

# **Výukový model nápojového automatu pro cvičení předmětu Programovatelné automaty**

Educational Model of the Drinks Machine for Programmable Logic  
Controller Course Exercises.

Daniel Macek

---

Bakalářská práce  
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Daniel MACEK**  
Osobní číslo: **A10091**  
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Výukový model nápojového automatu pro cvičení  
předmětu Programovatelné automaty**

Zásady pro vypracování:

1. **Prostudujte hardwarové vlastnosti programovatelných automatů Tecomat a SAIA v laboratoři PLC a jejich propojení s modely EDU-mod.**
2. **Navrhněte model nápojového automatu, jehož funkce je simulována jednočipovým mikropočítačem.**
3. **Realizujte prototyp modelu a vytvořte jeho řídicí programové vybavení.**
4. **Ověřte funkci modelu na PLC Tecomat i SAIA.**
5. **Vytvořte ukázkové programové vybavení pro vybrané PLC demonstrující funkci modelu.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. FREESCALE SEMICONDUCTOR. CPU08 Central Processor Unit Reference Manual [online]. 2001. Dostupné z: [www.freescale.com]
2. FREESCALE SEMICONDUCTOR. HCS08 Family Reference Manual, Rev.1. [online]. 2003. Dostupné z: [www.freescale.com]
3. HRUŠKA, František a Ladislav ŠMEJKAL. Technické prostředky informatiky a automatizace: (úvod, popis funkce, konstrukce a aplikace). Vyd. 1. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2007, 193 s. ISBN 978-807-3185-350.
4. JURÁNEK, Antonín a Miroslav HRABOVSKÝ. EAGLE pro začátečníky I: uživatelská a referenční příručka :. 2. vydání. Praha: BEN - technická literatura, 2007, 191 s. ISBN 80-730-0213-2.
5. MARTINÁSKOVÁ, Marie a Ladislav ŠMEJKAL. Řízení programovatelnými automaty. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004, 160 s. ISBN 80-010-2925-5.
6. TECO a.s., Programovatelné automaty Tecomat Foxtrot CP1005, CP1015, [online]. 2012. Dostupné z: [www.tecomat.com].

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Petr Dostálek, Ph.D.**

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce:

**24. února 2013**


Termín odevzdání bakalářské práce:

**14. června 2013**

Ve Zlíně dne 24. února 2013

  
prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*děkan*



  
prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Cílem této bakalářské práce je prostudovat hardwarové vlastnosti programovatelných automatů TECOMAT a SAIA v laboratořích PLC a jejich propojení s výukovými moduly EDU-mod. Na základě toho navrhnout model nápojového automatu, jehož funkce je simulována jednočipovým mikropočítačem. Dále realizovat prototyp modelu a vytvořit jeho programové vybavení, ověřit funkci modelu na PLC TECOMAT, SAIA a vytvořit ukázkové programové vybavení.

Klíčová slova: TECOMAT, SAIA, PLC, EDU-mod, mikropočítač, nápojový automat.

## **ABSTRACT**

The aim of this work is to study the hardware features of TECOMAT and SAIA PLC in laboratories and their connections with educational modules EDU-mod. Based on this information, design a model of a drink machine, whose function is simulated by microcontroller. Then create a prototype of the model and his software, check the model on PLC TECOMAT, SAIA and create sample software.

Keywords: TECOMAT, SAIA, PLC, EDU-mod, microcontroller, drinks machine.

V první řadě bych chtěl poděkovat panu Ing. Petru Dostálkovi, Ph.D. za čas, rady a trpělivost, kterou mi věnoval při vypracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat mé rodině, která mne podporovala a spolužákům za jejich rady.

*„Co slyším, to zapomenu. Co vidím, si pamatuji. Co si vyzkouším, tomu rozumím.“*

*Konfucius*

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním 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 bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk 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 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 – 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 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 bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem 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 bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY</b> .....	<b>11</b>
1.1 PLC TECOMAT FOXTROT .....	11
1.1.1 IR – 1501 .....	11
1.1.2 CP – 1005:.....	13
1.2 PLC SAIA .....	16
1.2.1 SAIA PCD2.M5540 .....	16
1.2.2 Výstupní modul PCD2.A400 .....	17
1.2.3 Vstupní modul PCD2.E110.....	17
<b>2 EDU-MOD</b> .....	<b>18</b>
2.1 PŘIPOJENÍ K ŘÍDICÍMU SYSTÉMU.....	18
<b>3 MIKROPOČÍTAČ</b> .....	<b>19</b>
3.1 MIKROPROCESOR .....	19
3.2 MIKROPOČÍTAČ MC9S08SH32.....	19
3.2.1 Sériové periferní rozhraní .....	20
<b>4 EAGLE</b> .....	<b>23</b>
4.1 VLASTNOSTI PROGRAMU .....	23
4.1.1 Editor schémat:.....	23
4.1.2 Editor spojů: .....	24
4.1.3 Autorouter .....	25
<b>5 CODEWARRIOR</b> .....	<b>26</b>
<b>6 MOSAIC</b> .....	<b>29</b>
6.1 PŘEHLED NÁSTROJŮ PROSTŘEDÍ MOSAIC .....	29
6.2 PŘEKLAD PROGRAMU .....	31
6.3 ARCHIVACE.....	31
<b>7 CORELDRAW</b> .....	<b>32</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>33</b>
<b>8 NÁVRH MODELU</b> .....	<b>34</b>
8.1 POPIS MODELU .....	34
8.2 NÁVRH SPODNÍ DESKY .....	35
8.2.1 Zdroj.....	35
8.2.2 Konektor.....	37
8.2.3 Dělič napětí .....	37
8.2.4 Optočleny .....	38
8.2.5 Zapojení Mikropočítače .....	39
8.2.6 Propojení s horní deskou.....	40
8.2.7 Návrh DPS .....	41
8.3 NÁVRH HORNÍ DESKY .....	42
8.3.1 Integrovaný obvod 74HC595 .....	42
8.3.2 Integrovaný obvod 74HC138.....	43
8.3.3 Bargařky a LED diody .....	44

8.3.4	Tlačítko reset .....	44
8.3.5	Návrh DPS .....	45
<b>9</b>	<b>PROGRAMOVÁ ČÁST .....</b>	<b>46</b>
9.1	PROGRAMOVÁNÍ MIKROPOČÍTAČE.....	46
9.1.1	Vývojové diagramy .....	46
9.1.2	Popis programu .....	47
9.1.3	Deklarace proměnných.....	47
9.1.4	Main .....	47
9.1.5	Přerušení od časovače .....	50
9.2	UKÁZKOVÝ PROGRAM .....	52
9.2.1	Deklarace proměnných.....	52
9.2.2	Hlavní program .....	52
9.2.3	Podprogramy .....	52
9.2.4	Nastavení vstupů a výstupů.....	54
9.2.5	PanelMaker .....	55
<b>10</b>	<b>OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI MODELU.....</b>	<b>56</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>57</b>
	<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....</b>	<b>58</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>61</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>65</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>66</b>

## ÚVOD

PLC – Programmable Logic Controller jsou malé průmyslové počítače, které jsou vhodné pro použití v prostředích s náročnými podmínkami, např. prašné prostředí, prostředí s vysokou vlhkostí vzduchu, s vysokou teplotou a podobně. PLC jsou schopny řídit nepřetržitě stroje nebo procesy programem, který se do nich nahrává speciálně na danou úlohu. Vstupní a výstupní signály PLC mohou být buď digitální, nebo analogové pro spojitě signály. Na fakultě aplikované informatiky se nachází laboratoř, která je učena k jejich výuce. Jelikož by stroje, které PLC ovládají, přesahovaly rozměry učebny a také proto, že by mohlo dojít k jejich poškození chybným naprogramováním, slouží k výuce malé modely řízené mikropočítačem. V případě chyby modelu se nanejvýš rozsvítí dioda indikující error a model se restartuje pouhým stisknutím tlačítka.

Důležitou součástí prostor, ve kterých se vyskytuje více lidí, jsou nápojové automaty. Na nápojové automaty v dnešní době narazíme opravdu téměř všude od různých firem, až po nemocnice, školy, nádraží atd.

Nápojové automaty nám poskytují pití, jako jsou kávy a různé koncentráty, které můžeme ředit mlékem nebo sladit dle potřeby. Díky tomu, že může nastat nespočetně mnoho kombinací, jak může nápoj vypadat, byl nápojový automat vhodný kandidát na další model pro výuku PLC. Model slouží převážně k výuce PLC českého výrobce TECOMAT FOXTROT, ale může být připojen i na jiné např. SAIA.

Nápojový automat je obsluhován mikropočítačem MC9S08SH32 od firmy Freescale. Ten je naprogramován tak, aby kontroloval chybné stavy automatu. Mikropočítač přes sériové periferní rozhraní a 3 výstupy, které ovládají dekodér, řídí simulaci automatu. Simulace stavů automatu je poté zobrazována pomocí LED diod a bargrafů.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY

PLC je číslicový elektronický systém navržený pro použití v průmyslovém prostředí. Používá programovatelnou paměť, do které ukládá uživatelsky orientované instrukce, které slouží k implementaci specifických funkcí, jako jsou logické funkce, funkce pro vytváření sekvencí, funkce pro časování, funkce pro čítání a funkce pro aritmetické výpočty, a to za účelem řízení různých typů výrobních strojů a procesů pomocí číslicových a analogových vstupů a výstupů.

Podle provedení se PLC dělí na:

- Kompaktní – Vše v jednom pouzdře
- Modulární – Samostatné moduly nebo zásuvné karty v různých velikostech
- Se zabudovaným operátorským panelem - (tzv. OPLC), někdy též „pracovní stanice“(např. Teco: TECOMAT TC500) [1].

### 1.1 PLC TECOMAT FOXTROT

PLC TECOMAT FOXTROT jsou vyráběny českou společností Teco a.s. a v naší učebně se nachází 2 jejich výrobky, ke kterým je model připojen a to rozšiřovací modul IR-1501 a základní modul CP-1005.

#### 1.1.1 IR – 1501

Rozšiřovací modul IR-1501 je určený pro snímání až 4 binárních signálů 24 V DC se společnou svorkou, typ 1 dle ČSN EN 61131. Modul obsahuje 8 reléových výstupů se spínacím kontaktem a společnou svorkou. Modul je osazen vyjímatelnými šroubovými konektory. Vstupy DI0-DI3 umožňují realizovat speciální funkce. Reléové výstupy mohou spínat max. 230 V AC, 3 A. Vstupy jsou galvanicky oddělené od vnitřních obvodů a vstupy jsou odděleny od výstupů. Stav každého vstupu a výstupu je indikován LED na čelním panelu modulu [2].

Základní parametry, vstupy a výstupy jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Parametry IR - 1501:

Parametry	Informace
Norma výrobku	ČSN EN 61131-2:2005 (idt IEC 61131-2:2003)
Třída ochrany elektrického předmětu	I
Typ zařízení	vestavné
Napájecí napětí	typ. 24 V DC
Interní jištění	Ne
Typický příkon	2,2 W
Maximální příkon	3 W
Galvanické oddělení napájení	Ne
Krytí	IP10B
Hmotnost	150 g
Rozměry	90 × 53 × 65 mm

Tab 1. Základní parametry IR-1501 [2]

Reléové výstupy IR - 1501:

Parametry	Informace
Počet výstupů	8
Počet výstupů ve skupině	8
Galvanické oddělení od V.O.	ano
Diagnostika	signalizace vybuzeného výstupu na modulu elektromechanické relé, nechráněný výstup
Typ výstupů	spínací
Typ kontaktu	spínací
Spínané napětí	max. 250 V, min. 5 V
Spínaný proud	max. 3 A, min. 100 mA
Krátkodobá přetížitelnost výstupu	max. 4 A
Proud společnou svorkou	max. 10 A
Doba sepnutí kontaktu	typ. 10 ms
Doba rozepnutí kontaktu	typ. 4 ms
Mezní hodnoty - pro odporovou zátěž	max. 3 A při 30 V DC nebo 230 V AC
- pro indukivní zátěž DC13	max. 3 A při 30 V DC
- pro indukivní zátěž AC15	max. 3 A při 230 V AC
Frekvence spínání bez zátěže	max. 300 sepnutí / min
Frekvence spínání se jmenovitou zátěží	max. 20 sepnutí / min
Ochrana proti zkratu	vnější
Ošetření indukivní zátěže	Doporučeno: RC člen, varistor, dioda (DC)
Izolační napětí mezi výstupy a V.O.	3750 V AC

Tab 2 Reléové výstupy IR-1501 [2]

Binární vstupy IR - 1501:

Parametry	Informace
Počet vstupů	4
z toho volitelně binární / čítačové	4
Počet vstupů ve skupině	4
Galvanické oddělení od V.O.	Ano
Diagnostika	signalizace vybuzeného vstupu LED na panelu modulu
Společný vodič	minus / plus
Vstupní napětí pro log.0 (UL)	max. +5 V DC, min. -5 V DC
Vstupní napětí pro log.1 (UH)	min. +15 V DC, typ. +24 V DC, max. +30 V DC
Vstupní proud při log.1	typ. 10 mA

Tab 3 Binární vstupy IR-1501 [2]

### 1.1.2 CP – 1005:

Základní modul CP-1005 je ze sortimentu základních modulů modulárních programovatelných automatů řady Foxtrot. Jednotlivé ZM se liší počtem nebo typem vstupů a výstupů a indikačními a ovládacími prvky.

Základní modul CP-1005 je vybaven šesti víceúčelovými vstupy, z nichž každý je využitelný buď jako analogový nebo jako binární 24V, dvěma analogovými výstupy 10V a 6 reléovými výstupy.

Základní modul CP-1005 je osazen centrální jednotkou řady K, která je určena pro aplikace s vysokými požadavky na výkon. Obsahuje zálohovanou paměť CMOS RAM pro uživatelské programy, data, tabulky, uživatelské registry a DataBox, paměť Flash pro zálohování uživatelského programu, slot pro MMC/SD paměťovou kartu, obvod reálného času, rozhraní Ethernet, dva sériové kanály, jeden komunikační kanál s rozhraním CIB pro připojení externích periférií a systémové rozhraní TCL2 určené pro připojení rozšiřovacích modulů, které zvyšují počet I/O systému. V našem případě zde můžeme připojit IR – 1501[3].

Základní parametry, vstupy a výstupy jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Základní parametry CP - 1005:

Parametry	Informace
Norma výrobku	ČSN EN 61131-2:2005 (idt IEC 61131-2:2003)
Třída ochrany elektrického předmětu	II
Typ zařízení	vestavné
Napájecí napětí (SELV)	24 V DC, +25 %, -15 %
Příkon modulu	max. 8 W
Připojení	šroubové svorky, průřez vodiče max. 2,5 mm <sup>2</sup> RJ-45 (ETHERNET)
Krytí	IP20
Rozměry	90 × 105 × 65 mm

Tab 4 Základní parametry CP - 1005 [3]

Parametry analogových vstupů CP - 1005:

Parametry	Informace
Počet výstupů	6
Počet vstupů ve skupině	6
Galvanické oddělení od V.O.	ne
Diagnostika	signalizace přetížení ve stavovém slově
Společný vodič	minus
Vnější napájení	ne
Typ převodníku	aproximační
Doba převodu	500 μs
Číslíková rozlišovací schopnost	14 bitů
Vstupní odpor	typ. 50 kΩ
napěťový vstup	Dovolené trvalé přetížení max. ±15 V
proudový vstup, odpor 100 R	- max. ±3,5 V/35 mA
Chyba analogového vstupu	< 3 %
Maximální chyba při 25 °C	± 3 % plného rozsahu
Teplotní koeficient	± 0,1 % plného rozsahu/K
Linearita	± 0,2 % plného rozsahu
Opakovatelnost při ustálených podmínkách	0,5 % plného rozsahu
Detekce rozpojeného vstupu	ne

Tab 5 Parametry analogových vstupů CP - 1005 [3]

Proudové a odporové měřicí rozsahy se nastavují v programovém prostředí a dále se konfiguruje propojkami na zadní části modulu.

Parametry binárních vstupů CP - 1005:

Parametry	Informace
Počet vstupů	6
Typ vstupu	typ 1
Počet vstupů ve skupině	6
Galvanické oddělení od V.O.	ne
Diagnostika	signalizace vybuzeného vstupu na panelu modulu
Společný vodič skupiny	minus
Vstupní napětí pro log.0 (UL)	max. +5 V DC
Vstupní napětí pro log.1 (UH)	min. +15 V DC, typ. +24 V DC, max. +30 V DC
Vstupní proud při log.1	typ. 5 mA

Tab 6 Parametry binárních vstupů CP - 1005 [3]

Parametry analogových výstupů CP - 1005:

Parametry	Informace
Počet výstupů	2
Počet výstupů ve skupině – typ výstupu	2 – aktivní napěťové výstupy
Galvanické oddělení od V.O.	Ne
Společný vodič skupiny	minus
Rozlišení převodníku	10 bitů
Doba převodu	10 $\mu$ s
Výstupní napětí / rozlišení 1 LSB	0 – 10,5 V/10,254 mV
Maximální výstupní proud	10 mA
maximální chyba při 25 °C	$\pm 2$ % plného rozsahu
teplotní koeficient	$\pm 0,3$ % plného rozsahu/K
linearita	$\pm 0,7$ % plného rozsahu
Opak. při ustálených podmínkách	$\pm 0,5$ % plného rozsahu

Tab 7 Parametry analogových výstupů CP - 1005 [3]

Parametry binárních reléových výstupů CP - 1005:

Parametry	Informace
Počet výstupů	6
Počet výstupů ve skupině	2 $\times$ 3
Galvanické oddělení od V.O.	ano (i skupiny navzájem)
Diagnostika	signalizace vybuzeného výstupu na modulu
Typ výstupů	elektromechanické relé, nechráněný výstup
Typ kontaktu	spínací
Spínané napětí	max. 250 V min. 5 V
Spínaný proud	max. 3 A, min. 100 mA
Krátkodobá přetížitelnost výstupu	max. 4 A
Proud společnou svorkou	max. 10 A
Doba sepnutí kontaktu	typ. 10 ms
Doba rozepnutí kontaktu	typ. 4 ms
Mezní hodnoty - pro odporovou zátěž	max. 3 A při 30 V DC nebo 230 V AC

- pro induktivní zátěž DC13	max. 3 A při 30 V DC
- pro induktivní zátěž AC15	max. 3 A při 230 V AC
Frekvence spínání bez zátěže	max. 300 sepnutí/min
Frekvence spínání se jmenovitou zátěží	max. 20 sepnutí / min
Ochrana proti zkratu	není
Ošetření induktivní zátěže	vnější RC člen, varistor, dioda (DC)
Izolační napětí	3750 V AC

Tab 8 Parametry binárních reléových výstupů CP - 1005 [3]

## 1.2 PLC SAIA

Švýcarský výrobce programovatelných automatů, Saia-Burgess Controls, řeší vzájemné propojení světů PLC a IT v několika úrovních: sběr dat, jejich zpracování, ukládání, správa a převod těchto dat na jinou technickou platformu, čímž také potvrzuje trend vzájemného propojení obou světů.

Programovatelné automaty Saia PCD mohou mít více než šedesát různých typů modulů I/O a až třináct sériových rozhraní na jeden automat. Díky standardním protokolům a mnoha ovladačům pro cizí systémy je ideální využít automaty Saia PCD jako datové koncentrátoři a komunikační brány v průmyslových aplikacích.

Saia PCD zpracovává a ukládá data pomocí výkonných instrukcí v jazyku Instruction List nebo pomocí pohodlných grafických funkčních bloků FUPLA. Pro uložení dat mohou být do každého nového automatu Saia PCD přidány až 2 GB paměti flash v podobě paměťových karet formátu SD.

Saia nabízí rozhraní kompatibilní s prostředím IT – se zabudovaným serverem FTP a webovým serverem [4].

Model nápojového automatu byl připojen na SAIA PCD2.M5540, kde jsou 2 přídavné I/O moduly PCD2.A400 a PCD2.E110.

### 1.2.1 SAIA PCD2.M5540

SAIA PCD2.M5540 obsahuje 8 pozic pro I/O moduly řady PCD2. Osazena je procesorem Motorola CF 5272 / 66 MHz. Další základní parametry jsou vypsány v (tab. 9) [12].

Parametry SAIA PCD2.M5540:

Parametry	Informace
Maximální počet I/O	128
Rozšíření I/O pomocí modulů PCD2	128

Rozšíření I/O pomocí modulů PCD2	896
Rozšíření I/O pomocí modulů PCD3	896
Rychlost provádění instrukce	Bitová 0,9 $\mu$ s, aritmetická 0,3 - 1,5 $\mu$ s
Paměť	RAM 1 MB, Flash 1 MB
Paměť souborový systém	Pozice M1, M2, Pozice 0-3 pro I/O moduly
Paměť souborový systém SD karta	Pozice 0-3 pro I/O moduly
Maximální počet komunikačních kanálů	Až 15
Integrované komunikační rozhraní	RS232 plná (PGU)/RS 485, RS 485/Profi-S-Net
Integrované komunikační rozhraní	Ethernet, Ethernetový switch
Rozšíření komunikačních rozhraní	Pozice A1, A2, C, Pozice 0-3 pro I/O moduly
Pozice pro webový panel	Ano
Integrovaný webový server	Ano
Napájecí napětí	24 VDC
Záloha uživatelských dat	Až 3 roky

*Tab 9 Parametry SAIA PCD2.M5540 [12]*

### 1.2.2 Výstupní modul PCD2.A400

PCD2.A400 je výstupní modul s 8 tranzistorovými výstupy 5 - 500 mA s maximálním zbytkovým proudem 0,1 mA bez ochrany proti zkratu a bez galvanického oddělení. Pro napětí v rozsahu 5 - 24 VDC by měl být odpor zátěže nejméně 48  $\Omega$ . Celkový proud na modul je 4A trvale. Pracovní režim spíná kladné napětí do zátěže. Napěťový rozsah 5 - 32 VDC (vyhlazené), 10 - 25 VDC (pulzní). Úbytek napětí  $\leq 0,4$  V při 0,5 A. Zpoždění výstupu je 10  $\mu$ s při spínání, 50  $\mu$ s při rozpínání (činná zátěž 5 - 500 mA) a při indukční zátěži je zpoždění delší vlivem zhašecí diody [13].

### 1.2.3 Vstupní modul PCD2.E110

PCD2.E110 je vstupní modul pro napájené i uzemňované senzory. Má 8 galvanicky neoddělených vstupů a je vhodný pro většinu elektronických a elektromechanických prvků spínajících vyhlazené nebo pulzní napětí 24 VDC. Vstupní zpoždění je typicky 8 ms [14].

## 2 EDU-MOD

je soubor modelů určený k praktické výuce logických systémů realizovaných programovatelnými automaty, řídicími počítači a stavebnicemi logických obvodů.

K dispozici je 5 modelů:

- model křižovatky
- model mísicí jednotky
- model hydraulické posuvové jednotky
- model automatické pračky
- model soustavy pro regulaci spotřeby

Podle napěťové úrovně logických signálů se vyrábí ve dvou základních řadách:

- Moduly EDU-mod řady 24V - umožňují univerzální použití pro libovolný typ PLC systému. Vstupní i výstupní signály jsou definovány proti společnému zápornému vodiči. Opačnou polaritu signálů je možno řešit přizpůsobovacími členy.
- Moduly EDU-mod řady 5V - Logické signály s úrovní TTL dovolují spojení s logickými automaty realizovanými na bázi stavebnic číslicových IO, programovatelných logických polí, procesorových obvodů a jiné [5]

### 2.1 Připojení k řídicímu systému

Vstupní a výstupní signály EDU-mod jsou vyvedeny na 20 pólový konektor zajišťující propojení plochým kabelem s PLC [5].



*Obr. 1 Ukázka modelů EDU-mod [5]*

### 3 MIKROPOČÍTAČ

Samotný mikroprocesor je pouze řídicí jednotka, která se chová podle námi předaného programu. Pro svou funkci však nevyhnutelně potřebuje paměť, ve které je uložen samotný program, a také paměť, ve které jsou uložena data, se kterými mikroprocesor pracuje. Ke komunikaci s okolím a k ovládání připojených zařízení mikroprocesor potřebuje vstupní a výstupní obvody. Integrovaním mikroprocesoru, paměti programu, paměti dat a obvodů rozhraní na jediný čip vznikne jednočipový mikropočítač. V jediném integrovaném obvodu tak máme k dispozici malý univerzální počítač [6].

