

Model výrobního procesu produkce plastů realizovaný pomocí mikropočítače

Model of production process production plastic realized by
microcomputer

Vojtěch Popelka

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vojtěch POPELKA**

Osobní číslo: **A05550**

Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**

Téma práce: **Model výrobního procesu produkce plastů realizovaný pomocí mikropočítače**

Zásady pro vypracování:

1. Vyberte a popište vhodný výrobní proces produkce plastů pro model realizovaný pomocí mikropočítače.
2. Stanovte hardwarové požadavky na mikropočítač a proveďte výběr vhodného typu.
3. Navrhněte způsob propojení modelu s programovatelnými automaty SAIA a Tecomat.
4. Proveďte hardwarový návrh mikropočítačové jednotky modelu.
5. Realizujte prototyp modelu a ověřte jeho funkci.
6. Vytvořte ukázkové programové vybavení pro vybraný programovatelný automat, které bude demonstrovat základní funkce vytvořeného modelu.

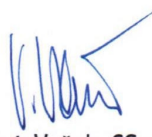
Rozsah bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Rozsah příloh:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:


1. BURKHARD, Mann. C pro mikrokontroléry. Praha : BEN – technická literatura, 2003. 280 s. ISBN 80-7300-077-6.
2. Freescale Semiconductor. CPU08 Central Processor Unit Reference Manual., 2001. Dostupný z WWW: [www.freescale.com]
3. Freescale Semiconductor. HCS08 Family Reference Manual, Rev.1., 2003. Dostupný z WWW: [www.freescale.com]
4. Freescale Semiconductor. MC68HC908GP32 Data Sheet, Rev.10, 2008. Dostupný z WWW: [www.freescale.com]
5. HRABOVSKÝ, Miroslav, JURÁNEK, Antonín. EAGLE pro začátečníky : Návrhový systém pro plošné spoje. Praha : BEN – technická literatura, 2007. 192 s. ISBN 80-7300-213-2.
6. VÁŇA V.: Začínáme s mikrokontroléry Motorola HC08 Nitron. Praha: BEN ? technická literatura, 2003. 96 s. ISBN 80-7300-124-1

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Dostálek, Ph.D.**
Ústav automatizace a řídicí techniky
Datum zadání bakalářské práce: **25. února 2011**
Termín odevzdání bakalářské práce: **7. června 2011**

Ve Zlíně dne 25. února 2011


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan




prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Práce je zaměřena na vytvoření simulace předem stanovené, manuálně prováděné části výroby plastových obalů pomocí jednočipového mikropočítače. A následný vývoj obslužného software použitelného pro řízení tohoto procesu za pomoci programovatelného automatu.

Výchozí požadavky na simulaci procesu jsou dány reálným případem výroby, přičemž software vyvinut s jeho pomocí bude použit pro danou výrobu a model bude užíván pro výuku v hodinách programovatelných automatů.

Klíčová slova: Programovatelný automat, jednočipový mikropočítač, HC908, výrobní proces

ABSTRACT

The aim of the thesis is to provide a simulation of the manual plastic covers production process, realized using a dedicated microcontroller. The thesis also includes a development of the control software, which is based on a programmable logic controller.

The requirements are based on a real plastic covers production process, the software developed within the scope of the thesis is planned to be used in this process. The model will be used as a tutorial in the Programmable logic controller subject.

Keywords: Programmable logic controller, microcontroller, HC908, industrial process.

Poděkování, motto:

Touto cestou bych chtěl poděkovat Ing. Petru Dostálkovi za odborné vedení mé bakalářské práce. Jeho podnětné připomínky spolu s neutuchající ochotou spolupracovat dopomohly nemalou měrou práci vytvořit.

Jak vzniká vynález? To všichni vědí, že je něco nemožné, a pak se objeví nějaký blázen, který neví, že je to nemožné, a udělá vynález.

„Albert Einstein“

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně

.....
Podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 ROZBOR PROBLEMATIKY	10
2 POUŽITÝ HARDWARE	11
2.1 POPIS PLC TECOMATU ŘADY TC600	11
2.1.1 Popis	11
2.1.2 Hardwarové možnosti Tecomatu TC600	12
2.1.3 Technické vybavení řady TC600.....	12
2.1.4 Centrální procesorová jednotka TC600.....	13
2.1.5 Komunikace	14
2.1.6 Vstupy a výstupy	15
2.2 POPIS JEDNOČIPOVÝ MIKROPOČÍTAČE MC68HC908GP32	18
2.2.1 Popis	18
2.2.2 Hardwarové možnosti mikropočítače MC68HC908GP32.....	20
2.2.3 Centrální procesorová jednotka CPU08	20
2.2.4 Paměť jednočipového mikropočítače MC68HC908GP32	21
2.2.5 Nízko-příkonové módy	22
2.2.6 Modul generátoru času (CGM)	22
2.2.7 Asynchronní sériové komunikační rozhraní (SCI).....	23
2.2.8 Elektrická specifikace jednočipového mikropočítače MC68HC908GP32	24
3 POUŽITÝ SOFTWARE	26
3.1 MOSAIC LITE v2.0.5.0	27
3.2 CONTROL WEB 2000	27
3.3 CODEWARRIOR 5.9.0	27
II PRAKTICKÁ ČÁST	29
4 HARDWAROVÁ KONSTRUKCE MODELU VÝROBNÍHO PROCESU	30
4.1 POPIS:.....	30
4.2 STANOVENÍ VSTUPŮ/VÝSTUPŮ.....	30
4.2.1 I. Vysunutí víčka ze zásobníku.....	31
4.2.2 II. Uzavření víčka	32
4.2.3 III. Zaklapnutí víčka	32
4.2.4 IV. Vyfukování víčka do shromažďovače.....	32
4.2.5 Další podpůrná elektronika	32
Řízení krokového motoru	32
Indikace polohy stolu	32
Porucha	32
Počítadlo	32
4.2.6 Komunikace mezi PLC a MCU z pohledu I/O.....	33
4.2.7 Celková sumace I/O	34

4.3	ELEKTRONICKÉ SOUČÁSTI MODELU KONSTRUOVANÉHO POMOCÍ JEDNOČIPOVÉHO MIKROPOČÍTAČE MC68HC908GP32.....	35
4.3.1	Napájecí obvod.....	36
4.3.2	Asynchronní sériové komunikační rozhraní (SCI).....	36
4.3.3	Generátor hodinového kmitočtu (CGM).....	37
4.3.4	Vstupní obvod pro přizpůsobení logické úrovně	38
4.3.5	Výstupní obvod pro přizpůsobení logické úrovně	39
4.3.6	Obvod pro řízení krokového motoru.....	41
4.4	NÁVRH A REALIZACE OBVODŮ	44
4.4.1	Centrální obvod.....	45
4.4.2	Obvod řízení motoru	46
4.4.3	Vstupní obvod	46
4.4.4	Výstupní obvod	46
4.4.5	Obvod rozhraní MCU a PLC	47
4.4.6	Zapojení optických bran.....	50
4.4.7	Čítač pulzů	51
5	SOFTWAEROVÝ NÁVRH ŘÍZENÍ A SIMULACE PROCESU	53
	ZÁVĚR	54
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	55
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	57
	SEZNAM OBRÁZKŮ	58
	SEZNAM TABULEK.....	60
	SEZNAM PŘÍLOH.....	61

ÚVOD

Při výrobě jednotlivých částí plastového kompletu dochází vlivem zpracování sekvencí výroby k jejich nevhodné pozici na výstupu z výrobních strojů, která musí být za pomoci manuálně prováděné činnosti pracovníků převáděna na polohu akceptovatelnou pro další část výroby.

Tento případ nastává i při výrobě plastových víček, které mají na výstupu z lisovacího stroje nevhodnou polohu. Toto je však nepřijatelné pro další část výrobního procesu, a to nalisování víček na plastové tuby. Proto je potřeba manuální zásah obsluhy, jenž musí víčka před dalším procesem výroby uzavřít, což bývá mnohdy z důvodu velkého počtu kusů fyzicky i časově náročné.

Zde je poté obsažena základní myšlenka tvorby projektu. Za pomoci jednočipového mikropočítače sestrojít simulaci procesu zavírání víček a jejich následné přípravy pro další části výroby. Poté využít této simulace pro vytvoření vhodného algoritmu použitého pro programovatelný automat jenž bude danou část produkce v reálu řídit.

Simulace výroby je realizována pomocí modelu postaveném na technologii jednočipového mikropočítače MC68HC908GP32 který bude využíván pro testování funkce a ladění programu řídicího programovatelného automatu společnosti Teco.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ROZBOR PROBLEMATIKY

Jak již bylo řečeno, vlivem pracovních sekvencí výroby může dojít k situaci, kdy je některá ze součástí na výstupu z výrobního stroje nevhodně situována pro další části výroby. Tak je tomu i při lisování plastových víček, která jsou na výstupu z lisovacího stroje otevřená.



Obr. 1. Otevřené víčko typ 4

Po prostudování daného problému jsme nastínili ve spolupráci se zadávající firmou řešení kdy, nejdříve stanovíme jednotlivé sekvence procesu potřebného pro mechanické uzavírání víček. Navrhne zařízení, mající simulovat chod stroje a zpracování výrobku. Vybereme vhodný řídicí automat a vytvoříme software pro řízení, jenž bude za pomoci simulovaného procesu vyvíjen a testován.

Po důkladné analýze problému byli navrženy hardwarové a softwarové platformy vhodné k jeho řešení.

2 POUŽITÝ HARDWARE

Pro vypracování byli použity dvě rozdílné hardwarové platformy:

A to platforma společnosti Teco, přesněji pak Tecomat TC601 – kompaktní PLC. Vzhledem k hardwarovým možnostem se toto zařízení jeví jako ideální pro daný typ procesu. Počet vstupů a výstupů je ekvivalentní pro danou úlohu a poskytuje možnost připojení externích ovládacích prvků což umožňuje plné využití ovládaní modelu bez použití propojení s PC. Tato technologie je užitá pro řízení daného výrobního procesu (řízení modelu).

Rozhraní sloužící k propojení mikropočítače a programovatelného automatu je však navrženo tak, aby byl námi sestrojený model výrobního procesu (jenž bude využíván v hodinách programovatelných automatů) schopen pracovat s kterýmkoliv zařízením používaném v daném předmětu, tudíž i s technologií SAIA.

Obslužný program vyvinutý díky vytvořené simulaci procesu bude však na žádost zadávající firmy určen pro platformu PLC Tecomat. Z těchto důvodů se systému SAIA budeme věnovat pouze jako případné alternativě.

Pro samotnou simulaci procesu výroby je použit model založený na 8-bitovém mikropočítači MC68HC908GP32 společnosti Freescale Semiconductor. I tento byl volen s ohledem na hardwarové požadavky modelu, mezi něž patřil především patřičný počet I/O a celková kompaktnost sestavy.

2.1 Popis PLC Tecomatu řady TC600

2.1.1 Popis

Tecomat TC600 je řada kompaktních programovatelných automatů s možností rozšíření sestavy pomocí přídatných modulů. Tím je dána značná variabilita sestavy pro široký okruh aplikací. PLC řady TC600 jsou vestavná zařízení určená k montáži na DIN lištu. Nejmenší funkční celek tvoří základní modul, který lze rozšířit připojením rozšiřujícího modulu, polovičního rozšiřovacího modulu nebo jejich kombinacemi.

2.1.2 Hardwarové možnosti Tecomatu TC600

- 12/8 až do 20/20 binárních vstupů/výstupů na základním modulu dle typu
- 0/4 analogové vstupy a 0/4/8 analogových výstupů na základním modulu dle typu
- s rozšiřovacími moduly až 48/40 nebo 56/32 binárních a až 20/8 analogových vstupů/výstupů
- rychlý čítač, pulzní snímač
- měření fáze a frekvence
- až 3 sériové komunikační linky
- rozšířený instrukční soubor, vysoký výkon
- paměť programu 32 kB RAM + záložní EEPROM
- přídavná paměť dat 0,5 MB
- systémový čas a datum
- zálohování RAM a RTC



Obr. 2. PLC Tecomat TC601

2.1.3 Technické vybavení řady TC600

PLC řady TC600 využívají řadu technických prostředků a funkcí shodných s jinými typy PLC Tecomat. PLC rady TC600 jsou volně programovatelné logické systémy určené pro řízení pracovních strojů a technologických procesů v nejrůznějších oblastech hospodářství. Doplňují ucelenou řadu modulárních a kompaktních PLC Tecomat o malý modulární systém s mechanikou pro montáž na DIN lištu. S využitím komunikačních možností lze vytvářet rozsáhlé systémy s distribuovaným řízením postupným připojováním autonomních

systemů do sítě a doplněním programové nadstavby bez nutnosti zasahování do technického vybavení PLC. Naším úkolem je však řízení malého systému pro něž není třeba centralizování několika systémů ale postačí nám pro řízení pouze jediné PLC. Pro ovládání modelu je důležitou vlastností PLC vstupně/výstupní interface, jehož prostřednictvím modul komunikuje s modelem MC68HC908GP32 a pomocí něhož je také interaktivně řízen.

Tab. 1. Technické vybavení jednotlivých typů řady TC600 [1]

Typ	Počet I/O			
	Binární vstupy	Analog. Vstupy	Tranzist. Výstupy	Reléové výstupy
TC601	12	-	8	-
TC602	20	-	16	-
TC603	12	-	4	4
TC604	16	-	-	10
TC605	12	4	-	8
TC606	16	4	4	10
TC607	20	-	20	-

Pozn. Platí pro základní moduly

2.1.4 Centrální procesorová jednotka TC600

Centrální jednotka zajišťuje většinu řídicích funkcí PLC. Svými vlastnostmi se řadí mezi CPU řady D. Obsahuje především měnič napájecího napětí, mikrořadič, paměti RAM a EEPROM, obvod RTC, lithiovou baterii pro napájení paměti RAM a obvodu RTC při vypnutí napájení PLC, dva sériové komunikační kanály a volitelně přídavnou paměť dat a analogové výstupní obvody nebo třetí sériový komunikační kanál.

Vlastnosti CPU:

Zdrojová paměť uživatelského programu

- Druh paměti EEPROM (FLASH)
- Velikost paměti 32 KB

Paměť uživatelského programu a dat

- Druh paměti RAM
- Velikost paměti 32 KB

Přídavná paměť dat

- Druh paměti RAM
- Velikost paměti 128 KB nebo 512 KB

Obecně

- Doba cyklu na 1k logických instrukcí 13 ms
- Celkový počet uživatelských registru 8 192
- Počet remanentních registru volitelný 0 až 512
- Celkový počet časovačů a čítačů 4 096
- Rozsah časovačů 65 536 x 10 ms až 10 s
- Počet sériových komunikačních kanálů 2 + 1 volitelně
- Přenosová rychlost CH1, CH2, CH3 0,3 až 230,4 kBd

2.1.5 Komunikace

Všechny PLC řady TC600 jsou standardně vybaveny dvěma komunikačními kanály. Třetí komunikační kanál je přídavný na doplnění.

Sériový komunikační kanál je určen pro připojení PLC k nadřazenému systému. Nadřazený systém představuje nejčastěji počítač ve funkci programovacího zařízení, vizualizační nebo ovládací stanice. Což platí i u nás, přičemž se pomocí software Mosaic nejdříve načte obslužný program z řídicího PC a poté spuštěn na CPU PLC. Také zde bude probíhat vizualizace právě probíhajícího technologického procesu pomocí software Kontrol Web 2000. Kanál prvního sériového portu pracuje v pevně nastaveném režimu PC. Obsahuje kompletní soubor služeb pro komunikaci, je opatřen pevně osazeným rozhraním RS-232, s vazebními obvody galvanicky spojenými s interními řídicími obvody. Kromě toho je možné u všech typů ZM řady doplnit CH1 piggybackem s rozhraním RS-485 nebo RS-422. Další sériové rozhraní slouží k připojení ovládacích prvků, u nás nejčastěji tlačítek sloužících ke změně stavů běžícího programu. Rozhraní RS-232 zajišťuje převod

výstupních signálu TTL úrovně na úroveň definovanou specifikací V.28 a vstupních signálu podle V.28 na úroveň TTL. Používá se při spojení dvou koncových zařízení. Umožňuje provoz v duplexním režimu. Je vhodné pro spojení na krátké vzdálenosti v prostředí s nízkou úrovní elektromagnetického rušení.

Vlastnosti RS-232:

- Přenosová rychlost max. 230,4 kBd
- Délka kabelu max. 15 m
- Napětí výstupu TxD, RTS při úrovni 1 typ. -8 V proti GND ($R_z=5 \text{ kW}$)
- Napětí výstupu TxD, RTS při úrovni 0 typ. 8 V proti GND ($R_z=5 \text{ kW}$)

Napětí vstupu RxD, CTS pro úroveň 1

- min. -3 V proti GND
- max. -25 V proti GND

Napětí vstupu RxD, CTS pro úroveň 0

- min. 3 V proti GND
- max. 25 V proti GND

Impedance vstupu RxD, CTS

- 5 kW

2.1.6 Vstupy a výstupy

Na jednotce vstupů a výstupů je realizována většina I/O obvodů PLC. Jednotlivé typy PLC řady TC600 se liší druhem použité I/O jednotky nebo modifikací osazení jednotky obvodu binárních a analogových vstupů a binárních tranzistorových a reléových výstupů.

Binární - vstupy slouží k připojení dvoustavových signálů řízeného objektu k PLC. Pro zvýšení funkční spolehlivosti je každý vstup galvanicky oddělen optočlenem od vnitřních obvodů a opatřen filtrem. Vybuzení (sepnutí) vstupu je signalizováno rozsvícením LED diody. [1]

Binární tranzistorové - výstupy slouží k ovládní dvoustavových akčních a signalizačních prvků, které vyžadují vysokou četnost a rychlost spínání. [1]

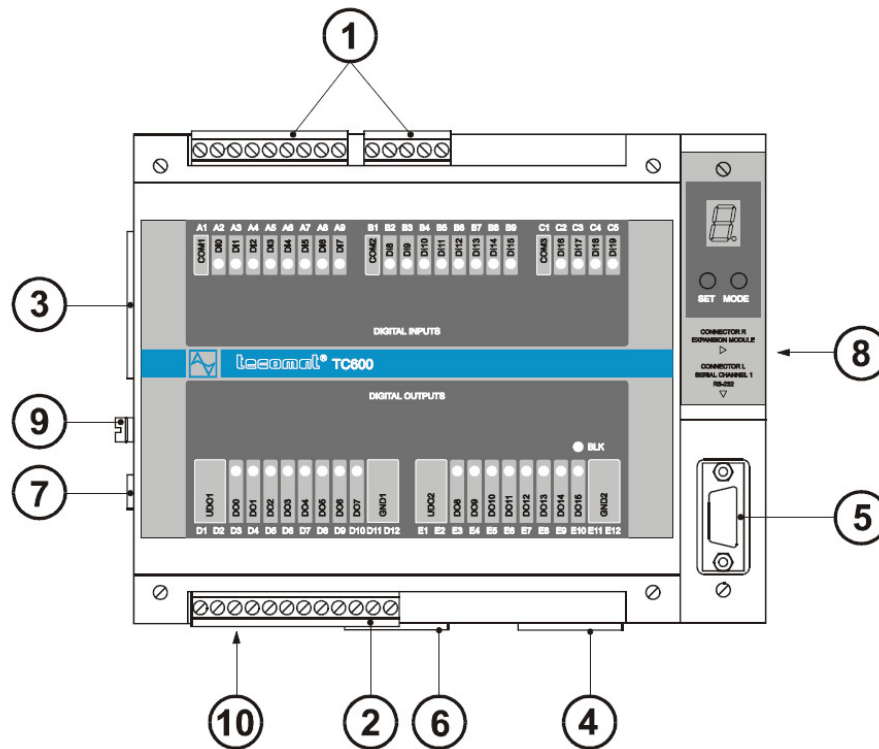
Binární reléové - výstupy slouží k ovládní dvoustavových akčních a signalizačních prvků řízeného objektu, napájených střídavým napětím nebo napětím vyšším než je povolený

rozsah spínaného napětí tranzistorových výstupů. Výstupy jsou realizovány spínacím beznapěťovým kontaktem relé. (Pozn.: tyto však nejsou u TC601 osazeny) [1]

Analogové - vstupy slouží k připojení až čtyř analogových signálů řízeného objektu k PLC. Jsou určeny především ke zpracování analogových signálů s normalizovanou proudovou nebo napěťovou úrovní, každý vstup je možné nastavit pro napěťový nebo proudový zdroj signálu. Měřicí rozsah se nastavuje programově. (Pozn.: tyto však nejsou u TC601 taktéž osazeny) [1]

Tab. 2. Parametry binárních vstupů PLC řady TC600 [1]

	TC601 TC621	TC602 TC622	TC603 TC623	TC604 TC624	TC605 TC625	TC606 TC626	TC607
Celkový počet vstupů	12	20	12	16	12	16	20
Uspořádání (počet skupin x počet vstupů)	1x8 1x4	2x8 1x4	1x8 1x4	2x8	1x8 1x4	2x8	2x8 1x4
	TC631	TC632	TC633	TC634			
Celkový počet vstupů	8	8	16				
Uspořádání (počet skupin x počet vstupů)	2x4	2x4	4x4				
Společný vodič skupiny	plus nebo mínus ano 24V-, 24V~ max 12V-, 11V~ (max. 14V-, 13,5V~) min. 16V-, 15V~ (min. 18,5V-, 17,5V~) max. 30V-, 30V~ typ. 10mA typ. 4ms typ. 4ms max. 250V (šířka pulzu 100us, perioda 1s)						
Galvanické oddělení od ostatních el. Obvodů							
Jmenovité napětí							
Napětí pro Log 0							
Napětí pro Log 1							
Proud při Log 1							
Zpoždění z Log 0 na Log 1							
Zpoždění z Log 1 na Log 0							
Pulzní přetížitelnost vstupu							



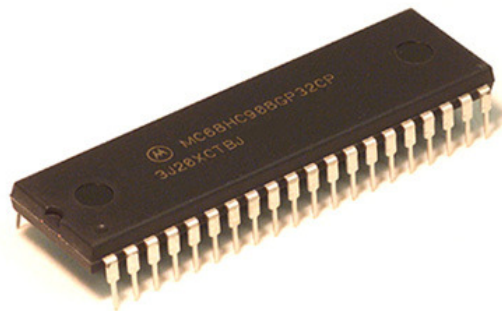
Obr. 3. Uspořádání základního modulu TC601 (Modul použitý pro naše vypracování) [1]

1. svorkovnice A, B binárních vstupů
2. svorkovnice D binárních tranzistorových výstupů
3. svorkovnice P volitelných analogových výstupů nebo CH3
4. svorkovnice K volitelného rozhraní CH1
5. zásuvka L rozhraní RS-232 CH1
6. svorkovnice N volitelného rozhraní CH2
7. svorkovnice M napájení PLC
8. vidlice R pro připojení RM
9. svorka pro připojení ochranného vodiče
10. pojistka napájecího měniče

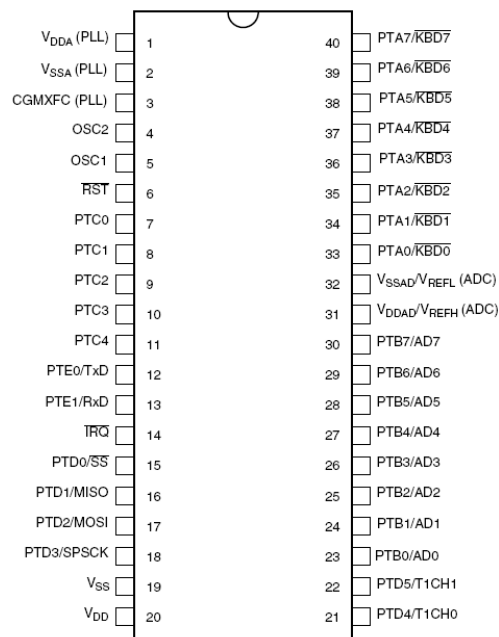
2.2 Popis jednočipový mikropočítače MC68HC908GP32

2.2.1 Popis

MC68HC908GP32 je příslušníkem rodiny vysoce výkonových 8-bitových jednočipových mikropočítačů (MCU). Všechny mikropočítače této třídy používají vylepšenou M68HC08 procesorovou jednotku (CPU08) obohacenou o varianty přídavných modulů, různých velikostí a typů paměti nebo pouzder.[2] Konkrétní typ MC68HC908GP32 byl vybrán po stanovení základních hardwarových požadavků potřebných pro simulaci námi určené části výroby.



