



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

Katedra informatiky

**SIEMENS LOGO! RCE – možnost
využití ve výuce informatických
předmětů – Přídavná zařízení a síťové
funkce.**

Bakalářská práce

Vypracoval: Jiří Mach

Vedoucí práce: Ing. Jan Jára Ph.D.

České Budějovice 2015

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta pedagogická
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří MACH**
Osobní číslo: **P12082**
Studijní program: **B7507 Specializace v pedagogice**
Studijní obor: **Informační technologie a e-learning**
Název tématu: **SIEMENS LOGO! RCE - možnost využití ve výuce informa-
tických předmětů - Přídavná zařízení a síťové funkce**
Zadávací katedra: **Katedra informatiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Bakalářská práce se bude zabývat využitím programovatelného HW pro měření a regulaci. Tento typ zařízení je možné využít, jako regulátor kombinovaného vytápění a přípravy TUV v domě, jako systém pro řízení závlahy a napouštění nádrží, či dávkování krmiva, atp... Studentům může sloužit jako demonstrační pomůcka, na které si mohou ověřit a prakticky využít znalosti z předmětů zabývajících se měřením, číslicovou technikou, zpracováním dat a algoritmicizací. Součástí bakalářské práce bude popis funkce logického mikrosystému Siemens LOGO! a použitelných přídavných modulů - PWM, SSR, TD200, popřípadě dalších. Práce se dotkne i realizace PID regulátorů. Zařízení Siemens LOGO! do verze 06 nemohlo být připojeno do sítě, protože neobsahovalo ethernetový modul. Proto bude práce zkoumat problematiku připojení na síť a možnostmi telemetrie. V práci budou popsány doporučené postupy, jak pro tento typ zařízení provádět návrh. V praktické části bakalant vytvoří program, včetně popisu a ukázky funkcionality zvolené úlohy využívající logický mikrosystém Siemens LOGO!. Dále pak vytvoří pracovní listy na výše uvedená témata a e-learningový materiál.

Cíle:

1. Vyzkoumat možnosti telemetrie Siemens LOGO! pomocí síťového protokolu
2. Vytvořit e-learningový materiál a pracovní listy popisující zpracovávanou problematiku
3. Realizovat vzorový regulační projekt s patřičnou technickou dokumentací

Rozsah grafických prací: **CD ROM**

Rozsah pracovní zprávy: **40**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. prof. Ing. Pavel Zítek, DrSc. : Základy automatického řízení .VUT Praha 1993
2. Doc. Ing. Jan Chyský, CSc, Ing. Jaroslav Novak, CSc, Ing. Luka. Novak: Elektronické aplikace ve strojírenství . Mikroprocesory .VUT Praha 1998
3. Dr. Ing. Jaroslav Hlava: Prostředky automatického řízení II .VUT Praha 2000
4. Ing. Marie Martinásková, Ing. Ladislav Šmejkal, CSc: Řízení programovatelnými automaty, .VUT Praha 1998
5. Propagační materiály a manuály SIEMENS. Logický modul LOGO!. [online]. Dostupný z WWW:<http://stest1.etnetera.cz/ad/current/index.php?vw=0&ctxnh=3dc1f5a3fc>

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Jára, Ph.D.**
Katedra informatiky

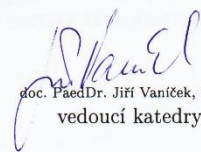
Datum zadání bakalářské práce: **27. března 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2015**



Mgr. Michal Vančura, Ph.D.
děkan





doc. PaedDr. Jitka Vaníček, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 27. března 2014

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je využít logický mikrosystém Siemens LOGO! RCE pro měření teplot, a vzhledem k tomu, že LOGO! od verze 7 již obsahuje i ethernetový modul, bude se jednat také o telemetrii, tedy měření na dálku a dálkový přenos dat.

Siemens LOGO! RCE představuje univerzální logický modul. Nabízí řešení pro jednoduché spínání a řízení aplikací v průmyslu (např. ventilační systémy, závory, vodní čerpadla, kompresory apod.), lze však s výhodou využít i v infrastruktuře (např. pro ovládání osvětlení, rolet, výkladních skříní, pro zavlažování skleníků apod.). Dále je vhodné pro instalaci v rozvaděčích a mechanických přístrojích.

Tato práce bude mít praktickou a teoretickou část. V teoretické části shrnu dostupné technologie pro automatizační řízení a rozeberu možnosti právě Siemens LOGO! RCE a jeho využití, zaměřím se na popis a funkčnost softwaru LOGO!Soft Comfort V7.0. V praktické části vytvořím program pro měření teplot pomocí dvou teplotních čidel a jejich porovnávání.

Klíčová slova

Automatizace, LOGO!, Siemens, číslicová technika, logické operátory, telemetrie, měření a regulace

Abstract

Aim of this bachelor thesis is to use logical microsystem Siemens LOGO! RCE for temperature measurement and due to that LOGO! from version 7 contains ethernet modul, I'll be using telemetry, thus measurement for long distances and remote data transfer.

Siemens LOGO! RCE presents univerzal logical modul. It offers sollutions for simple swithcing and application management in industry (eg. ventilation systems, barriers, water pumps, compressors etc.), it can however be advangtageously used also in the infrastructure (eg. lightning control, blinds, showcases, for irrigation etc.). Further it is suitable for installation in switchboards and mechanical devices.

This bachelor thesis will have practical and theoretical part. In theoretical part I'll summarize available technologies for automation control and I'll analyze the options of Siemens LOGO! RCE and its use, I'll focus on the description and functionality of software LOGO!Soft Comfort V7.0. In practical part I'll create program for temperature measurement using two temperature sensors and their comparing.

Keywords

Automatization, LOGO!, Siemens, digital techniques, logical operators, telemetry, measurement and regulation

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří mi pomohli vytvořit tuto bakalářskou práci, mé přítelkyni a rodině, kteří mě všichni psychicky podporovali. Dále bych chtěl poděkovat katedře informatiky, za možnost psaní této práce, ale především velké poděkování patří panu Ing. Janu Járovi, Ph.D., za metodickou pomoc a za cenné připomínky k vypracování této práce.

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě - v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích 24.4.2015

Jiří Mach _____

Obsah

1	Úvod cíle a předpoklady	11
2	LOGO! Úvod	12
2.1	Technický popis	12
2.1.1	Inovace mikrosystému Siemens LOGO!	13
2.1.1.1	Porovnání verze 0BA6 x 0BA7 x 0BA8.....	14
3	Přídavné moduly	16
3.1	K čemu slouží + rozšiřující moduly	16
3.2	Seznam rozšiřujících modulů a jejich parametry	16
3.3	PWM – pulzně šířková modulace – proudový ventil	20
3.3.1	Co to je PWM a jak funguje.....	20
3.3.2	Proudový ventil (Current valve) – náhrada PWM od firmy Siemens..	21
3.3.3	PWM jako funkční blok v SW LOGO!Soft Comfort	22
3.4	SSR.....	24
3.4.1	Výhody oproti elektromechanickým relé.....	25
3.4.2	Nevýhody oproti elektromechanickým relé.....	25
3.5	LOGO! TD	26
3.5.1	Vlastnosti	26
3.5.2	LOGO! TD v prostředí LOGO!Soft Comfort	27
3.6	Diagnostika chyb	29
3.6.1	Návody	31
3.6.1.1	Jak se podívat na verzi FW (firmware) LOGO!	31
3.6.1.2	Jak se podívat a smazat zprávy o chybách.....	33
3.6.1.3	Jak nastavit hlášení o chybách.....	36
4	Regulátory	37
4.1	Automatická regulace	37
4.2	Co to je regulátor	38

4.3	Druhy regulátorů, jejich popis, funkce, realizace, schémata a výpočty	41
4.3.1	Základní druhy regulátorů.....	43
4.3.1.1	Regulátor P (proporcionální)	43
4.3.1.2	Regulátor I (integrační).....	46
4.3.1.3	Regulátor D (derivační)	48
4.3.2	Kombinované (sdružené regulátory).....	51
4.3.2.1	Regulátor PI (proporcionálně integrační)	51
4.3.2.2	Regulátor PD (proporcionálně derivační).....	54
4.3.2.3	Regulátor PID (proporcionálně integračně derivační).....	57
5	Telemetrie se Siemens LOGO! RCE12/24 0BA7.....	60
5.1	LOGO!Soft Comfort	62
5.2	LOGO!Monitor Multi.....	63
5.3	Aplikace pro smartphony a tablety LOGO!App (podpora jak pro zařízení Apple i Android)	66
6	Praktická část	69
6.1	Vytvořený program k regulaci a měření.....	72
6.2	Praktické listy pro studenty	76
6.2.1	Regulátory – obecně.....	77
6.2.2	Regulátory – základní typy	80
6.2.3	Regulátory – kombinované (sdružené)	83
6.3	Praktické listy pro studenty	86
6.3.1	Regulátory – obecně.....	86
6.3.2	Regulátory – základní druhy	89
6.3.3	Regulátory – kombinované (sdružené)	92
6.4	E-learningový kurz	95
6.4.1	Anotace	95
6.4.2	Seznam okruhů.....	95

7	Závěr	96
7.1	Seznam použité literatury	97
7.2	Seznam obrázků	98
7.3	Seznam tabulek.....	99

1 Úvod cíle a předpoklady

V mé bakalářské práci se budu zabývat využitím logického mikrosystému Siemens LOGO! RCE pro měření a regulaci. Využívám zde svých zkušeností ze střední školy, kde jsme se učili základy teorie automatizace, číslicové techniky, mikroprocesorové techniky, elektroniky a další, ale také jsme programovali tyto automaty, díky kterým jsme následně ovládali různá zařízení, jako byly hydraulické písty, krokový motor, pulzně šířková modulace a mnoho dalších.

Do bakalářské práce zahrnu popis funkce logického mikrosystému Siemens LOGO!, který bude sloužit jako demonstrační pomůcka pro studenty, kteří si chtějí ověřit teoretické znalosti v praxi. Dále se zaměřím na použití a popis přídatných modulů, jako je PWM (Pulzně-šířková modulace), SSR (Solid-State Relay), TD200 (Textový displej), popřípadě dalších. V teoretické části také rozeberu realizaci regulátorů, a jejich využití. Budu probírat podrobně všechny jednotlivé složky PID regulátorů. V důsledku toho, že mám možnost pracovat se zařízením Siemens LOGO! RCE 0BA7, tedy s verzí 7, tak tento automat obsahuje ethernetový modul. Proto dále v této práci budu zkoumat problematiku připojení na síť s možnostmi telemetrie.

K cílům mé bakalářské práce patří popis funkce mikrosystému Siemens LOGO!, seznámení se s přídatnými moduly a jejich funkcionalitou. Dále budou popsány PID regulátory a jednotlivé podsložky těchto regulátorů a v neposlední řadě vyzkoumat možnosti telemetrie Siemens LOGO! pomocí síťového protokolu. Vytvořím i výukový e-learningový materiál, v tomto případě se bude jednat o kurz v systému Moodle a k tomu vypracuji i pracovní listy, které budou testovat znalosti PID regulátorů. Jako poslední cíl, je zapojení a naprogramování, či nasimulování programu pro regulaci teploty ve skleníku pomocí teplotních čidel a zemního výměníku tepla.

2 LOGO! Úvod

Siemens LOGO! RCE 0BA7 je programovatelný logický automat (PLC), který se hojně využívá k automatizaci procesů, především v průmyslu, a mohou sloužit např. k řízení strojů nebo výrobních linek. V dnešní technologicky pokročilé době dochází k tomu, že se zautomatizování procesů výroby, řízení, ovládání atd. objevuje stále častěji.

Automatizační technologie má stále vyšší možnosti a stává se tak komplexnějším nástrojem. Lze tedy konstatovat, že tyto PLC automaty mohou sloužit nejen jako zařízení pro lepší řízení výroby v automatizovaných továrnách, ale také jako zařízení pro vzdělávání (na středních, či vysokých školách), nebo jako hobby pro “domácí kutily”, kteří by si chtěli zjednodušit, respektive zautomatizovat určité druhy činností ve své domácnosti nebo na zahradě. Za zmínku stojí možnost ovládání závor, ventilačních systémů, vodních čerpadel, kompresorů, může se také využít pro osvětlení, manipulaci s roletami, anebo také nastavení vytápění či zavlažování skleníků nebo trávniku.

Siemens LOGO! je tedy velice univerzální nástroj, s lehkým ovládáním a širokospektrálním využitím.

2.1 Technický popis

Siemens LOGO! je inteligentní logický modul, který je na trhu již více než 15 let a doznal tedy v průběhu času mnoha vylepšení, které z něj činí velice atraktivní řešení pro řízení a ovládání. Je významně charakterizován svým jednoduchým a intuitivním programováním, které je doplněno plnou podporou češtiny do programovacího softwaru LOGO!Soft Comfort. Obsahuje velmi výkonné vnitřní funkce, mezi něž můžeme zařadit PI regulátory, komparátory, čítače, časovače a mnoho dalších, které lze zcela jednoduše a spolehlivě realizovat. [1]

“Maximální flexibilita díky jednoduchému rozšíření!” Už u starších verzí tohoto PLC bylo možné připojovat přídatné moduly, které ještě více zvyšovaly schopnosti a možnosti využití, již tak silného Siemens LOGO!. Firma Siemens zachází ale ještě mnohem dál a stále zlepšují své PLC i moduly. Nabízí velice široké spektrum rozšiřujících modulů, které umožňují zvýšit počet I/O (input/output) až na 24 digitálních vstupů, 16 digitálních výstupů, 8 analogových vstupů a 2 analogové výstupy. Dále jsou k dispozici také komunikační moduly pro AS-Interface nebo KNX, které jsou ale

ještě doplněny ve verzi LOGO! 0BA7 o Ethernetový modul, kde se použije běžný síťový kabel UTP s konektorem RJ-45 a už se nepoužívá na propojení kabel RS232. Tato novější verze 0BA7 nabízí díky integrovanému ethernetovému rozhraní a velkému množství nových funkcí, uplatnění také ve složitějších a náročnějších aplikacích, kvůli kterým dříve bylo třeba přecházet na výkonnější a mnohem dražší PLC. Nyní lze dohromady propojit až 8 základních jednotek LOGO nebo také využít komunikaci s řadou PLC Simatic S7. [1]

2.1.1 Inovace mikrosystému Siemens LOGO!

Velikou inovací PLC Siemens LOGO! 0BA7 je určitě integrované ethernetové rozhraní a přídatný slot pro SD karty na více programů. Vzhledem k těmto novinkám se LOGO! otevírá možnost zcela novým aplikacím, a to nejen v oblasti komunikace. Oproti staré verzi je dvojnásobná paměť programu – až na 400 funkcí. Standardní SD karta slouží pro kopírování a zálohování programů, také je možné tyto programy chránit heslem. LOGO! 0BA7 navíc obsahuje kondenzátor pro zálohu dat a času místo baterie. [1]

Mezi největší rozdíly s verzí 0BA7 a staršími verzemi se řadí právě možnosti komunikace. LOGO! nyní umožňuje komunikovat s dalšími základními moduly LOGO! a to ve dvou režimech:

- V prvním režimu se jedná o rozšíření vstupů a výstupů (I/O) pro základní jednotku. Jeden samostatný modul LOGO! obsahuje vykonávaný program a ostatní připojené moduly mu propůjčují pouze své vstupy a výstupy. Maximálně lze propojit 8 modulů Siemens LOGO! RCE 0BA7, tímto můžeme dosáhnout počtu I/O až: 88 DI (digitálních vstupů), 80 DQ (digitálních výstupů), 40 AI (analogových vstupů) a 18 AQ (analogových výstupů) [1]
- Druhý režim nabízí rozšíření paměti programu. Tento režim funguje na tom principu, že každý modul LOGO! obsahuje svůj vlastní program, který vykonává, ale mají určité stejné data, či hodnoty (proměnné), které si předávají a vzniká tak jistá provázanost, či návaznost programů. [1]

LOGO! 0BA7 má k dispozici mnoho nových funkcí, které programátorům velice zjednoduší práci. Mezi tyto nové funkce patří například bloky pro zjištění maximální a minimální hodnoty v určitém časovém úseku, anebo také můžeme využít nového bloku, který nám určí průměrnou hodnotu. Dále jsou nové funkce stopky pro měření délky jakéhokoliv procesu, nebo také funkci astronomických hodin. Další novinkou je funkce datového záznamu k ukládání procesních dat. Obrovskou předností LOGO! 0BA7 je plná zpětná kompatibilita se současnými rozšiřujícími moduly. Tato přednost značně zjednodušuje přechod ze starších verzí LOGO! na nové. Toto nové PLC ale nabízí nejen kompatibilitu hardwarovou, ale do základního modulu LOGO! 0BA7 je nyní možné nahrát beze změny jakýkoliv projekt ze starší verze LOGO!. [1]

Siemens LOGO! RCE je možné připojit na různá napájecí napětí. Máme tyto 3 možnosti – 12 V DC; 24 V AC/DC; 110/230 V AC/DC. LOGO! je nyní vyrobeno, resp. naprogramováno tím způsobem, že funguje automatický přechod na zimní/letní čas. 0BA7 již neobsahuje baterii, ale kondenzátor, přesněji ISC (Internal Supercapacitor), který se během chodu LOGO! nabije, a v případě výpadku napájení, nebo jiné poruchy, po které dojde k vypnutí LOGO!, tak nastává uložení hodnot všech parametrů. LOGO! dohromady obsahuje 8 integrovaných vstupů. Čtyři vstupy je možné využít jako analogové, které mohou fungovat v rozsahu 0 .. 10 V nebo 0 .. 20 mA a to u verzí LOGO! 12/24 a 24 V DC. Další čtyři vstupy je možné využít jako vysokorychlostní čítače s frekvencí 2 až 5 kHz. Vzhledem k tomu, že tyto vysokorychlostní vstupy mohou pracovat s tak vysokými frekvencemi, tak mohou zpracovávat signál z inkrementálních čidel. Jak již bylo zmíněno, LOGO! 0BA7 obsahuje ethernetové připojení, a díky tomu doznalo změn i programovací prostředí LOGO!Soft Comfort v7.0, které nyní poskytuje síťové konektory pro programy, a to jsou – síťové vstupy a výstupy, a síťové analogové vstupy a výstupy.

2.1.1.1 Porovnání verze 0BA6 x 0BA7 x 0BA8

V dnešní době, není to tak dávno, se na trhu objevila už i nová verze toho PLC od firmy Siemens, která nese název LOGO! 0BA8. Pomocí technických dokumentací, případně příruček jednotlivých dokumentů byla sestavena následující tabulka porovnání posledních tří verzí PLC Siemens LOGO!.

Parametr	0BA6	0BA7	0BA8
Rozměry	4TE (72mm)	6TE (108mm)	4TE (72mm)
Programovací port	Sériový (LOGO!) port RS 232	Ethernet (RJ-45)	Ethernet (RJ-45)
Externí paměť	LOGO! Paměťová karta	SD-karta	Micro SD-karta
Externí baterie	LOGO! bateriový modul	Ne	Ne
Interní Super Capacitor pro zálohování hodin	Ano - 80 hodin	Ano - 480 hodin (20dní)	Ano - 480 hodin (20dní)
Funkční bloky (FB)	200	400	400
Posuvný registr	1x 8bit	4x 8bit	4x 8bit
Analogové markry	6	16	16
Virtuální výstup	16	64	64
Network	Ne	Ano (8x 0BA7s)	Ano (9x 0BA7/8)
Uživatelské funkce (UDF)	Ne	Ano	Ano
Datový záznam	Ne	Ano (2000 záznamů na SD kartu)	Ano (20 000 záznamů na SD kartu)
DI/DQ/AI/AQ	24/16/8/2	24/16/8/2	24/20/8/8

Tabulka 1: Porovnání řad LOGO!

3 Přídavné moduly

3.1 K čemu slouží + rozšiřující moduly

Siemens LOGO! RCE je samo o sobě velice mocným nástrojem pro průmyslovou techniku i domácí využití pro zjednodušení domácích vymožeností, ale jsou některé aplikace, kvůli kterým je třeba přejít na vyšší řady, které obsahují funkce, či možnosti vyšší než LOGO!. Ovšem jsou zde tzv. přídavné moduly pro PLC LOGO!, které přidávají nové možnosti pro docílení určitých funkcí, nebo jsou to pouze rozšiřující moduly o vstupy a výstupy, díky kterým však můžeme konkurovat cenově hůře dostupným PLC, např. Simatic.

