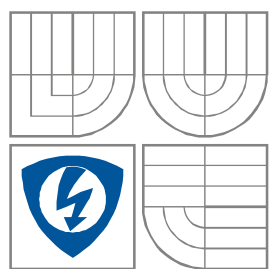


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

ŘÍZENÍ CNC FRÉZKY

CONTROL OF CNC MILL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

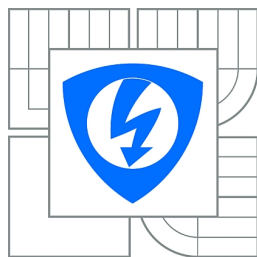
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN CEDRYCH

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ MACHO, Ph.D.

BRNO 2011



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Automatizační a měřicí technika

Student: Jan Cedrych

Ročník: 3

ID: 115159

Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Řízení CNC frézky

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Seznamte se s problematikou řízení CNC frézky Maho MH500 a rozeberte možnosti modernizace řídicího systému frézky.
2. Zvolte vhodnou koncepci modernizovaného řídicího systému a nakreslete jeho blokové schéma. Doplňte chybějící části dokumentace a nakreslete celkové schéma elektrického zapojení stroje.
3. Navrhněte potřebný interface pro připojení stroje k řídicímu systému a proveďte výpočet hodnot jednotlivých součástek. Uvažujte galvanické oddělení vstupů a výstupů.
4. Vytvořte program pro řízení řazení převodovky vřetene. Program odlaďte.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] FROHN, Manfred - OBERTHÜR, Wolfgang - SIEDLER, Hans-Jobst - WIEMER Manfred - ZASTROW, Peter. Elektronika - polovodičové součástky a základní zapojení. Praha: BEN 2006. 500 s. ISBN 80-7300-123-3.

Termín zadání: 7.2.2011

Termín odevzdání: 30.5.2011

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Macho, Ph.D.

prof. Ing. Pavel Jura, CSc.
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

V práci jsou rozebrány možnosti modernizace řídicího systému frézky MAHO MH 500 C s přihlédnutím k současnému stavu stroje, k předpokládanému využití a k finančním možnostem. Práce se dále zabývá propojením stávajícího elektrického vybavení stroje s novým řídicím systémem. Navržená koncepce umožňuje plynulé obrábění ve třech osách a pozicování otočného stolu.

Klíčová slova

CNC, MAHO, Philips 432, retrofit, řídicí systém

Abstract

In this thesis is discussed the possibility of upgrading the control system of mill MAHO MH 500 C with regard to current condition of the machine, planned use and owner financial capacity. The thesis also deals about connecting existing electrical equipment with a new control system. The proposed design allows simultaneous machining in three axes and positioning rotary table.

Keywords

CNC, MAHO, Philips 432, retrofit, control system

Bibliografická citace:

CEDRYCH, J. *Řízení CNC frézky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 43 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Tomáš Macho, Ph.D.

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Řízení CNC frézky jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne: **30. května 2011**

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Tomáši Machovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat společnosti C.B.G. Impex s.r.o. za zapůjčené vybavení.

V Brně dne: **30. května 2011**

.....
podpis autora

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Stávající elektrické vybavení stroje.....	9
2.1	Řídicí systém Philips 432 CNC	9
2.2	Pohony posuvů	10
2.3	Pohon vřetena	12
2.4	Koncové a havarijní snímače	15
2.5	Chlazení a výměna nástroje	15
2.6	Odměřování polohy	15
2.7	Blokové schéma zapojení	16
3	Modernizace řídicího systému.....	17
3.1	Enhanced Machine Controller	17
3.1.1	Přednosti EMC2	18
3.1.2	Hardware Abstraction Layer	18
4	Interface pro připojení stroje	19
4.1	Výběr zařízení.....	19
4.2	Vstupy odměřování a analogové výstupy	19
4.3	Digitální vstupy a výstupy	20
4.4	Návrh rozšiřujících karet	20
4.4.1	Návrh výstupní karty	20
4.4.2	Návrh vstupní karty	22
4.4.3	Firmware	23
4.4.4	Ovladač.....	26
5	Zapojení Frézky s novým řídicím systémem.....	28
5.1	Blokové schéma Zapojení.....	28
5.2	Návrh celkového zapojení	29
6	Řazení vřetena	30
6.1	Požadavky na Řazení	30
6.2	Popis řadící komponenty MAHO_GEAR	30
6.3	Testování komponenty.....	31
7	Závěr.....	32
8	Seznam použité literatury	33
9	Seznam příloh.....	34

1 ÚVOD

Cílem práce je navrhnout náhradu nefunkčního řídicího systému Philips 432 CNC instalovaném na frézce MAHO MH 500 C, tak aby mohlo být zachováno co nejvíce ze stávající elektrické výbavy stroje. Protože se nepředpokládá využití tohoto obráběcího stroje v komerční oblasti, ale pouze jako prostředku pro seznámení s problematikou programování CNC strojů, hraje důležitou roli cena navrženého systému.

V první části je stručně popsána elektrická výbava stroje, jsou tak zmapovány signály potřebné pro řízení frézky.

Druhá část se zabývá důvody které vedly k výměně řídicího systému. Jsou zde také uvedeny argumenty proč nebyl vybrán komerční řídicí systém. Dále je zde proveden návrh propojení nového řídicího systému se strojem.

Třetí část práce pojednává o potřebném interface k propojení se strojem a návrhu rozšiřujících karet digitálních vstupů a výstupů

V poslední části je popsán návrh programu ovládající řazení převodovky stroje.

2 STÁVAJÍCÍ ELEKTRICKÉ VYBAVENÍ STROJE

2.1 Řídicí systém Philips 432 CNC

CNC frézka MAHO MH 500 C (dále jen frézka) byla vyrobena v roce 1985 a její výbava odpovídá možnostem tehdejšího průmyslu. Na frézce je instalován řídicí systém Philips 432 CNC, který se skládá z modulu napájecího zdroje, video karty, procesorové karty, paměťové karty, karty digitálních vstupů a výstupů, dvou karet řízení pohonu posuvů, karty pro řízení vřetena a karty obsluhy ovládacího panelu. Všechny části jsou umístěny v 19" subrack modulu. Pro připojení k frézce jsou na kartách použity konektory canon.

Modul napájecího zdroje

Slouží k napájení celého řídicího systému. Na předním panelu se nacházejí svorky síťového přívodu, svorky pro připojení záložního akumulátoru, přepínač umožňující zvolit velikost síťového napětí. Záložní akumulátor slouží k napájení paměťové karty při odpojení síťového napětí. Výstupní napětí zdroje jsou přivedeny na backplane, ke kterému jsou připojeny i ostatní karty.

Video karta

Vytváří signál pro černobílou CRT obrazovku řídicího systému. Výstup na obrazovku je pouze textový, tato verze systému tedy nepodporuje grafický náhled obráběcího programu.

Procesorová a paměťová karta

Procesorová karta je osazena procesorem Intel 8088, který obstarává řízení celého systému. Na kartě se dále nachází modul sériové linky. Řídicí systém se takto dá propojit s osobním počítačem a přenášet obráběcí program. Paměťová karta rozšiřuje 16 KB RAM umístěných na procesorové desce o dalších 64 KB.

Karta digitálních vstupů a výstupů

Tato karta disponuje čtyřiceti digitálními vstupy a čtyřiceti digitálními výstupy. Výstupy jsou řešeny se společným kladným pólem (PNP výstup), vstupy se společným záporným pólem. Vstupní i výstupní části jsou od řídicího systému galvanicky odděleny pomocí optočlenů. Vstupy a výstupy této karty jsou konstruovány na napětí 24 V DC, které je v průmyslu běžně používáno.

Karty řízení pohonů

Řízení pohonů jednotlivých posuvů frézky je prováděno pomocí analogového signálu -10 V až +10 V. Stejným způsobem je řízen motor vřetena. Tento signál je generován v řídicích kartách pomocí D/A převodníku a představuje žádanou rychlost otáčení motoru. Snímání polohy posuvů je řešeno pomocí lineárních inkrementálních odměřovacích pravítek namontovaných na jednotlivých posuvech stroje. K odměřování natočení otočného stolu slouží inkrementální rotační enkodér. Lineární i rotační snímače disponují stejným, kvadrurním výstupem. Kvadrurní signály A, B jsou v řídicí kartě vyhodnoceny a převedeny na informaci o poloze. Řídicí systém obsahuje tři tyto karty, každá z nich disponuje dvěma analogovými výstupy a dvěma vstupy enkodéru.

2.2 Pohony posuvů

Jsou realizovány pomocí stejnosměrných komutátorových motorů buzených permanentními magnety a tyristorových řízených usměrňovačů. Tohoto řešení se u moderních obráběcích strojů delší dobu nepoužívá. Komutátorové motory v této oblasti nahradily synchronní motory s permanentními magnety na rotoru, které při stejných výstupních otáčkách a momentu vycházejí menší a lehčí. Malý moment setrvačnosti rotoru, v porovnání s komutátorovým motorem, umožňuje vysokou dynamiku pohonu. Další výhodou je absence komutátoru a kartáčů, motor je tedy téměř bezúdržbový. Cena těchto pohonů je však relativně vysoká. Vybavení stroje těmito pohony ve všech čtyřech osách by znamenalo investici pohybující se v řádu šedesáti tisíc korun. S přihlédnutím k dobrému stavu komutátorů a kartáčů u současných motorů, nákladnosti investice v případě nových pohonů, bylo rozhodnuto ponechat na stroji pohony stávající.

Pro pohon posuvů v osách X, Y a pro pohon otočného stolu jsou použity motory Indramat MDC 10.20C. Jeho parametry jsou uvedeny v Tab. 2.1.

Tab. 2.1 Parametry motoru MDC 10.20C

Parametr	Označení	Hodnota
Momentová konstanta motoru	K_M	0,47 Nm/A
Jmenovitý proud	I_{ef}	13 A
Špičkový proud	I_p	100 A
Maximální napětí	U_{max}	170 V
Maximální otáčky	n_{max}	2000 ot/min
Napět'ová konstanta tachodynamu	K_{TD}	0,317 Vs/rad

Polohování v ose Z zajišťuje motor, s větším kroutícím momentem, Indramat MDC 10.40F, parametry viz Tab. 2.2. Na motoru je namontovaná elektromagnetická brzda, která zajistí hřídel motoru při vypnutém napájení. Je tak zabráněno samovolnému sjíždění posuvu vlivem tíhové síly.

Tab. 2.2 Parametry motoru MDC 10. 40F

Parametr	Označení	Hodnota
Momentová konstanta motoru	K_M	0,47 Nm/A
Jmenovitý proud	I_{ef}	20 A
Špičkový proud	I_p	200 A
Maximální napětí	U_{max}	170 V
Maximální otáčky	n_{max}	2000 ot/min
Napěťová konstanta tachodynamu	K_{TD}	0,317 Vs/rad
Napětí brzdy	U_B	24 V
Brzdňý moment	M_B	5 Nm

Oba dva typy motorů obsahují kontakt, který je při přehřátí motoru rozepnut. Stav kontaktu je vyhodnocován bezpečnostním a také sledován řídicím systémem.

Motory jsou řízeny dvoupulsními usměrňovači Indramat 3TRM2 a 1TRM2. Usměrňovač 3TRM2 obsahuje tři stejné řídicí a výkonové části, mohou k němu být připojeny až tři motory. Usměrňovač 1TRM2 obsahuje pouze jednu výkonovou a řídicí část.

Řídicí část se skládá z PI regulátoru rychlosti a omezovače proudu motorem. Nastavení regulátoru a omezovače je provedeno přídatným TSS modulem, který je volen na základě použitého motoru. Ve stávající konfiguraci odpovídá vstupní napětí ± 10 V, přivedené na vstupní svorky regulátoru, maximálním otáčkám motoru, tedy ± 2000 ot/min. Údaj o aktuální rychlosti motoru je získán z napětí generovaném tachodynamem.