Obr. 4. Jednočipový mikropočítač
MC68HC908GP32



Obr. 5. Rozložení pinů pouzdra PDIP 40 [2]

Funkce jednotlivých pinů:

VDD a VSS (napájecí piny) - Jsou napájecí a zemnicí piny, MCU pracuje s jedním napájecím napětím.

OSC1 a OSC2 (piny hodinového signálu) - Slouží pro připojení vnějšího hodinového kmitočtu.

RST (pin restartu) – logická 0 na tomto pinu uvede MCU do výchozí pozice

IRQ (pin přerušení) – asynchronní přerušení

VDDA a VSSA (CGM napájecí piny) – VDDA a VSSA jsou napájecí konektory pro analogovou část generátoru hodinového signálu (CGM)

CGMXFC (filtrovací kapacita) – CGMXFC je externí filtrovací kapacita připojená k CGM

VDDAD/VREFH a VSSAD/VREFL (ADC napájecí/referenční piny) – VDDAD a VSSAD jsou napájecí piny pro analogově/digitální převodník (ADC). VREFH je horní reference pro ADC, a je interně připojen k VDDAD. VREFL je spodní reference pro ADC a je interně spojen s VSSAD.

PTA7/KBD7 – PTA0/KBD0 (Port A Input/Output piny) – Jsou I/O piny pro všeobecné použití. V případě potřeby mohou být použity i pro KBI.

PTB7/AD7 – PTB0/AD0 (Port B Input/Output piny) – PTB7 – PTB0 mohou být použity jako I/O ale také jako vstupy pro A/D převodník (ADC).

PTC6 – PTC0 (Port C Input/Output piny) – PTC6 – PTC0 jsou výhradně používány jako I/O porty. Přičemž PTC5 a PTC6 jsou osazeny pouze u 44-pinového pouzdra (44 - QFP).

PTD7/T2CH1 – PTD0/SS (Port D Input/Output piny) – Jsou I/O piny pro všeobecné použití ale PTD0 – PTD3 můžeme použít pro synchronní sériové komunikační rozhraní (SPI) a PTD4 – PTD7 mohou být individuálně programovány pro časovací rozhraní (TIM1 a TIM2), přičemž PTD6 a PTD7 jsou osazeny pouze u 42 a 44 – pinového pouzdra (42 - SDIP a 44 - QFP).

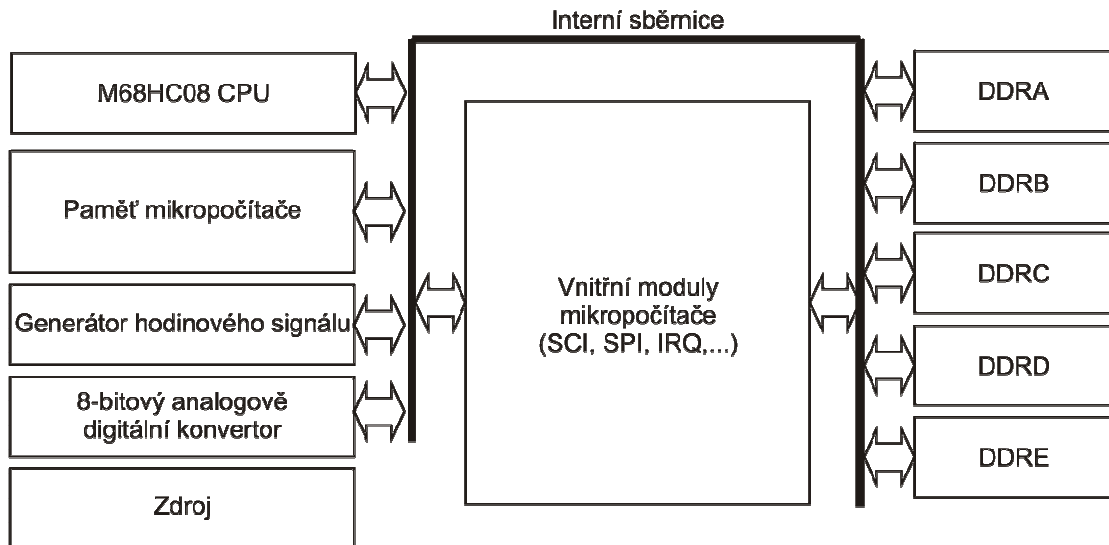
PTE1/RxD – PTE0/TxD (Port E Input/Output piny) – jsou použity pro asynchronní sériové komunikační rozhraní (SCI).

2.2.2 Hardwarové možnosti mikropočítače MC68HC908GP32

- architektura M68HC08 optimalizovaná pro C/C++ kompilátory
- plně kompatibilní kód s architekturami M6805, M146805 a rodinou M68HC05
- 8-MHz frekvence interní sběrnice
- ochrana programové FLASH paměti
- systémová ochrana:
 - volitelný provozní (COP) restart
 - detekce chybných adres při restartu
 - detekce chybného kódu při restartu
- možnost vstupu do nízko-příkonových módů:
 - Wait mód
 - Stop mód
- 32Kbytu FLASH paměti
- 512bytu random-access memory (RAM)
- Synchronní sériové komunikační rozhraní (SPI)
- Asynchronní sériové komunikační rozhraní (SCI)
- Dva 2-kanálové časovače (TIM1 a TIM2) s PWM modulací
- 8-bitový analogově/digitální převodník (ADC)
- Vnitřní generátor hodinového kmitočtu s PLL (phase-lock loop)
- 33 I/O pinů:
 - 26 představuje funkci I/O pinů
 - Pět nebo sedm je specializováno, v závislosti na výběru pouzdra
- Specifikace pro MC68HC908GP32 ve 40-pinovém pouzdru PDIP:
 - Port C má pouze 5 bitů: PTC0-PTC4
 - Port D má pouze 6 bitů: PTD0-PTD5

2.2.3 Centrální procesorová jednotka CPU08

- vylepšený HC05 programový model
- nadstandardní funkce kontroly smyčky
- 16 adresovacích módů (o osm víc než HC05)
- 16-bitový indexovaný registr a zásobníkový ukazatel
- Memory-to-memory datový přesun
- Rychlé 8x8 násobné instrukce
- Rychlé 16/8 dělicí instrukce
- Podpora jazyka C/C++



Obr. 6. Blokové schéma MCU

Podrobné blokové schéma jednočipového mikro počítače MC68HC908GP32 je popsáno v příloze P I.

2.2.4 Paměť jednočipového mikro počítače MC68HC908GP32

CPU08 má 64Kbyťů adresovatelné paměti:

- 32,256 bytů uživatelské FLASH paměti
- 512 bytů random – Access memory (RAM)
- 36 bytů pro uživatelsky definované vektory
- 307 bytů paměti ROM s monitorem

Adresní rozložení paměti:

- \$8000 - \$FDFF; uživatelsky definovaná paměť
- \$FF7E; chráněný registr FLASH
- \$FE08; FLASH kontrolní registr
- \$FFDC - \$FFFF; tato alokace je rezervována pro uživatelsky definovaná přerušení a reset vektor

Pozn.: Podrobnější rozložení Paměti je popsáno v příloze P II.

Přístup do neimplementované a rezervované části paměti může zapříčinit neočekávaný chod programu nebo reset mikro počítače.

2.2.5 Nízko-příkonové módy

Mikropočítač má možnost vstoupit do dvou nízko-příkonových módů, a to stop a wait. Jsou společné pro všechny HC08 jednočipové mikropočítače. Tyto dva režimy zpravidla rozdílně ovlivňují jednotlivé části mikropočítače (jinak se chová CGM, COP či ADC). [2] Následující výpis se týká pouze jádra CPU.

Wait mód

Wait instrukce uvede MCU do nízko-příkonového standby módu ve kterém je hodinový signál CPU pozastaven ale sběrniceový hodinový signál pokračuje v činnosti. Spotřeba energie může být navíc ještě zredukována vypnutím Low-Voltage Inhibit (LVI) modulu. Součástí jako Keyboard Interrupt Module (KBI) a External Interrupt Module (IRQ) zůstávají aktivní pro případ změny stavu, což platí i pro STOP mód.

Stop mód

Stop mód je aktivován při provedení STOP instrukce, nastavením OSCSTOPENB bitu v CONFIG registru na hodnotu logické 0. Hodinový signál CPU je vypnut jakož i sběrniceový.

2.2.6 Modul generátoru času (CGM)

CGM generuje pomocí krystalu hodinový signál, CGMXCLK, který operuje s frekvencí krystalu. CGM taktéž generuje základní hodinový signál, CGMOUT. Pomocí děliče je systém schopen vygenerovat při použití 32kHz krystalu hodinový signál sběrnice až 8MHz. Pro nastavení frekvence je možno použít buď automatický režim, nebo režim manuálního nastavení, pomocí kterého lze systémem výpočtů a následným nastavením daných proměnných generovat různé frekvence při použití stávajícího krystalu. Shrnutí pro různé frekvence je zobrazeno v tabulce, přičemž pro jejich nastavení musí být PLL v režimu off (PLLON = 0). Schéma zapojení externích obvodů bude uvedeno v části 3: „Hardwarová konstrukce modelu výrobního procesu“.

Tab. 3. Nastavení pro různé frekvence [2]

f_{BUS}	f_{RCLK}	R	N	P	E	L
2,0 MHz	32.768 kHz	1	F5	0	0	D1
2,4576 MHz	32.768 kHz	1	12C	0	1	80
2,5 MHz	32.768 kHz	1	132	0	1	83
4,0 MHz	32.768 kHz	1	1E9	0	1	D1
4,9152 MHz	32.768 kHz	1	258	0	2	80
5,0 MHz	32.768 kHz	1	263	0	2	82
7,3728 MHz	32.768 kHz	1	384	0	2	C0
8,0 MHz	32.768 kHz	1	3D1	0	2	D0

2.2.7 Asynchronní sériové komunikační rozhraní (SCI)

Tato část popisuje asynchronní sériové komunikační rozhraní (SCI), které poskytuje možnost vysoko-rychlostní komunikace s některými periferiemi a ostatními MCU.

Hlavní rysy komunikace:

- Plně duplexní režim
- Standardní znak/mezera režim (NRZ formát)
- 32 různých přenosových rychlostí
- Programovatelná 8-bitová nebo 9-bitová délka datového rámce
- Oddělená přerušování pro vysílač a přijímač
- Programovatelná vysílací výstupní polarita
- Řízení přerušování může operovat v následujících režimech
 - Přenos kompletní
 - Nevyužitý vstup přijímače
 - Přijímač obsazen
 - Chyba rámce
 - Chyba parity
- Zvýšená detekce chyby přijímaného rámce
- Hardwarová kontrola parity

Význam jednotlivých pinů:

PTE1/RxD (příjem dat)

PTE1/RxD je použit jako vstup pro asynchronní sériové komunikační rozhraní. Pokud je SCI rozhraní zapnuto, je PTE1/RxD pin nastaven jako vstup stejně jako DDRE1 bit v data direction register E (DDRE).

PTE0/TxD (odesílání dat)

PTE0/TxD je použit jako výstup pro asynchronní sériové komunikační rozhraní. Pokud je SCI rozhraní zapnuto, je PTE0/TxD pin nastaven jako výstup stejně jako DDRE2 bit v data direction register E (DDRE).

Výpočet přenosové rychlosti asynchronní sériové komunikační linky:

$$baudrate = \frac{SCIClock_source}{64 \cdot PD \cdot BD}$$

Kde:

- SCI clock source je f_{BUS} nebo CGMXCLK (vybráno z SCIBDSRC bitu v CONFIG2 registru)
- PD je prescaler divisor
- BD je baud rate divisor

Přičemž:

„Baud (Bd) je jednotka modulační rychlosti (také znaková rychlost nebo anglicky baud rate) udávající počet změn stavu přenosového média za jednu sekundu. Pro některé typy modulací může platit, že 1 baud = 1 bit/s (např. sériový přenos dat prostřednictvím RS-232).“ [11]

2.2.8 Elektrická specifikace jednočipového mikro počítače MC68HC908GP32

Tato část se zabývá elektrickou a časovou specifikací microcontrolleru MC68HC908GP32, nedodržení následujících doporučených hodnot může vést k nevratnému zničení MCU.

Tab. 4. Tabulka elektrických specifikací microcontrolleru MC68HC908GP32 [2]

Charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotka
Napájecí napětí	V_{DD}	Od -0,3 do +6,0	V
Vstupní napětí	V_{In}	Od V_{SS} -0,3 do V_{DD} +0,3	V
Maximální proud na pin výjma V_{DD} , V_{SS} a PTC0 - PTC4	I	± 15	mA
Maximální proud pro piny PTC0 - PTC4	$I_{PTC0-PTC4}$	± 25	mA
Maximální proud do V_{DD}	I_{mvdd}	150	mA
Maximální proud z V_{SS}	I_{mvxx}	150	mA
Skladovací teplota	T_{stg}	Od -55 do +150	°C

Tab. 5. Tabulka časových specifikací microcontrolleru MC68HC908GP32 [2]

Charakteristika	Symbol	Min	Max	Jednotka
Hrekvence operace Hodnota krystalu Hodnota externího hodinového signálu	f_{OSC}	32 dc	100 32,0	kHz MHz
Vnitřní operační frekvence	f_{OP} (f_{BUS})	-	8,2	MHz
Vnitřní perioda hodinového signálu ($1/f_{OP}$)	t_{CYC}	122	-	ns
RST vstupní impuls pro hodnotu Low	t_{IRL}	100	-	ns
IRQ vstupní impuls pro hodnotu Low	t_{ILIH}	100	-	ns

3 POUŽITÝ SOFTWARE

Pro vypracování byli použity dvě rozdílné hardwarové platformy, což si vynutilo i použití rozdílných jazyků pro tvorbu obslužného software.

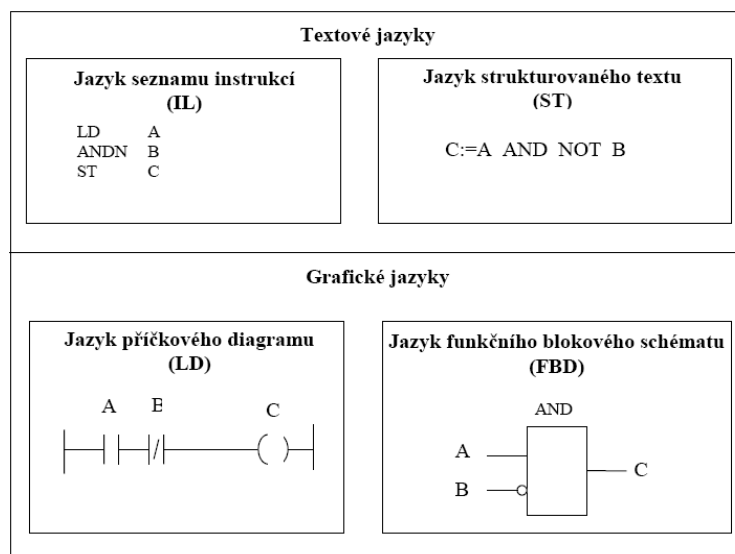
Pokud již tedy máme stanovenou hardwarovou platformu, můžeme se začít zajímat o to jakými mechanismy budeme PLC a MCU ovládat, a jakými principy budeme vizualizovat aktuální stavy systému. Pro tyto situace vyvinula společnost Teco a.s. ve spolupráci s mxSOFT vývojové prostředí sloužící k tvorbě obslužného kódu a vizualizace stavů pro jejich PLC. Taktéž i společnost Freescale poskytuje vývojové prostředí pro práci s jejich microcontrollery. V rámci standardu jsou definovány čtyři programovací techniky. Jejich sémantika i syntaxe je přesně definována a neponechává žádný prostor pro nepřesné vyjadřování. Zvládnutím těchto technik se tak otevírá cesta k používání široké škály řídicích systémů. Programovací jazyky se dělí do dvou základních kategorií:

Textové jazyky

- **IL** – Instruction List – jazyk seznamu instrukcí
- **ST** – Structured Text – jazyk strukturovaného textu

Grafické jazyky

- **LD** – Ladder Diagram – jazyk příčkového diagramu (jazyk kontaktních schémat)
- **FBD** – Function Block Diagram – jazyk funkčního blokového schématu



Obr. 7. Příklady programovacích jazyků

Pro naše potřeby budeme využívat k naprogramování funkcí PLC jazyk seznamu instrukcí v prostředí Mosaic a pro vizualizaci jazyk kontaktních schémat v prostředí Kontrol Web 2000. Zatím co prostředí CodeWarrior využívající jazyky C/C++ (Jazyk strukturovaného textu) bude použit pro tvorbu simulace microcontrolleru.

3.1 Mosaic Lite v2.0.5.0

Mosaic Lite je integrované vývojové prostředí, které umožňuje vytvářet aplikační programy pro PLC Tecomat. Prostředí umožňuje programování v jazyce instrukcí (mnemokód) systémy s 32 bitovými procesory. Součástí prostředí MOSAIC je i řada nástrojů usnadňujících vývoj a ladění aplikací. Prostředí zachovává kompatibilitu se staršími verzemi programu. Obrovskou výhodou je simulátor PLC jenž dovoluje ladit kód bez připojení řádného hardware, Mozaik Lite dokáže simulovat všechny typy PLC společnosti Tecomat.

3.2 Control Web 2000

Control Web je otevřený komponentový průmyslový řídicí a informační systém reálného času pro operační systémy Windows. Má zaručenu stoprocentní kompatibilitu na předchozí verze. Umožňuje práci v reálném čase a sekvenční řízení procesů. Podporuje nejrozšířenější průmyslové standardy pro výměnu dat a spolupráci mezi aplikacemi COM/OLE, ActiveX, ODBC, SQL. Umožňuje vizualizaci technologií naprosto nezávisle na použitém hardware.

3.3 CodeWarrior 5.9.0

„CodeWarrior Development Tools je integrované vývojové prostředí (IDE) pro operační systémy Macintosh, Microsoft Windows, Linux, Solaris a vestavěné systémy. Vyvíjen společností Metrowerks, a její dceřinou společností Freescale Semiconductor, která se v roce 2004 osamostatnila a nadále pokračuje ve vývoji nových verzí. Soustředí se na nástroje pro jazyk C a C++, ale zahrnuje také Pascal, Object Pascal, Objective-C a Java kompilátory.“ [11] Prostředí obsahuje:

- CodeWarrior C/C++ kompilátor
- Runtime knihovny

- Jazyk Assembler
- Standardní obslužné knihovny (STL)

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 HARDWAROVÁ KONSTRUKCE MODELU VÝROBNÍHO PROCESU

4.1 Popis:

Jak již bylo řečeno, model výrobního procesu řízený pomocí jednočipového mikropočítače MC68HC908GP32 bude sloužit jako interaktivní simulace reálného procesu výroby plastových obalů. Jakožto takový bude mít za úkol provádět základní signalizační, ovládací a reakční odezvy na řízení procesu ze strany programovatelného automatu. Základní tezí je přenositelnost jak hardware tak i software vyvinutého na základě dané simulace na reálnou, fyzicky realizovanou výrobní proceduru, v zastoupení výrobního stroje řízené pomocí systému programovatelného automatu. Pro tyto potřeby bylo nutné vybavit simulační část řízenou jednočipovým mikropočítačem celou řadou přídatných obvodů, jenž slouží jak ke komunikaci s PLC ale tak i řízení všech komponent potřebných pro realizaci výroby.

