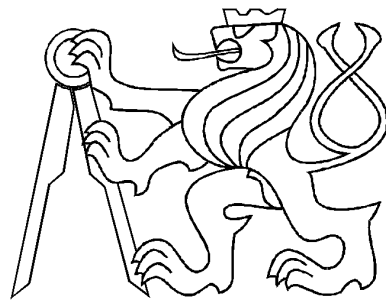


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Model technologického procesu

Praha, 2007

Autor: Otakar Tepřík

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb. , o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 13. srpna 2007

Otakar Tepřík

Poděkování

Dovoluji si na tomto místě poděkovat katedře řídicí techniky Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze za finanční podporu realizační části této bakalářské práce. Chtěl bych dále poděkovat především Ing.Kateřině Hyniové jakožto vedoucímu mé bakalářské práce za rady a pomoc s touto prací. Můj dík patří také celé mé rodině včetně mé přítelkyně za trpělivost, kterou se mnou měli v době výroby a také za jejich morální podporu.

Abstrakt

Tématem bakalářské práce je konstrukce fyzického modelu technologického procesu včetně jeho řízení. Model simuluje princip třídící linky a je realizován pomocí pásových a posuvných dopravníků. Na dopravnících se pohybují krabíčky, které budou naplňovány předměty a dále dle naplněného předmětu tříděny. Poloha krabiček na dopravnících je snímána optickými závorami a inkrementálními snímači otáček. Řízení tohoto modelu je v rámci bakalářské práce navrženo jen jako ruční. Lze ovládat nezávisle všechny prvky v modelu, regulovat rychlost pásových dopravníků a směry posuvných dopravníků. Model je navrženo s návazností na pozdější řízení pomocí PLC.

Abstract

The theme of the bachelor thesis is to design a real model of the given technological process including its control. The model simulates principles of a sorting production line and is realized by means of conveyor belts and sorting sliding transporters. Boxes transported on the conveyor belts are filled up with various subjects and sorted on the base of their character. Current position of each box is detected by optical and incremental rotary sensors. According to the given goals of the bachelor thesis, only hand feed forward control of the model has been designed. Each element in the model is individually controllable as well as velocity of the conveyor belts and movement direction of the sliding transporters. The model has been designed with respect to the future PLC control.

Katedra řídicí techniky

Školní rok: 2006/2007

Zadání bakalářské práce

Student: Otakar T e p ř í k
Obor: Kybernetika a měření
Název tématu: Model technologického procesu

Zásady pro vypracování:

1. Navrhněte výukový model třídícího technologického procesu s pásovými dopravníky pro laboratorní cvičení předmětu Instrumentace procesů. Pozornost věnujte rozmístění čidel (optické závory, inkrementální snímače otáček) nezbytných pro synchronizaci pohybu jednotlivých dopravníků.
2. Navržený model realizujte s přihlédnutím na budoucí PLC řízení třídícího procesu.

Seznam odborné literatury: Dodá vedoucí práce

Vedoucí bakalářské práce: Doc. Ing. Kateřina Hyniová, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: zimní semestr 2006/07

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. 8. 2007

Prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.
vedoucí katedry



Prof. Ing. Zbyněk Škvor, CSc.
děkan

V Praze, dne 6. 3. 2007

Obsah

Seznam obrázků	vii
Seznam tabulek	ix
1 Úvod	1
1.1 Problematika návrhu technologického procesu	2
2 Popis technologického procesu	4
2.1 Jednotlivé prvky technického zpracování	4
2.2 Model třídící linky	7
2.2.1 Popis modelu	7
2.2.2 Snímače polohy	9
2.2.3 Popis řízení	10
2.2.4 Ovládání modelu	11
3 Technické zpracování	12
3.1 Materiální provedení	12
3.1.1 Gravitační zásobník	12
3.1.2 Pásový a posuvný dopravník	13
3.1.3 Podkladová deska	14
3.1.4 Ovládací panel	14
3.2 Elektronické zpracování řídicí části	15
3.2.1 Napájecí zdroj	15
3.2.2 Řídicí část	16

3.2.2.1	Řízení pásových dopravníků	17
3.2.2.2	Řízení posuvných dopravníků	19
3.2.3	Výkonová ovládací část	21
3.2.4	Zpracování výstupu čidel a indikační část	23
4	Závěr	24
	Literatura	25
A	Kód	I
B	Plošné spoje	III
B.1	Napájecí zdroj	III
B.2	Řídicí část	VI
B.3	Výkonová ovládací část	X

Seznam obrázků

2.1	Schéma rozestavení jednotlivých komponent modelu technologického procesu	7
2.2	Špatná hrana, dobrá zaoblená hrana	8
3.1	Gravitační zásobník	12
3.2	Zablokování spádu krabiček	13
3.3	Natahovač pásu	14
3.4	Ovládací panel	15
3.5	Napájecí zdroj řešený pomocí obvodu LM2576	16
3.6	Řídicí část s mikrokontrolérem MC68HC908QY4	18
3.7	Řídicí část s obvody 7402	19
3.8	Vnitřní struktura obvodu L6203	21
3.9	Výkonová ovládací část pro řízení motorů	22
3.10	Způsoby zapojení indikační části optických závor	23
B.1	Napájecí zdroj řešený pomocí obvodu LM2576	III
B.2	Plošný spoj - napájecí zdroj - osazení součástek	IV
B.3	Plošný spoj - napájecí zdroj - strana spojů	IV
B.4	Řídicí část s obvody 7402 a s mikrokontrolérem MC68HC908QY4	VI
B.5	Plošný spoj - řídicí část - osazení součástek	VII
B.6	Plošný spoj - řídicí část - strana spojů	VII
B.7	Plošný spoj - řídicí část - strana součástek	VII
B.8	Výkonová ovládací část pro řízení motorů	X
B.9	Plošný spoj - výkonová ovládací část - osazení součástek	XI
B.10	Plošný spoj - výkonová ovládací část - strana spojů	XI

B.11 Plošný spoj - výkonová ovládací část - strana součástek	XI
--	----

Seznam tabulek

3.1	Tabulka směrů v závislosti na vstupních signálech H můstku	20
3.2	Pravdivostní tabulka logické funkce NOR	20
B.1	Seznam použitých součástek	V
B.2	Seznam použitých součástek	VIII
B.3	Propojení konektorů	IX
B.4	Seznam použitých součástek	XII

Kapitola 1

Úvod

Technologický proces výroby, výběru a třídění objektů, sestavování na montážních linkách atd. lze dnes vidět v každém průmyslovém odvětví. Návrh tohoto procesu není nikterak jednoduchá záležitost a musí se přihlížet k mnoha okolnostem závislých na prostředí, obsluze, způsobu používání atd.

Dále vyvstává otázka efektivního způsobu řízení tohoto procesu. Zásadním je rozhodnutí, zda pro daný proces bude nejvhodnější volbou neautomatizované řízení, poloautomatizované nebo plně automatizované řízení. Automatizovaného řízení lze využít na místech stereotypního procesu, jako jsou např. výrobní linky. Zde by se jen těžko dosahovalo při použití neautomatizovaného (ručního) řízení takové produktivity a spolehlivosti jako při automatizovaném.

Automatické řízení lze provádět mnoha způsoby, závislými na složitosti řízeného procesu. Od jednoduchých mikrokontrolérů, autonomních PLC přes složitější struktury řízení jako jsou paralelní multiprocessorové systémy nebo kombinace jednodušších systémů. V mé bakalářské práci se budu zabývat nejjednodušším ručním řízením a přípravou pro automatizované řízení pomocí PLC. V konečném výsledku bude zřejmá efektivita využívání automatizovaného procesu oproti ručnímu řízení.

1.1 Problematika návrhu technologického procesu

Postup při návrhu technologického procesu se skládá z následujících kroků.

- Analýza a identifikace technologického procesu
- Sestavení matematického modelu technologického procesu
- Návrh algoritmu logického řízení
- Dekompozice řídicího automatu
- Syntéza automatu, realizace řídicího systému a funkční testy

Nedílnou součástí vlastní syntézy řídicího obvodu je volba jeho jednotlivých členů. Při návrhu řídicího obvodu je nezbytné vycházet z provozních podmínek kladených na řídicí obvod, jež zahrnují např. požadavky na rozměry a hmotnost zařízení, požadavky na pracovní prostředí (vlhkost, magnetické pole, atp.), požadavky na typizaci s ohledem na jednoduchost údržby celého zařízení. Nesporným hlediskem je i cena, spolehlivost a životnost jednotlivých komponent řídicího obvodu.

Pro tyto fáze návrhu zatím neexistují žádné exaktní metody, které by jednoznačně vedly k cíli. Hraje zde velmi důležitou roli intuice a zkušenost navrhovatelů i konstruktérů. Matematická formulace požadavků, kritérií a cílů kladených na řídicí obvod, která by byla vhodná k dalšímu zpracování těchto informací, je velmi náročná a bez zkušenosti takřka nemožná.

