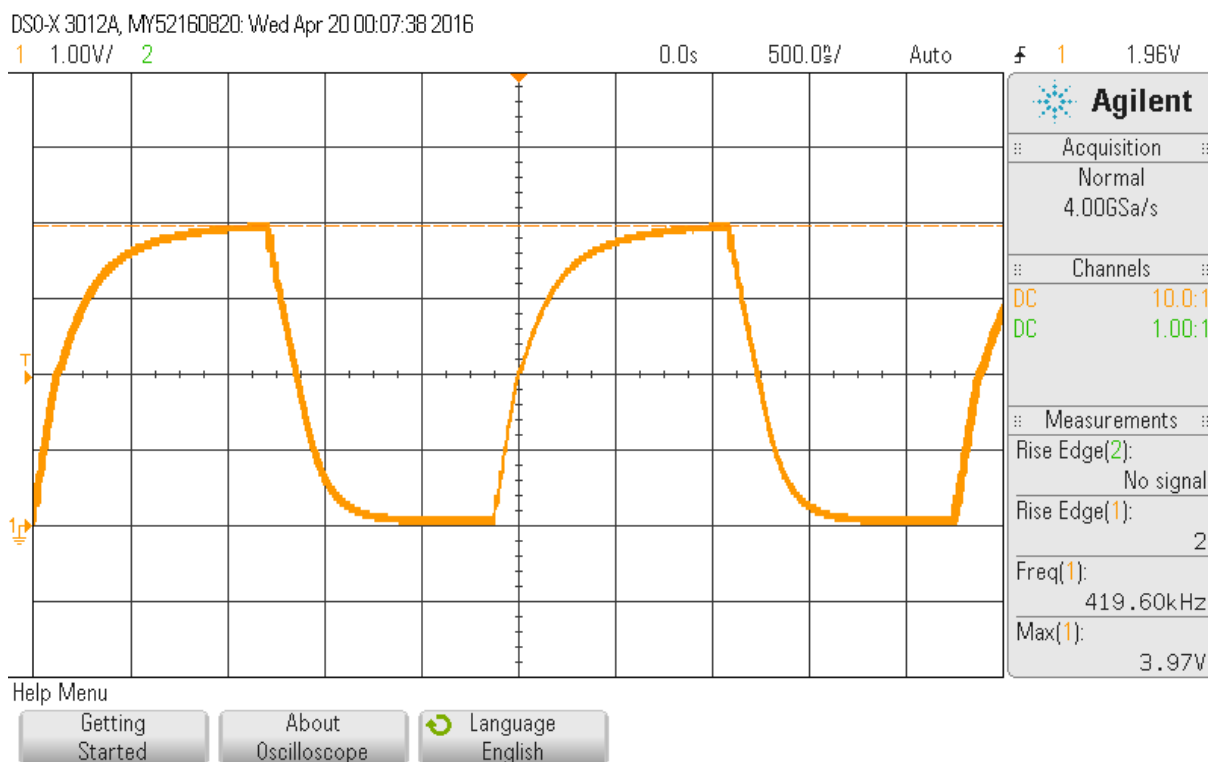
Kde se dosadí za $N_{DIV} = 1$ a $f_{OUT} = 400 \text{ kHz}$.

$$R_{SET} = \frac{1 \text{ Mhz} * 50 \text{ k}}{1 * 400 \text{ kHz}} = 125 \text{ k}\Omega$$

Protože odpor hodnoty 125 k Ω se nevyrobí, tak se místo něho zvolí 120 k Ω a provede se přepočet do základního tvaru rovnice (1).

$$f_{OUT} = \frac{1 \text{ Mhz} * 50 \text{ k}}{1 * 120 \text{ k}} = 416,66 \text{ kHz}$$

Rozdíl oproti prvnímu návrhu je o 16 kHz, ale jelikož je potřeba spínat pouze tranzistor, tak tato výchylnka nevádí.

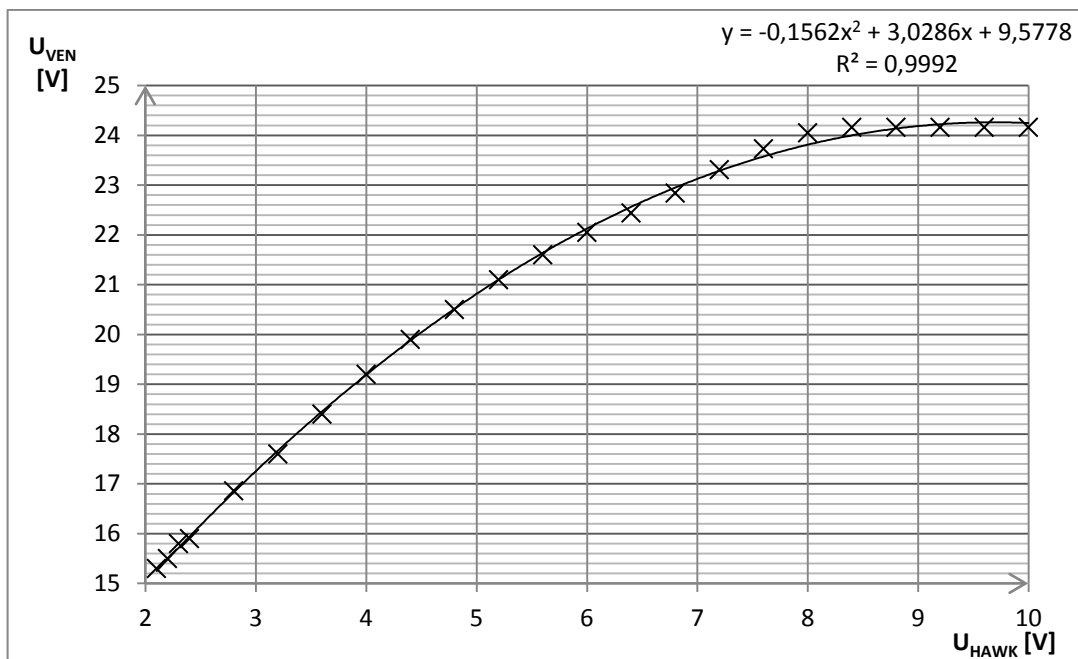


Obr. 14 Výstup z LTC6992-1 při napájení 4V a řídicímu signálu 5V

Na obrázku č. 14 je zobrazen průběh výstupního signálu z převodníku LTC6992-1. Snímek byl pořízen z osciloskopu při napájení převodníku 4 V a vstupním řídicím signálem o napětí 5 V. Změřila se skutečná frekvence 420 kHz. Frekvence se odchyluje o 4 kHz od vypočtené. Důvod vzniku výchyly je nejspíš způsoben nepřesností odporu R_{SET} . Pro funkčnost obvodu lze použít 420 kHz.

Propojení modulu PWM s řízeným ventilátorem

PWM modul je umístěn do větrného tunelu, viz příloha C-6, a je k němu připojen ventilátor. Aktuální velikost napětí na ventilátoru je závislá na velikosti aktuálního řídicího napětí přivedeného analogového výstupu z HAWK. Pro změření této závislosti se použije digitální voltmetr a změří se napětí na ventilátoru při různých hodnotách řídicího napětí z HAWK. Výsledky z měření jsou zobrazeny v grafu č. 2.



Graf č. 2 Měřená charakteristika napětí ventilátoru při různých hodnotách napětí z výstupu HAWK

Graf č.2 reprezentuje hodnotu napětí na ventilátoru U_{VEN} v závislosti na velikosti řídicího napětí U_{HAWK} z analogového výstupu z HAWK. V grafu č. 2 je vidět, že zde chybí záznamy měření při U_{HAWK} v rozsahu od 0 V do 2,2 V. Ventilátor při řídicí napětí U_{HAWK} v rozsahu 0-2,2 V není schopný se roztočit, proto charakteristika začíná od 2,2 V. Ventilátor je schopný se otáčet i v rozsahu U_{HAWK} 2-2,2V, ale je zde riziko, že se samovolně zastaví. Pracovní oblast ventilátoru je tedy 15-24 V při řídicím napětí U_{HAWK} 2,2-10 V. S tím, že pro hodnoty řídicího napětí U_{HAWK} 8-10 V, je ventilátor napájen maximálním možným napětím ze zdroje 24 V.

Změřené hodnoty v charakteristice z grafu č. 2 se proložily polynommickou spojnicí trendů druhého řádu a získala se její rovnice (5), která definuje hodnotu napětí v závislosti na velikosti výstupního napětí z analogového výstupu IO34. Tato rovnice se pak využije pro přepočítání výstupního napětí z analogového výstupu.

$$y = -0,156x^2 + 3,029x + 9,578 \quad (5)$$

V rovnici se za x dosazuje velikost řídicího napětí U_{VEN} z analogového výstupu z HAWK a získává se napětí na ventilátoru při daném řídicím napětí U_{HAWK} a v rovnici (5) je značena pod písmenem y .

5.2.2 Teplotní snímač

K měření teploty se používá teplotní snímač TS2256, popis viz [39]. Snímač umožňuje snímat teplotu od -50 až 250 °C. Snímač dále umožňuje dvou vodičové a čtyřvodičové snímání teploty. Snímač je umístěn na jednom konci větrného tunelu. Z důvodu, že je potřeba využít u HAWK regulátoru vstupu využívající proudovou smyčku 4-20 mA, musí se k danému teploměru zapojit převodník. Využitý převodník se

nazývá TP3232, popis viz [41], a je navržený pro snímání teploty od -50 až do 300 °C, což přibližně odpovídá rozsahu teplot použitého snímače TS2256. Převodník dokáže pracovat při napájení 20-32 VDC. V zapojení projektu se napájí 24 V stejnosměrného ze zdroje. Z analogového výstupu převodníku se přivádí signál na analogový univerzální vstup HAWK regulátoru. Tento vstup je nastavený jako *VoltageInputPoint*. Daný typ výstupu je užíván pro měření 0-10 VDC a 4-20 mA. Podle výrobce, pokud je potřeba měření využívající 4-20 mA, je nutné připojit paralelně ke snímači odpor velikosti 500 Ω.

5.2.3 Žárovka

Jako zdroj tepla je použita autožárovka pro 24 V stejnosměrného napětí s výkonem 21 W. Žárovka je v tunelu umístěna mezi ventilátorem a snímačem teploty. Pro spínání žárovky je použito relé RSB 2A080B0, viz [40]. Stav relé se ovládá za pomoci digitálního výstupu z modulu IO34.

5.2.4 Obvod napájení

Pro účely modulu PWM, kde je potřeba mít napájení pro obvod LTC6992-1 napájení v rozsahu 2,5 až 5 V, byla navržena a osazena deska plošných spojů, viz příloha B-2. Obvod obsahuje 2 stabilizované zdroje napětí, jeden pro 5 V a druhý pro 12 V.

5.3 Softwarová část

Vytvářený projekt je programován za pomoci programového rozhraní CentralLine COACH^{AX} s verzí 3.8.38.2 od společnosti Honeywell.

5.3.1 Vytvoření platformy a propojení stanice pro HAWK

V projektu byl zvolen pro komunikaci mezi počítačem a HAWK komunikační protokol TCP/IP, kde adresa centrální jednotky HAWK je podle výrobce 192.168.1.12x, kde se za x vloží poslední číslo sériového čísla centrální jednotky. V tomto případě je IP adresa centrální jednotky 192.168.1.127. Na této adrese se vytvoří v COACH^{AX} platforma přes *File/Open/Open Platform*. Jako přihlašovací jméno se použije: tridium a heslo: niagara.

5.3.2 Tvorba stanice

Existují dva způsoby připojení stanice k HAWKu. První se provádí za pomoci *Commissioning* a druhá za pomoci *Station Copier*. *Commissioning* se nachází v *Platform Administration*. Operace *Commissioning* vytváří čistě novou stanici a je nutné ji použít, pokud vytváříme úplně první stanici. Při aktivaci operace vyskočí hlavní

nabídka, na které se dá vybrat, co vše se bude nastavovat. Lze zde vybrat nainstalování licencí, nainstalování dodatečných modulů, nahrání stanice z lokálního počítače a nastavení sítě. Při projití všech nabídek dojde ke smazání staré stanice novou stanicí a k restartování centrální jednotky HAWK.

Tento způsob je zdlouhavý, navíc neumožňuje zpětné ukládání staré stanice. Proto se nejčastěji používá operace *Station Copier*. Operace *Station Copier* se nachází v levém navigačním menu pod položkou *Platforma*. Při aktivaci operace vyskočí dvě okna. V levém okně jsou zobrazeny stanice lokálního počítače a pravé okno stanice uložené v HAWK. Za pomoci příkazu *Copy*, pak se přesouvají stanice.

5.3.3 Nastavení vstupů a výstupu

Nastavení vstupu pro teplotní snímač v COACH^{AX}

V levé navigační liště se vybere *NdioBoard/Points*. Zobrazí se databáze a po zmáčknutí tlačítka *Discover* se zobrazí výběr univerzálních vstupů. Vybere se vstup, na kterém je zapojený teplotní snímač a zmáčkne se tlačítko *Add*. Při stisku vyskočí panel, který je na obrázku č. 15. V panelu se zvolí za type *VoltageInputPoint*, za *address* se vybere číslo, na kterém je napojený snímač. Protože je ke snímači paralelně připojený odpor, zvolí se *Conversion* na *500 Ohm Shunt*, po zvolení se zobrazí vpravo další blok, do kterého se vybere *Linear*, jelikož očekáváme lineární charakteristiku snímače. Poslední se nastavuje *Facets*, kde se zvolí za *units V*, *precision 3*, *min 0 V* a *max 10 V*. Nabídka *precision* nám určuje počet desetinných míst, které se budou zobrazovat. Potvrzením *OK* se vytvoří výstup a zobrazí se v nabídce *Database*.

| Name | Type | Address | Poll Frequency | Conversion | Facets |
|---------------------|-------------------|---------|----------------|---------------|--|
| universalInputPoint | VoltageInputPoint | 1 | Normal | 500 Ohm Shunt | units=V,precision=3,min=0.00,max=10.00 |

Name: universalInputPoint
 Type: Cannot edit
 Address: 1
 Poll Frequency: Normal
 Conversion: 500 Ohm Shunt Linear Scale: 1.0 Offset: 0.0
 Facets: units=V,precision=3 V,min=0.000 V,max=10.000 V

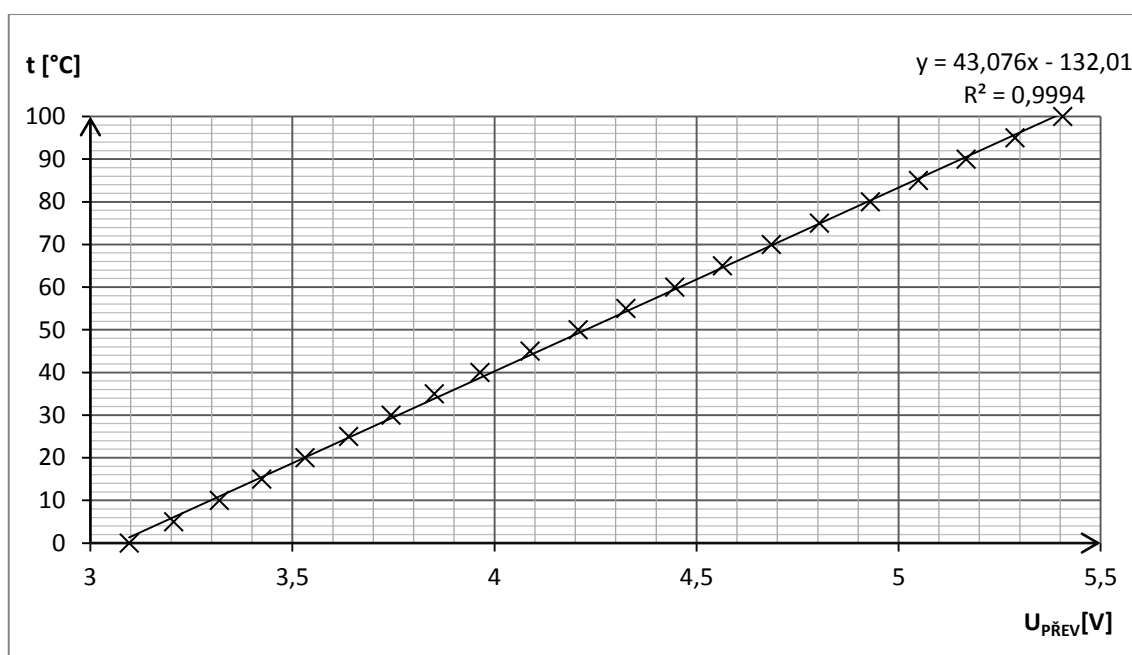
OK Cancel

Obr. 15 Ukázka softwarového nastavení univerzálního vstupu v prostředí COACH^{AX}

Kalibrace snímače teploty

Výstup snímače teploty, resp. připojeného převodníku, je v provedení proudové smyčky 4-20 mA, ale programovací rozhraní COACH^{AX} nepracuje s proudem, ale s napětím. Rozsah 4-20 mA je brán jako 2-10 V.

