

Mikropočítačově řízená ohýbačka trubek

Microcomputer controlled tube bender

Jan Vyoral

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan VYORAL**
Osobní číslo: **A07314**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**

Téma práce: **Mikropočítačově řízená ohýbačka trubek**

Zásady pro vypracování:

1. Navrhněte koncepci ohýbačky trubek řízené mikropočítačem a umožňující 3D ohýbání trubek.
2. Vyberte vhodné komponenty pro realizaci funkčního prototypu zařízení.
3. Realizujte hardware řídicího systému ohýbačky.
4. Vytvořte programové vybavení a ověřte jeho funkci.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. **PINKER, Jiří. Mikroprocesory a Mikropočítače. Praha : BEN ? technická literatura, 2004. 220 s. ISBN 80-7300-110-1.**
2. **MANN, Burkhard. C pro mikrokontroléry. Praha : BEN – technická literatura, 2004. 280 s. ISBN 80-7300-077-6.**
3. **CATSOUKIS, John. Designing Embedded Hardware. OReilly Media, 2005. 400 s. ISBN 978-0-596-00755-3.**
4. **MATOUŠEK, Radomil. Vývojový kit USBmegaKIT : podrobný stavební návod s ovládacím programem. 1. vyd. Praha : BEN – technická literatura, 2005. 27 s. ISBN 80-7300-163-2.**
5. **RIPKA, Pavel. Senzory a převodníky. Vyd. 1. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2005. 136 s. ISBN 80-01-03123-3**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Dolinay, Ph.D.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce:

25. února 2011

Termín odevzdání bakalářské práce:

7. června 2011

Ve Zlíně dne 25. února 2011

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan

L.S.

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Bakalářská práce pojednává o konstrukční a programové realizaci ohýbačky řízené mikropočítačem. V této práci bude zkráceně popsána celá realizace ovládací části stroje. První část práce obsahuje teorii o technologii ohýbání, IRC snímačích, indukčních snímačích, elektricky ovládaných rozvaděčích a také teorii o mikropočítači MC9S08DZ60. V druhé části je vysvětleno začlenění výše zmíněných ovládacích a snímacích prvků do celé konstrukce, jejich následné propojení s mikropočítačem s názornou ukázkou programu. Příloha obsahuje fotodokumentaci, zdrojový kód a schémata.

Klíčová slova:

Mikropočítač, IRC snímač, indukční snímač, elektrický rozvaděč

ABSTRACT

The Bachelor thesis deals with construction and programme implementation of a microcomputer-controlled bending machine. In this work there will be described for short the whole implementation of the control part of the machine. The first part includes the theory of bending technology, IRC sensors, inductive sensors, electrically controlled switchboards and the theory of microcomputer MC9S08DZ60. The second part explains inclusion of control and transmitter sensors mentioned above to the machine construction, their subsequent connection to the microcomputer with an illustrative example of the program. Appendix consists of photographs, source code and diagrams.

Key words:

Microcomputer, IRC sensor, inductive sensor, electrically control switchboard

Na začátku bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Janu Dolinayovi, Ph.D za ochotu a odborné rady při zpracování.

Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům za financování celého projektu, především pak svému otci za ochotu a pomoc při realizaci projektu.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně dne 6. června 2011

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 TECHNOLOGIE OHÝBÁNÍ.....	11
1.1 TEORIE OHÝBÁNÍ.....	11
1.2 ODPRUŽENÍ MATERIÁLU	12
1.3 PRINCIPY OHÝBÁNÍ	13
1.3.1 Ohýbání tahem.....	13
1.3.2 Ohýbání tlakem.....	14
1.3.3 Zakružování.....	14
1.3.4 Kombinace ohybu a tahu.....	15
2 TEORETICKÝ POPIS POUŽITÝCH SOUČÁSTÍ.....	16
2.1 ROZDĚLENÍ SNÍMAČŮ PODLE SNÍMANÝCH VELIČIN	16
2.1.1 IRC snímač	17
2.1.2 Indukční snímač	19
2.2 HYDRAULICKÉ PRVKY	22
2.2.1 Elektricky ovládané šoupátkové rozvaděče WE 6.....	24
2.3 MIKROPOČÍTAČ.....	24
2.3.1 Generátor hodinového signálu.....	25
2.3.2 Mikroprocesor	25
2.3.3 Paměť ROM	25
2.3.4 Paměť RWM.....	25
2.3.5 Vstupní a výstupní porty	25
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	27
3 FUNKCE OHÝBAČKY.....	28
3.1 POPIS POSTUPU OHÝBÁNÍ.....	28
4 HYDRAULICKÝ ROZVOD	30
4.1 ZAPOJENÍ ZUBOVÉHO ČERPADLA.....	30
4.2 ZAPOJENÍ REGULACE TLAKU	31
4.3 ZAPOJENÍ HYDROMOTORU A ZÁMKU VŘETENA	31
4.4 ZAPOJENÍ HYDROMOTORU POJEZDU	32
4.5 ZAPOJENÍ HLAVNÍ OHYBACÍ PÍSTNICE.....	33
4.6 ZAPOJENÍ UPINACÍCH PÍSTNIC	34
5 ELEKTRONICKÁ ČÁST.....	35

5.1	STRUKTURA ZAPOJENÍ	35
5.2	MIKROPOČÍTAČ MC9S08DZ60	36
5.3	DISPLEJ CMC420L01	37
5.4	DPS MIKROPOČÍTAČE	38
5.5	SCHÉMA VÝKONNÉ ČÁSTI	39
6	POPIS OVLÁDACÍ ČÁSTI OHÝBAČKY	41
7	POPIS PROGRAMOVÉHO VYBAVENÍ	42
7.1	PROGRAM CODEWARRIOR	42
7.2	POPIS ZDROJOVÉHO KÓDU	43
7.2.1	Deklarace proměnných	43
7.2.2	Nastavené vstupů/výstupů	44
7.2.3	Program	44
	ZÁVĚR	47
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ	48
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	49
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	50
	SEZNAM OBRÁZKŮ	51
	SEZNAM TABULEK	53
	SEZNAM PŘÍLOH	54

ÚVOD

Cílem bakalářské práce bylo zkonstruovat ovládací část ohýbačky trubek řízenou mikropočítačem. Ohýbačky trubek se původně používaly převážně ve strojírenství a stavebnictví. Dnes se ale můžeme s těmito výrobky setkat snad ve všech odvětví průmyslu. Dříve se používaly mechanicky ovládané ohýbačky trubek založené na postupném otáčení dorazů, které umožňovaly pouze pár ohybů na jednom kusu. V dnešní době se používá celá řada ohýbaček založená na CNC technologii, které umožňují sériovou, ale i kusovou výrobu velmi složitých prvků. Velmi často využívaný typ ohýbaček v praxi jsou ohýbačky založené na ohýbání tahem. Tyto ohýbačky jsou řízeny většinou průmyslovými počítači (IPC), které není zcela využito a cena tohoto IPC je poměrně vysoká oproti ceně mikropočítače.

Tato práce se zabývá vytvořením řídicí jednotky pro ohýbačku pomocí mikropočítače. Díky vytvoření univerzální desky plošného spoje (DPS) s mikropočítačem, lze tuto řídicí jednotku spolu se snímači polohy a elektricky ovládanými rozvaděči implementovat do jakékoli starší ohýbačky, a tím zpřesnit její výrobu a zjednodušit její obsluhu. Pro tuto aplikaci byl zvolen 8 bitový mikropočítač MC9S08DZ60 z rodiny HCS08. V konstrukci je použit jako měřicí a řídicí prvek. Zajišťuje ovládání všech hydraulických prvků a následné odečítání jejich polohy. Dále také komunikuje s obsluhou přes řídicí panel pomocí displeje, kde znázorňuje aktuální stav celého stroje.

Bakalářská práce je rozdělena na dvě části, teoretickou a praktickou. Teoretická část obsahuje obecný popis technologie ohýbání a popis typu ohýbání, které je využíváno u tohoto typu ohýbačky. Dále je v teoretické části stručný popis stěžejních součástí, využitých v konstrukci ovládací části stroje. Praktická část pojednává o celkovém zapojení hydraulického rozvodu, umístění IRC snímačů a indukčních snímačů, a také obsahuje návrh DPS pro mikropočítač a návrh DPS pro ovládání elektromagnetických hydraulických ventilů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE OHÝBÁNÍ

Ohýbané konstrukce z trubek a profilů zdárně nahrazují konstrukce svařované, jelikož mají hned několik výhod. Nespornou výhodou jsou nižší časové náklady výroby a úspora materiálu, tím se také projeví na celkové ceně daného výrobku. Dále mají ohýbané konstrukce vyšší pevnost a lepší estetický vzhled.

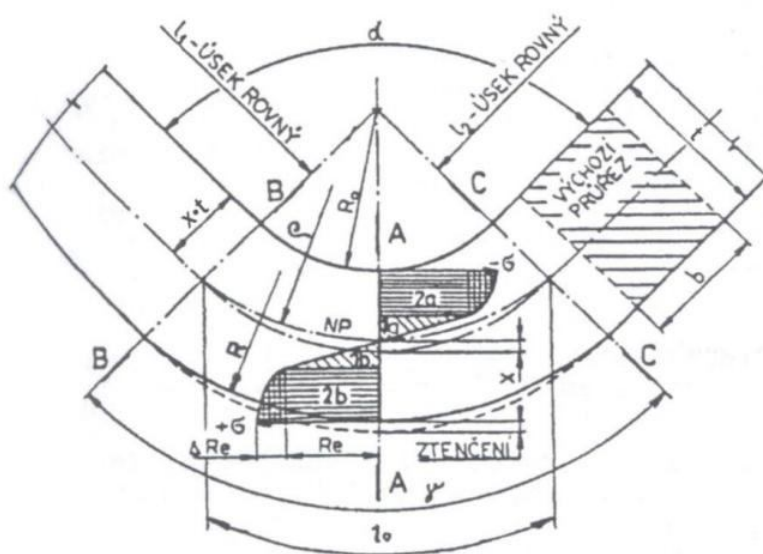
Ohýbání patří do skupiny tváření plošného, jelikož během procesu ohýbání nedochází k velké změně průřezu. Materiál se ohýbá díky působení ohybové síly. Při ohýbání dochází k trvalým deformacím, které jsou doprovázeny nežádoucím efektem odpružení [1].

1.1 Teorie ohýbání

Ohýbání se provádí většinou za studena pomocí ohybacích nástrojů. Za tepla se ohýbají materiály křehké, či materiály s velkou pevností. Při ohýbání materiálu dochází v místě ohybu k nehomogenní lokální pružně-plastické deformaci [1].

Na tuto deformaci má vliv [1]:

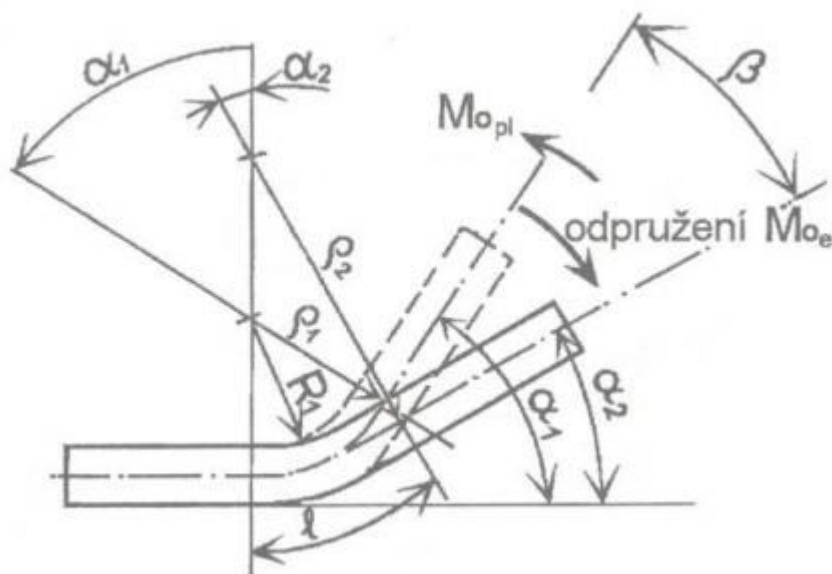
- Kvalita a tloušťka materiálu
- Orientace ohybu směrem k válcování
- Velikost ohybových momentů
- Poloměr ohybu



Obr. 1 Schéma ohýbání [1]

1.2 Odpružení materiálu

Ohýbání zastudena je doprovázeno pružnými deformacemi. Po odstranění deformační síly zanikají tyto pružné deformace, které způsobí odpružení materiálu. Díky odpružení ohýbaný materiál neodpovídá rozměrům ohybacího nástroje. Při nastavování ohybacího cyklu je tedy potřeba počítat s tímto nežádoucím efektem [1].