Všechny tyto požadavky do značné míry určují charakter, typ a umístění nejen samotného řídicího systému, ale i nezbytných snímačů, akčních členů, výkonových částí apod. Samotný řídicí algoritmus pak může pracovat

- paralelně

Algoritmus je realizován pevným naprogramováním nebo předprogramovatelným modulem. Ten lze v případě potřeby modifikovat.

- sériově

Umožňuje použití technických prostředků s možností naprogramování. Naprogramování zajišťuje určitý stupeň flexibility.

Přestože technologický proces tvoří spolu s řídicí částí celistvý automatizovaný systém, předpokládá přiměřenou externí obsluhu (dodávku součástí, materiálu, pravidelnou údržbu apod.).

Ačkoliv byla cílem mé bakalářské práce realizace modelu technologického procesu řízeného pomocí PLC, řadu výše uvedených otázek jsem musel řešit již ve fázi návrhu samotného modelu. Týkaly se zejména optimální topologie modelu (rozmístění pásových a posuvných dopravníků, zásobníků, snímačů, akčních členů, ovládacího panelu apod.), volby materiálu s ohledem na robustnost modelu, volby akčních členů s přihlédnutím k jejich rychlosti a výkonu apod. Bližší informace o nich v následujících kapitolách.

Kapitola 2

Popis technologického procesu

Cílem bakalářské práce bylo vytvoření modelu technologického procesu třídící linky a návrh jejího řízení (v rámci bakalářské práce jen ručního). Jedním z úkolů bylo navrhnout rozložení pásových dopravníků a jejich úpravu pro použití v tomto technologickém modelu, dále návrh řídicí části jednotlivých dopravníků, jejich ruční ovládání a výběr vhodného umístění optických závor a inkrementálních snímačů otáček pro následné použití PLC.

Po pásových dopravnících jsou přemísťovány plastové krabičky, které se na jednom z dopravníků naplňují (symbolická 'balicí' linka). Tyto krabičky jsou dále tříděny. Prozatím nebylo určeno dle jakého kritéria se tento výběr bude provádět (náplň diplomové práce).

2.1 Jednotlivé prvky technického zpracování

Model technologického procesu se skládá z

- Dopravníkových pásů

Počet: 4

Délka dopravníku: 500 mm

Rychlost přepravovaného předmětu: s použitými motůrky maximálně 100 mm/s

Šířka pásu: 70 mm

Možnost náklonu dopravníku až 30°

Možnost zvednutí dopravníku až 150 mm

Maximální váha přepravovaných předmětů 150 g

Možnost připevnit optickou závoru

- Posuvného zásobníku

Délka zásobníku: 220 mm

Rychlost posunu: 12,5 mm/s

Bez možnosti náklonu a zvednutí

- Gravitačního zásobníku

Délka zásobníku: 500 mm

Vnější rozměry: 115 mm x 115 mm

Možnost připevnit optickou závoru

- Rozdělovacího dopravníku

Skládá se ze dvou posuvných dopravníků

Bez možnosti náklonu a zvednutí

Délka prvního dopravníku: 95 mm

Délka druhého dopravníku: 220 mm

- Podkladové desky

Rozměry: 900 mm x 1200 mm x 120 mm

- Ovládacího panelu

Rozměry: 295 mm x 85 mm x 2 mm

- Optických závor

Počet: 3

Druh: WT 150-P 132

Detekovatelná vzdálenost: 20-200 mm

Diametr: 20-200 mm dle vzdálenosti

Napájecí napětí: 24V

Maximální proud: 20mA

Více v [4]

- Inkrementálních snímačů

Počet: 2

Označení ENC 22

Průměr 10 mm, 100 impulsů za otáčku, 2 kanály

Napájecí napětí: 5V

Více v [5]

- Dojezdových snímačů

Počet: 6

Druh: mikrospínač 5A 250V

- Stejnoseměrných motorů

Počet: 7

Motor Maxon A-max, 24V, 3.5W

Průměr 22 mm, 4400 otáček/min

K motoru je připojena převodovka s převodem do pomala

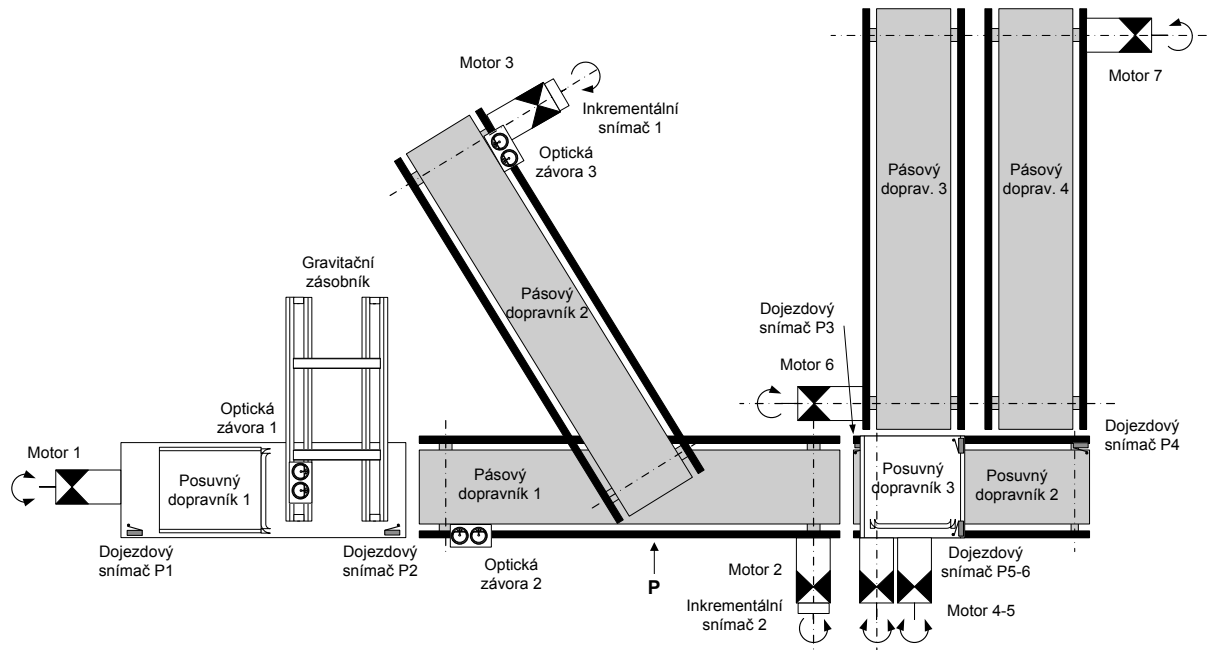
Více v [6]

- Elektronických obvodů

- Napájecí obvod 5V

- Ovládací a řídicí obvody

- Zpracování výstupu čidel a indikační část



Obrázek 2.1: Schéma rozestavení jednotlivých komponent modelu technologického procesu

2.2 Model třídící linky

2.2.1 Popis modelu

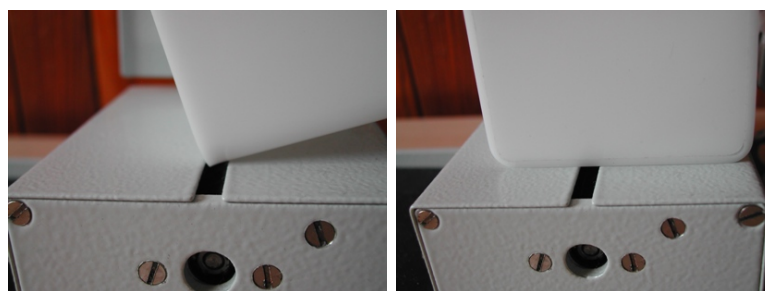
Základní funkcí této linky je rozřídování krabiček dle jejich náplně. Celý proces začíná v gravitačním zásobníku, který má schopnost pojmout až 10 krabiček. Gravitační zásobník plynule navazuje na posuvný, který zároveň zajišťuje zablokování spádu ostatních krabiček při posunu jedné z nich na pás (obrázek 3.2). Na pásovém dopravníku č.1 dochází k naplnění krabičky předmětem. Předmět je dodáván obsluhou na dopravník č.2 a pádem je přenesen do krabičky, která se v okamžiku dopadu nachází v místě P. Poté krabička pokračuje k rozdělovacímu dopravníku, kde je přesunuta dle typu předmětu na jeden

z pásových dopravníků na jejichž koncích je umístěno sběrné místo roztríděných krabiček. Z charakteru procesu je zřejmé, že v něm simultánně probíhá celá řada operací, jejichž synchronizace je jedním z hlavních problémů navrhovaného řízení.

Díličí problémy při tvorbě modelu byly:

- Volba optimální velikosti krabiček.

Ta byla volena s ohledem na šířku pásových dopravníků a na možnosti posuvných dopravníků. Experimentálně byla zjištěna velikost krabičky 65mm x 65mm. S menšími krabičkami docházelo k problémům při přechodu z posuvných dopravníků na pásový dopravník a naopak. Dále byly také upraveny hrany krabiček, aby nedocházelo k zasekávání o hranu na posuvném třídícím dopravníku. Obrázek 2.2 ilustruje celý problém s hranami.



