



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 aplikované fyziky a techniky

Diplomová práce

Monitoring a řízení teplovodních ventilů regulace vytápění jednočipovým mikropočítačem

Vypracoval: Bc. Roman Mašek
Vedoucí práce: doc. PaedDr. Petr Adámek Ph.D.

České Budějovice 2013

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Monitoring a řízení teplovodních ventilů regulace vytápění jednočipovým mikropočítačem vypracoval samostatně a použil jsem jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě, 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 dne:

.....

.....

Roman Mašek

Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. PaedDr. Petru Adámkovi Ph.D. za vedení diplomové práce, technické rady, připomínky, korekce a metodické vedení. Děkuji manželce Ing. Marii Maškové za rodinnou podporu a trpělivost po celou dobu navazujícího studia.

Anotace

Diplomová práce se zabývá principy regulací vytápění v rodinných domech, kde jsou vyžadovány dohledy a regulace nad zdrojovými, sumačními a distribučními částmi soustavy. Práce poskytuje učitelům podrobné informace pro výuku s náhledy na vývojové nástroje a programovací jazyk mikropočítačů. Řídící programy jsou prezentovány pro dva nezávislé zdroje energie s individuálním řízením a jsou designovány do jednočipových mikroprocesorů PIC[®] 18F4520 a PIC[®] 16F628A firmy Microchip. Tyto jsou osazeny do dvou univerzálních tzv. embedded boards. Aplikace výkonných členů popisují principy funkce a oživení v soustavách. Pro aktivní regulaci centrálních prvků je preferováno použití výkonných členů s motorickými pohony, pro lokální regulaci vyhovují požadavkům regulace pasivní varianty. Senzory teploty snímají aktuální teplotu ve vhodných bodech soustavy, kde dochází k míšení médií, nebo stratifikaci kapaliny. Disponují vysokým rozlišením a digitálním přenosovým protokolem. Mikropočítače poskytují kromě vlastního řízení regulace i informační rozhraní mezi soustavou a obsluhou. Programový software je přehledný, spolehlivý, s naprogramovanými rutinami i funkcí pro optimalizaci kódu. Příkladem regulovaného systému jsou akční členy u soustavy vytápění RD s nízkoteplotním a vysokoteplotním okruhem, které jsou řízeny podobnými systémy, jako např. současné plynové kotle.

Abstract

The Master's thesis describes the control of heating system in family houses where exists requests for supervising and measuring of sources, energy storages and delivery parts of network. Description includes detail for source education support, overviews to development tools and programming language for microcontrollers. Heating system is built for two sources of energy and every source is steered alone. Source codes are designed into PIC[®] single-chip processors PIC[®] 18F4520 and PIC[®] 16F628A developed by Microchip company. These are deployed in unified boards called embedded board chosen for their accessibility from point of view low and high voltage interfaces. Part application of powerful elements control describes principle of operation and their usage in networks. For on-line control of central equipment is preferred usage of powerful components with servo-mechanism and for simpler usage is good to use passive components. Temperature sensor read current value in cross points of network where are media mixed or saved. Processors provides except own control jobs information interface for users too. Used SW is well arranged, faithful and includes routine for source code optimizing. The example of controlled system is actuators in family house heating with high and low temperature circuits which are controlled by industrial systems as current gas cooperers.

Obsah

1	ÚVOD A CÍLE PRÁCE	7
1.1	ÚVOD.....	7
1.2	CÍLE PRÁCE.....	8
2	TEORETICKÝ ÚVOD.....	10
2.1	KOMPLEXNÍ VÝUKOVÉ METODY S POMOCÍ ICT.....	10
2.2	REGULACE	11
2.3	KVALITATIVNÍ REGULACE	12
2.4	KVANTITATIVNÍ REGULACE	13
2.5	FYZICKÁ INFRASTRUKTURA V BUDOVÁCH.....	14
2.6	ROZHRANÍ PRŮMYSLOVÉ VYRÁBĚNÝCH REGULÁTORŮ PRO DOMÁCNOSTI	15
2.6.1	OpenTherm®	15
2.6.2	LPB – Local Process Bus	16
2.6.3	USB/RS/ETHERNET	16
2.6.4	ON/OFF	16
3	REGULOVÁNÍ TEPELNÝCH SOUSTAV	17
3.1	SOUSTAVY.....	17
3.2	ŘÍZENÍ – OVLÁDÁNÍ A REGULACE	17
3.3	DRUHY ŘÍZENÍ.....	17
3.4	REGULACE TEPELNÉHO PŘÍKONU DO SOUSTAV	17
4	TECHNIKA	19
4.1	TEPLOTNÍ STUPNICE.....	19
4.2	TEPLOMĚRY A PRINCIPY	19
4.2.1	Dotykové měření.....	19
4.2.2	Bezdotykové měření.....	20
4.3	TEPLOTNÍ SENZOR DS18B20	20
4.4	MIKROPROCESORY	24
4.4.1	PIC® 16F628A.....	24
4.4.2	PIC® 18F4520	27
4.4.3	Implementace AN937- PID v PIC® 18F4520	30
4.5	POHONY VENTILŮ.....	34
4.6	AKUMULAČNÍ NÁDOBY	34
4.7	INTEGROVANÝ OBVOD PHILIPS PCF8583	37
5	UŽIVATELSKÁ ROZHRANÍ.....	38
5.1	KLÁVESNICE	38
5.2	ZOBRAZOVACÍ JEDNOTKY	38
5.2.1	LED displeje.....	39
5.2.2	Řádkové maticové displeje LCD	40
5.3	VZDÁLENÝ PŘÍSTUP SÍTĚMI A ADRESACE TCP/IP	42
6	REGULÁTORY.....	44
6.1	NEJBĚŽNĚJŠÍ REGULÁTORY POUŽÍVANÉ V DOMÁCÍM PROSTŘEDÍ.....	44
6.2	P-I-D REGULACE.....	45
6.2.1	Regulátor P	46
6.2.2	Regulátor PI	46
6.2.3	Regulátor PD.....	46
6.2.4	Regulátor PID.....	46

6.2.5	Interakce PID složek.....	46
7	REGULACE TEPLOVODNÍCH VENTILŮ U SOUSTAV VYTÁPĚNÍ.....	47
7.1	OVLÁDÁNÍ A REGULACE	47
7.2	PŘEHLED REGULACE A OVLÁDÁNÍ.....	47
7.3	CENTRALIZOVANÁ REGULACE SERVOPOHONEM SE 3- BODOVÝM ŘÍZENÍM.....	49
7.4	CENTRALIZOVANÁ REGULACE SERVOPOHONEM ŘÍZENÝM SIGNÁLEM 0-10V	49
7.5	REGULACE PASIVNÍ POMOCÍ RTL HLAVICE	50
7.6	REGULACE TERMOPOHONEM	50
7.7	REGULACE PASIVNÍM SPOJITÝM P – REGULÁTOREM BEZ EXTERNÍ ENERGIE	50
8	DIPLOMOVÝ PROJEKT.....	51
8.1	NÁHLED NA CELKOVÉ ZAPOJENÍ SOUSTAVY	51
8.2	TEORETICKÝ MODEL SOUSTAVY V SIMULINK.....	52
8.2.1	Reálná soustava a metoda kritického zesílení.....	52
8.2.2	Reálná soustava a použití komponenty PID.....	52
8.3	AKČNÍ ČLEN REGULACE	54
8.3.1	Servopohon V70.....	54
8.3.2	Paměť mikroprocesoru a V70	54
8.3.3	Komunikace servopohonu s řídicí jednotkou.....	54
8.4	DESKA ŘÍZENÍ S PROCESOREM NA ŘÍDICÍ SYSTÉM REGULÁTOR I. KRB.....	55
8.4.1	Popis funkce	55
8.4.2	Komunikace a nastavení - terminál PC	56
8.4.3	Rozhraní desky - I/O periferie	57
8.4.4	Nastavení hodnoty do EEPROM.....	58
8.4.5	Schéma desky PIC I/O	59
8.4.6	Vývojové diagramy.....	60
8.5	AKUMULAČNÍ NÁDOBA – OSAZENÍ ČIDEL	61
8.6	DESKA ŘÍZENÍ S PROCESOREM NA ŘÍDICÍ SYSTÉM REGULÁTOR II. SOUSTAVY.....	62
8.6.1	Blokové schéma	63
8.6.2	RTC modul.....	65
8.7	PROGRAMOVÁ OBSLUHA KLÁVESNICE.....	69
8.8	PROGRAMOVÁ OBSLUHA DISPLEJE	70
8.9	ETHERNET ŘADIČ A SPI.....	71
8.10	SW VYBAVENÍ.....	72
8.10.1	ICSP – sériové programování	72
8.10.2	Programátor	72
8.10.3	Vývojové prostředí.....	74
8.10.4	http služba v jednočipovém web serveru.....	75
8.10.5	Inicializace ENC28J60.....	75
8.10.6	IP adresace a MAC adresace	75
8.10.7	Header a MINE.....	76
8.10.8	Řešení aktualizace hodnot - refresh webové stránky.....	76
8.10.9	Tělo stránky.....	76
8.10.10	Script.....	76
8.10.11	Příklad HTML a Java Script kódu	76
8.10.12	Test http komunikace.....	77
	IMPLEMENTACE REGULACE NA OBJEKT RODINNÝ DŮM	79
8.11	NASTAVENÍ ŘÍDICÍHO SYSTÉMU	79
9	VZOROVÉ ZPRACOVÁNÍ ÚLOHY	82
10	VYHODNOCENÍ A ZÁVĚR.....	86
11	LITERATURA.....	88

1 Úvod a cíle práce

1.1 Úvod

Diplomová práce se zabývá využitím moderních nástrojů informačních technologií pro podporu výuky na programování základních školách. Informace a praktické příklady poskytují učitelé podklad pro rozšíření tematických celků v rámci rozsahu technických předmětů.

Žáci základních škol se v domácím prostředí, školních prostorách i na exkurzích setkávají s elektronickými přístroji a soustavami, které je přitahují designem, zobrazenými informacemi nebo robotickými pohyby. V domácím prostředí tyto přístroje regulují teplotu, v průmyslovém pak řídí technologické procesy. Vstupy do těchto systémů jsou teploměry, vlhkoměry, tlakoměry, nebo binární čidla aj. a výstupem jsou regulované veličiny zbavené poruchových hodnot a odchylek.

Pro potřeby diplomové práce byly zpracovány praktické příklady, aby je učitel mohl použít do příprav na hodinu, demonstrovat frontálně a funkčnost procesů vyzkoušel se žáky v počítačové učebně.

Na domácím regulátoru teploty lze provádět volbu teplotu v pokoji, pocitově vnímat následnou odezvu systému a sledovat průběh jejího dosahování. Ve třídě lze pozorovat otáčení motorických hlavic na topném tělese a změnu vyvolanou otevřením okna. Vzniklá odchylka teploty skutečné a požadované je řídicím systémem zachycena a je zajištěno její odstranění. Žáci, ač jako pozorovatelé nebo v roli obsluhy, tyto systémy nevidí, protože jsou dedikovány do centrálních jednotek mimo třídu. Diplomová práce zprostředkovává popis vybraných průmyslových řešení i námět, návrh a návod na stavbu vlastního systému poskytujícího podobnou, nebo stejnou službu.

Tepl vodní ventily a jejich pohony tvoří akční členy regulačních systémů. Regulační systémy jako celek, jsou-li vhodně navrženy a nastaveny, zvyšují energetickou účinnost budov a naplňují tak směrnici 2002/91/ES [1] o energetické náročnosti budov. Monitoring poskytuje obsluze informaci o stavu soustav a uchování historických provozních hodnot.

Zdroje tepla jsou dimenzovány pro každou budovu individuálně. Projektant navrhuje pro systém vytápění s ohledem na typ objektu, velikost, lokalizaci a obálku, právě takový zdroj, který pokrývá jím vypočtené tepelné ztráty za stavu extrémní podmínky, tedy výpočtové ekvitemní teploty pro danou oblast v ČR. Parametry soustav jsou ale většinou neopakovatelné a zcela individuální.

Regulovaný zdroj tepla má co nejpřesněji kompenzovat ztráty objektu a udržovat teplotu podle požadavku regulátoru. Obecně pracuje ve dvou navazujících provozních režimech. Prvním režim je situace, kdy byl zdroj vypnut nebo tlumen a úkolem regulace je zajistit rychlou výrobu a dodávku tepla do soustavy. Druhý režim je provoz v ustáleném stavu

a regulace musí udržovat odchylku od požadované teploty soustavy v regulátorem nastavených mezích.

Vstupní a výstupní periferie jsou důležitými součástmi regulace a jejich spolehlivost má přímý vliv na jakost regulace resp. odstraňování regulačních odchylek.

1.2 Cíle práce

Cílem práce je vytvořit tematicky ucelený odborný výukový materiál s popisy funkcí a principy činnosti přístrojů spolupracujících na dosažení správné pocitové pokojové teploty při vytápění. Pro bližší ilustraci byly prezentovány systémy poskytující průběžné informace o jejím dosahování, s popisem postupů pro vývoj a nástrojů pro výrobu vlastních praktických příkladů. Sledování cílů výuky je naplňováno prostřednictvím detailního rozboru systémů na jednoduché funkční bloky a komponenty tak, aby žák lépe porozuměl dané problematice. Daný rozbor nalezne uplatnění při jednoduché přípravě experimentu a rychlému provedení s vyšší a přitažlivou formou.

Hlavními cíli práce jsou:

- Seznámit s aplikací výkonných členů pro regulaci teplovodního vytápění budov. Výkonný člen tvoří tzv. akční člen soustavy a realizuje vlastní regulační zásah podle požadavku řídicího systému
- Seznámit s a zakomponovat do procesu měření senzory teploty. Všechny aplikace mají nároky na vysokou mechanickou odolnost, odolnost proti rušení při přenosu teploty do řídicího systému
- Seznámit s principy použití řídicích systémů, provádějící rozhodování o regulačním zásahu na základě provozní odchylky. Ta je procesorem vypočtena na základě rozdílu naměřené a požadované hodnoty. Práce seznamuje i s vývojovým prostředím pro vývoj zdrojového kódu a principem uploadu do mikroprocesoru
- Navrhnout modelový systém pro ovládání teplovodní soustavy s aplikovanými regulačními prvky kvalitativní regulace, s možností otestovat a měnit cílové teploty
- Navrhnout systém pro řízení na konstantní teplotu a řízení vybíjení z běžné akumulární nádoby na základě ekvitermní teploty a s použitím zvolené ekvitermní křivky

- Začlenit řídicí desku do dohledového systému pro regulační systém rodinného domu s přenášením dat do webového prohlížeče osobního počítače

Didaktickým cílem je začlenění problematiky DP do odborného předmětu ve školních vzdělávacích programech za účelem zvýšení žákovských kompetencí pro:

- schopnost vhodného výběru součástek a integrovaných obvodů pro vlastní aplikace, a to jak s přednastaveným programem, tak i volně programovatelných – zákaznických IO
- využívání školních prostředků: hardware – univerzálních PCB, vývojářských pomůcek i schopnosti samostatného návrhu vlastní PCB, v souladu se zadáním praktických úloh
- výběr a schopnost využívání školních software: programovacích jazyků, překladačů a programátorů, podle nároků na programátorské know-how, podpory periférií nebo prezentačních nároků, se schopností návrhu jednoduchých programů

2 Teoretický úvod

2.1 Komplexní výukové metody s pomocí ICT

Informační a komunikační technologie (ICT) jsou z pohledu učebních pomůcek, nástrojů a didaktické techniky progresivně využívané ve vzdělávacím procesu a pomáhají učitelům dosahovat stanovených výukových cílů. Obsahová příprava učitele na vyučovací jednotku za pomoci moderních HW a SW musí být realizovaná v souladu s didaktickými zásadami názornosti, přiměřenosti a aktivity, spojení teorie s praxí atd. Komplexní výukové metody rozšiřují prostor výukových metod o prvky organizačních forem a didaktických prostředků nad rámec tradičních výukových metod. Tyto pouze zprostředkovávají dovednosti a vědomosti v kontextu kurikula, s logikou obsahu předmětů a aktivizují metody zohledňující participaci žáků na osvojovacím procesu.

Vybrané metody s podporou ICT

Frontální výuka má znaky společné práce žáků a dominantního postavení učitele. Cílem je osvojení maximálního množství poznatků, výhodou je aktivní usměrňování a kontrola aktivity žáků. V průběhu vyučovací hodiny smíšeného typu ICT podporuje fáze při opakování učiva, výkladu učiva, procvičování, upevňování a zadávání domácích úkolů [2].

Projektová výuka navazuje na komplexní problémové úlohy a výukové záměry a plány se širším praktickým dosahem.

Fáze řešení projektu [2]:

- stanovení cíle s důrazem na realizovatelnost, vstupy, výstupy a žákovské ztotožnění se
- plán řešení s orientací na fázovatelnost, dílčí měření a průběžné vyhodnocení
- realizaci za využití dostupných HW a SW nástrojů, znalostí z mezipředmětových vztahů a možnostmi experimentování
- doplnění nutných znalostí orientovaných k dosažení cíle
- výstup a vyhodnocení a závěry

Časová dotace – časové rozsahy projektů [2] :

- | | |
|------------------------|--|
| ○ krátkodobé | výuka v řádu jednotek hodin |
| ○ střednědobé | 1 až 2 - týdenní |
| ○ dlouhodobé | projektový týden, aplikovaný 1 x ročně |
| ○ mimořádně dlouhodobé | probíhající paralelně s běžnou výukou |

Počítačem podporovaná výuka je realizována s PC při prezentaci výukových programů, PC jako operačním prostředkem a diagnostickým nástrojem a PC jako prostředníkem pro další digitální periferie bez běžných uživatelských rozhraní. Učitel má nové funkce, zejména jako partner žáka, didaktický programátor a technolog vyučovacích prostředků [2].

Programové vybavení lze z pohledu generačního rozdělit na [2]:

- procvičovací programy
- simulační programy a didaktické hry
- elektronické učebnice a encyklopedie
- programy pro laboratorní výuku
- výukový SW programovacích jazyků

Přínosem pro proces výuky za pomoci počítače jsou i [2]:

- přístupy ke zdrojům sítě Internet, např. obsah www stránek
- možnost komunikace mezi školami - email, konference, diskuse, videoblogy
- vzdálené vyučování – e-learning
- možnost a nutnost cizojazyčné komunikace

Počítačem podporovaná výuka a technika ve výuce obecně by neměly nahrazovat proces pedagogické interakce a komunikace učitele s žákem. Nenahrazuje mezilidské kontakty a neudrzuje sociální vazby [2].

2.2 Regulace

Řízení a regulace topných systémů lze charakterizovat jako procesy, které svým aktivním způsobem ovládní realizují změny veličin v řízených soustavách. Řízení vychází z přesně nadefinovaných postupů, které řídicí jednotka bude realizovat, na základě snímaných hodnot, na výstupu

Regulace soustav je efektivní generuje-li zdroj právě takové množství energie, které pokrývá aktuální tepelné ztráty [3]. Může být realizovaná změnou výkonu zdroje např. sníženou/zvýšenou modulací, stupňovitostí hořáků, nebo proměnnou spínací diferencí. U zdrojů na pevná paliva se regulace provádí buď změnou přívodu vzduchu samočinnými mechanismy či elektromechanicky, nebo změnou otáček ventilátoru. U zdrojů regulovaných změnou přívodu vzduchu nastává negativní stav, kdy je aktuální potřeba na výrobu energie menší, než minimální výkon potřebný k zajištění a udržení hoření. V této situaci bývá

produkce škodlivých látek mimo povolené emisní limity. Stejná situace nastává v případě předimenzování zdroje, kdy je pracovní pásmo vysoko nad rozsahem okamžitého odběru. Pokud tato situace nastává, zejména v přechodných obdobích, lze uvažovat o zařazení dalšího tzv. akumulčního spotřebiče, který přebytečné teplo uloží pro dobu, kdy jej bude moci soustava odebrat a zdroj se bude pohybovat optimálním pracovním pásmem. Regulace soustavy se provádí změnou teploty čtyřcestným, nebo trojcestným směšovacím ventilem. U soustav, kde zdroj provádí modulaci výkonu je regulace soustavy již tímto zdrojem realizovaná. U soustav akumulčních, nebo u zdrojů bez modulace, např. s pevným zkratem proti nízkoteplotní korozi, je teplota média vždy vyšší, než teplota, kterou soustava za vnějších okolních podmínek vyžaduje. Regulace koncových bodů soustavy se provádí změnou průtoku za použití P nebo PI regulátoru, např. pasivní termostatické hlavice, nebo programovatelné hlavice.

Obecně můžeme rozdělit regulaci [3]:

- vlastního zdroje
- soustavy centrálně, nebo větví soustavy
- koncových bodů soustavy

2.3 Kvalitativní regulace

„Při této regulaci se mění teplota otopné vody a průtok zůstává konstantní. Kvalitativní regulaci lze provádět změnou teploty vody ze zdroje tepla, popř. směšováním v trojcestných nebo čtyřcestných armaturách či v pevném směšovacím bodě potrubní sítě.“
 ([3], strana 5).

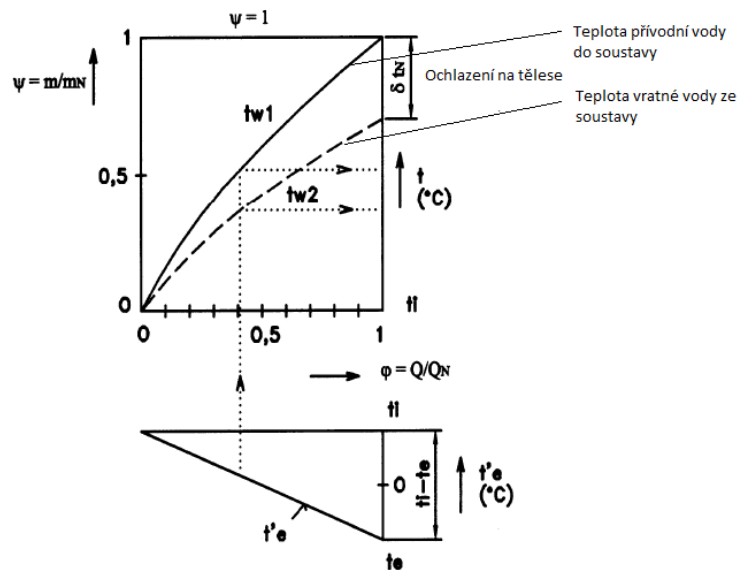
Pro závislost regulované teploty teplotnosné látky zavedeme teplotu t_{w1} , která závisí na zatížení soustavy φ [3]. To je poměr skutečného odebíraného výkonu Q soustavou ke jmenovitému teplotu Q_N při vnější výpočtové teplotě t_e . Teplota t_i je interní výpočtová teplota referenční místnosti.

$$\varphi = \frac{Q}{Q_N} \approx \frac{t_i - t'_e}{t_i - t_e} \quad (2.1)$$

„Z poměrů výkonů otopné plochy určených z kalorimetrické rovnice se stejnými průtoky vyplývá:

$$\varphi = \frac{\delta t}{\delta t_N} = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{(t_{w1} - t_{w2})_N} \quad (2.2)$$

Kde δt a δt_N jsou skutečné a jmenovité ochlazení na otopné ploše (v otopném tělese).“ ([3], strana 5). t_{w1} je teplota přívodní teplé vody do soustavy a t_{w2} je teplota vratné vody, tzv. zpátečka.



Obr. č. 1 Kvalitativní regulace, převzato a upraveno z [3]

2.4 Kvantitativní regulace

“Kvantitativní regulace se provádí změnou hmotnostního toku, přičemž teplota je neměnná. Průtok se mění škrcením nebo rozdělením proudu v trojcestné směšovací armatuře popř. v pevném rozdělovacím bodě.“ ([3], strana 6).

Výpočet zatížení soustavy:

$$\varphi = \frac{m}{m_N} = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{(t_{w1} - t_{w2})_N} = \psi \frac{t_{w1} - t_{w2}}{(t_{w1} - t_{w2})_N}, \quad (2.3)$$

kde:

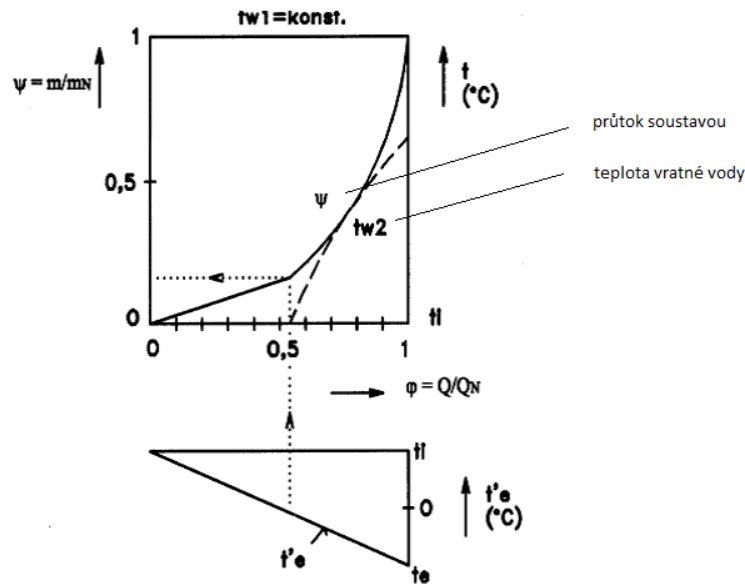
ψ - je poměrný průtok soustavou [-]

m - je skutečný hmotnostní průtok teplotonosné kapaliny [kg]

m_N - je jmenovitý hmotnostní průtok teplotonosné kapaliny vody [kg]

Odvozením získáme závislost poměrného průtoku soustavou ψ na zatížení φ :

$$\psi = \frac{0,5 \cdot \Delta t_N \cdot \varphi}{t_{w1} - t_i - \Delta t_N \cdot \varphi^{\frac{1}{n}}} \quad (2.4)$$



Obr. č. 2 Kvantitativní regulace, převzato a upraveno z [3]

2.5 Fyzická infrastruktura v budovách

Periferie zajišťující sběr dat/hodnot mimo místo instalace vlastního regulátoru jsou připojeny po metalických vodičích např.:

- SYKFY pro malá napětí a proudy, pro dálkové napájení snímačů.
- CYKY/CYKYLO pro nízká napětí, pro napájení snímačů, regulátorů a akčních členů
- UTP/FTP pro přenos do TCP/IP aktivních prvků a monitorovacích stanic

Stíněné vodiče je doporučeno používat z důvodu eliminace rušení a připojit je na ekvipotencionální sběrnici budovy. RF a WiFi individuálně doplňují pokrytí v místech s nedostupnou fyzickou infrastrukturou.

2.6 Rozhraní průmyslově vyráběných regulátorů pro domácnosti

2.6.1 OpenTherm®

OpenTherm® je standardní komunikační protokol použitý v soustavách s jedním zdrojem, např. mezi kotlem a termostatem nebo regulátorem. To je point to point protokol, kde prostorový termostat master a kotel je slave. Nahrazuje termostat s ON/OFF regulací omezenou pouze na zapnutí a vypnutí zdroje nebo termostat PI nespojitý s časovými plány. OpenTherm® je systém komunikace mezi zdroji se schopností modulace výkonu a prostorovými termostaty [4].

Spojité regulace ústředního topení

Základním výhodou komunikačního protokolu OpenTherm® je schopnost řízení výkonu zdroje spojitou regulací. Tato regulovatelnost přináší vyšší účinnost zdroje, úsporu paliva a snížené emise. Spojitou regulací je dosaženo vyššího uživatelského komfortu ve vytápěných objektech.

Sériová komunikace

Dálkové ovládání zdroje vyžaduje pokročilejší protokol. Dálkové ovládání lze použít k ovládání přístroje pomocí regulátoru teploty v obývacím pokoji. Hodnoty zobrazované na displeji regulátoru. Stejný sériový kanál může být použit ke čtení stavu zdroje, nastavení limitních hodnot řídicí jednotky zdroje a další data, jako např. zobrazení chybových hlášení.

Vlastnosti soustav kotel-regulátor při komunikaci OpenTherm® [13]:

- zvýšení životnosti zdroje díky modulaci (oproti dvoustavovému řízení výkonu 0 nebo 100%)
- bezbateriový provoz – vzdálené napájení
- dvou vodičové připojení nízkého napětí a jednoduchá instalace jako ON/OFF termostaty
- testování uzavření smyčky
- žádná konfigurace linky nebo kalibrace – digitální přenos
- stav kotle na displeji
- možnost nezávislé volby výrobce, podpora Viessmann, Bosch, Siemens, Honeywell
- maximální délka vedení je 50 m
- maximální odpor $2 \times 5 \Omega$

Komunikační protokol: ID a významy přenášených dat [13]:

- 0 - Stav
- 1 - Zápis žádaná teplota TV
- 3 - Konfigurace
- 16 - Zápis žádané teploty místnosti
- 17 - Čtení výkonu kotle
- 18 - Čtení tlaku vody
- 19 - Čtení průtoku
- 25 - Čtení teplota TV
- 26 - Čtení teplota TUV
- 27 - Čtení venkovní teplota
- 28 - Čtení teplota vratu
- 33 - Čtení teplota spalín
- 56 - Zápis žádaná teplota TUV

2.6.2 LPB – Local Process Bus

LPB je peer – peer komunikace bez určení master - slave členů na dvoudrátové sběrnici. Počet přístrojů je omezen, komunikace je zabezpečena proti kolizi. Adresa se skládá z adresy segmentu a adresy zařízení, např. oběhového čerpadla, ventilátoru. [5]

2.6.3 USB/RS/ETHERNET

USB je univerzální čtyřdrátová sériová sběrnice pro připojení managementu a dohledových terminálů k PC, přenášená data jsou upravena na TX straně diferenčním obvodem tak., že logická hodnota je dána rozdílem napětí mezi vodiči D+ a D-. [6]

RS – sériové rozhraní pro přenos informací za pomoci proudu. Typy rozhraní jsou RS232C, RS422, RS423 a RS485. Datové přenosy jsou omezeny na max. 10Mbps a dosah je do 1200 m. Přenosy jsou typu point to point i sběrnicevého typu a adresací [6].