#### 3.1 Mikroprocesor

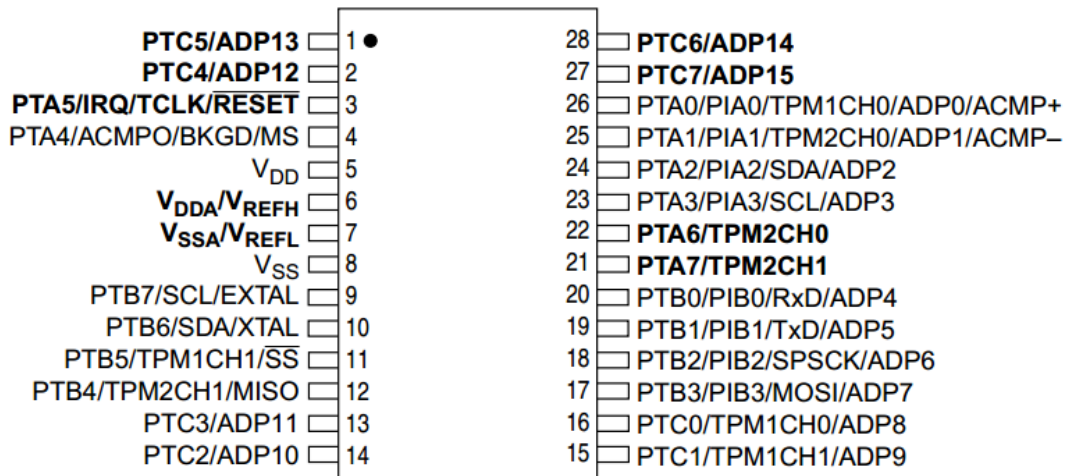
Mikroprocesor je složitý logický obvod. Je jádrem celého mikropočítače a vykonává sled aritmetických a logických operací podle zadaného programu. Tímto způsobem realizuje námi požadovanou funkci. Samotný program je uložen v paměti programu ve formě instrukcí, které jsou postupně načítány a vykonávány. Mikroprocesor zajišťuje správné provádění těchto instrukcí a řídí ostatní části mikropočítače – zpracovává data v paměti, řídí tok dat ze vstupních obvodů do mikropočítače a jejich zpracování a též řídí tok dat z počítače ven přes výstupní obvody [6].

#### 3.2 Mikropočítač MC9S08SH32

Mikropočítač, který je použitý v této práci je MC9S08SH32.

S08SH rodina je série S08 8 - bitových mikrokontrolérů, které nabízí nové možnosti aplikace na úrovni napětí 5V. Má také širokou nabídku periférií se sériovým komunikačním rozhraním (SCI), sériovým periferním rozhraním (SPI), I<sup>2</sup>C, analogově-digitálním převodníkem (ADC), analogovým komparátorem a teplotním senzorem.

Mikropočítač má pouzdro SOIC s 28 piny, které je vyobrazeno na (obr. 2) [17].



Obr. 2 pouzdro MC9S08SH32 [7]

### 3.2.1 Sériové periferní rozhraní

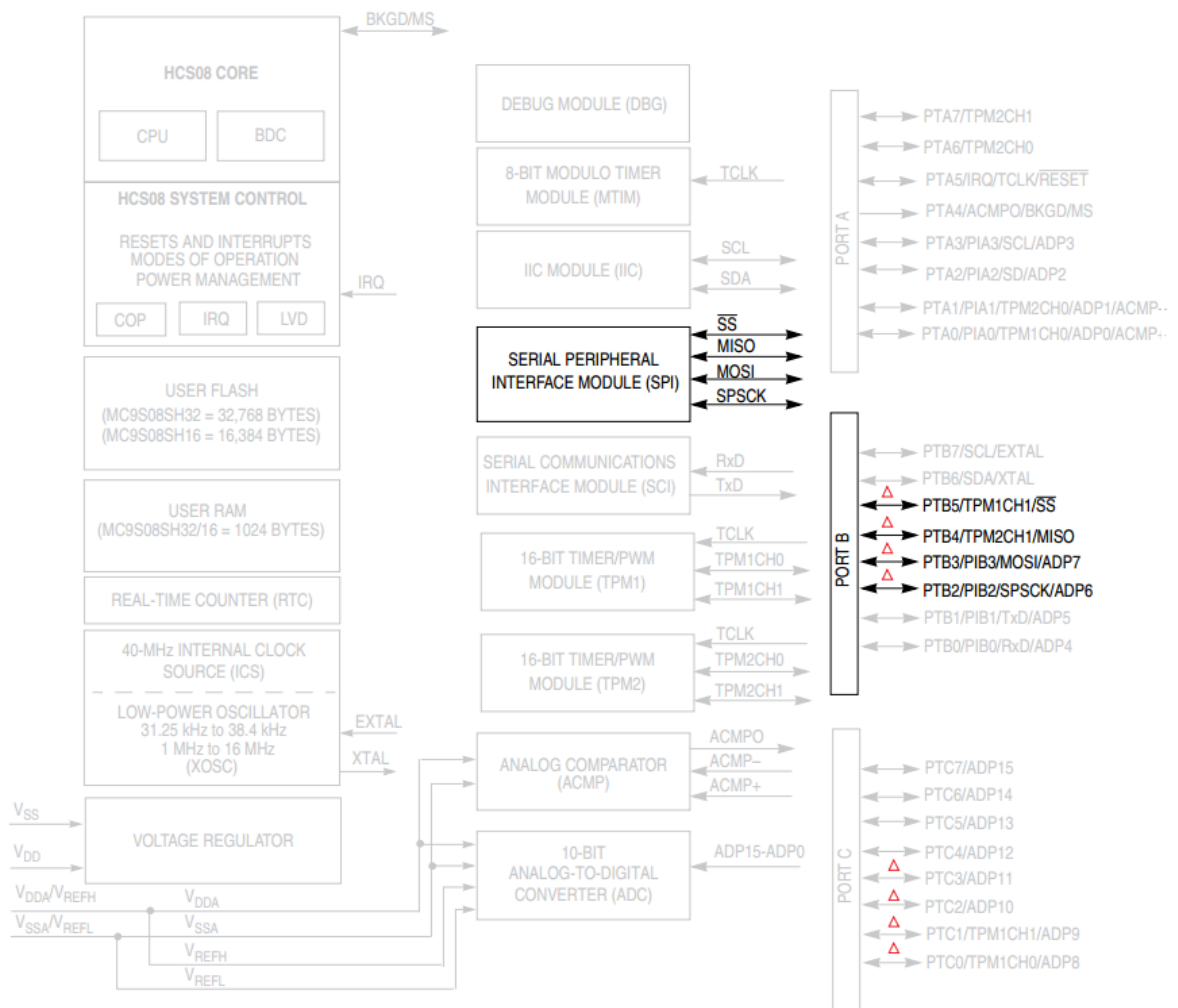
Sériové periferní rozhraní (SPI) poskytuje full-duplex, synchronní sériovou komunikaci mezi MCU a periferními zařízeními. Tato periferní zařízení mohou zahrnovat i jiné mikrokontroléry, analogově-číslicové převodníky, posuvné registry, snímače, paměti, a tak dále.

SPI pracuje při přenosové rychlosti až o velikosti frekvence sběrnice děleno dvěma v režimu master a frekvence sběrnice dělené čtyřma v režimu slave.

Všechna zařízení v řadě MC9S08SH32 obsahují jeden SPI modul, jak je znázorněno na (obr. 3), kde je zvýrazněn SPI blok a piny.

Vlastnosti:

- Master nebo Slave provoz
- Full-duplex nebo half-duplex přenos
- Programovatelnou přenosovou rychlost
- 2xBuffer na odesílání a přijímání
- Možnosti nastavení fáze a polarity u hodinového signálu
- Možnost výběru Slave výstupu
- Volitelný MSB- první nebo LSB první [7]

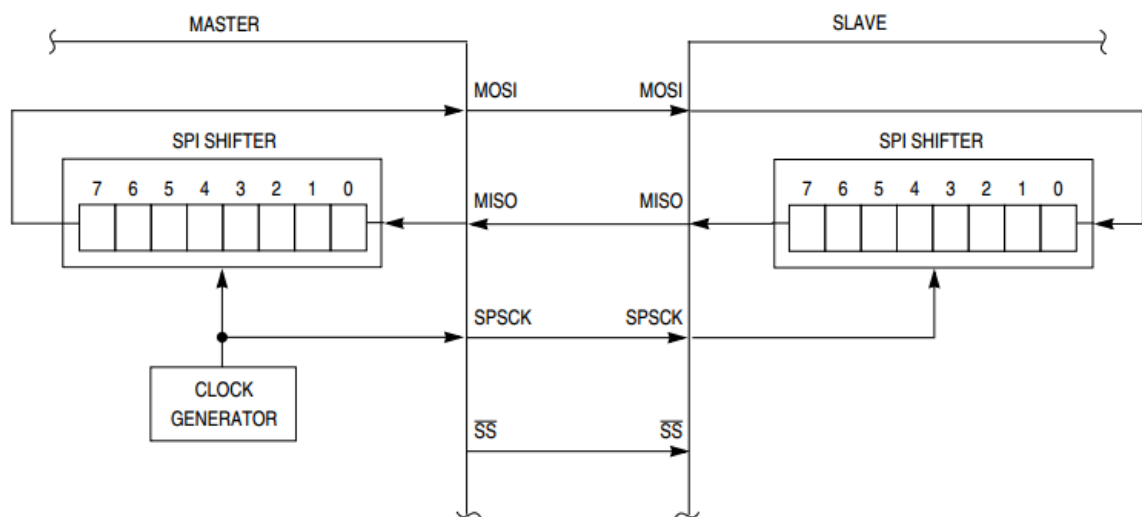


Obr. 3 SPI se zvýrazněným blokem a piny [7]

### Popis principu SPI

(Obr. 4) ukazuje SPI moduly dvou MCU připojených v režimu master-slave. Master zařízení zahajuje veškeré SPI datové přenosy. Během přenosu master zařízení vysílá data na MOSI pin a slave zařízení zároveň vysílá data do MISO pinu. Jeden přenos vymění data obsažená v posuvných registrech SPI obou zařízení. Signál SPSCCK je hodinový signál na výstupu z master zařízení a vstupuje do slave zařízení. Slave zařízení musí být vybrán nízkou úrovní na pinu SS.

Nejčastější použití systému SPI zahrnuje připojení jednoduchých posuvných registrů pro přidání vstupních, výstupních portů nebo připojení malých periferních zařízení, jako jsou sériové A/D nebo D/A převodníky. V praxi se většinou využívá jednoduššího zapojení, kde jsou data přenášena jednosměrně ze zařízení master na slave nebo ze slave na master [7].



Obr. 4 SPI výměna dat [7]

## 4 EAGLE

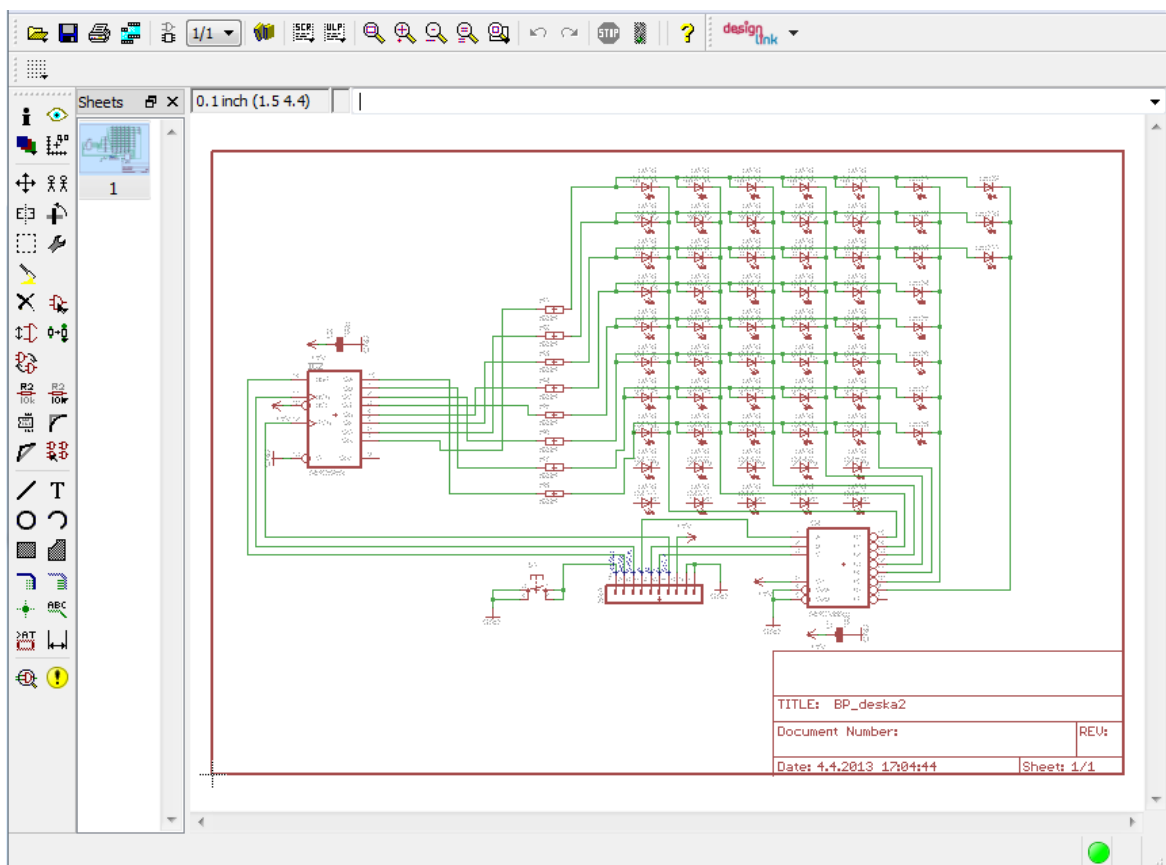
Eagle – Easily Applicable Graphical Layout Editor je nástroj pro návrh desek plošných spojů. Při vypracovávání byla použita freeware verze, která má oproti plné verzi pár omezení, která jsou zmíněna níže.

Program se skládá ze tří hlavních modulů:

- Editor schémat
- Editor spojů
- Autorouter [8]

### 4.1 Vlastnosti programu

#### 4.1.1 Editor schémat:

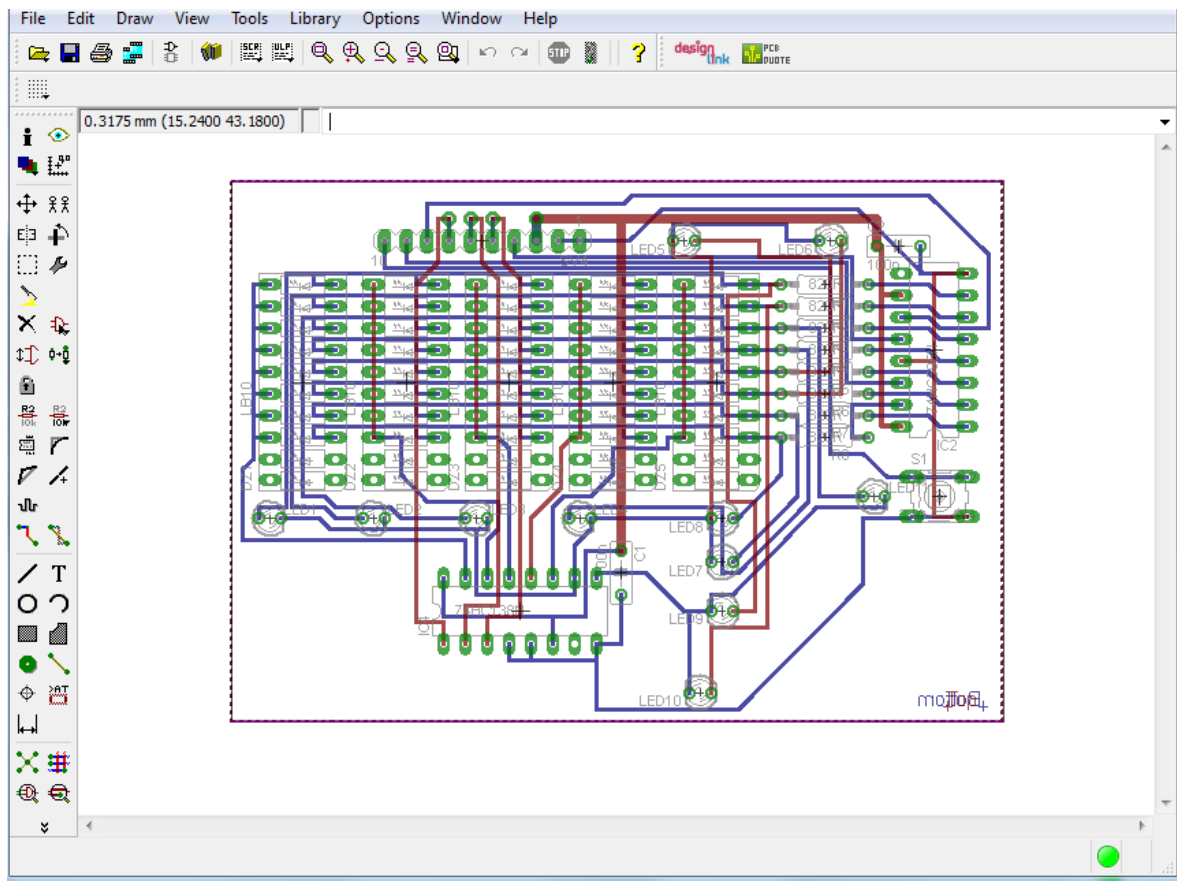


Obr. 5 Eagle editor schémat

- Verze freeware - Editor schématu může vytvořit schéma pouze na jednom listu [9].
- Verze professional - až 99 listů jednoho schématu

- kontrola elektrických pravidel zapojení
- prohazování hradel a pinů
- vytvoření desky ze schématu jediným příkazem [8]

#### 4.1.2 Editor spojů:



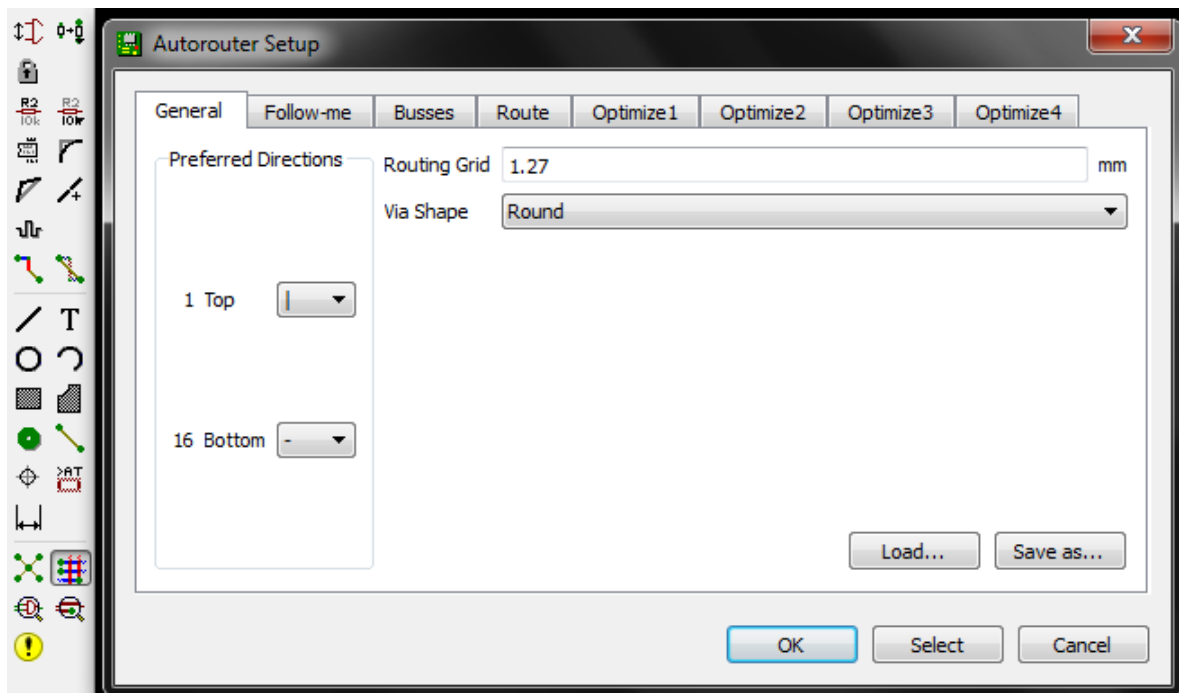
Obr. 6 Eagle editor spojů

- Verze freeware - Použitelná plocha desky je omezena na 100 x 80 mm (4 x 3.2 palce).
- Verze freeware - Mohou být použity jen dvě signálové vrstvy spojů (vrchní a spodní strana) [9].
- Verze professional - největší rozměr výkresu 1.6 x 1.6m (64 x 64 inch)
- Verze professional - až 16 signálových vrstev
- rozlišení 1/10.000 mm (0,1 mikronu)
- klasické i SMD součástky
- dodává se s plnou sadou knihoven součástek

- snadné vytváření vlastních součástek v plně integrovaném editoru knihoven
- funkce vpřed/vzad pro libovolný editační příkaz, do libovolné hloubky
- skriptové soubory pro dávkové zpracování příkazů
- poměření ploch
- funkce kopírovat a vložit pro kopírování kompletních částí výkresu
- kontrola pravidel návrhu [8]

#### 4.1.3 Autorouter

Autorouter, slouží k automatickému generování spojů. Kdy si vše potřebné nastavíme v jeho setupu a teoreticky by měl spoje vygenerovat. [16]



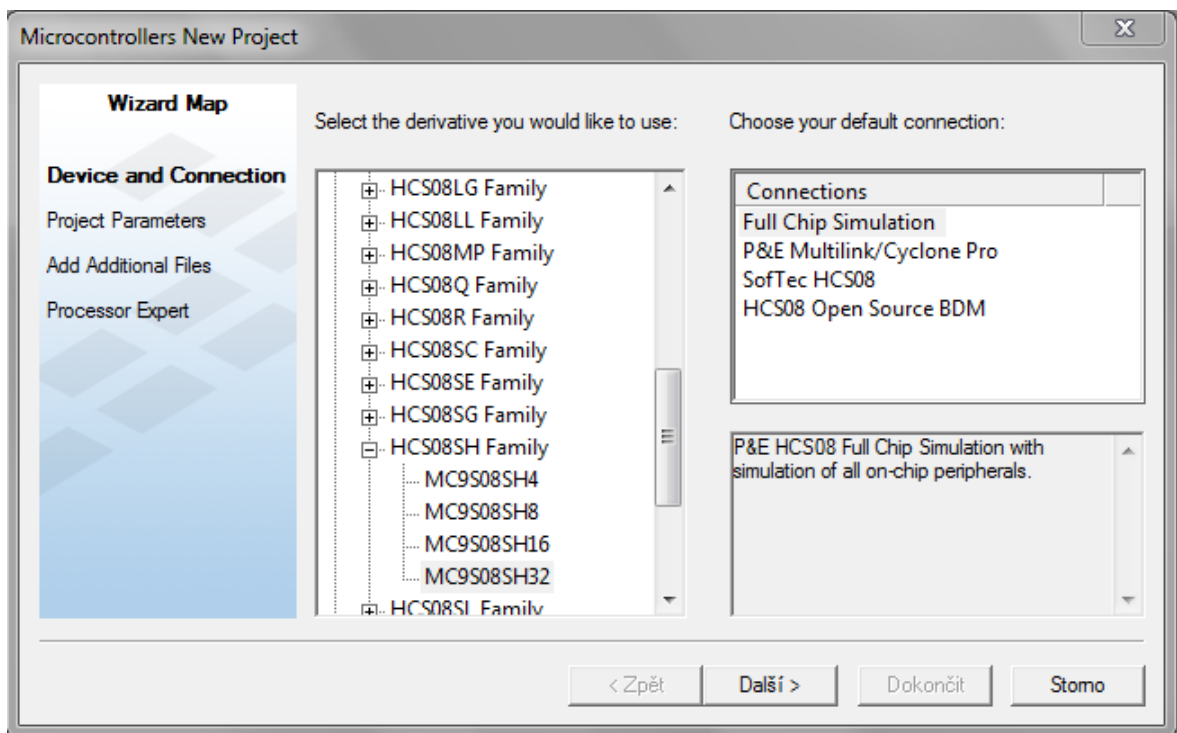
*Obr. 7 Eagle autorouter*

- ripup&retryrouter
- až 16 signálových vrstev
- strategie propojování nastavitelná uživatelem pomocí váhových faktorů [8]

## 5 CODEWARRIOR

Code Warrior Development Studio je kompletní integrované vývojové prostředí (IDE), které poskytuje vysoce vizuální a automatizované možnosti prostředí s cílem urychlit vývoj těch nejsložitějších aplikací. Na stránkách freescale.com jsou volně k dispozici ke stažení různé verze CodeWarrioru. Při programování této práce byla použita verze Classic, ale existují i eclipse verze, které mají jiné prostředí.