V Tab. 2.3 je uveden přehled signálů, jimiž se činnost usměrňovače ovládá. Usměrňovač nemá žádné signalizační výstupy, aby řídicímu systému hlásil svůj stav. Případný výpadek usměrňovače se projeví ztrátou polohy posuvu, tu řídicí systém vyhodnotí a zastaví chod stroje. Digitální vstupy jsou ovládány napětím 24 V DC.

Tab. 2.3 Svorky řízených usměrňovačů Indramat

Popis	Svorka	Typ vstupu
Povolení činnosti regulátoru	RF	digitální
Povolení chodu motoru vpřed	JF	digitální
Povolení chodu motoru vzad	JR	digitální
Digitální zem	0V _L	-
Žádaná rychlost	E1	analogový -10 V až +10 V
Analogová zem	0V _M	-

Protože není potřeba blokovat některý ze směru chodu motoru, je na svorky RF, JF a JR přiváděn stejný signál, který povoluje chod celého pohonu.

Na vstupní analogové svorky není signál z řídicího systému přiváděn přímo, ale je přiveden na diferenciální zesilovač, je tak odstraněno případné rušení.

2.3 Pohon vřetena

Pohon vřetena zajišťuje stejnosměrný komutátorový cize buzený motor Siemens GF3105 spolu s šestipulsním řízeným usměrňovačem Simoreg od téže firmy. Toto řešení je podobně jako v případě pohonu posuvů zastaralé. Dnes by byl na tomto místě pravděpodobně nasazen asynchronní motor s frekvenčním měničem. Po zevrubné kontrole stávajícího pohonu byla zjištěna nutnost výměny všech ložisek motoru. To se týkalo i ložisek v přídatném ventilátoru. Po jejich výměně vykazuje motor klidný chod i při maximálních otáčkách, není tedy nutné nasazovat pohon nový.

Tab. 2.4 Parametry motoru Siemens GF3105

Parametr	Označení	Hodnota
Napětí kotvy	U _K	60 -380 V
Jmenovitý proud kotvy	I _K	13 A
Maximální výkon	P _{max}	3,3 kW
Maximální otáčky	n _{max}	5000 ot/min
Budící napětí	U _B	170 V
Budící proud	I _B	0,2 – 0,7 A
Napěťová konstanta tachodynamy	K _{TD}	20 mV × min

Usměrňovač obsahuje regulátor rychlosti, podřízené regulátory proudu budícím vinutím a kotvou motoru, výkonové části. Dále je zde část obstarávající signalizaci stavu celého usměrňovače. Přehled signálů nutných k řízení pohonu obsahují Tab. 2.5 a Tab. 2.6. Digitální vstupy jsou ovládány stejně jako v minulém případě napětím 24 V DC. Jako výstupy jsou použity releové kontakty, sepnuté v aktivním stavu.

Tab. 2.5 Vstupní svorky usměrňovače Simoreg 6RA2620-6DV51-D

Popis	Svorka	Typ vstupu
Povolení činnosti	64	digitální
Nouzové zastavení (negovaný vstup)	80	digitální
Digitální zem	7	-
Žádaná rychlost	56	analogový -10 V až +10V
Analogová zem	14	-

Tab. 2.6 Výstupní svorky usměrňovače Simoreg 6RA2620-6DV51-D

Popis	Svorka	Typ výstupu
Otáčky aktuální = žádané	126-127	relé
Překročeno max. zatížení pohonu	108-110	relé
Žádané otáčky < minimální	114-115	relé
Chod usměrňovače v pořádku	72-73	relé

Součástí pohonu vřetena je i dvourychlostní převodovka s předlohou. Díky ní je zajištěn potřebný rozsah otáček a momentů na vřetenu. Řazení převodů je prováděno pomocí malých řadicích elektromotorků. Ty přes sadu převodů otáčejí řadící hřídeli, dokud hřídel nedosáhne požadované polohy. V případě převodovky to jsou pouze dvě krajní polohy, zařazen první nebo druhý stupeň. V případě předlohy je ještě nutné zajistit nájezd na polohu prostřední – vyřazeno.



Obr. 2.1 Systém řazení

Sledování polohy řadících hřídelí je zajištěno systémem váček a spínacích kontaktů. Podle aktuální kombinace sepnutých kontaktů je řídicí systém schopen rozlišit v jakém stavu se převodovka nachází. Kombinace kontaktů převodovky jsou uvedeny v Tab. 2.7, pro předlohu platí Tab. 2.8. Neuvedené kombinace nemohou díky použité konstrukci nastat.

Tab. 2.7 Zjištění stavu převodovky

Kontakt		Stav
S6	S7	
rozepnut	sepnut	První stupeň
rozepnut	rozepnut	Mezipoloha
sepnut	rozepnut	Druhý stupeň

Tab. 2.8 Zjištění stavu předlohy

Kontakt				Stav
S5	S3	S2	S1	
sepnut	rozepnut	rozepnut	sepnut	Předloha zařazena
sepnut	rozepnut	rozepnut	rozepnut	Mezipoloha zařazeno – neutrál
sepnut	sepnut	rozepnut	rozepnut	Vyřazeno
rozepnut	sepnut	rozepnut	rozepnut	Vyřazeno
rozepnut	rozepnut	rozepnut	rozepnut	Mezipoloha vyřazeno – neutrál
rozepnut	rozepnut	sepnut	rozepnut	Předloha vyřazena

Řadící motorek převodovky je ovládán pomocí relé. Jedno slouží k určení směru otáčení a druhé ho připíná k napájecímu napětí. U předlohy je nutné při řazení neutrální polohy motorek rychle zastavit, aby setrvačností nepřešel střední polohu. K tomu slouží relé, které k motorku připne brzdicí rezistor. Ovládání tohoto relé zajišťuje kontakt S4, který je sepnut pouze při nájezdu na kontakt S3.

2.4 Koncové a havarijní snímače

Na každém lineárním posuvu stroje je namontován koncový a havarijní spínač. Rozepnutí koncového spínače detekuje řídicí systém a kontrolovaně zastaví stroj. Tyto spínače jsou také využity pro nájezd na nulový bod stroje. Po najetí na havarijní spínač jsou veškeré pohony odpojeny od napájení, toho je dosaženo bez účasti řídicího systému pomocí bezpečnostního okruhu. Tím je zajištěno zastavení i v případě chyby řídicího systému. Nájezd na havarijní spínač by tedy v běžném provozu vůbec neměl nastat - je zastaveno už na spínači koncovém, pokud však k tomuto dojde, obsluha musí ručně odjed z havarijního spínače, aby bylo možné stroj znovu spustit.

Otočný stůl žádné koncové ani havarijní spínače nepotřebuje, může se otáčet stále dokola. Nulová pozice je určena pomocí signálu Index generovaném v rotačního enkodéru jednou za otáčku. Tento signál se vyhodnocuje spolu s ostatními signály z enkodéru v kartě řízení posuvů.

2.5 Chlazení a výměna nástroje

Chladicí emulze používaná při obrábění je čerpána z nádoby pod strojem. Pohon čerpadla zajišťuje asynchronní motor, který je ovládán z řídicího systému pomocí stykače.

Nástrojový držák, ve kterém je upnut nástroj, je ve vřetenu držen pomocí sady přítlačných pružin silou 10 kN, při výměně nástroje je nutné sílu pružin překonat, aby došlo k uvolnění nástrojového držáku. Frézka je vybavena hydraulickým systémem, který uvolnění držáku zajistí. To nastane po sepnutí hydraulického ventilu. Výměnu nástroje zajišťuje obsluha, ta musí vložení nového nástroje potvrdit pomocí tlačítka na ovládacím panelu.

2.6 Odměřování polohy

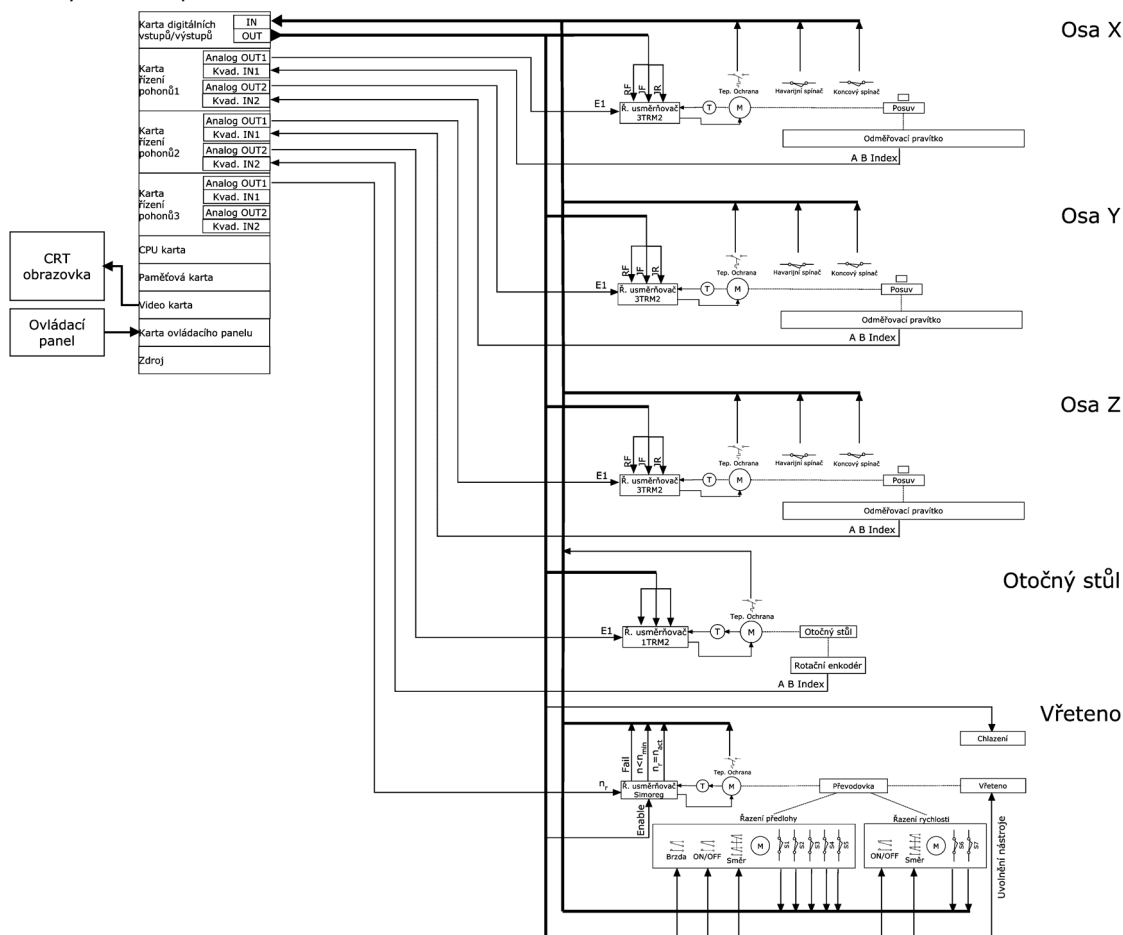
Odměřování polohy otočného stolu zajišťuje inkrementální rotační enkodér ROD 270 od firmy Haidenhain. Uhlové rozlišení enkodéru je $\alpha = 1 \times 10^{-3}^\circ$. Enkodér je přímo namontován na rotační osu otočného stolu. Veškeré parametry a zapojení konektoru lze nalézt v [8] .

Parametry odměřovacích pravítek Philips PE2480 se z důvodu nedostupnosti katalogových listů nepodařilo zjistit. Zapojení konektoru je však stejné jako v případě enkodéru. Jsou zde tedy také použity signály A, B, Index. Rozlišení pravítek bylo experimentálně změřeno s výsledkem $r = 5 \times 10^{-5}$ inch.

