



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

NÁVRH A REALIZACE MALOSÉRIOVÉ VÝROBNÍ LINKY

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SMALL-LOT PRODUCTION LINE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Petr Šíl

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Daniel Zuth, Ph.D.

BRNO 2016

ZADÁNÍ VŠKP 1

ZADÁNÍ VŠKP 2

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá návrhem a řízením malosériové výrobní linky, pro výrobu PVC/HT tvarovek. Jedná se o přestavbu zastaralé poloautomatické linky na plně automatickou. Výrobní linka obsahuje vytlačovací stroj, řezací jednotku, jednotku odtahu, tři lisovací stroje a manipulátor. Každý stroj obsahuje vlastní řízení. Pro řízení jednotlivých strojů byla vybrána základová deska s mikrokontrolerem ATmega128 a k ní navržena výkonná část vstupů a výstupů. Mezi stroji je jednoduchá komunikace. Pro přestavbu každé části linky byly zvoleny vhodné prvky. Celý systém je naprogramován ve vývojovém prostředí AVR Studio4.

ABSTRACT

This Master's Thesis is focused on the design and control of a small-series production line, for the production of segmetal arches and plastic reductions. It is about the conversion from a semi-automatic line to a fully automatic line. The production line consists of an extruder, a cutting unit, a exhaust unit, three pressing machines and a manipulator. Every single machine has a custom control for which was selected a baseplate with microcontroller ATmega 128 and designed powerful part of inputs and outputs. There is a simple communication between the machines. Appropriate elements were used for conversion of every individual part of the production line. The whole system is programmed with software called AVR Studio4.

KLÍČOVÁ SLOVA

Malosériová výrobní linka, Vytlačovací stroj, Řezací jednotka, ATmega128, AVR Studio4, Manipulátor, Mikroprocesor, Servomotor, LCD displej, Stejnoseměrný motor, H-můstek

KEYWORDS

Small-lot production line, Extruder, ATmega128, Cutting unit, AVR Studio4, Manipulator, Microprocessor, Servo-engine, LCD display, Direct current engine, H-bridge

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠÍL, P. *Návrh a realizace malosériové výrobní linky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 71 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Daniel Zuth, Ph.D..

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Danielu Zuthovi, Ph.D. za odbornou pomoc, kterou mi poskytl v průběhu psaní této diplomové práce.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Daniela Zutha, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 29.05.2016

.....

Šíl Petr

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	VÝROBNÍ LINKY	17
2.1	Vytlačovací výrobní linka trubek a profilů	17
2.2	Popis jednotlivých částí linky	18
2.2.1	Vytlačovací stroj	18
2.2.2	Vytlačovací hlava.....	19
2.2.3	Kalibrační zařízení	21
2.2.4	Dělicí nebo řezací zařízení	22
2.2.5	Vytlačovací vyfukovací zařízení.....	22
2.3	Další prvky pro výrobní linky	23
2.3.1	Pneumatické válce	23
2.3.2	Elektroventily.....	24
2.3.3	Vakuový ejektor.....	25
2.3.4	Spínané zdroje.....	25
2.3.5	Stejnoseměrný motor	26
2.3.6	H-můstek	27
2.3.7	Servomotory.....	28
2.3.8	LCD displej	31
2.3.9	Elektromagnetické brzda.....	31
2.4	Druhy řídicích jednotek.....	32
2.4.1	Programovatelný automat	32
2.4.2	Řízení pomocí PC	34
2.4.3	Mikrokontroléry	35
2.5	Popis základové desky s mikrokontrolerem ATmega128.....	36
2.5.1	Vlastnosti základové desky	37
2.5.2	Vlastnosti mikrokontroleru ATmega128-16AU	38
2.5.3	Přerušení	40
2.5.4	Čítač	40
2.5.5	I/O porty.....	41
2.5.6	Watchdog	41
3	POPIS PŘEDCHOZÍ VÝROBNÍ LINKY	43
3.1	Popis lisovacího stroje.....	44
3.2	Popis řídicí části strojku	45
4	MODERNIZACE VÝROBNÍ LINKY	47
4.1	Požadavky zadavatele	47
4.2	Blokové schéma modernizované linky	48
4.3	Řídicí jednotka	49
4.3.1	Zapojení vstupů a výstupů na výkonové části	50
4.3.2	Zapojení H-můstek.....	51
4.3.3	Komunikace	51
4.3.4	Použití LCD displeje.....	52
4.4	Lisovací stroj.....	53
4.4.1	Přední panel lisovacího stroje	53
4.4.2	Vyhazovací jednotka lisovacího stroje	54
4.5	Manipulátor	55
4.5.1	Ovládací panel manipulátoru	56

4.5.2	Uchopovací zařízení.....	56
4.5.3	Poplašné zařízení	57
4.6	Řezací jednotka a jednotka odtahu.....	58
5	PROGRAM ŘÍZENÍ VÝROBNÍ LINKY	59
5.1	Vývojový diagram programu lisovacího stroje.....	61
5.2	Vývojový diagram programu pro manipulátor	62
5.3	Vývojový diagram programu pro řezací jednotku a jednotku odtahu.....	63
6	ZHODNOCENÍ.....	65
7	ZÁVĚR.....	67
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	69
9	SEZNAM PŘÍLOH	71

1 ÚVOD

Předmětem této diplomové práce je návrh a realizace malosériové výrobní linky, která v rámci projektu řeší přestavbu a modernizaci stávající zastaralé výrobní linky. Jedná se o návrh řízení jednotlivých částí linky a současné zvýšení výrobních kapacit. Na této lince se vyrábějí speciální HT/PVC redukce a tvarovky, kdy z vytlačovacího stroje je vytlačován profil trubky (parizon), který se oddělí na požadovanou délku, manipulátorem je odebrán a vložen do lisovacího stroje, který vyrobí požadovaný tvar.

V této práci se částečně opírám o svoji bakalářskou práci, ve které jsem řešil řízení modelu manipulátoru pomocí mikrokontroléru, kde jsem se věnoval návrhu elektroniky, zvolení vhodných prvků, řídicí jednotky a programování. V této diplomové práci používám některé stejné prvky, jako jsou mikrokontrolér ATmega128, H-můstek nebo LCD displej.

V první kapitole této práce se zabývám popisem výrobní linky na vytlačování uzavřených i otevřených profilů, trubek, tvarovek a popisem důležitých částí výrobní linky, jako jsou vytlačovací stroj a jeho části, kalibrace, dělicí zařízení, lisovací stroje, atd. Dále jsou popsány některé prvky použité ve výrobních linkách, zejména ty, které jsou použity ve výrobní lince pro její modernizaci. U některých prvků je popis jejich řízení. V další kapitole jsou popsány vhodné řídicí jednotky pro řízení výrobních linek, jejich výhody a nevýhody. Na konci kapitoly je podrobně popsána zvolená řídicí jednotka mikrokontroler ATmega128, její periferie, a možnosti programování.

Následuje popis předchozí výrobní linky a stručný popis výroby některého z vyráběných produktů. Původní výrobní linka byla pro dnešní vysoké ekonomické nároky a kvalitu velice neefektivní, nebylo možné rozšířit výrobu o další produkty, bez zvýšení počtu zaměstnanců. Bylo rozhodnuto modernizovat linku k plně automatické výrobě, tím zvýšit její produktivitu a snížit náklady. Z ekonomických důvodů se přistoupilo k modernizaci, nejlevnějším způsobem, který je stále ve fázi vývoje a možných změn.

Další podstatná část diplomové práce obsahuje požadavky zadavatele, celkové blokové schéma modernizované linky, návrh řídicí jednotky, které je použita pro všechny modernizované stroje ve výrobní lince a konkrétní popis přidaných modernizovaných částí strojů a popis nových strojů.

Poslední část diplomové práce se zabývá ukázkou postupu výroby a jednotlivými vývojovými diagramy programu pro stroje výrobní linky. U blokového schématu výrobní linky je popsán konkrétní postup výroby konečného produktu. Vývojové diagramy zařízení detailně popisují chod programu jednotlivých strojů.

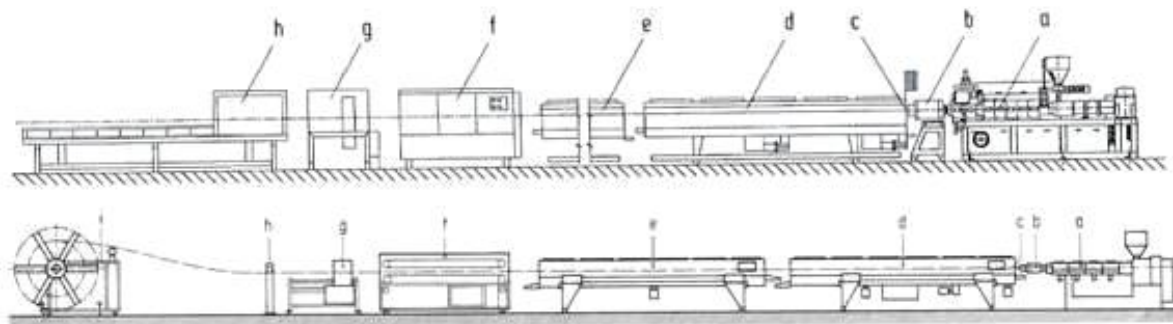
2 VÝROBNÍ LINKY

Velká část dnešních produktů se vyrábí na výrobních a montážních linkách. Výrobní linka je zařízení, které se skládá z jednotlivých částí. Výrobní linka má zlevnit výrobu, zrychlit, zpřesnit a celkově optimalizovat výrobní proces.

Pro dnešní svět jsou nepostradatelné výrobky z plastů. Používají se snad ve všech odvětvích průmyslu. Dnešní výrobní linky používají převzaté technologické postupy z příbuzných odvětví, například zpracování kaučuku nebo kovu. V posledních letech se v řízení funkcí strojů stále více uplatňuje automatizace a robotizace potřebných mechanických a obslužných částí. U moderních výrobních linek pro zpracování plastů je snaha snížit počet pracovníků na minimum. Pracovníci kontrolují, seřizují a vytvářejí dozor nad jednotlivými částmi nebo nad celou linkou. V plně automatizovaných provozech pracují stroje již bez obsluhy a lidského dozoru, ale pracovníci i v těchto provozech musejí vykonávat údržbu a výměnu vyfukovacích nebo vstřikovacích forem. Tam kde jsou pracovníci nepostradatelní je nabíhání výroby, která může trvat několik minut, ale i hodin. V této době se stabilizují teploty na strojích, časové intervaly jednotlivých kroků, tlaky a další parametry např. se mohou jemně seřizovat hlavy vytlačovacích strojů nebo části forem.

2.1 Vytlačovací výrobní linka trubek a profilů

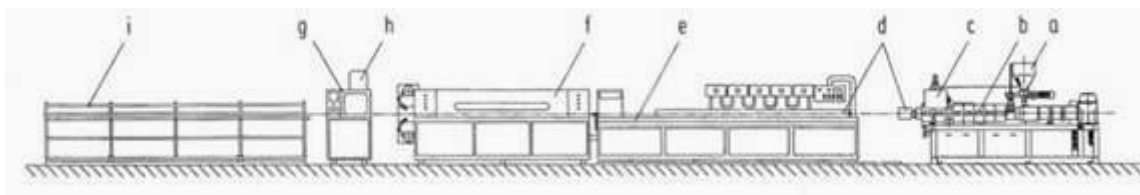
Linka na vytlačování uzavřených i otevřených profilů a trubek se skládá ze šnekového vytlačovacího stroje (extruder), vytlačovací hlavy a dalších zařízení měřicího, kalibračního, chladicího, odtahovacího, dělicího a navíjecího. Linka může také obsahovat samostatné stroje pro úpravu vytlačovaného polotovaru, který je dále upravován vyfukováním, vytlačováním do forem. Používají se jednošnekové nebo dvoušnekové vytlačovací stroje. Jednošnekové vytlačovací stroje se používají pro výrobu PVC(polyvinylchlorid) trubek a tvarovek. Na obr. 1 je zobrazena výrobní linka pro výrobu PVC trubek.



Obr. 1) Linka na výrobu trubek z PVC [1]

*a – vytlačovací stroj, b – vytlačovací hlava, c – kalibrace, d – kalibrační jednotka,
e – chlazení, f – měřicí zařízení, g – dělicí zařízení, h – odkládací zařízení, i – navíjení*

Dvoušnekové vytlačovací stroje se hlavně používají pro zpracování PP (polypropylen), který je náročnější na zpracování. obr. 2 výrobní linka pro výrobu PP trubek a zpracování měkčeného PVC.



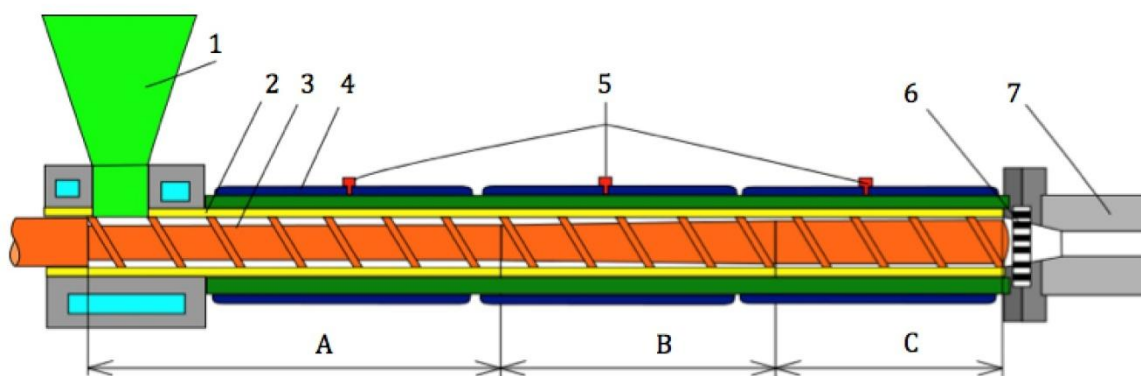
Obr. 2) Vytlačovací linka pro výrobu z PP a měkčeného PVC [1]

a – násypka, b – dvoušnekový vytlačovací stroj, c – kontrola, d – vytlačovací hlava a kalibrace, e – kalibrační podtlaková jednotka, e – chlazení, f – měřicí zařízení, g – dělicí zařízení, h – kontrola, i – odkládací zařízení

2.2 Popis jednotlivých částí linky

2.2.1 Vytlačovací stroj

Vytlačovací stroj (extrudér) obr. 3 je zařízení pro výrobu nejrůznějších typů profilů, desky, dráty trubky s konstantním průměrem. Vytlačovací stroj se skládá z mechanicky velice pevného rámu, ve kterém je uložen pohonný elektromotor s plynule řiditelným počtem otáček a převodovka na pracovní šnek. Šnek se otáčí v ocelovém válci, který je zahříván v několika zónách, elektrickým topením s PID regulací. Na začátku komory je násypka na zpracovávány granulát v našem případě buď PVC nebo PP, který je odebírá šnekem. Šnek granulát dopravuje přes několik topných částí k vytlačovací hlavě. Při průchodu válcem se materiál promíchává, homogenizuje, převádí do plastického stavu a pod tlakem vytlačuje přes tzv. lamač, který provádí další homogenizaci, do hubice. Lamač obvykle podpírá síto zachycující případné nečistoty. Materiál vstupuje na konec vytlačovací hlavy, kde získává tvar profilu trubky s požadovaným průměrem a tloušťkou stěny. Nebo se polotovar může dále upravovat v lisovacích formách.



Obr. 3) Vytlačovací stroj (extrudér)[2]

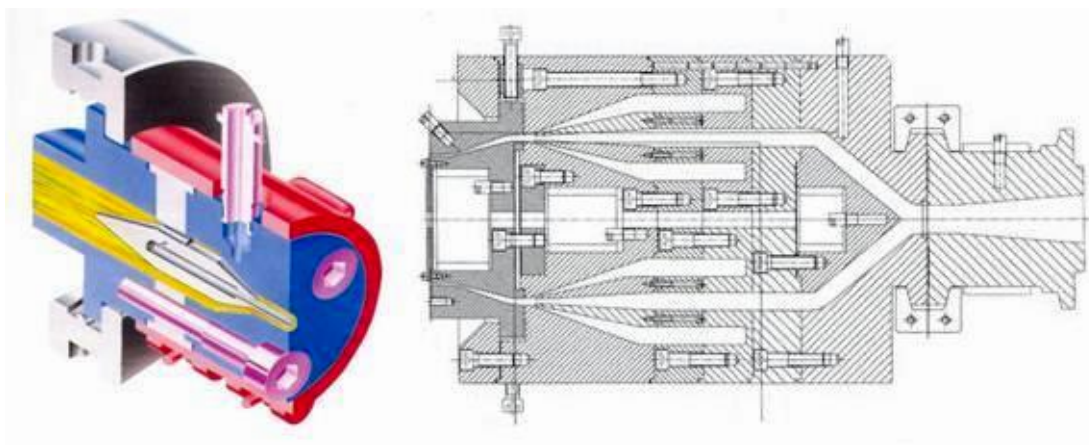
1-Plnicí část (násypka), 2-Válec, 3-Šnek, 4-Elektrická topná tělesa, 5-Termočlánky k měření teploty v zónách A B C, 6-Lamač, 7-Vytlačovací hlava.

2.2.2 Vytlačovací hlava

Vytlačovací hlava je část stroje, ve které dopravovaný materiál získává definitivní, ale nezafixovaný tvar. Hlava musí zaručovat pravidelný a trvalý tok taveniny. Nesmí v ní být žádné problematické prostory, ve kterých by se tavenina mohla brzdit nebo dokonce zastavit, protože by tavenina zůstala v kontaktu s vyhřívanou částí hlavy, kde by se mohla tzn. napálit a degradovat. Mezi konec šneku a vytlačovací hlavu se vkládá *lamač*, což je děrovaná deska s otvory (3 až 8 mm) pro konečnou homogenizaci taveniny. Hlava bývá připojena k válci šneku buď šroubením, nebo bajonetovým a objímkovým uchycením.

Podle konstrukčního uspořádání rozdělujeme vytlačovací hlavy na hlavy přímé, nepřímé, širokoštěrbinové a speciální.

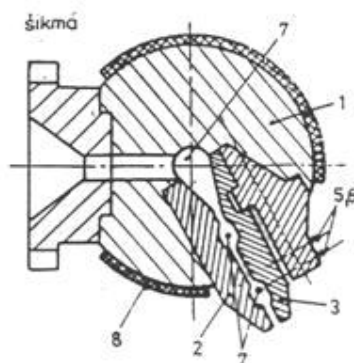
- **Přímé vytlačovací hlavy:** vytlačování uzavřených symetrických profilů, jako jsou např. trubky, hadice nebo uzavřených nesymetrických profilů, jako je např. okenní profil. obr. 4.



