

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

Pedagogická fakulta

Katedra fyziky

Návrh a realizace stavebnice pro výuku a vývoj aplikací  
s jednočipovými mikropočítači rodiny Atmel AVR

Diplomová práce

**Vedoucí práce:** Ing Michal Šerý

**Autor:** Bc. Miroslav Langmajer

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Pedagogická fakulta  
Akademický rok: 2009/2010

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Miroslav LANGMAJER**  
Studijní program: **N7503 Učitelství pro základní školy**  
Studijní obory: **Učitelství fyziky pro 2. stupeň ZŠ  
Učitelství výpočetní techniky pro 2. stupeň ZŠ  
společný základ - navazující**  
Název tématu: **Návrh a realizace stavebnice pro výuku a vývoj aplikací  
s jednočipovými mikročipovými rodiny Atmel AVR**  
Zadávající katedra: **Katedra fyziky**

### Zásady pro vypracování:

- seznámit se s vlastnostmi mikrokontrolérů AVR a dostupnými rozšiřujícími moduly
- seznámit se s programovacím prostředím BASCOM
- navrhnout HW řešení
- realizovat prototyp
- naprogramovat potřebný SW pro jednočipy
- vytvořit testovací program na PC
- zhodnocení a závěr

Rozsah grafických prací: cca 60-80 stran  
Rozsah pracovní zprávy: cca 60-80 stran  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- Hrbáček, J.: Komunikace mikrokontroléru s okolím 1. BEN.
- Hrbáček, Jiří: Komunikace mikrokontroléru s okolím 2. BEN.
- Váňa, V.: Programování v jazyce Bascom. BEN, ISBN 80-7300-115-2.
- Šícha, M., Tichý, M.: Elektronické zpracování signálu. Karolinum, nakladatelství UK, Praha, 1998.
- Martínek, R.: Senzory v průmyslové praxi. Nakladatelství BEN - technická literatura.
- Beneš, P., Lacko, B., Maixner, L., Šmejkal, L.: Automatizace a automatizační technika 1, 2. Nakladatelství Computer Press, 2000.
- Kolektiv autorů: Automatizace a automatizační technika 3, 4. Nakladatelství Computer Press, 2000.
- Dado, S.: Senzory a měřicí obvody. Skriptum ČVUT, 1996.
- Bayer, Šimek: Elektronické systémy. Skriptum ČVUT, 1983.
- Pužmanová, R.: TCP/IP v kostce. 2004, ISBN: 8072322362.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Michal Šerý  
Katedra fyziky

Datum zadání diplomové práce: 20. dubna 2010  
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2011



doc. PhDr. Alena Holpessová, Ph.D.  
děkanka



prof. RNDr. Petr Špatenka, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 20. dubna 2010

## Anotace

Tato diplomová práce se založena na návrhu a výrobě výukové stavebnice s rozšiřujícími moduly založené na mikrokontroléru AVR Atmel. Stavebnice se skládá z procesorové desky obsahující napájecí a základní moduly přímo na desce a rozšiřujících modulů „SIMAČ“. Moduly „SIMAČ“ jsou virtuálními prvky, které simulují reálné prvky, které se běžně používají v průmyslové automatizaci, ale vzhledem k jejich pořizovací ceně jsou zakomponovány jako rozšiřující programovatelné moduly stavebnice. Práce také popisuje softwarové vybavení potřebné k návrhu, realizaci a naprogramování mikrokontroléru pro vytvoření stavebnice. Dále obsahuje základní teoretické údaje o práci s mikrokontroléry ATMEL AVR. Rozšiřující moduly spolu s deskou vývojového modulu a diskem, na kterém budou nahrána všechna schémata, programy a technická dokumentace k jednotlivým obvodům, budou přiloženy k diplomové práci.

## Abstract

This thesis is based on the design and production of teaching kits with expansion modules which are based on the Atmel AVR microcontroller. Kit consists of a plate containing processes and basic power modules directly on the board and expansion modules „SIMAČ“. „SIMAČ“ modules are virtual elements that simulate the real elements and they are commonly used in industrial automation. Because of their cost they are integrated in extension kit as programmable modules. It also contains basic theoretical information about working with ATMEL AVR microcontrollers. Expansion modules with module development board and disc which will be loaded all the schemes, programs and technical documentation for individual districts will be attached to the thesis.

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, pouze s použitím pramenů literatury, uvedených v seznamu literatury.

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

Datum: 20.4.2012

Podpis:

Mé velké poděkování patří panu Ing. Michalovi Šerýmu, kterému děkuji za jeho trpělivost, cenné a odborné rady, organizační vedení a hlavně za čas, který se mnou strávil při zpracování této práce.

České Budějovice, 2012

Miroslav Langmajer

# OBSAH

<b>1</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>ATMEL AVR.....</b>	<b>13</b>
4.1	Architektura RISC (Reduced Instruction Set Computer).....	13
4.2	Architektura AVR .....	14
4.3	Propojky .....	16
4.4	Programování mikrokontrolerů AVR .....	17
4.5	ATmega32.....	17
4.5.1	Parametry ATmega32 .....	18
4.5.2	Popis vývodů mikrokontroléru ATmega32 .....	19
4.6	ATmega8.....	21
4.6.1	Parametry ATmega8 .....	21
4.6.2	Popis pinů a jejich funkce.....	21
<b>5</b>	<b>POUŽITÉ SOFTWARE PRO NÁVRH SCHÉMAT A DPS.....</b>	<b>23</b>
5.1	Eagle.....	23
5.2	CAM 350.....	24
5.2.1	RS-274X Gerber data.....	25
5.2.2	Excellon format.....	25
<b>6</b>	<b>BASCOM.....</b>	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>PROGRAMÁTORY .....</b>	<b>28</b>
7.1	USB Programátor AVR.....	28
7.2	Extreme Burner .....	29
<b>8</b>	<b>VÝVOJOVÁ DESKA AVR DKITT V01.....</b>	<b>31</b>
8.1	Použité součástky .....	37
8.1.1	FTDI převodník .....	37
8.1.2	Rozhraní RS232 .....	38
8.1.3	SPI rozhraní .....	39
8.1.4	Rozhraní I2C.....	41
8.1.5	Rozhraní 1-wire .....	42
8.1.6	LCD display s řadičem HD44780.....	43

<b>9</b>	<b>AČKNÍ ČLENY .....</b>	<b>45</b>
9.1	Elektrohydraulické pohony Siemens.....	45
9.1.1	Elektrohydraulické pohony SKB82*, SKC82 3 polohová regulace.....	46
9.1.2	Elektrohydraulické pohony SKD62*, SKD60 regulace signálem 0-10V.	46
<b>10</b>	<b>MODUL SIMAČ „SIMULACE AKČNÍHO ČLENU“ .....</b>	<b>48</b>
10.1	Moduly SIMAČ .....	48
10.1.1	SIMAČ – napájení .....	48
10.1.2	SIMAČ – řízení signálů .....	50
10.1.3	SIMAČ – „Elektrohydraulické pohony“ .....	52
10.1.4	SIMAČ – „Programovatelný termostat“ .....	58
10.1.5	SIMAČ – „Oběhové čerpadlo“ .....	62
<b>11</b>	<b>NÁVRCH POKOJOVÉ STANICE TEPLA (PST) S POUŽITÍM AVR DKITT V01 A MODULŮ SIMAČ .....</b>	<b>66</b>
11.1	HW řešení.....	66
11.2	SW řešení .....	67
<b>12</b>	<b>ZÁVEŘ .....</b>	<b>69</b>
12.1	Využití modulů SIMAČ ve výukové stavebnici .....	69
<b>13</b>	<b>POUŽITÉ PRAMENY A LITERATURA .....</b>	<b>70</b>



# 1 SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. 1	ČASOVÁNÍ JEDNOCYKLOVÉ INSTRUKCE, PŘEVZATO A UPRAVENO Z [5] .....	15
OBR. 2	ZJEDNODUŠENÉ BLOKOVÉ SCHÉMA AVR ARCHITEKTURY, PŘEVZATO A UPRAVENO Z [5] .....	15
OBR. 3	ROZLOŽENÍ VNITŘNÍ PAMĚTI, PŘEVZATO A UPRAVENO Z [2] .....	16
OBR. 4	PIPELINING, PŘEVZATO A UPRAVENO Z [1] .....	16
OBR. 5	POUZDRO OBVODU ATMEGA32, PŘEVZATO A UPRAVENO Z [24] .....	18
OBR. 6	ROZLOŽENÍ VÝVODŮ ATMEGA32 V POUZDRU DIL40, PŘEVZATO A UPRAVENO Z [19] .....	19
OBR. 7	ROZLOŽENÍ VÝVODŮ ATMEGA8 V POUZDRU DIL28, PŘEVZATO A UPRAVENO Z [25] .....	21
OBR. 8	OKNA PROGRAMU EAGLE .....	23
OBR. 9	ZÁKLADNÍ OKNO PROGRAMU BASCOM .....	26
OBR. 10	USB PROGRAMÁTOR AVR, PŘEVZATO A UPRAVENO Z [6] .....	28
OBR. 11	ZÁKLADNÍ OKNO PROGRAMU EXTREME BURNER .....	30
OBR. 12	OSAZENÁ A OŽIVENÁ HLAVNÍ VÝVOJOVÁ DESKA STAVEBNICE .....	31
OBR. 13	SCHÉMA ZAPOJENÍ NAPÁJENÍ HLAVNÍ DESKY .....	32
OBR. 14	LADĚNÍ PRVNÍ APLIKACE TERMOSTAT .....	32
OBR. 15	SCHÉMA ZAPOJENÍ BLOKU PROCESORU .....	33
OBR. 16	SCHÉMA ZAPOJENÍ TFDI ČIPU NA HLAVNÍ DESCE .....	34
OBR. 17	SCHÉMA ZAPOJENÍ PŘEVODNÍKU RS232 - UART ČIPU NA HLAVNÍ DESCE .....	34
OBR. 18	SCHÉMA MATICOVÉ KLÁVESNICE .....	34
OBR. 19	SCHÉMA TLAČÍTKOVÉHO MODULU .....	35
OBR. 20	DESKA PLOŠNÉHO SPOJE VÝVOJOVÉHO MODULU .....	36
OBR. 21	OSAZENÍ DESKY VÝVOJOVÉHO MODULU .....	37
OBR. 22	SMD POUZDRO FTDI ČIPU, PŘEVZATO A UPRAVENO Z [27] .....	38
OBR. 23	ROZLOŽENÍ VÝVODŮ OBVODU MAX232, PŘEVZATO A UPRAVENO Z [22] .....	39
OBR. 24	ZAPOJENÍ KONEKTORŮ ISP10 A ISP6, PŘEVZATO A UPRAVENO Z [28] .....	40
OBR. 25	SCHÉMA REDUKCE ISP10-ISP6 .....	40
OBR. 26	ZPŮSOB ZAPOJENÍ ZAŘÍZENÍ NA SBĚRNICI I2C, PŘEVZATO A UPRAVENO Z [29] .....	41
OBR. 27	SCHÉMA ZAPOJENÍ SBĚRNICE I2C K PROCESOROVÉMU BLOKU .....	42
OBR. 28	ZPŮSOB PŘIPOJENÍ ZAŘÍZENÍ K SBĚRNICI 1-WIRE, PŘEVZATO A UPRAVENO Z [30] .....	43
OBR. 29	SCHÉMA ZAPOJENÍ LCD DISPLEJE POMOCÍ 4BITOVÉ KOMUNIKACE .....	44
OBR. 30	PRINCIP ČINNOSTI POHONU SKB82, PŘEVZATO A UPRAVENO Z [15] .....	46
OBR. 31	PRINCIP ČINNOSTI POHONU SKD62, PŘEVZATO A UPRAVENO Z [16] .....	47
OBR. 32	SCHÉMA ZAPOJENÍ „SIMAČ – ŘÍZENÍ SIGNÁLŮ“ .....	49
OBR. 33	ROZLOŽENÍ SOUČÁSTEK MODULU „SIMAČ – ŘÍZENÍ SIGNÁLŮ“ .....	49
OBR. 34	DESKA PLOŠNÉHO SPOJE MODULU „SIMAČ – ŘÍZENÍ SIGNÁLŮ“ .....	49
OBR. 35	SCHÉMA ZAPOJENÍ „SIMAČ – ŘÍZENÍ SIGNÁLŮ“ .....	50
OBR. 36	ROZLOŽENÍ SOUČÁSTEK MODULU „SIMAČ – ŘÍZENÍ SIGNÁLŮ“ .....	51

OBR. 37	DESKA PLOŠNÉHO SPOJE MODULU „SIMAČ – ŘÍZENÍ SIGNÁLŮ“ .....	51
OBR. 38	ZAPOJENÍ OVLÁDÁNÍ 3 POLOHOVÉHO ŘÍZENÍ, PŘEVZATO A UPRAVENO Z [16].....	52
OBR. 39	KONFIGURACE „SIMAČ – ELEKTROHYDRAULICKÉ POHONY“ .....	54
OBR. 40	SCHÉMA ZAPOJENÍ „SIMAČ - ELEKTROHYDRAULICKÉ POHONY“ .....	56
OBR. 41	DESKA PLOŠNÉHO SPOJE MODULU „SIMAČ - ELEKTROHYDRAULICKÉ POHONY“ .....	57
OBR. 42	ROZLOŽENÍ SOUČÁSTEK MODULU „SIMAČ - ELEKTROHYDRAULICKÉ POHONY“ .....	57
OBR. 43	SCHÉMA ZAPOJENÍ SIMAČ – „PROGRAMOVATELNÝ TERMOSTAT“ .....	60
OBR. 44	DESKA PLOŠNÉHO SPOJE MODULU SIMAČ – „PROGRAMOVATELNÝ TERMOSTAT“ .....	61
OBR. 45	ROZLOŽENÍ SOUČÁSTEK MODULU SIMAČ – „PROGRAMOVATELNÝ TERMOSTAT“ .....	61
OBR. 46	SCHÉMA ZAPOJENÍ „SIMAČ – OBĚHOVÉ ČERPADLO“ .....	62
OBR. 47	DESKA PLOŠNÉHO SPOJE MODULU „SIMAČ – OBĚHOVÉ ČERPADLO“ .....	63
OBR. 48	ROZLOŽENÍ SOUČÁSTEK MODULU „SIMAČ – OBĚHOVÉ ČERPADLO“ .....	63
OBR. 49	BLOKOVÉ SCHÉMA ZAPOJENÍ OBVODU PST .....	66
OBR. 50	ALGORITMUS ŘÍZENÍ PST .....	67

## 2 SEZNAM TABULEK

TABULKA 1	PRAVDIVOSTNÍ TABULKA BCD DEKODÉRU 74HCT42, PŘEVZATO A UPRAVENO Z [26]	35
TABULKA 2	ZAPOJENÍ PINU LCD DISPLEJE S ŘADIČEM HD44780	44
TABULKA 3	PŘESTAVOVACÍ ČASY A MOŽNOSTMI ŘÍZENÍ SKD6*, PŘEVZATO A UPRAVENO Z [16]	47
TABULKA 4	SEZNAM SOUČÁSTEK „SIMAČ – ŘÍZENÍ SIGNÁLŮ“	49
TABULKA 5	SEZNAM SOUČÁSTEK „SIMAČ – ŘÍZENÍ SIGNÁLŮ“	51
TABULKA 6	PŘEVODNÍ TABULKA SOFTWAREHO PŘEVODNÍKU 1-10V	53
TABULKA 7	SEZNAM SOUČÁSTEK SIMAČ - ELEKTROHYDRAULICKÉ POHONY	57
TABULKA 8	SEZNAM SOUČÁSTEK SIMAČ – „PROGRAMOVATELNÝ TERMOSTAT“	62
TABULKA 9	SEZNAM SOUČÁSTEK SIMAČ – OBĚHOVÉ ČERPADLO	63

### 3 ÚVOD

Úkolem mé diplomové práce, je navrhnout a realizovat výukovou stavebnici pro rozvoj aplikací s využitím mikrokontrolerů rodiny Atmel AVR. Rozložení stavebnice jsem zakomponoval do vývojového modulu, na kterém jsou zaintegrovány nejběžněji používané obvody sloužící k vývoji aplikací. K tomuto vývojovému modulu se nadále budou moct připojovat další rozšiřující moduly. Například moduly simulující různé akční členy používající se v průmyslové automatizaci apod. Vývojový modul by měl být navržen tak, aby k němu bylo možné připojovat více druhů mikrokontrolerů.

V této diplomové práci se seznámíme se základními aplikacemi k návrhu obvodů a vývoji aplikací s mikrokontroléry rodiny Atmel AVR. Návrhem, výrobou a programováním rozšiřujících modulů simulujících akční členy a následného zakomponování do ukázkové aplikace sloužící k regulaci topení bytového pokoje. Seznámíte s popisem regulačních pohonů vybraných typů, jejich způsoben řízení

Vytvořená modulová stavebnice může sloužit jako výuková stavebnice, či jako profesionální vývojový modul. Možnosti využití jsou obrovské díky možnosti rozšiřování o další moduly. Základní deska vývojového modulu je připravena na připojení k počítači přes rozhraní USB či sériový port.

Vývojový modul je vhodný i pro výuku, neboť na něm je možné vyvíjet různé aplikace. Od první aplikace typu, rozsvít' a zhasni až po vytváření a ladění složitější systémů.

V diplomové práci se seznámíme s mikrokontroléry z rodiny Atmel a jejich vlastnostmi a použitím. Návrhem a výrobou desky, modulů a programovým vybavením potřebným k realizaci stavebnice.