2.7 Blokové schéma zapojení

Na Obr. 2.2 je blokově zachyceno propojení systému Philips 432 CNC s frézku před modernizací. Jsou zde vyznačeny pouze nejdůležitější signály nutné pro řízení stroje.

Řídicí systém Philips 432



Obr. 2.2 Blokové schéma zapojení zachycující stav před modernizací

3 MODERNIZACE ŘÍDÍCIHO SYSTÉMU

Řídicí systém je v současné době nefunkční. Předcházející majitel nechal stroj dlouhodobě odpojený od elektrické sítě a po vybití záložního akumulátoru došlo ke ztrátě strojních konstant. Dalším problémem je omezení velikosti obráběcího programu velikostí instalované operační paměti. To nepředstavuje problém u krátkých programů využívajících pevných obráběcích cyklů. Pokud však chceme obrábět tvarovou plochu dle obráběcího programu vytvořeném v CAM systému, kde jsou dráhy nástroje složeny z velkého množství úseček a oblouků, představuje takové omezení problém. Další nepříjemností je rychlost přenos programů do řídicího systému. To byl jeden z důvodů proč původní majitel stroj téměř nepoužíval, vytvořit a nahrát do stroje program bylo mnohdy zdouhavější než výroba na konvenčních strojích, což se při kusové výrobě nevyplatí.

Cena, navržená servisní firmou za opravu systému a modernizaci v podobě výměny procesorové a paměťové karty za novější model, byla v porovnání s hodnotou stroje vysoká, převyšovala i ceny některých nových řídicích systémů. Tato skutečnost vedla k rozhodnutí řídicí systém nahradit.

Při výběru nového řídicího systému byla hlavním kritériem možnost ponechat stávající vybavení stroje a pouze vyměnit řídicí systém. Druhým kritériem byla cena systému.

Z cenových důvodů, do kterých je zahrnuta i cena případných servisních prací, byly z výběru vyřazeny řídicí systémy renomovaných výrobců. Naopak výrobci jednoduchých a levných systému vybavují své výrobky často pouze řízením pro krokové motory pomocí signálů krok a směr, které jsou pro přímé řízení servopohonu s analogovým rychlostním vstupem nepoužitelné.

Nejlépe požadavkům vyhověl Enhanced Machine Controller. Nejedná se sice o kompletní řídicí systém, ale pouze o softwarovou část, protože je však k dispozici zdarma i s obsáhlou dokumentací a náklady na zakoupení potřebného hardware pravděpodobně nepřesáhnou 15 000 Kč, jedná se o nejlevnější variantu. Dalším důvodem jeho výběru je možnost řídit servopohony i krokové motory. Dostupnost a možnost úprav zdrojového kódu jsou také výhodou.

3.1 Enhanced Machine Controller

Je softwarový balík určený k řízení obráběcích, řezacích, pálicích strojů, popřípadě robotických manipulátorů pomocí běžného PC. V současnosti je vydána již druhá verze ve zkratce označována EMC2, která je distribuována pod General Public License. EMC2 potřebuje ke svému běhu operační systém Linux s real-time rozšířením jádra. Návod na instalaci je uveden na stránkách projektu [12] Pro začínajícího uživatele je

připravena schůdnější varianta, Linuxová Live CD distribuce Ubuntu s RTAI rozšířením jádra a zkompilevaným EMC2 balíkem.

Tento systém se stal součástí mnoha hobby CNC zařízení, ale také průmyslových projektů. Například firma SMITHY používá real-time část EMC2 jako základ svého systému Ez-Trol.

3.1.1 Přednosti EMC2

Oproti současnému řídicímu systému Philips 432 dokáže EMC2 zpracovávat obráběcí program prakticky neomezeně dlouhý. Obsahuje funkci Look ahead, kdy dopředu načítá bloky programu a dovoluje uživateli zvolit způsob jakým budou na sebe jednotlivé dráhy nástroje navazovat. Tyto dvě vlastnosti ho předurčují pro obrábění tvarových součástí.

Systém využívá možností operačního systému Linux, umožňuje tedy přenos obráběcího programu prostřednictvím sítě, užití flash disku, CD mechaniky. Lze také využít některého z průvodců pro tvorbu obráběcího programu.

3.1.2 Hardware Abstraction Layer

Byla vytvořena vývojáři EMC2 pro snadné připojení a konfiguraci mnoha rozdílných hardwarových zařízení, její možnosti jsou nyní mnohem širší. Do HAL lze nahrát komponentu, která při inicializaci vyexportuje sadu pinů a parametrů. Piny jednotlivých komponent lze propojovat pomocí signálů a vytvářet tak potřebnou konfiguraci. Parametry slouží k nastavení a monitorování stavu komponenty. Při inicializaci HAL jsou vytvořeny vlákna, seznamy funkcí, které jsou spouštěny s nastavenou periodou. Pro chod real-time komponenty je nutné její funkce přidat do těchto vláken.

Dalším druhem jsou user-space komponenty, u nichž není zaručena maximální doba odezvy a běží jako běžná aplikace v operačním systému.

K dispozici jsou komponenty provádějící jednoduché funkce např. logický součin, komponenty zajišťující chod hardwarových zařízení (ovladače), mezi složitější lze zařadit komponentu vytvářející PLC automat. Samotný Motion controller, který zajišťuje plánování trajektorie a generuje signály pro pohony, je také komponentou v HAL. Přehled dostupných komponent lze nalézt v [9]

Díky této vrstvě je EMC2 velice flexibilní a lze vytvořit konfiguraci namíru pro daný stroj. Pro ladění konfigurace je k dispozici Halmeter a Halscope zobrazující stav vybrané položky v HAL. Detailní popis vrstvy a postup pro tvorbu vlastní komponenty obsahuje příručka [7]

4 INTERFACE PRO PŘIPOJENÍ STROJE

4.1 Výběr zařízení

Pro běh EMC2 byla vybrána PC sestava umístěná ve skříni umožňující montáž do 19" racku, aby jí bylo možné umístit do prostoru namísto stávajícího řídicího systému.

Testovací sestava:

- Zdroj: Fortron ATX-300PNR
- Case: Eurocase IPC 4U-500
- Základní deska: Intel BLKD945GSEJT
- Operační paměť: OCZ 2GB DDR2 667 SO-DIMM
- HDD: Transcend Compact Flash 4GB + redukce z 2.5" ATA (Female) na CF (CompactFlash)

EMC2 nabízí více možností jak fyzicky připojit stroj. V tomto případě, kdy jsou nutné analogové výstupy a větší množství digitálních vstupů a výstupů, se z podporovaných zařízení jeví jako nejvýhodnější PCI karta s označením 5I20 vyráběná firmou Mesa Electronics. Jádrem karty je programovatelné hradlové pole Spartan II, jehož 72 vstupně výstupních vývodů (TTL kompatibilní) je k dispozici na třech konektorech. Je dále na uživateli, co k těmto konektorům připojí. FPGA je programováno z počítače prostřednictvím obvodu PLX9030, tento bridge také zajišťuje komunikaci mezi FPGA a PCI sběrnici. Výrobce ke kartě dodává balíček demonstračního software usnadňující tvorbu vlastního projektu.

4.2 Vstupy odměřování a analogové výstupy

Firma Mesa Electronics ke svým PCI kartám vyrábí také řadu dceřiných desek sloužících k úpravě signálů. Pro řešení problému s připojením rotačního enkodéru, tří lineárních odměřovacích pravítek s kvadraturním výstupem a potřeby pěti analogových výstupů připadá v úvahu deska 7I48. Ta disponuje šesti analogovými výstupy v rozsahu ± 10 V a šesti vstupy pro připojení odměřování s kvadraturním výstupem, u každého z nich si uživatel může zvolit zda je typu TTL nebo RS-422. V tomto případě budou všechny nastaveny na typ RS-422.

Analogový signál je získáván filtrací PWM signálu generovaným hradlovým polem na PCI kartě. Ke každému analogovému výstupu přísluší dva digitální vstupy označované jako PWM+ a PWM-, podle toho na který je přiváděn signál, taková je polarita výstupního napětí.

K odměřovacím vstupům lze připojit signály A, B, Index od odměřovacích jednotek. To je v případě šesti vstupů celkem 18 signálů. Aby bylo možné 7148 připojit k PCI kartě pomocí jednoho konektoru, jsou signály multiplexovány. Generování PWM signálu a vyhodnocování vstupů je prováděno až hradlovém poli PCI karty.

4.3 Digitální vstupy a výstupy

Pro připojení průmyslových digitálních vstupů a výstupů vyrábí Mesa Electronics kartu 7137, která obsahuje 16 vstupů a 8 výstupů, které jsou od PCI karty galvanicky odděleny. Avšak ani dvě tyto karty by nezajistily potřebný počet vstupů a výstupů. Přidání třetí by znamenalo zakoupit PCI kartu 96 vstupně-výstupními vývody. Protože cena této karty je značně vyšší, při případné připojení vyměníku nástrojů a ovládacího panelu by dostupný počet vstupů nedostačoval, bylo rozhodnuto využít možnosti hradlového pole a připojit k němu vstupní a výstupní rozšiřující kartu vlastního návrhu.

4.4 Návrh rozšiřujících karet

Před samotným návrhem bylo nutné zvolit druh komunikace mezi rozšiřující kartou a hradlovým polem. Nakonec byl zvolen systém osmibitové třístavové sběrnice, šestibitové adresové sběrnice a signálů read, write s negativní logikou. Šestibitová adresa zajistí adresový rozsah 64 bytů, tedy až 512 vstupních i výstupních digitálních linek. Rozšiřující karta pak musí obsahovat dekodér adresy a sadu záchytných registrů.

4.4.1 Návrh výstupní karty

Na samotnou výstupní kartu byly kladeny tyto požadavky:

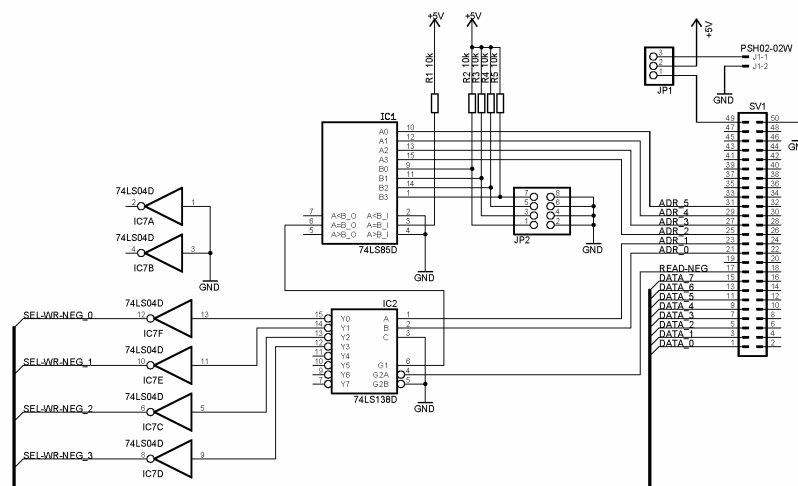
- 32 výstupů se společným plus pólem (PNP výstup)
- maximální spínané napětí 30 V
- maximální výstupní proud 500 mA
- izolační napětí 250 V mezi logickými a výstupními obvody
- Každý výstup by dále měl obsahovat alespoň jednoduché proudové omezení, aby nedošlo k poškození karty při náhodném zkratu.

Dekodér adres je vyřešen pomocí obvodů IC1 74LS85 a IC2 74LS138 a konektoru JP2, který slouží k volbě adresy celé karty. Obvod 74LS85 je komparátor, který porovnává čtyři významově nejvyšší bity na adresové sběrnici s adresou rozšiřující desky nastavenou pomocí propojek na konektoru JP2, pokud se shodují je výstup A=B nastaven do logické hodnoty 1. Prostřednictvím obvodu dekodéru 74LS138 je vybrán konkrétní registr na kartě, jehož adresa je dána zbývajících dvěma bity adresové sběrnice. Zapsání aktuálního stavu datové sběrnice do registru je pak provedeno při

sestupné hraně signálu write. Pull-up rezistory R1 až R5 byly s ohledem na vstupní napěťové úrovně a vstupní proudy voleny takto:

$$R1 \text{ až } R5 \leq \frac{U_{CC} - U_{OH}}{I_{IH}} = \frac{5 - 2,4}{40 \times 10^{-6}} \leq 65 \text{ k}\Omega$$

Hodnota rezistorů 10 kΩ spolehlivě zajistí udržení vstupu ve stavu log. 1.



