

Převoditelnost software z HC11 na HC12

Martin Žeravík

Bakalářská práce
2005



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Zde patří oficiální zadání diplomové práce.

Tato strana se ze šablony netiskne. Je to výstup z IS STAG.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé bakalářské práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a vedoucího katedry. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že na celé bakalářské práci jsem pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně 6. 6. 2005

.....
Martin Žeravík

ABSTRAKT

Abstrakt česky

Tato práce si klade za svůj cíl převést zdrojové kódy knihoven pro aplikace monitorovacích a řídicích aplikací z mikropočítače HC11 na modernější mikropočítač HC12. Všechny programové moduly, jako například moduly regulátorů nebo i samotný operační systém reálného času, jsou vytvořeny programovacím jazykem assembler. V práci je popsán jak samotný převod zdrojových kódů, tak i testování převedených modulů na reálné regulované soustavě v podmínkách laboratoře Institutu řízení procesů a aplikované informatiky. Pro tyto účely bylo vytvořeno několik programů, které jsou zde rovněž popsány. Všechny aplikace včetně jejich popisu jsou dostupné na přiloženém médiu.

Abstrakt ve světovém jazyce

This study proposes the conversion of source codes of libraries for controlling and monitoring applications from microcomputer HC11 to advanced microcomputer HC12. All program modules such as regulator modules or whole real-time operating system are created with programming language Assembler. In this study is described conversion of source codes and testing of converted modules on real regulated system under laboratory conditions of Institute of process control and applied informatics. For this purposes was created several programs, which are also described. All applications including their description are available on the attached storage medium.

Motto: *„I kdyby se podařilo nahradit všechny programovací jazyky světa jedním jediným jednotným jazykem, bude i pak dost výrobců, kteří uvedou na trh tento jediný jednotný jazyk ve své vlastní speciální úpravě. Tato speciální úprava nebude s ničím kompatibilní kromě sebe sama. Nekompatibilita se samozřejmě vztahuje i na různé verze téže speciální úpravy.“*

Murphyho počítačové zákony

OBSAH

OBSAH	5
ÚVOD.....	7
1 MOTOROLA 68HC11.....	8
1.1 ZÁKLADNÍ ARCHITEKTURA 68HC11	8
1.1.1 Centrální procesorová jednotka (CPU11)	8
1.1.2 Paměť EEPROM mazatelná po bajtech	9
1.1.3 Expanded Bus Memory Interfaces	9
1.1.4 Sériové rozhraní periférií (SPI).....	9
1.1.5 Sériové komunikační rozhraní (SCI)	10
1.1.6 Nízkopříkonový provoz	11
1.1.7 Vysoce výkonný časovač	11
1.1.8 Analogově číslicový převodník.....	11
1.1.9 Pulzně šířková modulace.....	12
2 MOTOROLA 68HC12.....	13
2.1 ZÁKLADNÍ ARCHITEKTURA 68HC12	13
2.1.1 Centrální procesorová jednotka (CPU12)	13
2.1.2 Flexibilní modulární design	13
2.1.3 Nízký příkon, nízké napájecí napětí, nízký šum	13
2.1.4 Background Debug Mode (BDM)	14
2.1.5 Paměť FLASH EEPROM	14
2.1.6 Paměť EEPROM mazatelná po bajtech	15
2.1.7 Vysoce výkonný časovač	15
2.1.8 Analogově číslicový převodník.....	15
2.1.9 Pulzně šířková modulace.....	16
2.1.10 Sériové rozhraní periférií (SPI).....	16
2.1.11 Sériové komunikační rozhraní (SCI)	16
2.1.12 Modul Motorola Scalable CAN (MSCAN)	17
2.1.13 Modul SAE J1850 Byte Data Link Control (BDLC-D).....	18
2.2 ROZDÍLY 68HC12 PROTI 68HC11	18
2.3 POUŽITÝ MIKROPROCESOR	19
3 PŘEVOD KÓDU Z 68HC11 NA 68HC12.....	21
3.1 SYNTAXE ZDROJOVÉHO KÓDU	21
3.2 PŘEVOD PROGRAMOVÝCH MODULŮ.....	22
3.2.1 Program „HC11toHC12“	22
3.2.2 RTMON	23
3.2.3 MATH11	23
3.2.4 Modul Vstupy.....	23
3.2.5 Modul Výstupy.....	24
3.2.6 Moduly regulátorů.....	24
3.3 DALŠÍ ÚPRAVY	24
4 MĚŘICÍ OBVOD	25
4.1 POPIS OBVODU.....	25

4.2	PROPOJENÍ OBVODŮ	26
4.3	TESTOVÁNÍ OBVODU	26
5	TESTOVÁNÍ PŘEVEDENÝCH PROGRAMOVÝCH MODULŮ	28
5.1	SESTAVENÍ PROGRAMU REGULÁTORU	28
5.1.1	Vložení vybraných modulů	28
5.1.2	Proces Main.....	28
5.1.3	Inicializace A/D převodníku	28
5.1.4	Inicializace komunikačního kanálu SCI.....	29
5.1.5	Proces VSTUPY_PROC	29
5.1.6	Proces VYSTUP_PROC	29
5.1.7	Proces AKCE_PROC.....	29
5.1.8	Proces COMM_PROC	30
5.2	OBSLUŽNÝ PROGRAM	30
5.3	OVĚŘENÍ ČINNOSTI PROGRAMU REGULÁTORU	30
5.4	VÝSLEDKY MĚŘENÍ	31
	ZÁVĚR.....	33
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	35
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	36
	SEZNAM OBRÁZKŮ	38
	SEZNAM PŘÍLOH.....	39

ÚVOD

Mikroprocesory je dnes možné nalézt v řadě aplikací, ať už průmyslových nebo v domácnosti. Mikroprocesory řídí například mobilní telefony, faxy, tiskárny, kopírky, ale i digitální videokamery, CD a DVD přehrávače, digitální fotoaparáty nebo regulátory vytápění či zabezpečovací systémy budov. Mnohdy si v těchto zařízeních přítomnost mikroprocesorů ani neuvědomujeme. Znalost návrhu a vývoje aplikací řízených mikroprocesorem je v současné době velice důležitá. S neustálým příchodem nových technologií dochází ke zlepšování stávajících modelů mikroprocesorů nebo i k návrhu nových typů a mikroprocesorům jsou svěřovány stále více složitější úkoly. Novější modely v sobě integrují více obvodů, jako jsou A/D převodníky, komunikační rozhraní a jiné. Dochází také ke zlepšování parametrů stávajících obvodů, jako je zvýšení přesnosti měření A/D převodníků, nižší hladina šumu v komunikačních kanálech a podobně.

Všechny tyto změny s sebou však nesou také změny ve způsobu programování mikroprocesorů a na jednu z těchto změn je zaměřena tato práce. Práce si klade za svůj cíl popsat převod zdrojových kódů programů psaných jazykem Assembler pro mikroprocesor HC11 výrobce Motorola na modernější model tohoto mikroprocesoru, kterým je HC12 od téže výrobce. Jedná se o knihovny programových modulů pro aplikace monitorovacích a řídicích systémů. Všechny tyto programové moduly jsou vytvořeny buďto jako procesy pro operační systém reálného času RTMON, nebo jako podprogramy volané z vytvořených procesů. Rovněž některé moduly využívají funkce matematické knihovny MATH11. Obsahem práce je popis převodu jak programových modulů, tak i samotného operačního systému RTMON a matematické knihovny MATH11.

Dalším předmětem práce je praktické ověření činnosti převedených programových modulů na reálné regulované soustavě v podmínkách laboratoře institutu řízení procesů a aplikované informatiky. Předmětem praktického ověření je sestavit program regulátoru z převedených modulů a posoudit kvalitu regulačního pochodu. Tím dojde k ověření správnosti převodu programových modulů.