K dispozici jsou tyto moduly:

- Digitální moduly pro různá napětí
 - Se čtyřmi vstupy/výstupy (DM8)
 - Osmi vstupy/výstupy (DM16)
- Analogové moduly
 - Jsou nabízeny pro napětí 24 V (některé pro 12 V)
 - Jsou vybaveny dvěma analogovými vstupy nebo dvěma vstupy pro teplotní čidla PT100
- Siemens LOGO! dále nabízí dva komunikační moduly a to pro komunikaci s AS-Interface a EIB/KNX
- Moduly, které přidávají možnosti a funkce navíc:
 - PWM (Pulzně-šířková modulace) – u firmy Siemens se tento modul nazývá “Proudový ventil” (Current Valve)
 - SSR (Solid-State Relay; polovodičové relé)
 - LOGO! TD (Text Display) [2]

3.2 Seznam rozšiřujících modulů a jejich parametry

- **Digitální moduly DM8 se čtyřmi vstupy a výstupy [3]**
 - DM8 230R
 - Napájecí napětí 110/230 V AC/DC
 - 4 digitální vstupy 110/230 V AC/DC
 - 4 digitální reléové výstupy na 5 A

- DM8 24
 - Napájecí napětí 24 V DC
 - 4 Digitální vstupy 24 V DC
 - 4 Digitální tranzistorové výstupy 0,3 A
- DM8 12/24R
 - Napájecí napětí 12/24 V DC
 - 4 digitální vstupy 12/24 V DC
 - 4 digitální reléové výstupy 5 A
- DM8 24R
 - Napájecí napětí 24 V AC/DC
 - 4 digitální vstupy 24 V AC/DC
 - 4 digitální reléové výstupy 5 A
- **Digitální moduly s osmi vstupy a výstupy [3]**
 - DM16 230R
 - Napájecí napětí 110/230 V AC/DC
 - 8 digitálních vstupů 110/230 V AC/DC
 - 8 digitálních reléových výstupů 5 A
 - DM16 24
 - Napájecí napětí 24 V DC
 - 8 digitálních vstupů 24 V DC
 - 8 digitálních tranzistorových výstupů 0,3 A
 - DM16 24R
 - Napájecí napětí 24 V AC/DC
 - 8 digitálních vstupů 24 V AC/DC
 - 8 digitálních reléových výstupů 5 A
- **Analogové rozšiřující moduly [3]**
 - AM2
 - Napájecí napětí 12/24 V DC
 - 2 analogové vstupy
 - 0 .. 10 V nebo 4 .. 20 mA

- AM2 PT100
 - Napájecí napětí 12/24 V DC
 - 2 vstupy pro PT100/PT1000 (automatická detekce sensorů)
 - měřicí rozsah -50°C .. +200°C
- AM2 AQ
 - Napájecí napětí 24 V DC
 - 2 výstupy 0 .. 10 V nebo 0/4 .. 20 mA
 - Rozlišení 10 bitů
- **Komunikační moduly [2]**
 - EIB/KNX (Instabus EIB)
 - Napájecí napětí 24 V AC/DC
 - 16 digitálních vstupů, 12 digitálních výstupů
 - 8 analogových vstupů, 2 analogové výstupy
 - AS-Interface Slave
 - Napájecí napětí 24 V DC
 - 4 digitální vstupy, 1 digitální výstup
 - LON
 - napájecí napětí 24 V AC/DC
 - 16 digitálních vstupů
 - 12 digitálních výstupů
 - 8 analogových vstupů
- **Další přídatné moduly [2]**
 - Programovací modul LOGO! Prom
 - Slouží ke kopírování paměťových modulů
 - Přenos z paměťového modulu nebo z PC
 - Určeno převážně pro sériové aplikace
 - Může obsahovat až 8 kopií najednou

- Modul stykače LOGO! contact
 - Je to stykač pro spínání vyšších zátěží
 - Jsou 2 verze stykače - pro různá napájecí napětí
 - 24 V DC
 - 230 V AC
 - Má malé kompaktní rozměry - 36x72x55mm
 - Slouží pro přímé spínání zátěže - do 20A nebo 4kW
- Napájecí modul LOGO! Power

Vyrábí se v těchto provedeních: 24 V/4 A; 24 V/2,5 A; 24 V/1,3 A; 15V/4 A; 15 V/1,9 A; 12 V/4,5 A; 12 V/1,9 A; 5 V/6,3 A; 5 V/3 A

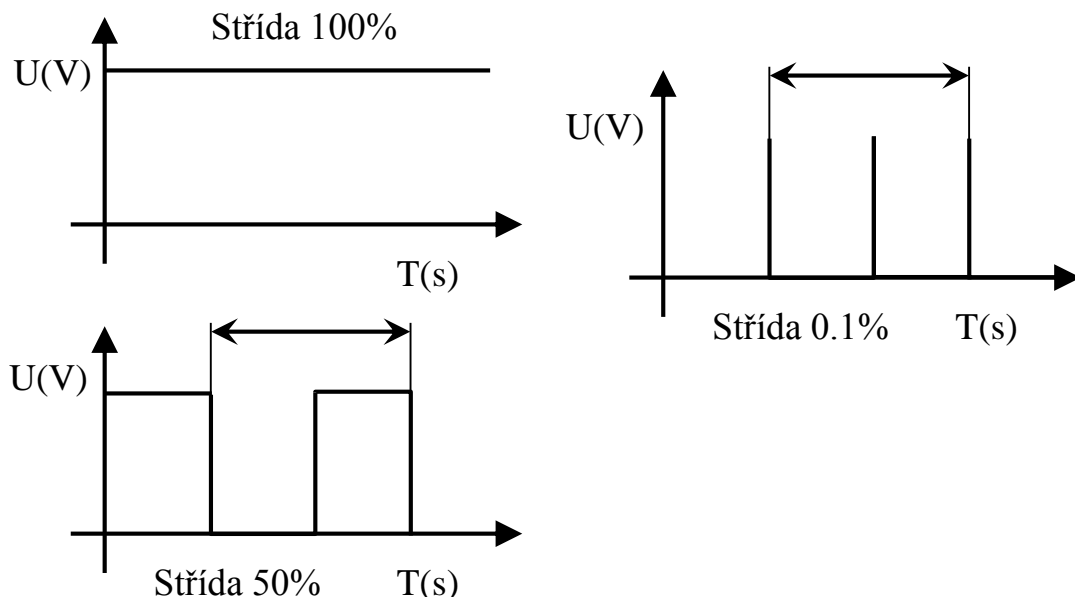
3.3 PWM – pulzně šířková modulace – proudový ventil

3.3.1 Co to je PWM a jak funguje

Pulzně šířková modulace je způsob kódování dat, která se odesílají z vysílacího zařízení k přijímacímu zařízení vybranou přenosovou cestou. Tato přenosová cesta může být různá, např. pevné drátové spojení nebo bezdrátové spojení a v tomto případě se data přenášejí vzduchem např. při IR (infrared) komunikaci.

PWM je tvořena sledem bitů, který přenáší rámec dat. Nejdůležitější je, aby se generátor signálu shodoval s přijímacím zařízením, které bude tento přijímaný signál zpracovávat. Jedná se o signál s konstantní periodou T , kde se mění střída napětí. Střída je poměr délky impulzu, ku délce mezery v jedné periodě. Střída (v anglické literatuře označována jako “duty cycle”) může být uváděna jako poměr (např. 1:1; 2:1; 1:5 atd.). Střída se může, mimo poměr znázorňovat v procentech (100% 50% 1% atd.) a v tomto případě 100% vyznačuje ideální poměr 1:0.

Na ilustračním obrázku [viz *Obrázek.1*], vidíme, že PWM vysílá signál podle střídy. Můžeme tedy říci, že PWM slouží k řízení nějakých obvodů, nebo k regulaci. Řízení jiného zařízení potom funguje tehdy, když převedeme signál PWM z binárních hodnot na hodnotu dekadickou a to do napětí (U). Potom dle propouštěného napětí můžeme docílit ovládní jiných obvodů či zařízení, např. pro regulaci výkonu, kdy je možné dosáhnout plynulé regulace v rozsahu 0-100%.



Obrázek 1: PWM - střída

3.3.2 Proudový ventil (Current valve) – náhrada PWM od firmy Siemens

Proudový ventil slouží pro pulzní řízení AC 24 V (střídavé napětí) nebo pro elektrické výkony do 30 kW. [4]

Proudový ventil můžeme řídit pomocí regulačních přístrojů, které musí splňovat alespoň jeden z těchto výstupních řídicích signálů:

- Řídicí signál puls/pauza AC 24 V
- Spojitý řídicí signál DC 0 .. 10 V
- Dvupolohový (On/Off) řídicí signál, DC 0 nebo 10 V [4]

Princip funkce proudového ventilu:

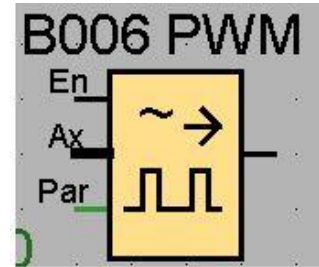
- Proudový ventil je polovodičový spínací prvek (jedná se o tyristor). Dle přiváděné energie reguluje množství elektrické energie do připojeného topného elementu
- Výkon na výstupu je dán řídicím signálem puls/pauza AC 24 V. Spíná se při nulovém napětí, takže nemůže dojít k tomu, aby vznikaly vyšší harmonické signály, a tím nedochází k rušení v síti.
- Řídicí a výkonový signál je od sebe navzájem galvanicky oddělen pomocí optočlenu, díky čemuž může být regulátor, ovládající proudový ventil, zapojený na jiné fázi než proudový ventil. [4]



Obrázek 2: Proudový ventil [4]

3.3.3 PWM jako funkční blok v SW LOGO!Soft Comfort

V programovacím softwaru je také možné najít přímo funkční blok pulzně šířkové modulace, který se využívá pro naprogramování reálného fyzického bloku, který se připojuje na výstup hardwaru Siemens LOGO! RCE. Tento PWM modul (tedy proudový ventil) se může snadno připojit k LOGO! nasunutím na DIN lištu a následně jsou tři možnosti, jak tento modul řídit pomocí:



Obrázek 3: PWM v LOGO!Soft Comfort

- Napětí (signál puls/pauza) 0 .. 24 V AC
- Spojitého řídicího signálu napětí 0 .. 10 V DC
- Dvoupolohový (On/Off) řídicí signál, DC 0 nebo 10 V [4]

Pulzně šířkový modulátor (PWM) moduluje analogovou vstupní hodnotu A_x na pulzní digitální výstupní signál. Šířka pulzu je přímo úměrná analogové hodnotě A_x .

Popis vstupů bloku:

- Vstup **En** - Reaguje na pozitivní hranu (přechod ze stavu 0 do 1) na vstupu En povolí funkční blok PWM
- Vstup **Ax** - Jedná se o analogový signál, který bude modulován na pulzní digitální výstupní signál
- Výstup Q - Výstup je nastaven nebo může být vynulován pro část každé periody podle poměru hodnoty A_x k analogové hodnotě rozsahu
- **Par** - Parametr, jsou tu 4 parametry na nastavení
 - **A** - Zisk: Rozsah hodnot: ± 10.00
 - **B** - Posunutí nuly (offset): Rozsah hodnot: ± 10.000
 - **PT** - Jedná se o periodu, ve které je digitální výstup modelován
 - **p** - Počet desetinných míst: Rozsah hodnot: 0, 1, 2, 3
 - “number of decimals” - tento parametr platí pouze pro zobrazení hodnoty v textu zprávy (buď přímo na displeji LOGO! RCE nebo na externím LOGO! TD [Text-Display])

Popis funkce bloku PWM

- Funkce nejprve získá hodnotu na analogovém vstup **Ax** a přečte jí
- Následně je tato hodnota vynásobena hodnotou parametru **A** (zisku).
- Parametr **B** je posunutí nuly (offset), a přičítá se k součinu vstupního signálu a zisku. $(A_x * Zisk) + Offset = Skutečná\ hodnota\ A_x$

- PWM funkční blok počítá poměr hodnoty Ax k rozsahu. Blok nastaví digitální výstup $Q = high$ (logická 1) pro takovou poměrnou část parametru PT (periody), a nastaví výstup $Q = low$ (logická 0) pro zbytek periody.

Pravidlo pro výpočet

- $Q = 1$, pro $\frac{(Ax - Min)}{(Max - Min)}$ *periody PT*

$$Q = 0, \text{ pro } PT - \frac{(Ax - Min)}{(Max - Min)} \text{ } \textit{periody PT}$$

3.4 SSR

Jedná se o polovodičové relé, které se dnes využívá místo starých elektromechanických relé. Je to elektronické spínací zařízení, které spíná, nebo rozpíná i tehdy, když přes řídící svorky projde velmi malé napětí.

Toto polovodičové relé SSR se skládá ze tří částí:

- Čidla, které odpovídá na příslušný vstup (řídící signál)
- Polovodičového spínacího zařízení, které přepíná napájení obvodu zátěže
- Spojovacího mechanismu, který umožňuje řídícímu signálu aktivaci tohoto spínače bez mechanických částí.

SSR polovodičové relé může být navrženo pro spínání jak AC, tak DC zátěží. Slouží pro stejné funkce jako starší elektromechanická relé, ale SSR nemají žádné pohyblivé části. SSR relé se skládají z polovodičových materiálů, včetně tyristorů a tranzistorů, a jejich proudový rozsah je brán od několika jednotek mikroampérů (μA) pro nízkovýkonová zařízení, až po stovky ampér (A), pro vysokovýkonová zařízení. SSR mají extrémně rychlé přepínání, které se udává v rozmezí od 1 do 100 nanosekund a nejsou ovlivněny opotřebením kontaktů jako elektromechanická relé. [5]



Obrázek 4: SSR [5]

3.4.1 Výhody oproti elektromechanickým relé

- Štíhlejší profil
- Zcela tichý provoz
- SSR relé jsou mnohem rychlejší než elektromechanická relé; Jejich čas sepnutí je závislý na době potřebné k napájení LED diody, řádově mikrosekundy až milisekundy
- Zvýšená životnost, i když je aktivován mnohokrát, protože SSR neobsahuje žádné pohyblivé díly a žádné kontakty
- Výstupní odpor zůstává konstantní bez ohledu na množství použití
- Bezrozkmitový provoz
- Žádné jiskření, což umožňuje jeho použití v prostředí s nebezpečím výbuchu, kde je nezbytné, aby nedošlo při spínání k jakémukoliv jiskření
- Mnohem méně citlivé na skladování a faktory provozního prostředí, jako jsou například mechanické nárazy, vibrace, vlhkosti, vnější magnetické pole

3.4.2 Nevýhody oproti elektromechanickým relé

- V zavřeném stavu dochází k většímu vytváření tepla, a objevuje se zde zvýšený elektrický šum
 - V otevřeném stavu, nižší impedance, závěrný unikající proud (v rozmezí μA)
 - Napěťové a proudové charakteristiky nejsou lineární (nejsou čistě odporové); Elektromechanické relé má nízký ohmický odpor při aktivaci spínače, mimořádně vysoký odpor vzduchové mezery a izolačního materiálu při otevření
 - Některé typy mají výstupní obvody citlivé na polaritu, naproti tomu elektromechanické relé nejsou polaritou ovlivněny
 - Možnost využívat rušivého přepínání kvůli přechodovým napětím

3.5 LOGO! TD

V mnohých aplikacích, které v LOGO!Soft Comfort naprogramujeme, potřebujeme více možností ovládání, například více vstupních informací, které můžeme ovládat třeba tlačítky. V tomto případě můžeme použít přesně tento modul – Siemens LOGO! TD (Text Display). Můžeme ho také využívat pro výpis zpráv, např. na výpis jednotlivých hodnot na výstupu, resp. Pro sledování proměnných.

Jedná se tedy o externí textový displej pro Siemens LOGO!. Displej je stejný, jako je displej na základní jednotce Siemens LOGO! RCE. Displej LOGO! TD je samozřejmě



Obrázek 5: LOGO! TD [10]

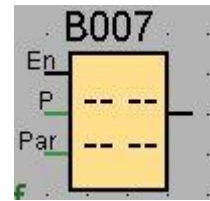
podsvícený, dále je čtyř řádkový s 12/24 znaky na každý řádek zvlášť. K základnímu modulu LOGO! RCE se připojuje speciálním konektorem (jedná se o propojovací datový kabel RS485) prostřednictvím kabelu o délce až 10 m. Displej ještě obsahuje šest ovládacích tlačítek a čtyři funkční tlačítka. Tyto tlačítka je možné použít v programu jako vstupy. Podsvícení displeje je možné nastavit jako permanentní nebo ho ovládat programově. [6]

3.5.1 Vlastnosti

- Dodáván s kabelem pro připojení k jakékoliv verzi LOGO! a LOGO! Pure
- Napájení pomocí 12 V DC nebo 12/24 V AC/DC
- Volitelný kontrast displeje
- Identický s displejem na základních jednotkách LOGO!
- Stupeň krytí displeje IP65
- 6 uživatelských tlačítek, které lze použít pro zadávání vstupních hodnot
- 4 standardní funkční tlačítka
- Jednoduchá konfigurace pomocí funkčního bloku “Textová zpráva” v softwaru LOGO!Soft Comfort.
- Ovládací menu LOGO! TD podporuje 10 světových jazyků [6]

3.5.2 LOGO! TD v prostředí LOGO!Soft Comfort

V programovacím prostředí LOGO! Soft Comfort je přímo blok pro nastavení textového výstupu a příhodně se jmenuje “Textová zpráva”. Software LOGO!Soft Comfort také dokáže rozeznat, jestli je připojený i LOGO! TD nebo pouze základní modul Siemens LOGO! RCE. Pomocí tohoto funkčního bloku můžeme nastavit a zobrazit zprávu, která se skládá z textu, či dalších parametrů pro LOGO! nebo LOGO! TD, pouze tehdy, když je LOGO! v režimu RUN.



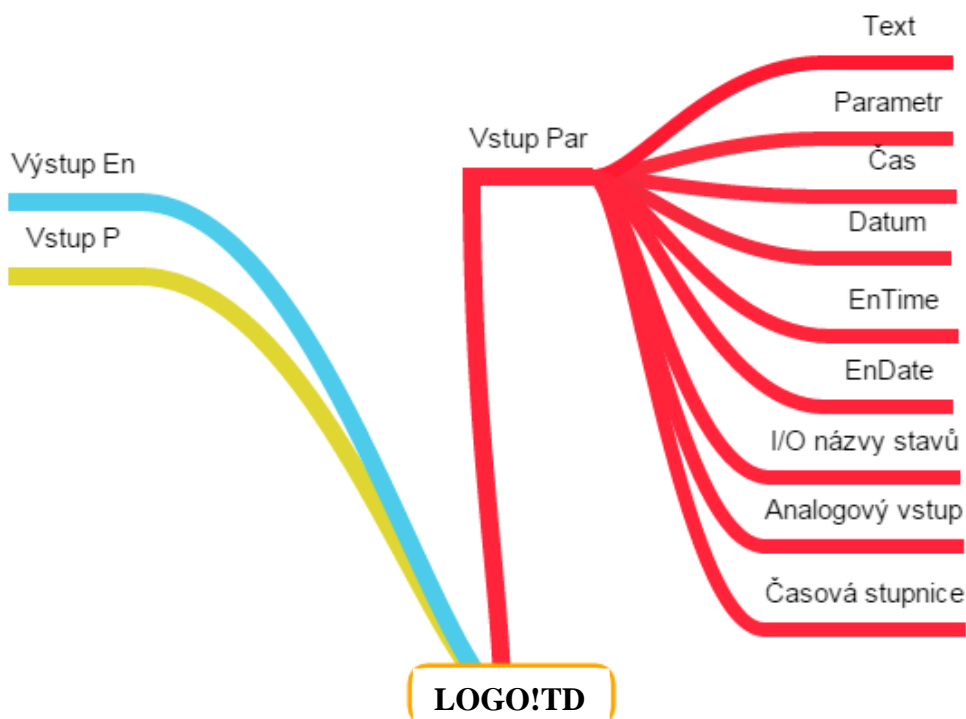
Obrázek 6: LOGO! TD v LOGO! Soft Comfort

Popis vstupů funkčního bloku:

- Vstup **En** - zajišťuje přechod stavu z 0 na 1 na vstupu En (povoleno) a následně spustí zobrazení textu zprávy
- Vstup **P** - P označuje prioritu textové zprávy
 - dá se nastavit priorita 0 (nejnižší) až 127 (nejvyšší)
- Vstup **Par** - Parametry, které je možné nastavit:
 - Text: Vstup textové zprávy
 - Par: Parametr nebo aktuální hodnota jiného, již konfigurovaného, který může být zobrazen číselně nebo jako sloupcový graf
 - Čas: Ukazuje průběžně aktualizovanou hodnotu času během dne
 - Datum: Ukazuje průběžně aktualizované datum
 - EnTime: Zobrazení času přechodu signálu z 0 do 1 na vstupu En
 - EnDate: Zobrazí datum přechodu signálu z 0 do 1 na vstupu En
 - I/O názvy stavů: Zobrazí jméno stavu pro digitální vstup nebo výstup, například “zapnuto” nebo “vypnuto”. LOGO! v.7 (0BA7) umí zobrazit stavové názvy následujících prvků:
 - Digitální vstupy
 - Digitální výstupy
 - Příznaky
 - Kurzorové klávesy
 - LOGO! TD funkční klávesy
 - Bity posuvného registru
 - Výstupy funkčního bloku
 - Analogový vstup: Zobrazí hodnotu analogového vstupu zobrazeného v textové zprávě a aktualizovaného podle analogového času

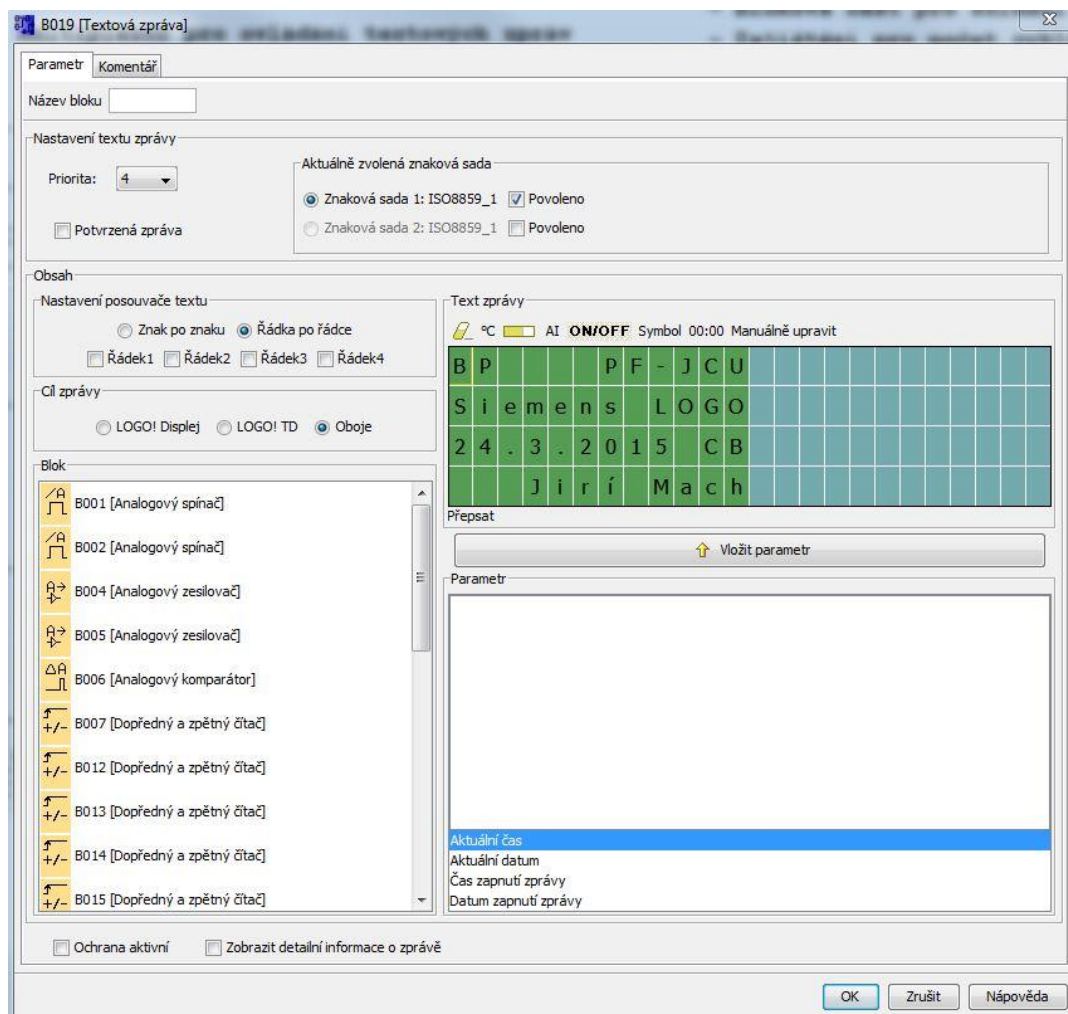
- Časová stupnice: Toto je nový parametr u Siemens LOGO! 0BA7, který zobrazí aktuální hodnotu odkazovaného bloku jako hodnotu času na základě časové základny konfigurované pro funkční blok textové zprávy. Možné formáty zobrazení času jsou následující
 - Hodiny : minuty : sekundy : milisekundy
 - hodiny : minuty : sekundy
 - hodiny : minuty
 - hodiny
- Kromě vstupů bloku a parametrů textové zprávy poskytuje i následující nastavení dodatečnou kontrolu nad vzhledem textové zprávy:
 - Výběr znakové sady: Můžeme si zvolit, jestli zprávu sestavit ze znaků z primární znakové sady nebo sekundární znakové sady
 - Umístění zprávy: Můžeme si vybrat, jestli textovou zprávu zobrazovat na Siemens LOGO!, nebo na LOGO! TD nebo na obojím
 - Nastavení posouvání: Textová zpráva se může posouvat nebo nemusí.