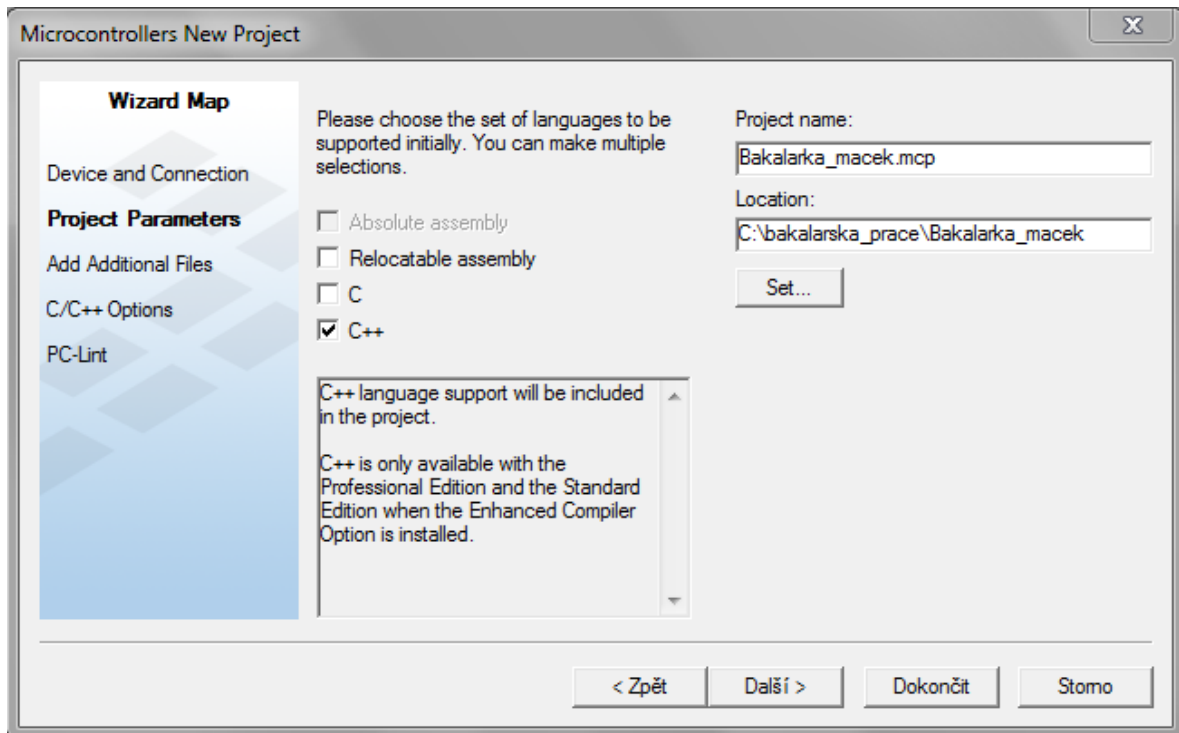
V CodeWarrioru si při vytváření projektu vybereme, jaký mikro počítač chceme programovat a jakým způsobem s ním budeme komunikovat. Můžeme zvolit i možnost simulace.



Obr. 8 Výběr mikro počítače CodeWarrior

můžeme zvolit celkem ze čtyř možností programování.

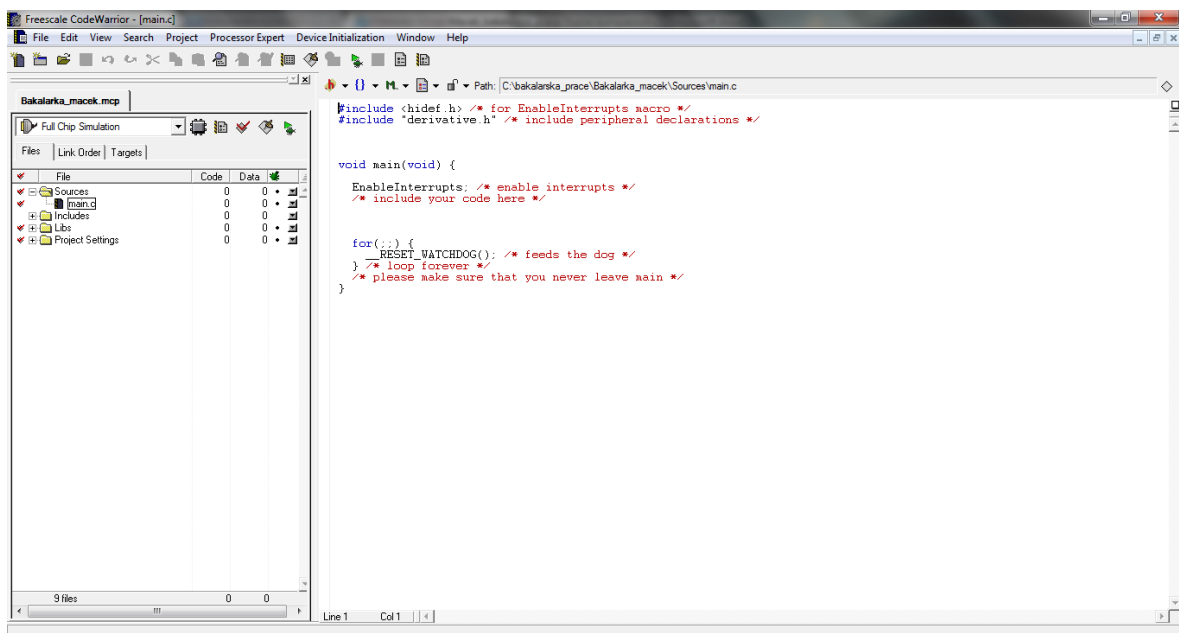
- 1 Jazyk symbolických adres – assembler
- 2 Vyšší programovací jazyk – C
- 3 Vyšší programovací jazyk – C++ (Je omezen různými verzemi)
- Nebo smíšený projekt



Obr. 9 Výběr jazyka CodeWarrior

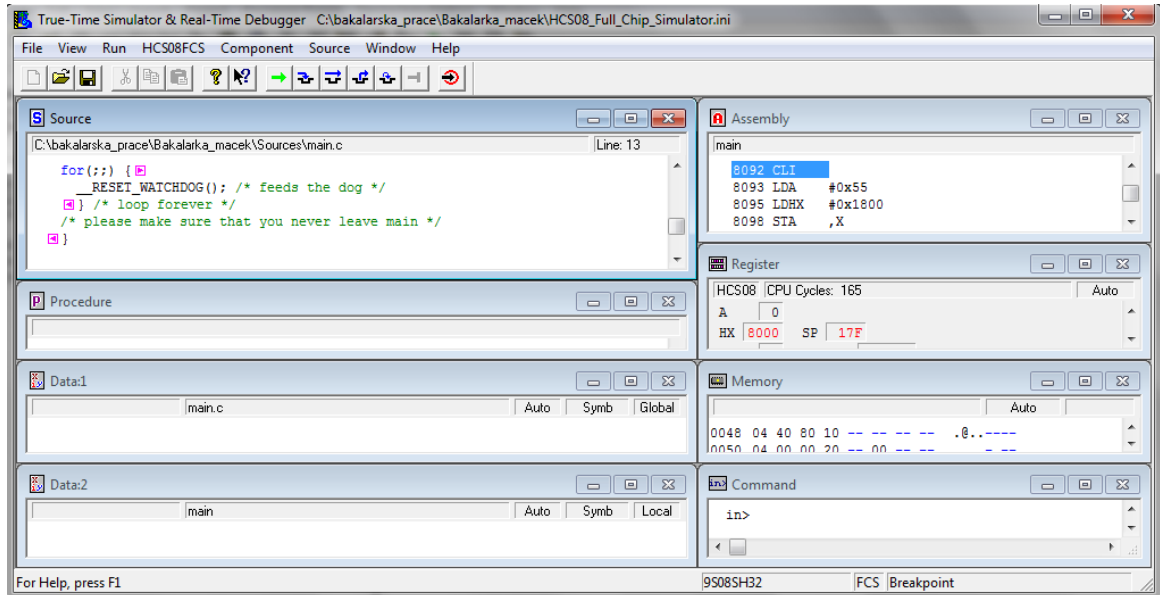
Ve vytváření projektu si dalšími kroky můžeme přidat ovladače, zvolit si processor expert, povolit čísla s desetinnou čárkou float a jiné.

Máme-li vytvořený projekt, můžeme vidět v levé části defaultně umístěný panel s projekty a napravo od něj prostor pro psaní kódu.



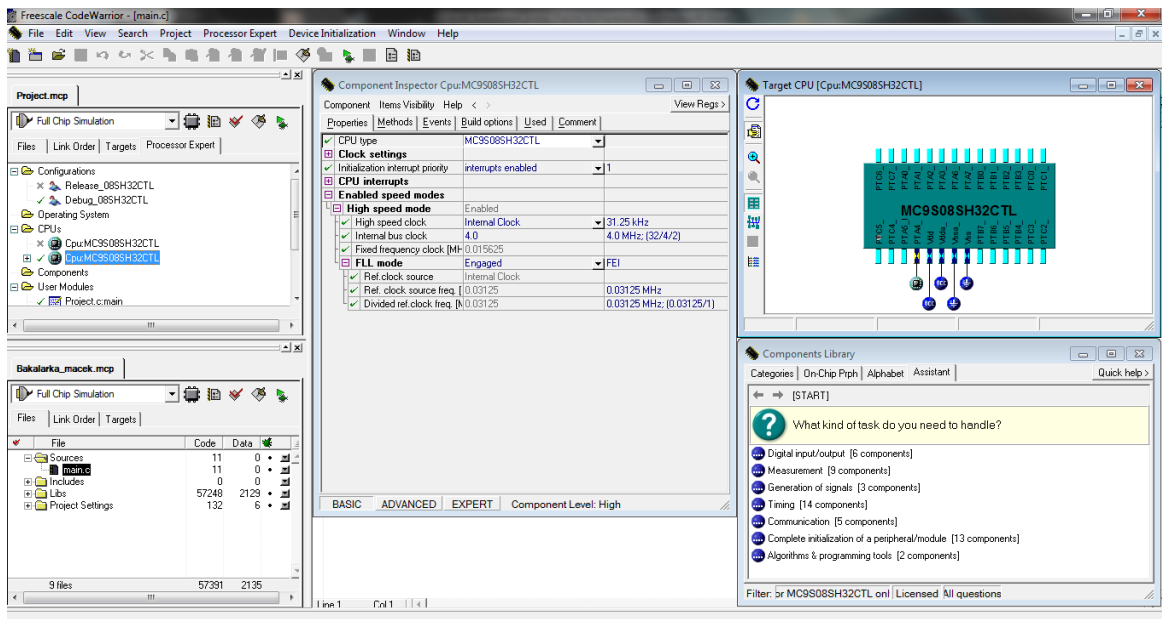
Obr. 10 prostředí CodeWarrior

Na panelu v horní části obrazovky můžeme napsaný kód zkompilevat a poté spustit debug, kde můžeme krokovat jednotlivé instrukce. Ovládání spuštěného programu je zde opravdu jednoduché a nabízí velké množství způsobů práce s proměnnými.



Obr. 11 prostředí debuggeru CodeWarrior

Jak již bylo zmíněno, při vytváření projektu můžeme zatrhnout možnost Processor Expert. Processor Expert je vývojový systém pro vytváření, konfiguraci a optimalizaci softwarových komponentů, které generují zdrojový kód. Zdrojový kód můžeme psát stejně jako u předchozí možnosti.



Obr. 12 prostředí Processor Expert CodeWarrior

## 6 MOSAIC

Mosaic je vývojové prostředí pro tvorbu a ladění programů pro programovatelné logické systémy TECOMAT a TECOREG z produkce firmy Teco a.s. Kolín. Program Mosaic je dodáván od roku 2000. Prostředí je vyvíjeno ve shodě s mezinárodní normou IEC EN-61131-3. Programovat lze v grafických i textových jazycích. Programování v grafických jazycích je jednoduché a intuitivní. Jednotlivé kontakty nebo bloky se vybírají z nástrojové lišty okna editoru a umísťují se na ploše. V textovém jazyku strukturovaného textu ST lze při psaní programu využít IEC asistenta, který nabízí dokončení rozepsaných konstrukcí, umožňuje vkládat dostupné proměnné, jejich definování apod. Při psaní programu je možné jednotlivé jazyky kombinovat. Jakmile však je zvolen pro zápis POU určitý jazyk, není možné ho již měnit. Další POU však může být zapsána opět v jiném jazyku. To umožňuje rozčlenit program a například část řídicí logiky psát v jazyku LD a část, kde se provádí matematické výpočty a objevují se složité výrazy, napsat v jazyku ST [10].

### 6.1 Přehled nástrojů prostředí Mosaic

Nástroje pro automatické generování kódu částí programu:

Pro usnadnění práce a snížení možností vzniku chyb je prostředí Mosaic vybaveno nástroji, které některé činnosti zjednodušují a sami automaticky generují výsledný zdrojový text.

- Manažer Projektu - je určen pro definování typu PLC, jeho sestavení a nastavení funkcí jednotlivých modulů PLC.
- Nastavení vstupů/výstupů - aliasy, data a fixace I/O.
- IEC manažer- je určen pro organizaci a editaci položek v uživatelském programu [10].

Textové editory uživatelského programu:

- Textový editor ST - je používán pro jazyk strukturovaného textu.
- Textový editor IL - je používán pro jazyk Instrukčního listu.
- Textový editor Txt - je používán pro editaci obecných textových souborů.
- Textový editor Xpro - používán pro jazyk nativního mnemonického kódu [10]

Grafické editory uživatelského programu:

- Editor LD - používán pro grafický jazyk příčkových diagramů s reléovými kontakty
- Editor FBD - používán pro grafický jazyk funkčních bloků.
- Editor SFC - používán pro sestavování přechodových diagramů
- Editor CFC- používán pro grafické kreslení plovoucích schémat. [10]

Další nástroje pro automatické generování kódu částí programu:

- PIDMaker - je vizuální nadstavba nad PID a PIDMA instrukce PLC
- PanelMaker - určen k definování obsahu obrazovek pro textové operátorské panely
- Grafický PanelMaker - určen pro definování obsahu obrazovek pro grafické operátorské panely [10].

Nástroje pro řízení projektu:

- Skupiny projektů - zobrazuje všechna jména projektových skupin v aktuálním adresáři a jména obsažených projektů
- Soubory v projektu - je určen pro přehled souborů projektu
- Otevřené soubory - zobrazuje seznam otevřených souborů [10].

Nástroje pro ladění a simulaci:

- POU Inspektor - slouží pro základní náhled na program v režimu RUN
- WebMaker - slouží k tvorbě XML stránek pro webový server
- GraphMaker - slouží ke grafickému zobrazení až 16-ti průběhů proměnných
- Simulátor textových panelů (HMI) - slouží k testování programové obsluhy
- Nástroj Panel - je určen pro semigrafické zobrazování a nastavování proměnných v programu
- Mapa uživatelských registrů - zobrazuje obsazení paměti
- Okna Zprávy 1 a Zprávy 2 - zobrazují hlášení překladače, výpisy z prohledávání, výpisy z trasování a podobně
- Okno Symboly - zobrazuje symbolická jména použitá v programu po překladu

- Okno Seznam ladících bodů - zobrazuje seznam ladících bodů položených do programu během ladění.
- Okno Data - zobrazuje data (hodnoty) proměnných v sestavě pro pohodlné sledování během ladění.
- Okno Akumulátory - zobrazuje data akumulátorů v PLC pro sledování během ladění v mnemonickém.
- Okna Paměť 1 a Paměť 2 - zobrazuje data paměti registrů PLC pro sledování během ladění [10].

## 6.2 Překlad programu

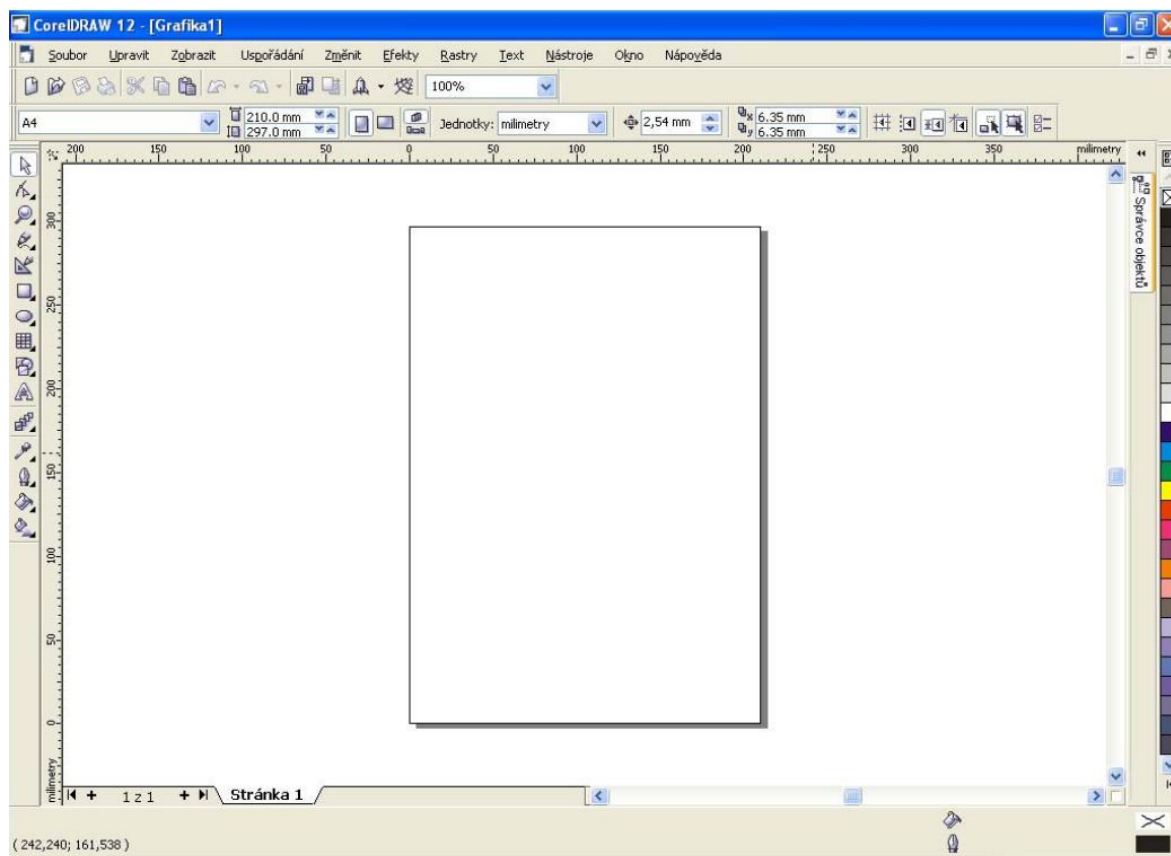
Program v projektu lze přeložit stisknutím klávesy F9 (nebo kliknutím na ikonu překladu). Pokud během překladu programu překladač najde chybu/chyby, je v okně Zprávy vypsáno chybové hlášení a v editoru nastaví na tento řádek ve zdrojovém textu kursor. V okně zprávy se zobrazují také varování překladače. Po úspěšném překladu je možné výsledný kód vyslat tj. nahrát do PLC klávesovou zkratkou Shift+F9. Přímým stiskem ikony nebo klávesovou zkratkou Ctrl+F9 se pouští PLC do režimu RUN [10].

## 6.3 Archivace

Archivací je myšleno ukládání všech zdrojových kódů a podkladů popisujících algoritmy. Také data uložená v paměti PLC je možné ukládat do archivu. V menu archivace vybereme volbu podle toho, co chceme archivovat. První položka menu slouží pro archivaci celé projektové skupiny. Uloží se všechna otevřená okna editorů a vše co k projektům ve skupině přísluší. Archivu se vytvoří automatické jméno obsahující kombinaci původního jména a datumu archivace. Druhá položka menu umožňuje obnovení takto vzniklého archivu. Při obnovení se musí zadat nové jméno pro tuto obnovovanou skupinu [10].

## 7 CORELDRAW

CorelDraw je jeden z nejznámějších programů oblasti vektorové grafiky. Nabízí široké spektrum nástrojů pro práci s vektory a grafickými objekty.



*Obr. 13 Pracovní plocha corelDraw [11]*

Hlavní nabídka obsahuje všechny potřebné příkazy pro práci s aplikací. Její ovládání je stejné jako v jiných aplikacích, pracujících v operačním systému Windows.

Panely nástrojů obsahují tlačítka, jejichž pomocí můžeme provádět řadu operací pouhým klepnutím myši. Podobně jako v jiných aplikacích je můžeme umístit kamkoliv na obrazovku. Základním panelem nástrojů je standardní panel, který obsahuje typická tlačítka: Nový, Otevřít, Uložit, Tisk, Vymout, Kopírovat, Vložit, Zpět, Znovu, Importovat, Exportovat, Úroveň lupy, Spustit aplikaci.

Okno nástrojů je nejdůležitější panel v programu CorelDraw. Na tomto panelu, který se většinou nachází v levé části pracovní plochy, nalezneme všechny potřebné nástroje pro vytvoření grafiky. [11]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 8 NÁVRH MODELU

Cílem je navrhnout model tak, aby využíval co nejvíce možných vstupů a výstupů PLC, nejlépe všechny. Jelikož je k propojení použit 20 pólový konektor, kde jsou 2 vodiče společné pro zem a 2 pro +24V napěťový signál, máme k dispozici 8 vstupních pinů a 8 výstupních. Model využívá všechny vstupy i výstupy. Sedm výstupů z PLC pro otevírání ventilů a jeden pro zapnutí ohřívače. Sedm vstupů do PLC pro indikaci zásobníků a jeden pro indikaci ohřívače.

Cílem je taky navržení dvou desek plošných spojů, které budou mít takové rozměry, aby se vešly do krabičky, ve které jsou umístěny EDU-mod modely. Další důležitou věcí při návrhu je, aby bylo zapojení co nejjednodušší, ale funkční. Při složitém zapojení by byl návrh v programu Eagle obtížně realizovatelný a výroba by byla náročnější, protože by bylo třeba oboustranných DPS.

### 8.1 Popis modelu

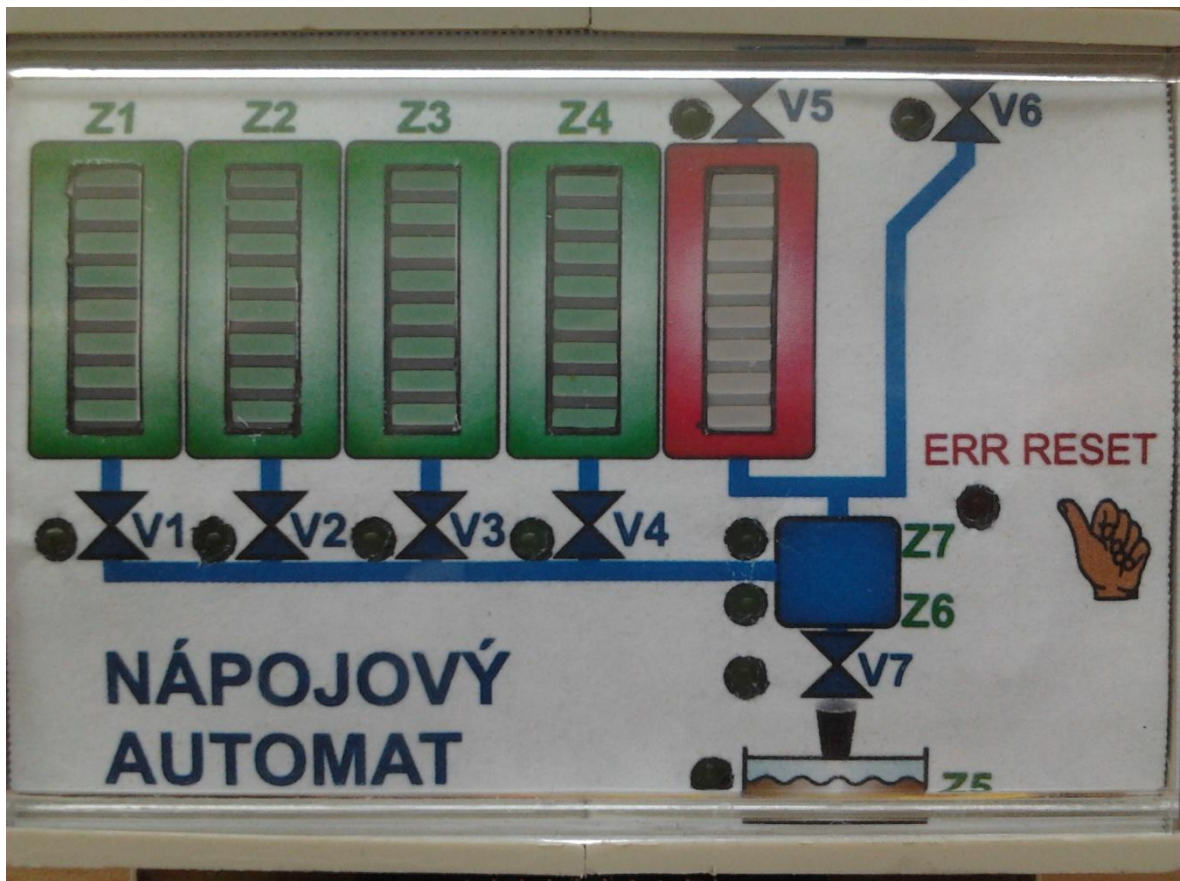
Části modelu:

- Krabička modelu
- Spodní DPS
- Horní DPS
- Papír s grafickým nákresem automatu

Složení nápojového automatu:

Nápojový automat obsahuje 4 zásobníky (Z1 - Z4) na libovolně zvolené nápoje nebo ingredience. K simulaci obsahu těchto zásobníků slouží 4 zelené bargrafy. Když zásobníky nejsou prázdné tak jsou na výstupech logické jedničky. Vypouštění zásobníků je realizováno otevíráním ventilů V1 – V4. Další součástí nápoje je voda, kterou můžeme napouštět dvěma ventily V5 a V6. Voda napouštěná ventilem V6 teče rovnou do zásobníku na míchání. Voda napouštěná přes V5 projde předtím, než se do zásobníku dostane ohřívačem, k jehož simulaci nám slouží červený bargraf. Ohřívač můžeme zapínat a vypínat. Když nemá maximální teplotu tak se na jeho výstupu nachází log. 0. Další součástí nápojového automatu je zásobník, ve kterém dochází k míchání nápojů. Zásobník obsahuje 2 senzory na snímání objemu nápoje Z6 a Z7, které jsou simulovány zelenými LED - diodami. Když se rozsvítí dioda tak se zároveň objeví na výstupu log. 1. Zásobník

můžeme vypouštět ventilem V7. Při otevření jakéhokoliv ventilu V1 – V7 se rozsvítí zelená LED - dioda v jeho blízkosti. Předposlední částí nápojového automatu je zásobník na odpad Z5. Při určitém množství nápojů se rozsvítí LED – dioda v jeho blízkosti a na výstupu se objeví log. 1. Poslední částí je error, který signalizuje červená LED – dioda a tlačítko reset.