## 4 ATMEL AVR

Mikrokontroléry AMTEL AVR jsou produktem společnosti Atmel sídlící v San Jose v Kalifornii založenou roku 1984. Firma zaměstnává více než 5100 zaměstnanců. v současné době je světovou jedničkou v oblasti výroby mikroprocesorů. Firma Atmel se také věnuje automobilovému průmyslu, kde řeší problémy s návrhem a realizací řešení palubních počítačů, diagnostických prvků, osvětlení a také zábavní techniky. Kde je kladen velký důraz na miniaturizaci, malou spotřebu energie a především na spolehlivost a šetrnost k životnímu prostředí. Díky různorodým potřebám automobilového průmyslu je k dispozici široká škála výrobků, od nejjednodušších, až po velice složité integrované obvody s širokou škálou funkcí, které musí splňovat přísné standardy automobilového průmyslu. Firma se také zabývá výrobou kapacitních dotykových obrazovek, energeticky nezávislých pamětí, wireless modulů a další. [3]

Mikrokontroléry AMTEL AVR jsou nízko příkonové 8bitové mikrokontroléry založeny na jádru AVR využívající koncepci Harwardské a RISC architektury. To znamená, že mají oddělenou paměť pro program a pro data a redukovanou sadu instrukcí. Instrukční soubor obsahuje 89 nebo 118 instrukcí u vyspělejších modelů. Mikrokontroléry AVR využívají propojení registrů s ALU (aritmeticko logická jednotka), čímž se zvyšuje rychlost operací a ALU provede za jeden hodinový cyklus jednu operaci. [1, 2]

Mikroprocesory AVR se vyráběly ve třech řadách lišících se především v počtu instrukcí a zakomponovaných modulů. Mezi tyto obvody patří velikost paměti SDRAM, FLASH a EEPROM, počet čítačů/časovačů, počet portů, obvodů UART (některé procesory řady ATmega jich mají i více), obsahují analogový komparátor, A/D převodník a další obvody. Popis jednotlivých obvodů v mikroprocesoru je vždy uveden v dokumentaci od výrobce. je to základní řada (dnes se již nedělá), ATtiny a ATmega. Většina mikroprocesorů z řady ATmega obsahuje ještě navíc JTAG rozhraní, které slouží k ladění softwaru přímo v aplikaci. [2]

### 4.1 Architektura RISC (Reduced Instruction Set Computer)

Z překladu “počítač s redukovaným souborem instrukcí“. Mikroprocesory s touto architekturou se vyznačují především poměrně malým počtem instrukcí (typicky

je v instrukční sadě 32 instrukcí), přičemž se většinou jedná o instrukce jednoduché. Vychází ze zkušenosti, že pro vykonání 80% operací se používá přibližně 20% instrukcí. u RISC architektury není nutný mikroprogramový řadič, ale musí být použit pevný (hardwarový) sloužící k výběru instrukce. Cílem této architektury procesorů je snížit plochu čipu nutnou pro implementaci řadiče a taktéž umožnit to, aby se každá instrukce provedla v jednom strojovém cyklu.[4]

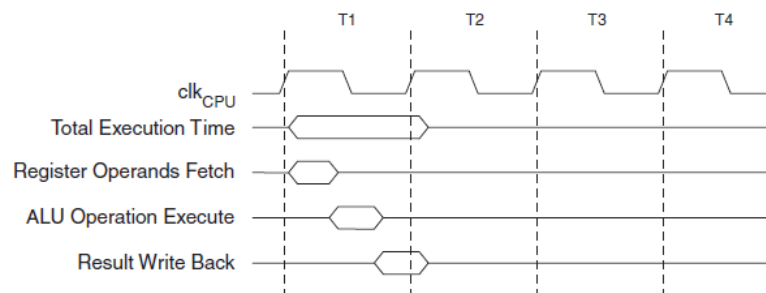
Překladače RISC musí umět převést komplikované instrukce na jednotlivé instrukce. Programy pro RISC procesory potřebují obecně více paměťového místa než u jiných architektur. [11]

Vlastnostmi RISC architektury jsou:

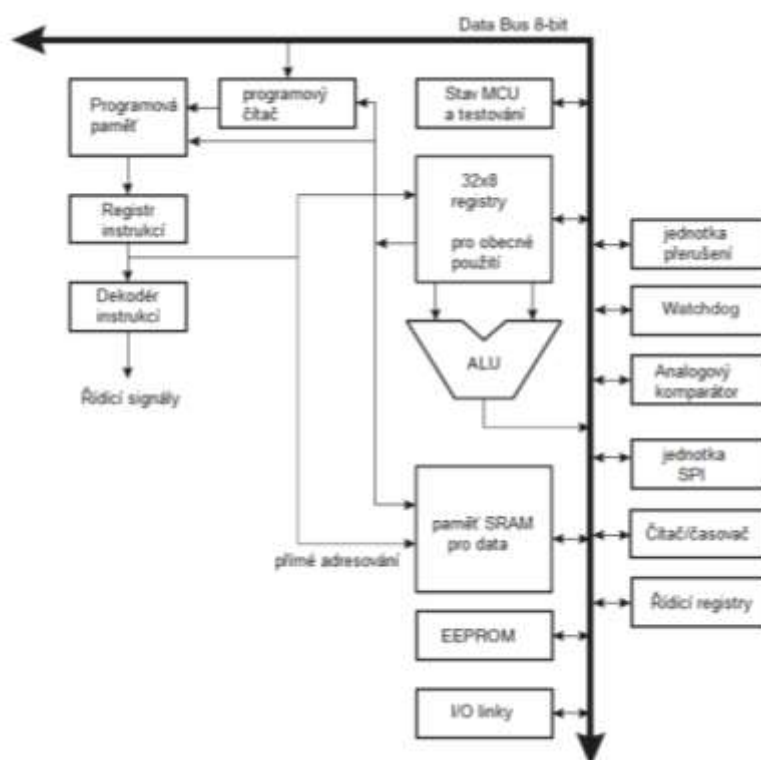
- v každém strojovém cyklu by měla být dokončena jedna instrukce
- mikroprogramový řadič může být nahrazen rychlejším obvodovým řadičem,
- používat zřetězené zpracování instrukcí
- celkový počet instrukcí a způsobu adresování je malý
- instrukce mají pevnou délku a jednotný formát, který vymezuje význam jednotlivých bitů
- je použit vyšší počet registru,
- složitost se z technického vybavení přesouvá částečně do optimalizujícího kompilátoru

## 4.2 Architektura AVR

Jádro AVR se podobá jádru většiny RISC procesorů, které jsou dostupné na trhu. Skládá z rychle přístupného registrového pole o 32 obecných 8 bitových registrech, které mohou obsahovat jak data, tak adresy. Toto registrové pole je přímo spojeno s aritmeticko-logickou jednotkou (ALU). To umožňuje zpracování jedné aritmeticko-logické operace během jednoho taktovacího cyklu. Načtou se oba operandy z pracovních registrů, provede se potřebná operace a výsledek se uloží zpět do registrů. Časové zpracování jedné operace je znázorněno na obr. 1. Při úspěšném provedení je na celou operaci potřebný pouze jeden strojový cyklus. Díky této technologii lze dosáhnout velkého výpočetního výkonu. [5]

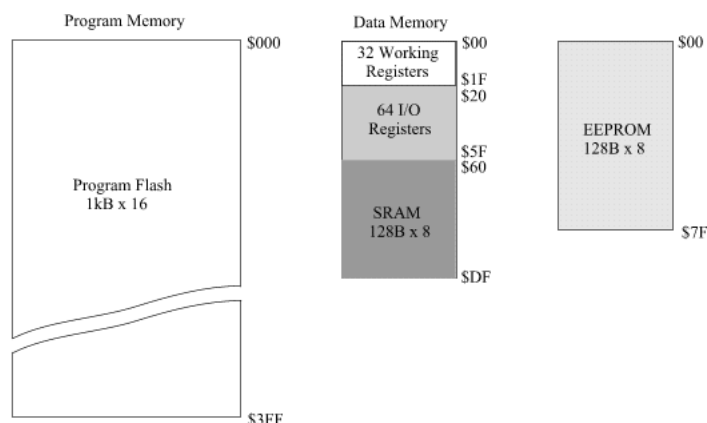


Obr. 1 Časování jednocyklové instrukce, převzato a upraveno z [5]



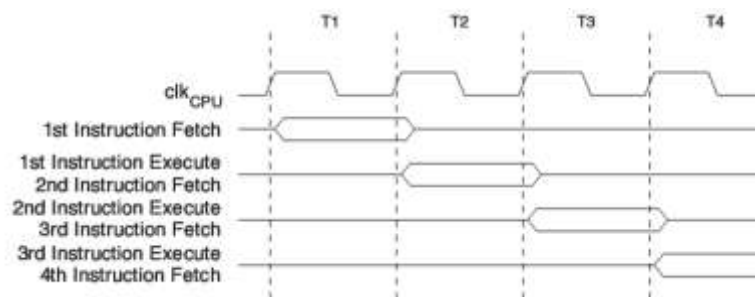
Obr. 2 Zjednodušené blokové schéma AVR architektury, převzato a upraveno z [5]

Na obr 2 je zjednodušené blokové schéma AVR technologie. Těmito základními bloky bývají nejčastěji vybaveny všechny mikrokontroléry rodiny AVR. Všechny tyto bloky jsou připojeny na 8bitovou datovou sběrnici. Jak je u mnoha jednoduchých mikroprocesorů obvyklé, registry jsou zobrazovány přímo v adresovém prostoru dat. Prvních 32-bytů paměti ( 0x00 až 0x1F) odpovídá registrům R0 až R31, ty jsou také přímo zamapovány do paměti dat. Proto je možno s každým registrem zacházet použitím standartních odkazů bez toho, aby programátor potřeboval znát řídicí instrukce registrů.[2]



Obr. 3 Rozložení vnitřní paměti, převzato a upraveno z [2]

AVR používá Harvardskou architekturu, tj. paměť programu a paměť dat jsou odděleny. Paměť programu je přístupná pomocí dvouступňové pipeline. Mikrokontroléry AVR využívají velmi jednoduše řešení, avšak účinný předvýběr instrukce, tzv. pipelining. Viz obr. 4, nejprve se z programové části načte první instrukce. v dalším hodinovém cyklu se provádí první instrukce a zároveň se předvybírání instrukce druhá.



Obr. 4 Pipelining, převzato a upraveno z [1]

### 4.3 Propojky

Sloužící k nastavení mikrokontroléru pomocí vnitřními programovatelnými propojkami (fuse bits). Tyto propojky lze programovat pouze pomocí paralelního programování. Pro běžné použití se nejčastěji používají tyto propojky.[1]

- SPIEN – povoluje, nebo zakazuje sériové programování, 0=povoleno, 1=zakazano, výchozí hodnota je 1
- FSTRT – režim náběhu mikrokontroléru, 0=zkrácený náběh, 1=výchozí, pomalý náběh



- RCEN – volba externího nebo interního oscilátoru, výchozí hodnota je nejčastěji 1 – vnější oscilátor

## 4.4 Programování mikrokontrolerů AVR

Mikroprocesory AVR lze programovat jak paralelně, tak i sériově. Pro paralelní programování je obvod navržen tak, aby se po připojení programovacího napětí na určitý pin obvodu provedlo přepnutí. Vývody v pracovním režimu vstupně výstupních portů se přepnou na datové a adresové vývody paměti EEPROM. Tak je možné do paměti zaznamenávat data. Po dokončení programování se obvod opět přepne zpět. Tato možnost programování má však velkou nevýhodu, mikrokontrolér je nutné vyndat z obvodu a umístit do programátoru. Výhodou paralelního programování je pak možnost konfigurovat vnitřní propojky. [1]

Nevýhoda vyndávání mikrokontroléru z obvodu odpadá při sériovém programování. Při tomto programování mikroprocesor zůstává zapojený v obvodu. Což výrazně urychluje vývoj aplikací. Tímto sériovým programováním jsou vybaveny všechny mikrokontroléry AVR. Využívá se převážně signálů MOSI, MISO, SCK a RESET. Tomuto programování se říká ISP. [1]

## 4.5 ATmega32

Základem konstrukce je mikroprocesor firmy ATMEL v pouzdře DIL40, ATmega32L-8PU. Klon ATmega32 navazuje na zástupce této rodiny, ATmega8 a ATmega16. ATmega8 je též nejmenší z uvedené řady, protože postrádá jednu typickou charakteristiku, která je společná všem mikrokontrolerům rodiny ATmega a to je rozhraní JTAG<sup>1</sup>. [1,9]

Klony rodiny ATmega od ATmega8 až po ATmega128 na sebe navazují instrukčním souborem. Základ instrukčního souboru je stejný a novější klony jsou vždy rozšířeny o nové instrukce. Proto při přechodu na novější klon se není třeba učit jinou instrukční sadu. Stačí se jen použít několik nových instrukcí, což je pro praxi velmi výhodné. [9]

---

<sup>1</sup> IEEE1149.1 (JTAG) využívá se pro ladění programů přímo vlastním mikroprocesorem v dané aplikaci



Obr. 5 Pouzdro obvodu ATmega32, převzato a upraveno z [24]

Mikrokontrolér ATmega32 je vybaven čtyřmi vstupně-výstupními porty označenými PA až PD. Všechny tyto porty mohou pracovat obousměrně o maximálním výstupním proudu až  $40 \text{ mA}^2$  z jednoho pinu. Tyto porty jsou sdíleny s integrovanými periferiemi (USART, I2C). Při jejich použití není možno příslušný pin portu využívat jinak. Součástí obvodu je zabudovaný kalibrovatelný RC oscilátor.[9]

Obvod je vybaven programovou pamětí typu FLASH o velikosti 32 kB. Interní paměť typu SRAM o velikosti 2 kB a interní paměť EEPROM o velikosti 1 kB. Klon ATmega32 je posledním klonem, který je vyráběn i v pouzdru DIL40 pro klasickou montáž. Ostatní novější klony jsou vyráběné jen v pouzdech pro povrchovou montáž TQFP. [9]

#### 4.5.1 Parametry ATmega32

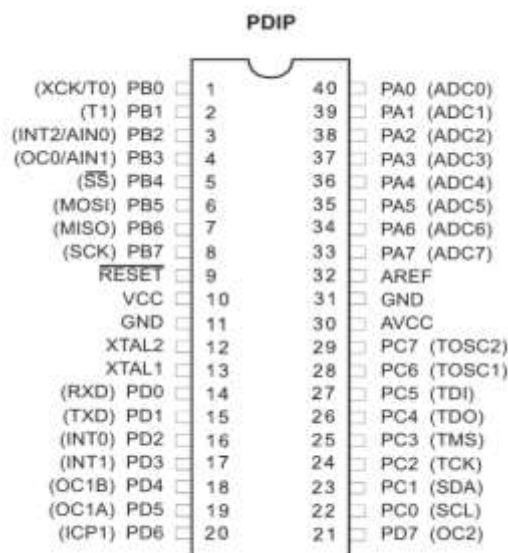
- programová paměť typu flash 32kB, až 10 000 cyklů přepsání
- 2 kB datové SRAM Paměti
- 1 kB EEPROM 100 000 cyklů přepsání
- instrukční soubor obsahuje 131 instrukcí
- 32 8bitových registrů
- čtyři 8bitové vstupní/výstupní porty
- hodinový kmitočet 0-8MHz výpočetní výkon 8MIPS
- napájecí napětí 2,7 – 5,5 V
- programování pomocí SPI nebo JTAG rozhraní

---

<sup>2</sup> Celkový odběr z jednoho portu by neměl překročit 100 mA. Ze všech portů mikrokontroléru nesmí výstupní proud překročit 200 mA a pro pouzdra TQFP, PLCC 400 mA

- 2x 8bitový čítač, 2x 16bitový čítač, watchdog
- 4x PWM kanál
- analogový komparátor
- 8x 10bitový A/D převodník
- vestavěné rozhraní USART, SPI, I2C, 1-wire
- interní RC oscilátor (možnost softwarové kalibrace)

#### 4.5.2 Popis vývodů mikrokontroléru ATmega32



Obr. 6 Rozložení vývodů ATmega32 v pouzdru DIL40, převzato a upraveno z [19]

- VCC, GND napájení, uzemnění
- RESET Vstup reset
- XTAL1 vstup k interním hodinám (a k invertujícímu zesilovači oscilátoru)
- XTAL2 výstup z invertujícího zesilovače oscilátoru
- Port a (PA7..PA0) 8-bitový obousměrný vstupně/výstupní port A
- ADC0..7 AD převodník
- AVCC napájení pro AD převodník (na portu A)
- AREF referenční napětí pro AD převodník (na portu A)

- Port B (PB7..PB0) 8-bitový obousměrný vstupně/výstupní port B
- SCK hodinový signál kanálu ISP
- MISO Master In/Slave Out kanálu ISP
- MOSI Master Out/Slave In kanálu ISP
- SS Slave Select kanálu ISP
- AIN1 záporný vstup analogového komparátoru
- OC0 Output Compare čítače/časovače 0
- AIN0 kladný vstup analogového komparátoru
- INT2 vstup vnějšího přerušení 2
- T1 hodinový vstup čítače/časovače 1
- T0 hodinový vstup čítače/časovače 0
- Port C (PC7..PC0) 8-bitový obousměrný vstupně/výstupní port C
- TOSC2 časovač oscilátoru pin 2
- TOSC1 časovač oscilátoru pin 1
- TDI vstupní data JTAG rozhraní
- TDO výstupní data JTAG rozhraní
- TMS výběr módu JTAG rozhraní
- TCK hodinový signál JTAG rozhraní
- SDA datový signál TWI (I2C) rozhraní
- SCL hodinový signál TWI (I2C) rozhraní
- Port D (PD7..PD0) 8-bitový obousměrný vstupně/výstupní port D
- OC2 Output Compare čítače/časovače 0
- ICP1 Input Capture čítače/časovače 1
- OC1A Output Compare čítače/časovače 1 (kanál A)
- OC1B Output Compare čítače/časovače 1 (kanál B)
- INT1 vstup vnějšího přerušení 1
- INT0 vstup vnějšího přerušení 0
- TXD přenos/výstup pro USART
- RXD čtení/vstup pro USART

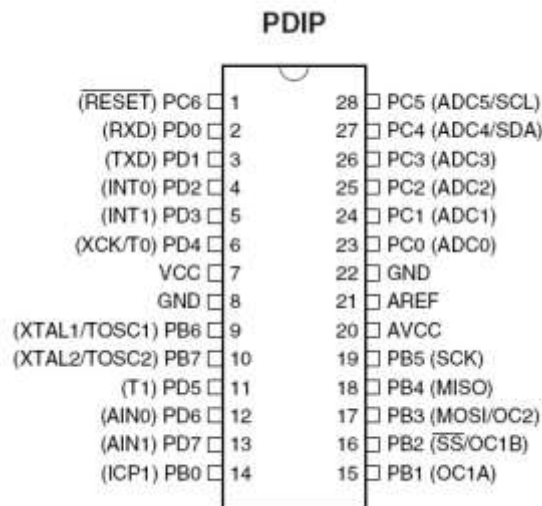
## 4.6 ATmega8

Pro jednotlivé přídavné moduly se stal srdcem mikrokontrolér ATmega8. Splňuje potřebné parametry. Je podporovaný programátorem a já osobně s tímto klonem mám početné zkušenosti.[20]

### 4.6.1 Parametry ATmega8

- 23 vstupně - výstupních portů
- 8kByte FLASH
- 1kByte RAM
- 512Byte EEPROM
- USART
- SPI

### 4.6.2 Popis pinů a jejich funkce



Obr. 7 Rozložení vývodů ATmega8 v pouzdru DIL28, převzato a upraveno z [25]

- VCC, GND napájení, uzemnění
- RESET Vstup reset
- XTAL1 vstup k interním hodinám (a k invertujícímu zesilovači oscilátoru)
- XTAL2 výstup z invertujícího zesilovače oscilátoru

- Port C (PC5..PC0) 8-bitový obousměrný vstupně/výstupní port A
- ADC0..5 AD převodník
- AVCC napájení pro AD převodník
- AREF referenční napětí pro AD převodník
- Port B (PB7..PB0) 8-bitový obousměrný vstupně/výstupní port B
- SCK hodinový signál kanálu ISP
- MISO Master In/Slave Out kanálu ISP
- MOSI Master Out/Slave In kanálu ISP
- SS Slave Select kanálu ISP
- OC1A Output Compare čítače/časovače 1
- OC1B Output Compare čítače/časovače 1
- TOSC2 časovač oscilátoru pin 2
- TOSC1 časovač oscilátoru pin 1
- Port C (PC7..PC0) 8-bitový obousměrný vstupně/výstupní port C
- SDA datový signál TWI (I2C) rozhraní
- SCL hodinový signál TWI (I2C) rozhraní
- Port D (PD7..PD0) 8-bitový obousměrný vstupně/výstupní port D
- INT1 vstup vnějšího přerušení 1
- T1 hodinový vstup čítače/časovače 1
- INT0 vstup vnějšího přerušení 0
- TXD přenos/výstup pro USART
- RXD čtení/vstup pro USART
- AIN1 záporný vstup analogového komparátoru
- AIN0 kladný vstup analogového komparátoru

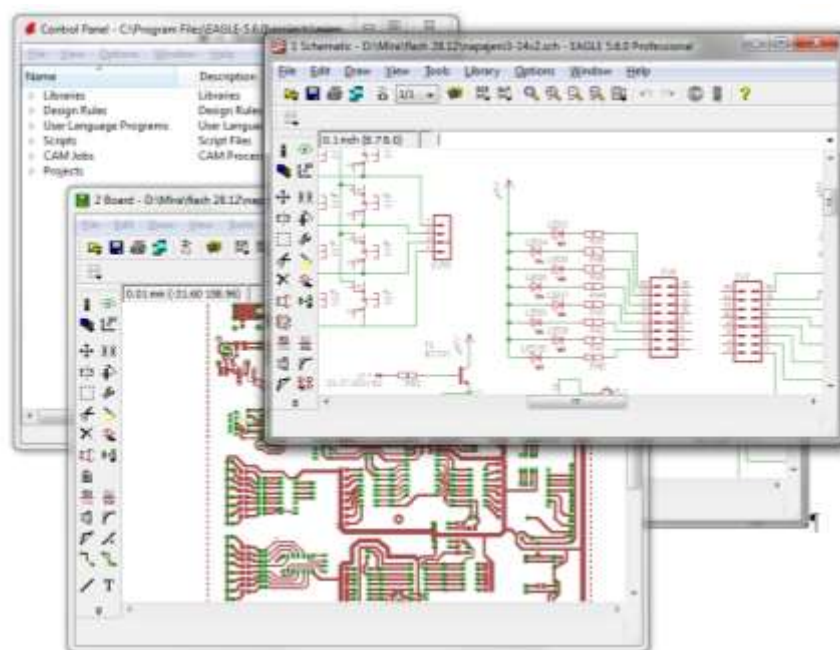
## 5 POUŽITÉ SOFTWARE PRO NÁVRH SCHÉMAT A DPS

Všechny plošné spoje této diplomové práce jsou navrženy v programu Eagle a jsou uloženy na přiloženém mediu. Návrh hlavní desky je navíc vyexportován a optimalizován do gerber dat, které jsem předával výrobě. K optimalizaci těchto dat jsem použil systém CAM 350, pomocí kterého jsem vyexportoval data pro jednotlivé výrobní procesy (vrtání, předloha, potisk, nepájivá maska).