V programovacím softwaru LOGO!Soft Comfort následně můžeme nastavit všechny zmíněné parametry. Stačí dvojklikem vybrat blok textové zprávy, anebo kliknutím pravého tlačítka myši na blok Textová zpráva a následně zvolit možnost “*Vlastnosti bloku*”.



Obrázek 7: Pojmová mapa – LOGO!TD

Objeví se nám okno, ve kterém můžeme nastavit všechny výše zmíněné parametry jako jsou prioritou zprávy, posun zprávy, cíl (jestli LOGO! displej, LOGO! TD, nebo obojí najednou), jaké bloky, případně jejich parametry chceme připojit ke zprávě, samozřejmě samotný text zprávy a další velice užitečné parametry.



Obrázek 8: TD nastavení

3.6 Diagnostika chyb

Nejedná se přímo o přídatný modul pro Siemens LOGO! RCE, ale je to jednou z mnoha novinek, které Siemens LOGO! 0BA7 obsahuje. Zařadil jsem to do kapitoly o přídatných modulech z jednoduchého důvodu, protože sám jsem zkoušel přídatný modul AM2 PT100 pro zprovoznění praktické části a potýkal jsem se právě s “error”, tedy s chybami. V tomto případě se vyloženě jednalo o “EM bus error” (expansion modul bus error). Bohužel, jak se později ukázalo, chyba byla ve sběrnici přídatného modulu AM2 PT100, takže se to ani nedalo zprovoznit. Nyní se pokusím trochu upřesnit, jak tato diagnostika chyb funguje, protože na internetu jsem o tom žádnou zmínku nenašel.

LOGO! 0BA7 podporuje diagnostiku chyb. Přímo na displeji LOGO! se můžeme podívat na základní errorry, které LOGO! dokáže rozpoznat a to zahrnuje: chyby čtení či zápisu na SD kartu, problémy se sít'ovou komunikací, nemožnost komunikace s přídatnými moduly, atd. Můžeme tyto chybné zprávy mazat jednotlivě, anebo je všechny smazat najednou, když jich je více. Také se můžeme u této diagnostiky podívat na současný firmware zařízení Siemens LOGO! RCE.

3.6.1 Návody

3.6.1.1 Jak se podívat na verzi FW (firmware) LOGO!

Zjištění verze firmwaru je velice jednoduché, stačí udělat těchto pár kroků:

1. Nejprve jsme v hlavním menu Siemens LOGO!. Pomocí šipek sjedeme dolů na možnost "**Diagnostic**"
2. Potvrďte stisknutím tlačítka "**OK**"



Obrázek 10: Zjištění FW 1



Obrázek 9: Zjištění FW 2

3. Dostaneme se do dalšího podmenu, kde vidíme 4 možnosti. Potvrdíme možnost výběru opět tlačítkem “OK” na možnosti “*Module info*”



Obrázek 11: Zjištění FW 3

4. Poté už jen uvidíme výpis, jaký máme FW (firmware) našeho Siemens LOGO!



Obrázek 12: Zjištění FW 4

3.6.1.2 Jak se podívat a smazat zprávy o chybách

1. Pro zjištění, jaké chyby akorát máme na našem zařízení, bereme v potaz, že jsme v menu “**Diagnostic**”. Zde zvolíme opět tlačítkem “**OK**” druhou možnost a to je “**Error Info**”, a následně už vidíme, jaký error nás provází.



Obrázek 13: Smazání zprávy 1



Obrázek 14: Smazání zprávy 2

- a. Siemens LOGO! může poskytnout následující chybové zprávy:
 - i. Chyba čtení/zápisu SD karty
 - ii. SD karta je chráněna před zápisem
 - iii. EM (expansion module) bus error
 - iv. Network error (chyba sítě)

4. Ať už zvolíme jakoukoliv možnost, tak se nám objeví poslední volba a tam už je pouze potvrzení “**Yes**” nebo zrušení volby “**No**”. Tímto dojde ke smazání chybových hlášek.



Obrázek 17: Smazání zprávy 5

3.6.1.3 Jak nastavit hlášení o chybách

Na tomto programovatelném automatu můžeme nastavit i tzv. “**Toggle**”. Máme tu na výběr ze dvou možností a těmi jsou “**Enable**” a “**Disable**”. Neboli zapnuto a vypnuto. Když zde nastavíme “**Enable**”, dojde k tomu, že displej bude občas problikávat, a tam se bude objevovat jaký *error* zrovna LOGO! detekovalo. Pro další informace ať se podíváme do menu “**Diagnostic**”.



Obrázek 18: Hlášení o chybách

4 Regulátory

4.1 Automatická regulace

“Automatická regulace je pochod v čase, který probíhá v uzavřeném regulačním obvodu bez zásahu člověka.” [9] Podle potřebných parametrů se samostatně udržuje hodnota regulované veličiny. Jak již vychází z názvu automatická, tak místo ruční regulace musí člověka nahradit, v regulačním obvodu, přístroj (=regulátor), který se o tuto regulaci stará. Regulátor je tvořen měřicím členem pro určení skutečné hodnoty regulované veličiny. Dále v regulátoru nalezneme porovnávací člen, který slouží pro nastavování žádané hodnoty. Tento člen porovnává skutečnou a žádanou hodnotu regulované veličiny. Pokud odchylka vystupující z porovnávacího členu není vhodná pro ovládání akčního členu, je další součástí regulátoru i výkonový člen. V případě, že je typ regulátoru zvolen a nastaven správně, pracuje mnohem lépe než člověk, protože dokáže pracovat rychleji, přesněji a nedělá zbytečné chyby, například vlivem únavy či nepozornosti. [9]

Druhy automatických regulací:

- Spojitá regulace – signály v regulačním obvodu se mění spojitě (plynule), lze zde dosáhnout vysoké kvality regulace
- Nespojité regulace – používá se pouze pro spínání velkých výkonů (relé)
- Regulace na konstantní hodnotu – řídicí veličina w je nastavena na konstantní hodnotu (např. pokojový termostat)
- Programová regulace – používá se, když potřebujeme měnit veličinu v předepsaném programu
- Vlečná regulace – řídicí veličina se mění v závislosti na jiné fyzikální veličině než je čas t
- Adaptibilní – používá se, když se mění dynamické nebo statické vlastnosti regulované soustavy
- Víceparametrová regulace – má více regulovaných i akčních veličin a více akčních prvků. Vznikají zde křížové přenosy, které komplikují chování systému
- Rozvětvená regulace – regulátor má rozvětvený vstup a díky tomu může provádět různé činnosti (regulátor ovládající klimatizace v zimě topí a v létě může chladit) [9]

4.2 Co to je regulátor

Regulátor je zařízení, které slouží k ovlivňování regulace systému, k automatizované regulaci nebo k dosažení a udržení jeho požadovaného stavu. Většinou se regulátory používají se zápornou zpětnou vazbou systému (tzv. feedback). Na vstupu regulátoru se zápornou zpětnou vazbou potom nebývá sledována veličina jako výstup celého regulovaného systému, ale pouze odchylka od požadované hodnoty. Regulátor následně pracuje (reguluje) tento systém tak, že dojde k úplnému odstranění odchylky, nebo regulační odchylku udržuje v daných mezích, které jsou přípustné. Regulátor je schopný číst jednotlivé stavy regulovaného systému, a to dvěma způsoby – buď je čte přímo, nebo když jsou tyto stavy nedosažitelné, dokáže si je zrekonstruovat vlastním modelem. Regulátor se k dané regulační soustavě připojuje přes vstupní a výstupní převodníky. Regulace během získávání informací ze systému v čase může být spojitá nebo diskrétně vzorkovaná. Zásahy do systému potom mohou být buď analogové, nebo digitální stupňovité. Regulátor je tedy řídicím systémem, kterým se uskutečňuje regulace, tj. řízení regulované soustavy. [7]

Regulátory můžeme dělit podle různých hledisek:

- Podle dodávané energie k regulaci
 - Přímé (direktní)
 - Přímé regulátory se dnes využívají převážně jako stabilizátory – příkladem může být stabilizace neboli regulace výšky hladiny v nádrži
 - Nepřímé (indirektní)
 - Nepřímé regulátory musí mít ke své činnosti přívod energie z pomocného zdroje
 - Dynamika regulátoru
 - Prostá proporcionální – definována pouze zesílením
 - Derivační – zesiluje jen při krátkodobých změnách
 - Integrovační – obsahuje paměť, postupně načítá i malé odchylky
 - Zpožďovací člen – zajišťuje zpožděnou reakci o časovou konstantu τ_D
 - Zpožďující 1. řádu – dojde ke zpoždění vyrovnání změny o časovou konstantu τ
 - Zpožďující 2. řádu – dochází ke kmitům, obsahuje dvě časové konstanty τ

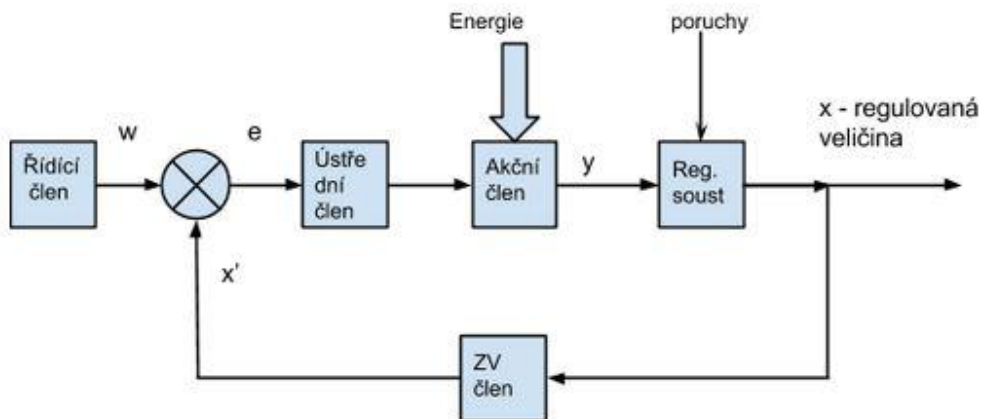
- Kmitavá – několikrát překmitne a podkmitne požadovanou regulovanou hodnotu, než se zcela vyrovná

Faktory, které ovlivňují kvalitu regulace:

- Stabilita regulace
 - Stabilita ukazuje průběh ustálení regulované veličiny po vychýlení z požadované úrovně zpět do této úrovně nebo na nově nastavenou regulovanou polohu.
- Kvalita regulace
 - Dána podle průběhu (dle tvaru a trvání) přechodového děje a podle odezvy na působení rušivé veličiny.
- Přesnost regulace
 - Nikdy se nedá docílit úplné přesnosti, protože bezchybně ustálený stav nastává v čase $t = \infty$
 - Princip regulace tedy musí pracovat s určitou chybou, kterou nazýváme regulační odchylka
- Doba regulace
 - Je to doba, za jakou dosáhne regulovaná veličina, která může být rozkmitaná, do požadovaných mezí přesností a následně už nevykmitne, dokud sami tuto regulační mez nezměníme.

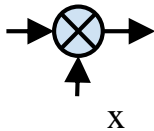
Schéma regulačního obvodu

Popis obvodu

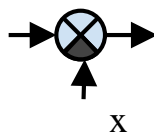


Obrázek 19: Blokové schéma regulátoru

- **Řídící člen**
 - Je jím zdroj signálu – w
 - Tato řídicí veličina udává žádanou hodnotu regulované veličiny
- **Porovnávací člen**
 - Jeho činností je porovnávání žádané hodnoty regulované veličiny w s okamžitou hodnotou regulované veličiny, která je udávána zpětnovazebním členem jako signál x'
 - Regulační odchylka se značí e a můžeme jít potom vypočítat $e = w - x'$
 - Vstup je negovaný (invertovaný), z důvodu potřeby otočení polarity pro odečet regulační odchylky e



Obrázek 20:
Schématická značka porovnávacího členu



Obrázek 21:
Schématická značka porovnávacího členu s invertovaným vstupem

- **Ústřední člen**
 - Hlavní část tohoto členu tvoří zesilovač a analogový obvod
 - Zpracovává požadovaným způsobem regulační odchylku
 - V podstatě tento člen se dá nazývat **regulátorem**
- **Akční člen = výkonový člen**
 - Na základě signálu z regulátoru řídí přísun energie do regulované soustavy
- **Zpětnovazební (ZV) člen = měřicí člen (snímač);** neustále měří regulovanou veličinu, eventuálně ji může převádět na signál srovnatelný s řídicím.

4.3 Druhy regulátorů, jejich popis, funkce, realizace, schémata a výpočty

Činnost regulačního obvodu

- Zpětnovazební člen neustále snímá regulovanou veličinu a přivádí ji do porovnávacího členu
- Porovnáním s požadovanou hodnotou vzniká regulační odchylka
 - Tu následně přivedeme na vstup ústředního členu
 - V ústředním členu dojde k zesílení a následně je požadovaným způsobem zpracována
 - Výsledný regulační signál uvede v činnost akční člen
 - Akční člen provede pomocí akční veličiny zásah do regulované soustavy
 - Tento zásah musí být takový, aby se vyrovnala regulovaná veličina
 - Následně regulační odchylka zanikne
- Činnost regulačního obvodu od vzniku regulační odchylky až po její odstranění => tomuto se říká tzv. **regulační pochod**

Podle přívodu energie můžeme dělit regulátory na dva druhy – přímé a nepřímé. Přímé nepotřebují vlastní zdroj energie a téměř všechnu energii potřebnou ke své činnosti, si odebírají z regulované soustavy. Naopak regulátory nepřímé jsou oproti přímým o něco složitější, protože vždy pracují s pomocným zdrojem energie. U regulátorů je možné využít nejrůznější fyzikální možnosti zesilování a zpracování signálů. Podle tohoto se rozdělují regulátory na:

- Mechanické
- Pneumatické
- Hydraulické
- Elektrické

Podle toho, v jakém tvaru je signál regulátorem přenášený se regulátory dále dělí na analogové a digitální (číslicové). Tyto signály mohou být následně sečítány, derivovány nebo integrovány. Digitální regulátory pracují tak, že je v nich k určitým hodnotám signálu přiřazena určitá hodnota nějakého číslicového systému. Naproti tomu lineární regulátory jsou definovány lineárními diferenciálními rovnicemi. K popisu jejich vlastností se používá zobrazení přechodových charakteristik, frekvenčních charakteristik a operátorových přenosů.

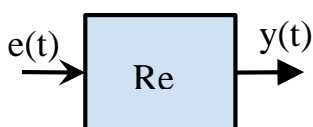
Z hlediska přenosových vlastností následně dělíme regulátory na

- Proporcionální (P)
- Integrační (I)
- Derivační (D)
- Kombinované (nebo také sdružené) – PI, PD, PID

Závislost veličin na regulátorech.

- Je-li závislost regulované veličiny na řídicí veličině lineární, tedy, vlastnosti regulátoru jsou popsány lineárními diferenciálními rovnicemi, jedná se o lineární regulaci.
- Je-li tato závislost výstupu na vstupu nelineární, dochází k tomu, že diferenciální rovnice regulátoru bude nelineární, jedná se tedy o nelineární regulaci.

Lineární analogové regulátory



Obrázek 22: Blok analogového regulátoru

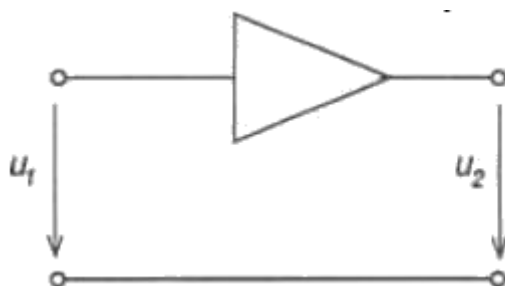
Vstupní veličinou regulátoru je regulační odchylka $e(t)$ a výstupní veličinou je akční veličina $y(t)$. Výstupní veličina y působí spolu s poruchou u na regulovanou soustavu.

Přenos regulátoru je potom dán vztahem $F_R(p) = \frac{Y(p)}{E(p)}$

4.3.1 Základní druhy regulátorů

4.3.1.1 Regulátor P (proporcionální)

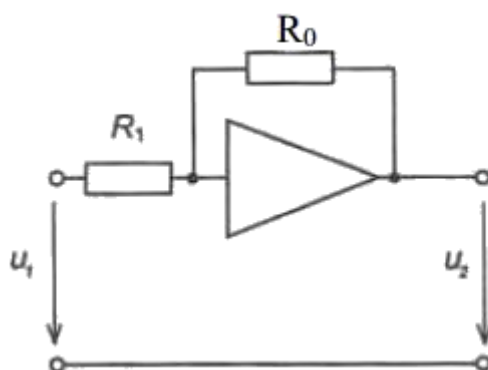
“Proporcionální regulátor zesiluje pouze regulační odchylku e , přičemž zesílení je v širokém frekvenčním rozsahu konstantní.” [7] Pouze když se jedná o vysoké frekvence, které nejsou pro tuto regulovanou soustavu důležité, tak vlivem setrvačnosti jeho přenos klesá. Jedná se tedy o proporcionální člen s konstantním reálným přenosem, který je mnohem větší než jedna. Takový proporcionální regulátor můžeme vytvořit velice snadno stejnosměrným invertujícím zesilovačem. Počítáme-li s ideálním zesilovačem, předpokládáme, že na vstupu máme nekonečně velký vstupní odpor a na výstupu je odpor nulový, vzhledem k takovým parametrům bychom dosáhli nekonečného zesílení A , bez použití zpětné vazby. [7]



Obrázek 23: Ideální invertující stejnosměrný zesilovač [7]

Pro takový zesilovač platí vztah: $U_2 = -A \cdot U_1$

Je samozřejmé, že ideální zesilovač neexistuje, ale můžeme jej velice snadno nahradit skutečným operačním zesilovačem, který bude mít invertovaný vstup. Zesílení tohoto invertujícího zesilovače můžeme jednoduše nastavit pomocí záporné zpětné vazby. [7]



Obrázek 24: Základní zapojení proporcionálního regulátoru [7]

Přenos pro tento zesilovač pak můžeme vypočítat: $G(p) = \frac{-R_0}{R_1}$

Záporné znaménko vyjadřuje, že invertující operační zesilovač, který je použit v tomto zapojení obrací fázi (=invertuje).

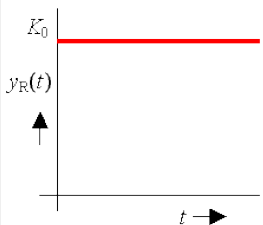
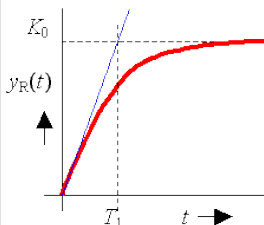
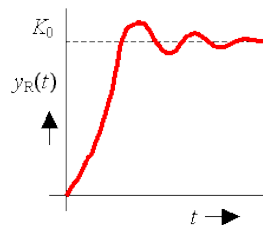
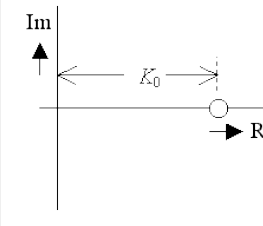
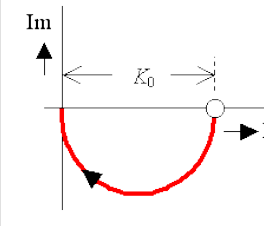
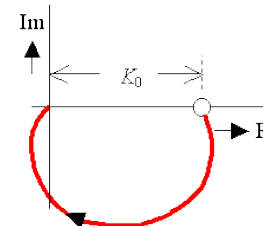
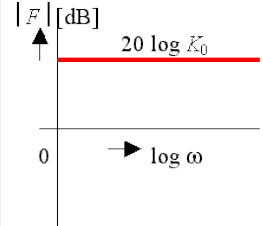
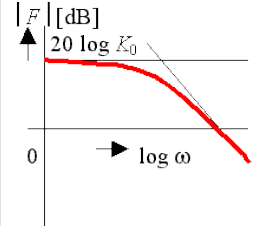
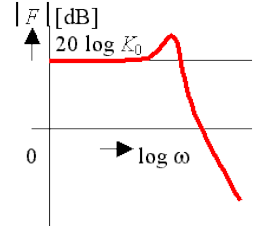
Výstupní napětí je dáno vztahem: $U_2 = -\frac{R_0}{R_1} * U = K * U_1$

V případě, že by zdroj, který poskytuje vstupní signál, neměl nulový odpor, ale určitý vnitřní odpor R_G , musíme jeho velikost přičíst k odporu na vstupu operačního

zesilovače. $K \approx -\frac{R_0}{R_1 + R_G}$ [7]

Z tohoto vztahu je patrné, že přenos proporcionalního regulátoru je dán poměrem rezistorů ve zpětné vazbě a na vstupu. Skutečné proporcionalní regulátory nemají ideálně konstantní přenos, tedy tento přenos je nezávislý na frekvenci. Jejich největší výhodou je, že v relativně krátkém čase výstupní, regulovanou, hodnotu ustálí na hodnotě K . [7]

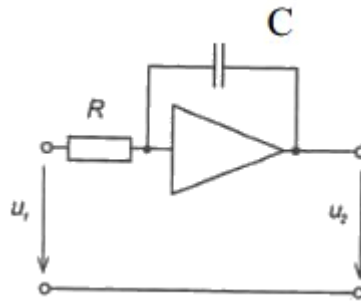
Všechny probírané regulátory budou buďto ideální, nebo se zpožděním 1. či 2. řádu.

	ideální	se zpožděním 1. řádu	se zpožděním 2. řádu
diferenciální rovnice	$y_R = K_0 x$	$T_1 y_R' + y_R = K_0 x$	$T_2^2 y_R'' + T_1 y_R' + y_R = K_0 x$
přenos	$F(p) = \frac{Y_R(p)}{X(p)} = K_0$	$F(p) = \frac{K_0}{T_1 p + 1}$	$F(p) = \frac{K_0}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}$
přechodová charakteristika			
frekvenční charakteristika v komplexní rovině			
frekvenční charakteristika v logaritmických souřadnicích			

Tabulka 2: Charakteristiky P regulátorů [8]

4.3.1.2 Regulátor I (integrační)

“Integrační regulátor jako jediný umožňuje úplné odstranění regulační odchylky e , neboť ta je regulátorem integrována” [7] Až za určitý čas může dojít k úplnému vynulování této odchylky. Integrační regulátor se nejčastěji využívá tam, kde nedochází často k poruchám, nebo tam, kde regulovaná soustava má velkou setrvačnost, tedy velkou odolnost proti krátkodobým poruchám. [7]



Obrázek 25: Základní zapojení integračního regulátoru [7]

Stejně jako u proporcionalního regulátoru i integrační regulátor můžeme velice snadno realizovat pomocí stejnosměrného invertujícího zesilovače. V případě integračního regulátoru můžeme vyjádřit přenos jako poměr zpětnovazební impedance (už ne pouze odporu, protože zapojení obsahuje kondenzátor) a vstupního odporu. Jelikož zpětná vazba tohoto obvodu obsahuje kondenzátor, tak impedance je kapacitního charakteru. Můžeme tedy vypočítat kapacitní reaktanci $X_C(j\omega)$. [7]

$$X_C(j\omega) = \frac{1}{j\omega * C}$$

Jestliže vyjádříme poměr reaktance a odporu, získáme přibližnou hodnotu

přenosu integračního regulátoru:
$$G(p) = -\frac{\frac{1}{p * C}}{R} = -\frac{1}{pC * R}$$

V praxi je činnost takového integračního regulátoru je velmi přijatelná. Přenos integračního regulátor je velmi malý až při vyšších frekvencích, takže nemusíme ani složitě řešit parazitní setrvačnosti. Pouze při stejnosměrném signálu nebo při střídavých signálech s velmi nízkými frekvencemi se požaduje velká amplituda přenosu. Amplitudová frekvenční logaritmická charakteristika má v oblasti nízkých

sklon -20 dB/dek a protíná úroveň 0 dB při frekvenci $\omega > \frac{1}{R * C}$.