1 MOTOROLA 68HC11

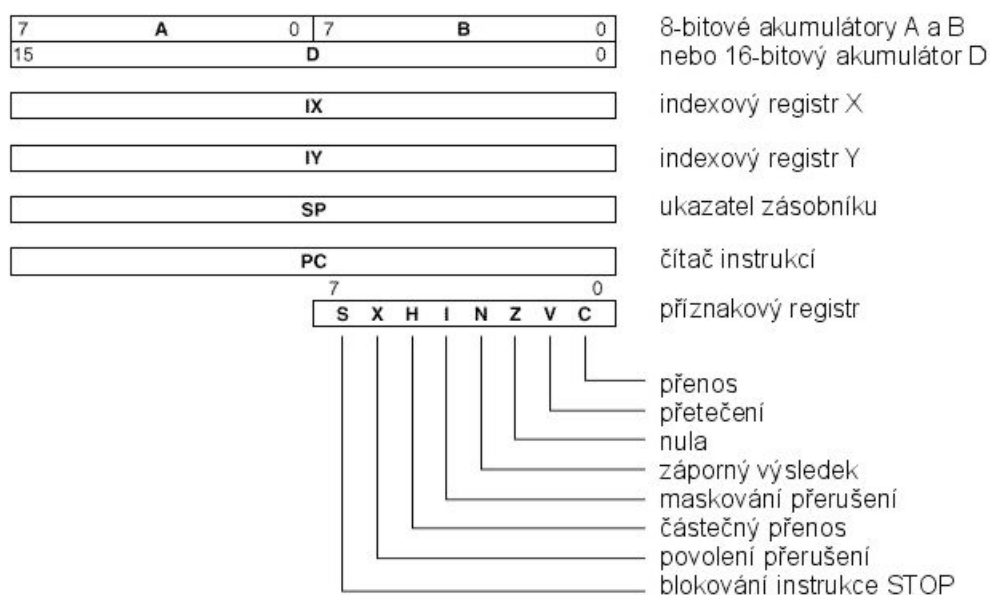
Firma Motorola, jež je výrobcem těchto mikrokontrolérů, se zabývá výrobou a vývojem mikročipů již několik let. Svou pozici na trhu mikrokontrolérů si upevnila zvláště 8-bitovým typem 68HC11, který se stal ve světě nejrozšířenější. O několik let později přišla firma Motorola s 16-bitovou řadou pod označením 68HC12 a díky velkému úspěchu s předchozí 68HC11 se firma snažila dodržet co možná nejvíce společných prvků mezi 68HC11 a 68HC12. Výsledkem je mikroprocesor, který má stejný programátorský model a je zachována zpětná kompatibilita programů na úrovni zdrojových kódů. Navíc má tato řada mnoho nových instrukcí, zejména pro práci se 16-ti bitovými operandy.

1.1 Základní architektura 68HC11

1.1.1 Centrální procesorová jednotka (CPU11)

Jádro mikroprocesoru 68HC11 obsahuje:

- Až 5MHz sběrnici při napájecím napětí 5V, nebo 3MHz sběrnici při 3V
- Dva 8-bitové akumulátory, nebo jeden 16-bitový
- Dva 16-bitové indexové registry
- 16-bitový ukazatel zásobníku
- Výkonné instrukce pro bitové operace
- Šest adresovacích módů (implicitní, bezprostřední, přímý, rozšířený, indexovaný a relativní)
- 16 x 16 celočíselné a desetinné dělení
- 8 x 8 násobení
- Stop a Wait úsporné módy



Obr. 1. Registry 68HC11

1.1.2 Paměť EEPROM mazatelná po bajtech

Většina odvozených typů z rodiny 68HC11 obsahuje na čipu bajtově mazatelnou EEPROM pro rozšířené možnosti programování bez nutnosti dalšího napájení. Tato integrovaná permanentní paměť umožňuje například ukládání kalibračních informací, uložení dat pro samo-nastavující se systémy, ukládání měřených dat, tabulky skoků.

1.1.3 Expanded Bus Memory Interfaces

V mnoha aplikacích 68HC11 poskytuje řešení s jedním čipem. Všechny odvozené typy jsou ale rozšiřitelné pro začlenění externí paměti. Standardně je adresní prostor velký 64kB. Některé typy 68HC11 mají adresní prostor až do 1MB. Je možné použít multiplexované nebo nemultiplexované rozhraní.

1.1.4 Sériové rozhraní periférií (SPI)

SPI synchronně komunikuje na krátké vzdálenosti s vysokou rychlostí (obvykle v rámci jednoho obvodu plošného spoje). SPI umožňuje mikrokontroléru komunikovat s periferními obvody, jako například obyčejné posuvné registry, sériová EEPROM, nebo kompletním LCD nebo A/D podsystémem. SPI zahrnuje:

- Plně duplexní tří drátový synchronní přenos dat

- Operace typu Master nebo Slave
- Maximální frekvence bitů u zařízení Master je frekvence sběrnice dělená dvěma
 - Maximální rychlost přenosu 2MHz pro 4MHz systémové hodiny
- Maximální frekvence bitů pro zařízení Slave je frekvence sběrnice
 - Maximální rychlost přenosu 4MHz pro 4MHz systémové hodiny
- Čtyři programovatelné frekvence bitů pro zařízení Master
- Programovatelná polarita i fáze hodinového signálu
- Příznak přerušení pro konec přenosu

1.1.5 Sériové komunikační rozhraní (SCI)

SCI je asynchronní komunikační sériová UART sběrnice. SCI může být použita pro komunikaci mezi mikrokontrolérem a terminálem, počítačem nebo sítí mikrokontrolérů. Typickým použitím SCI je komunikace na dlouhé vzdálenosti (RS232). SCI zahrnuje:

- Standardní NRZ formát
- Plně duplexní operace
- Buffer pro přijímač i vysílač
- Nezávisle povolitelný vysílač a přijímač
- Volitelná délka znaků 8 nebo 9 bitů
- Detekce chyb na 1/16 času bitu
- Programovatelná přenosová rychlost
- Detekce chyb v přijímaných datových rámcích
- Možnost přerušení vysílání
- Volitelně hardwarové generování a testování parity
- Oddělený přijímač, vysílač a příznaky přerušení při chybě

1.1.6 Nízkopříkonový provoz

68HC11 poskytuje vysoký výkon při nízkém napájecím napětí v rozsahu od 3V do 5,5V. Další snížení příkonu může být dosaženo některými zařízeními majícími fázově řízený oscilátor (PLL). PLL umožňuje redukci hodinových pulzů přepnutím interních hodin na nižší úspornější frekvenci.

1.1.7 Vysoce výkonný časovač

Standardní 68HC11 časovač nabízí flexibilitu, výkon a snadnost použití. Systém je založen na volně běžícím 16-bitovém čítači s programovatelným předděličem, přerušením při přetečení a dalších funkcích přerušení. Navíc časovač 68HC11 umožňuje:

- Vícenásobné zachytávání vstupů a porovnávání výstupů
- Periodické přerušení reálného času
- COP (Computer Operating Properly) watchdog ochranu proti selhání softwaru
- Pulzní střadač pro externí čítač událostí
- Volitelně pulzně šířkovou modulaci (PWM) nabízející šest kanálů až se 16-bitovými výstupy
- Volitelně čítač událostí pro pokročilé operace s časovačem

1.1.8 Analogově číslicový převodník

A/D převodník periodicky vzorkuje externí analogové signály a produkuje odpovídající číselné hodnoty. Typickým použitím je například měření analogových vstupů, jako je napětí baterie, teplota, tlak nebo výška hladiny.

- Lineární aproximace
- 8- nebo 10-bitové rozlišení převodu
- Režim jednorázového nebo nepřetržitého převodu
- Vícenásobné registry výsledků
- Volitelné hodiny A/D převodníku
- Analogový multiplex umožňuje více kanálů na jednom A/D převodníku

1.1.9 Pulzně šířková modulace

Rodina 68HC11 nabízí u některých typů volbu pulzně šířkové modulace (PWM) pro podporu různých aplikací. Až šest PWM kanálů může být zvoleno k vytvoření spojitých křivek s programovatelnými rychlostmi a softwarově volitelnými pracovními cykly od 0 do 100%.

2 MOTOROLA 68HC12

2.1 Základní architektura 68HC12

2.1.1 Centrální procesorová jednotka (CPU12)

Jádro mikroprocesoru 68HC12 je CPU12, vysokorychlostní 16-bitová verze architektury 68HC11, které je navrženo k udržení kompatibility s jádrem 68HC11 na úrovni zdrojových kódů. 68HC12 plně podporuje všechny interní registry, instrukce, adresovací módy a provozní módy 68HC11. Dodatečné vlastnosti a výhody 68HC12:

- Až 8MHz sběrnice při napájení napětí 5V, nebo 5MHz sběrnice při 3V
- 64 nových instrukcí, 20-bitová aritmeticko-logická jednotku (ALU), fronta instrukcí a 7 nových indexovaných adresovacích módů
- CALL a RTC instrukce pro výkonné stránkové adresování
- Rychlé matematické instrukce
- Instrukce Fuzzy logiky pro zjednodušené programování, zmenšené jádro a rychlejší vykonávání kódu
- Nízkopříkonové režimy WAIT a STOP
- Background Debug Mode (BDM) – možnost ladění programu přímo v obvodu

2.1.2 Flexibilní modulární design

Standardní sběrnice Lite Module Bus (LMB) navržena pro nízký příkon je použita pro připojení CPU12 ke specializovaným periferním modulům. LMB je podobné jako Intermodule Bus (IMB) u rodin procesorů 68HC16, 68300 a MPC500 umožňující Motorole převést stávající periferní moduly k vývoji nových 68HC12 odvozených typů.