Obr. 14 Model nápojového automatu

## 8.2 Návrh spodní desky

### 8.2.1 Zdroj

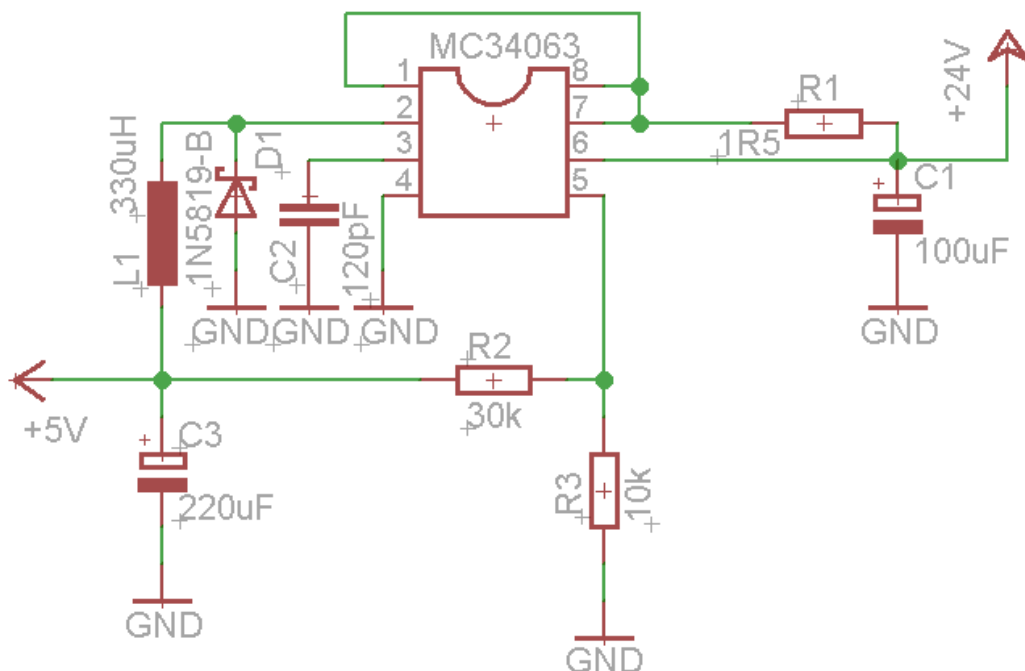
Jelikož se v laboratoři na PLC vyskytuje napěťová úroveň +26V místo běžných +24V, dochází u původních EDU-mod modelů k přehřívání lineárních regulátorů napětí vedoucí až k jejich zničení. Z tohoto důvodu je pro práci zvolen DC/DC měnič pracující s podstatně vyšší účinností. Jeho základem je integrovaný obvod MC34063, který nám ve správném zapojení bude udržovat napětí 5V potřebných k napájení mikropočítače. Na internetu se vyskytuje online kalkulačka, který je vhodný pro výpočet všech potřebných součástí viz (Obr. 15).

## Calculation Results For Step-Down Converter

$V_{in} = 27.00 \pm 10\% \text{ V}$
$V_{out} = 5.00 \text{ V}$
$I_{out} = 0.10 \text{ A}$
$V_{ripple} = 0.10 \text{ V}$
$V_{in \text{ min}} = 24.30 \text{ V}$
$T_{on} / T_{off} = 0.29$
$T_{on} + T_{off} = 12.50 \mu\text{s}$ (micro seconds)
$T_{off} = 9.71 \mu\text{s}$ (micro seconds)
$T_{on} = 2.79 \mu\text{s}$ (micro seconds)
$C_t = 111.57 \text{ pF}$
$I_{pk} = 0.20 \text{ A}$
$R_{sc} = 1.50 \Omega$
$L_{min} = 253.82 \mu\text{H}$
$C_o = 3.13 \mu\text{F}$
$R_1 = 10.00 \text{ k}\Omega$
$R_2 = (V_{out} - 1.25) / 1.25 * R_1 = 30.00 \text{ k}\Omega$

Obr. 15 Kalkulátor pro výpočet hodnot součástek měniče s MC34063 [15]

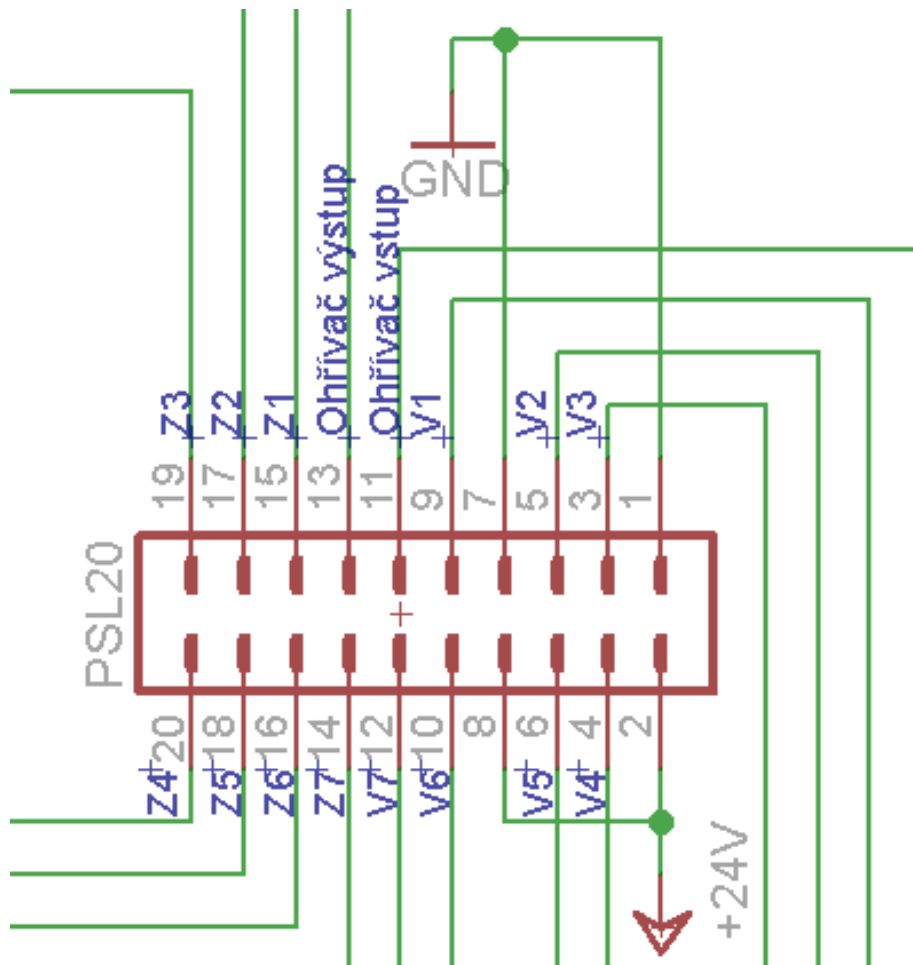
Při výpočtu dostaneme hodnoty součástek, ale jelikož se nevyrábějí všechny hodnoty, musíme u rezistorů a kondenzátorů vybírat přibližné, podle řad příslušných daným součástkám. Zvolené hodnoty a zapojení zdroje v programu eagle viz (obr. 15). Hodnota C3 je pozměněna z důvodu odstranění chyby, která nakonec byla na straně softwaru, takže by model fungoval i s původními 3,3 $\mu\text{F}$ .



Obr. 16 Spodní deska – Napájecí zdroj

### 8.2.2 Konektor

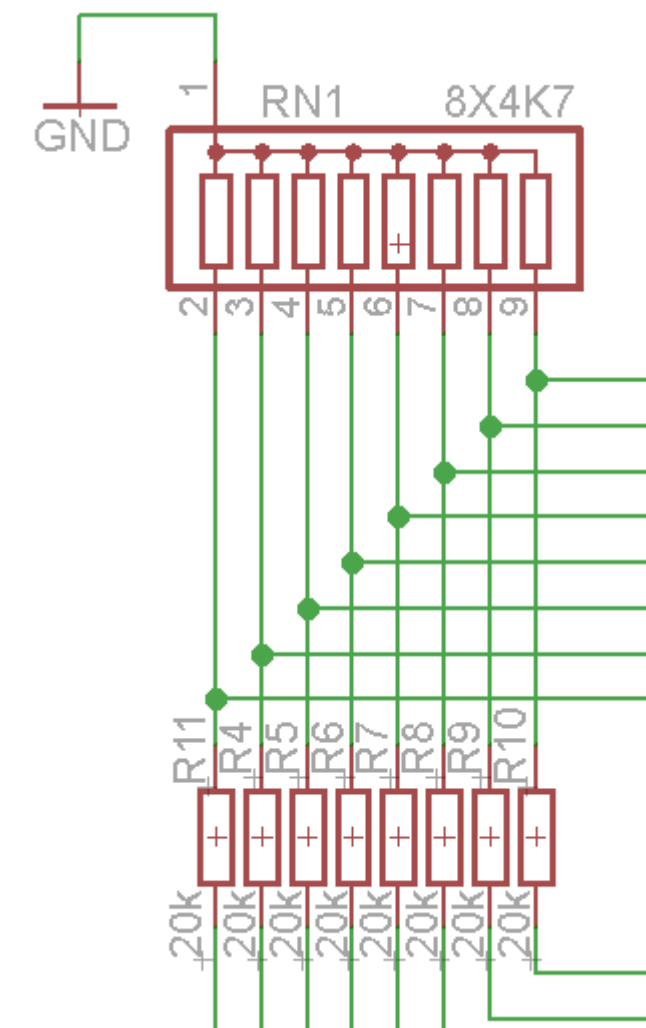
Jak již bylo zmíněno, PLC je připojeno k modelu přes 20 pólový konektor kde je zem přivedena na piny 1 a 7. Napětí +24V je přivedeno na piny 2 a 8. Výstupy z PLC (vstupy do modelu) jsou na pinech 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11 a 12. Vstupy pro PLC (výstupy z modelu) jsou přivedeny na piny 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 a 20. Čísla pinů můžeme vidět na (obr. 17).



Obr. 17 Spodní deska - Konektor

### 8.2.3 Dělič napětí

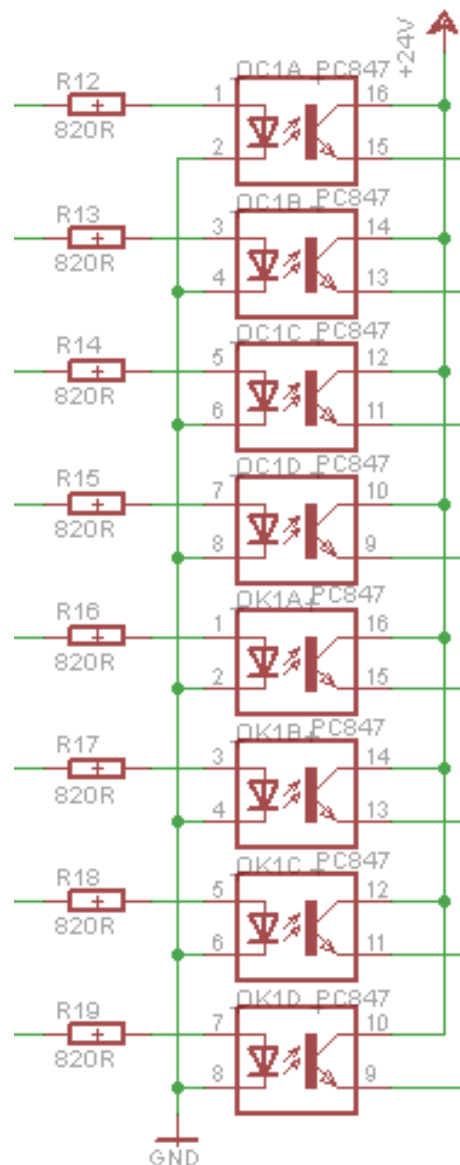
Na výstupu z PLC je 24V, ale mikropočítač pracuje s 5 V logickými úrovněmi. Z toho důvodu je použit napěťový dělič, kde hodnoty odporů jsou po výpočtu 20k $\Omega$  a 4,7k $\Omega$ . Na (obr. 18) můžeme vidět, že je zde použita rezistorová síť se společnou zemí, která nám ušetří spoustu místa na DPS, protože spoje můžou vést i mezi jejími vývody.



Obr. 18 Spodní deska – Dělič napětí

#### 8.2.4 Optočleny

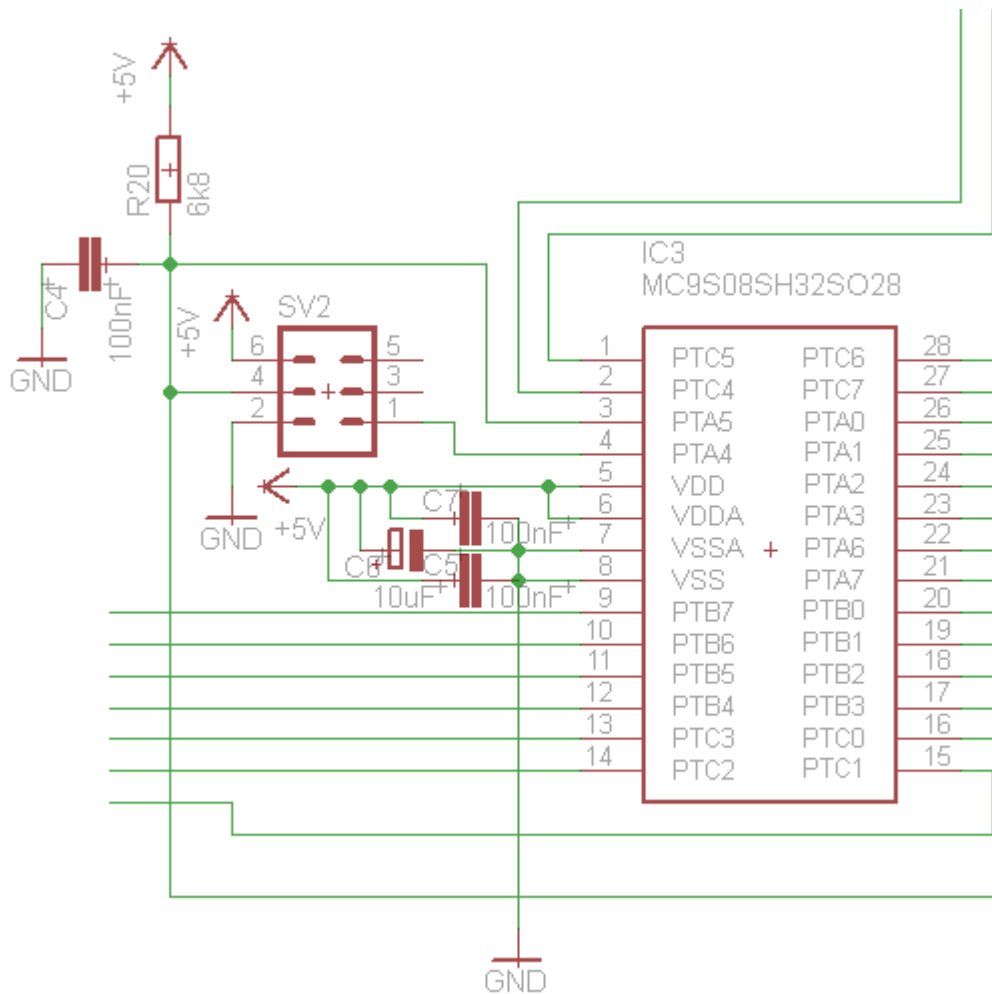
Optočleny jsou použity na výstupu z mikropočítače. Když je na nějakém výstupu z mikropočítače logická jednička což odpovídá napětí asi 5V, tak na LED diodě optočlenu při volbě odporu  $820\Omega$  dostaneme potřebný proud 4,6mA pro vyzáření světla. Když LED dioda optočlenu vyzáří světlo, tak sepne fototranzistor a umožní průchodu napětí mezi kolektorem a emitorem což je v našem případě 24V. Výhoda optočlenu je, že zde můžou být různě velké napěťové úrovně díky galvanickému oddělení. V této práci je použitý integrovaný obvod PC847 s 16 vývody, kde je vždy dvojice vývodů pro LED diodu a dvojice pro fototranzistor. Protože máme z mikropočítače 8 výstupů, bylo nutno použít 2 těchto obvodů.



Obr. 19 Spodní deska – Optočleny

### 8.2.5 Zapojení mikropočítače

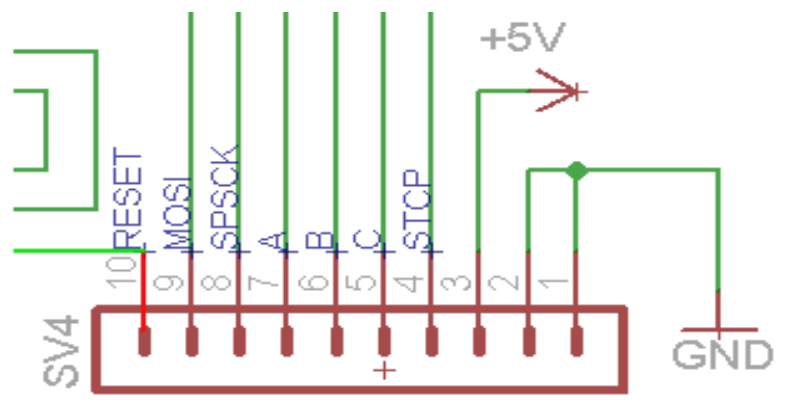
Mikropočítač je zapojený dle datasheetu a jeho piny jsou zapojené tak, aby se cesty na DPS co nejméně křížily. Na (obr. 20) můžeme vidět zapojení pinů (SV2) pro připojení programátoru, který je přiveden na PTA4. Vstupy mikropočítače (výstupy z PLC) jsou na pinech PTC0, PTC1, PTC2, PTC3, PTB4, PTB5, PTB6, PTB7. Výstupy z mikropočítače (vstupy pro PLC) jsou na pinech PTC4, PTC5, PTC6, PTC7, PTA6, PTA7, PTB0, PTB 1. Ostatní piny jsou pro SPI: PTB3 MOSI, PTB2 SPSCK, PTA0 STCP. Pro ovládání dekodéru: PTA3 A, PTA2 B, PTA1 C. RESET se nachází na pinu PTA5.



Obr. 20 Spodní deska – Zapojení Mikropočítače

### 8.2.6 Propojení s horní deskou

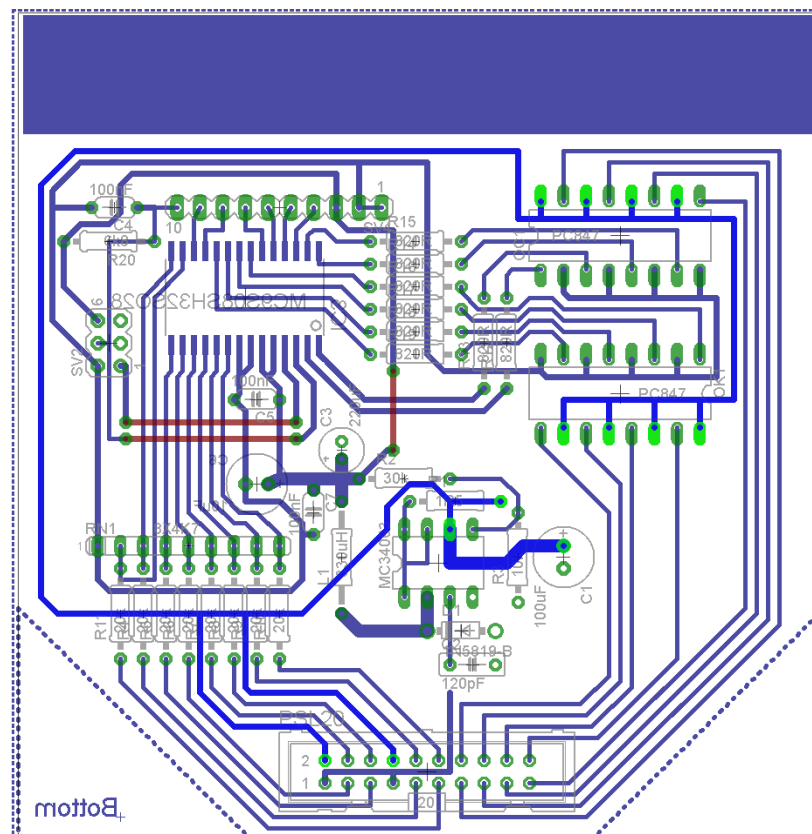
Propojení s horní deskou je zajištěno oboustranným kolíkem s 10 vývody, které se zasunou do dutinkové lišty na horní desce. Na horní desce je zapojení totožné, proto už nebude dále popisováno. Zapojení jednotlivých vývodů můžeme vidět na (obr. 21).



Obr. 21 Spodní deska – Propojení s horní deskou

### 8.2.7 Návrh DPS

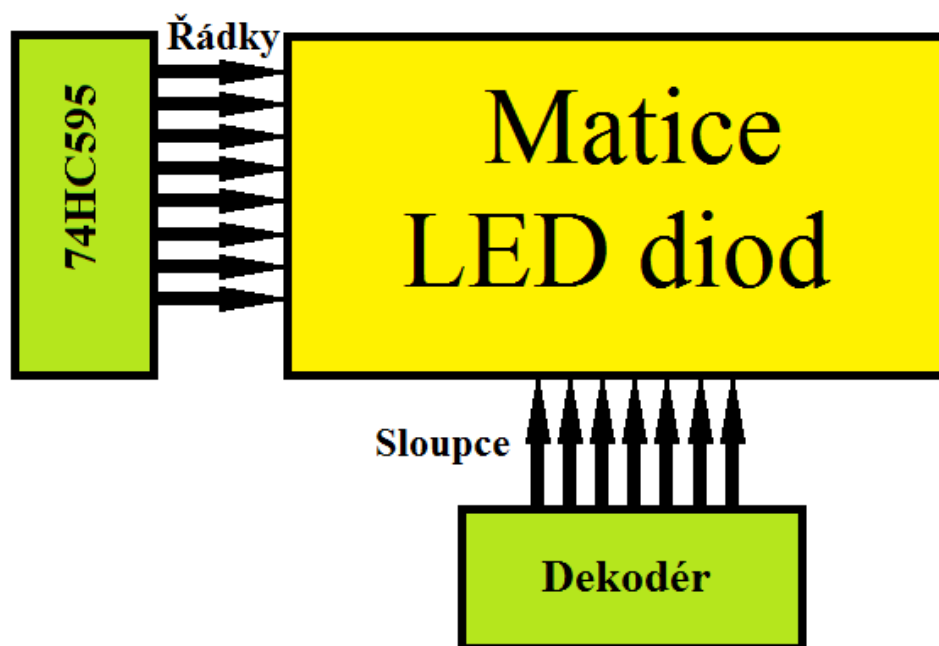
Při návrhu DPS je nutné rozvržení součástek tak, aby všechny součástky zdroje byly co nejbližší k sobě a aby byly spoje co nejjednodušší. Velikost desky je zvolena tak, aby seděla do krabičky modelu tj. 93x90mm. Jak můžeme vidět na (Obr. 22) tak v levém horním rohu se nachází oboustranná propojka a mikropočítač. Optočleny jsou umístěny v pravém horním rohu, zdroj se nachází zhruba uprostřed a nalevo od něj leží napěťový dělič. Konektor, který slouží k připojení PLC se nachází ve spodní části, kde ho bylo nutno umístit kvůli freeware verzi programu Eagle. Při zapojování bylo použito autorouteru, ale jelikož si neporadil s vývody mikropočítače tak bylo nutno celou DPS pospojovat ručně. Navrhnutá deska je jednostranná, kde se na spodní části desky nachází jak spoje, tak mikropočítač. Na (obr. 22) můžeme vidět drátové propojky, které jsou označeny červeně a které bylo nezbytné použít, pokud bychom nechtěli vyrábět oboustrannou DPS. Na (Obr. 22) můžeme taky vidět zvýrazněné napětí +24V. Fotky osazené desky jsou v příloze.