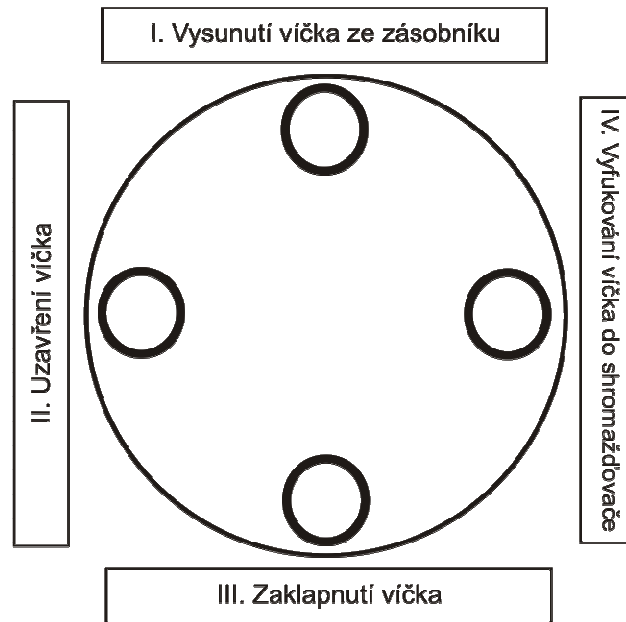
4.2 Stanovení vstupů/výstupů

Pro plnohodnotnou signalizaci, funkci a komunikaci bylo nutno předem stanovit přesný harmonogram procesu uzavření víčka. Po zjištění dílčích sekvencí procesu bylo nutno stanovit jednotlivé prvky vhodné pro simulaci každé z prováděných akcí či interakcí. Pro tyto bylo nutno sestavit přídatné obvody, jenž napomáhají microcontrolleru ovládat každý jednotlivý prvek.

Výrobní proces se skládá:

- I. Vysunutí víčka ze zásobníku
- II. Uzavření víčka
- III. Zaklapnutí víčka
- IV. Vyfukování víčka do shromažďovače

Pro zvýšení efektivity výroby a časové nenáročnosti použití pro jeden kus, jsou všechny sekvence prováděny současně na jiném kusu přičemž každý pokračuje od I-ho do IV kroku popořadě.



Obr. 8. Sekvence jednotlivých kroků výroby

Po získání kroků výroby, bylo nutno specifikovat elektronická zařízení, jejichž funkcí by se každá z těchto částí dala simulovat.

4.2.1 I. Vysunutí víčka ze zásobníku

Pro tuto část byli použity tři indikace pro stav zásobníku:

- Hladina zásobníku 100% (indikace pomocí zelené LED diody)
- Hladina zásobníku 30% (indikace pomocí zelené LED diody)
- Hladina zásobníku 0% (indikace pomocí zelené LED diody)

Jedna indikace kritického stavu:

- Indikace nízkého stavu hladiny zásobníku (indikace pomocí červené LED diody)

A dále pak tři indikace pro práci akčních členů (dioda zde indikuje chod pístu):

- Píst pro doplnění zásobníku (indikace pomocí zelené LED diody)
- Píst pro sypání na pás č.1 (indikace pomocí zelené LED diody)
- Píst pro sypání na pás č.2 (indikace pomocí zelené LED diody)

4.2.2 II. Uzavření víčka

- Indikace chodu pístu (signalizace pomocí zelené LED diody)

4.2.3 III. Zaklapnutí víčka

- Indikace chodu pístu (signalizace pomocí zelené LED diody)

4.2.4 IV. Vyfukování víčka do shromažďovače

- Indikace vyfukování (signalizace pomocí zelené LED diody)

K této části také patří kontrolní počítání vyrobených kusů, k tomuto účelu slouží elektronická optozávora, jenž slouží jako vstup +1 pro sedmissegmentový čítač pulzů.

- Optická závora (realizována pomocí optické brány V69 822)

4.2.5 Další podpůrná elektronika

Předešlé signalizační a reakční součásti sice nasimulují proces výroby, ale pro správnou funkci je potřeba je doplnit o další akční členy:

Řízení krokového motoru

- 4x výstup pro řízení krokového motoru Microcon SX17
- Indikace chodu motoru (signalizace pomocí zelené LED diody)

Indikace polohy stolu

- Optická závora (realizována pomocí optické brány V69 822)

Porucha

- Indikace poruchy (signalizace pomocí červené LED diody)

Počítadlo

Počítadlo je realizováno pomocí čítače pulzů s výstupem na 4 sedmissegmentové displeje 0-9999.

- Výstup pro počítadlo +1
- Výstup pro počítadlo RST

4.2.6 Komunikace mezi PLC a MCU z pohledu I/O

Veškerá komunikace mezi PLC a microcontrollerem probíhá za pomoci vstupů a výstupů na jednotlivých programovatelných portech MCU s tranzistorovými výstupy a binárními vstupy PLC. Tato obousměrná komunikace umožňuje aby PLC reagovalo v reálném čase na simulaci běžící na MCU a naopak. Za tímto účelem bylo navrženo a sestaveno několik obvodů umožňujících vyrovnání hardwarových rozdílů jednotlivých technologií, přičemž se jedná především o rozdílnou napěťovou interpretaci Log0 a Log1.

Komunikační výstupy (bráno z pohledu MCU)

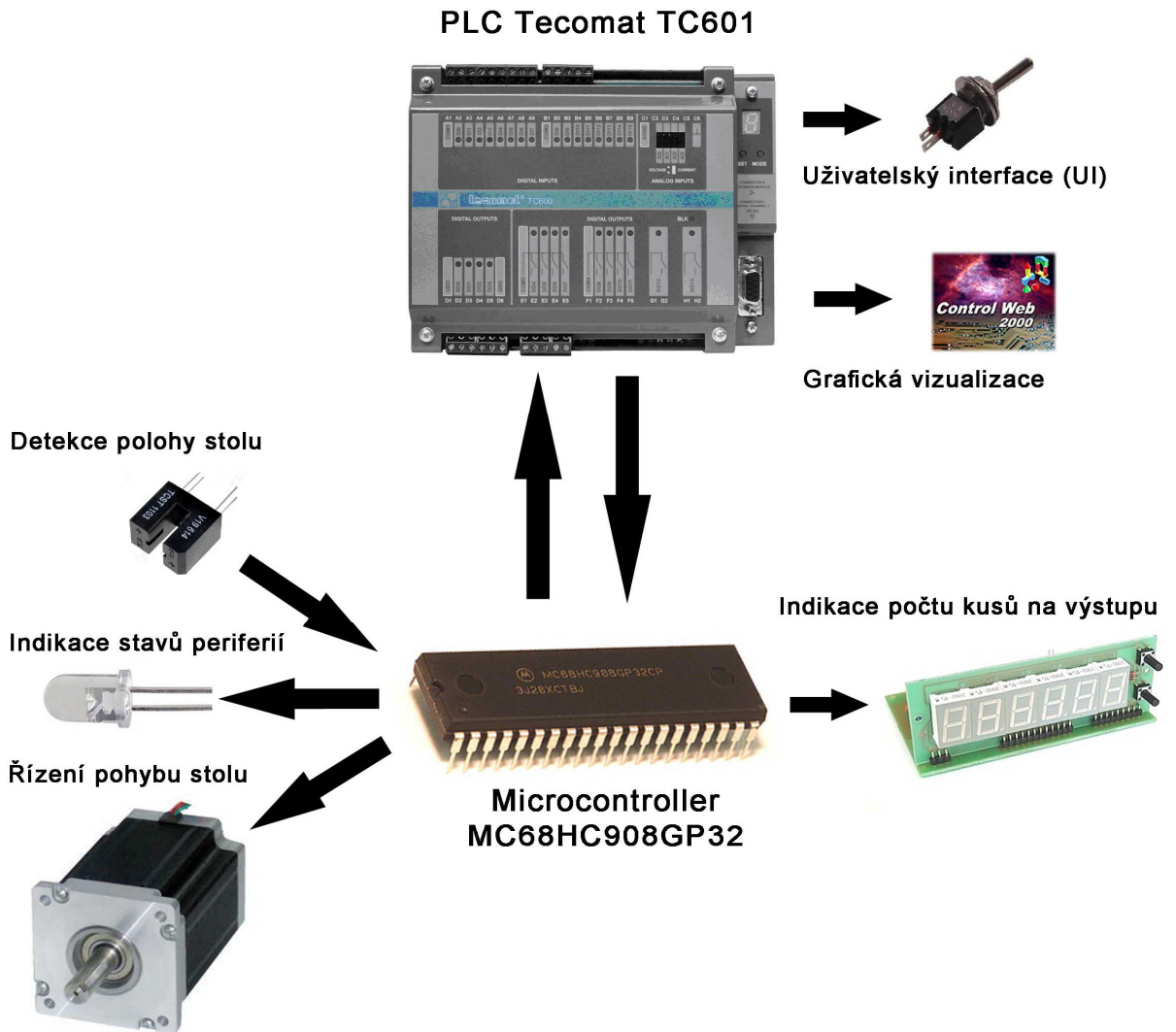
- Akce 1.pístu zásobníku
- Akce 2.pístu zásobníku
- Akce 3.pístu zásobníku
- Hladina zásobníku 100%
- Hladina zásobníku 30%
- Hladina zásobníku 0% (přičemž všechny hladiny budou kódovány do kombinací dvou výstupů , kde 00 = 0%, 01=30%, 10 = 100%)
- Akce pístu II.polohy
- Akce pístu III.polohy
- Víčko na pozici pro výrobu

Komunikační vstupy (bráno z pohledu MCU)

- Akce (uvede do chodu) 1.píst zásobníku
- Akce (uvede do chodu) 2.píst zásobníku
- Akce (uvede do chodu) 3.píst zásobníku
- Akce (uvede do chodu) píst na II.poloze
- Akce (uvede do chodu) píst na III.poloze
- Akce (uvede do chodu) vyfukování na IV.poloze
- Sepnutí motoru
- Provede RST počítadla

4.2.7 Celková sumace I/O

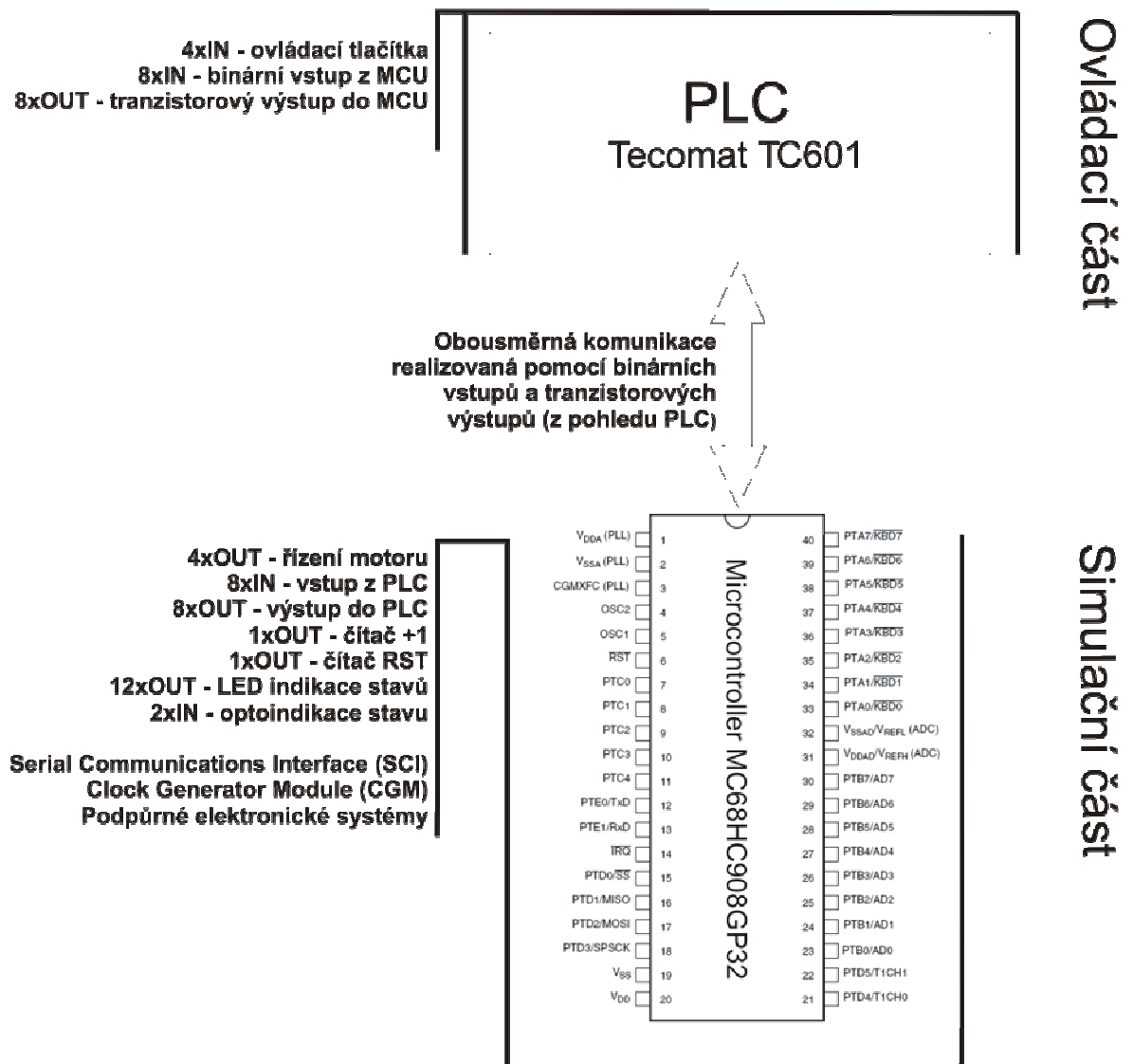
Pokud sečteme předešlé, získáme výsledný počet 26 výstupů a 10 vstupů (bráno z pohledu MCU). Z čehož je 8 výstupů a 8 vstupů použito pro komunikaci s PLC. Zbylé binární vstupy budou tedy použity pro externí ovládací prvky v podobě tlačítek.



Obr. 9. Zobrazení připojení periférií

4.3 Elektronické součásti modelu konstruovaného pomocí jednočipového mikropočítače MC68HC908GP32

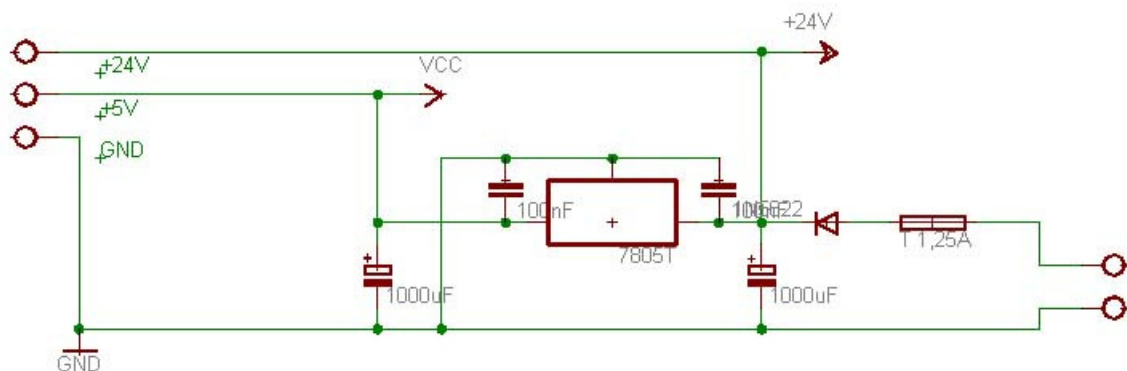
Nyní můžeme blíže specifikovat obslužnou elektroniku, podílející se jednak na komunikaci ale i na vizualizaci simulace. Veškerý tento transfere bude realizován pomocí I/O pinů microcontrolleru. Jak již bylo zmíněno, není možno tyto použít bez kompenzačních a ochranných obvodů, proto se každé z těchto částí budeme v následující kapitole podrobně věnovat.



Obr. 10. I/O MCU a PLC

4.3.1 Napájecí obvod

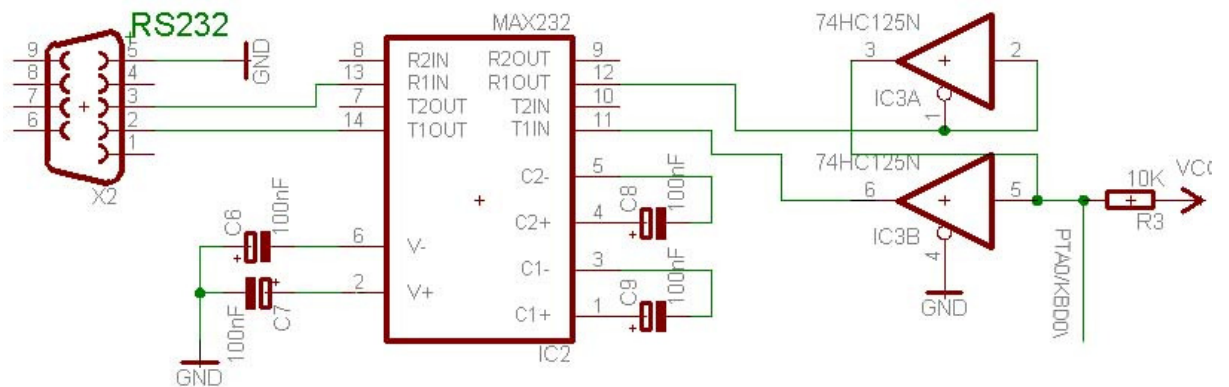
Napájecí obvod slouží jako zdroj SS U pro řídicí elektroniku a výstupní obvod přizpůsobení logické úrovně. Na jeho vstup je možno připojit +20V – +28V SS přičemž výstup tvoří napětí v daném rozmezí (+20V – +28V) a +5V. Jako vstupní napětí je použit libovolný zdroj, nebo centralizovaný rozvod SS napětí v učebnách PLC. Úroveň +5V slouží jako (Vcc) napájecí napětí jednočipového mikropočítače, výstupních obvodů či pracovní napětí nízkovýkonových tranzistorů (BC227, BC327). Úroveň +20V – +28V slouží pro obvod řízení krokového motoru a jako spínání obvodů pro výstupní obvod přizpůsobení logické úrovně. Základním prvkem obvodu je napěťový regulátor L7805 jenž stabilizuje Vcc hodnotu (nezávisle na vstupním napětí) na +5V SS. Napájené obvody jsou chráněny proti přepólování diodou 1N5822 a proti přepětí tavnou pojistkou T 1,25A.



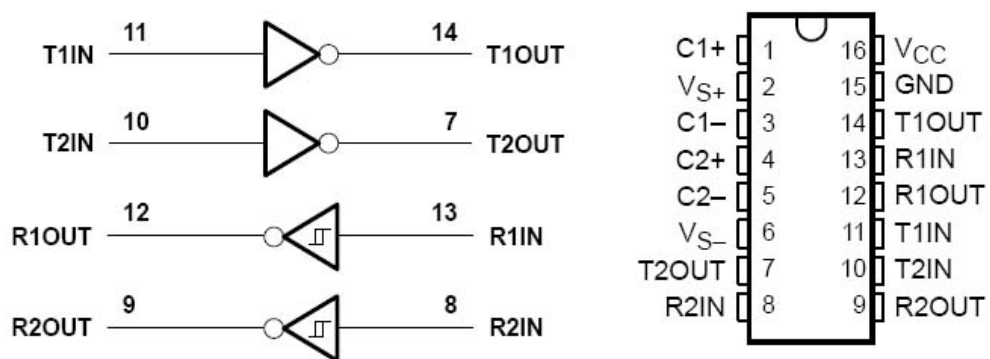
Obr. 11. Schéma napájecího obvodu

4.3.2 Asynchronní sériové komunikační rozhraní (SCI)

Pro komunikaci s PC (z důvodů přenosu a ladění programu) je použit obvod sestavený z vysílače MAX232 a obvodu 74HC125N. Tento je připojen k pinu PTA0/KBD0 sloužícímu pro komunikaci s jednočipovým mikropočítačem. Jako výstup je použit standardní sériový konektor pro RS232 SUB-D F07HP.



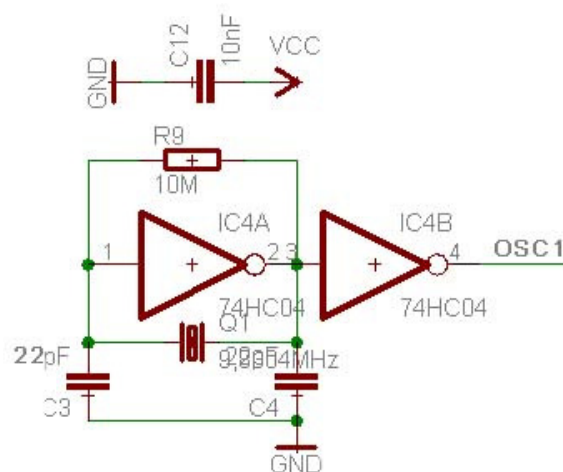
Obr. 12. Schéma zapojení asynchronního sériového komunikačního rozhraní



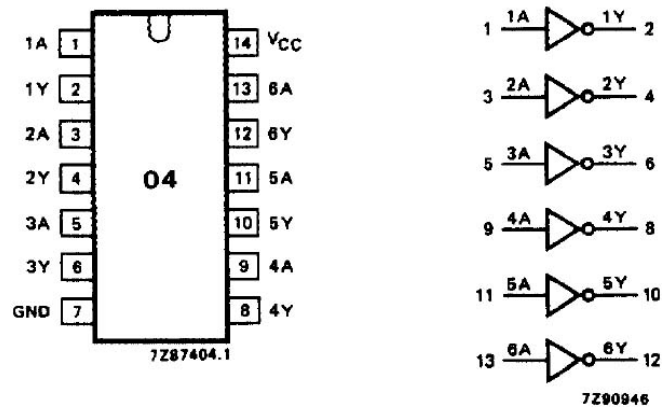
Obr. 13. Osazení pinů a logický diagram obvodu MAX232

4.3.3 Generátor hodinového kmitočtu (CGM)

Obvod generátoru hodinového kmitočtu se skládá z krystalu 9,8304MHz a TTL invertoru 74HC04 jenž dodávají microcontrolleru zdroj kmitů pro interní hodinový signál.