Z důvodu, že pro praktické účely je vhodné, aby se pracovalo s teplotou, je nutné provést standardizaci, resp. kalibraci snímače. Pro kalibraci snímače byl zapůjčen teplotní kalibrátor ETC-125A, který umožňuje zvolit si libovolnou teplotu a do 3 minut ji stabilizovat. Bylo provedeno měření, při němž byla měřena velikost vstupního napětí (v HAWK) vůči teplotě nastavené na kalibrátoru. Měřená charakteristika je zobrazena v grafu č. 3.



Graf č. 3 Výsledná závislost získaná při kalibraci

Při použití lineární spojnice trendů a zobrazení její rovnice byla získána závislost teploty na napětí, viz rovnice (6).

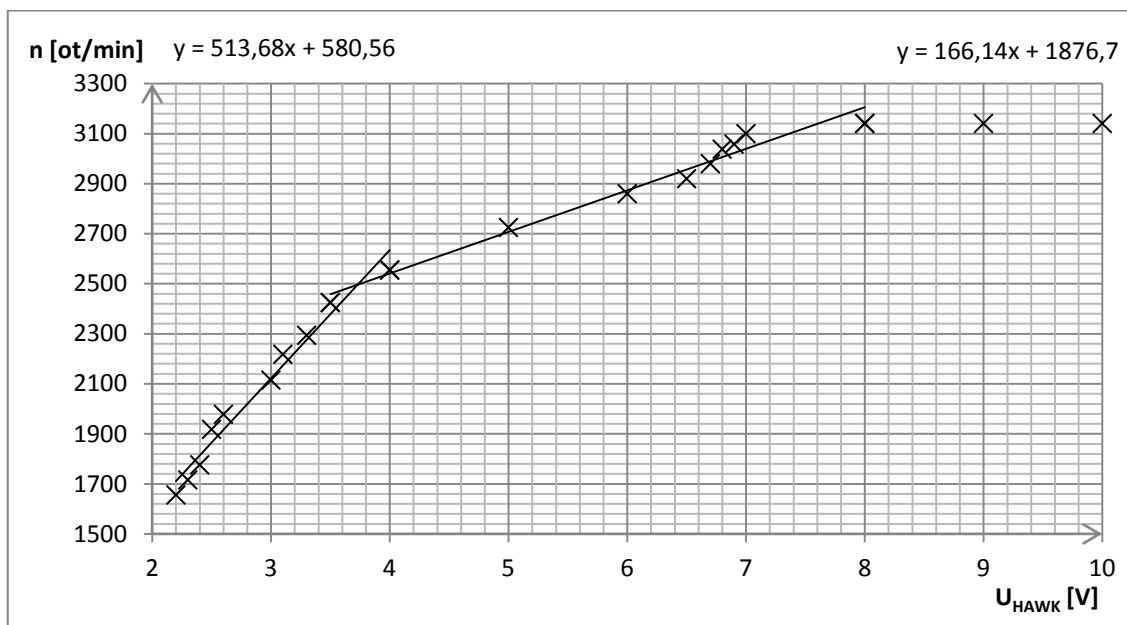
$$y = 43,076x - 132,01 \quad (6)$$

V rovnici (6) se za x dosadí měřené napětí z převodníku $U_{\text{PŘEV}}$ pro teplotní snímač a získá se teplota t pro dané napětí, která je v rovnici definovaná jako y .

Nastavení výstupu pro modul PWM v COACH^{AX}

Obdobně jako nastavení u teplotního snímače se v *Points* vybere adresa, ale tentokrát výstupu. Po výběru adresy se nastaví pouze *Facets* hodnoty. Pro rychlé nastavení lze použít tlačítko u *Facets*, které umožňuje použít minulé nastavení. Za *Type* lze zvolit pouze *VoltageOutputWritalbe*, což je pro napěťový výstup.

Nyní je vytvořený výstup s možností nastavení napětí od 0-10 V. Pro zjištění závislosti otáček ventilátoru na řídicím napětí vyslaného z analogového výstupu z HAWK byla změřena charakteristika, viz graf č. 3. Pro měření otáček byl využit stroboskop Lutron DT – 2249.



Graf č. 4 Změřená charakteristika otáček ventilátoru na řídicím napětí z HAWK

Ze změřených hodnot z grafu č. 4 se zjistilo, že pracovní rozsah realizovaného modelu je 1650 – 3150 otáček za minutu. Podle výrobce [42] ventilátor dosahuje $3200 \pm 10\%$ otáček za minutu při napětí 24 V. Maximální hodnota změřených otáček je 3150 otáček za minutu, což přibližně odpovídá maximu dle údaje poskytnutého výrobcem ventilátoru.

Na změřené charakteristice je vidět nerovnováha změřených údajů, a proto jsou zvoleny dvě lineární spojnice trendů a zobrazeny jejich rovnice (7),(8).

$$y = 513,68x + 580,56 \quad (7)$$

$$y = 166,14x + 1876,7 \quad (8)$$

V rovnicích se za x dosazuje velikost řídicího napětí z analogového výstupu z HAWK U_{HAWK} a získává se rychlost otáčení ventilátoru n v závislosti na daném řídicím napětí. V rovnicích (7) a (8) je značená jako y .

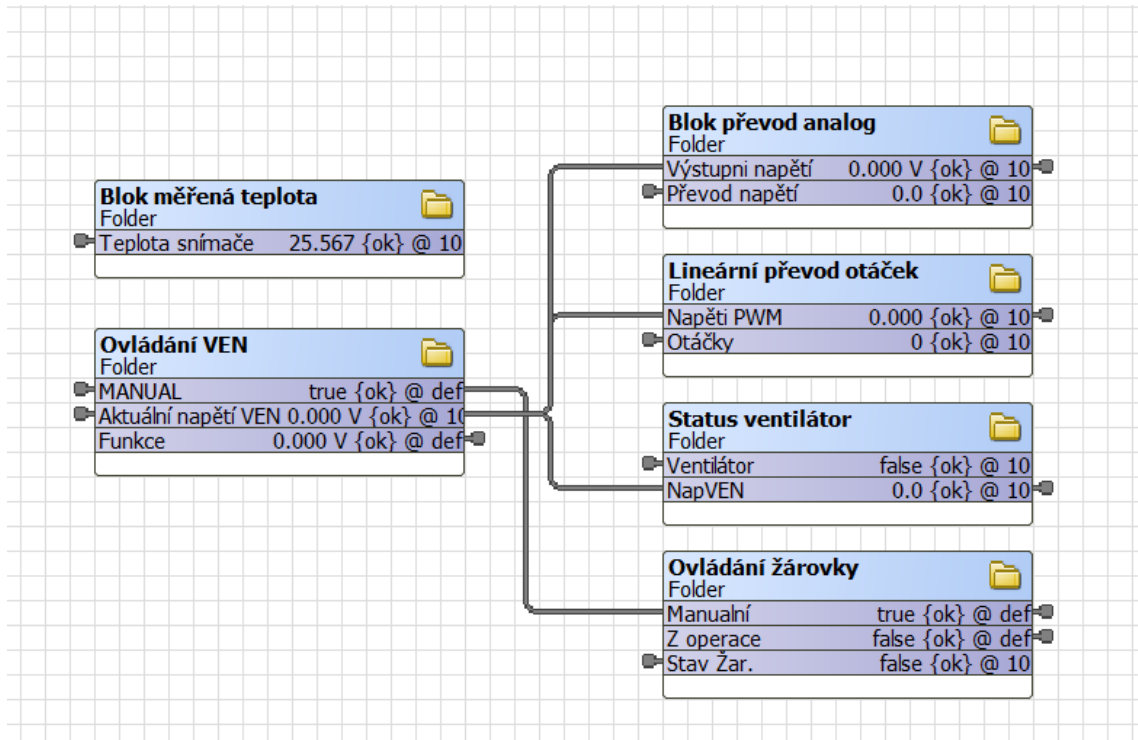
V programu se použije rovnice (7) pro rozsah řídicího napětí od 2,2 do 3,9 V a pro rozsah 3,9 až 7,6 V se použije rovnice (8). Pro zbývající hodnoty 7,6 až 10 V se použije maximální hodnota změřených otáček 3150 otáček za minutu, jelikož od 8 V do 10 V je měřená hodnota otáček téměř konstantní.

5.4 Zdrojová část

Pro ovládání připojené instrumentace a měření dat byl vytvořen software doplněný o vizualizaci, resp. grafické uživatelské rozhraní.

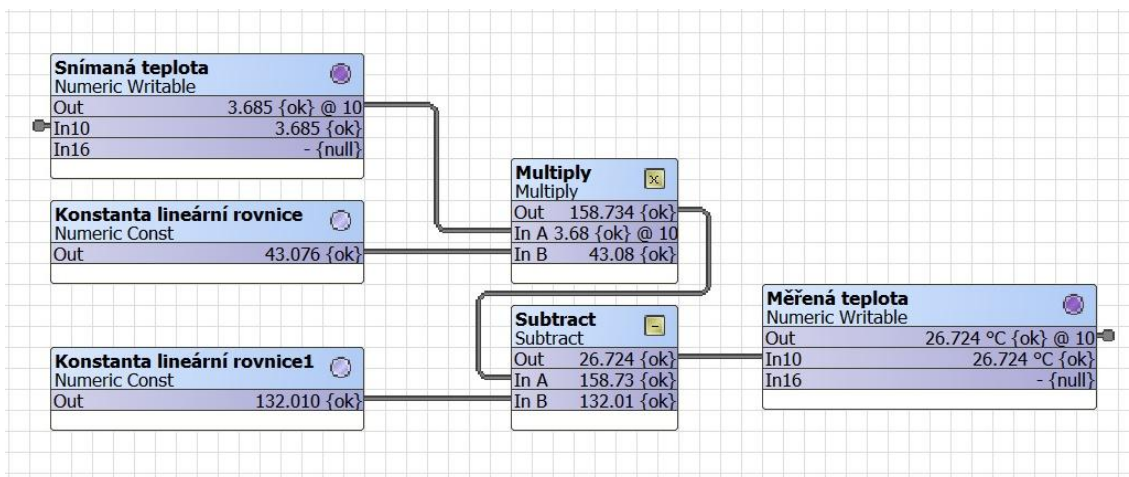
V této části budou zmíněny nejdůležitější části zdrojového kódu, zbývající kód je příloze v E.

Na obrázku č. 16 je ukázán hlavní zdrojový kód programu. První blok s názvem *Blok měřená teplota* je určena pro teplotní snímač, kde se provádí převod napětí z čidla na teplotu za pomoci vzorce (6).



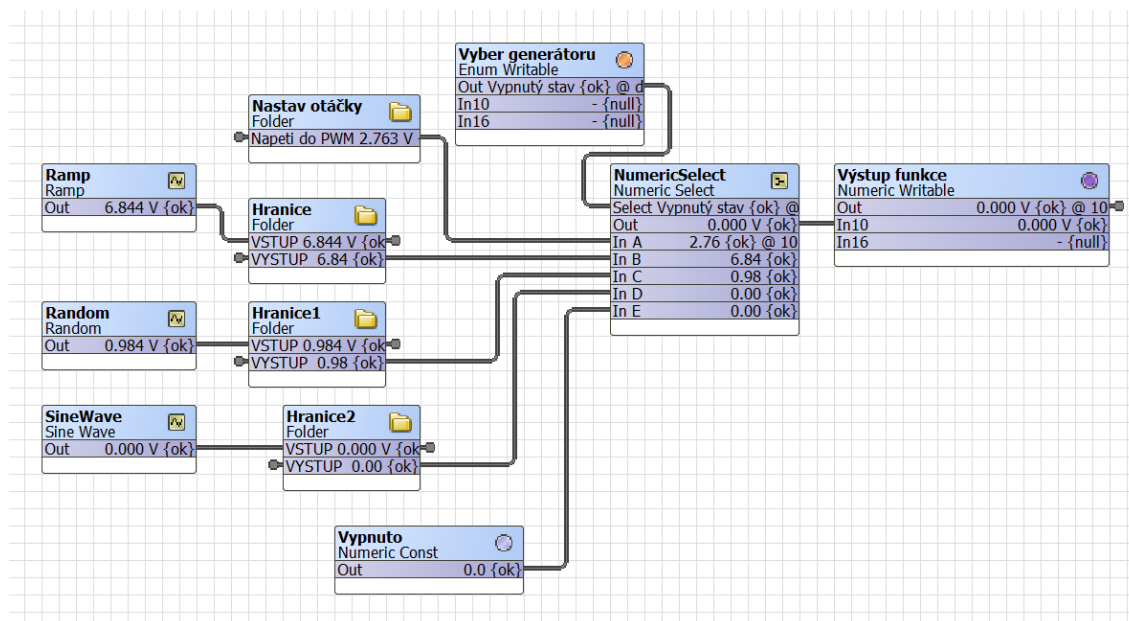
Obr. 16 Hlavní část programu pro větrný tunel

Program převodu je ukázán na obrázku č. 17. V bloku *Blok převod analog* převádí výstupní napětí posílané na vstup PWM modulu za pomoci vzorce (5). V bloku *Lineární převod otáček* je vytvořená logika pro přepočtení řídicího napětí z HAWK na otáčky podle vzorců (7) a (8), s tím že vzorec (7) je použit pro hodnoty řídicího napětí od 2,2 V až do hodnoty 3,9 V a vzorec (8) pro hodnoty od 3,9 do 7,6 V. V Bloku *Status ventilátor* je vytvořená logika pro identifikaci chodu ventilátoru, zde je nastavena hodnota 2,2 V, při níž se ventilátor přestane točit. V bloku ovládání žárovky je umístěná logika, která indikuje, jestli byla zapnutá žárovka.



Obr. 17 Programové provedení rovnice získané po kalibraci

V bloku *Ovládání VEN* je umístěna logika pro vkládání výstupního napětí z HAWK do vstupu PWM modulu. Uvnitř tohoto bloku je vložen blok *Výběr generátoru*, který je zobrazen na obrázku č. 18.



Obr. 18 Programové provedení rovnice získané po kalibraci

Blok *Výběr generátoru* je určený pro výběr typu signálu, který se bude vysílat na analogový výstup IO34 modulu a tím ovládat rychlost otáček ventilátoru. Jsou zde na výběr tyto průběhy:

- Manuálně nastavená hodnota
- Pilovitý průběh
- Náhodná hodnota
- Sinusový průběh
- Nastavení na otáčky

Pro výběr daného typu průběhu se používá proměnná typu *enum* - *Vyber generátoru*. Proměnná se nastavuje za pomoci grafického uživatelského rozhraní (vizualizace). V bloku je umístěna funkce *Hranice*, která slouží pro nastavení krajních hodnot 0 a 10 V v případě, že generátory přesahují požadovaný rozsah.

V bloku nastavení otáček je logika, která nastaví napětí tak, aby se shodovala s požadovanými otáčkami vybranými přes grafické prostředí (vizualizace).

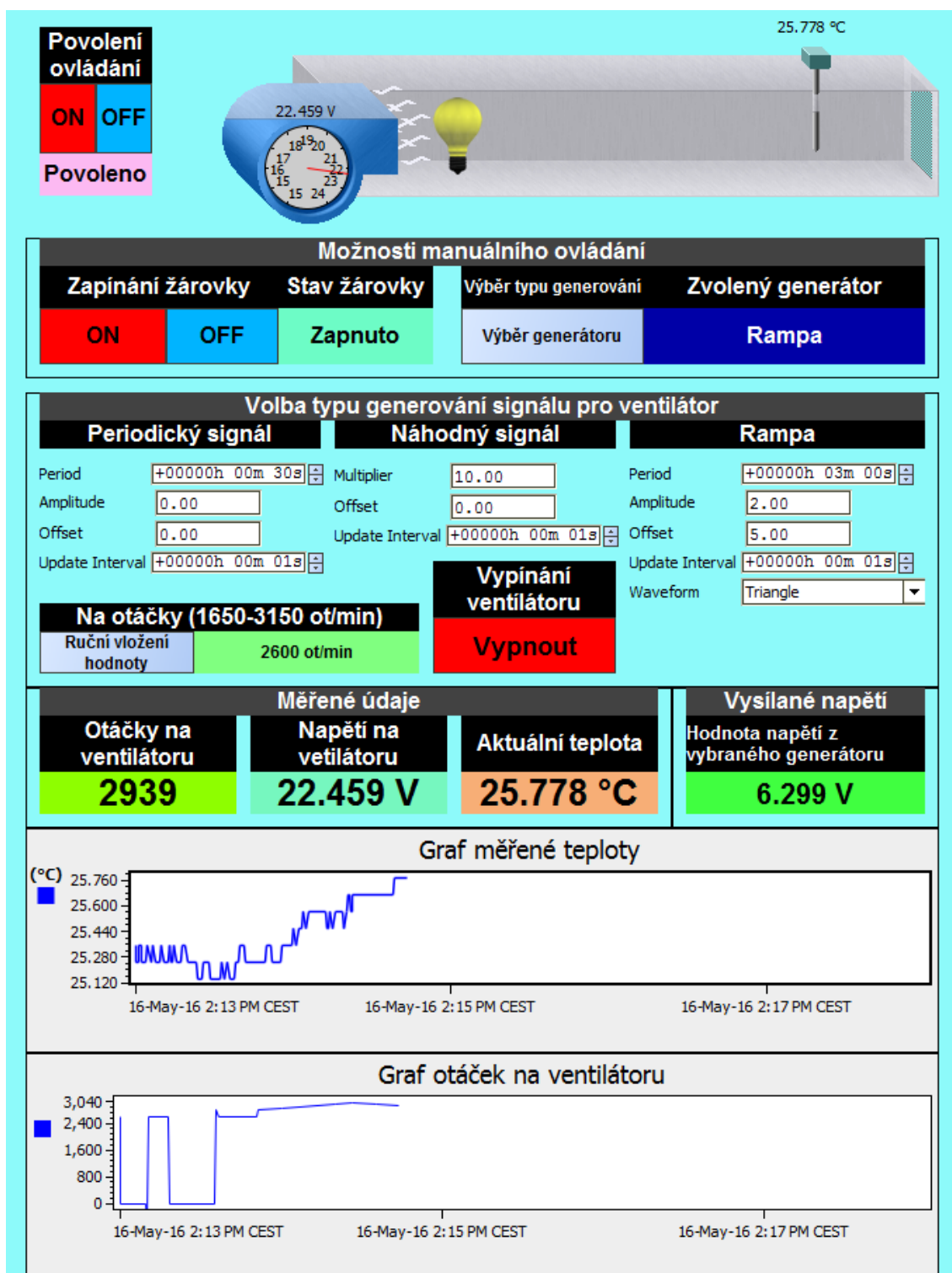
5.5 Vizualizace

K vytvořenému software byla vytvořena vizualizace za pomoci rozhraní COACH^{AX}. Výsledná vizualizace je znázorněna na obrázku č. 19.