2.1.3 Nízký příkon, nízké napájecí napětí, nízký šum

68HC12 běží na frekvenci až do 8MHz a byla navržena pro rozšířený napěťový rozsah stejně jako pro nízkou spotřebu. Zařízení pracuje s napájecím napětí od 3,0V do 5,5V. Nízký příkon byl dosažen za pomoci:

- Stop a Wait módu

- Možnosti vypnout některé periferie
- Fázově řízený oscilátor (PLL) na některých odvozených typech
- Signály šířeny po sběrnici pouze když je třeba

2.1.4 Background Debug Mode (BDM)

68HC12 nabízí Background Debug Mode (BDM), neboli ladění za běhu programu, umožňující zkrácení času vývoje aplikací. Tato rozšířená, patentovaná verze BDM na 68HC16 a 68300 mikrokontrolérech nahrazuje obvyklý mód ladění. Umožňuje nerušený přístup čtení a zápisu v reálném čase k paměti a registrům pro rychlejší ladění programu. Také umožňuje přeprogramovatelnost FLASH v rámci diagnostiky a upgradu koncových produktů. BDM obsahuje následující:

- Jednodrátový komunikační protokol
- Jednoduché příkazy použité k ladění v obvodu
- Programování FLASH EEPROM a bajtově mazatelné EEPROM

2.1.5 Paměť FLASH EEPROM

Některé typy 68HC12 obsahují na čipu permanentní paměť, která je mnohonásobně mazatelná a podporuje operace s 8-bitovými nebo 16-bitovými daty. Navíc je zajištěno rychlé přerušování jednocyklovou přístupovou rychlostí a volitelně je k dispozici 1 až 2 kB chráněného bootovacího bloku. Tento inovační 16-bitový paměťový subsystém nabízí mnoho výhod, jako jsou:

- Programování v obvodu přes BDM
- Přeprogramovatelnost v terénu
- Krátké časy programování a mazání
- Rychlejší vývoj programů
- Výroba produktů, které mohou být přizpůsobeny až na konci výrobního procesu

2.1.6 Paměť EEPROM mazatelná po bajtech

Rodina 68HC12 rovněž obsahuje na čipu bajtově mazatelnou EEPROM pro rozšíření možnosti programování bez nutnosti dalšího napájení. Tato integrovaná permanentní paměť umožňuje například ukládání kalibračních informací, uložení dat pro samo-nastavující se systémy, ukládání měřených dat, tabulky skoků

2.1.7 Vysoce výkonný časovač

Časovač 68HC12 nabízí flexibilitu, výkon a snadnost použití. Systém je založen na volně běžícím 16-bitovém čítači s programovatelným předděličem, přerušením při přetečení a dalších funkcích přerušení. Navíc časovač 68HC11 umožňuje

- Více kanálů časovače. Každý kanál nastavitelný pro funkci zachytávání vstupu nebo porovnání výstupu
- Periodické přerušení reálného času
- COP (Computer Operating Properly) watchdog ochranu proti selhání softwaru
- Pulzní střadač pro externí čítač událostí
- Volitelně pulzně šířkovou modulaci (PWM) nabízející šest kanálů až se 16-bitovými výstupy
- Volitelně čítač událostí pro pokročilé operace s časovačem

2.1.8 Analogově číslicový převodník

A/D převodník periodicky vzorkuje externí analogové signály a produkuje odpovídající číselné hodnoty. Typickým použitím je například měření analogových vstupů, jako je napětí baterie, teplota, tlak nebo výška hladiny.

- Lineární aproximace
- 8- nebo 10-bitové rozlišení převodu
- Režim jednorázového nebo nepřetržitého převodu
- Vícenásobné registry výsledků
- Volitelné hodiny A/D převodníku
- Analogový multiplex umožňuje více kanálů na jednom A/D převodníku

2.1.9 Pulzně šířková modulace

Rodina 68HC12 nabízí volbu pulzně šířkové modulace (PWM) pro podporu různých aplikací. Až šest PWM kanálů může být zvoleno k vytvoření spojitých křivek s programovatelnými rychlostmi a softwarově volitelnými pracovními cykly od 0 do 100%.

2.1.10 Sériové rozhraní periférií (SPI)

SPI synchronně komunikuje na krátké vzdálenosti s vysokou rychlostí (obvykle v rámci jednoho obvodu plošného spoje). SPI umožňuje mikrokontroléru komunikovat s periferními obvody, jako například obyčejné posuvné registry, sériová EEPROM, nebo kompletním LCD nebo A/D podsystémem. SPI zahrnuje:

- Plně duplexní tři drátový synchronní přenos dat
- Operace typu Master nebo Slave
- Maximální frekvence bitů u zařízení Master je frekvence sběrnice dělená dvěma
 - Maximální rychlost přenosu 4MHz pro 8MHz systémové hodiny
- Maximální frekvence bitů pro zařízení Slave je frekvence sběrnice
 - Maximální rychlost přenosu 8MHz pro 8MHz systémové hodiny
- Čtyři programovatelné frekvence bitů pro zařízení Master
- Programovatelná polarita i fáze hodinového signálu
- Příznak přerušení pro konec přenosu

2.1.11 Sériové komunikační rozhraní (SCI)

SCI je asynchronní komunikační sériová UART sběrnice. SCI může být použita pro komunikaci mezi mikrokontrolérem a terminálem, počítačem nebo sítí mikrokontrolérů. Typickým použitím SCI je komunikace na dlouhé vzdálenosti (RS232). SCI zahrnuje:

- Standardní NRZ formát
- Plně duplexní operace
- Buffer pro přijímač i vysílač
- Nezávisle povolitelný vysílač a přijímač

- Volitelná délka znaků 8 nebo 9 bitů
- Detekce chyb na 1/16 času bitu
- Programovatelná přenosová rychlost
- Detekce chyb v přijímaných datových rámcích
- Možnost přerušení vysílání
- Volitelně hardwarové generování a testování parity
- Oddělený přijímač, vysílač a příznaky přerušení při chybě

2.1.12 Modul Motorola Scalable CAN (MSCAN)

Protokol lokální sítě kontrolerů (Controller Area Network – CAN) byl původně vyvinut firmou Robert Bosch GmbH pro použití v komunikační síti ve vozidlech. Některí větší výrobci vozidel používají CAN ve svých vozech nebo je vyvíjí pro budoucí vozy. Navíc se CAN stává velmi oblíbeným pro použití v průmyslových automatizačních sítích.

Modul Motorola Scalable CAN (MSCAN) je pokročilý komunikační kontrolér provádějící CAN protokol s těmito vlastnostmi:

- Implementace CAN verze 2 část A a B
- Standardní 11-bitové a rozšířené 29-bitové datové rámce
- Délka dat 0 až 8 bajtů
- Programovatelná přenosová rychlost až do 1 Mb/s
- Podpora vzdálených rámců
- Příjem s dvojitém bufferem
- Vysílání s trojitým bufferem s vnitřní prioritizací používající koncept „local priority“
- Flexibilní maskovatelný filtr identifikátoru podporující eventuelně dva filtry identifikátoru plné velikosti 32 bitů, čtyři 16-bitové nebo osm 8-bitových
- Programovatelné funkce wakeup s integrovaným dolnoproustním filtrem
- Programovatelný zpětnovazební mód podporující samotestování

- Schopnost oddělené signalizace a přerušení pro chybové stavy všech CAN přijímačů a vysílačů (varování, přerušení sběrnice...)
- Programovatelný zdroj hodinového signálu pro MSCAN (CPU frekvence sběrnice nebo krystalový oscilátor)
- Slep mód s nízkým příkonem

2.1.13 Modul SAE J1850 Byte Data Link Control (BDLC-D)

BDLC-D je obvod pokročilé sériové komunikační multiplexované sběrnice pracující podle protokolu SAE J1850 třídy B. Typickou aplikací modulu BDLC je v automobilech, kde více BDLC mikrokontrolérů může komunikovat přes jedno nebo dvoudrátovou sběrnici, čímž se sníží hmotnost a množství kabeláží a přidají možnosti diagnostiky.