Ethernet je rozhraní pro přístup regulátorů do LAN/MAN/WAN sítí, vč. Internetu. Regulátor se prezentuje MAC a IP adresou a poskytuje služby SNMP nebo http/https.

2.6.4 ON/OFF

Dvoustavová informace je přenášená dvoudrátovým vedením, stavy vypnuto/zapnuto se přenáší buď bezpotenciálním kontaktem, nebo obvodem s otevřeným kolektorem.

3 Regulování tepelných soustav

3.1 Soustavy

Rozlišujeme soustavy [3]:

- statické – regulovaná veličina vykazuje trvalou regulační odchylku
- astatické – regulovaná veličina může být udržována i na základě nulové akční veličiny, resp. bez regulační odchylky

3.2 Řízení – ovládání a regulace

Řízení a regulace topných systémů lze charakterizovat jako procesy, které svým aktivním způsobem ovládání realizují změny veličin v řízených soustavách. Řízení vychází z přesně nadefinovaných postupů, které řídicí jednotka bude realizovat na výstupu, na základě snímaných vstupních hodnot.

3.3 Druhy řízení

Ovládání [3]

Smyčka je otevřená. Poskytuje jednosměrný tok příkazů a povelů z řídicích veličin do řízené soustavy. Mezi výstupní a vstupní veličinou není vytvořena zpětná vazba, která by předávala jakékoliv informace k ovlivnění rozhodování. Typickým příkladem jsou spínací hodiny, které zaktivují určitou komponentu v soustavě, např. kotel, nebo čerpadlo. Soustava, ať již bude v jakémkoliv stavu, nebude zpětně zasahovat do spínacích časů, které jsou v hodinách nastaveny.

Regulace[3]

Smyčka je otevřená. Výstupní veličina je aktivně modulována/přizpůsobována podle řídicích veličin a podle regulovaných veličin. Jednoduchým příkladem je dvoustavový prostorový termostat, resp. jeho kontakt, který podle teploty v referenční místnosti předává do zdroje informaci, že je úroveň veličiny na požadované úrovni, nebo není.

3.4 Regulace tepelného příkonu do soustav

Základní rozdělení typů podle umístění senzorů [11]:

Regulace výstupní vody ze zdroje na konstantní teplotu

- přímá regulace termostatickým regulátorem

Podle teploty vzduchu v místnosti

- přímá regulace zdroje tepla

- nepřímá - nepřímá regulace, kdy je regulátorem řízen směšovací ventil regulující topnou vodu odcházející do soustavy a až následně je samostatně regulován zdroj
- místní regulací realizované uzavřením ventilu v místnosti

Ekvitermně, podle venkovní teploty

- přímá regulace zdroje tepla
- nepřímá regulace, kdy je regulátorem řízen směšovací ventil regulující topnou vodu odcházející do soustavy a až následně je samostatně regulován (tlumen) zdroj díky nedostatečnému odběru energie

Podle zatížení

- přímá
- s použitím fuzzy logiky

4 Technika

4.1 Teplotní stupnice

Na základě trojného bodu, rovnovážného skupenství vody, ledu a syté vodní páry, je definována teplotní stupnice. **Kelvin [K]** je základní jednotkou termodynamické teploty. Je definovaný jako 273,16 – tá část teploty trojného bodu vody. Termodynamická teplota má značku T . Hodnota trojného bodu je pevně stanovena na $T = 273,16 \text{ K}$ [9].

Stupeň Celsia [°C] je také jednotkou teploty. Pro vzájemný vztah jednatel platí:

$$\vartheta = T - T_0 \quad (4.1)$$

kde $T_0 = 273,15 \text{ K}$

4.2 Teploměry a principy

Podle vlivu prostředí, jeho stability, rychlost změny, agresivitu atd. jsou do aplikací osazovány nejvhodnější teploměry z pohledu krytí, potřeb počtu vodičů, mechanické odolnosti, přesnosti aj.

Přehledné rozdělení [9]:

- senzory pro dotykové měření teploty
 - elektrické (odporové kovové, termoelektrické, odporové polovodičové, krystalové)
 - dilatační (kapalinové, tlakové- plynové, parní, bimetalové)
 - speciální (akustické, magnetické, teploměrné barvy)
- senzory pro bezdotykové měření teploty
 - tepelné
 - kvantové
 - ultrazvukové

4.2.1 Dotykové měření

Elektrické teploměry využívají závislosti odporu kovu na teplotě. Až na výjimky s teplotou se odpor kovu zvyšuje. Příkladem jsou platinový odporový teploměr, niklový odporový teploměr nebo měděný měřicí odpor. Termistory se záporným součinitelem odporu (NTC) jsou vyráběny práškovou technologií ze směsí oxidu kovů, např. oxid železitý, titaničitý, manganičitý. Teplotní rozsah je od 4,2 K do 1000 °C. Termistory s kladným

součinitelem odporu (PTC) jsou vyrobeny z polykrystalické feroelektrické keramiky, např. z titaničitanu barnatého. Teplotní rozsah je od 60 °C do 180 °C. Jeho odpor s rostoucí teplotou mírně klesá, po překročení Curierovy teploty odpor exponenciálně narůstá a po nárůstu přibližně 3 řády opět mírně klesá. Termoelektrické senzory jsou založeny na převodu tepelné energie na elektrickou. Využívají Seebeckova jevu. Na každý vodiči, jehož teplota se mění, vzniká termoelektrické napětí. Polovodičové senzory jsou na bázi křemíku, germania, india a jejich slitin. Teplotní rozsah je od - 50 °C do 150 °C [9].

Dilatační teploměry pracují na principu změny objemu látek na teplotě. Skleněné teploměry jsou ve skleněné kapiláře. Rozsahy měření se liší podle typu, např. rtuťové jsou od - 30 °C do 650 °C, pentanové pro rozsah - 200°C do 20 °C. Tlakové teploměry jsou sestaveny z kovové nádoby, kapiláry a deformačního tlakoměru. Soustava tvoří jeden nedemontovatelný celek, při naplnění rtutí je měřicí rozsah od - 30°C do 500 °C, při naplnění xylénem od - 0°C do 400 °C a metylalkoholem od - 45°C do 150 °C. Plynové a parní senzory jsou v porovnání s tlakovými přesnější a senzitivnější. Jejich principem je závislost tlaku nasycených par na teplotě. Pracovní rozsah je pro etyléter od 35 °C do 90 °C a toluen 120 °C do 300 °C. Bimetalový senzor tvoří dvojkov – dva pevně spojené kovy s různou teplotní roztažností. Pracovní rozsah je do 400 °C [9].

Mezi **speciální teploměry** lze zařadit akustický, který využívá změny rychlosti zvuku v plynu, který mění teplotu. Využívá se v metrologii nebo akustické teplotní tomografii. Šumové teploměry mají závislost šumového napětí na teplotě. Další speciální teploměry jsou kapacitní, magnetické, teploměrné barvy a tekuté krystaly [9].

4.2.2 Bezdotykové měření

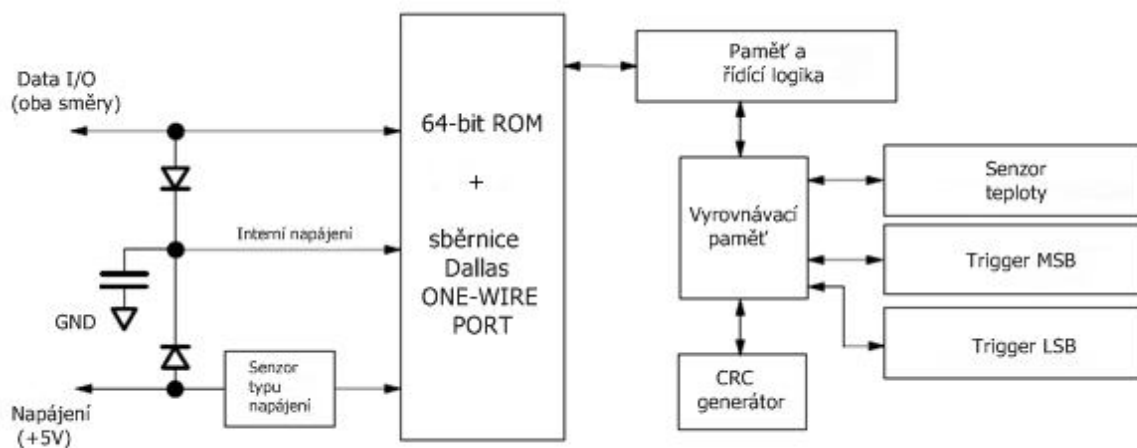
Tepelné senzory využívají interakce fotonů s materiálem senzoru. Při absorpci fotonů dochází oteplení citlivé oblasti a pohlcená energie se vyhodnotí senzorem, nepřímým měřením. Hlavními typy jsou pyrometry, termočláňkové baterie a bolometry. **Kvantové** také využívají interakce fotonů na strukturu senzoru, ale ve fotonapěťovém režimu. Využívají se v CCD CMOS obvodech neviditelné spektrum, např. v termovizních[9].

4.3 Teplotní senzor DS18B20

Čidlo Dallas DS18B20 je číslicový teplotní snímač. Jeho použití je vhodné pro přímé čtení teploty z LSB a MSB byte, výhodnou jednotkovou cenu (samotného obvodu) a snadné připojení na vstup mikroprocesoru bez nutnosti dalších součástí. Další předností je nenáročnost na kabeláž - pro přenos dat a napájení jsou potřebné tři vodiče a nenutnost dalších obvodů a úprav pro omezení rušení, nebo použití referenčních napětí.

Základní parametry obvodu [8]

DS18B20 je dodáván v základním pouzdru PR35. Pro jeho montáž na teplovodní prvky jsou nutné mechanické úpravy. Obvod má 3 vývody: DATA, V_{DD} a GND. Měřící rozsah je od -55 do 127 °C. Uživatelsky se při inicializaci nastavuje rozlišení na 9 – 12 bitů, které interpretuje přesnost od $0,5$ °C do $0,0625$ °C. V základním rozlišení je obvod nastaven na 9 bitů, z toho je 8 bitů číslo a 1 bit je polarita. Základní přesnost měření je $\pm 0,5$ °C v rozsahu $0 - 70$ °C a mimo tento rozsah je minimálně ± 1 °C. Napájecí napětí je 5 V, klidový odběr je $0,35\mu\text{A}$. Během kopírování z RAM do ROM je odběr $350\mu\text{A}$ a při vlastním převodu teploty na číslo až $1,5\text{mA}$. Dosah sběrnice je kolem 20 m, při použití vodičů s průřezem $0,35 - 0,5\text{ mm}^2$ a vedení by mělo být bez souběhu se silovými rozvody elektrické energie.



Obr. č. 4 Bloková schéma obvodu DS 18x20, převzato a upraveno z [8]

Paměť ROM

ROM obsahuje unikátní ID využitelné pro adresovatelné volání čidla na sběrnici. ID má 64 bitů a je vytištěno na pouzdru. Tato adresa je zjistitelná také na vyžádání po sběrnici. Prvních 8 bitů je FAMILY CODE, pro rodinu DS18x20 je vždy stejný. Dalších 48 bitů je unikátních a výrobce zaručuje každému ID jeho neopakovatelnost.

Paměť RAM

Obsahuje registry pro uložení výsledku převodu teploty na číslo, ukládání mezi krajních teplot, rozlišení.

Komunikace s DS18B20

Komunikaci s obvodem zahájí master, který vyšle na sběrnici MASTER RESET. Obvod vyšle jako odpověď signál log. 0 a očekává řídicí sekvenci. Na tu obvod vykoná např. zaslání své adresy, obsah RAM s výsledkem převodu a CRC.

Řídící sekvence má 2 Byte, které interpretují konkrétní operaci. Níže jsou uvedeny podporované funkce:

33h – na sběrnici s jediným DS18B20, návratová hodnota je FAMILY CODE, ID a CRC

55h + ID – oslovuje konkrétní DS18B20 na sběrnici, následující příkaz je pouze pro něj, ostatní obvody jej ignorují

CCh - oslovuje jediný DS18B20 na sběrnici, následující příkaz je pouze pro něj

ECh –vyhledá poplachový stav v čipu, byla-li překročena uživatelsky nastavení horní, nebo dolní mez

4Eh +1B(horní) + 1B(dolní) – zápis mezí do RAM

BEh – je vyžádáno 9 Byte obsahujících: LSB, MSB, horní mez, dolní mez, rez., rez., počet zbývajících cyklů, počet cyklů na 1 °C a CRC

44h – zahájení převodu teploty na číslo

B4h – zjištění stavu napájení po datovém vodiči (po DATA vodiči), nebo standardně

One-Wire protokol Dallas

Komunikační protokol popisuje následujících 5 typů signálu:

Hlavní nulovací puls – master vyše log. 0 po dobu 480 – 960 μ s, následuje reset DS18B20 a inicializační puls.

Prezenční puls – reakce na nulovací puls v log. 0, v délce 60 - 240 μ s

Zápis log. 1 – log. 0 v délce 1 – 15 μ s a dále v log. 1 v délce 15 - 45 μ s

Zápis log. 0 - log. 0 v délce 15 -60 μ s

Čtecí puls - log. 0 v délce 1 – 15 μ s

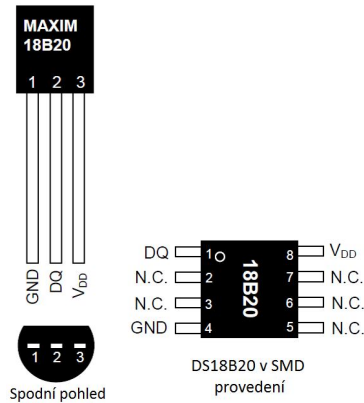
V době klidu je sběrnice ve stavu log. 1

Tabulka 1 Příklad komunikace s DS18B20: inicializace, adresace, spuštění převodu a čtení výsledku, převzato a upraveno z [8]

Zdroj dat	DATA	Význam
Master	Reset	Hlavní nulovací impulz
DS18B20	Prezenční puls	Odpověď
Master	55h	Příkaz, že bude následovat adresa
Master	64 bitů	Adresa
Master	44h	Příkaz – start převodu
Master	log.1	Napájení pro převod, po dobu 500 ms
Master	Reset	Hlavní nulovací impulz
DS18B20	Prezenční puls	Odpověď

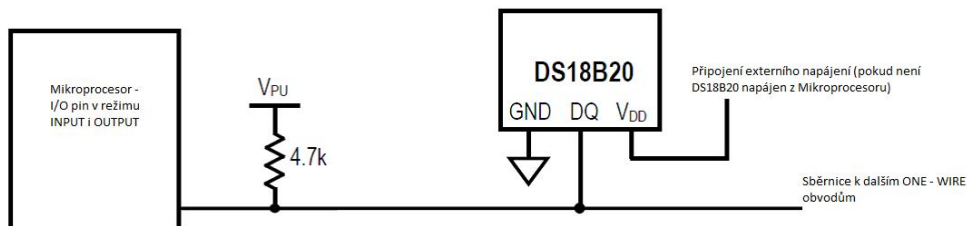
Master	55h	Příkaz, že bude následovat adresa
Master	64 bitů	Adresa
Master	BEh	Příkaz ke čtení RAM
DS18B20	72 bitů	DATA z RAM (LSB, MSB.....CRC)

Pouzdra DS18B20



Obr. č. 4 Převzato a upraveno z [8]

Příklad připojení zapojení teploměru DS18B20 I/O pinem na sběrnici:



Obr. č. 5 Připojení na jednočipový mikro počítač, převzato a upraveno z [8]

Integrovaný obvod DS18B20 je v aplikaci určen pro čtení provozních teplot. Jeho vysoké rozlišení bude ale degradováno, protože v aplikacích vytápění je nutné zavedení hysterezí min. ± 2 °C. Rychlá krátkodobá změna vstupní teploty jako akční veličiny v závislosti např. na start zdroje vytápění by neměla být ihned převedena na výkonové prvky systému, protože může dojít k nežádoucímu rozkmitání soustavy.

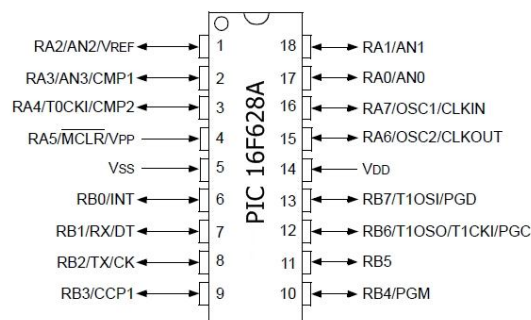
4.4 Mikroprocesory

4.4.1 PIC[®] 16F628A

PIC[®] 16F628A je CMOS jednočipový mikroprocesor hardwarově v 18 -ti pinovém pouzdru. Vysoký výkon je dán architekturou RISC. U mikrokontrolérů PIC16Fxxx jsou Data šířky osm bitů a kód programu je čtrnáctibitový. Tato šířka instrukčního slova umožňuje mít všechny instrukce jednoslovné a proveditelné během jednoho instrukčního cyklu. Instrukce realizující rozvětvení programu vyžadující dva instrukční cykly [21].

Procesorová paměť je rozdělena do tří částí:

- programová paměť Flash o velikosti 2048x14 bitů
- datová RAM paměť o velikosti 224x8 bitů
- datová EEPROM o velikosti 128x8 bitů



Obr. č. 6 Pouzdro obvodu 16F628A, převzato a upraveno z [21]

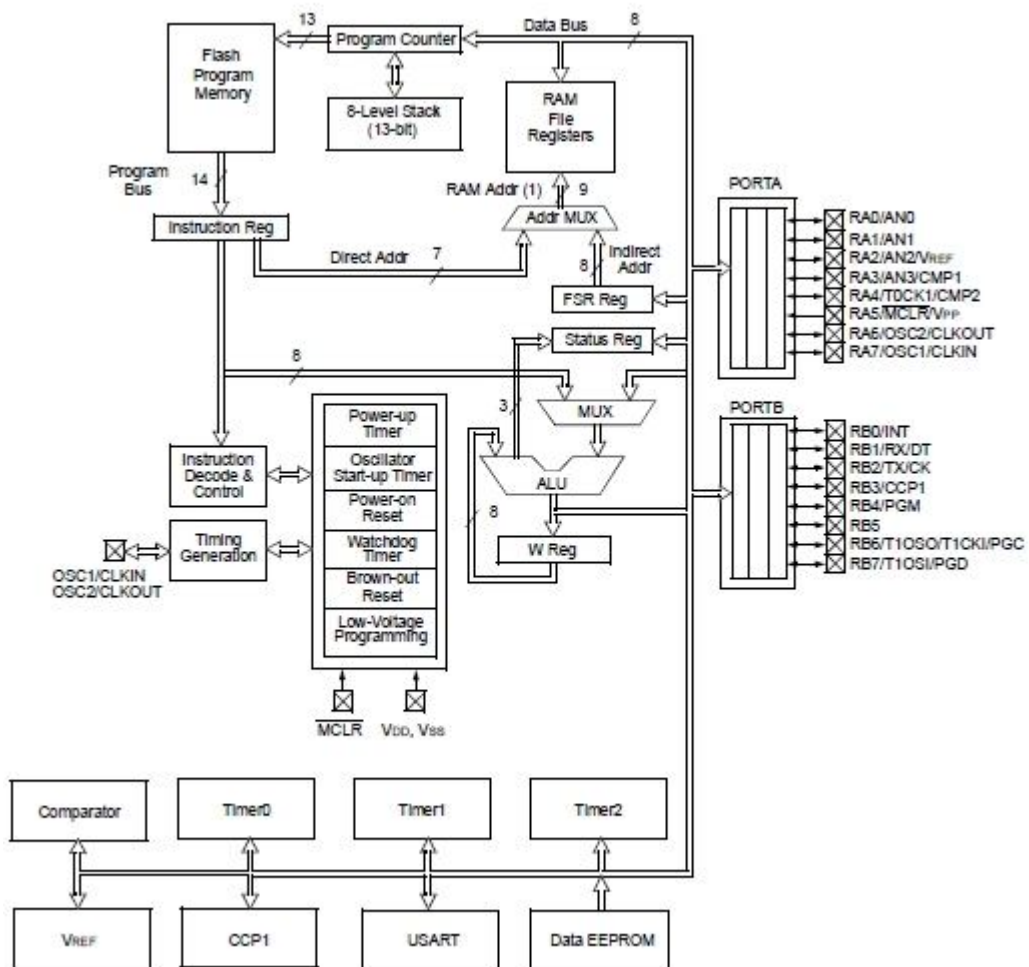
Vlastnosti procesoru jsou:

- sada se 35 instrukcemi
- všechny instrukce používají jediný programový cyklus
- frekvence 20 MHz – v přepočtu 200 ns na instrukční cyklus
- obsluha přerušení INT
- 16 speciálních funkcí hardwarových registrů
- osmi úroňový hardwarový zásobník
- přímý, nepřímý a poměrný adresový režim

Popis periférií:

- 15 x konfigurovatelných periferních pinů I/O - vstup / výstup
- vysoké proudové zatížení I/O
- 2 x analogový komparátor

- programovatelné referenční napětí (V_{ref}) pro komparátor
- 1x osmibitový časovač /čítač s osmibitovou předděličkou
- 1x šestnáctibitový časovač /čítač s externím krystalem
- 1x osmibitový časovač / čítač s osmibitovým registrem, předděličkou a děličkou
- 1x PWM modul s rozlišením na deset bitů
- 1x synchronní/asynchronní přijímač/vysílač USART/SCI



Obr. č. 7 Vnitřní architektura obvodu, převzato z [21]

Speciální funkce procesoru:

- Po zapnutí RESET POR
- Časovač zapnutí PWRT, spící mód
- Časovač zapnutí oscilátoru OST
- Brown-out Detect BOD

- Časovač Watchdog WDT
- Programovatelné nastavení pull-up odporů na PORTB
- Programovatelná ochrana kódu CP
- Programování nízkým napětím LVP
- Výběr typu oscilátoru (interní, RC, krystalový)
- Sériové programování (ICSP) na I/O RB6, RB7

Architektura:

ALU je aritmetickologická jednotka. Realizuje operace sčítání, odečítání, posouvání obsahu registru a logické operace. Aritmetické operace mají dva operandy, z nichž jeden je vždy v pracovním registru (W-registr) a druhý operand je registr v paměti nebo konstanta. U jednoduchých instrukcí je operandem vlastní pracovní registr (W-registr), nebo registr v paměti. Pracovní registr (W) je osmi bitový a je určen pro práci ALU. V závislosti na vykonávání instrukcí ALU jsou ovlivňovány hodnoty příznaků v registru STATUS.

Paměť programu

Procesor má třináctibitový programový čítač (PC), který adresuje programovou paměť o velikosti 8K x 14 bitů. Jenom prvních 2K x 14 bitů (0000h-07FFh) je fyzicky implementováno. Pokus o přístup nad 3FFh způsobí návrat na první adresu prostoru (na adresu 0000h). Po resetu procesor startuje na adrese 0000h. Vektor přerušení je na adrese 0004h. Díky prodloužení instrukčního slova pokrývají instrukce GOTO a CALL stránky programové paměti o velikosti 2K.

Paměť dat

Paměť dat je rozdělena do čtyř BANK o velikosti 128 byte, které obsahují základní funkční registry (00h-1Fh) a uživatelské registry ve statické RAM (20h - 7Fh, A0h-FFh, 12h-14Fh, 170h-17Fh, 1F0-1Fh). Adresy F0h-Fh, 170h-17Fh a 1F0h-1FFh jsou ve společné paměti RAM mapovány na adrese 70h-7Fh. Některé z těchto systémových registrů jsou dostupné ve všech čtyřech bankách některé pouze v bance 0 nebo 1.

Porty

Mikrokontrolér PIC16F628A má 2 porty: port A a port B. Celkem nabízí 15 vstupních nebo výstupních vývodů. Funkce vývodů u těchto portů mohou být měněny v závislosti na požadavku programu.

Port A

Port A je pětibitový (využitelnost je 5 bitů, další je MCLR a OSC1, 2). Vývod RA4 má na vstupu Schmittův obvod a jako výstup je s otevřeným kolektorem. Ostatní vývody portu A mají jako vstupní úroveň TTL a jako výstup budiče CMOS. Všechny I/O výstupy mají řídicí bit pro směr toku dat (konfigurovatelné v parametru TRISA registru), kterým může být každý z vývodů nastaven jako vstup nebo výstup nezávisle na ostatních. Nastavením příslušného bitu na hodnotu 1 v registru TRISA se nastaví příslušný vývod jako vstupní, nastavením příslušného bitu na hodnotu 0 se nastaví příslušný vývod jako výstupní. Vývod portu RA4 je možné konfigurovat jako vstup pro hodinový signál TMR0. Čtení portu A probíhá tak, že je čten stav vývodů portu A. Zápis na PORTA se zapisuje do výstupního bufferu.

Port B

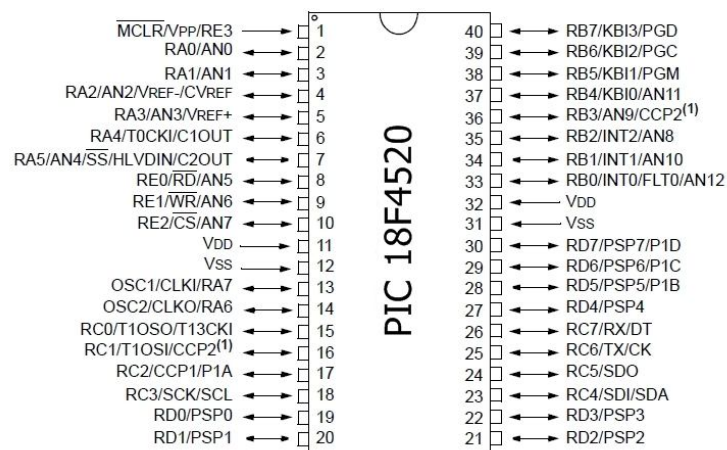
Port B je osmibitový. Odpovídající směry toku dat jednotlivých vývodů se konfiguruje v registru TRISB. Při čtení portu B je čten stav vývodů v registru PORTB, při zápisu je hodnota zapsána do výstupního bufferu portu B. Každý z vývodů portu B může mít softwarově připojen vnitřní pull-up rezistor na všech vývodech konfigurovaných jako vstupní I/O. Toto je automaticky vypnuto u těch vývodů, které jsou nastaveny jako výstupní. Porty RB4 - RB7 mohou vyvolat přerušování při změně jejich stavu, při jejich nastavení jako vstupní.

4.4.2 PIC[®] 18F4520

Mikroprocesor patří do rodiny PIC[®] 18F. nanoWatt technologie jej nominuje k použití do aplikací s nároky na velmi nízkou spotřebu při běhu programu. Vnitřní systém redukuje nutnost připojení dalších externích obvodů. Disponuje dvaceti zdroji přerušování a čtyřmi časovači, dvěma PWM a proudová zatížitelnost výstupů je 25 mA. Data a program v oddělených částech paměti a mohou mít různou velikost. Je vybaven 36 I/O periferními rozhraními v pěti portech [22].

Procesorová paměť je rozdělena do 3 částí:

- Programová paměť Flash o velikosti 32x14 bitů
- Datová RAM paměť o velikosti 1536x8 bitů
- Datová EEPROM o velikosti 256x8 bitů



Obr. č. 8 Pouzdro obvodu 18FF4520, převzato a upraveno z [22]

Porty

Mikrokontrolér PIC[®] 18F4520 má 5 portů: PORTA, PORTB, PORTC, PORTD a PORTE (36 vývodů). Porty se nastavují v registrech TRISA - TRISE jako vstupní nebo výstupní.

Port A

Port A je fyzicky osmibitový, využitelných je 6 bitů. RA0 - RA3 a RA5 jsou konfigurovatelné jako digitální vstup, nebo jako A/D převodník. Nastavení převodníku se provádí v registru ADCON1. I/O periferní piny mají řídicí bit pro směr toku dat (v TRISA registru), kterým může být každý z vývodů nastaven jako vstup nebo výstup nezávisle na ostatních. Nastavením příslušného bitu na hodnotu 1 v registru TRISA se nastaví příslušný vývod jako vstupní, nastavením příslušného bitu na hodnotu 0 se nastaví příslušný vývod jako výstupní. Vývod portu RA4 je možné využít jako vstup pro hodinový signál TMR0. RA6 – RA7 je využít pro externí zdroj hodinového signálu OSC1/OSC2. Čtení portu A probíhá přímým čtením pinu resp. v registru portu A. Zápis na port A zapisuje prostřednictvím výstupního bufferu portu A.

Port B

Port B je osmibitový. Směr toku dat vývodu je nastaven v registru TRISB, kterým může být každý z vývodů nastaven jako vstup nebo výstup nezávisle na ostatních. Nastavením příslušného bitu na hodnotu 1 v registru TRISB se nastaví příslušný vývod jako vstupní, nastavením příslušného bitu na hodnotu 0 se nastaví příslušný vývod jako výstupní. Při čtení portu B je čten stav vývodů v registru PORTB, při zápisu je hodnota zapsána do řídicího

bufferu portu B. Na pinech RB0-RB3 lze vyvolat přerušení, na portech RB0 - RB5 jsou dostupné A/D převodníky. Nastavení převodníku se provádí v registru ADCON1.