Ve vizualizaci je v horní části znázorněna ilustrační podoba větrného tunelu, která byla vytvořena za pomoci knihovny *kitPxGraphics*. V ilustraci je umístěn ventilátor. Ventilátor má dvě různé animace pro zapnuto a vypnuto. Stejně animace má i indikátor pro žárovku. Na druhé straně je umístěno teplotní čidlo, které reprezentuje teplotní senzor. Vlevo od ilustrace je umístěná funkce *Povolení ovládání*, které povoluje funkce pro ovládání vizualizace.

Pod grafickou ilustrací je nabídka s názvem *Možnost manuálního ovládání*, v ní jsou operace pro ovládání žárovky, které se ovládají tlačítka *ON* a *OFF* a funkce pro výběr generátoru. Za pomoci tlačítka *Výběr generátoru* je možné vybrat, jaký druh řídicího napětí se bude generovat. Ve výběru jsou tyto možnosti: Nastavení na požadované otáčky ventilátoru, Rampa, Periodický signál a Náhodně generovaná signál. Po výběru druhu signálu je možné zvolit si parametry nabídky *Volba typu generování signálu pro ventilátor*. Pro každý typ je zde nabídka parametrů. Pro nastavení otáček je zde tlačítka *Ruční vložení hodnoty*, které umožňuje nastavit otáčky na ventilátoru od rozsahu 1650 až 3150 otáček za minutu. Pro ostatní typy se dají nastavovat tyto parametry. Prvním parametrem je *Perioda* a určuje délku průběhu, druhým parametrem je *Amplitude* a určuje maximální velikost napětí daného průběhu, třetím parametrem je *Offset*, kterým lze nastavit posun od nulové hodnoty, posledním parametrem je *Update Interval*, kterým se nastavuje, kdy se změní požadovaná hodnota. Speciálně pro náhodný signál je zde parametr *Mulplier*, který definuje maximální povolenou hodnotu pro náhodné generování. V případě, že je generovaný signál z generátorů *Periodický signál*, *Náhodný signál* a *Rampa* je větší než maximální řídicí napětí 10 V, tak je řídicí napětí nastavené na 10 V. V případě, že je generované napětí je záporné, tak je řídicí napětí nastavené na 0V. V okně *Volba typu generování pro ventilátor* je vedle nabídky *Pro otáčky* je tlačítka pro vypnutí ventilátoru, při jeho stisku se v modré nabídce nad nadpisem *Zvolený generátor* vloží volba *vypnutí ventilátoru*, který vypne ventilátor. Pro znovu nahození ventilátoru je nutné vybrat nový druh generátoru, přes tlačítka *Výběr generátoru*. Pod nabídkou *Volba typu generování pro ventilátor* je nabídka *Měřené údaje*, v ní je první nabídka *Otáčky na ventilátor*, v ní je zobrazena rychlost otáček ventilátoru, která se získává přepočtem řídicího napětí z HAWK za pomoci vzorců (7) a (8). Vedle této nabídky je napětí na ventilátoru, které se získává přepočtem řídicího

napětí z HAWK dle vzorce (5). Poslední nabídkou je *Aktuální teplota*, kde je vypsána teplota v tunelu, která se získává přepočtením napětí získané z teplotního převodníku za pomoci vzorce (6). Poslední uváděný údaj je *Vysílané napětí*, kde je aktuální velikost řídicího napětí vysílané z analogového výstupu z HAWK.



Obr. 19 Vizualizace pro větrný tunel

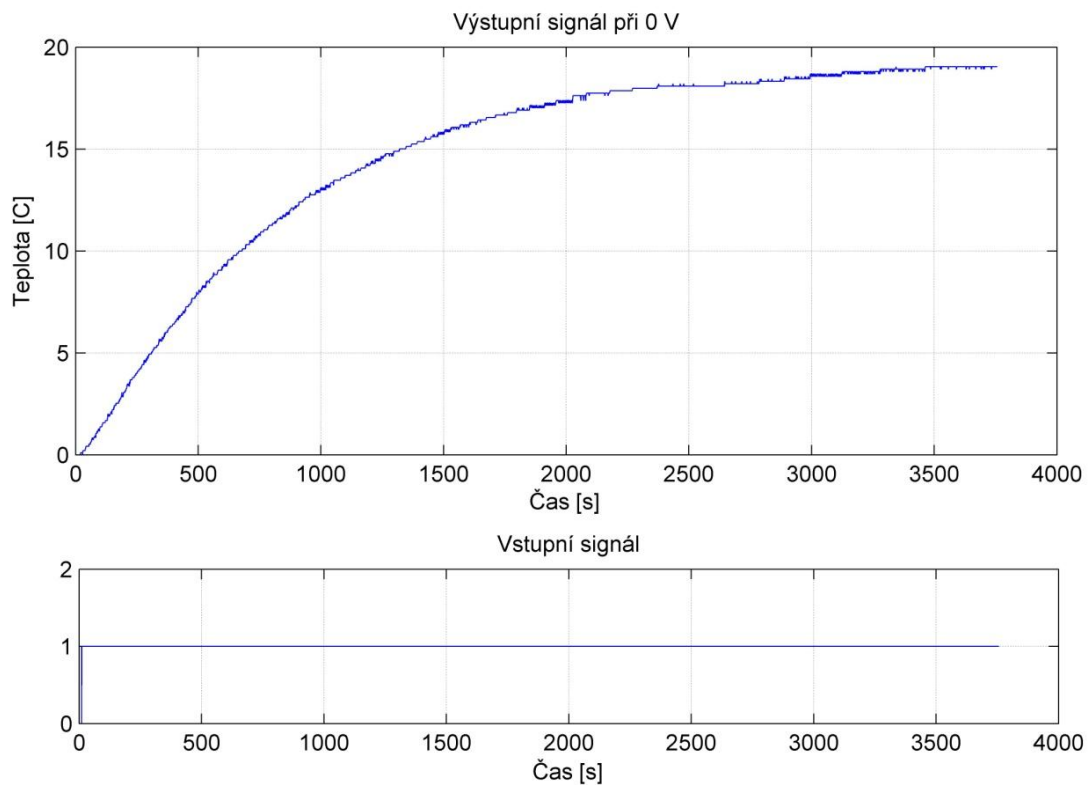
V dolní části vizualizace jsou umístěny dva grafy *Graf měřené teploty* a *Graf otáček na ventilátoru*, které reagují v reálném času na změny u sledovaných dějů. Grafy jsou nastavené pro délku záznamu 5 minut.

6 MĚŘENÍ ZÁKLADNÍCH CHARAKTERISTIK TEPELNÉHO SYSTÉMU

Pro demonstraci byla provedena základní měření charakteristik tepelného systému tvořeného použitým modelem větrného tunelu. Pro zaznamenávání změn (průběhů) jednotlivých proměnných je používán přídavek s jednosekundovým intervalem a neomezenou délkou záznamu. Tyto intervalové přídavky jsou pak umístěny na proměnných pro sledování teploty z univerzálního vstupu, spouštění žárovky z digitálního výstupu a sledování velikosti řídicího napětí z analogového výstupu pro PWM modul. Získané záznamy se dají zobrazit v rozhraní COACH^{AX} a z tohoto rozhraní exportovat. Jako exportní formát je použit textový soubor, který se pak importuje do MS Excel, případně do MATLABu, kde se s daty dále pracuje.

6.1 Měření přechodové charakteristiky systému bez zapnutého ventilátoru

Prvním měřením bylo měření přechodové charakteristiky systému větrného modelu pouze při zapnuté žárovce, tj. do ventilátoru není přiváděno žádné napětí, jinými slovy výstupní řídicí napětí je nulové. Výchozí teplota v tunelu na začátku měření je 24°C. Od všech měřených údajů je odečtena počáteční teplota 24°C a s upravenými daty je vytvořena měřená charakteristika, která je zobrazena v grafu č. 5. V grafu je vidět, že pro ustálení teploty je vyžadována alespoň jedna hodina a teplota se po ustálení zvětší přibližně o 19°C, což je ve výsledku 43°C. Délku přechodu je možné vysvětlit pomalým šířením tepla z žárovky do prostoru tunelu.

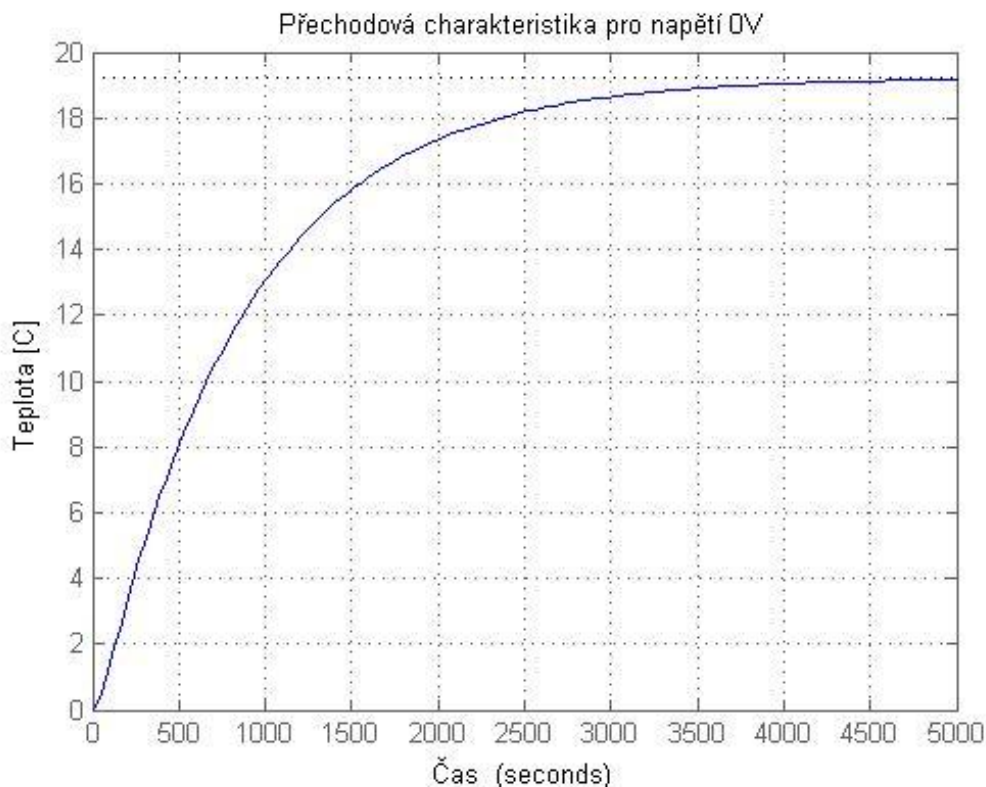


Graf č. 5 Měření vstupního a výstupního signálu při vypnutém ventilátoru (0V)

Pro dané změřené vstupní a výstupní charakteristiky je použit *toolbox* v MATLABu pro identifikaci systému s názvem *System identification toolbox*, kde se vloží za vstupní signál skoková změna vstupní veličiny, a jako výstupní signál teplota, která se přivádí na univerzální vstup HAWKu z převodníku pro teplotní snímač. V *System indentifacation toolbox* je použita funkce *Process model*. Na základě tvaru přechodové charakteristiky byl jako obecný aproximační model zvolen systém 2. řádu. Výsledný identifikovaný model je:

$$G_{(s)} = \frac{19,215}{(841,07 * s + 1)(40,394 * s + 1)} \quad (9)$$

Identifikovaná přenosová funkce druhého řádu $G_{(s)}$ (9) má parametry zesílení $k=19,215$ a časové konstanty $T_1 = 841,07$ a $T_2 = 40,394$. Přechodová charakteristika se shoduje na 98,02 % s měřeným signálem. Přechodová charakteristika je zobrazena v grafu č. 7.

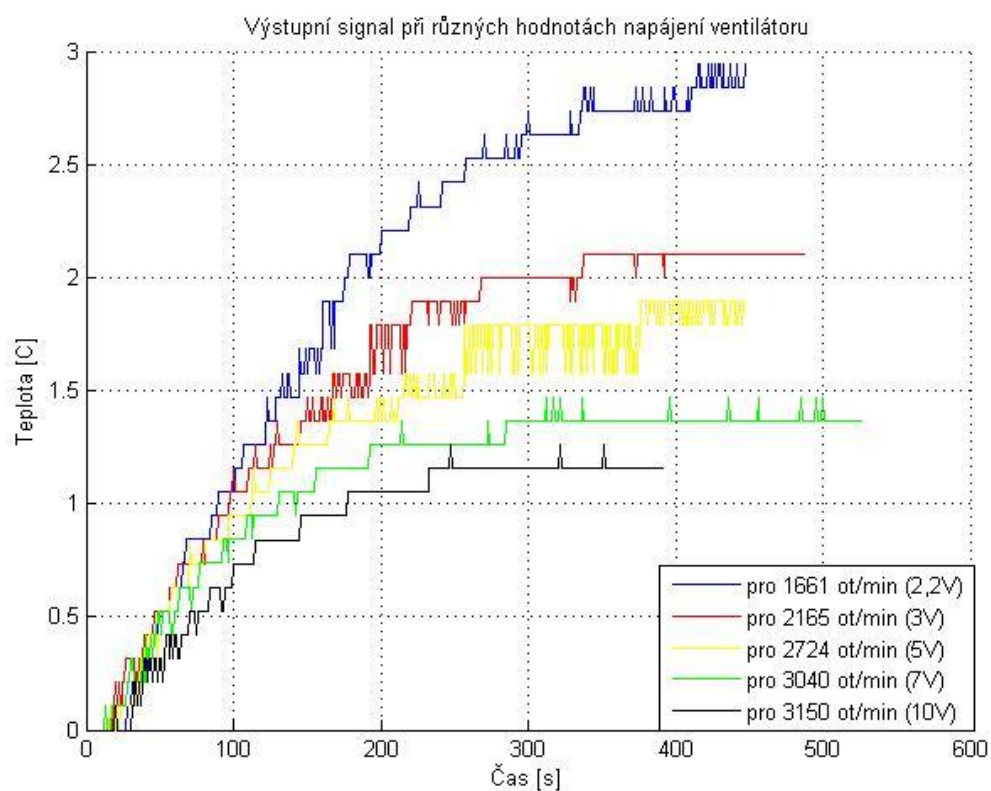


Graf č. 6 Přechodová charakteristika získaná ze systému (9)

6.2 Měření přechodové charakteristiky systému se zapnutým ventilátorem

Měření probíhalo se stejnou počáteční teplotou 24°C a se stejnými úpravami měřených dat jako v předešlé kapitole. Tentokrát byl ale aktivní ventilátor. Po každém měření pro specifickou rychlost otáček ventilátoru se nechal model na krátkou dobu ochladit zapnutím ventilátoru na maximální otáčky a následným otevřením krytu tak, aby mohl proudit vzduch. Měřené charakteristiky jsou zobrazeny v grafu č. 7 pro několik průběhů pro různé rychlosti otáčení ventilátoru, v závorkách je znázorněna jejich velikost v řídicím napětí z analogového výstupu. Průběhy se spouští ve stejném okamžiku. Tvar vstupního signálu je obdobný jako v grafu č. 5.

V grafu č. 7 je vidět, že čím rychleji se ventilátor otáčí, tím je konečná teplota ustálení nižší. Dále je vidět, že v měřeném záznamu teploty se vyskytuje poměrně značný šum a tím zhoršuje čitelnost měřených údajů.



