

Programová knihovna pro komunikaci mikro- počítačů Freescale HCS08 s modulem Adam-4050

Tomáš Kadavý

Bakalářská práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš KADAVÝ**
Osobní číslo: **A10129**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Programová knihovna pro komunikaci mikropočítačů
Freescale HCS08 s modulem Adam-4050**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte hardwarové vlastnosti vývojového kitu M68EVB908GB60, modulu pro průmyslovou automatizaci Advantech Adam-4050 a navrhňte jejich propojení.
2. Prostudujte komunikační protokol modulu Adam-4050.
3. Proveďte propojení vývojového kitu M68EVB908GB60 s modulem Adam-4050 a ověřte jeho funkci.
4. Vytvořte programovou knihovnu pro obsluhu Adam-4050 modulu v C jazyce.
5. Vytvořte ukázkovou aplikaci s využitím realizované knihovny podprogramů, která bude demonstrovat funkci modulu.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. ADVANTECH. ADAM 4000 Data Acquisition Modules Users Manual, Edition 10.7. [online]. 2008. Dostupné z [www.advantech.com].
2. ADVANTECH. ADAM 4050 15-ch Digital I/O Module. [online]. 2011. Dostupné z [www.advantech.com].
3. AXIOM MANUFACTURING. M68EVB908GB60 Development Board for Freescale MC9S08GB60, Rev. C [online]. 2006. Dostupné z: [www.axman.com].
4. FREESCALE SEMICONDUCTOR. CPU08 Central Processor Unit Reference Manual [online]. 2001. Dostupné z: [www.freescale.com].
5. FREESCALE SEMICONDUCTOR. HCS08 Family Reference Manual, Rev.1. [online]. 2003. Dostupné z: [www.freescale.com].
6. FREESCALE SEMICONDUCTOR. MC9S08GB/GT Data Sheet, Rev.2.3. [online]. 2004. Dostupné z: [www.freescale.com].

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Dostálek, Ph.D.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce:

28. února 2014

Termín odevzdání bakalářské práce:

13. června 2014

Ve Zlíně dne 28. února 2014



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- Že odevzdaná verze diplomové/bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

V této práci je popsán hardware a software inteligentního modulu ADAM-4050 dodávaný firmou Advantech, mikropočítače od firmy Freescale řady HCS08 a výukový model pračky EDUMOD. Mikropočítač je osazen ve vývojovém kitu M68EVB908GB60 dodávaný firmou Freescale. Je zde popsáno fyzické propojení jednotlivých komponent a jejich vzájemná komunikace. Pro řízení modulu ADAM-4050 je vytvořena knihovna v jazyce symbolických adres, která zprostředkovává komunikaci mezi programem v mikropočítači a modulem. Pro demonstraci funkce knihovny a správného zapojení je vytvořen jednoduchý program pro řízení připojeného modelu pračky k modulu ADAM-4050.

Klíčová slova: automatizace, inteligentní modul, mikropočítač, ADAM-4050, RS-485

ABSTRACT

In this is described the hardware and software of the intelligent module ADAM-4050 supplied by Advantech, microcomputer made by Freescale HCS08 series and educational model of washing machine EDUMOD. The microcomputer is mounted in the development kit M68EVB908GB60 supplied ready by Freescale. It describes the physical connections between the components and their mutual communication. To control the ADAM-4050 module is created library in assembly language, which provides communication between the program in microcontroller and module. For demonstration functionality of the library and correct wiring is made simple program for control of the connected model of washing machine to module ADAM-4050.

Keywords: automation, intelligent module, microcomputer, ADAM-4050, RS-485

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Dostálkovi, Ph.D. za odbornou pomoc a cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 AUTOMATIZAČNÍ TECHNOLOGIE	11
1.1 HISTORIE AUTOMATIZACE	11
1.2 SNÍMAČ	11
1.3 REGULÁTOR	12
1.4 INTELIGENTNÍ ROZHRANÍ	13
2 PŘEHLED MODULU ADAM	14
2.1 ADAM-4000	14
2.1.1 Zdroj napájení a IO modulu ADAM-4050.....	15
2.2 KOMUNIKAČNÍ PROTOKOL.....	16
2.2.1 RS-485.....	16
2.2.2 Modbus.....	17
3 PŘEHLED MIKROPOČÍTAČE HCS08	18
3.1 VÝVOJOVÝ KIT M68EVB908GB60	18
3.2 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ CODEWARIOR.....	19
4 VÝUKOVÉ MODULY EDUMOD	20
4.1 MODEL PRAČKY	20
II PRAKTICKÁ ČÁST	21
5 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ	22
5.1 MODEL PRAČKY	22
5.2 ROZBOČOVAČ.....	23
5.3 MODEL ADAM-4050.....	24
5.3.1 Konvertor napěťových úrovní.....	25
5.4 VÝVOJOVÝ KIT	28
6 KNIHOVNA PRO KOMUNIKACI S MODULEM ADAM-4050	30
6.1 PŘÍKAZY PRO MODUL ADAM-4050	30
6.1.1 Konfigurační příkaz	31
6.1.2 Příkaz pro zobrazení hodnot IO	32
6.1.3 Příkaz pro nastavení IO modulu.....	33
6.2 FUNKCE KOMUNIKAČNÍ KNIHOVNY	33
6.2.1 Úroveň jedna	34
6.2.2 Úroveň dva	34
6.2.3 Úroveň tři	35
6.3 UKÁZKOVÝ PROGRAM PRO ŘÍZENÍ MODELU PRAČKY POMOCÍ KNIHOVNY	37
ZÁVĚR	40
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	41
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	42
SEZNAM OBRÁZKŮ	43
SEZNAM TABULEK	44

SEZNAM PŘÍLOH.....	45
---------------------------	-----------

ÚVOD

Cílem této práce je popis a odůvodnění zavádění inteligentních rozhraní do průmyslové sféry. Jejich přínosu v automatizační technologii a jejich rozvoji. Konkrétně se budeme zabývat jedním představitelem tohoto odvětví a to modulem ADAM-4050 od firmy Advantech, která dodává na trh nepřehledné množství techniky pro použití v různých odvětvích řízení a snímání. Popíšeme i mikrokontrolér řady HCS08 od firmy Freescale, který je zabudován ve vývojovém kitu dodávaný od stejné firmy. Propojením tohoto mikropočítače s modulem ADAM získáme názornou ukázkou fungování těchto inteligentních rozhraní v praxi, jejich flexibilitu a použití. Pro konkrétní představu jeho fungování bude použit výukový model pračky (modul EDUmod), kdy mikropočítač bude snímat a nastavovat požadované hodnoty na modelu pomocí prostředníka a tím bude právě inteligentní rozhraní ADAM.

Budeme se tedy zabývat propojením těchto tří součástí jak po hardwarové stránce tak i po softwarové. První otázkou tedy bude zjistit pomocí jaké periférie umístěné na vývojovém kitu se propojí mikropočítač s modulem ADAM a poté jak se spojí tento modul s výukovým modulem pračky. Po ověření fungující komunikace se vytvoří knihovna funkcí pro komunikaci a to v několika úrovních abstrakce, kdy nejzákladnější bude sloužit pro jednoduché poslání ASCII příkazu a jejich přijetí, až po nejvyšší úroveň kde už příkazy v knihovně budou přímo dopovídat konkrétním vstupům a výstupům modelu pračky.

Jako další a poslední krok se po ověření funkčnosti a odladění knihovny naprogramuje pro mikropočítač ukázkový program, který bude řídit chování automatické pračky, jenž bude mít předprogramována několik pracích programů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 AUTOMATIZAČNÍ TECHNOLOGIE

Pod pojmem automatizace označujeme řízení a snímání různých procesů, ať už jde o technologické a průmyslové činnosti ve výrobním okruhu nebo v domácnostech. Hlavními složkami automatizace je tedy řízení ,nebo-li regulace určitých stavů a jejich následné snímání zda se dosáhlo požadovaných výsledků. Automatizace vlastně představuje jen další logický krok, který následoval hned po mechanizaci, kdy je požadováno samočinné řízení této mechanizace. V ideálním případě by tedy při komplexní automatizaci nebyl například u výrobního procesu zapotřebí ani člověk. Avšak tento stav je zatím jen hudbou budoucnosti, protože praxe ukazuje, že vyloučení člověka z tohoto procesu není vždy úplně možné.

1.1 Historie automatizace

Již od dávnověku, kdy museli vykonávat všechnu těžkou práci jen s pomocí vlastních sil, se lidé zabývali myšlenkou, že by jejich činnost v tomto poli mohli vykonávat různé stroje či popřípadě roboti, kteří by byli schopni vlastního rozhodování a logického uvažování. Tak by člověk mohl ušetřit sám sobě spoustu času a dále se věnovat rozvíjení jiných oblastí. Jako příklad tohoto uvažování lze například doložit různé úspěšné pokusy o mechanizaci či automatizaci různých činností. Například náčrty automatů od slavného vynálezce a umělce Leonarda da Vinciho. Ale příklady automatizace lze dohledat ještě dále v minulosti, jako třeba v Egyptě v období faraónů, kdy se používala pára pro otvírání chrámových dveří nebo slavné ozubení nazývané jako mechanismus z Antikythery, o jehož účelu se dlouho vedly spory.[1]

Vývoj v tomto odvětví je značně rychlý a rozmanitý, protože každá činnost vyžaduje rozmanitý a odlišný systém přístupu a zpracování. V dnešní pokročilé době se ale veškerá automatizační technika začíná značně unifikovat a stává se tak jednoduchou na údržbu, řízení a zavádění do praxe. A proto můžeme například výkonný programovatelný automat použít jak na řízení složitého výrobního procesu o mnoha specifických krocích, tak i na otvírání a zavírání dveří v domě.