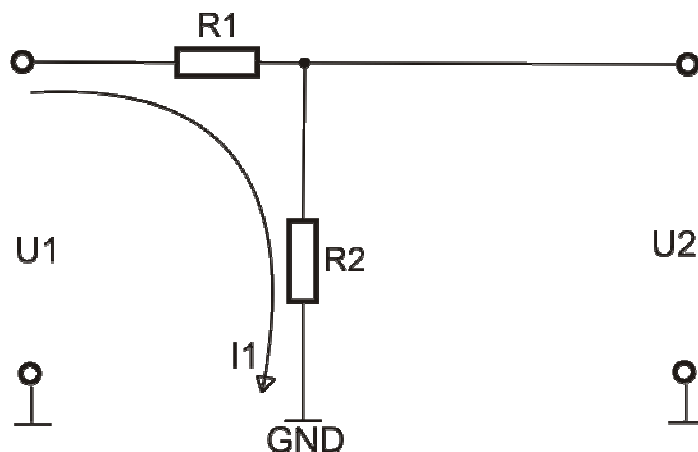
Obr. 14. Schéma zapojení CGM



Obr. 15. Osazení pinů a logický diagram obvodu 74HC04

4.3.4 Vstupní obvod pro přizpůsobení logické úrovně

Účelem vstupního obvodu je vyrovnávat rozdíl mezi Log 1 interpretovanou tranzistorovým výstupem z PLC (20V – 28V) a hodnotou jež je schopno akceptovat MCU na vstupu I/O pinu. Pro tento případ byl proto navržen dělič napětí, mající hodnoty převádět.



Obr. 16. Koncepce děliče napětí

$$U = R \cdot I_1$$

$$U_1 = R_1 \cdot I_1$$

$$22V = R_1 \cdot 0,002A$$

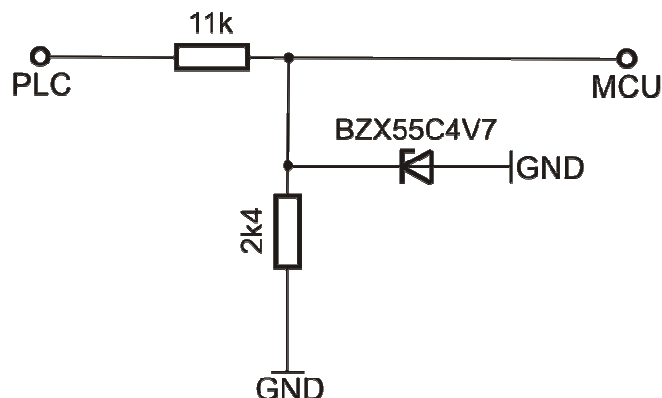
$$R_1 = 11k\Omega$$

$$U_2 = R_2 \cdot I_1$$

$$5V = R_2 \cdot 0,002A$$

$$R_2 = 2,5k\Omega \approx 2k4$$

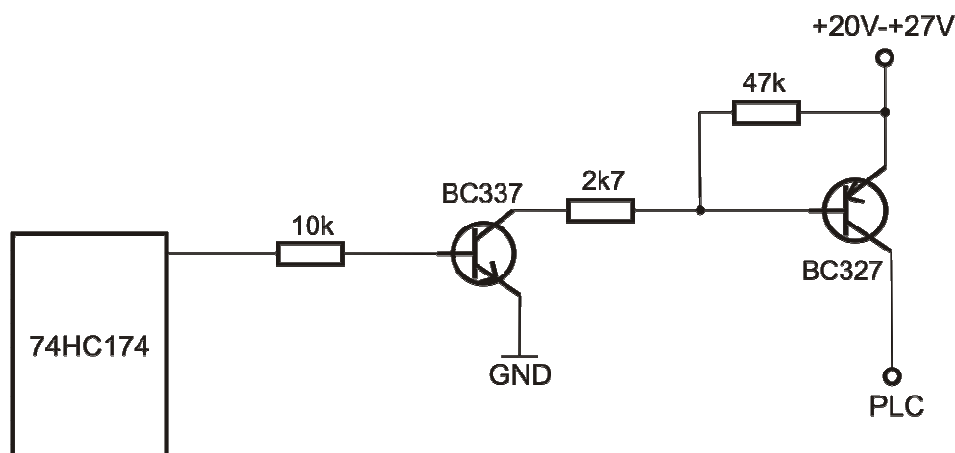
Pomocí výpočtu pro proud 2mA byly spočítány hodnoty odporů $R_1 = 11k$ a $R_2 = 2k4$.



Obr. 17. Vstupní obvod pro přizpůsobení logické úrovně

4.3.5 Výstupní obvod pro přizpůsobení logické úrovně

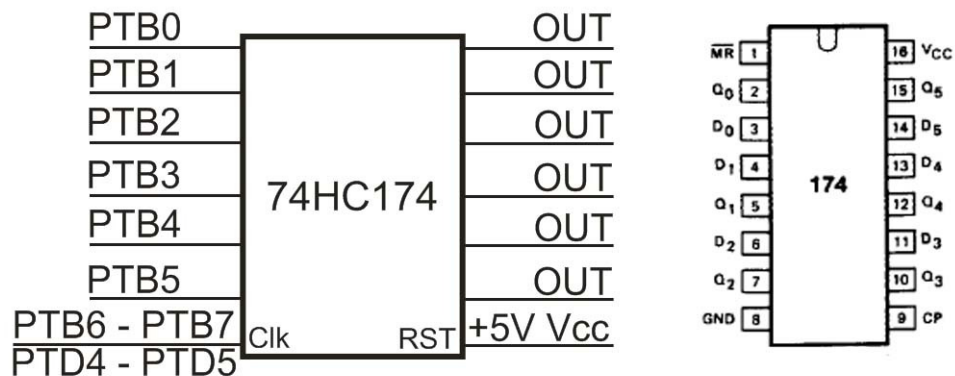
Účelem výstupního obvodu je vyrovnávat rozdíl mezi Log 1 interpretovanou binárním vstupem do PLC (20V – 28V) a hodnotou jež je schopno vytvořit MCU na výstupu I/O pinu (cca +5V). Pro tento případ byl proto navržen obvod, mající tyto hodnoty převádět.



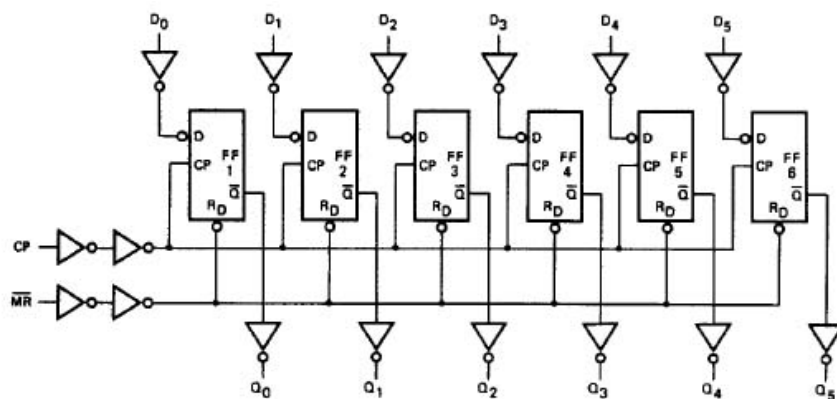
Obr. 18. Výstupní obvod pro přizpůsobení logické úrovně

Obvod se skládá z jednoho tranzistoru PNP BC327 a jednoho NPN BC 337, toto zapojení umožňuje spínat +5V na výstupu z jednočipového mikro počítače výstupních 20V – 28V, čímž je zaručen (v porovnání s použitím relé) rychlý přenos Log 1 do binárních vstupů PLC.

Vzhledem k omezenému počtu vstupně/výstupních pinů microcontrolleru je obvod rozšířen o čtyři klopné obvody typu D - 74HC174, které umožňují při použití sběrnice topologie spínání 24 výstupů za použití pouhých 10 výstupů.

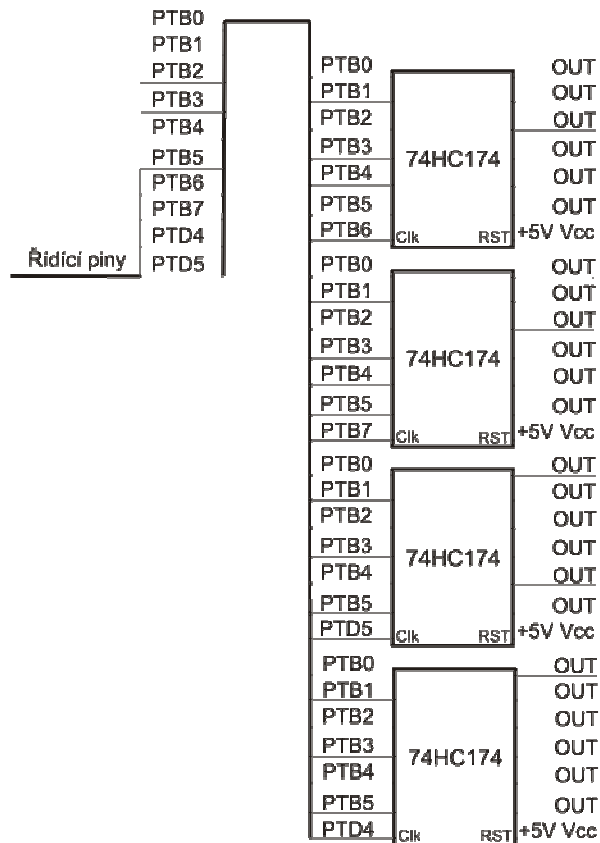


Obr. 19. Zapojení pinů klopného obvodu 74HC174



Obr. 20. Logický diagram klopného obvodu 74HC174

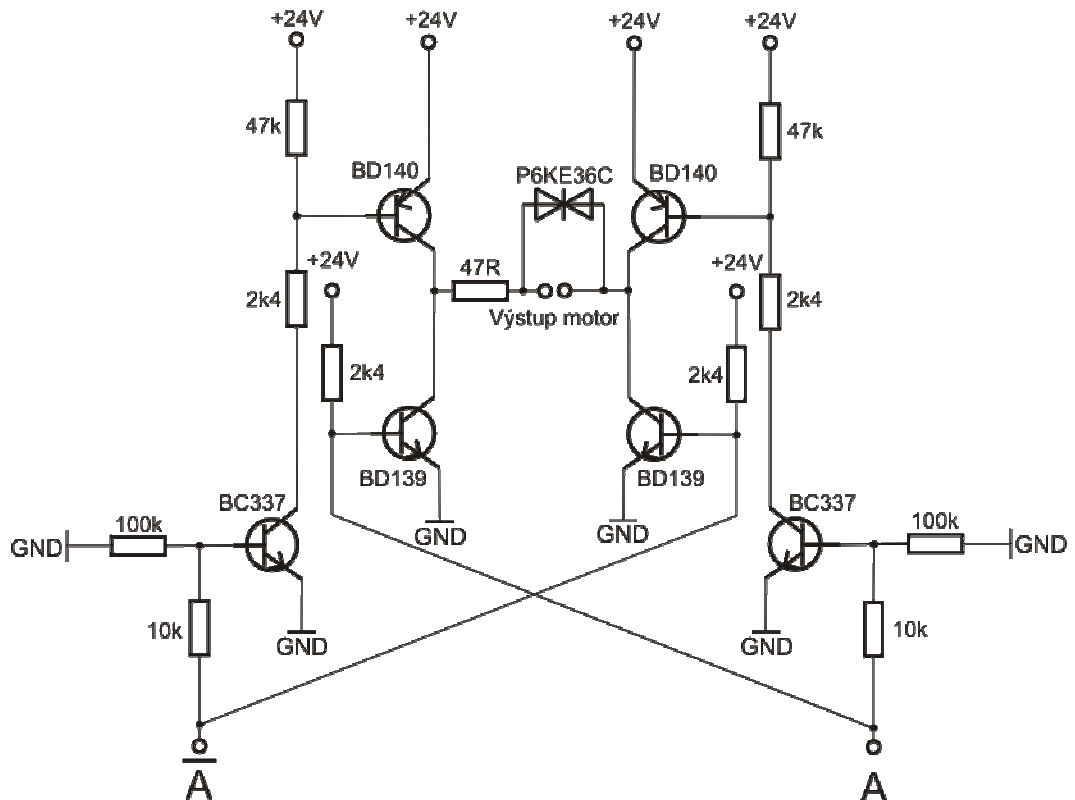
Princip je následující, využít je celý port B jednočipového mikropočítače (PTB0 – PTB7) a dva porty D (PTD4 – PTD5), jenž jsou všechny nastaveny do režimu výstup. PTB0 – PTB5 slouží jako výstupy a PTB6, PTB7, PTD4, PTD5 jako ovládací piny pro klopné obvody 74HC174. Pomocí mikropočítače nastavíme potřebnou kombinaci výstupních pinů (PTB0 – PTB5) a poté provedeme zápis do libovolné 74HC174 pomocí pinu clk, toto nastavení se následně promítne na výstup. Tímto principem jsou řízeny všechny výstupy do PLC, výstupy pro čítač (+1, RST) a LED signalizace stavů.



Obr. 21. Sběrníková topologie zapojení čtyř klopných obvodů 74HC174

4.3.6 Obvod pro řízení krokového motoru

Pro účely řízení krokového motoru Microcon SX17-0402-09 bylo nutno sestavit elektronický obvod sloužící ke změně polaritv vinutí v přesně stanoveném pořadí (změna směru toku proudu). Přičemž bylo nutno přihlédnout na proudovou zatíženost obvodu a proto zde byli voleny výkonové součástky, jako tranzistory NPN BD139 a PNP BD140, popř. výkonové 10W rezistory 47R.



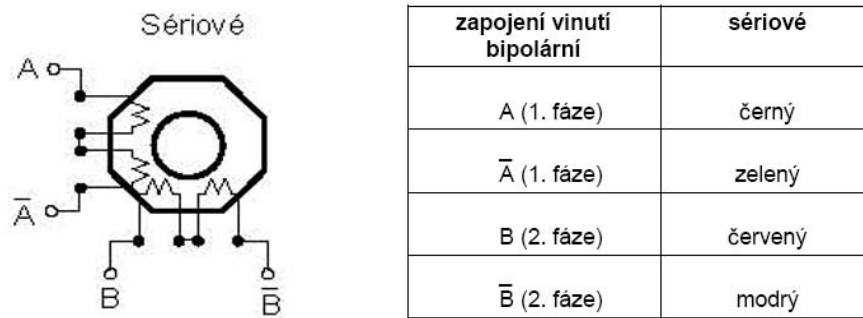
Obr. 22. Schéma zapojení obvodu pro řízení krokového motoru

Pro řízení motoru jsou u microcontrolleru vyhrazeny výstupy PTA1 – PTA4. Sekvence polarit potřebných pro vytvoření kroku motoru je řízena přepínáním Log úrovně výstupů PTA1 – PTA4. Tyto jsou posléze připojeny na vstupy řídicí elektroniky A, A' a B, B'.

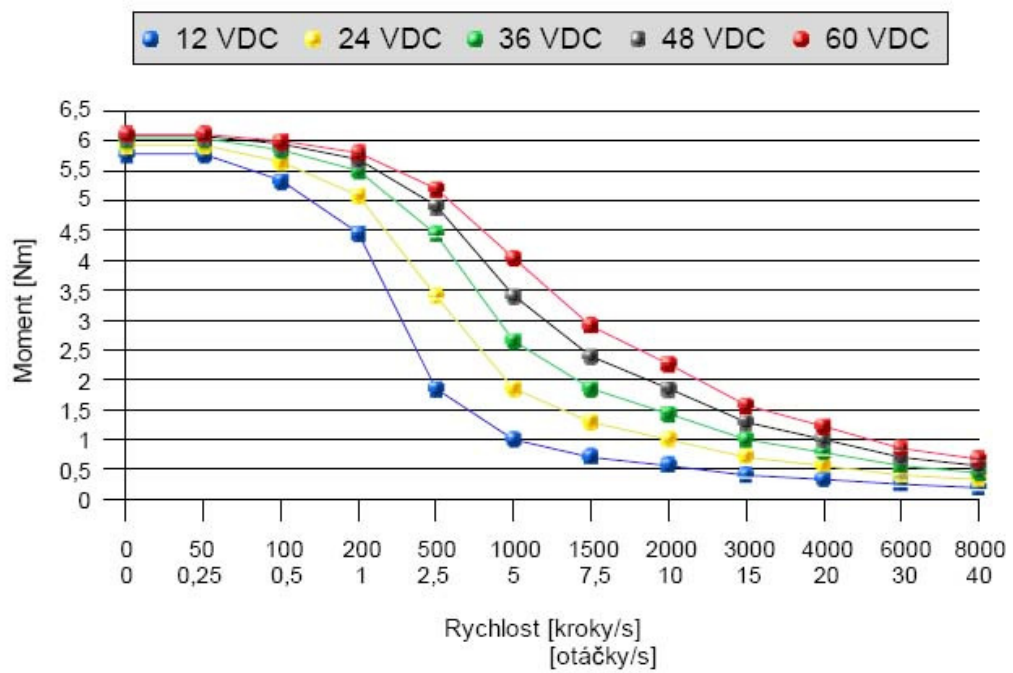
Tab. 6. Tabulka sekvence polarit pro vytvoření jednoho kroku motoru [3]

Bipolární celokrok					
CW	Krok	A	\bar{A}	B	\bar{B}
↓	1	+	-	-	+
	2	-	+	-	+
	3	-	+	+	-
	4	+	-	+	-
	1	+	-	-	+

+ = kladný směr proudu
- = záporný směr proudu



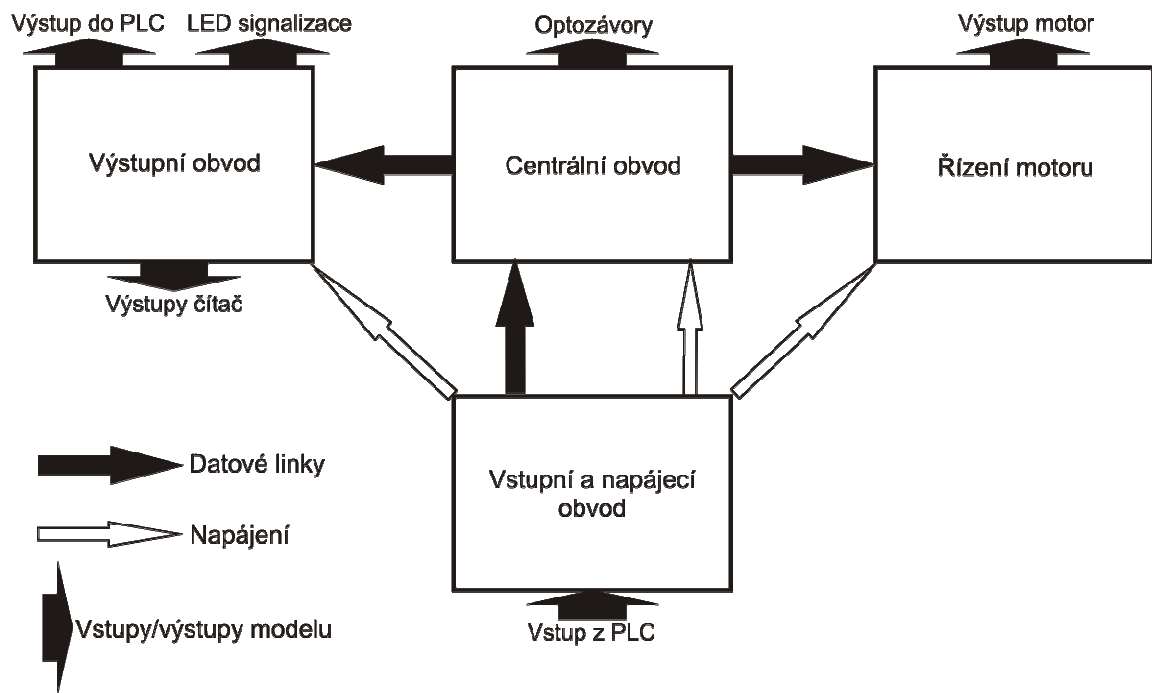
Obr. 23. Zapojení vinutí SX17-0402-09 [3]



Obr. 24. Momentová charakteristika krokového motoru [4]

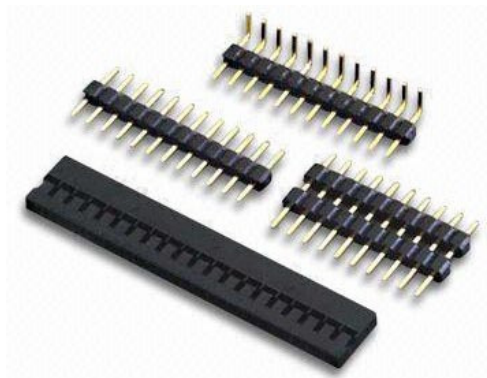
4.4 Návrh a realizace obvodů

Pro návrh tištěných spojů byl použit software EAGLE v4.16r2, z důvodů dodržení licenčních podmínek pro poskytování free verze programu byl obvod rozdělen na čtyři samostatné desky s plošnými spoji o rozměrech 80x100mm.



Obr. 25. Blokové propojení jednotlivých elektronických desek

Propojení mezi jednotlivými elektronickými deskami a následné připojení periférií je realizováno pomocí plochých datových kabelů a pinových spojů. Tyto spoje umožňují jednoduché a rychlé rozebírání bez nutnosti použití jakéhokoliv náradí.