Graf č. 7 Měření výstupního signálu pro různé velikosti řídicího napětí pro PWM modul

7 ZÁVĚR

Ústředním tématem této bakalářské práce byly inteligentní budovy a praktické použití řídicího systému HAWK. V práci bylo popsáno, proč inteligentní systémy vznikají a pro které aplikace se hodí. Pokud shrneme tuto část, tak inteligentní budovy vznikají z důvodu zvýšení pohodlí a zisku. Dále se práce zabývá tím, jaké prostředky vytvářejí inteligentní budovu. První z prostředků jsou komunikace. Byly vybrány a popsány ty nejdůležitější komunikační protokoly, které se v řízení inteligentních budov používají. Jako nejvíce používané protokoly lze označovat LonWorks a BACnet. V práci kromě komunikačních protokolů byly diskutovány i řídicí systémy. Největší část z této kapitoly byla věnována regulátoru HAWK od firmy Honeywell, který je oproti jiným řídicím systémům výjimečný hlavně v možnosti podpory mnoha typů komunikačních protokolů za cenu menšího množství připojených zařízení. Možnost nejvyššího počtu připojených zařízení nabízí regulátor EAGLE od stejné firmy, ale jen s podporou BACnetu, nebo PX V5.1 od firmy Siemens. Dále bylo zmíněno několik druhů snímačů, které se často používají v inteligentních budovách.

Druhá část práce se zabývá popisem funkce programovacího rozhraní pro HAWK regulátor, a sice COACH^{AX} od firmy Honeywell. Rovněž byly vypsány nejčastěji používané aplikace, které slouží k vytváření programů. Z tohoto programového rozhraní byla vytvořena ukázková úloha, možné tvorby aplikace v prostředí COACH^{AX}.

Poslední část práce se zabývá praktickou demonstrací použití řídicího systému HAWK na reálném modelu. Jelikož se jedná o relativně nový systém, takže v případě problému nebylo k dispozici tolik materiálu, je práce více zaměřena na to, jakým způsobem se pracuje s reálnými instrumentacemi na vstupy a výstupy regulátoru HAWK a jejich následným nastavením v programovacím rozhraní COACH^{AX}.

Jako model byl použit již vytvořený model větrného tunelu, kdy v průběhu práce se ukázalo, že elektronika v modelu není funkční. Proto byla vytvořena vlastní řídicí elektronika pro ovládání připojených zařízení. V modelu je implementován druhý ventilátor vybaven měřidlem otáček, ale z důvodu nedostatku času, bylo měření otáček provedeno externě za pomoci půjčeného stroboskopu a následným přepočtem vůči řídicímu napětí. Výsledný model je schopen měnit napětí na ventilátoru od 15 až 24 V a z pohledu otáček to odpovídá 1650 – 3150 otáčkám za minutu. Kromě toho byla provedena kalibrace teplotního snímače za pomoci zapůjčeného kalibrátoru.

Dále bylo popsáno, jakým způsobem se v rozhraní COACH^{AX} nastavují různé druhy vstupů a výstupů a jak se s těmito perifériemi pracuje dále tvorba připojení na platformu HAWK s následným propojením pracovní stanice.

Pro model byla vytvořena grafická vizualizace, kde je možné nastavovat různé druhy generování signálu pro ventilátor, zapínání žárovky a možnosti sledování měřených dějů.

V poslední části práce je provedeno několik měření teploty jakožto reakce na skokovou změnu vstupního signálu (zapnutí tepelného zdroje - žárovky) pro různé rychlosti otáček ventilátoru.

CITOVANÁ LITERATURA

- [1] Inteligentní budovy. *Intelligentni-budovy.cz* [online]. 2006 [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: <http://www.intelligentni-budovy.cz/>
- [2] GARLÍK, Bohumír. *ELEKTROTECHNIKA A INTELIGENTNÍ BUDOVY* [online]. 2014. Praha, 178 s. [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: <http://tzb2.fsv.cvut.cz/vyucujici/16/oppa/skripta-etb-garlik.pdf>
- [3] VARGA, Rostislav. *Intelligentní řízení budovy* [online]. Praha, 2009 [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: https://support.dce.felk.cvut.cz/mediawiki/images/4/46/Dp_2010_varga_rostislav.pdf. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze.
- [4] MATZ, Václav. *Systémy používané v "intelligentních" budovách: přehled komunikačních protokolů* [online]. 2010 [cit. 2015-12-07]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6879-systemy-pouzivane-v-intelligentnich-budovach-prehled-komunikacnich-protokolu>
- [5] MATZ, Václav. *Typy sběrnic a protokolů používaných pro komunikaci systémů* [online]. s. 26 [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: http://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Honeywell_prednasky/Protokoly_1.pdf
- [6] VOJÁČEK, Antonín. *Úvod do BACnetu: Building Automation and Controls Network* [online]. 2012 [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/uvod-do-bacnetu-building-automation-and-controls-network>
- [7] KUNC, Josef. *ABB: KNX/EIB Příklady sběrnicových systémů* [online]. 2008 [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/abb-systemove-elektricke-instalace-knx-eib-2013-3-cast/view?searchterm=KNX/EIB>
- [8] OZADOWICZ, Andrzej. *Communication Reliability in the Intelligent Building Systems* [online]. : 9 [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: http://www.knx.org/fileadmin/downloads/05%20-%20KNX%20Partners/03%20-%20Becoming%20a%20KNX%20Scientific%20Partner/2005-09%20Scientific%20Conference%20Papers%20Pisa/20_paper-tekst-Ozadowicz-POLAND.pdf
- [9] KUNC, Josef. *ABB: Telegramy – forma přenosu informací po sběrnici KNX/EIB* [online]. 2009 [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/abb-telegramy-2013-forma-prenosu-informaci-po-sbernici-knx-eib/view>

- [10] VOJÁČEK, Antonín. *M-BUS (Meter-Bus): základní popis komunikačního protokolu* [online]. 2010 [cit. 2015-11-22]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/mbus-meterbus-zakladni-popis-komunikacniho-modelu>
- [11] *The M-Bus: An Overview* [online]. [cit. 2015-11-22]. Dostupné z: <http://www.m-bus.com/info/mbuse.php>
- [12] *M-Bus* [online]. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, 2008 [cit. 2015-11-22]. Dostupné z: <http://measure.feld.cvut.cz/node/788>
- [13] *What is OPC?* [online]. OPC Foundation [cit. 2015-11-22]. Dostupné z: <https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/>
- [14] MISHRA, Rishabh. *OPC PROTOCOL* [online]. 2011 [cit. 2015-11-22]. Dostupné z: <https://learnprotocols.wordpress.com/2011/08/04/opc-protocol/>
- [15] JARKA, Jaroslav. *OPC komunikace a Wonderware software* [online]. Pantek, 2012 [cit. 2016-01-05]. Dostupné z: <http://www.pantek.cz/pdf/ostatni/120919 OPC komunikace.pdf>
- [16] RONEŠOVÁ, Andrea. *Přehled protokolu MODBUS* [online]. 2005 [cit. 2015-12-22]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~ronesova/bastl/files/modbus.pdf>
- [17] MATZ, Václav. *Popis prvků polní instrumentace využívaných v praktických aplikacích pro řízení technologií vytápění* [online]. 2011 [cit. 2015-12-04]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/merici-a-regulacni-technika/7914-popis-prvku-polni-instrumentace-vyuzivanych-v-praktickych-aplikacich-pro-řízení-technologie-vytapeni>
- [18] MARTIN, Hradecký. *Bezdrátové snímače pro inteligentní budovy* [online]. Brno, 2014, 56 s. [cit. 2015-12-04]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=83242. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [19] MAREŠ, Luděk. *Teplota a její měření* [online]. 2006 [cit. 2015-12-04]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3115-teplota-a-jeji-mereni>
- [20] MAREŠ, Luděk. *Vlhkost vzduchu a její měření* [online]. 2006 [cit. 2015-12-04]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3137-vlhkost-vzduchu-a-jeji-mereni>
- [21] PSYCHROMETR: přístroj k přibližnému určení relativní vlhkosti vzduchu. *Laboratorní průvodce* [online]. REMION [cit. 2015-12-04]. Dostupné z: <http://www.labo.cz/mft/psychrometr.htm>
- [22] *Princip fungování EZS* [online]. ELKOV elektro, 28. 3. 2013 [cit. 2015-12-04]. Dostupné z: <http://www.ladinn.cz/ostatni/technika/princip-EZS.html>
- [23] *Princip fungování EPS* [online]. ELKOV elektro, 23. 11. 2013 [cit. 2015-12-04]. Dostupné z: <http://www.ladinn.cz/ostatni/technika/EPS.html>

- [24] *CentralLine* [online]. Honeywell Inc., 2015 [cit. 2015-12-28]. Dostupné z: <http://products.centraline.com/cz/index.html>
- [25] HAWK: regulátor a integrátor pro aplikace automatizace budov. *Products.centraline.com* [online]. Honeywell, 2015 [cit. 2015-12-28]. Dostupné z: http://products.centraline.com/cz/ecatdata/pg_clhawk.html
- [26] EAGLE: Univerzální programovatelný BACnet regulátor. *Products.centraline.com* [online]. Honeywell Inc., 2015 [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: http://products.centraline.com/cz/ecatdata/pg_cleagle.html
- [27] *CentralLine auf der Light + Building 2014*. *CentralLine* [online]. 2014 [cit. 2015-12-28]. Dostupné z: [https://www.centraline.com/ch/news/detail.html?tx_nbnewspress_pi1\[uid\]=245](https://www.centraline.com/ch/news/detail.html?tx_nbnewspress_pi1[uid]=245)
- [28] Building Technologies. *Building Technologies* [online]. Česká republika: ©Siemens, s.r.o, 2014 [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/IBT/Pages/building_technologies.aspx
- [29] *Nové DESIGO V5: Flexibilní a energeticky účinné* [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/IBT/integrované_systemy/systemy_mereni_a_regulace/desigo_px_v4/Documents/Desigo_V5.pdf
- [30] Desigo PX V5 – PXC..D, PXC..E.D. *Siemens* [online]. Česká republika: ©Siemens, 2014 [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/IBT/integrované_systemy/systemy_mereni_a_regulace/desigo_px_v4/Pages/pxc___d_pxc___e_d.aspx
- [31] *SAUTER Automation*. [online]. © 2015 Fr. Sauter AG, 2015 [cit. 2015-12-30]. Dostupné z: <http://www.sauter.cz/cz.html>
- [32] Modular automation station, modu525. *Sauter.cz* [online]. © 2015 Fr. Sauter AG, 2015 [cit. 2015-12-30]. Dostupné z: <http://www.sauter.cz/cz/produkty-sauter/product-details/pdm/ey-as-525-modulare-automationsstation-modu525.html>
- [33] TIRS.NET 6: profesionální SCADA/HMI systém. *CORAL* [online]. CORAL, 2015 [cit. 2015-12-30]. Dostupné z: <http://www.coral.cz/scada-hmi-systemy-tirs/tirs-net-6-profesionalni-scadahmi-system/>
- [34] *Ceník vizualizačního a řídicího SCADA/HMI systému TIRS.NET verze 6* [online]. Hradec Králové: CORAL s.r.o., 2015 [cit. 2015-12-30]. Dostupné z:

- http://www.coral.cz/wp-content/uploads/2015/09/OL_Cenik_TIRS.NET_6_2015_v1.1.pdf
- [35] HONEYWELL. *Coach AX (Level 1) Training: Creating a LON – BacNet Integration*. Tréninkový materiál.
- [36] HONEYWELL. *CentralineAX*. Tréninkový materiál.
- [37] *CLAXHAWKIO34: IO-34 module for HAWK* [online]. Germany: Honeywell, c2008 [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://products.centraline.com/ru/pdf/en1z0947-ge51r0608.pdf>
- [38] *TimerBlox: Voltage-Controlled Pulse Width Modulator (PWM)* [online]. USA: @Linear Technology Corporation, 2010 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://cds.linear.com/docs/en/datasheet/69921234fc.pdf>
- [39] *TS2256: Teplotní senzory* [online]. Česká republika: ifm elektronik gmbh, 2008 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.ifm.com/products/cz/ds/TS2256.htm>
- [40] *TP3232: Vyhodnocovací systémy* [online]. Česká republika: ifm elektronik gmbh, 2010 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.ifm.com/products/cz/ds/TP3232.htm>
- [41] *RSB2A080BD: Product data sheet* [online]. Schneider Electric [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.farnell.com/datasheets/1465658.pdf>
- [42] *SUNON: EE80252S-0000-A99* [online]. TAIWAN: SUNONWEALTH ELECTIC MACHINE INDUSTRY, 2008 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/625/188/ventilator-sunon-ee80252s1-a99-datasheet-1.pdf>

Seznam příloh

| | |
|---|----|
| PŘÍLOHA A Seznamy přístrojů a součástek | 57 |
| A-1 - Seznam součástek..... | 57 |
| A-2 - Seznam přístrojů..... | 57 |
| PŘÍLOHA B Schémata plošných desek..... | 58 |
| B-1 - Schéma Řídicí desky PWM..... | 58 |
| B-2 - Schéma desky napájení přístrojů..... | 59 |
| B-3 - Deska řídicí desky PWM..... | 60 |
| B-4 - Deska napájení | 60 |
| PŘÍLOHA C Fotodokumentace | 61 |
| C-1 - Vyleptaná deska pro PWM modul | 61 |
| C-2 - Přední strana desky pro PWM modul..... | 61 |
| C-3 - Zadní strana desky pro PWM modul..... | 62 |
| C-4 - Přední strana desky pro napájení..... | 62 |
| C-5 - Zadní strana desky pro napájení | 63 |
| C-6 - Vnitřní zapojení v krabici..... | 63 |
| C-7 - Venkovní strana modelu..... | 64 |
| C-8 - Přístroje umístěné na DIN liště..... | 64 |
| C-9 - Zapojení zdroje..... | 65 |
| C-10 - Propojení centrální jednotky s IO34 modulem..... | 65 |
| C-11 - Propojené vstupy u modulu IO34..... | 66 |
| C-12 - Propojené výstupy u modulu IO34..... | 66 |
| C-13 - Zapojení relé..... | 67 |
| C-14 - Celkový vzhled pracovní stanice..... | 67 |
| PŘÍLOHA D Zdrojové kódy pro ukázkovou úlohu..... | 68 |
| D-1 - Blok Projekt Teplota1 | 68 |
| D-2 - Blok Klimatizace..... | 69 |
| D-3 - Blok Logika Hystereze..... | 70 |
| D-4 - Blok Logika Místnost..... | 71 |
| D-5 - Blok Logika Spuštění | 72 |
| PŘÍLOHA E Zdrojové kódy pro demonstrační úlohu | 73 |
| E-1 - Hlavní část programu..... | 73 |
| E-2 - Blok měřená teplota..... | 73 |
| E-3 - Blok Status ventilátoru | 74 |
| E-4 - Blok Ovládání žárovky | 74 |

| | |
|------------------------------------|----|
| E-5 - Blok Převod analog | 75 |
| E-6 - Lineární převod otáček | 76 |
| E-7 - Blok ovládání VEN | 77 |
| E-8 - Blok Výběr generátoru | 78 |
| E-9 - Blok Hranice | 79 |
| E-10 - Nastav otáčky | 80 |