Obrázek 2.2: Špatná hrana, dobrá zaoblená hrana

- Prokluz pásu.

Prokluz je nepříjemný problém vnášející do modelu nepřesnosti. Dochází k němu při rozjezdu a brzdění pásů. Inkrementální snímač otáček v takové situaci napočítá více nebo méně otáček, než odpovídá otočení pásu. Monitorovaná pozice krabičky na pásu je z těchto důvodů zkreslená. Tuto nepříjemnou chybu jsem odstranil robustností modelu a velikostí krabičky. S malými krabičkami nelze zajistit přesnou polohu na pásu, kterou potřebujeme znát pro naplnění krabičky. V mé práci jsem proto prokluz dále nebral v úvahu.

2.2.2 Snímače polohy

Poloha krabičky je nezbytnou informací pro řízení celého modelu. Potřebujeme ji znát stále a nesmíme se v ní zmýlit. Závisí na ní celá funkčnost modelu.

V modelu je využito několik způsobů zjišťování polohy.

1. Pomocí optické závory, která nám podává informaci pouze o tom, zdali se na místě, kam je nasměrována, nachází krabička. Nejistíme však její pomocí za jak dlouho se krabička ocitne na námi požadovaném místě. Detekuje tedy pouze přítomnost krabičky před optickou závorou.
2. Dalším pomocníkem při zjišťování polohy je inkrementální snímač otáček. Z jeho pomocí lze získat informaci o otáčkách motoru. Tato informace spolu s informací od optické závory zajistí nejen přesné určení aktuální polohy krabičky (předmětu) na pásu, ale i její polohu v libovolném následujícím okamžiku.
3. Třetím druhem snímače polohy použitého v modelu jsou mikrospínače, použité jako dojezdové snímače posuvných dopravníků. Mikrospínače jsou umístěny tak, aby podávali informaci o poloze pohyblivé části posuvného dopravníku.

Rozložení jednotlivých snímačů je patrné na obrázku 2.1. Toto rozložení plně zajistí informovanost o polohách krabiček a předmětů. Optická závora na gravitačním zásobníku plní jednoduchou funkci, zjišťuje zdali jsou krabičky v zásobníku. Jakmile krabičky nebudou v zásobníku dostupné, dostaneme o tom informaci. Další optické závory, umístěné na začátku dopravníků 1 a 2, zajišťují informaci o tom, zda krabička (předmět) již dorazila na pás. Nyní budeme monitorovat otáčky motoru, abychom mohli určit, kde se přesně daná krabička nachází. Inkrementální snímače je tedy nutné umístit na první a druhý dopravník. Mikrospínače umístěné na koncích posuvných dopravníků podávají informaci o dojezdu posuvné části na konec tohoto dopravníku a tudíž o nutnosti jejího zastavení. V případě nezastavení posuvné části hrozí poškození, proto je nutné zajistit vliv sepnutí těchto spínačů na řízení. Pro zjištění polohy krabičky využijeme pouze spínače na posuvném dopravníku 2 a 3. Informace od těchto mikrospínačů udává, kde se posuvná část nachází a zdali je možné krabičku na dopravník přesunout.

2.2.3 Popis řízení

Základním problémem při řízení tohoto modelu je synchronizace pohybu jednotlivých dopravníků, zejména dopravníků 1 a 2.

První problém při jejich synchronizaci je zajistit včasné umístění krabičky v naplňovacím místě P. Je zde několik možností řešení tohoto problému. Lze synchronizovat dopravník 1 s dopravníkem 2, který má konstantní rychlost. Toto řešení je v pořádku pokud je dodávání krabiček z gravitačního zásobníku dostatečně rychlé tak, aby nedocházelo k tomu, že v době pádu předmětu krabička nebude na místě P. Dále, pokud bude dopravník 1 čekat na dodání předmětu do krabičky, je nutné zpomalit až pozastavit dodávání krabiček z gravitačního zásobníku, jinak dojde ke kumulování krabiček na dopravníku.

Další méně vhodnou možností je ponechat konstantní rychlost dopravníku 1 a měnit rychlost dopravníku 2. Opět nastává podobný problém, ale v tomto případě jsou nároky na správné dodávky předmětů na obsluze.

Tyto možnosti se zdají nepříliš vhodné, neboť je zatěžována obsluha něčím, co může zajistit systém řízení sám. Rozhodnutí o dodání předmětu na pás by mělo být jen na obsluze a nemělo by být ničím podmíněno, stejně jako požadavek, aby krabička byla opravdu na místě P v době pádu předmětu. Jelikož rychlost dodávání krabiček je omezena nelze toto vždy precizně zaručit. Tyto možnosti proto hodnotím z pohledu řešení jako nezájímavé.

Kombinací obou variant docílíme ideálního řešení. Navržená synchronizace se provádí na základě polohy jak předmětu tak krabičky. Reguluje se rychlost obou dopravníků. Předměty mohou být obsluhou dodávány kdykoliv. V případě nedostupnosti krabičky na místě pádu P se dopravník 2 zpomalí až zastaví a čeká na krabičku, naopak dopravník 1 zrychlí na maximum, aby nedošlo k velkému prodlení. Je-li krabička již dostupná, ale předmět není přítomen, dojde ke zpomalení až zastavení dopravníku 1 a ke zrychlení dopravníku 2. Této třetí možnosti jsem přizpůsobil ovládací a řídicí část modelu.

V těchto úvahách jsme zatím nebrali na zřetel vliv čekací doby před rozdělovacím dopravníkem. Je nutné vyčkat až rozdělovací dopravník bude připraven přijmout další krabičku. Tato doba není nikterak zanedbatelná a podstatně ztěžuje situaci.

2.2.4 Ovládání modelu

V rámci bakalářské práce bylo vytvořeno ruční řízení s určitým stupněm návaznosti na řízení pomocí PLC, jehož řešení bude předmětem navazující diplomové práce. Návrh ručního řízení tohoto modelu jsem se snažil vytvořit co možná nejnázorněji. Obsluha (student) má možnost regulovat rychlosti jednotlivých dopravníků a směry posunu. Nutností je dodávání předmětů na pásový dopravník 2.

Kapitola 3

Technické zpracování

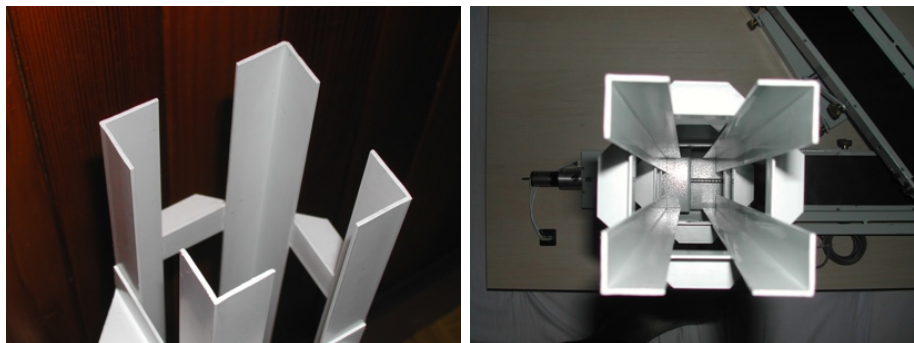
Tato kapitola obsahuje údaje o technickém provedení technologického procesu, důvody volby jednotlivých elektrických zapojení, použité materiály atd.

3.1 Materiální provedení

3.1.1 Gravitační zásobník

Tento jednoduchý prvek plní funkci zásobníku byl vytvořen z plastových profilů tvaru L a z kovového držáku těchto profilů, více obrázek 3.1.

Plastové profily jsou lepeny speciálním lepidlem na plast a rozměrově řešeny tak, aby



Obrázek 3.1: Gravitační zásobník



Obrázek 3.2: Zablokování spádu krabiček

obepínaly krabičku dostatečně pevně, ale přesto nezpůsobily její zaseknutí v zásobníku. Dostatečné obepínání krabičky je důležité při přechodu na posuvný dopravník, kde může dojít k jejímu vzpříčení a tudíž k poruše. Krabička obepnutá profily udržuje svůj směr i při přechodu na dopravník. Při návrhu kovového držáku je důležitá stabilita, jelikož na něj bude vertikálně připevněn zásobník délky 500mm. Tato délka by mohla způsobit při naplňování zásobníku vyvrácení držáku.

3.1.2 Pásový a posuvný dopravník

Pásový dopravník byly vyrobeny na zakázku dle parametrů uvedených v kapitole 2.1. Na výrobu pásů jednotlivých dopravníků byla použita gumotextilie. Aby nedocházelo k velkému prokluzu pásu při vytahání gumotextilie, byl na dopravnících vyroben prvek zajišťující možnost donatažení pásu, obrázek 3.3. Při práci na bakalářské práci došlo k dodatečné úpravě posuvného dopravníku tak, aby mohl spolupracovat s gravitačním zásobníkem. A také byly pozměněny pozice dojezdových spínačů u jednotlivých posuvných dopravníků.