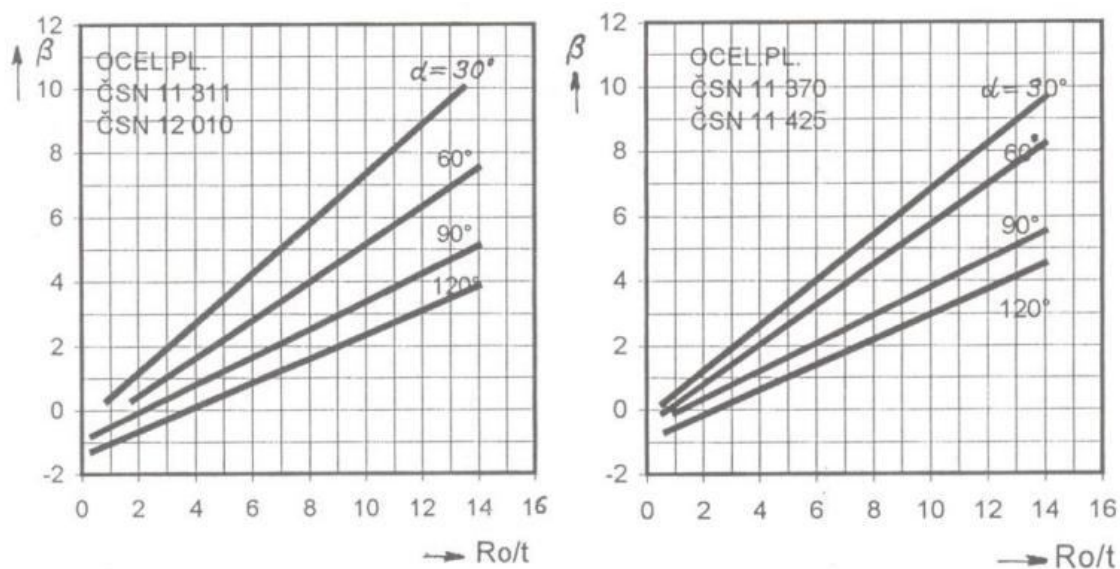
Obr. 2 Odpružení při ohýbání [1]

Pozn.: K docílení ohybu na úhel α_2 , je potřeba ohýbat materiál na úhel α_1 .

Velikost odpružení závisí na [1]:

- Mechanických vlastnostech a tloušťce ohýbaného materiálu
- Poměru poloměru ohybu a tloušťce materiálu
- Velikosti ohýbaného úhlu
- Konstrukci ohýbadla a způsobu provedení ohybu

Velikost odpružení můžeme zjistit výpočtem nebo z diagramů, které vycházejí z praktických zkoušek [1].



Obr. 3 Odpružení pro různé úhly a materiály [1]

Pozn.: β - úhel odpružení materiálu

t - tloušťka ohýbaného materiálu

R_o – poloměr ohybu

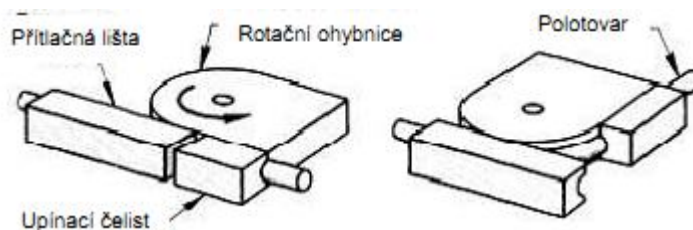
1.3 Principy ohýbání

Tyče a profily se ohýbají čtyřmi základními způsoby [1]:

- Tahem
- Tlakem
- Zakružováním
- Kombinací ohybu a tlaku

1.3.1 Ohýbání tahem

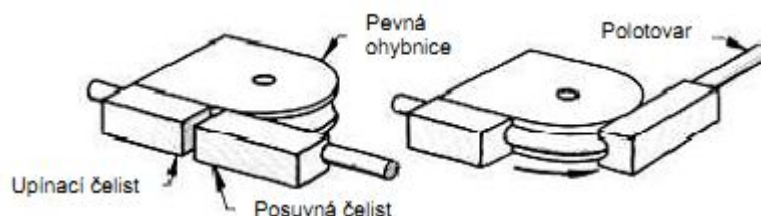
Při ohýbání tahem je obrobek upnut k otočné matici a přidržován na ní pomocí přítlačné lišty (obr. 4). Přítlačná lišta může být buď pevná, nebo pohyblivá. Pevná přítlačná lišta musí být schopna odolávat abrazi, způsobené posuvem trubky. Posuvná lišta je méně náchylná k abrazi, protože se pohybuje vpřed s obrobkem. Ve výkonných ohýbačkách se ohýbání tahem používá více, než kterýkoli jiný způsob ohýbání. [1].



Obr. 4 Ohýbání tahem

1.3.2 Ohýbání tlakem

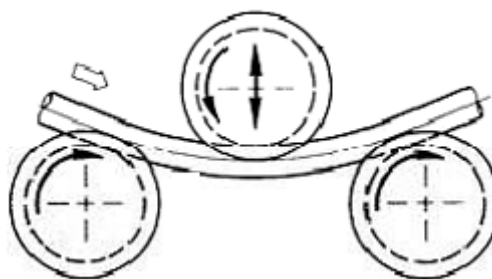
Při ohýbání tlakem je obrobek upnut k pevné ohybnici a obrobek ohýbá pohyblivá čelist (obr. 5). Ohýbání tlakem je nejpoužívanější metoda při ohýbání válcovaných protlačovaných profilů. Ohyb obrobku může být proveden v blízkosti jiného ohybu [1].



Obr. 5 Ohýbání tlakem [1]

1.3.3 Zakružování

Při zakružování se používá tři nebo více paralelních kladek (válnů). U zakružování pomocí tří kladek jsou dvě spodní kladky umístěny v horizontální rovině. Horní kladka (ohybací kladka) je vůči spodním kladkám níže a zabezpečuje ohyb obrobku. Zakružování je nepraktické pro vytvoření více než jednoho ohybu na obrobku. Na zakružovačce je obtížné kontrolovat odpružení a může trvat několik cyklů, než kladka vytvoří potřebný ohyb. Proto je tato metoda ohýbání pomalejší než ostatní metody [1].



Obr. 6 Zakružování pomocí tří kladek [1]

1.3.4 Kombinace ohybu a tahu

Velké a nepravidelné ohyby lze získat pomocí kombinace ohybu a tahu. Obrobek je uchycen na koncích, protáhnut a ohnut okolo matrice. Oba konce, na kterých je obrobek uchycen, bývají odříznuty. Tato metoda je schopna provést v jednom kroku takový ohyb, který by jinou metodou byl prováděn ve více krocích [1].

2 TEORETICKÝ POPIS POUŽITÝCH SOUČÁSTÍ

V následující části budou popsány součásti využívané ke konstrukci řídicí části ohýbačky trubek, jakožto IRC snímače, indukční snímače, elektromagnetické hydraulické ventily a mikropočítač.

2.1 Rozdělení snímačů podle snímaných veličin

Snímače se používají pro zjišťování změny různých fyzikálních veličin [2].

Tab. 1 Rozdělení snímačů podle snímaných veličin [2]

Elektrické	Napětí, proud, odpor, kapacita, indukčnost,...
Magnetické	Indukce, intenzita, magnetický tok, magnetický odpor...
Mechanické	Délka, dráha, rychlost, zrychlení, hmotnost, síla, otáčky, výška hladiny...
Optické	Zářivá energie, intenzita, jas...
Tepelné	Teplo, teplota, tepelný tok, tepelný odpor, tepelná kapacita, ...
Akustické	hlučnost, akustický tlak, akustický odpor...
Další ...	

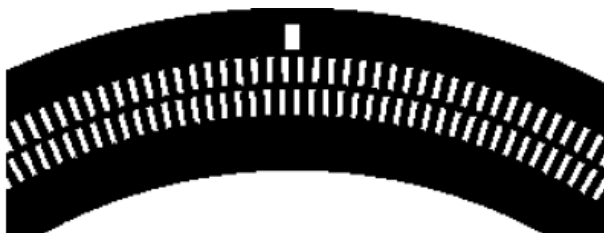
Dále se dělí snímače podle napájení na [1]:

- Aktivní
- Pasivní

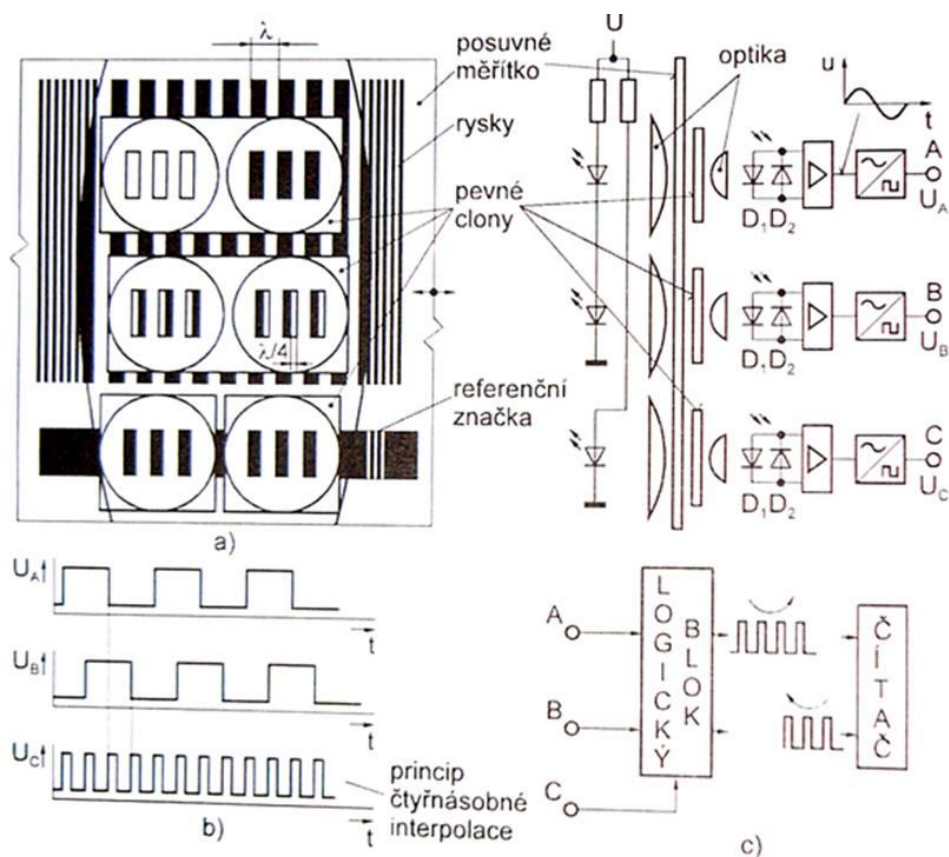
Mezi aktivní snímače se řadí například snímače indukční a piezoelektrické. Pasivní snímače jsou snímače, které potřebují napájení, např. snímače odporové, kapacitní [1].

2.1.1 IRC snímač

IRC (inkrementální rotační snímač) funguje na principu průhledného kotouče s ryskami, který je z jedné strany osvětlován zdrojem světla a na druhé straně je umístěn snímač. Při otáčení vzniká sekvence impulsů, které následně počítá snímač. Osazením druhého snímače posunutého o $\lambda/4$, lze detekovat směr otáčení. Třetí snímač slouží k detekci nulového bodu [2].



Obr. 7 Průhledný kotouček s ryskami [2]



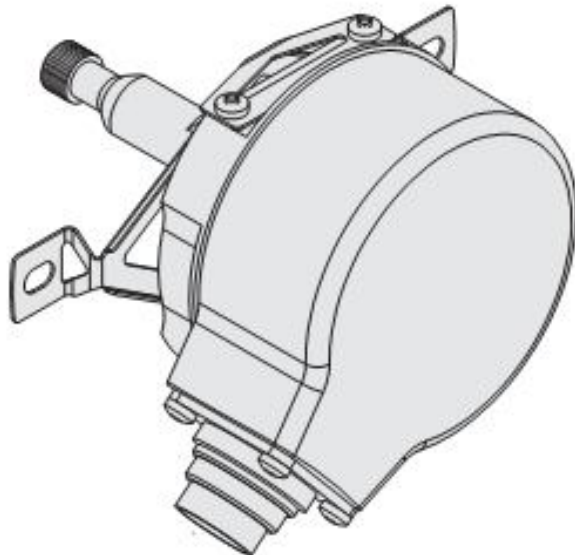
Obr. 8 Funkce IRC snímače [2]

IRC Snímač SIEMENS 1XP8001-2

Ke snímání natočení vřetena a posuvu byly zvoleny IRC snímače značky SIEMENS.