Fázovou frekvenční charakteristikou je v tomto pracovním rozsahu přímka v úrovni -90° , Přechodová charakteristika je přímka z počátku, jejíž strmost je nepřímo úměrná časové konstantě $R \cdot C$ zpětnovazebního děliče. Pro $R \cdot C = 1$ se shoduje s lineární funkcí.

$$\text{Základní rovnicí integračního regulátoru je: } y_R = \frac{1}{T_I} \int x dt$$

Z této rovnice vyplývá, že integrační regulátor pracuje tím způsobem, že rychlost změny akční veličiny (např. pohyb ventilu, pístu, apod.) je přímo úměrná vstupnímu signálu. Tzn. regulátor je stále v činnosti, pokud regulační odchylka není nulová. [7]

	ideální	se zpožděním 1. řádu	se zpožděním 2. řádu
diferenciální rovnice	$y_R = K_{-1} \int x dt$	$T_1 y_R' + y_R = K_{-1} \int x dt$	$T_2^2 y_R'' + T_1 y_R' + y_R = K_{-1} \int x dt$
přenos	$F(p) = K_{-1} \frac{1}{p} = \frac{1}{T_I p}$	$F(p) = \frac{K_{-1}}{p(T_1 p + 1)}$	$F(p) = \frac{K_{-1}}{p(T_2^2 p^2 + T_1 p + 1)}$
přechodová charakteristika			
frekvenční charakteristika v komplexní rovině			
frekvenční charakteristika v logaritmických souřadnicích			

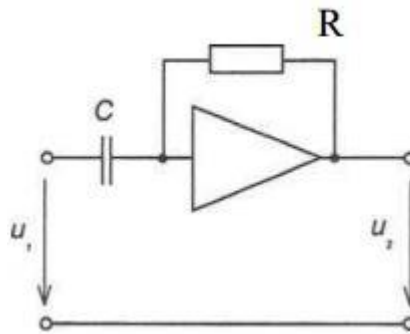
Tabulka 3: Charakteristiky I regulátorů [8]

4.3.1.3 Regulátor D (derivační)

Ideální derivační regulátor nelze vytvořit. Je to z důvodu vzniků parazitních setrvačností, které potlačují přenos při vysokých frekvencích, tedy v oblastech frekvencí, v nichž má být přenos regulátoru největší. Ideální přenos je určen vztahem poměru odporu ve zpětné vazbě a impedance na vstupu operačního zesilovače. [7]

$$G(p) = -\frac{R}{\frac{1}{pC}} = -pCR = -pT_d$$

Kde $T_d = R * C$ je derivační časová konstanta.



Obrázek 26: Základní zapojení derivačního regulátoru [7]

“Pokud bychom chtěli vyjádřit přenos skutečného derivačního členu, musíme výraz vynásobit přenosem parazitního setrvačného členu s časovou konstantou T .” [7]

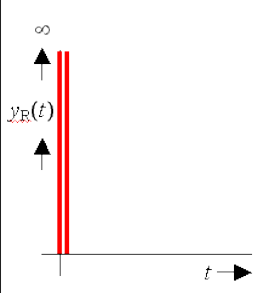
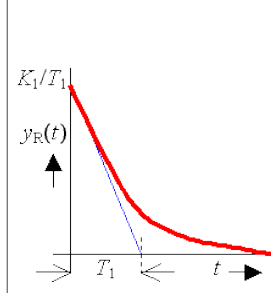
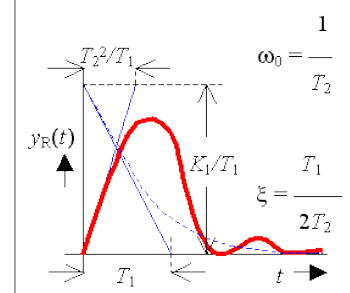
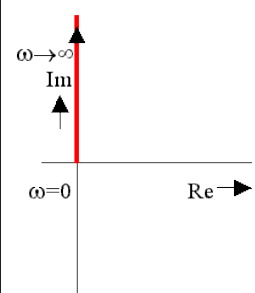
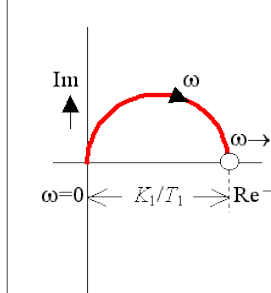
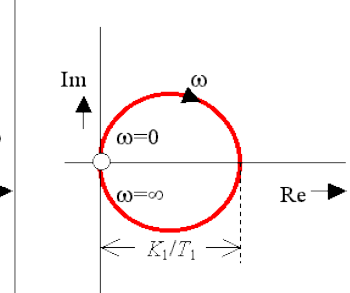
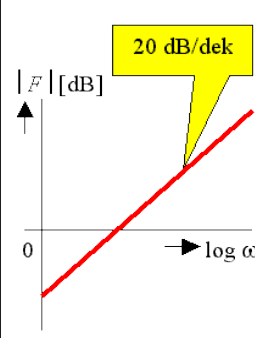
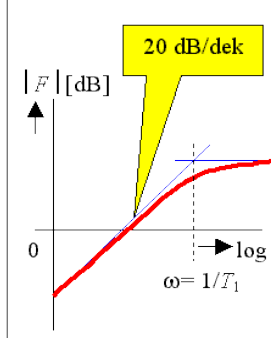
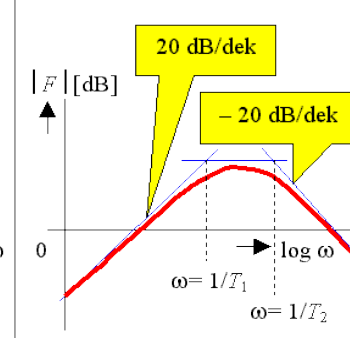
$$G(p) = -pCR * \frac{1}{T_p + 1} = -\frac{pCR}{T_p + 1}$$

Amplitudová frekvenční charakteristika protíná úroveň 0 dB při frekvence $\omega = \frac{1}{R*C}$ a roste se sklonem 20dB/dek až do frekvence $\omega = \frac{1}{T}$, kde regulátor přestává derivovat v důsledku parazitní setrvačnosti s časovou konstantou T . Fáze je v rozsahu derivování $+90^\circ$. Přechodová charakteristika vzhledem k parazitní setrvačnosti vrcholí na hodnotě $\frac{R*C}{T}$ a klesá se strmostí, která je daná velikostí časové konstanty T . [7]

Při konstantním signálu (tj. nulová frekvence, stejnosměrný signál) na vstupu má derivační regulátor nulový přenos. Je to vidět jak na průběhu amplitudové frekvenční charakteristiky, tak z průběhu přechodové charakteristiky. Samostatný derivační regulátor nezesiluje regulační odchylku, takže je samostatně nepoužitelný, a proto musí být vždy kombinován s proporcionálním nebo s integračním regulátorem.

Kombinovaný s proporčním regulátorem potom derivační regulátor zrychluje regulaci a zvyšuje stabilitu regulační soustavy, což má velice důležitý dopad pro odstranění krátkodobých a častých poruch. [7]

“Samostatné derivační regulátory není možné použít pro regulaci. Derivační složka se používá pouze jako doplněk regulátorů ke zlepšení vlastností regulačního pochodu.” [8]

	ideální	se zpožděním 1. řádu	se zpožděním 2. řádu
diferenciální rovnice	$y_R = K_1 x'$	$T_1 y_R' + y_R = K_1 x'$	$T_2^2 y_R'' + T_1 y_R' + y_R = K_1 x'$
přenos	$F(p) = K_1 p$	$F(p) = \frac{K_1 p}{T_1 p + 1}$	$F(p) = \frac{K_1 p}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}$
přechodová charakteristika			
frekvenční charakteristika v komplexní rovině			
frekvenční charakteristika v logaritmických souřadnicích			

Tabulka 4: Charakteristiky D regulátorů [8]

Tyto základní typy regulátorů jsou pouze dynamickými členy s velkým přenosem v požadovaném frekvenčním pásmu. Jejich amplitudové charakteristiky se musí nacházet nad úrovní 0 dB. V následující kapitole se zaměříme na kombinace základních typů regulátorů, které umožňují dosáhnout mnohem vyšší kvality regulace, lepší stability regulované soustavy apod. Tyto kombinované regulátory můžeme vytvořit třemi způsoby: [7]

- a. Paralelním řazením regulátorů základních typů
 - dosáhneme tak nejlepších možných výsledků
 - musíme použít vysoký počet operačních zesilovačů
- b. použitím korekčních členů
 - většinou se využívá pouze jeden operační zesilovač, avšak kvalita regulace je nižší
- c. zpětnovazebním zapojením
 - stejně jako u korekčních členů se využívá pouze jeden operační zesilovač, a kvalita je vyhovující

velikou nevýhodou však je to, že k nastavování různých časových konstant regulátoru se používají stejné prvky. Vzhledem k tomu může dojít ke vzájemnému ovlivňování konstant a může to znemožnit použití daného regulátoru [7]

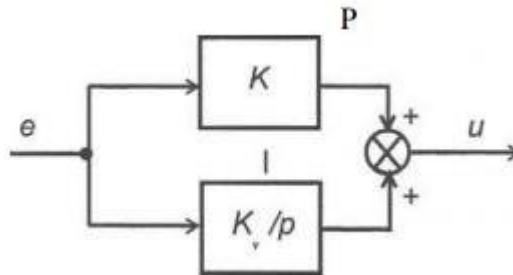
4.3.2 Kombinované (sdružené regulátory)

4.3.2.1 Regulátor PI (proporcionálně integrační)

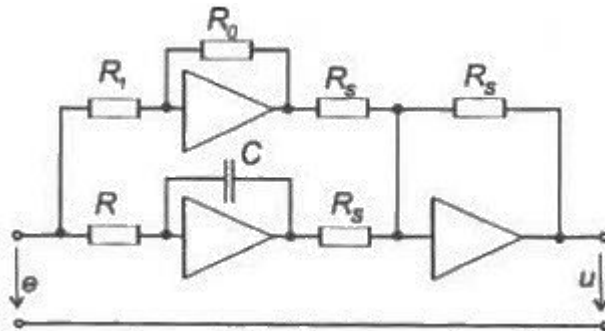
Proporcionálně integrační regulátor můžeme vytvořit paralelním spojením regulátorů typu P a I. V tomto zapojení je potom K přenos regulátoru a K_V je rychlostní konstanta regulátoru I. V některých zapojeních se udává tzv. integrační časová konstanta. $T_i = R \cdot C = 1/K_V$

Přenos regulátoru, dle blokové algebry, můžeme vyjádřit takto.

$$G(p) = K + \frac{K_V}{p} = K + \frac{1}{T_i p} [7]$$



Obrázek 28: Blokové schéma PI regulátoru [7]

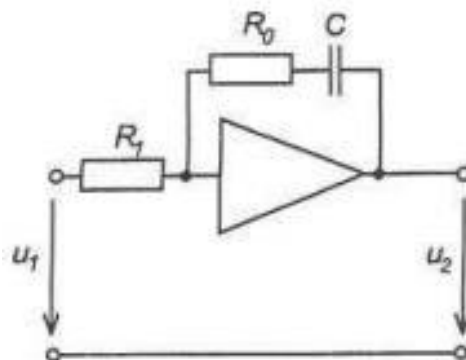


Obrázek 27: Zapojení PI regulátoru [7]

4.3.2.1.1 Zpětnovazební regulátor PI

“PI regulátor můžeme vytvořit i zpětnovazebním způsobem.” [7] V zapojení je vidět, že tam máme zesilovač se zápornou zpětnou vazbou. Ve zpětnovazební větvi máme zapojený člen, který má při nízkých frekvencích charakter derivačního členu a pro vysoké frekvence proporcionální charakter. Jelikož je člen ve zpětné vazbě operačního zesilovače, bude mít celý obvod opačný, tedy proporcionálně integrační charakter. [7]

Přenos tohoto regulátoru je určen vztahem: $G(p) = -(K + \frac{K_V}{p})$



Obrázek 29: ZV zapojení PI regulátoru [7]

kde $K = \frac{R_0}{R_1}$, potom $K_V = \frac{1}{C \cdot R_0}$

Aby nedocházelo k vzájemné interakci (ovlivňování členů), nastavujeme zesílení K změnou R_1 a K_V změnou hodnoty C .

Proporcionálně integrační regulátory mají vůči integračním regulátorům větší přenos na vyšších frekvencích, a vzhledem k vyššímu přenosu rychleji odstraňují nárazové poruchy. Tento typ regulátoru je často používán pro své velmi výhodné vlastnosti:

- velké, nebo úplné potlačení regulační odchylky
- uspokojivé odstranění náhlých poruch [7]

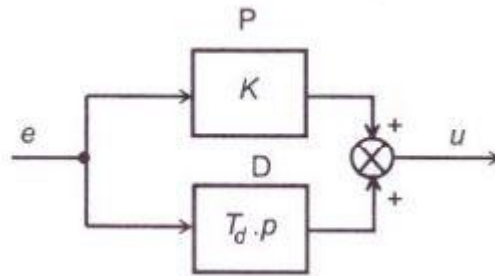
	ideální	se zpožděním 1. řádu	se zpožděním 2. řádu
diferenciální rovnice	$y_R = K_0 x + K_{-1} \int x dt$	$T_1 y_R' + y_R = K_0 x + K_{-1} \int x dt$	$T_2^2 y_R'' + T_1 y_R' + y_R = K_0 x + K_{-1} \int x dt$
přenos	$F(p) = K_0 + \frac{K_{-1}}{p} =$ $= K_0 \left(1 + \frac{1}{T_1 p} \right)$	$F(p) = \frac{K_0 + \frac{K_{-1}}{p}}{T_1 p + 1} =$ $= K_0 \frac{1 + \frac{1}{T_1 p}}{T_1 p + 1}$	$F(p) = \frac{K_0 + \frac{K_{-1}}{p}}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1} =$ $= K_0 \frac{1 + \frac{1}{T_1 p}}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}$
přechodová char.			
frekvenční char. v kompl. rovině			
frekvenční char. v log. souř.			

Tabulka 5: Charakteristiky PI regulátorů [8]

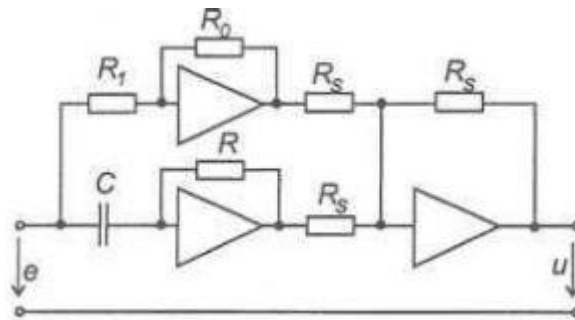
4.3.2.2 Regulátor PD (proporcionálně derivační)

Proporcionálně derivační regulátor můžeme vytvořit tak, že paralelně spojíme regulátory typu P a D, kde potom K je přenos regulátoru P a $T_d = R \cdot C$ je derivační časová konstanta. Přenos proporcionálně derivačního regulátoru je potom dán vztahem:

$$G(p) = K + T_d p \quad [7]$$



Obrázek 31: Blokové schéma PD regulátoru [7]



Obrázek 30: Schéma zapojení PD regulátoru [7]

4.3.2.2.1 Zpětnovazební regulátor PD

“Proporcionálně derivační regulátor můžeme také realizovat frekvenčně závislým členem zapojeným v obvodu záporné zpětné vazby.” Ve větvi zpětné vazby je připojený setrvačný člen, který signály na nízkých frekvencích a stejnosměrné signály přenáší proporcionálně. V případě, že se připojí na vyšší frekvence, než je frekvence lomu, tak zeslabuje signál o 20dB/dek. Celý zpětnovazební regulátor PD pak bude mít (vzhledem k umístění v záporné zpětné vazbě) opačný charakter a bude se tedy chovat jako PD regulátor s přenosem: $G(p) = -(K + T_d p)$ [7]

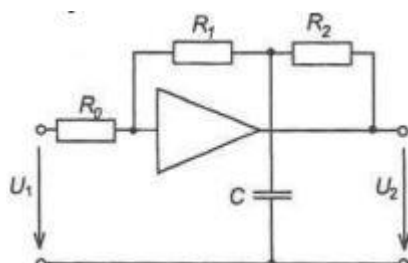
Přenos regulátoru je dán vztahem:
$$K = -\frac{R_1 R_2}{R_0}$$

Derivační konstanta se potom vypočítá:

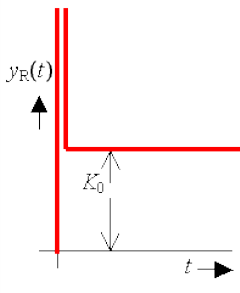
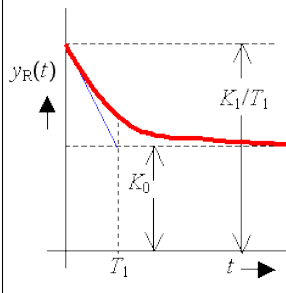
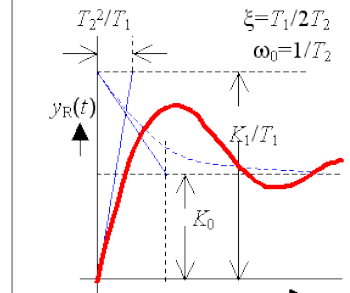
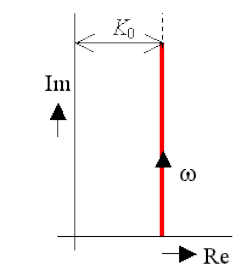
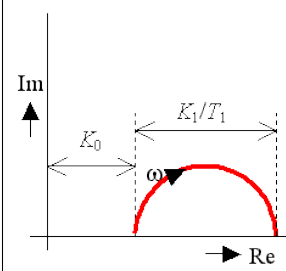
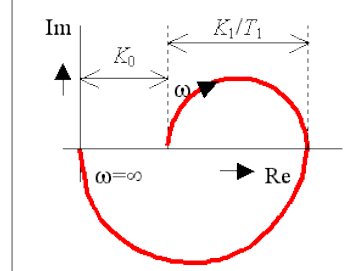
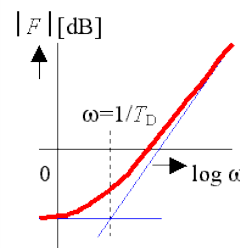
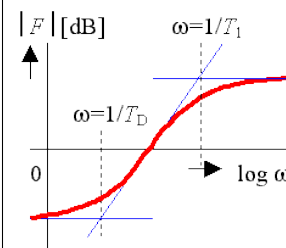
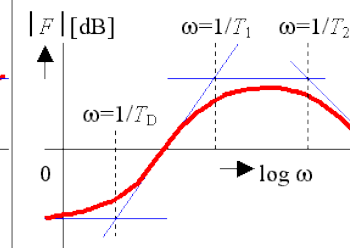
$$T_d = C * (R_1 || R_2) = C * \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$$

Aby nedocházelo k vzájemné interakci (ovlivňování členů), nastavujeme zesílení K změnou vstupního odporu R_0 a hodnotu derivační konstanty T_d změnou kapacity kondenzátoru C . [7]

“Proporcionálně derivační regulátory mají oproti proporcionálním regulátorům větší přenos na vyšších frekvencích.”[7] Používají se při častějších poruchách vstupních hodnot, protože mají schopnost je velice rychle potlačit, stejně jako tlumené kmity, které vznikají v regulovaných soustavách, ale pouze u vyšších řádů. Stejně jako proporcionální regulátory, tak ani proporcionálně derivační regulátory trvalou regulační odchylku neodstraňují, pouze ji zmenšují. Tyto případy však nejsou moc časté, takže proporcionálně derivační regulátory používáme poměrně málo. [7]



Obrázek 31: ZV zapojení PD regulátorů [7]

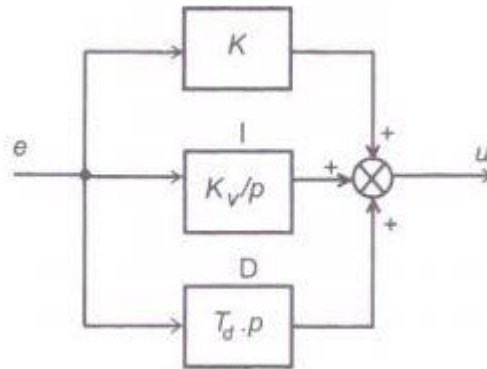
	ideální	se zpožděním 1. řádu	se zpožděním 2. řádu
diferenciální rovnice	$y_R = K_0 x + K_1 x'$	$T_1 y_R' + y_R = K_0 x + K_1 x'$	$T_2^2 y_R'' + T_1 y_R' + y_R = K_0 x + K_1 x'$
přenos	$F(p) = K_0 + p K_1 = K_0 (1 + T_D p)$	$F(p) = K_0 + \frac{K_0 + p K_1}{T_1 p + 1} = K_0 \frac{1 + T_D p}{T_1 p + 1}$	$F(p) = K_0 + \frac{K_0 + p K_1}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1} = K_0 \frac{1 + T_D p}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}$
přechodová char.			
frekvenční char. v kompl. rovině			
frekvenční char. v log. souř.			