Obrázek 3.3: Natahovač pásu

3.1.3 Podkladová deska

Velikost desky je odvozena od velikostí jednotlivých komponent na desce. Při návrhu desky jsem bral v úvahu možnost na desku umístit také napájecí zdroj, PLC a sběrné místo rozříděných krabiček, které model opouští. Do podkladové desky byly vyvrtány průchodky na přívodní vodiče k motorům a snímačům. Dále je na desce ovládací panel.

3.1.4 Ovládací panel

Na ovládacím panelu jsou přepínače směrů a ovladače rychlostí jednotlivých dopravníků. Jsou zde indikační led diody podávající informaci o poloze krabiček. Velikost ovládacího panelu byla volena vzhledem k počtu prvků na panelu.



Obrázek 3.4: Ovládací panel

3.2 Elektronické zpracování řídicí části

Elektronické zpracování lze rozdělit do několika bodů.

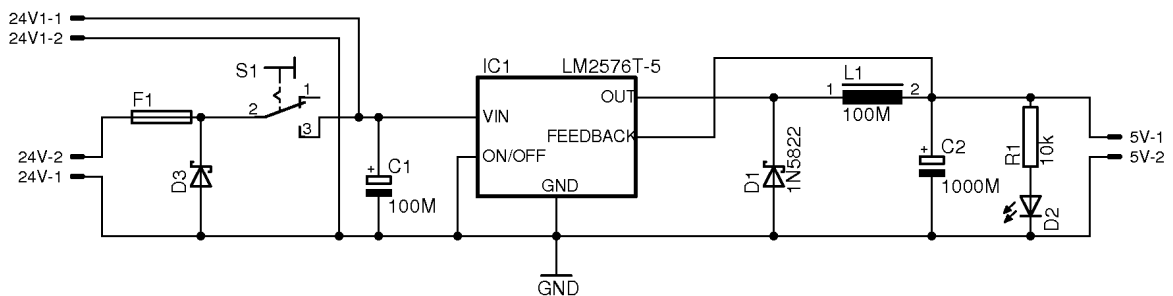
- Napájecí zdroj
- Řídicí část
- Výkonová ovládací část
- Zpracování výstupu čidel
- Část indikační

3.2.1 Napájecí zdroj

Pro napájení technologického procesu je použito jediného zdroje $=24V/6A$. Stejnoseměrné napájecí napětí je přivedeno do hlavního ovládacího panelu, červená zdířka je označena + a černá - . Pro logické obvody je ale potřeba zdroj 5V stejnosměrného napětí. Tento zdroj lze získat z 24V použitím např. obvodu 7805. Z výkonového hlediska je však tento obvod nepoužitelný. Dochází na něm k velkým výkonovým ztrátám. Proto

moje volba padla na spínaný zdroj STEP-DOWN LM2576T [2], který vykazuje mnohem větší účinnost.

K vytvoření spínaného zdroje pomocí LM2576 je potřeba tlumivky, kondenzátorů a diody. Schéma zapojení obvodu je ukázáno na obrázku 3.5. Jmenovité hodnoty součástek jsem převzal z doporučení od výrobce [2]. V obvodu je nutné použít elektrolytické kondenzátory s low ESR. ESR (ekvivalentní sériový odpor) je součet všech vnitřních odporů kondenzátoru, který se udává v ohmech. Hodnota ESR závisí na konstrukci kondenzátoru, kvalitě jeho dielektrika, použitém kmitočtu a teplotě. ESR je velmi důležitým údajem u kondenzátorů, které se používají v impulsních zdrojích. Čím menší je ESR tím lze kondenzátor použít pro vyšší frekvence. Napájecí zdroj obsahuje, z důvodu používání modelu v laboratořích, také ochranu proti přepólování napájecího napětí. Ochrana je řešena jednoduše transilkou zapojenou za pojistkou.



Obrázek 3.5: Napájecí zdroj řešený pomocí obvodu LM2576

Za hlavním vypínačem je vyvedeno 24 V napětí pro motory Maxon, respektive pro napájení H můstku.

3.2.2 Řídicí část

Při návrhu řídicí části je nutné brát v úvahu, že potřebujeme měnit rychlost minimálně třech pásových dopravníků. Posuvné dopravníky jsou velice pomalé, jsou nejpomalejším článkem modelu, tudíž není třeba měnit jejich rychlost. Měníme pouze jejich směr.

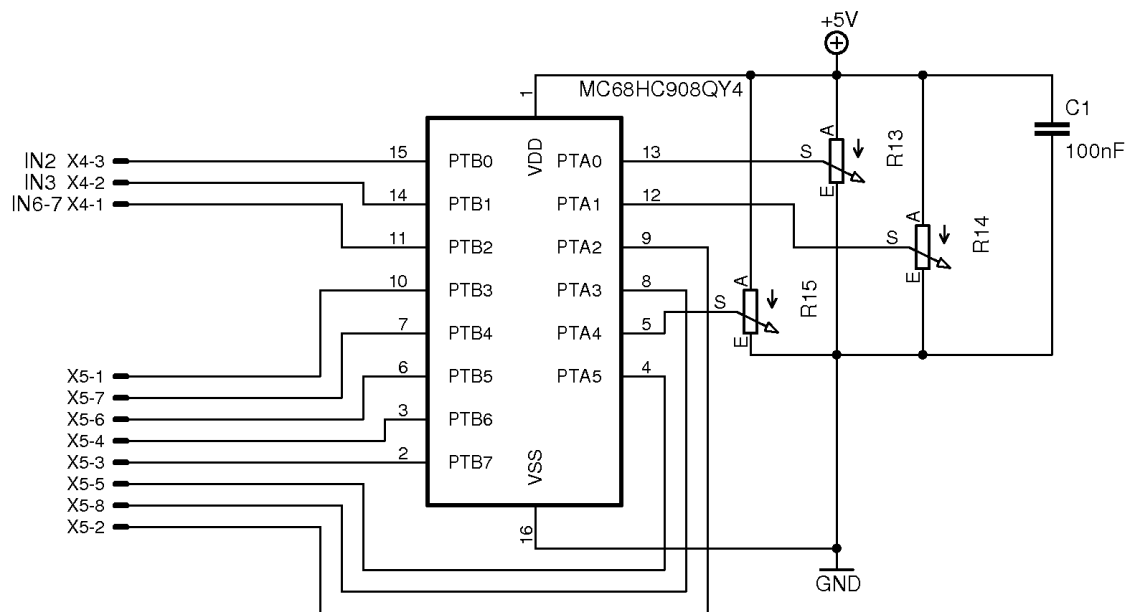
3.2.2.1 Řízení pásových dopravníků

Regulovat rychlost pásových dopravníků lze několika způsoby. Nejčastěji používaným způsobem je regulovat rychlost pomocí PWM. PWM (Pulse Width Modulation), pulsně šířková modulace, je velice jednoduchá a přesná metoda řízení rychlosti otáčení motoru. Základem této modulace je vždy pevná nosná frekvence a měronosnou veličinou je šířka impulsu. Dle šířky impulsu dochází ke změně rychlosti otáčení [1].

V mé práci jsem na tvorbu PWM využil mikrokontrolér Motorola MC68HC908QY4 [7]. Volil jsem právě tento způsob vytvoření PWM, protože jedna součástka dokáže řídit tři dopravníky jen s minimem externích diskrétních součástí. Při využití potřebných pinů, jmenovitě 6+2 napájecí, stále zbyde dostatečné množství (8 pinů) na případné připojení dat z PLC. Mikrokontrolér Motorola lze tedy využít i na vytvoření PW modulátoru řízeného číslem.