Obr. 4) Přímé hlavy na trubky [1]

vlevo - schéma, vpravo - hlava pro vícevrstvé trubky

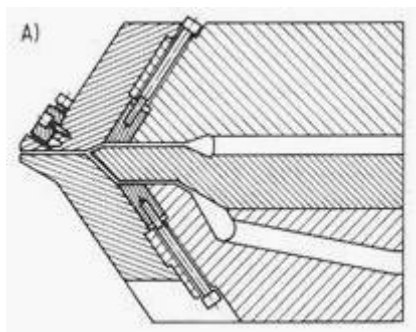
- **Nepřímé vytlačovací hlavy:** vytlačovací hlavy příčné a šikmé se používají pro opláštění vodičů, kabelů nebo kovových profilů, vyfukování fólií nebo dutých předmětů. obr. 5.



Obr. 5) Šikmá plochá hlava [1]

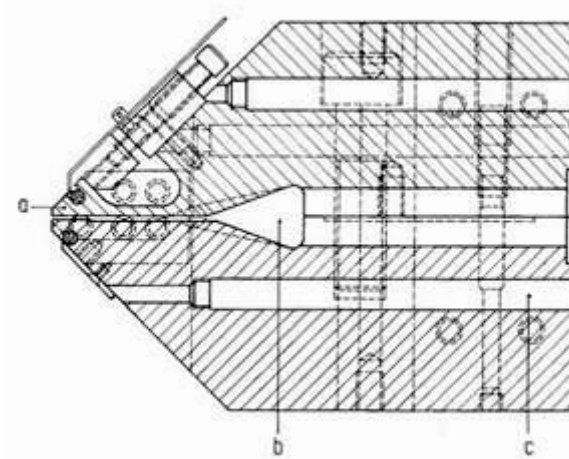
Obr. 6) 1 – těleso hlavy, 2 – spodní pevná čelist, 3 – horní stavitelná čelist, 5, 6 – stavací šrouby, 7 – příčné rozvodné kanály, 8 – topení

- **Širokoštěbinové vytlačovací hlavy:** rozvádějí materiál pomocí kanálů do široké štěrby. obr. 7.



Obr. 7) Vytlačovací širokoštěbinová hlava pro výrobu vícevrstevných fólií a desek [1]

- **Speciální vytlačovací hlavy:** hlavy pro ostatní aplikace, jako např. granulační hlava, hlava pro výrobu vláken, hlava pro vytlačování sítí, hlavy pro vícevrstvé materiály, střížná hlava, hlavy pro kaučuky, apod. obr. 8.

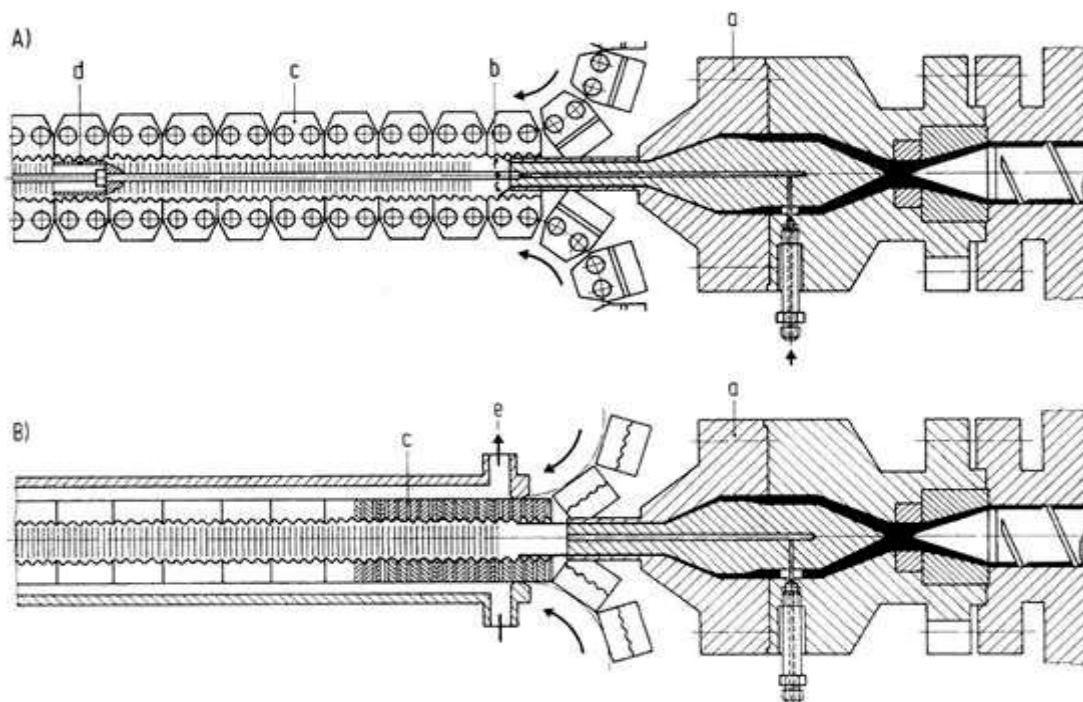


Obr. 8) Širokoštěbinová hlava s tvářecí lištou [1]

2.2.3 Kalibrační zařízení

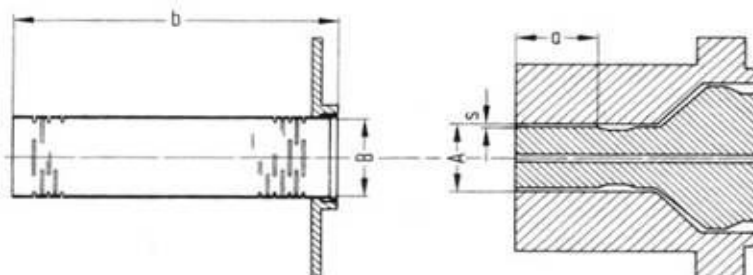
Účelem kalibračního zařízení je ochladit vytlačovaný profil tak, aby získal požadovaný stabilní tvar a rozměr. Jsou známy tři typy kalibračních zařízení.

- **Přetlakové:** používá se pro kalibraci trubek větších průměrů nebo uzavřené profily. Ukázka přetlakové kalibrace obr. 9a
- **Podtlaková:** Kalibrace nastává přisáváním trubky ke kalibračnímu pouzdru. Povrch trubky se dotykem s pouzdrém ochladí a tvar zůstává zachován. obr. 9b
- **Průvlaková:** používá se pro výrobu plných profilů. Kalibrační pouzdro je opatřeno šroubovou drážkou, kterou protiproudě prochází chladicí voda a ta ochladí povrch profilu natolik, že si uchová požadovaný tvar a rozměr obr.10.



Obr. 9) Vytlačování vlnitých trubek s přetlakovou (nahore) a podtlakovou kalibrací (dole)[1]

a – vytlačovací hlava, b – trubka, c – články s půlkruhovitými žlábkami (negativ tvaru), d – zátka, e – odsávání vzduchu



Obr. 10) Průvlaková kalibrace [1]

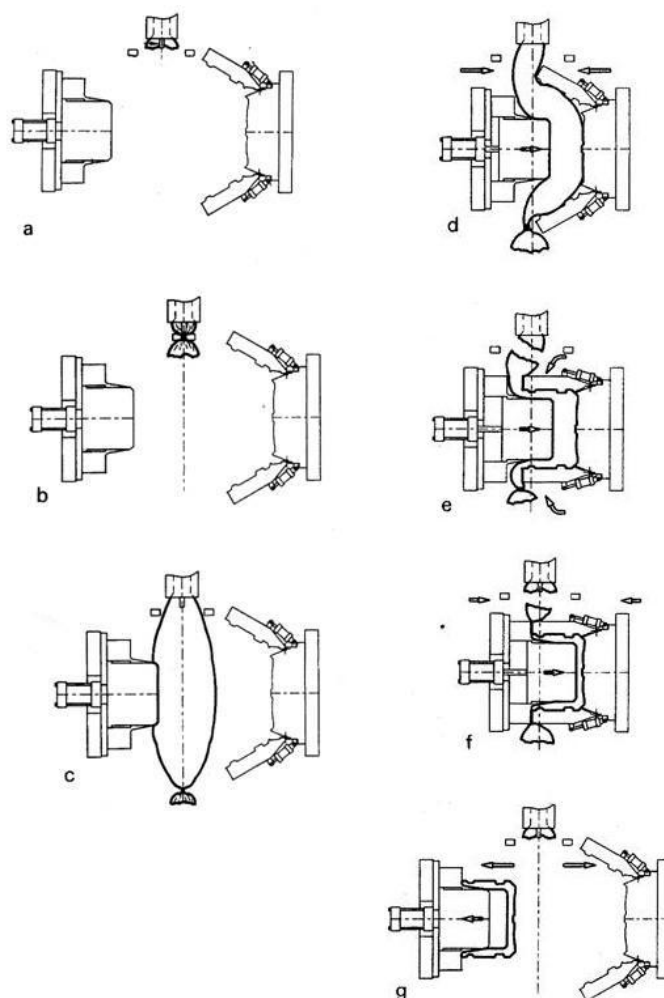
2.2.4 Dělicí nebo řezací zařízení

Zařízení může být řešeno pomocí kotoučové pily nebo sekacím tvarovaným nožem. Tvar nože určuje, jestli je pohyb rotační nebo posuvný. Nůž může být také nahříván.

2.2.5 Vytlačovací vyfukovací zařízení

Je to nejrozšířenější způsob výroby dutých těles obr. 11. Na vytlačovacím stroji s přímou vytlačovací hlavou se vytlačí polotovar – parizon. Tento parizon (nejčastěji polotovar trubky) je schopný plastické změny tvaru. Parizon se odřízne, jakmile dosáhne požadované délky. Po odříznutí je vložen do vyfukovací formy, kde je nasazen na trn. Zavřením formy dojde k vylisování hrdla a vnitřního průměru a ke svaření dna. Poté se přivede stlačený vzduch a dojde k vyfouknutí. Po ochlazení a ztuhnutí se výrobek vyjme s formy buď vyfouknutím nebo vyhazovacím zařízením. Přetoky jsou odstraněny odseknutím nebo odřezáním. Kromě možnosti používání vyfukovacího trnu se v omezené míře používá i vyfukovací jehla, která se zapíchne do parizonu. Tato část se později odstraní. Nevýhodou vytlačovacího vyfukování je malá přesnost výrobků a poměrně velký odpad. Výhodou je ekonomie provozu a možnost vyrábět výrobky o mnohem větším objemu.

Kapitola 2 a její podkapitoly čerpají z [1, 2].



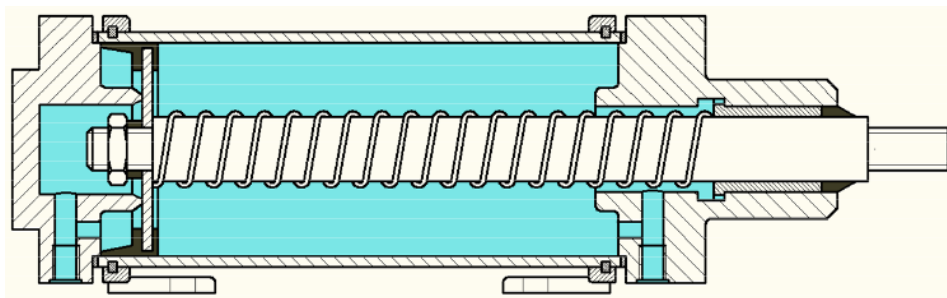
Obr. 11) Princip vytlačovacího vyfukování s dotvarováním. [1]

2.3 Další prvky pro výrobní linky

2.3.1 Pneumatické válce

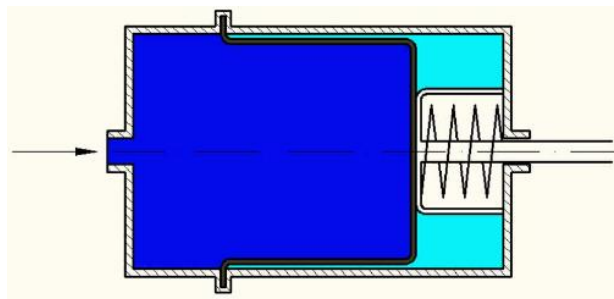
Pneumatický válec je mechanické zařízení používané pro převod síly stlačeného vzduchu na mechanický pohyb. Síla stlačeného vzduchu je převáděna na pístní tyč. Pneumatické válce se rozdělují na jednočinné, dvojčinné a speciální.

- **Jednočinné pneumatické válce:** mohou být pístové nebo membránové. Stlačený vzduch působí na jednu stranu pístu nebo membrány a může tak vytvořit pohyb pouze v jednom směru. Zpětný pohyb vykoná pružina. U jednočinných pístních válců obr. 12 je tlakem vzduchu vytlačena pístní tyč. Zpětný pohyb je tvořen pružinou nebo závažím. Nevýhoda pružiny je, že může prasknout při častém namáhání, dále je omezena výška zdvihu vlastnostmi vratných pružin. Výhoda jednočinných pístních válců je jejich jednoduchost i pro řízení.



Obr. 12) Jednočinný pístní válec s vratnou pružinou [3]

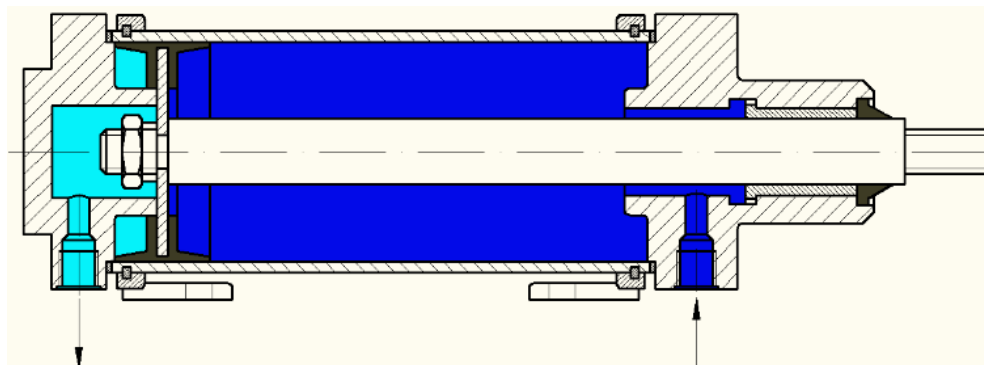
- **Jednočinné membránové válce:** tlak vzduchu prohýbá membránu, která přenáší pohyb na pístnici. Zpětný pohyb zajišťuje vratná pružina obr. 13, napružení membrány nebo vnější síla. Nevýhoda membránových válců je nízká výška zdvihu. Výhoda nenáročná údržba.



Obr. 13) Jednočinný membránový válec s vratnou pružinou

- **Dvojčinné pneumatické válce:** stlačený vzduch v dvojčinném pístním válci obr. 14 působí na píst střídavě v obou směrech. Výhoda oproti zmíněným dvou typům je velký zdvih, rychlý a rovnoměrný chod. Při zpětném pohybu a absence pružiny silný tah. Nevýhoda složitější typ řízení.

Kapitola 2.3.1 čerpá z [3].



Obr. 14) Dvojčinný pístní válec [3]

2.3.2 Elektroventily

Elektroventil obr. 15 slouží k ovládání pneumatických prvků, jako jsou pneumatické válce, ejektory atd. Elektromagnetické ventily jsou ovládány buďto elektromagnetem a zpětnou pružinou nebo v obou směrech elektromagneticky. Elektromagnetický ventil je kombinace základního elektromagnetu a mechanického ventilu. Elektromagnetický ventil má dvě části, elektromagnet a mechanický ventil. Elektromagnetický ventil převádí elektrickou energii na mechanickou energii, a tato energie se používá k ovládání mechanického ventilu.

Kapitola 2.3.2 čerpá z [4].



Obr. 15) Pěticestný elektroventil

2.3.3 Vakuový ejektor

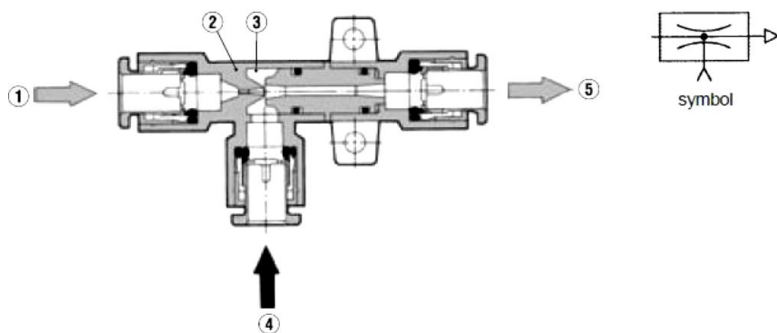
Vakuový ejektor (proudová vývěva) slouží ke snížení atmosférického tlaku, tj. k dosažení vakua, mechanickou nebo proudovou vývěvou.

Mechanické vývěvy jsou postaveny na stejném principu jako kompresory. Místo pro snížení tlaku připojíme na stranu sání vývěvy.

U proudové vývěvy (ejektoru) je zdroj energie stlačený vzduch, páry nebo tlak vody. Ejektory dělíme na jednostupňové a vícestupňové.

Princip ejektoru: obr. 16, stlačený vzduch je přiveden do vstupního hrdla (1) ejektoru a prochází zúženým průměrem (2) trysky, kde se zvýší proud vzduchu. V prostoru za tryskou (3) se sníží tlak a hrdlem (4) je nasáván okolní vzduch. Proudící vzduch odchází hrdlem (5). Po připojení silikonové přísavky k hrdlu (4) se přísátím vytváří podtlak (vakuum.)

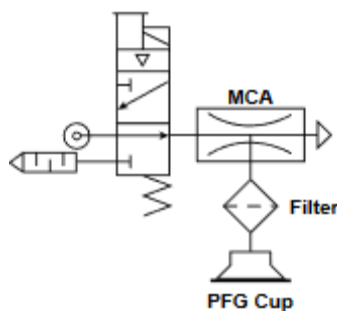
Tento typ ejektoru využívá venturiho trubici.



Obr. 16) Princip vakuového ejektoru [5]

Vakuový ejektor se nejčastěji používá právě pro manipulátory obr. 17, kde vlastnosti vytvořeného podtlaku slouží k uchopení předmětu. Předmět by měl mít hladký povrch, pevnou strukturu a hmotnosti odpovídající možnostem vakua.

Kapitola 2.3.3 čerpá z [5].