Obr. 4.1 Adresový dekódér

Uchování stavu výstupů, mezi jednotlivými zápisy, obstarávají obvody IC3 až IC6 typu 74LS374. Zápis do registru probíhá v okamžiku nástupné hrany na vstupu CLK. Za těmito registry následuje galvanické oddělení prostřednictvím sady optočlenů typu PC817. Protože jsou všechny výstupní části stejné, bude popsána pouze první z nich. Omezení proudu diodou optočlenu zajišťuje rezistor R7, jehož hodnota je pro volený proud $I_F = 10 \text{ mA}$ a napětí diody $U_F = 1,4 \text{ V}$ udávaného v [10] vypočtena dle následujícího vztahu (za $\rightarrow$ je uvedena použitá hodnota z řady E12):

$$R7 = \frac{U_{CC} - U_D}{I_F} = \frac{5 - 1,4}{0,01} = 360 \Omega \rightarrow 330 \Omega$$

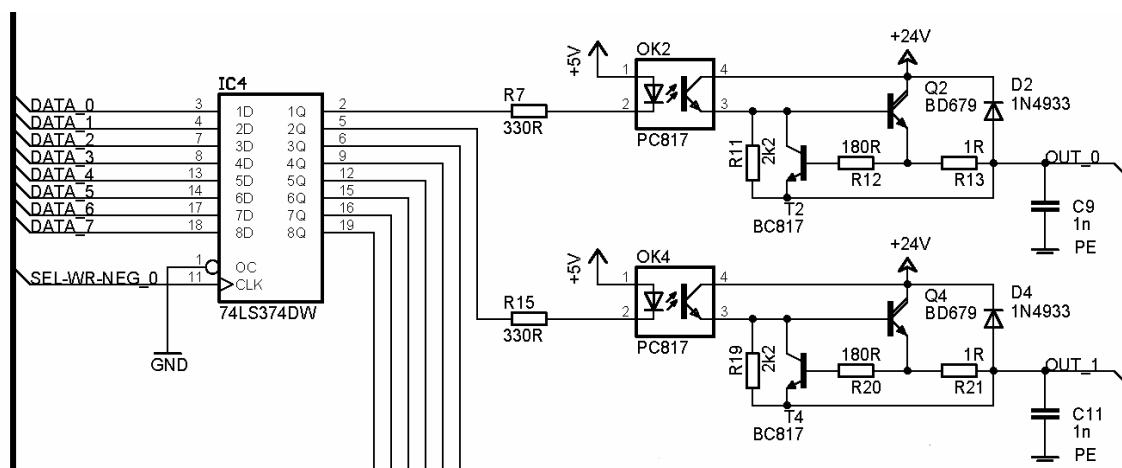
Jako nejvhodnější výstupní výkonový spínací prvek se v této aplikaci jeví tzv. Smart-MOSFET. Jedná se o MOSFET tranzistor doplněný o řadu ochran (ESD, tepelná, omezení proudu). Výstupní část by se dala realizovat např. s obvodem NCV8450 firmy ON Semiconductor. Bohužel se nepodařilo nalézt společnost, která by tyto obvody prodávala v kusovém množství. Podobné produkty jsou dosti drahé (mají integrovány další, v tomto případě nevyužitelné funkce) nebo opět v kusovém množství nedostupné. Proto byla výstupní část realizována z běžných součástek.

Jako výstupní spínací prvek tedy slouží tranzistor Q2 typu BD679. Darlingtonový tranzistor je zde použit aby bylo zajištěno dostatečné proudové zesílení a tranzistor optočlenu nebyl proudově namáhán. Tranzistor T2 spolu s rezistory R12 a R13 zajišťuje omezení výstupního proudu. Prahová hodnota je zvolena o 100 mA větší než nominální proud výstupu.

$$R_{13} = \frac{U_{BE T2}}{I_{OUT}} = \frac{0,65}{0,6} = 1,08\Omega \rightarrow 1\Omega$$

$$P_{R13} = I_{OUT}^2 \times R_{13} = 0,6^2 \times 1 = 0,36W$$

Na místo R13 je možné použít SMD rezistor velikosti 1206 s maximální ztrátou 0,5 W. Dioda D2 slouží jako ochrana obvodu proti přepětí vznikajícím na indukční zátěži např. relé.



Obr. 4.2 Výstupní obvody

4.4.2 Návrh vstupní karty

Na vstupní kartu byly kladeny tyto požadavky:

- 32 vstupů se společným mínus pólem
- maximální vstupní napětí 30 V
- vstupní napětí 0 až 5 V bráno jako log. 0, 15 až 30 V jako log. 1
- izolační napětí 250 V mezi logickými a vstupními obvody
- odfiltrování rušení – impulsu kratšího než 150 μs
- vstupní odpor 3 kΩ

Vstupní karta používá stejnou adresovou i datovou sběrnici dekodér adres je tedy téměř identický. Při sestupné hraně signálu read je generována nástupná hrana na pinu CLK příslušného registru, tím je sejmuto aktuální stav osmice vstupů. Po dobu setrvání read v log. 0 jsou na datovou sběrnici vystaveny sejmuté hodnoty (pin OC v log 0), které jsou ovšem oproti skutečnému stavu vstupů invertovány.

Hodnota Pull-up rezistoru v emitoru optočlenu OK2 byla z důvodu zrychlení nástupné a sestupné hrany snížena na hodnotu 4,7 kΩ. Závislost délek těchto hran na velikosti zátěže udává výrobce v katalogovém listu [10]. Při této hodnotě rezistoru poteče sepnutým tranzistorem optočlenu proud $I_c = 1.1 \text{ mA}$. Velikost předřadného rezistoru pro diodu optočlenu byla volena tak, aby k překlopení vstupního hradla

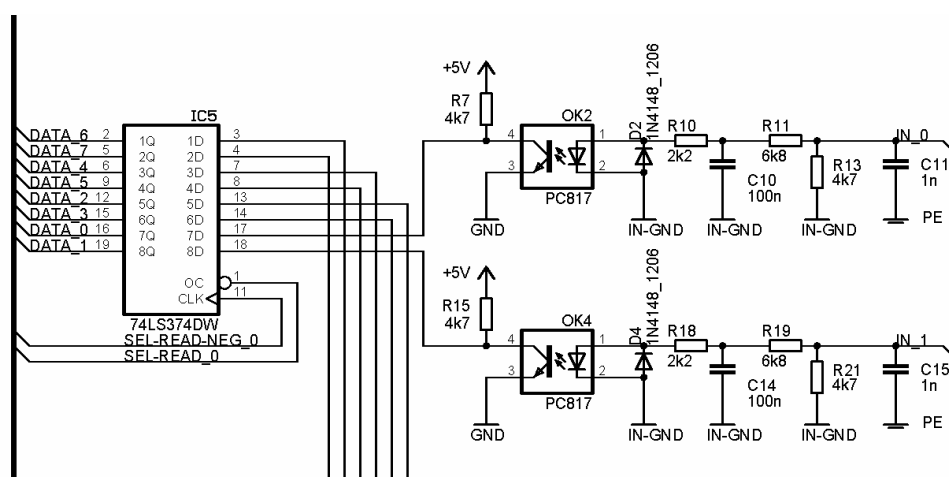
registru došlo při přechodu vstupního napětí přes hodnotu $U_{IN} = 10 \text{ V}$. Za předpokladu, že se hradlo překlápí při napětí $U_P = 1,6 \text{ V}$, poteče kolektorem tranzistoru proud:

$$I_{CP} = \frac{U_{CC} - U_P}{R_C} = \frac{5 - 1,6}{4700} = 0,72 \text{ mA}$$

Z výrobcem uvedené závislosti kolektorového proudu na proudu vstupní diody byl odečten vstupní proud $I_{INP} = 0,9 \text{ mA}$, předřadný rezistor má poté hodnotu:

$$R_P = \frac{U_{INP} - U_D}{I_{INP}} = \frac{10 - 1,4}{0,72 \times 10^{-3}} = 9,55 \text{ k}\Omega$$

Tato hodnota byla po proměření zkušebního zapojení snížena na $R_P = 9 \text{ k}\Omega$. Poměr hodnot rezistorů R10 a R11 tvořících dohromady předřadný rezistor R_P byl určen tak, aby s kondenzátorem C10 vytvořily filtr, který odfiltruje kladné impulsy o velikosti 24 V kratší než 150 μs . Hodnota C10 byla zvolena 100 nF, největší která je běžně dostupná pouzdru SMD 1206 pro keramické kondenzátory. Následné určení R10, R11 proběhlo pomocí simulace.



Obr. 4.3 Vstupní obvody

4.4.3 Firmware

Aby bylo možné s rozšiřujícími deskami vstupů a výstupů komunikovat, musela být do firmwarového balíku HostMot2, který slouží pro konfiguraci FPGA a lze jej stáhnout spolu s vývojovou verzí EMC, přidána entita LMIO. Proto bylo nutné pochopit činnost jednotlivých částí tohoto balíku, který je kompletně napsán v jazyku VHDL. Zde je uveden popis funkcí jednotlivých částí a nutných změn.

Entita Top9030HostMot2 zajišťuje komunikaci celého FPGA s okolím, především zajišťuje přenos dat mezi vnitřními sběrnici řadičem a řadičem PLX 9030. Ve zdrojovém soboru této entity proveden výběr použité konfigurace firmware a rozložení funkcí na pinech konektoru. Uživatel má na výběr z několika přednastavených konfigurací, nebo si může vytvořit konfiguraci vlastní. Pro přidání entity zajišťující

Entita HostMot2 propojuje jednotlivé entity, které realizují samotné funkce (PWM generátor, generátor pro krokový motor, dekodér kvadrurního signálu), ke vnitřním datovým sběrnicím, dále obsahuje adresové dekodéry zajišťující výběr registrů jednotlivých entit k čtení nebo zápisu. Bylo tedy nutné doplnit adresové dekodéry a propojení entity LMIO se stávajícím systémem sběrnic. Dále byla rozšířena část, která dle konfiguračního souboru tvoří rozmístění vstupů a výstupů o práci vstupy a výstupy entity LMIO.

Ve vytvořeném souboru PIN_LMIO je nakonfigurován počet potřebných komponent a rozložení funkcí na konektorech dle připojovaných karet.

Samotnou komunikaci s rozšiřující deskou obstarává nově vytvořená entita LMIO, která obsahuje dva procesy. Proces ALMIO reaguje na požadavky ze strany nadřazených sběrnic na které vystavuje data představující stav vstupů nebo zapíše požadovaný stav výstupů do záchytné paměti. Dále může zapsat data do konfiguračních registrů, čímž se nastaví rozsah dat čtených resp. zapisovaných do rozšiřujících desek a rychlost čtení a zápisu. Druhý proces LMIOBUS obstarává aktualizaci dat. Cyklicky vyčítá data z registrů vstupních karet dle rozsahu a rychlosti nastavené v konfiguračním registru čtení a ukládá je do záchytné paměti. Pokud jsou do záchytné paměti zapsána nová data procesem ALMIO (data z PC) je dokončen aktuální čtecí cyklus a proces přejde k zápisu těchto nových dat do registrů výstupních karet opět dle nastavení konfiguračního registru.



Na Obr. 4.4 jsou zachyceny průběhy nejvýznamnějších signálů entity LMIO, zde je přehled jejich funkcí.