Port C

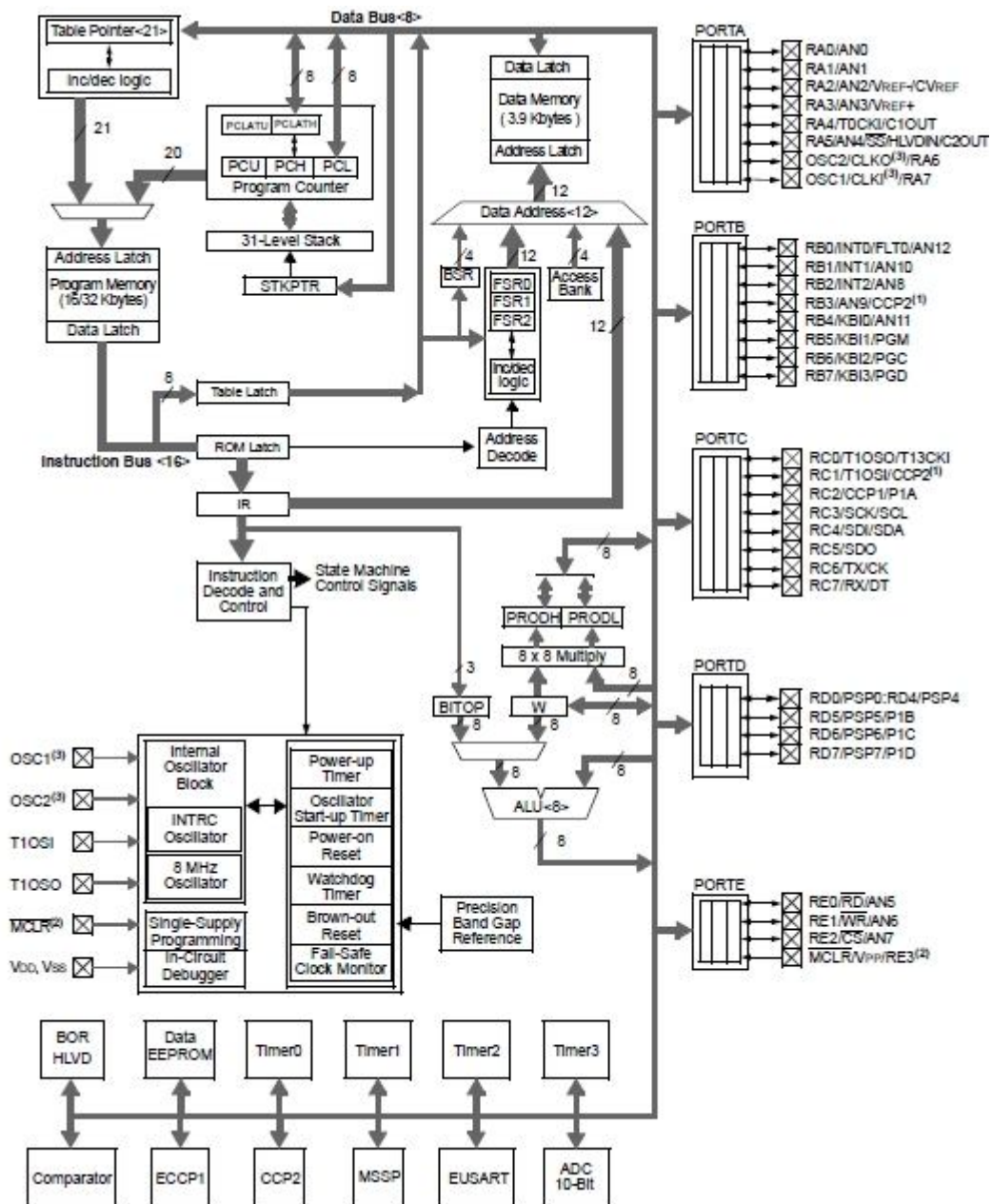
Port C je osmibitový. Směr toku dat vývodu je nastaven v registru TRISC, kterým může být každý z vývodů nastaven jako vstup nebo výstup nezávisle na ostatních. Nastavením příslušného bitu na hodnotu 1 v registru TRISC se nastaví příslušný vývod jako vstupní, nastavením příslušného bitu na hodnotu 0 se nastaví příslušný vývod jako výstupní. Při čtení portu C je čten stav vývodů v registru TRISC, při zápisu je hodnota zapsána do řídicího bufferu portu C. Na vývodech PORTC 3 a 4 je vyvedena sběrnice I2C, RC3 poskytuje SCL a RC4 sběrnici SDA. Na vývodech PORTC 6 a 7 je vyveden UART I2C, RC6 poskytuje signál TX RC7 signál RX.

Port D

Port D je osmibitový. Směr toku dat vývodu je nastaven v registru TRISD, kterým může být každý z vývodů nastaven jako vstup nebo výstup nezávisle na ostatních. Nastavením příslušného bitu na hodnotu 1 v registru TRISD se nastaví příslušný vývod jako vstupní, nastavením příslušného bitu na hodnotu 0 se nastaví příslušný vývod jako výstupní. Celý port má na vstupech Schmittův obvod. Porty RD5 – RD7 lze využít pro PWM. Dalším režimem je paralelní osmibitový port, LSB na pinu RD0 a MSB na portu RD7.

Port E

Port E je čtyřbitový, s využitím 3 bitů. Směr toku dat vývodu je nastaven v registru TRISE, kterým může být každý z vývodů nastaven jako vstup nebo výstup nezávisle na ostatních. Nastavením příslušného bitu na hodnotu 1 v registru TRISE se nastaví příslušný vývod jako vstupní, nastavením příslušného bitu na hodnotu 0 se nastaví příslušný vývod jako výstupní. RE0 – RE2 jsou konfigurovatelné jako digitální vstup, nebo jako A/D převodník. Nastavení převodníku se provádí v registru ADCON1.



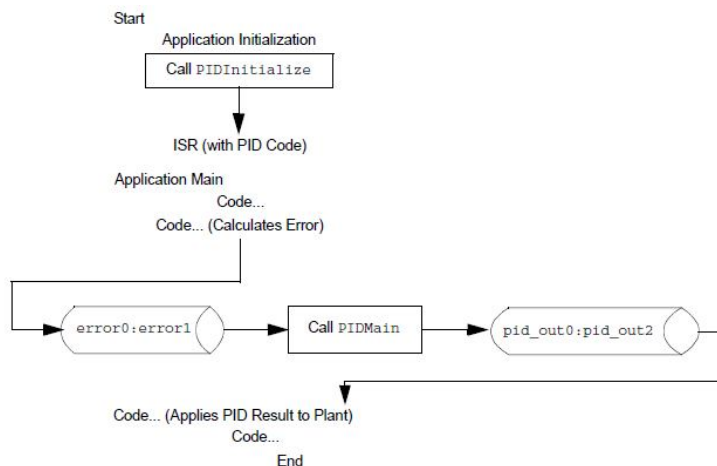
Obr. č. 9 Vnitřní architektura obvodu, převzato z [22]

4.4.3 Implementace AN937- PID v PIC[®] 18F4520

Jednočipové mikroprocesory řady PIC[®] 18F mají dostupnou rutinu PID. Procesor provádí měření, zpracovává buď digitální, nebo analogové hodnoty z periferií a na základě požadované a měřené hodnoty odvozuje chybu-odchylku. Výstupem je vypočtena hodnota regulace PID, která musí být zaslána do akčního členu pro korekci chyby. Rychlost tohoto výpočtu je závislá na výkonu procesoru. Pro pomalé soustavy, jako topné soustavy, může být rychlost nízká, při požadavku na rychlý akční zásah akčního členu musí být rychlost zpracování vyšší. Obrázek znázorňuje proces AN937. PID rutina je navržena pro vložení do zdrojového kódu v závislosti na použitém rozlišení měřených a poruchových hodnot. Pracuje

s osmi nebo šestnáctibitovou poruchovou veličinou, která je vypočtena mimo vlastní PID rutinu.

Poruchovou veličinou lze vyjádřit buď procentuelně (0 - 100%), jako hodnotu 0 - 255 v osmibitovém, nebo 0 - 4096 v šestnáctibitovém režimu. V části #define se provede volba požadovaného režimu spolu s dalšími deklaracemi proměnných.



Obr. č. 10 Rutina PID AN937 implementovaná v procesoru PIC[®] 18F, převzato z [23]

Uložení 2 bytové hodnoty je realizováno následovně: šestnáctibitová proměnná je složena s nevýznamnějšího a nejméně významného bitů: MSB/LSB

error0:error1: error0 obsahuje MSB osm bitů, error1 obsahuje LSB osm bitů.

3 bytová proměnná z hlediska uložení MSB/LSB

pid_out0:pid_out2: pid_out0 obsahuje MSB osm bitů a pid_out2 obsahuje LSB osm bitů.

Tabulka 2 Přehled proměnných AN937

Proměnná	Typ	Popis
error0:error1	poruchová veličina	šestnácti bit proměnná obsahující hodnotu mezi požadovanou a měřenou teplotou
a_error0:a_error1	poruchová veličina	šestnácti bit proměnná obsahující kumulativní hodnotu chyb - součet chyb error0:error1
d_error0:d_error1	poruchová veličina	šestnácti bit proměnná obsahující rozdíl mezi error0:error1 and p_error0:p_error1
p_error0:p_error1	poruchová veličina	šestnácti bit proměnná obsahující hodnotu odchyly
a_err_1_lim	poruchová veličina	osmi bit konstanta s hodnotou maximální kumulativní odchyly
a_err_2_lim	poruchová veličina	osmi bit konstanta s hodnotou maximální kumulativní odchyly
kd	8 - bit hodnota	derivační zesílení, nabývá hodnoty 0-15
ki	8 - bit hodnota	Integrační zesílení, nabývá hodnoty 0-15
kp	8 - bit hodnota	proporcionální zesílení, nabývá hodnoty 0-15
pid_stat1	8 - bit proměnná	stavový registr stat1 s obsahem stavových bitů (pozitivní, negativní, zero, non zero..)
pid_stat2	8 - bit proměnná	stavový registr stat2 s obsahem stavových bitů (pozitivní, negativní, zero, non zero..)
deriv0:deriv2	24 - bit proměnná	derivační čas
integ0:integ2	24 - bit proměnná	integrační čas
pid_out0:pid_out2	24 - bit proměnná	PID výstup
prop0:prop2	24 - bit proměnná	proporcionální čas
timer1_hi	8 - bit časovač	konstanta uložená v TMR1H registru
timer1_lo	8 - bit časovač	konstanta uložená v TMR1L registru

Složka P

Proporcionální složka je nejjednodušší ze všech třech a je nejvíce využívaná v regulačních systémech se zpětnou vazbou. Proporcionální zesílení (kp) je vynásobeno hodnotou chyby. Chyba je šestnáctibitová hodnota $error0: error1$. Výše korekce aplikované v systému, je přímo úměrná chybě. S rostoucím ziskem se regulátor stává agresivnější. Tento typ řízení se používá u soustav s malou, ale ne nulovou odchylkou. To je také důvodem, proč je proporcionální řízení vhodné pouze pro některé systémy.

Pro výpočet hodnot $prop0:prop2$:

$$prop0:prop2 = kp * error0:error2 \quad (4.2)$$

Výsledek je uložen do dvacetičtyřbitové proměnné, $prop0: prop2$. Tato hodnota bude použita později v kódu pro výpočet celkové hodnoty PID.

Složka I

Na rozdíl od proporcionálního ovládání, které sleduje aktuální odchylku, integrační řízení sleduje předchozí odchylky. Kumulativní odchylka (součet všech minulých odchylek) se používá k výpočtu integrační časové složky, v pevných časových intervalech. Vždy, když vyprší nastavený interval, aktuální hodnota odchylky je přičtena k proměnné a_error . Tepelné systémy vytápění vyžadují delší vzorkovací časy, než např. motorické systémy. Pokud by byl vzorkovací čas systému topení příliš rychlý, hodnota a_error by se přičítala příliš rychle a systém by nemohl správně nereagovat.

$a_error0: a_error2$ je součet minulých chyb. V tabulce je pro vysvětlen způsob, jak se a_error načítá. Pokaždé, když PID rutina obdrží odchylku, může, nebo nemusí být přidána do kumulované chyby proměnné. To je závislé na přetečení Timer1. Jestliže Timer1 přetekl, pak je chyba v té chvíli být přidány do kumulované chyby proměnné. Rychlost Timer1 je řízena přerušením s vysokou prioritou. TMR1H: TMR1L jsou naplněny hodnotami konstant $timer1_hi$ a $timer1_lo$. Kumulované odchylky se násobí Integrační ziskem, $a_error0: a_error2 * ki$ a výsledek je uložen v proměnných $integ0: integ2$. Limitní hodnoty $a_err_1_Lim: a_err_2_Lim$ jsou opatřením proti narůstání hodnoty kumulovaných odchylek. Pokud kumulovaná hodnota překročí limit, je její hodnota nastavena z výchozího nastavení - z výchozí deklarace proměnných.

Pro výpočet integračních složek:

$$integ0:integ2 = ki * a_error0:a_error1 \quad (a_error0:a_error1 = error0:error1 + error0:error1 + \dots error0:error1) \quad (4.3)$$

Tabulka 3 Chování integrační složky regulace

čas	odchylka	přetečení	kumulovaná odchylka
t = n	10%	Ne	x%
t = n + 1	8%	Ne	x%
t = n + 2	12%	Ano	x + 12%
t = n + 3	9%	Ne	(x% + 12%)
t = n + 4	6%	Ne	(x% + 12%)
t = n + 5	4%	Ano	(x% + 12%) + 4%

Jak již bylo zmíněno, proporcionální složka reaguje na současné chyby, integrační člen je určen s ohledem na chyby z minulosti.

Derivační složka ze současných a minulých chyb předpovídá budoucí odezvu systému. Derivační čas se počítá podobně jako integrační. Tento čas je založen na rychlosti změn systému, ze kterého je vypočtena hodnota d_error . To je rozdíl mezi aktuální a předchozí chybou. Rychlost vzorkování je závislá na časovači Timer1. Výpočet derivačního času se provádí tak, že je odečtena předchozí chyba z aktuální chyby ($d_error0: d_error1 = error0: error - p_error0: p_error1$).

Rozdíl se vynásobí ziskem kd a výsledek je umístěn v registrech $deriv0: deriv2$.

Pro výpočet derivačních složek:

$$deriv0:deriv2 = kd * d_error0:d_error1 \quad (d_error0:d_error1 = error0:error - p_error0:p_error1) \quad (4.4)$$

Ladění – tuning

Nastavení PID regulátoru je časově náročné a v souladu s následujícím postupem:

1. Spustit systém v otevřené smyčce a měřit jeho reakce v průběhu času.
Na základě naměřených hodnot zvolit PID složky
2. Určit parametr doby odezvy soustavy, která bude ovlivňovat PID a meze akumulace chyb

3. Určit, jak často budou vypočítávány a_error a d_error

Ve výchozí konfiguraci se vypočítá d_error jednou pro každý a_error . Laděním by mělo zjištěno, zda to má být častěji. Pro začátek je vhodné nastavení s nejmenšími zisky (tj. $k_p = 1 * 16$, $k_i = 1 * 16$, $k_d = 1 * 16$), s následným pomalým zvyšováním těchto hodnot, dokud není dosaženo požadované hodnoty výstupu. S několika kódovými úpravami je možné, aby byl regulátor nastaven pouze proporcionálně a pak přidat i další podmínky, nejdříve I + optimalizovat výstup a pak D + optimalizovat výstup.

PID výstup

Celková hodnota PID je uložena v *PID Output*. Je součet složek proporcionální, integrační a derivační.

$$PID\ Output = prop0:prop2 + integ0:integ2 + deriv0:deriv2 \quad (4.5)$$

4.5 Pohony ventilů

Servopohon MUT jako hlavní akční člen pro směšování vody do soustavy přímého okruhu a okruhu podlahového vytápění.

Servopohon MUT V70 se vyznačuje:

- kompatibilitou s třícestnými ventily MUT2000
- třibodovým připojením, s přímým připojením na relé
- napájením síťovým napětím 220V bez nutnosti dalšího zdroje

Základní parametry servopohonu

V70 je dodáván v modrém, samozhášecím krytu, s krytím IP 40. Pro jeho montáž na teplovodní trojcestný ventil jsou určeny přiložené distanční šrouby. Servopohon se přímo zamění za továrně osazený ruční otočný ovladač do vodorovné nebo svislé polohy, s výjimkou montáže pod ventil, a to z důvodu bezpečnosti při úniku kapaliny nap. při porušení těsnosti potrubí apod. Dále je vybaven mikrospínačem pro signalizaci dosažení maximálního úhlu otočení. Krouticí moment je 7 N.m^{-1} , doba přeběhu rozsah (0 - 90°) je 240 s. Příkon v době provozu je 1,5 VA, klidový je 0 VA [zdroj: uživatelský manuál].

4.6 Akumulační nádoby

Ukládání energie v době přebytku ze zdrojů za účelem jejich dalšího využití poskytují akumulční nádoby s vhodnými médii. Nejčastějšími jsou voda, oleje a vosky. Součástí

nádob je tepelná izolace, která zabraňuje ochlazování povrchem nádoby. Běžná hodnota samovolného ochlazení objemu je 3-4 % / den.

Požadavky na akumulční nádoby jsou z pohledu:

Tvaru

- kruhové s klenutými dny pro tlakové soustavy s nuceným oběhem
- jiné geometrické tvary + kruhové bez klenutých dnů pro otevřené systémy

Umístění a dimenze vývodů

- pro teplotnosná oběhová média
- pro jímký teploměry
- příruby pro jiné zdroje

Provozních tlaků

- maximální tlak soustavy pojišťovacího ventilu soustavy
- pro uzavřené soustavy je dán tloušťkou stěny materiálu
- pro otevřené systémy nekruhových tvarů jsou přidány výztuhy

Maximální provozní teplota

- teplota média, které vstupuje do akumulční nádoby

Objem

- požadovaný objem pro soustavy je 100 l na 1 kW výkonu zdroje[11]
- požadovaná akumulční schopnost

Další vybavení

- topné hady
- plovoucí boilery
- magneziové elektrody

Hygienické

- bakterie legionella

Akumulční nádoby jsou do projektů zařazovány i jako bezpečnostní prvek proti přetopení zdroje a soustavy. V případě zapojení v nenuceném samotížném systému a s dostatečnou dimenzí potrubí odpadá vazba na elektrickou energii pro čerpadlo a dodatečné instalace chladících smyček ke zdroji. Dalším důležitým prvkem je expanzní nádoba, jejíž velikost je závislá na médiu, výšce soustavy a rozdílu provozních teplot.

Akumulační nádoba je provozována v teplotním rozsahu od minimální využitelné teploty soustavou do maximální povolené teploty výrobcem. V praxi se rozsah pohybuje od 35 °C do 90 °C. Akumulační schopnost resp. množství využitelné energie uložené v médiu je dáno vztahem:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \quad (4.6)$$

c - měrná tepelná kapacita, např. vody je 4180 [kJ.kg⁻¹]

m – hmotnost média [kg]

Δt – rozdíl teploty odebírané z nádoby a vrácené do nádoby [-]

Modelovým příkladem je akumulační nádoba 1000 l v soustavě s podlahovým topením, s teplotním spádem 45/38. Po dodání tepla na celý objem nádoby o teplotě 80 °C je minimální využitelná teplota soustavy 45 °C a $\Delta t = 35$ °C. Výpočtem je zjištěno, že teplo je cca $Q = 146$ MJ. Po převodu na častěji používanou jednotku je to cca 40,55 kWh energie.

Při výpočtové teplotě - 15°C u nízkoenergetického domu např. s tepelnou ztrátou kolem 5 kW objem akumulační nádoby pokrývá ztráty po dobu cca 8 hodin.

V instalacích se akumulační nádoba instaluje do soustav s:

- zdroji na tuhá paliva
- krby bez chladících smyček
- solárními termickými panely
- nemodulovaný zdroj, kde minimální výkon je vyšší, než odběr tepla soustavou
- bojlerů pro přípravu teplé užitkové vody

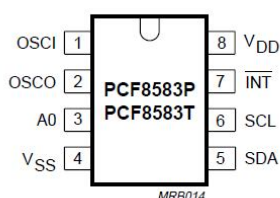
Důležité je používat, při požadavku na projektovaný objem, vždy menší počet velkých nádrží, než více malých a to z důvodu snadnější regulace bez selektivního vybíjení, přepouštění a nelineární stratifikace. Vrstvení, média, neboli stratifikace ve dvou a více nádobách je nutno řešit vhodným hydraulickým připojením.

V případě, kdy do teplotně vrstveného média, tj. nejchladnější je ve spodní části, horké v horní části s velmi malým pásem přechodu mezi teplotami, přivedeme médium o vyšší teplotě, než je ve spodní části, dojde k promíchání média díky rozdílné hmotnosti a výsledná teplota je regulací vyhodnocena jako nižší, než je minimální možná.

4.7 Integrovaný obvod Philips PCF8583

Běžný domovní programovatelný regulátor je vybaven hodinami. Provozní režim je asociací času s nastavenou požadovanou hodnotou teploty. Podle výrobce a modelu se nastavuje hodnota teploty referenční místnosti v režimu denní a tlumená teplota, nebo v režimu několik denních a jedna tlumená teplota.

Obvod PCF8583 poskytuje uchování časových informací a je univerzálně použitelný pro komunikaci sběrnici I²C. Obvod je členem skupiny RTC odvodů (Real Time Clock). Obsahuje 256 x 8 bit statickou RAM. Pouzdro obsahuje i jeden adresní vstup A0. Napájení je 5 V. Pracovní frekvence obvodu je 32.768 Hz, nebo 50 Hz. Přes sběrnici I²C se modifikují veškeré editovatelné registry a provádí se čtení do nadřazeného systému. Inkrementace (posun) času je prováděna autonomně. Při designu programové obsluhy je nutné vytvořit rutiny zápisu/změny a dále rutin čtení [17]. První režim je klasický RTC vč. funkce kalendáře a druhý režim je alarmový, pro periodické generování události alarmu, s volitelným rozlišením. Režim je zvolen nastavením control / status registru. Časové informace jsou ukládány v rozlišení na setiny sekund, desetiny sekund, sekundy, minuty, hodiny, den, měsíc, rok a den v týdnu. Po prvním spuštění je obvod nastaven na 1. leden, čas 0:00:00 [h:mm:ss] a 0 setin a 0 desetin sekundy. Formát dat je BCD. Pro uchování aktuálního času, resp. pro inkrementaci času po dobu výpadku napájení musí být zajištěno náhradní napájení obvodu. Minimální napětí pro udržení chodu interního je 1,5V. Externí 3V Lithium baterie jsou ideální pro překlenutí této doby, při spotřebě obvodu 5μA [17].



Obr. č. 11 Pouzdro obvodu, převzato z [17]

Tabulka 4 Popis vývodů obvodu, převzato a upraveno z [17]

Označení	Číslo pinu	Význam
OSCI	1	vstup oscilátoru 32.768, 50Hz
OSCO	2	Výstup oscilátoru
A0	3	Adresní bit
V _{SS}	4	Napájení -
SDA	5	I ² C datová linka
SDC	6	I ² C hodinový signál
INT	7	Výstup z přerušení; log0 = validní přerušení
V _{DD}	8	Napájení +

5 Uživatelská rozhraní

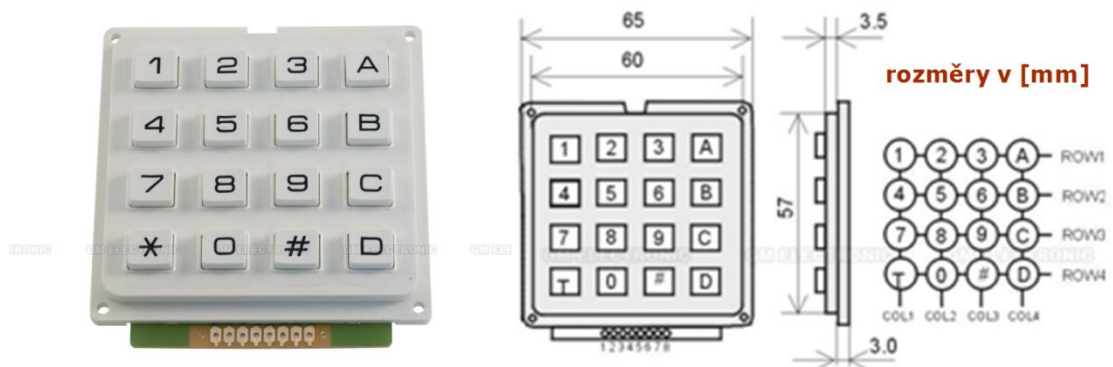
5.1 Klávesnice

Klávesnice je základním vstupním rozhraním mezi aplikací a obsluhou. Změnou stavu a vyhodnocením mikroprocesoru s náběžnou nebo sestupnou hranou provede programová obsluha odpovídající činnost. Klávesnice může být zdrojem přerušení běhu programu, nebo může probudit procesor ze sleep módu.

Klávesnice lze připojit buď 1:1, tzn. jedno tlačítko je přímo připojeno na jeden I/O pin mikroprocesoru, nebo v častějších případech potřeby na úsporu I/O pinů, maticově.

Běžně dostupné maticové klávesnice jsou v konfiguracích 3x4, 4x4 atd.

Odpor tlačítka je 200 Ω , provozní napětí je maximálně 24 V a proudové zatížení do 20 mA [19].



Obr. č. 12 Čelní pohled na maticovou klávesnici 4x4,
čelní pohled s rozměry, boční řez,
převzato a upraveno z [19]

5.2 Zobrazovací jednotky

Zobrazovací jednotka je základním vizuálním rozhraním mezi aplikací a obsluhou. Prezentuje stavy a hodnoty, které požadujeme získat buď informativně, nebo jako zpětnou vazbu pro úpravu, nebo změnu akčních hodnot systému.

Pro aplikace jednočipových mikropočítačů jsou vhodné zobrazovací jednotky:

- LED displeje s externím budičem nebo přímo připojené na mikropočítač
- řádkové displeje LCD a COG
- grafické displeje GLCD

5.2.1 LED displeje

Pro zobrazování jednoduchých a „máloznakových“ informací je v aplikacích výhodné používat zobrazovače LED. Základní jsou složeny z diod ve tvaru číslice 8, nebo jsou novější se znaky 8 + X, případně jsou doplněny tečkami před a za znakem a operandy \pm . Diakritika není podporována.

LED displej lze řídit:

- přímo jednočipovým mikropočítačem
- prostřednictvím řadiče



Obr. č. 13 4 – číselný segmentový displej bez řadiče
(převzato z <http://www.gme.cz/led-displeje>)

Řízení jednočipovým mikropočítačem je vhodné pro zobrazování menšího počtu znaků. Princip adresace je v případě jednoho LED displeje přímý, tzn. příslušnou logickou úrovní je řízeno rozsvícení, nebo zhasnutí příslušného segmentu. Ve vývojovém prostředí je vhodné vytvořit znakovou sadu (podle HW zapojení) a nechat podprogram ovládat LED displej hodnotou bytu na příslušném portu. Takový podprogram je pak přehledný. Hardwarově potřebujeme realizaci tvaru číslice 8: 7xLED = 7 portů, TVARU číslice 8+X: 11xLED = 11 portů, TVARU číslice 8+X+I: 16xLED = 16 portů každá variantně zobrazovaná tečka + 1 port. Přidáním dalších LED displejů k prvnímu nutně nevyžaduje dalších 7 nebo 11 portů, ale může být řešeno spínáním společné ANODY/KATODY a s použitím spínacích tranzistorů. Segmenty jsou propojeny paralelně, zobrazovaný segment se adresuje stavem sepnutí příslušného spínacího tranzistoru. Lze ho nazvat jako displej buzený v multiplexním režimu. Podprogram je pak vytvořen tak, že je volán s požadavkem na rozsvícení všech zobrazovaných míst a interně zajišťuje koordinaci bytové hodnoty číslice a

pořadí segmentu v řadě. Takto vytvořený podprogram zajišťuje multiplexním režimem zobrazení s nižším jasnem, než při použití jednom znaku.

Displej ale nesvítí trvale. Obnovovací frekvence multiplexu je řízena buď přímo programem, nebo lépe interním přerušením. S využitím setrvačnosti lidského oka, se takto realizovaný zobrazovač bude jevit jako trvale svítící.

HW zapojení LED displeje je vázané na spotřebu. U malých LED displejů se spotřebou do 20 mA / segment postačí I/O port mikropočítače doplnit předřadným odporem, při vyšších proudech se musí použít integrované spínače.

Kromě LED displejů existují také maticové displeje LED diodami v sedmi řadách a pěti sloupcích, pracující na podobném principu. Jejich využití je pro běžící reklamní poutače apod.

Řadiče pro jedem LED segment.

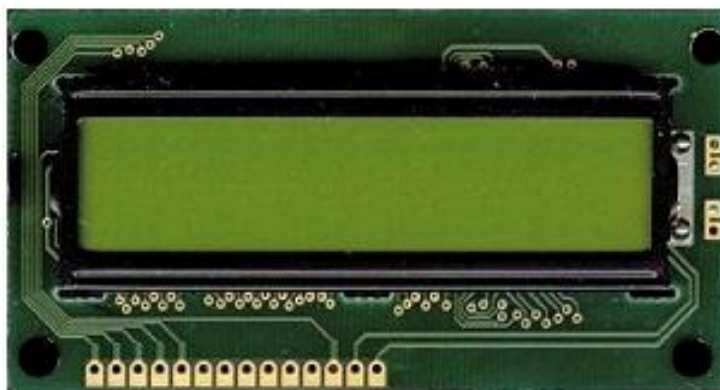
Řadič LED displejů je integrovaný BCD dekodér, realizující převod čtyřbitového vstupního slova na 7- mi segmentový LED displej. Je to vlastně HW obdoba výše uvedeného podprogramu. Řadič pro jeden segment je např. průmyslově vyráběný 4056, nebo 4511. Využitím BCD dekodéru aplikace ušetří tři I/O porty (na znak), počet I/O pro společné anody/katody zůstává stejný.