Obr. 17) Schematické zapojení vakuového ejektoru uchopovacího zařízení. [6]

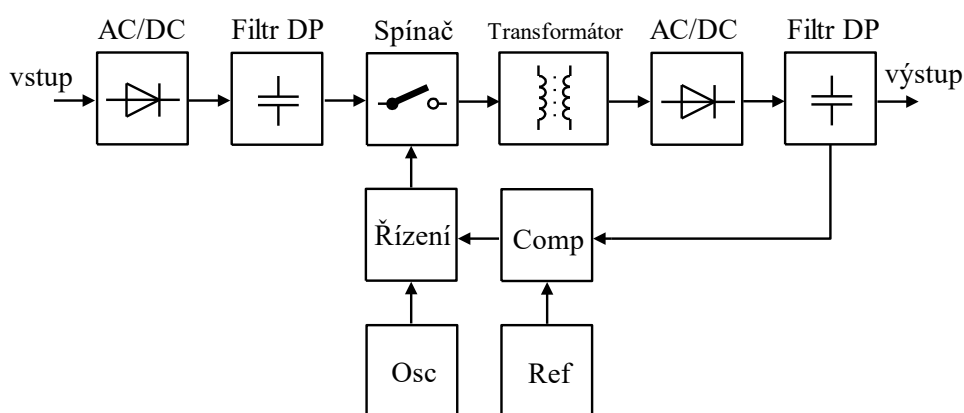
2.3.4 Spínané zdroje

Spínané zdroje mají, proti ostatním zdrojům se spojitou regulací, vyšší účinnost přenosu elektrické energie ze vstupu na výstup. Princip je poměrně jednoduchý, když je spínač sepnut, teče jím velký proud, ale úbytek napětí na spínači je velmi malý. Naopak při

rozepnutí spínače je úbytek napětí na něm velký, ale proud je velmi malý. V obou případech je ztrátový výkon na spínačích malý. Je to jedna z předností spínaných zdrojů.

Princip činnosti, vstupní napětí je v usměrňovači přeměněno na stejnosměrné. Požadavek je na dobré vyhlazení střídavé složky, pomocí analogového filtru, dolní propustí (DP), nebo zpětné vazbě ve spínané části. Stejnosměrné napětí je přivedeno na tranzistor (bipolární nebo unipolární) a další pomocné obvody. Pomocí tranzistoru, jehož kmitočet je svázán s kmitočtem oscilátoru (Osc), je stejnosměrné napětí převedeno na střídavé. Může být tvaru obdelníku, nebo trojúhelníku. V praxi kmitočet dosahuje 100kHz až 1MHz, vyšší kmitočet znamená vyšší účinnost. Střídavé napětí je upraveno transformátorem a usměrněno podle potřeby výstupu. Zdroj obsahuje zpětnou vazbu, která zajišťuje řízení logiky spínání tranzistorů a zajišťuje stabilizaci. Používají se bloky jako komparátory (Comp) a zdroje referenčního napětí. Na obr. 18 je zobrazeno blokové schéma spínaného zdroje.

Kapitola 2.3.3 čerpá z [5].



Obr. 18) Blokové schéma spínaného zdroje. [7]

V této práci jsou použity tři spínané zdroje na s výstupním napětím 9V, 12V a 24V. Všechny jsou od výrobce MEAN WELL.

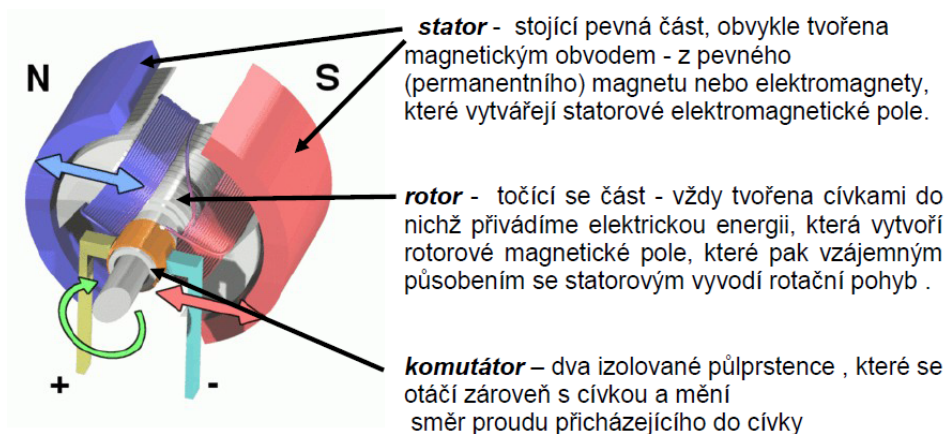
2.3.5 Stejnosměrný motor

Stejnosměrný elektromotor je točivý stroj, napájený stejnosměrným proudem. Stejnosměrný motor má stator po obvodě opatřen pravidelně prostřídánými póly v našem případě permanentními magnety nebo (cívky jejich vinutí budí magnetické pole motoru) a vyniklými pomocnými, komutačními póly (napomáhají komutaci rotorového vinutí). Za hlavním pólem dané polaroty, následuje ve směru otáčení kotvy vždy pomocný pól dané polaroty. Motor s permanentními magnety má jednodušší konstrukci a nedá se řídit pomocí napětí v buzení.

Rotor (kotva) nese v drážkách rozložené vinutí s cívkami, jejichž konce jsou vedeny k mechanickému komutátoru. Komutátor slouží k přivádění správně orientovaného proudu do cívek vinutí rotující kotvy tak, aby dané proudem protékané cívky vytvářely točivé magnetické pole a točivý moment souhlasného směru. Ke komutátoru přiléhají grafitické nebo elektrografitické kartáče. Kartáče jsou umístěny naproti sobě do magneticky neutrálního

místa a je jich, stejně jako pólů, vždy sudý počet. Pro zlepšení komutace se někdy poněkud natáčí proti směru točení kotvy. Jednoduchý stejnosměrný motor obr. 19.

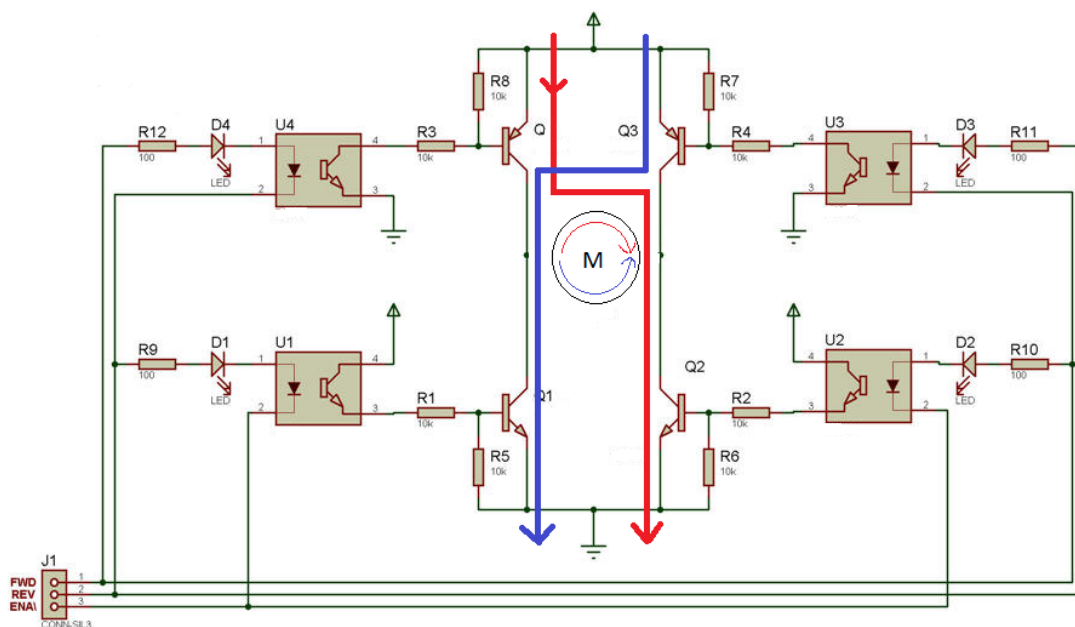
Kapitola čerpá z [8].



Obr. 19) Princip jednoduchého stejnosměrného motoru [9]

2.3.6 H-můstek

Na schématu obr. 20 je obvod pro řízení stejnosměrného motoru dále jen motoru, nazývaný H-můstek. H-můstek je obvod sloužící k řízení stejnosměrných motorů.



Obr. 20) H-můstek.[29]

H-můstek je složen ze čtyř unipolárních tranzistorů, dvou typů N-kanál a P-kanál. V uvedeném schématu jsou použity tranzistory unipolární z důvodů malé velikosti a možnosti vysokého zatížení, které jsou v pouzdře opatřeny ochranou diodou proti napětovým špičkám. Báze tranzistorů je spínána přes optočleny s tranzistorem, z důvodů galvanického oddělení

H-můstku od mikrokontroleru ATmega128. Optočleny jsou napájeny ze strany diod, přímo z mikrokontroléru a tranzistory jsou napájeny 12V přes rezistory. Napětí 12V je přivedeno přímo na H-můstek. Dále jsou na báze tranzistorů přivedeny tlačítka s odporem 10K pro manuální ovládání motorku. Tlačítka jsou přivedena na svorkovnici H-můstku.

Řízení samotného H-můstku je velice jednoduché. Používáme přitom dvě větve, ke kterým jsou připojeny diody optočlenů. Na obou větvích je stále log. nula, pokud chceme motor roztočit, na jednu z větví přivedeme log.jedničku. Jestliže chceme změnit směr otáčení, místo předem přivedené log. jedničky, se hodnota změní opět na log. nulu a log.jedničku přivádíme na druhou větev. Řízení rychlosti motoru se dá pomocí pulzů logické jedničky.

2.3.7 Servomotory

Servomotory jsou točivé stroje, které mohou být elektrické, pneumatické a dokonce parní. Nejvíce zastoupené jsou elektrické, které mohou být s různými typy motorů, stejnosměrné motory, synchronní bezkartáčové motory obr. 21 atd. U servomotorů se dá velmi dobře řídit přesná poloha natočení výstupní hřídele, moment či rychlost. Poloha hřídele servomotoru je zjišťována pomocí proměnného odporu nebo digitálního enkodéru. Pro levné aplikace lze použít optické snímání pomocí kódového kotoučku či proužku.



Obr. 21) AC servomotor [11]

Na uchopovacím zařízení manipulátoru je použit modelářský digitální servomotor typ MG995 obr. 23. Modelářský servomotor obsahuje řídicí elektroniku, kovové převody, stejnosměrný motor a enkodér, obr. 22. Servomotor byl zvolen pro vysoký točivý moment, jeho váhu, kovové převody s kuličkovými ložisky a principem snímání polohy. Výhoda digitálního servomotoru je právě princip snímání polohy pomocí enkodéru, který neobsahuje třecí plochy a díky tomu se neopotřebuje. Kovové převody zajišťují vysokou odolnost proti namáhání. U výběru servomotoru stejného provedení a točivého momentu byla rozhodující váha, protože servomotor se nachází na konci ramene a zvyšuje tak nechtěný krouťící moment na soustavu pohánějící rameno.



Obr. 22) Obsah modelářského servomotoru [13]



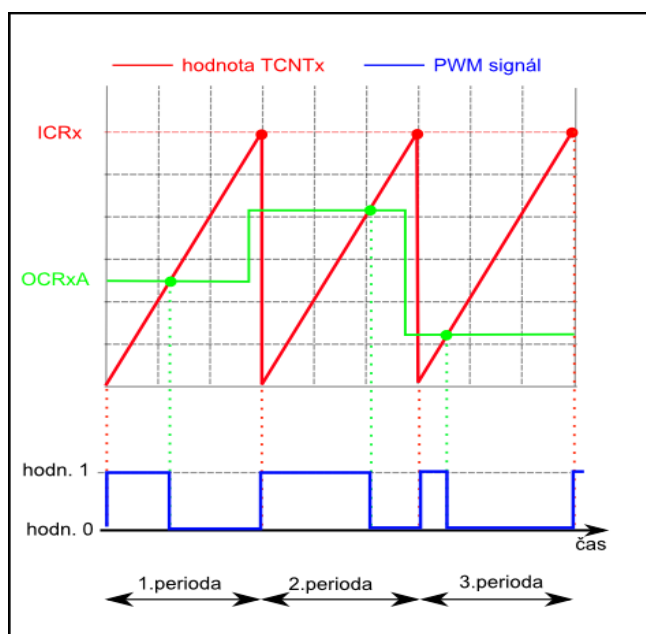
Obr. 23) Modelářské digitální servo MG995 [14]

Pro řízení servomotoru je vytvářen PWM signál a k tomu využíván čítač (timer) a dvou pomocných registrů ICRx a OCRxA. Hodnota registru ICRx určuje periodu PWM signálu, je to hodnota do které má čítač počítat, než dojde k vynulování. Hodnota OCRxA určuje tzv. střidu (doba trvání 1 k době trvání 0) - do té doby než čítač napočítá do této hodnoty je na výstupu logická 1 a při dosažení této hodnoty je na výstupu logická 0.

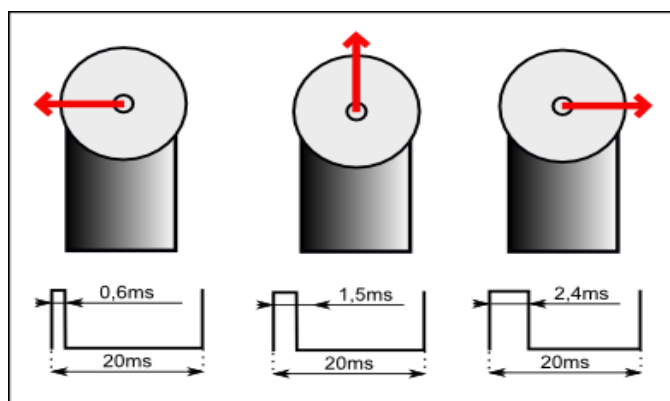
Na obr. 24 je vidět průběh nastaveného registru ICRx a registru OCRxA, pokud se v čase neprotnou, na výstupu se generuje jednička. Jakmile se protnou, změní se výstup na

nulu. Do registru OCRxA stačí načíst příslušné hodnoty a servomotor díky vlastní řídicí elektronice se natočí do zvolené polohy. Pro řízení servomotoru používáme přesného PWM signálu s periodou 20ms. Čas PWM signálu určuje natočení servomotoru, jak je vidět na obr. 25. Natočení servomotoru se dá rozdělit na tři základní polohy. První poloha je 0,6 ms, která určuje 0 stupňů. Další důležitou polohou je 1,5 ms, určující 90 stupňů a poslední maximální poloha 2,4 ms je 180 stupňů. Tyto polohy se mohou podle výrobce lehce lišit. Samozřejmě, že servomotor je schopen najet na kterýkoliv požadovaný stupeň v daném rozsahu s jeho maximální rozlišovací schopností. Při řízení se dá měnit i rychlost natočení, ale pouze zpomalení. Na vstup servomotoru posíláme polohu postupně a mezi každou polohou čekáme nastavený čas, řádově v desítkách ms. Pomocí cyklu požadovaný úhel rozdělíme na několik úhlových výsečí.

Kapitola 2.3.7 čerpá z [10, 11, 12, 13, 14].



Obr. 24) Generování PWM signálu [12]



Obr. 25) Ukázka natáčení servomotoru [12]

2.3.8 LCD displej

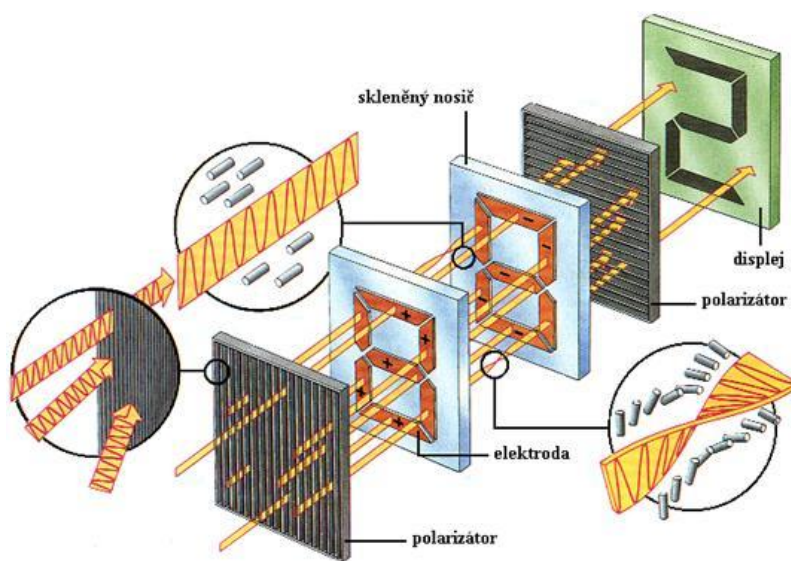
Displej z tekutých krystalů (liquid crystal display neboli LCD) je zobrazovací zařízení. Tekuté krystaly jsou látky, které se kromě tekutého a pevného stavu vyskytují také v tzv. kapalně krystalické fázi. V tomto stavu jsou tekuté, ale mají optické a elektromagnetické vlastnosti pevných látek.

Pro technologii LCD jsou stěžejní dva jevy. První je dán optickými vlastnostmi tekutých krystalů. Změnou polohy jejich orientovaných molekul dochází ke změně polarizace světla, které jimi prochází. Druhý jev se projevuje při vložení tekutých krystalů do elektrického pole. Jejich molekuly snadno tvoří dipóly, což znamená, že jejich jedna strana má kladný a druhá záporný elektrický náboj. V elektrickém poli pak tyto dipóly mají snahu natáčet se dle své orientace.

LCD displej se skládá z bodů, které se nazývají pixeli. Pixel je nejmenší bod, který se na LCD displeji může zobrazit. Počet pixelů udává rozlišení LCD displeje.

LCD displej má výhodu, nízkou spotřebu el. energie, proto se využívá v zařízení napájených z baterie. Je tenký a nezabírá místo v zařízení. V dnešní době máme obrovský výběr z LCD displejů od malých monochromatických až po barevné velkoplošné obrazovky. Uspořádání LCD displeje je na obr. 26.

Kapitola 2.3.8 čerpá z [12, 13, 14].



Obr. 26) Uspořádání LCD displeje [15]

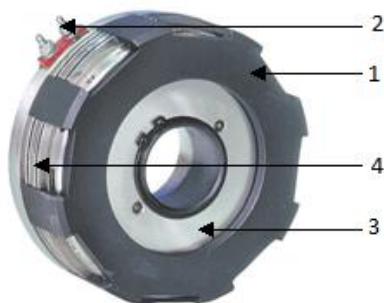
2.3.9 Elektromagnetické brzda

Elektromagnetické lamelové brzdy zastavují rotující části stroje. Lamelové brzdy mají vzhledem k velikosti přenášeného točivého momentu velice malé rozměry.

Elektromagnetická brzda se skládá s cívky a brzdných lamel. Při průchodu proudu se vytvoří silné magnetické pole, které sevře brzdné lamely. Elektromagnetické brzdy se vyrábějí jak pro střídavý tak i stejnosměrný proud. Popis použité elektromagnetické brzdy obr. 27:

Kotvová deska (1) je spojena s magnetovým tělesem (3) unášejícími kolíky. Je-li do budicí cívky (2) zaveden stejnosměrný proud, je kotvová deska přitažena k magnetovému tělesu a lamely (4) jsou sevřeny. Je-li brzda vypnuta, je deska odtlačena odpruženými kolíky na přírubu distančního pouzdra.

Kapitola 2.3.9 čerpá z [18].