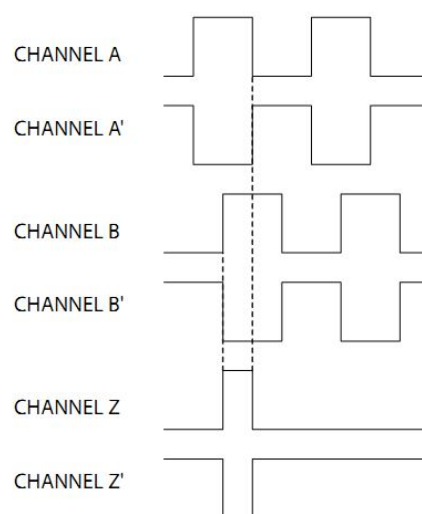
Vlastnosti IRC snímače SIEMENS 1XP80001-2 [3]:

- Napájecí napětí 5V
- Rozlišení až 1024 pulzů na otáčku
- Krytí IP64
- Jednoduchá montáž pomocí dvou šroubů



Obr. 9 IRC snímač Siemens [3]

EXC-8001 WIRING	
PIN	FUNCTION
A	CHANNEL B'
B	+VDC
C	CHANNEL Z
D	CHANNEL Z'
E	CHANNEL A
F	CHANNEL A'
G	+VDC
H	CHANNEL B
J	N/C
K	COMMON
L	COMMON
M	+VDC



Obr. 10 Rozpis konektorů snímače SIEMENS [3]

Snímač siemens se připojuje podle obr. 10. Pin E' je negovaný pin F, tudíž lze zvolit připojení podle vlastních kritérií. V zapojení pro snímání natočení hydromotorů jsou využity piny B, C, E, H, K.

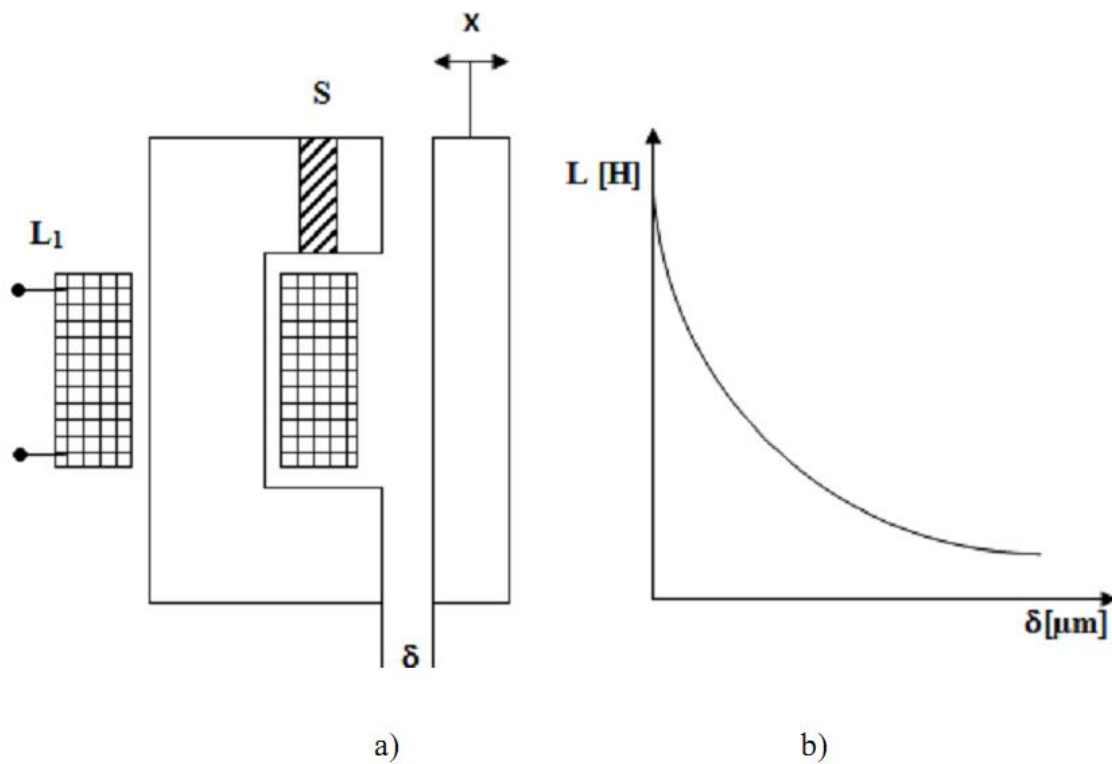
2.1.2 Indukční snímač

Indukční snímač je tvořen cívkou nebo cívkami [1]:

- Bez feromagnetického jádra
- S feromagnetickým jádrem
- Neferomagnetickým elektricky vodivým jádrem

Při působení neelektrické veličiny dochází k vzájemnému posunutí těchto částí, nebo ke změně jejich elektrických vlastností. To má za následek změnu indukčnosti cívky, případně vzájemné indukčnosti dvou cívek, která vyvolá změnu proudu protékajícího obvodem.

Měřicí rozsah závisí na magnetické permeabilitě a elektrické vodivosti materiálu, ze kterého je snímáný předmět vyroben. Proto se pro diamagnetické materiály měřicí rozsah zmenšuje [4].



Obr. 11 Princip indukčního snímače s malou vzduchovou mezerou (a) a charakteristika indukčního snímače polohy (b) [4]

Indukční snímač BALLUFF

Pro snímání koncových poloh byly zvoleny Indukční snímače značky BALLUFF (obr. 12).



Obr. 12 Indukční snímač BALLUFF [5]

Parametry snímače BALLUFF jsou zobrazeny v následující tabulce.

Tab. 2 Parametry indukčního snímače BALLUFF [5]

Indukční snímač BESM18MI-POC50B-BV02	
Provozní teplota	-25 °C až 70°C
Krytí	IP68
Výstup	PNP
Napájecí napětí	24 DC V
Zaručená provozní vzdálenost	0...4mm
Jmenovitý provozní proud	200mA
Spínací frekvence	700 Hz
Schválení	CE,c_ul_us



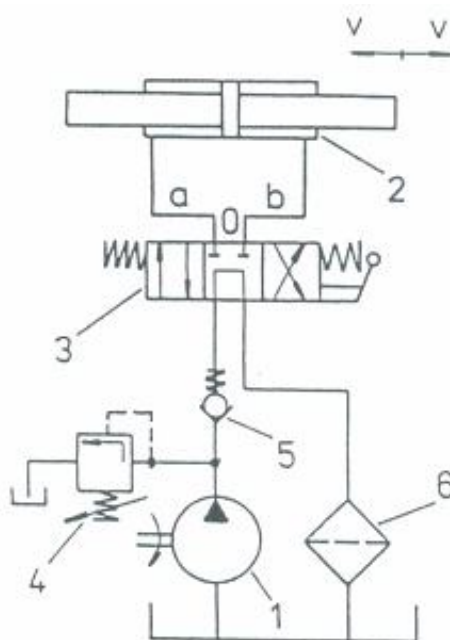
Obr. 13 Schéma zapojení indukčního snímače BALLUFF [5]

Indukční snímače jsou k mikropočítači připojeny přes tři konektory (obr. 13). Konektory 1 a 3 slouží k napájení a konektor 2 slouží k identifikaci stavu. V klidovém stavu je na konektoru 2 napětí 0V, při přiblížení ke kovovému předmětu je na konektoru 2 napětí 24V [5].

2.2 Hydraulické prvky

Klasická řídicí technika využívá následující hydraulické prvky [6]:

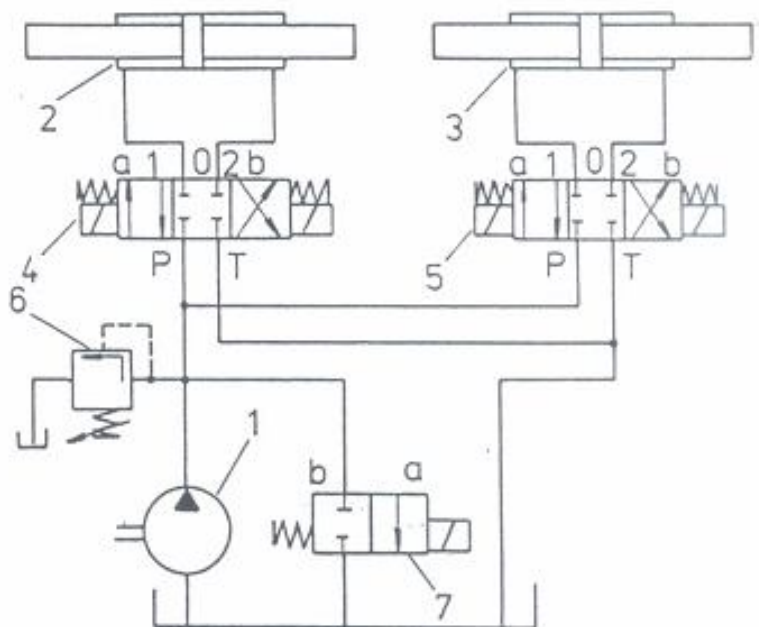
- Pro řízení tlaku se používají pojistné, přepouštěcí, redukční, připojovací, odpojovací a jiné tlakové ventily
- Pro řízení směru a hrazení průtoku se používají rozvaděče, jednosměrné ventily, řízené jednosměrné ventily, dvojstranné hydraulické zámky, uzavírací ventily aj.
- Pro řízení velikosti průtoku se používají škrtící ventily, tlakové váhy, regulační ventily průtoku, brzdicí a zpožďovací ventily, clony aj.



Obr. 14 Příklad obvodu pro vyvození posuvného pohybu [6]

- 1 – hydrogenerátor
- 2 – hydromotor s oboustranně vyvedenou pístnicí
- 3 – rozvaděč
- 4 – pojistný ventil
- 5 – jednosměrný ventil
- 6 - filtr

Obvod na obr. 14 zajišťuje vyvození posuvného pohybu hydromotoru 2 stejnou rychlostí v obou směrech a zastavení hydromotoru v libovolné poloze.



Obr. 15 Ovládání dvou hydromotorů dvěma paralelně
zapojenými rozvaděči [6]

1 - hydrogenerátor

2, 3 - hydromotor

4,5 - rozvaděče

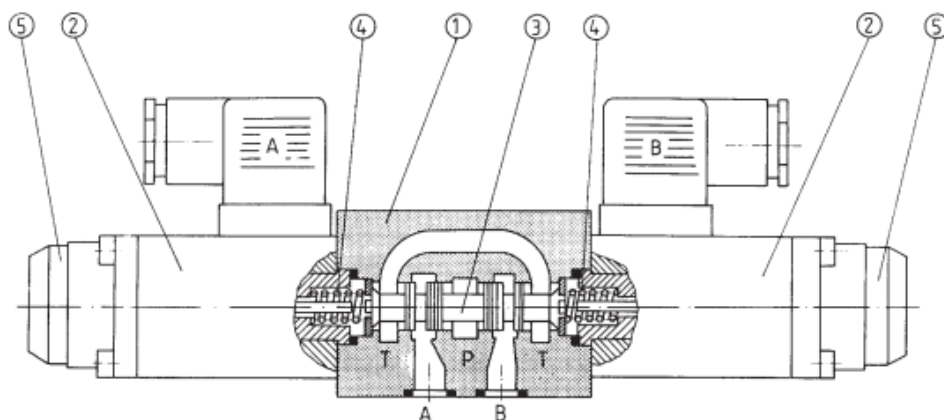
6 - pojistný ventil

7 - odlehčovací ventil (rozvaděč)

Zapojení na obr. 15 představuje ovládání dvou hydromotorů dvěma rozvaděči zapojenými paralelně ke zdroji průtoku. V tomto případě je nutné použít rozvaděčů s tzv. uzavřeným středem. Pro odlehčení hydrogenerátoru slouží rozvaděč 7. Pokud jsou rozvaděče 4, 5 v základní poloze 0, je rozvaděč 7 v poloze a. Jestliže jsou rozvaděče 4, 5 v pracovní poloze (a nebo b), je rozvaděč 7 v poloze b. Tak je zajištěno, že kapalina nebude zbytečně protékat pojistným ventilem [6].

2.2.1 Elektricky ovládané šoupátkové rozvaděče WE 6

Při navrhování hydraulického rozvodu byly pro ovládání pístnic a hydromotorů zvoleny hydraulické rozvaděče od firmy Q-hydraulika. Přímocharé šoupátkové rozvaděče jsou používány k řízení směru proudu kapaliny, a tím i směru pohybu nebo udržení polohy hydromotoru. Přímocharé šoupátkové rozvaděče mohou být společně s připojovací deskou montovány do hydraulických systémů v libovolné poloze. Těsnění stykových ploch je provedeno „O“ kroužky [7].