Řadiče pro více LED segmentů

Segmenty jsou řízeny adresně, např. po sériových SPI linkách. Adresa a zobrazovaná hodnota je obsažena v šestnáctibitovém slově, výstup I/O pro CS obvodu zajišťuje adresaci resp. start vysílání vlastních 2 byte slov do řadiče. Příkladem je obvod MAX 7219 pro 8 LED segmentů. Protokolárně dolních osm bitů obsahuje pro segmentové drivery, 9-12 bit obsahuje data pro adresní dekodér

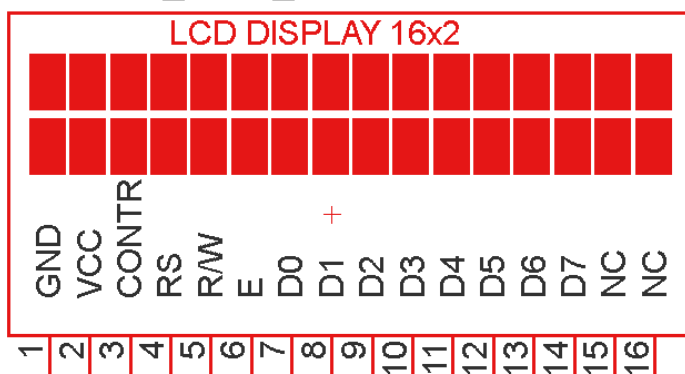
5.2.2 Řádkové maticové displeje LCD

Řádkové LCD displeje jsou vhodné pro zobrazování pevných, nebo proměnných hodnot. Obsahují řadič, který zajišťuje zobrazování znaků z pevné znakové sady, případně uživatelsky volené znaky, typicky CZ znaky, nebo symboly. Nejčastěji jsou používané displeje s řadičem HD44780 firmy HITACHI. Používá se pro jedno až čtyřřádkové displeje. Komunikace s jednočipovým mikropočítačem probíhá po čtyřech, nebo osmi datových vodičích. Stav na vstupu RS určuje, zda je na datových vývodech zasílán příkaz, nebo data. R/W určuje směr přenosu a E potvrzuje validitu dat. R/W bývá často připojen na log. 0, ne do mikroprocesoru, protože se data do řadiče pouze zapisují.



Obr. č. 14 LCD MC1602, s podsvětlením, foto autor

DISPLEJ_2X16_ZNAKU



Obr. č. 15 popis konektoru rozhraní displeje MC1602, převzato a upraveno z EAGLE Light Edition 6.4.0

Význam signálů [20]:

GND	Signálová zem
VCC	Napájení interní části vč. řadiče Hitachi, + 5 V nebo + 3 V
CONTR	Nastavení kontrastu
RS	Signál pro výběr registru RS=0: příkaz, RS=1: Data
R/W	Režim pro čtení nebo zápis do řadiče, R/W=0: zápis, R/W=1: čtení
E	Taktovací signál - clock
D0 – D7	Datové bit
Pin 15	Podsvětlení displeje anoda (+)
Pin 16	Podsvětlení displeje katoda (-)

Řadič obsahuje paměti:

CGRAM – paměť pro uložení uživatelských znaků

DDRAM - obsahuje pevné znaky

Paměť CGRAM je vhodné naplnit po inicializaci řadiče, resp. po nastavení komunikace datových I/O.

Řadič podporuje další funkce jako:

- zhasnutí displeje, zobrazení kurzoru, blikání kurzoru, posun vlevo a vpravo
- jas a podsvícení je řízeno externím zapojením s napěťovými děliči
- napájení napětí je 5V, nevyužité datové I/O displeje je vhodné uzemnit

5.3 Vzdálený přístup sítěmi a adresace TCP/IP

Vzdálený přístup do řídicího systému a jeho dohlížení na úrovni změny stavu binární veličiny poskytují běžné GSM brány. Jsou součástí instalace zabezpečovací ústředny a jejich vstupem je buď optočlen, nebo bezpotencionální kontakt pro externí relé. Limitním kritériem tohoto řešení je vlastní informační hodnota, která se přenáší v obsahu krátké textové zprávy. Nabývá hodnot VYPNUTO/ZAPNUTO, PORUCHA/PROVOZ atp. Řešení je levné a velmi stabilní [20].

Pro přenos vyšší kvality dat, větších informačních hodnot a bez lokalizačního omezení je přenášení paketovou sítí prostřednictvím přístupových sítí. Použitím, nastavením a programovou obsluhou rozhraní Ethernet je umožněn přístup k zařízení s využitím služeb protokolů TCP/IP. Adresace IPv4 je pomocí 4 oktetů - IP adresa má 32 bitů. Při adresaci zařízení v síti LAN adresa obsahuje 3 byte adresy sítě a 1 byte pro číslování konkrétního Ethernet řadiče, např. v laptopu, síťové tiskárně, nebo Wi-Fi adaptéru. Číslování soukromých (privátních) sítí je ve třídách [20]:

A: 10.0.0.0

B: 172.16.0.0 - 172.31.0.0

C: 192.168.0.0 – 192.168.255.0

Poslední byte v hodnotě 0 označuje vlastní identifikaci sítě a není ji možno přiřadit žádnému zařízení.

Adresy podsítí jsou 4 oktetové a jsou rozděleny do tříd:

A: 255.0.0.0

B: 255.255.0.0

C: 255.255.255.0 – 192.168.255.0

Identifikace sítě, podsítě a vlastního zařízení umožňuje využívat omezený adresní prostor v TCP/IP sítích a propojovat sítě směrovači. Fyzickým propojením a vhodným adresováním mohou v rámci cizích sítí vzájemně komunikovat dva vzdálené síťové adaptéry.

Řídicí systém je připojen na domovskou privátní síť, která má na straně poskytovatele rezervovanou veřejnou IP adresu. Vzdálený adaptér, např. Smart Phone nebo laptop jsou připojeny do sítě mobilního operátora, nebo na Wi-Fi přístupový bod a využívají jimi přidělenou veřejnou IP adresu. Příchozí dotazy na řídicí systém směrem je adresován na veřejně viditelnou IP adresu, následně překládán do interní sítě a terminován do Ethernet adaptéru řídicího systému. Adaptér zajistí předání datové obsahu z aplikační vrstvy do aplikace a odpověď je distribuována zpět po stejné cestě [20].

IP adresa je z pohledu OSI modelu na 2. síťové vrstvě. Fyzická vrstva sítě je na 1. síťové vrstvě, virtuální sítě pro oddělení síťového provozu jsou na úrovni 3. síťové vrstvy.

IP adresa definuje adresáta a port službu, která je na portu poskytována. Port 80 implicitní pro http provoz mezi webovými servery a internetovými prohlížeči, port 21 je určen konvencí pro přenos souborů, přes port 443 je provozováno zabezpečené https spojení klienta s bankou.

Webový server je síťová služba provozovaná na konkrétním počítači a prezentujícím se jedinečnou IP adresou. IP adresa je získána po překladu jména. To je vloženo do řádky ve webovém prohlížeči klienta a odeslán do sítě. Veřejný jmenný server, který zná všechna jména a jejich IP adresy vrací klientovi fyzickou cílovou IP adresu a provoz je na ni směrován. Webový server poskytuje generování např. úvodní webové stránky. Po vygenerování další událostí uživatelem poskytne webový server odpovídající odezvu podle aplikačních skriptů. Také klient může být označen jménem, které je složením názvu počítače a doménou, ve které je aktuálně připojen [20].

Řídicí systémy pracují ve většině případů s IP adresou, která je:

- buď přidělována dynamicky, tzn. po prvním přihlášení adaptéru k síti je vyslána žádost na přidělení a zpět zaslána první volná nejbližší vyšší adresa a dále maska podsítě a odchozí brána sítě
- nebo je pevná a všechny 3 adresy jsou uloženy v paměti řídicího systému

Z praktického pohledu je jednodušší přiřadit adresaci dynamicky a využít služeb tzv. DHCP serveru. Ten uchovává IP adresu, i po několik týdnů, v asociaci s fyzickou, tzv. MAC adresou zařízení. V praktické části bude pro vzdálený monitoring využito služby webového serveru poskytovanou procesorem PIC[®] 18F4520. Ten komunikuje se síťovým adaptérem ENC28J60 přes sběrnici SPI a poskytuje HTML zdrojový kód pro webový prohlížeč vzdáleného klienta.

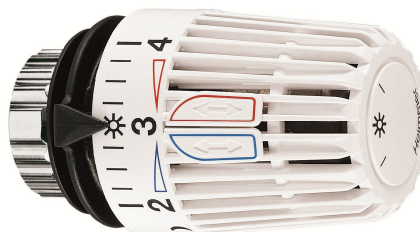
6 Regulátory

Regulátory rozdělujeme na typy bez závislosti na vnější energii a se závislostí na vnější energii. Podle druhu energie je rozdělujeme na elektrické, pneumatické a hydraulické. Podle způsobu práce na spojitě a nespojitě. Spojité regulátory mění akční veličinu spojitě podle regulované veličiny. Akční veličina nespojitých regulátorů je skoková reakce na změnu regulované veličiny [3].

6.1 Nejběžnější regulátory používané v domácím prostředí

Spojitě P – regulátorem bez externí energie

Regulace P je realizována spojitým P regulátorem téměř v každé domácnosti termostatickou hlavicí, resp. TRV termoregulačním ventilem. Z fyzikálního pohledu je hlavice osazena čidlem s roztažnou látkou, která se změnou teploty v místnosti roztahuje a působí na ventil otopného tělesa. Pracovní rozsah je např. od 15 do 25° C a tento rozsah je pevným pásmem proporcionality. Změna teploty vzduchu v místnosti jako regulovaná veličina řídí otevření ventilu otopného tělesa, jako akční veličiny Pro vyšší přesnost tvrzení doplňuji, že akční veličinou je vlastně pružina v hlavici [3].



Obr. č. 16 Heimeier P regulátor
(převzato z www.heimeier.com)

Regulátory ON/OFF

ON/OFF je nejčastěji používaným regulátorem pro topení. Neposkytuje úplné odstranění regulační odchylky, ale osciluje kolem žádané hodnoty. Zmenšením hystereze se dosahuje snížení regulační odchylky. Pro aplikace topení je vhodné hysterezi neomezovat a tím nesnižovat životnost elektromechanických nebo jinak skokově citlivých komponent soustavy. ON/OFF regulace má nízké nároky na vlastní regulátor a její nevýhodou je nízká kvalita regulace.

Regulátor s termopohonem

Funkce hlavice je popsána v kapitole 7.6. Je připojena na akční člen dvěma vodiči a realizuje dvoustavový akční zásah OTEVŘENO/UZAVŘENO. Pro svou funkci potřebuje, na rozdíl od pasivního P regulátoru, prostorový snímač teploty, který je připojen na řídicí jednotku a předává jí aktuální teplotu. Jednotka provede porovnání aktuální a požadované teploty a podle výsledku realizuje akční zásah připojením napětí na výstupní svorky. Napájecí napětí termopohonu je střídavé v rozmezí od 24 do 48 V, nebo 230 V. Střídání stavů OTEVŘENO resp. UZAVŘENO je po připojení resp. odpojení napájecího napětí. Před instalací je výběrem typu pevně definován režim: buď v klidu uzavřeno, nebo v klidu otevřeno. Tento způsob regulace neodstraňuje trvalou provozní odchylku [24].



Obr. č. 17 Termoelektrická hlavice Dunfoss, foto autor

6.2 P-I-D regulace

Úkolem regulátoru je odstranit regulační odchylku.

PID regulace je v aplikacích přesnější v porovnání s ON/OFF regulací. U topných soustav lze dosáhnout velmi malých odchylek regulovaných veličin. Podle typu výstupu regulátoru je výkonový prvek řízen kvaziproporcionálně, nebo proporcionálně.

Parametry regulátoru [13]:

- P - parametr proporcional band - šířky pásma proporcionality, jednotky jsou [°C]
- I – parametr integrace – cílem je eliminace ztrát regulované soustavy, jednotky [s]
- D – parametr derivace – cílem je eliminace odchylek při rychlých změnách u požadovaných nebo skutečných hodnot, jednotky [s]

Čas regulačního cyklu – udává dobu trvání jednoho regulačního cyklu, např. dobu přeběhu ventilu ze stavu zavřeno do stavu otevřeno a zpět. PID regulace má výhodu ve vysoké jakosti regulace. Regulátory jsou dražší a jejich nastavení se provádí s ohledem na znalost prostředí a jako akční člen se nedoporučuje elektromechanický spínač.

Spojité regulátory dělíme podle způsobu zpracování na [3]:

- proporcionální – P
- proporcionálně integrační – PI
- proporcionálně derivační – PD;
- proporcionálně integračně derivační - PID

6.2.1 Regulátor P

Nejjednodušší regulátor pracující na principu zesílení regulační odchylky. Pásmo proporcionality udává rozsah hodnot, mezi kterými se musí nacházet regulovaná veličina a regulátor se přestavil z jedné meze do druhé.

6.2.2 Regulátor PI

Pro odstranění trvalé regulační odchylky dosahuje P regulátor doplněním astatického členu – integračního členu, jehož výstupní signál se trvale mění s rychlostí úměrnou vstupnímu signálu.

6.2.3 Regulátor PD

Pro zlepšení dynamických vlastností je P regulátor doplněn o člen, jehož výstupní signál je úměrný rychlosti změny vstupního signálu.

6.2.4 Regulátor PID

Při použití všech složek P, I, D regulátor odstraňuje trvalou regulační odchylku a zároveň má dobré dynamické vlastnosti.

6.2.5 Interakce PID složek

Zvětšením zesílení nebo zúžením pásma proporcionality dosáhneme zvýšení P složky. Zvětšením integrační složky dosáhneme zmenšením integrační konstanty, ale zhoršíme stabilitu systému. Zvětšením derivační složky dosáhneme zmenšením derivační konstanty a zlepšíme stabilitu regulačního systému[13].

7 Regulace teplovodních ventilů u soustav vytápění

7.1 Ovládání a regulace

V případě ovládání má smyčka řízení charakter otevřený. Poskytuje jednosměrný tok příkazů a povelů z řídicích veličin do řízené soustavy. Mezi výstupní a vstupní veličinou není vytvořena zpětná vazba, která by předávala jakékoliv informace k ovlivnění rozhodování. Typickým příkladem jsou spínací hodiny, které zaktivují určitou komponentu v soustavě, např. kotel, nebo čerpadlo. Soustava, ať již bude v jakémkoliv stavu, nebude zpětně zasahovat do spínacích časů, které jsou v hodinách nastaveny [3].

U regulace má smyčka uzavřený charakter. Výstupní veličina je aktivně modulována/přizpůsobována podle řídicích veličin a podle regulovaných veličin. Jednoduchým příkladem je dvoustavový prostorový termostat, resp. jeho kontakt, který podle teploty v referenční místnosti předává do zdroje informaci, že je/není úroveň veličiny na požadované úrovni [3].

7.2 Přehled regulace a ovládání

Regulaci a ovládání lze členit podle následujících parametrů [11].

Podle umístění akčních členů:

- centralizovaně, v jediném bodě soustavy
- decentralizovaně, např. v každé místnosti individuálně

Podle typu regulace:

- P - proporcionální
- I - integrační
- PI - proporcionálně integrační
- PD- proporcionálně derivační
- PID - proporcionálně integračně derivační

Podle principu řídicího systému:

- spojitě
- diskrétní

Podle vlivu prostředí z teploty:

- v referenční místnosti s teplotním snímačem
- v referenční místnosti s on/off spínáním

- v každé místnosti s on/off spínáním
- venkovní (ekvitermní)
- venkovní (ekvitermní) s vlivem prostoru, s on/off spínáním
- venkovní (ekvitermní) s vlivem prostoru, s teplotním snímačem pro dorovnání
- podle zpátečky – zpětné vody vracející se ze soustavy

Podle počtu regulovaných a referenčních okruhů na:

- jednookruhové, P, PID, PI, PD nebo ON/OFF
- více okruhové s jedním P-I-D, vícepruhové s P, n – okruhové n x P, neomezený počet okruhů s ON/OFF

Podle typu připojení/sběrnice mezi interní jednotkou a regulátorem

- 2- vodičová pro stav ON/OFF
- 2 - vodičová OpenTherm (OpenTherm light)
- 2- vodičová LPB apod.
- další proprietární x - vodičové sběrnice podle výrobce (Honeywell, Viessmann)

V průmyslově vyráběných regulátorech je disponibilní vždy minimálně jedna z výše uvedených kombinací. Většina zdrojů podporuje vždy více kombinací HW a SW inteligentních regulátorů, které běžně nabízejí služby:

- časové: RTC s den, měsíc, rok, hodina + minuta zapnutí a vypnutí
- několik teplotních i časových pásem během dne
- protinámrazové ochrany soustavy
- ochrany čerpadel proti vodnímu kameni
- manuálního řízení, resp. nuceného zapnutí, nebo vypnutí mimo program
- řízení ohřevu teplé užitkové vody
- zobrazení ekvitermní – venkovní teploty
- uložení a vyvolání historických dat

V teplovodních soustavách se provádí úprava teploty v místnostech:

Regulací centralizovanou s jediným akčním členem, typu:

- regulace elektronická
- regulace servopohonem se třibodovým řízením
- regulace signálem 0-10V
- regulace termopohonem
- regulace pasivní pomocí termohlavice, nebo RTL hlavice

Regulace decentralizovaná pro každou místnost individuálně, typu:

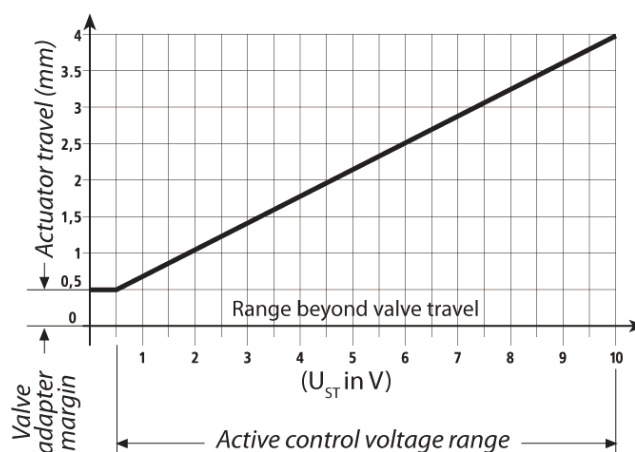
- elektronická
- signálem 0 -10V
- termopohonem
- pasivním spojitým P regulátorem - termohlavice, nebo RTL

7.3 Centralizovaná regulace servopohonem se 3- bodovým řízením

Servopohony jsou akční členy u soustav, které jsou řízeny pouze připojením na jmenovité napájecí napětí. Obsahuje motor a převodové soustrojí. Směr pohybu je určen podle aktuálně připojeného napájecího napětí vlevo, nebo vpravo. Pokud není připojeno žádné napětí, servopohon zůstává v poslední poloze. Krajiní meze jsou chráněny koncovými spínači, které motor pohonu odpojují. Stav koncových spínačů jsou u vybraných modelů vyvedeny jako bezpotencionální kontakty, mimo šasi servopohonu. Napájecí napětí je 24 V, nebo 220V. Interní logika chrání mechaniku před poškozením v případech současného připojení obou řídicích signálů. Rozsah otočení je 0 - 90°, krouticí momenty jsou v rozsahu 2 - 5 Nm⁻¹.

7.4 Centralizovaná regulace servopohonem řízeným signálem 0-10V

Regulace 0-10V je realizována přes nízkonapěťové rozhraní na výkonný prvek termopohon. K připojení je potřeba 3 vodičů, 2 pro napájení AC 24 V a 1 pro řídicí signál v rozsahu DC 0 – 10 V. Výška zdvihu řízeného ventilu je přímo úměrná řídicímu napětí. Pásmo proporcionality je od 0,5 do 10V a doba přeběhu je 30 s/mm zdvihu. Celý přechod pro např. 4 mm ventil je 2 minuty. Příkon je 2 W [5].



Obr. č. 18 Závislost výšky zdvihu na řídicím signálu, převzato z [5]

7.5 Regulace pasivní pomocí RTL hlavice

Regulace RTL je realizována spojitým P regulátorem u smyček podlahového topení, nebo přímo u podlahových rozdělovačů. Z fyzikálního pohledu je hlavice osazena čidlem s roztažnou látkou, která se, při tepelné výměně vedením z přechodové plošky, roztahuje a působí na ventil. Pracovní rozsah je od 10 do 50 °C Tento rozsah je pevným pásmem proporcionality. Změna teploty vody v potrubí, jako regulovaná veličina řídí otevření ventilu jako akční veličiny. Pro úplnou přesnost doplňuji, že akční veličinou je vlastně pružina v hlavici.

7.6 Regulace termopohonem

Regulace termopohonem pracuje jako akční člen ve dvou režimech. První je režim použití jako standardní hlavice, kdy poskytuje vzdálené otevření nebo zavření ventilu, tedy 2 stavová funkce vypnuto/zapnuto. Druhý režim, kdy je jako proporcionalní člen řízen pulsně - šířkovou modulací (PWM) a řízený ventil je možno udržovat i v polohách mezi horním a dolním zdvihem. První způsob řízení je používán častěji.

Regulace termopohonem se vyskytuje v aplikacích pro řízení smyček podlahových okruhů, nebo radiátorových ventilů. Řízení je prováděno ON/OFF regulátorem umístěným ve stejné místnosti, kam je zaveden topný okruh podlahového topení, nebo tělesa. Napájecí napětí jsou 24 V, nebo 220 V. Příkon v pracovním režimu cca 2 W a doba přeběhu je 180 – 300 s.

7.7 Regulace pasivním spojitým P – regulátorem bez externí energie

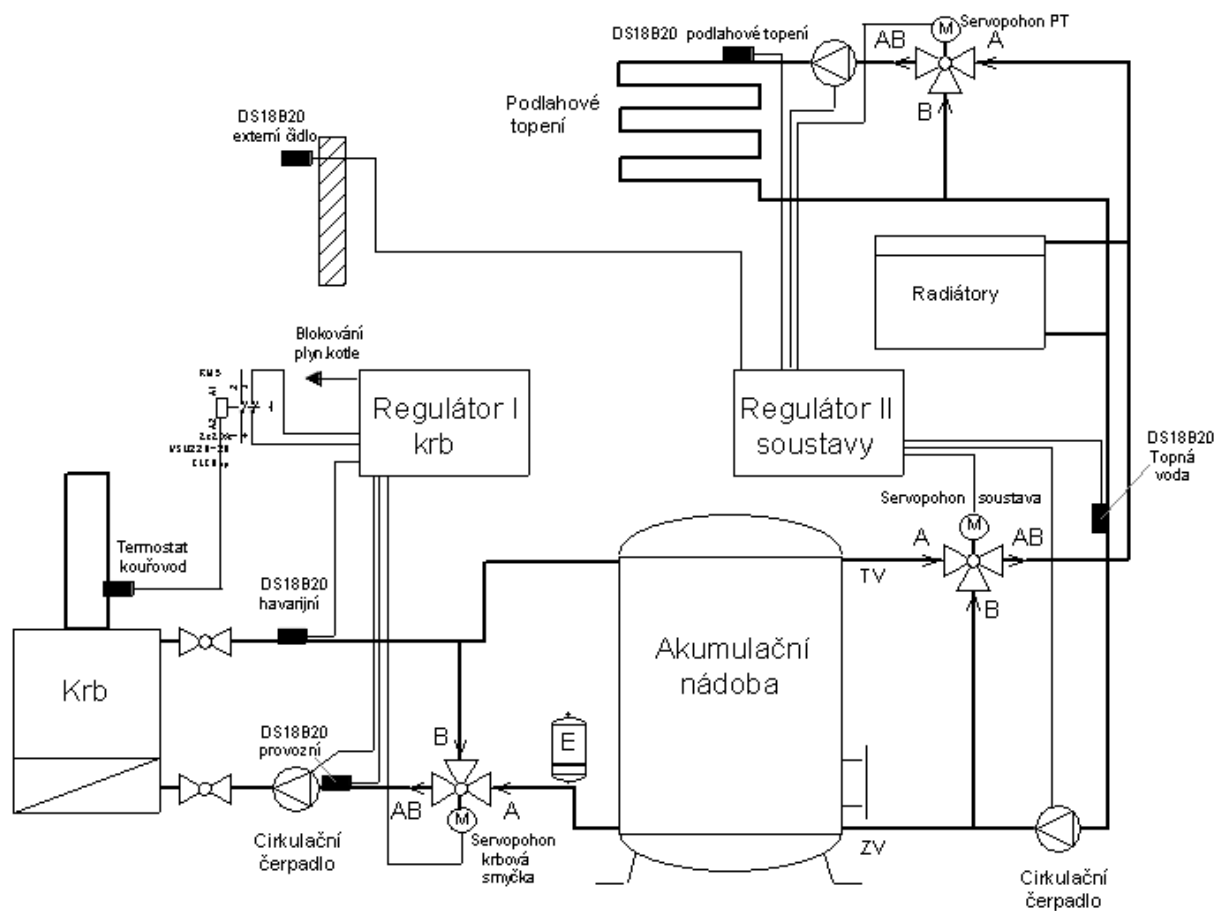
Regulace P je realizována spojitým P regulátorem téměř v každé domácnosti termostatickou hlavici, resp. TRV termoregulačním ventilem. Z fyzikálního pohledu je hlavice osazena čidlem s roztažnou látkou, která se změnou teploty v místnosti roztahuje a působí na ventil otopného tělesa. Pracovní rozsah je např. od 15 do 25 °C a tento rozsah je pevným pásmem proporcionality. Změna teploty vzduchu v místnosti, jako regulovaná veličina řídí otevření ventilu otopného tělesa v režii akčního členu. Pro vyšší přesnost tvrzení doplňuji, že akční veličinou je vlastně pružina v hlavici.

8 Diplomový projekt

Rozsah diplomového projektu je v první části vymezen na aplikaci výkonového členu pro regulaci teplovodního vytápění budovy, za použití popsaného senzoru teploty, aplikací řídicího počítače a návrhu regulačního SW. Připojení do dohledového systému je realizováno ve druhé části projektu, kde je použito, v návaznosti na první část implementovaných funkcí Ethernetu.

8.1 Náhled na celkové zapojení soustavy

Soustava je tvořena zdrojem tepla - krbem, akumulací nádobou o objemu 1000l a soustavou se dvěma topnými okruhy: nízkoteplotním podlahovým a vysokoteplotním radiátorovým. Teploty jsou regulovány odděleně, nízkoteplotní okruh může mít maximální teplotu topné vody 45 °C, vysokoteplotní maximálně 80 °C. Teploty topných vod jsou regulovány kvalitativní regulací realizovanou trojcestnými ventily. V otopných tělesech jsou osazeny regulátory P provádějící regulaci kvantitativní.

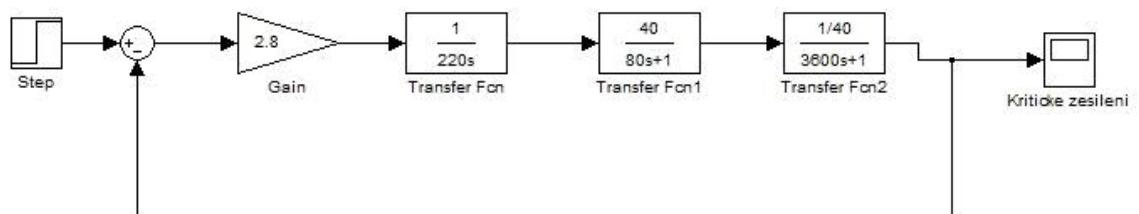


Obr. č. 19 Schéma soustavy, vytvořeno v programu [12]

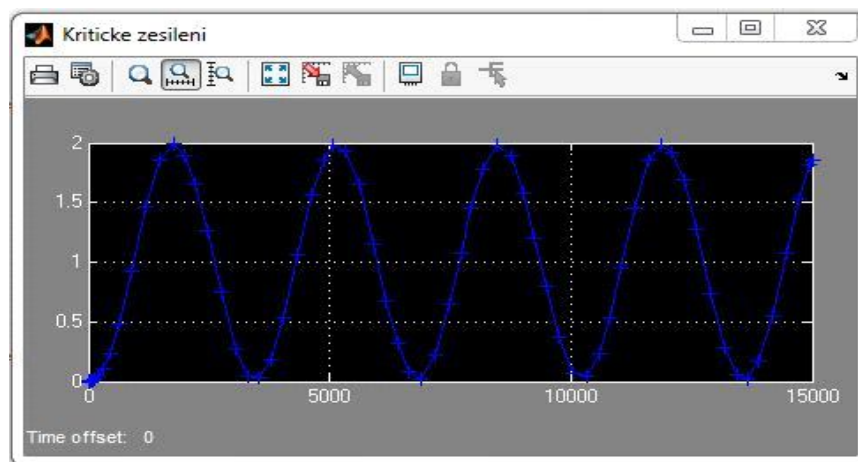
8.2 Teoretický model soustavy v Simulink

Simulink je nadstavba prostředí MATLAB®. Primárně poskytuje simulaci a modelování dynamických soustav s využitím algoritmů MATLAB®. V Simulink (MATLAB® verze R2012a 7.14.0.739) byl vytvořen model soustavy pro výpočet parametrů regulátoru P, I, D. Soustava 1. řádu se skládá z ventilu a servopohonu s dobou přeběhu 220 s, odezva soustavy na jednotkový skok je 80 s. Soustava 2. řádu má reakční dobu na jednotkový skok 3600 s.