Tabulka 6: Charakteristiky PD regulátorů [8]

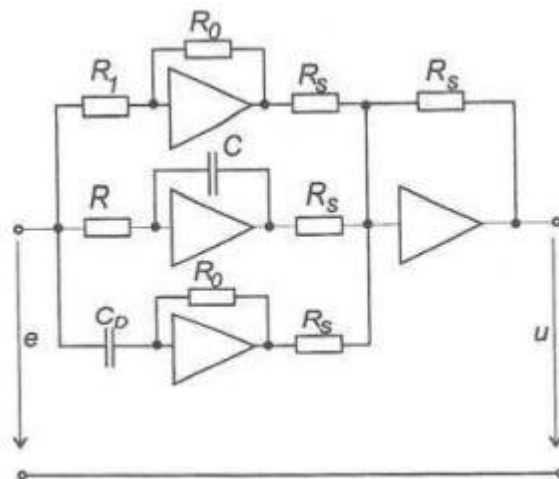
4.3.2.3 Regulátor PID (proporcionálně integračně derivační)

Proporcionálně integračně derivační regulátor vytvoříme paralelním spojením regulátorů P, I a D. Přenos tohoto regulátoru je dán vztahem:

$$G(p) = K + \frac{K_V}{p} + T_d p = K + \frac{1}{T_i p} * T_d p [7]$$



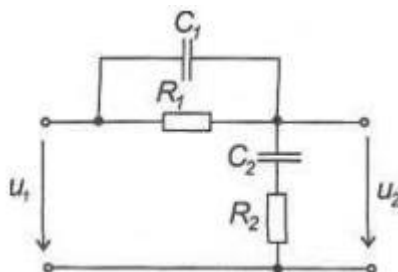
Obrázek 32: Blokové zapojení PID regulátoru [7]



Obrázek 32: Schéma zapojení PID regulátoru [7]

Pro zjednodušení PID regulátoru se využívá korekčního členu a stejnosměrného neinvertujícího operačního zesilovače. V zapojení korekčního členu nám kondenzátor C_1 vytváří derivační složku, kondenzátor C_2 spolu s rezistory R_1 a R_2 tvoří setrvačný člen, který v určitém rozsahu frekvencí může nahrazovat integrační člen. Pro bezchybnou činnost regulátoru je třeba nastavit, aby hodnota součinu $C_1 * R_1$ byla mnohem menší než součin $C_2 * R_2$. Současně k této podmínce musí být zajištěný patrný dělicí poměr pro zesílení $K = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$, aby se mohl znatelně uplatnit vliv derivace a integrace na přenos regulátoru. [7]

Tento zjednodušený PID regulátor není schopen zcela odstranit regulační odchylku ani nemá ideálně derivační charakter. [7] Ideální regulátor PID by musel mít amplitudovou charakteristiku s větvemi pokračujícími bez lomu. [7]

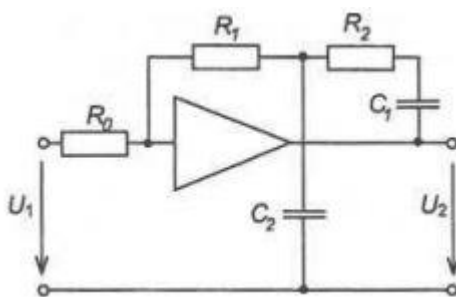


Obrázek 33: Korekční člen PID regulátoru [7]

4.3.2.3.1 Zpětnovazební regulátor PID

- Předpokládáme přenos PID regulátoru ve vztahu: $G(p) = K + \frac{1}{T_i p} + T_d p$
- Zanedbáme-li vzájemnou interakci členů R_1 - R_2 - C_1 - C_2 platí:
 - $K = \frac{R_1 + R_2}{R_0}$ $T_i = C_1 * (R_1 + R_2)$ $T_d = C_2 * \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$
- Ve skutečnosti ale regulátor pracuje s konstantami:
 - $K' = K_i$ $T_i' = T_i i$ $T_d' = \frac{T_d}{i}$
 - kde i je tzv. činitel interakce (vzájemného působení), který je dán

$$\text{vztahem } i = 1 + \frac{R_1 * C_2}{R_1 + R_2} [7]$$



Obrázek 34: ZV zapojení PID regulátoru [7]

Z důvodu co nejmenší interakce, používáme rezistor R_2 mnohem menší než R_1 . Nepříjemným důsledkem interakce je nemožnost nastavení různých hodnot konstant regulátoru, především poměru T_d/T_i . PID regulátory se používají méně často, zvláště kvůli jejich větší složitosti. Použití PID regulátoru je vhodné jen v případě, kdy

chceme dosáhnout úplného odstranění, popřípadě velikého potlačení trvalé regulační odchylky, rychlé kompenzace poruch nebo vlastních tlumených kmitů regulované soustavy. [7]

	ideální	se zpožděním 1. řádu	se zpožděním 2. řádu
diferenciální rovnice	$y_R = K_{-1} \int x \, dt + K_0 x + K_1 x'$	$T_1 y_R' + y_R = K_{-1} \int x \, dt + K_0 x + K_1 x'$	$T_2^2 y_R'' + T_1 y_R' + y_R = K_{-1} \int x \, dt + K_0 x + K_1 x'$
přenos	$F(p) = \frac{K_{-1}}{p} + K_0 + K_1 p = K_0 \left(\frac{1}{T_1 p} + 1 + T_D p \right)$	$F(p) = \frac{K_{-1}}{T_1 p + 1} + K_0 + K_1 p = K_0 \frac{1}{T_1 p + 1} (1 + 1 + T_D p)$	$F(p) = \frac{K_{-1}}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1} + K_0 + K_1 p = K_0 \frac{1}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1} (1 + 1 + T_D p)$
přechodová char.			
frekvenční char. v kompl. rovině			
frekvenční char. v log. souř.			

Tabulka 7: Charakteristiky PID regulátorů [8]

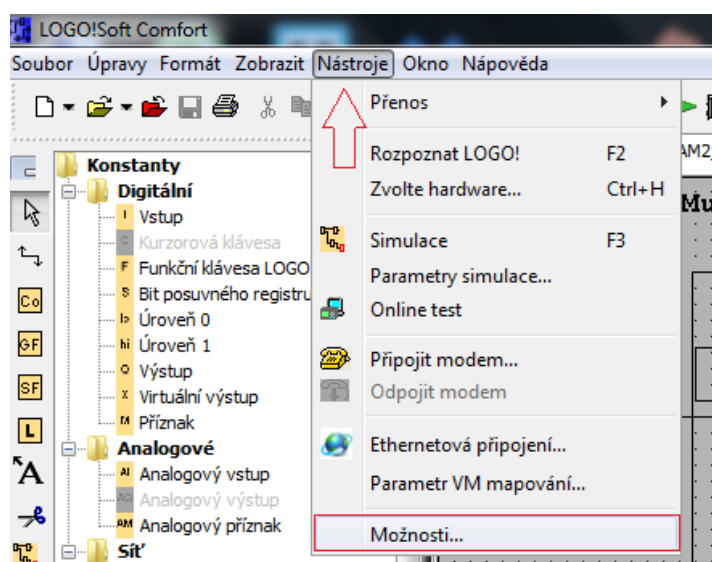
5 Telemetrie se Siemens LOGO! RCE12/24 0BA7

Telemetrie umožňuje přenos dat nebo měření na větší vzdálenost, než je jen pouze délka propojovacího kabelu (v tomto případě LAN kabelu).

V dnešní době se telemetrie využívá na mnoha místech a stále více se její používání rozšiřuje. Dokonce i v jedné z největších závodních soutěží – Formule 1, se využívá pro získávání údajů z formule, jestli je vše v pořádku a nedochází k nějaké závadě.

Budeme se zabývat telemetrií za pomoci PLC automatu Siemens LOGO! RCE12/24 0BA7 a to kvůli tomu, že to je první verze PLC LOGO!, které má díky svému hardwarovému vybavení možnost využívat prvky telemetrie. Toto nám umožňuje ethernetový konektor, díky kterému můžeme Siemens LOGO! 0BA7 (tedy v.7) připojit pomocí kabelu RJ45/LAN k počítači, anebo rovnou do našeho routeru.

Jak nastavit software LOGO!Soft Comfort

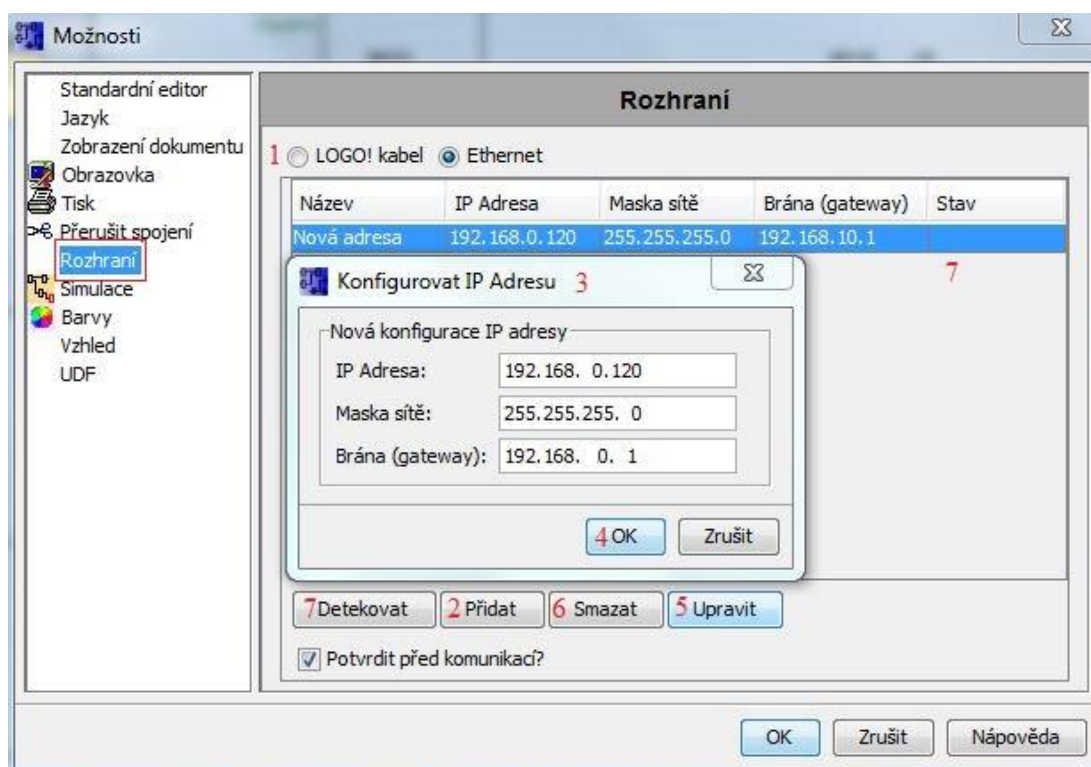


Obrázek 35: Nastavení LOGO!Soft Comfort 1

V případě, že máme spuštěný programovací software LOGO!Soft Comfort, stačí udělat pouze dva jednoduché kroky, jak se dostat do nastavení.

- Levým tlačítkem myši klikneme na záložku „**Nástroje**“.
- Následně klikneme na „**Možnosti**“.

Jakmile toto splníme, objeví se nám nové okno:



Obrázek 36: Nastavení LOGO!Soft Comfort 2

- Zde zvolíme kartu „**Rozhraní**“, kde můžeme nastavit tyto věci
1. Nejdřív si můžeme zvolit, jestli budeme s LOGO! komunikovat pomocí LOGO! kabel nebo přes ethernetové rozhraní. LOGO! 0BA7 nemá už konektor na LOGO! kabel (tedy RS232), ale v nastavení LOGO! Soft Comfort zůstalo, neboť je zpětně kompatibilní se staršími verzemi LOGO! Siemens.
 2. Když zvolíme možnost „**Ethernet**“ tak nastavení je už jednoduché. Klikneme na tlačítko „**Přidat**“.
 3. Objeví se nám malé podokno „**Konfigurovat IP adresu**“, kam zadáme stejné nastavení, jako máme na PLC LOGO! [viz. *Obrázek 36*]
 4. Potvrdíme tlačítkem „**OK**“. V tabulce se nám objeví toto připojení.
 5. V případě, že se v nějakém údaji spletete, stačí označit toto připojení a zvolit možnost „**Upravit**“.
 6. Můžeme toto připojení také odstranit tlačítkem „**Smazat**“
 7. Jako poslední, a pravděpodobně nejdůležitější tlačítko je „**Detekovat**“, které když zmáčkneme, tak se nám v tabulce ve sloupci „**Stav**“ objeví „**Ano**“, „**Ne**“, podle toho, jestli LOGO!Soft Comfort našel (detekoval) připojené PLC Siemens LOGO!.

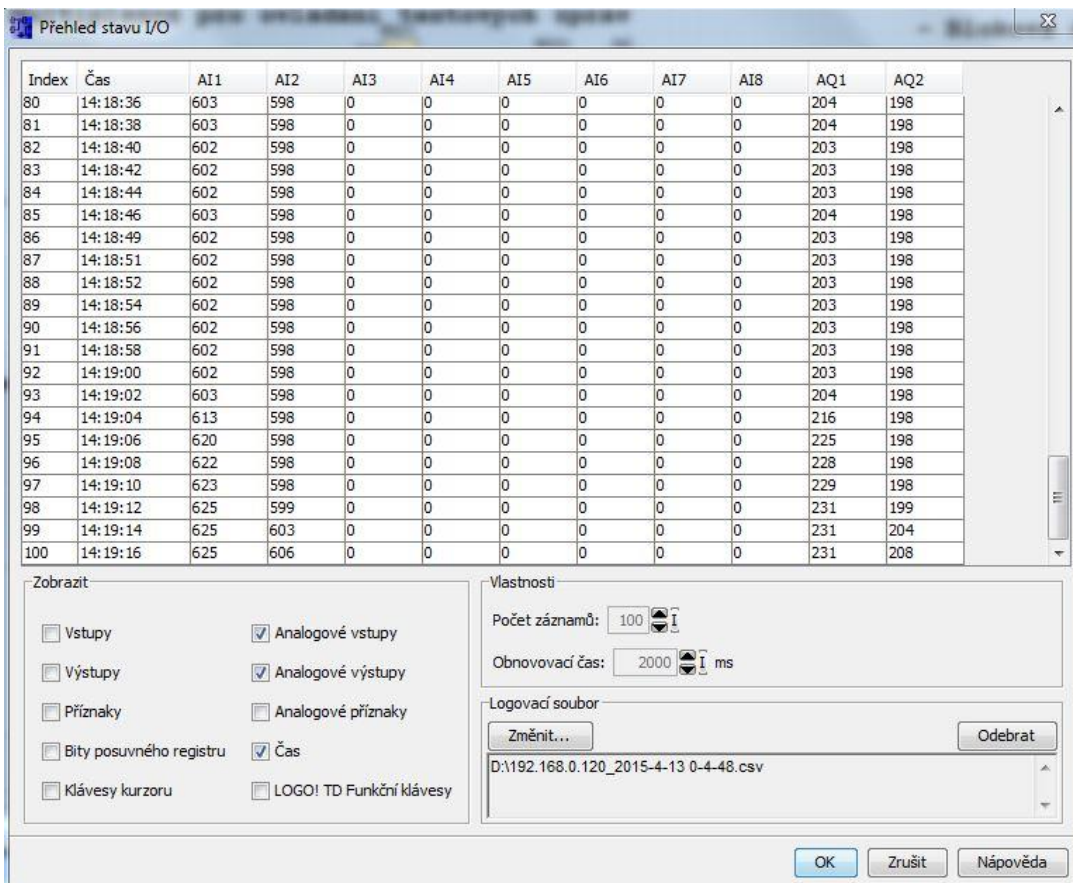


Obrázek 37: IP adresa v LOGO!

Po úspěšném splnění těchto kroků, máme nastavenou komunikaci mezi počítačem a Siemens LOGO!, které následně můžeme vyzkoušet hned několika způsoby:

5.1 LOGO!Soft Comfort

Už toto programovací prostředí nám poskytuje možnost využít určitým způsobem telemetrii, nicméně, je to dost omezená varianta, protože zde nemůžeme využít vše, co nám telemetrie nabízí. Můžeme pouze sledovat hodnoty, které jsou na vstupech či výstupech (digitální i analogové), tedy nemůžeme nijak ovlivnit chod programu – není zde možnost nastavovat a upravovat, či měnit proměnné.



Obrázek 38: Telemetrie v LOGO!Soft Comfort

Jak je vidět na [Obrázek 38] můžeme si nastavit vše, co chceme sledovat za hodnoty – Vstupy (digitální nebo analogové), Výstupy (digitální nebo analogové), příznaky (digitální nebo analogové), čas atd. Dále můžeme nastavit kolik záznamů si

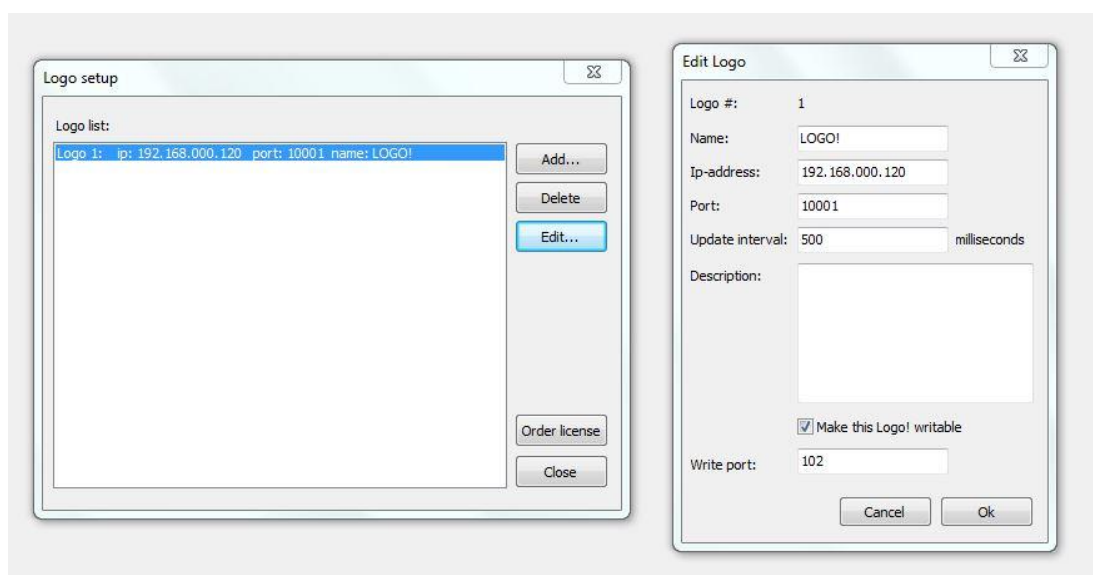
chceme nechat zobrazovat, jak často se budou tyto záznamy obnovovat – zde lze nastavit rozpětí od 500 do 30 000 ms (0,5s – 30s). Jako poslední možnost zde můžeme nastavit, jestli se nám tyto hodnoty budou ukládat do .csv souboru pro případné zkoumání.

5.2 LOGO!Monitor Multi

Toto je mnohem lepší software pro vzdálenou práci s PLC Siemens LOGO!, ale především musím okomentovat ovladatelnost tohoto softwaru. Než v tomto softwaru můžete začít sledovat, či ovlivňovat proměnné, popřípadě vzdáleně ovládat celý program, tak Vás čeká velice těžkopádné a zdlouhavé nastavování.

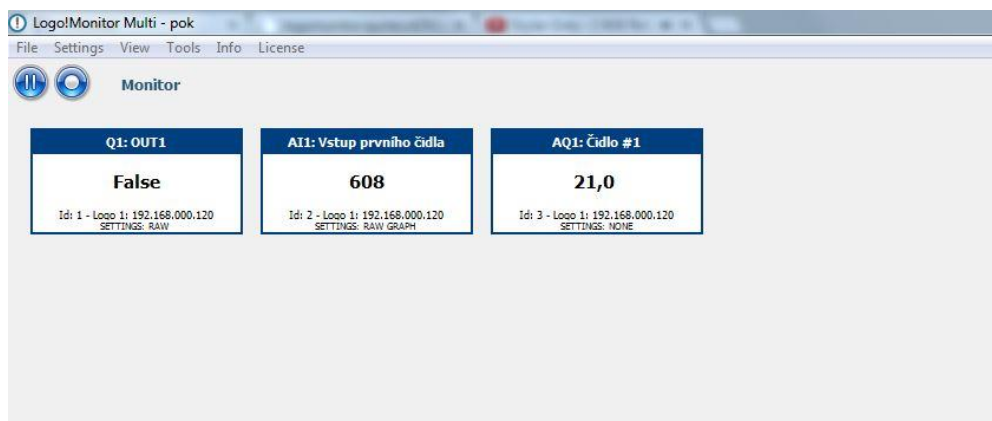
V první řadě se musí nastavit opět IP adresa a potřebné věci k síťové komunikaci.