### 5.1 Eagle

Eagle (Easily Applicable Graphical Layout Editor) je aplikace společnosti CadSoft. Jedná se o uživatelsky jednoduchý a výkonný nástroj pro návrh desek plošných spojů.

Systém EAGLE je hojně využívaný, neboť jeho distribuce je volně šiřitelná verze určená pro nekomerční využití. To postačuje pro pochopení principu ovládání a práce s vytvořením jednoduchých obvodů. Volně šiřitelná verze je omezena pouze na rozměry Eurokarty (80x100mm). Jinak je plnohodnotně funkční. Na webové stránce výrobce lze stahovat a doplňovat si tak instalaci o další knihovny, doplňky i aktualizaci systému samotného. [18]



Obr. 8 Okna programu Eagle

Eagle umožňuje rozšíření knihovny o vytváření součástek a modulů. K aplikaci Eagle existují další rozšiřující programy pro pokročilé uživatele - např. Eagle3D pro vytváření 3D modelů. Existují také verze pro jiné operační systémy než MS Windows a to i v různých jazykových mutacích.[18]

System EAGLE se skládá ze čtyř hlavních modulů:

- Schématický editor
- Editor plošného spoje
- Autorouter
- Editor knihoven

Velkou výhodou programu je export dat do CAM<sup>3</sup> systémů, kterého jsem využil při předání dat pro výrobu.

## 5.2 CAM 350

CAM350 (Downstream Technology, Inc.) je aplikace, která pracuje s výstupními daty systémů pro návrh DPS (Gerber, Excellon). Zobrazí je tak, jak by byly zobrazeny na filmu. Umožňuje provádět kontrolu a editaci a zhotoví nová data uzpůsobené výrobě. CAM350 umožňuje vytvářet uživatelská makra pro automatizaci práce. Jedná se o modulový program a je k dispozici v několika konfiguracích. Jednotlivé moduly nabízí uživatelům rozšíření o funkce, jako jsou: Import a zobrazení dat, zhotovení výstupních dat (Gerber, Excellon), kompletní editace a optimalizace dat, odstranění potisku jdoucího přes otvory, generování netlistu, provádění kontrol izolační mezery či velikost měděných mezikruží, výpočet měděných ploch, zpracování dat pro vrtání a frézování desky, kontrola desky (podleptání, nedostatečná šířka zúžené mědi). Import a export různých návrhových systémů (Eagle).[13]

Aplikace se nechá spustit buď jako plně funkční verzi na jeden týden, nebo jen se spustí volná demo verze, čímž je ovšem omezena velikost databáze na 8000 elementů (omezení velikosti importované desky).

---

<sup>3</sup> CAM - je použití počítačového software pro programování výrobních CNC strojů



### 5.2.1 RS-274X Gerber data

Formát Gerber je formát používaný k přenosu dat při strojové výrobě desek plošných spojů. Obsahuje informace o vrstvách mědi, pájecích masek, vrtání atd. Jedná se o člověkem čitelný textový formát. Skládá se z posloupnosti příkazů a souřadnic. v přiloženém médiu jsou uloženy vyexportovaná a optimalizovaná gerber data, dle kterých se vyráběla vývojová deska.

### 5.2.2 Excellon format

Formát Excellon je formát používaný v řízení CNC vrtacích a frézovacích strojů pro výrobu desek plošných spojů dat mezi CAD / CAM systémů a pro řízení CNC strojů. Název Excellon Formát je odvozen od společnosti Automation Excellon, která byla jedničkou na trhu v strojovém vrtání DPS kolem roku 1980 jejichž NC formát se stal široce používaný. [8]

Standardem je formát ASCII obsahující příkazy k vrtání děr. Specifikuje průměr použitého vrtáku a souřadnice, které se mají na dané vrstvě vyvrtat. [8]

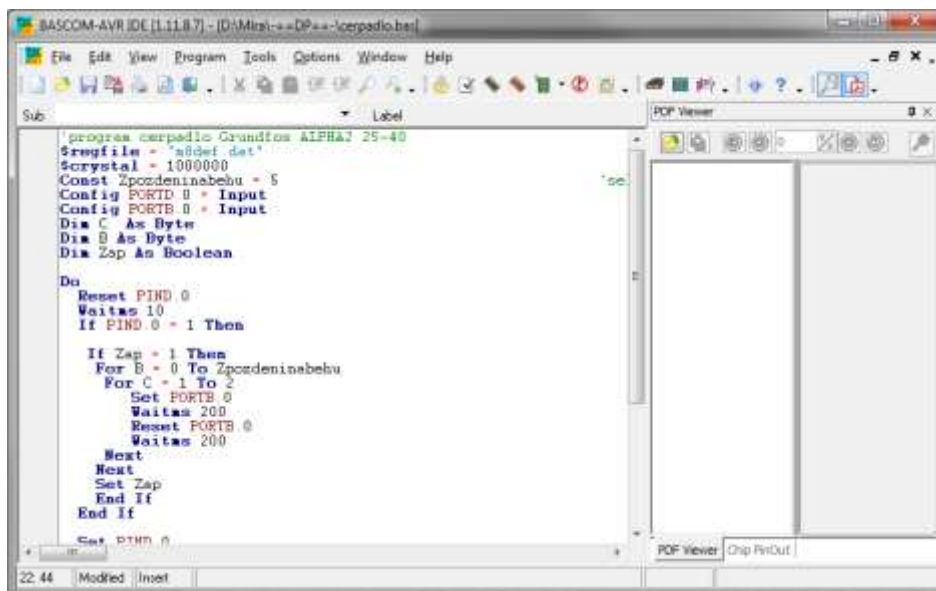
V uvedených datech standardního formátu Excellon mají jednotlivé zkratky a symboly následující význam:

- Znak % je začátek dat, před ním může být uveden komentář Znak T a následující číslo je pořadové číslo vrtáku
- T0 je odložení posledního nástroje
- T a číslo za ním udává použitý nástroj
- X a šestimístné číslo je x souřadnice v setinách milimetru
- Y a šestimístné číslo je y souřadnice v setinách milimetru
- Znak M a číslo je strojový příkaz
- M30 je příkaz pro konec vrtání

```
%  
M48  
M72  
T01C0.0236  
%T01  
X72114Y89763  
M30
```

## 6 BASCOM

BASCOM je prostředí pro programování a vývoj aplikací s procesory od firmy AVR. Jazyk BASCOM, jak sám název napovídá, vychází filozoficky z široce známého a svou jednoduchostí populárního jazyka Basic. Práce s tímto programovacím jazykem je mnohonásobně jednodušší než programování v assembleru, neboť používá rutiny, které nemusíme pokaždé znovu programovat od začátku. Bohužel toto usnadnění práce má úskalí v tom, že program, který chceme nahrát do procesoru, je zhruba o 20 % větší, než čistý kód v assembleru a nezáleží, zda zařízení bude obsluhovat mikrokontrolér s 10 či 20 vývody. BASCOM využívá zhruba kolem tří set předdefinovaných rutin. I pro složité aplikace si většinou vystačíme s pár desítkami rutin. BASCOM umí pracovat se sériovou linkou, LCD, klávesnicí, sběrnicemi atd.[12]



Obr. 9 Základní okno programu Bascom

BASCOM umí pracovat i s assemblerem. Pro pokročilejší programátory není problém pomocí tohoto prostředí řídit nejen grafické displeje, ale dokonce je možné řídit barevné zobrazovače. BASCOM umí obsluhovat linku I2C, 1 - wire, sériovou komunikaci s počítačem, zvládá i komunikaci přes USB. BASCOM umožňuje snadným použitím vytvořit velmi složité aplikace. [10,12]

Prostředí je napsáno jako klasický windowsovský program, tedy ovládání je plně intuitivní. Výchozím oknem programu je integrované vývojové prostředí (IDE), odtud jsou dostupné veškeré funkce programu (editace kódu, překlad, atd.). Prostředí BASCOM od

verze 1.11.9.6 podporuje mnou použitý USB programátor AVR po připojení dojde k ověření, zda osazený mikroprocesor odpovídá nastavení programu a po zkompilování je možné program nahrát do paměti mikroprocesoru. [10]

## 7 PROGRAMÁTORY

### 7.1 USB Programátor AVR

USB Programátor AVR, USBasp, je jednoduchý USB programátor obvodů Atmel AVR. Mnoho nových počítačů a téměř každý notebook nemá sériový nebo paralelní port. To vede k mnoha problémům, týkající se oblasti programování mikrokontrolerů, protože většina programátorů využívá právě těchto portů. Z toho důvodu je nutné používat USB-RS232 redukce anebo se poohlédnout o USB programátoru. [6]

USBasp programuje mikrokontroléry pomocí ISP protokolu přes rozhraní SPI. K mikrokontroléru se připojuje pomocí 10 pinového konektoru ISP. Tento programátor je založený na mikrokontroléru ATmega88 nebo ATmega8 a pasivních součástkách a využívá firmware pouze pro ovladač USB. Tyto ovladače jsou součástí příloženého CD. [6]



*Obr. 10 USB programátor AVR, převzato a upraveno z [6]*

#### Funkce programátoru

- Podpora více počítačových platforem (Linux, Mac OS X a Windows).
- Programovací rychlost až 5 kBytes za sekundu.
- Plánované: sériové rozhraní k cíli (např. pro ladění).

#### Podporované programovací programy:

- AVRDUDE podporuje USBasp od verze 5.2.
- BASCOM-AVR podporuje USBasp od verze 1.11.9.6.

- Extreme Burner

Podporované obvody:

- ATmega8, ATmega48, ATmega88, ATmega168, ATmega328, ATmega103, ATmega128, ATmega1280, ATmega1281, ATmega16, ATmega161, ATmega162, ATmega163, ATmega164, ATmega169, ATmega2560, ATmega2561, ATmega32, ATmega324, ATmega329, ATmega3290, ATmega64, ATmega640, ATmega644, ATmega649, ATmega6490, ATmega8515, ATmega8535
- ATtiny12, ATtiny13, ATtiny15, ATtiny25, ATtiny26, ATtiny45, ATtiny85, ATtiny2313
- AT90S1200, AT90S2313, AT90S2333, AT90S2343, AT90S4414, AT90S4433, AT90S4434, AT90S8515, AT90S8535
- AT90CAN128
- AT90PWM2, AT90PWM3

## 7.2 Extreme Burner

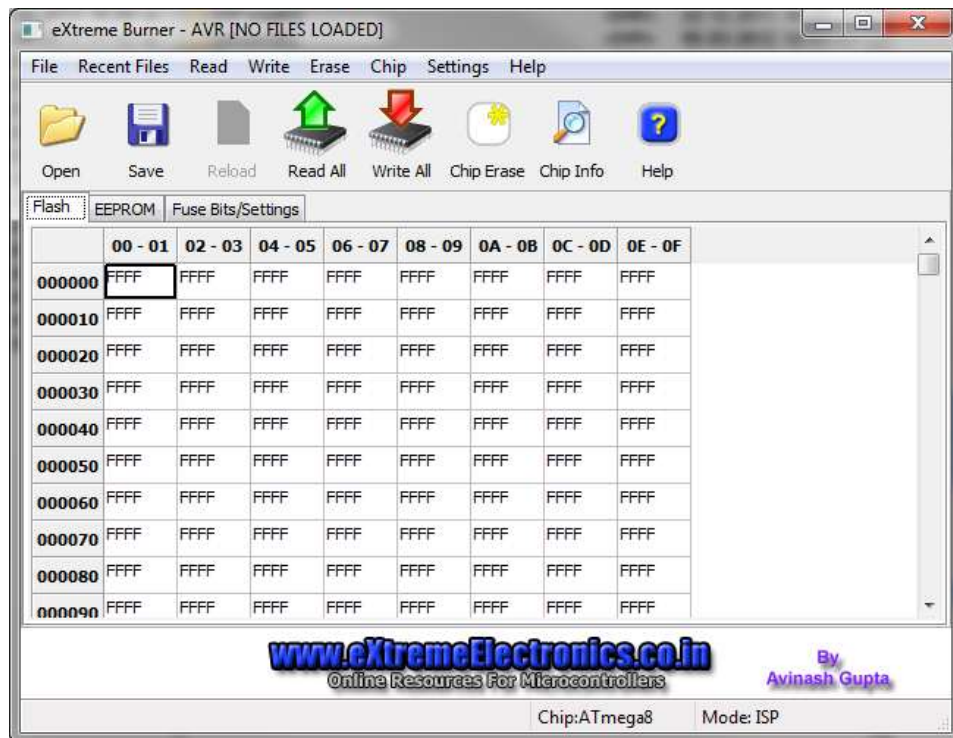
Extreme Burner je programovací aplikace pro snadné programování mikrokontrolerů AVR přes USB programátor USBasp. Tento uživatelsky intuitivní program jsem použil z důvodů problému při programování klonu ATmega8, který se mi nedařilo naprogramovat přes programovací modul v aplikaci BASCOM. Data se sice do mikrokontroléru nahrála, avšak reálné chování neodpovídalo napsanému programu. po mnoha pokusech (výměna mikrokontroléru, vypůjčení programátoru), jsem zjistil, že aplikace BASCOM ve verzi 1.11.8.7 přes USB rozhraní neumí programovat mikrokontrolér ATmega8.

Na stránkách vývojce USBasp jsem objevil další aplikace, které s tímto programátorem umějí pracovat. po prvním pokusu s Extreme Burner se program do mikrokontroléru ATmega8 nahrál funkčně a od té doby jsem pro vývoj aplikací používal tento programátorský software. Extreme Burner pracuje s HEX soubory, které získáme například z kompilovaného programu v aplikaci BASCOM, AVR Studio a jiných.

[7]

Extreme Burner disponuje:

- Grafický uživatelským rozhraním pro snadnou a intuitivní ovladatelnost.
- Podpora více počítačových platform
- Čtení z pamětí flash, EEPROM a stav nastavení propojek mikrokontroléru
- Zápis do pamětí flash, EEPROM a nastavování propojek mikrokontroléru
- Otevřít nebo uložit hex soubor.



Obr. 11 Základní okno programu Extreme Burner

## 8 VÝVOJOVÁ DESKA AVR DKITT V01

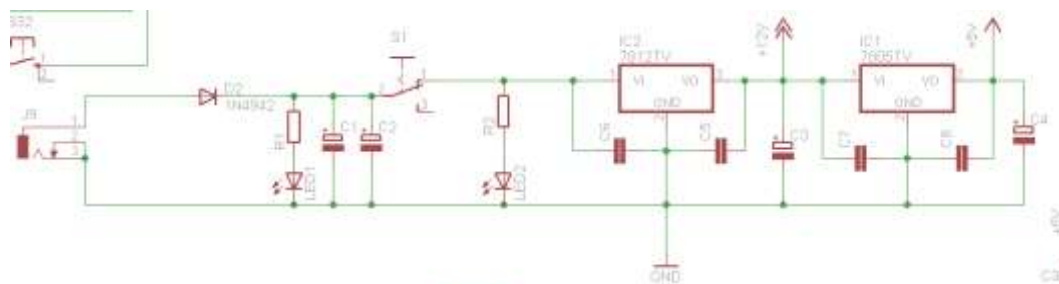
Základním modulem stavebnice je vývojová deska. Deska je osazena nejběžněji používanými moduly. Volil jsem cestu vytvořit velkou komplexní desku, než volbu s více deskami. Výhodou je, že mám veškeré moduly pohromadě a nemusím řešit napájení jednotlivých modulů. Ovšem nevyhnu se s nutností moduly mezi sebou propojovat.



*Obr. 12 Osazená a oživená hlavní vývojová deska stavebnice*

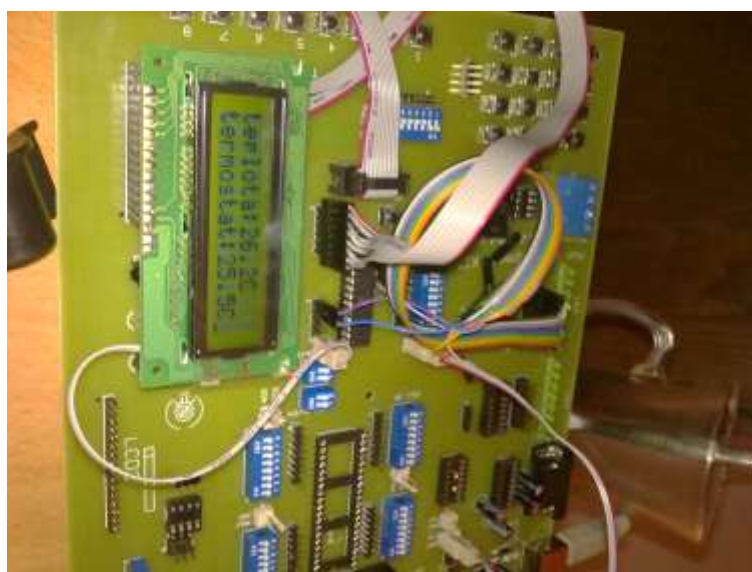
Celá deska je napájena zdrojem stejnosměrného napětí o hodnotě 13V – 30V. Napájení je pak upravováno přes stabilizační obvody 7812 na 12V a pomocí 7805 na +5V.

Napájecí obvod je chráněn ochranou diodou, která je zapojena v propustném směru. Dojde-li k přepólování napájení, dioda se zavře a dojde k ochraně jednotlivých součástek. Dále je obvod signalizován pomocí páru LED diod. Jedna dioda signalizuje správně polarizované napájecí napětí a druhá signalizuje zapnutí modulu.



*Obr. 13 Schéma zapojení napájení hlavní desky*

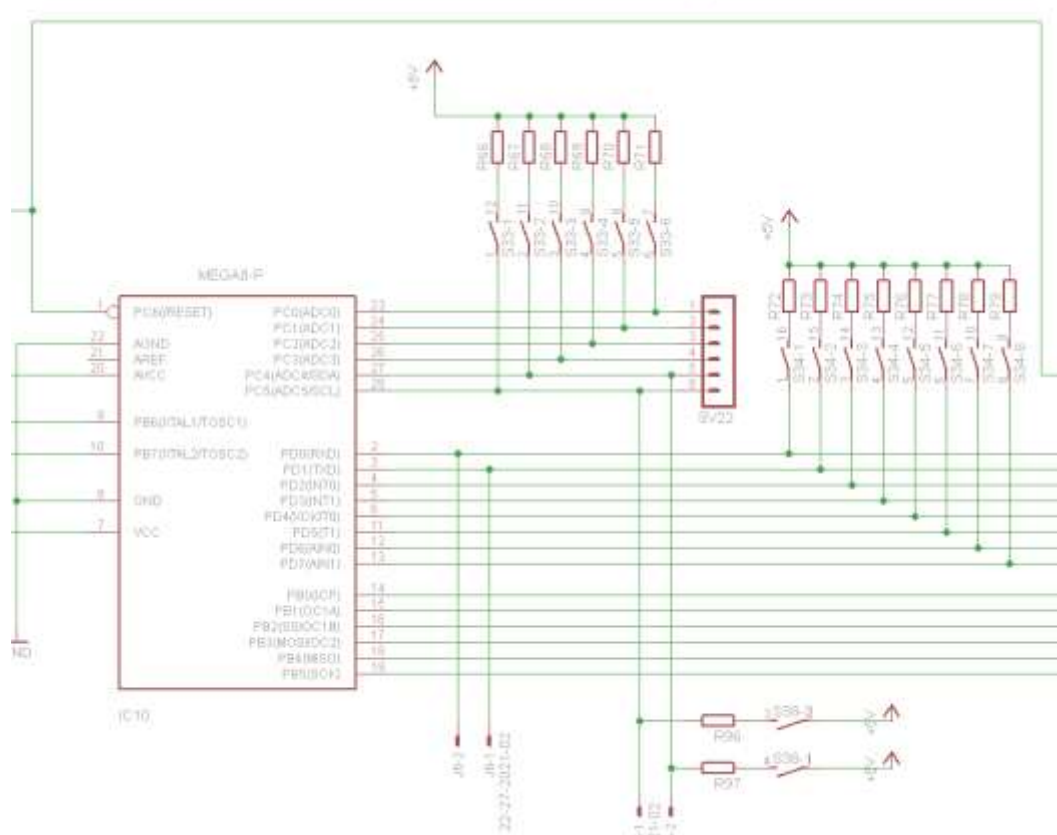
Vývojový modul je osazen dvěma patkami pro připojování 28 a 40 pinových procesorů Atmel AVR (procesorové bloky). Pomocí osazení dvou mikrokontrolerů najednou lze testovat i více procesorovou komunikaci. Na obr. 15 je naznačeno zapojení jednoho procesorového bloku. Každý port mikrokontroléru je vyveden na 8 pinový vývod, ze kterého lze port připojit na další moduly. Zároveň je paralelně ke každému pinu připojen přepínač. Pomocí přepínače mohou nastavovat vstupní úroveň procesoru, tj. mohou přepínač přepnout do polohy ON a tím na pin přivedu napětí +5V, které označuje úroveň logické 1. a mohou tak simulovat potřebné stavy při vývoji aplikací.