8.2.1 Reálná soustava a metoda kritického zesílení



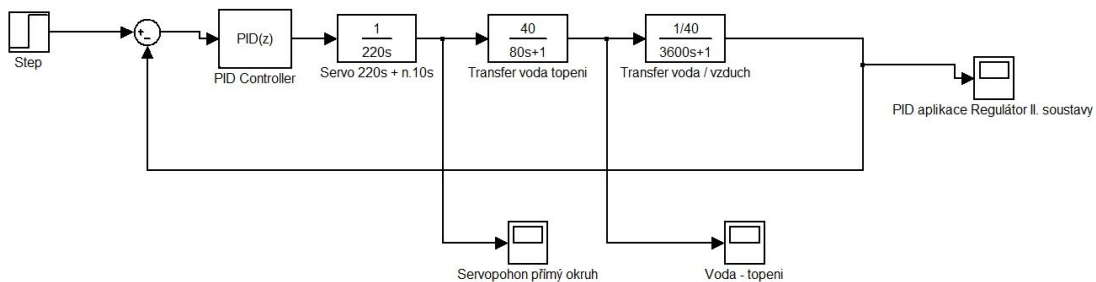
Obr. č. 20 Model Simulink, vytvořeno v Simulink



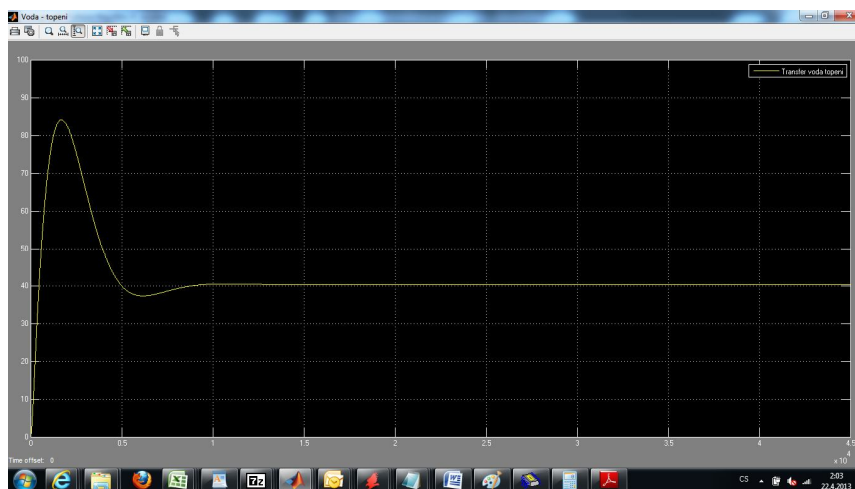
Obr. č. 21 Přejchodová charakteristika při kritickém zesílení, vytvořeno v Simulink

8.2.2 Reálná soustava a použití komponenty PID

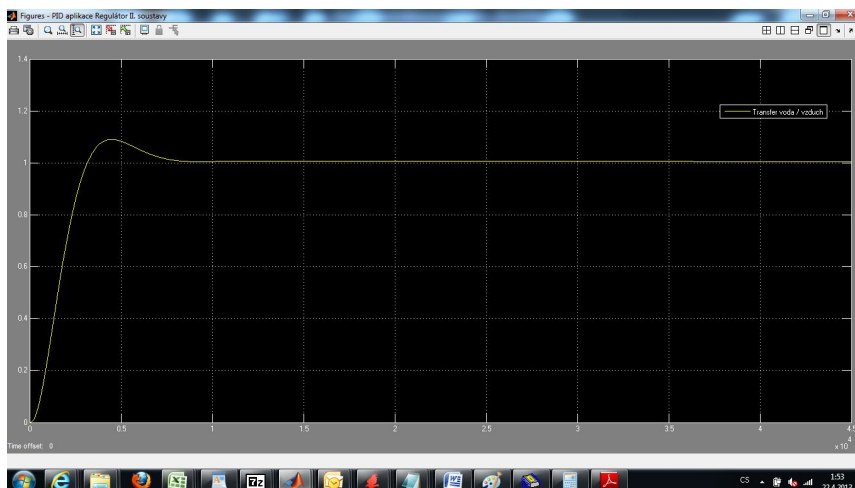
Po vložení vložen PID regulátoru a spuštění funkce autotunnig bude přechodová charakteristika viz. Obr. č. 24. Následující screeny zobrazují přechodovou charakteristiku i v dalších bodech soustavy.



Obr. č. 22 Model soustavy s vloženým PID regulátorem, vytvořeno v Simulink

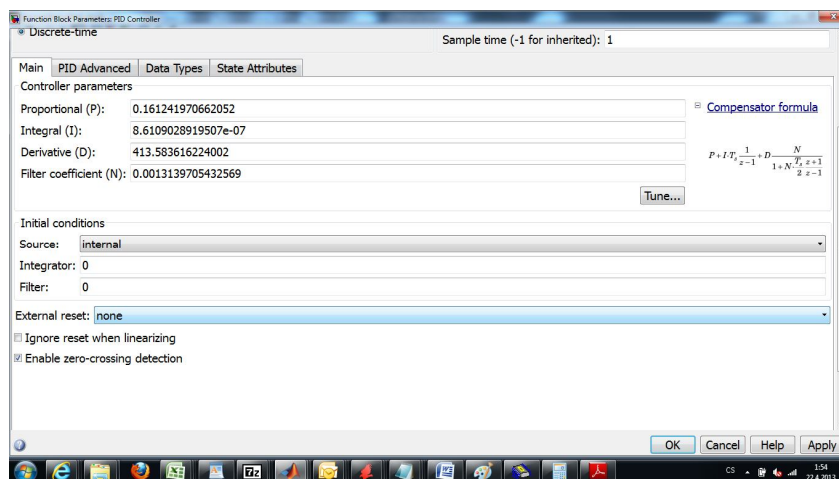


Obr. č. 23 Odezva za směšovacím bodem přímého okruhu, vytvořeno v Simulink



Obr. č. 24 Odezva soustavy v referenční místnosti, vytvořeno v Simulink

Z obrázku odezvy soustavy v referenční místnosti je zřejmý překmit soustavy do max. deseti procent.



Obr. č. 25 Parametry Simulink pro manuální nastavení složek PID, vytvořeno v Simulink

8.3 Akční člen regulace

8.3.1 Servopohon V70

Akční člen je realizován servopohonem MUT. Jako základní jednotka pro určení polohy je zvolen signál o délce 8s. Za tuto dobu se poloha ventilu posune o 1/28, tzn. celý rozsah je odkrokován za 28 period \times 8s. Pro zajištění ovládní servopohonu jsou použity dvě relé v sériovém zapojení.

8.3.2 Paměť mikroprocesoru a V70

Paměť RAM mikroprocesoru uchovává aktuální polohy v jediném Byte, které nabývá hodnot 0x00 – 0xDC (0x96 pro druhý servopohon). Program pracuje s maximální a minimální polohou, v případě že algoritmus vypočítá hodnotu mimo rozsah, je tato hodnota upravena na maximálně povolenou. Při ztrátě napájení je V70 během doby 220 s (150 s pro druhý servopohon) vrácen do polohy 0 a pak program pokračuje v regulaci.

Pozn. Jediná situace nastává v případě, je-li požadavek přímou dodávkou teplé vody do soustavy bez ohledu na kapacitu nádrže a stavu, kdy krb dodává jakoukoliv energii. V tomto případě je poloha V70 nastavena na polohu max., kdy z provozního hlediska nastává pozvolné natopení soustavy a tím bez prudkých teplotních změn v soustavě.

8.3.3 Komunikace servopohonu s řídicí jednotkou

Komunikace s řízením je zajištěna dvoustavovým signálem 220 V. Ovládní zajišťují dvě relé s přepínacími kontakty určené pro volbu otáčení obou servopohonů V70. Zpětná vazba o koncové poloze, prostřednictvím dalších 2 vodičů není použita, z důvodu přesného výpočtu aktuální polohy mikroprocesorem.

8.4 Deska řízení s procesorem na řídicí systém Regulátor I. Krb

Regulátor I krb zajišťuje regulaci zdroje na požadovanou teplotu bez ohledu na stav topných okruhů soustavy. Teplota čidla kouřovodu je nastavitelná v rozsahu 60 – 350 °C. Termostatický snímač typu P se širokým rozsahem byl použit z důvodu nevyhovující maximální teploty digitálního teploměru DS18B20, který je omezen na 125 °C.

Deska OLIMEX byla zvolena pro vhodný počet I/O periférií, podporu ISCP programování, dostupnost elektrického rozhraní RS232, vestavěnými stabilizátory napětí i silnoproudými relé pro připojení na NN síť. OLIMEX PICI/O byla upravena tak, že optočleny, na které jsou připojeny digitální teploměry, mají překlenutí drátovou propojkou, protože komunikace Dallas je obousměrná. Napájecí napětí čidel je přivedeno z ICSP konektoru. Servopohon, oběhové čerpadlo a výstup pro blokování plynového kotle jsou připojeny na silová relé SUN HOLD (230 V / 5 A). Ty jsou ovládány mikroprocesorem přes spínací tranzistory z dvanácti voltového napájecího napětí desky. Kontakt zápisu do EEPROM je přiveden do spínače umístěného na šasi. Napájecí napětí optočlenu je z dvanáctivoltového napájecího napětí desky. Kontakt pro detekci provozu krbu je přiveden ze stykače na optočlen a napájecí napětí optočlenu je z dvanáctivoltového napájecího napětí desky.

8.4.1 Popis funkce

Je-li detekována výroba, pomocí termostatického snímače na kouřovodu zdroje, je sepnut stykač výroby (log. 0). Program procesoru provede okamžité sepnutí relé oběhového čerpadla. Poté je porovnána hodnota proměnných u stavů I/O z kouřovodu a z předchozí programové smyčky. Je-li zjištěno, že se jedná o nový požadavek na regulaci – návratová hodnota o předchozím regulačním zásahu je rovna 0. Je provedeno krokování servopohonu na pozici zcela uzavřeno, počítadlo pozice je nastaveno na hodnotu 0 a proměnné ostatní proměnné jsou nastaveny na výchozí hodnoty.

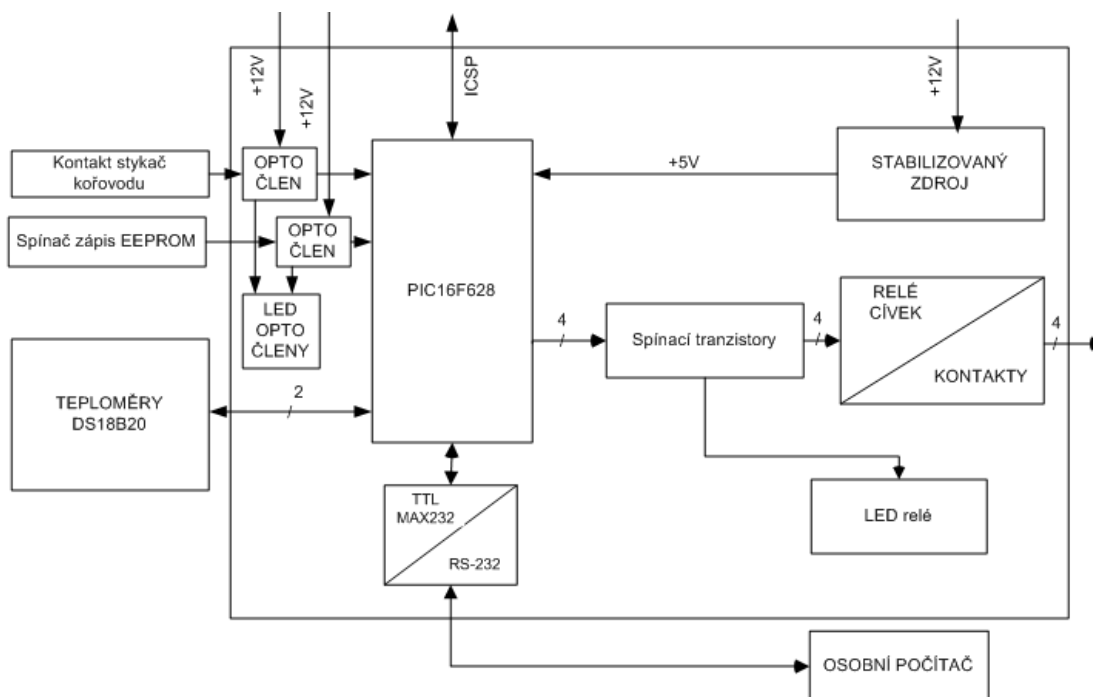
Program zjišťuje teplotu provozního a havarijního teploměru. Je-li hodnota teploty před konverzí \$00, nebo \$88, je provedeno okamžité nastavení counteru maximální počet kroků a poté vykonána smyčka s celkovým časem 220 s pro úplné uzavření servopohonu. Hodnoty interpretují přerušovaný vodič čidla, nebo poruchu sběrnice. Pokud je hodnota < > než \$00, nebo \$88, je provedena regulační rutina. Je-li naměřená teplota nižší, než teplota požadovaná, je proveden akční zásah otevření a relé připojené na chod servopohonu vpravo je na dobu 8000 ms připojeno na síťové napětí 230V. Poté je aktivována čekací smyčka 8s vybavení soustavy - reakci soustavy na akční zásah. Je-li naměřená teplota vyšší, než teplota požadovaná, je proveden akční zásah uzavření a relé připojené na chod servopohonu vlevo je na dobu 8000 ms připojeno na síťové napětí 230 V. Poté je aktivována čekací smyčka 8000 ms pro reakci soustavy (clerical time) na akční zásah. Chod relé je signalizován příslušnou LED. Návratová hodnota o předchozím regulačním zásahu je nastavena na log. 0.

Po akčním zásahu je opět ověřen stav relé kouřovodu. Pokud je stav log. 1, je provedeno uzavření servopohonu nastavením counteru maximální počet kroků a poté vykonána smyčka s celkovým časem 220 vteřin, pro úplné uzavření servopohonu. Oběhové čerpadlo je odpojeno.

8.4.2 Komunikace a nastavení - terminál PC

Procesor je vybaven sadou, která poskytuje obsluhu základní informace o stavu systému a dále nastavení hodnot uložených do paměti EEPROM. Terminál je přístupný přes port RS232 a procesor má aktivní UART nastaven na rychlost 19.200kbps a komunikaci 8N1. Při otevření terminálu se periodicky vypisuje hodnota aktuálně měřené teplot, požadované teplot, povolené hystereze a název akčního zásahu (probíhá-li). Hodnoty jsou v celých °C.

Teplota se zpravidla nastavuje na hodnotu minimálně 65 °C, zpravidla vyšší, a to z důvodu omezení tvorby nízkoteplotní koroze. Při vyšší teplotě topeniště se vodní páry z paliva lépe odpařují a opouštějí spalovací prostor.

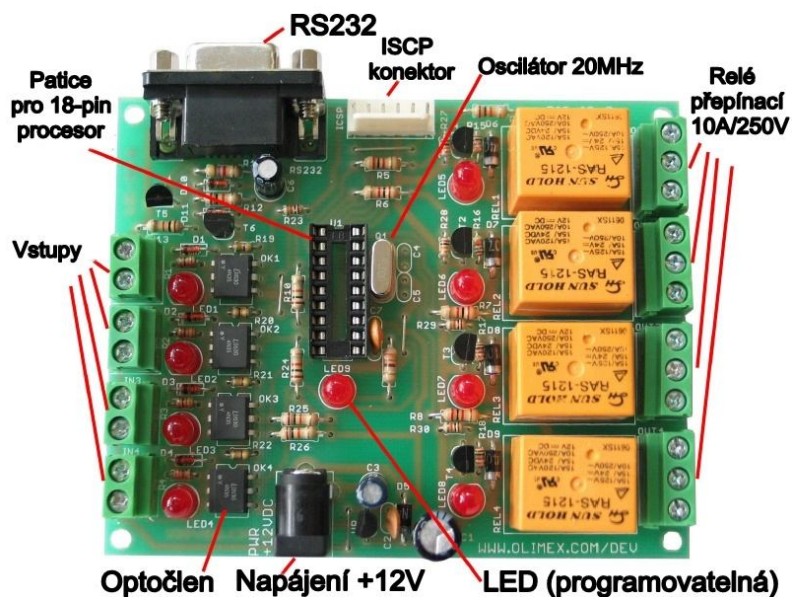


Obr. č. 26 Blokové schéma regulátoru I. Krb, vytvořeno v MS Visio 2002

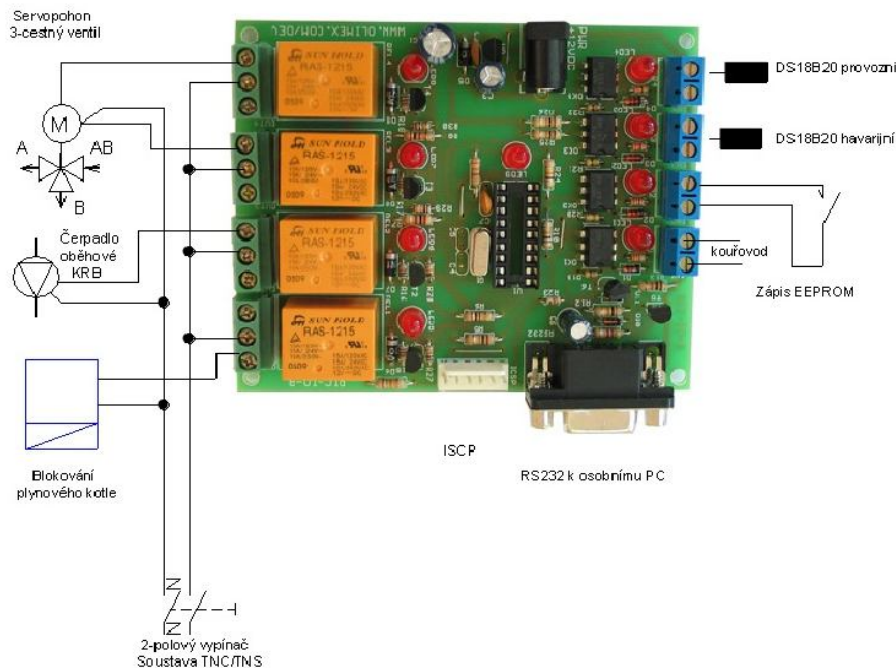
8.4.3 Rozhraní desky - I/O periferie

Tabulka Popis kombinací vstupů a výstupů z Regulátoru I. Krbu

Port	Prvek	Stav	Funkce
RA3	RELE1	ON	Napájení servopohonu Vlevo ON
RA3	RELE1	OFF	Napájení servopohonu Vlevo OFF
RA2	RELE2	ON	Napájení servopohonu Vpravo ON
RA2	RELE2	OFF	Napájení servopohonu Vpravo OFF
RA1	RELE3	OFF	Oběhové čerpadlo OFF
RA1	RELE3	ON	Oběhové čerpadlo ON
RA0	RELE4	OFF	Blokace kotle NE
RA0	RELE4	ON	Blokace kotle ANO
RA4	OPTO1	ON	Kouřovod stykač aktivní
RB5	OPTO2	ON	Programování RS232 povoleno
RB4	BIN1	ON	DS18B20 provozní
RB7	BIN2	ON	DS18B20 havarijní



Obr. č. 27 Popis desky, převzato a upraveno z [10], vytvořeno v MS Visio 2002



Obr. č. 28 Schéma připojení regulátoru I. Krb na snímače a silové periferie,
převzato a upraveno z [10], vytvořeno v MS Visio 2002

8.4.4 Nastavení hodnoty do EEPROM

Pro zápis do EEPROM je nutné odpojení napětí 230 V přivedené do desky. Po přepnutí přepínače na portu RB5 je v PC zobrazena postupně výzva pro vložení požadované teploty, postupně v desítkách a následně v jednotkách. Po vložení 2. hodnoty je uložená hodnota vypsána na terminál jako potvrzení. Po tomto lze spínač rozpojit a připojit síťové napětí. Program bude periodicky po cca 18 s vypisovat stav teploty a událost akčního zásahu.

```

COM3 - PuTTY
vlož (t_poz) desítky>
5
vlož (t_poz) jednotky
9
uložena t_poz=59>

t_poz = 59>

t_krb = 64>

e = 5>

UZAVIRANI_T1

t_poz = 59>

t_krb = 63>

e = 4>

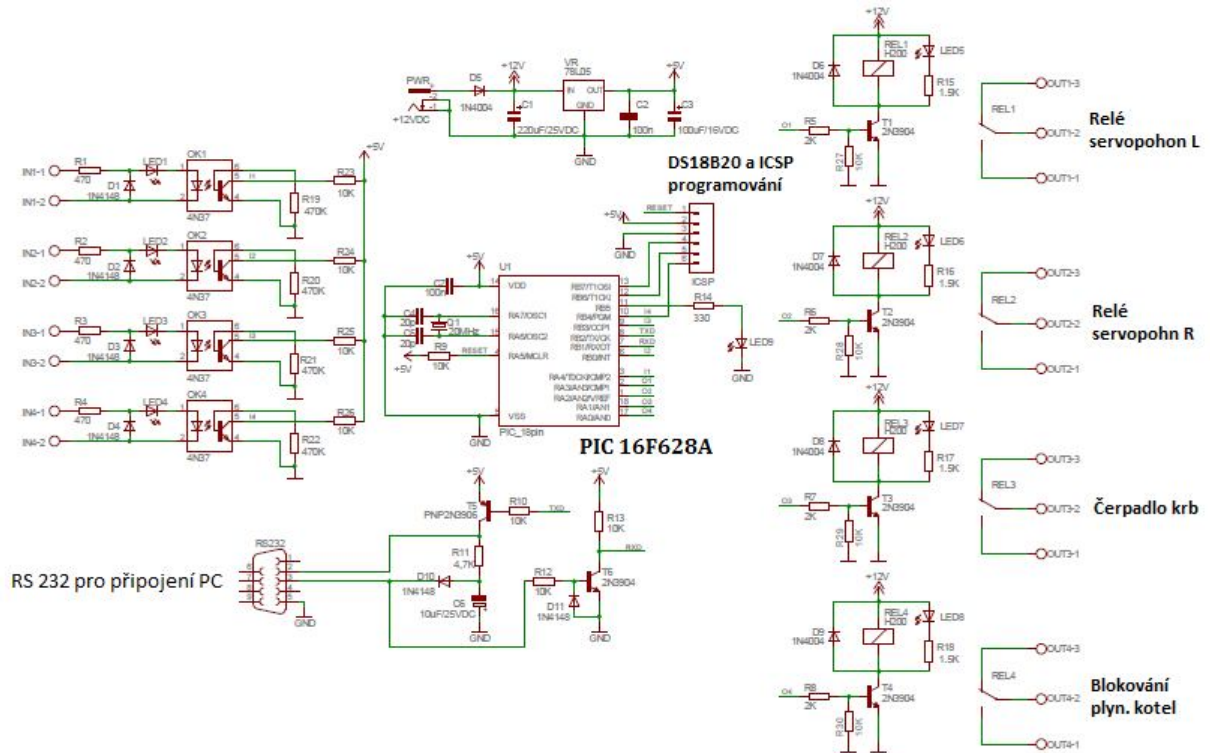
UZAVIRANI_T1

t_poz = 59>

```

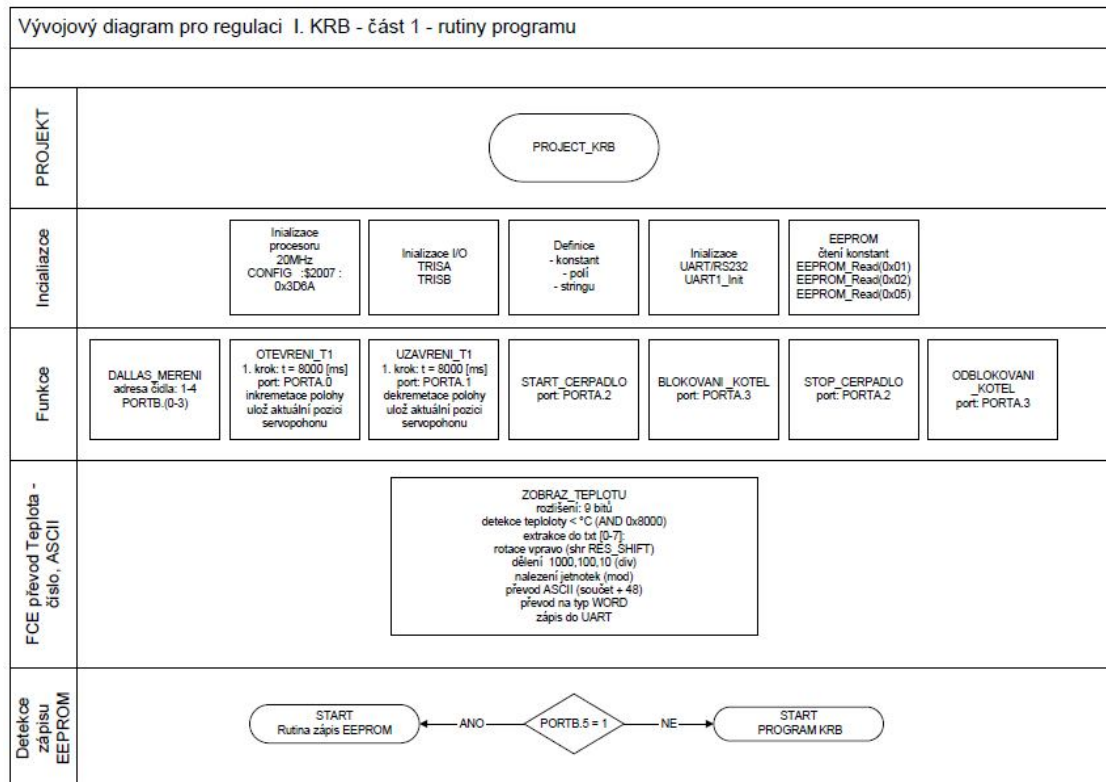
Obr.29 Komunikace s terminálovým SW Putty

8.4.5 Schéma desky PIC I/O

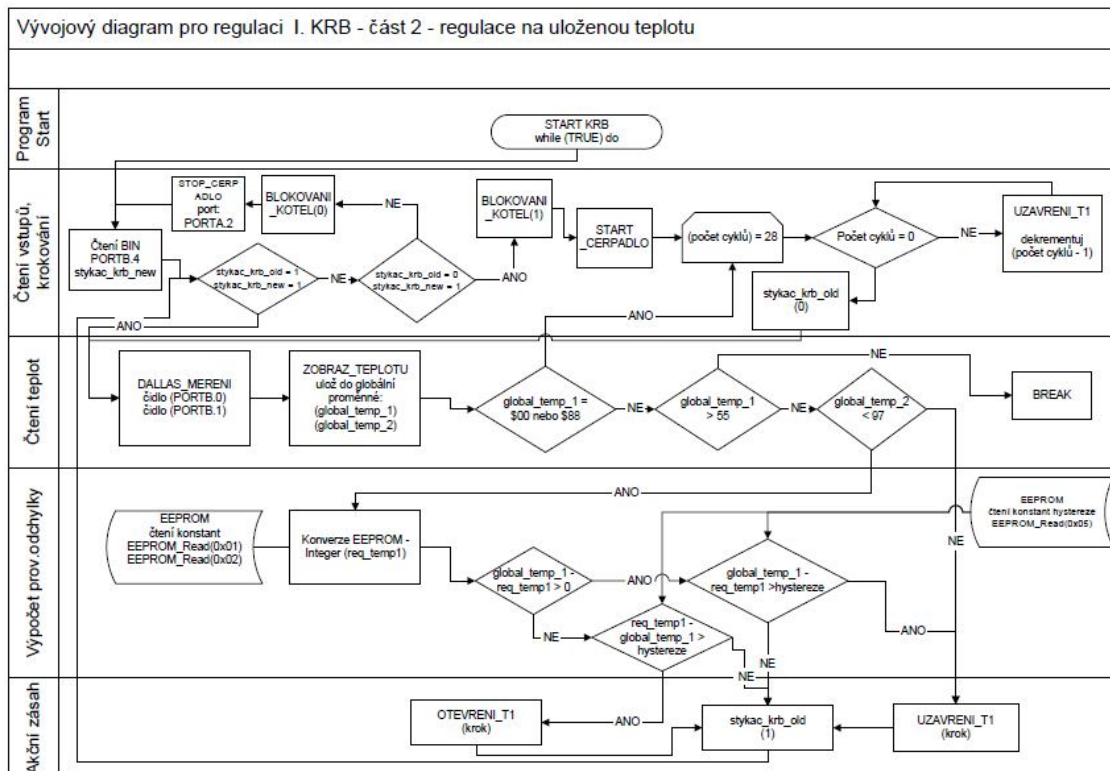


Obr. č. 30 Schéma desky regulátoru I. Krb,
převzato a upraveno z [10], vytvořeno v MS Visio 2002