Obr. 27) *Elektromagnetická lamelová brzda [18]*

1 - kotvová deska, 2 - budicí cívka, 3 - magnetové těleso, 4 - lamely

2.4 Druhy řídicích jednotek

2.4.1 Programovatelný automat

Programovatelný automat zkráceně PLC (Programmable Logic Controller) se začal vyvíjet na konci šedesátých let, jako alternativní řešení ke komplexním elektromechanickým řídicím systémům.

PLC je číslicový elektronický systém (mikropočítač) přizpůsobený pro podmínky průmyslové výroby, který používá programovatelnou paměť, pro uložení instrukcí sloužících k implementaci specifických funkcí, jako jsou logické funkce, funkce pro vytváření sekvencí, funkce pro časování, funkce pro čítání a funkce pro aritmetické výpočty. Využívá se pro řízení výrobních strojů a procesů pomocí číslicových a analogových vstupů a výstupů. Je chráněn proti změnám teploty, vlhkosti, prachu a elektromagnetického rušení.

Programovatelné automaty dělíme podle provedení:

- **Kompaktní:** vše obsahuje jedno pouzdro.
- **Modulární:** samostatné moduly, zásuvné karty.
- **S operátorským panelem:** panel pro obsluhu.

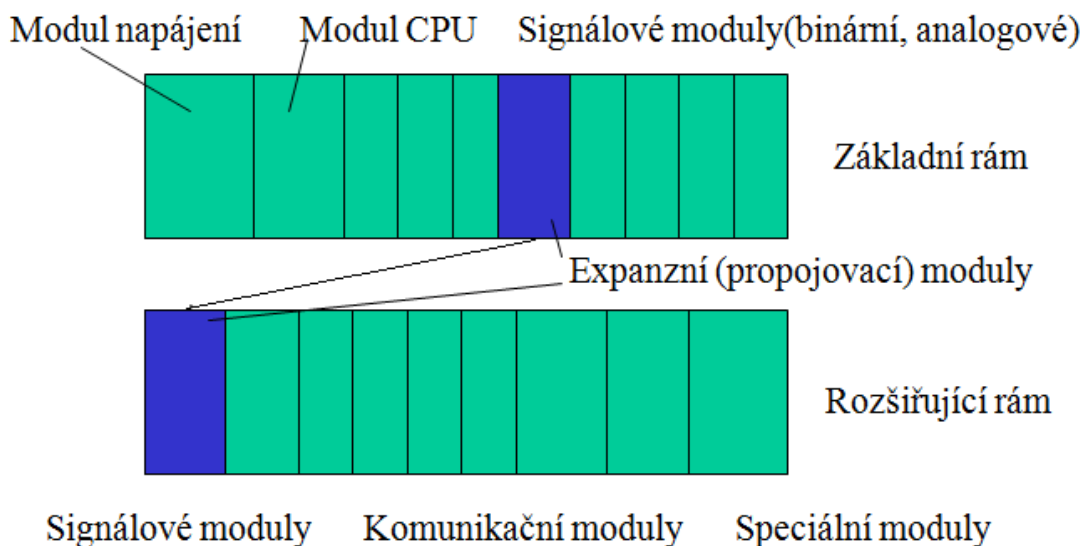
Dělení podle počtu procesorů:

- **Jednoprocesorová:** mohou umožňovat i multitasking
- **Víceprocesorová:** modulární, moduly mají vlastní procesor

Oblasti použití:

- 87 % pro řízení strojů
- 58 % pro řízení procesů
- 40 % pro řízení pohybů

Popis modulárního PLC na obr. 28.



Obr. 28) Modulární PLC [16]

Modulární PLC může být připevněna na DIN lištu nebo upevněno v rámu a k němu se postupně přidávají potřebné moduly.

Stručný popis jednotlivých modulů:

- **Zdroj napájení:** obvykle 230V AC nebo 24V DC, může být integrován nebo samostatně.
- **Centrální procesorová jednotka:** určuje výkon, obsahuje jeden nebo více procesorů.
- **Moduly binárních vstupů:** skládají se postupně od vstupu, detekce chybného napětí, filtrace, optočlenu, signalizace LED. Mohou pracovat se střídavým nebo stejnosměrným napětím.
- **Moduly binárních výstupů:** skládají se postupně od CPU, optočlenu, zesílení signálu, signalizace LED, ochrana před zkratem. Pro stejnosměrné napětí jsou na výstupu použity tranzistory, pro střídavé triaky. Pro stejnosměrné i střídavé releové spínací prvky.
- **Analogové vstupní moduly:** pro připojení senzorů teploty, tlaku, vlhkosti, polohy, síly atd. Důležitá část A/D převodník, možnost galvanického oddělení.
- **Analogové výstupní moduly:** pro ovládání akčních členů, zařízení se spojitým vstupním signálem, například servopohony frekvenční měniče atd.
- **Čítačové moduly:** čítání pulsů s periodou srovnatelnou či kratší než je doba vykonání jednoho „scanu“. Použité pro inkrementální snímače polohy, absolutní snímače polohy.
- **Speciální moduly:** moduly regulátorů, aplikace fuzzy logiky, moduly pneumatických výstupů, CCD kamery.
- **Komunikační moduly:** komunikace s podřízenými, souřadnými i nadřízenými systémy

Systémové programové vybavení:

- **Operační systém:** každý výrobce má jiný operační systém.
- **Jednoúlohové:** zpracuje uživatelský program bez přerušení
- **Více úlohové:** zpracovávání (multitasking) na jednom procesoru nebo více procesorech.

Kapitola 2.4.1 čerpá z [19].

2.4.2 Řízení pomocí PC

V dnešní době jsou aplikace využívající PC na vzestupu. Dokonce začínají být na stejné úrovni jako programovatelné automaty. Oproti PLC se PC se používaly zejména pro složitější výpočty, monitorování, ale musely být umístěny v místech s příznivějším prostředím, protože nedokázaly fungovat v náročných podmínkách závodu. Postupem času se PC staly robustnější řídicí systém a díky tomu se začínají více uplatňovat v automatizaci.

Potřebné připojení PC k vnějšímu světu je prostřednictvím různých rozhraní. U PC průmyslového standartu se prosadily tyto formy rozhraní:

- **Přídavné karty:** propojují se přímo s počítačem například přes sběrnici ISA nebo PCI. Umožňují nejvyšší pracovní rychlost. Jsou konstruovány pro jednotlivé účely měření a řízení pohybu, například snímání rotačních snímačů nebo řízení krokových motorů. Jsou ale spojeny s poměrně vysokými náklady. Na obr. 29 je PCI karta pro řízení krokových motorů.
- **Standartní porty PC:** obvyklá rozhraní na sériovém portu RS232, která je možno získat levně.
- **Rozhraní s vlastním procesorem:** nízká výměna dat s PC. Uživatel se musí seznámit s programováním těchto systémů.
- **Porty PC, které jsou automaticky přítomny:** sériový port, port tiskárny. Pro řadu aplikací není nutný žádný další hardware. Přímé použití portů je vhodné pro jednoduché aplikace.



Obr. 29) Karta PCI pro řízení krokových motorů [17]

Software:

LabVIEW se používá pro řízení experimentu, sběr dat z měřících karet, kamer atd. Data zpracovává v reálném čase. LabVIEW je vhodné k programování systému pro měření a analýzu signálů, ale také k programování složitých systémů.

Velká nevýhoda tohoto systému je vysoká cena, grafické vývojové prostředí stojí několik desítek korun.

Výhody řízení pomocí průmyslových PC:

- **Vysoké výkonnostní možnosti**
- **Požadavky průmyslového prostředí:** odolnost vůči prachu, změnám teploty atd.
- **Ovládání složitých systémů**

Nevýhody:

- **Vysoká pořizovací cena za produkty.**

Kapitola 2.4.2 čerpá z [20, 21, 22].

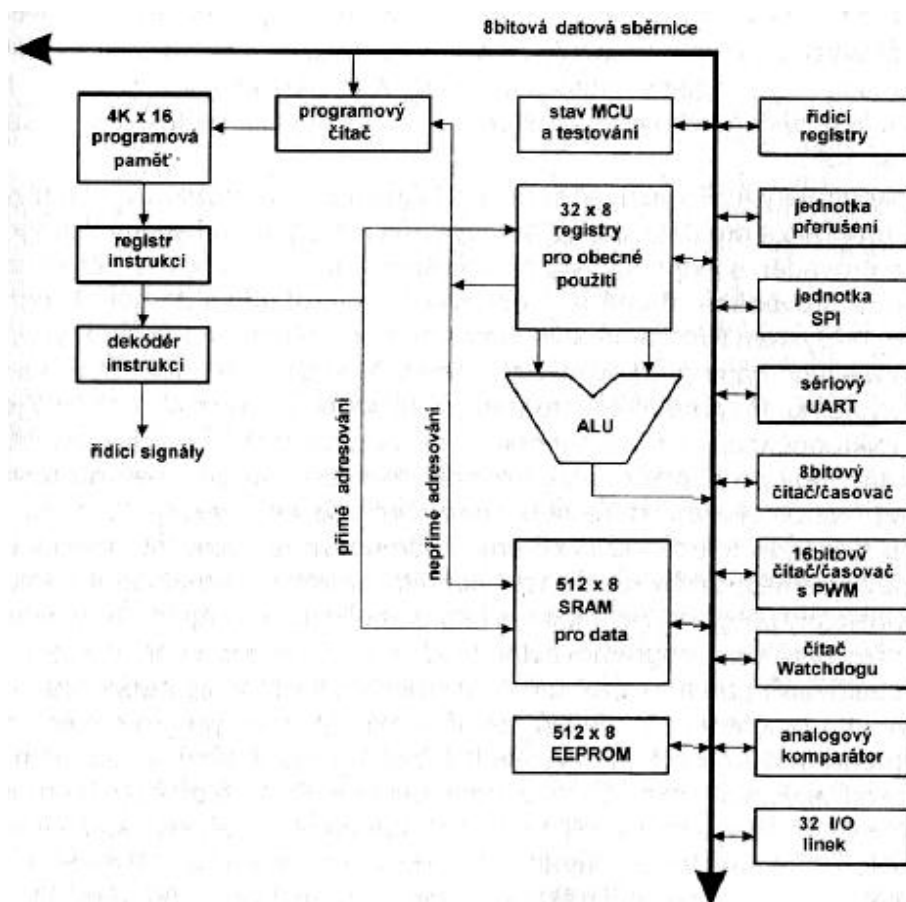
2.4.3 Mikrokontrolery

Mikrokontroler (MCU) je jednočipový počítač, který obsahuje sjednocení všech částí mikropočítače (paměti ROM RAM, řídicí jednotka, vstupní/výstupní periferie, atd.) Jednočipové počítače se vyznačují jednoduchostí, vysokou spolehlivostí a kompaktností.

Popis částí mikrokontroleru:

- **Aritmeticko logická jednotka (ALU):** provádí aritmetické operace (sčítání, násobení, bitový posuv atd.) a logické (logický součin, negace).
- **Řadič:** řídí činnost všech částí mikropočítače.
- **Paměti:** typ EEPROM nebo flash, u mikrokontroleru pro danou aplikaci s pevně daným programem typu ROM
- **Periferní obvody:** mikrokontrolery obsahují generátor hodinového signálu, A/D – D/A převodníky, řadiče přerušení, watchdog, obvody pro správnou činnost mikrokontroleru.

Ukázka typické architektury mikrokontroleru AVR obr. 30, konkrétně jde o typ AT90S8515.



Obr. 30) Architektura typického mikrokontroleru AVR typ AT90S8515 [26]

Výhody mikrokontroleru:

- Jednoduchost: programování je velice snadné, jednoduchý vývoj a testování.
- Výkon: díky optimalizované architektuře.
- Přijatelná cena: srovnatelná s některými jinými logickými obvody.
- Flexibilita: umožňuje snadnou migraci mezi jednotlivými typy.
- Programování: většina SW je zdarma.

Nevýhody:

- Ochrana: nejsou chráněny proti rušivým projevům prostředí, jako jsou změna teploty, prach, elektromagnetické rušení
- Vstupy/Výstupy: neobsahují výkonové části vstupů a výstupů.

Kapitola 2.4.3 čerpá z [26, 27].

2.5 Popis základové desky s mikrokontrolerem ATmega128

Základová deska obsahuje RISC-ový mikrokontroler řady AVR firmy Atmel s označením ATmega128-16AU. Je vhodná pro vývojové účely, vestavěné řídicí systémy (měření, řízení a regulace), komunikační systémy a výuka mikroprocesorové techniky. Byla zvolena z důvodu nízké pořizovací ceny a softwaru, který je zdarma.

Tato základní deska má řadu výhod, je k ní možné připojit velké množství rozšiřujících modulů či uživatelský hardware. Dále neobsahuje žádné periferní obvody přímo připojené k obvodu MCU díky tomu je návrháři umožněno zapojit celý systém, přesně podle jeho představ. Základová deska a její periferie jsou zobrazeny na obr. 32.

Pro programování mikrokontroleru je možné využít volně dostupný vývojový systém Atmel AVR Studio (obsahuje kompilátor, assembleru, simulátor, debugger). Programování lze provádět přes rozhraní IPS nebo JTAG, které umožňuje i ladění. Doporučený programátor je na obr. 31.



Obr. 31) UniProg-USB - univerzální programovací kabel [26]

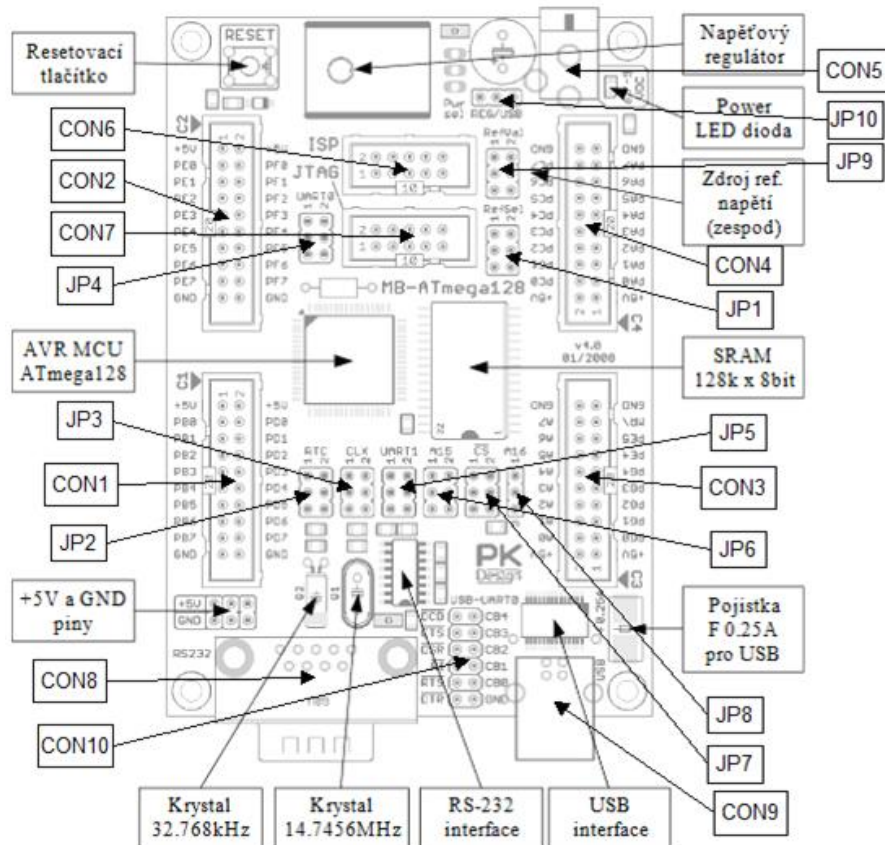
2.5.1 Vlastnosti základové desky

Celkový popis na obr. 32.

- Základová deska obsahuje RISC-ový mikrokontroler Atmel ATmega128-16AU TQFP64.
- Pro vytváření programového kódu je možné použít volně dostupný vývojový software Atmel AVR Studio či WinAVR-GCC.
- Mikrokontroler se programuje ISP nebo JTAG programátorem připojeným na příslušný konektor (JTAG umožňuje i ladění).
- Všechny I/O vývody MCU jsou přístupné na detailně popsanych konektorech, na které je možné připojit přídatné moduly či uživatelský hardware.
- Vestavěné periferie je možné odpojit a konfigurovat pomocí propojek, což zaručuje vysokou univerzalitu desky.
- Napájecí napětí pro mikrokontroler a pro připojené moduly (+5V) je vytvářeno napěťovým regulátorem umístěným na desce.
- K mikrokontroleru je standardním způsobem připojena asynchronní SRAM paměť 128k x 8bit, 55ns. Připojení řídicích vodičů paměti k MCU je možné měnit pomocí propojek.
- Základová deska obsahuje nastavitelnou napěťovou referenci pro interní AD převodník mikrokontroleru a také umožňuje při - pojení externí napěťové reference či použít jako referenci napájecí napětí VCC.
- Zdrojem hodinového signálu pro mikrokontroler může být krystal umístěný v patici na základové desce a nebo externí zdroj hodinového signálu. Základová deska je dodávána s krystalem 14.7456MHz.
- Pro vnitřní RTC obvod mikrokontroleru je na desce umístěný odpojitelný krystal 32.768kHz.
- Základová deska dále obsahuje 2 odpojitelné sériové rozhraní: 1x RS-232 a 1x USB (FT232R).
- Mikrokontroler je možné resetovat tlačítkem RESET.
- Rozměry plošného spoje (v x š x d) : 25mm x 74mm x 107mm

2.5.2 Vlastnosti mikrokontroleru ATmega128-16AU

- 8-bitový RISC mikrokontroler.
- Výkon – 16 MIPS / 16MHz - 12x rychlejší než standardní x51 na stejné taktovací frekvenci.
- Plně statická funkce. Interní kalibrovaný RC oscilátor.
- Dvou-cyklová násobička na čipu.
- 133 výkonných instrukcí, většinou jedno-cyklových.
- 32 osmibitových registrů pro obecné použití.
- 128kB programová FLASH paměť, programovatelná přímo v aplikaci s možností uzamknutí, 10.000 zápisových/mazacích cyklů s volitelnou velikostí bootovací sekce s nezávislým uzamykáním.
- 4kB EEPROM paměť, 100.000 zápisových/mazacích cyklů.
- 4kB interní SRAM paměť.
- JTAG (IEEE std. 1149.1) rozhraní s možností programování a ladění.
- 8-kanálový 10-bitový A/D převodník, analogový komparátor.
- Bytově orientované sériové rozhraní (TWI).
- Dvě programovatelné USART komunikační rozhraní.
- Master/slave SPI sériové rozhraní.
- Dva 8-bitové čítače a dva 16-bitové čítače, každý s vlastní před-děličkou.
- Dva 8-bitové PWM kanály.
- 6 PWM kanálů s programovatelným rozlišením 2-16 bitů.
- Programovatelný Watch-dog časovač s vestavěným oscilátorem na čipu.
- Čítač reálného času RTC s odděleným oscilátorem.
- 6 režimů snížené spotřeby.
- 53 programovatelných I/O vývodů.
- Napájecí napětí 4.5-5.5V.