*Obr. 14 Ladění první aplikace termostat*

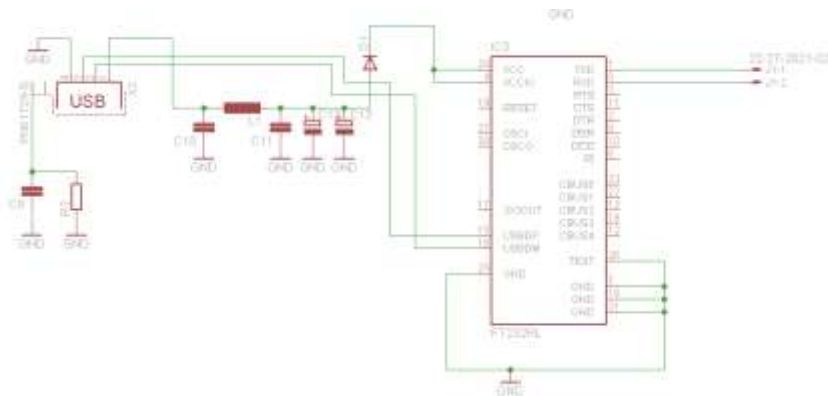


Na pinech mikrokontroléru, kde je vyveden modul sběrnice I2C (ATmega8, Port C4-SDA a PortC5-SCL), který lze přes přepínač označeným na desce jako “I2C on/off“ zapnout. Sběrnice I2C, stejně jako UART je vyveden na desku pomocí konektorů se zámkem, tedy při použití správného kabelu není možné kabel přepojit a omezit tak funkci. K mikrokontroléru je přiveden i konektor ISP10 pro sériové programování mikrokontroléru přímo na desce. Tyto vývody platí pro oba procesorové bloky. Každý procesorový blok obsahuje tlačítko pro reset, pokud by se stalo, že by se obvod dostal do nestabilního stavu.

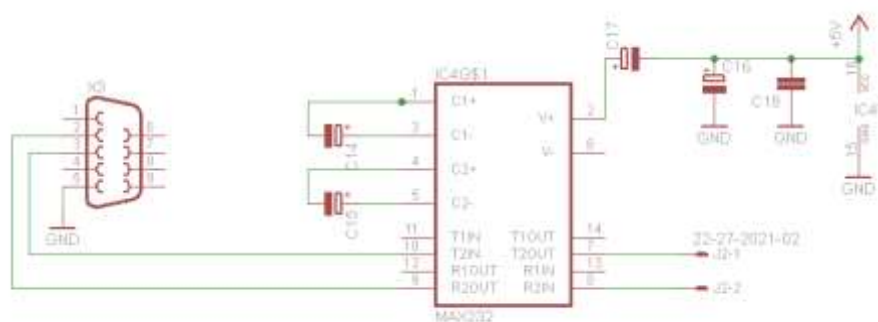


Obr. 15 Schéma zapojení bloku procesoru

Na desce je zakomponováno rozhraní RS232 ve dvou podobách. V klasické podobě, připojování přes sériový port, přes napěťové úrovně protokolu RS232, které jsou pomocí obvodu MAX232 převáděny do TTL logiky viz obr. 17. Druhá varianta připojení je použití TFDI čipu viz obr. 16. Tak odpadá řešení problému s vývoji na noteboocích, neboť se nechá deska připojit pomocí USB. Na připojení desky je potřeba datového kabelu USB a – USB B. Po připojení k PC je nutné nainstalovat ovladače a nakonfigurovat port. Ovladače k TFDI jsou součástí přiloženého média práce.

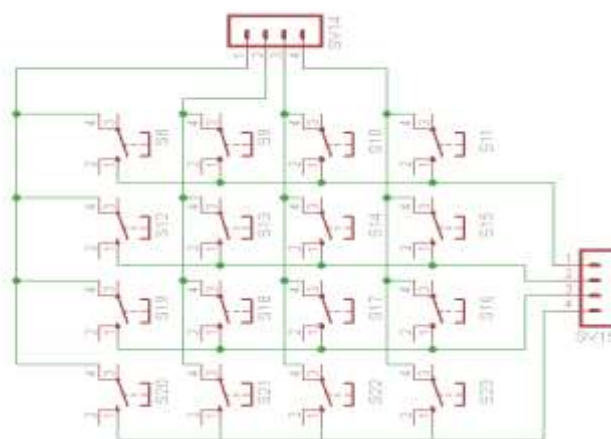


Obr. 16 Schéma zapojení TFDI čipu na hlavní desce

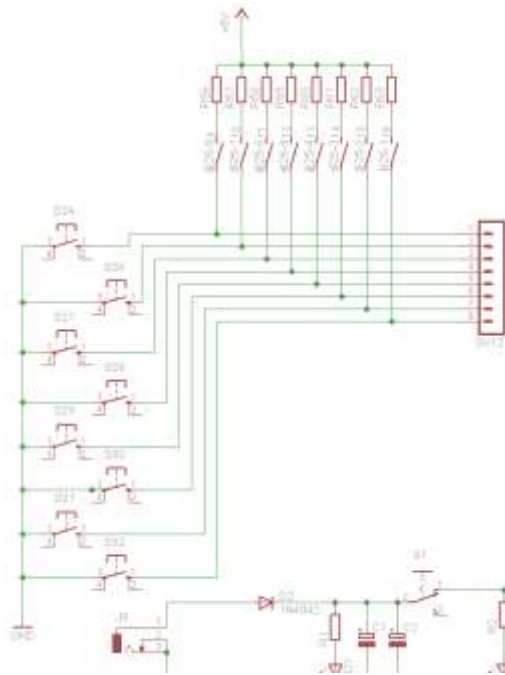


Obr. 17 Schéma zapojení převodníku RS232 - UART čipu na hlavní desce

Na desce jsou dále zakomponované moduly maticové klávesnice, obr. 18, a tlačítek, obr. 19.



Obr. 18 Schéma maticové klávesnice



Obr. 19 Schéma tlačítkového modulu

Dále je vývojová deska osazena modulem LED, která slouží při vývoji k signalizaci výstupu na daném pinu. LED modul je osazen ve dvou variantách. Jedna varianta je rozsvěcování LED diod přes aktuální hodnotu logické úrovně anebo pomocí logických obvodů. Volba se nechá vždy nastavit jumpery na desce. Logický obvod použitý u modulů LED je 74HCT42<sup>4</sup> (pravdivostní tabulka je uvedena v tabulce 1).

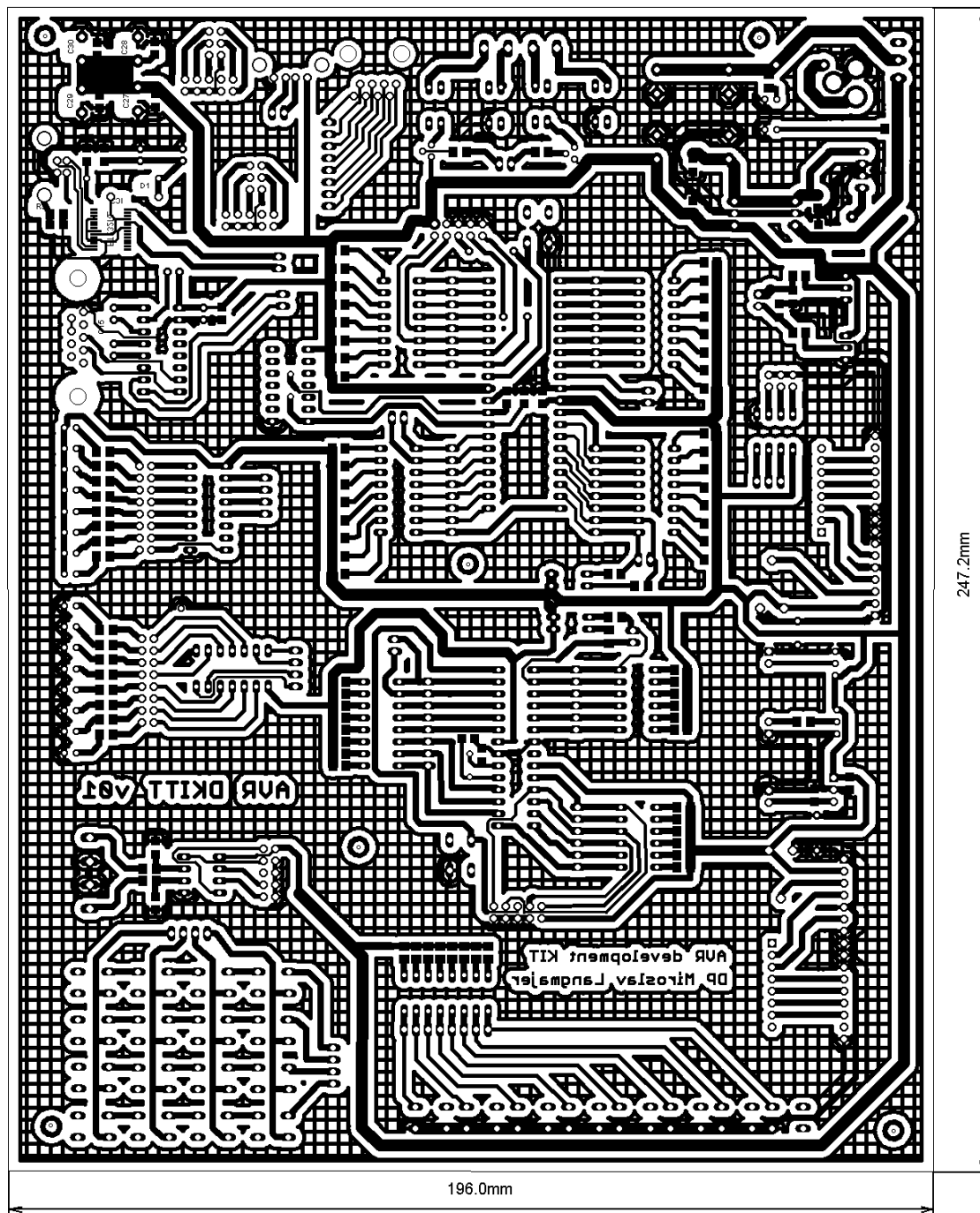
Tabulka 1 Pravdivostní tabulka BCD dekodéru 74HCT42, převzato a upraveno z [26]

TRUTH TABLE													
INPUTS				OUTPUTS									
A3	A2	A1	A0	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9
L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H
L	H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H
L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L
H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H

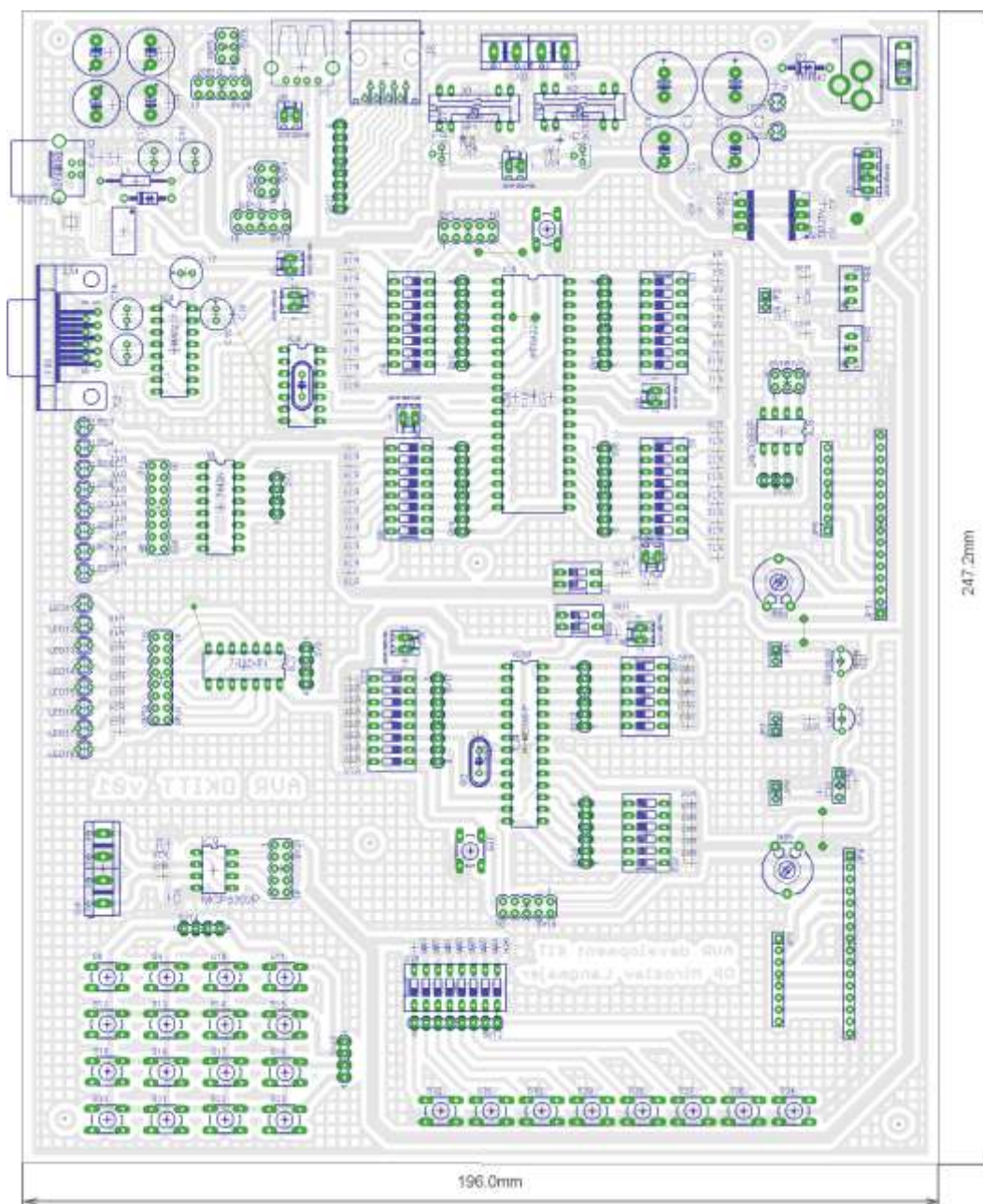
H = High Voltage Level, L = Low Voltage Level

<sup>4</sup> BCD dekodér 1 z 10 s invertovaným výstupem

Schéma celého návrhu základní desky je součástí přiloženého CD. Při návrhu jsem umístil všechny dílčí moduly do jednoho schématického výkresu a jeho čitelná podoba je při výtisku na formát papíru A2.



Obr. 20 Deska plošného spoje vývojového modulu



Obr. 21 Osazení desky vývojového modulu

## 8.1 Použité součástky

### 8.1.1 FTDI převodník

K většímu využití vývojové desky a i aplikací jsem do vývojového modulu zakomponoval převodník USB-RS232. Převodníky FTDI RS232-USB dokáží obecně mnoho funkcí, ale pro předmětnou aplikaci stačí na jedné straně zapojit rozhraní USB (signály VCC, GND a USBD+M,USBD-) a na straně druhé rozhraní RS232 (signály TX, RX).

Vlastnosti čipu FTDI FT232BM:

- datové vstupy/výstupy 3,0 až 5 v - CMOS kompatibilní,
- napájení modulu ze sběrnice USB nebo externí,
- možnost plně hardwarového řízení toku dat,
- vyrovnávací paměť pro příjem 384 byte,
- vyrovnávací paměť pro vysílání 128 byte,
- protokol USB 1.1, USB 2.0 kompatibilní,
- s odběrem proudu z USB nad 100 mA (max. 500 mA),
- možnost hardwarové optimalizace toku dat pomocí změny signálu CTS, DSR,
- zdarma ovladače pro WIN 98/2K/ME/XP/CE, Mac OS8/OS9/OS X a Linux
- modul je určen pro zasunutí do patice DIL28 nebo pro montáž do DPS.



Obr. 22 SMD pouzdro FTDI čipu, převzato a upraveno z [27]

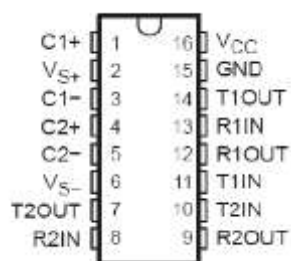
### 8.1.2 Rozhraní RS232

RS232 je rozhraní pro přenos informací vytvořené původně pro komunikaci dvou zařízení do vzdálenosti 20 m. Pro větší odolnost proti rušení je informace po propojovacích vodičích přenášena větším napětím, než je standardních 5 V. Přenos informací probíhá asynchronně, pomocí pevně nastavené přenosové rychlosti a synchronizace sestupnou hranou startovacího impulsu. RS 232 používá dvě napěťové úrovně. Logickou 1 a 0. Log. 1 je indikována zápornou úrovní, zatímco logická 0 je přenášena kladnou úrovní

výstupních vodičů. Nejběžněji se pro generování napětí používá napěťový zdvojovač z 5V a invertor. Logické úrovně jsou potom přenášeny napětím +10V pro log. 0 a -10V pro log. 1. [22]

RS232 Používá asynchronní přenos informací. Každý přenesený byte konstantní rychlostí je proto třeba synchronizovat. K synchronizaci se používá sestupná hrana tzv. Start bitu. Za ní již následují posílaná data. [22]

U převodníků z RS-232 na TTL logiku a naopak, požadujeme 5V napájení. Nejpoužívanější obvod pro připojení k RS-232 je MAX232 firmy Maxim. Možné alternativy obvodu MAX232 jsou např. ICL23, DSC14C23. [22]



Obr. 23 Rozložení vývodů obvodu MAX232, převzato a upraveno z [22]

Obvod MAX232 je napájen 5V. Jeho základní zapojení je zobrazeno na obr. 24. s použitím čtyř kondenzátorů o kapacitě 1  $\mu$ F obvod zajišťuje správný chod. S mikrořadičem komunikuje pomocí TTL logiky. [22]

### 8.1.3 SPI rozhraní

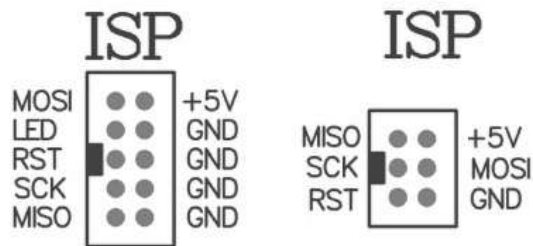
SPI (Seriál Peripheral Interface) zajišťuje vysokorychlostní přenos dat mezi mikrokontrolérem a periferním zařízením nebo jinými mikrokontroléry, které jsou vybaveny SPI sběrnici. Rozhraní SPI se používá při sériovém programování mikrokontroléru pomocí ISP<sup>5</sup>. ISP využívá integrovaný SPI modul, který je na portu B klonu ATmega32.[1]

ISP se nejčastěji připojuje pomocí 10 nebo 6 pinovým konektorem. Zapojení ISP konektoru je znázorněno na obr. 25.