Obr. 22 Spodní deska – DPS

### 8.3 Návrh horní desky

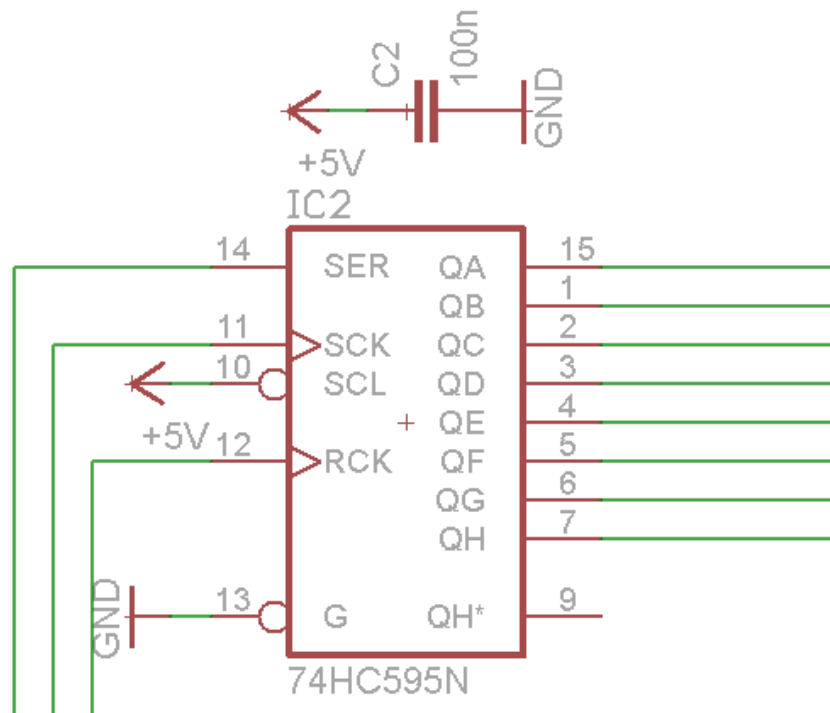
Horní deska slouží převážně k zobrazování stavů automatu. Rozsvěcování bargrafů a LED diod funguje na principu časového multiplexu. Mikropočítač pošle data řádků přes SPI na IO 74HC595 a nastaví na dekodéru přes 3 výstupy, který sloupec se má zobrazit. Jelikož 1 byte má 8 bitů, tak má pole 8 řádků. Máme 5 bargrafů a 11 LED diod což nám dá dohromady 7 sloupců. Přepínání sloupců musí být tak rychlé, aby lidské oko nepostřehlo blikání. Rozsvěcení sloupců tedy probíhá na frekvenci 50Hz.



Obr 23 Blokové schéma principu funkce

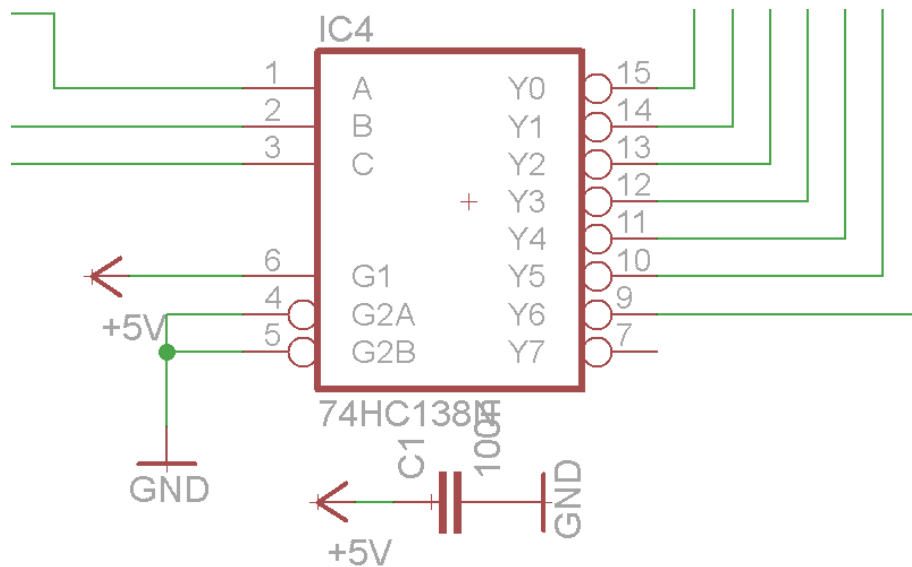
#### 8.3.1 Integrovaný obvod 74HC595

74HC595 posuvný registr je integrovaný obvod, kde za pomoci 3 vstupů můžeme ovládat 8 výstupů. Prvním vstupem jsou data – pin 14 SER. Ta vysíláme z MOSI pinu mikropočítače. Další důležitou součástí je hodinový signál – pin 11 SRCLK. Když přijde náběžná hrana hodinového signálu a ten se dostane do stavu log. 1 tak se do posuvného registru zapíše logická hodnota, která je právě v SER. Takto můžeme zapsat 8 bitů a pomocí přivedení logické jedničky na pin 12 – RCLK zobrazíme na výstupech stavy v posuvném registru. Tímto způsobem rozsvěcujeme vždy LED diody, které potřebujeme. Pin 13, je uzemněný, protože kdyby byl v logické jedničce tak by se na výstupech nacházel stav vysoké impedance. K integrovanému obvodu byl přidán kondenzátor 100nF kvůli napěťovým záskmitům.



Obr. 24 Horní deska – 74HC595

### 8.3.2 Integrovaný obvod 74HC138



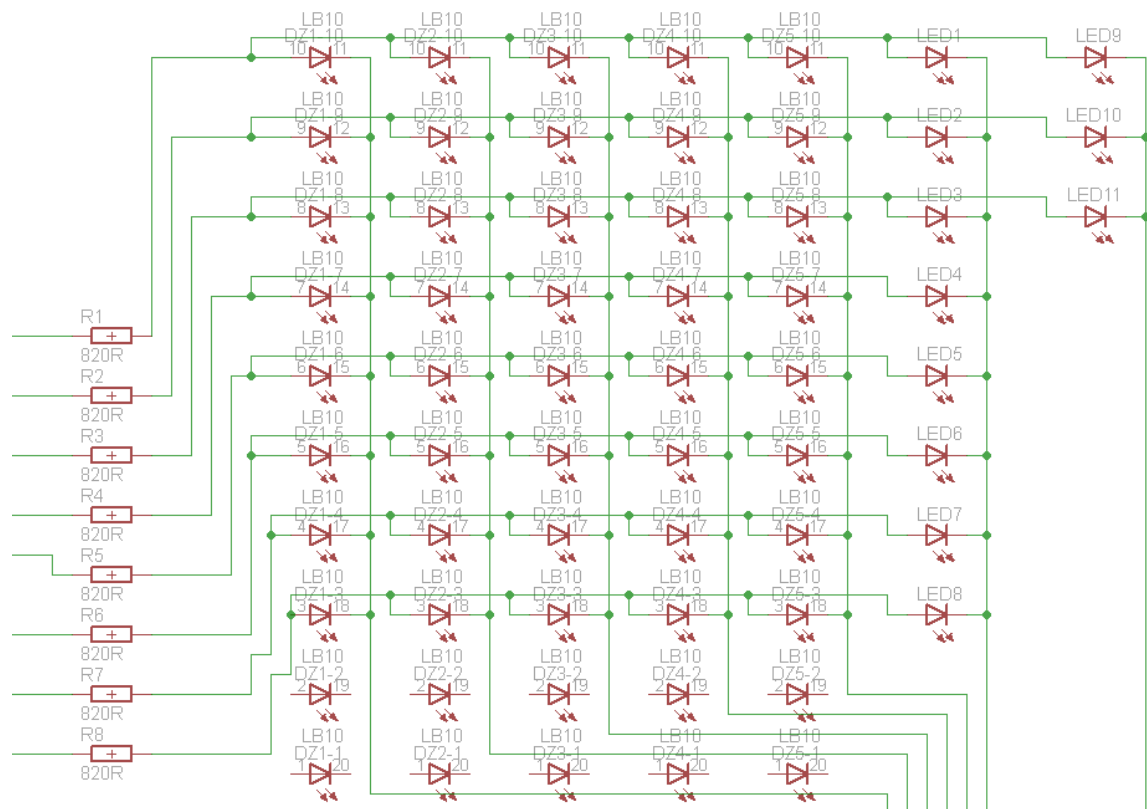
Obr. 25 Horní deska – 74HC138

74HC595 je dekodér 3 bitového binárního čísla na 1 z 8. Aby dekodér správně fungoval tak musíme uzemnit piny 4, 5 a na pin 6 musíme přivést logickou jedničku. Piny 1, 2, 3 poté vybíráme, na kterém z výstupů se bude nacházet logická 0. Ostatní výstupy budou

v logické 1. Tím, že se na některém z výstupů objeví logická 0, uzemníme jeden z bargrafů nebo jeden sloupec diod. Opět je přidán kondenzátor kvůli kmitům napětí.

### 8.3.3 Bargrafy a LED diody

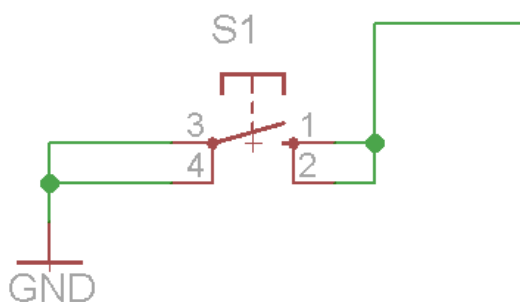
K zobrazení stavu automatu jsou použity 4 zelené bargrafy, jeden červený a 11 LED diod. Aby se součástky nezničily tak jsme museli opět použít předřadný odpor, který byl zvolen  $820\Omega$ . Podle výstupů na IO 74HC595 se nachází napětí na jednotlivých řádcích a dekodérem vybereme sloupec, který se uzemní. Tímto způsobem se rozsvítí diody, které potřebujeme. Protože 1 byte má 8 bitů tak by nám stačil bargraf s osmi LED diodami. Ty se nevyrobí, tak jsou použity bargrafy s 10 LED diodami, kde jsou dvě nezapojeny.



Obr. 26 Horní deska – Bargrafy a LED diody

### 8.3.4 Tlačítko reset

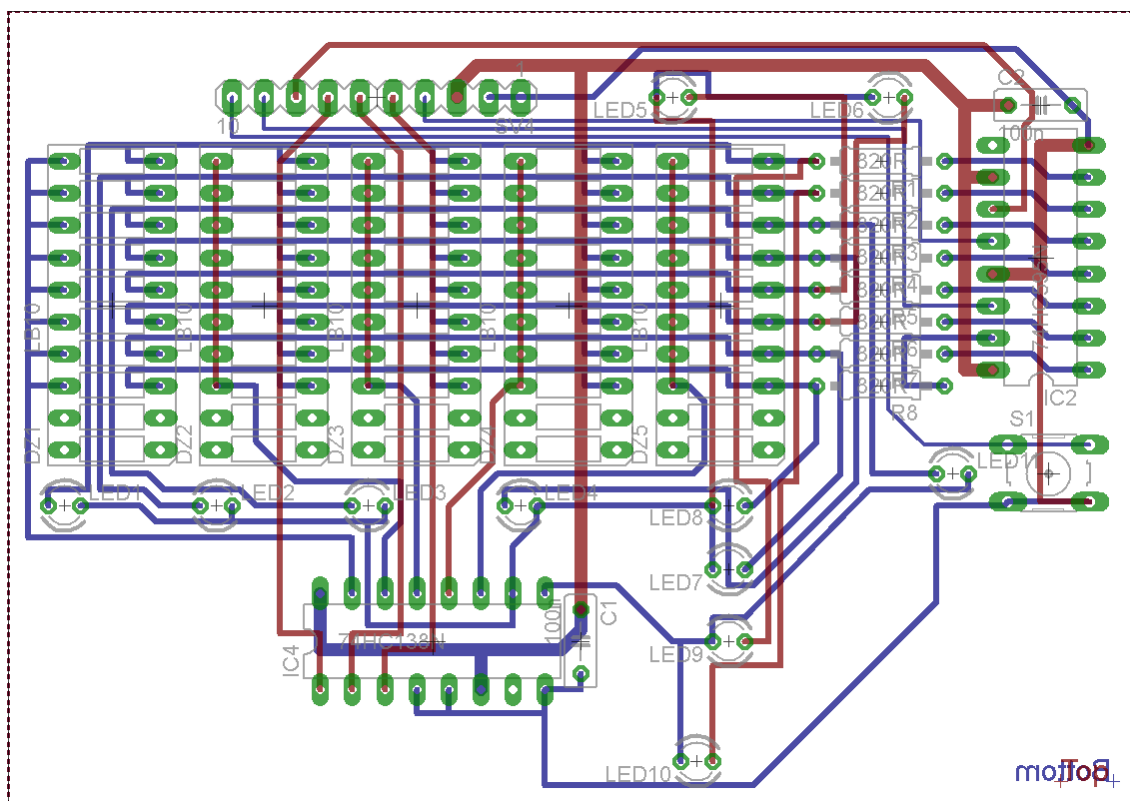
K resetování modelu slouží tlačítko, které při stisknutí propojí vývod mikropočítače PTA5 se zemí a tím se změní jeho úroveň na logickou nulu.



Obr. 27 Horní deska – Tlačítko reset

### 8.3.5 Návrh DPS

Rozměry horní desky se volí opět podle krabičky modelu tj. 63x90. Při rozmístění součástek se musí dbát obzvlášť na to, aby byla dutinková lišta (Obr. 28) nahoře a oboustranný kolík ve stejné poloze. Zbytek součástek je rozmístěn tak, aby odpovídal grafickému návrhu modelu. Při návrhu je nutno udělat oboustrannou desku kvůli velkému množství plošných spojů, které by se křížily. Na (Obr. 28) vpravo je IO 74HC595, vlevo od něj jsou odpory  $820\Omega$ , pod ním je tlačítko reset s červenou LED diodou, která indikuje chybové stavy modelu. Vlevo od rezistorů můžeme vidět řadu bargrafů. Dekodér 74HC138 je umístěn ve spodní části desky. Fotka s osazenými součástkami se nachází v příloze.



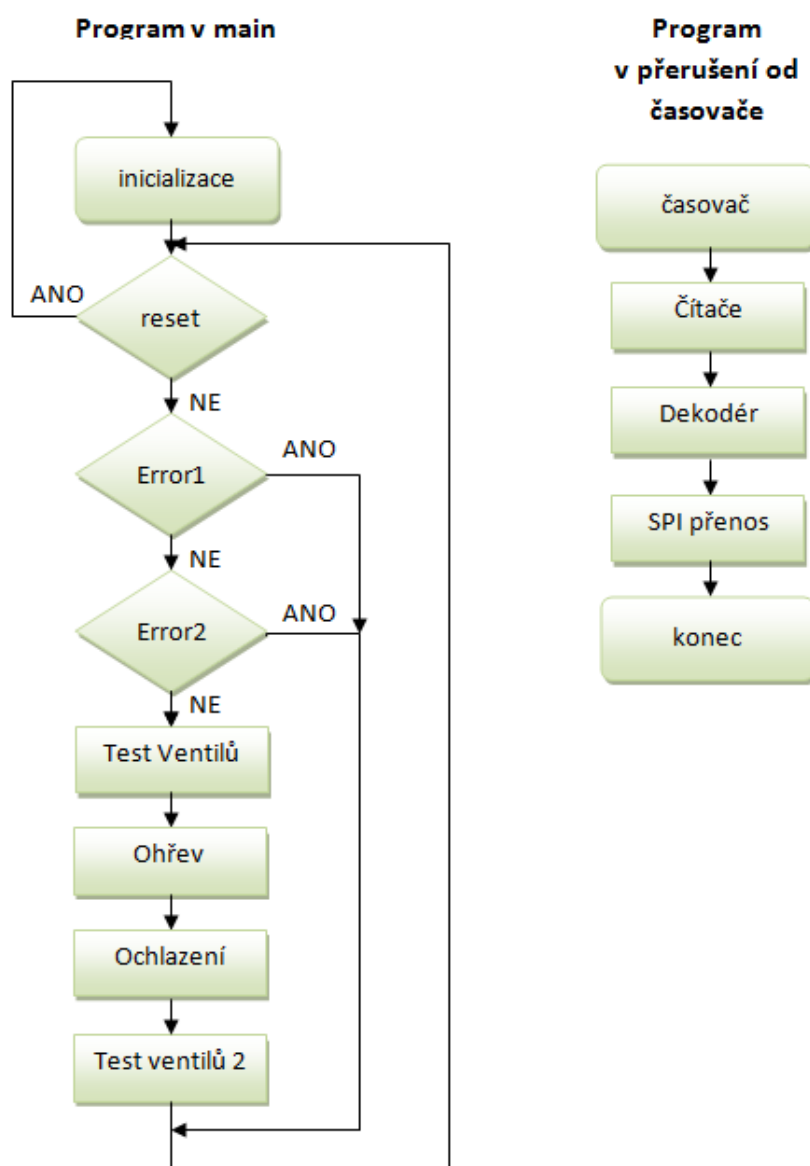
Obr. 28 Horní deska – DPS

## 9 PROGRAMOVÁ ČÁST

### 9.1 Programování mikropočítače

K programování je použit software CodeWarrior. Model se připojí k PC pomocí programátoru USB HCS08/HCS12 MULTILINK.

#### 9.1.1 Vývojové diagramy



Obr. 29 Vývojové diagramy

### 9.1.2 Popis programu

Program se skládá ze 3 částí. Z deklarace proměnných, z funkce main a z funkce přerušení od časovače. Mikropočítač je naprogramován tak, aby kontroloval chybové stavy. Program rozlišuje dva rozdílné chybové stavy.

Chybový stav 1:

Nastane, když jsou ventily V1 – V4 otevřeny déle jak 0,75s. Dále tento typ chybného stavu může nastat, když je ohřívač na maximální teplotě a není otevřený ventil V5. Když je zásobník na míchání nápojů plný a pořád je otevřený V5 nebo V6, tak za určitý čas dojde k erroru. Další možnost kdy může dojít k tomuto chybnému stavu je, když je některý ze zásobníků Z1 – Z4 prázdný a otevře se ventil. Posledním stavem kdy může nastat tento typ erroru je otevírání V7 když je plný zásobník na odpad. Časy a počet otevření V7 lze změnit pomocí makra. Makra jsou popsána níže. Tento typ erroru se dá odstranit pouze restartem modelu.

Chybový stav 2:

Pro odstranění chyby není nutno model restartovat, stačí zavřít ventil, kvůli kterému došlo k chybě. Error může nastat, když se současně otevře V7 a jakýkoliv jiný ventil, když se otevře najednou V5 a V6 nebo když je otevřen V7 a zásobník na míchání je prázdný.

### 9.1.3 Deklarace proměnných

Zde jsou deklarovány všechny potřebné proměnné pro chod programu a jsou tady také makra, která slouží k rychlé úpravě časů, po kterých se napustí/vypustí voda nebo po kterých se signalizuje error.

### 9.1.4 Main

Ve funkci main se hned na začátku nachází vypnutí watchdogu, které je důležité, kvůli správné funkci SPI. Po vypnutí watchdogu načteme trim z flash. Dále jsou zde aktivovány vstupy a výstupy mikropočítače, nastaveny registry SPI a povoleno přerušení od časovače.

Ve smyčce for je umístěn hlavní kód programu:

Jako první dochází k inicializaci, kdy se všechny proměnné nastaví do svého původního stavu. K inicializaci může dojít i při stisku tlačítka reset. Naprogramovány jsou 2 errorové stavy. První stav je takový, že led bliká a není nutno použít reset k odstranění erroru. Ve druhém chybovém stavu červená LED signalizující error svítí po celou dobu a chybový

stav jde zrušit pouze restartem. Pokud je vše v pořádku a nenastal žádný error tak dochází k testování ventilů. Pokud je ventil otevřený a zásobník je prázdný tak nastane error. V opačném případě se rozsvítí led indikující otevření ventilu a počítá se čas otevření. Když čas otevření přeteče nastavenou hodnotu makra tak se zhasne jeden dílek na zásobníku bargrafu a počítá se znovu, dokud se ventil nezavře. Tímto principem fungují ventily 1-4. U V5 a V6 je princip podobný, ale nezhasínají se dílky bargrafu, ale rozsvěčují se diody zásobníku Z6 a Z7 časy si opět můžeme nastavit přes makro. Může zde dojít k chybovému stavu, když čas otevření přeteče nastavení času pro error. V7 funguje na opačném principu jako V5 a V6. Když se V7 otevře tak se zásobníky Z6 a Z7 vyprazdňují a navíc se počítá počet otevření. Pokud je počet otevření větší než nastavená hodnota, tak se rozsvítí LED dioda u Z5 a značí nám plný zásobník. Když počet otevření přesáhne i další nastavenou hodnotu tak nastane error. Další věci co je třeba vyřešit je ohříváč. Pro simulaci ohříváče bylo nutno vytvořit přechodovou charakteristiku druhého řádu, protože žádný ohříváč nemá lineární průběh.  $G(s)$  přenos pro ohřev viz vztah (1).

$$G(s) = \frac{1,28}{s^2 + s + 0,16} \quad (1)$$

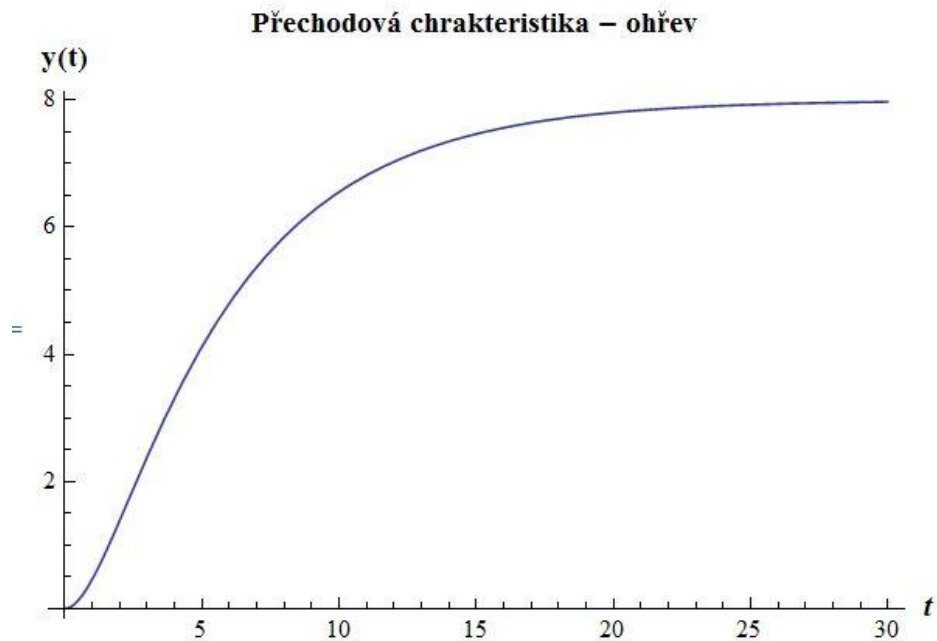
Přechodovou charakteristiku vypočítáme tak, že  $G(s)$  přenos vynásobíme  $1/s$  viz vztah (2).

$$H(s) = G(s) \cdot \frac{1}{s} = \frac{1,28}{s^2 + s + 0,16} \cdot \frac{1}{s} \quad (2)$$

Pro další výpočet je použito residuí a výsledek výpočtu můžeme vidět ve vztahu (3).