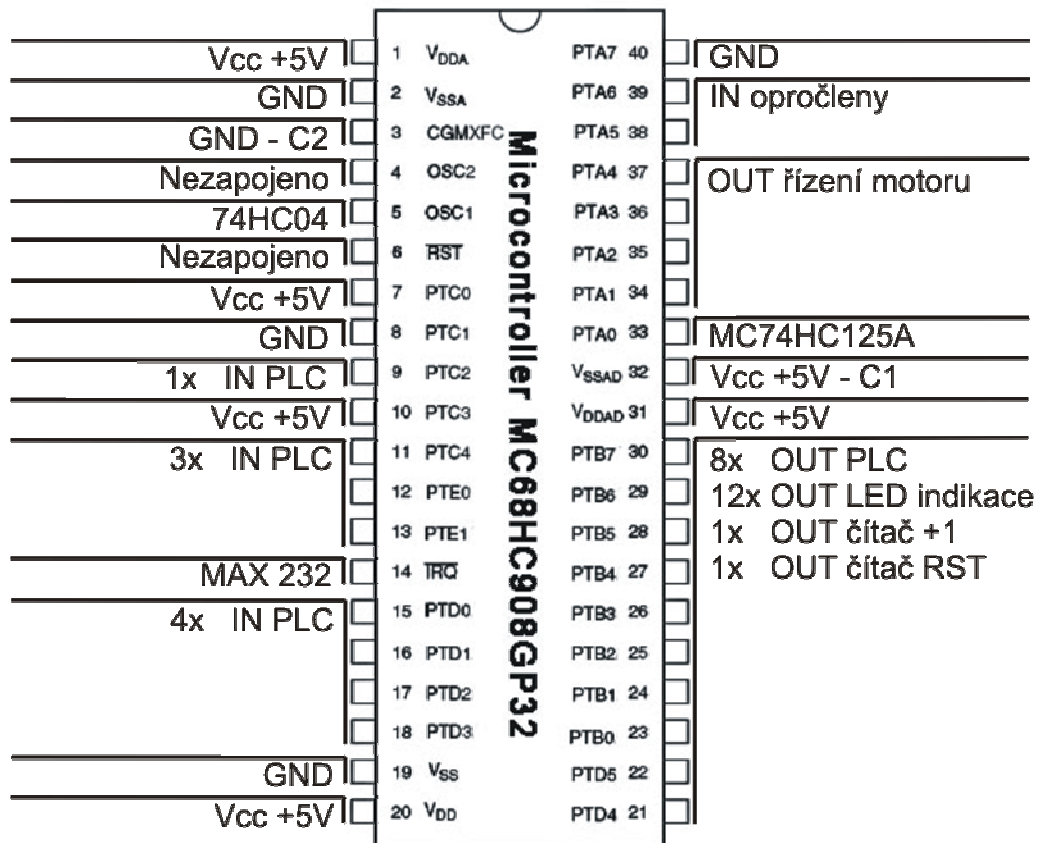


Obr. 26. Pinové spoje

Schéma kabelového propojení jednotlivých elektronických desek je součástí přílohy P III.

4.4.1 Centrální obvod

Deska centrálního obvodu je základní částí sestavy, zde je osazen jednočipový mikročítač MC68HC908GP32, obvod generátoru hodinového kmitočtu (CGM) s 9,8304MHz krystalem, asynchronní sériové komunikační rozhraní (SCI) a konektor SUB-D F07HP spolu s dalšími podpurnými součástkami. Veškeré integrované obvody jsou osazeny do patic, umožňujících modulární výměnu v případě poruchy.



Obr. 27. Zapojení pinů microcontrolleru MC68HC908GP32

Přílohy centrálního obvodu:

- Schéma desky s plošnými spoji – (Příloha P IV)
- Návrh desky plošných spojů – (Příloha P V)
- Osazovací plán – (Příloha P VI)
- Obrázek desky – (Příloha P VII)
- Rozložení propojovacích pinů – (Příloha VIII)

4.4.2 Obvod řízení motoru

Tato obvodová deska jak již plyne z názvu slouží pro řízení chodu krokového motoru, jehož princip zde byl již popsán.

Přílohy obvodu řízení motoru:

- Schéma desky s plošnými spoji – (Příloha P IX)
- Návrh desky plošných spojů – (Příloha P X)
- Osazovací plán – (Příloha P XI)
- Obrázek desky – (Příloha P XII)
- Rozložení propojovacích pinů – (Příloha P XIII)

4.4.3 Vstupní obvod

Plošný spoj je rozdělen na dvě části, a to vstupní část jenž obsahuje 8x dělič napětí sloužící pro příchozí komunikaci s PLC. A část napájecího obvodu jenž slouží jako hlavní zdroj napětí Vcc a 20V-28V. Zdrojová část je navíc osazena Al chladičem pro odvod přebytečného tepla od obvodu 7805.

Přílohy vstupního obvodu:

- Schéma desky s plošnými spoji – (Příloha P XIV)
- Návrh desky plošných spojů – (Příloha P XV)
- Osazovací plán – (Příloha P XVI)
- Obrázek desky – (Příloha P XVII)
- Rozložení propojovacích pinů – (Příloha P XVIII)

4.4.4 Výstupní obvod

Výstupní obvod plní tři rozličné funkce, první část slouží jako komunikační interface – výstup do PLC. Druhou částí je signalizace stavů pomocí LED diod a v neposlední řadě dva výstupy pro práci s čítačem pulzů (+1, RST).

Přílohy výstupního obvodu:

- Schéma desky s plošnými spoji – (Příloha P XIX)
- Návrh desky plošných spojů – (Příloha P XX)
- Osazovací plán – (Příloha P XXI)
- Obrázek desky – (Příloha P XXII)
- Rozložení propojovacích pinů – (Příloha P XXIII)

Tab. 7. Adresy signalizačních LED a jejich význam v modelu

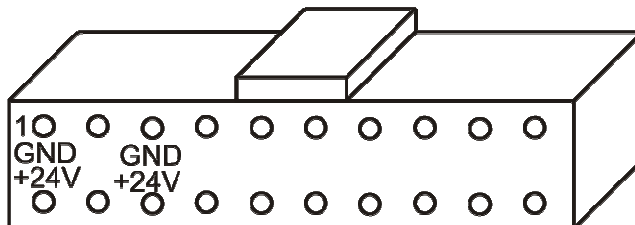
MCU OUT	CLK	Modelový význam	Barva signalizace
PTB5	PTD4	Zásobník 100%	Zelená
PTB4		Zásobník 30%	Zelená
PTB3		Zásobník 0%	Zelená
PTB2		Nízký stav hladiny zásobníku	Červená
PTB1		Píst zásobníku 1	Zelená
PTB0		Píst zásobníku 2	Zelená
PTB5	PTD5	Píst zásobníku 3	Zelená
PTB4		Píst poloha II	Zelená
PTB3		Píst poloha III	Zelená
PTB2		Vyfukování	Zelená
PTB1		Motor v chodu	Zelená
PTB0		Porucha	Červená

4.4.5 Obvod rozhraní MCU a PLC

Pro modulární spojení simulační elektroniky a PLC používaných v učebnách Programovatelné Automaty UTB bylo potřeba navrhnout potřebný interface, umožňující rychlé připojení a kompatibilitu s tímto systémem. Tento obsahuje jednořadý konektor 16-ti pinů sloužící pro připojení I/O z MCU a dvouřadý konektor 20-ti pinů standardně používaný v učebnách pro připojení externích zařízení k PLC. Schéma i deska plošných spojů jsou součástí přílohy P11 a P12. Pro případ externího napájení modelu je u interface připojen i konektor GND jenž slouží pro konektor společného GND PLC a MCU.

Přílohy obvodu rozhraní MCU a PLC:

- Schéma desky s plošnými spoji – (Příloha P XXIV)
- Návrh desky plošných spojů – (Příloha P XXV)



Obr. 28. Zapojení pinů konektoru kabelu

Tab. 8. Osazení pinů (X – IN, Y - OUT)

1	GND	6	Y0.3	11	Y0.6	16	X0.3
2	24V	7	GND	12	Y0.7	17	X0.4
3	Y0.0	8	24V	13	X0.0	18	X0.5
4	Y0.1	9	Y0.4	14	X0.1	19	X0.6
5	Y0.2	10	Y0.5	15	X0.2	20	X0.7

S propojením PLC a MCU úzce souvisí i adresace, tj. jak daný výstup z MCU interpretuje PLC a naopak.

Tab. 9. Adresy PLC a jejich MCU interpretace

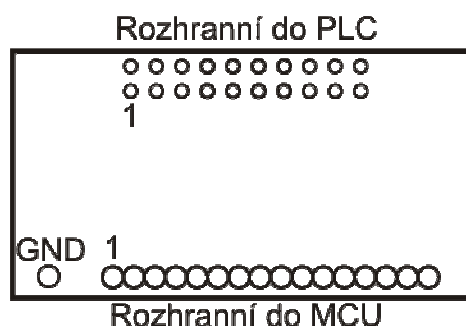
PLC IN	MCU OUT		PLC OUT	MCU IN	Tlačítka	
X0.0	PTB0	PTB6 (CLK 1)	Y0.0	PTC2	A	X0.8
X0.1	PTB1		Y0.1	PTC4	B	X0.9
X0.2	PTB2		Y0.2	PTD0	C	X0.10
X0.3	PTB3		Y0.3	PTD1	D	X0.11
X0.4	PTB4		Y0.4	PTD2		
X0.5	PTB5		Y0.5	PTD3		
X0.6	PTB0	PTB7 (CLK 2)	Y0.6	PTE1		
X0.7	PTB1		Y0.7	PTE2		

Tab. 10. Adresy a jejich význam v modelu

PLC IN	MCU OUT	Modelový význam
X0.0	PTB0	Píst zásobníku 1
X0.1	PTB1	Píst zásobníku 2
X0.2	PTB2	Píst zásobníku 3
X0.3	PTB3	Hodnota zásobníku 0%, 30%, 100%
X0.4	PTB4	
X0.5	PTB5	Píst poloha II
X0.6	PTB0	Píst poloha III
X0.7	PTB1	Stůl na pozici

Tab. 11. Adresy a jejich význam v modelu

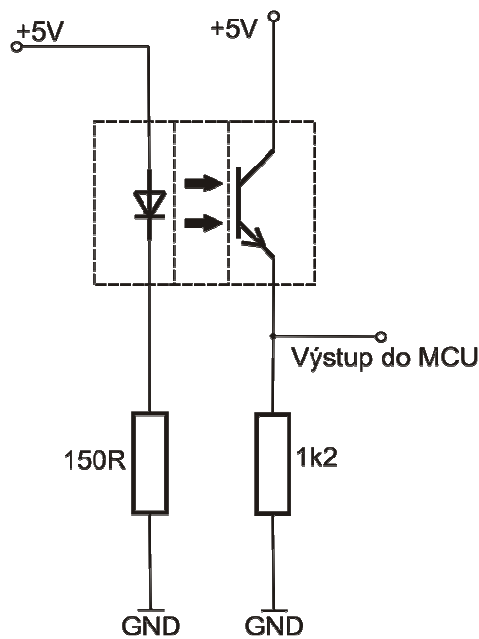
PLC OUT	MCU IN	Modelový význam
Y0.0	PTC2	Píst zásobníku 1
Y0.1	PTC4	Píst zásobníku 2
Y0.2	PTD0	Píst zásobníku 3
Y0.3	PTD1	Píst poloha II
Y0.4	PTD2	Píst poloha III
Y0.5	PTD3	Vyfukování
Y0.6	PTE1	Spouštění motoru
Y0.7	PTE2	RST čítač



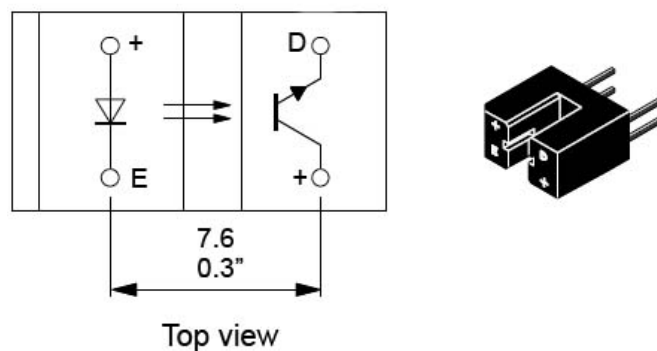
Obr. 29. Rozmístění pinových spojů desky rozhraní

4.4.6 Zapojení optických bran

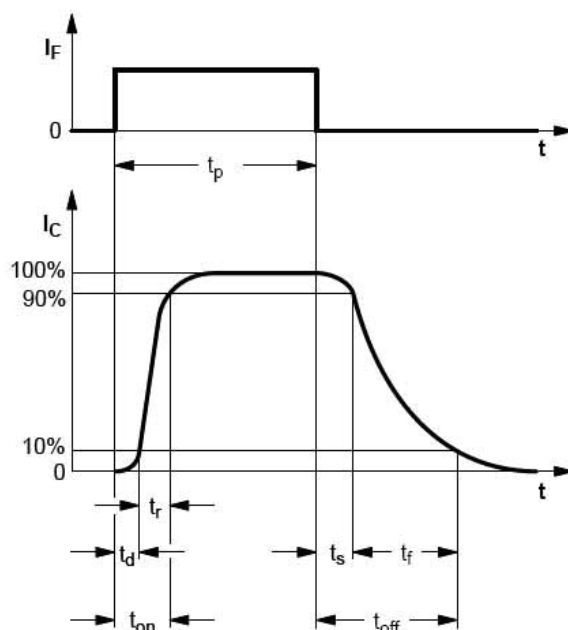
Pro sledování relativní pozice pracovního stolu a počítání již vyrobených kusů na lince je potřeba využít některý z optických senzorů pozice. V našem případě pak transmisivní optický senzor s výstupem realizovaným pomocí fototranzistoru. Zařízení pracuje na vlnové délce 950nm a přerušením tohoto světelného toku se na daném vstupu MCU (PTA5, PTA6) objeví hodnota Log 0. Hodnota při Log 0 (přerušený světelný tok) je cca 1,37V.



Obr. 30. Schéma zapojení optických senzorů [14]



Obr. 31. Vnitřní uspořádání a pouzdro optického senzoru [14]



Obr. 32. Časové charakteristiky optického senzoru [14]

Tab. 12. Popis časové charakteristiky optického senzoru [14]

t_p	trvání pulzu	t_s	čas doběhu
t_d	zpoždění	t_f	doba poklesu
t_r	doba náběhu	$t_{off} (t_s + t_f)$	latence změny stavu na 0
$t_{on} (t_d + t_r)$	latence změny stavu na 1		

4.4.7 Čítač pulzů

Pro počítání kusů na výstupu výrobního procesu byla objednána a sestavena elektronická stavebnice: Precizní čítač impulsů s LED displejem. Základem čítače je mikroprocesor PIC16F628A s vnitřní pamětí EEPROM, ve které je uschováno nastavení předvolby a parametrů čítače ošetření zákmitů na vstupech.

Impulsy se přivádějí na vstupy IN1 a IN2. Hlavním vstupem je IN1 – ten slouží vždy jen pro čítání pulzů. Vstup IN2 může sloužit externí nulování nebo pro opačné čítání. Vlastnost vstupu IN2 se nastavuje DIP přepínačem DIPSW1 na plošném spoji.

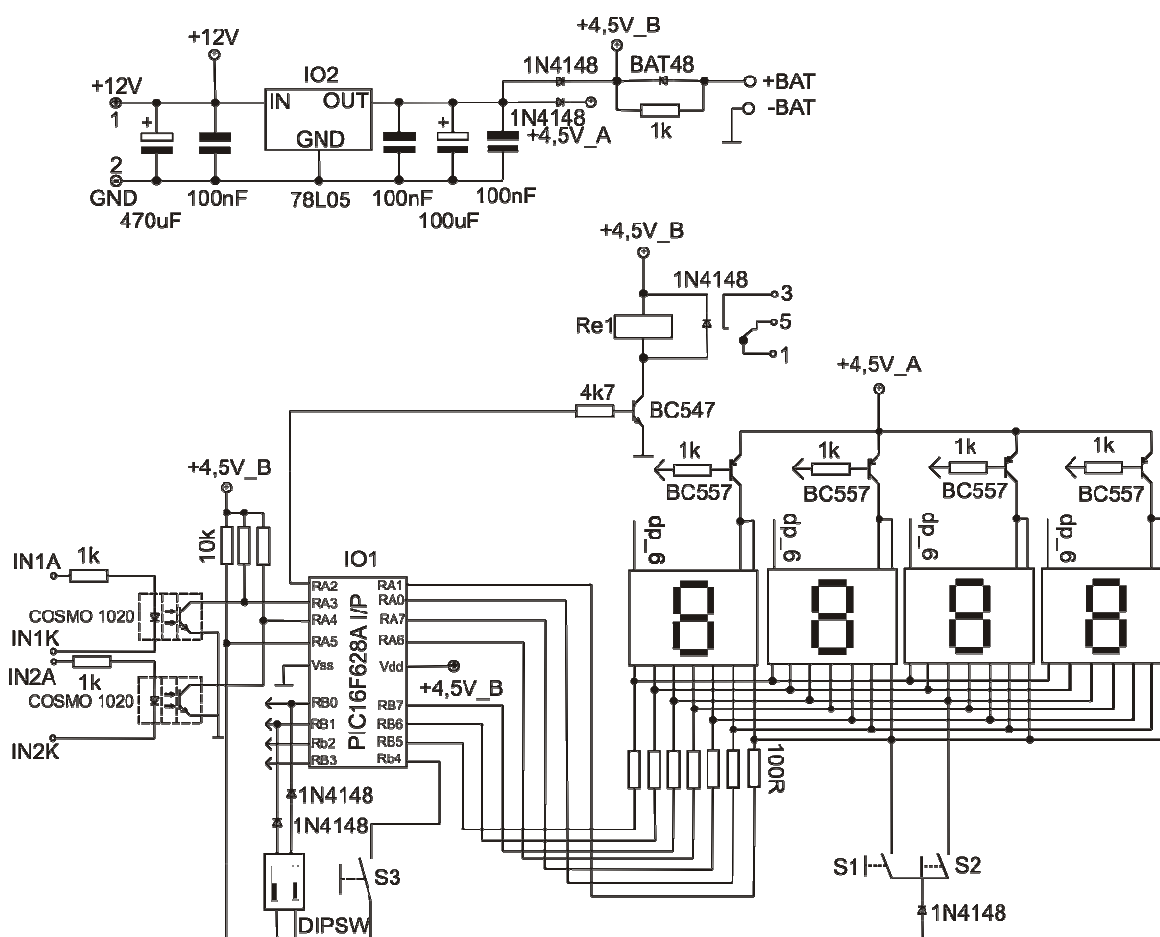
Napájení čítače je 12V s tolerancí +/- 1V. Stabilizátorem IO2 je sníženo na 5V pro napájení mikroprocesoru a displeje. Relé je napájeno přímo z 12V.

Čítač bude ovládán pomocí výstupů z MCU a to konkrétně PTB4 (clk 2/PTB7) pro čítač +1 a PTB5 (clk 2/PTB7) pro čítač RST.

Obrázek desky čítače pulzů je součástí přílohy P XXVI.

Tab. 13. Tabulka vlastností čítače

Napájecí napětí	12V
Odběr proudu (bez relé)	180mA
Odběr proudu (s relé)	210mA
Zálohovací napětí	3,6V, NiCd nebo NiMh akupack
Odběr ze zálohovacího zdroje	cca 0,75mA
Vstupní napětí	5 až 15V (po výměně R17 a R18 lze rozsah posunout až do 50V)
Vstupní kmitočet	cca 1 až 90Hz
Zatížení kontaktu relé	Max. 50V/3A
Displej	4 místný LED, červený
Rozměry desky	Hlavní deska: 52x83mm, deska displeje: 27x83mm
Rozsah pracovní teploty	-20°C až +70°C
Nulování	Interním tlačítkem, možno i externím signálem (Vstup 2)
Nastavení funkcí	DIP přepínačem na plošném spoji
Nastavení ošetření zákmitů	Tlačítky +/-, vstup do režimu tlačítkem Reset
Nastavení předvolby	Tlačítky +/-, vstup do režimu tlačítkem Reset

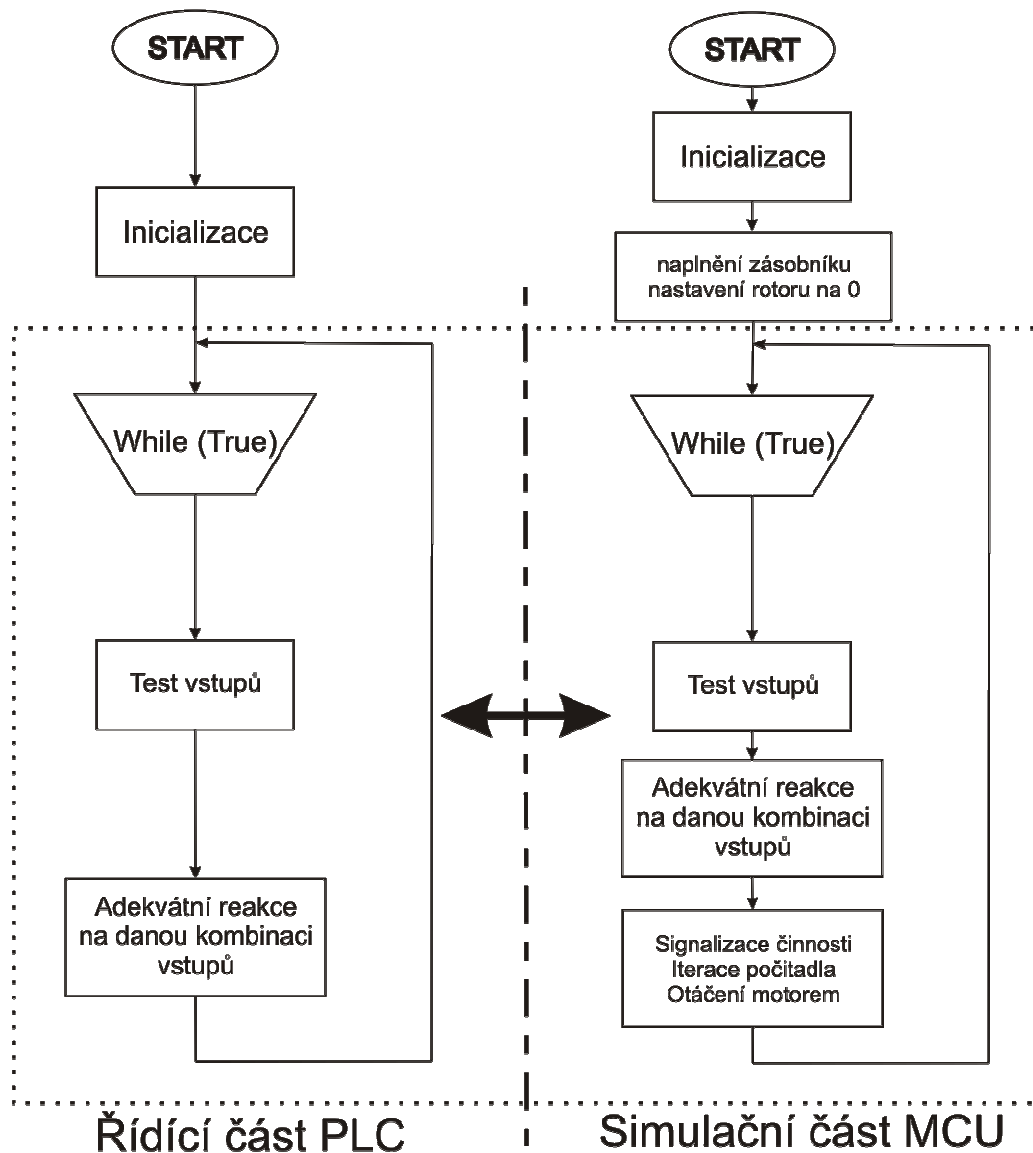


Obr. 33. Schéma zapojení čítače pulzů

Po výrobě a osazení všech desek s plošnými spoji součástkami je možno jak do PLC tak microcontrolleru nahrát program jenž bude řídit jak simulaci procesu tak i jeho obsluhu.