Obr. 32) Základová deska s mikrokontrolerem ATmega128 a její periferie[27]

Popis obr. 32:

- CON1..4 rozšiřující konektory typu MLW20
- CON5 napájecí konektor
- CON6 ISP programovací konektor
- CON7 JTAG programovací a ladící konektor
- CON8 RS-232 komunikační konektory typu canon 9 (vidlice)
- CON9 USB konektor typu B
- CON10 pinová lišta pro případné propojení doplňujících signálů obvodu FT232 s MCU
- JP1 volba napěťové reference A/D převodníku
- JP2 volba připojení vývodů PG3M a PG4M mikrokontroleru (RTC krystal / IO)
- JP3 volba zdroje hodinového signálu pro mikrokontroler
- JP4 volba připojení vývodů PE0M a PE1M mikrokontroleru (UART0 → USB nebo CON2)
- JP5 volba připojení vývodů PD2M a PD3M mikrokontroleru (UART1 → RS232 nebo CON1)
- JP6 volba připojení adresového signálu A15S SRAM paměti
- JP7 volba připojení signálu CS1\ SRAM paměti
- JP8 volba připojení adresového signálu A16S SRAM paměti
- JP9 volba velikosti výstupního napětí napěťové reference
- JP10 volba napájecího napětí (USB nebo REG – napěťový regulátor)

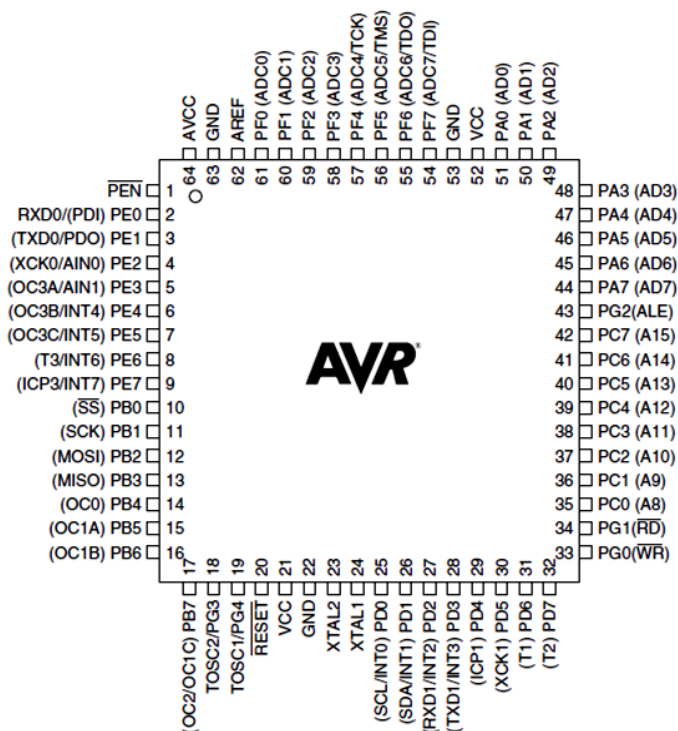
2.5.3 Přerušení

Přerušení používáme pro přerušení běhu programu. Při vyvolání přerušení se přeruší běh programu a skočí se do části zvané obsluha přerušení (ISR - Interrupt Service Routine). Po vykonání části programu v obsluze přerušení se opět běh programu vrátí na místo, kde byl program přerušen.

Přehled několika druhů přerušení, které závisí na událostech, které jej vyvolali:

- **přerušení vyvolané vnitřními obvody procesoru (Timer)**
- **přerušení vyvolané periferními obvody procesoru** - UART, AD převodník, SPI, atd.
- **přerušení vyvolané vnějším prostředím** - externí přerušení - změna napětíové úrovně na speciálních pinech procesoru

Atmega128 obsahuje osm přerušení, které se nazývají INTx a jsou rozděleny na několik portů, čtyři přerušení se nachází na portu D, druhá polovina na portu E. Znázorněno na obr.33.



Obr. 33) Zobrazení a popsání pinů mikrokontroleru ATmega128 [28]

2.5.4 Čítač

Čítač (Timer) je důležitou součástí mikrokontroleru díky němu přesně odměřujeme čas. Časovač může být umístěn ve specializovaném integrovaném obvodu, v čip setu nebo přímo v procesoru. Čítač je přímo hardwarově integrován do mikrokontroleru ATmega128. Čítač mění svou hodnotu pokaždé, kdy dosáhne jeho maxima, stanovené hodnoty nebo dle přivedeného signálu na vstupy mikrokontroleru. Přesné odměřování času je vhodné pro měření různých veličin v přesně stanovených časových úsecích, veličiny jako jsou teplota, tlak, vlhkost a další.

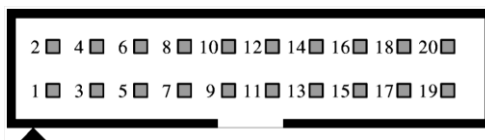
MCU AVR mají v sobě zabudovaný 8 bitový čítač/časovač. ATmega128 obsahuje dva 8 bitové a dva 16 bitové čítače/časovače.

Čítač je vhodný pro tyto aplikace:

- **Měření času** - při měření se spustí čítač a podle počtu přesně daných period (taktů) lze určit výsledný čas.
- **Generování PWM signálu** - jedná se o přesně definovaný časový průběh, použití řízení servomotorů.
- **Čítač impulsů** - hodnota čítače se mění, dle počtu impulsů přivedených na vstupy (piny) čítače.
- **Opakovat akce v přesných časových úsecích** - díky přerušení od čítače lze v jednom cyklu vyvolat až čtyři nezávislé přerušení.

2.5.5 I/O porty

Mikrokontroler ATmega128 má šest vstupně/výstupních 8-bitových portů PAX ..PFX a jeden 5-bitový vstupně/výstupní port PGx, kde x je číslo bitu daného portu (0..7). Porty jsou přivedeny na konektory stejného typu – MLW20. Číselné označení jejich vývodů je zobrazeno na obr. 34 a popsány v tabulce1.



Obr. 34) Čísla portů na konektoru CON1 typ-MLW20 [27]

Tab 1) Popis jednotlivých vývodů konektoru 1 [27]

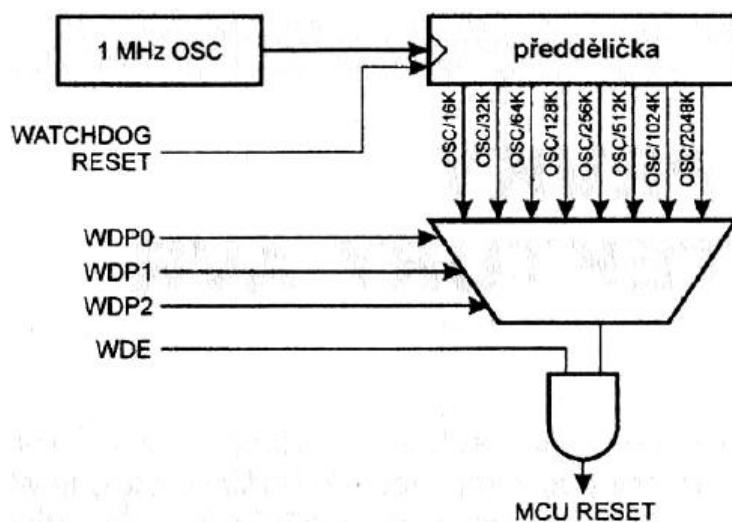
<i>Konektor CON1</i>			
<i>Číslo vývodu</i>	<i>Význam vývodu</i>	<i>Význam vývodu</i>	<i>Číslo vývodu</i>
1	Vcc	Vcc	2
3	PB0	PD0	4
5	PB1	PD1	6
7	PB2	PD2	8
9	PB3	PD3	10
11	PB4	PD4	12
13	PB5	PD5	14
15	PB6	PD6	16
17	PB7	PD7	18
19	GND	GND	20

2.5.6 Watchdog

Watchdog (hlídací program) dohlíží na správný běh programu. Je to časovač, který je spuštěn po resetu mikropočítače nebo z programu. Jeho časová konstanta může být svázána s hodinami mikropočítače nebo nastavena programem. Po vypršení časového limitu, časovač vyvolá automatický reset.

Využití watchdogu, do programu se vloží příkazy nulující časovač hlídacého obvodu tak, že při správné funkci nedojde k vypršení časového limitu. Porucha způsobená např. chybou v programu nevynuluje do vypršení časového limitu časovač obvodu watchdog a ten program z nežádoucího stavu vyvede resetem. Blokové schéma hlídacého obvodu watchdog obr. 35.

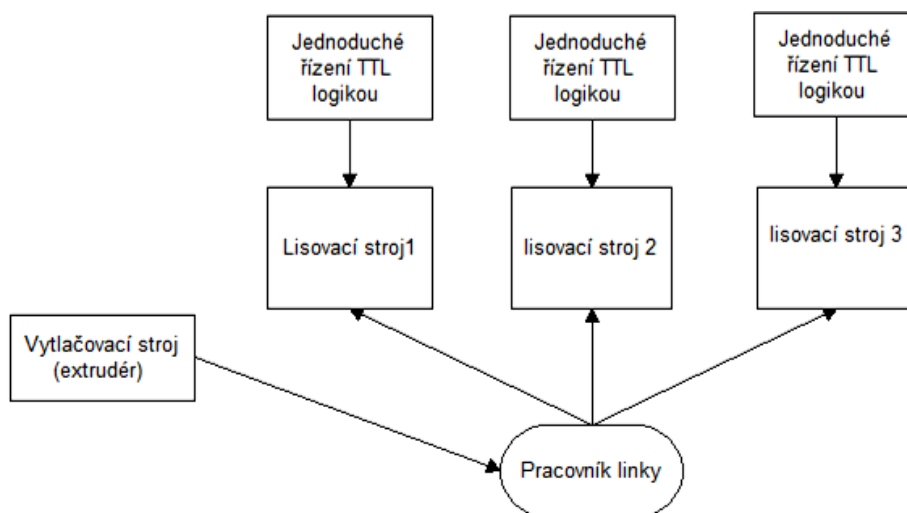
Kapitola 2.5 čerpá z [25, 26, 27, 28].



Obr. 35) Blokové schéma hlídacého obvodu watchdog [25]

3 POPIS PŘEDCHOZÍ VÝROBNÍ LINKY

Předchozí výrobní linka byla pro výrobu velkého množství výrobků neefektivní. Na blokovém schématu obr. 36 je zobrazen vytlačovací stroj, ze kterého vyjíždí parizon. Pracovník linky ovládal jednoduché řezací zařízení. Po odříznutí dostatečné délky parizonu, byl tento odebrán a vložen do příslušného lisovacího stroje. Začínalo se lisovacím strojem č.3, protože bylo zjištěno při uvedení linky do provozu v roce 1991, že tento průběh vkládání je nejpřirozenější. Po vložení parizonu do poloviny formy, bylo sepnuto tlačítko start na jednoduchém ovládacím panelu obr. 37. Po vylisování výrobku byl odebrán a vhozen do boxu (nádoba kde jsou výrobky připraveny k ořezu). Výroba byla tímto způsobem poměrně pomalá, prodražovala se, protože pracovníci se museli každé 4 hodiny střídat.



Obr. 36) Blokové schéma předchozí výrobní linky



Obr. 37) Ovládací panel předchozí linky

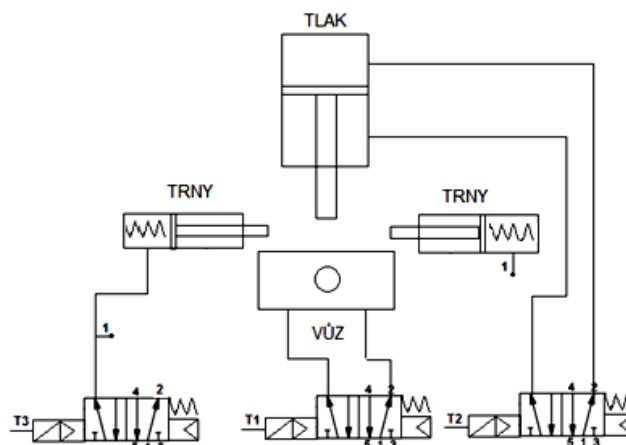
3.1 Popis lisovacího stroje

Lisovací stroj obr. 38 se skládá ze třech mechanických částí, které nazýváme vůz, tlak a vyfukovací trny. Na voze je připevněna první půlka formy, do které se vkládá polotovar trubky (parizon) a poté je spuštěn lis. stroj. Vůz zajíždí pod druhou půlku formy, která je připevněna k tlaku. Tlak sjede dolů a uzavře formu. Následně z obou stran do formy najedou vyfukovací trny, které tlakem vzduchu vyfouknou požadovaný tvar. Po uplynutí doby chlazení se lis. stroj postupně otevře, od formy odjedou vyfukovací trny, tlak otevře formu a vůz vyjíždí s výrobkem.

Pohyby lisovacího stroje jsou tvořeny pomocí lineárních pneumomotorů, schématický obr. 39. Tlak v pneumomotorech je konstantní o velikosti čtyř atmosfér. Rychlost pohybů pneumomotorů je konstantní, ale může se měnit čas jejich sepnutí.



Obr. 38) Lisovací stroj

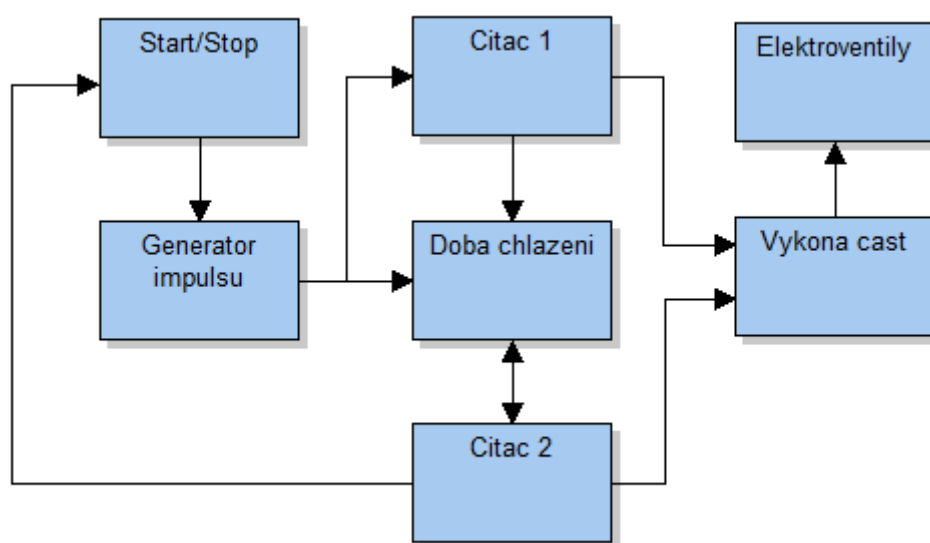


Obr. 39) Popis lisovacího stroje

3.2 Popis řídicí části strojku

Lisovací strojky byly řízeny TTL logikou pomocí hradel NAND, NOR a RS obvodů. Výstupy byly tvořeny PNP tranzistory, které spínaly elektromagnetické relé s DC cívkou na 12V. Elektromagnetické relé spíná střídavých 110V na cívku elektromagnetických ventilů, v tomto byl jeden z problémů dřívějšího řízení, spínání tohoto napětí vyvolávalo značné rušení v síti a ventily musely být odrušeny kaskádou kondenzátorů a odporů

Řízení bylo navrženo tak, že po sepnutí tlačítka start se spustila doba chlazení a čítač 1, který postupně spínal přes výkonovou část jednotlivé pohyby, se po skončení vynuloval. Po uplynutí doby chlazení, se spustil čítač 2, který rozpínal elektroventily v opačném pořadí. Při opětovném sepnutí tlačítka start se cyklus opakoval. Tlačítko stop sloužilo k přerušení doby chlazení a spuštění čítače 2. To mělo podstatnou nevýhodu, pokud se polotovar vložil špatně a stroj se spustil, došlo k lisování i po sepnutí tlačítka stop. Řízení je ukázáno na jednoduchém blokovém schématu, obr. 40.



Obr. 40) Blokové schéma původního řízení

4 MODERNIZACE VÝROBNÍ LINKY

4.1 Požadavky zadavatele

Při navrhování řízení jsem se držel požadavků zadavatele a zařízení jsem navrhoval i s možností dalšího rozšíření. Zadavatel požadoval obdobnou obsluhu zařízení, jako u předchozí linky.

Požadavky zadavatele pro lisovací stroje:

- Manuálně ovládat přes tlačítka jednotlivé elektroventily (pohyby) lisovacího stroje a zároveň mít odpojenou řídicí elektroniku z důvodů bezpečnosti.
- Nastavovat jednotlivé výrobky a časy chlazení pomocí tlačítek na panelu a zobrazovat je na LCD displeji.
- Možnost přepínat mezi plně automatickou výrobou a poloautomatickou. Kdy při poloautomatické výrobě je výrobek vkládán obsluhou linky a spouštěn tlačítkem start.
- Jednoduchá komunikace mezi jednotlivými stroji.
- Možnost vypnout lisovací stroj tlačítkem stop v jakékoli situaci.
- Celé řízení musí být chráněno proti vnějším vlivům prostředí, prachu, vlhkosti, elektromagnetickému záření

Požadavky zadavatele pro řezací jednotku a jednotku odtahu:

Řezací jednotka a jednotka odtahu má být zcela nové zařízení. Řezací jednotka slouží k oddělení nastavené délky polotovaru trubky (parizonu) vytlačované z extrudéru. Jednotka odtahu odjíždí s uříznutým polotovarem od extrudéru, aby se polotovar opět nespojil s vytlačovanou trubicí. Jsou zde vypsány pouze požadavky oproti změně na lisovacím stroji.

- Nastavovat jednotlivé druhy výrobků a časy odříznutí nastavené délky pomocí tlačítek na panelu a zobrazovat je na LCD displeji.
- Možnost přepínat mezi plně automatickou výrobou a poloautomatickou. Při poloautomatické výrobě je vypnut odtah.
- Komunikace s manipulátorem. Při uříznutí a odtažení výrobku posílá manipulátoru příkaz k odebrání výrobku a zahájení výroby.