- clk hodinový signál, který je společný pro všechny entity v HostMot2
- clklow je odvozen od clk dělicím poměrem nastaveným v kontrolním registru a slouží k časování sběrnice vstupně výstupních karet
- loaddata požadavek na zápis dat ze sběrnice ibus do záchytné paměti na adresu danou waddr
- readdata požadavek vystavení dat ze záchytné paměti na adrese dané raddr na sběrnici obus
- loadctrlread, loadctrlwrite požadavek na zápis konfiguračních dat ze sběrnice ibus do příslušného konfiguračního registru
- readctrlread, readctrlwrite požadavek vystavení obsahu kontrolního registru na sběrnici obus
- writeflag signalizuje požadavek na zápis do výstupních karet po skončení čtecího cyklu
- lmbus, lmbus dohromady tvoří datovou sběrnici, která je vyvedená na až konektor PCI karty . Aby byla zachována struktura projektu, dochází k přepnutí výstupů do vysoké impedance signálem lmbushiz v entitě wordpr
- lmioaddr adresová sběrnice, opět vyvedená na konektor, určuje ze které karty a registru se bude číst resp. zapisovat
- při sestupné hraně lmiowrite dojde k zapsání dat do registru výstupní karty
- při sestupné hraně lmioread je zachycen aktuální stav vstupů a v době setrvávání signálu v nízké úrovni je stav vysílán na datovou sběrnici

Komunikace s rozšiřujícími deskami probíhá po osmibitové datové sběrnici, ale vnitřní datové sběrnice jsou 32bitové je tedy nutné provést konverzi. Tu zajišťuje použitá vnitřní bloková RAM v dualportové konfiguraci. Protože obvody řady Spartan II neumožňují konfiguraci s datovými porty šířky 32/8 bit ale pouze 16/4 bit musely být použity dva bloky RAM na každý ze směrů komunikace.

V Tab. 4.1 je uvedeno rozdělení konfiguračního registru. Pomocí Start addr a Count je nastavena oblast která se z rozšiřujících desek vyčítá resp. zapisuje. Konfigurační registr pro zápis i čtení mají stejnou strukturu.

Tab. 4.1 Struktura konfiguračního registru

Bit	31		24	23		18	17		12	11		6	5		0
Funkce	Clk div			Count 1			Start addr 1			Count 0			Start addr 0		

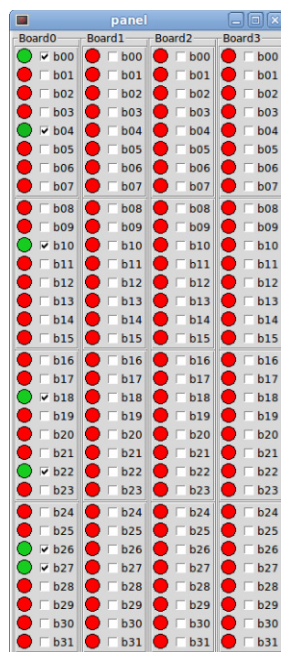
4.4.4 Ovladač

Pro komunikaci mezi HAL vrstvou a firmwarem v hradlovém poli slouží stejnojmenný ovladač (HAL komponenta) HostMot2. Ten při startu nahraje do FPGA uživatelem žádaný firmware, poté je z FPGA vyčtena aktuální konfigurace (počet jednotlivých komponent, rozmístění jednotlivých funkcí na konektorech) a dle ní jsou do HAL vrstvy vyexportovány piny, parametry a funkce pro práci s jednotlivými komponentami. Uživatel má možnost při startu zadat parametry kterými změní automatickou konfiguraci. Ovladač tedy musí být doplněn o funkce pro práci s novou komponentou LMIO.

Pokud je inicializační částí ovladače zjištěno, že konfigurace nahraná v FPGA obsahuje komponentu LMIO je volána funkce `hm2_lmio_parse_md`. Ta nejprve provede kontrolu zda je ovladač schopný s aktuálně nahranou verzí komponenty LMIO pracovat a provede základní kontroly, pokud je vše v pořádku pokračuje v konfiguraci komponenty dle uživatelem zadaných parametrů. Není možné provést úplnou automatickou konfiguraci, protože rozšiřující desky neobsahují žádný druh autodetekce, která by zvýšila jejich složitost a cenu. Uživatel musí v parametrech při spouštění ovladače uvést počet připojených rozšiřujících desek. Dle těchto parametrů jsou funkcemi `hm2_lmio_create`, `hm2_lmo_create`, `hm2_lmi_create` vytvořeny všechny piny a parametry HAL vrstvy pro každý fyzický vstup i výstup na rozšiřujících kartách, funkce zároveň alokují potřebný paměťový prostor a registrují oblasti zapisované resp. čtené z FPGA funkcemi `hm2_tram_write` resp. `hm2_tram_read`. Ty zapíší resp. přečtou najednou data všech komponent kromě konfiguračních registrů. Prvotní nastavení kontrolních registrů je provedeno pomocí funkce `hm2_lmio_force_write`, oproti tomu `hm2_lmio_write` zapisuje do registru pouze v případě změny nastavení.

Funkce `hm2_lmo_prepare_tram_write` na základě aktuálního stavu pinů HAL vrstvy připraví data pro společný zápis pomocí `hm2_tram_write`. Opakem je `hm2_lmi_process_tram_read`, která na základě načtených dat nastaví hodnotu pinů.

Pro účely testování byl vytvořen ovládací panel umožňující nastavit hodnotu výstupů i sledovat vstupy.



Obr. 4.5 Ovládací panel vstupně výstupních desek

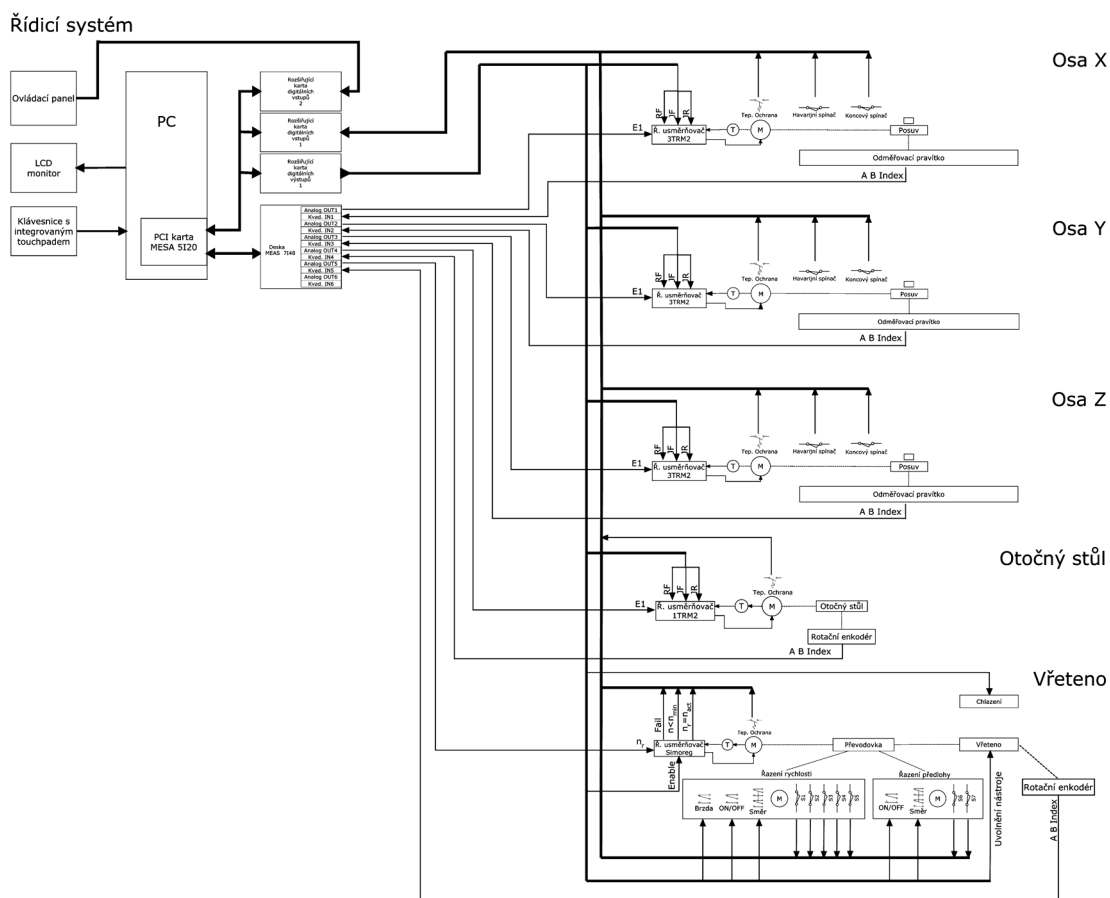
Obr. 4.5 zachycuje stav vstupů a výstupů při testování ovladače, firmware, a samotných desek, kde byly desky propojeny loopback kabelem.

5 ZAPOJENÍ FRÉZKY S NOVÝM ŘÍDÍCÍM SYSTÉMEM

K frézce zprvu nebyla dodána žádná elektro dokumentace, protože se ji však podařilo dohledat a není předpokládáno použití frézky se stávajícím zapojením, ale pouze s připojeným novým řídicím systémem, byl vypuštěn požadavek na kompletní zakreslení stávajícího elektrického zapojení. Z těchto důvodů se následující část zabývá pouze návrhem schématu zapojení s novým řídicím systémem podle kterého bude stroj zapojen po proběhnutí nutných mechanických oprav.

5.1 Blokové schéma Zapojení

Obr. 5.1 zachycuje předpokládané zapojení po modernizaci. V zapojení stroje z pohledu řídicího systému nedošlo prakticky k vůbec žádným změnám, tak jak bylo požadováno. Pouze vřeten je doplněno o snímač natočení v podobě rotačního enkodéru. Tím je umožněna synchronizace posuvů os s otáčením vřeten, která je nutná při řezání závitů bez kompenzační hlavičky (Ridgid Tapping).



Obr. 5.1 Blokové schéma zapojení frézky po modernizaci

5.2 Návrh celkového zapojení

Při návrhu celkového schématu bylo především vycházeno z původního zapojení a z normy [13]. Oproti původnímu zapojení došlo k několika změnám. Největší z nich je náhrada řídicího systému, dále bylo sjednoceno ovládacího napětí stykačů se zbytkem stroje na 24 V DC. Změnou také prošlo zapojení bezpečnostního okruhu. To si vyžádalo použití stabilizovaného ovládacího napětí 24 V DC. Většina pojistek je nahrazena jističi z důvodu úspory místa v rozvaděči.

Vyhodnocování stavu tepelných ochran je přenecháno řídicímu systému (původně jako součást bezpečnostního okruhu plus signalizace do řídicího systému), v případě přehřátí dojde ke kontrolovanému zastavení obráběcího programu.

V zapojení bylo počítáno s možností připojení druhé rotační osy, řízený usměrňovač, relé a svorky patřící k této ose budou v rozvaděči osazeny. Případná montáž pak bude velice snadná. Celkové schéma zapojení lze nalézt na přiloženém datovém nosiči.

6 ŘAZENÍ VŘETENA

6.1 Požadavky na Řazení

Frézka, jak bylo zmíněno v předchozích částech, obsahuje dvourychlostní převodovku s možností zařazení předlohy. Jsou tedy k dispozici celkem čtyři řady otáček. Použitou řadu volí technolog při tvorbě NC programu, dále volí požadované otáčky vřetena. Program řízení převodovky tedy musí zajistit zařazení převodového stupně a předlohy na základě zvolené řady otáček, zadané otáčky vřetena přepočítat na otáčky motoru dle právě zvolené řady. Je také nutné zajistit kontrolu, zda nedošlo při řazení k zaseknutí mechanismu a tím zastavení řadičího motorku, což by mohlo způsobit jeho přehřátí.