1.2 Snímač

Pro řízení téměř jakýchkoliv procesů je potřeba snímat aktuální stav, či okolní podmínky pro dosažení ideálního výsledku. Dokonce i pro primitivní a jednoduché funkce je třeba vždy kontrolovat stav, například u obrábění materiálu se kontroluje tloušťka obráběného

materiálu, nebo pro automatické vytápění budov se zjišťuje teplota uvnitř ale i vně budovy pro lepší výsledky regulace. Snímače se dělí do několika kategorií podle různých kritérií.

Například podle typu snímané veličiny (odporové, proudové, tahové) nebo výstupu tohoto snímače (analogový nebo digitální signál). Všechny ale mají společnou vlastnost, že sami o sobě nemůžou nijak ovlivnit snímaný proces nebo zasáhnout do okolního prostředí. Toho lze dosáhnout až ve spojení s vhodným regulátorem.

Jako příklad snímače můžeme uvést odporový snímač teploty (na obrázku č. 1), který snímá teplotu okolního prostředí na principu změny elektrického odporu platinového drátu vlivem okolní teploty. [2]



Obrázek 1: Odporový snímač teploty [2]

1.3 Regulátor

Regulátor upravuje nebo nastavuje daný regulovaný systém pro dosažení jeho požadovaného stavu. Pomocí snímačů dokáže efektivně zasáhnout do řízeného systému, tak aby se dosáhlo tohoto stavu co nejrychleji a nejpřesněji. Což jsou dva protichůdné požadavky a tak se téměř vždy vyskytují určité regulační odchylky. Ať už jde o odchylky, které do systému vstoupili z předchozího kroku, chybou vlastního regulátoru nebo nějakých nepředvídatelných vnějších vlivů. Pod označením regulátor se může nacházet téměř cokoliv od různých motorů, manipulátorů, topných těles, fréz až po komplexní stroje, které by se daly označit za roboty. V tomto případě tedy uvažujeme, že regulátor je zároveň i akčním členem, který systém přímo ovlivňuje. [1]

Jako příklad si můžeme uvést regulaci teploty s dříve zmíněným teplotním čidlem, kdy toto čidlo bude snímat okolní teplotu a podle ní zapne či vypne topení pro udržení nastavené teploty.



Obrázek 2: Regulátor teploty [2]

1.4 Inteligentní rozhraní

S nástupem moderních technologií a potřeb pro průmyslovou automatizaci se vyskytla potřeba centrálního sběru dat a řízení výrobních či jiných procesů. Tohoto lze dosáhnout pomocí různých sofistikovaných zařízení jako je například programovatelný automat (PLC), mikrokontroléru nebo pomocí inteligentního rozhraní jako je například série ADAM-4000.

Pomocí inteligentních rozhraní je možné velice levně a jednoduše zjišťovat stavy určitých procesů a následně podle potřeby zasáhnout. Pomocí centrální stanice nebo stanice podřízené centrální lze kontrolovat téměř neomezené množství těchto modulů, kdy každý může obsluhovat jinou část výrobní linky na velkou vzdálenost pomocí datové sběrnice, která moduly spojí s řídicí stanicí. Je tak hodně jednoduché a přehledné nastavovat výrobní postupy ve velkých, ale i malých výrobních podnicích.

A to se týká nejen průmyslové výroby. Jejich použití je univerzální a dají se velice úspěšně použít také k řízení inteligentních budov za použití centrálního řízení.

2 PŘEHLED MODULU ADAM

Firma Advantech je světovým lídrem v oblasti sběru dat vstupně výstupních zařízení (ang. Input/Output, dále jen IO) a výrobou modulů nabízejících kompletní samostané moduly, které jsou široce využívány v průmyslových aplikacích jako je monitorování zařízení, životního prostředí a řízení průmyslových procesů. Distribuované vstupně výstupní moduly firmy Advantech se řadí do dvou základních rodin. Ethernet IO (série ADAM-6000) a RS-485 IO (série ADAM-4000), které se pak dále dělí na analogové IO a digitální IO moduly z nichž některé podporují komunikační protokol Modbus. [3]

2.1 ADAM-4000

Série modulů ADAM je soubor inteligentního rozhraní senzor-počítač obsahující mikroprocesor. Jsou vzdáleně řízeny pomocí sady příkazů zadaných ve formátu ASCII a přenášeny pomocí rozhraní RS-485. Poskytují úpravu signálu, jeho galvancké oddělení, nastavení rozsahu, A/D a D/A konverzi, srovnání dat a digitální komunikační funkce. Některé moduly poskytují navíc i digitální vstupně výstupní spojení pro kontrolní relé a zařízení TTL. Síť RS-485 umožňuje nízkošumové čtení senzorů takže moduly mohou být umístěny mnohem blíže ke zdroji. Až 256 modulů ADAM může být přes RS-485 připojeno do sítě použitím ADAM RS-485 opakovače, který rozšiřuje komunikační dosah na 4000 ft (cca 1219 m). [4]



Obrázek 3: Modul ADAM 4050 [3]

2.1.1 Zdroj napájení a IO modulu ADAM-4050

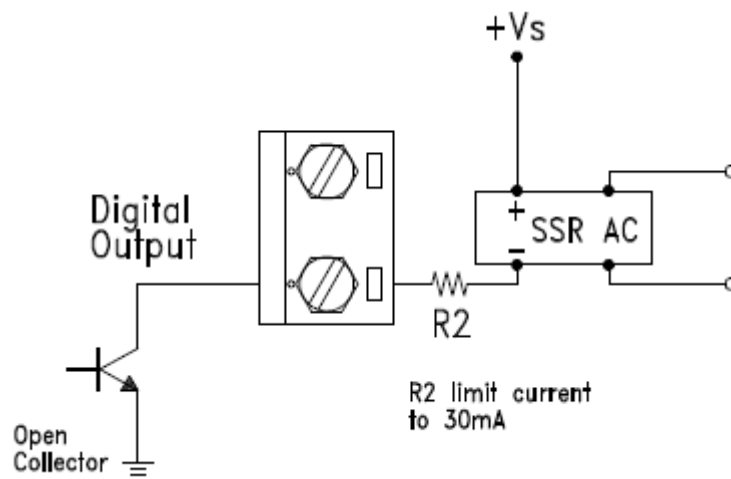
Modul je určen pro napájení standardním průmyslovým neregulovaným stejnosměrným napájením 24V. Nicméně akceptuje jakoukoli hodnotu mezi +10 až +30 V stejnosměrného napětí. Zvlnění napájecího napětí může být nanejvýš 5V špička-špička a okamžité by mělo být v rozmezí +10 a +30 V. [4]

ADAM-4050 rovněž obsahuje 7 digitálních vstupů a 8 digitálních výstupů. Výstupy jsou řešeny jako otevřené kolektorové tranzistorové spínače které mohou být ovládány z hostujícího počítače. Tyto spínače mohou sloužit taky pro řízení relé, jenž mohou ovládat zařízení jako pumpy nebo ohříváče. Hostující počítač může využít digitální vstupy modulu pro zjištění aktuálního stavu různých připojených zařízení, bezpečnostního vypnutí a vzdáleného řízení. [4]

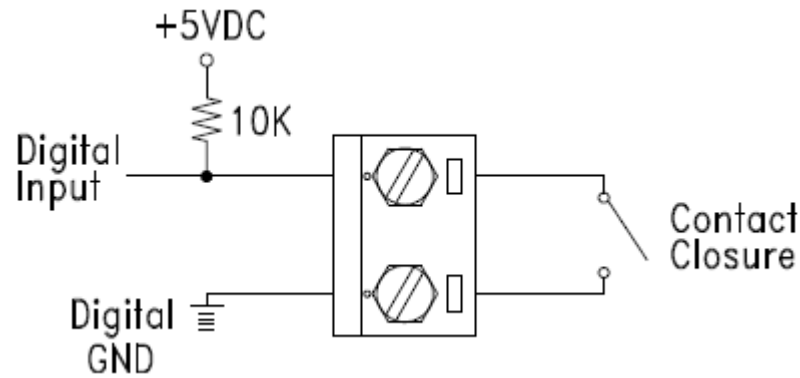
Logické úrovně pro digitální vstup jsou:

- Logická nula: maximální napětí +1 V.
- Logická jednička: od +3,5 až do 30 V.

Digitální výstup může mít napětí až 30 V a maximální proud může být 30 mA. Schéma vnitřního zapojení digitálního výstupu modulu je na obrázku 4 a schéma vnitřního zapojení digitálního vstupu je na obrázku 5.