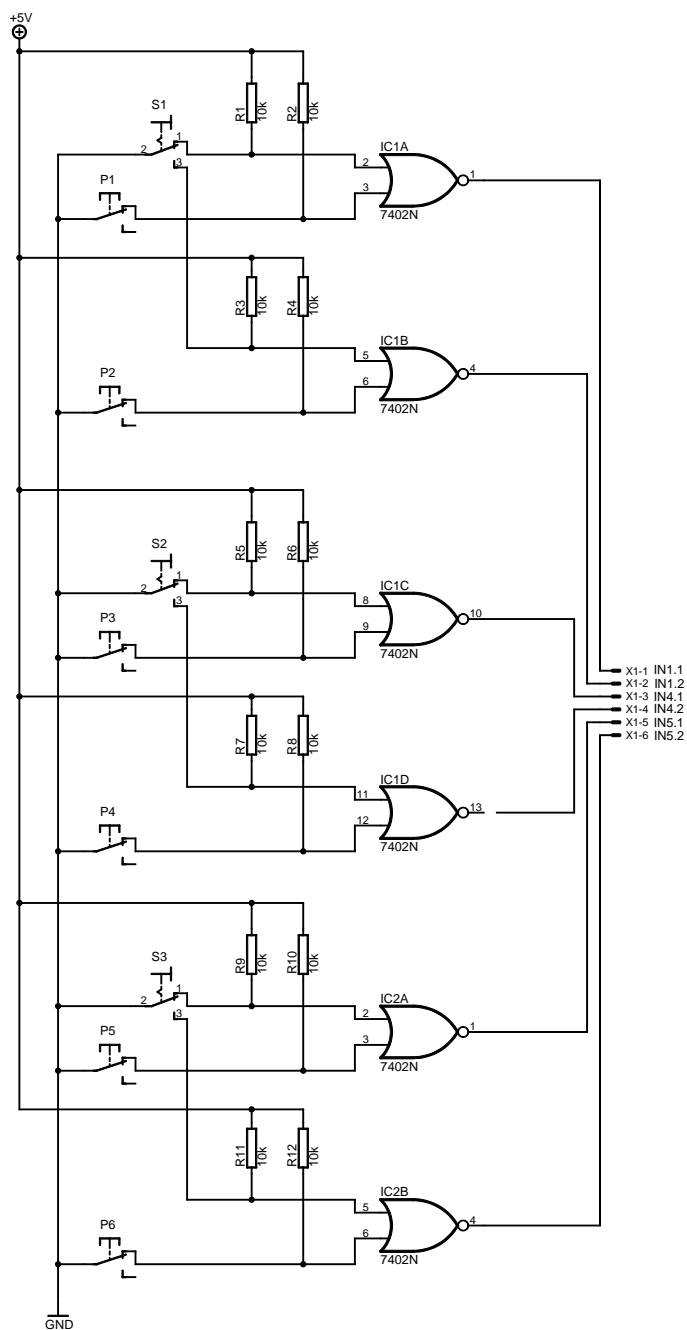
K regulování rychlosti bylo použito tří potenciometrů, jejichž jezdcí jsou připojeni na příslušné piny mikrokontroléru. Základním prvkem, pro tvorbu PWM pomocí mikrokontroléru, je A/D převod napětí přítomného na příslušném pinu (mikrokontrolér obsahuje interní A/D převodník, další z důvodů pro volbu tohoto mikrokontroléru). Napětí na jezdcí, respektive na pinu je převedeno na číslo, ze kterého je v mikrokontroléru vypočtena délka impulsu. Aby bylo možné udržet neustále stejnou pevnou nosnou frekvenci nezávisle na délce trvání A/D převodu a dalších úprav, bylo v programu využito přerušení. Po uplynutí definované doby dojde k přerušení a na výstupní piny se vyšle část PWM signálu. Příslušný kód je přiložen v příloze A. Díky možnostem programování lze zajistit lineární reakci na pohyb potenciometru. Lze totiž posunout pásmo necitlivosti, tedy pásmo, kdy do motoru přicházejí řídicí pulsy, ale jeho otáčivý moment je příliš malý a motor se neotáčí. Lze zajistit i postupný rozběh motoru, aby nedocházelo k prokluzu dopravníku, což je v našem případě nežádoucí. My požadujeme okamžitou reakci na volbu rychlosti, i přes možnost většího proklouznutí pásu.

Pomocí mikrokontroléru jsou ovládány všechny pásové dopravníky. Dopravníky 3 a 4 mají shodnou rychlost, není důvod rozdělovat tyto dopravníky na samostatné regulovatelné prvky.



Obrázek 3.6: Řídící část s mikrokontrolérem MC68HC908QY4

3.2.2.2 Řízení posuvných dopravníků



Obrázek 3.7: Řídicí část s obvody 7402

Při řízení posuvných dopravníků není nutné řídit jejich rychlost, ale jejich směr. Součástí posuvných dopravníků jsou také dojezdové spínače, které je nutné použít v obvodech řízení. Dojezdové spínače jsou na obrázku 3.7 označeny písmenem P. V klidovém stavu, kdy dopravník čeká na krabíčku, je vždy jeden z dvojice spínačů P sepnutý a druhý rozepnutý. V případě dojezdu posuvné části na spínač dojde k jeho rozpojení tudíž k logické '1' (5V) na vstupu hradla. Přepínači S je určován směr pohybu posuvných dopravníků. Sepnutím spínače S se na vstup hradla přivede logická '0' (GND). Je nutné zajistit, aby dojezdové spínače způsobily zastavení dopravníku a aby nemohlo dojít k jeho opětovnému rozjezdu tímž směrem. K tomuto řešení byly použity hradla NOR, jež splňují přesně naše požadavky. Každé hradlo ovládá jeden směr pohybu a jsou do něj přivedeny signály z dojezdového spínače a přepínače směru. Výstupy hradel jsou přivedeny na vstup příslušného H můstku.

Tabulka 3.1: Tabulka směrů v závislosti na vstupních signálech H můstku

INP1	INP2	Směry
0	0	Motor stojí
0	1	Jeden směr
1	0	Druhý směr
1	1	Motor stojí

Tabulka 3.2: Pravdivostní tabulka logické funkce NOR

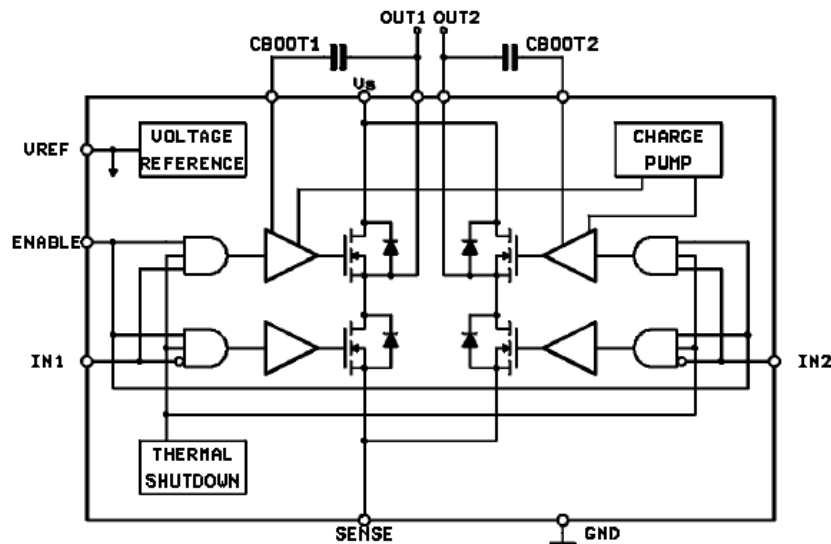
P	S	$\overline{X + Y}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Z pravdivostní tabulky lze vyčíst, že v případě rozepnutí dojezdového spínače P (log. 1 na jednom ze vstupů hradla NOR) do vstupu H můstku přichází logická 0. Tudíž je

blokován jeden směr. A jelikož nelze rozepnout oba dojezdové spínače téhož dopravníku je zajištěna možnost pohybu dopravníku druhým směrem. Motor stojí v případech kdy není navolen žádný směr, ale i v případě volby obou směrů naráz, čehož při použití přepínačů nelze docílit.