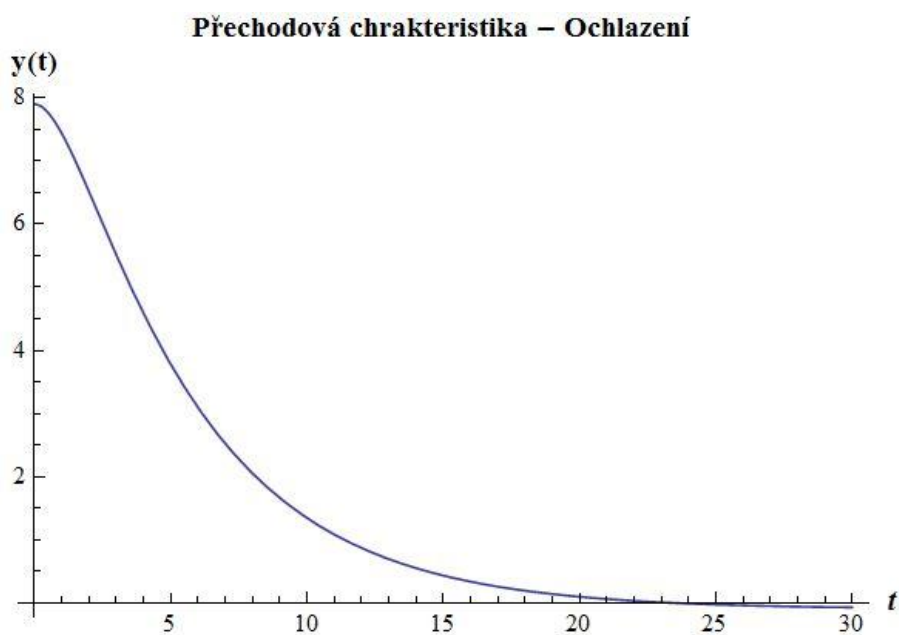
$$h(t) = 8 - \frac{32}{3}e^{-0,2t} + \frac{8}{3}e^{-0,8t} \quad (3)$$

Přechodová charakteristika je vyobrazena na (Obr. 30)



*Obr. 30 přechodová charakteristika pro ohřev*

Jelikož by čítač při ohřívání dosáhl hodnoty 8 (osm, protože máme 8 dílků bargrafu) až za velmi dlouhou dobu, tak je v programu nastavena hodnota pro konečný stav ohřevu 7,9. Této hodnoty přechodová charakteristika dosáhne v čase 24s. V programu se tato hodnota dělí 4, takže ohříváč se dokáže ohřát na konečnou hodnotu za 6s. Ochlazení je uděláno tak, že je vztah (3) vynásoben -1 a přičtena k němu hodnota 7,9. Charakteristika ochlazení je vyobrazena na (Obr. 31).



*Obr. 31 přechodová charakteristika pro ochlazení*

Ochlazení už trvá celých 24s a není nijak urychleno. Na konci for smyčky se nachází testování dvojic sepnutých ventilů. Pokud jsou zvolené dvojice sepnuté najednou tak nastává error s blikající LED diodou.

### 9.1.5 Přerušení od časovače

Přerušení od časovače se vyvolá 350x za 1s.

Hodnota vyvolání přerušení je nastavena v programu main a nastavuje se tak, že si první zvolíme dělicí poměr hodinového kmitočtu v prescaleru časovače. A poté si podle vztahu (4) vypočítáme hodnotu modulo registru.

$$Modulo = \frac{t_{TOF} \cdot f_{SOURCE}}{Prescaler} \quad (4)$$

Hodnotu požadovaného času do přetečení časovače  $t_{TOF}$  dostaneme, když podělíme číslem 350 jedničku. Frekvence zdroje hodinového kmitočtu  $f_{SOURCE}$  je 8 MHz. Prescaler je zvolen 8. Výsledek výpočtu modula je 2856.

V obsluze přerušení dochází k čítání proměnných ventilů, přechodové charakteristiky, ale hlavně se zde při každém přerušení přepne sloupec diod, pomocí třech výstupů mikropočítače, které řídí dekodér. Tyto výstupy se mění pomocí logických funkcí OR a AND. Podle toho, který sloupec se právě zobrazuje, vybíráme v tabulce „data“ správný byte dat, které přes SPI pošleme na IO 74HC595. Přenos přes SPI je vyobrazen na (Obr. 32).

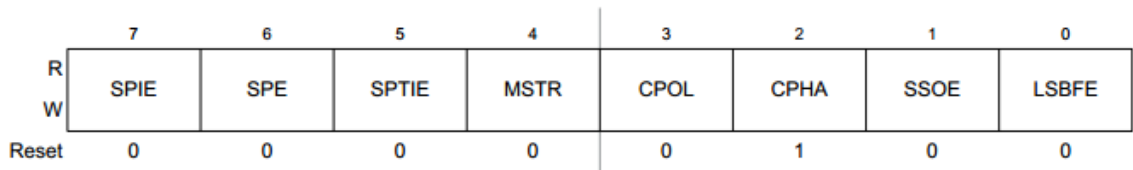
```
data = pole[svit];
//Zapis přes SPI
while(SPIS_SPTF==0);
SPID = data;
//Přijem dat
while(SPIS_SPRF==0);
tmp=SPID;
PTAD_PTADO = 1;
PTAD_PTADO = 0;
```

Obr. 32 SPI přenos zdrojový kód

Nastavení registrů SPI se nachází ve funkci main a je následující SPIBR = 0b00000001, SPIC1=0b01010000, SPIC2=0b00000000, kde jednotlivé registry jsou popsány níže

SPI řídicí Registr 1 (SPIxC1):

Tento registr pro čtení a zápis obsahuje povolení SPI, přerušení, a možnosti konfigurace [7].



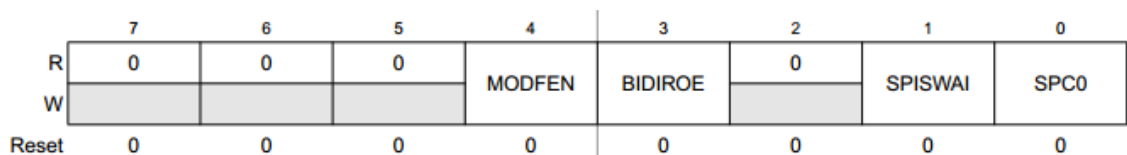
Obr. 33 SPI řídicí Registr 1 [7]

Popis jednotlivých bitů:

- 7 SPIE - SPI přerušení povoleno (pro SPRF a MODF)
- 6 SPE – Povolení SPI
- 5 SPTIE – Povolení přerušení při přenosu
- 4 MSTR – Výběr Master/Slave módu
- 3 CPOL – Zvolení polarity hodinového signálu
- 2 CPHA – Fáze hodinového signálu
- 1 SSOE - povolení výběru slave zařízení
- 0 LSBFE - LSB první (směr posunu)

SPI řídicí Registr 2 (SPIxC2):

Tento registr pro čtení a zápis se používá k ovládání volitelných funkcí systému SPI. Bity 7, 6, 5, a 2 nejsou implementovány a vždy jsou 0 [7].



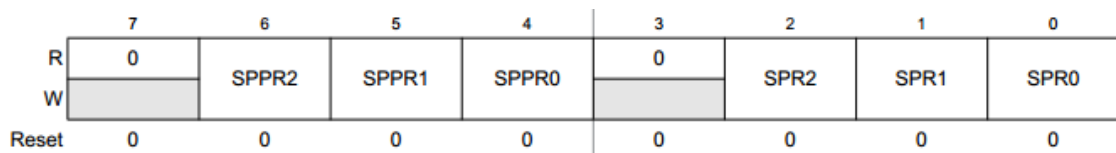
Obr. 34 SPI řídicí Registr 2 [7]

Popis jednotlivých bitů:

- 4 MODFEN – Povolení poruchové funkce master módu
- 3 BIDIROE – Povolení obousměrného režimu
- 1 SPISWAI – Hodinový signál se zastaví, když MCU vstoupí do čekacího režimu
- 0 SPC0 – Konfigurace full-duplex nebo half-duplex přenosu

SPI Registr rychlosti přenosu (SPIxBR):

Tento registr slouží k nastavení prescaleru a přenosové rychlosti pro mastera SPI. Tento registr můžeme číst a zapisovat kdykoliv [7].



Obr. 35 SPI Registr rychlosti přenosu [7]

Popis jednotlivých bitů:

- 6:4 SPPR[2:0] – Dělitel přenosové rychlosti prescaleru
- 2:0 SPR[2:0] - Dělitel přenosové rychlosti SPI [7].

## 9.2 Ukázkový program

Ukázkový program je napsán v programu Mosaic. Aby se zde nevyskytoval 2x stejný popis programu, tak nám k tomu poslouží popis podprogramu menu, kde je vše vysvětleno.

### 9.2.1 Deklarace proměnných

V této části jsou deklarovány proměnné potřebné pro chod programu, jako jsou tlačítka, proměnné pro řízení, pro kontrolu, časovač, dočasné proměnné a jiné.

Pro zavírání ventilů byl použit časovač TON, který začne počítat hned při otevření ventilu a až dosáhne nastavené hodnoty tak ventil zavřeme.

### 9.2.2 Hlavní program

Zde se nachází hlavní smyčka programu, která se cyklicky opakuje.

V této smyčce jako první vynulujeme všechny proměnné, toto se děje jen jednou na začátku programu. Dále se dostaneme na návěští `init_hotovy` kde se volá podprogram menu, když zrovna neprobíhá podprogram koncentrátu nebo kávy. Posledním návěštím v hlavní části programu je `preskoc_menu`, kde se nachází volání podprogramů kávy, koncentrátu a jsou zde logické funkce OR, které slouží k zobrazení průtoků v PanelMakeru.

### 9.2.3 Podprogramy

V této části se nachází 5 podprogramů.

Podprogram menu:

Podprogram je vytvořen tak, aby se dalo ovládat jednoduché menu jen za pomoci 2 tlačítek, které máme k dispozici. Menu funguje tak, že prvním tlačítkem se vždy v menu jen pohybujeme a druhým tlačítkem potvrdíme výběr právě zvolené položky nebo v případě cukru a mléka druhým tlačítkem můžeme měnit množství. Menu se skládá ze dvou částí.

První část je vlastní nastavení kdy si nastavíme množství mléka a cukru a poté si zvolíme z prvních dvou možností kávy nebo koncentrátu. Když jsme si zvolili nápoj tak jsme se dostali do druhé části menu, kde se opět pohybujeme prvním tlačítkem a druhým potvrzujeme. Zde si můžeme vybrat ze dvou nabízených množství nápoje nebo se můžeme vrátit zpět do první části menu.

V druhé části jsou rychlé volby nápojů, kdy druhým tlačítkem jen potvrdíme, jaký nápoj chceme, a ten se připraví s předem nastaveným množstvím surovin.

Když si vybereme nějaký nápoj tak se nastaví příslušná proměnná do jedničky a začne se provádět podprogram pro vybraný nápoj.

Podprogram koncentrát:

Zde se jako první otestuje, jestli je zvolen koncentrát. Když ne tak se podprogram ukončí. Pokud byl zvolen koncentrát tak se otestuje, jestli je ještě v zásobníku. Dalším krokem je otestování zvoleného množství nápoje podle toho se nastaví časovač a testuje se senzor zásobníku pro míchání. Pokud je množství koncentrátu v pořádku v míchací nádobě tak se testuje zásobník s cukrem. Když je zásobník prázdný tak se nedá žádný cukr a proměnná se nastaví do logické 1. Když je v zásobníku cukr tak se zavolá podprogram, který otestuje množství cukru a podle toho nastaví časovač. Když je cukr hotový a nádoba je napuštěna dostatečným množstvím vody tak se otevře ventil a nápoj se přelije do kelímku.

Podprogram káva:

Podprogram kávy je podobný jako podprogram pro koncentrát, ale musí se ještě navíc kontrolovat, jestli je ohřívač na požadované teplotě. Voda se začne napouštět až je ohřívač připravený. Je zde přidáno taky míchání nápoje s mlékem, které funguje stejně jako míchání s cukrem s tím rozdílem, že se volá podprogram pro množství mléka.

Podprogram množství cukru:

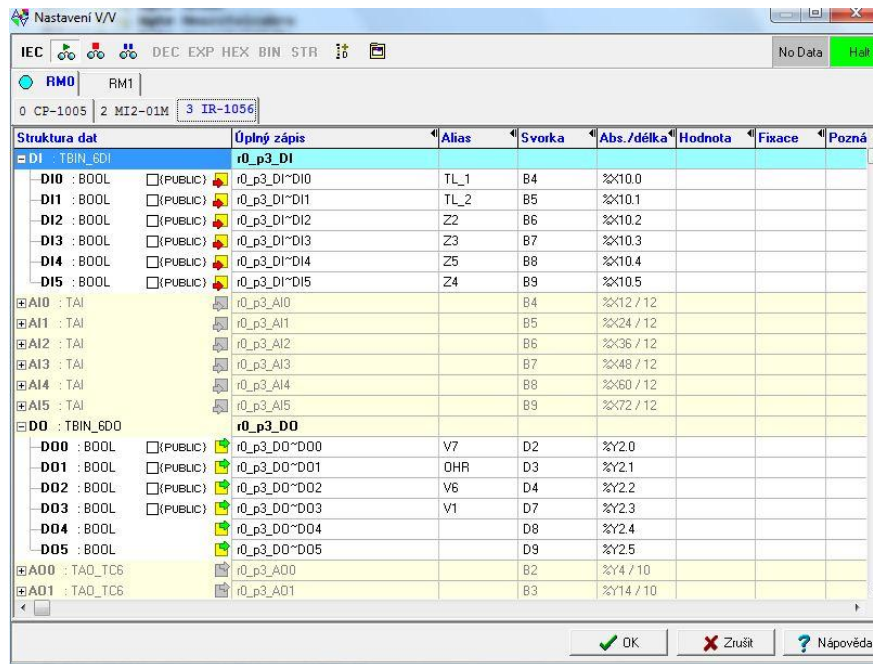
Zde se testuje, jaké je množství cukru a podle toho se nastaví hodnota pro časovač.

Podprogram množství mléka:

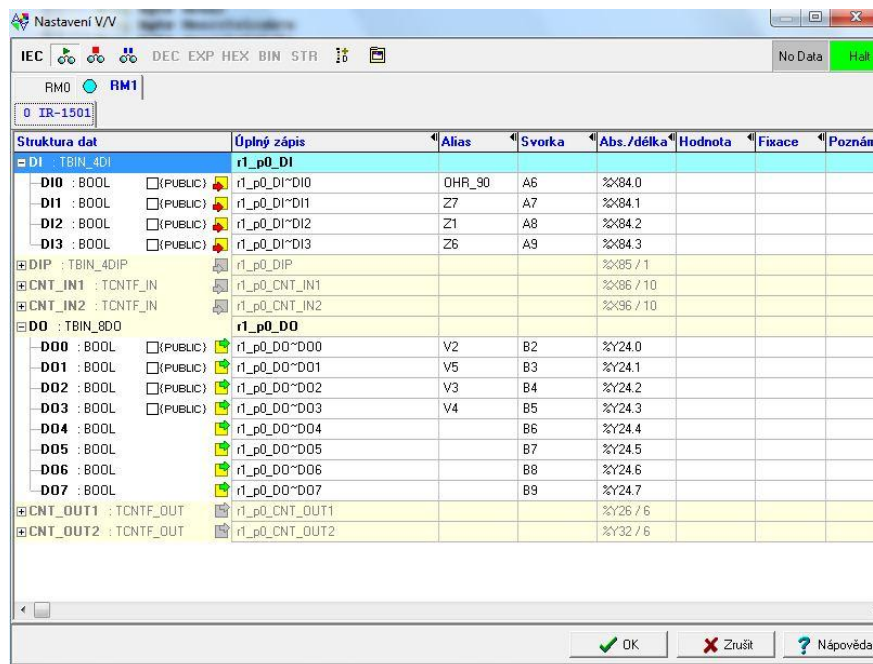
Zde se testuje, jaké je množství mléka a podle toho se nastaví hodnota pro časovač.

### 9.2.4 Nastavení vstupů a výstupů

Při stisknutí ikony V/V v nabídce mosaicu je možné nastavit si jednotlivé vstupy a výstupy. Pro snadnější práci jsou vstupům i výstupům přiřazeny aliasy.



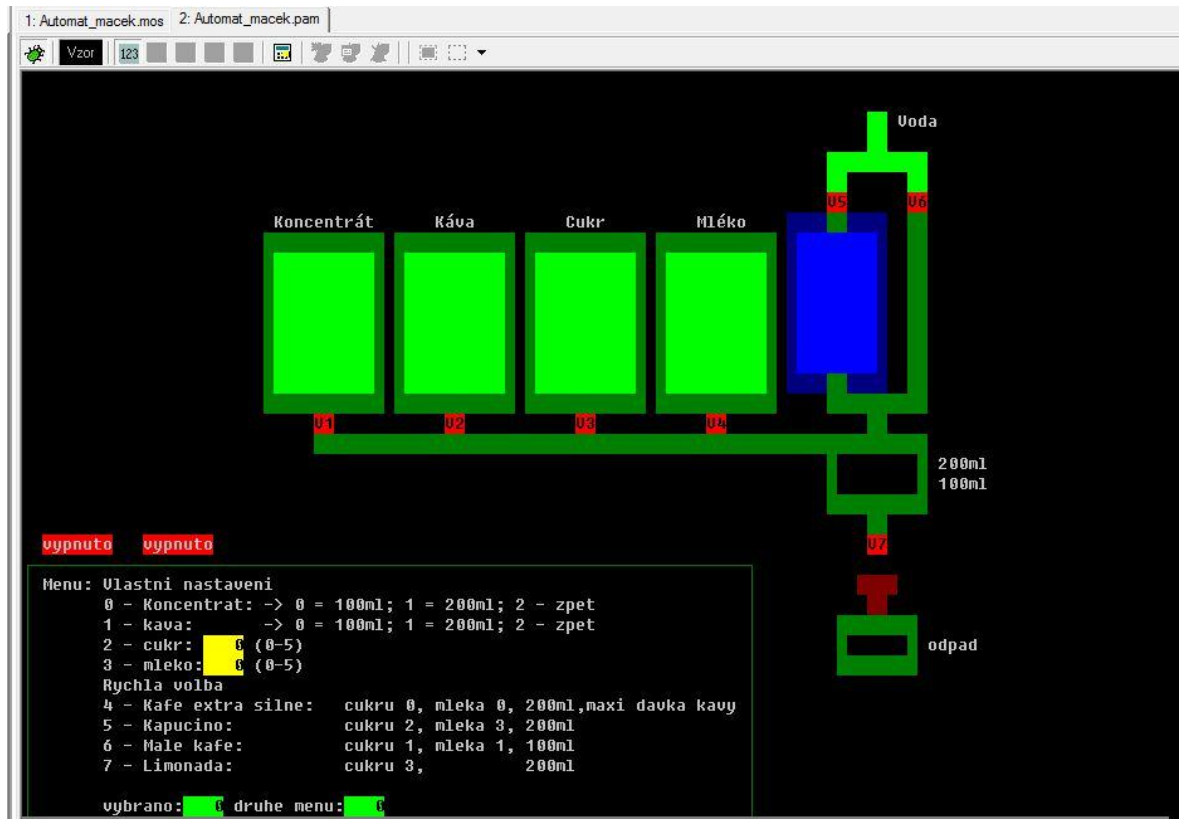
Obr. 36 Nastavení V/V 1



Obr. 37 Nastavení V/V 2

### 9.2.5 PanelMaker

Pro vizualizaci menu a automatu byl použitý PanelMaker, který je součástí programového vybavení Mosaic. Simulace automatu se nachází uprostřed a vlevo dole je menu, kde jsou popsány možnosti volby nápojů.



Obr. 38 Vizualizace v PanelMakeru

## 10 OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI MODELU

Funkčnost modelu byla ověřena na PLC TECOMAT i SAIA. Na TECOMATu byla ověřena ukázkovým programem, který už byl v této práci popsán. Na PLC SAIA byla funkčnost vstupů a výstupů ověřena přes Watch Window, které je součástí PG5 Controls Suite určeného k jeho programování. Když se objevila při testování jednička na příslušném vstupu nebo výstupu, tak bylo poznačeno do komentáře, u čeho se objevila.

Symbol	Address	Value	Modify ...	Module	Symbol Comment	Comment
	I 16	0				OHR
	I 17	0				Z7
	I 18	0				Z1
	I 19	0				Z6
	I 20	0				Z2
	I 21	1				Z5
	I 22	0				Z3
	I 23	0				Z4
	O 0	0				V3
	O 1	0				V4
	O 2	0				V2
	O 3	0				V5
	O 4	0				V1
	O 5	0				V6
	O 6	0				V7
	O 7	0				OHR

Obr. 39 Saia Watch Window

Přehled vstupů a výstupů z pohledu PLC:

Vstupy/Výstupy	SAIA - Adresa	TECOMAT - svorky	
		IR - 1056	IR - 1501
<b>Ohřivač Výstup</b>	O7	D3	
V1	O4	D7	
V2	O2		B2
V3	O0		B4
V4	O1		B5
V5	O3		B3
V6	O5	D4	
V7	O6	D2	
<b>Ohřivač Vstup</b>	I16		A6
Z1	I18		A8
Z2	I20	B6	
Z3	I22	B7	
Z4	I23	B9	
Z5	I21	B8	
Z6	I19		A9
Z7	I17		A7

Tab 10 Přehled vstupů a výstupů z pohledu PLC

## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vytvoření modelu nápojového automatu, který bude sloužit pro výuku programovatelných logických automatů. Hlavní důvod, proč byl vybrán model právě pro výuku PLC je ten, že se v učebně vyskytují EDU-mod modely 2x i 3x a pro studenty tak není problém úlohy kopírovat.

Jako první bylo třeba navrhnout model tak, aby se přiblížil co nejlépe k reálnému modelu nápojového automatu, jenže jsme při návrhu byli omezeni 8 vstupy a 8 výstupy z PLC. Bylo navrženo, že model bude obsahovat 4 zásobníky, ze kterých se bude směs vypouštět čtyřmi ventily. Dva další ventily slouží k napouštění vody, z nichž jeden pouští vodu přes ohřívač. Všechno se smíchá v nádobě, která má dva senzory pro detekci množství. Tato nádoba se opět dá vypustit ventilem. Poslední součástí modelu je nádoba na odpad a tlačítko reset.

Když byla kompletní představa, jak by model mohl fungovat, tak bylo zapotřebí vytvořit hardwarovou část, která se skládá ze dvou DPS. Napětí z konektoru je přivedeno do zdroje, který napájí mikropočítač. Výstupní signály z PLC jsou přivedeny na napěťový dělič a z něj do mikropočítače. Výstupní signály z mikropočítače jsou přivedeny na optočleny a z nich na vstupy PLC. Rozsvícení sloupců probíhá na frekvenci 50Hz, takže lidské oko není schopno postřehnout blikání. Návrh DPS se uskutečnil v programu Eagle. Mikropočítač byl naprogramován v programu CodeWarrior. Protože model slouží k výuce, bylo zapotřebí vytvořit i ukázkový program, na kterém se ověří funkčnost celého modelu.

Při vytváření práce se vyskytovalo mnoho problémů, které bylo třeba odstranit. Problémy se vyskytovaly jak v hardwarové části, tak v softwarové. Největším problémem při výrobě hardwarové části byla pájecí pasta, se kterou se pájelo snadno, ale postupem času začala vytvářet zkratky. Pájecí pasta je tedy vhodná maximálně na pájení drátových vývodů, ale na pájení DPS je vhodnější použít kalafunu. V softwarové části se jako největší problém jevil watchdog, který bylo třeba zakázat, aby se program pro přenos SPI mohl uskutečnit v přerušení od časovače.

## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The aim of this thesis was to create a model of a drink machine that will be used for the teaching of programmable logic controllers. The main reason, why was chosen model for learning PLC is the one, that EDU-mod models is occurring in the classroom 2x and 3x and there is no problem for students to copy tasks.

First, it was necessary to design a model that is as close to the real model of a drink machine, but we were limited in the design of 8 inputs and 8 outputs of the PLC. It has been suggested that the model will include four reservoirs from which the mixture will emit by four valves. Two other valves used to load water, one of which running water through the heater. Everything was mixed in a container that has two sensors for detecting the amount. The vessel is again possible be drained off by valve. The last part of the model is waste bin and reset button.

When the complete idea of how the model might work, so it was necessary to create a hardware part, which consists of two PCB. The voltage of the connector is applied to a source that supplies the microcomputer. Output signals from the PLC are connected to a voltage divider and out of him into the microcomputer. Output signals from the microcontroller are fed to optocouplers and from them to the inputs of PLC. Lighting up the column takes place at a frequency of 50Hz, so the human eye can not perceive flicker. PCB design took place in Eagle. The microcomputer was programmed in the CodeWarrior. Because the model is used to teach, it was necessary to create a sample program, which verifies the functionality of the entire model.