Obrázek 4: Schéma vnitřního zapojení digitálního výstupu modulu ADAM-4050 [4]



Obrázek 5: Schéma vnitřního zapojení digitálního vstupu modulu ADAM-4050 [4]

2.2 Komunikační protokol

Série IO modulů ADAM-4000 používají pro komunikaci linku RS-485 a ta využívá buď zakódovaných ASCII příkazů nebo protokol Modbus. Modul ADAM-4050 podporuje pouze ASCII příkazy, pro úplnost bude popsán i protokol Modbus.

2.2.1 Rozhraní RS-485

Jedná se o nejběžnější asynchronní komunikační standard pro použití v multikomunikačních systémech díky jeho vysoké odolnosti vůči šumu, dále možnosti vysoké komunikační rychlosti (teoreticky až do 10 Mbps), dlouhé komunikační vzdálenosti (5 km pro 1200 bps) a jeho jednoduchosti a nenákladovosti pro použití. [5]

Používá se dvou vodičů s diferenciálním kódováním dat, kdy jedna polarita představuje logickou jedničku a obrácená polarita logickou nulu. Napěťový rozdíl mezi potenciály by měl být nejméně asi 0,2 V. Díky použití tohoto diferenciálního kódování a kroucené dvojlince se dosahuje výše uvedených přenosových vzdáleností a komunikačních rychlostí.

V důsledku vyhnutí se konfliktním situacím při komunikaci mezi modulem a řídicím počítačem je veškerý provoz koordinován řídicím počítačem. Tohoto řízení je docíleno použitím protokolu příkaz/odpověď na řídicím počítači.

V případě, že modul nevysílá je v režimu naslouchání. Řídicí počítač vyšle dotaz modulu se specifickou adresou a čeká na odpověď příslušného modulu. Pokud modul neodpovídá, časový limit ukončí sekvenci a vrátí řízení počítači.

Změna konfigurace modulu ADAM může požadovat provedení auto kalibrace než se změny projeví. Toto je například případ kdy se mění rozsah. Modul musí provést všechny stavy auto kalibrace což se děje i při jeho spouštění. Pokud se provádí kalibrační proces, tak modul nereaguje na žádné ostatní příkazy. [4]

Protokol pracuje v režimu ASCII, kdy je každý příkaz nebo odpověď složena ze série ASCII znaků. Syntaxe příkazu je tedy:

[oddělovač][adresa][příkaz][data][kontrolní součet][návrát vozíku]

Každý příkaz začíná s oddělovacím znakem. Pro něj existují 4 možné varianty:

- znak dolaru \$,
- mřížka #,
- znak procenta %
- a zavináč @.

Oddělovací znak je následován dvouznakovou adresou (v šestnáctkovém formátu), která specifikuje cílový modul. Skutečný dvouznakový příkaz sám následuje za touto adresou. V závislosti na příkazu poté následuje segment volitelných dat. Volitelný dvouznakový kontrolní součet je připojen k celkovému textovému příkazu. Každý příkaz je pak ukončen návratem vozíku (cr). Všechny příkazy by měly být zadávány velkými písmeny. [4]

Odpověď modulu má pak podobný tvar a syntaxi, kde oddělovač určuje typ odpovědi. Za ním následuje adresa modulu jež odpověď vyslal, blok volitelných dat a pokud je nastaveno v modulu tak i kontrolní součet. Celá odpověď je pak ukončena návratem vozíku (cr).

2.2.2 Modbus

Protokol Modbus spravovaný stejnojmennou společností sestávající z nezávislých uživatelů a dodavatelů automatizační techniky je volně dostupný protokol umožňující vzájemnou komunikaci nejrůznějších zařízení. Ať už jde o PLC systémy nebo jako v našem případě o IO rozhraní. Protokol zvládá přenášení dat po několika různých sítích, kde je komunikace mezi systémy řízena na principu master a slave. Jako přenosová síť se může užít například Ethernet, RS-485, optické vlákno či rádiový signál. Komunikační protokol definuje dva režimy. Režim Modbus RTU a Modbus ASCII, který je velice podobný komunikačnímu protokolu modulu ADAM-4050 jenž se liší pouze počtem vyslaných znaků.

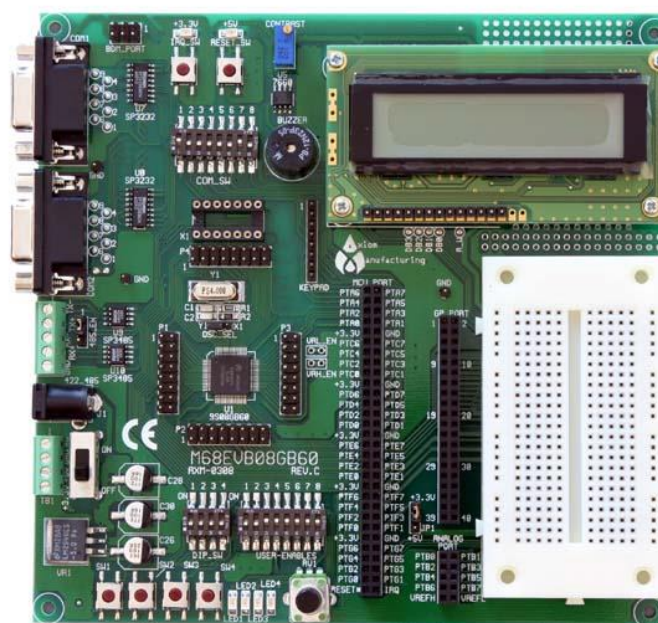
3 PŘEHLED MIKROPOČÍTAČE HCS08

Firma Freescale je lídrem v oblasti vestavěných řešení pro automobilový průmysl, spotřební, průmyslové a síťové trhy. Dodává nejrůznější technologie a součásti jako mikrokontroléry a mikroprocesory nebo například senzory. V jejich nabídce nalezneme několik mikroprocesorů stavějících na různých architekturách a často již vestavěných i v různorodých vývojových kitech umožňující jednoduchou komunikaci s okolím. Vývojové kity mohou obsahovat nepřeberné množství prostředků jako je například display, klávesnice, komunikační porty nebo LED indikátory stavu. Umožňují také jednoduché naprogramování mikropočítače a jeho komunikaci s řídicím počítačem. Podrobněji se zaměříme na vývojový kit pod označením M68EVB908GB60 obsahující mikropočítač řady HCS08.[6]

3.1 Vývojový kit M68EVB908GB60

Vývojový kit obsahuje mikropočítač MC9S08GB60, LCD display, dvojici RS-232 seriových portů, přepínače LED diody a nepájivé pole pro připojení dalších uživatelských zařízení.[6]

Obsahuje také port RS-485, který bude použit pro vzájemnou komunikaci s modulem ADAM-4050.



Obrázek 6: Vývojový kit M68EVB908GB60 [6]

Co se týká mikropočítače tak se jedná se o 8 bitový mikrokontrolér, který je vybaven 60 KB Flash pamětí, 4 KB RAM pamětí, 56 IO portů, dvěma časovači, 10 bitovým A/D převodníkem, generátorem hodinového signálu a několika sériovými porty jako SPI, IIC a SCI.[7]

Právě port SCI (konkrétně COM2/SCI1) bude spojovat mikropočítač s modulem ADAM pomocí RS-485 .



Obrázek 7: Mikrokontrolér MC9S08GB60 [8]

3.2 Vývojové prostředí CodeWarrior

Jako vývojové prostředí je používán CodeWarrior, který umožňuje jednoduché připojení kitu, nahrání základních ovladačů, kompilaci, přenesení uživatelského kódu a debugger běžícího programu. Vývojové prostředí podporuje vytvoření uživatelského programu v jazyce symbolických adres (assembler) nebo v jazyce C. Pro vytváření kódu v jazyce C je nutné definovat registry modulů a jejich absolutních adres. CodeWarrior obsahuje definici těchto registrů a mapy adresních prostor ve dvou souborech. První z nich je hlavička souboru obsahující deklarace a definice dat jako referenci s registrem zařízení. Druhý soubor alokuje a mapuje registry do paměti zařízení užitím definic z hlavičkového souboru.