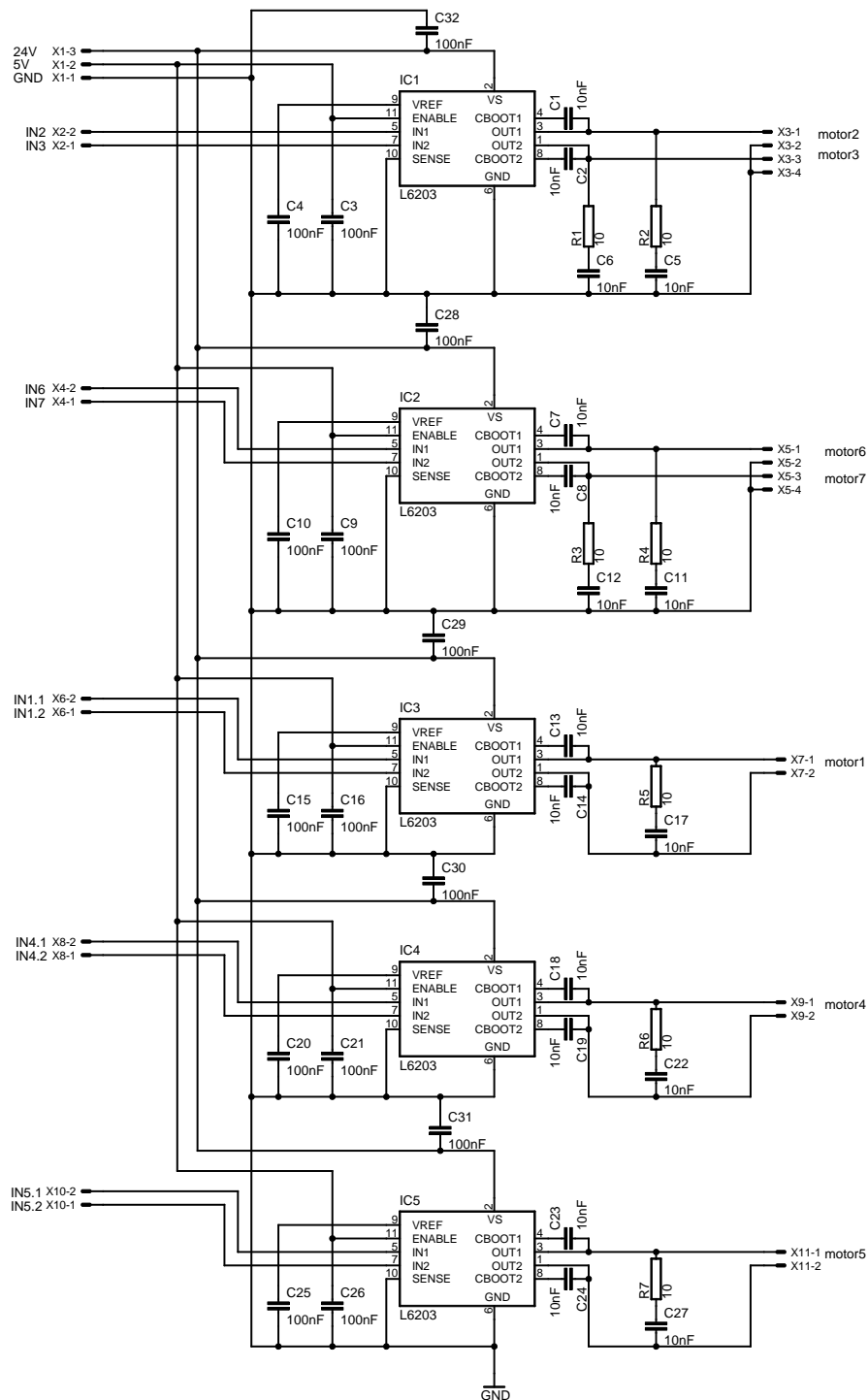
3.2.3 Výkonová ovládací část

Jednotlivé motory Maxon 3.5W/24V jsou řízeny PWM modulací s využitím H můstku obvodu L6203. Funkce a parametry jsou detailněji popsány v [3]. Vnitřní schéma obvodu je na obrázku 3.8. Obvod L6203 plně vyhovuje požadavkům na funkci modelu technologického procesu. A tam, kde je vyžadováno pouze řízení rychlosti otáček motoru v jednom směru, nikoliv směr otáčení jako takový, lze s výhodou využít pouze jedné poloviny H můstku. Krátkodobé proudové špičky, které se při maximálním zatížení motoru pohybují až na hranici 600mA nevyžadují jeho chlazení. Kdyby proudové špičky byly častější a docházelo tak k přehřívání obvodu, dojde k samovolnému odpojení.



Obrázek 3.8: Vnitřní struktura obvodu L6203

Výkonová část pro řízení motorů se zapojením jednotlivých H můstků je uvedena ve schématu na obrázku 3.9.



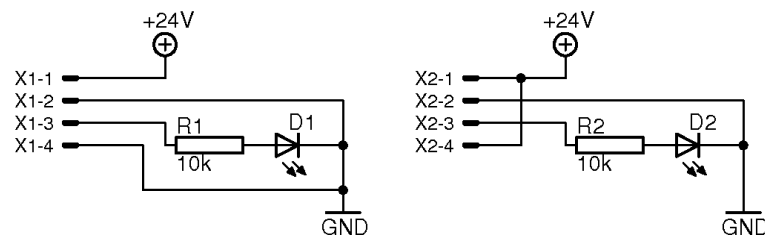
Obrázek 3.9: Výkonová ovládací část pro řízení motorů

3.2.4 Zpracování výstupu čidel a indikační část

V rámci této práce byly zpracovány výstupní signály z

- optických závor

Výstupní signály jsou přivedeny do indikační části nacházející se na ovládacím panelu (obrázek 3.4). Zpracování těchto výstupů má pouze informativní charakter a není nutnou součástí k plné funkčnosti ručního řízení tohoto modelu. Optická závora na gravitačním zásobníku indikuje přítomnost krabíčky v zásobníku, tudíž indikační led dioda na ovládacím panelu se rozsvítí pouze v případě, že v zásobníku už se žádná krabíčka nenachází (rozeprnutí závory). Naopak optické závory na počátcích dopravníků indikují příchod krabíčky na pás rozsvítí indikační led diody pouze při seprnutí závory. Jsou tedy dva druhy zapojení indikačních led diod. V jednom případě je na výstupu v klidovém stavu napájecí napětí, respektive 24V, a v druhém 0 V. Na optické závoře lze navolit příslušný stav odpovídající potřebnému výstupu. To se provádí napětím na řídicím vodiči. V případě nezapojení řídicího vodiče nebo připojení na zem se v klidovém stavu na výstupu objeví 24V. Naopak při připojení na napájecí napětí je v klidovém stavu na výstupu 0V.



Obrázek 3.10: Způsoby zapojení indikační části optických závor

- dojezdových spínačů

Použití těchto spínačů bylo objasněno již v podkapitole Řízení posuvných dopravníků 3.2.2.2.

Výstupní signály z inkrementálních snímačů otáček nemají pro ruční řízení význam a budou použity až pro řízení pomocí PLC. Proto jsem v mé práci tyto výstupy nezpracovával.

Kapitola 4

Závěr

V rámci bakalářské práce jsem navrhl a vytvořil model technologického procesu, třídící linky. Vytvořil jsem fyzický model a ruční řízení s částečnou navázaností na řízení pomocí PLC. Fyzický model odpovídá našim požadavkům. Na modelu byly umístěny optické závory a inkrementální snímače otáček tak, aby se jejich pomocí dala přesně určit poloha krabíčky. Dále byly upraveny dopravníky tak, aby se dali plnohodnotně použít v našem modelu. Bylo vytvořeno ruční řízení modelu. Lze s ním řídit všechny čtyři pásové dopravníky s tím, že dva mají společnou rychlost. Dále lze ovládat směry posuvných dopravníků. Návrh řízení byl volen tak, aby bylo co nejsnadněji možné připojit obvody potřebné k řízení pomocí PLC. V rámci bakalářské práce zde ale není periferie na připojení PLC a žádné přizpůsobovací obvody. Na ovládacím panelu je indikační část, na kterou jsou připojeny příslušné optické závory. Celý model byl řešen tak, aby se v případě potřeby dal lehce rozložit a složit. Model je plně funkční a lze s ním provádět potřebné simulace pro další práci na něm.

Literatura

- [1] VYSOKÝ, O., *Elektronické systémy II*, Vydavatelství ČVUT, 2002, Praha.
- [2] LM2576 - *SIMPLE SWITCHER® 3A Step-Down Voltage Regulator*, NATIONAL semiconductor, 1990, [⟨http://www.national.com⟩](http://www.national.com).
- [3] L6203 - *DMOS FULL BRIDGE DRIVER*, STMicroelectronics, 1997, [⟨http://www.st.com⟩](http://www.st.com).
- [4] WT150 P132 - *Photoelectric proximity switch*, SICK Optic-Electronic Co.Ltd, [⟨http://www.sick.com⟩](http://www.sick.com).
- [5] ENC 22 - *Digital-Encoder*, Maxon motor, [⟨http://www.maxonmotor.com⟩](http://www.maxonmotor.com).
- [6] A-MAX 22 - *DC motor*, Maxon motor, [⟨http://www.maxonmotor.com⟩](http://www.maxonmotor.com).
- [7] MOTOROLA MC68HC908QY4 - *Microcontroller*, Freescale semiconductor, [⟨http://www.freescale.com/⟩](http://www.freescale.com/).

Příloha A

Kód

```
#include <hidef.h> /* EnableInterrupts macro */
#include <MC68HC908QY4.h>
// jezdcí potenciometru jsou připojeni na jednotlivé kanály
// AD převodníku PTA0, PTA1, PTA4
#define pwm1 PTB_PTB0 //definování výstupu PWM
#define pwm2 PTB_PTB1
#define pwm3 PTB_PTB2
unsigned char rychlosti[] = {0,0,0};

void main(void) {
unsigned char kanal=0;
unsigned char převod=0;
TSC_TSTOP=1;//TIMER
TSC_TRST=1;
TSC_PS2=1;//prescaler 64×
TSC_PS1=1;
TSC_PS0=0;
TSC_TOIE=1;//povolení prerušeni
TSC_TSTOP=0;
TMOD=0x0001;//nastavení časovace
```

```
ADICLK=0x80;//AD převodník
DDRB=0xFF;
EnableInterrupts;

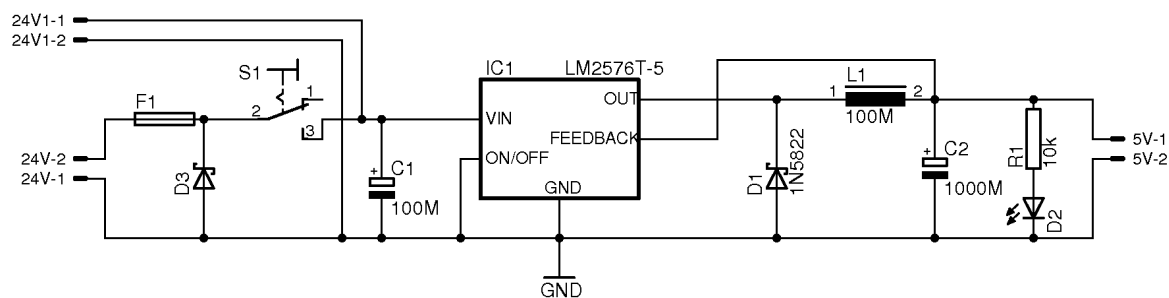
for(;;){
char hodnota = 0;
__RESET_WATCHDOG();
ADSCR=kanal&0x03;//nastavení kanálu
while(ADSCR_COCO == 0){};//čekání na převod
hodnota = ADR;
if(hodnota>250) rychlosti[kanal]=135;//saturace
else if(hodnota<5) rychlosti[kanal]=0;//stop
else rychlosti[kanal] = (hodnota+20)/2;//linearizace
kanal++;if(kanal==3)kanal=0;//další kanál ADC
}
}

interrupt 6 void tim0overflow(void){
static char pwm_cnt = 0;
TSC_TOF=0;
if(pwm_cnt<rychlosti[0])pwm1=1; else pwm1=0;
if(pwm_cnt<rychlosti[1])pwm2=1; else pwm2=0;
if(pwm_cnt<rychlosti[2])pwm3=1; else pwm3=0;
pwm_cnt++;
if(pwm_cnt==135){
pwm_cnt=0;
}
}
```