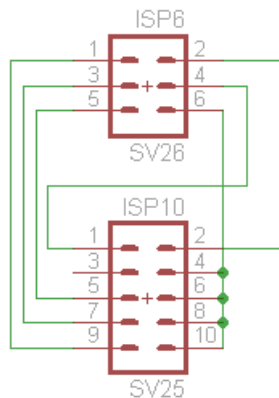
- SCK (hodiny)
- MOSI (Master Out Slave In)

<sup>5</sup> ISP (In System Programing) je druh nízkonapěťového programování mikrokontroléru.

- MISO (Master In Slave Out)
- RST (reset)
- GND (zem)
- VTG (napájení +5V)



Obr. 24 Zapojení konektorů ISP10 a ISP6, převzato a upraveno z [28]



Obr. 25 Schéma redukce ISP10-ISP6

Vlastnosti SPI:

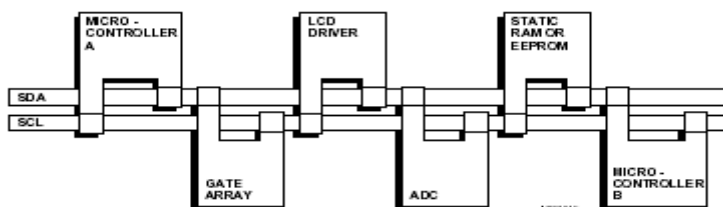
- Plný duplex (schopnost současně přijímat i vysílat)
- 3vodičový synchronní přenos dat
- Může pracovat jako master nebo slave
- 4programovatelné rychlosti, maximální přenosová rychlost až 2 Mb/s
- Lze volit pořadí bitů (LSB až MSB nebo MSB až LSB)
- Příznaky konce a kolize přenosu
- Schopnost procitnutí z režimu Idle po příjmu dat v režimu slave



## 8.1.4 Rozhraní I2C

Sběrnice I2C( I2C-bus, Inter-Integrated Circuit, „i kvadrát c“). Sběrnice byla navržena firmou Philips začátkem roku 1980. Dodnes je používána u více než 50 výrobců v řadě různých aplikací. Najdeme ji v mnoha typech řídicích systémů. I2C je sériové dvou vodičové datové vedení. Jeden vodič přenáší data (SDA) a druhý tvoří přenos hodinového signálu (SCL). Patří mezi multimasterové sběrnice, tzn. na jedné sběrnici je více řídicích obvodů nazývaných Master. Master je obvod, jenž generuje příkazy podřízenému obvodu, jenž je nazýván jako Slave. [21]

I2C sběrnice komunikuje po dvou vodičovém vedení, SDA a SCL. Vodiče přenášejí informace v podobě logických úrovní (0V – log. nula, 5V – log. jedna) mezi všemi připojenými zařízeními připojených na sběrnici. Každé zařízení (LCD displej, mikrokontrolér, paměť, klávesnice a další) připojené na sběrnici je vybaveno svou jedinečnou adresou. Zařízení a jsou schopna vysílat či přijímat data v závislosti na jeho funkci (LCD displej dokáže jen data přijímat, ale není konstruován tak, aby mohl data odesílat. Paměť umožňuje obě tyto funkce, tedy přijímat i vysílat data).



Obr. 26 Způsob zapojení zařízení na sběrnici I2C, převzato a upraveno z [29]

Zařízení se může chovat jako Master, nebo jako Slave. Master většinou tvoří mikrokontrolér naprogramován k ovládnání. Master generuje hodinový signál pro přenos, zavádí přenos a vybírá zařízení a způsob komunikace. Způsob zapojení zařízení na sběrnici je zobrazen na obr. 27. je možné připojit i dva Masterové obvody a zavést multimasterovou komunikaci. [21]

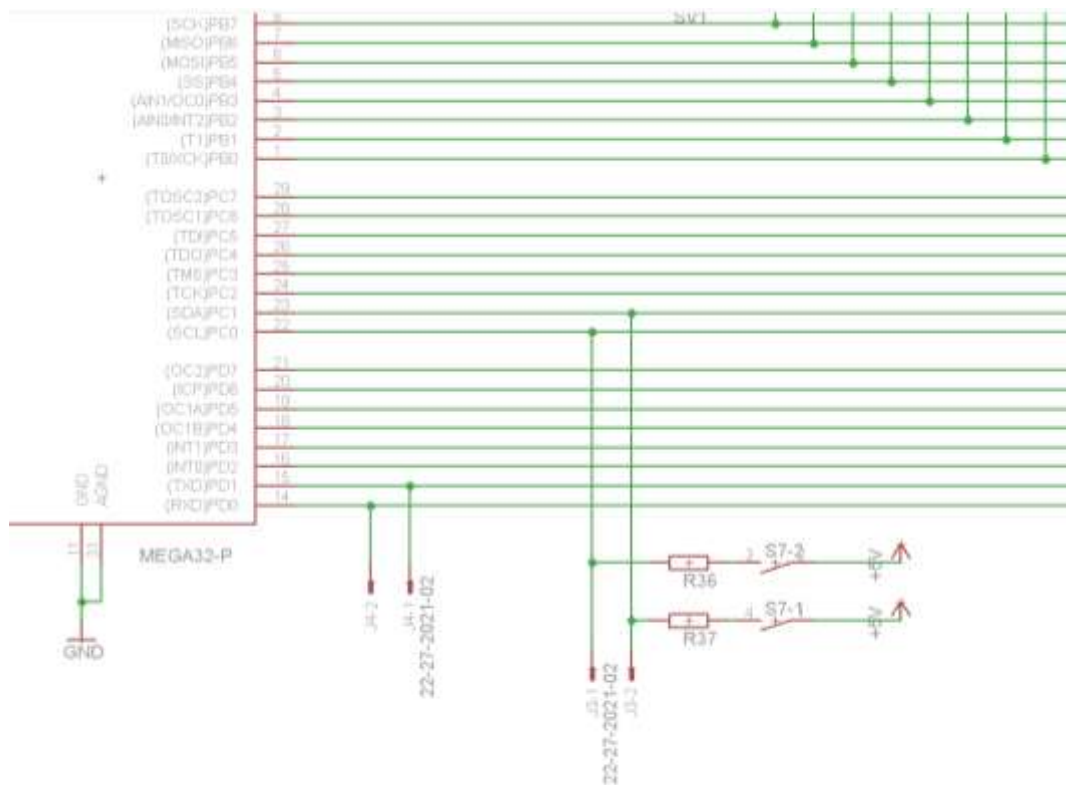
Výměna dat probíhá ve dvou principech:

Mikrokontrolér A( Master) posílá data mikrokontroléru B( Slave)

- Master vyšle adresový signál po sběrnici. Přepne se do režimu přijímání dat. Oslovené zařízení (Slave) adresovým signálem odešle zpět potvrzení
- Master vysílá data a jsou přijímána Slavem.
- Master ukončí přenos

Mikrokontrolér A( Master) získává data od mikrokontroléru B( Slave)

- Master vyšle adresový signál po sběrnici. Přepne se do režimu odesílání dat. Oslovené zařízení (Slave) opět odešle potvrzení
- Slave odesílá data a Master je přijímá.
- Master ukončí přenos

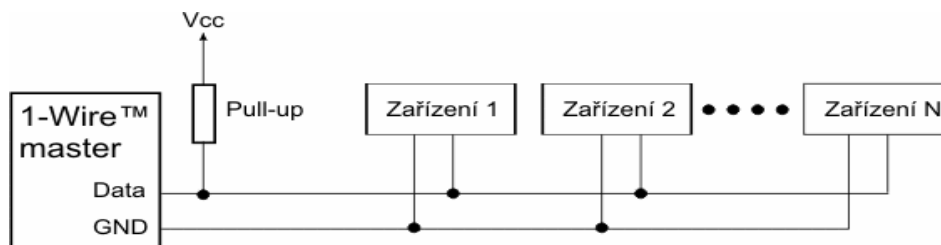


Obr. 27 Schéma zapojení sběrnice I2C k procesorovému bloku

### 8.1.5 Rozhraní 1-wire

Rozhraní sběrnice 1-Wire bylo vyvinuto zhruba v 90. letech firmou Dallas Semiconductor. Její jednoduchost umožňuje komunikaci po jednom jediném vodiči. Zařízení připojené na sběrnici jsou jednoúčelové obvody. Především teplotní čidla. Sběrnice 1-Wire je jednomasterová sběrnice. Master ovládá všechny připojené Slave

zařízení. Všechna zařízení, jsou připojeny na společný datový vodič a společnou zem, tak jak je naznačeno na obr. 29. [31]



Obr. 28 Způsob připojení zařízení k sběrnici 1-wire, převzato a upraveno z [30]

Data a příkazy jsou vysílány v pořadí od nejméně významnému k nejvíce významnému bitu. Komunikace je řízena oboustranně, asynchronně a poloduplexně<sup>6</sup>. Každá jednotka, ať Master nebo Slave, musí mít v sobě integrován generátor synchronního pulsu. Přenosová rychlost sběrnice 1-wire je 16 kbit/s a může se mírně kolísat vlivem zpomalení jednotlivých bitů. v některých případech lze dosáhnout rychlosti 128 kbit/s, tak zvaný overdrive. Tento režim je velmi náročný na kvalitu vodičů a pracuje na kratších vzdálenostech. [31]

Každé zařízení komunikující po 1-wire obsahuje svou vlastní paměť s unikátní 64 bitovou adresou. Tím je možno od sebe jednotlivá zařízení rozpoznat. [31]

### 8.1.6 LCD display s řadičem HD44780

Většina rozšiřujících modulů SIMAČ umožňuje připojit LCD displej, který bude sloužit k odečítání hodnot z čidel, nastavení polohy pohonu a pod.

S řadičem HD44780 pracuje naprostá většina znakových displejů. Vyrábějí se provedení od 1x8 znaků do 4x40 znaků. K propojení s jednočipem je třeba 4 nebo 8 datových vodičů. Pro případné čtení obsahu displeje je třeba připojit ještě jeden (R/W), jinak je trvale uzemněn. Základní znakovou sadu lze doplnit osmi vlastními znaky, které jsou pak dostupné pod kódy 0-7 a 8-15. [32]

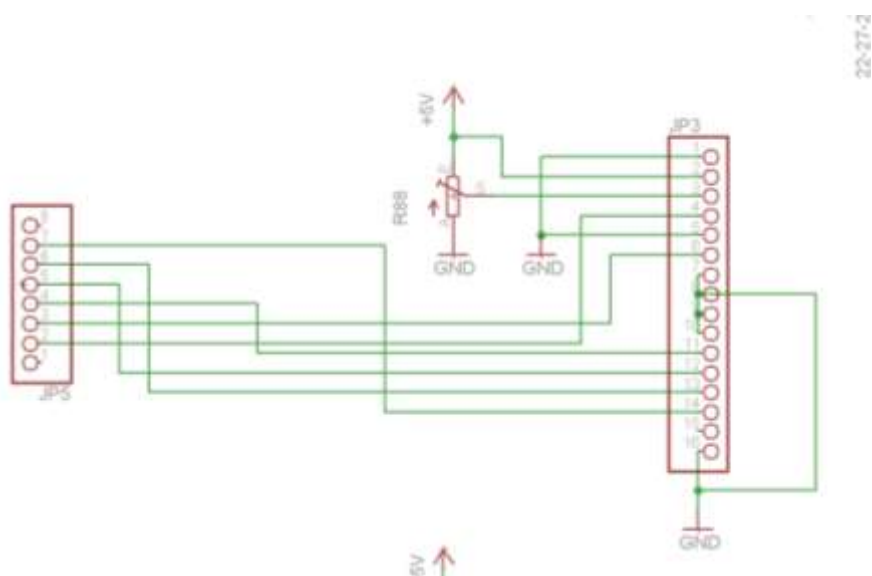
---

<sup>6</sup> Data lze odvyšlat a až teprve po té data přijímat. Nelze dosáhnout obojího v témže přenosu.

Komunikace 4-bitovou sběrnicí. Při tomto druhu komunikace jsou využity jen 4 datové vodiče DB4-DB7 a zbytek je uzemněn viz obr. 30. Data nebo instrukce jsou vyslány vždy nadvakrát. [32]

Tabulka 2 Zapojení pinu LCD displeje s řadičem HD44780

Číslo pinu	Název	Funkce
1	Vss	GND
2	Vcc	napájení +5V
3	Vee, V0	nastavení kontrastu
4	RS	volba mezi 0 - instrukce, 1 - data
5	R/W	volba mezi 0 - zápis, 1 - čtení
6	E	hodinový vstup
7	DB0	data 0
8	DB1	data 1
9	DB2	data 2
10	DB3	data 3
11	DB4	data 4
12	DB5	data 5
13	DB6	data 6
14	DB7	data 7
15	LED+	anoda podsvětlení
16	LED-	katoda podsvětlení



Obr. 29 Schéma zapojení LCD displeje pomocí 4bitové komunikace

## 9 AČKNÍ ČLENY

Akční člen je technické zařízení přenášející výstupní signál z regulátoru do regulované soustavy. Akční členy jsou tedy prvky určené k zpracování informace. Nastavují hodnotu akční veličiny, realizují vstup do regulované soustavy. Nejčastějšími představiteli jsou pohony a regulační orgán. [5]

**Pohony** - jsou zařízení převádějící signál z ústředních členů regulačního obvodu na výchylku konající požadovanou práci s požadovaným výkonem. [5]

**Regulační orgány** - jsou zařízení pro ovládání toku nebo energie systémem (průtoku kapalin, plynů a par, elektrického proudu, světelného toku) [5]

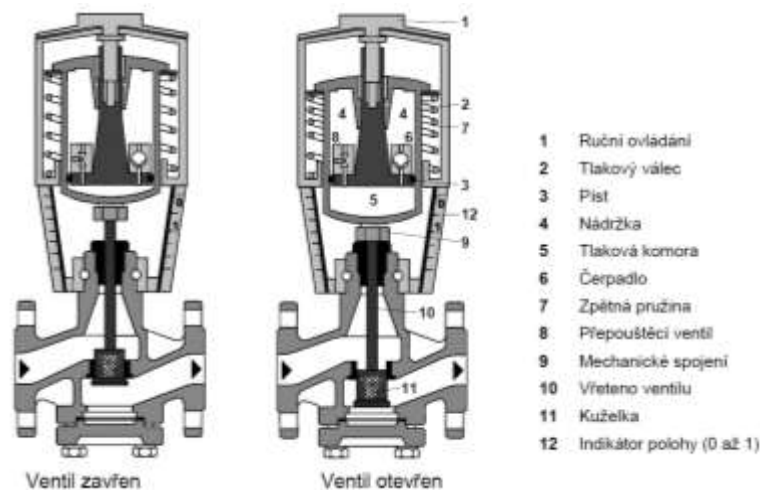
Akční členy mohou být spojitě nebo dvoupolohové. Dvoupolohové nabývají pouze do dvou poloh „otevřeno“ a „zavřeno“, využívá se pro jednodušší regulace a logické řízení. Spojitě akční členy se mohou nastavovat podle hodnoty řídicího signálu do jakékoli polohy mezi danými mezemi. [17]

### 9.1 Elektrohydraulické pohony Siemens

Jedná se o pohony pro ovládání přímých a trojcestných ventilů sloužící jako regulační a uzavírací ventily ve vytápění, ventilaci a klimatizaci.

Některé typy jsou vybaveny havarijní funkcí, která při výpadku napětí prostřednictvím zpětné pružiny pohon přestavuje do polohy nastavení zdvihu 0 % a tím uzavře ventil.

### 9.1.1 Elektrohydraulické pohony SKB82\*, SKC82 3 polohová regulace



Obr. 30 Princip činnosti pohonu SKB82, převzato a upraveno z [15]

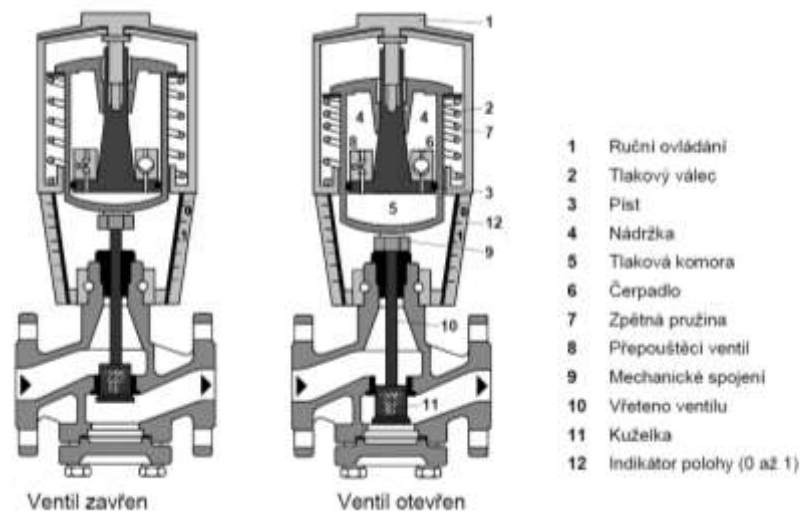
Popis činnosti vychází z obr. 31. Y1 Řídící signál otevírá, Y2 Řídící signál zavírá. Napětím na Y1 čerpadlo (6) přečerpává hydraulický olej z nádržky (4) do tlakové komory (5), čímž generuje zdvih: vřeteno ventilu (10) se zasunuje a ventilová kuželka (11) otvírá ventil.

- Napětím na Y2 přepouštěcí ventil (8) se otvírá a hydraulický olej je silou zpětné pružiny (7) přinucen přitékat zpět z tlakové komory (5) do nádržky (4): vřeteno ventilu (10) se vysunuje a ventilová kuželka (11) zavírá ventil. [15]

### 9.1.2 Elektrohydraulické pohony SKD62\*, SKD60 regulace signálem 0-10V

Popis činnosti vychází z obr. 32. Při otevírání ventilu čerpadlo (6) přečerpává hydraulický olej z nádržky (4) do tlakové komory (5), čímž generuje zdvih. Vřeteno ventilu (10) se zasunuje a ventilová kuželka (11) otvírá ventil.

Při otevírání ventilu se přepouštěcí ventil (8) otvírá a hydraulický olej je silou zpětné pružiny (7) přinucen přitékat zpět z tlakové komory (5) do nádržky (4). Vřeteno ventilu (10) se vysunuje a ventilová kuželka (11) zavírá ventil. [16]



Obr. 31 Princip činnosti pohonu SKD62, převzato a upraveno z [16]

#### Základní parametry pohonu

- Napájecí napětí AC 24 V
- Řídicí signál DC 0 - 10 V, 4 - 20 mA nebo 0- 1000Ω
- Bezpečnostní funkce automatického zavírání
- Zpětná vazba od polohy
- Kalibrace zdvihu
- Indikace stavů pomocí LED
- Vynucené řízení
- Přibližná cena 17 000 Kč s DPH

Tabulka 3 Přestavovací časy a možnostmi řízení SKD6\*, převzato a upraveno z [16]

Typ	Napájecí napětí	Řídicí signál	Havarijní funkce	Čas	Přestavovací čas	Zdokonalené funkce	
					Otvírání	Zavírání	
SKD62 SKD62U *	AC 24 V	DC 0 ... 10 V, 4 ... 20 mA nebo 0 ... 1000 Ω	Ano	15 s	30 s	15 s	Ne
SKD60		0 ... 1000 Ω	Ne	—			
SKD62UA *	AC 24 V	DC 0 ... 10 V, 4 ... 20 mA nebo 0 ... 1000 Ω	Ano	15 s	30 s	15 s	Směr provozu Omezení zdvihu Sekvenční řízení Dodatečný signál

## 10 MODUL SIMAČ „SIMULACE AKČNÍHO ČLENU“

Modul „SIMAČ“ je pracovní název pro moduly (SIMulace Akčního Členu), které slouží k simulování stavů některých automatizačních prvků, konkrétně akčních členů. Cílem těchto modulů je navržení tak, aby pomocí naprogramovaného mikrokontroléru vykazovaly chování reálného akčního členu. Tyto moduly jsou převážně určeny k vývoji aplikací a slouží k odladění procesu. Při vývoji procesu se stane, že se programátor překoukne v nějakém koeficientu daného prvku (například otevírací čas ventilu), ale až při nasazení do reálného procesu zjišťuje, že se celý systém chová chybně. Z tohoto důvodu se snažím o vývoj modulu, kterému se zadají vstupní parametry (např. otevírací doba, teplota sepnutí termostatu, ...) a naprogramovaný mikrokontrolér se bude chovat stejně jako by se choval reálný prvek. Nebude sice reálně spínat, či zavírat, ovšem bude svůj stav signalizovat pomocí LED, LCD.