4 VÝUKOVÉ MODULY EDUMOD

Jedná se o několik modelů simulujících technologické procesy pro potřeby výuky logických řídicích systémů ovládaných například pomocí programovatelných automatů, řídicím počítačem nebo mikrokontrolérem. Podle velikosti vstupního napětí se dělí na dvě základní řady, a to na modely s napájením 5 V a 24 V. IO komunikace je realizována pomocí 20 pólového konektoru umožňující spojení plochým kabelem. [9]

4.1 Model pračky

Model simuluje základní chování jednoduché pračky. Obsahuje 6 digitálních výstupů, jejichž současný stav je zobrazen pomocí LED na modelu. Dva výstupy indikují otáčení bubny jehož pohyb je znázorněn na kruhově umístěných LED. Frekvence otáčení bubny je řízena pomocí vstupu otáčky, kdy logická nula představuje praní a logická jednička značí ždímání. Dále umí model simulovat napouštění (vstup označen jako voda) a vypouštění vody vstup je označen jako čerpadlo) a její ohřev kde je značení vstupu jako topení. Teplota vody je snímána na 4 úrovních a to na 30, 40, 60 a 90°C. Je snímána i hladina vody v bubnu a to na úrovni 50% a 100%. Model generuje dva typy chyb, kdy jedna je tzv. opravitelná a druhá neopravitelná. Opravitelná chyba nastává pouze v případě, že jsou nastaveny současně povely pro otáčení bubnu jak vpravo tak i vlevo. Tato chyba po odstranění kolizního stavu automaticky zmizí. Neopravitelná chyba nastává v okamžiku, kdy dojde k přetečení vody nebo teplota stoupne nad 90°C a tuto chybu lze odstranit pouze stiskem tlačítka reset, které je umístěno na modelu. [9]



Obrázek 8: Model pračky [9]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Modul ADAM-4050 je společně s výukovým modelem pračky a rozbočovačem osazen na nosné DIN liště, která je upevněna na plastovou podkladovou desku. Odděleně je pak volně umístěn vývojový kit a laboratorní zdroj pro napájení modulů ADAM a pračky. Model pračky je spojen plochým dvacetí žilovým kabelem s rozbočovačem, který přivádí pomocí čtyř devíti žilových CANON kabelů digitální vstupy a výstupy na modul ADAM. Před samotnými vstupy a výstupy modelu ADAM jsou navíc na dvou plošných spojích umístěny PULL-UP a PULL-DOWN rezistory pro úpravu logické úrovně mezi moduly. Modul ADAM je s vývojovým kitem spojen kroucenou dvojlinkou pomocí portu RS-485.



Obrázek 9: Pohled na celkové zapojení

5.1 Model pračky

Model pračky obsahuje 7 digitálních vstupů a 6 digitálních výstupů a připojení vstupního napájení společně se zemí. Vstupní stejnosměrné napětí by mělo být o velikosti 24 V. Všechny tyto vstupy a výstupy jsou zajištěny pomocí konektoru na dvacetí žilový kabel, který je spojen s rozbočovačem. Toto zapojení je k vidění na obrázku 10.



Obrázek 10: Zapojení modelu pračky s rozbočovačem

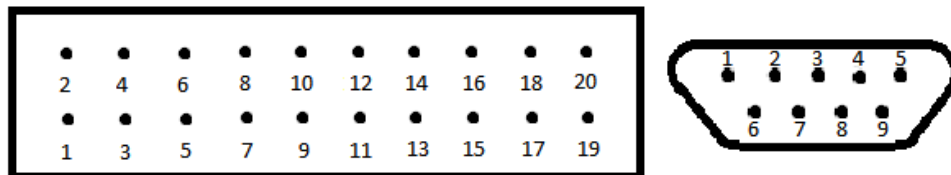
5.2 Rozbočovač

Rozbočovač fyzicky propojuje dvacetí žilový plochý kabel se čtyřmi devíti žilovými CANON konektory. Z toho vyplývá, že nejsou využity všechny piny na CANON konektorech, této výhody využijeme u rozvodu napájení pro mezistupeň v kapitole 5.3.1.



Obrázek 11: Rozbočovač

Na obrázku 12 je znázorněno jak jsou na jednotlivých konektorech číslovány piny. Na pravé straně je vyobrazen CANON konektor a na levé je zobrazen konektor pro dvacetí žilový plochý kabel.



Obrázek 12: Znázornění pozic jednotlivých pinů na konektorech

Jednotlivé propojení mezi CANON konektory a dvacetí žilovým konektorem jsou vypsána v tabulce 1. CANON konektory jsou pojmenovány podle popisku na rozbočovači. Například první pin na konektoru output 0 je označen jako O01.

Plochý konektor	CANON konektor	Plochý konektor	CANON konektor
1	O01	11	O18
2	O04	12	O19
3	O06	13	I06
4	O07	14	I07
5	O08	15	I08
6	O09	16	I09
7	O11	17	I16
8	O14	18	I17
9	O16	19	I18
10	O17	20	I19

Tabulka 1: Propojení na rozbočovači

5.3 Model ADAM-4050

K modelu ADAM jsou přivedeny čtyři CANON kabely z rozbočovače fungující jako spojení s modelem pračky. Kvůli úpravě logických úrovní se musely vytvořit dva plošné spoje obsahující PULL-UP a PULL-DOWN rezistory. Tyto plošné spoje teď fungují jako mezistupeň mezi ADAMem a vnějším okolím a dají se v případě potřeby jednoduše odpojit. Je tudíž pomocí nich i řešeno přivedení napájení jak pro modul ADAM tak i pro model pračky a dále pak datové spojení modulu s vývojovým kitem. Propojení mezistupně s modulem je vidět na obrázku 13.

Z důvodu nedostatku digitálních vstupů do modulu ADAM se na mezistupni propojily signály z CANON konektorů. Konkrétně jsou spojeny I19 s I08. Toto spojení bylo vybráno podle zapojení ostatních výukových modelů EDUMod, tak aby se na žádném z nich nekřížily signály z různých snímačů. Nicméně pro model mísící jednotky tento požadavek nebyl dodržen z důvodu, že tento model využívá všech osm signálů.



Obrázek 13: Modul ADAM-4050 se zapojeným mezistupněm

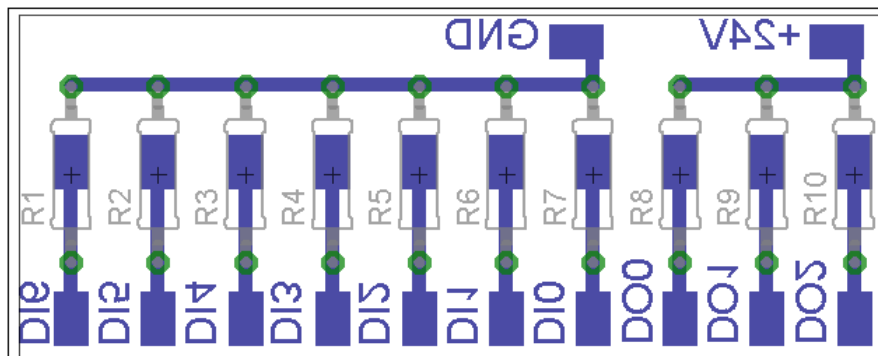
5.3.1 Konvertor napět'ových úrovní

Jako mezistupeň jsou použity dva plošné spoje. Každý z jedné strany modulu ADAM, kde se nachází jeho IO přípojky. Oba plošné spoje mají totožné rozměry. Na šířku mají 50 mm a na výšku 20 mm. Šířka je dána šířkou modulu ADAM a výška je přizpůsobena pohodlnému osazení součástek (rezistorů a svorek) a pro připájení žil z CANON kabelů. Z výše uvedeného vyplývá, že CANON kabely jsou napevno připojeny k tomuto mezistupni a pracuje jako samostatný modul.

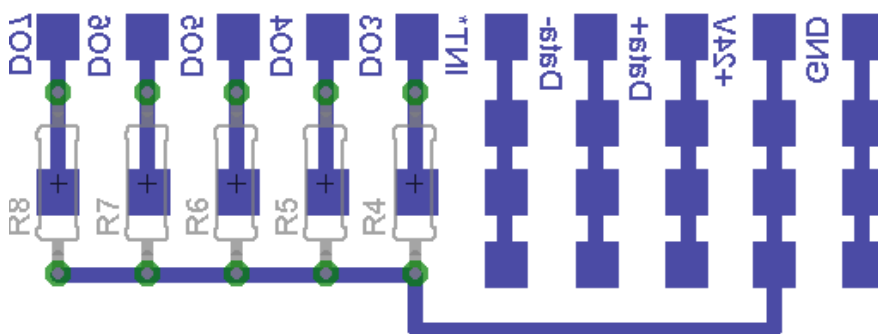
Jak pro PULL-UP tak i pro PULL-DOWN rezistory byla použita stejná hodnota a to 2 k Ω . Na obou plošných spojích je jich dohromady 15. Osm je jich použito pro výstup modulu ADAM a sedm pro jeho digitální vstup. PULL-UP rezistory jsou připojeny k digitálním výstupům modulu ADAM a PULL-DOWN rezistory jsou zapojeny na jeho digitální vstupy. Na plošném spoji, který je umístěn ze spodní strany modulu je osazena svorka pro připojení napájecího napětí a datové komunikace s vývojovým kitem.

Pro potřebu vstupního napětí a země na obou plošných spojích je využito skutečnosti, že CANON konektory nemají zapojené všechny žily. Spojení plošných spojů je tedy zřízeno pomocí dvou volných vodičů v CANON konektoru připojeného na rozbočovači do Output 0.