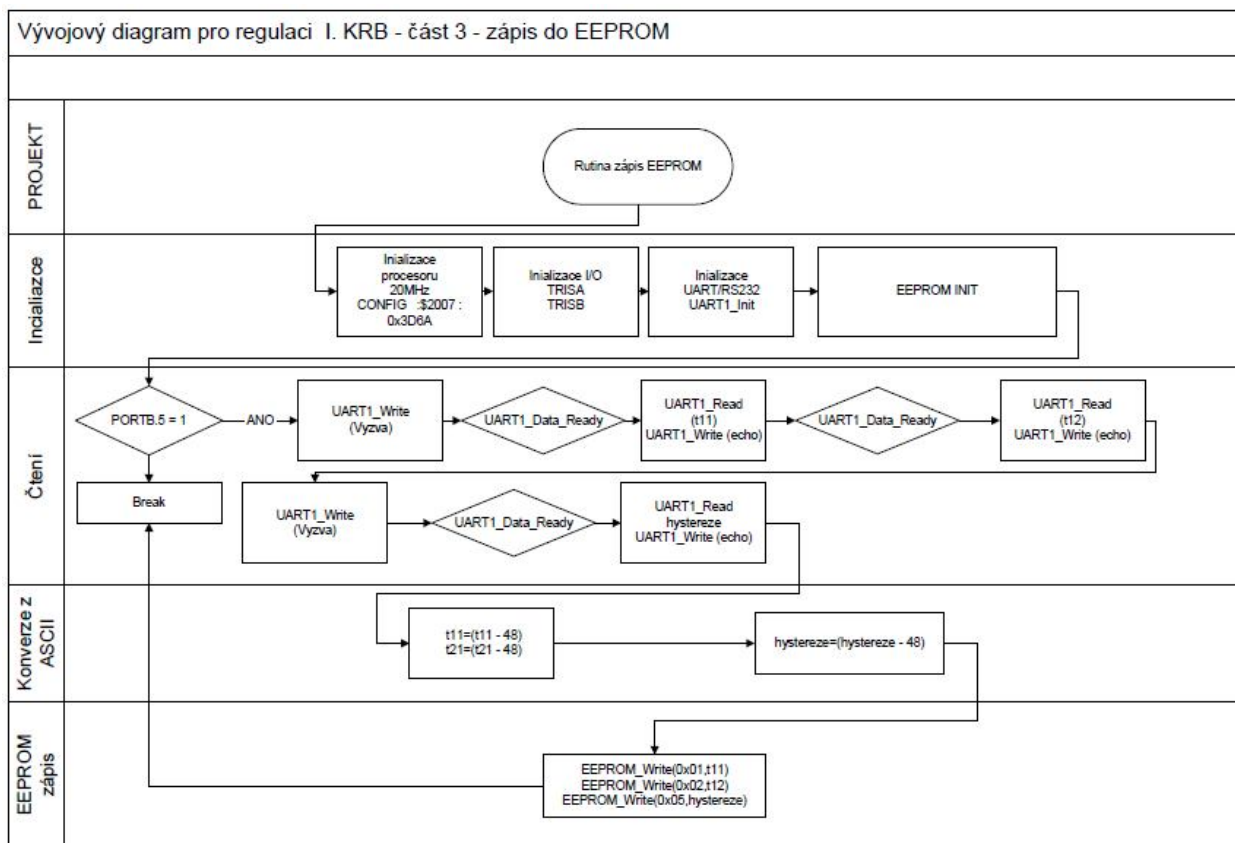
8.4.6 Vývojové diagramy



Obr. č. 31 Rutiny regulátoru I. krb, vytvořeno v MS Visio 2002



Obr. č. 32 Vývojový diagram schéma regulátoru I. krb, vytvořeno v MS Visio 2002



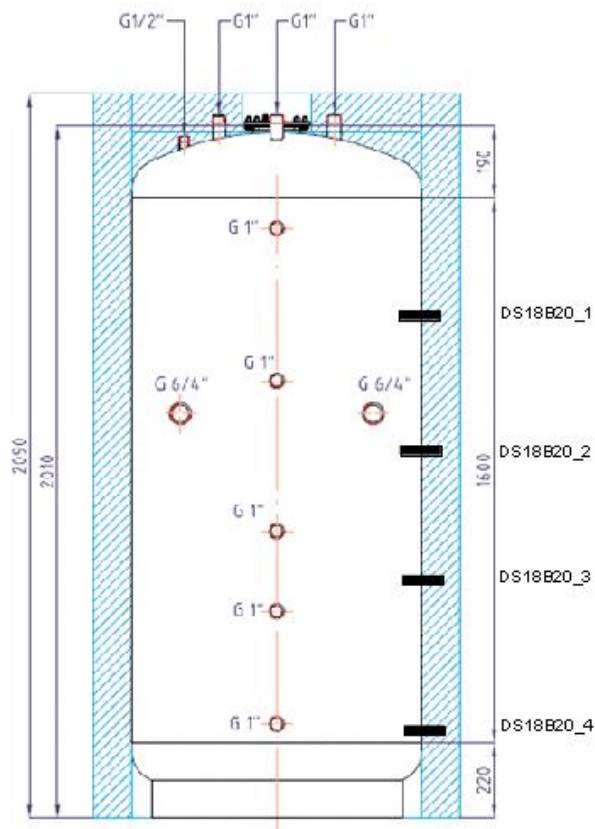
Obr. č. 33 Vývojový diagram zápisu EEPROM regulátoru I. krb, vytvořeno v MS Visio 2002

8.5 Akumulační nádoba - osazení čidel

Akumulační nádoba je zvolena v počtu 1 ks a objem nádoby je 1000 litrů. Celková akumulací schopnost je 210 MJ při teplotní rozsahu 35 - 85°C. Čidla DS18B20 byly instalovány do aktivní výšky teplosměnné stěny 1200, 800 a 400 a 100 mm. Čidla byly zavedeny do hliníkové trubičky, o průměru 8 mm, zajištěny tepelně vodivou pastou a opatřeny připojeny na třívodičový kabel.

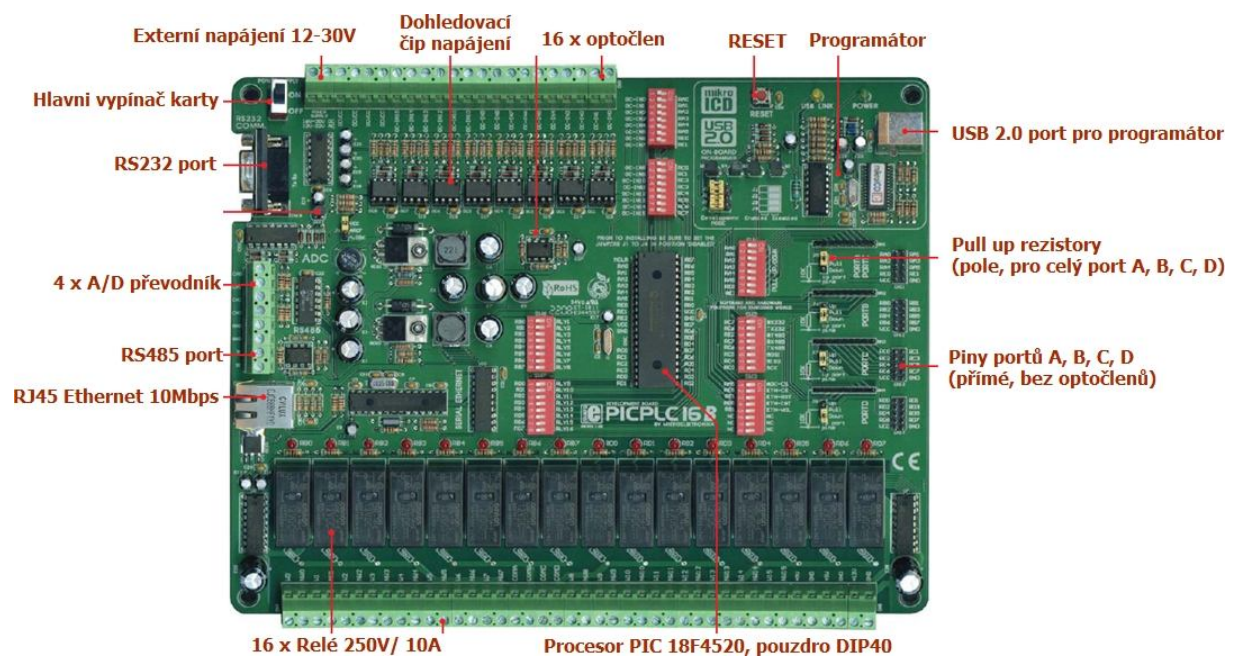
210 MJ je po převodu 58,33 kWh a to je maximální energie uložená v akumulací nádobě. Program podle teploty stratifikované vody vypočítá minimální energii uloženou ve vodním sloupci. Stratifikace vody nastává tak, že nejteplejší voda je ukládána do horní části zásobníku, chladnější do nižších vrstev. Při použití zdroje – krbu teplota přiváděné vody kolísá. Pokud je teplota vody vyšší, než do té chvíle ukládána do nádoby, dojde k její stratifikaci zcela nahoru. Číslo umístěné ve výšce 1200 mm snímá nejhorší hodnotu sloupce o objemu 250 litrů a procesor tuto hodnotu převádí na jednotky [kWh]. Další měření na spodních čidlech probíhá analogicky.

Výsledná jediná hodnota je zobrazena jako celková energie a její hodnota je součet energií ze 4 měření, ze 4 čidel a prezentace je v jednotkách [kWh].

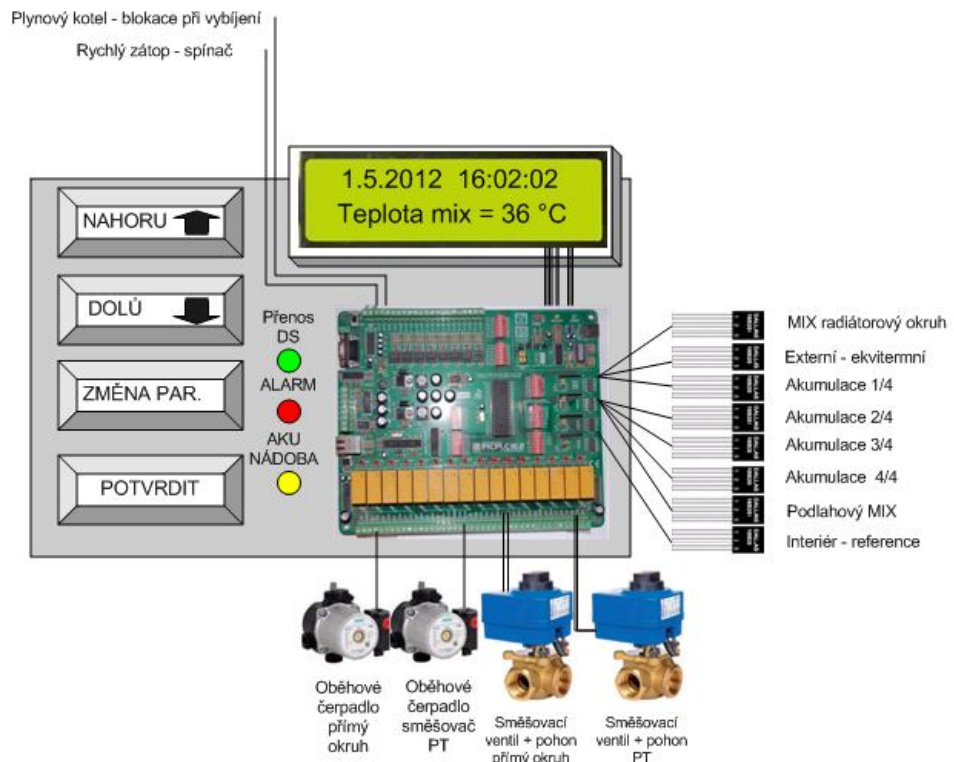


Obr. č. 34 Osazení akumulární nádoby teploměry, převzato z [16]

8.6 Deska řízení s procesorem na řídicí systém regulátor II. soustavy

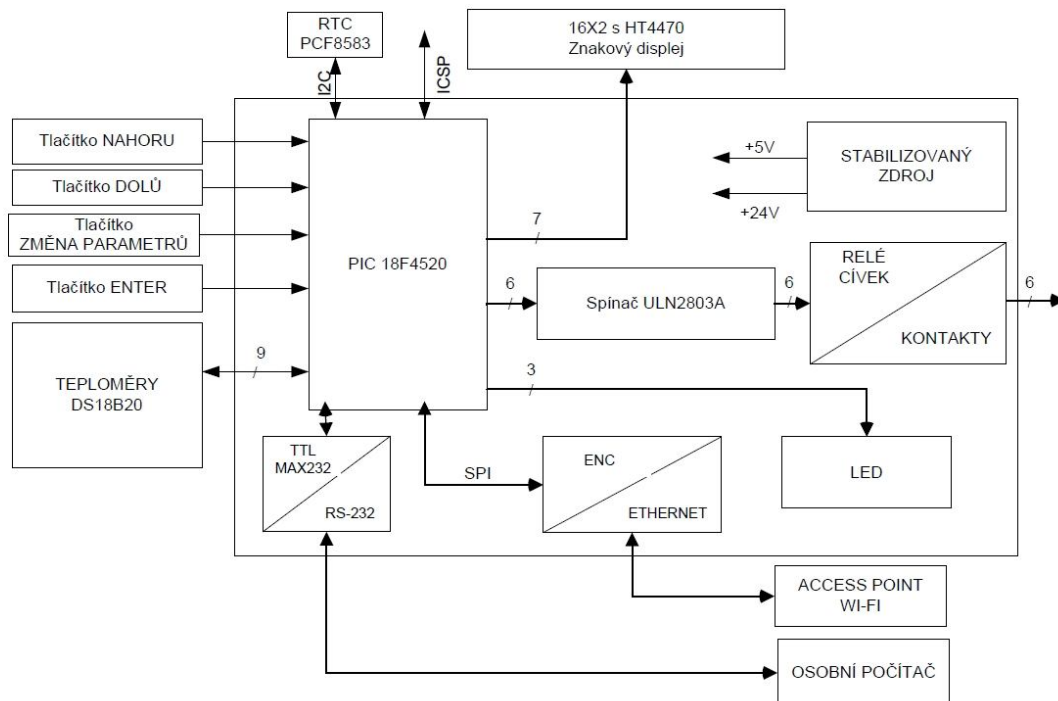


Obr. č. 35 Deska PIC PLC16B, převzato a upraveno z [15]



Obr. č. 36 Schéma připojení regulátoru II. soustavy, vytvořeno v MS Visio 2002

8.6.1 Blokové schéma



Obr. č. 37 Celkové blokové schéma regulátoru II. soustava, vytvořeno v MS Visio 2002

Příklad 1

Tabulka 6 Zapojení desky na interní a externí periferie s popisem využití v aplikaci, při použití dohledu přes rozhraní LCD:

Název periferie	port	Popis signálu
Řádkový displej	RB0	Signál EN
	RB1	Signál RS
	RC5	Datový bit 0
	RE0	Datový bit 1
	RE1	Datový bit 2
	RE2	Datový bit 3
	-	Signál RW je připojen na log. 0
Relé 1	RB2	Čerpadlo přímého okruhu
Relé 2	RB3	Čerpadlo směšovaného okruhu
Relé 3	RB4	Servopohon přímého okruhu - otáčení vlevo
Relé 4	RB5	Servopohon přímého okruhu - otáčení vpravo
Relé 5	RB6	Servopohon směšovaného okruhu - otáčení vlevo
Relé 6	RB7	Servopohon směšovaného okruhu - otáčení vpravo
Optočlen vstup 1	RA0	Plynový kotel blokování
Optočlen vstup 2	RA1	Požadavek na okamžité vybíjení
LED1	RA2	Přenos DS 18B20
LED2	RA3	Alarm – odpojené čidlo, překročené meze teplot
RTC mohul	RC3	PCF8583 - I ² C SDA – sběrnice data
	RC4	PCF8583 - I ² C SCL – sběrnice hodinový signál
LED3	RA4	Akumulační nádoba nabitá
Teploměr 1	RA5	Teploměr přímého okruhu
Teploměr 2	RC0	Teploměr externí - venkovní
Teploměr 3	RC1	Teploměr akumulční nádoba 1/4
Teploměr 4	RC2	Teploměr akumulční nádoba 2/4
Teploměr 5	RC6	Teploměr akumulční nádoba 3/4
Teploměr 6	RC7	Teploměr akumulční nádoba 4/4
Teploměr 7	RD0	Teploměr směšovaného okruhu
Teploměr 8	RD1	Teploměr interiér
Tlačítko 1	RD2	Tlačítko nahoru
Tlačítko 2	RD3	Tlačítko dolů
Tlačítko 3	RD4	Tlačítko změna hodnoty
Tlačítko 4	RD5	Tlačítko enter - ulož

Příklad 2

Tabulka 7 Zapojení desky na interní a externí periferie s popisem využití v aplikaci, při použití dohledu přes rozhraní Ethernet:

Název periferie	port	Popis signálu
Ethernet rozhraní	RB0	INT – výstup přerušení
	RB1	WOL – probuzení přes LAN (Wake On LAN)
	RC3	SCK – SPI rozhraní - hodinový signál
	RC4	MISO - SPI rozhraní - výstupní data
	RC5	MOSI - SPI rozhraní - vstupní data
	RE0	CS – výběr obvodu
	RE1	RST reset řadiče ENC28J60

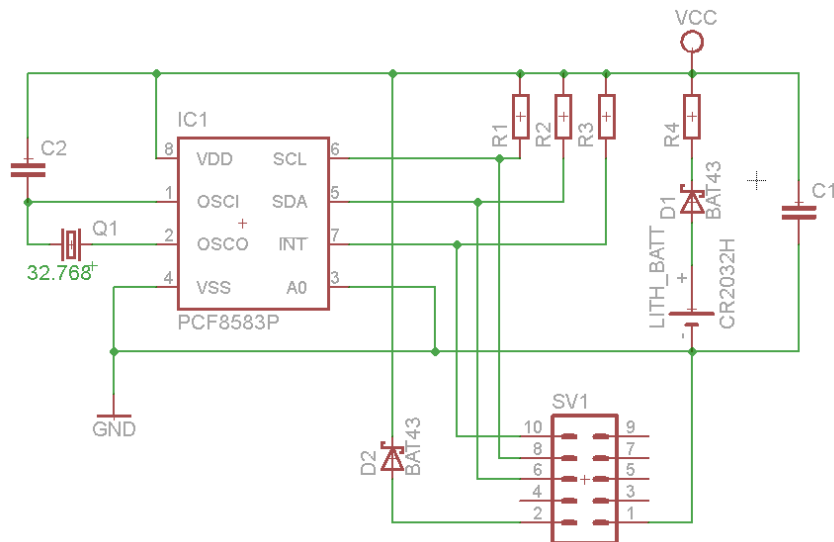
Relé 1	RB2	Čerpadlo přímého okruhu
Relé 2	RB3	Čerpadlo směšovaného okruhu
Relé 3	RB4	Servopohon přímého okruhu - otáčení vlevo
Relé 4	RB5	Servopohon přímého okruhu - otáčení vpravo
Relé 5	RB6	Servopohon směšovaného okruhu - otáčení vlevo
Relé 6	RB7	Servopohon směšovaného okruhu - otáčení vpravo
Optočlen vstup 1	RA0	Plynový kotel blokován
Optočlen vstup 2	RA1	Požadavek na okamžité vybíjení
LED1	RA2	Přenos DS 18B20
LED2	RA3	Alarm – odpojené čidlo, překročené meze teplot
LED3	RA4	Akumulační nádoba nabitá
Teploměr 1	RA5	Teploměr přímého okruhu
Teploměr 2	RC0	Teploměr externí - venkovní
Teploměr 3	RC1	Teploměr akumulční nádoba 1/4
Teploměr 4	RC2	Teploměr akumulční nádoba 2/4
Teploměr 5	RC6	Teploměr akumulční nádoba 3/4
Teploměr 6	RC7	Teploměr akumulční nádoba 4/4
Teploměr 7	RD0	Teploměr směšovaného okruhu
Teploměr 8	RD1	Teploměr interiér

8.6.2 RTC modul

Uchování časových informací v aplikaci diplomové práce je v režii obvodu PCF8583. Programová obsluha regulátoru II. soustavy zajišťuje úvodní uložení aktuálního data (4-místný formát roku, měsíce a dne), času (hodin, minut, vteřin, desetin vteřin) a dalších atributů (režim hodin 12/24). Napájení 5 V je externí, společně se signály I2C sběrnice SDA a SCD a je vyvedeno z desky PIC PLC16B přes konektor 5x2 pinů, bez směrové orientace. Obvod je připojen na procesor 18F4520 na port C: RC3 - clock a RC4 - data. Záložní napájecí zdroj je knoflíková lithiová baterie CR2032. Adresní bit A0 musí být připojen na GND.

Schéma obvodu bylo navrženo v programu EAGLE verze 6.1.0 (Light Edition), SW pro operační systémy Windows. Systémový modul pro kreslení schémat je Eagle Schematic. Pro úvodní seznámení s Eagle, pro kreslení schématu, byla využita literatura [18].

Knihovna obvodu PCF8583 byla doinstalována z linku – webové stránky: http://www.cadsoftusa.com/downloads/file/ds1307_pcf8583.lbr, přístupné po registraci.

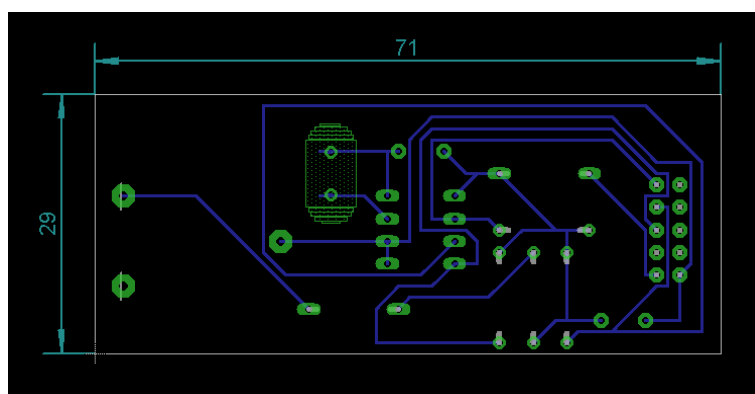


Obr. č. 38. Schéma zapojení pro montáž na patici karty PIC PLC16B

8.6.2.1 Deska plošného spoje

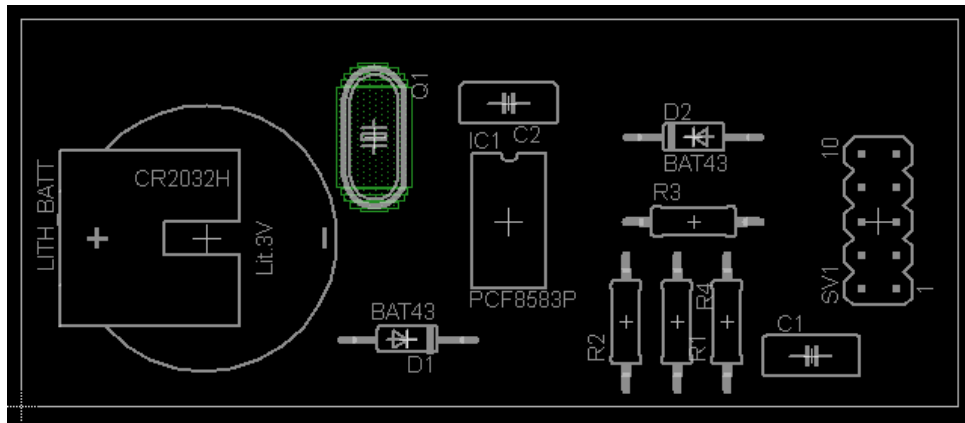
Deska plošných spojů byla navržena v programu EAGLE verze 6.1.0 (Light Edition) v limitované verzi určené pro malé dvouvrstvé PCB, SW pro operační systémy Windows. Systémový modul pro návrh desek je Eagle board. Deska je osazena standardními součástkami. Spojové cesty generuje funkce AutoRouter.

Knihovna obvodu PCF8583 byla doinstalována z webové stránky: http://www.cadsoftusa.com/downloads/file/ds1307_pcf8583.lbr. Pro úvodní seznámení s Eagle a pro návrh PCB byla využita literatura [18].



Obr. č. 39 DPS – PCB deska RTC

8.6.2.2 Osazovací schéma a seznam součástek



Obr. č. 40 Osazovací schéma

Seznam použitých součástek:

IC1	PCF8583P – integrovaný obvod časových informací
R1	odpor 1K
R2	odpor 1K
R3	odpor 1K
C1	keramický kondenzátor 100n
C2	keramický kondenzátor 22 p
Q1	zdroj referenčního signálu - krystal 32,768 Hz (miniaturní)
SW1	10 -ti pinový konektor (pinhead) v uspořádání 5x2
LITH_BATT	3V záložní lithiová baterie baterie typ CR3022
D1	BAT43 Schottkyho dioda
D2	BAT43 Schottkyho dioda

8.6.2.3 Návrh programové obsluhy

Pro programovou obsluhu čtení a zápisu provádí procesor PIC[®] 18F4520. Do překladače MikroPascal [15] jsou vloženy následující syntaxe:

Příprava sběrnice I²C:

```
var
Soft_I2C_Scl;    // definice HW RC3 pinu pro hodinový signál sběrnice I2C
Soft_I2C_Sda;    // definice HW RC4 pinu pro data signál sběrnice I2C
Soft_I2C_Scl_Direction; // definice SW RC3 pinu pro hodinový signál
sběrnice I2C
Soft_I2C_Sda_Direction; // definice SW RC4 pinu pro data signál sběrnice
```

HW RCx má význam fyzického portu, SW RCx má význam uložení registru TRISC pro volbu směru I/O.

```

procedure cteni_RTC();
begin
    Soft_I2C_Start(); // inicializace I2C
    Soft_I2C_Write(0xA0);
    Soft_I2C_Write(2); // příprava na čtení z adresy 2
    Soft_I2C_Start(); // inicializace I2C
    Soft_I2C_Write(0xA1); // přepnutí obvodu na čtení
    vteriny := Soft_I2C_Read(1); // byte s hodnotou sekund ulož do proměnné
vteriny
    minuty := Soft_I2C_Read(1); // byte s hodnotou minut ulož do proměnné
minuty
    hodiny:= Soft_I2C_Read(1); // byte s hodnotou hodin ulož do proměnné
hodiny
    rokden := Soft_I2C_Read(1); // byte s hodnotami rok a den ulož do
rokden
    dmesic := Soft_I2C_Read(0); // byte s hodnotou dne v týdnu a měsíce do
dmesic
    Soft_I2C_Stop(); // ukončení I2C přenosu
end;

```

Příklad:

Úvodní procedura je navržena pro zápis datumu dne 13.3.2013, ve 14:45:00 a formát hodin je 12-hodinový.

```

procedure zapis_RTC();
Soft_I2C_Init(); // inicializace I2C pro master mód sběrnice
    Soft_I2C_Start(); // inicializace I2C
    Soft_I2C_Write(0xA0); // přepnutí obvodu na zápis
    Soft_I2C_Write(0); // příprava na zápis do adresy 0
    Soft_I2C_Write(0x80); // zastavit inkrementaci
    Soft_I2C_Write(0); // zápis 2-byte zápis setin a desetin sekund
    Soft_I2C_Write(0); // zápis 2-byte hodnot desítek a jednotek sekund
    Soft_I2C_Write(0x45); // zápis 2-byte hodnoty minut
    Soft_I2C_Write(0xD8); // zápis 2-byte hodnoty hodin (včetně AM/PM bitu
- 7. bit)
    Soft_I2C_Write(0x5D); // zápis 2-byte roku a dne
    Soft_I2C_Write(0x83); // zápis 2-byte dne v týdnu a měsíce
    Soft_I2C_Stop(); // ukončení I2C přenosu

    Soft_I2C_Start(); // inicializace I2C
    Soft_I2C_Write(0xA0);
    Soft_I2C_Write(0); // příprava na zápis do adresy 0
    Soft_I2C_Write(0); // povolení inkrementace PCF8583
    Soft_I2C_Stop(); // ukončení I2C přenosu
end;

```

Provedení konverze čtené hodnoty s využitím dokumentace [17]. V proceduře je znárodněn princip extrakce hodnoty s použitím rotace vpravo (shr) a maskováním (and).

```

procedure konverze_RTC() ;
begin
    vteriny := ((vteriny and 0xF0) shr 4)*10 + (vteriny and 0x0F);
    minuty := ((minuty and 0xF0) shr 4)*10 + (minuty and 0x0F);
    hodiny:= ((hours and 0xF0) shr 4)*10 + (hours and 0x0F);

```

```

rok:= (rokden and 0xC0) shr 6;
den:= ((rokden and 0x30) shr 4)*10 + (rokden and 0x0F);
mesic := ((dmesic and 0x10) shr 4)*10 + (dmesic and 0x0F);
end;

```

Před vlastním zápisem je nastaven obvod na režim zápisu a pak je zastavena inkrementace času – zastaveno zasláním hodnoty (0x80) do I²C. Po uložení nových hodnot je zápisem (0x00) časování opět povoleno. Nastavení roku se provádí pouze jako hodnota 1-4 od přestupného roku. Na sběrnici I2C lze provozovat více obvodů PCF8583, s omezeními: 1ks v master, 2 ks ve slave režimech. PCF v režimu kalendář má pin A0 na log. 0 (VSS), v režimu alarm na log.1 (V_{DD}).

8.7 Programová obsluha klávesnice

Klávesnice je složena ze 4 nezávisle připojených tlačítek připojených na porty RD2-RD5. Programová obsluha z knihovny Button zajišťuje eliminaci zákmitů tlačítka pomocí čekací smyčky resp. opakovaní čtení stavu. V případě shodného výsledku je stav vyhodnocen jako změna.