PŘÍLOHA A Seznamy přístrojů a součástek

A-1 - Seznam součástek

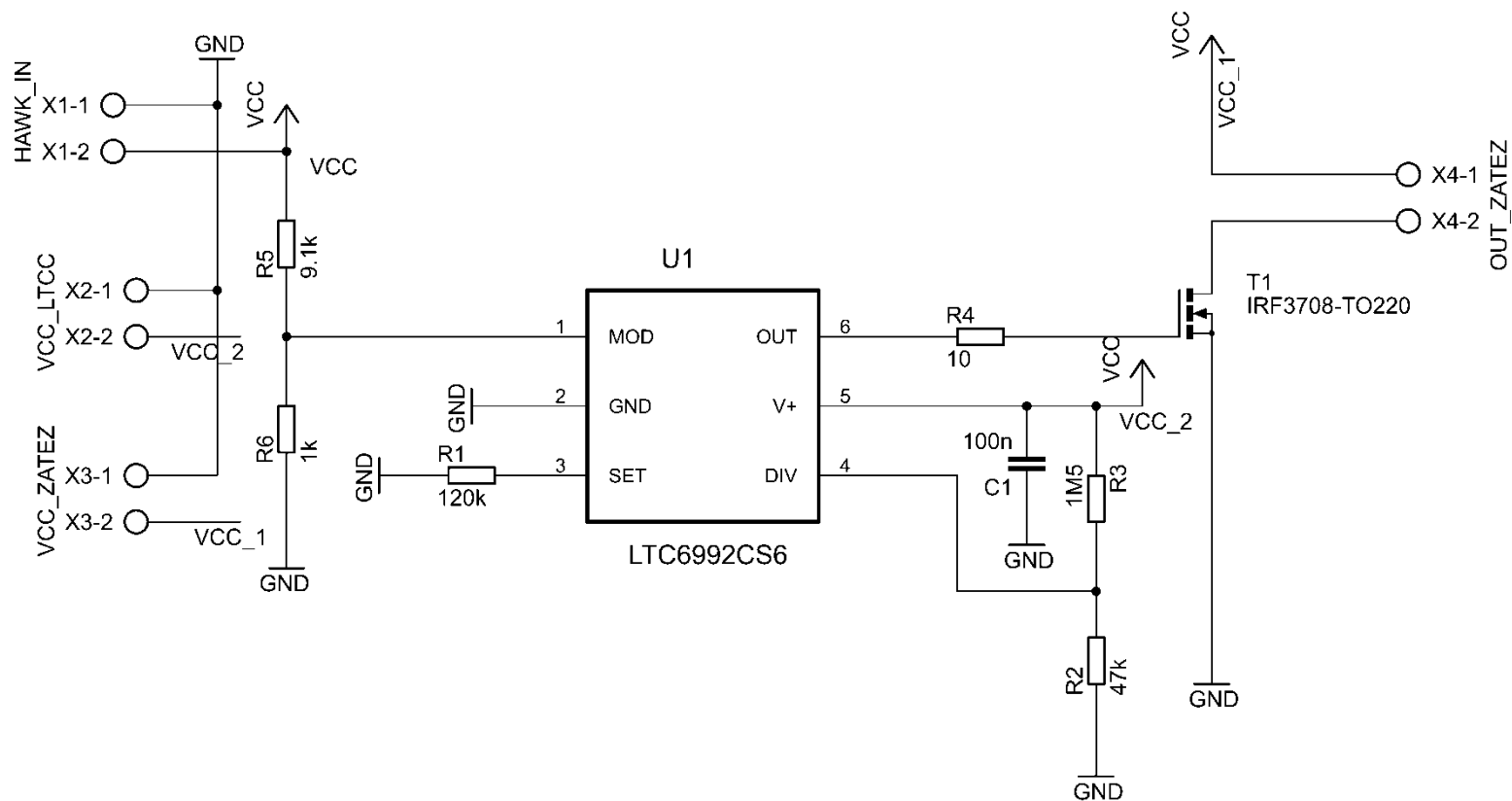
| Název součástky | Označení | Hodnota | Kusů |
|----------------------------|------------------|---------|------|
| Metalizovaný odpor | RR 10R | 10Ω | 1 |
| Metalizovaný odpor | RR 1K | 1KΩ | 1 |
| Metalizovaný odpor | RR 9K1 | 9K1Ω | 1 |
| Metalizovaný odpor | RR 47K | 47KΩ | 1 |
| Metalizovaný odpor | RR 120K | 120KΩ | 1 |
| Metalizovaný odpor | RR 1M5 | 1M5Ω | 1 |
| Keramický kondenzátor | CK 100N X7R | 100nF | 1 |
| Keramický kondenzátor | CK 100N/63V | 100nF | 4 |
| Elektrolytický kondenzátor | E470u/50VT 10x20 | 470uF | 4 |
| Svorkovnice | ARK120/2 | - | 7 |
| Stabilizátor napětí | LM2940CT-5 | +5 V | 1 |
| Stabilizátor napětí | LM2940CT-12 | +12 V | 1 |
| Převodník VOLT/PWM | LTC6992CS6-1 | - | 1 |
| MOSFET tranzistor | IRF3708PBF | - | 1 |

A-2 - Seznam přístrojů

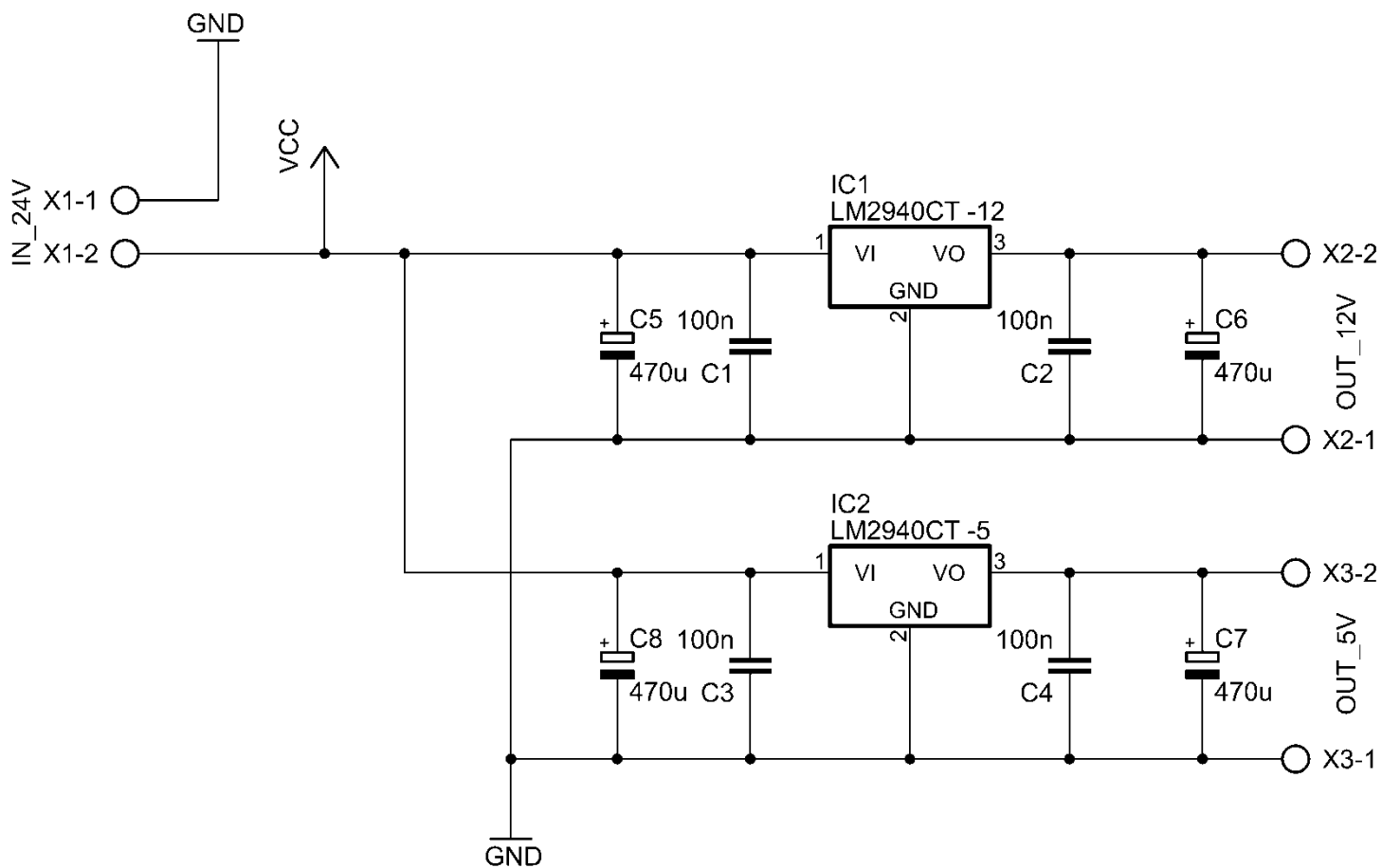
| Název přístroje | Označení | Výrobce |
|------------------------------|----------------|---------------------|
| Centrální jednotka HAWK | E300 | HONEYWELL |
| I/O modul HAWK | CLAXHAWKIO34 | HONEYWELL |
| Zdroj 24VDC-10A | SPD24240 | CARLO GAVAZZI |
| Relé | RSB 2A080BD | SCHNEIDER |
| Ventilátor | EE80252S1-A99 | SUNON |
| Teplotní snímač | TS2256 | IFM ELECTRONIC GMBH |
| Převodník na teplotní snímač | TP3232 | IFM ELECTRONIC GMBH |
| Žárovka | Ba15s AUTOLAMP | |