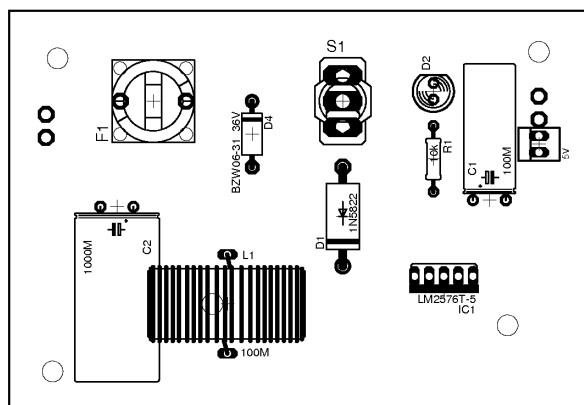
Příloha B

Plošné spoje

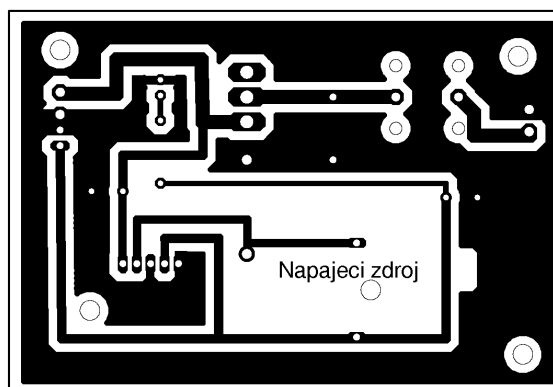
B.1 Napájecí zdroj



Obrázek B.1: Napájecí zdroj řešený pomocí obvodu LM2576



Obrázek B.2: Plošný spoj - napájecí zdroj - osazení součástek

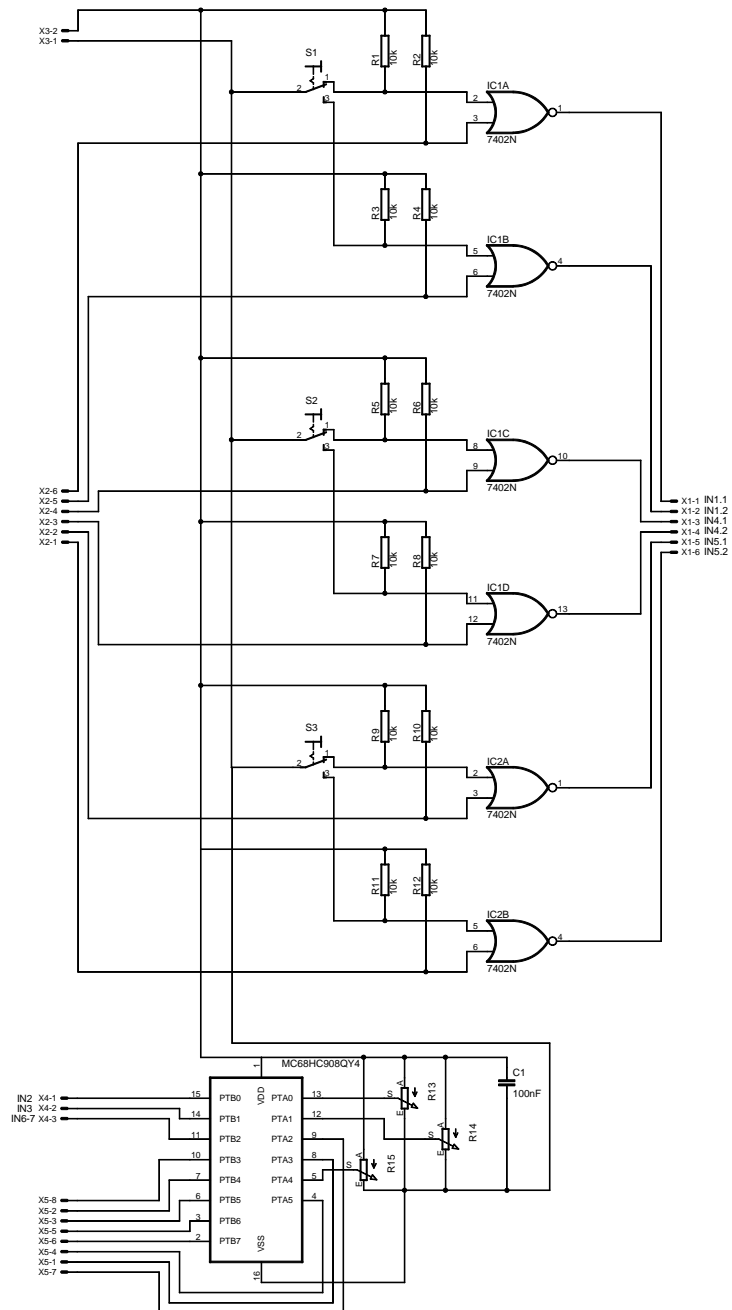


Obrázek B.3: Plošný spoj - napájecí zdroj - strana spojů

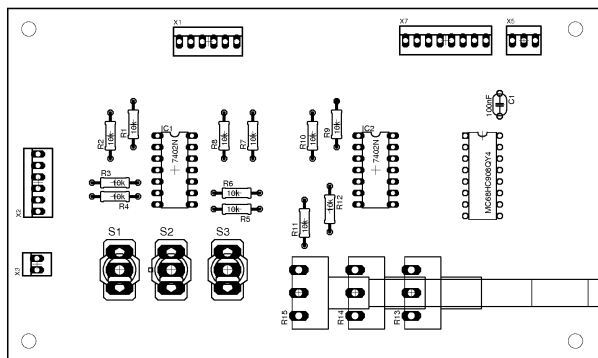
Tabulka B.1: Seznam použitých součástek

Položka	Počet	Reference	Hodnota
1	1	IC1	LM2576T-5
2	1	C1	E 100M/50VI
3	1	C2	E 1000M/25VI
4	1	L1	DPU 100A3
5	1	D1	1N5822
6	1	D2	D155
7	1	D3	BZW06-31
8	1	F1	FSF06.3
9	1	S1	P-KNX1
10	1	R1	RR 10k
11	2	Konektor se zámkem	SPK2

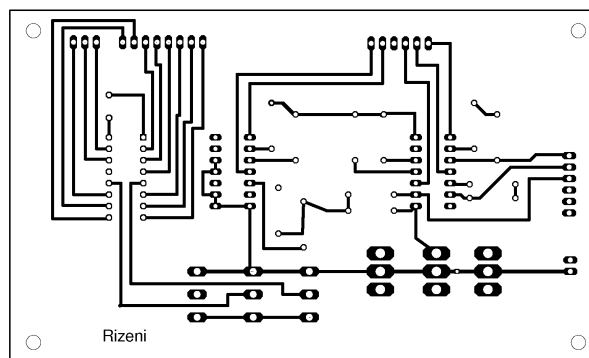
B.2 Řídicí část



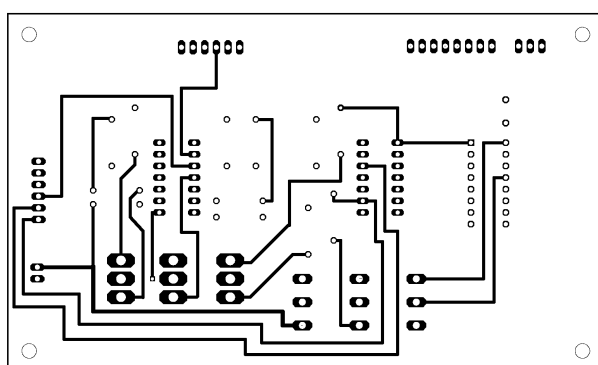
Obrázek B.4: Řídicí část s obvody 7402 a s mikrokontrolérem MC68HC908QY4