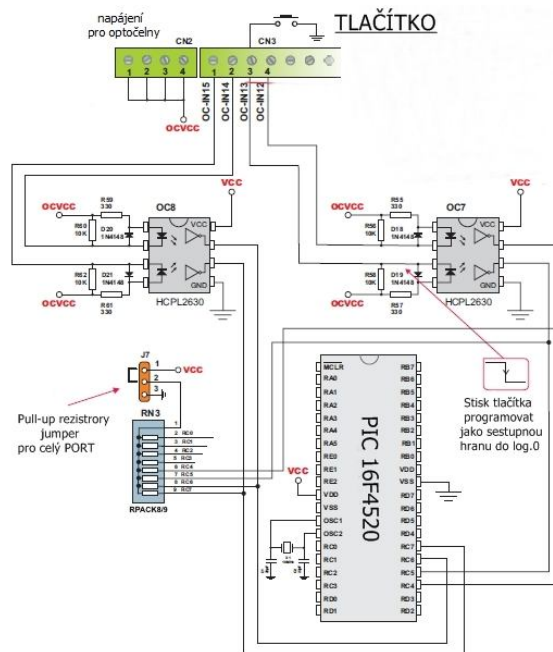
Ve funkci je prezentován stav RD2 v přechodu z log. 1 do log. 0. Pomocné rezistory jsou nastaveny do pull-up režimu. Registrem TRIS bude port RD2 nastaven do vstupního režimu: TRISD.2:=1; Oldstate je typu byte a RD2 je boolean.

Syntaxe je následující:

```

begin
  if Button(PORTD, 2, 1, 1) then oldstate := 255;
  if oldstate and Button(PORTB, 0, 1, 0) then
    begin
      RD2 :=1;
      oldstate := 0;
    end;
end;

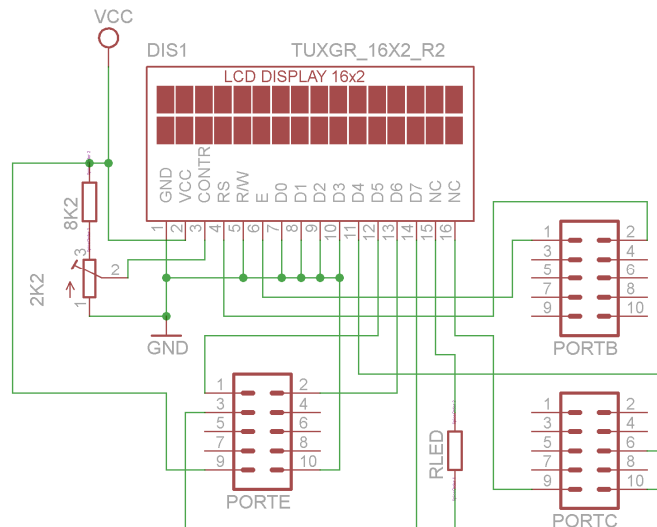
```



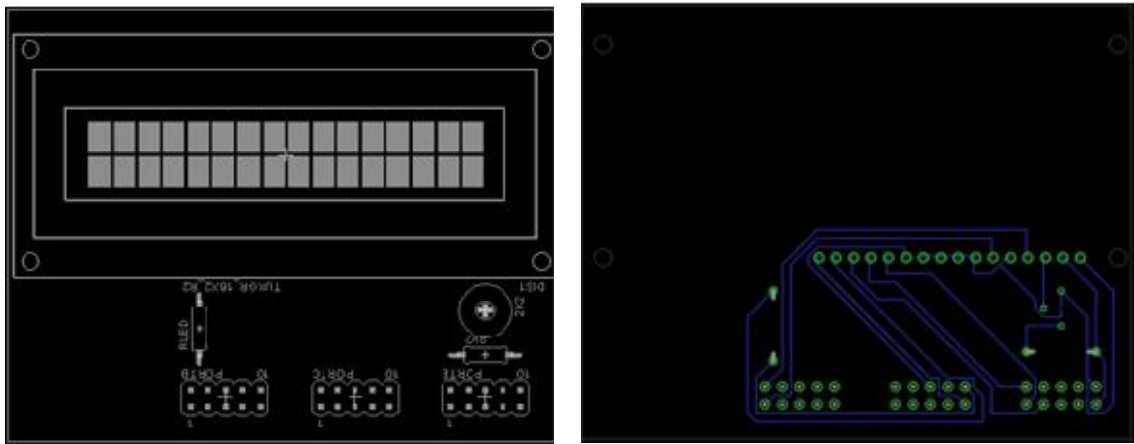
Obr. č. 41 HW pro připojení tlačítka, převzato a upraveno z [15]

8.8 Programová obsluha displeje

Dvouřádkový LC displej s řadičem Hitachi HD44780 je adresován buď v osmibitovém, nebo čtyřbitovém provozním módu. Úspornější mód zasílá data do registrů ve dvou fázích, s použitím rotace. Jazyk MikroPascal PRO podporuje oba režimy a v části inicializace programátor definuje jeden z nich.



Obr. č. 42 schéma zapojení LCD na kartu PIC PLC16



Obr. č. 43 DPS displeje a osazovací schéma LCD

```
// Deklarace proměnných – asociace s HW porty
var LCD_RS : sbit at RB1_bit;
var LCD_EN : sbit at RB0_bit;
var LCD_D4 : sbit at RC5_bit;
var LCD_D5 : sbit at RE0_bit;
```

```

var LCD_D6 : sbit at RE1_bit;
var LCD_D7 : sbit at RE2_bit;

var LCD_RS_Direction : sbit at TRISB1_bit;
var LCD_EN_Direction : sbit at TRISB0_bit;
var LCD_D4_Direction : sbit at TRISC5_bit;
var LCD_D5_Direction : sbit at TRISE0_bit;
var LCD_D6_Direction : sbit at TRISE1_bit;
var LCD_D7_Direction : sbit at TRISE2_bit;

//Deklarace proměnných – typ pole
var text : array[17] of char;

//Start programu

TRISB := 255;
TRISC := 255;
TRISE := 255;
txt1 := ' aplikace servo ';

Lcd_Init(); // inicializace LCD
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR); // smaž displej
Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF); // vypni kurzor
LCD_Out(1,1,text); // zapiš proměnnou

```

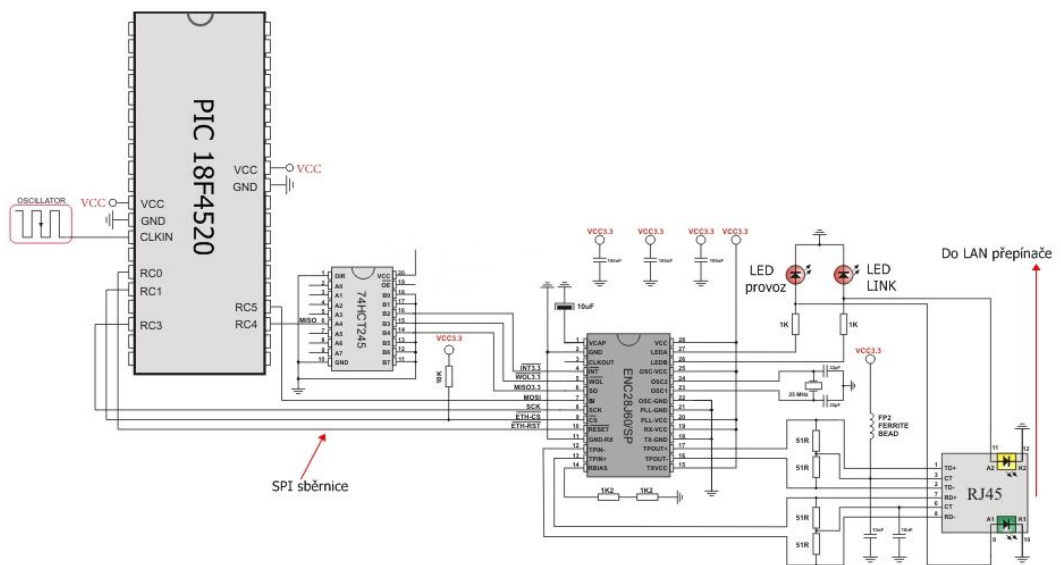
Některé další dostupné funkce řadiče

```

_LCD_FIRST_ROW - zaměření kurzoru na 1. řádek
_LCD_SECOND_ROW - zaměření kurzoru na 2. řádek
_LCD_RETURN_HOME - návrat kurzoru na výchozí pozici
_LCD_BLINK_CURSOR_ON - blikání kurzoru

```

8.9 ETHERNET řadič a SPI



Obr. č. 44 SPI HW pro připojení na LAN síť, převzato a upraveno z [15]

8.10 SW vybavení

Software diplomového projektu je rozděleno na:

- instrukční SW pracujícího podle HEX zdrojového kódu pro oba použité mikroprocesory, uložených v paměti FLASH
- SW pro upload HEX zdrojového kódu do mikroprocesoru
- vývojový SW poskytujícího službu přeložení a kompilaci z vyššího programovacího jazyka do HEX kódu
- služeb a funkcí rutin, které má procesor implementované z výroby a volitelných z vývojového SW

8.10.1 ICSP – sériové programování

ICSP (In Circuit System Programming) poskytuje spojení programátoru s mikroprocesorem bez nutnosti jeho fyzického přesunu z aplikace do programovací patice programátoru.

Tabulka Přehled signálů pro ICSP programování

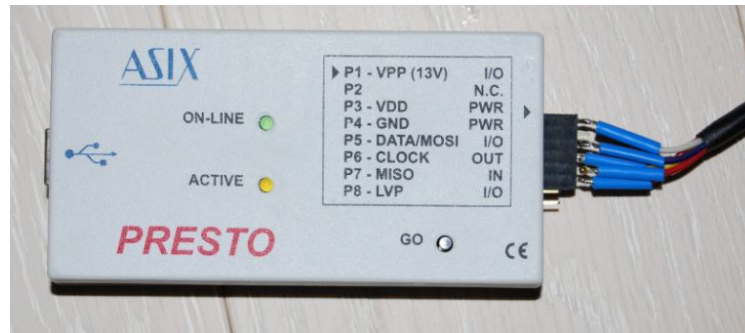
VPP (nebo MCLR)	programovací napětí (13 V)
Vcc	+ 5 V
GND	signálová zem
PGD - data	obvykle port připojení RB7
PGC - Hodiny	obvykle port připojení RB6
PGM - LVP enable	obvykle port připojení RB3/RB4

8.10.2 Programátor

Programátor ASIX – Presto je rychlý ICSP programátor, který s aplikací UP poskytuje rychlé a opakovatelné programování širokého rozsahu jednočipových mikroprocesorů. Po připojení procesoru lze stiskem tlačítka GO provést opakované nahrání HEX kódu bez nutnosti použití aplikace UP. Podporuje velké množství součástek - mikrokontroléry, CPLD, FPGA, sériové FLASH a EEPROM paměti. Program ASIX-UP podporuje možnost definování projektů, parametry při spouštění z příkazového řádku umožňující bezobslužné použití programátoru při rutinním programování, nastavení prostředí včetně klávesových zkratk a automatické generování sériového čísla

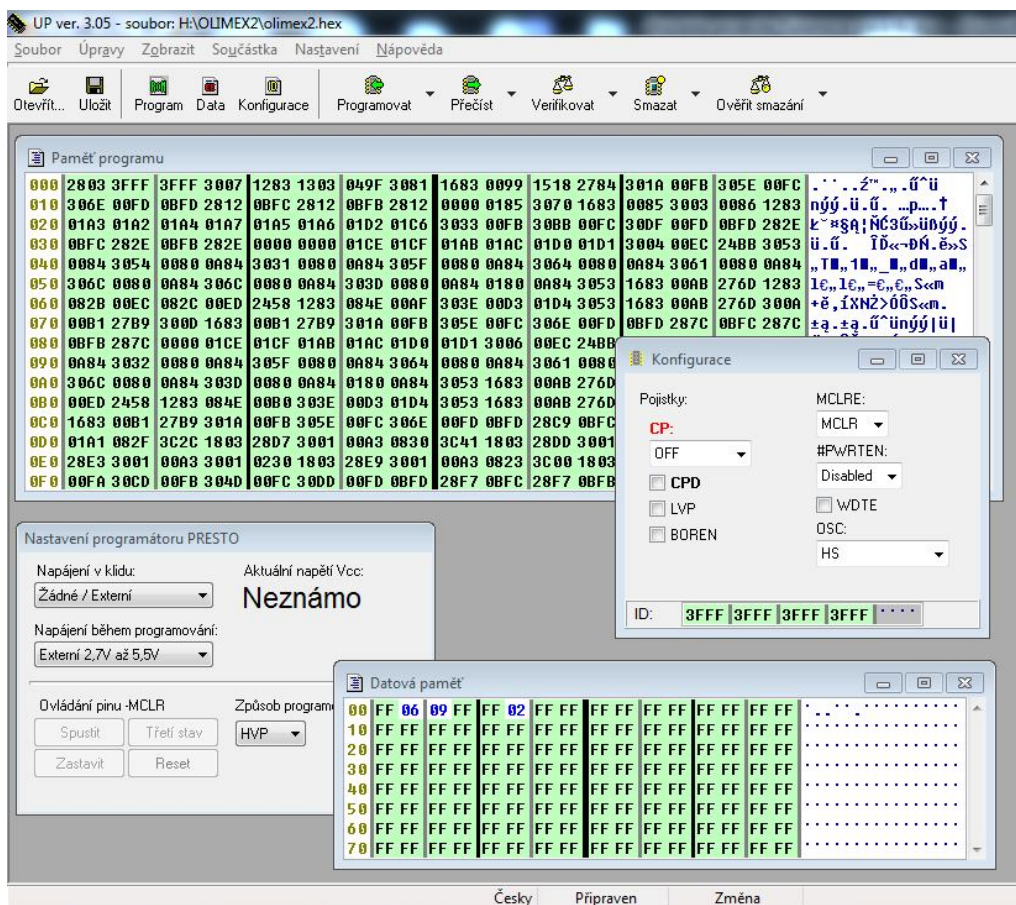
K připojení programované součástky slouží osmipinový konektor ICSP, který byl upraven pro programování desek OLIMEX. Vyrobená redukce je připojena na šesti pinový konektorem pro ICSP pro mikrokontroléry PIC[®]. Vývod V_{DD} připojený k vývodům napájecího napětí programované součástky může volitelně buď poskytovat napětí z USB o nominální hodnotě 5V nebo využívat napětí přiváděné z programované aplikace v rozsahu 3 až 5 V s tolerancí $\pm 10\%$. Toto napětí je pak použito i pro digitální signály. Dále je implementována nadproudová ochrana programovacího a napájecího napětí. Napěťový rozsah může být

rozšířen pomocí dvou speciálních hlavíc - HPR3V3 (pro 3,3 V výstupní napětí) a HPR1V2 (pro podporu signálů v rozmezí 1,2 až 3,3 V).



Obr. č. 45 Programátor Presto (foto autor)

Pro programování mikrokontrolérů byl použit ovládací SW programátoru ASIX-UP verze 3.05CZ. Na obrázku jsou zobrazeny: obsah programu uložený v programové paměti FLASH, konfigurační bity pro ochranu čtení (CP), použitý zdroj referenčního taktu, watchdog, typ napájení a obsah EEPROM paměti.



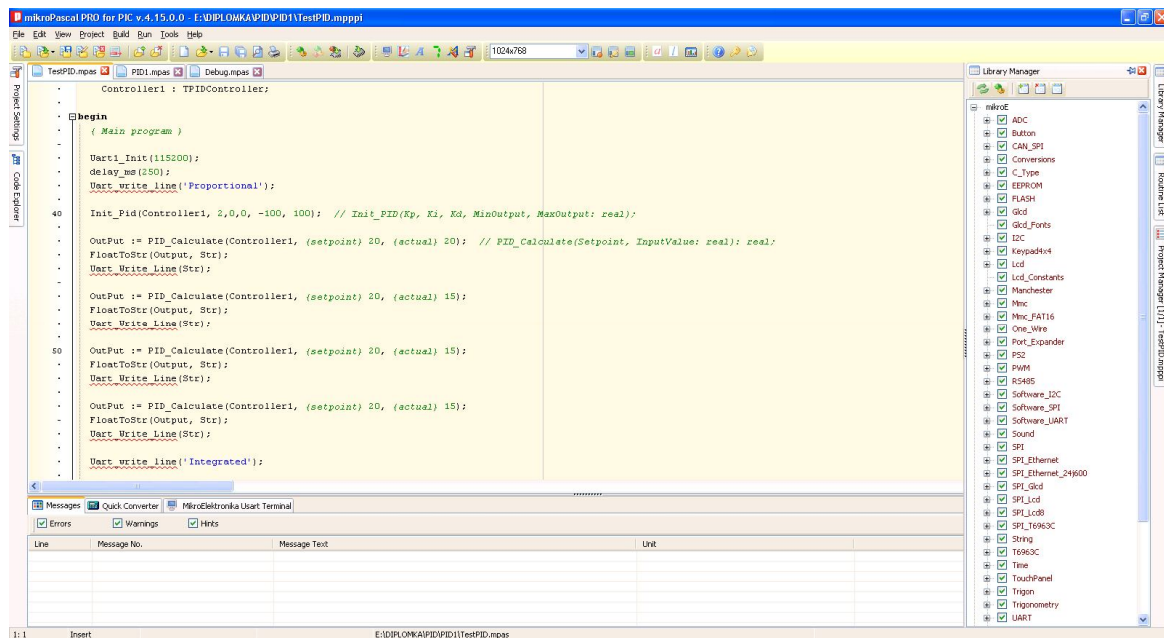
Obr. č. 46 ASIX-UP programovací SW

Při použití napájení během programování z aplikace se automaticky odpojí napájení z USB. Paměť EEPROM lze programovat buď samostatně, nebo všechny (FLASH a EEPROM) současně. Procesor lze v jednom kroku smazat a dále verifikovat obsahy paměti z procesoru a ze souboru. Kolizní byte jsou označeny červeně. Program ASIX-UP podporuje ovládání přes pin MCLR a to umožňuje setrvání mikroprocesoru ve stavu reset.

8.10.3 Vývojové prostředí

MikroPascal PRO je překladač firmy Mikroelektronika. Je vyvinut pro procesory Atmel, AVR, PIC® a další. Nabízí uživatelsky přívětivé a intuitivní prostředí pro přehledné a optimalizované programování. Hlavními moduly jsou Code Editor obsahující nastavitelné zvýrazňování syntaxe, kontrolu kódové sekvence, dále moduly Code Asistent a Parameter asistent. Code Explorer je k dispozici pro přehledné řízení projektů.

Projektový manažer poskytuje více řízení projektů prostřednictvím asociovaných unit. Obecná nastavení projektu lze provést v okně Nastavení projektu. Knihovna Správce umožňuje jednoduché manipulace knihovnamí používanými v projektu. Error okno zobrazuje všechny chyby zjištěné během kompilace. Zdrojový kód je možná spustit na úrovni Software Simulátoru a umožňuje ladění kódu krok za krokem (krokování).



Obr. č. 47 Mikroelektronika vývojové prostředí

Jako programovací jazyk je použit „Mikropascal PRO for PIC“ verze 6.0.0. Konstrukce programu, deklarace proměnných, cykly a konstanty atd. jsou shodné s jazykem

TurboPascal. Pro vygenerování funkčního a stabilního zdrojového se zakládá nový projekt. Projekt generuje mj. programové soubory mppi, uses a hex. Specifikací projektu je volba typu procesoru, typu oscilátoru, nastavení watchdogu a ochran proti kopírování. Volání služeb dostupných knihoven je podmíněno jejich výběrem z rozbalovacího seznamu. Následuje vložení názvu programu, deklarace proměnných, definice procedur a funkcí a vlastní start programu. V programové smyčce je procesor udržován buď aktivně nekonečnou smyčkou, nebo je odložen ve spícím modu. Probuzení je realizováno buď přetečením interního counteru, nebo externí událostí na pinech s funkcí přerušení a označením INT. Do programové smyčky je vrácen až po vykonání instrukcí definovaných v obsluze přerušení.

Programátor musí znát architekturu programovaného mikroprocesoru. MikroPascal PRO poskytuje menší počet uzavřených funkcí bez vazby na HW, např. převod mezi číselnými soustavami, časové smyčky a cykly, ale zápis do registrů fyzických interface vyžaduje názvy registrů podle datových listů výrobce.

Po dokončení je spuštěn kompilátor a programovací jazyk je přeložen do HEX a vygenerovány doprovodné soubory assembleru (asm) a listu rutin (lst). Optimalizace proběhne na pozadí. Vyhodnocení procesu překladu je zakončeno informací o množství přeloženého kódu a o informaci o stavu programové paměti FLASH a EEPROM.

8.10.4 http služba v jednočipovém web serveru

HTML kód je uložen ve FLASH paměti mikroprocesoru. Jeho délka je omezena pouze kapacitou této paměti. Pro správné vygenerování webové stránky se musí standardní syntaxe rozšířit o značky, které jsou při kompilaci přeneseny 1:1, ale nejsou provedeny žádné úpravy. Překladač je nevyhodnocuje jako chybu.

8.10.5 Inicializace ENC28J60

Ethernetový 10Mbps řadič ENC28J60 je integrován v desce PICPLC16B. Komunikace probíhá s procesorem PIC[®] 18F4520 prostřednictvím SPI sběrnice. Bit RST je připojen na port RB0, bit CS je připojen na port RB1 a data jsou přenášena porty MISO a MOSI. Procedura SPI_Ethernet_Init zašle do řadiče MAC adresu, IP adresu a volbu typu komunikace L1 vrstvě - FULL/HALF DUPLEX [15].

8.10.6 IP adresace a MAC adresace

IP adresa je typu IPv4 (čtyřbytová) a je uložena do čtyř polí typu byte: myIPAddr s hodnotami byte (0 - 3). Adresu lze zadat hexadecimálně, dekadicky a binárně. IP adresa je zvolena z privátního rozsahu adres: 192.168.20.20. MAC adresa je šestibytová uložená do šesti polí typu byte: myMacAddr s hodnotami byte (0 - 5).

Ověřování provozu bude probíhat na lokálním síťovém segmentu, proto není nutné definovat DG / výchozí síťovou bránu. Na PC je nastavena dekadicky adresa ze sítě

192.168.20.0 - '192.128.20.10'. MAC adresa má hexadecimální hodnoty: '0x00, 0x15, 0xA5, 0x76, 0x20, 0xFF'.

8.10.7 Header a MINE

Služba http je standardně dostupná na portu 80. Do kódu procesoru je vložen řetězec pro httpHeader (hlavičku) s obsahem 'http/1.1. 200 OK'. Dalšími řetězci jsou konstanty httpMimeTypeHTML s typem 'type/html' a httpMimeTypeScript s obsahem 'text/plain'. Poslední je řetězec s httpMethod, obsahuje metodu 'GET'.

8.10.8 Řešení aktualizace hodnot - refresh webové stránky

Pro pravidelné obnovování stránky ve webovém prohlížeči je použit přesměrování na sebe sama: 'meta http-equiv="refresh"' s parametrem vyjadřujícím počet sekund pro do obnovení vlastní stránky: 'content="3 následovaný relativní adresou vlastního web serveru. V aplikaci dohledového systému je: url=http://192.168.20.20'. Čas aktualizace hodnot je zvolena na 3 sekundy.

8.10.9 Tělo stránky

HTML obsah bude uložen pro detekci překladače v konstantě typu string s přesně definovanou délkou. Aplikace obsluhující servopohon a zajišťující čtení sběrnice Dallas disponuje cca 800 volnými byte FLASH pro web server. Syntaxe HTML začíná znakem ['], následuje [<], vlastním html kódem, ukončuje [>]. Řetězení HTML je provedeno symbolem [+]. Obsah proměnných z mikroprocesoru jsou do skriptu uloženy mezi závorky [(název proměnné)]. Uložení do řádné proměnné je v běžném kódu přes syntaxi [proměnná1:= 'var proměnná2 = '], přetypováním Word to String a voláním procedury 'SPI_Ethernet_putString(@dyna) '. Proměnné je následně využito v HTML nebo v JavaScriptu. Obsah proměnných z mikroprocesoru jsou pod názvem proměnné [15].

8.10.10 Script

Pro realizaci opakovaných činností, vykreslování rámců tabulek, barev výplní a smyček je aplikován JavaScript. Jeho integraci do HTML je avizování syntaxí <script> a zakončováno </script>. Obsah proměnných z mikroprocesoru jsou do skriptu uloženy do závorky (název proměnné).

8.10.11 Příklad HTML a Java Script kódu

Příkladem je vykreslení dvou tabulek. První pro čtení A/D převodníku a zobrazení je v dekadické hodnotě v rozsahu 0 - 1023 (desetibitové rozlišení). Druhá tabulka je pro zobrazení stavu portu B. Pokud je daný bit v log. 1, buňka je zelená s textem ON, pokud je daný bit v log. 0, buňka je červená s textem OFF. ZMENA RELE je klasický link, který po

stisku na pozadí vysílá změnu stavu portu s parametrem /t a vyhodnocení proběhne v programové obsluze takto [14]:

```
if(getRequest[6] = 't') then
    bitMask := 0;
    if(isdigit(getRequest[7]) <> 0) then begin
        bitMask := getRequest[7] - '0' ;// konverze z ASCII na
integer
        bitMask := 1 shl bitMask ;
        PORTC := PORTC xor bitMask ;// nová hodnota pouze
modifikovaného bitu
    end;
```

Kód webové stránky pro MilkroPascal PRO [15]:

```
const indexPage : string[805] =
    '<meta http-equiv="refresh"
content="3;url=http://192.168.20.20">' +
    '<HTML><HEAD></HEAD><BODY>'+
    '<h1>PIC Mini Web Server Regulace 18F4520</h1>'+
    '<a href=/>Reload</a>'+
    '<script src=/s></script>'+
    '<table><tr><td valign=top><table border=1 style="font-
size:20px ;font-family: terminal ;">'+
    '<tr><th colspan=2>AD VSTUP</th></tr>'+

'<tr><td>AN2</td><td><script>document.write (AD1)</script></td></tr>'+

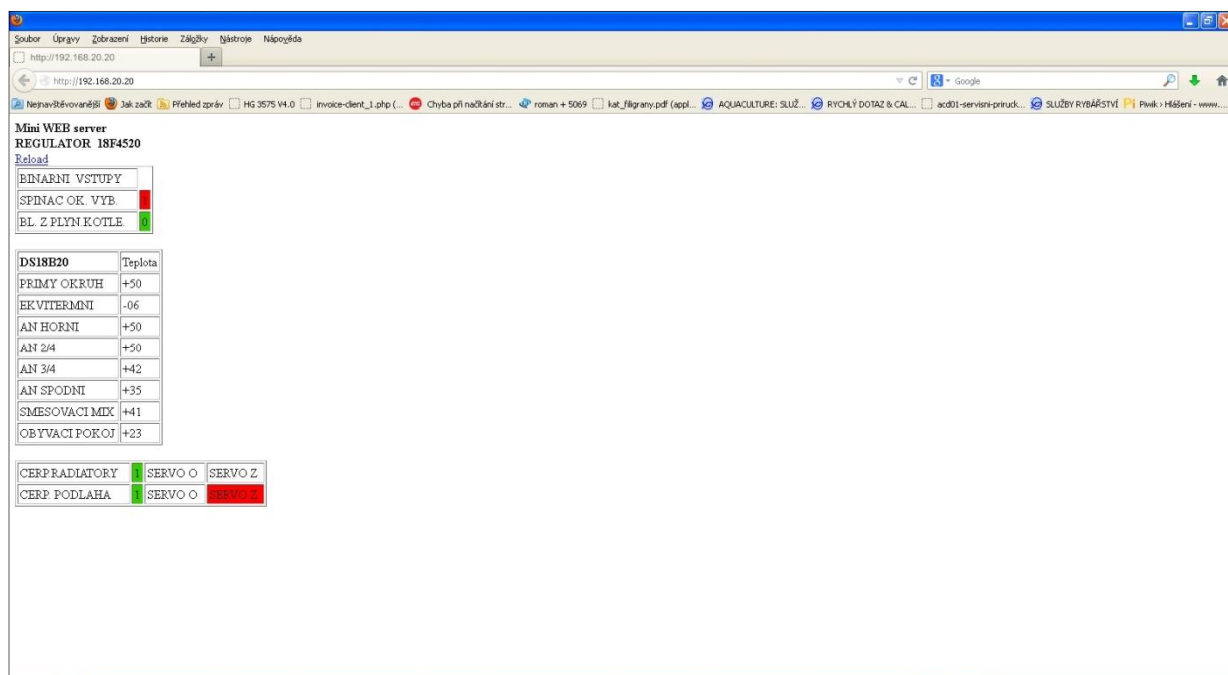
'<tr><td>AN3</td><td><script>document.write (AD2)</script></td></tr>'+
    '</table></td><td><table border=1 style="font-size:20px
;font-family: terminal ;">'+
    '<tr><th colspan=2>PORTC</th></tr>'+
    '<script>'+
    'var str,i;'+
    'str="";'+
    'for(i=0;i<8;i++)'+
    '{str+="<tr><td bgcolor=pink>BINARNI VSTUP #"+i+"</td>";'+
    'if(PORTB&(1<<i)) {str+="<td bgcolor=green>ZAP";}' +
    'else {str+="<td bgcolor=#cccccc>VYP";}' +
    'str+="</td></tr>";}' +
    'document.write(str) ;'+
    '</script>'; 'str+="</td><td><a href=/t"+i+">ZMĚNA STAVU
RELE</a></td></tr>";}' +
    document.write(str);'+</script>'+</table></td></tr></table>'+
```

PORTC, AD1, AD2 jsou globální proměnné.