5 SOFTWAEROVÝ NÁVRH ŘÍZENÍ A SIMULACE PROCESU

Oba procesy běžící současně na PLC a mikropočítači jsou navrženy tak aby spolupracovali v co možná nejtěsnější interakci. Je důležité aby jakákoliv změna na vstupním či výstupním portu jednoho ze zařízení byla okamžitě interpretována na zařízení druhém a naopak. Toto je zaručeno cyklickým testováním vstupně/výstupních portů.



Obr. 34. Vývojový diagram software pro řízení a simulaci procesu

Nástin algoritmu použitého pro obsluhu zařízení je zobrazen vývojovým diagramem. Model bude vybaven ukázkovým programem jenž demonstruje jeho základní funkce.

ZÁVĚR

Po analýze problematiky výroby byli na základě poznatků vybrány vhodné hardwarové platformy pro simulaci a následnou obsluhu procesu. Jedním ze základních kritérií bylo v této fázi stanovení vstupů/výstupů, které jsou jednou z hlavních vlastností stanovující cenu zařízení.

Dalším krokem byl návrh elektroniky simulační části mající za úkol signalizovat jednotlivé stavy zařízení, komunikovat pomocí vstupů/výstupů s řídicím PLC a provádět celkovou simulaci procesu výroby. Při řešení bylo nutno brát v úvah hardwarovou odlišnost obou zařízení, zejména pak rozdílné interpretace logických úrovní. Což sebou neslo nutnost sestavení přídavné elektroniky potřebné pro převod hodnot a komunikačního interface zajišťujícího potřebnou modularitu systému.

Jednou z hlavních částí elektroniky je také modul řízení krokového motoru, pomocí něhož je simulován pohyb vřetena výrobního stroje a optické brány které jsou využívány pro jeho pozicování.

Samostatnou část pak utváří modul signalizace výstupního počtu kusů, jenž za pomoci čtyř sedmisegmentových displejů vizualizuje hodnoty potřebné pro obsluhu. I tento je však řízen za pomoci simulační části.

Poslední částí je vývoj ukázek obou obslužných software sloužících pro simulaci a řízení. Model by tak mohl v budoucnu sloužit jako pomůcka pro výuku předmětů programovatelné automaty a mikropočítače.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Teco, a.s.. Technické vybavení programovatelných automatů řady TC600., 2005.
Dostupný z WWW: www.tecomat.cz
- [2] Freescale Semiconductor. MC68HC908GP32 Data Sheet, Rev.10., 2008.
Dostupný z WWW: www.freescale.com
- [3] Microcon. Data Sheet pro Hybridní krokové motory řady SX., Dostupný z WWW:
www.microcon.cz
- [4] Microcon. Data Sheet pro Momentové charakteristiky řady SX16, SX17, SX23.,
Dostupný z WWW: www.microcon.cz
- [5] BURKHARD, Mann. C pro mikrokontroléry. Praha : BEN - technická literatura,
2003. 280 s. ISBN 80-7300-077-6.
- [6] Freescale Semiconductor. CPU08 Central Processor Unit Reference Manual.,
2001. Dostupný z WWW: www.freescale.com
- [7] Freescale Semiconductor. HCS08 Family Reference Manual, Rev.1., 2003.
Dostupný z WWW: www.freescale.com
- [8] Freescale Semiconductor. MC9S08GB/GT Data Sheet, Rev.2.3., 2004. Dostupný
z WWW: www.freescale.com
- [9] Freescale Semiconductor. MC68HC908GP32 Data Sheet, Rev.10., 2008.
Dostupný z WWW: www.freescale.com
- [10] Freescale Semiconductor. MC68HC908KX8 Data Sheet, Rev. 2.1, 2005.
Dostupný z WWW: www.freescale.com
- [11] HRABOVSKÝ, Miroslav, JURÁNEK, Antonín. EAGLE pro začátečníky :
Návrhový systém pro plošné spoje. Praha : BEN - technická literatura, 2007. 192
s. ISBN 80-7300-213-2.
- [12] Microchip Technology Inc. MCP4921/4922: 12-Bit DAC with SPI Interface,
2004. Dostupný z WWW: www.datasheetcatalog.com
- [13] VÁŇA V.: Začínáme s mikrokontroléry Motorola HC08 Nitron. Praha: BEN –
technická literatura, 2003. 96 s. ISBN 80-7300-124-1.

- [14] Wikipedia, Internetová encyklopedie. Dostupný z WWW: www.wikipedia.org
- [15] Vishay Telefunken. Transmissive optical sensor with Phototransistor out Data Sheet, Rev. A5., 1999. Dostupný z WWW: www.alldatasheet.com

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PLC	Programovatelný logický automat
MCU	Jednočipový mikropočítač
CPU	Centrální procesorová jednotka
CGM	Modul generátoru času
SCI	Asynchronní sériové komunikační rozhraní
SPI	Synchronní sériové komunikační
RAM	Paměť s náhodným přístupem
ROM	Paměť pouze pro čtení
EEPROM	Elektricky mazatelná paměť typu ROM-RAM
FLASH	Elektricky programovatelná paměť typu RAM
RTC	Hodiny reálného času
ZM	Základní modul
RM	Rozšířený modul
ADC	Analogově – digitální převodník
TIM	Modul časovače
IRQ	Požadavek na přerušení
KBI	Požadavek na přerušení klávesnice
IDE	Integrované vývojové prostředí
TTL	Tranzistorově - tranzistorová logika
SS	Stejnoseměrné (napětí nebo proud)
I/O	Vstupně - výstupní

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Otevřené víčko typ 4.....	10
Obr. 2. PLC Tecomat TC601.....	12
Obr. 3. Uspořádání základního modulu TC601 (Modul použitý pro naše vypracování) [1].....	17
Obr. 4. Jednočipový mikropočítač MC68HC908GP32.....	18
Obr. 5. Rozložení pinů pouzdra PDIP 40 [2].....	18
Obr. 6. Blokové schéma MCU.....	21
Obr. 7. Příklady programovacích jazyků.....	26
Obr. 8. Sekvence jednotlivých kroků výroby.....	31
Obr. 9. Zobrazení připojení periférií.....	34
Obr. 10. I/O MCU a PLC.....	35
Obr. 11. Schéma napájecího obvodu.....	36
Obr. 12. Schéma zapojení asynchronního sériového komunikačního rozhraní.....	37
Obr. 13. Osazení pinů a logický diagram obvodu MAX232.....	37
Obr. 14. Schéma zapojení CGM.....	37
Obr. 15. Osazení pinů a logický diagram obvodu 74HC04.....	38
Obr. 16. Koncepce děliče napětí.....	38
Obr. 17. Vstupní obvod pro přizpůsobení logické úrovně.....	39
Obr. 18. Výstupní obvod pro přizpůsobení logické úrovně.....	39
Obr. 19. Zapojení pinů klopného obvodu 74HC174.....	40
Obr. 20. Logický diagram klopného obvodu 74HC174.....	40
Obr. 21. Sběrníková topologie zapojení čtyř klopných obvodů 74HC174.....	41
Obr. 22. Schéma zapojení obvodu pro řízení krokového motoru.....	42
Obr. 23. Zapojení vinutí SX17-0402-09 [3].....	43
Obr. 24. Momentová charakteristika krokového motoru [4].....	43
Obr. 25. Blokové propojení jednotlivých elektronických desek.....	44
Obr. 26. Pinové spoje.....	44
Obr. 27. Zapojení pinů microcontrolleru MC68HC908GP32.....	45
Obr. 28. Zapojení pinů konektoru kabelu.....	48
Obr. 29. Rozmístění pinových spojů desky rozhraní.....	49
Obr. 30. Schéma zapojení optických senzorů [14].....	50

Obr. 31. Vnitřní uspořádání a pouzdro optického senzoru [14]	50
Obr. 32. Časové charakteristiky optického senzoru [14]	51
Obr. 33. Schéma zapojení čítače pulzů	52
Obr. 34. Vývojový diagram software pro řízení a simulaci procesu.....	53

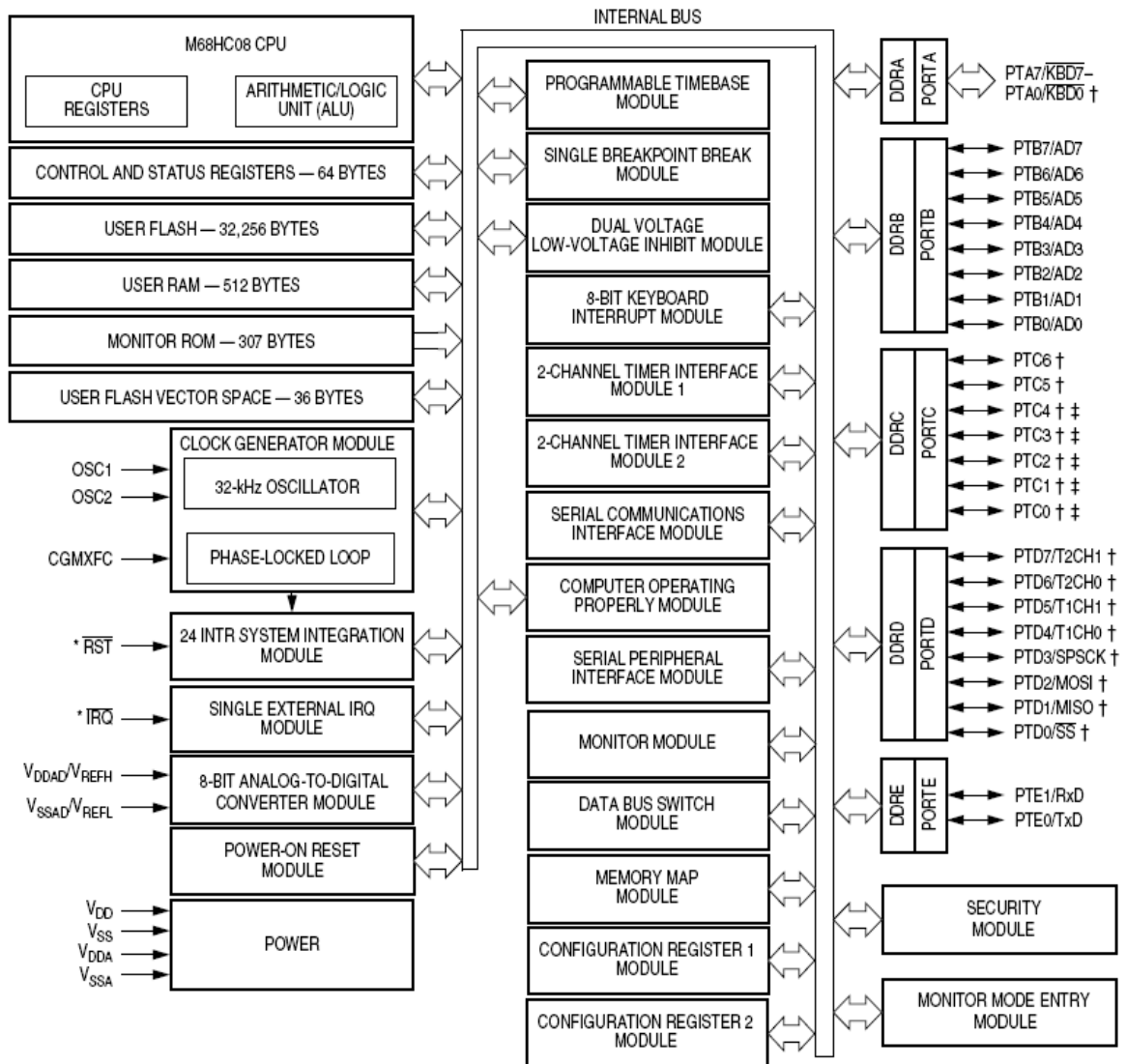
SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Technické vybavení jednotlivých typů řady TC600 [1]	13
Tab. 2. Parametry binárních vstupů PLC řady TC600 [1]	16
Tab. 3. Nastavení pro různé frekvence [2].....	23
Tab. 4. Tabulka elektrických specifikací microcontrolleru MC68HC908GP32 [2].....	24
Tab. 5. Tabulka časových specifikací microcontrolleru MC68HC908GP32 [2].....	25
Tab. 6. Tabulka sekvence polarit pro vytvoření jednoho kroku motoru [3]	42
Tab. 7. Adresy signalizačních LED a jejich význam v modelu	47
Tab. 8. Osazení pinů (X – IN, Y - OUT)	48
Tab. 9. Adresy PLC a jejich MCU interpretace	48
Tab. 10. Adresy a jejich význam v modelu.....	49
Tab. 11. Adresy a jejich význam v modelu.....	49
Tab. 12. Popis časové charakteristiky optického senzoru [14].....	51
Tab. 13. Tabulka vlastností čítače.....	52

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Blokové schéma jednočipového mikropočítače MC68HC908GP32
- P II Rozložení Paměti jednočipového mikropočítače MC68HC908GP32
- P III Schéma kabelového propojení jednotlivých elektronických desek
- P IV Schéma desky s plošnými spoji centrálního obvodu
- P V Návrh desky plošných spojů centrálního obvodu
- P VI Osazovací plán centrálního obvodu
- P VII Obrázek desky centrálního obvodu
- P VIII Rozložení propojovacích pinů centrálního obvodu
- P IX Schéma desky s plošnými spoji obvodu řízení motoru
- P X Návrh desky plošných spojů obvodu řízení motoru
- P XI Osazovací plán obvodu řízení motoru
- P XII Obrázek desky obvodu řízení motoru
- P XIII Rozložení propojovacích pinů obvodu řízení motoru
- P XIV Schéma desky s plošnými spoji vstupního obvodu
- P XV Návrh desky plošných spojů vstupního obvodu
- P XVI Osazovací plán vstupního obvodu
- P XVII Obrázek desky vstupního obvodu
- P XVIII Rozložení propojovacích pinů vstupního obvodu
- P XIX Schéma desky s plošnými spoji výstupního obvodu
- P XX Návrh desky plošných spojů výstupního obvodu
- P XXI Osazovací plán výstupního obvodu
- P XXII Obrázek desky výstupního obvodu
- P XXIII Rozložení propojovacích pinů výstupního obvodu
- P XXIV Schéma desky s plošnými spoji obvodu propojení MCU a PLC
- P XXV Návrh desky plošných spojů obvodu propojení MCU a PLC
- P XXVI Obrázek desky čítače pulzů

PŘÍLOHA P I: BLOKOVÉ SCHÉMA JEDNOČIPOVÉHO MIKROPOČÍTAČE MC68HC908GP32



† Ports are software configurable with pullup device if input port.

‡ Higher current drive port pins

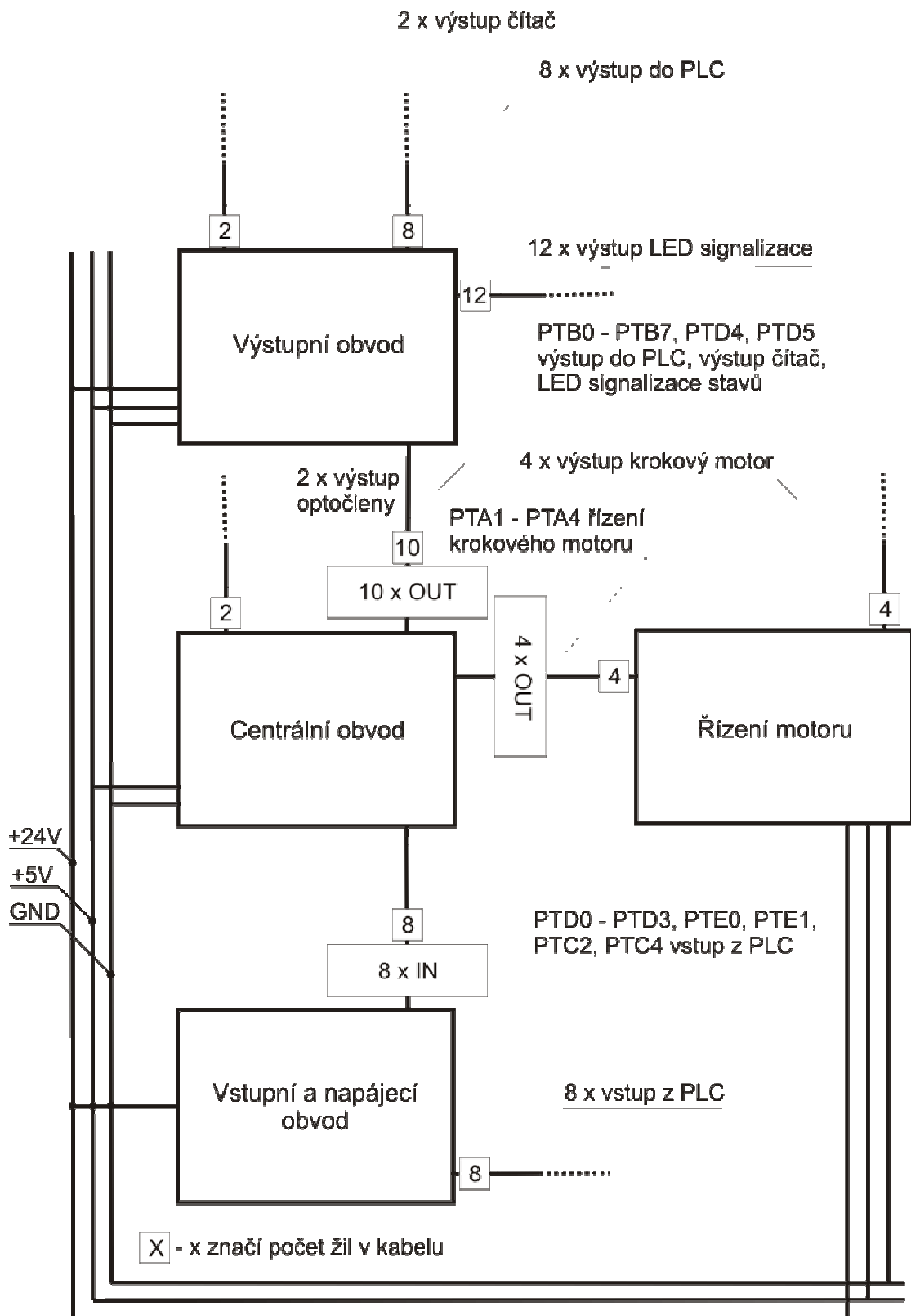
* Pin contains integrated pullup device

PŘÍLOHA P II: ROZLOŽENÍ PAMĚTI JEDNOČIPOVÉHO MIKROPOČÍTAČE MC68HC908GP32

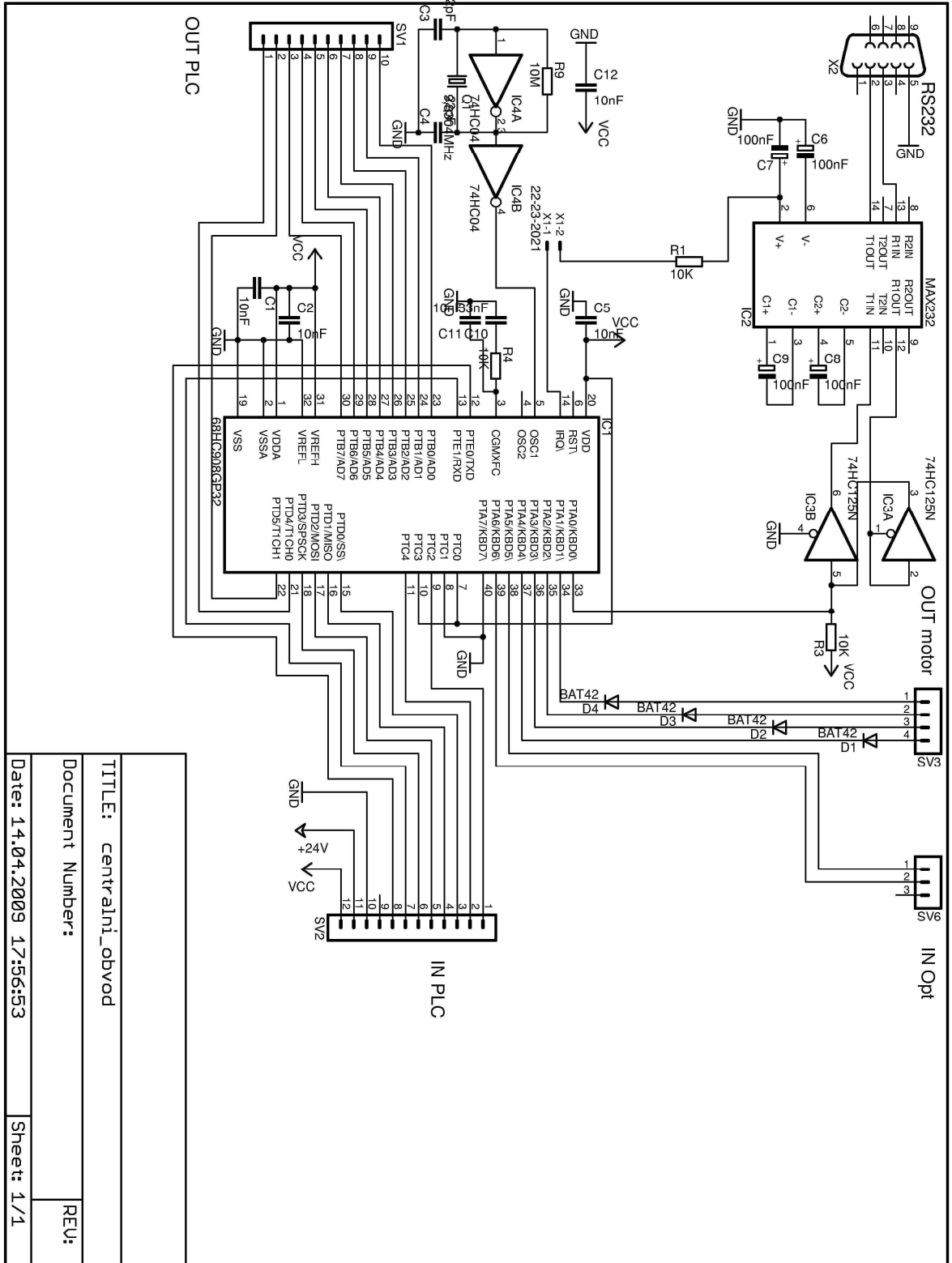
\$0000 ↓ \$003F	I/O Registers 64 Bytes
\$0040 ↓ \$023F	RAM 512 Bytes
\$0240 ↓ \$7FFF	Unimplemented 32,192 Bytes
\$8000 ↓ \$FDFF	FLASH Memory 32,256 Bytes
\$FE00	SIM Break Status Register (SBSR)
\$FE01	SIM Reset Status Register (SRSR)
\$FE02	Reserved (SUBAR)
\$FE03	SIM Break Flag Control Register (SBFCR)
\$FE04	Interrupt Status Register 1 (INT1)
\$FE05	Interrupt Status Register 2 (INT2)
\$FE06	Interrupt Status Register 3 (INT3)
\$FE07	Reserved
\$FE08	FLASH Control Register (FLCR)
\$FE09	Break Address Register High (BRKH)
\$FE0A	Break Address Register Low (BRKL)
\$FE0B	Break Status and Control Register (BRKSCR)
\$FE0C	LVI Status Register (LVISR)
\$FE0D ↓ \$FE0F	Unimplemented 3 Bytes
\$FE10 ↓ \$FE1F	Unimplemented 16 Bytes Reserved for Compatibility with Monitor Code for A-Family Parts
\$FE20 ↓ \$FF52	Monitor ROM 307 Bytes
\$FF53 ↓ \$FF7D	Unimplemented 43 Bytes
\$FF7E	FLASH Block Protect Register (FLBPR)
\$FF7F ↓ \$FFDB	Unimplemented 93 Bytes
\$FFDC ↓ \$FFFF	FLASH Vectors 36 Bytes