Tyto zajišťuje komponenta MAHO_GEAR, která je vložena do HAL vrstvy. Jejími vstupy jsou požadované otáčky, otáčková řada a signály od kontaktů monitorujících stav řazení. Výstupem jsou otáčky pro motor, signály ovládající chod řadičího motorku a brzdícího relé. Pomocí parametrů jsou nastaveny u jednotlivých otáčkových řad poměry mezi vstupem a výstupem převodovky, limity minimálních, maximálních otáček a akceleraace.

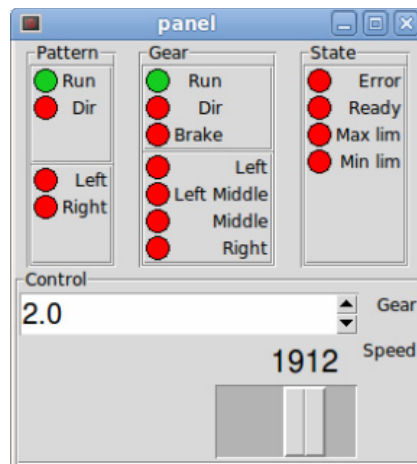
6.2 Popis řadičí komponenty MAHO_GEAR

Komponenta byla vytvořena pomocí nástroje COMP, který je součástí vývojové verze EMC2, není tedy nutné psát kód inicializační a ukončovací části, který je vytvořen automaticky. Vlastní funkce, která je při běhu řidičího systému cyklicky volána, je napsána v jazyku C.

Při volání funkce je v případě právě probíhajícího řazení zkontrolováno zda nedošlo k překročení maximálního času pro zařazení, pokud ano je probíhající řazení zastaveno a vyhlášena chyba. Tímto způsobem je zamezeno přehřátí motorků v důsledku zaseknutí. Pokud se požadovaná otáčková řada neshoduje se zařazenou je zahájen proces řazení. Podmínkou k zahájení jsou nulové otáčky motoru a dokončení předcházejícího řazení. Samotné řazení je realizováno formou jednoduchého automatu, který na základě požadované otáčkové řady a stavu kontaktů převodovky sepne relé řadičích motorů a čeká na dojetí na polohu signalizované kontakty převodovky. Při vyřazování (otáčková řada 0) je nutné řadičí motor převodového stupně rychle zastavit, k tomu slouží brzdící relé, které je v tuto dobu připnuto. V poslední části funkce jsou vypočteny otáčky pro motor spolu s aplikací všech limitů. Pokud jsou požadované otáčky mimo rozsah, jsou nastaveny nejbližší možné a tento stav je signalizován.

6.3 Testování komponenty

Komponenta byla testována spolu se systémem řazení a dříve navrhnutými vstupními a výstupními deskami. Dále byl pro testování a ladění komponenty vytvořen jednoduchý ovládací panel, přes který byla převodovka ovládána. Při provozu převezme funkci tohoto panelu komponenta Motion Controller.



7 ZÁVĚR

V práci je popsán stav řídicího systému frézky a důvody jeho modernizace. Dále bylo zmapováno elektrické vybavení, jeho stav a signály potřebné pro řízení.

Propojení stávajícího vybavení stroje bez nutnosti velkých změn bylo jednou z podmínek k výběru nového řídicího systému, kterým byl zvolen Enhanced Machine Controller. Systém byl nainstalován na PC doplněné o PCI kartu 5I20 se 72 vstupně výstupními linkami. K této kartě byla připojena rozšiřující deska 7I48 převádějící PWM signál generovaný hradlovým polem PCI karty na analogové napětí a umožňující připojení odměřovacích pravítek a enkodéru. Byl navrhnut systém rozšiřujících desek digitálních vstupů a výstupů připojitelný k PCI kartě. Funkčnost zapojení, firmware a ovladače byla ověřena na prototypu jedné vstupní a výstupní desky.

Z důvodu probíhajících mechanických oprav frézky nebyla konfigurace ověřena jako celek, ale pouze postupným připojováním jednotlivých odměřovacích pravítek, enkodéru a pohonů. Byla také ověřena schopnost systému polohovat s hřídelí motoru, ke které byl z tohoto důvodu namontován rotační enkodér. Po přepočtu maximální uhlové chyby polohování hřídele motoru, která činila $0,67^\circ$, přes převodový poměr mezi hřídelí motoru a posuvem stolu dostaneme maximální chybu v polohování stolu $4,7 \mu\text{m}$. Je tedy vidět, že navržený systém je schopný přesného řízení.

Program zajišťující řazení převodovky byl otestován spolu s rozšiřujícími deskami napojenými na systémem řazení.

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

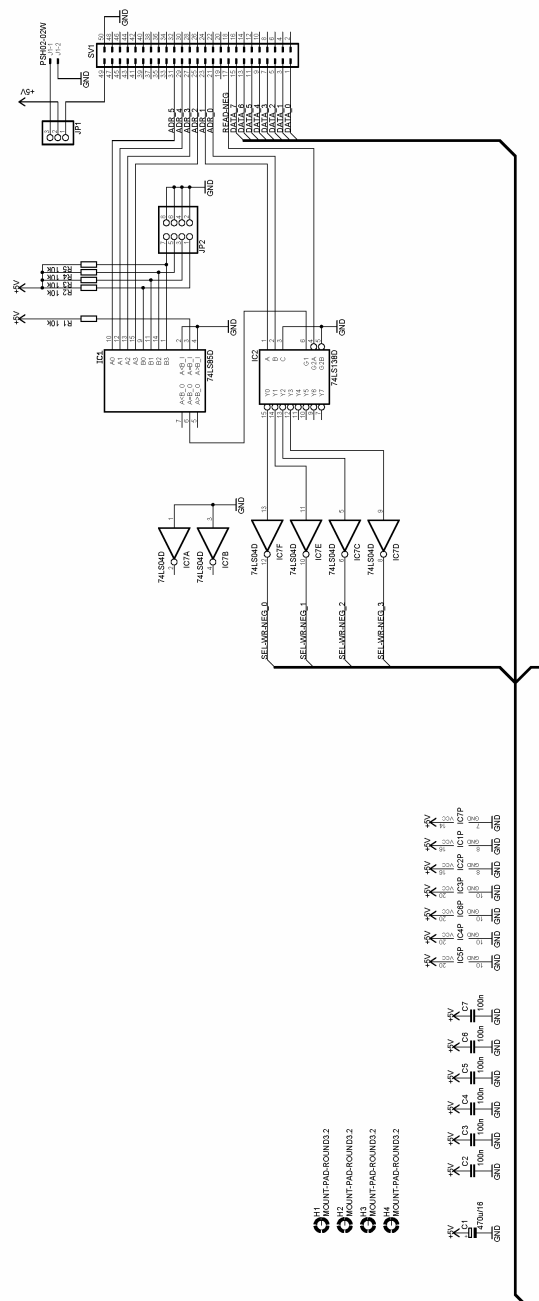
- [1] PINKER, Jiří; POUPA, Martin. Číslicové systémy a jazyk VHDL. 1. vydání. Praha : BEN – technická literatura, 2006. 352 s. ISBN 80-7300-198-5.
- [2] JEDLIČKA, Petr. *Přehled obvodů řady TTL 7400 : 1. díl – obvody 7400...7499*. 2. vydání. Praha : BEN – technická literatura, 2005. 288 s. ISBN 80-7300-169-1.
- [3] JEDLIČKA, Petr. *Přehled obvodů řady TTL 7400 : 2. díl – obvody 74100...74199*. 2. vydání. Praha : BEN – technická literatura, 2005. 304 s. ISBN 80-7300-170-5.
- [4] *5I20 ANYTHING I/O MANUAL* [online]. V1.8. [s.l.] : [s.n.], 2009 [cit. 2011-01-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.mesanet.com/pdf/parallel/5i20man.pdf>>.
- [5] *7I48 MANUAL : Six channel analog servo amp interface* [online]. V1.4. [s.l.] : [s.n.], 2009 [cit. 2011-01-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.mesanet.com/pdf/motion/7i48man.pdf>>.
- [6] *Getting Started Guide : a short guide for getting and installing EMC2* [online]. V2.4. [s.l.] : [s.n.], 2010-11-06 [cit. 2011-01-06]. Dostupné z WWW: <http://www.linuxcnc.org/docs/EMC2_Getting_Started.pdf>.
- [7] *HAL Manual : documentation for the realtime hardware abstraction layer* [online]. V2.4. [s.l.] : [s.n.], 2010-11-26 [cit. 2011-01-06]. Dostupné z WWW: <http://www.linuxcnc.org/docs/HAL_User_Manual.pdf>.
- [8] *HEIDENHAIN Angle Encoders* [online]. [s.l.] : [s.n.], červenec 2005 [cit. 2011-01-06]. Dostupné z WWW: <http://www.atechauthority.com/pdf/Angle_Prod.pdf>.
- [9] *Integrators Manual : a more advanced document for machine builders* [online]. V2.4. [s.l.] : [s.n.], 2010-12-28 [cit. 2011-01-06]. Dostupné z WWW: <http://www.linuxcnc.org/docs/EMC2_Integrator_Manual.pdf>.
- [10] *PC817XJ0000F Series : DIP 4pin General Purpose Photocoupler* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2005-06-30 [cit. 2011-01-06]. Dostupné z WWW: <www.document.sharpsma.com/files/pc817x_eJ.pdf>.
- [11] *User Manual : an extensive document about using EMC2* [online]. V2.4. [s.l.] : [s.n.], 2010-12-14 [cit. 2011-01-06]. Dostupné z WWW: <http://www.linuxcnc.org/docs/EMC2_User_Manual.pdf>.
- [12] *Home of users of the Enhanced Machine Controller - EMC* [online]. c2010 [cit. 2011-01-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.linuxcnc.org/>>.
- [13] ČSN EN 6004-1. *Bezpečnost strojních zařízení - Elektrická zařízení strojů – Část 1: Všeobecné požadavky*. [s.l.] : Český normalizační institut, červen 2007. 110 s.