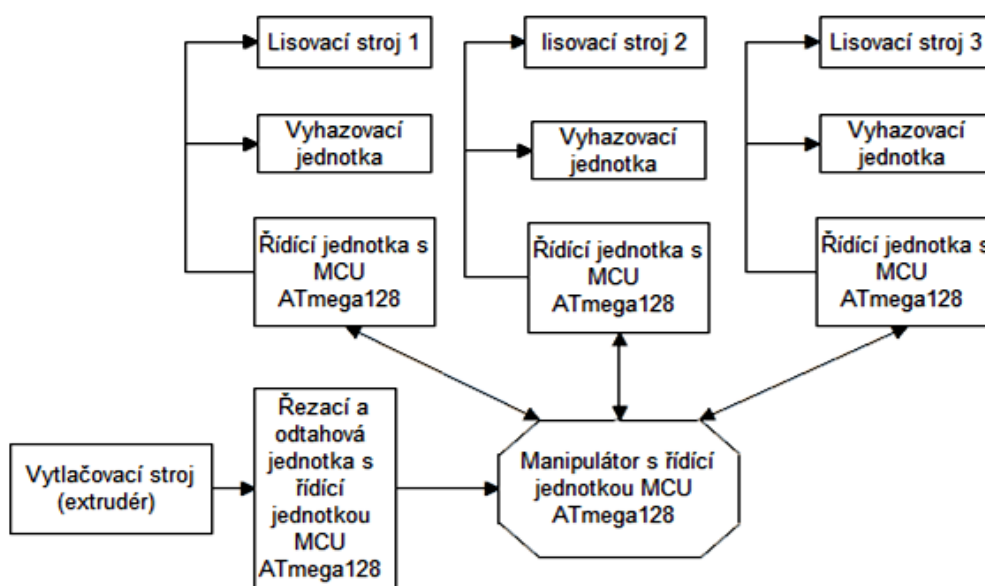
Požadavky zadavatele pro manipulátor:

Manipulátor je opět úplně nové zařízení, které nahrazuje ve výrobě pracovníka. Je to nejsložitější část celé výroby. Manipulátor je spojen kabelem a komunikuje se všemi zařízeními. Jeho úkol je odebrat parizon z odtahu, najet na pozici připraveného lisovacího stroje, vložit parizon do stroje, přes komunikaci poslat příkaz k práci lisovacího stroje a vrátit se zpět na pozici odtahu. Jsou zde vypsány pouze požadavky oproti změně na předchozích zařízeních.

- Manuálně ovládat stejnosměrný motor, který slouží pro najetí ramene na určenou polohu.
- Možnost nastavení jednotlivých výrobků na LCD displeji a nastavení úhlu natočení servomotoru.
- Manuální ovládání elektromagnetické brzdy.
- Panel pro sirénu a Stroboskopickou lampu - výstražný majáček

4.2 Blokové schéma modernizované linky

Modernizovaná linka obsahuje pro každý lisovací stroj vlastní řídicí jednotku s MCU a vyhazovací jednotku. Pro vytlačovací stroj byla vyrobena nová řezací a odtahová jednotka. Řezací jednotka odpočítává čas, který určuje délku parizonu. Ve chvíli kdy je parizon oddělen, odtah s ním odjíždí od vytlačovacího stroje a řezací jednotka pošle signál manipulátoru. Manipulátor odebere parizon pomocí uchopovacího zařízení a najíždí na polohu lisovacího stroje 1. Manipulátor zjišťuje přes komunikaci, jestli je lis. stroj připraven, pokud ano vloží parizon do formy a spustí lisovací stroj. Poté najíždí zpět na polohu vytlačovacího stroje a čeká na pokyn řezací jednotky. Tento postup je opakován pro všechny lisovací stroje. Na obr. 41 je zobrazeno blokové schéma a pod ním obr. 42 modernizované linky.



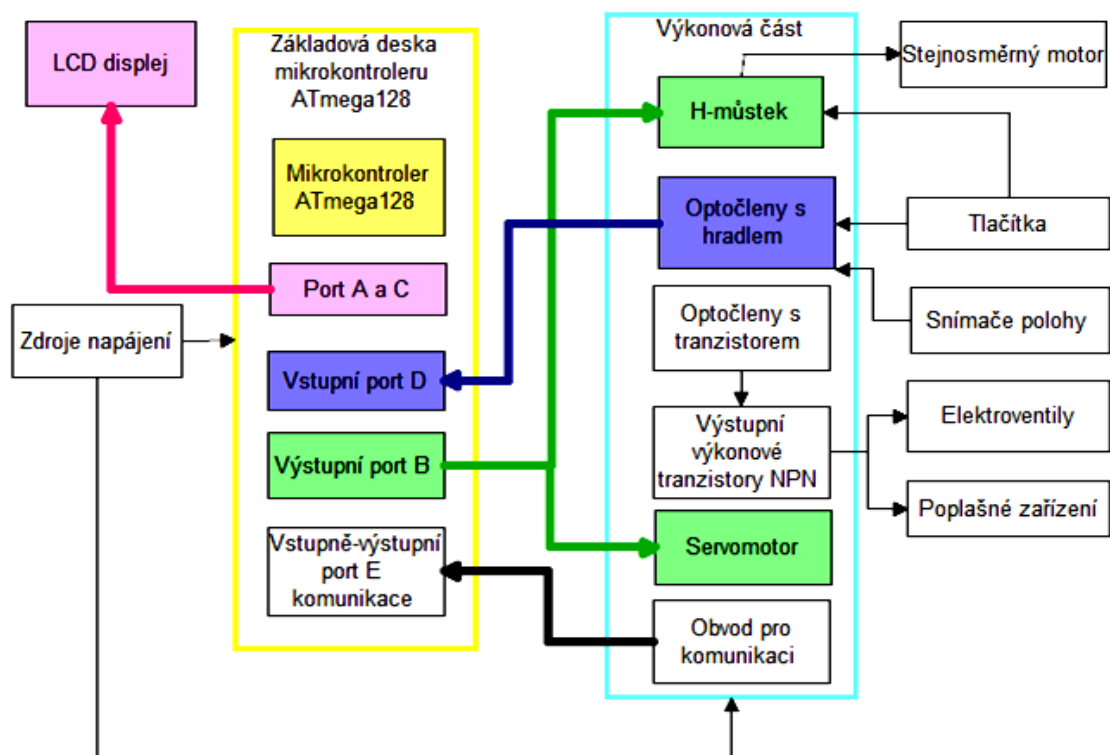
Obr. 41) Blokové schéma modernizované linky



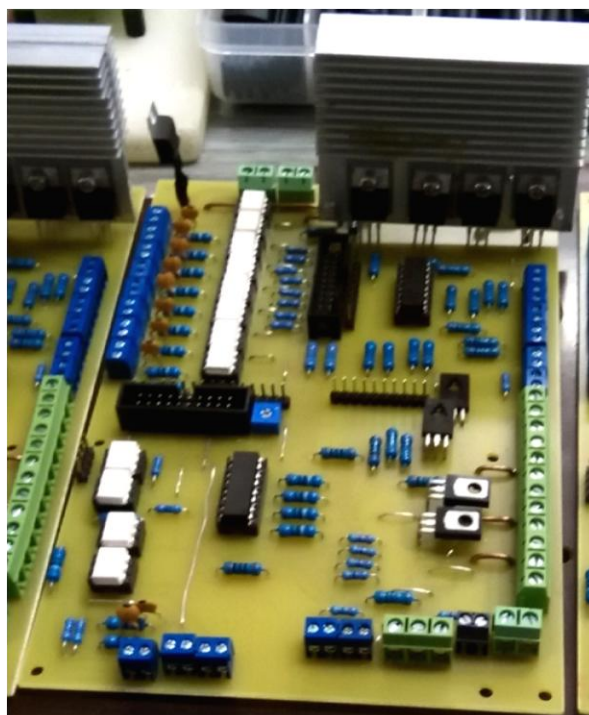
Obr. 42) Modernizovaná výrobní linka

4.3 Řídící jednotka

Blokové schéma zapojení řídicí jednotky s výkonovou částí obr. 43. Základová deska s mikrokontrolerem ATmega128 obr. 31 byl popsán podrobněji v kapitole 2.5. Základová deska výkonové části s chladičem H-můstku a s diskrétními součástkami je na obr. 44. Návrh elektroniky byl vytvořen v programu EAGLE.



Obr. 43) Blokové schéma řídicí jednotky s výkonovou částí

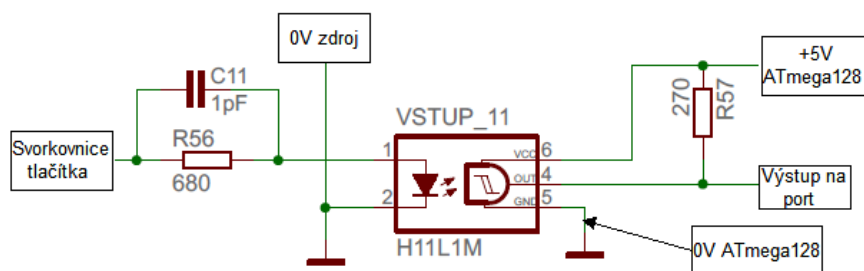


Obr. 44) Základová deska výkonové části

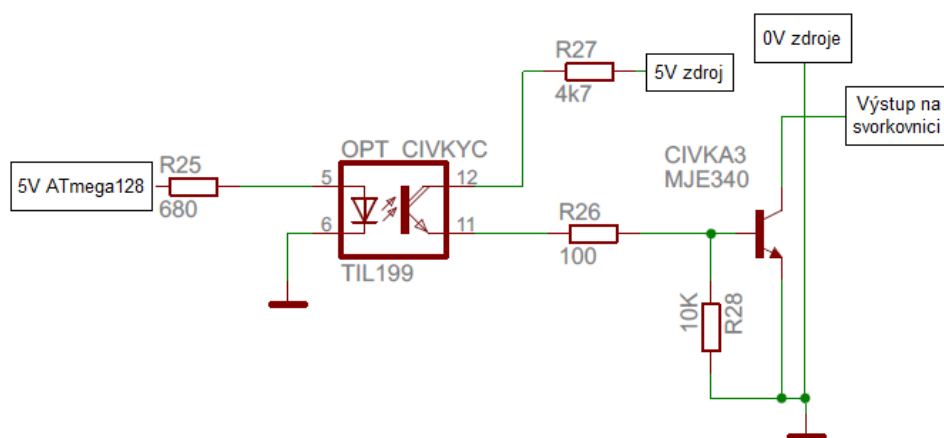
4.3.1 Zapojení vstupů a výstupů na výkonové části

Vstupy a výstupy na porty ATmegy128 jsou zapojeny přes výkonovou část pomocí zmíněných optočlenů a tranzistorů. Optočleny jsou zvoleny pro bezpečnost a ochranu mikrokontroleru ATmega128 proti možnému zkratu. Pro vstupy byly zvoleny optočleny s hradlem, typ H11L1, protože obsahují Schmittův klopný obvod, který poskytuje hysterezi k odolnosti proti rušení a tvarování pulzu, tyto vlastnosti se hodí na použití pro tlačítka, která mohou způsobovat rušení. Zapojení vstupu, optočlenu s hradlem je na obr. 45, kde tlačítka jsou napájena vlastním zdrojem napětí 5V a jsou připojena přes svorkovnici na odpor s kondenzátorem k anodě diody. Hradlo optočlenu je napájeno přímo přes zdroj základové desky mikrokontroleru. Při sepnutí tlačítka se na vstupním portu D snímá log. 1.

Výstupy jsou tvořeny optočleny typ LTV846, každé pouzdro obsahuje čtyři optočleny, připojeny na báze výstupních tranzistorů typu MJE340. Výstupy tranzistorů jsou vyvedeny na svorkovnici a připojeny k elektroventilům. Zapojení výstupů je na obr. 46, kde výstupní port je připojen přes odpor k anodě diody. Tranzistor optočlenu a výstupní tranzistor je připojen k samostatnému zdroji 24V. Pro sepnutí jednotlivých zařízení (elektroventily) je na výstup z mikrokontroleru poslána log. 1.



Obr. 45) Zapojení vstupu na ATmegu128.



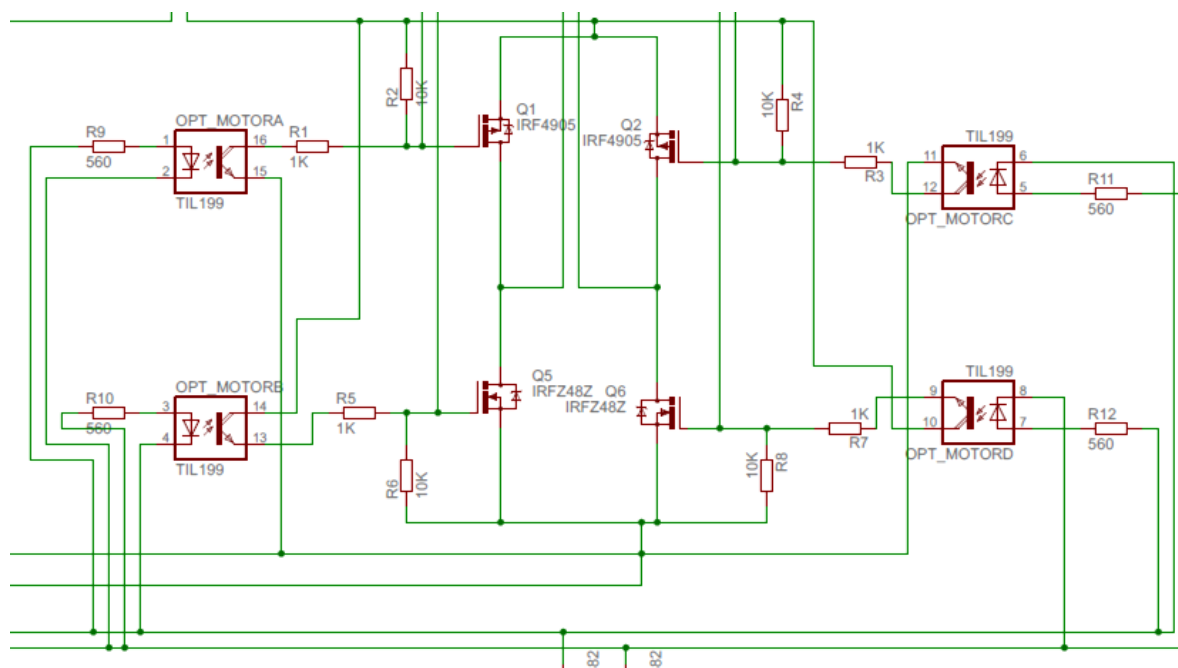
Obr. 46) Zapojení výstupu s výkonovým tranzistorem.

4.3.2 Zapojení H-můstek

Schéma zapojení použitého H-můstku obr. 47 s unipolárními tranzistory. Celkové zapojení je na přiloženém CD, příloha 1.3.

Použité součástky:

- Unipolární tranzistor N-Kanál IRF640
- Unipolární tranzistor P-Kanál IRF9540
- Optočlen 4x s tranzistorem LTV846



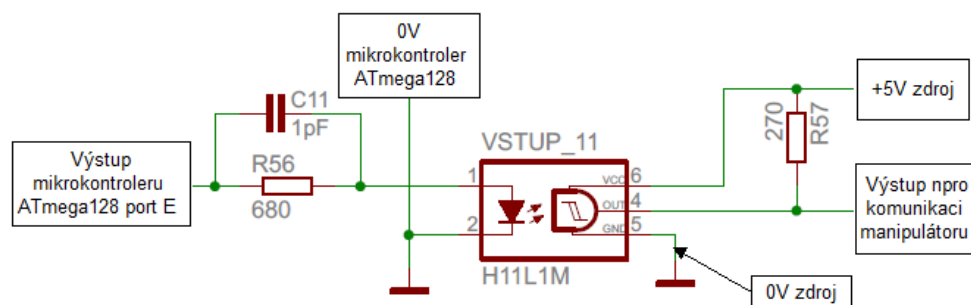
Obr. 47) H-můstek

4.3.3 Komunikace

Komunikují spolu vždy pouze dvě zařízení. U všech zařízení je komunikace tvořena pomocí jednoho vstupu a jednoho výstupu. Pro komunikaci využívám port E. Vstup komunikace, je jako u ostatních vstupů tvořen optočlenem s hradlem H11L1 zapojení na obr. 45, na jehož anodu diody je přivedena log. 1 nebo log. 0 z daného zařízení.

U výstupu je také použit optočlen H11L1, ale zapojen tak, že výstupní port E je tentokrát zapojen na anodu diody optočlenu a výstup z hradla je připojen na komunikaci s daným zařízením. Zapojení výstupu komunikace obr. 48.

Komunikace probíhá tak, že řídicí jednotka sleduje vstup, a když se objeví log. 1 zařízení se spustí a nastaví na výstupu log. 0. Po dokončení programu, zařízení na výstup nastaví log. 1, a tím posílá hlášení, že je opět připraveno.

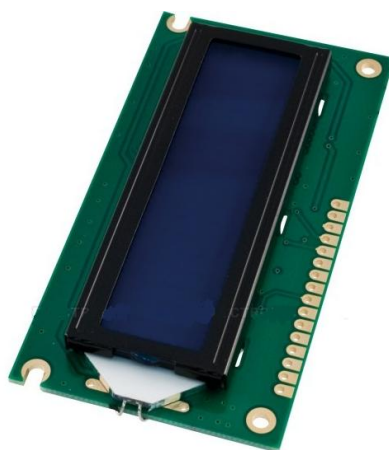


Obr. 48) Zapojení výstupu pro komunikaci

4.3.4 Použití LCD displeje

LCD displej byl použit pro menu k nastavování vyráběného výrobku pro plně automatizovanou výrobu a k nastavení času chlazení pro poloautomatickou výrobu. Použitý LCD displej obr. 49 je jednořádkový obsahující 16 znaků, je opatřen podsvícením a radičem. Je připojen pomocí plochého kabelu k desce výkonové části, kde se nachází trim sloužící k nastavení jasu. Jeho napájení je ze základové desky mikrokontroleru. Pro ovládání displeje v programu je použita knihovna LCD.c a displej je připojen plochým kabelem k portu A a C.

Pohyb v menu zajišťují tři tlačítka připojená na vstupy výkonové části. První tlačítko zelené čtvercové je potvrzovací, pod ním dvojtláčítka se šipkami zajišťující pohyb v menu. Tyto tlačítka jsou umístěna do panelu na drátové připojení. Byly vybrány z důvodu prašného pracovního prostředí a nepříliš jemnou obsluhou.



Obr. 49) Použitý LCD displej

4.4 Lisovací stroj

Na mechanické části lisovacího stroje byla přidána vyhazovací jednotka pro plně automatickou výrobu. Lisovací stroj byl popsán v kapitole 3.1.

4.4.1 Přední panel lisovacího stroje

Pro elektroniku a tlačítka do panelu jsem použil průmyslovou krabičku s ochranou IP65. Tlačítka byla vybrána zadavatelem. Hotový panel je na obr. 50.