Cílem jednotlivých modulů SIMAČ je univerzálnost. Aby bylo možné do jednoho komplexního modulu nahrát program, který by simuloval celou řadu reálných akčních členů a nechal se připojit k univerzální vývojové desce či konkrétnímu řídicímu modulu.

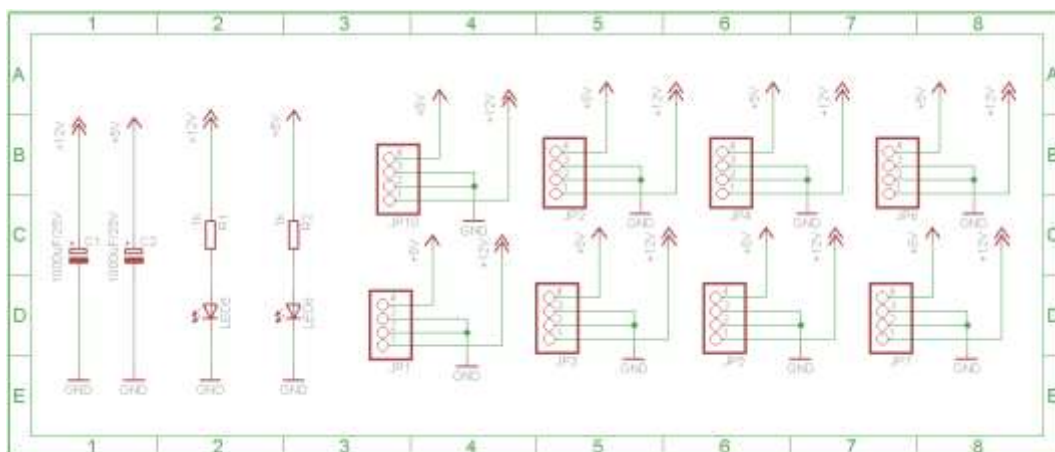
### 10.1 Moduly SIMAČ

Cílem celé diplomové práce je rozšířit výukovou stavebnici o další moduly. Vývojovou desku jsem rozšířil o moduly, kterým budou určeny řádky níže.

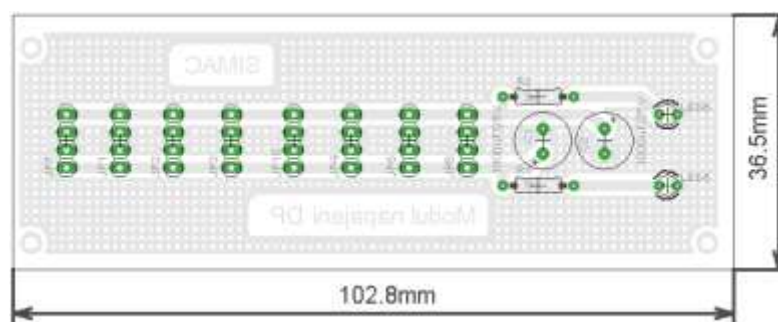
#### 10.1.1 SIMAČ – napájení

Nezákladnější modul stavebnice, umožňuje rozbočit napájení přivedené z hlavní desky. Pomocí konektoru se zámkem není možné otočit polaritu. Modul je vybaven signalizačními diodami, které signalizují, zda je do rozbočovače přiveden alespoň jeden zdroj napájení, nezáleží na pozici ani na pořadí připojeného konektoru. Svítící zelená dioda označuje přítomnost napájení +5V a červená +12V.

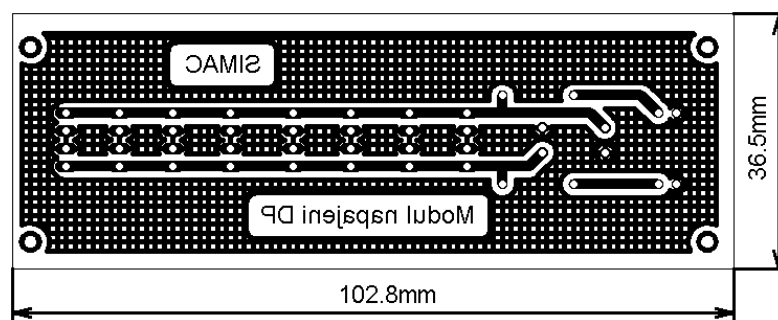




Obr. 32 Schéma zapojení „SIMAČ – řízení signálů“



Obr. 33 Rozložení součástek modulu „SIMAČ – řízení signálů“



Obr. 34 Deska plošného spoje modulu „SIMAČ – řízení signálů“

Tabulka 4 seznam součástek „SIMAČ – řízení signálů“

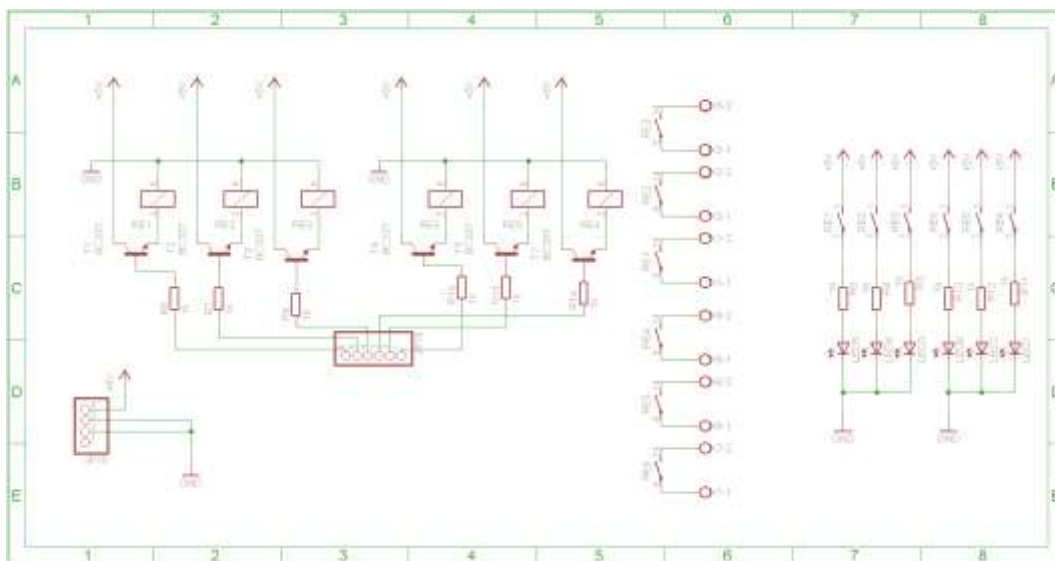
C1	1000µF/25V
C2	1000µF/25V
LED5	LED3MM
LED6	LED3MM
R1	1k
R2	1k

## 10.1.2 SIMAČ – řízení signálů

Tento modul slouží k převodu mezi řídicími signály a zároveň ke galvanickému oddělení. Pokud potřebuji spínat jednotku, kde řídicí signál není napěťové úrovně 5V, musím zařídit převod. Nejideálnější je použití jazýčkového relé, které mohu spínat 5V a na kontakty si mohu přivést potřebnou úroveň signálu.

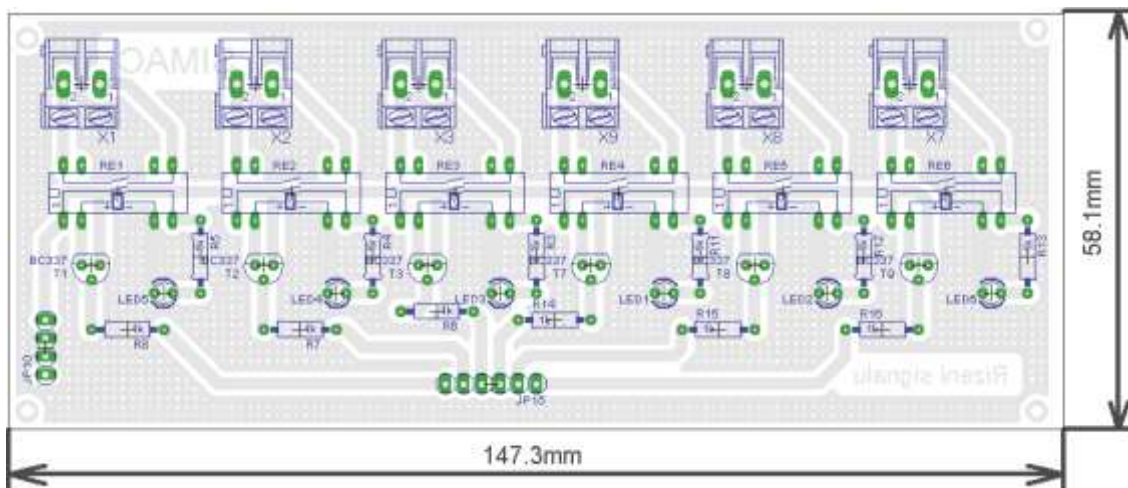
Pokud chci ovládat signály o 12V, připojím na jeden kontakt toto řídicí napětí a z druhého kontaktu signál přivedu na ovládaný prvek (koncový spínač, stykač, žárovka). Jsem ovšem limitován spínacím napětím a proudem jazýčkového relé. Hodnoty těchto veličin jsou uvedeny vždy v katalogovém listu od výrobce. Pokud chci pracovat s většími hodnoty, mohu tímto modulem spínat relé, které má několika násobně větší spínací hodnoty.

Modul je napájen napětím 5V a lze je připojit přes konektor výstupního napětí z hlavní vývojové desky, či z modulu napájení. Obvod modulu je vybaven šesti jazýčkovými relé typu COSMO D2A<sup>7</sup>, které jsou spínány přes tranzistor BC337. Na bázi tranzistoru se přivádí řídicí signál z mikrokontroléru. Signál otevře tranzistor a ten sepne kontakty relé. Na jeden pár kontaktů je zapojena signalizační LED. Pokud relé sepne, je sepnutí indikováno rozsvícením LED, v opačném případě LED zhasne.

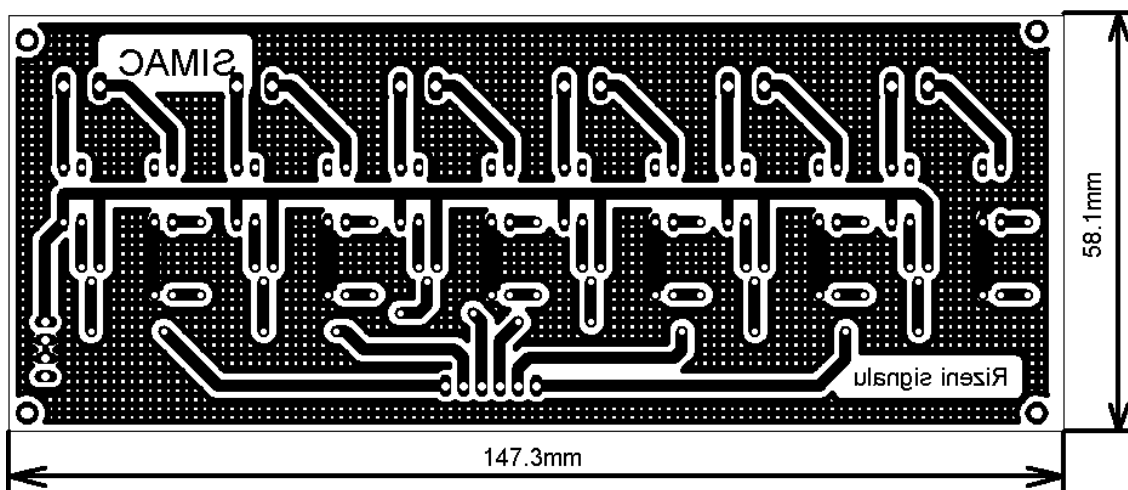


Obr. 35 Schéma zapojení „SIMAČ – řízení signálů“

<sup>7</sup> Elektromagnetické relé, 2x spínací kontakt, řídicí napětí 5V



Obr. 36 Rozložení součástek modulu „SIMAČ – řízení signálů“



Obr. 37 Deska plošného spoje modulu „SIMAČ – řízení signálů“

Tabulka 5 Seznam součástek „SIMAČ – řízení signálů“

LED1-LED6	LED3MM
R3	1k
R4	1k
R5	1k
R6	1k
R7	1k
R8	1k
R11	1k
R12	1k
R13	1k
R14	1k
R15	1k
R16	1k
RE1 - RE6	COSMO D2A
T1 - T6	BC337

### 10.1.3 SIMAČ – „Elektrohydraulické pohony“

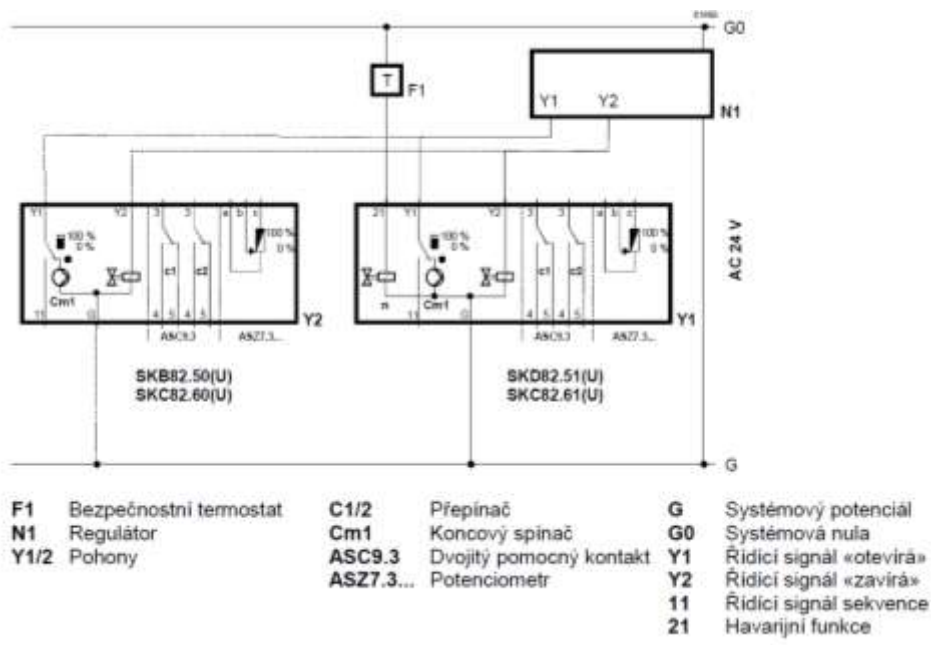
Tento modul je navržen tak, aby splňoval proces reálných akčních členů a to konkrétně:

- SKB32.50, SKB32.51, SKB82.50, SKB82.51
- SKC32.60, SKC32.61, SKC82.60, SKC82.61
- SKD62, SKD62U, SKD60
- SFA71/18, SFA21/18

Ke každému akčnímu členu lze na webu výrobce nalézt katalogový list. Katalogové listy uvedených akčních členů najdete i v příloženém médiu.

Výše uvedené moduly se od sebe liší především zdvihem ovládání ventilu, pracovním napájením, přestavovacími časy a zakomponováním havarijní funkce. K popisu funkce modulu SIMAČ – „Elektrohydraulické pohony“ jsem si vybral typ SKC82.51.

- Havarijní funkce (18 s)
- Přestavovací čas 120 s
- 3 bodové ovládání



Obr. 38 Zapojení ovládání 3 polohového řízení, převzato a upraveno z [16]

V tomto popisu se budu věnovat 3 polohovému ovládání (signál Y1, signál Y2 a Y1, Y2 bez napětí). Funkce obvodu je navržena i na řízení pomocí signálu 0 – 10 V. K řízení signálem 0 – 10 V je potřeba do řídicího obvodu zařadit D/A převodník. D/A

převodník může být námět k dalšímu modulu, nicméně ve svém řešení se opírám o softwarový převodník, kde programem řídím kombinaci binární dat, kterou přepočítávám do dekadické soustavy a dostávám tak potřebný vstup. Ve svém řešení jsem si zvolil 4 bitový paralelní přenos, který je i pro ovládání některých reálných procesů zcela dostačující.

*Tabulka 6 Převodní tabulka softwarového převodníku 1-10V*

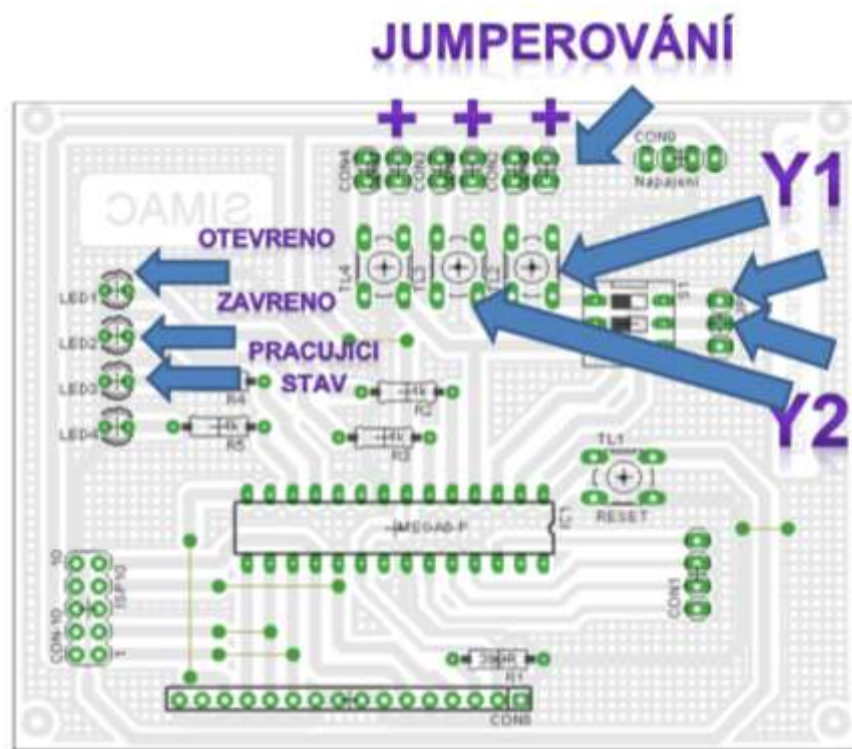
Pin.3	Pin.2	Pin.1	Pin.0	Výstupní hodnota [V]	Nastavení ventilu [%]
0	0	0	0	0,00	0,0%
0	0	0	1	0,67	6,7%
0	0	1	0	1,33	13,3%
0	0	1	1	2,00	20,0%
0	1	0	0	2,67	26,7%
0	1	0	1	3,33	33,3%
0	1	1	0	4,00	40,0%
0	1	1	1	4,67	46,7%
1	0	0	0	5,33	53,3%
1	0	0	1	6,00	60,0%
1	0	1	0	6,67	66,7%
1	0	1	1	7,33	73,3%
1	1	0	0	8,00	80,0%
1	1	0	1	8,67	86,7%
1	1	1	0	9,33	93,3%
1	1	1	1	10,00	100,0%

Pomocí konektoru CON1 mohu na port C<sup>8</sup> posílat kombinaci dat na nastavení požadované hodnoty stejnosměrného napětí. Používám 4bitové rozlišení, kde kombinace viz tabulka 6, udává velikost ovládacího napětí. Charakteristika tohoto přenosu je ekviprocentní (0V = 0% otevření a 10V=100% otevření).