Obr. 16 Elektricky ovládaný šoupátkový rozvaděč WE 6 [7]

Šoupátkové přímocharé rozvaděče se uvádějí v činnost změnou polohy šoupátka 3, které se pohybuje v tělese 1 ve směru podélné osy, a tak buď odděluje, nebo spojuje kanály A, B, P, T. Šoupátko se přesouvá působením sil, které vyvíjejí elektromagnety 2. Návrat šoupátka a jeho vystředění je zajištěno středícími pružinami 4. Tlačítko nouzového ovládání 5 slouží k ovládání šoupátka v případě, že elektromagnety nejsou pod proudem [7].

2.3 MIKROPOČÍTAČ

Pokroky v technologii integrovaných obvodů umožnili zmenšení rozměrů a koncentraci mnoha funkcí do jednoho integrovaného obvodu. Vznikl tak pojem mikropočítač. Mikropočítač je programovatelná jednotka, která je sestavena z mikroprocesoru a dalších nutných obvodů. Je nutné zdůraznit, že předpona „mikro“ se vztahuje k fyzickým rozměrům obvodů a neznamena omezení funkce. Právě naopak, vysoká integrace umožnila vývoj velmi složitých architektur s vysokým výpočetním výkonem a velkou variabilitou funkcí. Soustředění obvodů na jednom čipu dovoluje zkrátit spoje a tím i zpoždění signálu.

Obvody mikropočítače lze rozdělit do pěti částí, jak je zobrazeno na obr. 17. Data jsou mikropočítačem zpracovávána po slovech. V daném časovém okamžiku (takt procesoru) mikropočítač pracuje s jedním slovem. Typická délka slova je 8, 16, 32 nebo 64 bitů. Mikropočítače s délkou slova 8 bitů se používají pro méně náročné aplikace na výkon a paměť. Pro náročnější aplikace se používají mikropočítače 16, 32, 64 bitů [8].

2.3.1 Generátor hodinového signálu

Generátor hodinového signálu generuje hodinový (taktovací, synchronizační) signál, který synchronizuje činnost samotného procesoru, a také jeho spolupráci s ostatními částmi mikropočítače. U současných typů mikropočítačů bývá již tento generátor jejich součástí [8].

2.3.2 Mikroprocesor

Mikroprocesor je základním prvkem mikropočítače. Řídí jeho celou činnost, zajišťuje provádění instrukcí uložených v paměti, řídí toky dat ze vstupních částí mikropočítače, tyto data zpracovává a následně řídí tok dat směrem k výstupním portům [8].

2.3.3 Paměť ROM

Paměť ROM obsahuje ve většině případů instrukce, které zajišťují realizaci daného algoritmu řízení pro přizpůsobení mikropočítače určité aplikaci. Dále paměť může obsahovat konstanty a neměnné tabulky používané v programu. Z této paměti lze pouze číst, programuje se při výrobě [8].

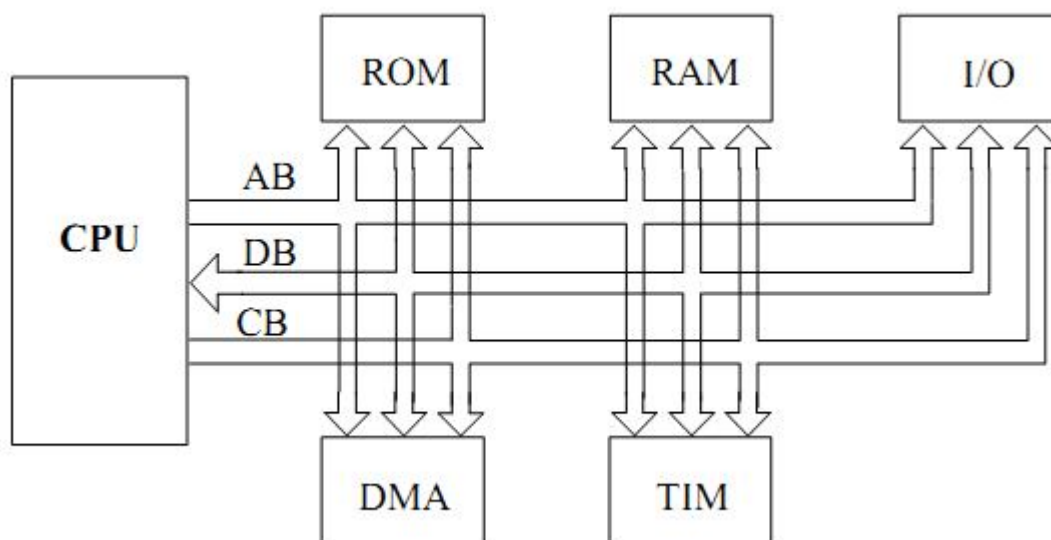
2.3.4 Paměť RWM

Paměť RWM, označována někdy také RAM, zajišťuje dočasné uložení dat zpracovávaných mikroprocesorem. Data do paměti může mikroprocesor uložit a opět zpětně vyzvednout. Do této paměti lze tedy i zapisovat [8].

2.3.5 Vstupní a výstupní porty

Vstupní a výstupní porty umožňují spojení mikropočítače s okolním prostředím (klávesnice, display, výkonové akční členy atd.). Těchto pět částí tvoří nutný základ mikropočítače.

Mikropočítač však může být tvořen i jinými částmi, které budou zefektivňovat jeho práci [8].



Obr. 17 Blokové schéma mikropočítače [8]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

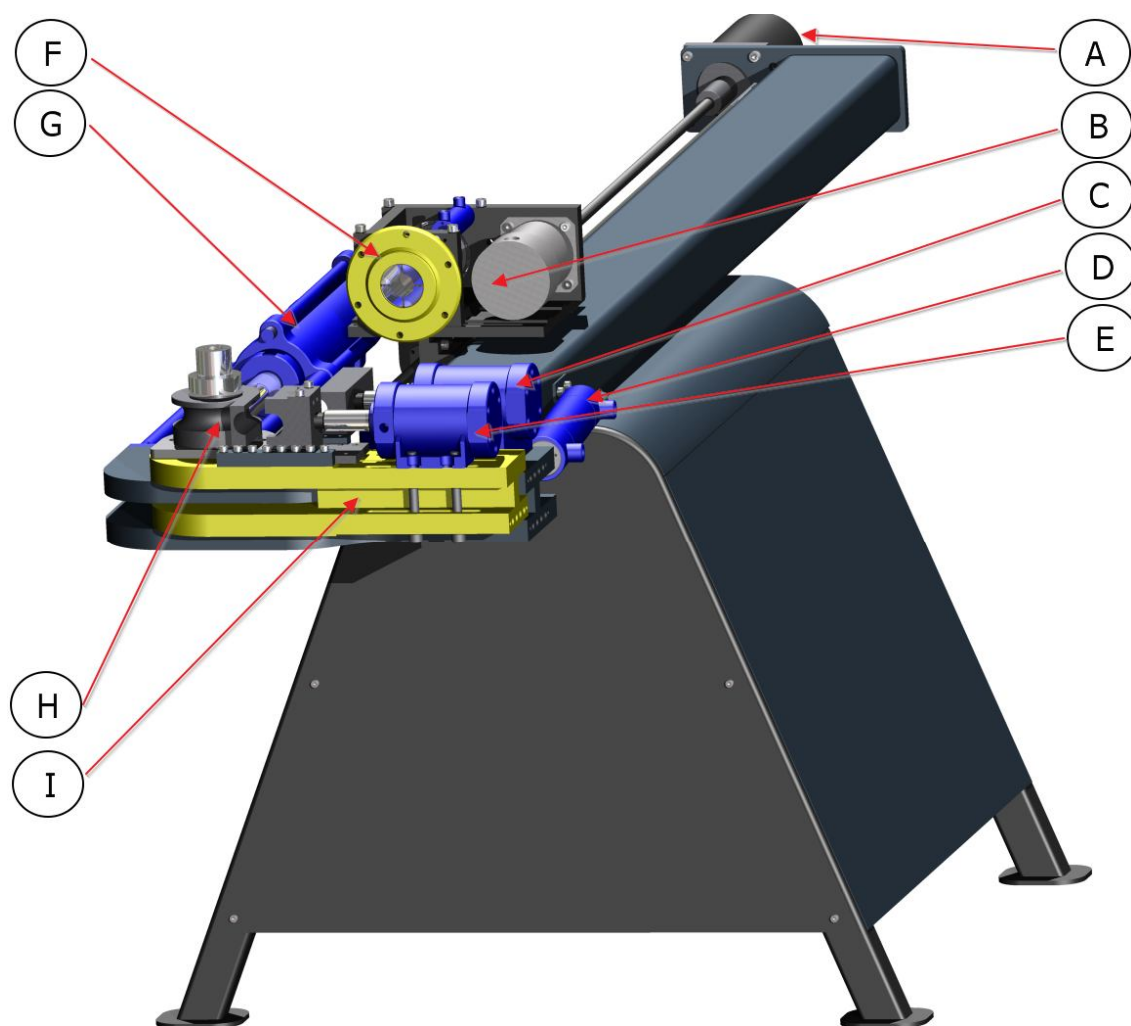
3 FUNKCE OHÝBAČKY

Celkový princip a funkce ohýbačky bude popsán v následující kapitole. Bude zde také vysvětleno rozmístění hlavních ovládaných komponent.

3.1 Popis postupu ohýbání

Ohýbaný materiál, ať už kruhového či čtvercového profilu, se vkládá do vřetena „F“ (obr. 18). Toto vřeteno zajišťuje otáčení a upínání ohýbaného materiálu. Vřeteno je otáčeno hydromotorem „B“. Celá pojezdová část jezdí vpřed a vzad pomocí kuličkového šroubu, otáčeného hydromotorem „A“. Tímto hydromotorem se určuje umístění ohybu na ohýbaném materiálu. Před samotným ohnutím se musí nejprve upnout ohýbaný materiál k ohybnici „H“. To se provádí pomocí pístnice „E“, která jej přitlačí k ohybnici „H“. Poté se k materiálu vysune přídržovací pístnice „C“, o kterou se ohýbaný materiál opírá při samotném ohýbacím procesu. Samotný ohybací proces se provádí pomocí hlavní pístnice „G“, která otáčí ohybacím ramenem a způsobí „namotání“ materiálu okolo ohybnice „H“.

Nyní se materiál uvolní povolením pístnic „E“ a „C“, aby se ohybací rameno „I“ mohlo vrátit do původní polohy. Tento zpětný pohyb zajišťuje pístnice „D“, která vrací rameno pomocí válečkového řetězu na původní umístění. Poté, co je ohybací rameno v původní poloze, hydromotor „A“ posune pojezdovou část, a tím i ohýbaný materiál vpřed, aby se uvolnil z ohybnice „H“. Nyní vřeteno „F“ může ohýbaným materiálem otáčet kolem své osy, a tím umožnit nastavení druhého ohybu na ohýbaném materiálu, který bude vůči prvnímu ohybu pod zvoleným úhlem. Hydromotorem „A“ lze posunout ohýbaný materiál, a tím umožnit nastavení druhého ohybu na ohýbaném materiálu, který bude vůči prvnímu ohybu v jiné vzdálenosti a proces opakovat od začátku. Tímto je docíleno 3D ohýbání materiálu.



A - Hydromotor ovládající pojezd

B - Pojezdová část, hydromotor

C - Přidržovací pístnice

D - Pístnice vracející ohybací rameno

E - Upínací pístnice

F - Upínací vřeteno

G - Hlavní ohybací pístnice

H - Ohybnice

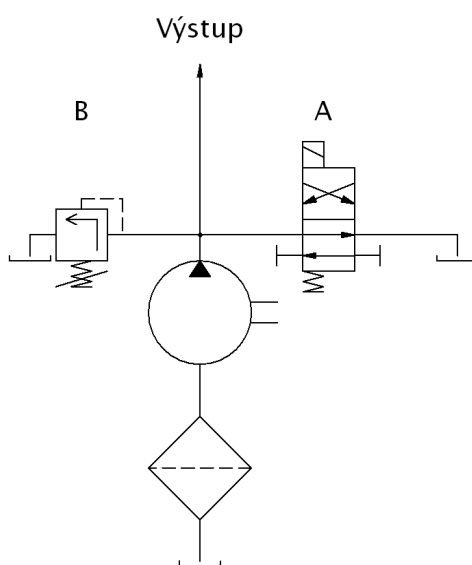
I - Ohybací rameno

Obr. 18 Popis ohýbačky trubek

4 HYDRAULICKÝ ROZVOD

Hlavní částí ohýbačky trubek je její pohon, proto v následující části bude detailně popsáno zapojení hydraulických komponent v celém systému. Schémata jsou rozdělena na 6 částí kvůli přehlednosti a možnému popisu. Všechny rozvaděče ve schématech jsou ovládány mikropočítačem a rozmístění ovládaných komponent je zobrazeno v příloze 1.