- SAE J1850 kompatibilní
- 10,4 kb/s proměnná šířka pulzu (VPW) formát dat
- Digitální filtr šumu
- Detekce kolizí
- Hardwarové generování a testování cyklické redundantní kontroly (CRC)
- Dva úsporné režimy s automatickým probuzením při aktivitě sítě
- Dotazování a přerušení CPU k dispozici
- Podpora módu příjmu a vysílání bloků
- Podpora 4x přijímacího módu (41,6 kb/s)
- Mód digitální zpětné vazby
- Mód analogové zpětné vazby

2.2 Rozdíly 68HC12 proti 68HC11

Mikroprocesor 68HC12 oproti 68HC11 nově obsahuje Background Debug Mode (BDM), což je ladění za běhu programu, permanentní paměť FLASH EEPROM, modul MSCAN pro spojování mikroprocesorů do lokální sítě a modul BDLC-D.

Kromě těchto nových vlastností obsahuje 68HC12 také vylepšení stávajících vlastností. Je to vylepšení jádra mikroprocesoru podporujícího rychlejší sběrnici CPU, která je zvýšena z 5MHz na 8MHz. Dále jádro CPU12 obsahuje 64 nových instrukcí, 20-bitovou aritmeticko-logickou jednotku, frontu instrukcí, rychlé matematické operace a instrukce fuzzy logiky. U sériového rozhraní periférií SPI došlo ke zvýšení přenosové rychlosti na 4MHz pro zařízení typu Master a 8MHz pro zařízení typu Slave. Další změnu zaznamenaly datové registry A/D převodníku, které již jsou 16-bitové. Z hlediska programu je také důležitá změna rozdělení paměti mikroprocesoru na datovou paměť RAM a programovou paměť RWM. Z programové paměti RWM je spouštěn samotný program mikroprocesoru a za jeho běhu je tato paměť přístupná pouze pro čtení. Zápis do ní (nahrání nového programu) je prováděn přes vývojové prostředí Code Warrior.

2.3 Použitý mikroprocesor

V této práci byl pro testování převedených programových modulů použit odvozený model mikroprocesoru 68HC12, a to MC9S12E128CPV. Tento mikroprocesor je vybaven 8kB datové paměti RAM a 128kB programové paměti RWM. Tento mikroprocesor dále obsahuje:

- tři nezávisle nastavitelné komunikační kanály SCI, z nichž jeden je připojen na infračervené rozhraní IrDA
- jeden komunikační kanál SPI
- komunikační sběrnici IIC
- 16-kanálový A/D převodník s nastavitelnou přesností 8 nebo 10 bitů
- 11 vstupně výstupních portů (A, B, E, K, AD, M, P, Q, S, T, U)
- dva 1-kanálové D/A převodníky
- tři 4-kanálové 16-bitové časovače
- 6 PWM kanálů
- COP Watchdog
- přerušení reálného času

Podrobný popis všech vlastností mikroprocesoru MC9S12E128CPV je k nalezení v uživatelské příručce k tomuto mikroprocesoru [6].

3 PŘEVOD KÓDU Z 68HC11 NA 68HC12

3.1 Syntaxe zdrojového kódu

Přestože je zdrojový kód pro 68HC11 použitelný i pro 68HC12, jsou některé úpravy nezbytné. Zdrojové kódy pro 68HC11 je možné psát v libovolném textovém editoru a pro překlad je používán překladač AS11 firmy Motorola, který používá následující syntaxe:

*komentář

[návěští] instrukce [operand1 [operand2 [operand3]]] komentář

Příklad zdrojového kódu:

```
*Definice konstant
SCSR EQU $102E
SCDR EQU $102F
TDRE EQU $80
...
...

*Posílání dat na sériovou linku
Start LDAA 0,X      Načte číslo z adresy uložené v X do A
      CMPA #0       Porovná s číslem 0
      BEQ Dalsi     Pokud je rovno 0, skočí na Dalsi
      BRA Cislo     Skok na Cislo

Dalsi INX           Zvýší index X
      BRA Start     Skok na Start

Cislo LDX #SCSR     Načte stavový registr sériové linky
      BRCLR 0,X TDRE * Čekaj dokud není možné poslat data
      STAA SCDR     Pošli data na sériovou linku
      BRA Dalsi     Skok na Dalsi
...
...
```

Programy pro 68HC12 psané ve vývojovém prostředí CodeWarrior mají syntaxi podobnou, liší se však zápisem komentářů a instrukcí využívajících více než jednoho operandu. Komentáře začínají vždy středníkem a všechny operandy se oddělují čárkami.

;komentář

[návěští] instrukce [operand1[,operand2[,operand3]]] ;komentář

Stejný kód, jako v předchozím případě, po úpravách tedy vypadá následovně:

```
;Definice konstant
SCSR EQU $102E
SCDR EQU $102F
TDRE EQU $80
...
...

;Posílání dat na sériovou linku
Start LDAA 0,X ;Načte číslo z adresy uložené v X do A
      CMPA #0 ;Porovná s číslem 0
      BEQ Dalsi ;Pokud je rovno 0, skočí na Dalsi
      BRA Cislo ;Skok na Cislo

Dalsi INX ;Zvýší index X
      BRA Start ;Skok na Start

Cislo LDX #SCSR ;Načte stavový registr sériové linky
      BRCLR 0,X,TDRE,* ;Čekej dokud není možné poslat data
      STAA SCDR ;Pošli data na sériovou linku
      BRA Dalsi ;Skok na Dalsi
...
...
```

Tyto úpravy zdrojového kódu nejsou nijak složité, avšak při větším množství zdrojových kódů je manuální úprava velice zdoluhavá a únavná. Pro tento účel jsem vytvořil program nazvaný „HC11toHC12“, který tento převod zajistí.

3.2 Převod programových modulů

Všechny programové moduly regulátorů buďto běží jako procesy pod operačním systémem RTMON, nebo jsou tvořeny jako podprogramy volané z těchto procesů. Některé z modulů také využívají matematickou knihovnu MATH11.

Pro úplnou funkčnost zdrojových kódů modulů na 68HC12 jsou však nutné ještě další úpravy. Jsou to úpravy konfigurace hardwaru 68HC12, jako například A/D převodník, sériová komunikační linka, vstupní a výstupní porty a podobně. Řídící registry těchto obvodů leží na jiných adresách a některé jsou nově i 16-bitové.

3.2.1 Program „HC11toHC12“

Program HC11toHC12 jsem vytvořil k provedení nutného převodu syntaxe zápisu 68HC11 na syntaxi pro 68HC12, jak je popsáno v kapitole 3.1. Program převádí pouze syntaktický zápis kódu, nikoliv však změnu nastavení konfigurace hardware samotného mikroprocesoru. K vytvoření tohoto programu jsem si zvolil jazyk Visual Basic pro jeho jednoduchost a rychlost, s jakou je možné takový program vytvořit.

3.2.2 RTMON

Operační systém reálného času RTMON v úpravě pro školní mikropočítač HC11 používá pro generování časové základny externí obvod reálného času 68HC68T1 osazený na desce mikropočítače. Tento obvod s nastavitelnou periodou vyvolává přerušení pro samotný operační systém. Protože mikroprocesor 68HC12 tímto obvodem vybaven není, použil jsem pro generování přerušení interní obvod reálného času mikroprocesoru a přerušení reálného času RTI. Inicializace přerušení reálného času je podle [7] provedena následovně:

```
MOVW    #$7F, RTICTL
BSET     CRGINT, mCRGINT_RTIE
```

kde RTICTL je řídicí registr pro nastavení periody ležící v paměti mikroprocesoru na adrese \$0000003B. Uložení hodnoty \$7F se nastaví perioda přerušování na 8Hz tak, jak tomu bylo ve verzi pro školní mikropočítač HC11. CRGINT je řídicí registr pro nastavení povolení přerušení od reálného času, ležící na adrese \$00000038 a mCRGINT_RTIE je maska s nastaveným bitem pro povolení přerušení RTI.

Vektor přerušení reálného času leží na adrese \$0000FFF0 a jeho obsluha je následující:

```
ORG      $0000FFF0
FDB      TIK
```

Tím se při vyvolání přerušení spustí rutina TIK obsluhující procesy RTMONu.