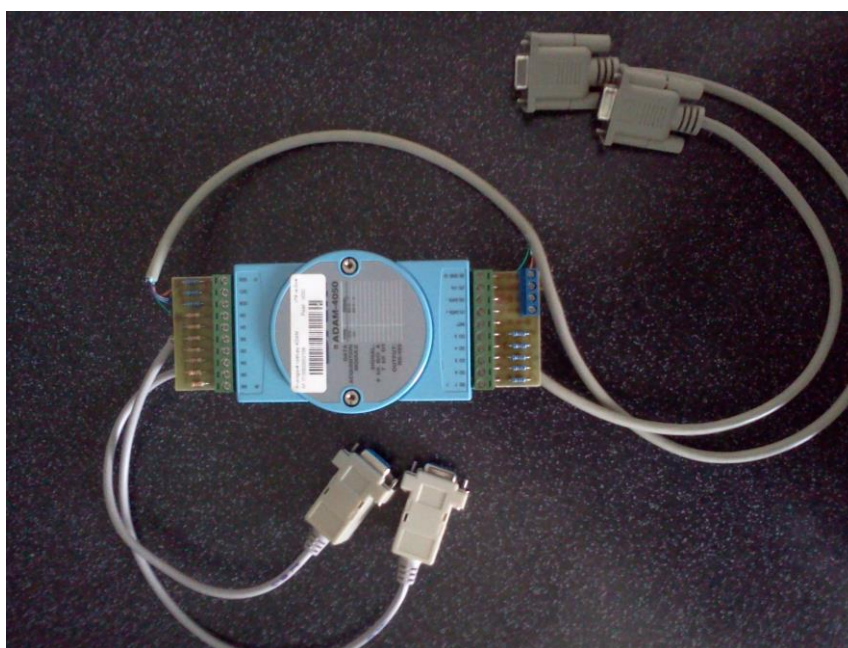
Motivy plošných spojů jsou na obrázcích 14 a 15. Na obrázku 16 je vidět modul ADAM se zapojeným mezistupněm, ze kterého jsou vyvedeny CANON konektory. Detaily plošných spojů jsou na obrázcích 17 až 20.



Obrázek 14: Plošný spoj na horní straně modulu ADAM



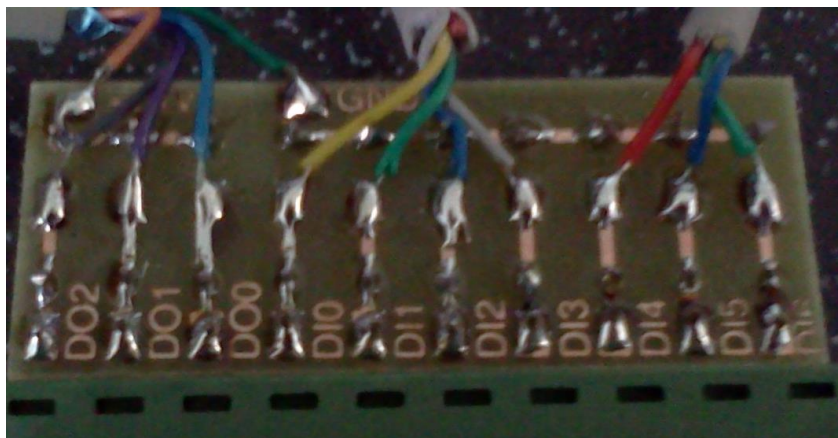
Obrázek 15: Plošný spoj na spodní straně modulu ADAM



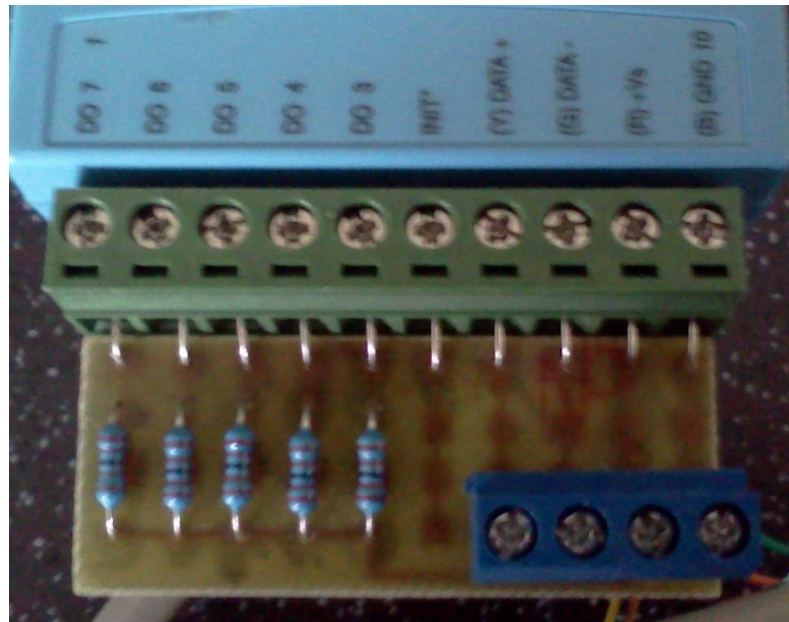
Obrázek 16: Propojení modulu ADAM s mezistupněm a CANON konektory



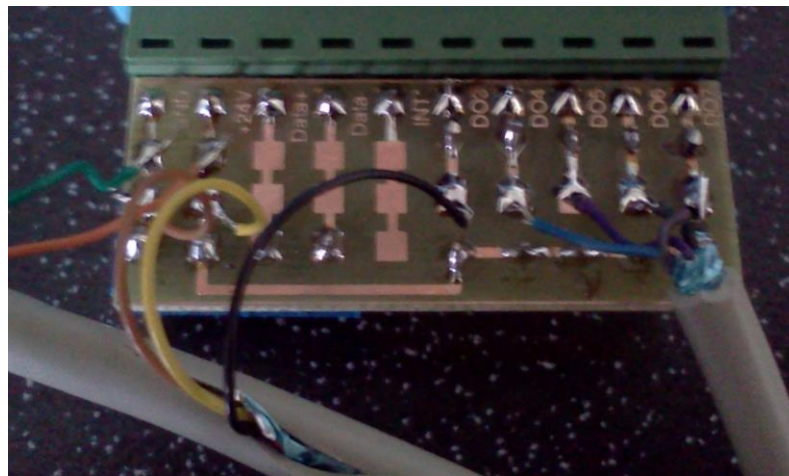
Obrázek 17: Detail plošného spoje na horní straně modulu ADAM (strana součástek)



Obrázek 18: Detail plošného spoje na horní straně modulu ADAM (strana spojů)



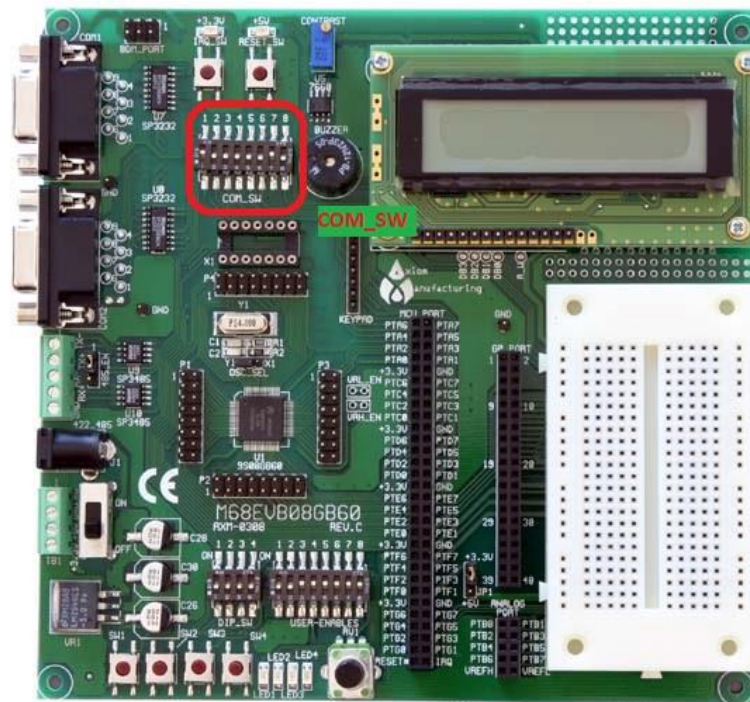
Obrázek 19: Detail plošného spoje na spodní straně modulu ADAM (strana součástek)



Obrázek 20: Detail plošného spoje na spodní straně modulu ADAM (strana spojů)

5.4 Vývojový kit

Jediné nastavení, které bylo potřeba nastavit na vývojovém kitu bylo přepnout jeden z přepínačů (COM_SW 7) do stavu ON pro zapnutí komunikace pomocí portu RS-485. Umístění přepínače COM_SW je zobrazeno na obrázku 21. Pomocí kroucené dvojlinky je následně kit propojen s modulem ADAM přes svorky na plošném spoji mezistupně.



Obrázek 21: Umístění přepínače COM_SW [6]

6 KNIHOVNA PRO KOMUNIKACI S MODULEM ADAM-4050

Knihovna pro komunikaci je realizována v jazyce symbolických adres (assembler). Je zrealizována na několik úrovní, kde každá představuje různou úroveň abstrakce. Nejnižší úroveň zprostředkovává jednoduchou komunikaci pro posílání jednotlivých ASCII znaků na modul ADAM a jejich příjem. Vyšší úroveň již obsahuje přednastavené příkazy pro ovládání IO modulu a přenastavení jeho adresy. Nejvyšší úroveň předpokládá ovládání výukového modelu pračky, kde jsou příkazy přednastavené pro čtení jednotlivých stavů modelu (teplota vody a výška její hladiny) a nastavování řízení (otáčení bubny, topení, napouštění a vypouštění vody).