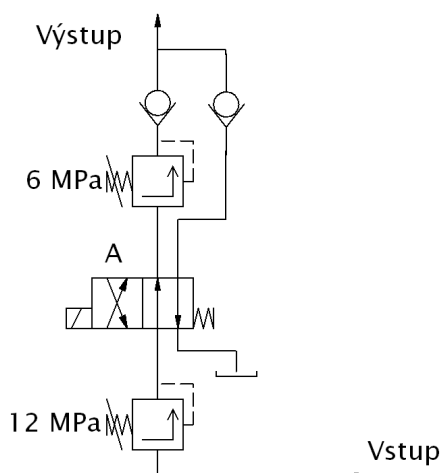
4.1 Zapojení zubového čerpadla



Obr. 19 Schéma zapojení zubového čerpadla

Zapojení na obr. 19 obsahuje kromě zubového čerpadla a filtru také jeden pojistný ventil „B“, nastavený na 20MPa, který se při překročení tohoto tlaku otevře a sníží tlak v obvodu. Dále je zde také rozvaděč „A“, který při nečinnosti stroje odvádí kapalinu do nádrže. Rozvaděč „A“ v základní poloze přepouští kapalinu do nádrže, tím je zajištěno, že při zapínání stroje, kdy nemusí být ještě zapnuta ovládací část, nebude zatížen elektromotor.

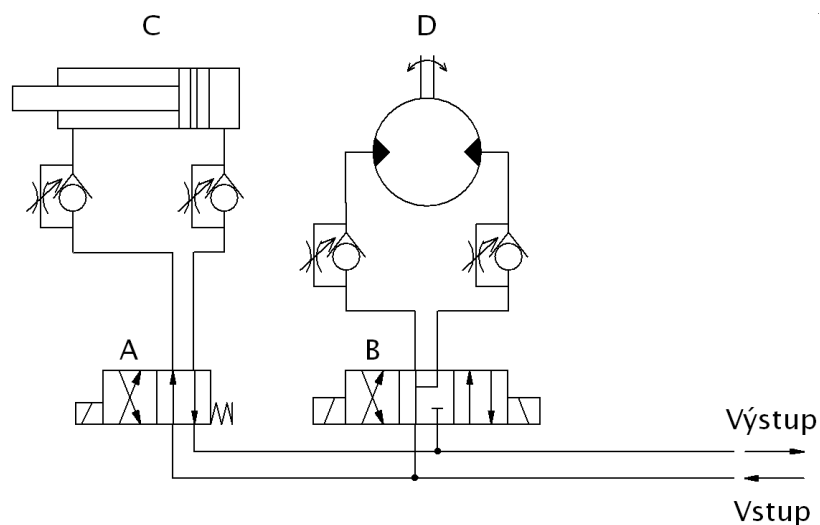
4.2 Zapojení regulace tlaku



Obr. 20 Schéma zapojení regulace tlaku

Hydromotory použité při konstrukci nesmí být vystaveny většímu tlaku než je 12 MPa, proto se před ně musí zapojit regulační ventil, který tlak snižuje. Dále je potřeba, aby u hydromotorů byla možnost změnit krouticí moment. Pro tento účel je zde zapojení na obr. 16, kde první regulační ventil nejdříve snižuje tlak na 12 MPa, a poté přechází přes rozvaděč „A“. Ten v základní poloze vede kapalinu ještě přes druhý redukční ventil, který sníží tlak na 6 MPa. V druhé poloze rozvaděče vede kapalina okolo redukčního ventilu a na výstupu je 12 MPa.

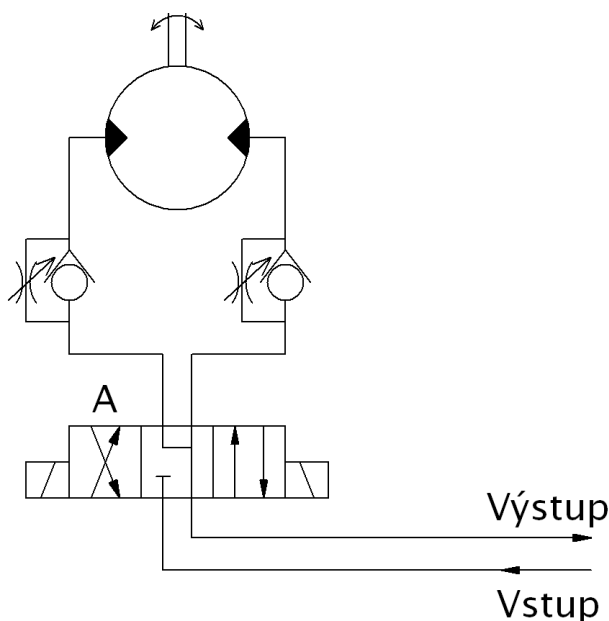
4.3 Zapojení hydromotoru a zámku vřetena



Obr. 21 Schéma zapojení hydromotoru a zámku vřetena

Na připojení hydromotoru „D“ na obr. 21 je použito třípolohového rozvaděče „B“ kvůli možnosti reverzace. Rozvaděč „B“ v klidovém stavu pouští tlakovou kapalinu do hydromotoru, a tím znemožňuje svévolné otáčení vřetena. Rozvaděč „A“ ovládá zámek vřetena, který je nutný kvůli upínání ohýbaných trubek. Pístnice „C“ je v klidovém stavu rozvaděče „A“ zasunutá, jelikož v zasunutém stavu je většinu pracovního času. Na vstup je zde připojen regulátor tlaku z obr. 20. Umístění viz Obr. 18 bod „B“.

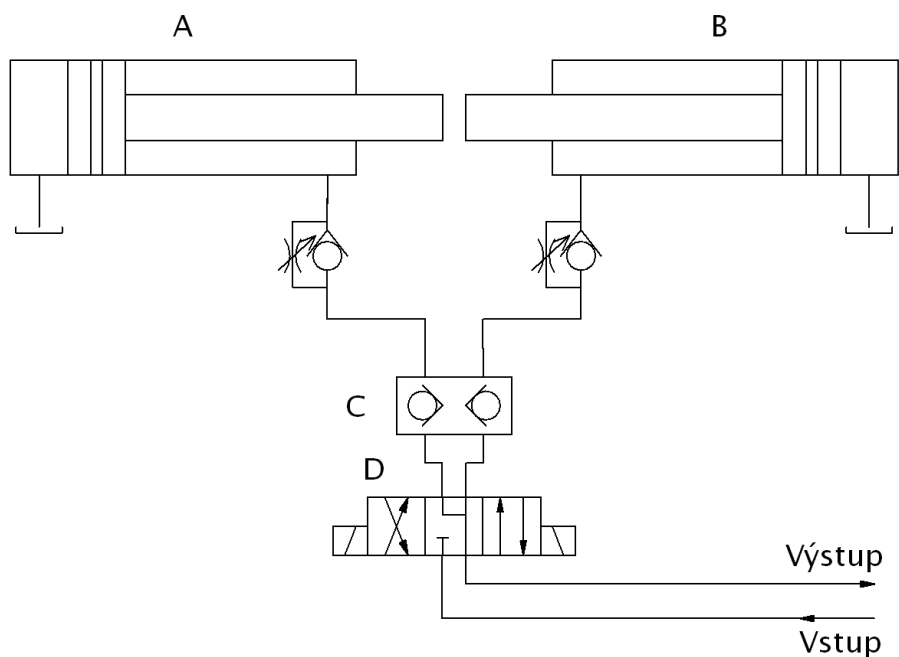
4.4 Zapojení hydromotoru pojezdu



Obr. 22 Schéma zapojení hydromotoru pojezdu

Druhý hydromotor na obr. 22 je také zapojen přes tří polohový rozvaděč, pouze s tím rozdílem, že tento rozvaděč v klidovém stavu odpojuje tlakovou kapalinu na hydromotor, a díky tomu není hydromotor aretován. Umístění viz Obr. 18 bod „A“.

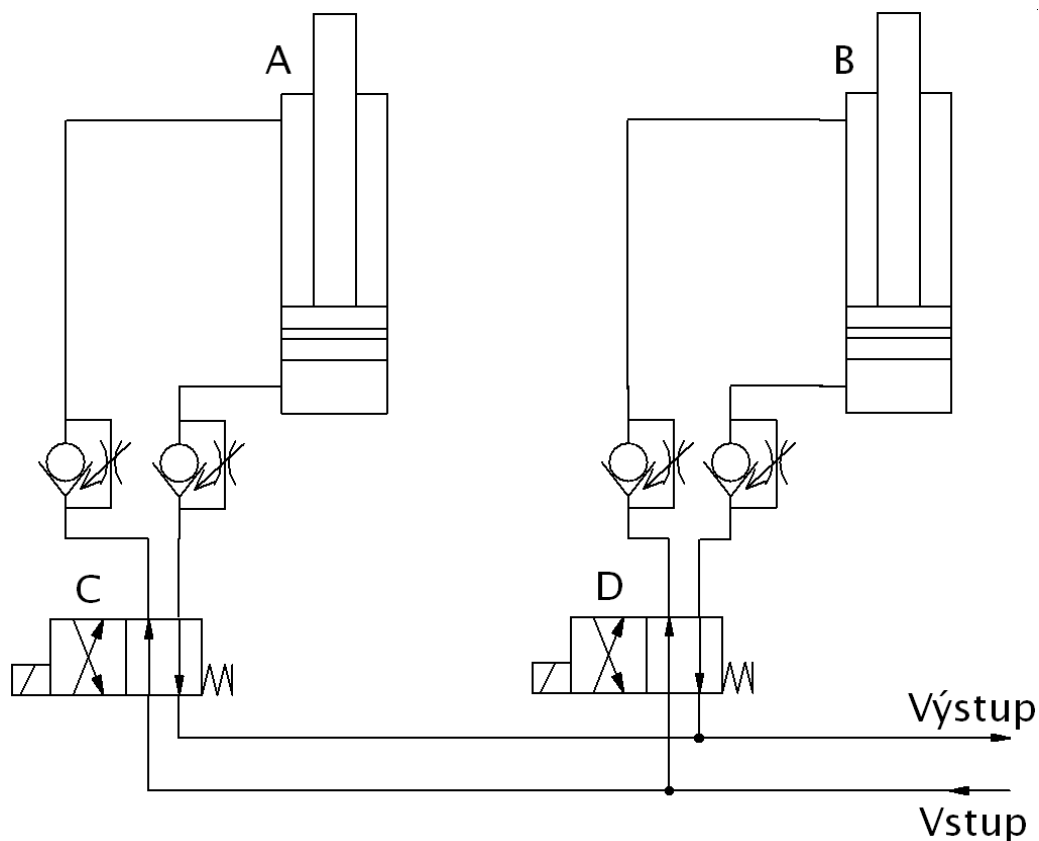
4.5 Zapojení hlavní ohybací pístnice



Obr. 23 Schéma zapojení hlavní ohybací pístnice

Nejdůležitějším prvkem v této konstrukci je pístnice „B“ na obr. 23, vyvíjející tah 240kN, která otáčí ramenem a ohýbá trubky. Pístnice „A“ vrací ohybací rameno nazpět do počáteční polohy. Hydraulický zámek „C“ zajišťuje, aby se v klidovém stavu rameno neotáčelo. Třípolohový rozvaděč „D“ zajišťuje chod ramena oběma směry. U tohoto zapojení nelze použít rozvaděč z obr. 21, jelikož poměr pístnic není stejný, a docházelo by k „přetáhnutí“ menší pístnice „A“ k větší pístnici „B“. Umístění viz Obr. 18 bod „D“ a „G“.