When creating work there were many problems that needed to be removed. Problems arose like part of the hardware so the software. The biggest problem in the production of electronic hardware was in the solder paste. With solder paste is easily to solder, but over time she began creating short circuits. Solder paste is suitable for soldering wires, but on the PCB soldering is preferable to use rosin. In the software part was the biggest problem watchdog, which is necessary to prohibit.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Webcache. MARTINÁSKOVÁ, Marie. PLC -programovatelné automaty [online]. 2001 [cit. 2013-05-28]. Dostupné z: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Ttk3lGYnJLQJ:iat.fs.cvut.cz/109/files/psar/prednasky\\_2007/plc\\_vznik\\_hw\\_sw.ppt+programovateln%C3%A9+automaty&cd=2&hl=cs&ct=clnk&gl=cz](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Ttk3lGYnJLQJ:iat.fs.cvut.cz/109/files/psar/prednasky_2007/plc_vznik_hw_sw.ppt+programovateln%C3%A9+automaty&cd=2&hl=cs&ct=clnk&gl=cz)
- [2] ZÁKLADNÍ DOKUMENTACE MODULU IR-1501: Programovatelné automaty TECOMAT FOXTROT [online]. [cit. 2013-05-28]. Dostupné z: [http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/TXV11501\\_00\\_Foxtrot\\_IR-1501\\_cz\\_en.pdf](http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/TXV11501_00_Foxtrot_IR-1501_cz_en.pdf)
- [3] ZÁKLADNÍ DOKUMENTACE MODULU CP-1005: Programovatelné automaty TECOMAT FOXTROT [online]. [cit. 2013-05-28]. Dostupné z: [http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/TXV11005\\_00\\_Foxtrot\\_CP-1005\\_cz\\_en.pdf](http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/TXV11005_00_Foxtrot_CP-1005_cz_en.pdf)
- [4] LEPIČ, Josef. Programovatelné automaty Saia PCD ve světě informační techniky. In: *Automa* [online]. 05. vyd. 2008 [cit. 2013-05-29]. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=37292](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=37292)
- [5] EDU-mod. KOHOUT, Luděk. *Produkty* [online]. 2008 [cit. 2013-05-29]. Dostupné z: <http://www.edumat.cz/produkty.php?produkt=edumod>
- [6] Mikroprocesor, mikropočítač, mikrokontrolér, DSP a DSC. *Mikrokontroléry PIC* [online]. 2012 [cit. 2013-05-29]. Dostupné z: <http://mikrokontrolery-pic.cz/zaciname/mikroprocesor-mikropocitac-mikrokontroler/>
- [7] FREESCALE SEMICONDUCTOR. *MC9S08SH32 MC9S08SH16 Data Sheet* [online]. 2008 [cit. 2013-05-29]. Dostupné z: [http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/data\\_sheet/MC9S08SH32.pdf](http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/data_sheet/MC9S08SH32.pdf)
- [8] Informace o programu EAGLE. Eagle online [online]. CadSoftComputerGmbH, 2001, 2002 [cit. 2013-05-29]. Dostupné z: <http://www.eagle.cz/info.htm>
- [9] Freeware (Volně šiřitelná verze). Eagle online [online]. CadSoftComputerGmbH, 2001, 2002 [cit. 2013-05-29]. Dostupné z: <http://www.eagle.cz/freeware.htm>
- [10] Začínáme s Mosaicem. In: ZACÍNÁME V PROSTŘEDÍ MOSAIC [online]. 2010 [cit. 2013-05-29]. Dostupné z: [http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/TXV00320\\_01\\_Mosaic\\_ProgStart\\_cz.pdf](http://www.tecomat.com/wpimages/other/DOCS/cze/TXV00320_01_Mosaic_ProgStart_cz.pdf)

- [11] KNYBEL, Jaroslav. *POČÍTAČOVÁ GRAFIKA: COREL* [online]. 2006 [cit. 2013-05-29]. Dostupné z: <http://proplnyzivot.osu.cz/test/soubory/corel.pdf>
- [12] PCD2.M5540. EWWH [online]. 2010 [cit. 2013-05-31]. Dostupné z: <http://www.ewwh.cz/produkt/pcd2-m5540/63>
- [13] PCD2.A400. EWWH [online]. 2010 [cit. 2013-05-31]. Dostupné z: <http://www.ewwh.cz/produkt/pcd2-a400/122>
- [14] PCD2.A400. EWWH [online]. 2010 [cit. 2013-05-31]. Dostupné z: <http://www.ewwh.cz/produkt/pcd2-e110/104>
- [15] Hobby Electronics. *MC 34063 Step-Up/Down Calculator* [online]. 2009 [cit. 2013-06-02]. Dostupné z: <http://dics.voicecontrol.ro/tutorials/mc34063/>
- [16] JURÁNEK, Antonín a Miroslav HRABOVSKÝ. *EAGLE pro začátečníky: uživatelská a referenční příručka*. 2. vydání. Praha: BEN - technická literatura, 2007, 191 s. ISBN 80-730-0213-2.
- [17] FREESCALE SEMICONDUCTOR. HCS08 Family Reference Manual, Rev.1. [online]. 2003. Dostupné z: [www.freescale.com]

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

PLC	Programmable Logic Controller.
LED	Light-Emitting Diode.
DC	Direct Current.
AC	Alternating Current.
V.O.	Vnitřní Obvod
ZM.	Základní Modul
CMOS	Complementary Metal–Oxide–Semiconductor
RAM	Random-Access Memory
MMC	Multi Media Card
SD	Secure Digital
CIB	Common. Installation Bus
I/O	Input/Output
LSB	Least Significant Bit
MSB	Most Significant Bit
SELV	Safety Extra Low Voltage
IT	Informační Technologie
FTP	File Transfer Protocol
TTL	Transistor-Transistor-Logic
IO	Integrovaný Obvod
SCI	Serial Communications Interface
SPI	Serial Peripheral Interface
I <sup>2</sup> C	Inter-Integrated Circuit
ADC	Analog-to-Digital Converter
MCU	Micro Controller Unit

---

SOIC	Small-Outline Integrated Circuit
MISO	Master In Slave Out
MOSI	Master Out Slave In
SPSCK	SPI seriál clock
EAGLE	Easily Applicable Graphical Layout Editor
SS	Slave Select
SMD	Surface Mount Device
IDE	Integrated Development Environment
DPS	Deska Plošných Spojů
SER	Serial
SRCLK	Serial Clock
RCLK	Register Clock
TON	Timer ON
V/V	Vstupy/Výstupy

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Ukázka modelů EDU-mod [5]</i> .....	18
<i>Obr. 2 pouzdro MC9S08SH32 [7]</i> .....	20
<i>Obr. 3 SPI se zvýrazněným blokem a piny [7]</i> .....	21
<i>Obr. 4 SPI výměna dat [7]</i> .....	22
<i>Obr. 5 Eagle editor schémat</i> .....	23
<i>Obr. 6 Eagle editor spojů</i> .....	24
<i>Obr. 7 Eagle autorouter</i> .....	25
<i>Obr. 8 Výběr mikropočítače CodeWarrior</i> .....	26
<i>Obr. 9 Výběr jazyka CodeWarrior</i> .....	27
<i>Obr. 10 prostředí CodeWarrior</i> .....	27
<i>Obr. 11 prostředí debuggeru CodeWarrior</i> .....	28
<i>Obr. 12 prostředí Processor Expert CodeWarrior</i> .....	28
<i>Obr. 13 Pracovní plocha corelDraw [11]</i> .....	32
<i>Obr. 14 Model nápojového automatu</i> .....	35
<i>Obr. 15 Kalkulátor pro výpočet hodnot součástek měniče s MC34063 [15]</i> .....	36
<i>Obr. 16 Spodní deska – Napájecí zdroj</i> .....	36
<i>Obr. 17 Spodní deska - Konektor</i> .....	37
<i>Obr. 18 Spodní deska – Dělič napětí</i> .....	38
<i>Obr. 19 Spodní deska – Optočleny</i> .....	39
<i>Obr. 20 Spodní deska – Zapojení Mikropočítače</i> .....	40
<i>Obr. 21 Spodní deska – Propojení s horní deskou</i> .....	40
<i>Obr. 22 Spodní deska – DPS</i> .....	41
<i>Obr. 23 Blokové schéma principu funkce</i> .....	42
<i>Obr. 24 Horní deska – 74HC595</i> .....	43
<i>Obr. 25 Horní deska – 74HC138</i> .....	43
<i>Obr. 26 Horní deska – Bargrafy a LED diody</i> .....	44
<i>Obr. 27 Horní deska – Tlačítko reset</i> .....	45
<i>Obr. 28 Horní deska – DPS</i> .....	45
<i>Obr. 29 Vývojové diagramy</i> .....	46
<i>Obr. 30 přechodová charakteristika pro ohřev</i> .....	49
<i>Obr. 31 přechodová charakteristika pro ochlazení</i> .....	49
<i>Obr. 32 SPI přenos zdrojový kód</i> .....	50

---

<i>Obr. 33 SPI řídicí Registr 1 [7]</i> .....	51
<i>Obr. 34 SPI řídicí Registr 2 [7]</i> .....	51
<i>Obr. 35 SPI Registr rychlosti přenosu [7]</i> .....	52
<i>Obr. 36 Nastavení V/V 1</i> .....	54
<i>Obr. 37 Nastavení V/V 2</i> .....	54
<i>Obr. 38 Vizualizace v PanelMakeru</i> .....	55
<i>Obr. 39 Saia Watch Window</i> .....	56

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab 1. Základní parametry IR-1501 [2] .....</i>	12
<i>Tab 2 Reléové výstupy IR-1501 [2] .....</i>	12
<i>Tab 3 Binární vstupy IR-1501 [2].....</i>	13
<i>Tab 4 Základní parametry CP - 1005 [3].....</i>	14
<i>Tab 5 Parametry analogových vstupů CP - 1005 [3].....</i>	14
<i>Tab 6 Parametry binárních vstupů CP - 1005 [3].....</i>	15
<i>Tab 7 Parametry analogových výstupů CP - 1005 [3].....</i>	15
<i>Tab 8 Parametry binárních reléových výstupů CP - 1005 [3] .....</i>	16
<i>Tab 9 Parametry SAIA PCD2.M5540 [12] .....</i>	17
<i>Tab 10 Přehled vstupů a výstupů z pohledu PLC .....</i>	56

## **SEZNAM PŘÍLOH**

PŘÍLOHA P I: SCHÉMA ZAPOJENÍ SPODNÍ DPS

PŘÍLOHA P II: SCHÉMA ZAPOJENÍ HORNÍ DPS

PŘÍLOHA P III: GRAFICKÝ NÁVRH

PŘÍLOHA P IV: FOTODOKUMENTACE

PŘÍLOHA P V: SPODNÍ DESKA – OSAZENÁ

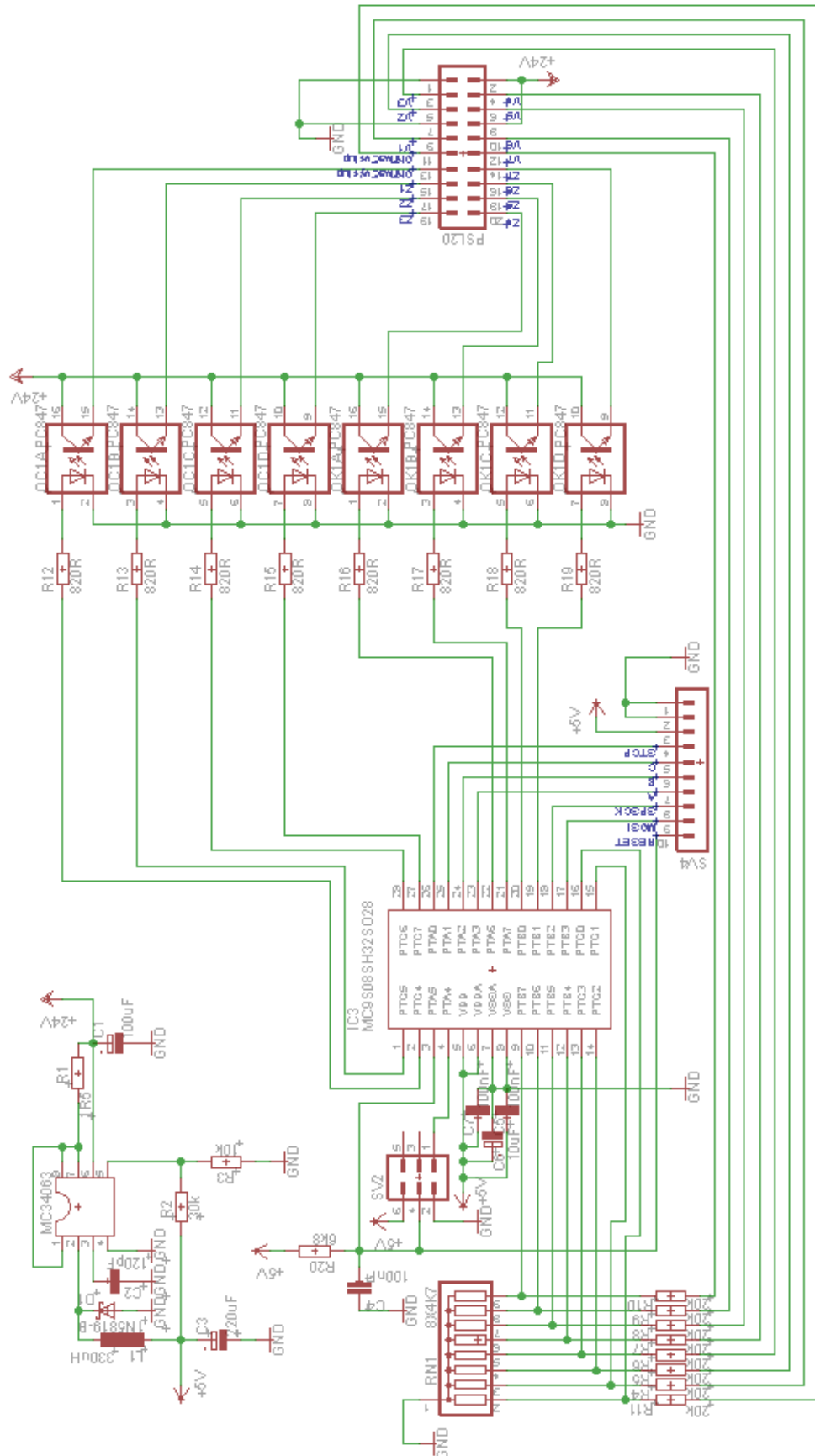
PŘÍLOHA P VI: HORNÍ DESKA – OSAZENÁ

PŘÍLOHA P VII: MOTIVY DPS

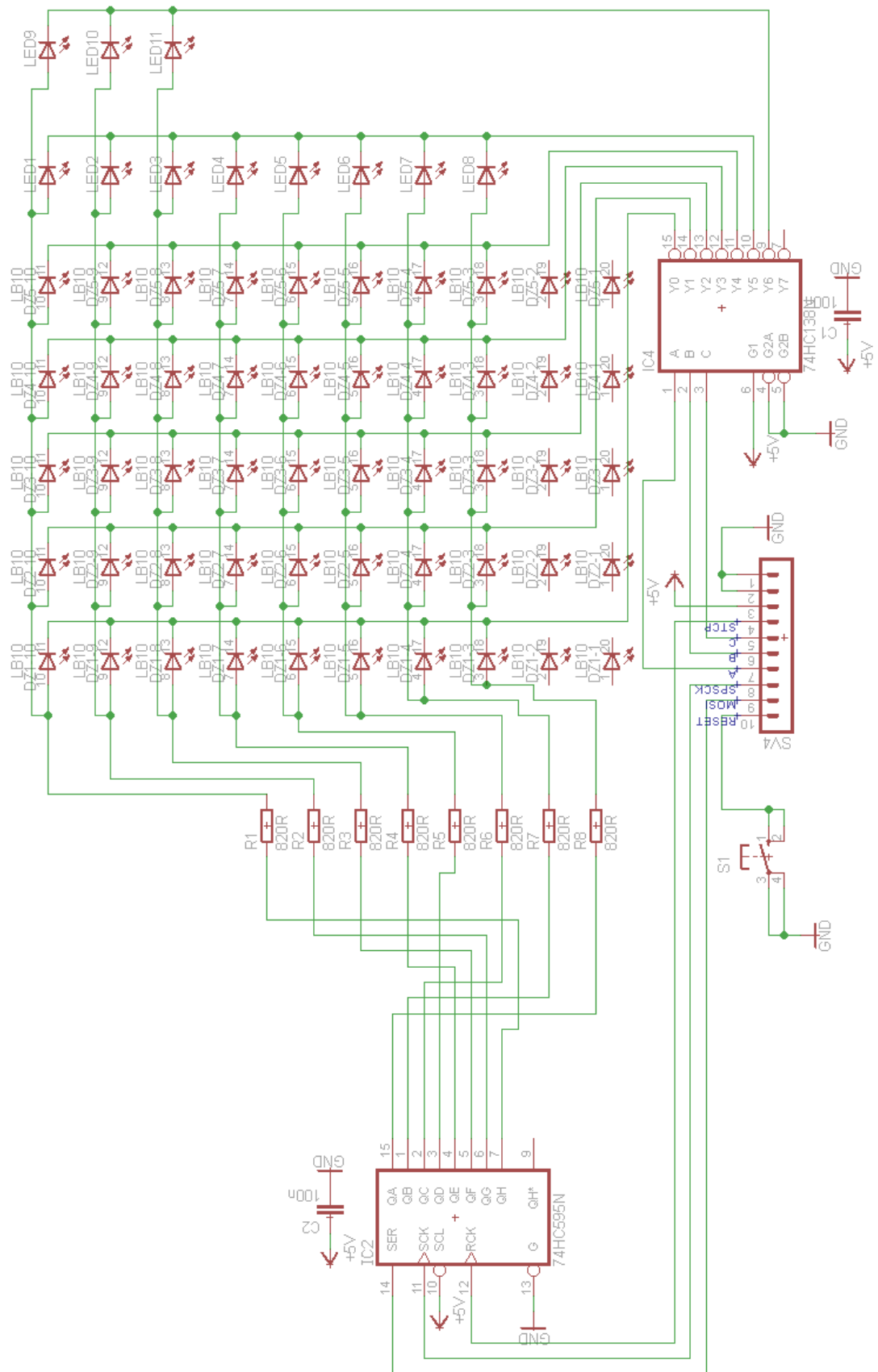
PŘÍLOHA P VIII: OSAZENÍ SOUČÁSTEK

PŘÍLOHA P IX: SEZNAM SOUČÁSTEK

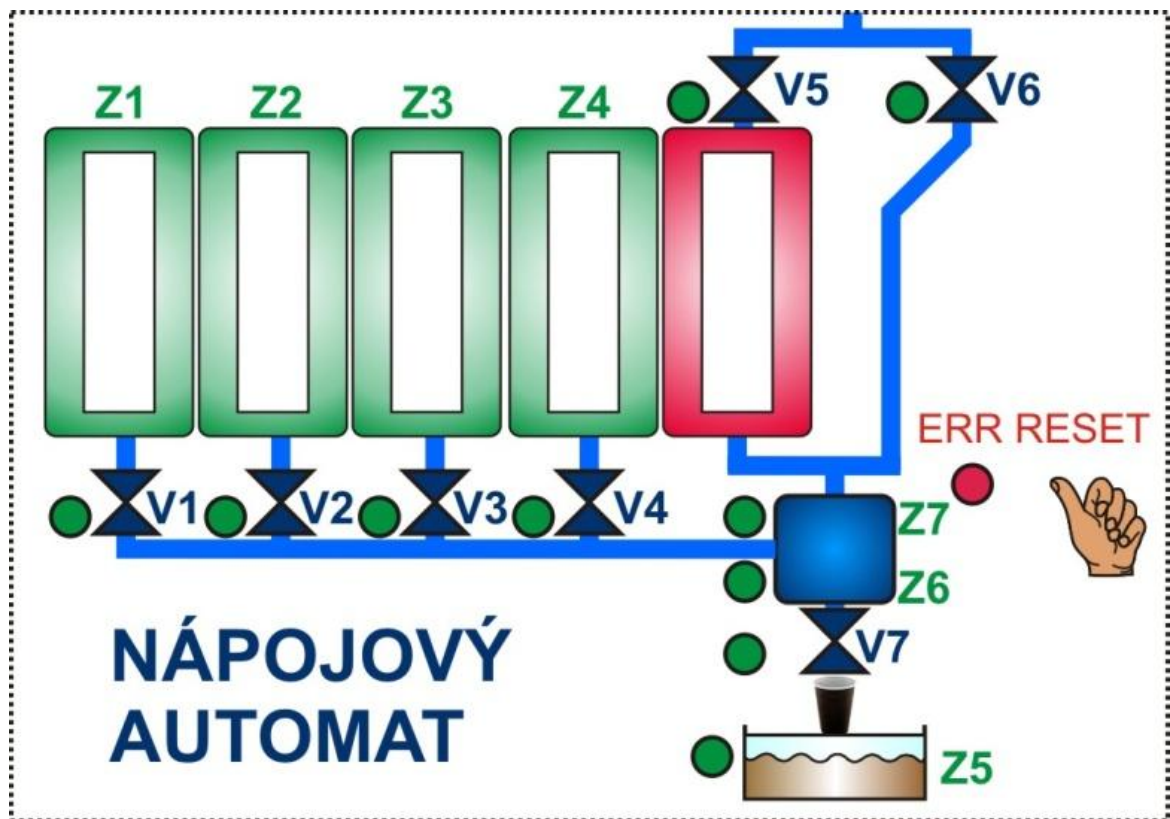
# PŘÍLOHA P I: SCHÉMA ZAPOJENÍ SPODNÍ DPS



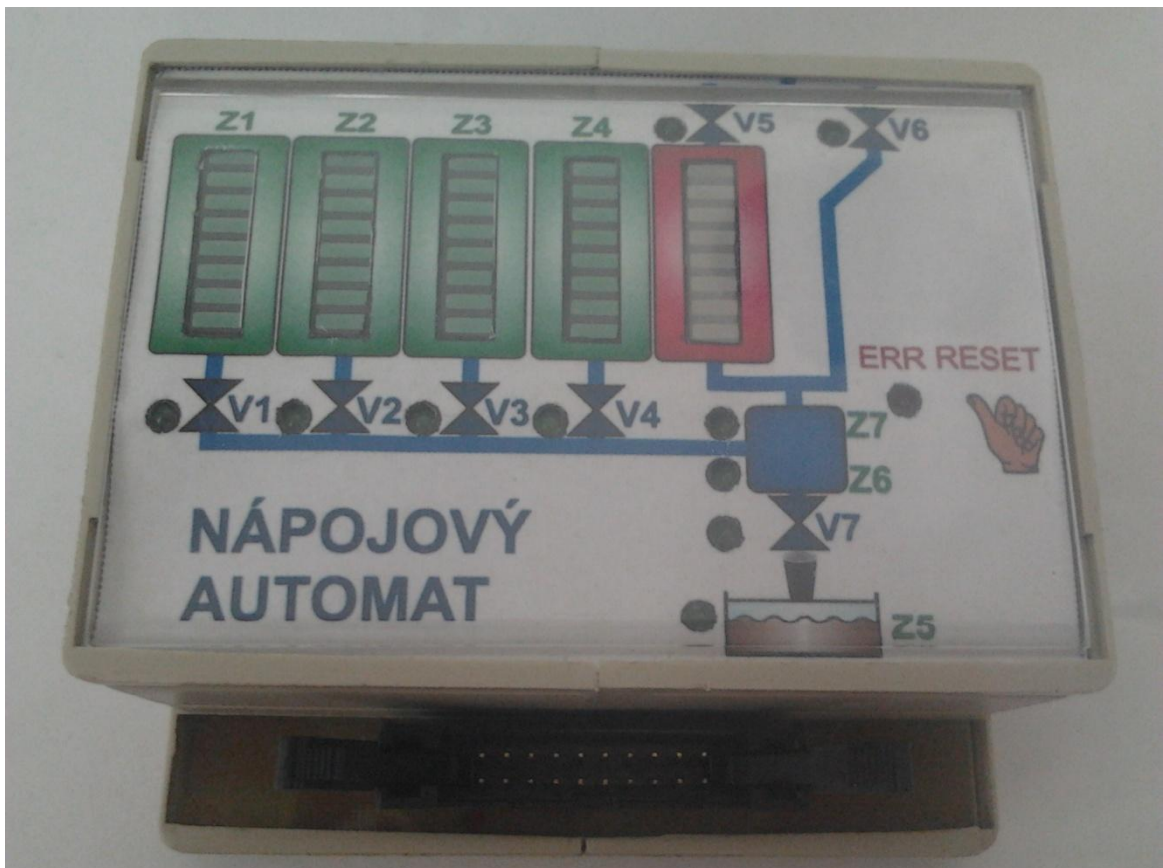
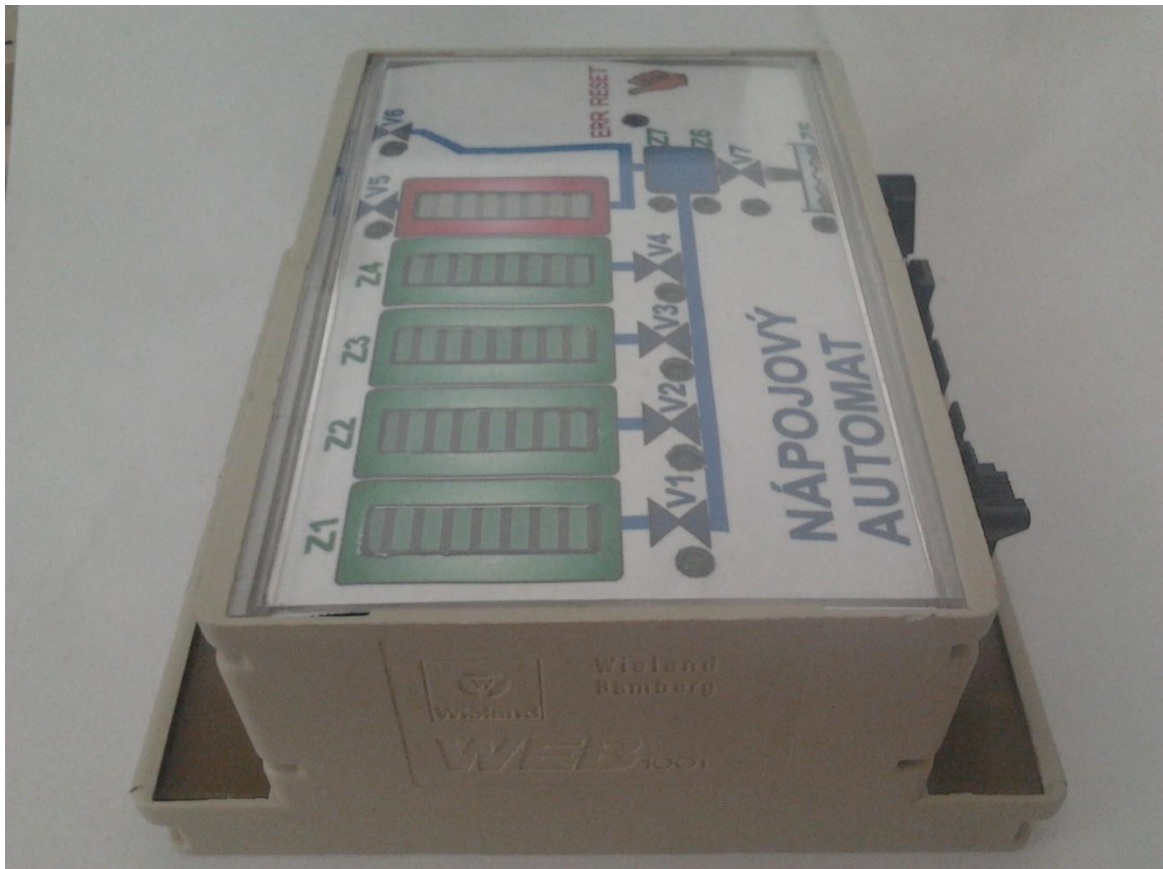
# PŘÍLOHA P II: SCHÉMA ZAPOJENÍ HORNÍ DPS