Note: \$FFF6–\$FFFD
reserved for
8 security bytes

PŘÍLOHA P III: SCHÉMA KABELOVÉHO PROPOJENÍ JEDNOTLIVÝCH ELEKTRONICKÝCH DESEK

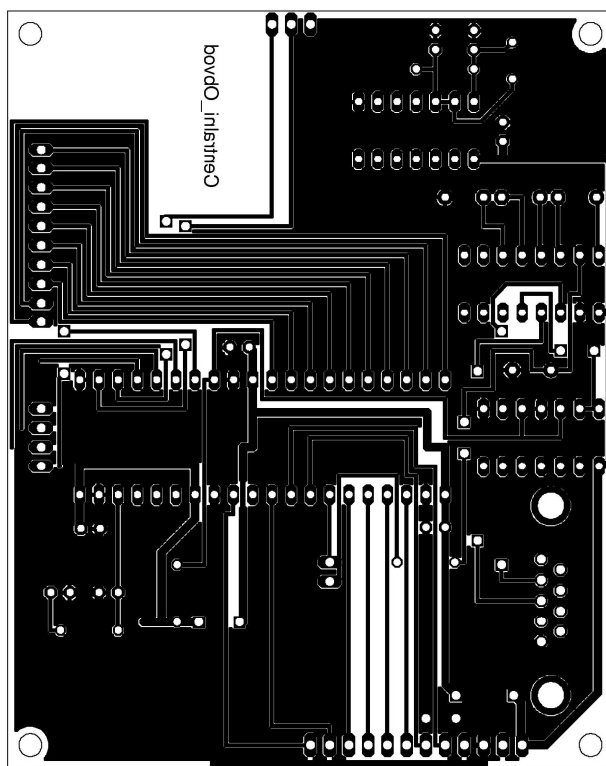


PŘÍLOHA P IV: SCHÉMA DESKY S PLOŠNÝMI SPOJI CENTRÁLNÍHO OBVODU

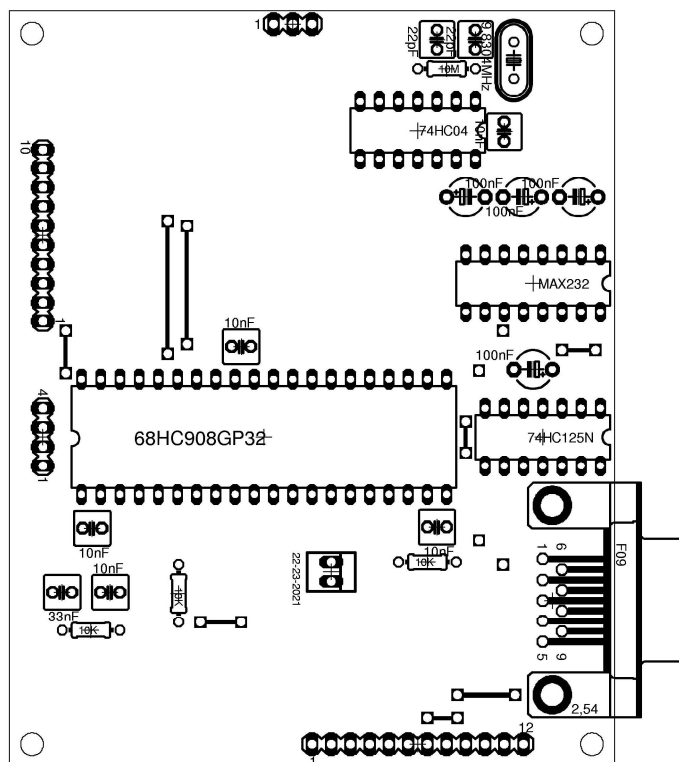


TITLE: centralni_obvod	
Document Number:	
Date: 14.04.2009 17:56:53	Sheet: 1/1
REV:	

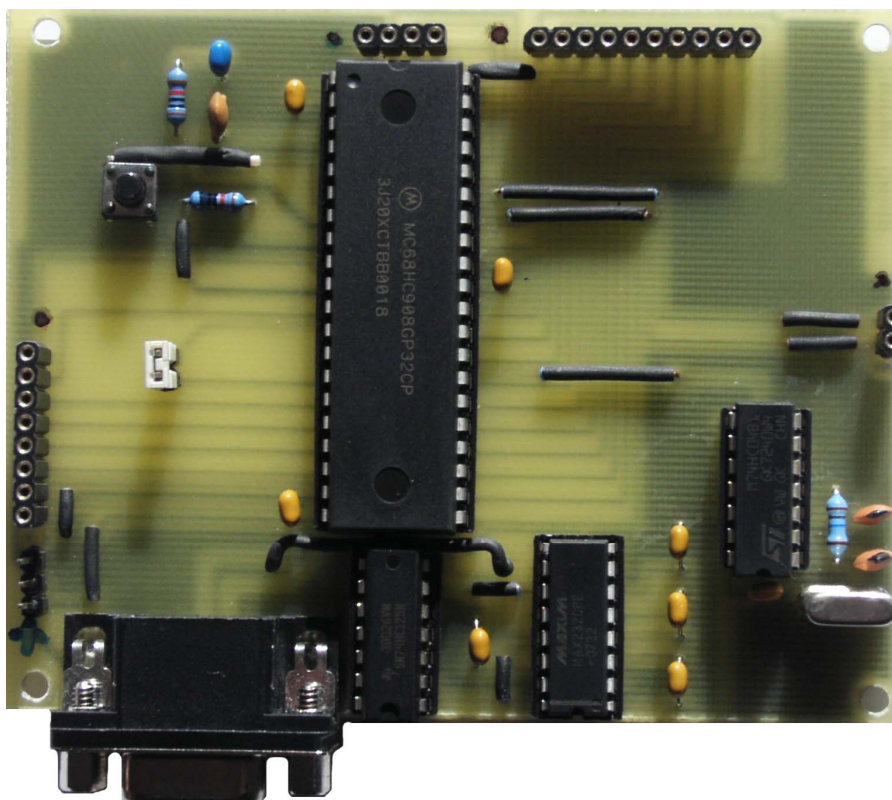
PŘÍLOHA P V: NÁVRH DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ CENTRÁLNÍHO OBVODU



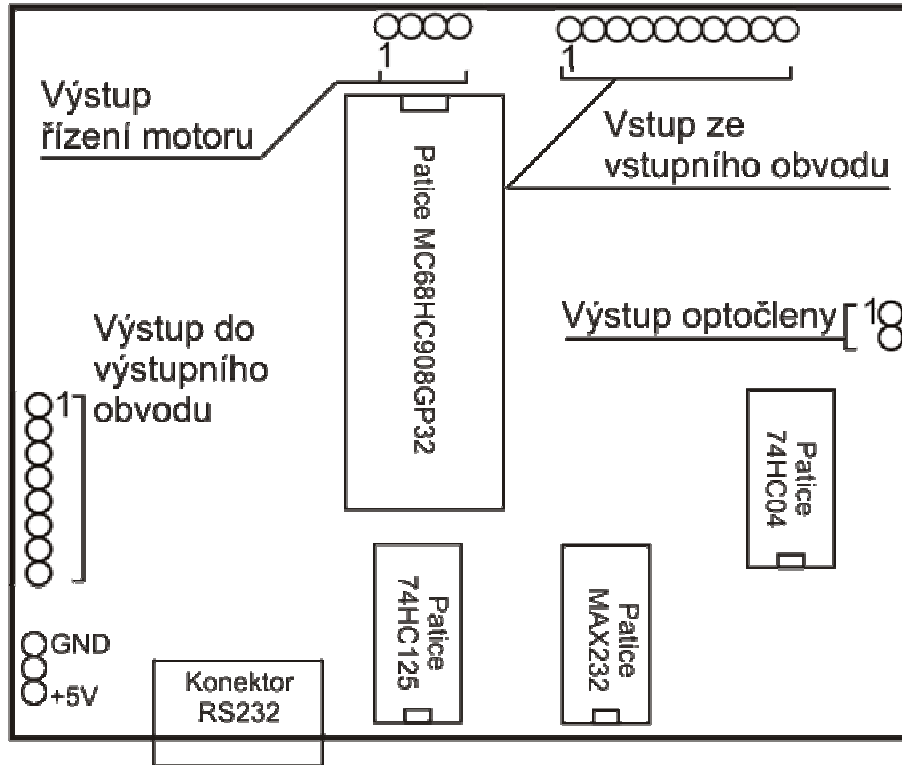
PŘÍLOHA P VI: OSAZOVACÍ PLÁN CENTRÁLNÍHO OBVODU



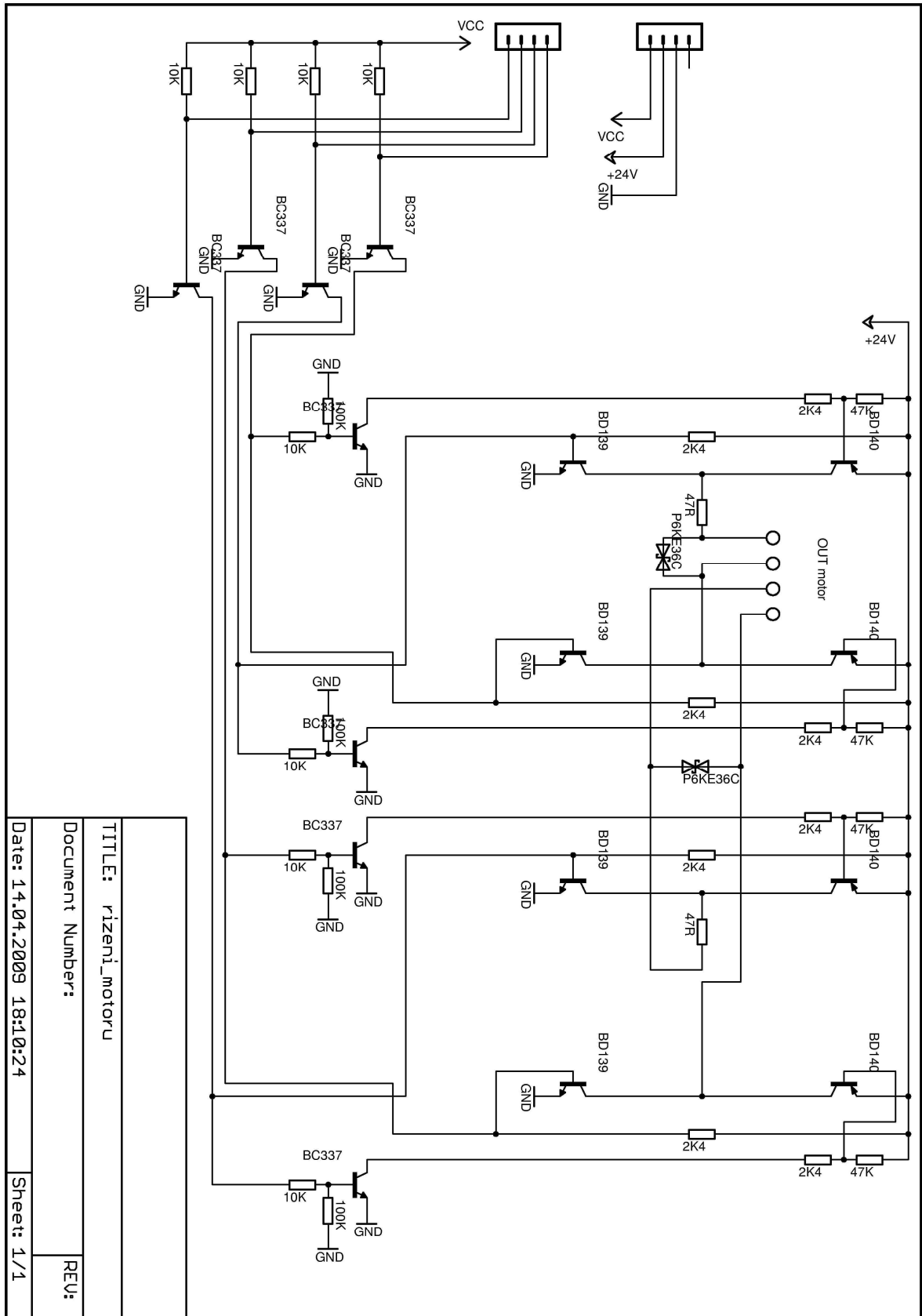
PŘÍLOHA P VII: OBRÁZEK DESKY CENTRÁLNÍHO OBVODU



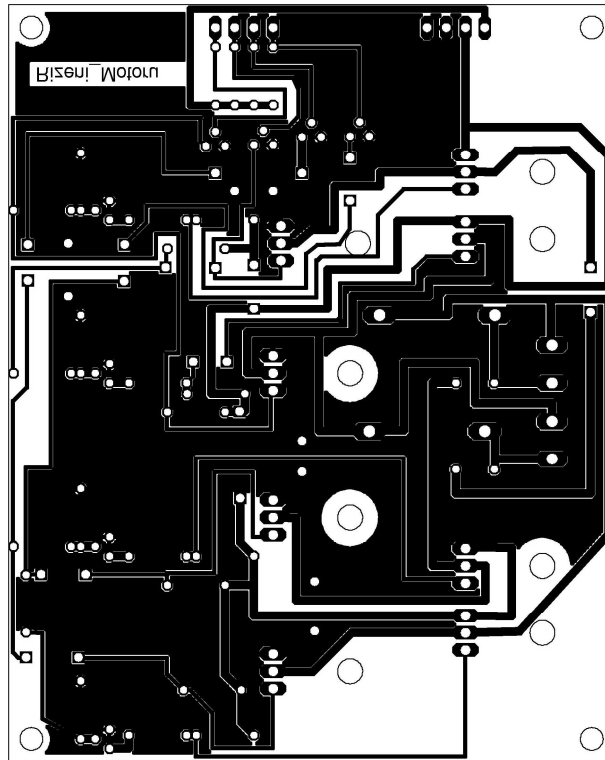
PŘÍLOHA P VIII: ROZLOŽENÍ PROPOJOVACÍCH PINŮ CENTRÁLNÍHO OBVODU



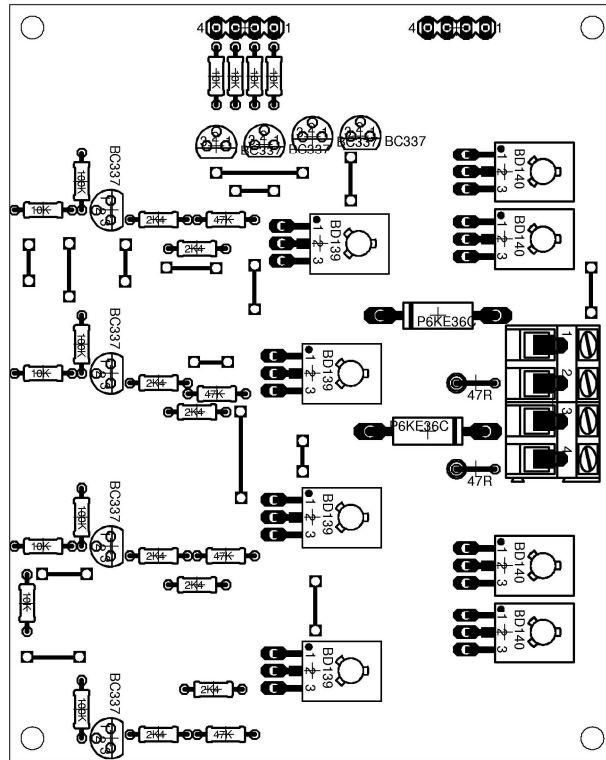
PŘÍLOHA P IX: SCHÉMA DESKY S PLOŠNÝMI SPOJI OBVODU ŘÍZENÍ MOTORU



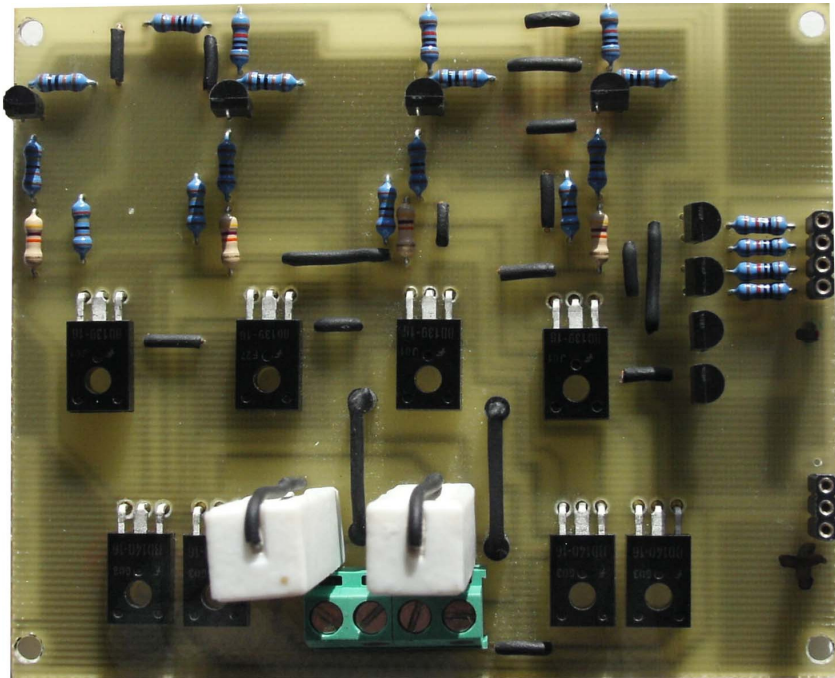
PŘÍLOHA P X: NÁVRH DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ OBVODU ŘÍZENÍ MOTORU