Řízení pomocí 2 anebo 3 polohového řízení je řešeno připojením k modulu pomocí konektoru JP9. Pokud je přepínač v poloze OFF nelze modul řídit z venčí, je pouze možné

<sup>8</sup> Port C pin 0 – pin 3. Kde pin 0 představuje nultý bit a pin 3 třetí bit.

obvod řídit ručně a to pomocí tlačítek. Tlačítka se nechají nastavovat pomocí přepojovacích spojek (jumperů<sup>9</sup>).



Obr. 39 Konfigurace „SIMAČ – Elektrohydraulické pohony“

Tím vzniká možnost volit úroveň signálu pro jednotlivá tlačítka. Pokud je přepínač v poloze ON, lze modul ovládat pomocí vstupnímu signálu. Obvod pracuje pouze s napěťovými úrovněmi TTL logiky. Pokud by na vstupu bylo větší napětí, může dojít k poškození mikrokontroléru. Vstup JP9.1 představuje Y1, JP9.2 zase Y2. Pokud je na vstupu logická jedna, program vyhodnotí stav jako reální prvek sepnuto a začne se přestavovat svůj stav. Pokud přijde povel, program začne simulovat změnu polohy pohonu a svůj pracovní stav začne signalizovat blikající diodou. Každá poloha se programově vypočítá a pomocí připojení LCD displeje se nechá přesně vyčíst nastavená poloha pohonu.

```
Rem Zdrojový kód konfigurace pohonu
$regfile = "m32def.dat"
$crystal = 1000000

'SKC82.51
```

<sup>9</sup> Jumper je mechanická spojka vodičů.

```

'definice ovladacich signalu
'Pind.0    = y1
'Pind.1    = Y2

'definice casovych konstant
Const Casotevreni = 120 'v sekundach
Const Caszareni = 120 'v sekundach
Const Krok = 0.83      'nataveni kroku pri zmene polohy
1/cas*100
'definice havirijniho modulu 0=ne, 1=ano
Const Havarijnimodul = 1
Const Cashavarijni = 18                                'v sekundach

Config Pind.0 = Input
Config Pind.1 = Input
Dim Poloha As Integer
Dim A As Integer
Dim Abackopen As Integer
Dim Abackclose As Integer
    Abackopen = 0      'slouyi k pomatovani, kde jsem skoncil
pri prestovani pohonu
    Abackclose = 0
Do
    Reset Pind.0
    Waitms 10
    If Pind.0 = 1 Then                                'pokud je signal na
y1 zacni otevirat

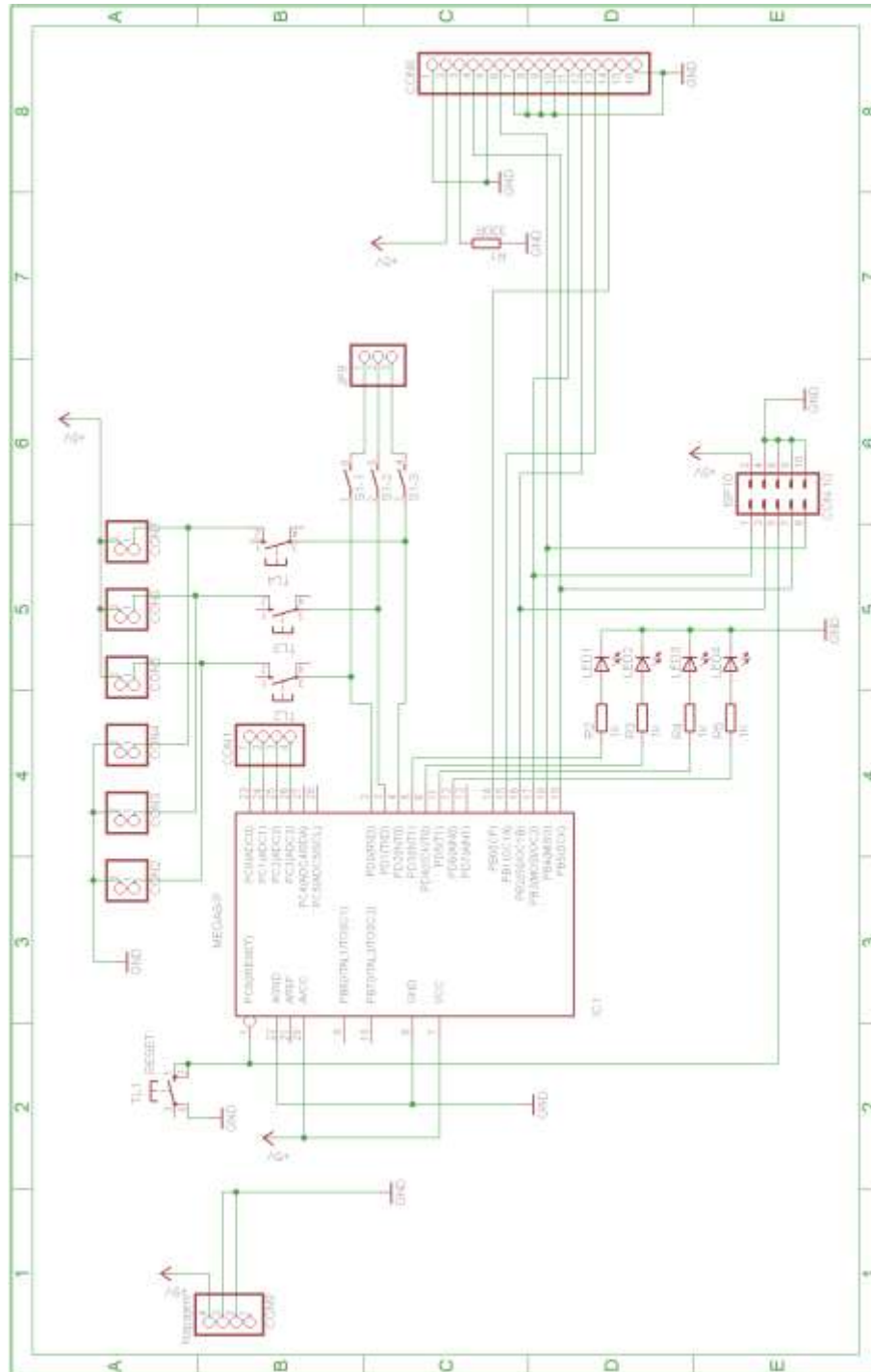
        For A = Abackopen To Casotevreni              'casova Smycka
Otevirani
            Wait 1
            Poloha = Poloha + Krok                    'zmena polohy, muzu
vycitat
            If Pind.0 = 0 Then
                Abackopen = A
                A = Casotevreni                        'jakmile se ztrati
signal na y1, tak konec otevirani
            End If
        Next
    End If

    Reset Pind.1
    Waitms 10
    If Pind.1 = 2 Then

        For A = Abackclose To Caszareni
            Wait 1
            Poloha = Poloha - Krok
            If Pind.1 = 0 Then
                Abackclose = A
                A = Casotevreni                        'jakmile se ztrati
signal na y2, tak konec yavirani
            End If
        Next
    End If

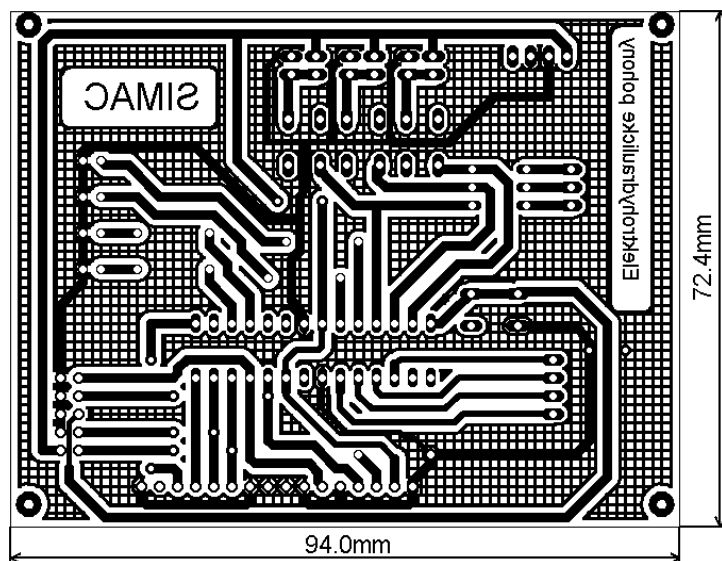
```

Loop  
End

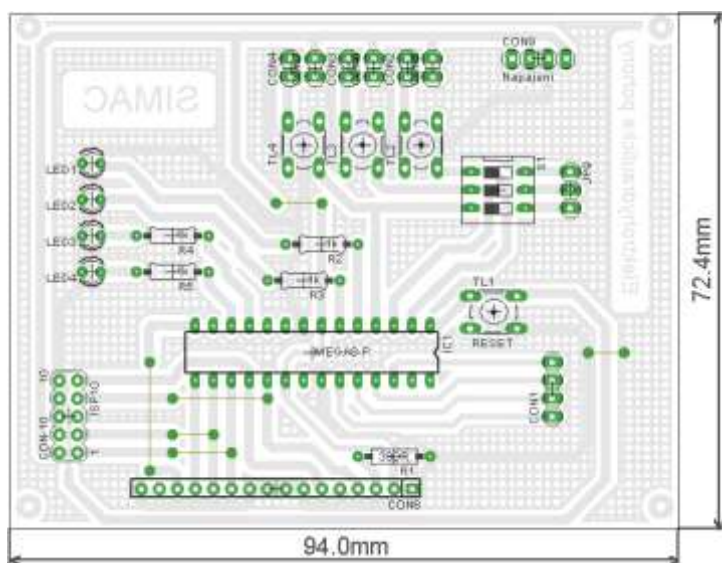


Obr. 40 Schéma zapojení „SIMATIC - Elektrohydraulické pohony“





Obr. 41 Deska plošného spoje modulu „SIMAČ - Elektrohydraulické pohony“



Obr. 42 Rozložení součástek modulu „SIMAČ - Elektrohydraulické pohony“

Tabulka 7 Seznam součástek SIMAČ - Elektrohydraulické pohony

I01	ATMEGA8-P
LED - LED4	LED3MM
R1 - R5	1k
TL1 - TL5	P-TC-0103-T

### 10.1.4 SIMAČ – „Programovatelný termostat“

Tento modul především pracuje s teplotními údaji. Pracuje s ověřenými teplotními čidly DS18B20 firmy Dallas Semiconductor, které komunikují po sběrnici 1-wire. [23]

Modul je osazen třemi výše uvedenými teplotními čidly. Čidla jsou zapojena na jeden společný datový vodič a jejich obsluhu lze řešit softwarově. K získání dat z teplotních čidel lze k modulu připojit LCD displej, nebo modul spojit s hlavní deskou pomocí rozhraní UART. Modul je rozšířen o tři relé. Každé relé má 2 páry spínacích kontaktů. Jeden pár je určen k použití při vývoji aplikací a druhý slouží jako signalizace sepnutí relé. Pokud by bylo zapotřebí číst stavy z jednotlivých pinů, lze místo připojení LCD zobrazovače připojit 6 signálů.

Nejjednodušší funkcí tohoto modulu je nastavit modul jen jako teploměr, a naměřené údaje zobrazovat na displeji.

Výše uvedenou funkci modulu lze navíc rozšířit o funkci termostatu a to tak, že lze softwarově nastavit podmínku, např. pokud je přechtená teplota z čidla větší než 22°, tak sepní relé 1.

```
$regfile = "m8def.dat"
$crystal = 1000000
Declare Sub Read1820
Declare Sub Crcit
Declare Sub Temperature

Dim Bd(9) As Byte
Dim I As Byte , Tmp As Byte
Dim Crc As Byte
Dim T As Integer , T1 As Integer
Dim V As Byte
Dim TempH As Integer , TempL As Integer
Dim Ia As String * 4
Dim Wd As Integer
Config 1wire = Pd.6
TempH = 0
TempL = 999
Wd = 0
Cursor Off
Cls

Locate 1 , 6 : Lcd Chr(1) ; "C"

Do
Temperature

If T > 22 Then
```

```

    Set Pinb.0          'POSILAM do hlavni desky info o stavu
termostatu
    Set Pind.2          'spinam jedno rele pro ukazku
Else
    Reset Pinb.0
    Reset Pind.2
End If

Loop
End

Sub Temperature        'procedura, co cte teplotu z jednoho
cidla ds18b0
lwwrite &HCC : lwwrite &H44
Waitms 300
Read1820
End Sub

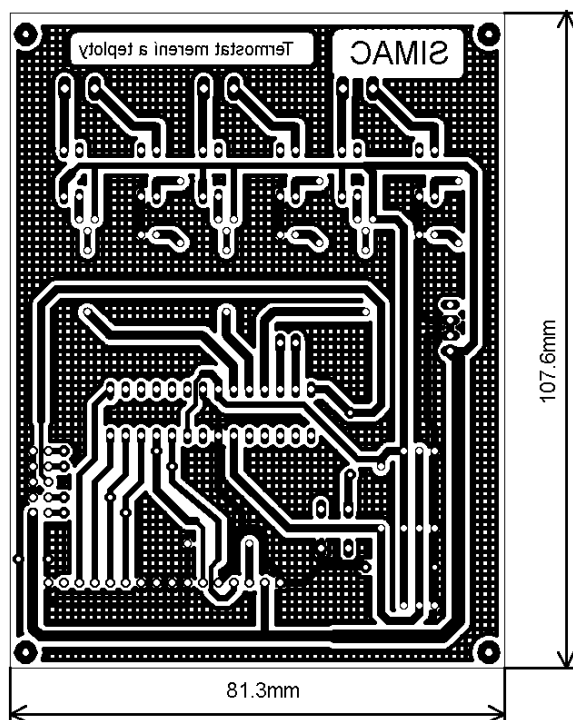
Sub Read1820
lwreset
lwwrite &HCC
lwwrite &HBE
Bd(1) = lwread(9)
lwreset
Crcit ' ckeck CRC
If Crc = 0 Then
Tmp = Bd(1) And 1
If Tmp = 1 Then Decr Bd(1)
T = Makeint(bd(1) , Bd(2))
T = T * 50
T = T - 25
T1 = Bd(8) - Bd(7)
T1 = T1 * 100
T1 = T1 / Bd(8)
T = T + T1
T = T / 10
End If
End Sub

Sub Crcit
If Bd(8) = Crc8(bd(1) , 7) Then
Crc = 0
End If
End Sub

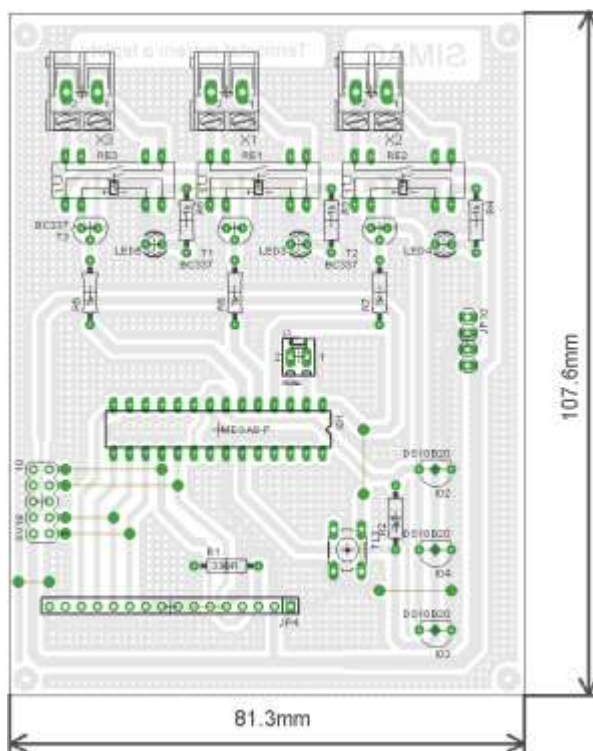
End

```





Obr. 44 Deska plošného spoje modulu SIMAČ – „Programovatelný termostat“



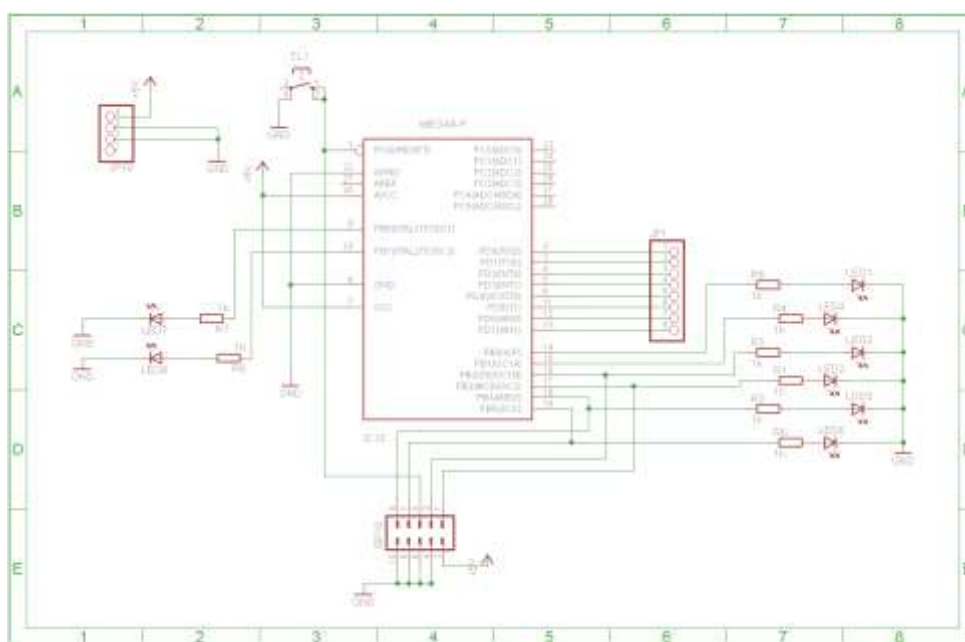
Obr. 45 Rozložení součástek modulu SIMAČ – „Programovatelný termostat“

Tabulka 8 Seznam součástek SIMAČ – „Programovatelný termostat“

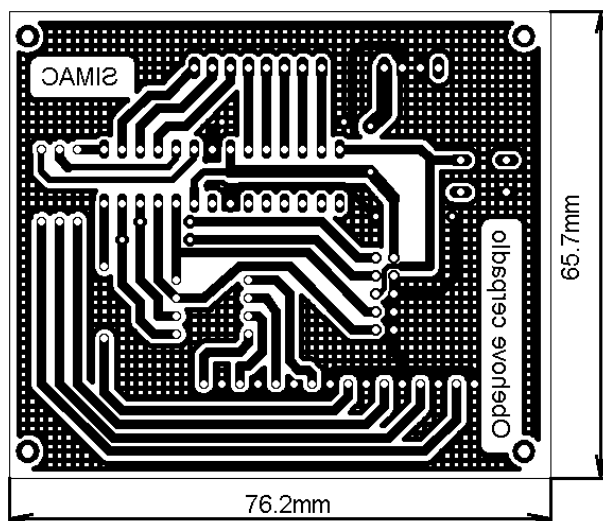
I01	ATMEGA8-P
I02, I03, I04	DS18B20
LED3	LED3MM
LED4	LED3MM
LED5	LED3MM
R1	330R
R2	4k7
R3 - R8	1k
T1, T2, T3	BC337
TL1	P-TC-0103-T

### 10.1.5 SIMAČ – „Oběhové čerpadlo“

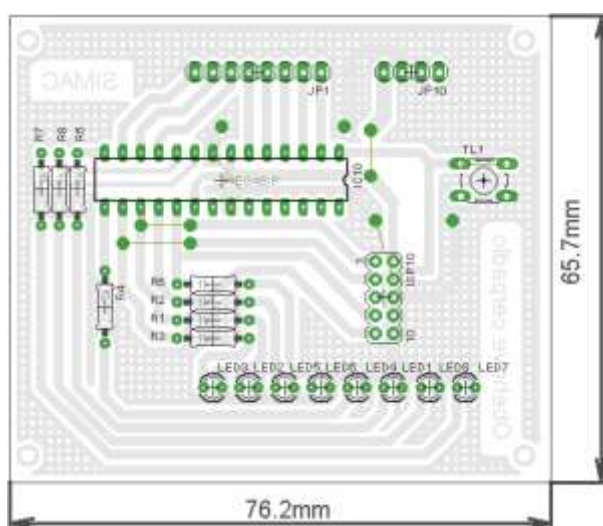
Modul oběhových čerpadel je jednoduchý modul, který přibližně simuluje chování motoru čerpadla. Vstupem se řídící signál, který značí stav zapnuto, v reálném procesu je to napájecí napětí. Modul disponuje 8 vstupy definovaných portem D – každý pin představuje jeden akční člen typu čerpadlo, motor, relé, ... a 8 výstupy představující port B. Na port B jsou připojeny LED diody, signalizující stav motor běží, relé sepnuto apod. Pomocí programu lze každému „virtuálnímu stroji“ nastavit libovolné parametry (zpoždění časové relé,...) Vstupy na portu D mohou softwarově měnit a tedy mohou dostat i jeden vstupní a 7 výstupních signálů. Může to vyřešit například zpětnou vazbu o sepnutí, či jako více kontaktů při časovacím relé apod.