3.2.3 MATH11

Matematická knihovna MATH11 je hardwarově nezávislá. Nepřistupuje k žádným obvodům mikroprocesoru a po převodu programem „HC11toHC12“ je plně funkční.

3.2.4 Modul Vstupy

Modul Vstupy slouží k načítání binárních a analogových vstupů mikroprocesoru. Přistupuje přímo na hardware mikroprocesoru a bylo tedy nutné provést úpravy týkající se nastavení A/D převodníku, adres řídicích a datových registrů a obsluhy načítání převedených hodnot. Ty jsou na rozdíl od 68HC11 uloženy v 16-bitových buňkách. V modulu Vstupy jsou tedy provedeny tyto změny:

```
ADCTL    EQU    $0085        ;adresa řídicího reg. převodníku
RIDIC1    EQU    %10010000    ;nastavení řídicího reg.
RIDIC2    EQU    %10010100

;výsledkové registry A/D převodníku
ADR_1     EQU    $0091
```

```
ADR_2 EQU $0093
ADR_3 EQU $0095
ADR_4 EQU $0097
```

Obsluha zahájení samotného převodu A/D převodníku je upravena na

```
LDAA #RIDIC1      ;připraví si nastavení převodníku
STAA ADCTL        ;nastaví => začíná převod
BRCLR $008B,%00000001,*      ;čekání na konec převodu
```

3.2.5 Modul Výstupy

Tento modul rovněž přistupuje k hardwaru mikroprocesoru, ale na rozdíl od modulu vstupů zde není nutná téměř žádná úprava. Uživatel si pouze nastaví adresu výstupního portu OUTPORT1, OUTPORT2 nebo OUTPORT3 na požadovanou adresu. Například pro port U je to adresa \$0268.

3.2.6 Moduly regulátorů

Veškeré moduly regulátorů jsou pouze softwarovou záležitostí nezávislou na použití hardware a po převodu programem „HC11toHC12“ jsou plně funkční bez jakýchkoliv úprav.

3.3 Další úpravy

Vzhledem k tomu, že mikroprocesor HC12 má paměť rozdělenou na datovou paměť RAM a programovou paměť RWM, je potřeba, aby veškerý paměťový prostor pro data programu rezervovaný direktivou RMB ležel v oblasti datové paměti RAM. Pokud by tento paměťový prostor byl rezervován uvnitř programové paměti RWM, zápis z běžícího programu na toto místo by se nezdařil. Použitý mikroprocesor 9S12E128 má celkem 8kB datové paměti RAM, která leží na adrese \$2000 až \$3FFF.

4 MĚŘICÍ OBVOD

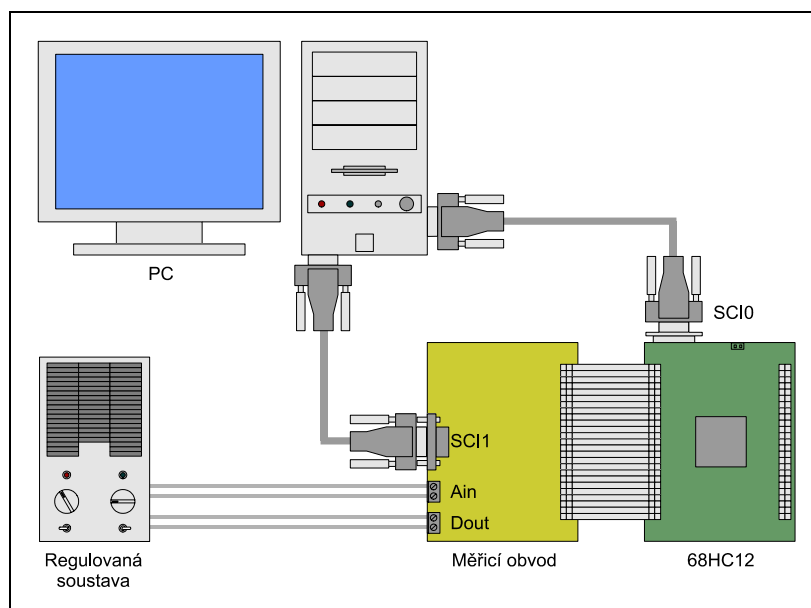
4.1 Popis obvodu

Pro účely měření a regulace na reálné regulované soustavě jsem navrhl a sestavil obvod obsahující všechny potřebné prvky. Je zde svorkovnice pro připojení analogového signálu z regulované soustavy, odporový trimr pro regulaci napětí připojený na další analogový vstup mikroprocesoru za účelem testování a ladění softwaru, dva digitální výstupy pro spínání topení, převodník na sériovou linku RS232 pro účel odesílání měřených dat do PC a bargraf červené barvy pro nejruznější druhy signalizace při ladění software. Vzhledem k tomu, že A/D převodník mikroprocesoru pracuje pro napětí o velikosti 0V – 5V a výstup z regulované soustavy nabývá hodnot napětí 0V – 10V, je svorkovnice pro připojení analogového vstupu přivedena na odporový dělič s poměrem velikostí odporů 1:1, kde se velikost napětí sníží na polovinu. Tím se do A/D převodníku dostane napětí v rozmezí 0V – 5V. Propojení obvodu mikroprocesoru a měřicího obvodu je realizované 50-žilovým kabelem, například kabelem používaným pro propojování SCSI zařízení. Schéma zapojení měřicího obvodu je na obrázku v příloze P 1. Návrh desky plošného spoje a rozmístění součástek pak na obrázku v příloze P 2. Deska plošného spoje je navržena tak, aby svými rozměry a roztečí úchytných otvorů odpovídala desce mikropočítače.



Obr. 2. Fotografie měřicího obvodu

4.2 Propojení obvodů



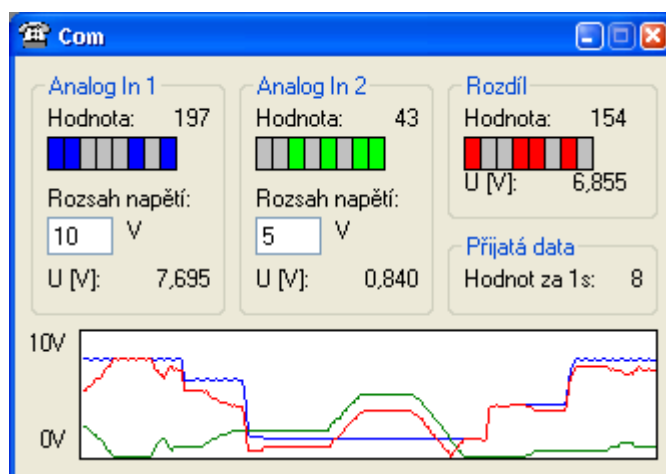
Obr. 3. Propojení všech obvodů

Propojení obvodů je provedeno podle (Obr. 3.). Obvod mikroprocesoru je s měřicím obvodem propojen 50-žilovým kabelem. Sériové rozhraní SCI0 mikroprocesoru je připojeno k osobnímu počítači a slouží k programování samotného mikroprocesoru a ladění programu. Sériové rozhraní SCI1 slouží pro uživatele a mohou být přes něj posílána libovolná data, jako například posílání naměřených hodnot do počítače pro účel vizualizace a archivace, nebo pro účel načítání konfiguračních hodnot. Regulovaná soustava je k měřicímu obvodu připojena pomocí svorkovnice a konektorů osazených přímo na měřicím obvodu.

4.3 Testování obvodu

K otestování obvodu jsem sestavil hned několik programů. Program v assembleru pro samotný mikroprocesor HC12, který zajišťuje zpracování analogových vstupů a odesílání jejich hodnot přes sériovou linku. Toto měření a odesílání dat je zpracováváno periodicky za využití přerušení reálného času mikroprocesoru (Real Time Interrupt). Dále jsem vytvořil program ve Visual Basic symbolicky nazvaný „Com“, který přijímá naměřená data a zobrazuje jak v číselné podobě, tak jejich historii v grafu. Zobrazuje rovněž rozdíl hodnot napětí na obou měřených kanálech A/D převodníku mikroprocesoru a tento rozdíl

je po sériové lince odeslán zpět do mikroprocesoru a zobrazen na bargrafu, čímž je otestován i opačný směr komunikace sériové linky.