Celá knihovna i s ukázkovým programem pro ovládání modelu pračky, pomocí mikrokontroléru na vývojovém kitu, přes modul ADAM je realizována ve vývojovém prostředí CodeWarrior. Knihovna se skládá ze tří souborů a to souborem, který obsahuje vlastní funkce knihovny napsané v jazyce symbolických adres (adam_4050.asm), hlavičkovým souborem, který definuje tyto funkce pro jazyk C (adam_4050.h) a souborem, který zpřístupňuje tyto funkce pro jazyk symbolických adres (adam_4050.inc).

6.1 Příkazy pro modul ADAM-4050

Modul ADAM-4050 obsahuje několik příkazů jak pro ovládání jeho IO tak i pro nastavení adresy a přenosové rychlosti. V tabulce 2 je uveden seznam těchto příkazů.

Příkaz	Syntaxe příkazu
Nastavení adresy, komunikační rychlosti, kontrolního součtu a protokolu.	%AANNTTCCFF
Dotaz na hodnoty IO kanálů modulu.	\$AA6
Nastavení hodnot IO kanálů modulu.	#AABB
Uchování hodnot všech IO kanálů ve speciálním registru modulu.	##**
Dotaz na hodnotu kanálu uchovaného ve speciálním registru.	\$AA4
Dotaz na konfigurační parametry.	\$AA2
Indikace zda došlo k resetování modulu od doby posledního volání tohoto příkazu.	\$AA5
Dotaz na verzi firmware.	\$AAF
Dotaz na název modulu.	\$AAM

Tabulka 2: Seznam příkazů pro modul ADAM-4050 [4]

Na každý příkaz, který vyšleme na modul ADAM odešle jako odpověď ASCII řetězec, podle něhož lze identifikovat, zda byl příkaz správně vykonán, popřípadě obsahuje odpověď i hodnoty IO modulu.

Uvedeme si příklady některých příkazů, které ADAM-4050 umí a které jsou realizovány v komunikační knihovně.

6.1.1 Konfigurační příkaz

Příkaz pro konfiguraci modulu ADAM-4050 má obecný tvar:

%AANNTTCCFF\r

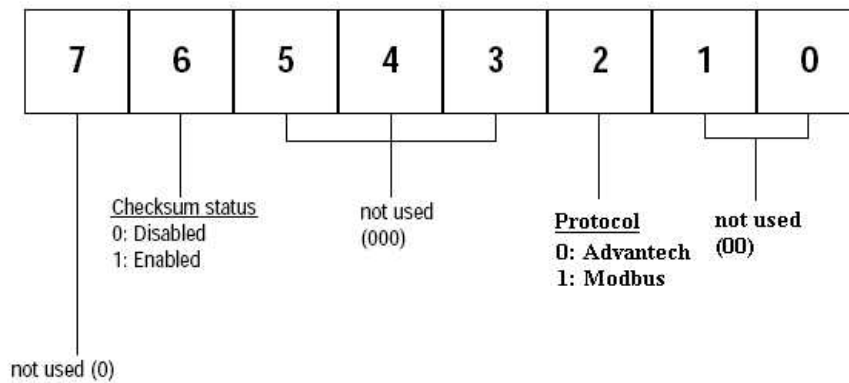
- % - oddělovací znak
- AA - adresa modulu v hexadecimálním tvaru (o rozsahu 00-FF)
- NN - nová adresa modulu v hexadecimálním tvaru (o rozsahu 00-FF)
- TT - určuje typ kódu a je vždy nastaven na „40“ pro digitální IO modul
- CC - přenosová rychlost (tabulka 3)
- FF - hexadecimální číslo, které představuje 8 bitový parametr určující kontrolní součet a typ přenosového protokolu (bitový formát je na obrázku 22)
- \r - ukončovací znak návrat vozíku (0Dh)

Odpověď je poté ve tvaru !AA\r nebo ?AA\r, kde AA opět značí adresu modulu a ! znamená, že příkaz byl správně vykonán. V případě, že příkaz nebyl z nějakého důvodu zpracován je odpověď právě ve tvaru ?AA\r.

Pro nastavení kontrolního součtu, protokolu nebo přenosové rychlosti je potřeba na modulu nejdříve připojit kontakt *INIT na zem. V tomto zapojení je modul ADAM přepnut do stavu inicializace a má adresu 00.

ASCII kód (Hex)	Přenosová rychlost
03	1200 bps
04	2400 bps
05	4800 bps
06	9600 bps
07	19,2 kbps
08	38,4 kbps
09	57,6 kbps
0A	115,2 kbps

Tabulka 3: Přenosové rychlosti a jejich ASCII kódy [4]



Obrázek 22: Bitový formát pro nastavení protokolu a kontrolního součtu [4]

Příklad pro použití změny adresy modulu z 01 na 02, při zachování přenosové rychlosti 9600 bps, bez kontrolního součtu a bez protokolu Modbus.

Příkaz: %0102400600\r

Odpověď: !02\r

6.1.2 Příkaz pro zobrazení hodnot IO

Po přijetí tohoto příkazu modulem vrátí ADAM ASCII řetězec obsahující hodnoty IO signálů. Obecný tvar je:

\$AA6\r

- \$ - oddělovací znak
- AA - adresa modulu v hexadecimálním tvaru
- 6 - příkaz pro vrácení stavu IO modulu
- \r - oddělovací znak návrat vozíku (0Dh)

Odpověď má tvar buď !(dataOutput)(dataInput)00\r, kde (dataOutput) představuje hodnoty výstupů modulu a (dataInput) jeho vstupy, nebo je odpověď ve tvaru ?AA\r, která značí že se příkaz nepodařilo zpracovat.

Příklad pro čtení hodnot IO modulu na adrese 01, který má na výstupu čtvrtý bit na logické jedničce a na vstupu je logická jednička přivedena na první a druhý bit. Zbývající bity jsou nastavené na logickou nulu.

Příkaz: \$016\r

Odpověď: \$080300\r

6.1.3 Příkaz pro nastavení IO modulu

Příkaz umožňuje nastavit jeden bit digitálního výstupu modulu a nebo všechny výstupy zároveň. Obecný tvar je:

#AABB(data)\r

- oddělovací znak

AA - adresa modulu v hexadecimálním tvaru

BB - hodnota označuje zda se mají nastavit všechny výstupy modulu nebo jen jeden. Pokud se nastavuje jen jeden bit tak tato hodnota určuje jeho pozici, ale při nastavování všech bitů najednou se hodnota nastaví na 00.

(data) - pokud nastavujeme jen jeden bit, tak tato hodnota může být 00 nebo 01. Při nastavení všech bitů najednou představuje jejich bitovou hodnotu v hexadecimálním tvaru.

\r - ukončovací znak návrat vozíku (0Dh)

Odpověď má v případě správného zpracování tvar >\r, jinak ?AA\r.

Příklad pro nastavení pátého bitu na logickou jedničku pro modul na adrese 01.

Příkaz: #010501\r

Odpověď: >\r

Příklad pro nastavení třetího a šestého bitu na logickou jedničku a zbytek na logickou nulu pro modul na adrese 01.

Příkaz: #010028\r

Odpověď: >\r

6.2 Funkce komunikační knihovny

Knihovna je rozdělena na tři úrovně. První úroveň zprostředkovává jednoduchou komunikaci jako je čtení nebo odeslání ASCII znaku přes port RS-485 a také počáteční inicializace portu na mikropočítači a nastavení jeho komunikační rychlosti. Druhá úroveň již obsahuje přednastavené příkazy pro ADAM-4050, které umí nastavovat hodnoty

jednotlivých portů, čtení jejich stavu či přenastavení adresy modulu. Třetí úroveň obsahuje příkazy pro práci s výukovým modelem pračky, kde lze číst jednotlivé stavy (teplota, hladina vody v bubnu) a taky řídit vstupy tohoto modelu (otáčení bubnu, ohřev,...).

6.2.1 Úroveň jedna

Tato úroveň obsahuje pouze základní funkce pro komunikaci přes port RS-485 a ty jsou:

- `adam_init`,
- `adam_listen`,
- `adam_listen_all`,
- `adam_send_char`,
- `adam_send`.

Funkce **`adam_init`** připravuje port RS-485 na komunikaci a nastavuje jeho komunikační rychlost na 9600 bps což je počátečně nastavená komunikační rychlost modulu ADAM-4050. Tato funkce nemá žádný parametr a v registru A vrací hodnotu značící úspěšnou nebo neúspěšnou inicializaci.

Funkce **`adam_listen`** přečte z portu RS-485 jeden ASCII znak a uloží ho do registru A.

Funkce **`adam_listen_all`** uloží do paměti celý řetězec znaků z portu až po hodnotu 0. Jako parametr se v registru H:X předává adresa počátku pole (buffer) pro uložení řetězce. Adresa paměti kde je uložen tento řetězec je předána opět v registru H:X.

Funkce **`adam_send_char`** pošle na port jeden znak, který se předá v registru A.

Funkce **`adam_send`** posílá na port celý řetězec znaků ukončený hodnotou 0. Jako parametr se předává počátek pole, kde je uložen řetězec, v registru H:X.

6.2.2 Úroveň dva

Funkce obsažené v této úrovni zprostředkovávají vybrané příkazy pro modul ADAM-4050 jsou:

- `adam_set_adr`,
- `adam_set`,
- `adam_read`.