PŘÍLOHA B Schémata plošných desek

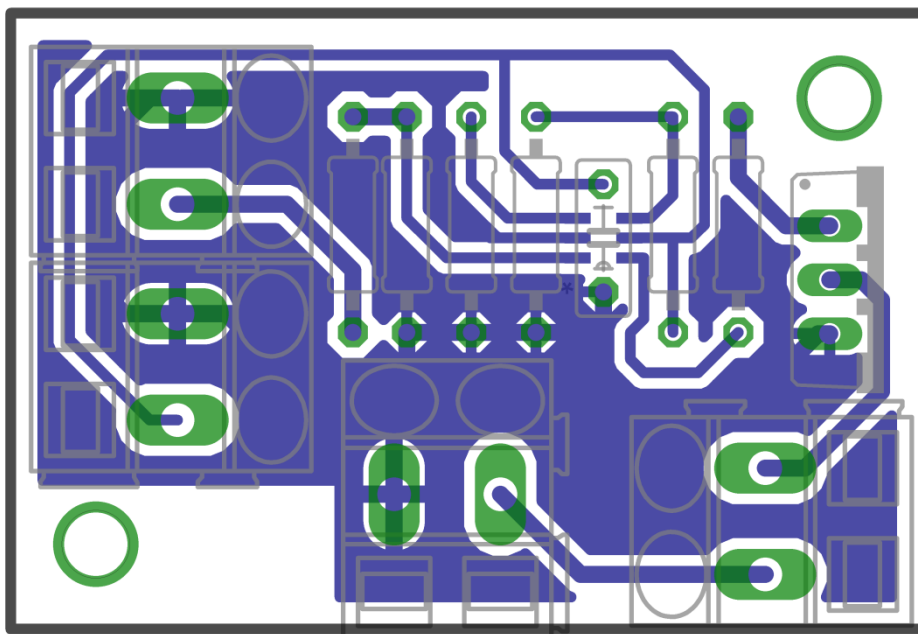
B-1 - Schéma Řídicí desky PWM



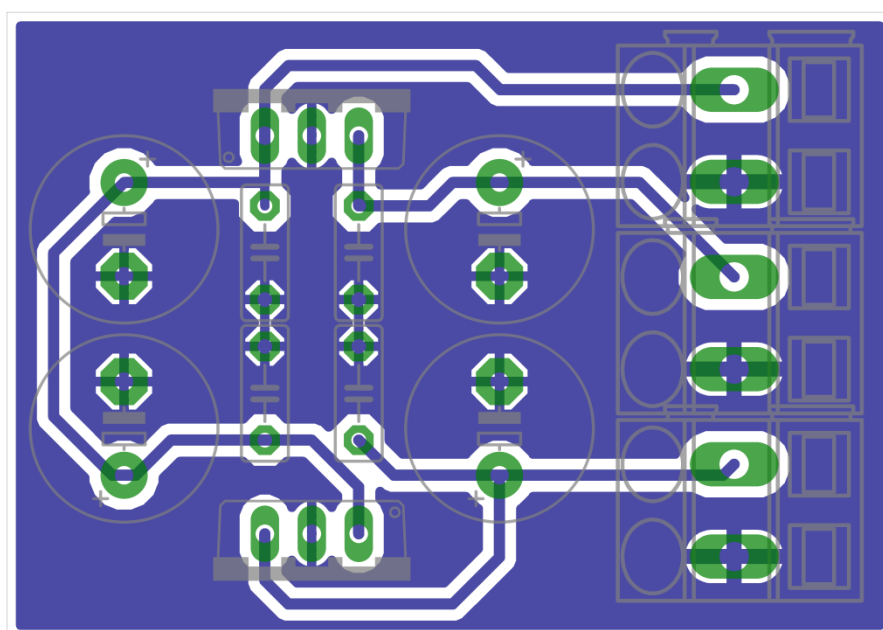
B-2 - Schéma desky napájení přístrojů



B-3 - Deska řídicí desky PWM

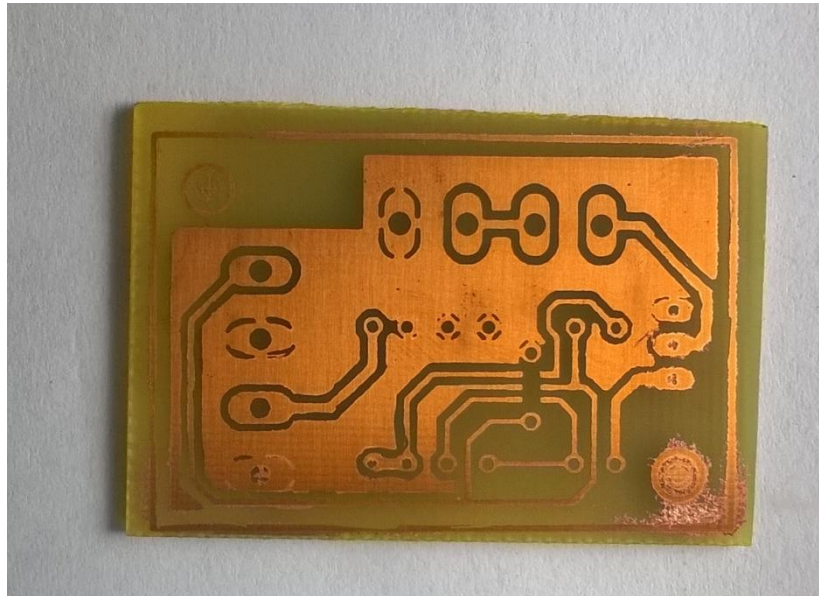


B-4 - Deska napájení



PŘÍLOHA C Fotodokumentace

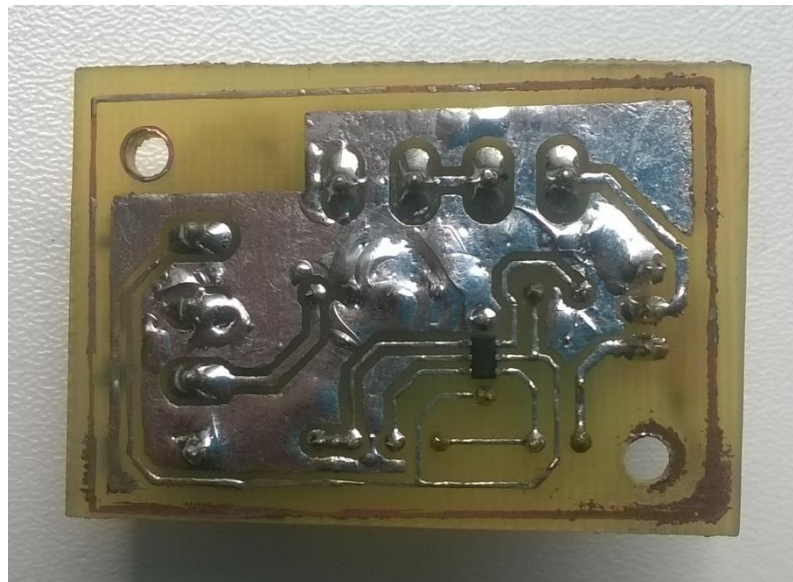
C-1 - Vyleptaná deska pro PWM modul



C-2 - Přední strana desky pro PWM modul



C-3 - Zadní strana desky pro PWM modul



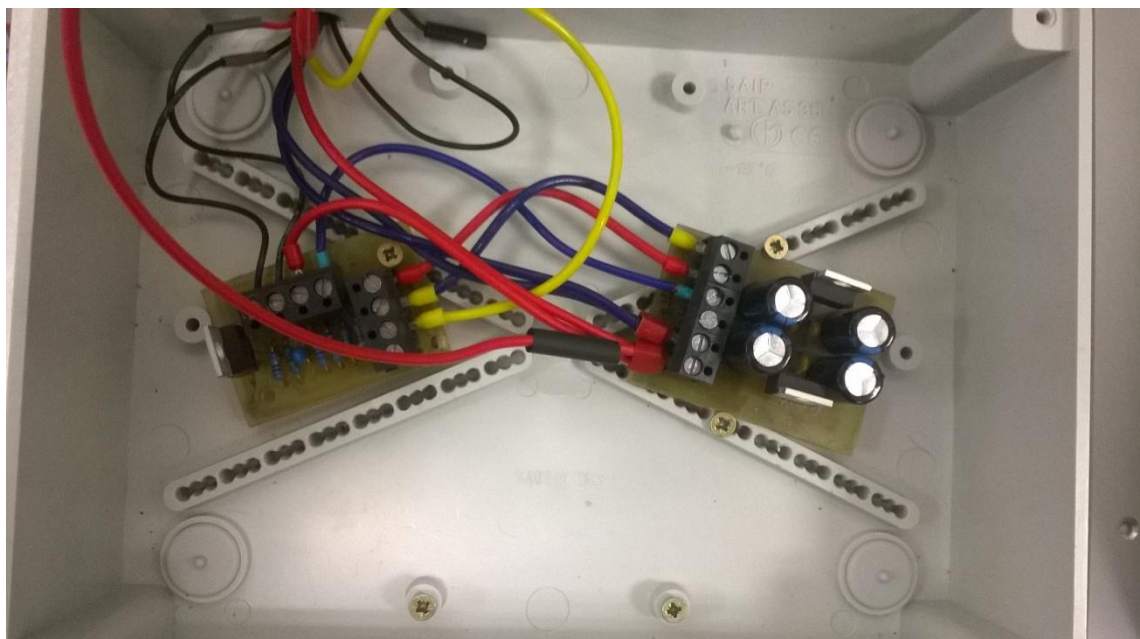
C-4 - Přední strana desky pro napájení



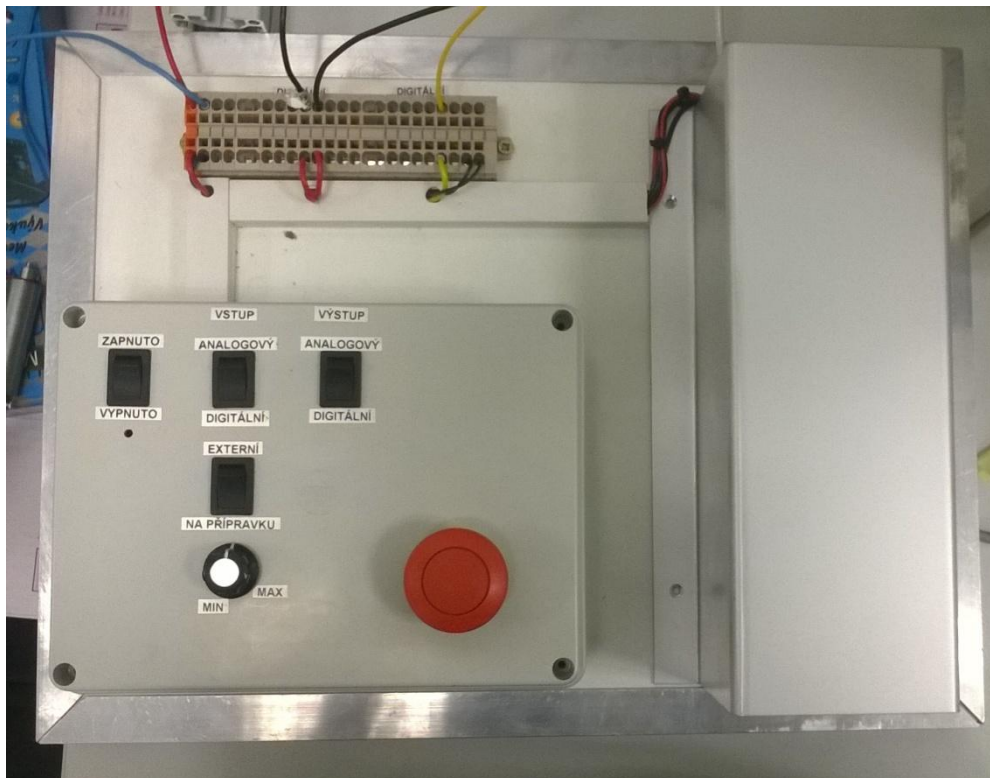
C-5 - Zadní strana desky pro napájení



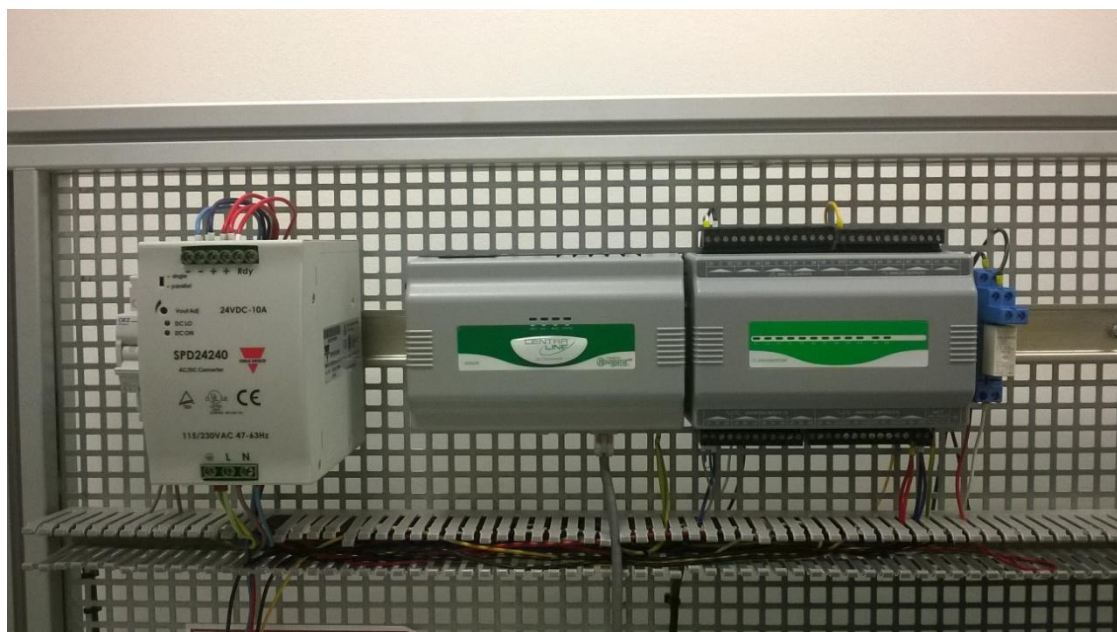
C-6 - Vnitřní zapojení v krabici