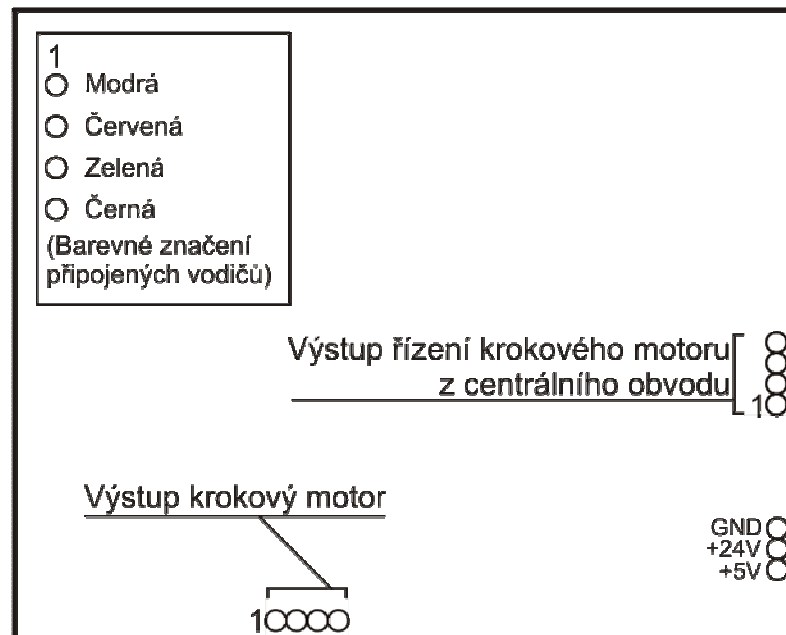
PŘÍLOHA P XI: OSAZOVACÍ PLÁN OBVODU ŘÍZENÍ MOTORU



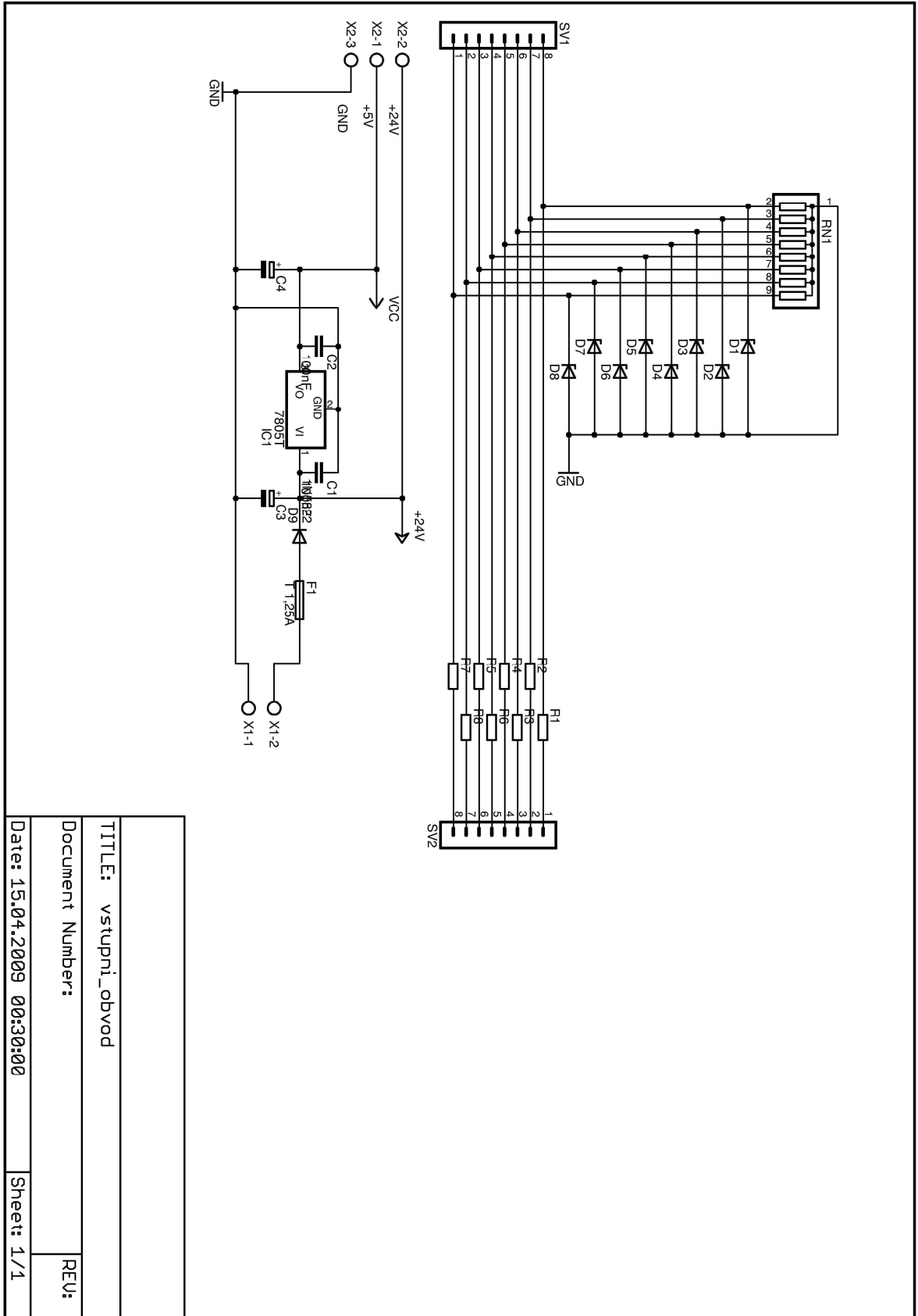
PŘÍLOHA P XII: OBRÁZEK DESKY OBVODU ŘÍZENÍ MOTORU



PŘÍLOHA P XIII: ROZLOŽENÍ PROPOJOVACÍCH PINŮ OBVODU ŘÍZENÍ MOTORU

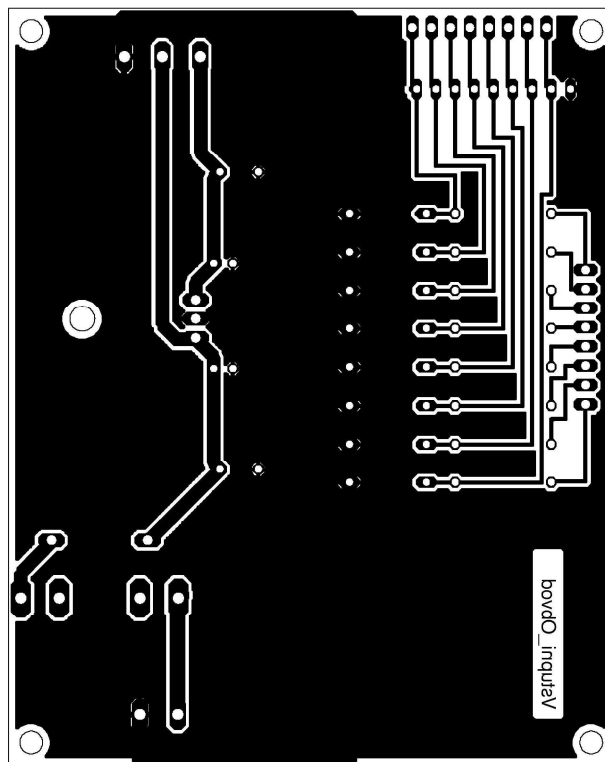


PŘÍLOHA P XIV: SCHÉMA DESKY S PLOŠNÝMI SPOJI VSTUPNÍHO OBVODU

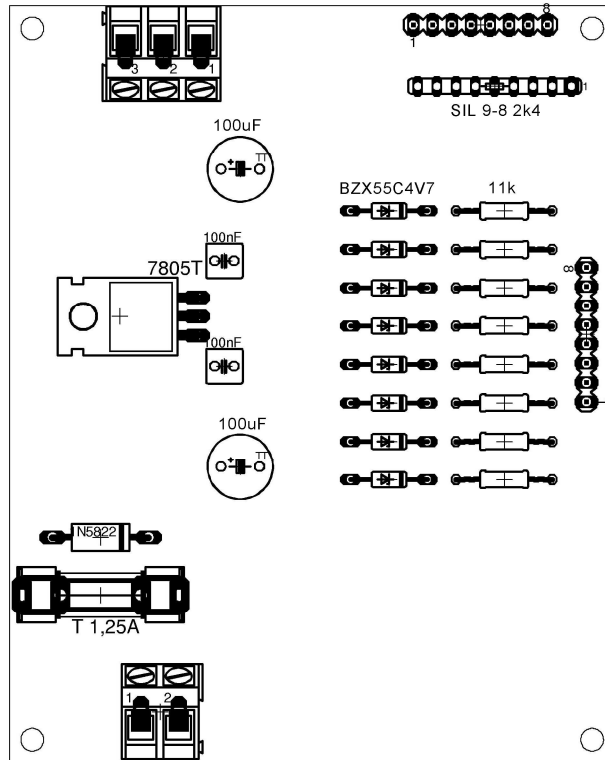


TITLE: vstupni_obvod	
Document Number:	
Date: 15.04.2009 00:30:00	Sheet: 1/1
REV:	

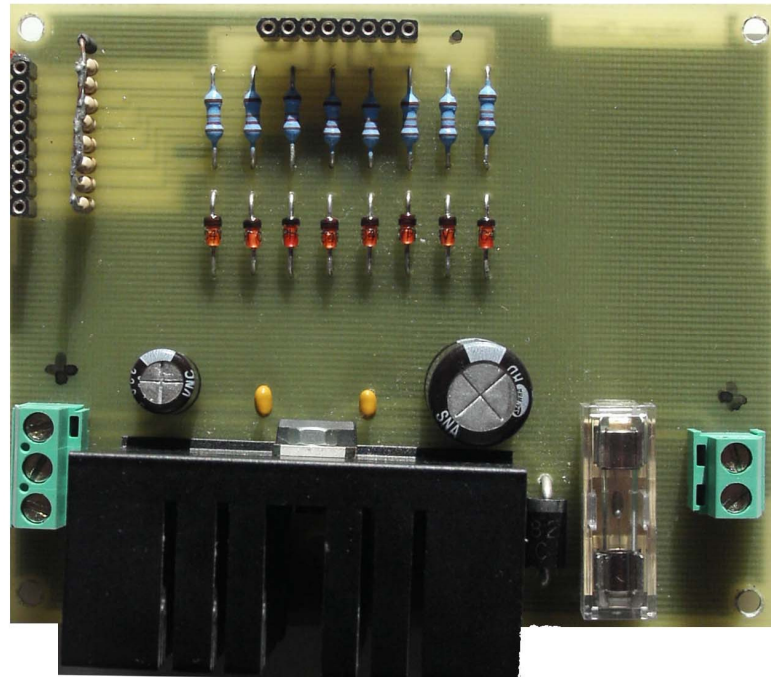
**PŘÍLOHA P XV: NÁVRH DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ VSTUPNÍHO
OBVODU**



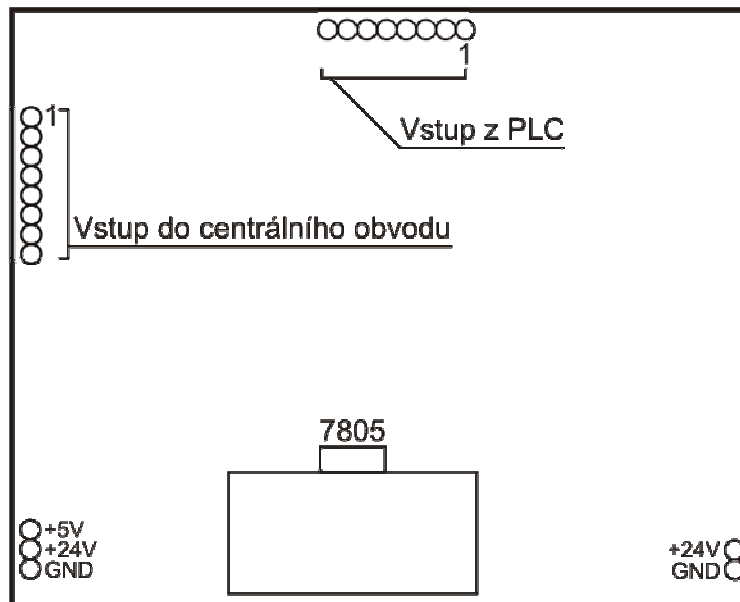
PŘÍLOHA P XVI: OSAZOVACÍ PLÁN VSTUPNÍHO OBVODU



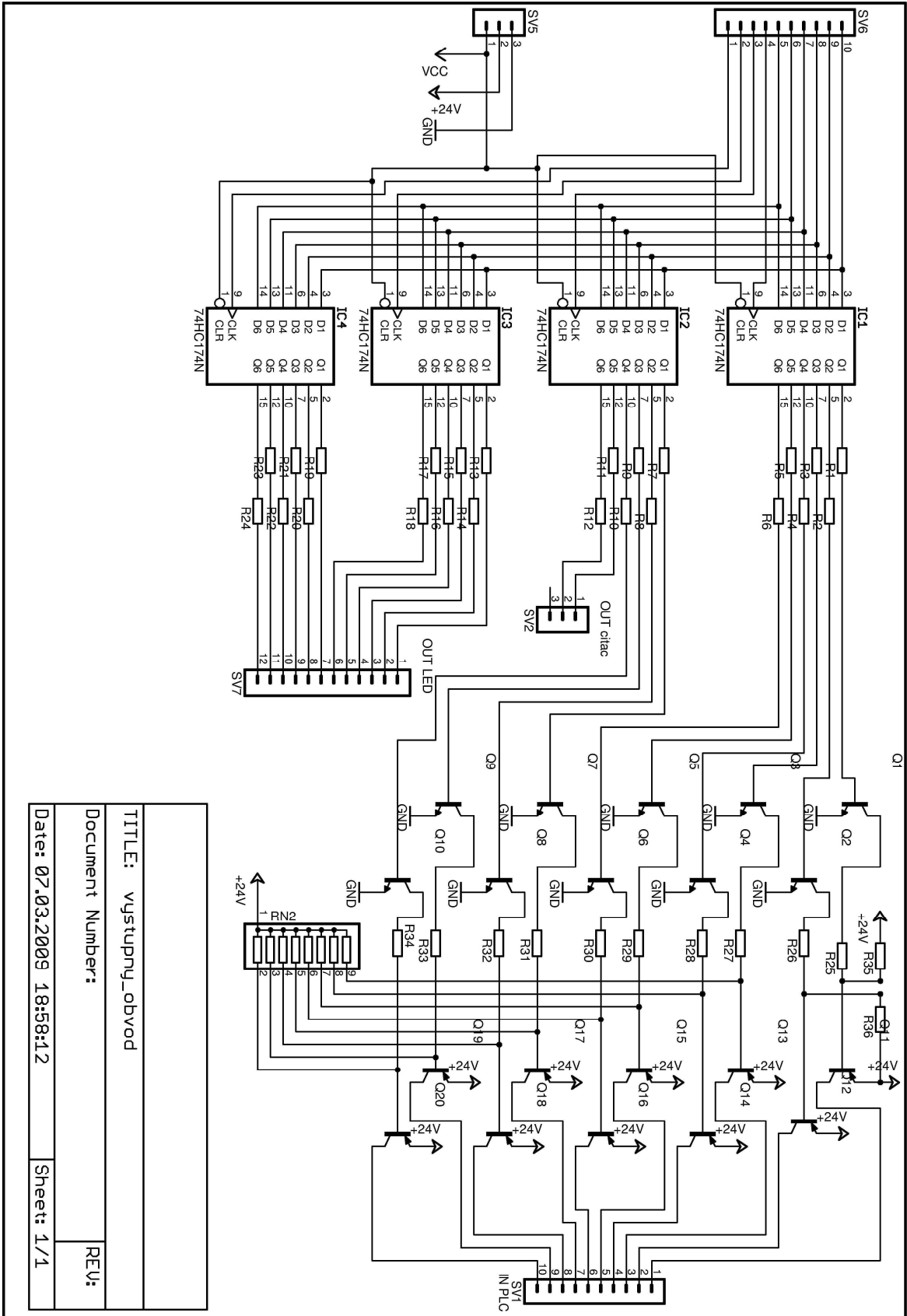
PŘÍLOHA P XVII: OBRÁZEK DESKY VSTUPNÍHO OBVODU



PŘÍLOHA P XVIII: ROZLOŽENÍ PROPOJOVACÍCH PINŮ VSTUPNÍHO OBVODU

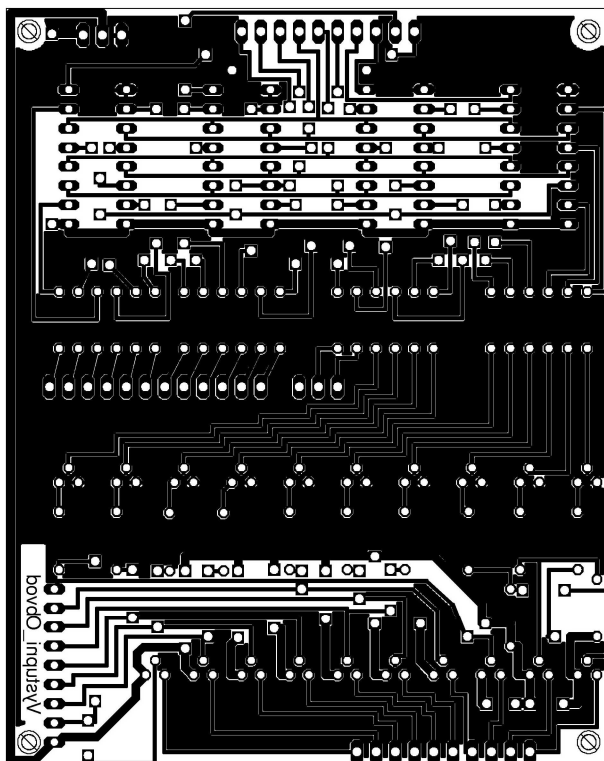


PŘÍLOHA P XIX: SCHÉMA DESKY S PLOŠNÝMI SPOJI VÝSTUPNÍHO OBVODU

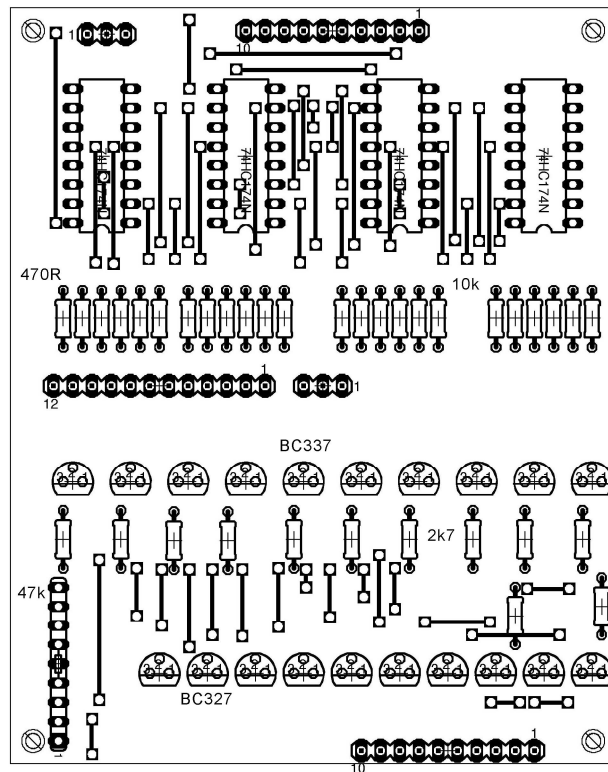


TITLE: vystupny_obvod	
Document Number:	
Date: 07.03.2009 18:58:12	Sheet: 1/1
REV:	

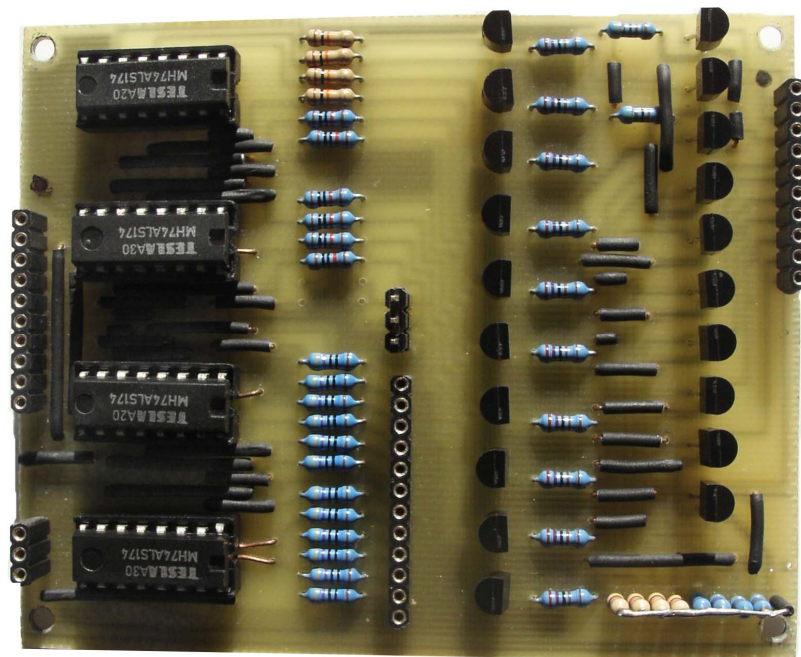
PŘÍLOHA P XX: NÁVRH DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ VÝSTUPNÍHO OBVODU



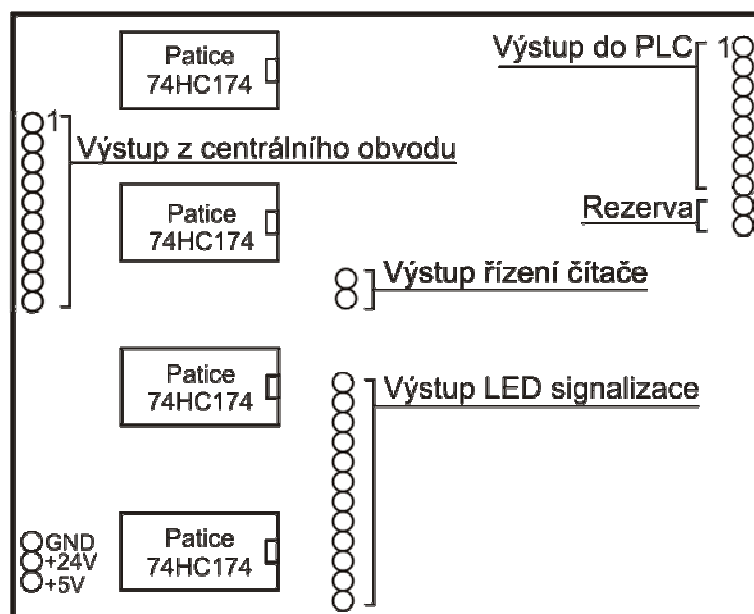
PŘÍLOHA P XXI: OSAZOVACÍ PLÁN VÝSTUPNÍHO OBVODU



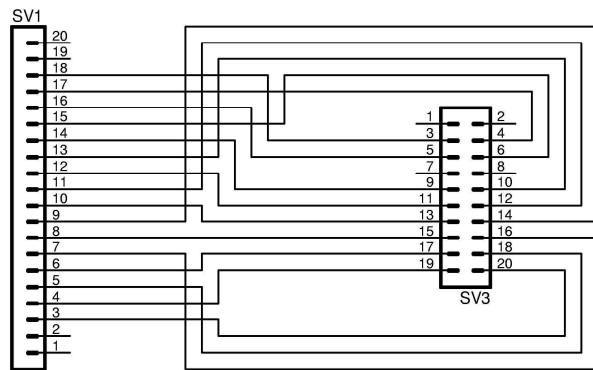
PŘÍLOHA P XXII: OBRÁZEK DESKY VÝSTUPNÍHO OBVODU



PŘÍLOHA P XXIII: ROZLOŽENÍ PROPOJOVACÍCH PINŮ VÝSTUPNÍHO OBVODU

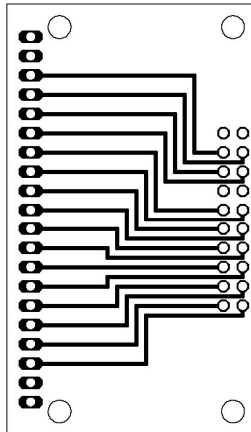


PŘÍLOHA P XXIV: SCHÉMA DESKY S PLOŠNÝMI SPOJI OBVODU PROPOJENÍ MCU A PLC



TITLE: propojeni_PLC_MCU	
Document Number:	
Date: 07.04.2009 10:55:45	Sheet: 1/1
REV:	

**PŘÍLOHA P XXV: NÁVRH DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ OBVODU
PROPOJENÍ MCU A PLC**



PŘÍLOHA P XXVI: OBRÁZEK DESKY ČÍTAČE PULZŮ