Popis tlačítek na panelu od vrchní části:

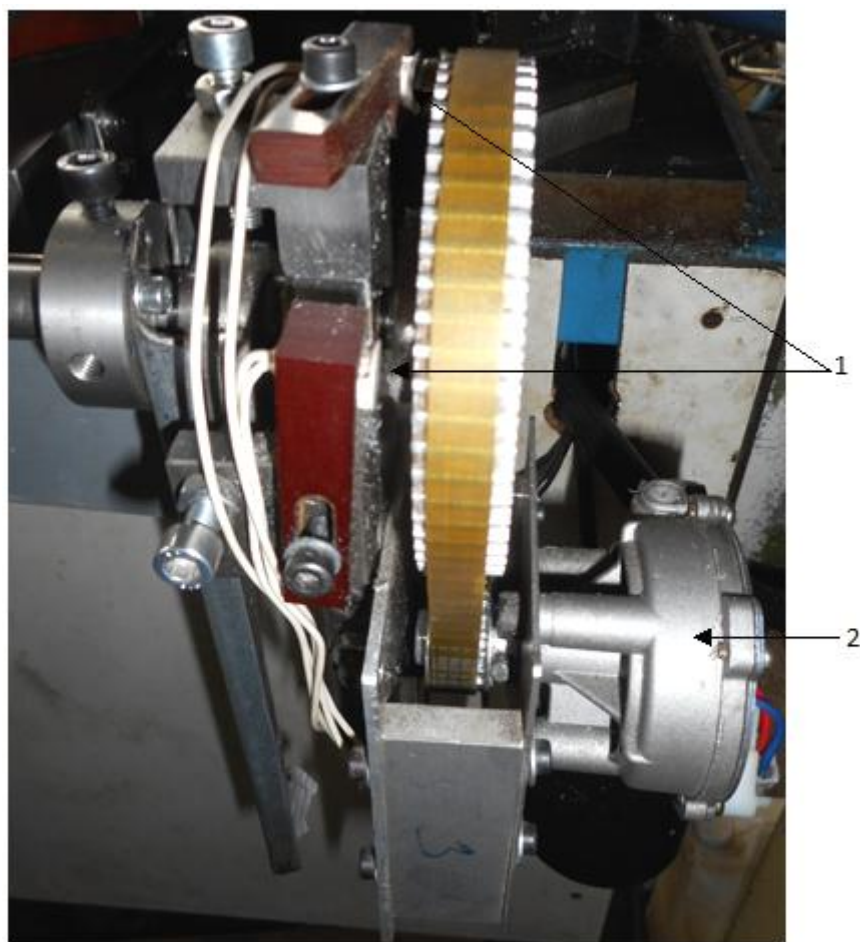
- Červené kolébkové tlačítko zap/vyp stejnosměrný motor. Napravo od něho žluté a zelené vybavené Led diodou, ovládají chod motoru pravý/levý.
- Zelené čtvercové tlačítko a pod ním černé dvoj tlačítko se šipkami slouží pro ovládání menu na displeji.
- Řada kolébkových tlačítek pod displejem slouží k ovládání jednotlivých elektroventilů.
- Kolébkové tlačítko nalevo slouží k přepínání mezi elektronikou a manuálním ovládáním.
- Spodní tlačítka zelené-start, červené-stop.



Obr. 50) Ovládací panel pro lisovací stroj

4.4.2 Vyhazovací jednotka lisovacího stroje

Vyhazovací jednotka lis. stroje obr. 51 se skládá ze stejnosměrného motoru se šnekovou převodovkou typu Nidec (SW2K) na 12V, který je řízen H-Můstkem a kontrolou polohy pomocí dvou magnetických spínačů. Na ozubeném kole je umístěn neodymový magnet spínající magnetické snímače.



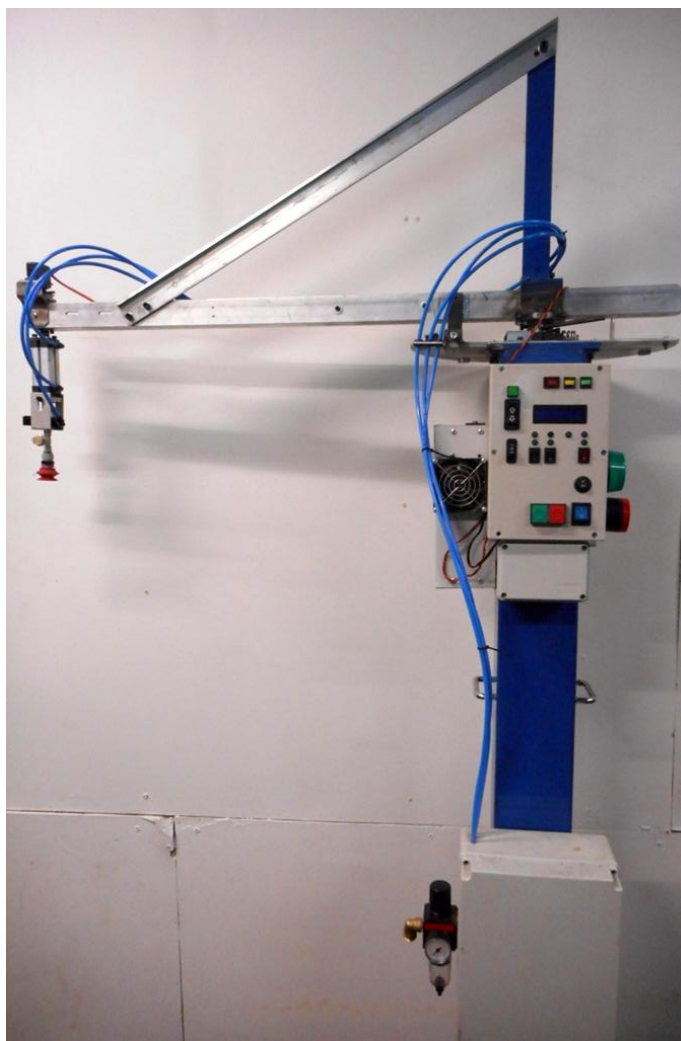
Obr. 51) Vyhazovací jednotka strojku

1 – Magnetické spínače určující polohu vyhazovacích nožů. 2 – Stejnosměrný motor Nidec se šnekovou převodovkou

4.5 Manipulátor

Manipulátor je složen z hlavní nosné části čtvercového profilu (jekl) o rozměrech, výška 1300mm, šířka 150mm, tloušťka stěny 3mm. Manipulátor na obr. 52. Do vrchní části profilu je umístěna elektromagnetická brzda obr. 27, která zastavuje rameno s uchopovacím zařízením na požadované poloze. Na hřídel elektromagnetické brzdy je připevněno ozubené kolo pro řemen sloužící k otáčení ramene. Další částí je hliníkové rameno profilu L s rozměry, délka 800mm a 40/40/2mm, připevněno k hřídeli elektromagnetické brzdy. Na konci ramene je uchopovací zařízení obr. 54. K určení polohy pro najetí ramene jsou použity magnetické spínače, které jsou zapojeny na vstupy výkonové části. Magnetické spínače jsou umístěny na půlkružnici z hliníkového plechu o síle 3mm. V půlkružnici jsou po obvodu vyfrézované 4 drážky pro magnetické spínače, které se mohou nastavovat pro přesné najetí do polohy formy, protože místa pro připevnění forem nejsou pokaždé stejná. Liší se řádově o milimetry. Je nutné vytvořit korekci a snímače seřadit. Spínání magnetických spínačů zajišťuje magnet připevněný na ramenu 350mm od středu ramene. Po sepnutí daného spínače se zastaví motor a sepne se elektromagnetická brzda.

Na hlavní části manipulátoru je připevněn stejnosměrný motor s převodovkou typ K7A3 na 24V, který otáčí přes řemenový převod rameno, dále řídicí elektronika a poplašné zařízení.



Obr. 52) Manipulátor

4.5.1 Ovládací panel manipulátoru

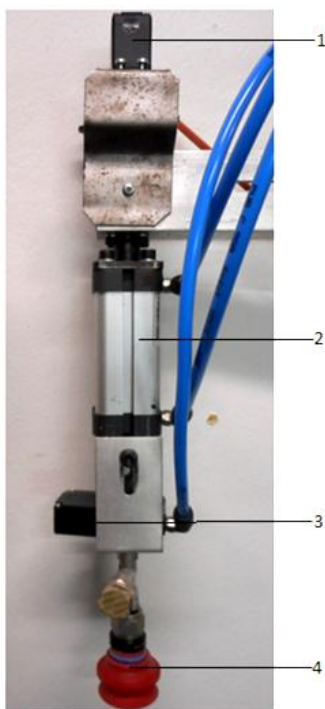
Je obdobný stejně jako u lisovacích strojů. Obsahuje červené kolébkové tlačítko pro ovládání elektromagnetické brzdy. Pod LCD displejem jsou umístěny 4 LED diody pro vizualizaci polohy. Spodní kolébkové tlačítko slouží pro odpojení napájení H-můstku. Ovládací panel manipulátoru obr. 53.



Obr. 53) Ovládací panel manipulátoru

4.5.2 Uchopovací zařízení

Uchopovací zařízení je složeno ze servomotoru, který slouží pro natočení parizonu do formy, pneumatického válce, ejektoru se silikonovou přísavkou odolávající trvalé teplotě do 220°C. Pneumatický válec s interním vedením se přesune pro odebrání parizonu do spodní polohy, parizon odebere a vrací se zpět do horní polohy. Po najetí manipulátoru na požadovanou polohu se pneumatický válec přesune do spodní polohy a odpojením ejektoru vloží parizon do formy.



Obr. 54) *Uchopovací zařízení*

1 - modelářský servomotor, 2 – pneumatický válec s interním vedením, 3 – ejektor, 4 – silikonová přísavka

4.5.3 Poplašné zařízení

Poplašné zařízení je umístěno na pravé části manipulátoru obr. 55 a spouští se při vzniklé chybě. Například pokud lisovací stroj není připraven pro vložení dalšího výrobku. Skládá se z poplašné sirény a stroboskopického blikáče. Jsou připojeny společně na jeden tranzistorový výstup. Pokud se spustí poplach, manipulátor a lisovací stroj, u kterého nastala chyba, se zastaví a další stroje dokončí svůj program z důvodů bezpečnosti. Řezací jednotka a jednotka odtahu je stále v provozu, protože extrudér je v chodu. Po sepnutí tlačítka stop na manipulátoru se poplach vypne a po odstranění chyby systém vyčkává na opětovné spuštění. Poplach je také možné zapínat a vypínat ručně přímo na panelu poplašného zařízení.



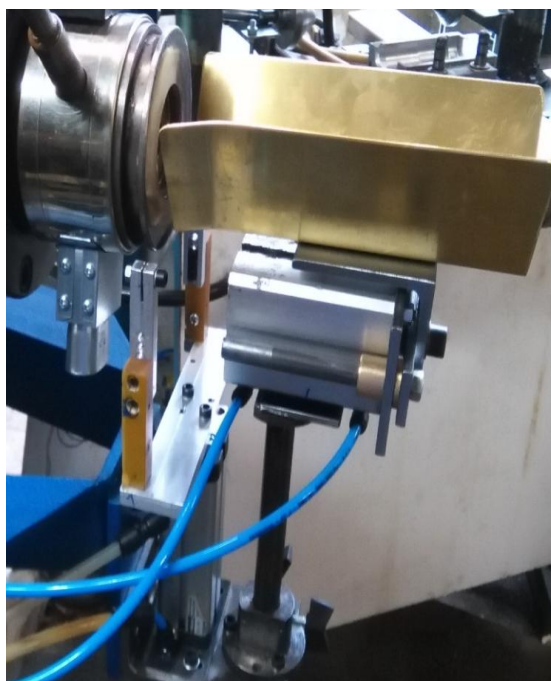
Obr. 55) *Poplašné zařízení*

4.6 Řezací jednotka a jednotka odtahu

Řezací jednotka slouží k oddělení parizonu podle nastaveného času (délky). Jednotka odtahu odjíždí s odděleným parizonem od vytlačovacího stroje, aby se parizon nespojil s dalším vytlačovaným parizonem. Řezací jednotka a jednotka odtahu se skládá z pneumatického válce s interním vedením obr. 57. Na pneumatickém válci řezací jednotky je umístěn oboustranný řezací nůž, který je možno nahřívát obr. 57. U jednotky odtahu je na válci připevněn nástavec pro zachycení polotovaru. Ovládací panel má podobné uspořádání jako u ostatních zařízení obr. 56.



Obr. 56) Ovládací panel řezací jednotky a jednotky odtahu

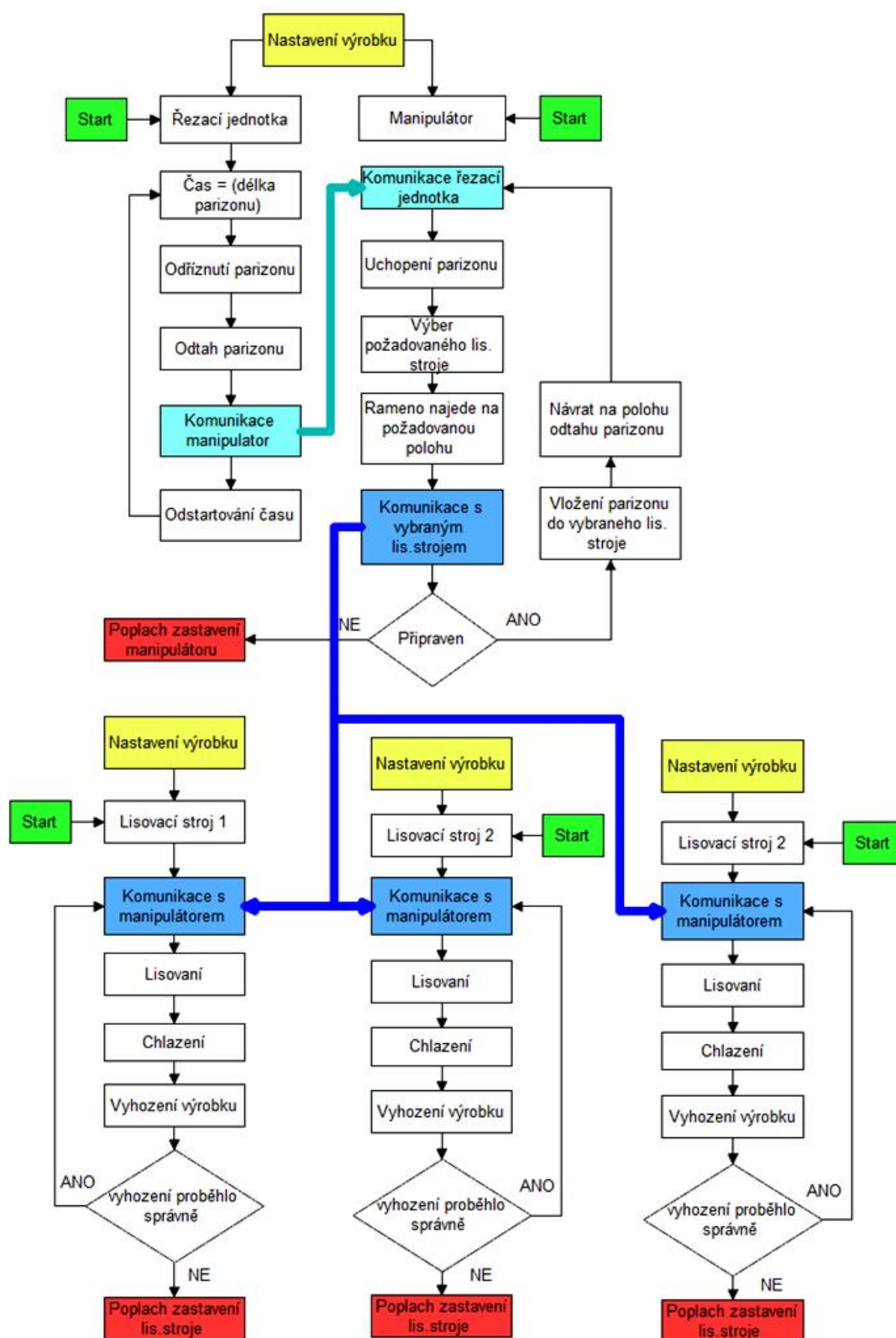


Obr. 57) Řezací jednotka a jednotka odtahu

5 PROGRAM ŘÍZENÍ VÝROBNÍ LINKY

Postup výroby na blokovém schématu obr. 58. Výroba začíná nastavením vyráběného produktu na všech řídicích jednotkách zařízení. Poté se nastartují řídicí jednotky lisovacích strojů tlačítkem start a nastaví se čas (délka parizonu odpovídající danému produktu) na řezací jednotce. Řízení řezací jednotky se musí časově synchronizovat s vytlačovacím strojem. Po nastavení se spustí řídicí jednotka řezacího zařízení a kontrolují se odříznuté délky parizonu tzn. (najetí výrobní linky). Pokud je správná délka parizonu, nastartuje se řídicí jednotka manipulátoru tl. start, která čeká na pokyn z řezací jednotky. Řezací jednotka odřízne parizon, a odtahová jednotka přesune parizon od vytlačovacího stroje na pozici pro uchopení manipulátorem. Poté je poslán pokyn řídicí jednotce manipulátoru k odebrání parizonu. Manipulátor má na odebrání parizonu s odtahové jednotky 3 vteřiny, po uplynutí tohoto času se odtaž přesouvá na výchozí pozici a začíná další odpočet času (délky) parizonu. Manipulátor po odebrání parizonu najíždí na polohu zvoleného lis. stroje. Po najetí a zastavení na poloze, zkontroluje řídicí jednotka manipulátoru stav připravenosti řídicí jednotky lis. stroje. Pokud je lis .stroj připraven manipulátor vloží parizon do formy a řídicí jednotka manipulátoru spustí řídicí jednotku lis. stroje. Manipulátor najede zpět na výchozí polohu a čeká na signál řezací jednotky. Tento postup se opakuje u každého lis. stroje.