Funkce **adam_set_adr** přenastavuje adresu modelu ADAM-4050. Jako parametry se předávají původní adresa v desítkové soustavě a nová adresa taky v desítkové soustavě v tomto pořadí. Původní adresa se předává v registru X a nová adresa je uložena v registru A. Rozsah možných adres je 0 až 255. Návrátová hodnota funkce značí zda došlo k úspěšnému přenastavení adresy.

Funkce **adam_set** umožňuje nastavit hodnoty digitálních výstupů modulu ADAM-4050. Této funkci se předávají tři parametry kde první je adresa nastavovaného modulu v desítkové soustavě, druhý je číslo nastavovaného bitu a poslední je hodnota tohoto bitu. Adresa se předává v zásobníku hned za návratovou adresou, číslo bitu je předáno v registru X a hodnota tohoto bitu je v registru A. Číslo bitu je možno zadat v rozmezí 1 až 8. V případě, že je zadána 0 jsou všechny výstupy modulu nastaveny na logickou nulu, nebo pokud je nastaveno na číslo větší než 8 jsou výstupy nastaveny na logickou jedničku.

Funkce **adam_read** přečte hodnotu IO modulu. Také se zde předávají tři parametry a první z nich je adresa modulu, druhý označuje zda čteme vstup (log. 1) nebo výstup (log. 0) a poslední určuje číslo čteného bitu. Adresa se předává v zásobníku za návratovou adresou, druhý parametr je předán v registru X a poslední parametr je předán v registru A. Hodnota bitu je poté předána v registru A jako návratová hodnota této funkce.

6.2.3 Úroveň tři

V této úrovni jsou obsaženy funkce pro řízení a sledování stavu modelu pračky. Tyto funkce počítají s přednastaveným zapojením signálů pračky na IO ADAMa. Jedná se o tyto funkce:

- adam_pBubenP,
- adam_pBubenL,
- adam_pOtacky,
- adam_pTopeni,
- adam_pVoda,
- adam_pCerpadlo,
- adam_p30C,
- adam_p40C,

- adam_p60C,
- adam_p90C,
- adam_p50,
- adam_p100.

Funkce **adam_pBubenP** zapíná či vypíná otáčení bubnu pračky směrem na levou stranu. Této funkci se předávají dva parametry. První parametr určuje adresu modulu ADAM a druhý parametr určuje zapnutí nebo vypnutí otáčení (logická nula pro zapnutí a logická jednička pro vypnutí). Parametr adresy modulu se předává v registru X a druhý parametr je očekáván v registru A.

Funkce **adam_pBubenL** pracuje totožně jako již zmíněná funkce adam_pBubenP, ale rozhoduje o otáčení bubnu na pravou stranu. Počet a pořadí předávaných parametrů je totožný, stejně tak jako jejich očekávané předání (registry).

Funkce **adam_pOtacky** nastavuje zapnutí nebo vypnutí vyšších otáček při otáčení bubnu. Parametry jsou totožné s předchozími funkcemi.

Funkce **adam_pTopeni** zapne či vypne topení pračky pro ohřev vody v bubnu. Předávané parametry jsou opět stejné jako u předchozích funkcí.

Funkce **adam_pVoda** zapíná nebo vypíná napouštění vody do bubnu pračky a parametry jsou opět totožné.

Funkce **adam_pCerpadlo** nastavuje zapnutí nebo vypnutí čerpadla pračky pro vypouštění vody z bubnu. Předávané parametry jsou zase stejné jako u předchozích funkcí.

Funkce **adam_p30C** se od předchozích liší v tom, že se nejedná o nastavení určitého stavu pračky, ale zjišťuje se zde stav snímače. Konkrétně se jedná o teplotní snímač pro 30 °C teploty vody v bubnu. Této funkci se předává jediný parametr a tím je adresa modulu ADAM. Tento parametr je očekáván v registru A. Návrátová hodnota funkce (stav snímače) je předán v registru A.

Podobně pracuje i zbytek funkcí v této úrovni knihovny přičemž každá má na starosti jiné snímače v modelu pračky. Funkce **adam_p40C** zjišťuje stav snímače pro 40 °C teploty vody, funkce **adam_p60C** je pro 60 °C, funkce **adam_p90C** pro 90 °C teploty vody, funkce **adam_p50** je pro snímač stavu hladiny vody v bubnu (50% obsahu vody) a funkce **adam_p100** je pro snímač 100% obsahu vody v bubnu.

6.3 Ukázkový program pro řízení modelu pračky pomocí knihovny

Pro praktickou demonstraci funkcí knihovny, ale i pro ověření fungujícího fyzického propojení všech komponent (vývojový kit, modul ADAM-4050 a model pračky) je vytvořen jednoduchý program pro řízení modelu pračky pomocí mikrokontroléru umístěného na vývojovém kitu. Toto řízení a sledování stavu je celé zprostředkováváno pomocí modulu ADAM-4050. Program je napsán v jazyce C s využitím funkcí komunikační knihovny, které jsou v jazyce symbolických adres.

Pro řízení pračky stačí použít jen knihovnu třetí úrovně, ale pro jednodušší nastavování jsou použity i funkce druhé úrovně. Například pro kompletní vypnutí všech řídicích signálů pračky je použita funkce `adam_set()`, kde je možnost nastavit najednou všechny kanály modulu ADAM na hodnotu logické jedničky.

Program zprostředkovává jednoduchou komunikaci s uživatelem pomocí displeje a čtyř tlačítek umístěných na vývojovém kitu. Obsluha zpracování tlačítek je provedena pomocí přerušovacího signálu a ovládání displeje je prováděno za použití již dříve vytvořené knihovny pro jeho řízení.

Program má přednastavené tři prací programy pro pračku. Je to normální program, intenzivní program a rychlý program. Vzájemně se liší dobou praní, předpírkou, rychlostí otáčení bubny a maximální teplotou praní. Mimo to může ještě uživatel sám nastavit jinou rychlost otáček a maximální teplotu pro jakýkoli ze tří programů.

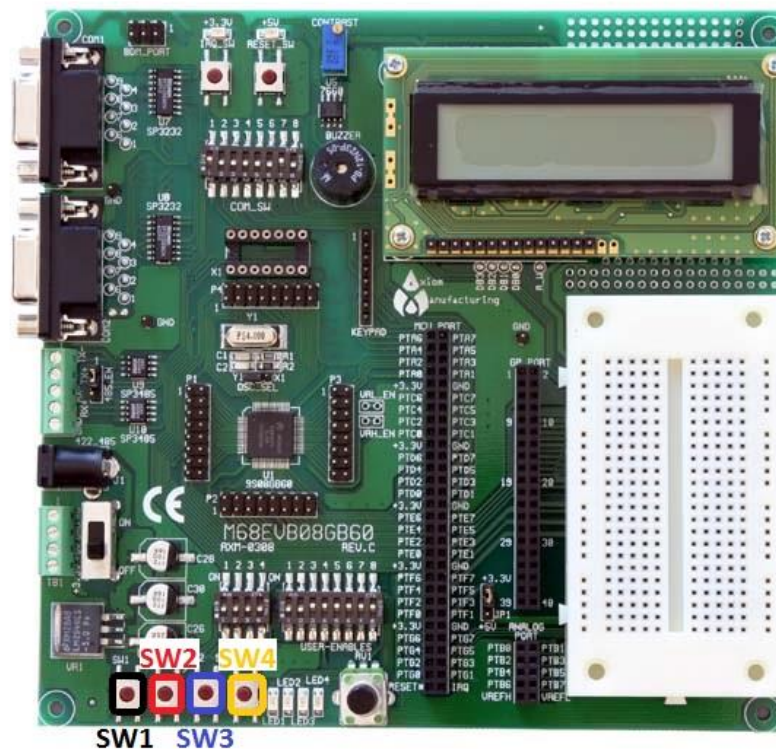
Běh programu je řízen čtyřmi stavy a to `sON`, `sOff`, `sPause`, `sBreak`. Stav `sOn` znamená zapnutí nebo probíhající prací režim a dále se program řídí podle tohoto režimu. V tomto stavu nelze nijak měnit běžící program nebo přenastavovat jeho otáčky či teplotu. Nicméně může uživatel pomocí tlačítek pozastavit nebo úplně zastavit prací program. Na prvním řádku displeje je zobrazen stav `On` a typ pracího programu. Na druhém řádku je vypsán aktuálně vykonávaný krok programu (napouštění vody, předpírka, hlavní program, ždímání nebo ukončení).

Stav `sOff` značí vypnutý stav pračky a v tomto stavu může nastavovat jaký se bude vykonávat prací program, maximální teplota praní a maximální otáčky. Na prvním řádku displeje je zobrazen stav `Off` a na druhém je vyznačeno jakou hodnotu uživatel právě nastavuje.

Stav sPause ukazuje pozastavený prací program. Tento stav může být dosažen pouze uživatelem při stisku daného tlačítka během praní. Z toho stavu se dá plynule pokračovat v praní tam kde uživatel pozastavil program stiskem určitého tlačítka. Na displeji se zobrazuje stav Pauza.