Obr. 4. Ukázka testovacího programu

5 TESTOVÁNÍ PŘEVEDENÝCH PROGRAMOVÝCH MODULŮ

Pro otestování správnosti převodu programových modulů jsem zvolil modul `m_polreg.asm`, což je polohový regulátor navíc umožňující nastavení pásma necitlivosti či penalizace. Tento modul je závislý na modulu `m_rgdata.asm`, což jsou globální proměnné a podprogramy pro regulátory, a na matematické knihovně `MATH11`.

5.1 Sestavení programu regulátoru

5.1.1 Vložení vybraných modulů

Do zdrojového kódu programu jsem vložil soubor operačního systému `RTMON`, matematickou knihovnu `MATH11`, modul vstupů, modul výstupů, modul `m_polreg` a `m_rgdata`.

5.1.2 Proces Main

Proces Main je první proces, který se spouští hned po startu programu. V tomto procesu jsem inicializoval port U (zde je připojen bargraf) a port T (výstup na spínání regulované soustavy) jako výstupní port. Provedl jsem inicializaci A/D převodníku a sériového SCI kanálu a vytvořil další procesy obsluhující samotný regulační pochod.

5.1.3 Inicializace A/D převodníku

A/D převodník je v programu regulátoru podle [8] inicializován tímto kódem:

```
InitADC:
    MOVB    #$C0,ATDCTL2
    LDX     #$10
ADCsniz:
    DEX     #0
    BNE     ADCsniz      ;mala pauza

    MOVB    #$20,ATDCTL3
    MOVB    #$83,ATDCTL4
```

`ATDCTL2` je řídicí registr A/D převodníku nastavující napájení převodníku a povoluje přerušení. Leží v paměti na adrese `$00000082` a nastavením na hodnotu `$C0` se uvede do činnosti. `ATDCTL3` je druhý řídicí registr nastavující délku převodní sekvence. Leží v paměti na adrese `$00000083` a nastavením na hodnotu `$20` se nastaví na 4 převody na jednu sekvenci. Řídicí registr `ATDCTL4` nastavuje hodinovou frekvenci převodu a

rozlišení výsledku (8 nebo 10 bitů). Leží v paměti na adrese \$00000084 a nastavením na hodnotu \$83 se nastaví na 8-bitovou přesnost a 2 převodní periody.

5.1.4 Inicializace komunikačního kanálu SCI

Komunikační kanál SCI je zde použit pro komunikaci s obslužným programem pro PC. Podprogram pro inicializaci SCI nastavený podle [9] vypadá následovně:

```
InitSCI:
    MOVB    #$00, SCI1BDH
    MOVB    #$0D, SCI1BDL
    MOVB    #$00, SCI1CR1
    MOVB    #$0C, SCI1CR2
    RTS
```

SCI1BDH a SCI1BHL společně tvoří 16-bitový řídicí registr SCI1BD pro nastavení přenosové rychlosti sériové linky. SCI1BD leží v paměti mikroprocesoru na adrese \$000000D0 a nastavením na hodnotu \$000D se přenosová rychlost nastaví na 19200 bitů za sekundu. Řídicí registr SCI1CR1 slouží k nastavení formátu dat, parity a typu parity. V paměti leží na adrese \$000000D2 a nastavením na hodnotu \$00 se SCI nastaví na formát, ve kterém je 1 start bit, 8 datových bitů, 1 stop bit, žádná parita. Řídicí registr SCI1CR2 povoluje příjem, vysílání a přerušení při příjmu nebo vysílání. V paměti leží na adrese \$000000D3 a nastavením na \$0C se povolí příjem i vysílání.

5.1.5 Proces VSTUPY_PROC

Proces VSTUPY_PROC zajišťuje měření vstupního analogového signálu z regulované soustavy. Tímto signálem je napětí úměrné regulované teplotě. Naměřený signál je načten z výsledkového registru A/D převodníku jako 8-bitové číslo a uložen do pole výsledků definovaného jako P_VYS.

5.1.6 Proces VYSTUP_PROC

Proces VYSTUP_PROC provádí zapínání a vypínání topení regulované soustavy podle potřeby. Sepnutí topení je také signalizováno na jedné z LED diod bargrafu.

5.1.7 Proces AKCE_PROC

V procesu AKCE_PROC se pomocí matematické knihovny provádí převod naměřených hodnot A/D převodníku, stejně jako nastavené žádané hodnoty, na stupně celsia a spouští

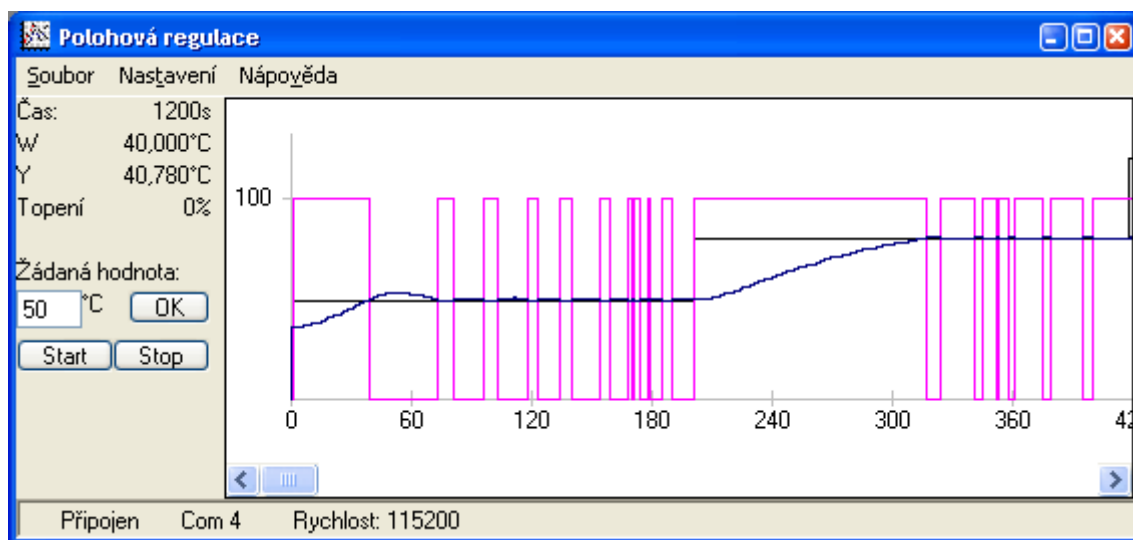
se samotný podprogram regulátoru. Ten nastaví hodnoty řídicího bajtu CB, zda se má sepnout topení či nikoliv.

5.1.8 Proces COMM_PROC

Proces COMM_PROC slouží k odesílání dat přes sériový komunikační kanál do obslužného programu pro PC. Proces odesílá informace o hodnotě žádané a regulované veličiny a informaci o hodnotě akčního zásahu. Tento proces rovněž zajišťuje příjem hodnoty žádané veličiny z obslužného programu.

5.2 Obslužný program

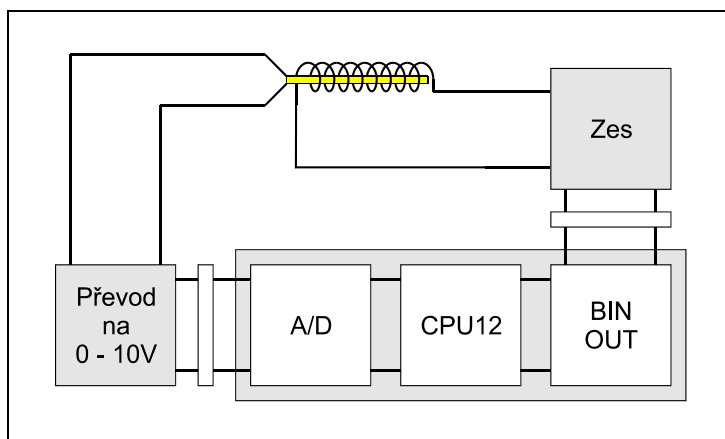
Pro potřeby zadávání žádané hodnoty a monitorování průběhu regulace jsem vytvořil obslužný program „Polohová regulace“ komunikující s mikroprocesorem přes sériové rozhraní. V tomto programu je možné zadat hodnotu žádané veličiny, dále se zde zobrazují aktuální hodnoty regulované veličiny a akčního zásahu a tyto průběhy se také zakreslují do grafu. Naměřená data je pro účely archivace možné uložit do souboru v textové podobě.