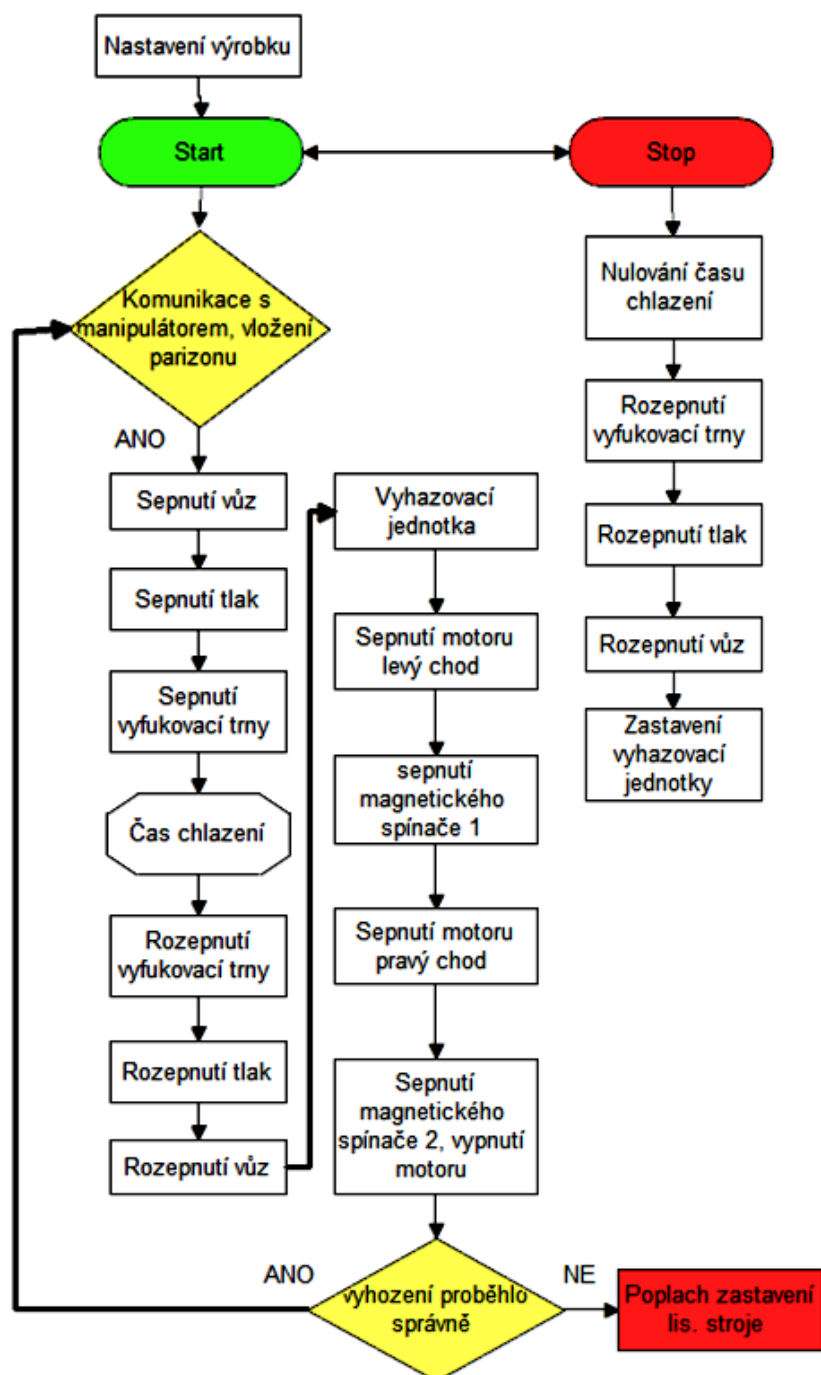
Řídicí jednotka lisovacího stroje po vyslání signálu řídicí jednotkou manipulátoru postupně provede složení formy, vyfouknutí výrobku do požadovaného tvaru, jeho zchlazení, opětovné rozložení formy a vyhození výrobku do připraveného boxu. Pokud byl cyklus lis.stroje správně dokončen, je řídicí jednotka lis. stroje opět připravena ke komunikaci s manipulátorem, v opačném případě se spustí poplach.



Obr. 58) Blokové schéma postupu výroby

5.1 Vývojový diagram programu lisovacího stroje

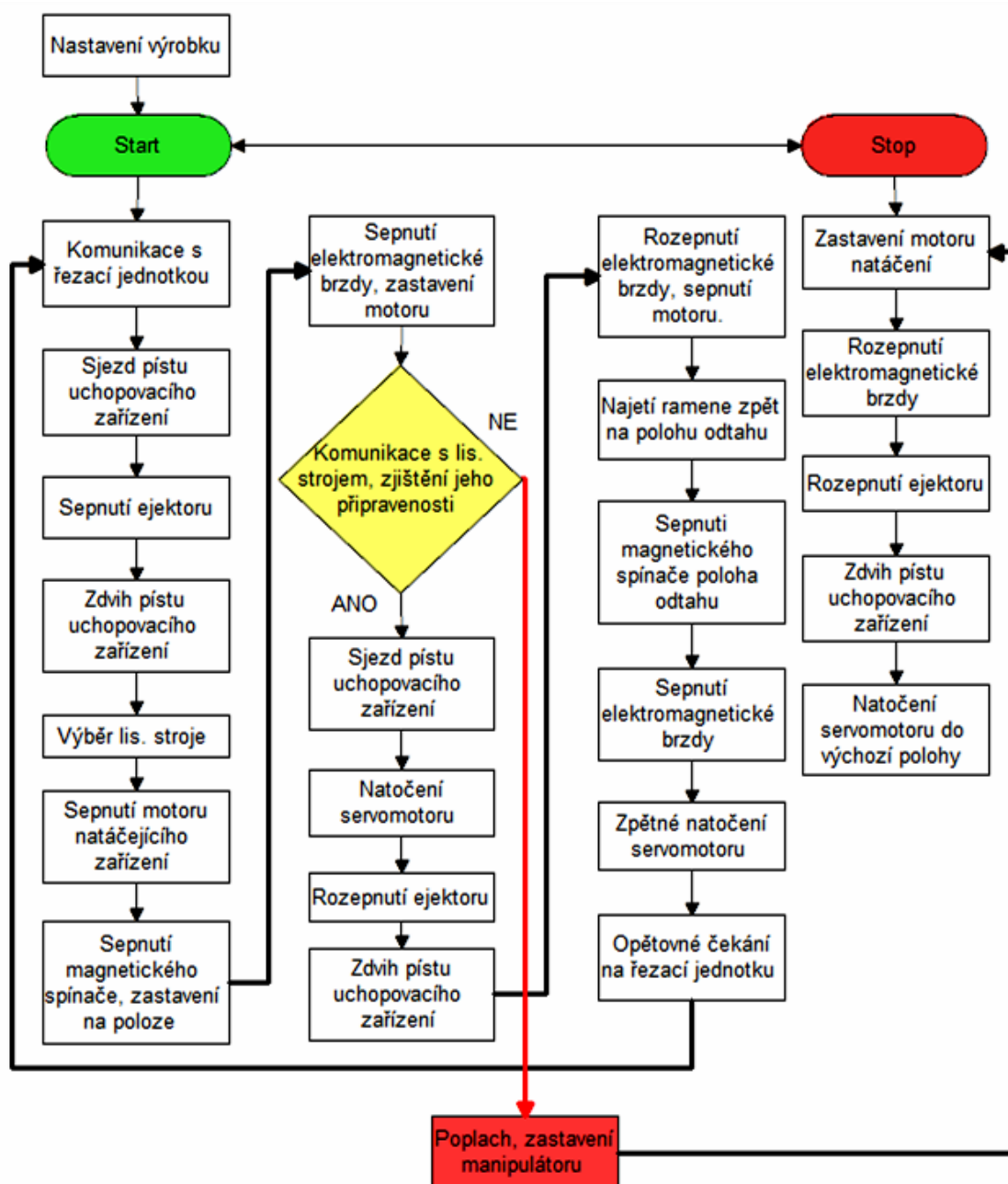
Vývojový diagram programu lisovacího stroje obr. 59. Celkový program je v příloze 1.3.



Obr. 59) Vývojový diagram programu lisovacího stroje

5.2 Vývojový diagram programu pro manipulátor

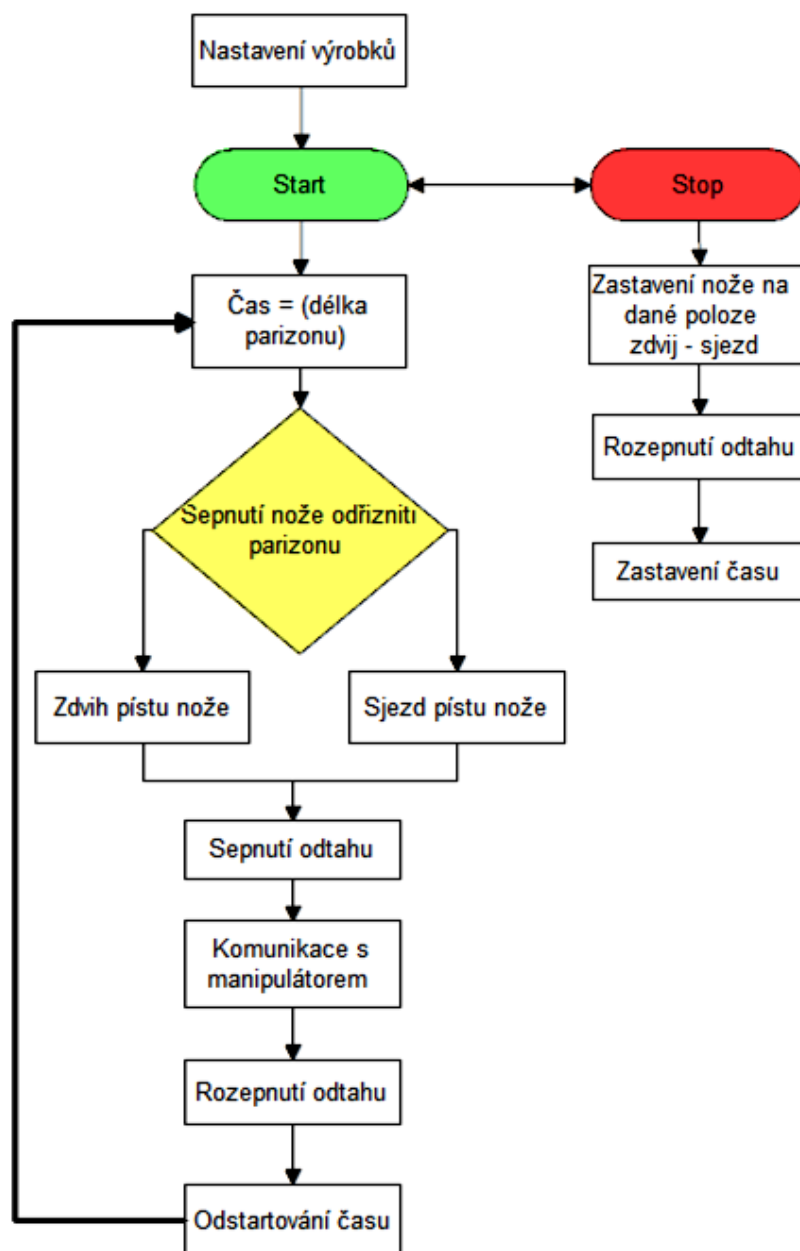
Vývojový diagram programu pro manipulátor obr. 60. Celkový program je v příloze 1.3.



Obr. 60) Vývojový diagram programu pro manipulátor

5.3 Vývojový diagram programu pro řezací jednotku a jednotku odtahu

Vývojový diagram programu pro řezací jednotku a jednotku odtahu obr. 61. Celkový program je v příloze 1.3.



Obr. 61) Vývojový diagram programu pro řezací jednotku a jednotku odtahu

6 ZHODNOCENÍ

Při modernizaci výrobní linky, byla řešena řada problémů. Při návrhu řídicí jednotky a její obsluhy bylo nutné vytvořit jednoduchý ovládací panel, dále připojení jednotlivých zařízení v prašném a vlhkém prostředí a celkové napájení všech zařízení. Určitá nevýhoda byl návrh řídicí jednotky před samotnou realizací některých řízených strojů (manipulátor, řezací a odtahová jednotka). Určitým problémem se ukázalo u manipulátoru najíždění na polohu lisovacích strojů, kterou určují magnetické spínače. Jedná se o zpoždění zastavení motoru a sepnutí elektromagnetické brzdy. Při tomto zpoždění a setrvačnosti ramene dochází k mírným odchylkám v přesnosti polohy. Tento problém byl do určité části řešen programem.

Rozpis nákladů na modernizaci:

- Základová deska s mikrokontrolerem ATmega128 byla pořízena v ceně 1200Kč za kus. Celková cena pro výrobní linku činí 6000Kč.
- Návrh a výroba výkonové části v pořizovací ceně 8000Kč.
- Návrh a výroba nových strojů v pořizovací ceně 50000Kč
- Programy pro řízení jednotlivých částí 20000Kč
- Celkové sestavení modernizované výrobní linky a její uvedení do provozu 60000Kč

Celková cena s použitím dalších potřebných zařízení se blíží k částce 200 000 Kč.

Na dřívější výrobní lince bylo možné vyrábět 8 produktů a každý produkt se z ekonomických důvodů vyráběl osmihodinovou pracovní dobou (střídání dvou zaměstnanců). Delší pracovní doba znamená zvýšit počet zaměstnanců a tím i náklady na vyráběný produkt.

Modernizovaná výrobní linka dokáže vyrábět až 18 druhů produktů jednotlivě 24 hodin denně se střídáním třech zaměstnanců na směnu. V průběhu měsíce výroba běží cca 10 dní. Díky výše popsaným úpravám výrobní linky se výrazně zkrátil čas výroby a zvýšila produktivita práce.

Předpokládaná úspora na mzdových nákladech bude ročně činit cca 300 000 Kč.

7 ZÁVĚR

V této diplomové práci jsem popsal návrh a realizaci modernizace výrobní linky. Řešení bylo prakticky realizováno na zastaralé výrobní lince. Zadané podmínky od zadavatele pro modernizovanou výrobní linku byly splněny. Modernizovaná výrobní linka byla otestována a splňuje všechny nároky, které na ni byly kladeny. Testování probíhalo postupně, první bylo otestováno zapojení a řízení lisovacího stroje, postupně byly otestovány všechny jeho části, i s chybami, které mohou nastat. Dále byla otestována řezací jednotka a jednotka odtahu, u testování byl použit stejný postup jako u lisovacího stroje. Manipulátor byl testován postupně s ostatními zařízeními. Poté se přistoupilo k testování celé výrobní linky (bez výroby). Konečné testování probíhalo dva dny, kdy byly simulovány chyby a jejich možné následky. Po ukončení testování byly provedeny úpravy výrobní linky a doladění programu jednotlivých zařízení. Následovalo samotné spuštění výrobní linky za plného provozu, při kterém výrobní linka pracovala správně.

Výrobní linka je stále ve fázi vývoje a jsou navrženy řešení ke zkvalitnění celého výrobního procesu. Jedná se o najíždění ramene na polohy lisovacích strojů. Stejnoseměrný motor K7A3 pro pohon ramene bude nahrazen za krokový motor s planetovou převodovkou s řízením, určený pro CNC stroje. Díky tomu se zrychlí a zpřesní poloha najíždění ramene. Krokový motor je bezkontaktní, nevzniká rušení a jeho poloha natočení se dá jednoduše a přesně řídit.

Modernizovaná výrobní linka dokáže vyrábět až 18 druhů produktů jednotlivě 24 hodin denně se střídáním třech zaměstnanců na směnu. V průběhu měsíce výroba běží cca 10 dní. Předpokládaná úspora na mzdových nákladech bude ročně činit cca 300 000 Kč.

Výrobní linka je nenáročná na obsluhu. Řízení výrobní linky je možno rozšiřovat o další prvky a ovládání. Celkové zadání na modernizaci výrobní linky bylo splněno.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Katedra tváření kovů a plastů: Vytlačování. Katedra strojírenské technologie [online]. [cit.2016-05-29]*
Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/06.htm
- [2] *Technologie zpracování plastů: Technologie vytlačování [online]. [cit. 2016-05-29].*
Dostupné z: <https://publi.cz/books/183/02.html>
- [3] *Pneumatické komponenty: Válce a příslušenství [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: http://sstzr.cz/projekty/mechatronika/dokumenty/ucebni-texty/valce.pdf*
- [4] *Martel Energo: měřicí a regulační technika [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: http://www.martelenergo.sk/ako-funguje-elektromagneticky-ventil*
- [5] *HUDEČEK, Ondřej. Vakuová technika: Proudové vývěvy - ejektory [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: http://www.umel.feec.vutbr.cz/~bousek/vak/CERPANI/EJEKTORY_HUDECEK.pdf*
- [6] *Vakuové systémy: Ejektory [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: http://www.fluidtechnik.eu/vakuove-systemy*
- [7] *ZAPLATÍLEK, Karel. Spínané zdroje [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: user.unob.cz/zaplatilek/Obecne/Skripta_napajeci%20zdroje/Část4.doc*
- [8] *ROUBÍČEK, Ota. Princip stejnosměrných motorů [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: http://elektrika.cz/data/clanky/princip-stejnosmernych-motoru*
- [9] *Stejnosměrný elektromotor [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: http://granty.5zskladno.cz/823/*
- [10] *SKALICKÝ, Jiří. Elektrické servopohony [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/priloha.php?dpid=33400*
- [11] *Regulační pohony: AC servomotory [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: http://www.regulacni-pohony.cz/frm_servo.html*
- [12] *ZUTH, Daniel. PWM signál: princip PWM [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: http://hw.zuth.cz/09hodina.html*
- [13] *Robotik Sistem: Servo motors [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: http://www.robotiksistem.com/servo_motor_types_properties.html*
- [14] *Servo: MG995 [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: [14] http://1url.cz/2t13H*
- [15] *Display-LCD: Jak funguje LCD display [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: http://www.display-lcd.cz/jak-funguje-lcd*
- [16] *KONVALINA, Jan. LCD a jejich technologie [online]. 2013 [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: http://notebook.cz/clanky/technologie/2013/LCD-1*
- [17] *ŠÍL, P. Řízení manipulátoru pomocí mikrokontroléru. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 47 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Daniel Zuth, Ph.D..*
- [18] *PSP pohony: Brzda zapínaná elektromagnetem [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: http://1url.cz/8t1ZW*
- [19] *PLC-programovatelné automaty [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: http://1url.cz/dt1Hb*

- [20] Automa časopis pro automatizační techniku: Zásuvné PC karty k měření polohy a řízení pohybu [online]. [cit. 2016-05-29].
Dostupné z: http://automa.cz/index.php?id_document=28749
- [21] LIPSON, Phillip. PC vs. PLC: porovnání variant řídicího systému [online]. 2011 [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: [21] <http://1url.cz/Zt1q0>
- [22] KAINKA, Burkhard. Měření, řízení a regulace pomocí PC: [vývoj hw a sw pro praxi]. Praha: BEN - technická literatura, 2003. PC & elektronika. ISBN 80-7300-089-X.
- [23] DUDACEK, Karel. Mikrokontroléry [online]. 2001 [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~dudacek/Pot/mikrokontrolery.pdf>
- [24] SOUKUP, Tomáš. Řešení jednočipových mikroprocesorů [online]. 2012 [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: <http://1url.cz/Gt1Zw>
- [25] VÁŇA, Vladimír. Mikrokontroléry ATMEL AVR: popis procesorů a instrukční soubor. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2003, 335 s. ISBN 80-730-0083-0.
- [26] PK Design - výroba hardware a software: Základová deska MB-ATmega128 v4.0 [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: http://pk-design.net/HtmlCz/MB_ATmega128v4.html
- [27] MB-ATmega 128: Uživatelský manuál [online]. 2008 [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: http://pk-design.net/Datasheets/Zakladova_deska_ATmega128_v40.pdf
- [28] 8-bit Atmel Microcontroller: Pin Configurations [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc2467.pdf>
- [29] H-můstek pro řízení motoru pomocí procesoru [online]. [cit. 2016-05-29]. Dostupné z: <http://danyk.cz/schem/46>

9 SEZNAM PŘÍLOH

1 CD

1.1 Diplomová_práce_Petr_Šíl.pdf

1.2 Schéma_výkonové_části_vstupů_výstupů.pdf

1.3 Zdrojové_kódy.rar