4.6 Zapojení upínacích pístnic



Obr. 24 Schéma zapojení upínacích pístnic

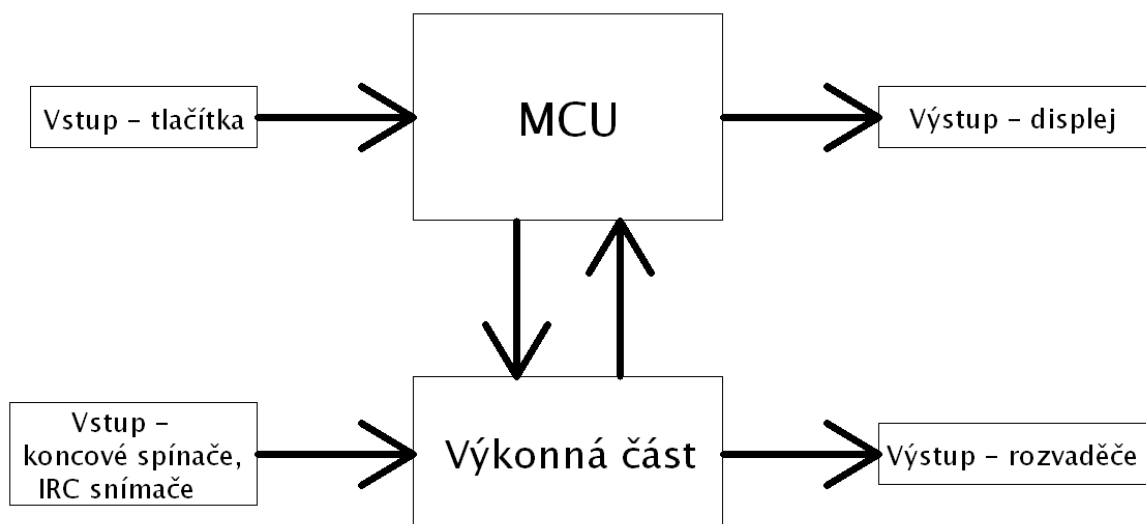
Upínací pístnice A na obr. 24 slouží uchycení ohýbané trubky ke kolenu. Pístnice „B“ slouží jako přidržovač. Obě pístnice „A“ a „B“ jsou připojeny přes rozvaděče „C“ a „D“, který v klidové poloze drží pístnice zasunuté. V tomto zapojení jsou škrtkové ventily v opačném směru, kvůli dosažení plynulejšího chodu upínání trubky. Umístění viz Obr. 18 bod „C“ a „E“.

5 ELEKTRONICKÁ ČÁST

Elektronická část obsahuje dvě desky plošného spoje. Na jedné jsou osazeny tranzistory a konektory pro připojení ovládacích a snímacích komponent a na druhé je osazen mikropočítač. Pro zvolený mikropočítač byla navržena univerzální deska plošného spoje na obr. 26. Důvodem tohoto návrhu je možnost použití tohoto zapojení i v jiných aplikacích.

5.1 Struktura zapojení

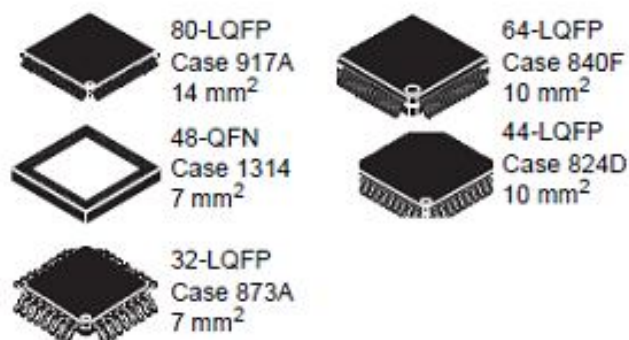
MCU je připojeno k elektrickým hydraulickým rozvaděčům přes ovládací část, osazenou výkonovými tranzistory (obr. 25). Výkonná část je pro tento účel napájena napětím 24V, které je potřebné k ovládání elektrických hydraulických rozvaděčů. Také vstupy z IRC a indukčních snímačů procházejí nejprve přes ovládací část, která je vybavena konektory k připojení těchto komponent. Tlačítka a displej jsou připojena přímo k desce plošného spoje mikropočítače přes plochý kabel. V případě rozšíření ohýbačky o další komponenty (snímače, rozvaděče apod.), stačí pouze upravit výkonnou část bez nutnosti zasahovat do desky plošného spoje s mikropočítačem.



Obr. 25 Struktura zapojení elektronické části

5.2 Mikropočítač MC9S08DZ60

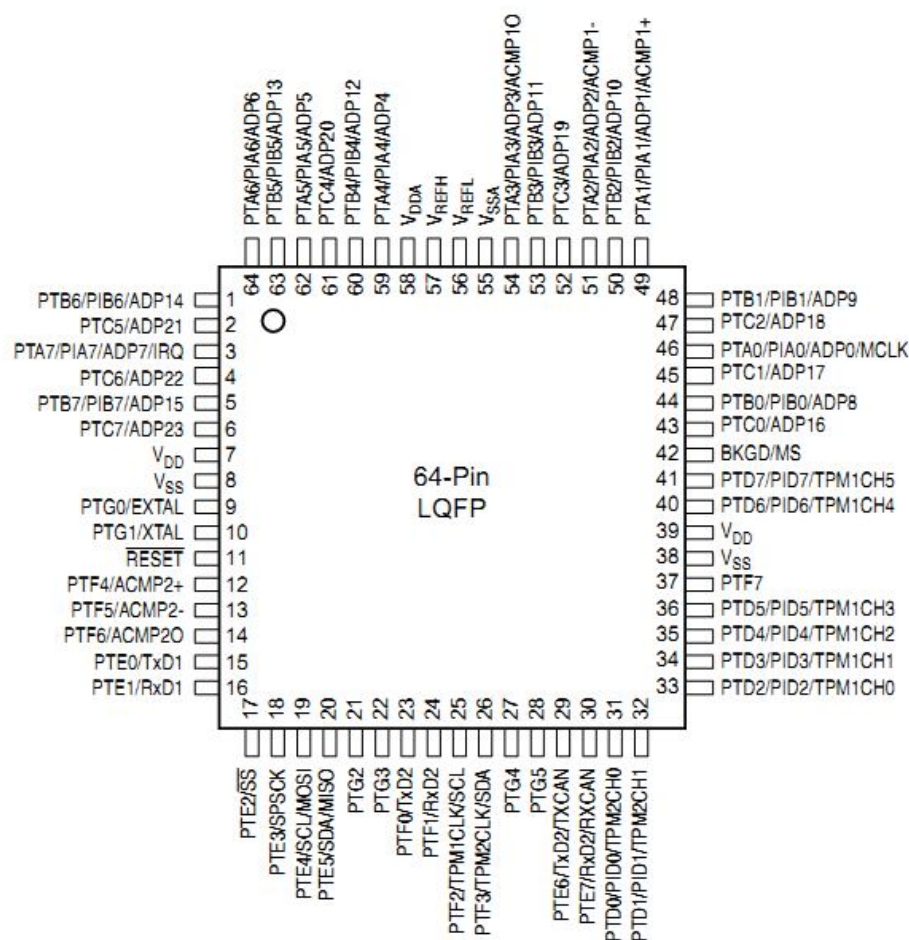
MC9S08DZ60 je 8-bitový mikropočítač s jádrem HCS08. Zmíněný mikropočítač se vyrábí v provedení se 64 piny, 48 piny a 32 piny. Pro tuto konstrukci byl zvolen typ se 64piny vzhledem k potřebě mnoha vstupů/výstupů, který se vyrábí v pouzdře 64-LQFP (obr. 26). Ten je dále popsán podrobněji.



Obr. 26 pouzdra mikropočítačů řady

MC9S08

Rozmístění pinů mikropočítače je na obr. 27. Popisovaný mikropočítač má napájení 5V. Při tomto napájení umožňuje pracovat až na frekvenci 40 MHz taktu mikroprocesoru. Taktovací frekvenci může být docíleno buď externím, nebo interním krystalem. Externí krystal lze zvolit v rozsahu 31,25 kHz až 38,4 kHz, nebo 1MHz až 16MHz. Výsledná taktovací frekvence může být doladěna pomocí systémových registrů. Požadované frekvence lze dosáhnout také využitím interního oscilátoru a následným nastavením systémových registrů. Mikropočítač MC9S08DZ60 obsahuje 53 obecných vstupních/výstupních pinů a jeden pouze vstupní. Každý vstupní/výstupní bit má možnost zapnutí svého pull up rezistoru. Tyto piny disponují také mnoha jinými periferiemi, ale v této práci nejsou využity.



Obr. 27 Mikropočítač MC9S08DZ60

5.3 Displej CMC420L01

CMC420L01 je čtyřřádkový displej, který umožňuje zobrazit 20 znaků v jednom řádku. Zvolená verze má zadní žluté podsvícení.



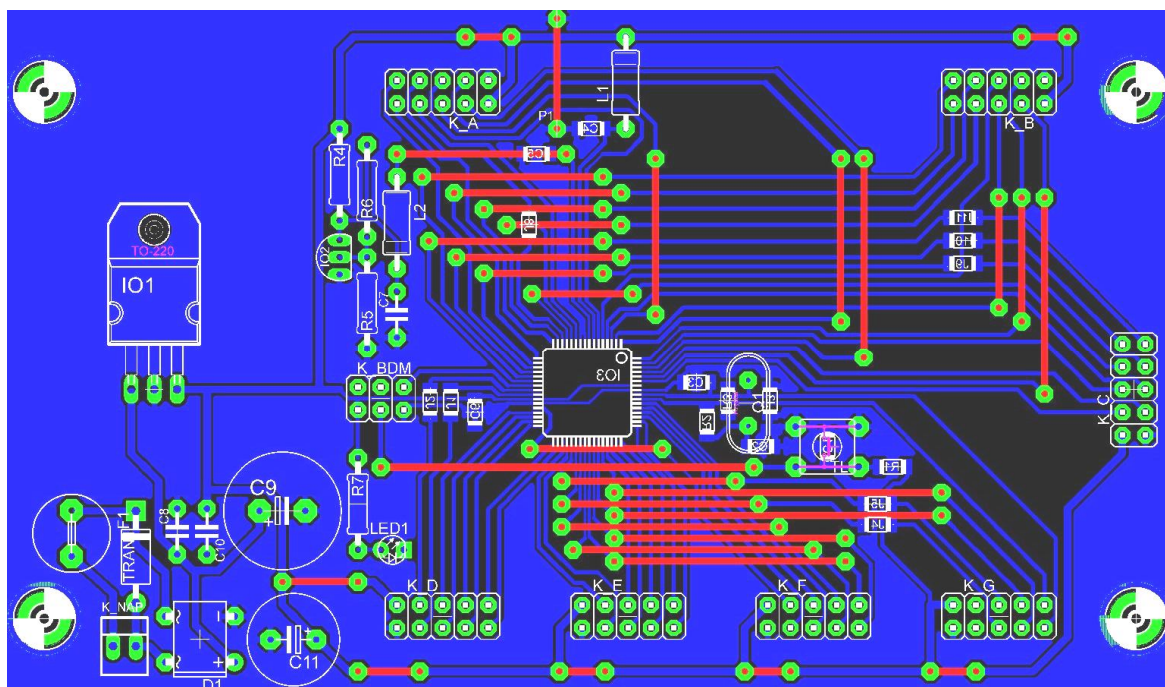
Obr. 28 Displej CMC420L01

K ovládání tohoto displeje je knihovna disp_gb60.asm a disp_gb60.h. Displej se ovládá pomocí příkazů:

- dinit () – příkaz k inicializaci displeje
- Dcls() – příkaz ke smazání displeje
- douta('x') – příkaz k výpisu znaku „x“ na displej
- dtext("text")- příkaz k vypsání textu „text“ na displej
- setcursor(x,y)- zvolení požadované pozice na displeji. (x-řádek, y-sloupec)

5.4 DPS mikropočítače

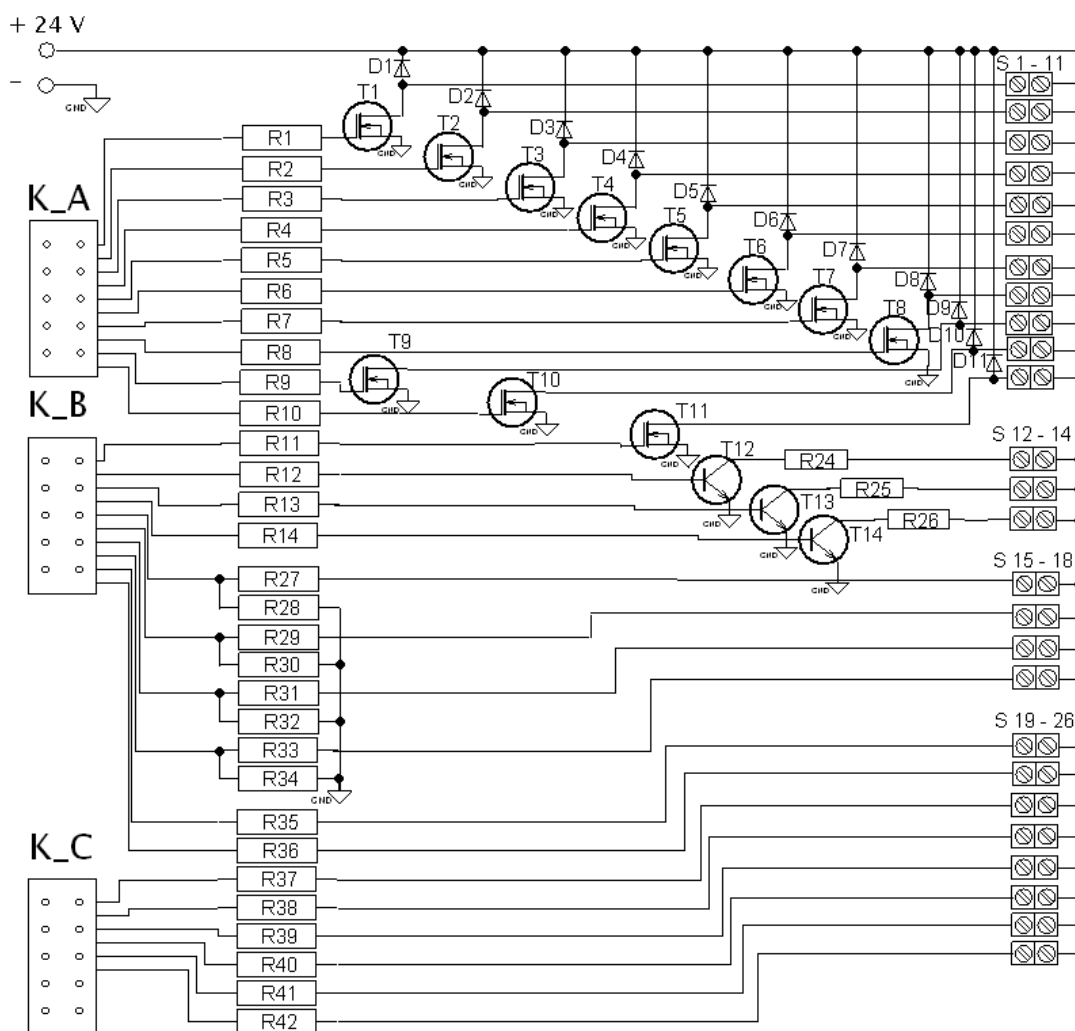
Deska plošného spoje (obr. 29) je osazena MCU MC9S08DZ60 firmy Freescale Semiconductor. MCU je napájen 5V. Toto napětí je stabilizováno stabilizátorem IO1. Taktován je krystalem o frekvenci 4Mhz. Konektory K_A až K_G jsou přímé vstupy a výstupy z MCU, které jsou propojeny plochými kabelem k ovládací části s tranzistory. Konektor K_BDM zajišťuje komunikaci MCU s programátorem a následně s PC.