Stav sBreak je označení pro nouzové vypnutí pračky. Dojde k zastavení všech probíhajících procesů (topení, otáčení bubny, napouštění vody) a začne se vypouštět voda z bubny, pokud se zde nějaké nachází. Po vypuštění veškeré vody je nastaven stav sOff. Tohoto stavu lze dosáhnout dvěma událostmi. Jednu může vyvolat uživatel po stisku konkrétního tlačítka a druhá je automatická a testuje se při zapnutí programu mikropočítače. Na rozdíl od ostatních stavů tento nemůže po jeho spuštění uživatel nijak ovlivnit. Na displeji se zobrazuje stav zastavení.

Na obrázku 23 jsou vyznačena čtyři tlačítka pro ovládání chování programu. Tlačítko SW1 je určeno pro zapnutí praní nebo pro jeho pokračování pokud bylo praní pozastaveno. Tlačítko SW2 je pro nouzové zastavení uvede program do stavu sBreak. Tlačítko SW3 má dvě rozdílné funkce podle toho v jakém stavu se nachází program. Pokud se jedná o stav sOn tak umožňuje pozastavit běžící prací program. Jedná-li se o stav sOff tak vybírá, který parametr praní uživatel může přenastavit (prací program, maximální teplotu, otáčky). Tlačítko SW4 pak vybírá konkrétní hodnotu, kterou uživatel zvolí. Hodnoty u pracího programu jsou normální, intenzivní a rychlý. U maximální teploty to jsou 30 °C, 40 °C, 60 °C, 90 °C a Def. Poslední možnost je přenechání určení maximální teploty pracím programem. Pro otáčky jsou možnosti pomalé, rychlé a Def. Obdobně jako u teploty i tady možnost Def přenechá nastavení otáček na zvoleném pracím programu.



Obrázek 23: Umístění tlačítek na vývojovém kitu [6]

Normální prací program nejdříve napustí a ohřeje vodu v bubnu podle nastavené maximální teploty. Poté začne hlavní prací program se dvěma cykly otáčení bubnu. Následuje vypouštění vody, ždímání a ukončení praní. Intenzivní režim obsahuje oproti normálnímu navíc ještě předpírku a cykly praní jsou delší. Rychlý režim neobsahuje předpírku, má jen jeden cyklus otáčení bubnu, který je navíc zrychlený oproti normálnímu režimu.

ZÁVĚR

V práci byla probrána obecně problematika automatizace a nastíněny důvody pro použití inteligentních modulů jako je například ADAM-4050. Poté byl tento modul popsán společně i s mikropočítačem řady HCS08 a vývojovým kitem, kde je tento mikropočítač umístěn. Podle technické dokumentace bylo určeno jakým způsobem budou tyto dvě komponenty propojeny a jak bude probíhat jejich vzájemná komunikace. Dále následoval popis výukového modelu pračky EDUMOD. Po úspěšném fyzickém propojení vývojového kitu s modulem ADAM se přešlo k testování komunikace přes sériové rozhraní RS-485. Zde právě vznikla první část knihovny (úroveň jedna), která zprostředkovává komunikaci přes toto sériové rozhraní. Po odladění těchto základních funkcí se mohlo přistoupit k další části a tím byla vyšší abstrakce knihovny na úroveň dva, která už zajišťuje komunikaci mezi mikropočítačem a modulem ADAM-4050. Následovala realizace spojení mezi modulem ADAM a modelem pračky. Byl použit rozbočovač, který umožnil jednoduše převést signál z plochého dvacetizilového kabelu pračky na jednotlivé digitální IO modulu ADAM pomocí CANON konektorů. Při testování zapojení bylo zjištěno, že se musí napěťově upravit signály z modulu ADAM pro model pračky pomocí PULL-UP a PULL-DOWN rezistorů. Tento mezikrok byl realizován na dvou plošných spojích, které jsou umístěny těsně před IO svorky modulu ADAM. K nim jsou poté napevno spojeny kabely ke CANON konektorům.

Po této části se již mohlo pokročit k finální úrovni knihovny (úroveň tři), která umožňuje přímo komunikaci s jednotlivými částmi modelu pračky. Jako poslední krok byl vytvořen jednoduchý program pro demonstraci funkce knihovny a fungujícího propojení mezi všemi jednotlivými částmi od vývojového kitu, přes modul ADAM až k modelu pračky. Tento program má přednastavené tři prací programy s možností uživatelského nastavení maximální teploty a maximálních otáček pro každý z nich. Toto nastavení lze provádět při vypnutém praní pomocí čtyř tlačítek umístěných na vývojovém kitu. Na tomto kitu je také umístěn displej, který uživatele informuje o průběhu praní, stavu programu a o nastavovaných hodnotách uživatelem.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SPŠS JŠ KOLÍN. *AUTOMATIZACE A ROBOTIZACE I.: Učební text pro žáky 3. ročníku oboru 23-41-M/001 Strojírenství*. Dostupné z: http://www.sps-ko.cz/documents/ARO_prorok/Automatizace%20v%C3%BDrobn%C3%ADch%20proces%C5%AF.pdf
- [2] MATULÍK, Radomír. *ATERM. ATERM: Automatizační technika, elektronická regulace a měření* [online]. Otrokovice, [2014] [cit. 2014-05-26]. Dostupné z: <http://aterm.cz/Index.htm>
- [3] ADVANTECH. *Advantech* [online]. Advantech Co., © 1983-2014 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.advantech.com/>
- [4] ADVANTECH CO., Ltd. *ADAM 4000 Series: Data Acquisition Modules User's Manual*. Taiwan, 1997. Dostupné z: <http://www.bb-elec.com/Products/Manuals/ADAM-4000.pdf>
- [5] DEON REYNDERS, Steve Mackay. *Practical Industrial Data Communications Best Practice Techniques*. Burlington: Elsevier, 2004. ISBN 978-008-0480-138.
- [6] FREESCALE SEMICONDUCTOR, Inc. *Freescale* [online]. © 2004-2014 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.freescale.com/>
- [7] FREESCALE. *HCS08 Family: Reference Manual*. Rev. 2. 2007. Dostupné z: http://cache.freescale.com/files/microcontrollers/doc/ref_manual/HCS08RMV1.pdf
- [8] L.V.ELECTRONICS. *L.V.Electronics* [online]. Shenzhen, © 2011-2015 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.leovii.com/index.asp>
- [9] KOHOUT, Luděk. *Kohout: Ing.Luděk* [online]. Kutná Hora, © 2008 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.edumat.cz/index.php>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A/D	Analogově digitální.
ASCII	American Standard Code for Information Interchange.
cr	Carriage return (návrat vozíku, řídicí netisknutelný znak)
D/A	Digitálně analogový.
IIC	Rozhraní pro sběrnici I2C.
IO	Input output (vstup výstup).
LCD	Displej z tekutých krystalů.
LED	Dioda emitující světlo.
PLC	Programovatelný logický automat.
SCI	Asynchronní sériové rozhraní.
SPI	Synchronní sériové rozhraní.
TTL	Tranzistorově-tranzistorová logika.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Odporový snímač teploty [2]	12
Obrázek 2: Regulátor teploty [2]	13
Obrázek 3: Modul ADAM 4050 [3]	14
Obrázek 4: Schéma vnitřního zapojení digitálního výstupu modulu ADAM-4050 [4]	15
Obrázek 5: Schéma vnitřního zapojení digitálního vstupu modulu ADAM-4050 [4]	16
Obrázek 6: Vývojový kit M68EVB908GB60 [6].....	18
Obrázek 7: Mikrokontrolér MC9S08GB60 [8]	19
Obrázek 8: Model pračky [9].....	20
Obrázek 9: Pohled na celkové zapojení	22
Obrázek 10: Zapojení modelu pračky s rozbočovačem	23
Obrázek 11: Rozbočovač	23
Obrázek 12: Znázornění pozic jednotlivých pinů na konektorech	24
Obrázek 13: Modul ADAM-4050 se zapojeným mezistupněm	25
Obrázek 14: Plošný spoj na horní straně modulu ADAM	26
Obrázek 15: Plošný spoj na spodní straně modulu ADAM.....	26
Obrázek 16: Propojení modulu ADAM s mezistupněm a CANON konektory.....	26
Obrázek 17: Detail plošného spoje na horní straně modulu ADAM (strana součástek)	27
Obrázek 18: Detail plošného spoje na horní straně modulu ADAM (strana spojů).....	27
Obrázek 19: Detail plošného spoje na spodní straně modulu ADAM (strana součástek)	28
Obrázek 20: Detail plošného spoje na spodní straně modulu ADAM (strana spojů).....	28
Obrázek 21: Umístění přepínače COM_SW [6].....	29
Obrázek 22: Bitový formát pro nastavení protokolu a kontrolního součtu [4].....	32
Obrázek 23: Umístění tlačítek na vývojovém kitu [6].....	39

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Propojení na rozbočovači	24
Tabulka 2: Seznam příkazů pro modul ADAM-4050 [4].....	30
Tabulka 3: Přenosové rychlosti a jejich ASCII kódy [4].....	31

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: Obsah vloženého CD-ROM disku

Příloha P I: Obsah vloženého CD-ROM disku

Obsah disku:

- Elektronická verze bakalářské práce.
- Programová knihovna pro modul ADAM-4050.
- Ukázkový program pro ovládání modelu pračky.