Obr. 46 Schéma zapojení „SIMAČ – Oběhové čerpadlo“



Obr. 47 Deska plošného spoje modulu „SIMAČ – Oběhové čerpadlo“



Obr. 48 Rozložení součástek modulu „SIMAČ – Oběhové čerpadlo“

Tabulka 9 Seznam součástek SIMAČ – Oběhové čerpadlo

I01	ATMEGA8-P
LED1 - LED8	LED3MM
R1 - R8	1k
TL1	P-TC-0103-T

Ukázkový program simuluje chování čerpadla Grundfos ALPHA2<sup>10</sup>. Vstup spínacího signálu je přiveden na portd.0. Program vyhodnocuje, jaká je vstupní úroveň. Pokud je přiveden signál log 1, spustí se smyčka, která rozbliká led na dobu, která je nastavena jako zpoždující doba náběhu, pro viditelnost je nastavena na 5sec. – časová smyčka se spustí vždy jen jednou. Po této době se nataví portd.0, kde je připojena LED dioda do logické jedna a LED se rozsvítí. Jakmile se na vstupu objeví logická 0, program nastaví na portd.0 také logickou 0 a led se zhasne.

```
'program cerpadlo Grundfos ALPHA2 25-40
$regfile = "m8def.dat"
$crystal = 1000000
Const Zpozdeninabehu = 5 'sekund
Config Portd.0 = Input
Config Portb.0 = Input
Dim C As Byte
Dim B As Byte
Dim Zap As Boolean

Do
  Reset Pind.0
  Waitms 10
  If Pind.0 = 1 Then

    If Zap = 1 Then
      For B = 0 To Zpozdeninabehu
        For C = 1 To 2
          Set Portb.0
          Waitms 200
          Reset Portb.0
          Waitms 200
        Next
      Next
      Set Zap
    End If
  End If

  Set Pind.0
  Waitms 10
  If Pind.0 = 0 Then
    Reset Zap
  End If

  If Zap = 1 Then
    Set Portb.0
  Else
    Reset Portb.0
  End If
Loop
```

<sup>10</sup> Grundfos ALPHA2 jsou oběhová mokro běžná čerpadla určená k cirkulaci vody v otopných systémech a systémech teplé vody



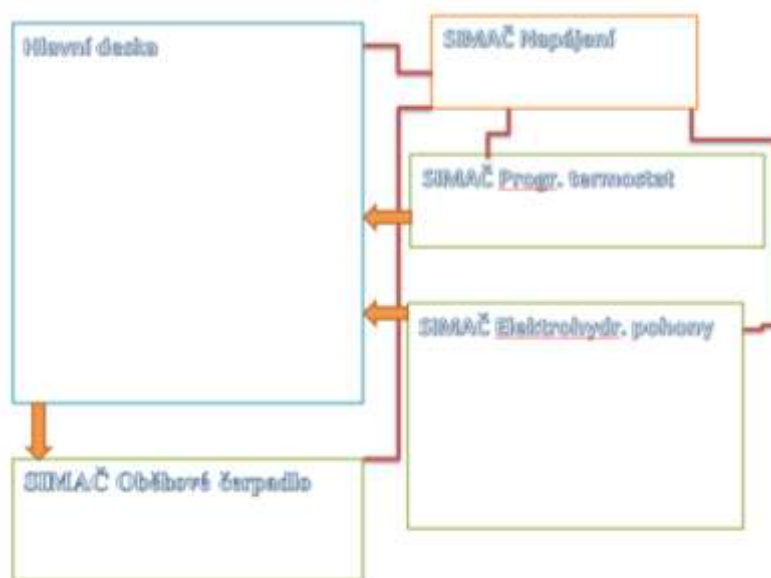
end

# 11 NÁVRCH POKOJOVÉ STANICE TEPLA (PST) S POUŽITÍM AVR DKITT V01 A MODULŮ SIMAČ

Hlavním úkolem je zařídit kontrastní teplotu místnosti v závislosti na změně vnější vlivů (otevření okna, venkovní oteplení apod.). Uživatel si nastaví požadovanou teplotu a úkolem stanice je tuto teplotu v místnosti udržet. Ohřev radiátorového okruhu je pak regulován průtokem teplé vody v závislosti na teplotě místnosti. Teplota je snímána čidlem umístěným na jedné stěně pokoje. Přívod teplé vody je zajištěn ústředním topením anebo domácí kotelnou.

## 11.1 HW řešení

K řešení tohoto problému lze použít všechny uvedené moduly SIMAČ. V rámci zjednodušení jsem vynechal modul řízení signálů, jelikož vím, že budu pracovat pouze s logickými úrovněmi napájení (0-5V). Moduly nejprve projím mezi sebou přes modul napájení, abych měl napájené jednotlivé moduly.



Obr. 49 Blokové schéma zapojení obvodu PST

Modul termostat jsem musel upravit. Odpojil jsem LCD displej, abych mohl využívat portů k řízení pohonu. Pinb.0 z modulu termostatu jsem připojil na pinc.0 v hlavní desce a na tomto portu budu číst, zda mi přišel signál z termostatu „termostat sepnut“ (dosáhl jsem požadované teploty).

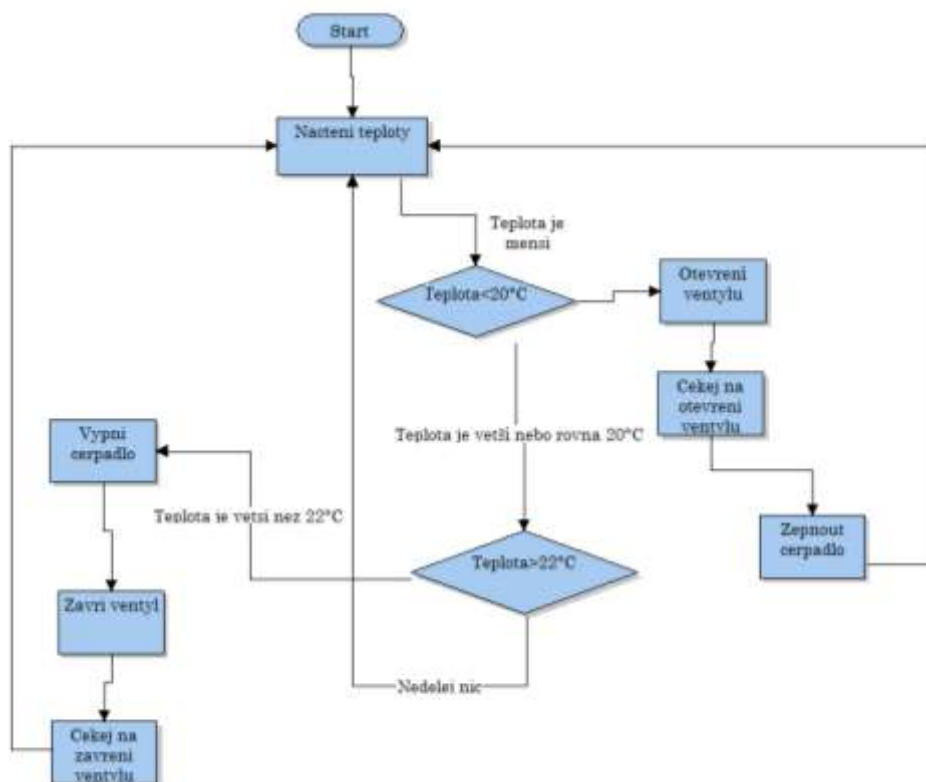
Hlavní desku jsem spojil s modulem pohonů. Pinc.1 s Y1 a pinc.2 s Y2 viz popis modulu elektrohydraulické pohony. A nakonec připojím modul oběhové čerpadlo, který připojím na portc.3.

## 11.2 SW řešení

Naprogramuji si modul termostatu tak, aby rozeplával při teplotě 22°C a spínal při 20°C. Nechávám tam rozdíl teplot záměrně, neboť kdybych testoval jen rozdíl desetiny stupně, tak zbytečně zapínám a vypínám elektroniku a výsledek bude zhruba stejný. Pokud by se řídila teplota, kde je nutné zachovat přesnou teplotu, bude rozmezí mezi sepnutím a vypnutím pochopitelně menší.

Na modul oběhového čerpadla použiji výše popsaný program s pěti vteřinovým nájezdem. Modul elektrohydraulických pohonů si naprogramuji tak, aby simuloval chování SKC82.51.

- Přestavovací čas 120 s
- 3 bodové ovládání (Y1, Y2 a nic)



Obr. 50 Algoritmus řízení PST

Na obr. 50 je znázorněn vývojový algoritmus. Po startu hlavního programu kontroluji stav pinc.0. Pokud je na něm logická 1, vím, že termostat je sepnutý, pokojová teplota je pod 20°C a tedy musím začít přivádět teplou vodu do radiátoru.

Musím nejprve otevřít ventil pohonem (musí být signál na Y1). Pinc. 1 nastavím do logické jedničky, musím počkat, než se mi pohon přenastaví (120s) a až po té mohu zapnout oběhové čerpadlo. Oběhové čerpadlo zapnu tak, že na pinc.3 pošlu log. 1.

Nedělám nic, jen kontroluju stav termostatu - čtu údaj na pinuc.0. Jakmile je na něm logická 0, vím, že jsem přesáhl požadovanou teplotu a musím zastavit čerpadlo, na pinc.3 nastavím logickou 0 a musím zavřít pohonem ventil (na Y2 musím posílat signál). Na pinc.2 nastavím logickou 1 a čekám na přenastavení ventilu (opět 120s).

Tímto způsobem pracuji stále dokola a mám zaručeno, že v místnosti je teplota 20-22°C.

```
$regfile = "m32def.dat"
$crystal = 1000000
Const Casotevrenizavreni = 120           'sekund
Config Portc.0 = Input
Config Portc.1 = Output
Config Portc.2 = Output
Config Portc.3 = Output
Dim C As Byte
Dim B As Byte
Dim Zap As Boolean
Do
  Reset Pinc.0
  Waitms 10
  If Pinc.0 = 1 Then           ' termostat nesepnut, topim
    Set Pinc.1                 'oteviram ventyl
    Wait Casotevrenizavreni
    Reset Pinc.1              'jiz mam ventyl otevren
    Set Pinc.3   rem zapinam cerpadlo
    Set Zap      'vlajecka o zapnutí
  End If

  If Pinc.0 = 0 And Zap = 1 Then           rem termostat
nesepnut, topim
    Set Pinc.3           'vypinam cerpadlo
    Set Pinc.2           'zavýram ventyl
    Wait Casotevrenizavreni
    Reset Pinc.2
    Reset Zap           'jiz mam ventyl zavren
  End If
Loop
End
```

## 12 ZÁVEŘ

Cílem mé diplomové práce bylo postavit modulovou stavebnici pro výuku a vývoj postavené na mikrokontrolérech rodiny Atmel AVR. Při návrhu a realizaci stavebnice jsem si rozšířil obzory použití mikroprocesorové techniky, především v možnostech programování. Seznámil jsem se s nároky na předání dat pro výrobu desky plošného spoje a sám se zdokonalil v návrzích a vlastní výrobě desek plošných spojů. Naučil jsem se pájet SMD<sup>11</sup> součástky a ožiovat zařízení vlastního návrhu. Při realizaci jsem několikrát narazil na chybu v zapojení, především špatných zapojení konektorů. Přes několik probdřených nocí jsem se ale vždy dostal ke svému cíli.

Programování v jazyce Bascom mi přineslo nový pohled na programování mikrokontrolerů, které mě začalo velmi bavit a věřím, že se v tomto směru budu držet i mimo zpracování této diplomové práce.

Do stavebnice jsem vložil nové moduly, které rozvinou možnosti navrhování automatizačních procesů. Já jsem se ve své práci především zaměřil na vytápění.

### 12.1 Využití modulů SIMAČ ve výukové stavebnici

Ve své diplomové práci jsem si dovolil dát těmto modulům tento pracovní název. V tu chvíli mi připadalo, že tvořím mnohem více, než jen obyčejný rozšiřující modul.

Pokud si jednoho dne řeknete, chci si řídit vytápění svému domu svépomocí, rozhodnete se pro návrh a budete si pro vývojové účely kupovat pohony, čerpadla, teplotní čidla, zjistíte, že některé pohony stojí přes 30 tisíc korun. Pak určitě rádi vyzkoušíte programovatelné moduly SIMAČ, kde si můžete nastavit simulaci desítek možná i stovek akčních členů, kde výroba jednoho modulu nestojí více než 300Kč (500Kč s LCD displejem). Výjimkou je modul řízení signálů, kde použité jazýčkové relé ve velkém počtu není zrovna levná záležitost.

Obrázky, které nemají uvedený zdroj, jsem vytvořil svépomocí.

---

<sup>11</sup> SMD je postup, kdy se vývody elektronických součástek pájí přímo na povrch plošného spoje.

## 13 POUŽITÉ PRAMENY A LITERATURA

- [1] MATOUŠEK, D.: *Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR*. Praha, BEN, 2009. 376 s. ISBN 80-7300-209-4
- [2] BABČANÍK, J. *Začínáme s mikroprocesory Atmel AVR* [online]; 2006-12-1, [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/zaciname-s-mikroprocesory-atmel-avr.html>
- [3] *Atmel Corporation*. [online]; 2006-12-1, [cit. 2012-03-15]. Dostupné z: <http://www2.atmel.com/About/corporate/factsheet.aspx>
- [4] TÍŠNOVSKÝ, P. *Mikroprocesory s architekturou RISC I* [online]; 2011-5-24, [cit. 2012-03-21]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/mikroprocesory-s-architekturou-risc-i/>
- [5] DUCH, M. *Procesory AVR Tiny* [online]; Trutnov, 2009, [cit. 2012-03-21]. Dostupné z: <http://www.spstrutnov.cz/o-skole/projekty/moderni-vyuka-mikroprocesorove-techniky/mikroprocesory-avr-tiny-skripta.pdf>
- [6] *USB programátor AVR* [online]; 2011; [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://rybkalabs.cz/usb-programator-avr.html>
- [7] *GUI Software for USBasp based USB AVR Programmers*. [online]; 2009-05-10; [cit. 2012-04-11]. Dostupné z: <http://extremeelectronics.co.in/avr-tutorials/gui-software-for-usbasp-based-usb-avr-programmers/>
- [8] *Excellon format* [online]; Excellon Automation Co, 2005; [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: <http://www.excellon.com/manuals/program.htm>
- [9] ZLATNÍK, P. *ATmega32* [online]; Praha, [cit. 2012-03-22]. Dostupné z: <http://zlatnik.petr.sweb.cz/scs/atmega32.htm>
- [10] PIRKL, J. *Popis programu BASCOM* [online]; 2008, [cit. 2012-04-02]. Dostupné z: <http://www.jendaelektro.ic.cz/BAS/PP/PP.htm>
- [11] OLIVKA, P. *Procesory CISC a RISC* [online]; Ostrava, 2010, [cit. 2012-03-21]. Dostupné z: <http://poli.cs.vsb.cz/edu/arp/down/procrisc.pdf>
- [12] VÁŇA, V.: *Mikrokontroléry ATMEL AVR - Bascom*. Praha, BEN, 2004. 144 s. ISBN 80-7300-115-2
- [13] OLMR, V. *HW server představuje - Sériová linka RS-232* [online]; [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/rozhrani/hw-server-predstavuje-seriova-linka-rs-232.html>
- [14] *Cam 350* [online]; [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: [http://www.cadware.cz/download/letaky/letak-eagle\\_cam350.pdf](http://www.cadware.cz/download/letaky/letak-eagle_cam350.pdf)
- [15] *Elektrohydraulické pohony SKB* [online] 2003; [cit. 2012-03-14]. Dostupné z: [http://marcomplet.cz/docs/Siemens/siemenns\\_skb\\_32.pdf](http://marcomplet.cz/docs/Siemens/siemenns_skb_32.pdf)
- [16] *Elektrohydraulické pohony SKD* [online] 2003; [cit. 2012-03-14]. Dostupné z: <http://remaxcz.com/old/katalog/serva/siemens/skd6260.pdf>
- [17] KLEČKA, R; SMUTNÝ, L. *Prostředky automatického řízení I* [online]; [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: [http://www.e-automatizace.cz/ebooks/ridici\\_systemy\\_akcni\\_cleny/](http://www.e-automatizace.cz/ebooks/ridici_systemy_akcni_cleny/)

- [18] HRABOVSKÝ, M.; JURÁNEK, A. *Eagle pro začátečníky*, 2.nd ed.; BEN - technická literatura: Praha, 2007.
- [19] *Datasheet ATmega32(L)* [online]; Atmel corporation, 2011; [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc2503.pdf>
- [20] *Datasheet ATmega8(L)* [online]; Atmel corporation, 2011; [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc2486.pdf>
- [21] *I2C-bus specification and user manual* [online]; 2012; [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: [http://www.nxp.com/documents/user\\_manual/UM10204.pdf](http://www.nxp.com/documents/user_manual/UM10204.pdf)
- [22] *Datasheet MAX220-MAX249*, 11th ed. [online]; MAXIM; [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/maxim/MAX220-MAX249.pdf>
- [23] *Datasheet DS18B20* [online]; Maxim, Dallas semiconductor, 2008; [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS18B20.pdf>
- [24] <http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/images/products/ATMega32.jpg>
- [25] <http://avr-cpp-lib.sourceforge.net/ATmega8/PDIP.jpg>
- [26] *Datasheet 74HC/HCT42* [online]; Philips, 1990; [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: [http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/philips/74HC\\_HCT42\\_CNV\\_2.pdf](http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/philips/74HC_HCT42_CNV_2.pdf)
- [27] *Pouzdro chipu FT232R* [online]. [cit. 2012-04-12]. Obrázek ve formátu JPG. Dostupné z <http://www.ftdichip.com/Images/FT232R.jpg>
- [28] *Zapojení knektorů ISP10 a ISP10* [online]. [cit. 2012-04-12]. Obrázek ve formátu JPG. Dostupné z [http://www.elehouse.com/elehouse/images/product/Atmel%20AVRISP%20STK500%20USB%20ISP%20Programmer/avr\\_isp.jpg](http://www.elehouse.com/elehouse/images/product/Atmel%20AVRISP%20STK500%20USB%20ISP%20Programmer/avr_isp.jpg)
- [29] *Zapojení zařízení na sběrnici I2C* [online]. [cit. 2012-04-12]. Obrázek ve formátu JPG. Dostupné z <http://www.8051projects.net/i2c-twi-tutorial/i2c-bus.png>
- [30] *Zapojení zařízení na sběrnici I-wire* [online]. [cit. 2012-04-12]. Obrázek ve formátu JPG. Dostupné z <http://www.mindtek.net/article/ds18b20/CIRCUIT.gif>
- [31] REDAKCE HW. *Sběrnice I-Wire* [online]; 2004. [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/rozhrani/art1215-sbernice-1-wire.html>
- [32] *Datasheet HD44780U* [online]; Hitachi, 1998; [cit. 2012-04-18]. Dostupné z: <http://www.adafruit.com/datasheets/HD44780.pdf>