Obr. 29 Deska DPS MCU

5.5 Schéma výkonné části

Ovládací část slouží k připojení a ovládání hydraulických ventilů, snímacích čidel apod. Je osazena MOSFET tranzistory IRF630, které zajišťují spínání a rozpínání elektrických hydraulických rozvaděčů. Kontrolky LED jsou připojeny přes tranzistory BC557. Kvůli spotřebě 26W na jeden rozvaděč, je deska plošného spoje napájena transformátorem 24V 150W. I přes to, že je v zapojení použito osm rozvaděčů s maximální spotřebou 208W, je tento transformátor plně dostačující, jelikož současně jsou zapnuty nejvýše tři rozvaděče. Dále je deska sazena 26 šroubovacími konektory, do kterých se připojují snímací a ovládací komponenty.

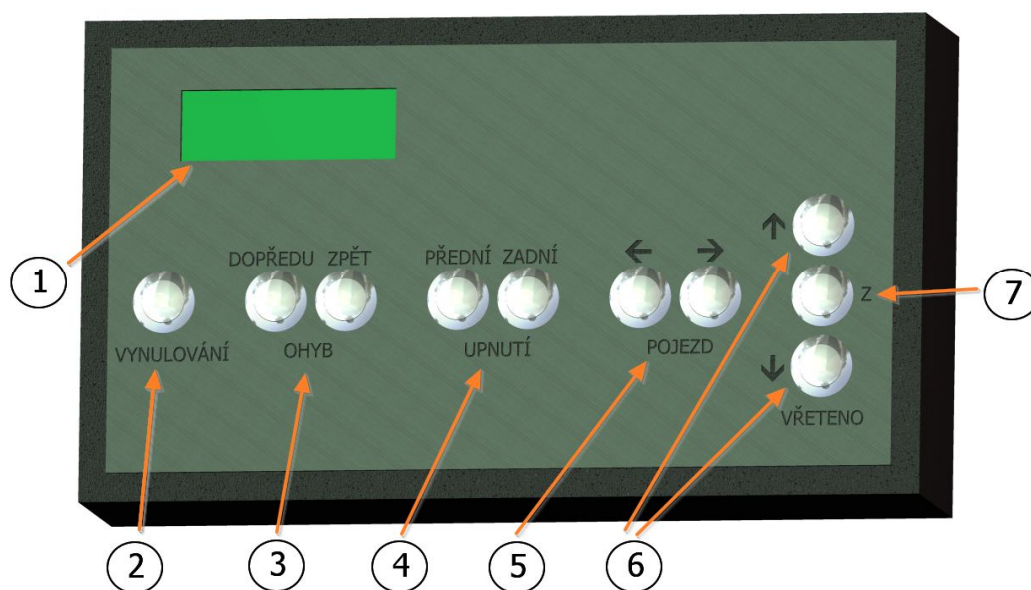


Obr. 30 Schéma zapojení výkonné části

Konektory K_A až K_C slouží k propojení výkonné části a desky plošného spoje mikropočítače. MOSFET tranzistory T1 až T11 spínají hydraulické rozvaděče, které se k obvodu připojují přes konektory S1 až S11. Tranzistory T12 až T14 slouží ke spínání kontrolky LED připojené přes konektory S12 až S14. Konektory S15 až S18 slouží k připojení indukčních čidel. Odporů R27 až R34 jsou zapojeny jako odporový dělič kvůli připojení těchto indukčních čidel, jelikož tyto čidla pracují s napětím 24V. Ke konektorům S19 až S26 se připojují IRC snímače. Vzhledem k napájení IRC snímačů 5 V není potřeba používat odporový dělič.

6 POPIS OVLÁDACÍ ČÁSTI OHÝBAČKY

Programové vybavení je navrženo tak, aby bylo co nejjednodušší na obsluhu. Celá ohýbačka je ovládána pomocí deseti tlačítek a stav je zobrazován pomocí čtyřřádkového displeje. Nyní je ovládání nastaveno na ruční provoz s možností kontroly pozic všech pohyblivých částí.



Obr. 31 Model ovládacího panelu

1 – Displej – Slouží k zobrazení aktuálního stavu ohýbačky. Zobrazuje úhel natočení vřetena, pozici pojezdu, úhel natočení ohybacího ramena.

2 – Vynulování – Toto tlačítko je k vynulování stavu poloh.

3 – Ohyb – Slouží k pohybu ohybacího ramena dopředu a zpět.

4 – Upnutí - Jedním stisknutím tlačítka pístnice upne ohýbanou součást, druhým odepne. Levé tlačítko slouží k upínání předního upínače, pravé slouží k upínání zadního upínače.

5- Pojezd- Ovládá pojezd vřetena vpřed a vzad.

6 – Vřeteno- Slouží k natáčení vřetena na požadovaný úhel.

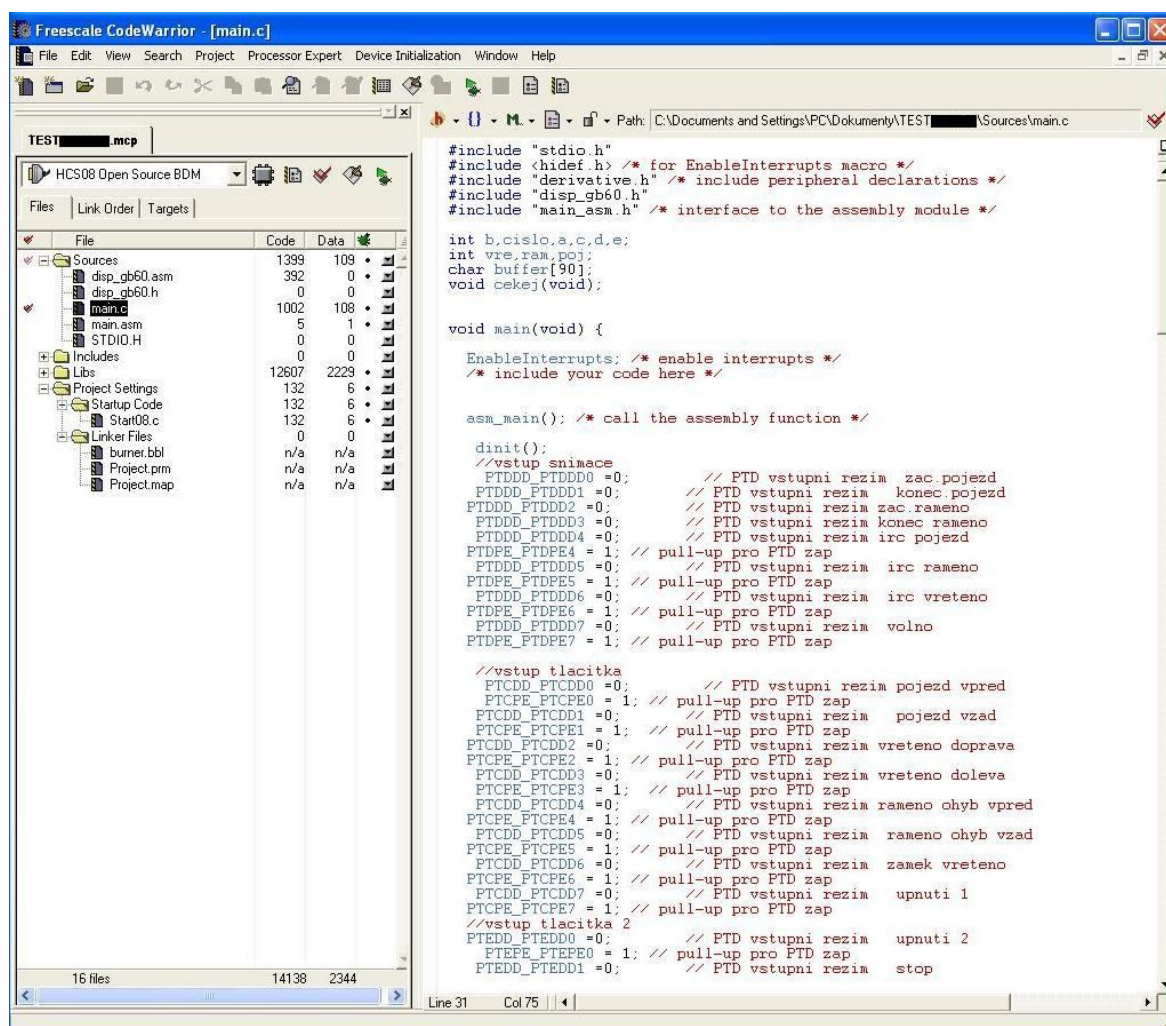
7 -Zámek vřetena- Zmačknutím tohoto tlačítka spolu s tlačítkem 6, dojde k upnutí/odepnutí materiálu.

7 POPIS PROGRAMOVÉHO VYBAVENÍ

V této části bude popsána softwarová část ohýbačky. Program pro mikropočítač je napsán v programovacím jazyce C. Pro tento MCU je k dispozici vývojové prostředí CodeWarrior, které bylo také použito.

7.1 Program CodeWarrior

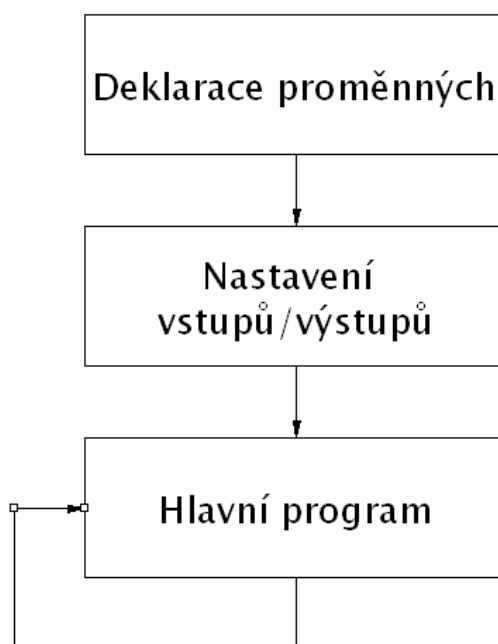
Pro MCU od firmy Freescale se pro programování, kompilaci a ladění napsaného kódu používá vývojové prostředí CodeWarrior. V tomto programu lze programovat jazyky Asembler, C, C++. Po napsání kódu je provedena kompilace (převedení) na strojový kód mikropočítače.



Obr. 32 Vývojové prostředí CodeWarrior

7.2 Popis zdrojového kódu

Zdrojový kód má zatím asi 300 řádků. Je napsán pro ruční ovládání ohýbačky trubek, vzhledem k nutnosti testování. V budoucnu bude program rozšířen o ukládání sekvencí a čtení posílaných dat z PC.



Obr. 33 Struktura programu

7.2.1 Deklarace proměnných

V tomto bloku jsou definovány všechny proměnné využívané v programu. Jsou zvoleny datové typy integer, float a char.