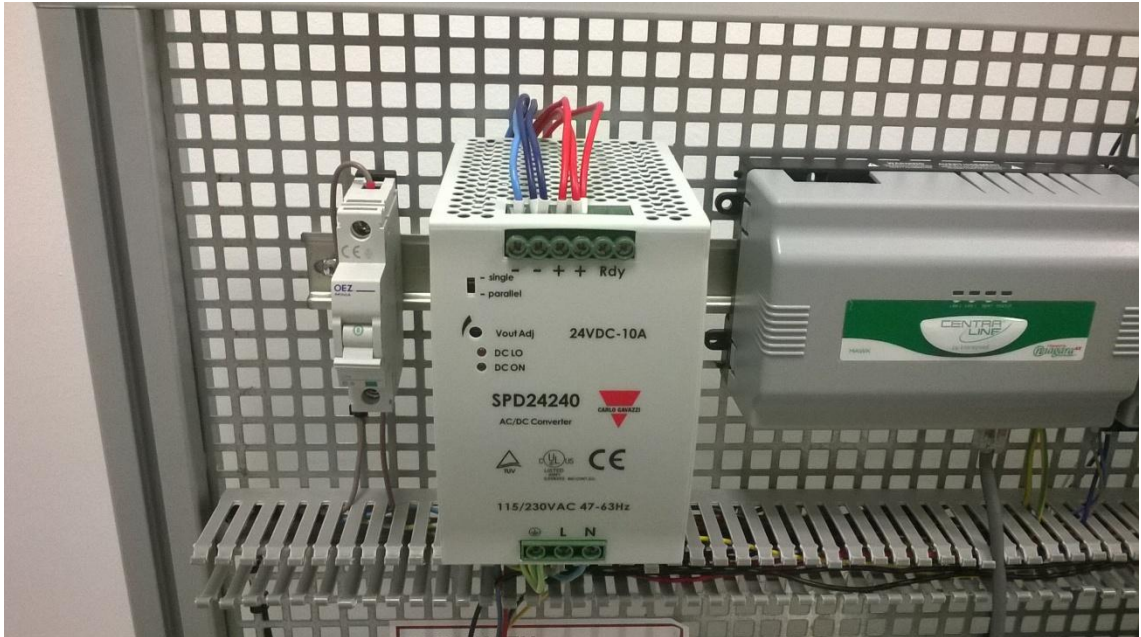
C-7 - Venkovní strana modelu



C-8 - Přístroje umístěné na DIN liště



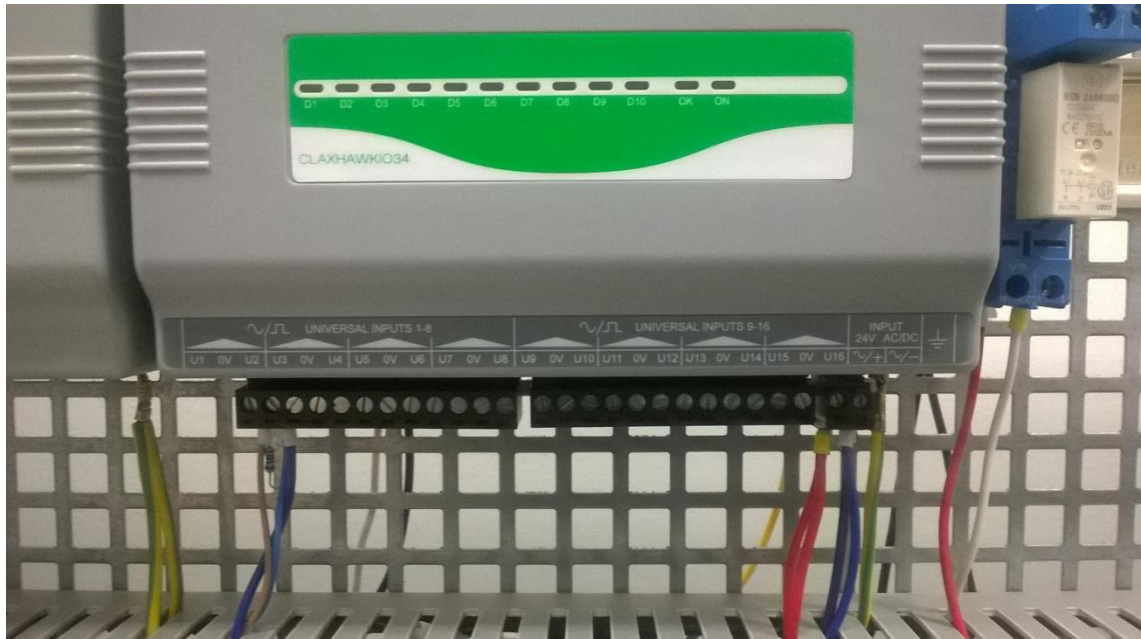
C-9 - Zapojení zdroje



C-10 - Propojení centrální jednotky s IO34 modulem



C-11 - Propojené vstupy u modulu IO34



C-12 - Propojené výstupy u modulu IO34



C-13 - Zapojení relé

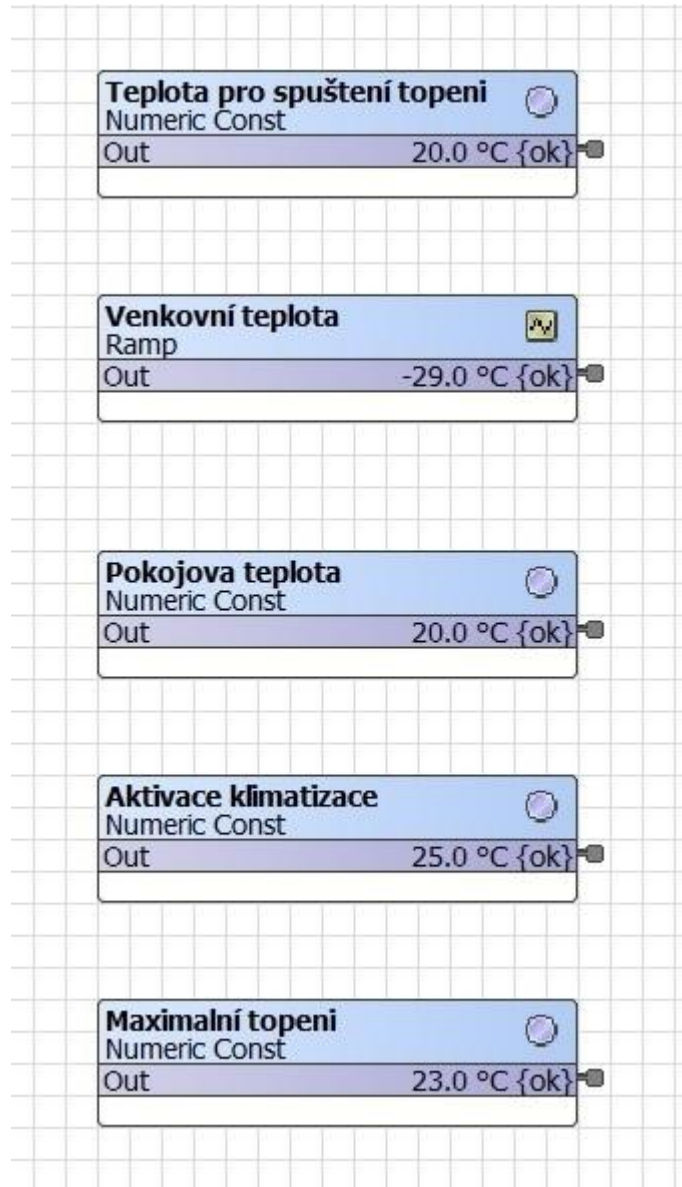


C-14 - Celkový vzhled pracovní stanice

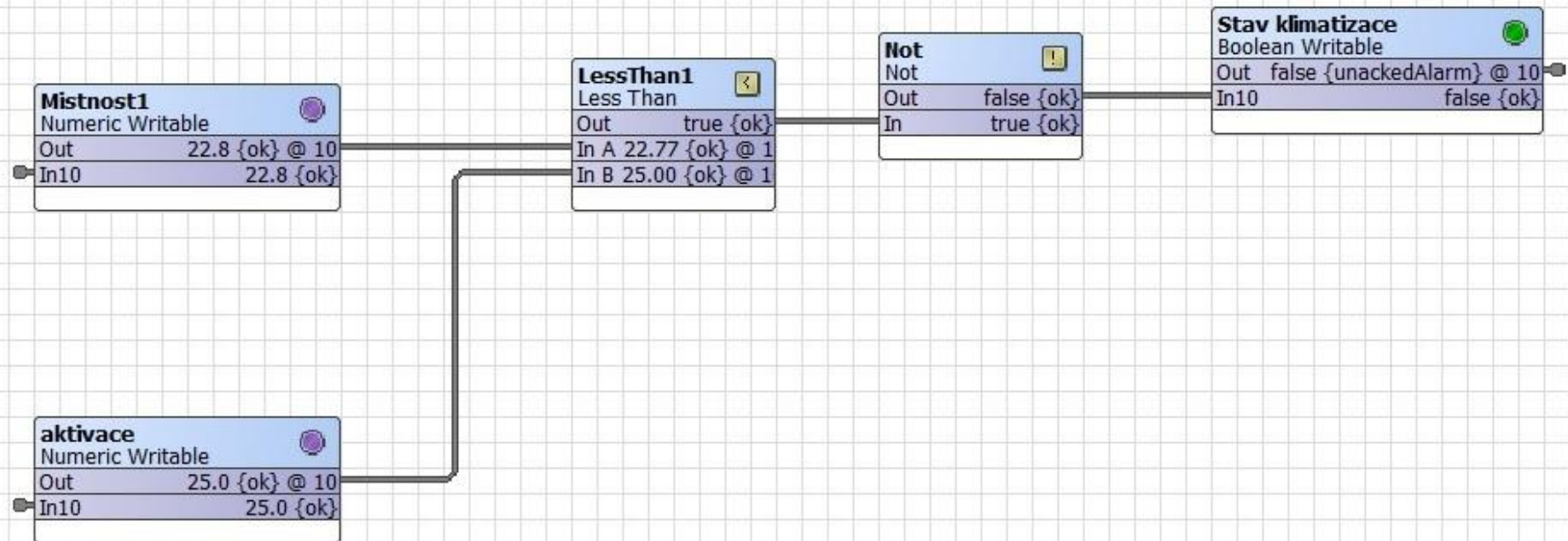


PŘÍLOHA D Zdrojové kódy pro ukázkovou úlohu

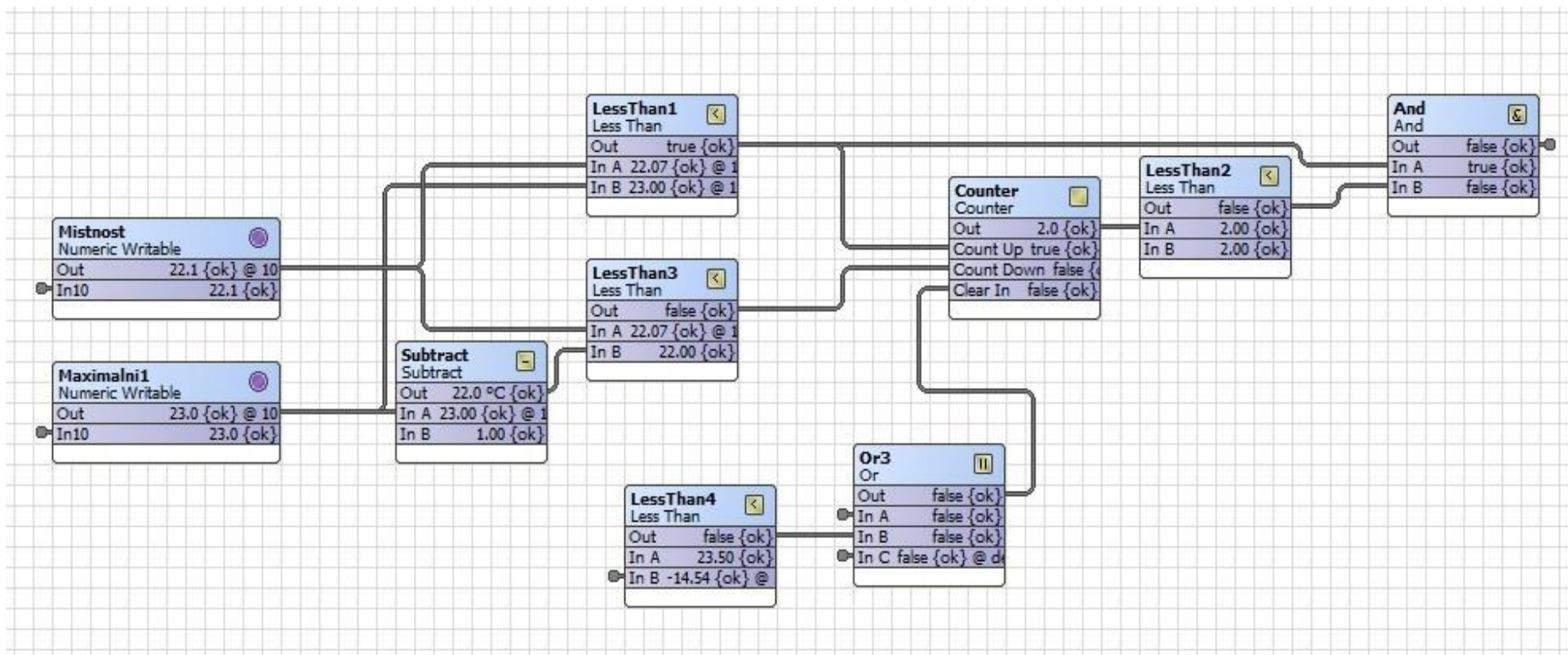
D-1 - Blok ProjektTeplota1



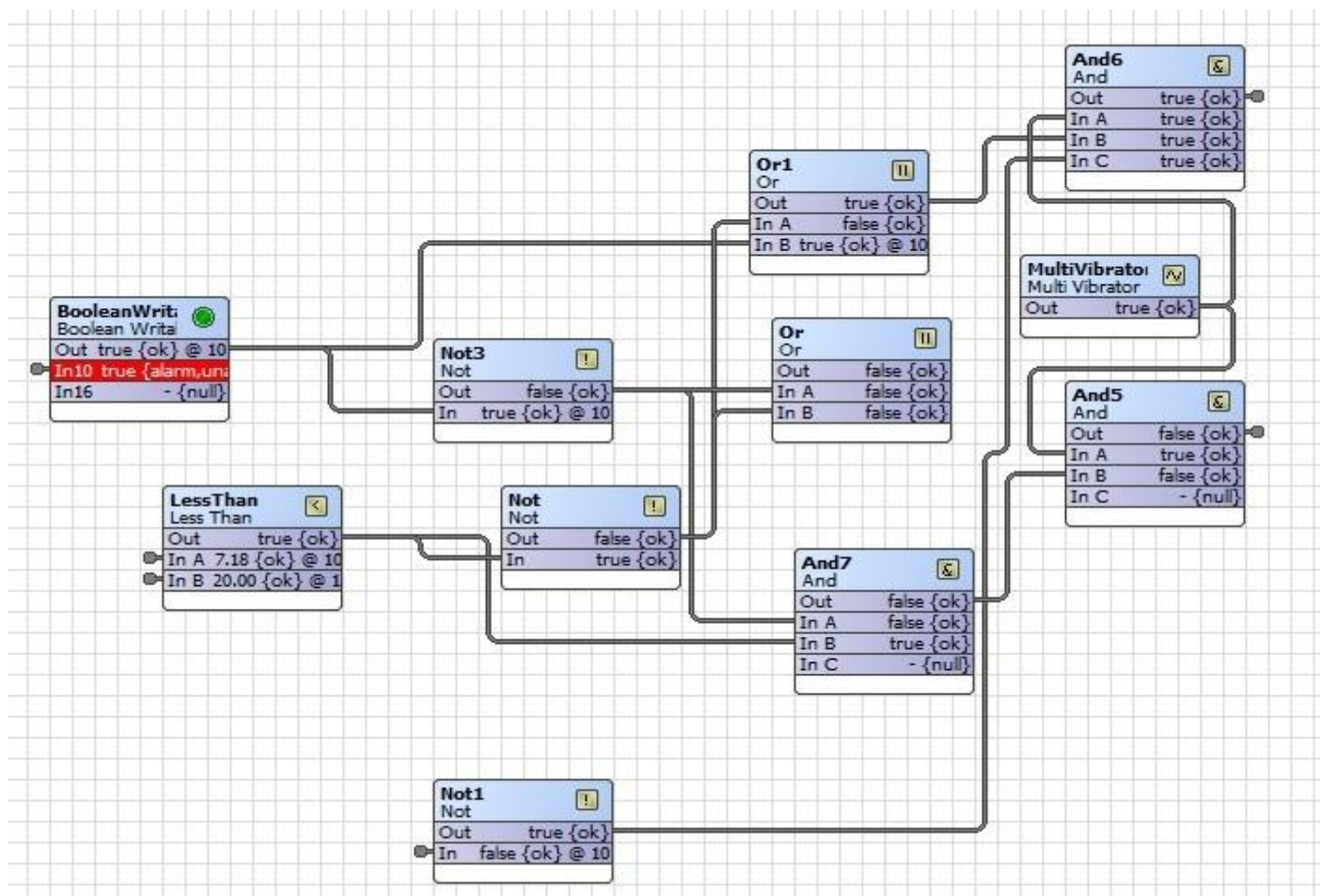
D-2 - Blok Klimatizace



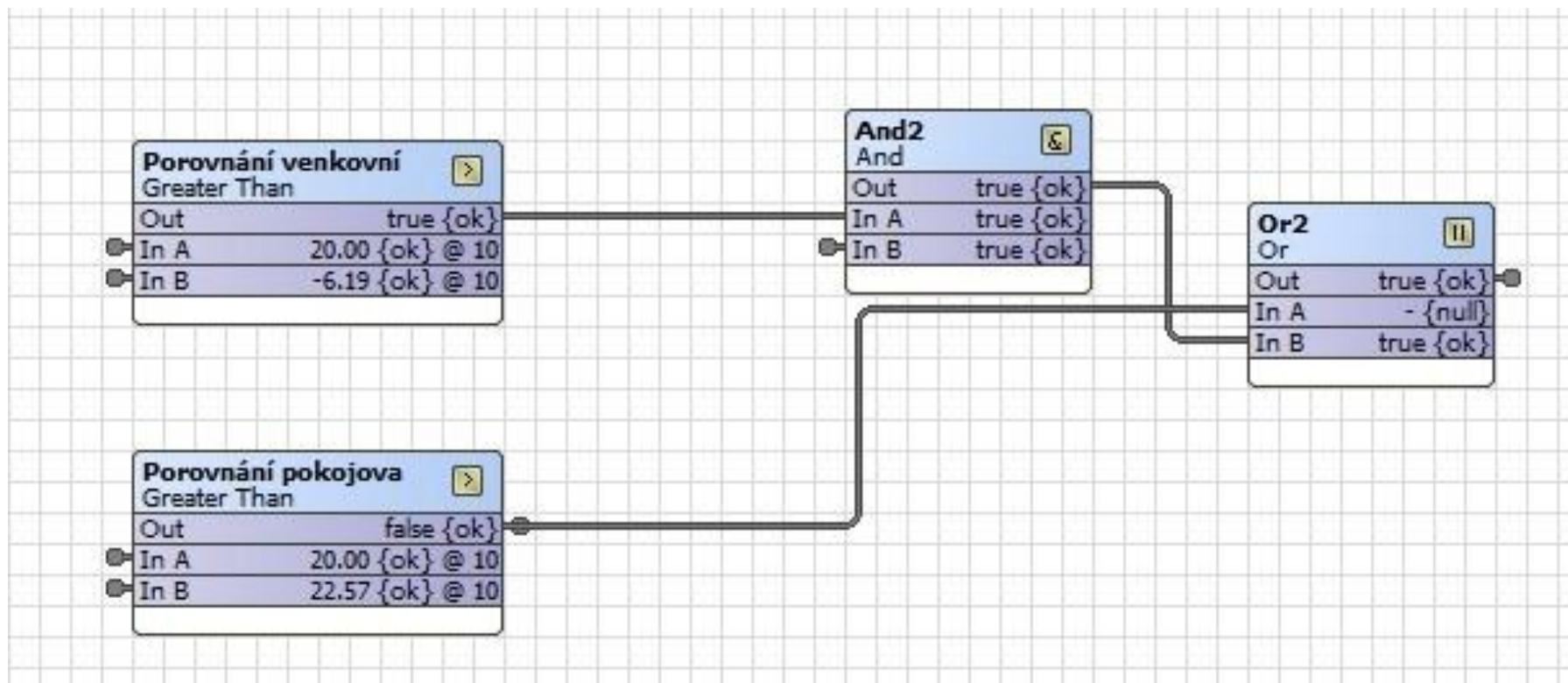
D-3 - Blok Logika Hystereze



D-4 - Blok Logika Místnost