Obr. 5. Program pro obsluhu polohového regulátoru

5.3 Ověření činnosti programu regulátoru

Sestavený program polohového regulátoru byl otestován na reálné soustavě v prostředí laboratoře Institutu Řízení Procesů a Aplikované Informatiky. Měření v laboratoři probíhalo na stanovišti č. 2 pro převodník Pt100 - 200°C a stupeň topení 2. Regulovaná soustava je blokově zakreslena na (Obr. 6.).



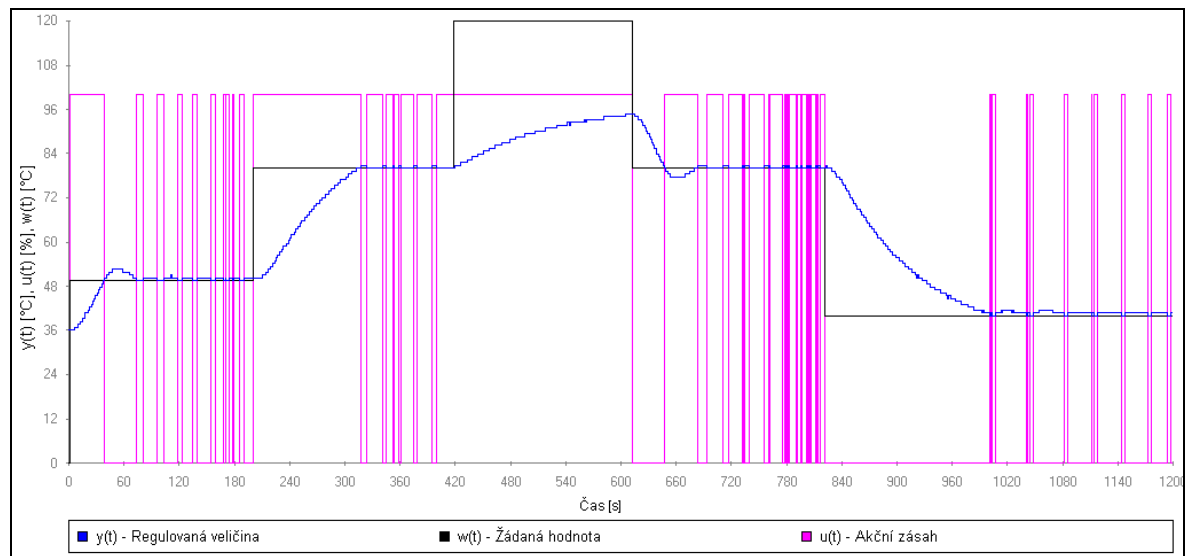
Obr. 6. Blokové schéma zapojení regulované soustavy

Na vstup A/D převodníku mikroprocesoru je přiveden výstup z regulované soustavy, kde je informace o aktuální teplotě v podobě napěťového signálu s rozsahem 0V – 10V. Protože A/D převodník mikroprocesoru HC12 má napěťový rozsah 0V – 5V, je tento měřený signál přiveden na jeho vstup přes odporový dělič s poměrem odporů 1:1. Tím se hodnota výstupního napětí z regulované soustavy sníží na polovinu.

Topení soustavy je spínáno jedním z digitálních výstupů mikroprocesoru na portu T. Tento výstup je vyveden na konektor měřicího obvodu, odkud je přiveden na vstup regulované soustavy..

5.4 Výsledky měření

Výsledky měření byly obslužným programem „Polohová regulace“ uloženy do souboru a z naměřených hodnot byl vytvořen graf, který je zakreslen na (Obr. 7.). Z tohoto grafu je vidět, že sestavený regulátor pracuje správně a regulovaná veličina dosahuje žádaných hodnot.



Obr. 7. Graf regulačního pochodu testovaného regulátoru

Protože byl A/D převodník nastaven do režimu s 8-bitovou přesností, jsou v naměřeném grafu vidět „schody“ v průběhu regulované veličiny. Rozsah $0^{\circ}\text{C} - 200^{\circ}\text{C}$ pokrývá po převodu 8-bitové číslo nabývající hodnot $0 - 255$ a změna tohoto čísla o jedničku způsobuje změnu hodnoty měřené teploty přibližně o $0,78^{\circ}\text{C}$.

ZÁVĚR

První část práce se zabývá velice rozšířeným mikroprocesorem 68HC11 od firmy Motorola. Jsou zde zaznamenány hardwarové vlastnosti tohoto mikroprocesoru včetně jejich popisu.

Ve druhé části je obdobným způsobem popsán modernější typ tohoto mikroprocesoru, kterým je 68HC12. Navíc jsou zde popsány hlavní rozdíly oproti staršímu mikroprocesoru 68HC11 a dále pak popis konkrétního mikroprocesoru použitého při praktické části práce. Tímto mikroprocesorem je odvozený typ MC9S12E128CPV.

Převod zdrojových kódů programů z 68HC11 na 68HC12 je popsán ve třetí části práce. Je zde uveden obecný princip převodu nutného pro správný běh programů na mikroprocesoru 68HC12 a popis úprav provedených ve všech programových modulech. Úpravy se týkají i v samotného operačního systému reálného času RTMON a matematické knihovny MATH11. Rovněž je zde popsán program „HC11toHC12“, který jsem vytvořil pro převod syntaxe zdrojových kódů z mikroprocesoru 68HC11 na 68HC12.

Čtvrtá část práce je zaměřena na měřicí obvod, který jsem sestavil pro účel měření a regulace na reálné soustavě za pomoci převedených programových modulů. Kromě nezbytně nutných částí, jako je svorkovnice pro připojení vstupního napětí z regulované soustavy a konektoru výstupního signálu pro spínání topení regulované soustavy, obsahuje měřicí obvod také převodník pro sériovou linku RS232 pro účel komunikace programu s ovládacím programem na PC, dále odporový trimr, bargraf a dvě tlačítka pro účely ladění a testování software. V této části práce je také popsáno propojení mikroprocesoru 68HC12 s měřicím obvodem, regulovanou soustavu a PC. K otestování správné činnosti měřicího obvodu jsem vytvořil program pro mikroprocesor 68HC12 zajišťující čtení analogových vstupů za využití přerušení reálného času RTI a obousměrnou sériovou komunikaci s obslužným programem symbolicky nazvaným „Com“, který jsem rovněž vytvořil pro účely testování.

V poslední části práce je popsáno ověření činnosti převedených programových modulů na reálné regulované soustavě. Pro ověření činnosti jsem použil moduly polohového regulátoru. Je zde popsán postup při sestavení programu regulátoru z převedených programových modulů, jako je například vytvoření jednotlivých procesů operačního systému RTMON zajišťujících činnost regulátoru. Z důvodu snadného nastavení parametrů regulátoru, jako je žádaná hodnota, jsem vytvořil obslužný program pro PC

nazvaný „Polohová regulace“. Tento program kromě samotného nastavování regulátoru zajišťuje sledování okamžitých hodnot regulované veličiny, zobrazení v grafu a jejich archivaci na disk pro účel rekonstrukce grafu. Na závěr jsou zhodnoceny výsledky regulačního pochodu sestaveného regulátoru, které jsou vyobrazeny v grafu.

Veškeré programy, jako jsou zdrojové kódy programových modulů, sestaveného modulu regulátoru, ale i obslužné programy pro PC včetně jejich popisu, jsou dostupné na přiloženém médiu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] GRAF, Joachim. *Murphyho počítačové zákony*. Ilustroval Rolf Boule. Unis Edition 1992.
- [2] VAŠEK, V. *Mikropočítačové monitorovací a řídicí systémy*. Ostrava 1994. Habilitační práce, FS VŠB-TU
- [3] DOSTÁLEK, P. *Aplikace mikropočítačů Motorola pro řízení technologických procesů*. Zlín 2002. Diplomová práce na Fakultě technologické Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
- [4] DOLINAY, J. *Programové moduly řídicích identifikačních algoritmů pro mikropočítač 68HC11*. Zlín 2002. Diplomová práce na Fakultě technologické Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
- [5] *Motorola Digital DNA* [CD-ROM]. [cit. 2005-02-07]. Rev 4. Motorola, Inc.
- [6] *MC9S12E-Family Device User Guide* [online]. Freescale Semiconductor, Inc. Release April 4 2003. [cit. 2005-05-11]. V01.04. <http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/data_sheet/9S12E128DGV1.pdf>
- [7] *Clock and Reset Generator Block User Guide* [online]. Freescale Semiconductor, Inc. Release 29 Feb. 2000. [cit. 2005-05-11]. V04.05. <http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/ref_manual/S12CRGV4.pdf>
- [8] *Analog to Digital Converter Block User Guide* [online]. Freescale Semiconductor, Inc. Release 10 July 2000. [cit. 2005-05-11]. V02.07. <http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/ref_manual/S12ATD10B16CV2.pdf>
- [9] *HCS12 Serial Communications Interface Block Guide* [online]. Freescale Semiconductor, Inc. Release October 29 2001. [cit. 2005-05-11]. V03.02. <http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/ref_manual/S12SCIV3.pdf>
- [10] *CodeWarrior™ Development Studio IDE 5.5 User's Guide* [CD-ROM]. [cit. 2005-02-07]. Revised 20030610. Metrowerks Corporation.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