[viz. Obrázek 39]



Obrázek 39: Nastavení LOGO!Monitor Multi

Jak je vidět na obrázku, pojmenujeme si název tohoto připojení, zadáme opět IP adresu našeho automatu LOGO!, musíme zvolit port, přes který LOGO! může komunikovat – toto je velice důležitá položka, protože PLC Siemens LOGO! je schopné komunikovat pouze přes port **10001**. Další možností je, nastavení obnovovacího intervalu, popis tohoto připojení (např. poznámka pro nás, k čemu může sloužit). Poslední z možností je „**Make this LOGO! writable**“. V případě, že budeme chtít vzdáleně LOGO! i ovládat, musíme tuto nabídku označit, aby bylo možné zapisovat, či měnit hodnoty. Následně „**Write port**“, neboli port pro zápis si to vyplní už samo.



Obrázek 40: Funkce Monitor

Když zvolíme na kartě záložek, když zvolíme „**View**“, tak hned první nabídka je „**Monitor**“, zde můžeme vytvářet podokna, do kterých si nastavíme, jakou hodnotu chceme sledovat. Z obrázku je patrné, že mám nastaveno *Q1* – výstup, *AI1* – vstupní hodnotu, *AQ1* – analogový výstup.



Obrázek 41: Funkce Visual

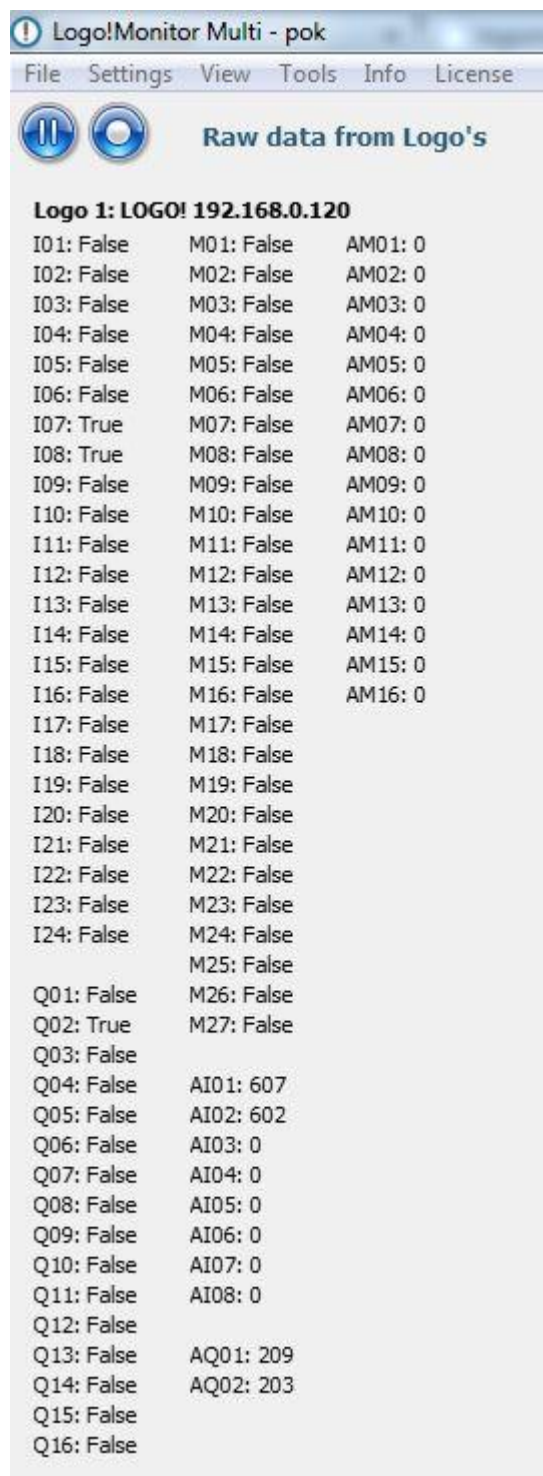
Na kartě „**View**“ druhá nabídka – „**Visual**“. Zde si můžeme vytvořit grafy, opět všech analogových i digitálních vstupů nebo výstupů. V této části prostředí programu LOGO!Monitor Multi je možné také vytvořit tlačítka, kterými následně lze ovládat jednotlivé části programu nebo dokonce celý program.

Další z možností, co můžeme najít na kartě „View“, je tzv. „Raw data“, tedy surová data, které přenáší PLC Siemens LOGO! do počítače.

Tato část programu nám je schopna ukázat všechny hodnoty, které může LOGO!Monitor Multi sledovat. Jsou to tedy:

- Vstupy (I01 – I24)
- Výstupy (Q01 – Q16)
- Příznaky (M01 – M27)
- Analogové vstupy (AI01 – AI08)
- Analogové výstupy (AQ01 AQ02)
- Analogové příznaky (AM01 – AM16)

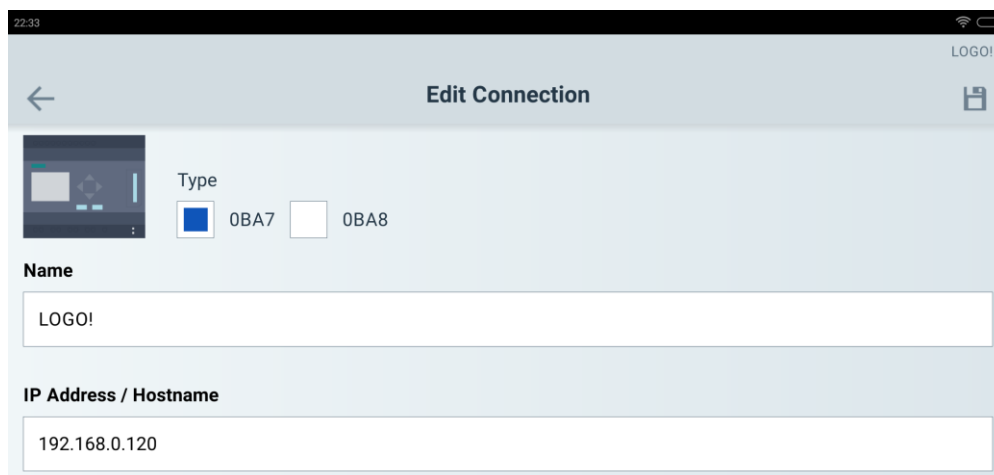
V případě, že máme nastavený rychlý obnovovací čas, tak změna hodnot je okamžitá, takže tyto výsledky jsou velmi přesné.



Obrázek 42: Funkce Raw data

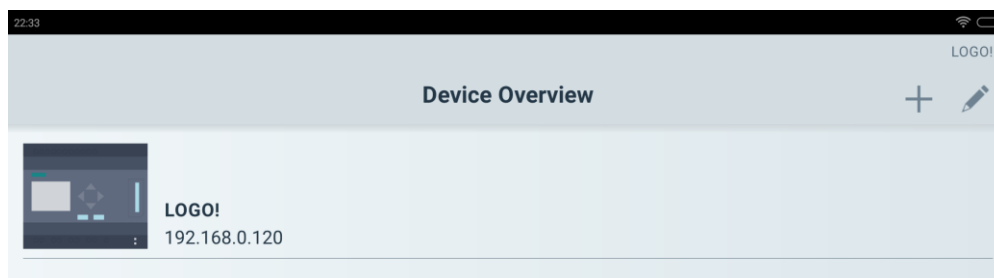
5.3 Aplikace pro smartphony a tablety LOGO!App (podpora jak pro zařízení Apple i Android)

Tato aplikace na chytrá zařízení, je velice hezky a jednoduše provedená. Testoval jsem jí na svém tabletu, kde jsem mohl vyzkoušet všechno nastavení dopodrobna. Je volně stažitelná z Google Play.



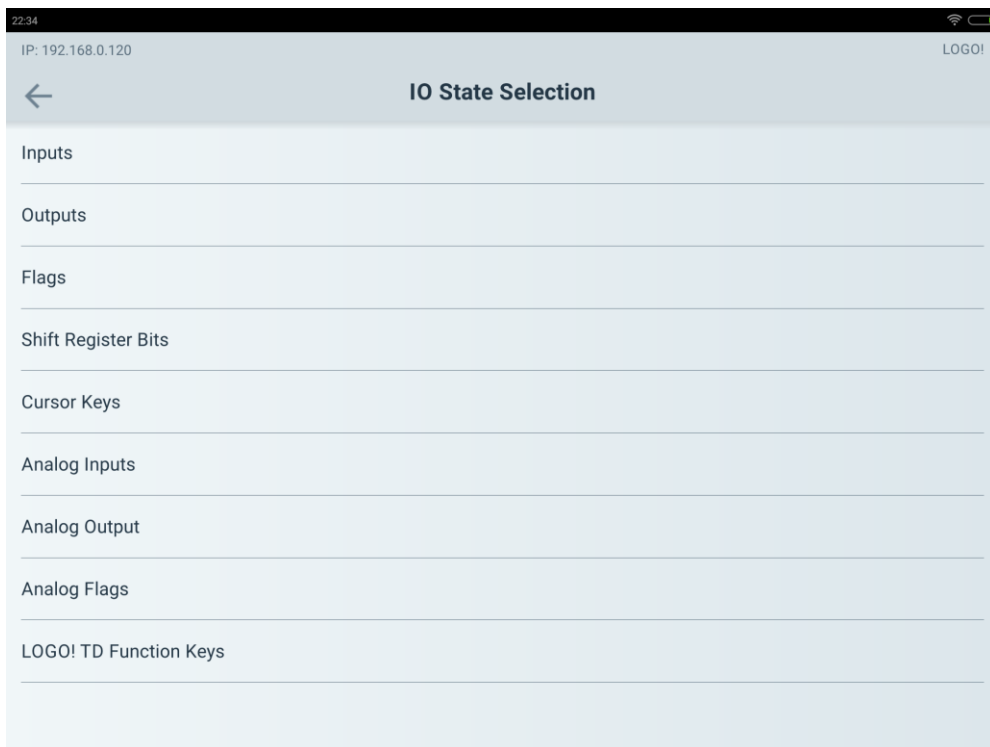
Obrázek 43: LOGO!App 1

Po spuštění opět první co je, musí se tato aplikace nastavit. Jelikož Siemens LOGO! 0BA7 a její nejnovější přírůstek 0BA8, mají ethernetové připojení, tak zde si musíme vybrat, na jaké LOGO! se budeme připojovat, následně pojmenujeme toto připojení a jako nejdůležitější, musíme zadat opět IP adresu našeho Siemens LOGO!.



Obrázek 44: LOGO!App 2

Po uložení nastavení se dostaneme do sekce „**Device Overview**“. Zde najdeme všechna připojení, které si vytvoříme, takže můžeme klidně pro 10 různých PLC najednou. Pak už jen stačí stisknout požadované připojení a můžeme prohlížet hodnoty vzdáleně.



Obrázek 45: LOGO!App 3

Takto vypadá záložka, jaké všechny hodnoty můžeme sledovat.

The screenshot shows the 'Analog Output' monitoring screen in the LOGO!App 1. It displays a table with three columns: Time/Data, AQ1, and AQ2. The table shows real-time data for two analog outputs. At the bottom of the screen, there is a small icon of a pulse waveform.

Time/Data	AQ1	AQ2
22:28:01	269	260
22:28:00	268	261
22:27:59	269	260
22:27:58	269	260
22:27:57	269	260
22:27:56	269	259
22:27:55	270	259
22:27:54	270	258

Obrázek 46: LOGO!App 1

[Obrázek 46] ukazuje hodnoty analogových výstupů.



Obrázek 47: LOGO!App 1

Můžeme si také nastavit, že uvidíme sledované hodnoty v podobě grafů. [viz Obrázek 47]

Po prozkoumání a vyzkoušení si všech těchto možností je třeba říct, že model Siemens LOGO! 12/24RCE 0BA7 je první model z rodiny Siemens LOGO!, který obsahuje ethernetový modul pro síťovou komunikaci. Je to velice znát na ovládání a využití telemetrie. Možné to je, ale jak jsem psal výše, je to velmi těžkopádné a náročné na pochopení.

Model 0BA7 dokonce ani nepodporuje internetový protokol TCP/IP, ale komunikuje pouze přes svůj vnitřní protokol S7. Dále je třeba zmínit, že LOGO! 0BA7 nemá vlastní webový server, díky kterému by opět bylo ovládání a zadávání hodnot mnohem jednodušší. Všechny tyto nedostatky potom řeší nová verze Siemens LOGO! 0BA8.

6 Praktická část

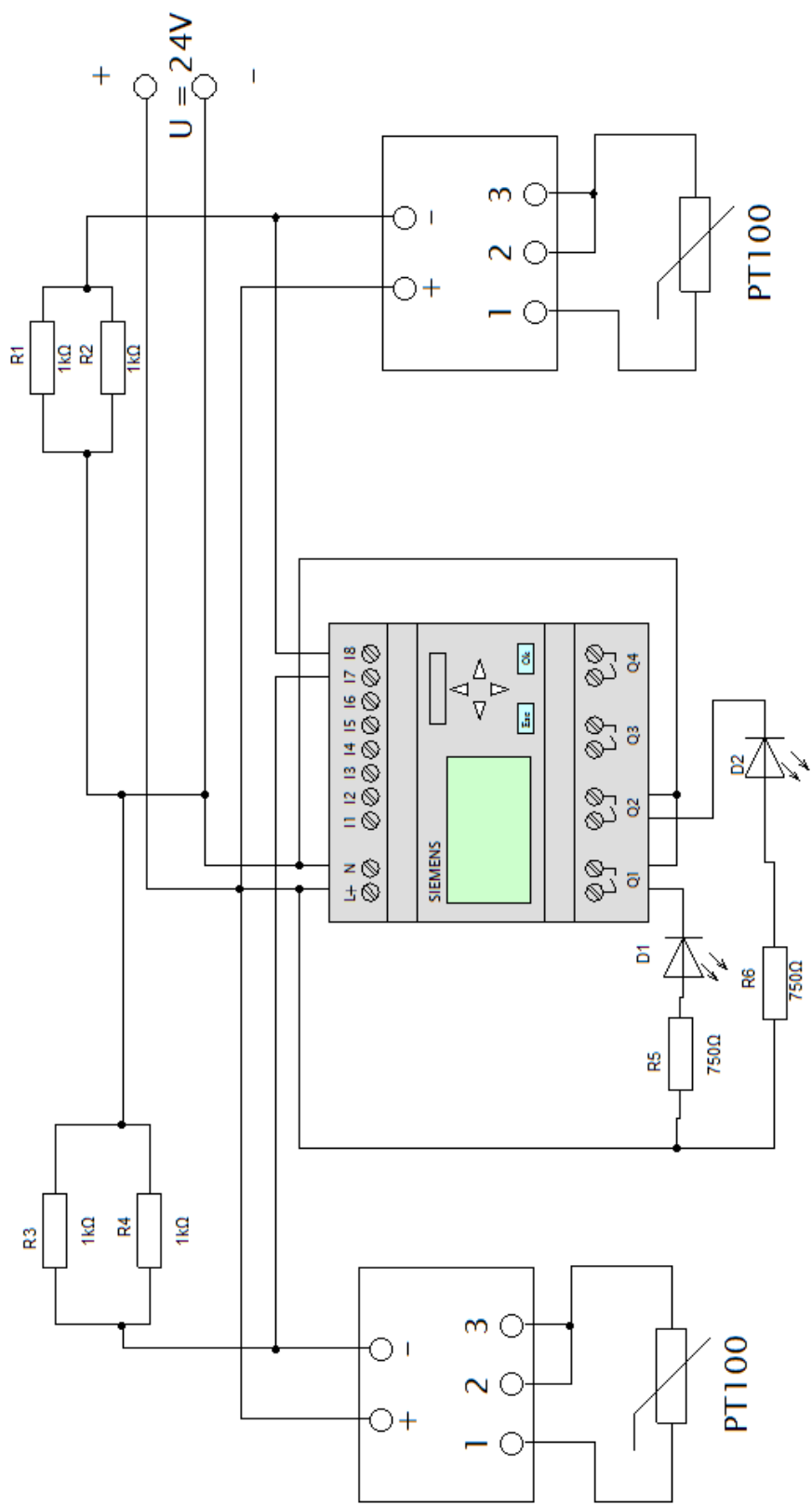
Praktická část mé bakalářské práce je tvořena z více úkolů, které jsem řešil postupně, protože některé části na sebe navazovaly. Hlavním úkolem bylo navrhnout a realizovat hardwarové zapojení s pomocí PLC Siemens LOGO!, vytvořit program pro měření a regulaci teplot pomocí dvou teplotních čidel PT100, zpracovat praktické listy, které se dají použít jako zkušební materiál a jsou zpracovány ve dvojí verzi – pro učitele, kde jsou všechny otázky i sepsané; – a pro studenty, zde se nachází pouze otázky; a jako poslední úkol do praktické části, bylo vytvořit e-learningový kurz v systému Moodle.

Návrh a realizace obvodu:

Prvním úkolem pro mne bylo navrhnout a realizovat celý obvod dle zadání. Měl jsem za úkol připojit dvě teplotní čidla PT100, přes proudové převodníky, napěťový dělič do PLC Siemens LOGO!. Pro typické zapojení čidla PT100, bylo třeba k nim připojit rezistor o hodnotě 500 Ω , ten jsem bohužel v den, kdy jsem tento problém řešil, nesehnal, tak jsem to vymyslel propojením dvou rezistorů paralelně s hodnotou 1 k Ω . Pomocí vztahu $R = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$ pro paralelní zapojení rezistorů dojdeme k závěru, že při zvolení R_1 a $R_2 = 1000\Omega$, je výsledná impedance 500 Ω , což jsem přesně požadoval.

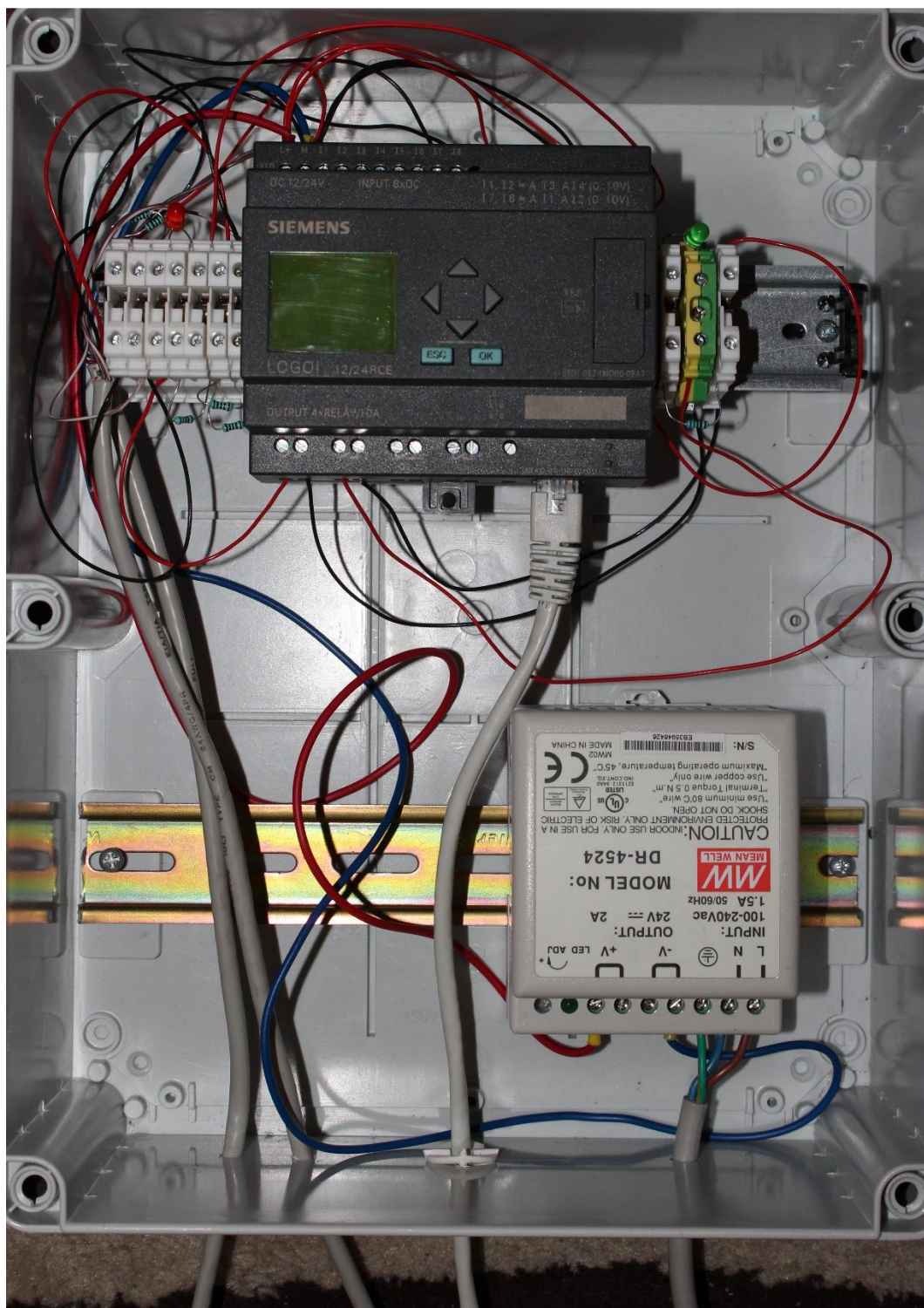
Další částí, co jsem matematicky musel vyřešit, bylo to, že za použití zdroje napětí, DC 24 V, jsem nemohl napájet diodu, protože bych jí zničil, neboť průrazné napětí LED diod se pohybuje od 1,8 do 3V, záleží na barvě. Úbytek napětí na LED diodě je 1,5V a může propouštět, bez poškození, proud maximálně o hodnotě 30mA, takže jsem použil vztah pro výpočet odporu $R = \frac{U - U_D}{I_D}$. Po dosazení hodnot $R = \frac{24 - 22,5}{0,030} = 750\Omega$. Takže jsem pro odpory R_5 a R_6 v zapojení [Obrázek 48] použil rezistory s hodnotou 750 Ω , abych nezničil diody.