9 SEZNAM PŘÍLOH

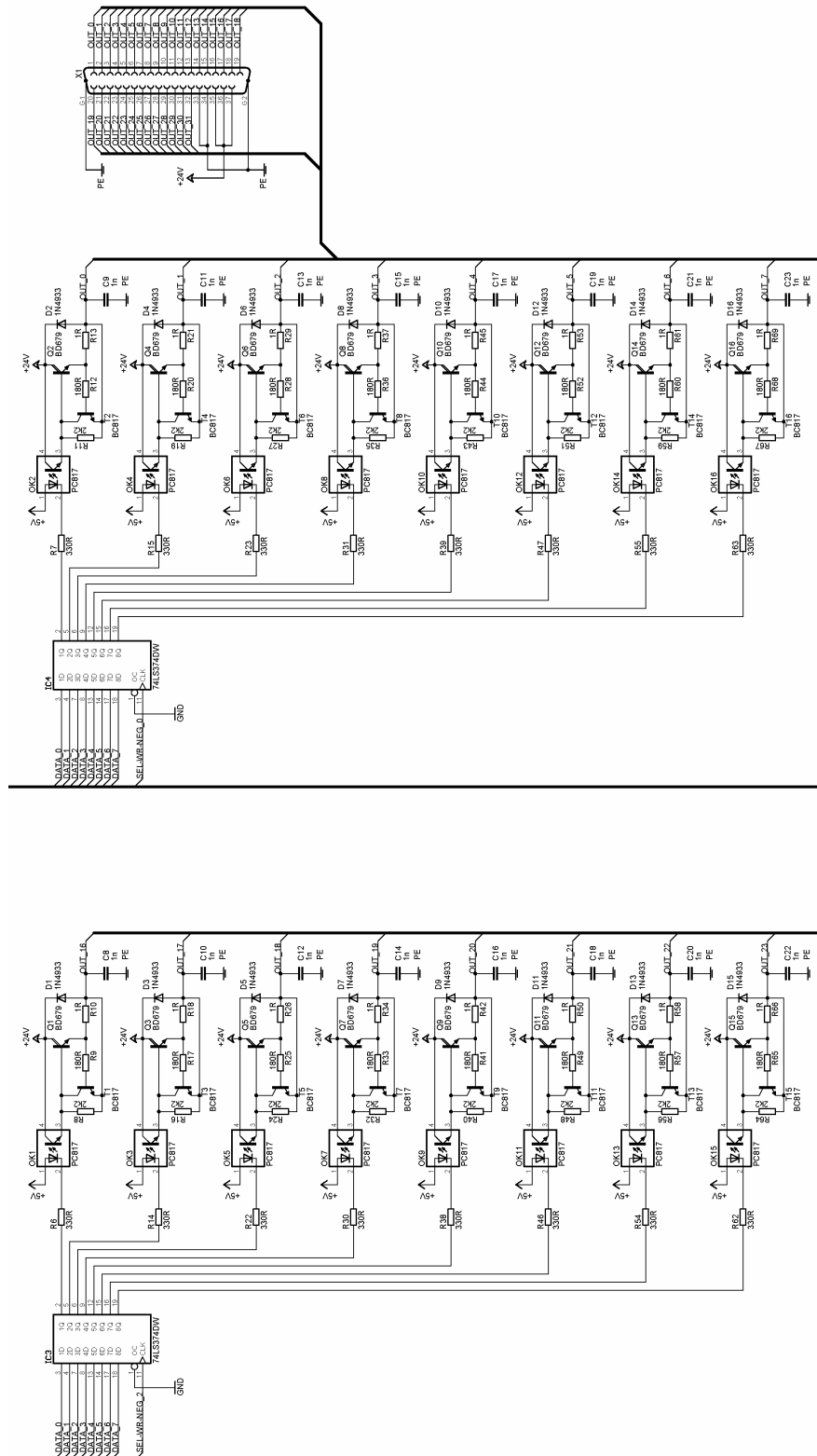
Příloha 1 – Schéma zapojení výstupní desky	35
Příloha 2 – Schéma zapojení vstupní desky	38
Příloha 3 – Předloha výstupní desky	41
Příloha 4 – Předloha vstupní desky	42
Příloha 5 – Fotografie testovací sestavy	43