\$00	Symbol \$ před číslem znamená, že se jedná o číslo šestnáctkové soustavy
A/D	Převodník analogového signálu na číslicový
ALU	Aritmeticko logická jednotka
BDLC	Byte Data Link Control
BDM	Background Debug Mode
CAN	Controller Area Network
COP	Computer Operating Properly
CPU	Centrální procesorová jednotka
CRC	Cyklická redundantní kontrola
D/A	Převodník z číslicového na analogový signál
EEPROM	Elektricky mazatelná programovatelná paměť
FLASH	Fast Low-latency Access with Seamless Handoff
IMB	Intermodule Bus
IrDA	Infrared Data Association
IRPI	Institut řízení procesů a aplikované informatiky
LCD	Displej z tekutých krystalů
LED	Light Emitting Diode
LMB	Lite Module Bus
MSCAN	Motorola Scalable CAN
NRZ	Non return-to-zero
PC	Osobní počítač
PLL	Fázově řízený oscilátor
PWM	Pulzně šířková modulace
RAM	Random Access Memory

RS232	Rozhraní pro obousměrnou sériovou komunikaci
RTC	Hodiny reálného času
RTI	Real-Time Interrupt
RWM	Read Write Memory
SCI	Sériové komunikační rozhraní
SCSI	Small Computer System Interface
SPI	Sériové rozhraní periférií
UART	Univerzální asynchronní vysílač / přijímač
VPW	Proměnná šířka pulzu

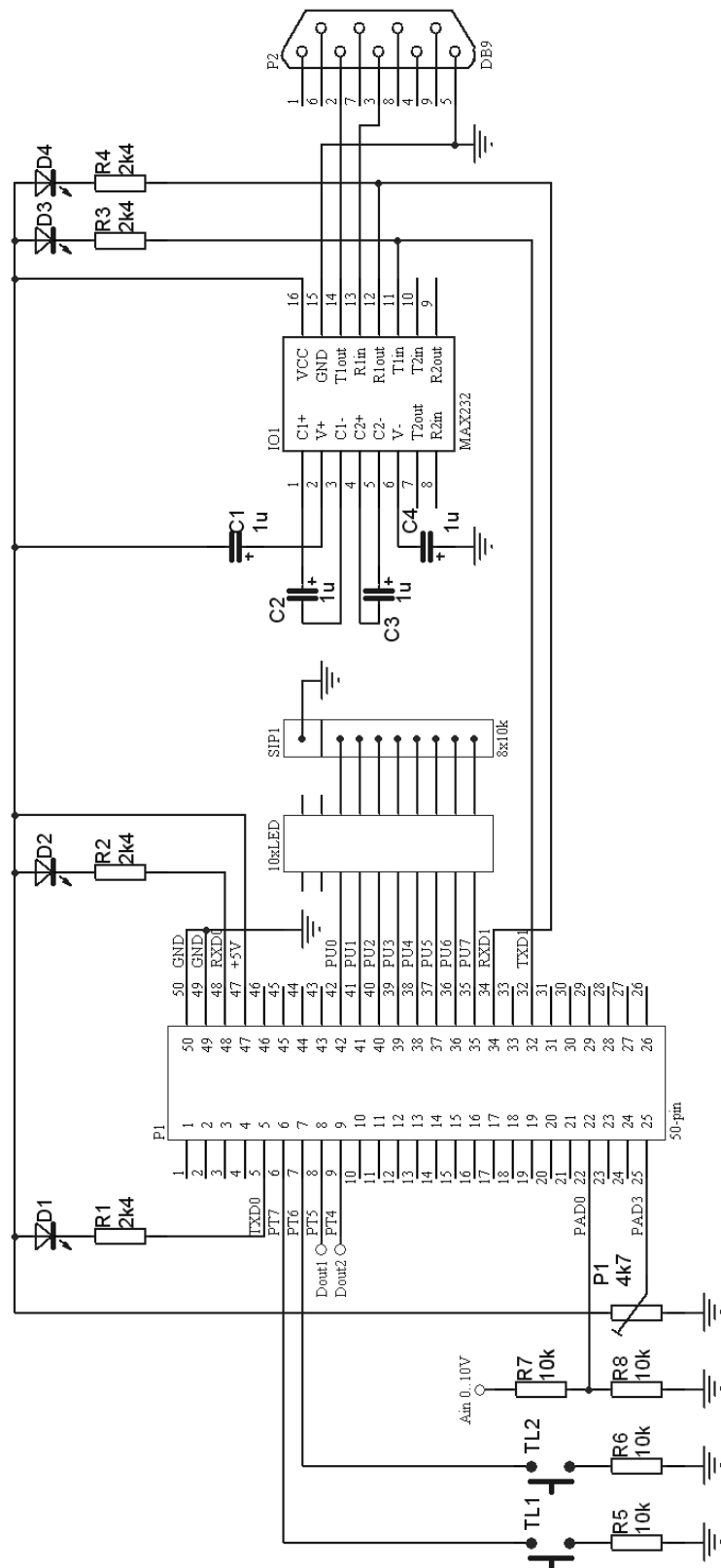
SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Registry 68HC11	9
Obr. 2. Fotografie měřicího obvodu	25
Obr. 3. Propojení všech obvodů.....	26
Obr. 4. Ukázka testovacího programu	27
Obr. 5. Program pro obsluhu polohového regulátoru	30
Obr. 6. Blokové schéma zapojení regulované soustavy	31
Obr. 7. Graf regulačního pochodu testovaného regulátoru.....	32

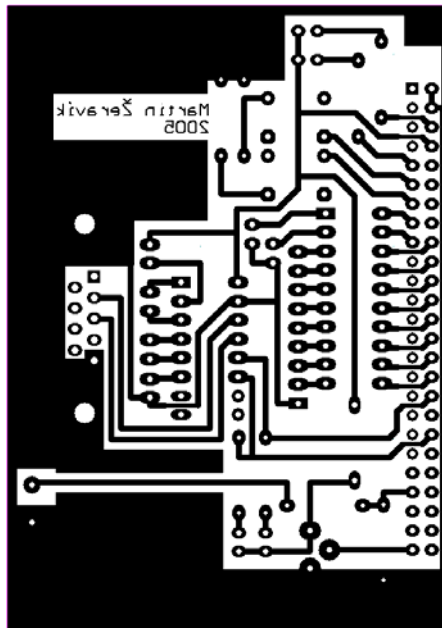
SEZNAM PŘÍLOH

- P 1 Schéma zapojení měřicího obvodu
- P 2 Deska měřicího obvodu

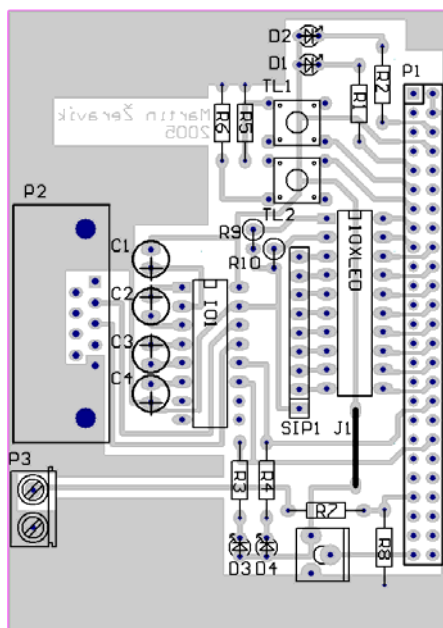
PŘÍLOHA P 1: SCHÉMA ZAPOJENÍ MĚŘICÍHO OBVODU



PŘÍLOHA P 2: DESKA MĚŘICÍHO OBVODU



Deska plošného spoje – pohled ze strany součástek



Rozmístění součástek