Schéma zapojení celého obvodu:



Obrázek 48: Schéma zapojení

Fotografie zapojení hardwaru



Obrázek 49: Fotografie zapojení

Program, pro měření [viz. kapitola 6.1]

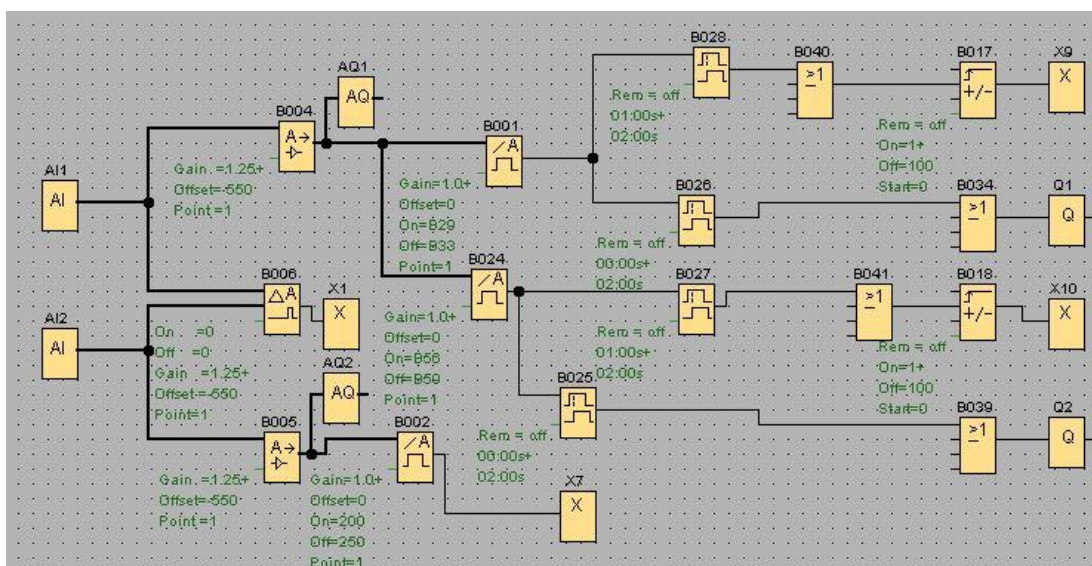
Praktické listy [viz. kapitola 6.2 – pro studenty a kapitola 6.3 – pro učitele]

E-learningový kurz [viz kapitola 6.4]

6.1 Vytvořený program k regulaci a měření

V ten moment, kdy jsem měl vše zapojené a funkční, pustil jsem se do softwarové části, tedy do vytváření programu pro měření a regulaci teplot. Již od začátku jsem se potýkal s mnoha problémy, protože software LOGO!Soft Comfort doznal velké řady změn, kterým jsem se musel přizpůsobit.

Ze začátku jsem si postupně zjišťoval, jaké všechny funkční bloky budu muset použít k tomu, abych dokázal snímat analogové hodnoty odporových teplotních čidel PT100 a především jak tuto hodnotu převést na teplotu, protože teplotní čidla PT100 fungují na bázi měření odporu, kdy změnou odporu dochází ke změně teploty. [viz. Obrázek 50]

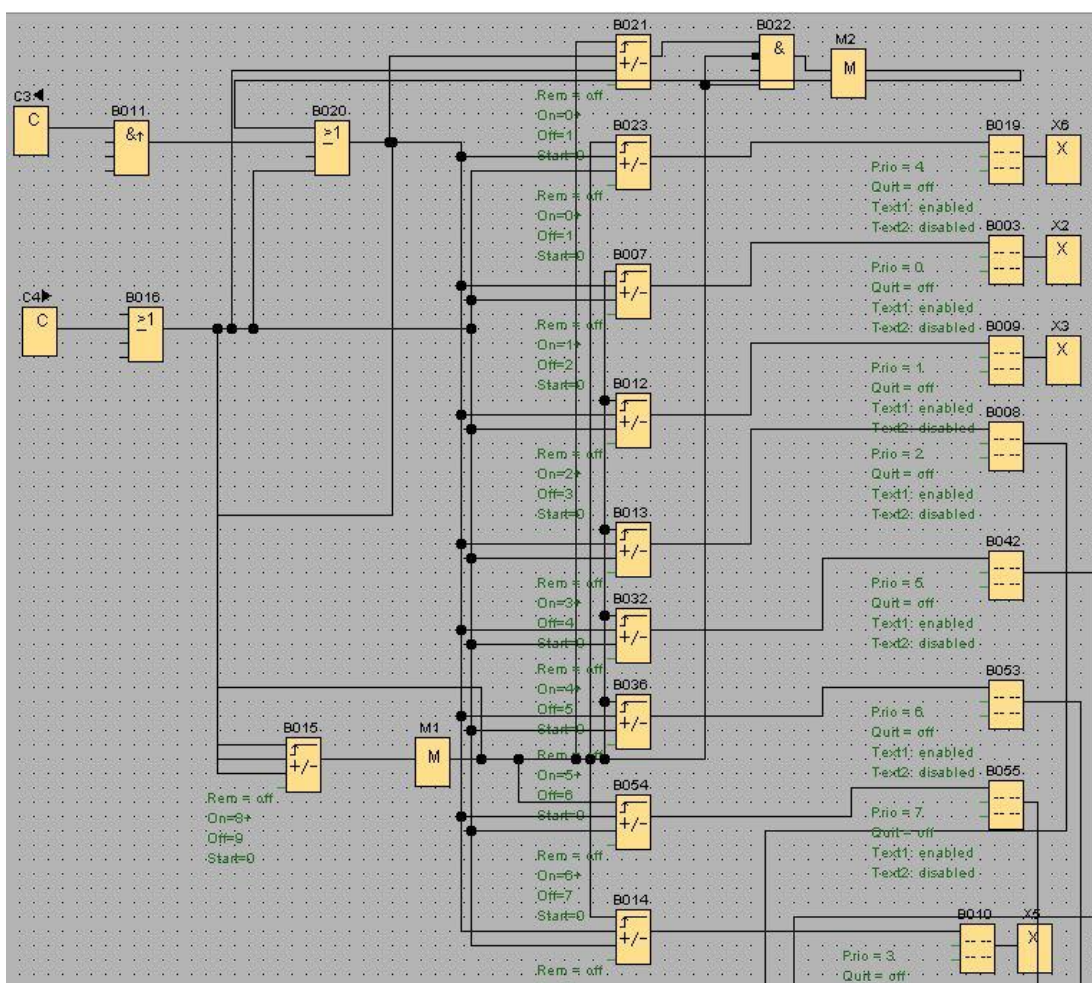


Obrázek 50: Převod hodnot z PT100 na hodnoty teplot a ovládání výstupů

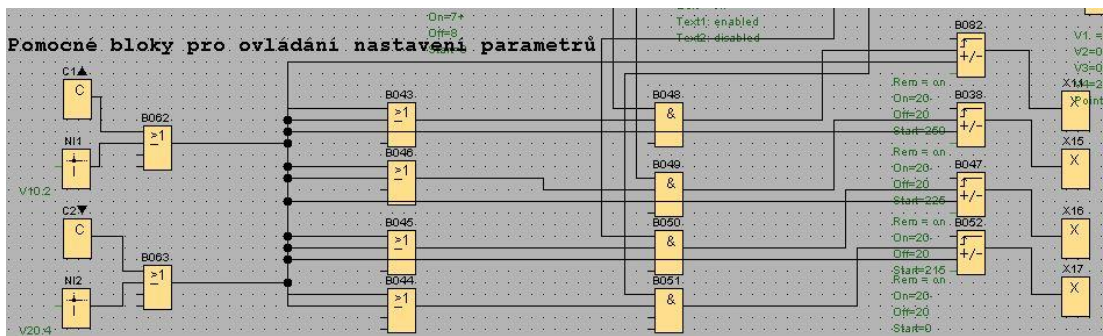
V této části zapojení využívám analogových zesilovačů a spínačů k usměrnění hodnot, které po analogových spínačích používám už pouze jako hodnoty logická 1 nebo logická 0. S jejich pomocí získávám hodnoty z čítačů a posílám hodnoty na výstup, kde v tomto případě pouze nechám rozsvítit LED diody pro signalizaci buďto ohřevu, nebo ochlazování.

V další části programového obvodu [viz. Obrázek 51] používám funkci tzv. demultiplexoru, který funguje na principu přepínače, kdy je podle řídicích signálů přiváděn na výstupy vstupní signál. Tento demultiplexor je naprogramován tím způsobem, že je aktivní vždy jen jeden výstup, aby se zobrazovala pouze jedna textová zpráva na displeji Siemens LOGO!. Díky této funkci jsem mohl vytvořit vlastní „menu“ programu pro ovládání PLC Siemens LOGO!.

Dále jsem využil možnosti výstupu bloků textových zpráv, díky kterým následně volím, jakou hodnotu chci měnit. [viz. Obrázek 51]



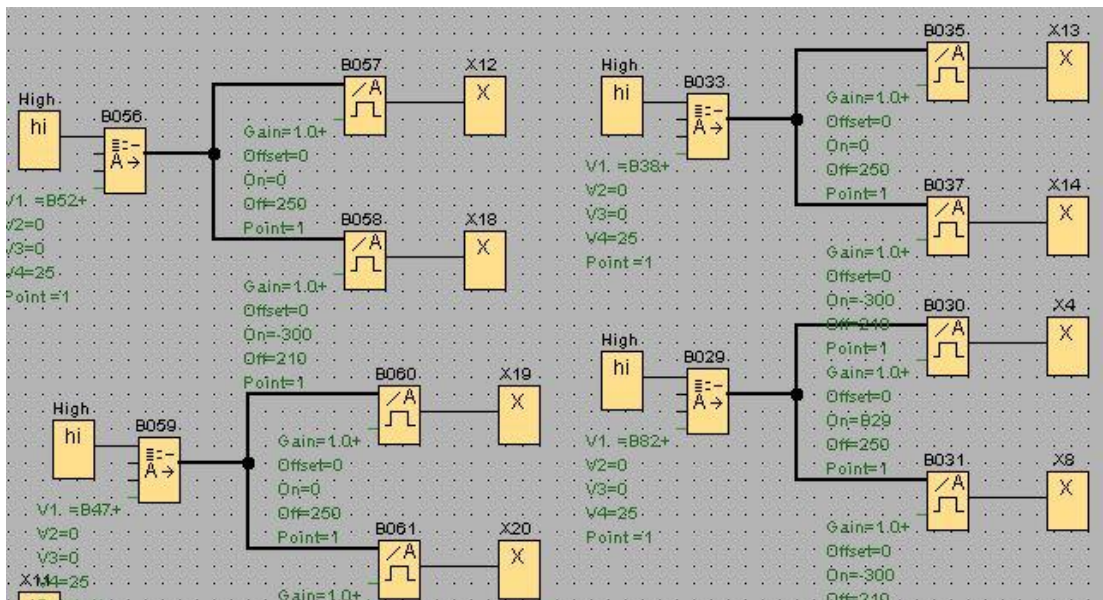
Obrázek 51: Demultiplexor



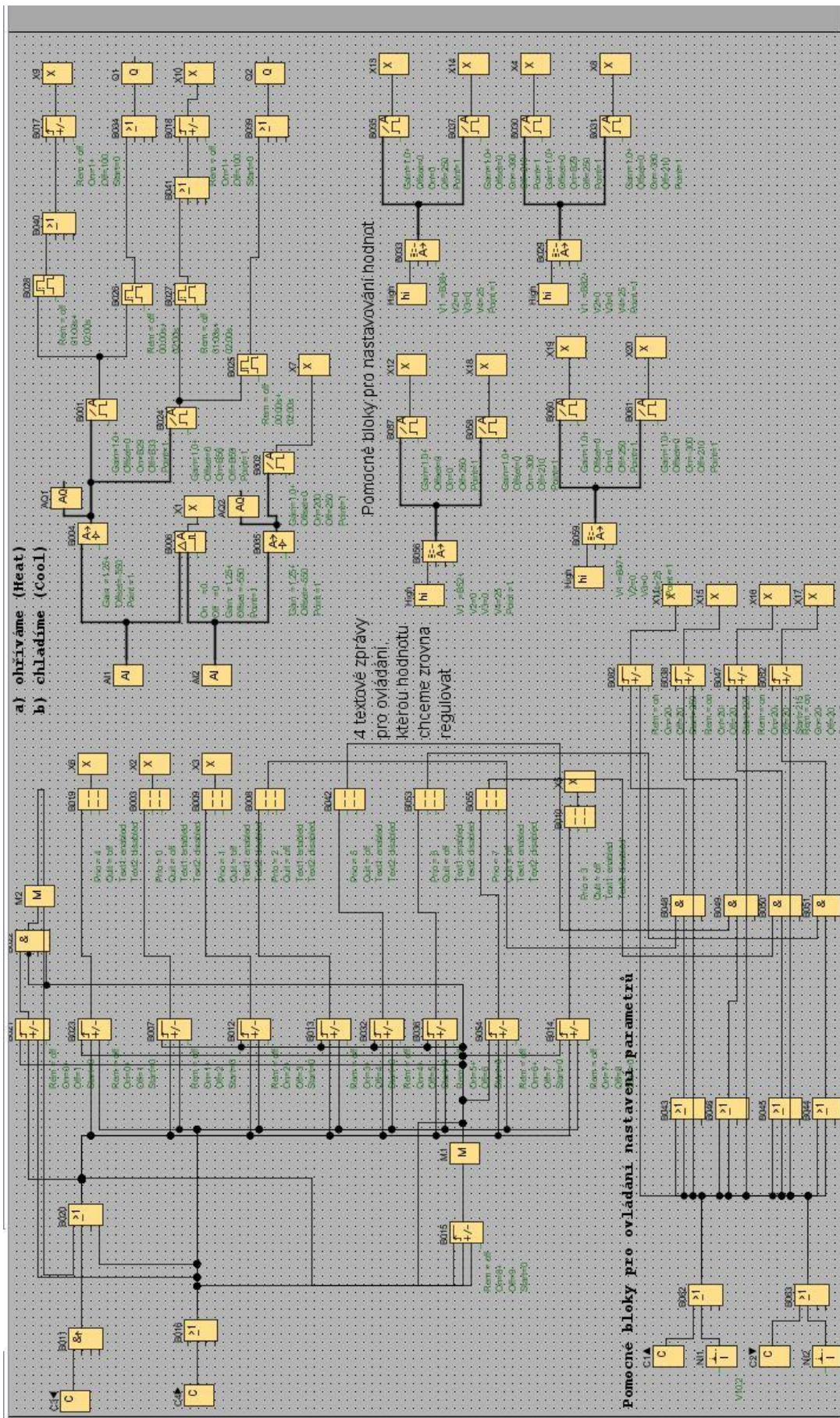
Obrázek 52: Ovládání hodnot

V této části [viz Obrázek 52], využívám kurzorových tlačítek a síťových prvků pro vzdálené ovládání, protože součástí mé praktické části bakalářské práce bylo vyzkoumat možnosti telemetrie za pomoci PLC Siemens LOGO! 0BA7 [viz. kapitola 5; *Telemetrie*], a čítačů, kde mám nastavené počáteční hodnoty. Vlivem stlačení kurzorových kláves (nebo naprogramovaná tlačítka v softwaru LOGO!Monitor Multi [viz Obrázek 40]) můžu následně měnit potřebné prahy spínání a vypínání chlazení nebo naopak vyhřívání skleníku.

Jako poslední musím využít funkční bloky analogových multiplexorů [viz Obrázek 53], které dokáží zachytávat hodnoty čítačů, a zároveň z analogových spínačů se odkazují (tzv. “referují”), právě na tyto bloky multiplexorů.



Obrázek 53: Sledování hodnot



Obrázek 54: Blokové schéma z programu LOGO!Soft Comfort

6.2 Praktické listy pro studenty

Praktické listy jsou vytvořeny tím způsobem, že si student procvičí jeho teoretické znalosti, které se mohl naučit buďto v této bakalářské práci, nebo pomocí e-learningových materiálů, z výukového systému Moodle. V pracovních listech se probírají především regulátory, neboť automatizační činnost se nejvíce opírá právě o principy regulace.

Design těchto praktických listů je vymyšlený pro technicky zaměřené školy podle vzhladu protokolů, tedy tabulový formát. Jsou vytvořeny zároveň pro učitele i pro studenty, kde v praktických listech pro studenty jsou pouze zadání a v listy pro učitele slouží pro vyhodnocení prací studentů.

Regulátory – obecně

Pracovní list č. 1b

Datum:

Jméno a příjmení:

Třída:

Zadání:

Ověřte si základní znalosti ohledně regulátorů, jejich funkce, základní rozdělení.

- Nakreslete základní schéma regulačního obvodu, s popisem a popište jednotlivé části obvodu a k čemu slouží.

Regulátory – obecně

Pracovní list č. 1c

Datum:

Jméno a příjmení:

Třída:

Zadání:

Ověřte si základní znalosti ohledně regulátorů, jejich funkce, základní rozdělení.

- Lineární analogové regulátory:
 - Nakreslete schéma analogového regulátoru
 - Jaká je vstupní/výstupní veličina?
 - Jak je dán přenos regulátoru?
 - Jaké známe typy regulátorů?
 - základní - jaké to jsou?
 - kombinované - jaké to jsou?

Regulátory – základní typy	
Pracovní list č. 2a	Datum:
Jméno a příjmení:	Třída:
Zadání: Ověřte si znalosti ohledně základních typů regulátorů a jejich funkcí.	
<ul style="list-style-type: none">• Proporcionální regulátor<ul style="list-style-type: none">○ Popište základní vlastnosti○ Nakreslete základní zapojení P regulátoru○ Napište diferenciální rovnici, rovnici pro přenos a nakreslete charakteristiky pro ideální P regulátor	

Regulátory – základní typy

Pracovní list č. 2b

Datum:

Jméno a příjmení:

Třída:

Zadání:

Ověřte si znalosti ohledně základních typů regulátorů a jejich funkcí.

- Integrovaný regulátor
 - Popište základní vlastnosti
 - Nakreslete základní zapojení I regulátoru
 - Napište diferenciální rovnici, rovnici pro přenos a nakreslete charakteristiky pro ideální I regulátor

Regulátory – základní typy

Pracovní list č. 2c

Datum:

Jméno a příjmení:

Třída:

Zadání:

Ověřte si znalosti ohledně základních typů regulátorů a jejich funkcí.

- Derivační regulátor
 - Popište základní vlastnosti
 - Nakreslete základní zapojení D regulátoru
 - Napište diferenciální rovnici, rovnici pro přenos a nakreslete charakteristiky pro ideální D regulátor

6.2.3 Regulátory – kombinované (sdružené)

Regulátory – sdružené (kombinované)	
Pracovní list č. 3 A	Datum:
Jméno a příjmení:	Třída:
Zadání: Ověřte si znalosti ohledně základních typů regulátorů a jejich funkcí.	
<ul style="list-style-type: none">• Proporcionálně integrační regulátor<ul style="list-style-type: none">○ Popište základní vlastnosti○ Nakreslete základní zapojení PI regulátoru○ Napište diferenciální rovnici, rovnici pro přenos a nakreslete charakteristiky pro ideální PI regulátor	

Regulátory – sdružené (kombinované)

Pracovní list č. 3b

Datum:

Jméno a příjmení:

Třída:

Zadání:

Ověřte si znalosti ohledně základních typů regulátorů a jejich funkcí.

- Proporcionálně derivační regulátor
 - Popište základní vlastnosti
 - Nakreslete základní zapojení PD regulátoru
 - Napište diferenciální rovnici, rovnici pro přenos a nakreslete charakteristiky pro ideální PD regulátor

Regulátory – sdružené (kombinované)

Pracovní list č. 3c

Datum:

Jméno a příjmení:

Třída:

Zadání:

Ověřte si znalosti ohledně základních typů regulátorů a jejich funkcí.

- Proporcionálně integračně derivační regulátor
 - Popište základní vlastnosti
 - Nakreslete základní zapojení PID regulátoru
 - Napište diferenciální rovnici, rovnici pro přenos a nakreslete charakteristiky pro ideální PID regulátor

6.3 Praktické listy pro studenty

6.3.1 Regulátory – obecně

Regulátory – obecně	
Pracovní list č. 1a	Datum:
Jméno a příjmení:	Třída:
Zadání: Ověřte si základní znalosti ohledně regulátorů, jejich funkce, základní rozdělení.	
<ul style="list-style-type: none">Napište odpovědi na otázky: <p>Co to je Regulátor?</p> <ul style="list-style-type: none">Zařízení, které slouží k regulaci systémuVětšinou se využívají se zápornou zpětnou vazbouSe ZV na vstupu se nesleduje veličina jako výstup celého regulovaného systému, ale pouze regulační odchylkaRegulátor následně reguluje tento systém tak, že dojde k úplnému odstranění odchylky, nebo ji udržuje v daných mezíchRegulátor je schopný číst jednotlivé stavy regulovaného systému dvěma způsoby – přímo nebo si je dokáže zrekonstruovat vlastním modelemRegulace může být spojitá nebo diskrétně vzorkovanáZásahy do systému potom mohou být analogové nebo digitální stupňovitéRegulátor je tedy řídicím systémem, kterým se uskutečňuje regulace \Rightarrow řízení regulované soustavy <p>Jaká může být dynamika regulátorů?</p> <ul style="list-style-type: none">prostá proporcionálníderivačníintegračnízpožďovací členzpožďující 1. řáduzpožďující 2. řádukmitavá	

Regulátory – obecně

Pracovní list č. 1b

Datum:

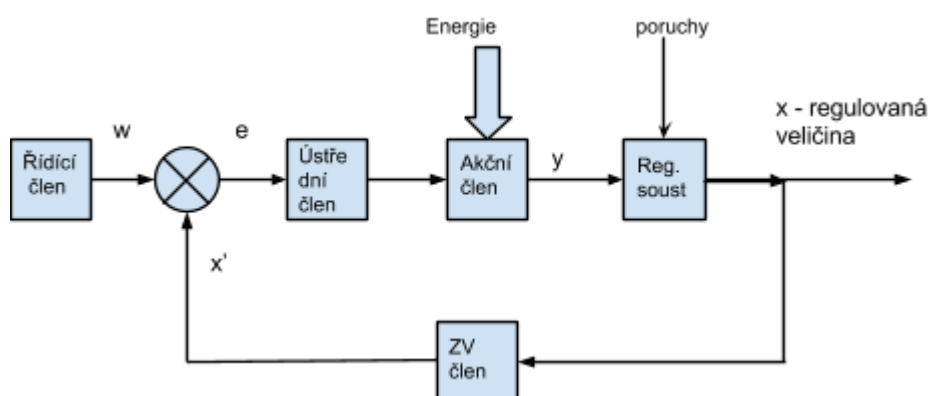
Jméno a příjmení:

Třída:

Zadání:

Ověřte si základní znalosti ohledně regulátorů, jejich funkce, základní rozdělení.

- Nakreslete základní schéma regulačního obvodu, s popisem a popište jednotlivé části obvodu a k čemu slouží.