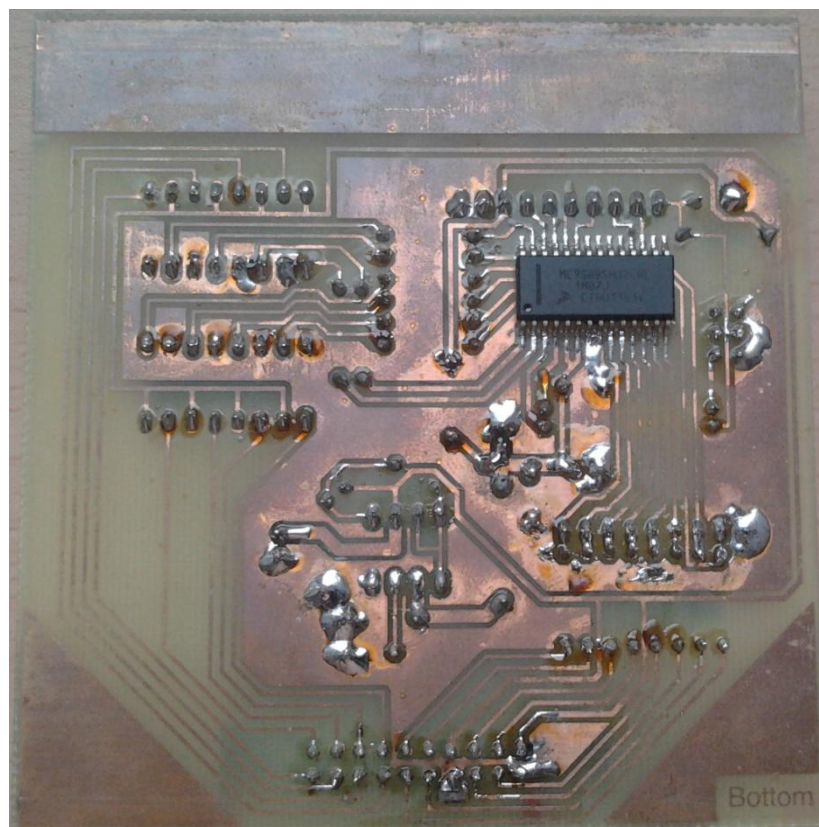
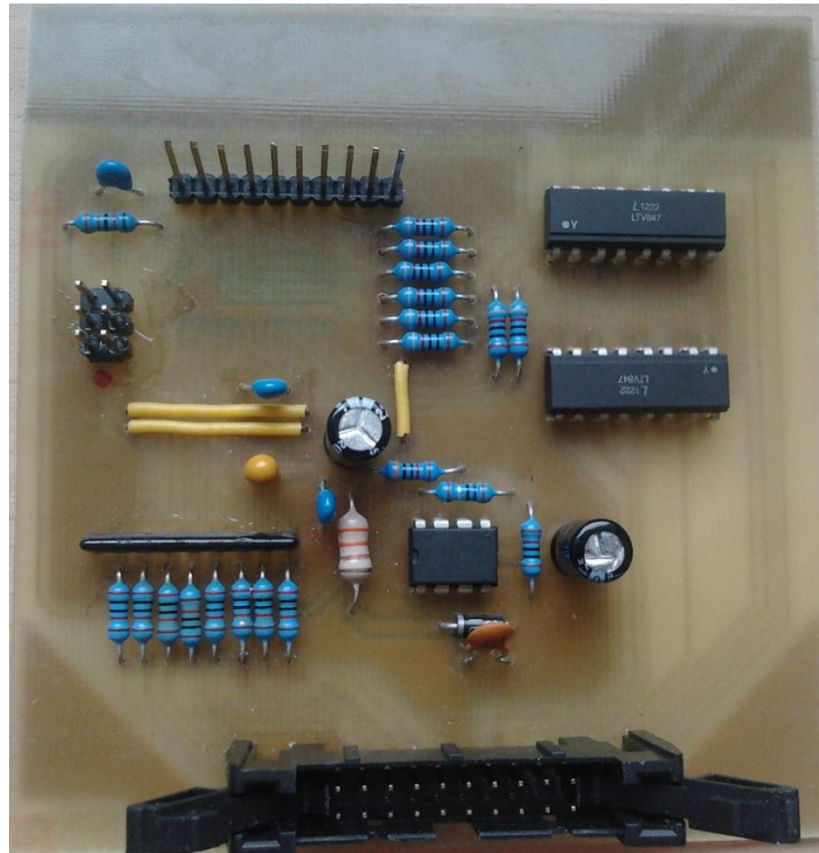
PŘÍLOHA P III: GRAFICKÝ NÁVRH



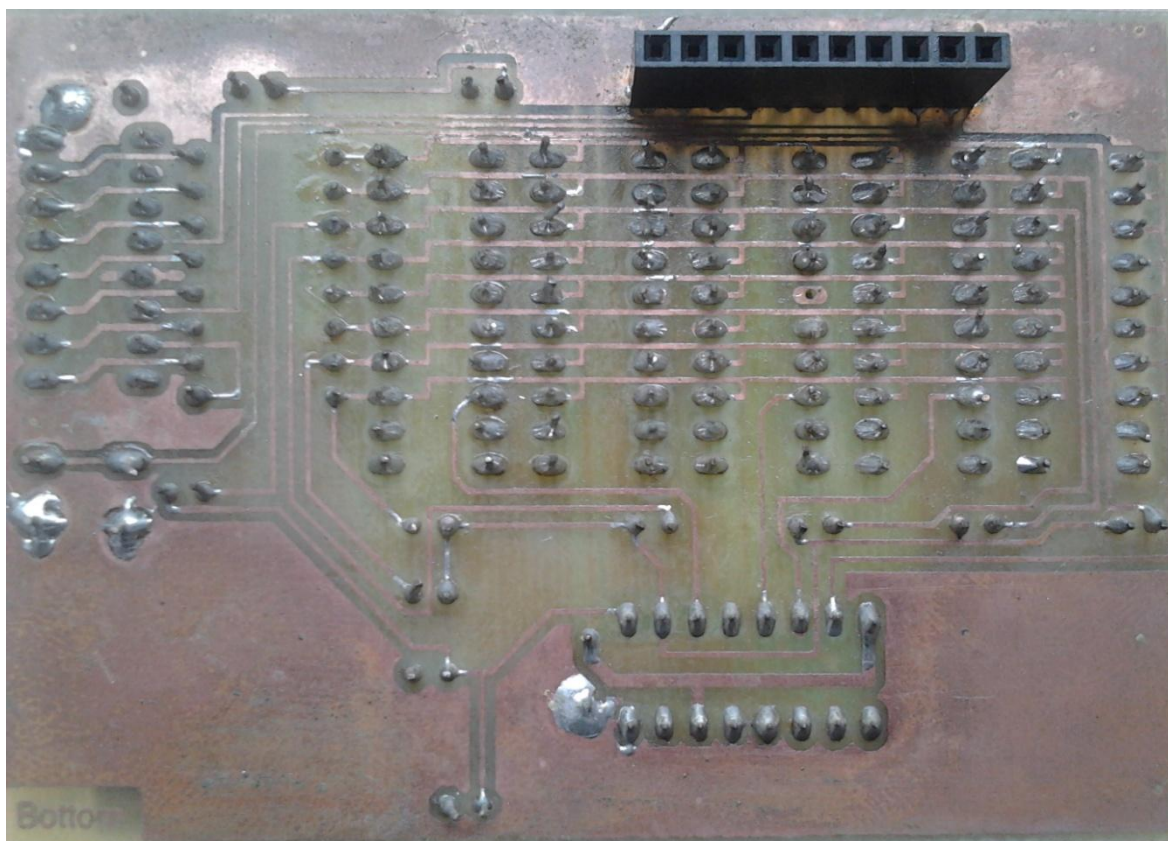
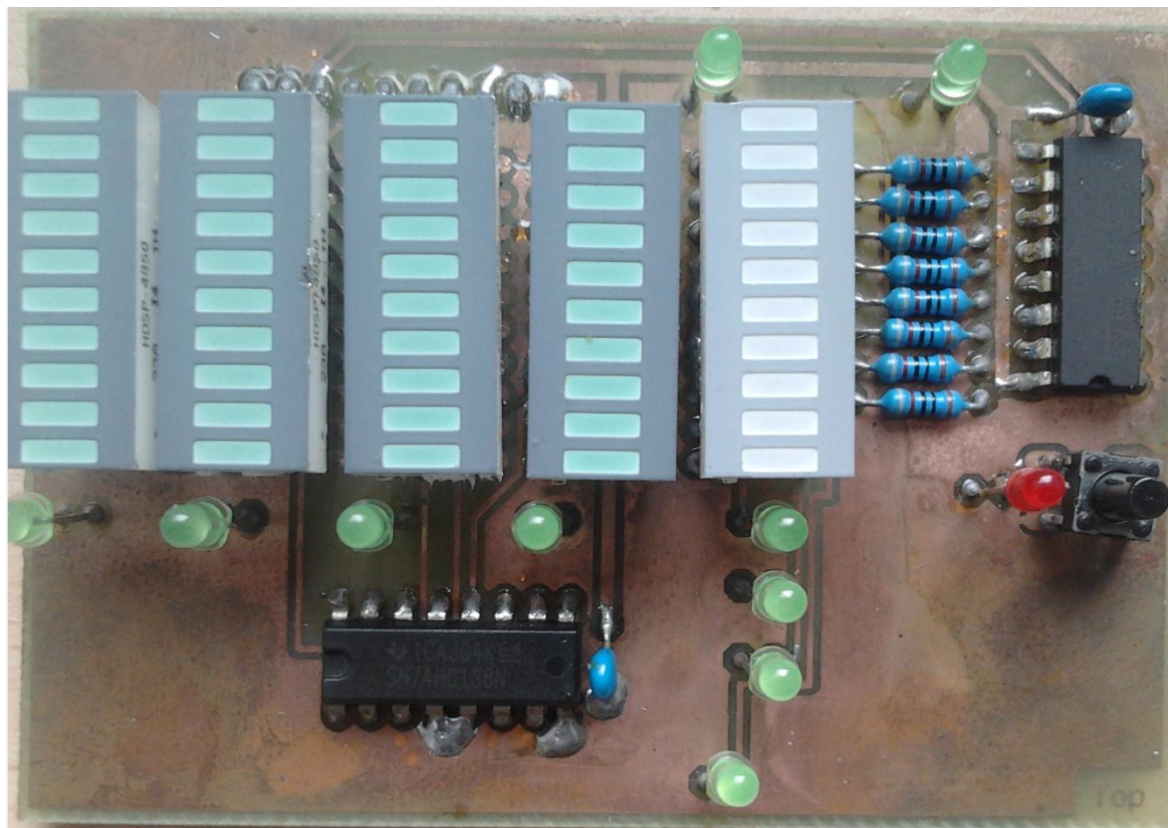
## PŘÍLOHA P IV: FOTODOKUMENTACE



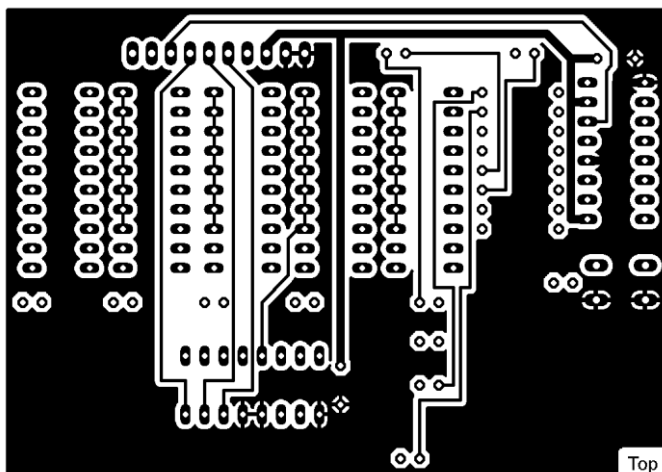
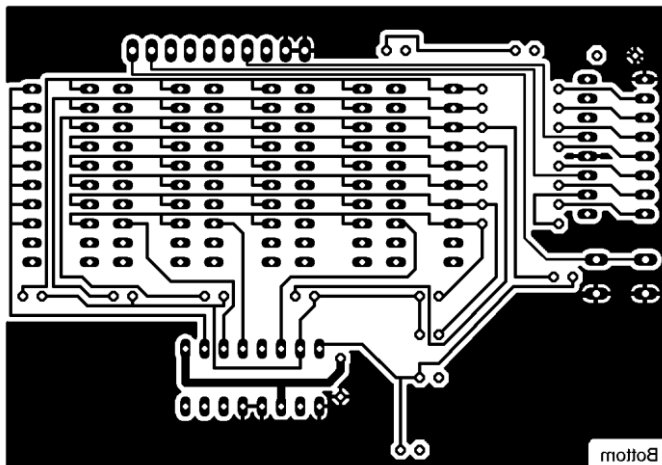
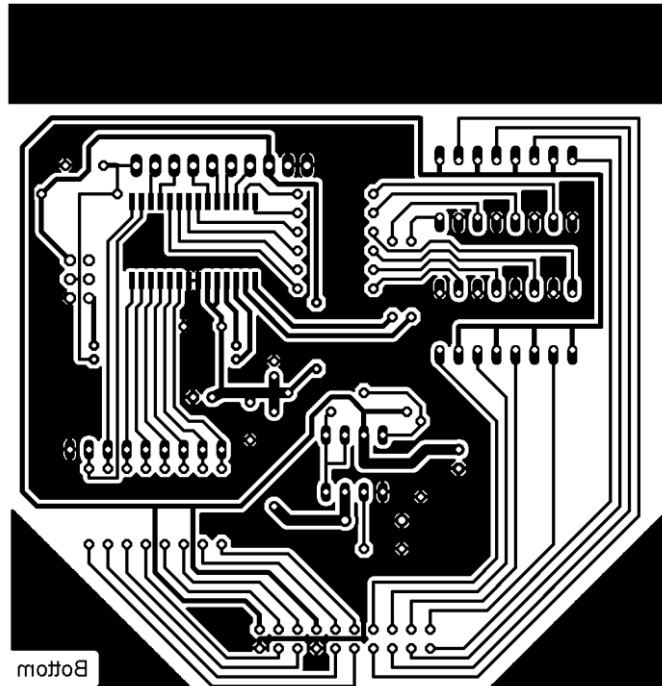
## PŘÍLOHA P V: SPODNÍ DESKA - OSAZENÁ



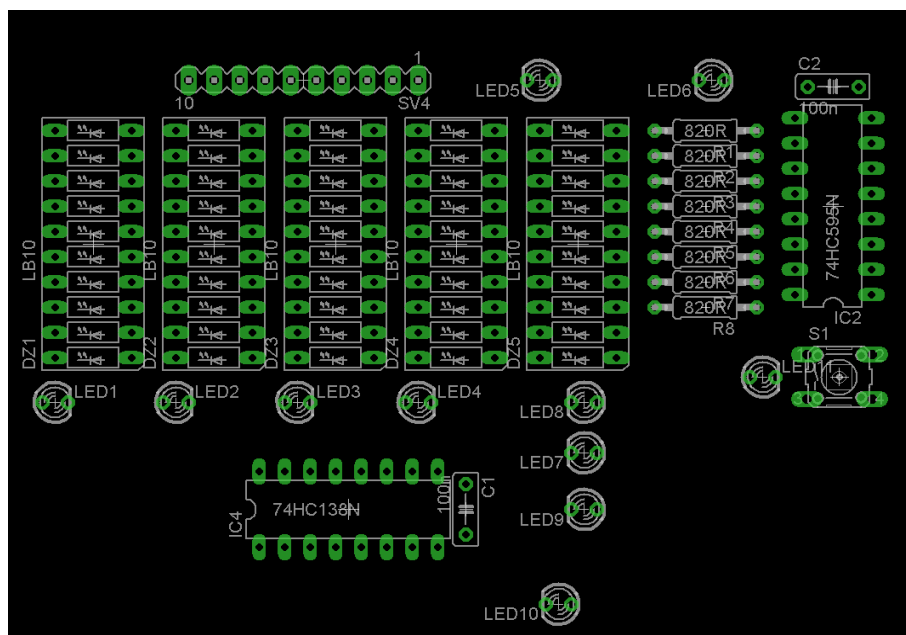
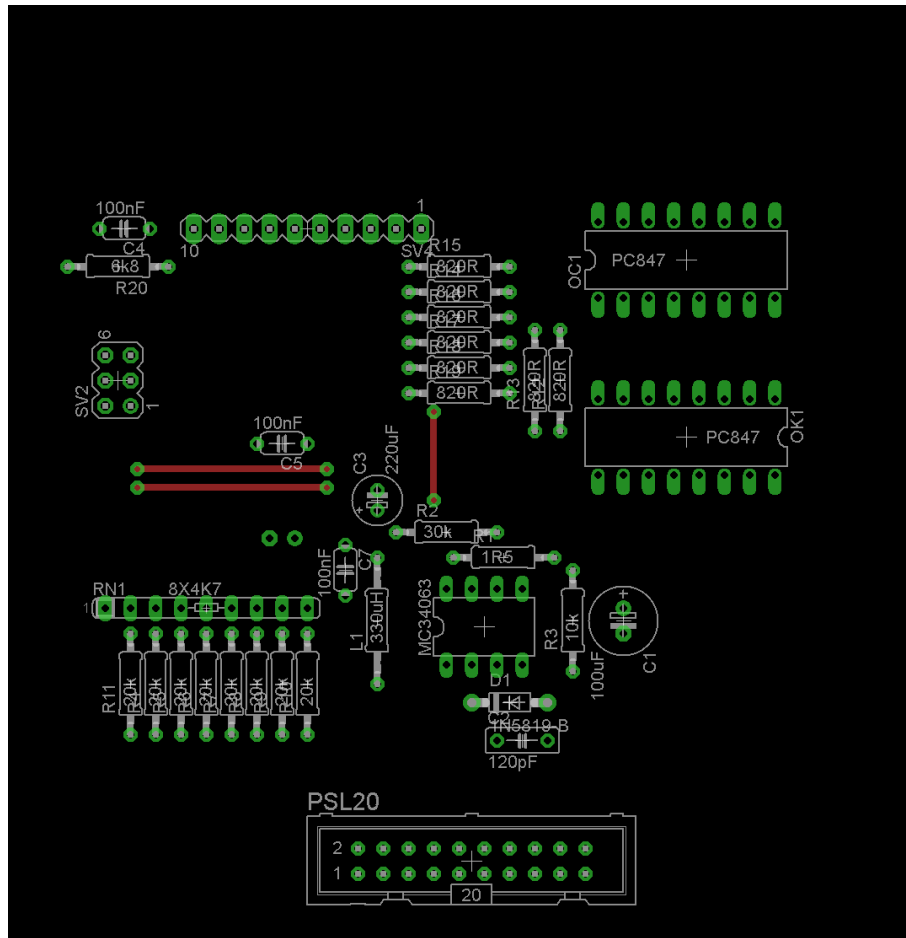
## PŘÍLOHA P VI: HORNÍ DESKA - OSAZENÁ



# PŘÍLOHA P VII: MOTIVY DPS



# PŘÍLOHA P VIII: OSAZENÍ SOUČÁSTEK



## PŘÍLOHA P IX: SEZNAM SOUČÁSTEK

<b>SPODNÍ DESKA</b>		
<b>Jméno</b>	<b>typ</b>	<b>popis</b>
<b>C1</b>	100uF	Kondenzátor
<b>C2</b>	120pF	Kondenzátor
<b>C3</b>	220uF	Kondenzátor
<b>C4</b>	100nF	Kondenzátor
<b>C5</b>	100nF	Kondenzátor
<b>C6</b>	10uF	Kondenzátor
<b>C7</b>	100nF	Kondenzátor
<b>D1</b>	1N5819	Dioda
<b>IC3</b>	MC9S08SH32	Mikropočítač
<b>L1</b>	330uH	Cívka
<b>MC34063</b>	MC34063	IO
<b>OC1</b>	PC847	Optočlen
<b>OK1</b>	PC847	Optočlen
<b>PSL20</b>	20 pin	konektor
<b>R1</b>	1,5Ω	Rezistor
<b>R2</b>	30kΩ	Rezistor
<b>R3</b>	10kΩ	Rezistor
<b>R4</b>	20kΩ	Rezistor
<b>R5</b>	20kΩ	Rezistor
<b>R6</b>	20kΩ	Rezistor
<b>R7</b>	20kΩ	Rezistor
<b>R8</b>	20kΩ	Rezistor
<b>R9</b>	20kΩ	Rezistor
<b>R10</b>	20kΩ	Rezistor
<b>R11</b>	20kΩ	Rezistor
<b>R12</b>	820Ω	Rezistor
<b>R13</b>	820Ω	Rezistor
<b>R14</b>	820Ω	Rezistor
<b>R15</b>	820Ω	Rezistor
<b>R16</b>	820Ω	Rezistor
<b>R17</b>	820Ω	Rezistor
<b>R18</b>	820Ω	Rezistor
<b>R19</b>	820Ω	Rezistor
<b>R20</b>	6,8kΩ	Rezistor
<b>RN1</b>	8x4,7kΩ	Rezistorová síť
<b>SV2</b>		Programátor
<b>SV4</b>		Propojka

---

**HORNÍ DESKA**

---

<b>Jméno</b>	<b>typ</b>	<b>popis</b>
<b>C1</b>	100nF	Kondenzátor
<b>C2</b>	100nF	Kondenzátor
<b>DZ1</b>	HDSP-4850	Zelený bargraf
<b>DZ2</b>	HDSP-4850	Zelený bargraf
<b>DZ3</b>	HDSP-4850	Zelený bargraf
<b>DZ4</b>	HDSP-4850	Zelený bargraf
<b>DZ5</b>	HDSP-4830	Červený bargraf
<b>IC2</b>	74HC595	Posuvný registr
<b>IC4</b>	74HC138	Dekodér
<b>LED1</b>	BL-B2141-L	Zelená LED
<b>LED2</b>	BL-B2141-L	Zelená LED
<b>LED3</b>	BL-B2141-L	Zelená LED
<b>LED4</b>	BL-B2141-L	Zelená LED
<b>LED5</b>	BL-B2141-L	Zelená LED
<b>LED6</b>	BL-B2141-L	Zelená LED
<b>LED7</b>	BL-B2141-L	Zelená LED
<b>LED8</b>	BL-B2141-L	Zelená LED
<b>LED9</b>	BL-B2141-L	Zelená LED
<b>LED10</b>	BL-B2141-L	Zelená LED
<b>LED11</b>	BL-B5141-L	Červená LED
<b>R1</b>	820Ω	Rezistor
<b>R2</b>	820Ω	Rezistor
<b>R3</b>	820Ω	Rezistor
<b>R4</b>	820Ω	Rezistor
<b>R5</b>	820Ω	Rezistor
<b>R6</b>	820Ω	Rezistor
<b>R7</b>	820Ω	Rezistor
<b>R8</b>	820Ω	Rezistor
<b>S1</b>		Tlačítko reset
<b>SV4</b>		Propojka

---