Např. PORTB má šířku 8 bitů a nabývá hodnot 0x00 – 0xFF.

8.10.12 Test http komunikace

Do webového prohlížeče vložíme službu IP adresu v syntaxi http://192.168.20.20. Implicitní služba je http a výchozí port je 80. Běžně se do adresy nevkládají, jsou doplněny automaticky. Po stisku ENTER proběhne výměna informací s mikroprocesorem a po 3 vteřinách je prováděn automatický refresh s opětovným vykreslením obsahu webové stránky (viz. parametr content="3).



Obr. č. 48 Generování stránka v Internetovém prohlížeči Mozilla FireFox 20.0.1

Implementace regulace na objekt rodinný dům

8.11 Nastavení řídicího systému

Řídicí systém byl aplikován do rodinného domu charakterizovaného dvěma ekvitermními křivkami. Hydraulicky je každý okruh připojen na anuloid.

První teplota topné vody t_{w1SO} regulována do směřovaného okruhu při výpočtové teplotě - 15 °C, druhá teplota t_{w2SO} je za stejných podmínek regulována do přímého okruhu.

První tabulka zobrazuje vstupní podmínky soustavy a orientační výkon zdroje, druhá tabulka poskytuje relaci mezi ekvitermní teplotou a teplotami topné vody. Tyto hodnoty jsou uloženy v procesoru PIC® 18F4520 v paměti EEPROM. Kapacita EEPROM umožňuje uložení celkem čtyř křivek, další křivky je možné ukládat do programové paměti FLASH.

Tabulka 9 Vstupní podmínky a předpoklady

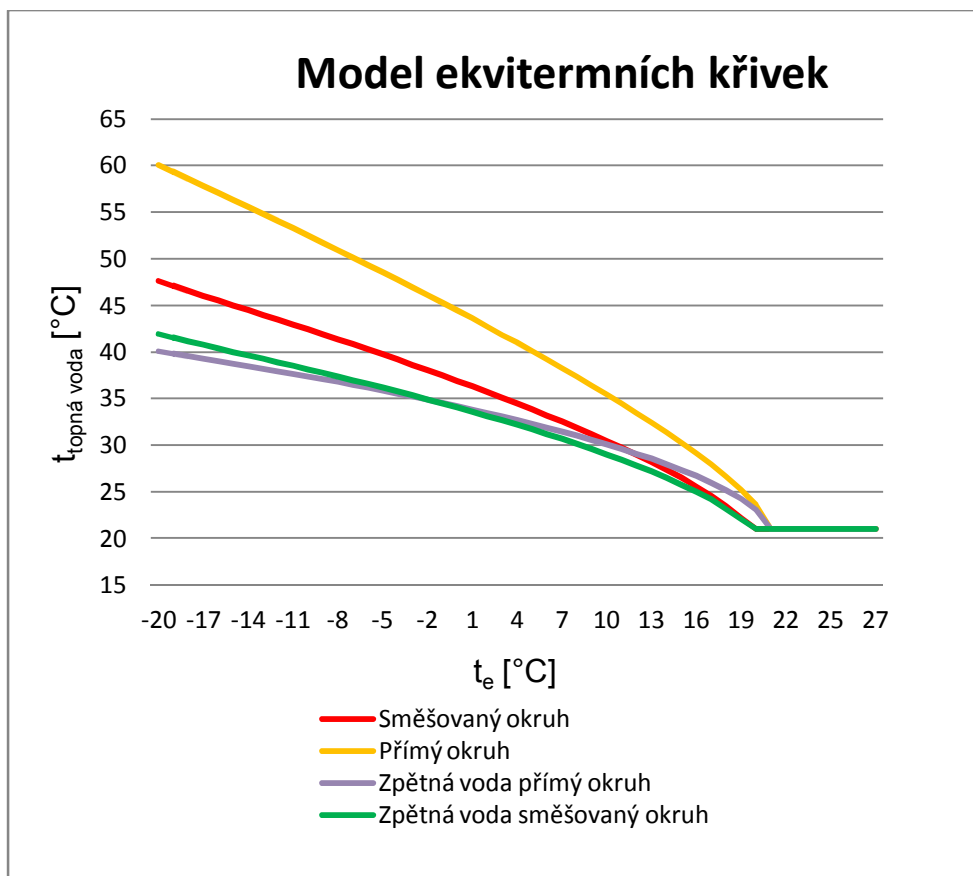
Veličiny		Legenda
t_e	-15,00°C	externí výpočtová teplota
t_i	21,00°C	nejvyšší teplota interiéru
t_{w1SO}	45,00°C	teplota topné vody při te ve směšovaném okruhu
t_{w2SO}	40,00°C	teplota zpátečky při te ve směšovaném okruhu
t_{w1PO}	60,00°C	teplota topné vody při te v přímém okruhu
t_{w2SO}	40,00°C	teplota zpátečky při te v přímém okruhu
P1	13 000 W	topný výkon zdroje při te
P2	6 500 W	topný výkon při t2

Procesor provádí regulaci na 2 teplot „Topná voda“. Tato teplota se odvozuje z tabulky podle venkovní teploty a je zaokrouhlena na celé °C směrem nahoru viz. Sloupce EECON1 HEX.

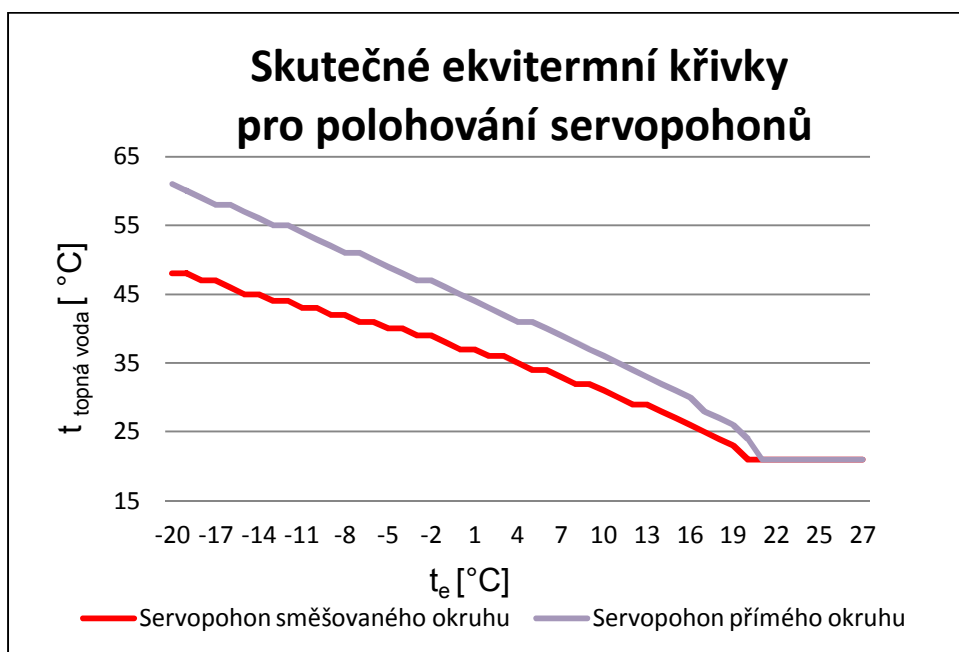
Tabulka 10 Převodní tabulka pro 2 ekvitermní řízení

Ekvitermní teplota	EEPROM registr EEADR [00-03F]		Topná voda směšovaný okruh 45 - 40	Zpětná voda směšovaný okruh 45 - 40	Hodnota registru EECON1		EEPROM registr EEADR [040-06F]		Topná voda přímý okruh 60 - 40	Zpětná voda přímý okruh 60 - 40	Hodnota registru EECON1	
	[°C]	HEX			DEC	DEC	HEX	HEX			DEC	DEC
-20	0	0	47,61	41,90	48	30	40	64	63,79	41,37	61	3D
-19	1	1	47,09	41,53	48	30	41	65	63,05	41,11	60	3C
-18	2	2	46,57	41,15	47	2F	42	66	62,30	40,85	59	3B
-17	3	3	46,05	40,77	47	2F	43	67	61,56	40,59	58	3A
-16	4	4	45,54	40,40	46	2E	44	68	60,81	40,33	58	3A
-15	5	5	45	40	45	2D	45	69	60	40	57	39

-14	6	6	44,5	39,64	45	2D	46	70	59,32	39,81	56	38
-13	7	7	43,99	39,27	44	2C	47	71	58,57	39,55	55	37
-12	8	8	43,48	38,9	44	2C	48	72	57,83	39,29	55	37
-11	9	9	42,96	38,53	43	2B	49	73	57,08	39,03	54	36
-10	0A	10	42,44	38,15	43	2B	4A	74	56,32	38,76	53	35
-9	0B	11	41,91	37,77	42	2A	4B	75	55,57	38,49	52	34
-8	0C	12	41,38	37,38	42	2A	4C	76	54,81	38,22	51	33
-7	0D	13	40,84	36,98	41	29	4D	77	54,04	37,94	51	33
-6	0E	14	40,3	36,58	41	29	4E	78	53,27	37,66	50	32
-5	0F	15	39,75	36,18	40	28	4F	79	52,49	37,37	49	31
-4	10	16	39,19	35,77	40	28	50	80	51,71	37,08	48	30
-3	11	17	38,63	35,35	39	27	51	81	50,93	36,78	47	2F
-2	12	18	38,06	34,92	39	27	52	82	50,14	36,48	47	2F
-1	13	19	37,49	34,49	38	26	53	83	49,34	36,17	46	2E
0	14	20	36,9	34,05	37	25	54	84	48,54	35,86	45	2D
1	15	21	36,31	33,6	37	25	55	85	47,73	35,54	44	2C
2	16	22	35,71	33,14	36	24	56	86	46,92	35,21	43	2B
3	17	23	35,1	32,67	36	24	57	87	46,10	34,88	42	2A
4	18	24	34,47	32,19	35	23	58	88	45,27	34,53	41	29
5	19	25	33,84	31,7	34	22	59	89	44,43	34,18	41	29
6	1A	26	33,19	31,19	34	22	5A	90	43,58	33,83	40	28
7	1B	27	32,53	30,67	33	21	5B	91	42,73	33,46	39	27
8	1C	28	31,86	30,14	32	20	5C	92	41,86	33,08	38	26
9	1D	29	31,16	29,59	32	20	5D	93	40,99	32,70	37	25
10	1E	30	30,45	29,02	31	1F	5E	94	40,10	32,30	36	24
11	1F	31	29,72	28,43	30	1E	5F	95	39,20	31,89	35	23
12	20	32	28,96	27,82	29	1D	60	96	38,29	31,46	34	22
13	21	33	28,17	27,17	29	1D	61	97	37,37	31,02	33	21
14	22	34	27,35	26,5	28	1C	62	98	36,42	30,57	32	20
15	23	35	26,49	25,77	27	1B	63	99	35,46	30,10	31	1F
16	24	36	25,57	25	26	1A	64	100	34,48	29,60	30	1E
17	25	37	24,57	24,15	25	19	65	101	33,48	29,09	28	1C
18	26	38	23,47	23,18	24	18	66	102	32,44	28,54	27	1B
19	27	39	22,17	22,02	23	17	67	103	31,38	27,97	26	1A
20	28	40	21	21	21	15	68	104	30,28	27,35	24	18
21	29	41	21	21	21	15	69	105	29,13	26,69	21	15
22	30	42	21	21	21	15	6A	106	27,92	25,97	21	15
23	3A	43	21	21	21	15	6B	107	26,63	25,17	21	15
24	3B	44	21	21	21	15	6C	108	25,22	24,25	21	15
25	3C	45	21	21	21	15	6D	109	23,59	23,10	21	15
26	3D	46	21	21	21	15	6E	110	21,00	21,00	21	15
27	3E	47	21	21	21	15	6F	111	21,00	21,00	21	15
27	3F	48	21	21	21	15	70	112	21,00	21,00	21	15



Obr. č. 49 Model ekvitermní křivky pro přímý a směšovaný okruh



Obr.50 Nastavení reálné topné křivky pro řízení teploty

9 Vzorové zpracování úlohy

Programování karty OLIMEX PICI/O		
Číslo úlohy: 1	Jazyk: MikroPascal	Procesor: PIC 16F628A

Zadání:

Periodicky spínat a rozepínat relé č. 1 na portu RA3 v intervalu 3s.

Výukový cíl:

Schopnost žáka aktivovat binární výstup po zapnutí napájení do desky OLIMEX PICI/O a použít k opakování časovou smyčku.

Pomůcky:

Datový list obvodu PIC[®] 16F628A, deska Olimex PICI/O s osazeným procesorem PIC 16F628A, programátor ICSP, kompilátor MikroPascal, ASIX-UP programátor a SW, ICSP kabel, projektor.

Teoretický rozbor:

Zapnutí relé je závislé na registrech PORTA, TRISA, CMCON a knihovně DELAY_ms. Programová smyčka bude v syntaxi while true do begin....end;

Řešení:

Z datového listu vyčteme výchozí stavy: celý port A je po resetu aktivní ve vstupním režimu a na portu RA3 je aktivní komparátor. Nejprve změním stav RA3 do výstupního režimu: `TRISB:= 0xF7`. Deaktivaci komparátorů provedeme změnu bitů v registru: `CMCON:= 0x07`. Vytvoříme programovou čekací smyčku pro sepnutí relé, s vložením časového intervalu 3000 ms: `Delay_ms(3000)` a aktivací RA3: `PORTA:= 0x00`. Celý cyklus opakujeme rozepnutím relé: `Delay_ms(3000)` a deaktivací RA3: `PORTA:= 0x80`.

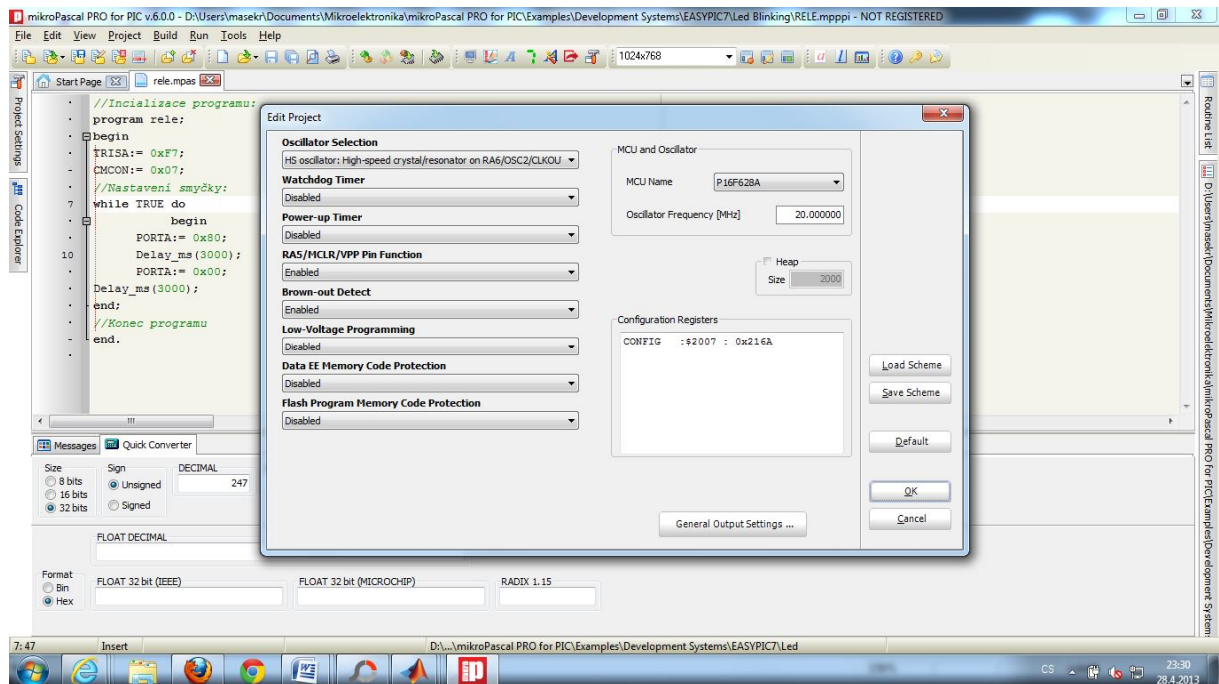
Rekapitulace:

Změna stavu portu se provádí syntaxí: `PORTA:= 0x00` a `PORTB:= 0x80`

Binární stav registru TRISA se provádí syntaxí: `TRISA:= 0xF7`;

Deaktivace komparátorů na celém portu A (všech bitech): `CMCON:= 0x07`;

Nastavení překladače:



Obr. č. 51 Náhled na konfiguraci kompilátoru pro OLIMEX PIC1/O

//Inicializace programu:

```
program rele;
```

```
begin
```

```
TRISA:= 0xF7;
```

```
CMCON:= 0x07;
```

//Nastavení smyčky:

```
while TRUE do
```

```
begin
```

```
PORTA:= 0x80;
```

```
Delay_ms(3000);
```

```
PORTA:= 0x00;
```

```
Delay_ms(3000);
```

```
end;
```

//Konec programu

```
end.
```

Program má nepovinné parametry pro autorskou identifikaci, datum, verzi, typ procesoru, zdroj a hodnotu referenčního taktu atd. Informace se uvádějí za dvě lomítka a tuto syntaxi překladač ignoruje.

Pohled na assembler source code:

```

• ; LST file generated by mikroListExporter - v.2.0
3. ; Date/Time: 28.4.2013 23:28:22
4. ;-----
5. ;Address Opcode      ASM
6. 0x0000 0x2803      GOTO    3
7.  _main:
8. ;rele.mpas,3 ::      begin
9. ;rele.mpas,4 ::      TRISA:= 0xF7;
10. 0x0003 0x30F7      MOVLW  247
11. 0x0004 0x1683      BSF     STATUS, 5
12. 0x0005 0x1303      BCF     STATUS, 6
13. 0x0006 0x0085      MOVWF  TRISA
14. ;rele.mpas,5 ::      CMCON:= 0x07;
15. 0x0007 0x3007      MOVLW  7
16. 0x0008 0x1283      BCF     STATUS, 5
17. 0x0009 0x009F      MOVWF  CMCON
18. ;rele.mpas,7 ::      while TRUE do
19.  L__main2:
20. ;LedBlinking.mpas,9 ::      PORTA:= 0x80;
21. 0x000A 0x3080      MOVLW  128
22. 0x000B 0x0085      MOVWF  PORTA
23. ;rele.mpas,10 ::      Delay_ms(3000);
24. 0x000C 0x307A      MOVLW  122
25. 0x000D 0x00FB      MOVWF  R11
26. 0x000E 0x30C1      MOVLW  193
27. 0x000F 0x00FC      MOVWF  R12
28. 0x0010 0x3081      MOVLW  129
29. 0x0011 0x00FD      MOVWF  R13
30.  L__main6:
31. 0x0012 0x0BFD      DECFSZ R13, 1
32. 0x0013 0x2812      GOTO   L__main6
33. 0x0014 0x0BFC      DECFSZ R12, 1
34. 0x0015 0x2812      GOTO   L__main6
35. 0x0016 0x0BFB      DECFSZ R11, 1
36. 0x0017 0x2812      GOTO   L__main6
37. 0x0018 0x0000      NOP
38. 0x0019 0x0000      NOP
39. ;rele.mpas,11 ::      PORTA:= 0x00;
40. 0x001A 0x0185      CLRF  PORTA
41. ;rele.mpas,12 ::      Delay_ms(3000);
42. 0x001B 0x307A      MOVLW  122
43. 0x001C 0x00FB      MOVWF  R11
44. 0x001D 0x30C1      MOVLW  193
45. 0x001E 0x00FC      MOVWF  R12
46. 0x001F 0x3081      MOVLW  129
47. 0x0020 0x00FD      MOVWF  R13
48.  L__main7:
49. 0x0021 0x0BFD      DECFSZ R13, 1
50. 0x0022 0x2821      GOTO   L__main7
51. 0x0023 0x0BFC      DECFSZ R12, 1
52. 0x0024 0x2821      GOTO   L__main7
53. 0x0025 0x0BFB      DECFSZ R11, 1
54. 0x0026 0x2821      GOTO   L__main7
55. 0x0027 0x0000      NOP
56. 0x0028 0x0000      NOP
57. ;rele.mpas,13 ::      end;
58. 0x0029 0x280A      GOTO   L__main2
59. ;rele.mpas,15 ::      end.
60.  L_end_main:
61. 0x002A 0x282A      GOTO   $+0
62. ; end of _main
63. Symbol List:
64. /** Routines locations **
65. //ADDRESS SIZE PROCEDURE
66. //-----

```

```

67. 0x0003 [40] _main
68. /** Variables locations **
69. //ADDRESS SIZE VARIABLE
70. //-----
71. 0x0005 [1] PORTA
72. 0x001F [1] CMCON
73. 0x0070 [1] R0
74. 0x0071 [1] R1
75. 0x0072 [1] R2
76. 0x0073 [1] R3
77. 0x0074 [1] R4
78. 0x0075 [1] R5
79. 0x0076 [1] R6
80. 0x0077 [1] R7
81. 0x0078 [1] R8
82. 0x0079 [1] R9
83. 0x007A [1] R10
84. 0x007B [1] R11
85. 0x007C [1] R12
86. 0x007D [1] R13
87. 0x007E [1] R14
88. 0x007F [1] R15
89. 0x0085 [1] TRISA
90. /** Label List: **
91. //-----
92. L_end_main
93. L__main1
94. L__main2
95. L__main3
96. L__main4
97. L__main5
98. L__main6
99. L__main7
100. L_end_main
101. _main

```

10 Vyhodnocení a závěr

Diplomová práce byla vytvořena jako tematicky ucelený výukový materiál poskytující učitelům seznámení se principy a přístroji realizujícími regulaci teploty na požadovanou úroveň.

Byly představeny regulace se základními principy řízení soustav teplovodního vytápění budov a prvky provádějících akční zásahy regulace, v rozlišení pro schopnost tvorby vlastních návrhů a realizaci atraktivních praktických ukázek.

Byly představeny výkonné členy a senzory, jejich fyzikální principy a protokoly prostřednictvím kterých interpretují měřené hodnoty a provádějí akční zásahy. V části diplomové práce popisující principy použití řídicích systémů byly přestaveny dva mikroprocesory PIC[®], s popisem hardware, včetně I/O a s vnitřním uspořádáním.

Byl představen jednoduchý příklad, kde vyvinutý vzorový modelový systém v programu MATLAB[®] Simulink graficky prezentuje odezvy a dopravní zpoždění na časové ose. Simulink provedl výpočet a výsledky jsou prezentovány ve formě přechodových charakteristik.

Modelové reálné systémy byly navrženy a představeny se dvěma jednočipovými mikroprocesory. Zdrojový kód HEX byl vygenerován ve vývojovém prostředí MikroElektronika. Pro programování a upgrade kódu bylo představeno ICSP programování a nástroj a prostředí firmy ASIX s.r.o.

Byl vyvinut program pro regulaci na konstantní teplotu, včetně vývojového diagramu, vytvoření zdrojového kódu, oživení a uvedení do provozu na univerzální desce OLIMEX PICIO.

Jako následný složitější úkon byl vyvinut program pro regulaci na řízení podle ekvitermní teploty na základě zadané ekvitermní křivky, s vytvořením zdrojového kódu pro dva regulované okruhy. Oživení a uvedení do provozu bylo provedeno na desce PIC PLC16B. Po ověření funkce byl program doplněn o prvky dohledového systému.

Dohledový systém byl navržen a realizován jako interní součást programového kódu s využitím vestavěných periferních obvodů a fyzických rozhraní. Programová obsluha byla vytvořena pro vzdálený přístup a monitoring rozhraním Ethernet a lokální přístup prostřednictvím tlačítek a LCD displeje.

Byly realizovány ukázky aplikací na PCB deskách firem Olimex a MikroElektronika.

První aplikace reguluje topný okruh na konstantní teplotu. Bylo vytvořeno konfigurační a dohledové rozhraní naprogramovanou terminálovou komunikací přes CLI, prostřednictvím příkazového řádku a fyzicky přes rozhraní RS232. Druhá aplikace byla navržena, naprogramována a oživena pro regulaci podle ekvitermní teploty s možností volby pro změnu podle interní teploty. Program byl vyvinut pro dohledový systém přes standardní http protokol

resp. pro jakýkoliv webový prohlížeč. Aplikace byly začleněny do regulace vytápění rodinného domu krbem s akumulací a následným vybíjením akumulčního zásobníku.

Kompetence pro schopnost výběru vhodné součástky do konkrétní aplikace byla podpořena výčtem a popisem vlastností součástky z datového listu výrobce, s volným překladem nejdůležitějších parametrů jako jsou počty a funkce pinů, vlastnosti portů, služby vestavěných rutin, obsahy registrů atd. Představení konkrétních praktických ukázek programové obsluhy dokladovalo základní použití, pro snadné uvedení do praxe.

Kompetence pro využívání např. školního HW byla podpořena ukázkou oživení periférií, vytvořením schémat a desek PCB pro individuální dovybavení desek o nová rozhraní – displej, tlačítka, Ethernet a RTC databanka.

Kompetence pro využití software má v současné době největší potenciál. Nabídka programátorských nástrojů pro školní prostředí je vyhovující. Pro použití s disponibilním hardware je nutné, aby byl nástroj (SW) vybaven rozhraními pro programování, testování, krokování a monitorování interního procesoru vykonávajícího program. Pro začínající je důležitá dostupnost nápovědy, podpora automatického dokončování syntaxe, nebo detekce a zobrazování chyb. Pro pokročilé je vhodné, aby měl SW podpor organizace programu do modulů, projektovou architekturu, stromové zobrazení a podpůrné nástroje typu tvorba sériový terminál, UDP terminál, bootloader apod.

Úprava organizace výuky s náměty z diplomové práce má za cíl podpořit učitelovo rozšíření teoretických znalostí o funkce komponent řídicích systémů, s náhledy na interní design a nové náměty na tvorbu podobných zařízení a nadstaveb. Přínosem bude realizace výuky a experimentů za podpory počítače. Ta pomůže uspořít cenný čas při práci s původně staršími pomůckami a částečně omezit potíže při interpretaci výsledků všem žákům současně. Žáky nejen posledních ročníků základní školy podaná atraktivita a otevřenost použitých HW a SW nástrojů bezesporu pozitivně ovlivní ve volbě střední školy.

11 Literatura

- [1] <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:001:0065:0071:EN:PDF>
- Úřední věstník L 001, 04/01/2003 S. 0065 – 0071, 18. 3. 2013
- [2] MAŇÁK, J., ŠVEC, V. Výukové metody. Brno: Paido edice pedagogické literatury, 2003. ISBN 80-7315-039-5
- [3] BAŠTA, J., HEMZAL, K. Regulace v technice prostředí staveb. Praha: Evropský sociální fond, 2009.
- [4] <http://www.opentherm.eu/why-opentherm/standards-for-heating-controllers>, 18. 3. 2013
- [5] https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/infrastructure-cities/IBT/mereni_a_regulace/regulatory/ekvitermni/Documents/29582_P2370C.pdf, 18. 3. 2013
- [6] BENEŠ, P., CHLEBNÝ, J., LANGER, J., MARTINŠKOVÁ M., VORÁČEK, R. Automatizace a automatizační technika 3. Praha: Computer Press, 2000. ISBN 80-7226-248-3
- [7] HAASZ, V., ROZTOČIL, J., NOVÁK, J. Číslicové měřicí systémy. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02219-6
- [8] <http://www.gme.cz/dokumentace/530/530-067/dsh.530-067.1.pdf>, 18. 3. 2013
- [9] RIPKA, P., ĎADO, S., KREIDL, M., NOVÁK, J. Senzory a převodníky. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03123-3
- [10] <https://www.olimex.com/Products/PIC/Development/PIC-IO/>, 18. 3. 2013
- [11] Možnosti moderních způsobů regulace [online]. 2007 [cit. 2010-05-02]. Dostupný z WWW: <http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4360&h=54>, 20.3.2013
- [12] Software pro kreslení schémat SchémataCAD, (verze 6.75, leden 2013), trial verze
- [13] http://www.amit.cz/support/cz/aplikacni_poznamky/ap0028_cz_01.pdf, 18. 3. 2013
- [14] ŠKULTÉTY, R. Java Script Kapesní přehled. Brno: Computer Press, 2005. ISBN 80-251-0884-8
- [15] www.mikroe.com/mikropascal/pic, 20.3.2013
- [16] <http://www.regulus.cz/cz/akumulacni-nadrz-duoe-1000-220>, 18. 3. 2013
- [17] http://www.wvshare.com/datasheet/PHILIPS_PDF/PCF8583.PDF, 20.3.2013
- [18] PLÍVA, Z. Eagle prakticky. Praha: BEN, 2009, ISBN 978-80-7300-227-5
- [19] <http://www.gme.cz/tlacitkove-klavesnice/f-kv16key-black-p637-091/>, 20.3.2013
- [20] <http://www.gme.cz/dokumentace/513/513-217/dsh.513-217.1.pdf>, 20.3.2013

[20] PUŽMANOVÁ, R. Moderní komunikační sítě od A do Z. Praha: Computer Press[®], 1998, ISBN 80-7226-098-7

[21] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40044G.pdf>, 20.3.2013

[22] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39631E.pdf>, 20.3.2013

[23] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00937a.pdf>, 20.3.2013

[24] http://www.danfoss.com/Czech_Republic/Products/Categories/List/HE/Regulatory-podlahoveho-vytapeni/Termoelektricky-pohon-TWA/d175fd14-33ea-4bff-96db-e7b9897e7745.html, 20.3.2013