- Řídící člen**
 - Je jím zdroj signálu – w
 - Tato řídicí veličina udává žádanou hodnotu regulované veličiny
- Porovnávací člen**
 - Jeho činností je porovnávání žádané hodnoty regulované veličiny w s okamžitou hodnotou regulované veličiny, která je udávána zpětnovazebním členem jako signál x'
 - Regulační odchylka se značí e a můžeme jít potom vypočítat $e=w-x'$
 - Vstup je negovaný (invertovaný), z důvodu potřeby otočení polarity pro odečet regulační odchylky e
- Ústřední člen**
 - Hlavní část tohoto členu tvoří zesilovač a analogový obvod
 - Zpracovává požadovaným způsobem regulační odchylku
 - V podstatě tento člen se dá nazývat **regulátorem**
- Akční člen = výkonový člen**
 - Na základě signálu z regulátoru řídí přísun energie do regulované soustavy
- Zpětnovazební (ZV) člen = měřicí člen (snímač)**
 - Neustále měří regulovanou veličinu, eventuálně ji může převádět na signál srovnatelný s řídicím

Regulátory – obecně

Pracovní list č. 1c

Datum:

Jméno a příjmení:

Třída:

Zadání:

Ověřte si základní znalosti ohledně regulátorů, jejich funkce, základní rozdělení.

- Lineární analogové regulátory:
 - Nakreslete schéma analogového regulátoru
 - Jaká je vstupní/výstupní veličina?
 - Jak je dán přenos regulátoru?
 - Jaké známe typy regulátorů?
 - základní – jaké to jsou?
 - kombinované – jaké to jsou?



- Vstupní veličinou je regulační odchylka $e(t)$ a výstupní veličinou je akční veličina $y(t)$
- Přenos regulátoru je dán vztahem $F_r(p) = Y(p)/E(p)$
- Základní regulátory:
 - a) Proporcionální
 - b) Integrační
 - c) Derivační
 - Kombinované
 - a) PI
 - b) PD
 - c) PID

Regulátory – základní typy

Pracovní list č. 2a

Datum:

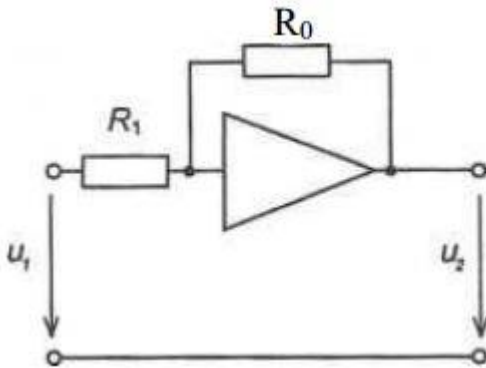
Jméno a příjmení:

Třída:

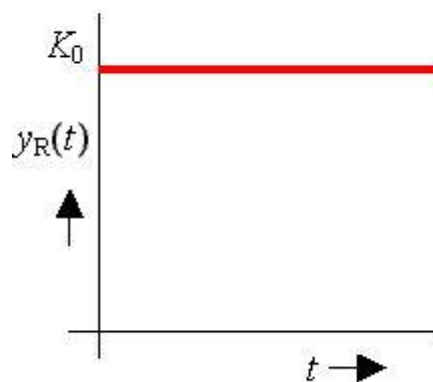
Zadání:

Ověřte si znalosti ohledně základních typů regulátorů a jejich funkcí.

- Proporcionální regulátor
 - Popište základní vlastnosti
 - Nakreslete základní zapojení P regulátoru
 - Napište diferenciální rovnici, rovnici pro přenos a nakreslete přechodovou charakteristiku pro ideální P regulátor
- Základní schéma



- P regulátor zesiluje pouze reg. odchylku e
- Vlivem setrvačnosti na vysokých kmitočtech jeho přenos klesá
- Diferenciální rovnice: $y_R = K_o x$
- Přenos: $F(p) = Y_R(p)/X(p) = K_o$



- Přechodová charakteristika:

Regulátory – základní typy

Pracovní list č. 2b

Datum:

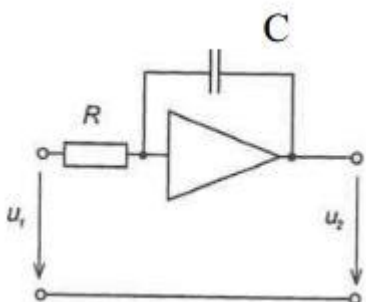
Jméno a příjmení:

Třída:

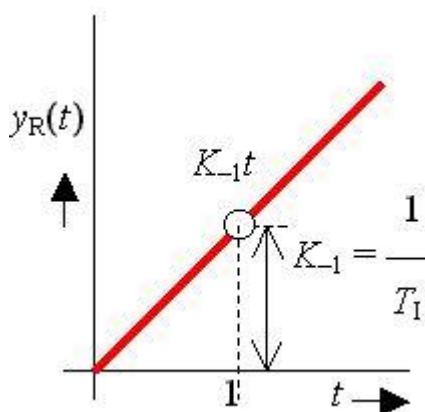
Zadání:

Ověřte si znalosti ohledně základních typů regulátorů a jejich funkcí.

- Integrační regulátor
 - Popište základní vlastnosti
 - Nakreslete základní zapojení I regulátoru
 - Napište diferenciální rovnici, rovnici pro přenos a nakreslete přechodovou charakteristiku pro ideální I regulátor
- Základní schéma



- Regulátor I jako jediný umožňuje úplné odstranění regulační odchylky – je totiž integrována
- Využívá se tam, kde dochází často k poruchám, nebo tam, kde regulovaná soustava má velkou setrvačnost – tedy velkou odolnost proti krátkodobým poruchám



- Přechodová charakteristika

Regulátory – základní typy

Pracovní list č. 2c

Datum:

Jméno a příjmení:

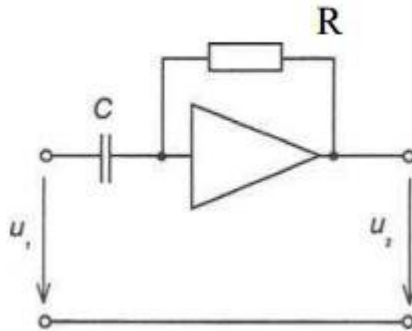
Třída:

Zadání:

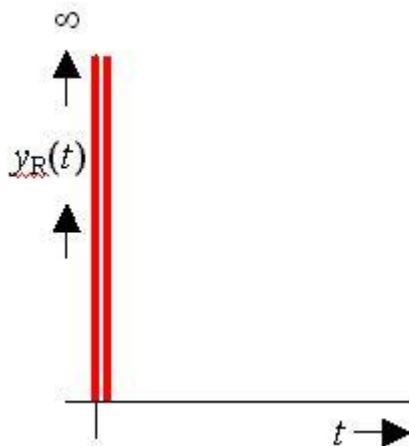
Ověřte si znalosti ohledně základních typů regulátorů a jejich funkcí.

- Derivační regulátor
 - Popište základní vlastnosti
 - Nakreslete základní zapojení D regulátoru
 - Napište diferenciální rovnici, rovnici pro přenos a nakreslete přechodovou charakteristiku pro ideální D regulátor

- Základní schéma:



- Ideální derivační regulátor nelze vytvořit – z důvodu parazitních setrvačností, které potlačují přenos při vysokých frekvencích, v oblastech, kdy má být přenos regulátoru největší
- Tedy samostatné derivační regulátory není možné použít pro regulaci. Derivační složka se používá pouze jako doplněk regulátorů ke zlepšení vlastností regulačního pochodu
- Diferenciální rovnice: $y_R = K_I x'$
- Přenos: $F(p) = K_I p$



- Přechodová charakteristika:

Regulátory – sdružené (kombinované)

Pracovní list č. 3 A

Datum:

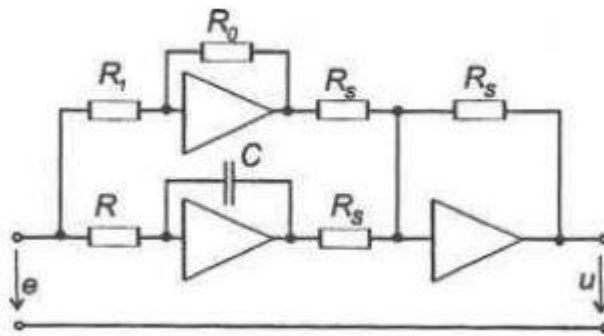
Jméno a příjmení:

Třída:

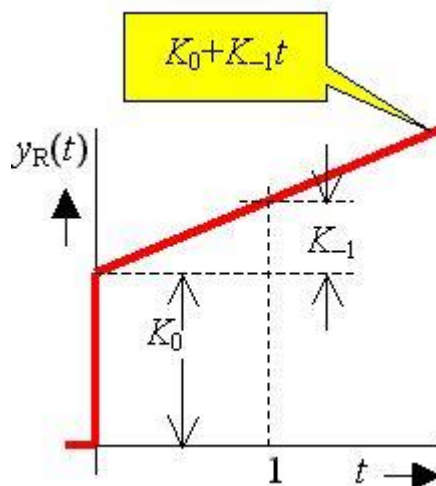
Zadání:

Ověřte si znalosti ohledně základních typů regulátorů a jejich funkcí.

- Proporcionálně integrační regulátor
 - Popište základní vlastnosti
 - Nakreslete základní zapojení PI regulátoru
 - Napište diferenciální rovnici, rovnici pro přenos a nakreslete přechodovou charakteristiku pro ideální PI regulátor



- Základní schéma
- PI regulátor vytvoříme paralelním spojením P a I
- Máme zde přenos K a rychlostní konstantu K_v



Regulátory – sdružené (kombinované)

Pracovní list č. 3b

Datum:

Jméno a příjmení:

Třída:

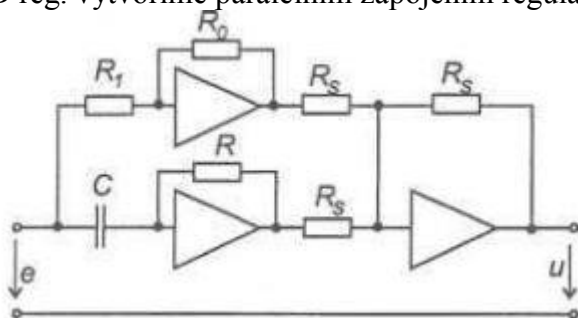
Zadání:

Ověřte si znalosti ohledně základních typů regulátorů a jejich funkcí.

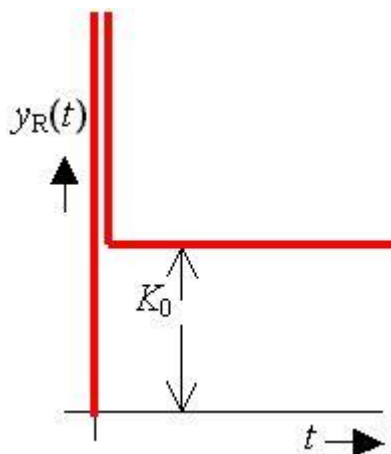
- Proporcionálně derivační regulátor
 - Popište základní vlastnosti
 - Nakreslete základní zapojení PD regulátoru
 - Napište diferenciální rovnici, rovnici pro přenos a nakreslete charakteristiky pro ideální PD regulátor

- Základní schéma

- PD reg. vytvoříme paralelním zapojením regulátorů P a D



- Máme zde přenos K a derivační časovou konstantu T_d



Regulátory – sdružené (kombinované)

Pracovní list č. 3c

Datum:

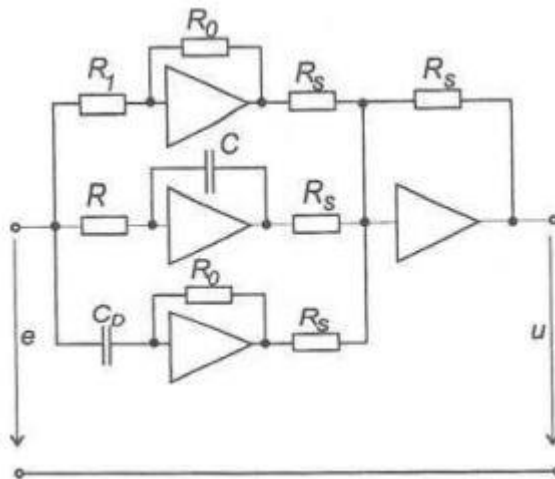
Jméno a příjmení:

Třída:

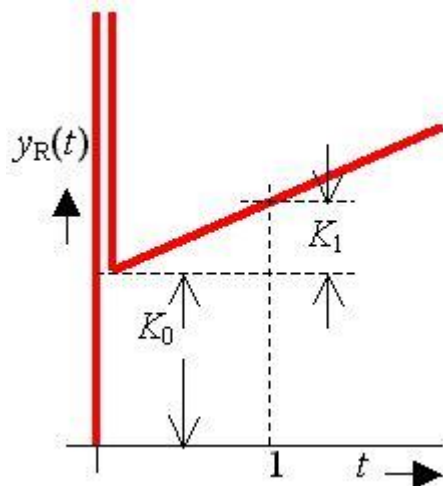
Zadání:

Ověřte si znalosti ohledně základních typů regulátorů a jejich funkcí.

- Proporcionálně integračně derivační regulátor
 - Popište základní vlastnosti
 - Nakreslete základní zapojení PID regulátoru
 - Napište diferenciální rovnici, rovnici pro přenos a nakreslete charakteristiky pro ideální PID regulátor



- Základní schéma
- PID vytvoříme paralelním spojením regulátorů P I a D
- Přenos je dán vztahem: $G(p) = K + K/p + T_d p$
- PID regulátor není schopen zcela odstranit regulační odchylku a nemá ideální derivační charakter



6.4 E-learningový kurz

6.4.1 Anotace

V tomto e-learningovém kurzu se zabývám PLC Siemens LOGO! RCE 0BA7, jeho technickým popisem, přídatnými moduly, regulátory, stabilizací, výpočty a mnoho dalšího. Nejdůležitějším úkolem tohoto kurzu je pochopit, jak funguje automatizace, jak využívat regulátory a regulaci k automatizačním úkonům, dále se naučit chápat přídatné moduly tohoto PLC a jejich funkce a jako posledním úkolem je naučit se využívat principy telemetrie za pomoci PLC Siemens LOGO!. Materiály jsou tvořeny do prezentací nebo jsou přikládány pomocné odkazy, ať už ve formátu PDF či pouze odkazy na pomocné weby.

6.4.2 Seznam okruhů

1. Technický popis automatu Siemens LOGO!
2. Přídatné moduly
3. Regulátory – základní druhy
4. Regulátory – nejpoužívanější
5. Telemetrie
6. Závěrečná hodina

Na níže uvedeném odkazu najdete tento vypracovaný kurz. Je do něj volný přístup bez hesla a je možné do tohoto kurzu vstoupit i pouze jako host.

<http://moodle.pf.jcu.cz/course/view.php?id=316>

7 Závěr

Automatizačních prostředků je na trhu velké množství, jednou z prvních firem, která se touto problematikou začala zajímat, byla právě firma Siemens a já jsem díky Jihočeské univerzitě měl možnost psát tuto bakalářskou práci na téma Siemens LOGO!.

Myslím si, že firma Siemens nese spoustu úspěchů a LOGO! je jedním z nich. V této bakalářské práci jsem se zaměřil na technický popis tohoto programovatelného automatu, shrnutí a popis přídatných modulů, které se dají využít tak, že již funkčně silné LOGO! se tak stane ještě silnějším automatizačním prostředkem. Dále jsem se zabýval regulátory, které jsou nedílnou součástí pro regulaci požadovaných hodnot.

V praktické části mé bakalářské práce jsem zkoumal možnosti telemetrie za použití PLC Siemens LOGO!. V českém jazyce není tato možnost příliš probírána, tak jsem se zaměřil na podrobné nastavení, pro správnou funkčnost a popis tří různých programů, jak s nimi pracovat, jakým způsobem získávat data a především jak ovlivňovat vstupy, abychom mohli vzdáleně ovládat program, či vícero programů.

V jednom programovacím prostředí – LOGO!Soft Comfort jsem vytvořil program pro měření a regulaci teplot, s využitím velkého množství bloků, pro správný chod a především pro příjemnou uživatelskou funkci, tak aby i laik věděl, co se zrovna na displeji zobrazuje.

Dále jsem vytvořil e-learningový kurz v systému Moodle, který je zpracován pro nastudování si potřebné teorie k automatizační problematice za použití PLC Siemens LOGO!. Pro otestování si znalostí z tohoto výukového kurzu jsem také zpracoval praktické listy, ve dvojím provedení – pro učitele a pro studenty, kde praktické listy pro učitele jsou již vyplněné.

Siemens LOGO! 0BA7 je velice mocný automatizační prostředek, který dokáže pomoci, ať už v průmyslu, nebo pro domácí kutily na zautomatizování si každodenních činností doma, či na zahradě, a ačkoliv je již trochu zastaralé, protože se na trhu objevilo nové LOGO! 0BA8, stále splňuje vše, co bychom mohli od takového malého zázraku očekávat.

7.1 Seznam použité literatury

1. Siemens. Siemens LOGO! RCE 0BA7. [online]. [cit. 2015-03-07]. Dostupné z: http://stest1.etnetera.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/mikrosystemy/logo/brochure_logo_2012_cz.pdf
2. Seznam přidavných modulů. [online]. [cit. 2015-03-07]. Dostupné z: http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=0000000000&ctxp=home&msite=search&search_string=LOGO%21+RCE+0BA7
3. SIEMENS. Digitální a analogové moduly AJ. [online]. [cit. 2015-03-07]. Dostupné z: http://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/logic-module-logo/modular-expansion-modules/Pages/Default.aspx#Description_20
4. SIEMENS. PWM/Proudový ventil. [online]. [cit. 2015-03-07]. Dostupné z: [https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/IBT/mereni_a_regulace/regulatory/prislusenstvi/Documents/29902_N4937c\\$SEA45\\$1.pdf](https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/IBT/mereni_a_regulace/regulatory/prislusenstvi/Documents/29902_N4937c$SEA45$1.pdf)
5. SSR polovodičové relé. [online]. [cit. 2015-03-14]. Dostupné z: <http://www.thermoprozess.cz/data/ssr.php>
6. BLAŽEK, Jaroslav. LOGO! Text Display. [online]. [cit. 2015-03-14]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/logo-td-textovy-displej-pro-logo>
7. Regulátory, [online]. [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: <http://automatizace-issnp.wz.cz/Soubory3/Vlastnosti%20regulatoru.pdf>
8. Regulátory: Charakteristiky. [online]. [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: http://eamos.pf.jcu.cz/amos/kat_fyz/externi/kat_fyz_5377/Kap06/Kap_06.htm
9. Regulace. [online]. [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: http://www.strojka.opava.cz/UserFiles/File/_sablony/AUT_IV/VY_32_INOVACE_E-15-15.pdf
10. LOGO!TD: Obrázek. [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://miniautomatizace.cz/programovani/logicke-rele-logo/>

7.2 Seznam obrázků

Obrázek 1: PWM - střída	20
Obrázek 2: Proudový ventil [4].....	21
Obrázek 3: PWM v LOGO!Soft Comfort.....	22
Obrázek 4: SSR [5]	24
Obrázek 5: LOGO! TD [10].....	26
Obrázek 6: LOGO! TD v LOGO! Soft Comfort.....	27
Obrázek 7: Pojmová mapa – LOGO!TD	28
Obrázek 8: TD nastavení.....	29
Obrázek 9: Zjištění FW 2.....	31
Obrázek 10: Zjištění FW 1	31
Obrázek 11: Zjištění FW 3	32
Obrázek 12: Zjištění FW 4.....	32
Obrázek 13: Smazání zprávy 1	33
Obrázek 14: Smazání zprávy 2	33
Obrázek 15: Smazání zprávy 3	34
Obrázek 16: Smazání zprávy 4	34
Obrázek 17: Smazání zprávy 5	35
Obrázek 18: Hlášení o chybách.....	36
Obrázek 19: Blokové schéma regulátoru	40
Obrázek 20: Schématická značka porovnávacího členu	40
Obrázek 21: Schématická značka porovnávacího členu s invertovaným vstupem....	40
Obrázek 22: Blok analogového regulátoru	42
Obrázek 23: Ideální invertující stejnosměrný zesilovač [7].....	43
Obrázek 24: Základní zapojení proporcionálního regulátoru [7].....	43
Obrázek 25: Základní zapojení integračního regulátoru [7]	46
Obrázek 26: Základní zapojení derivačního regulátoru [7]	48
Obrázek 27: Zapojení PI regulátoru [7]	51
Obrázek 28: Blokové schéma PI regulátoru [7].....	51
Obrázek 29: ZV zapojení PI regulátoru [7]	52
Obrázek 30: Schéma zapojení PD regulátoru [7].....	54
Obrázek 31: Blokové schéma PD regulátoru [7]	54
Obrázek 32: Schéma zapojení PID regulátoru [7]	57
Obrázek 33: Korekční člen PID regulátoru [7].....	58

Obrázek 34: ZV zapojení PID regulátoru [7].....	58
Obrázek 35: Nastavení LOGO!Soft Comfort 1	60
Obrázek 36: Nastavení LOGO!Soft Comfort 2	61
Obrázek 37: IP adresa v LOGO!.....	62
Obrázek 38: Telemetrie v LOGO!Soft Comfort	62
Obrázek 39: Nastavení LOGO!Monitor Multi.....	63
Obrázek 40: Funkce Monitor	64
Obrázek 41: Funkce Visual.....	64
Obrázek 42: Funkce Raw data	65
Obrázek 43: LOGO!App 1	66
Obrázek 44: LOGO!App 2.....	66
Obrázek 45: LOGO!App 3.....	67
Obrázek 46: LOGO!App 1	67
Obrázek 47: LOGO!App 1	68
Obrázek 48: Schéma zapojení.....	70
Obrázek 49: Fotografie zapojení.....	71
Obrázek 50: Převod hodnot z PT100 na hodnoty teplot a ovládání výstupů.....	72
Obrázek 51: Demultiplexor.....	73
Obrázek 52: Ovládání hodnot	74
Obrázek 53: Sledování hodnot.....	74
Obrázek 54: Blokové schéma z programu LOGO!Soft Comfort	75

7.3 Seznam tabulek

Tabulka 1: Porovnání řad LOGO!.....	15
Tabulka 2: Charakteristiky P regulátorů [8].....	45
Tabulka 3: Charakteristiky I regulátorů [8]	47
Tabulka 4: Charakteristiky D regulátorů [8]	49
Tabulka 5: Charakteristiky PI regulátorů [8]	53
Tabulka 6: Charakteristiky PD regulátorů [8].....	56
Tabulka 7: Charakteristiky PID regulátorů [8]	59