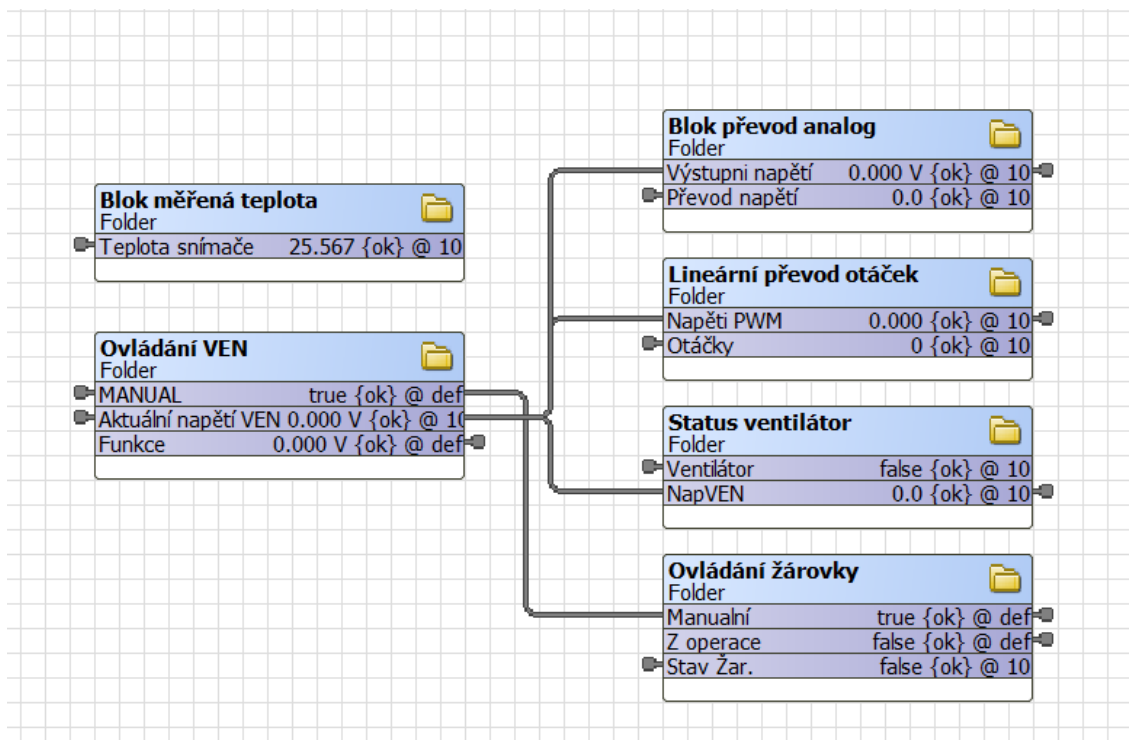


D-5 - Blok Logika Spuštění

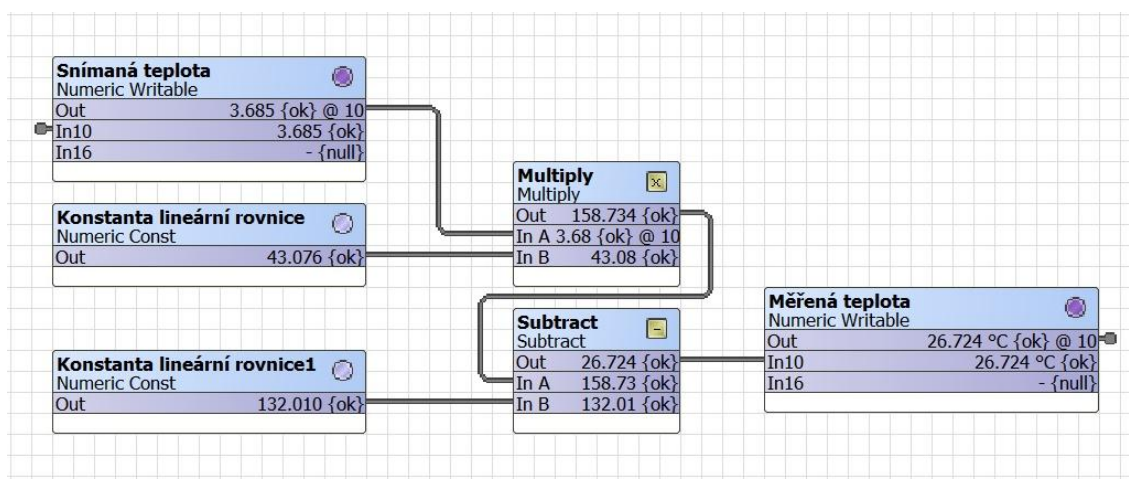


PŘÍLOHA E Zdrojové kódy pro demonstrační úlohu

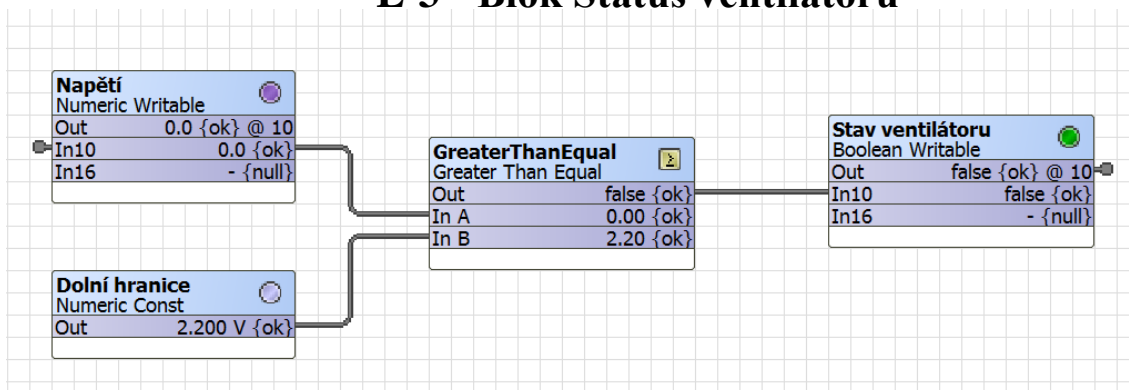
E-1 - Hlavní část programu



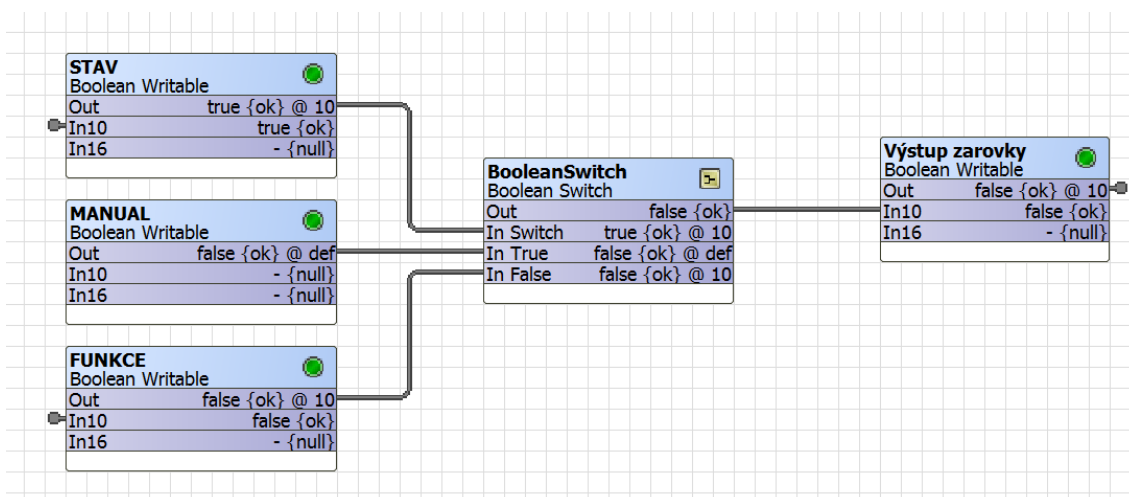
E-2 - Blok měřená teplota



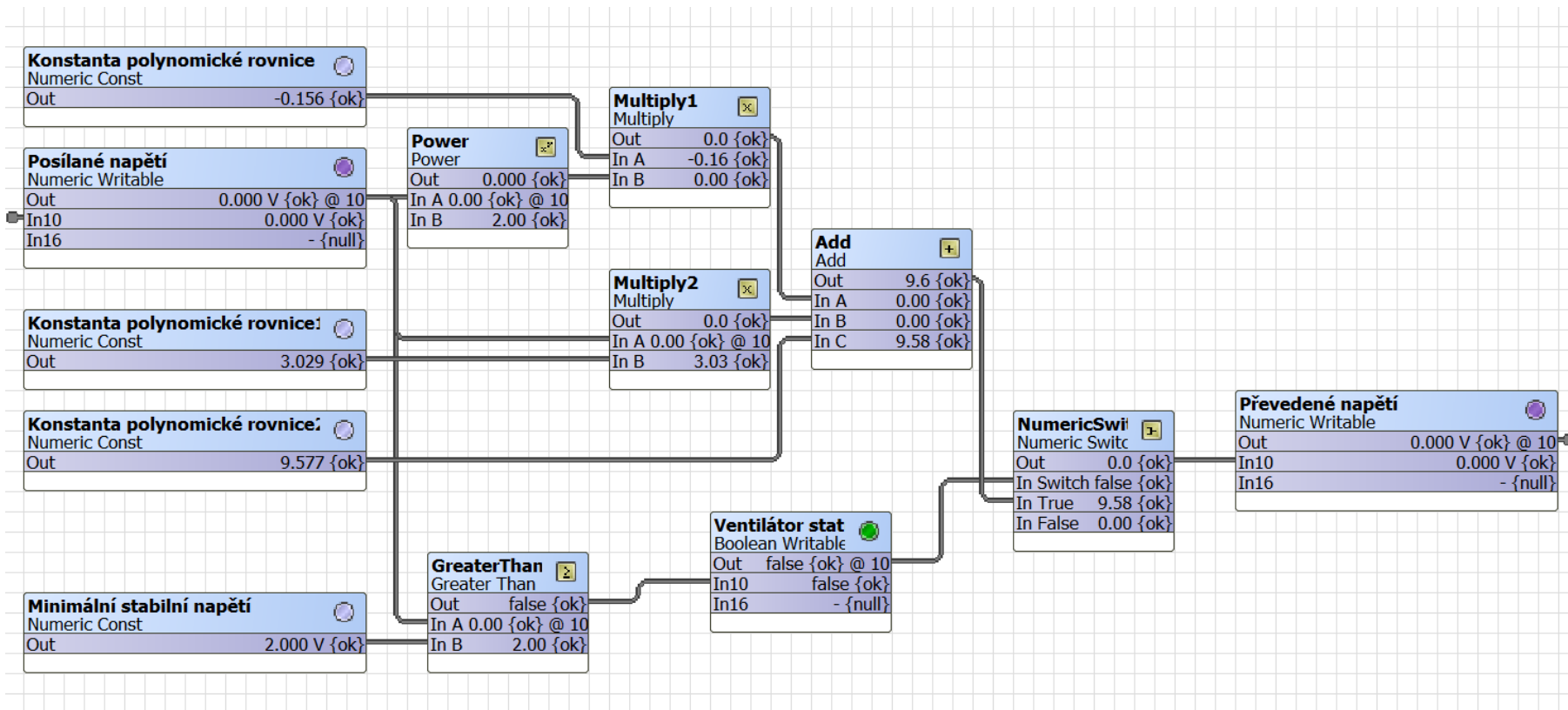
E-3 - Blok Status ventilátoru



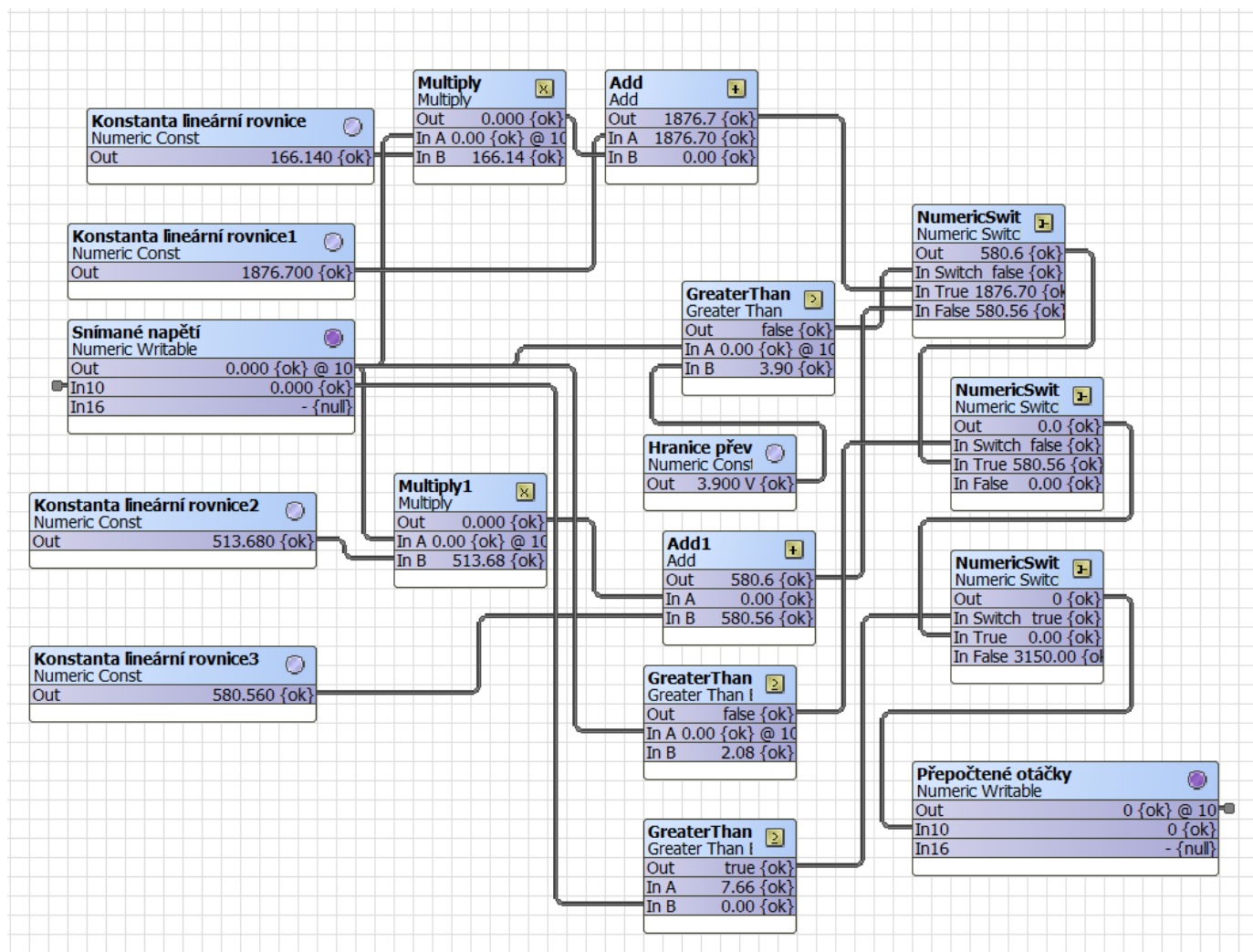
E-4 - Blok Ovládání žárovky



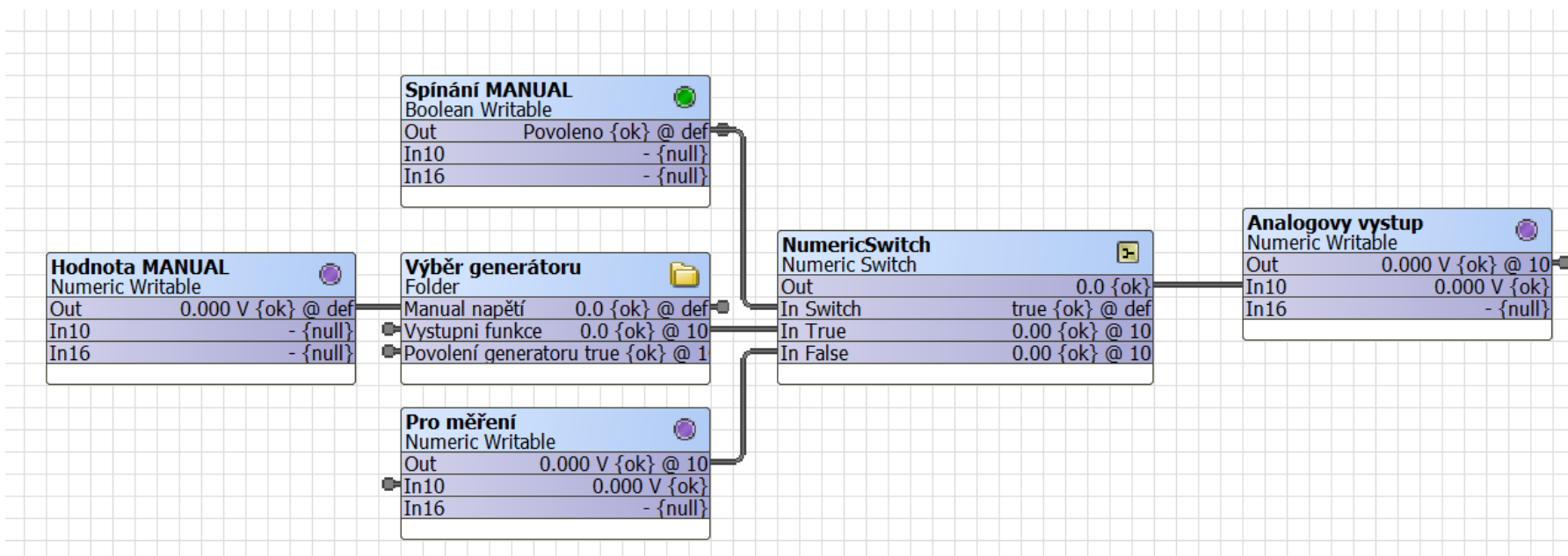
E-5 - Blok Převod analog



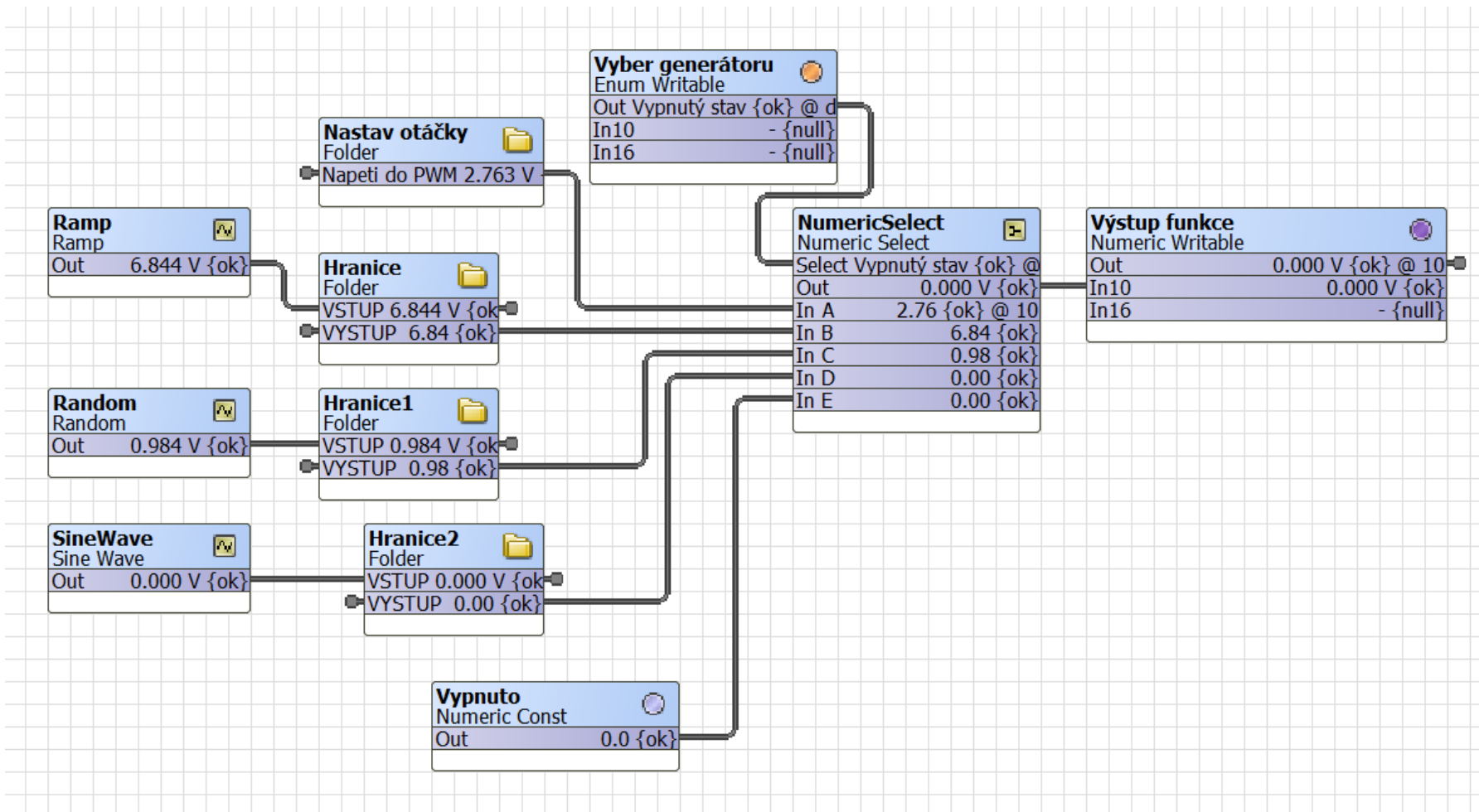
E-6 - Lineární převod otáček



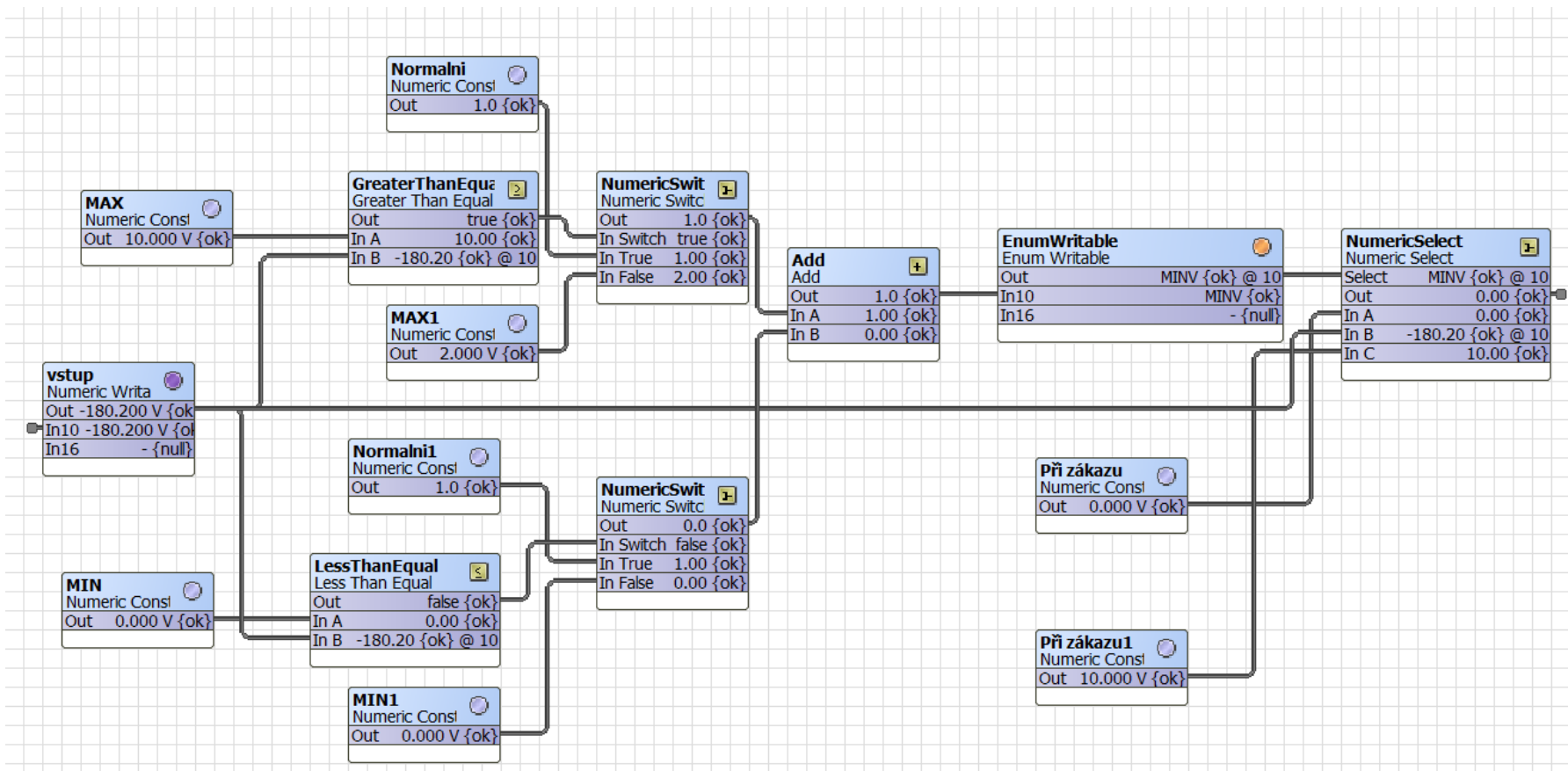
E-7 - Blok ovládání VEN



E-8 - Blok Výběr generátoru



E-9 - Blok Hranice



E-10 - Nastav otáčkv