Příloha 1 – Schéma zapojení výstupní desky

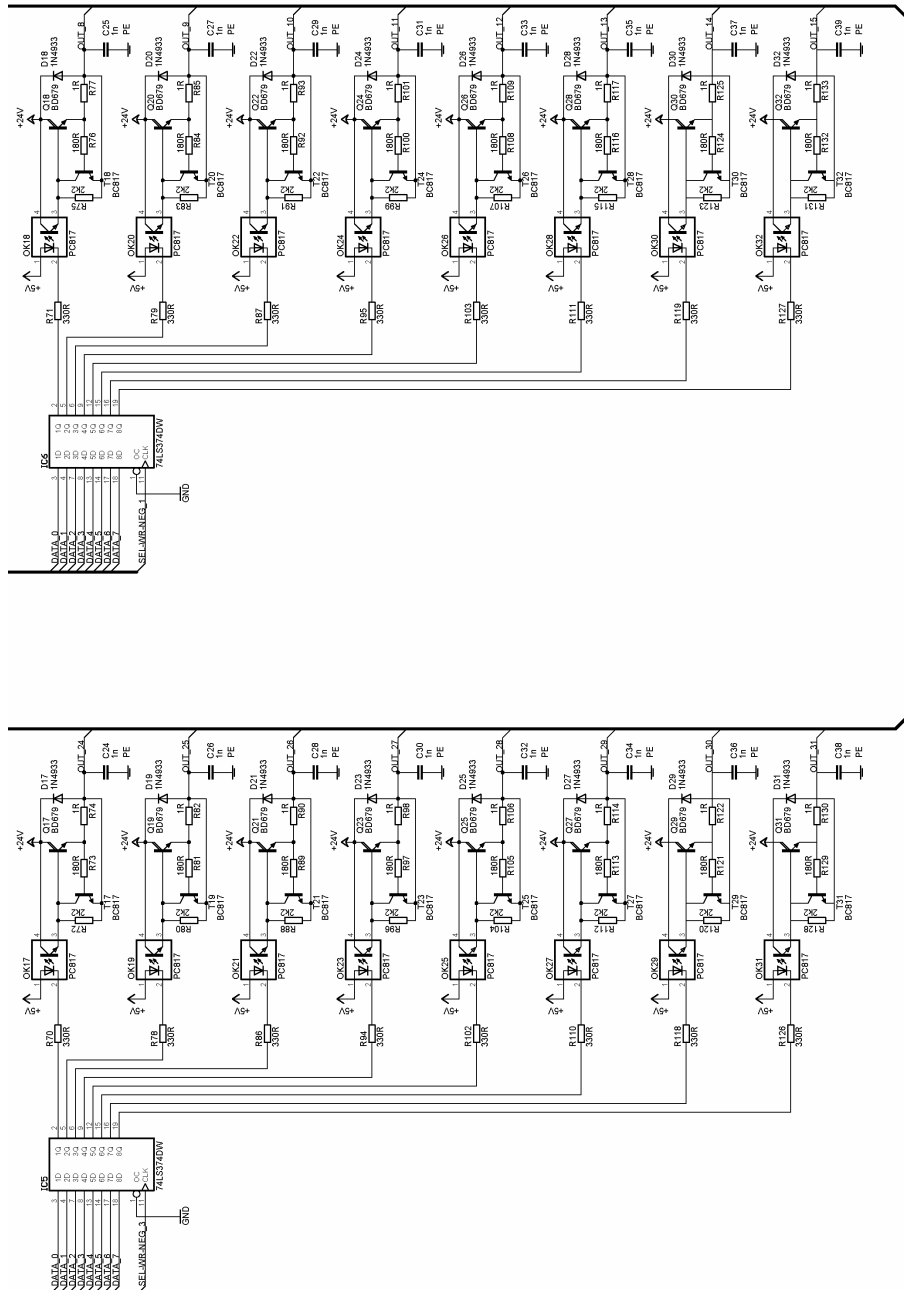
ČÁST 1



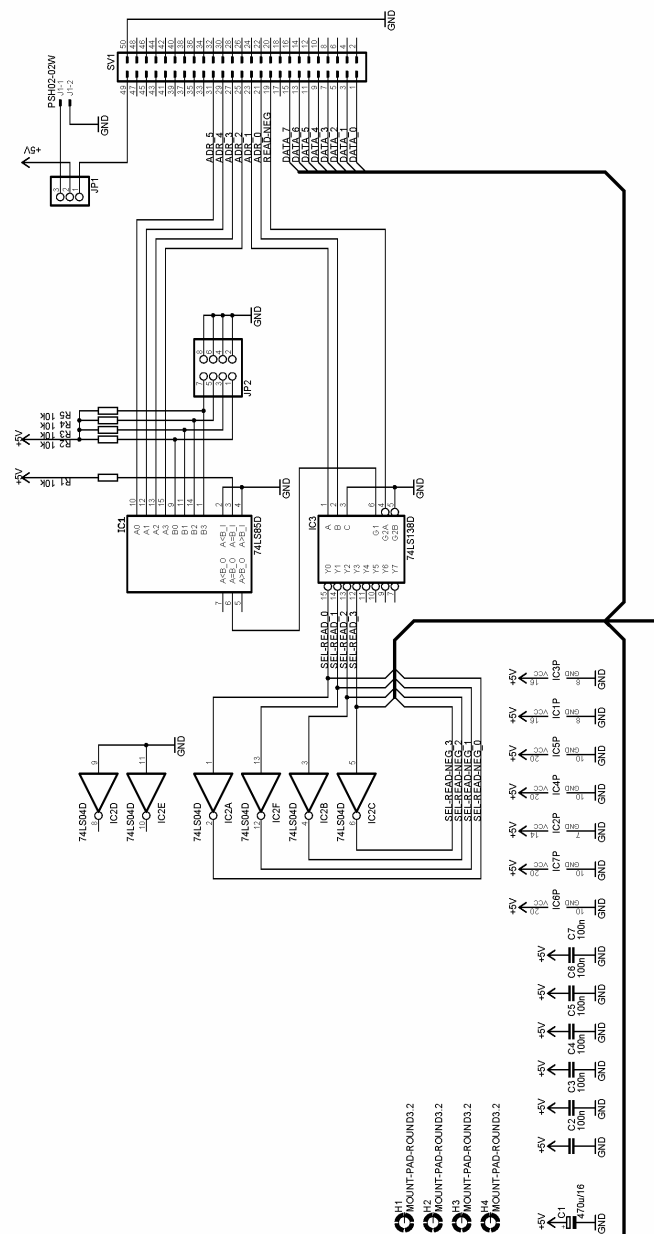
ČÁST 2



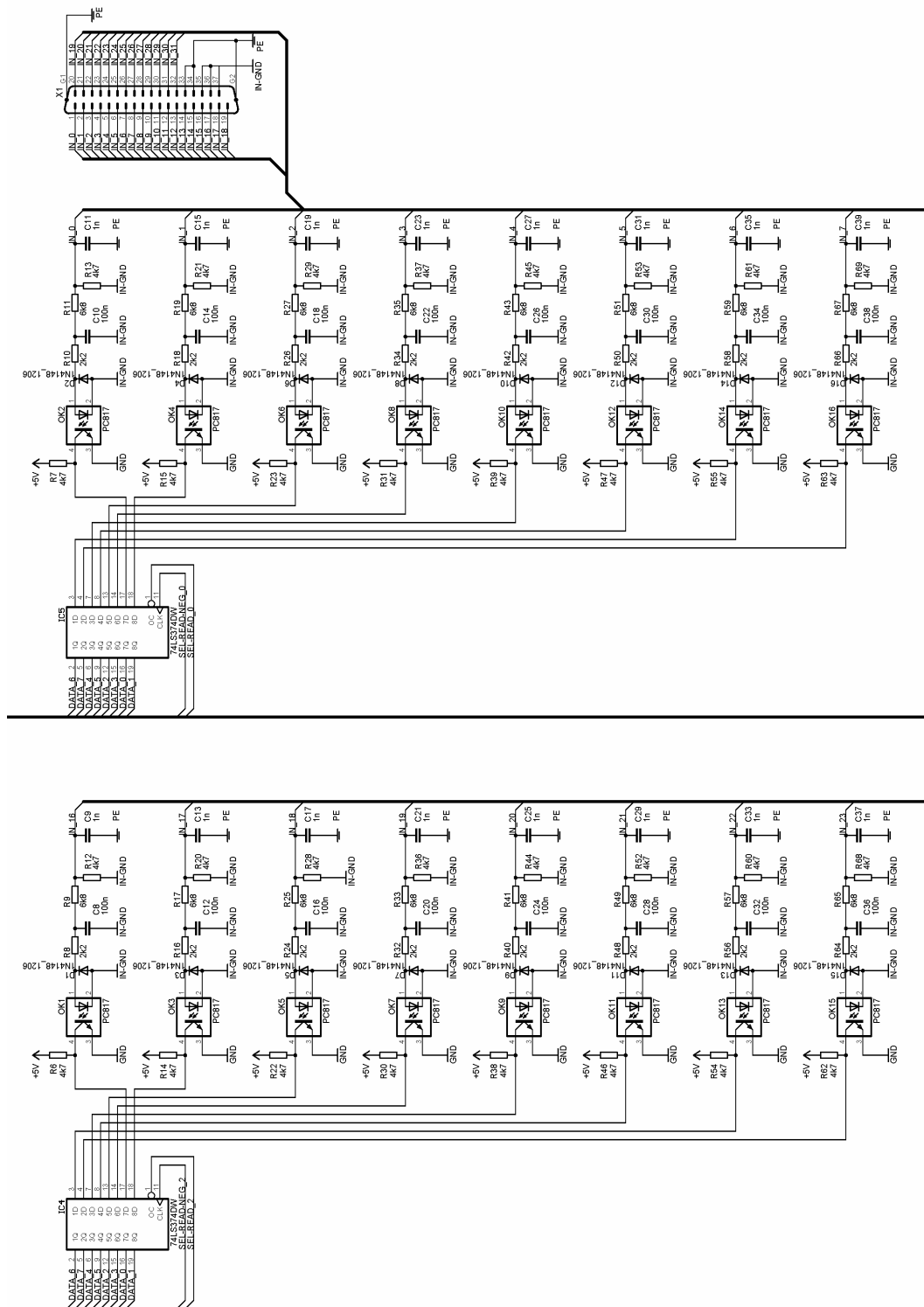
ČÁST 3



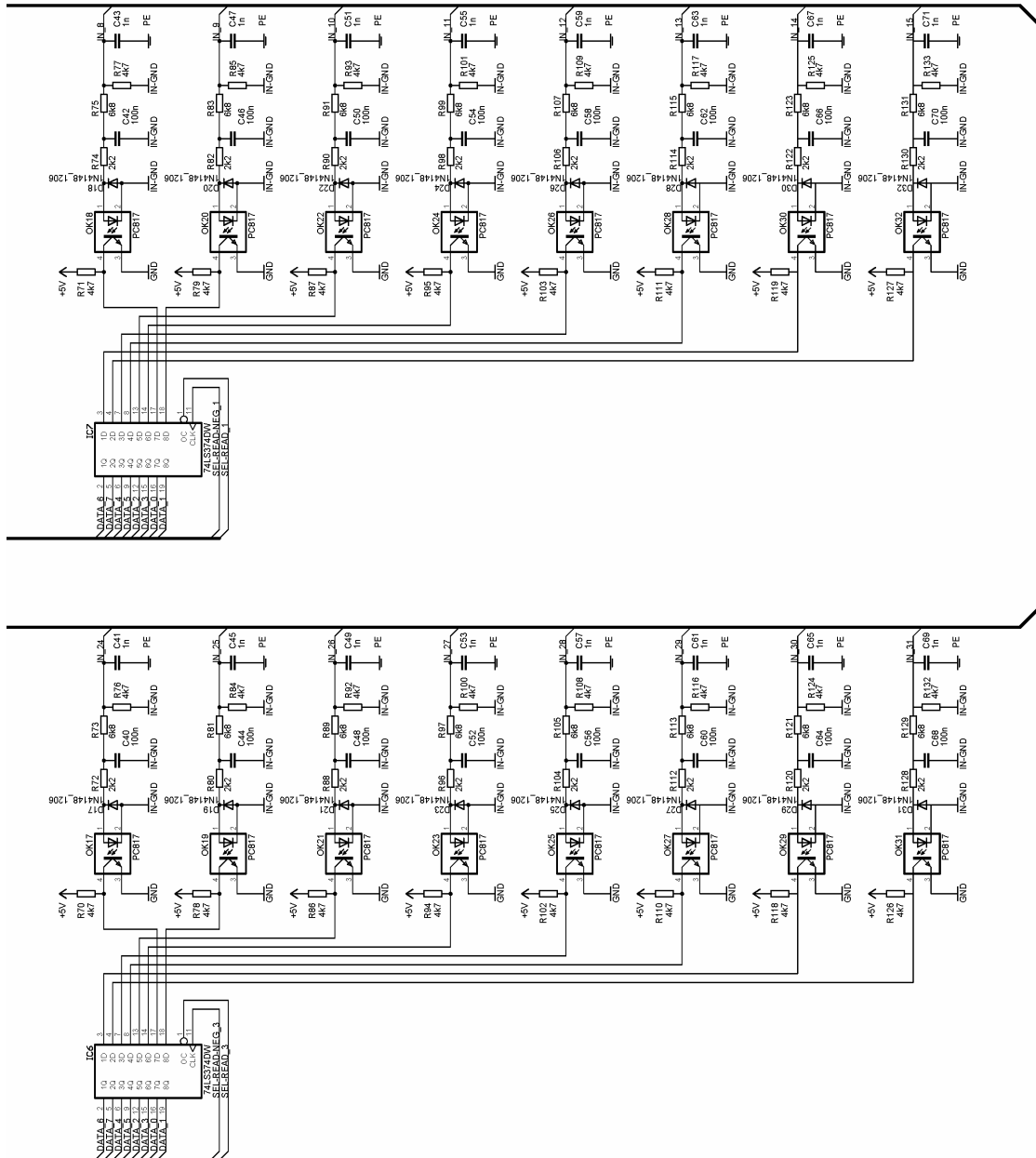
ČÁST 1



ČÁST 2

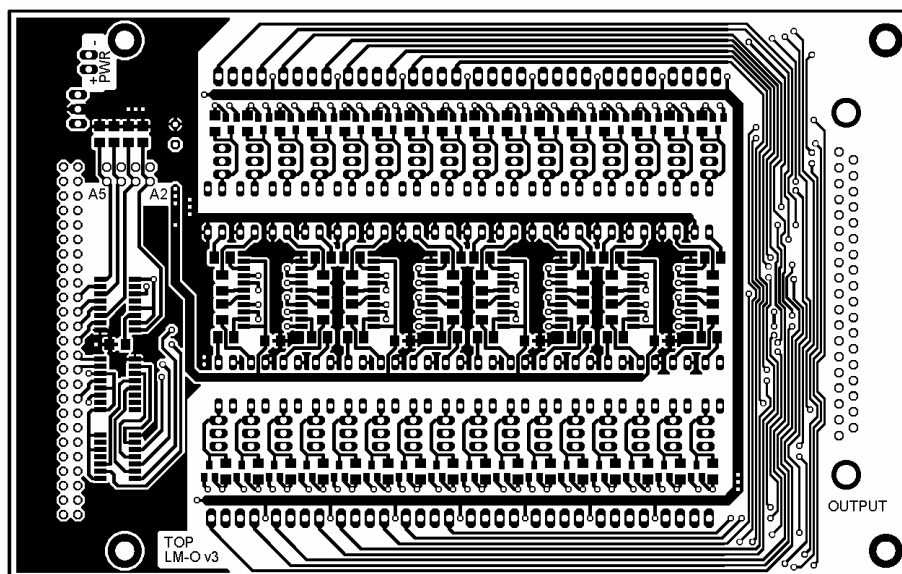


ČÁST 3



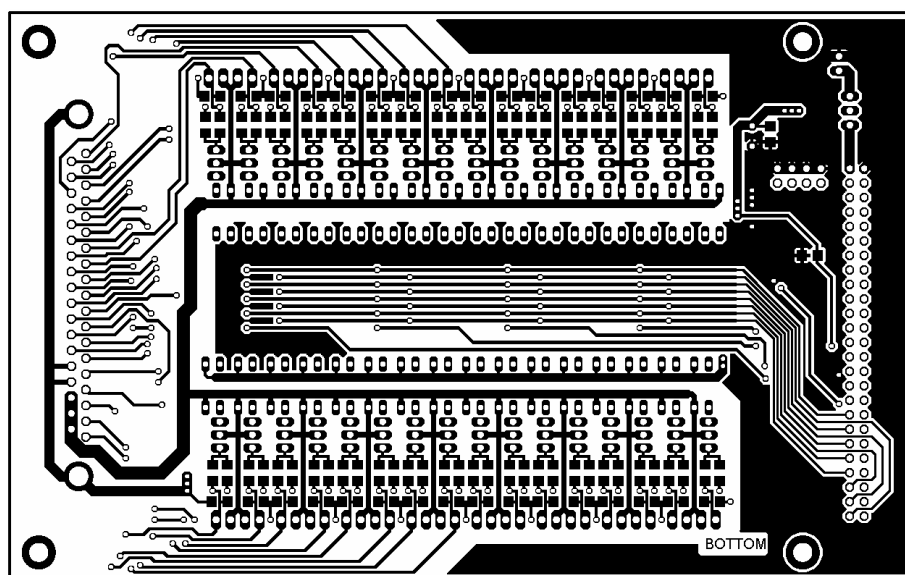
Příloha 3 – Předloha výstupní desky

STRANA SOUČÁSTEK



Rozměr desky 160 × 100 mm, měřítko M 0,75:1

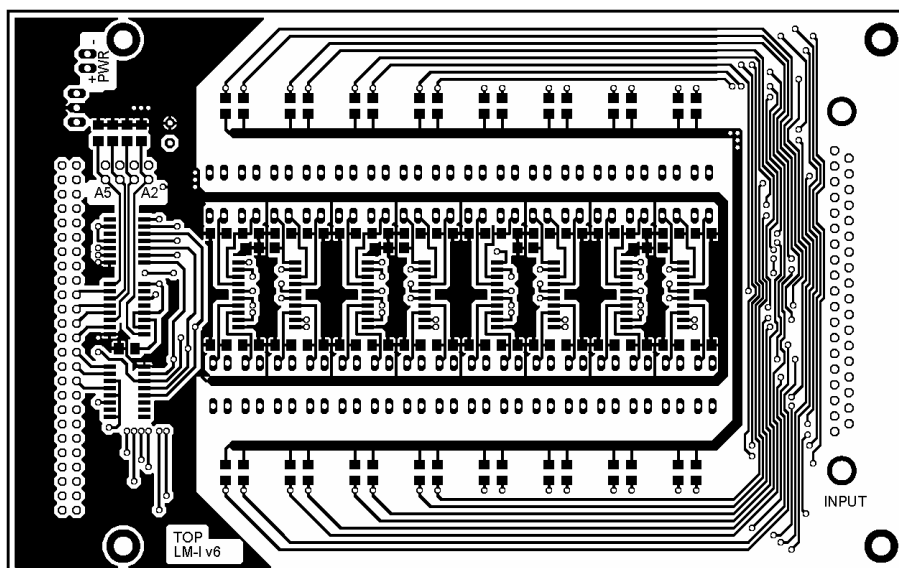
STRANA SPOJŮ



Rozměr desky 160 × 100 mm, měřítko M 0,75:1

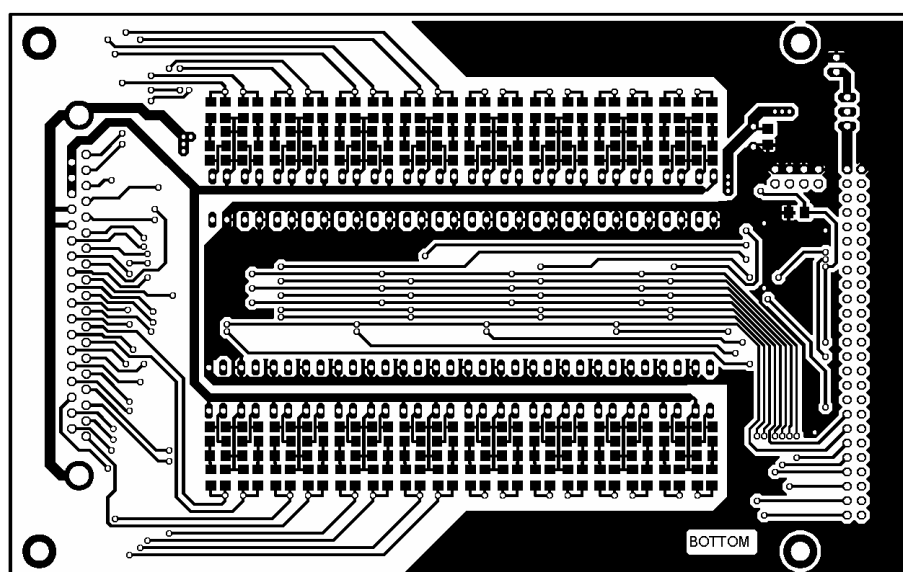
Příloha 4 – Předloha vstupní desky

STRANA SOUČÁSTEK



Rozměr desky 160 × 100 mm, měřítko M 0,75:1

STRANA SPOJŮ



Rozměr desky 160 × 100 mm, měřítko M 0,75:1

Příloha 5 – Fotografie testovací sestavy