Ukázka deklarace proměnných:

- int a,b,c,d,e; - proměnné pro přístup k podmínkám a k přepisu
- int vre,ram,poj; - proměnné pro zápis impulsů z IRC snímačů
- int zp,kp,zu,ku – proměnné pro koncové snímače

7.2.2 Nastavené vstupů/výstupů

V celém programu je definováno 19 vstupů a 10 výstupů. Na vstupech jsou připojeny tlačítka, indukční snímače a IRC snímače. Výstupy jsou připojeny k elektricky ovládaným rozvaděčům.

Ukázka nastavení vstupů a výstupů:

//vstup tlacitka

PTCDD_PTCDD0 =0; // PTD vstupní režim pojezd vpřed

PTCPE_PTCPE0 = 1; // pull-up pro PTD zapnuto

PTCDD_PTCDD1 =0; // PTD vstupní režim pojezd vzad

PTCPE_PTCPE1 = 1; // pull-up pro PTD zapnuto

//vystup rozvadece

PTFDD_PTFDD1 = 1; //výstup pojezd vpřed

PTFPE_PTFPE1 = 0; // vypnutí pull-up

PTFDD_PTFDD2 = 1; //výstup pojezd vzad

PTFPE_PTFPE2 = 0; // vypnutí pull-up

7.2.3 Program

Celý program obsluhuje výpis na displej, kde zobrazuje aktuální stav. Dále obsluhuje čtení stavu IRC snímačů a indukčních snímačů a tlačítek a následně zajišťuje zapínání a vypínání rozvaděčů.

Čtení stavu z IRC snímačů

V první části se kontroluje, zda je přichází nějaký signál z IRC snímače (PTDD_PTDD6). Pokud ano, testuje se, zda je zmáčkuto tlačítko otáčení vřetena doprava (PTCD_PTCD2). Pokud ano, impulzy se přičítají. Pokud ne, odečítají se. Dále se zde používá proměnná „b“, která zajišťuje, aby se impulzy nepřičítaly nebo neodečítaly, pokud IRC snímač stojí.

Ukázka čtení z IRC snímače:

```
if(PTDD_PTDD6 ==0) {    // IRC snímač vřeteno- impuls

    if (b==0){

        if (PTCD_PTCD2 ==0)    // tlačítko vpravo vřeteno

            vre++,b++ ;        //když je zmáčknuto, přičti

        else vre--,b++;        // když není zmáčknuto, odečti

    }

    }if(PTDD_PTDD6 ==1)    // IRC snímač vřeteno- není impuls

        b=0;                //nulování proměnné
```

Ovládání rozvaděčů

Elektricky ovládané rozvaděče jsou ovládány přímo příslušnými tlačítky. Tato činnost je zajištěna podmínkou „if“, která kontroluje, zda bylo zmáčknuto některé z tlačítek a poté zapíná příslušné rozvaděče k vykonání požadované činnosti. Zapnutí rozvaděče na obr. 19 je potřeba při každé činnosti ohýbačky. Proto je tento rozvaděč zapínán při pojezdu, otáčení vřetena, ohýbání atd. Rozvaděč tlaku je připojen na PTFD_PTFD0.

Ukázka zapínání rozvaděče tlaku:

```
if(PTCD_PTCD0==0||PTCD_PTCD1==0||PTCD_PTCD2==0||PTCD_PTCD3
    ==0||PTCD_PTCD4    ==0||PTCD_PTCD5    ==0||PTCD_PTCD6
    ==0||PTCD_PTCD7 ==0)                //všechna tlačítka ovládání

    PTFD_PTFD0 = 1;                    // rozvaděč zapínání tlaku zapnut

    else PTFD_PTFD0 = 0;                //když není zmáčknuto žádné tlačítko, je vypnut
```

Upínání ohýbaného materiálu

Tlačítka upnutí (viz obr. 30, bod „6“) ovládají upínače materiálu k ohybnici. Jedním stisknutím tlačítka upínače upnou, druhým stiskem se povolí.

Ukázka upínání materiálu:

```
if(PTCD_PTCD7 ==0){                                     //tlačítko upnutí
if(d==0){                                                //není tlačítko stále zmáčknuto
if(PTGD_PTGD1 ==0)                                       //je rozvaděč zapnut
PTGD_PTGD1 =1, PTFD_PTFD0 = 1,d++;                     //pokud není zapnut tak zapnout a
                                                         //zapnout i rozvaděč tlaku
else PTGD_PTGD1 =0,d++; } }
```

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout koncepci ohýbačky trubek řízené mikropočítačem a umožňující 3D ohýbání trubek. Celou konstrukci předcházelo studium odborných materiálů, které se týkaly dané problematiky. Na základě takto získaných informací byl zvolen typ ohýbačky trubek založené na způsobu ohýbání tahem. Dále byl zvolen typ všech snímačů polohy, hydromotorů, elektricky ovládaných hydraulických rozvaděčů a ostatních komponent důležitých k zprovoznění celé konstrukce.

Před samotnou konstrukcí ovládací části bylo zapotřebí navrhnout a zkonstruovat mechanickou část ohýbačky trubek. Mechanická část byla navrhována s ohledem na nízké náklady, velkou mechanickou odolnost, a také na jednoduché propojení s řídicími prvky. Časově nejnáročnější bylo vytvořit výše zmíněnou mechanickou část tak, aby byla právě s těmito řídicími prvky kompatibilní.

Zapojení hydraulických komponent bylo usnadněno konzultací s firmou Bublík, kde mi byla ochotně zapůjčena ohýbačka hydraulických trubek, a také mi zde bylo darováno několik elektricky ovládaných hydraulických rozvaděčů. Reálná funkce ohýbačky mi byla předvedena ve firmě RONELT s.r.o., kde mají tři různě velké CNC ohýbačky trubek.

Usnadnění při vytváření programové části bylo díky těmto firmám a kanálu Youtube, kde byla možnost shlédnout hned několik desítek různých typů CNC ohýbaček. Psaní zdrojového kódu bylo poměrně ulehčeno programovacím jazykem C a dobře zpracovaným pracovním prostředím CodeWarrior. Ale i tak se objevilo mnoho problémů při reálném testování, z nichž převážná většina byla zdárně odstraněna. Přetrvávající problémy neomezují využívání ohýbačky a na jejich odstranění se stále pracuje.

Navržením a zkonstruováním ovládací části ohýbačky bylo dosaženo cíle této bakalářské práce. Ovládací část se dá při malé úpravě programu implementovat i na jiné druhy ohýbaček.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The aim of this Bachelor thesis was to propose a concept of a microcomputer-controlled bending machine allowing tube bending in three dimensions. The whole construction was preceded by study of professional materials focused to this issue. Based on this information the tension type of bending machine has been selected. The type of position sensors, hydraulic motors, electrically operated hydraulic switchboards and other key components for the machine operation were selected afterwards.

It was necessary to design and construct the mechanical part of the bending machine before the control part has been constructed. The mechanical part has been designed with regard to low-costs, high mechanical strength, as well as easy connection to control parts. The time most-consuming part was to create aforementioned mechanical part compatible to the control parts.

The hydraulical components involvement was facilitated by consultations with the company Bublík. This company lent me a hydraulical pipe's bending machine and several electrically controlled hydraulic switchboards were given to me. The real function of the bending machine was presented to me in the company RONELT s.r.o.. This company has three different sized CNC tube bending machines.

The creation of the programme part was facilitated thanks to mentioned companies and YouTube website, where I had the opportunity to see several dozens of different types CNC bending machines. The source code writing was quite relieved by C programming language and good working CodeWarrior environment. Even so, there were many problems in the real testing, but most of them were successfully solved. Outstanding issues do not restrict the use of the bending machine. The rest of outstanding issues are being removed.

The design and construction of the bending machine achieved the objective of this Bachelor thesis. The control part can be implemented to other types of bending machines with a minor programme adjustments.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ZOUHAR, O. *Moderní metody ohýbání trubek a profilů*, 2009. Dostupný z URL: <http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=16487>.
- [2] NOVÁK, M. *Rozdělení snímačů, optické snímače*, 2006. Dostupný z URL: <http://www.mti.tul.cz/files/dms/03_rodeleni_senz_opricke_snimace.ppt>.
- [3] *Instructions for Rotary pulse encoder IXP8001-1, IXP8001-2*, 2006. Dostupný z URL: <<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/5853532/5173077730.pdf?func=cslib.csFetch&nodeid=5853201&forcedownload=true>>.
- [4] KOŘISTKA, P. *Měření polohy indukčními snímači*, 2010. Dostupný z URL: <www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=28360>.
- [5] *BESM18MI_POC50B_BV02 data Sheet*, 2010. Dostupný z URL <http://www.balluff.com/Balluff/.../BESM18MI_POC50B_BV02_en.pdf>.
- [6] PAVLOK, B.; HRUŽÍK, L.; BOVA, M. *Hydraulická zařízení strojů*, 2007. Dostupný z URL: <<http://www.fs.vsb.cz/euprojekty/414/hydraulicka-zarizeni-stroju.pdf>>.
- [7] *Elektricky ovládané přímočaré šoupátkové rozvaděče WE6*, 2004. Dostupný z URL: <<http://www.q-hydraulika.cz/cz/30/WE6.pdf>>.
- [8] PALACKÝ P. *Mikropočítačové řídicí systémy I*, 2007. Dostupný z URL: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FEI/MRS1/Palacky_MRS_elerning.pdf>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

3D	trojrozměrný
CNC	Číslicové řízení počítačem
CPU	Procesor (Central Processing Unit)
DC	Střenosměrný proud
DPS	Deska plošných spojů
Hz	Hertz jednotka frekvence
IPC	Průmyslový počítač
IRC	Inkrementální rotační snímač
kN	Newton jednotka síly
LED	dioda emitující světlo (Light-Emitting Diode)
mA	Ampér jednotka proudu
MCU	Mikropočítač, mikrokontrolér (Multipoint Control Unit)
MOSFET	Polem řízený tranzistor (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)
MPa	Pascal jednotka tlaku
PC	Osobní počítač
PNP	Bipolární tranzistor
ROM	Paměť pouze pro čtení (Read-Only Memory)
RWM	Paměť pro čtení i zápis (Read-Write-Memory)
V	Volt jednotka napětí
W	Watt jednotka výkonu

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Schéma ohýbání [1]	11
Obr. 2 Odpružení při ohýbání [1]	12
Obr. 3 Odpružení pro různé úhly a materiály [1]	13
Obr. 4 Ohýbání tahem.....	14
Obr. 5 Ohýbání tlakem [1]	14
Obr. 6 Zakružování pomocí tří kladek [1]	14
Obr. 7 Průhledný kotouček s ryskami [2]	17
Obr. 8 Funkce IRC snímače [2].....	17
Obr. 9 IRC snímač Siemens [3].....	18
Obr. 10 Rozpis konektorů snímače SIEMENS [3]	19
Obr. 11 Princip indukčního snímače s malou vzduchovou mezerou (a) a charakteristika indukčního snímače polohy (b) [4].....	20
Obr. 12 Indukční snímač BALLUFF [5].....	20
Obr. 13 Schéma zapojení indukčního	21
Obr. 14 Příklad obvodu pro vyvození posuvného pohybu [6]	22
Obr. 15 Ovládání dvou hydromotorů dvěma paralelně.....	23
Obr. 16 Elektricky ovládaný šoupátkový rozvaděč WE 6 [7].....	24
Obr. 17 Blokové schéma mikropočítače [8]	26
Obr. 18 Popis ohýbačky trubek	29
Obr. 19 Schéma zapojení zubového čerpadla.....	30
Obr. 20 Schéma zapojení regulace tlaku.....	31
Obr. 21 Schéma zapojení hydromotoru a zámku vřetena	31
Obr. 22 Schéma zapojení hydromotoru pojezdu	32
Obr. 23 Schéma zapojení hlavní ohybací pístnice.....	33
Obr. 24 Schéma zapojení upínacích pístnic	34
Obr. 25 Struktura zapojení elektronické části.....	35
Obr. 26 pouzdra mikropočítačů řady.....	36
Obr. 27 Mikropočítač MC9S08DZ60.....	37
Obr. 28 Displej CMC420L01	37
Obr. 29 Deska DPS MCU.....	38
Obr. 30 Schéma zapojení výkonné části	39

Obr. 31 Model ovládacího panelu	41
Obr. 32 Vývojové prostředí CodeWarrior	42
Obr. 33 Struktura programu	43

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Rozdělení snímačů podle snímaných veličin [2]	16
Tab. 2 Parametry indukčního snímače BALLUFF [5]	21

SEZNAM PŘÍLOH

PI Fotografie desky plošných spojů s mikropočítačem

PŘÍLOHA P I: DESKA PLOŠNÝCH SPOJŮ S MIKROPOČÍTAČEM