Obrázek B.5: Plošný spoj - řídicí část - osazení součástek



Obrázek B.6: Plošný spoj - řídicí část - strana spojů



Obrázek B.7: Plošný spoj - řídicí část - strana součástek

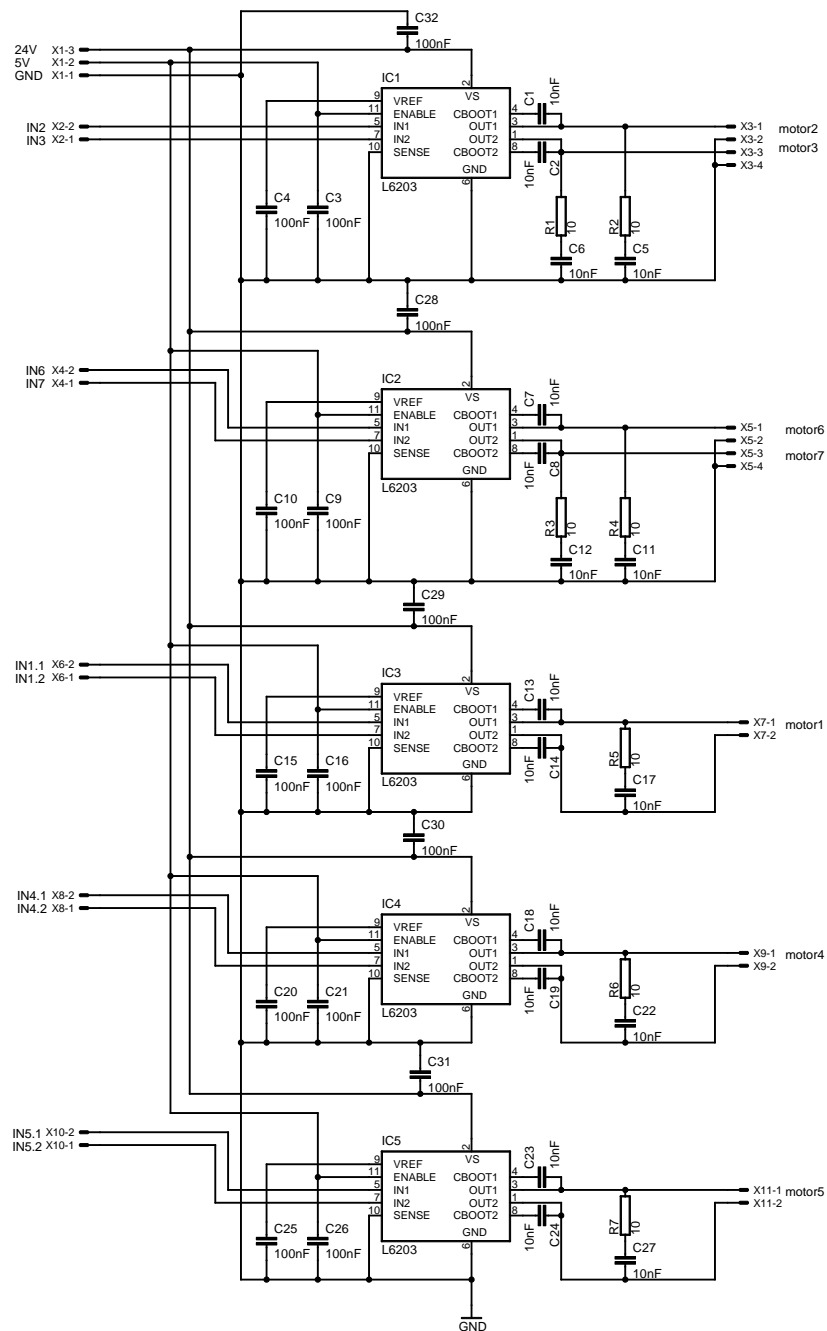
Tabulka B.2: Seznam použitých součástek

Položka	Počet	Reference	Hodnota
1	12	R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12	RR 10k
2	3	S1, S2, S3	P-KNX3
3	2	IC1, IC2	74HC02
4	1	MC68HC908QY4	MC68HC908QY4
5	3	R13, R14, R15	MLK010
6	1	C1	CK 100N/63V
7	1	Konektor se zámkem	SPK2
8	1	Konektor se zámkem	SPK3
9	2	Konektor se zámkem	SPK6
10	1	Konektor se zámkem	SPK8

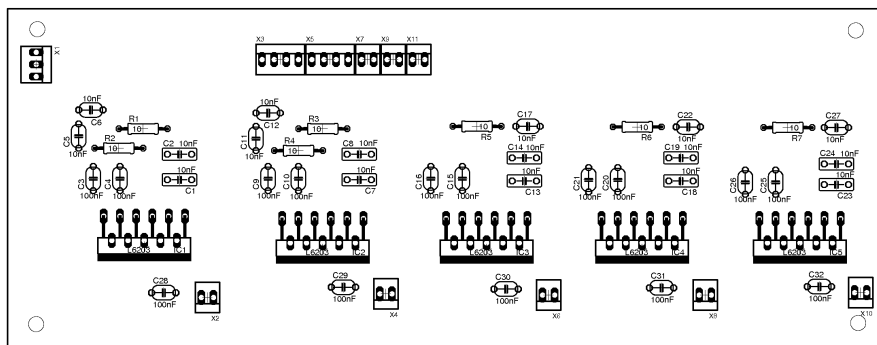
Tabulka B.3: Propojení konektorů

Konektor	Připojení
X1-1	Výkonová ovládací část X6-2
X1-2	Výkonová ovládací část X6-1
X1-3	Výkonová ovládací část X8-2
X1-4	Výkonová ovládací část X8-1
X1-5	Výkonová ovládací část X10-2
X1-6	Výkonová ovládací část X10-2
X2-1	Dojezdový spínač P6
X2-2	Dojezdový spínač P5
X2-3	Dojezdový spínač P4
X2-4	Dojezdový spínač P3
X2-5	Dojezdový spínač P2
X2-6	Dojezdový spínač P1
X3-1	Napájecí napětí GND
X3-2	Napájecí napětí 5V
X4-1	Výkonová ovládací část X4-1, X4-2 (PWM pás 3)
X4-2	Výkonová ovládací část X2-1 (PWM pás 2)
X4-3	Výkonová ovládací část X2-2 (PWM pás 1)

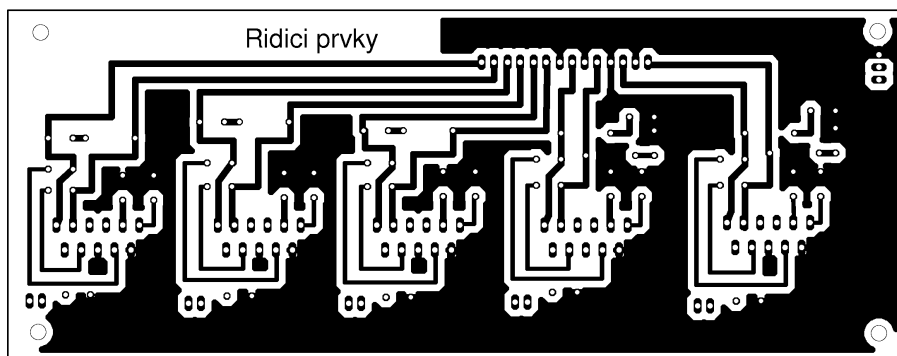
B.3 Výkonová ovládací část



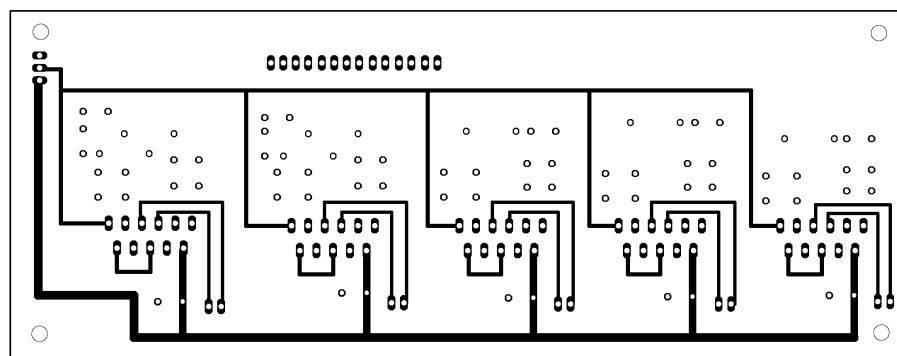
Obrázek B.8: Výkonová ovládací část pro řízení motorů



Obrázek B.9: Plošný spoj - výkonová ovládací část - osazení součástek



Obrázek B.10: Plošný spoj - výkonová ovládací část - strana spojů



Obrázek B.11: Plošný spoj - výkonová ovládací část - strana součástek

Tabulka B.4: Seznam použitých součástek

Položka	Počet	Reference	Hodnota
1	7	R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7	RR 10R
2	10	C1, C2, C7, C8, C13, C14, C18, C19, C23, C24	CF2-10N/J
3	15	C3, C4, C9, C10, C15, C16, C20, C21, C25, C26, C28, C29, C30, C31, C32	CK 100N/63V
4	5	IC1, IC2, IC2, IC3, IC4, IC5	L6203
5	8	Konektor se zámkem	SPK2
6	2	Konektor se zámkem	SPK4