



## **Středoškolská technika 2011**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

### **SERVO DRIVER**

**Michal Toufar**

Střední průmyslová škola Třebíč  
Manželů Curieových 734

# OBSAH

<b>Uvodní strana</b>	<b>i</b>
<b>Úvod</b>	<b>4</b>
<b>1 SERVO DRIVER</b>	<b>5</b>
1.1 Technické vlastnosti zařízení.....	5
1.2 I/O rozhraní.....	5
1.3 Technické zpracování výrobku.....	6
<b>2 SOFTWAREVÁ ČÁST</b>	<b>6</b>
2.1 Program pro ATmega 88-20PU .....	6
2.1.1 Blokové schéma zapojení mikroprocesoru.....	6
2.1.2 Diagram programové regulace.....	6
2.1.3 Popis funkce programu.....	7
2.2 Servo tuning.....	7
2.2.1 Print screen.....	7
<b>3 ENKODÉRY</b>	<b>8</b>
3.1 Princip a účel enkodérů.....	8
3.2 Typy enkodérů .....	8
<b>4 ROZVĚTVENÉ REGULAČNÍ OBVODY</b>	<b>9</b>
4.1 Obody s pomocnou regulovanou veličinou .....	11
<b>5 SERVOMOTORY</b>	<b>12</b>
5.1 Řízení a regulace.....	12
5.2 Vyobrazení servomotoru.....	13
5.3 Vysvětlení popisů .....	13
5.4 Fotodokumentace servomotoru.....	14
<b>5 Závěr</b>	<b>15</b>

<b>LITEATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE</b>	<b>16</b>
<b>Seznam symbolů, veličin a zkratk</b>	<b>17</b>
<b>Seznam příloh</b>	<b>18</b>
A.1    Obvodové zapojení .....	19
A.2    Deska plošného spoje – top (strana součástek).....	20
A 2.1 TOP pohled - rozložení součástek	
A 2.2 TOP pohled - vodivé spoje.....	20
A.3    Deska plošného spoje – bottom (strana spojů) .....	21
A 3.1 Botton pohled - rozložení součástek	
A 3.2 Botton pohled - vodivé spoje.....	21
B      SEZNAM SOUČÁSTEK.....	22

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1:    Blokové schéma zapojení mikroprocesoru .....	6
Obr. 2.2:    Programový diagram programové regulace.....	6
Obr. 2.3:    Print screen - ukázka z programu Servo tuning.....	7
Obr. 3.1    Signál jednoduchého enkodéru.....	8
Obr. 3.2    Signál dvojitého enkodéru.....	8
Obr. 4.1:    Blokové schéma regulačního obvodu.....	10
Obr. 4.2:    Schéma rozsvětleného regulačního obvodu.....	11
Obr. 4.3:    Regulace teploty s plynem regulačního kotle.....	11
Obr. 5.1:    Řez servomotorem .....	13
Obr. 5.2:    Vyobrazení servomotorů .....	14

# ÚVOD

Jedná se driver řízený mikrokontrolérem. Regulační hodnoty lze do nastavit již nainstalované v zařízení, kde se bude vykonávat regulace.

Obsahuje i další funkce, např. reset, chybový výstup, enkodér a připojovací konektor pro sériovou komunikaci s mikrokontrolérem přes PC.

Tento driver lze použít pro napájení stejnosměrných lineárních servomotoru. S napájením do 80V a procházejícím proudem max. 10A.

Pro případné zájemce pro zhotovení je oboustranná deska navržena v softwaru Eagle 5.7.

# 1 SERVO DRIVER

Jak již bylo zmíněno výše, jedná se o driver pro řízení servo-motoru s enkodérem. Maximální napájecí napětí motorů je 80V a maximální procházející proud 10A. Řízení pomocí vstupu Dir (směr) a Step (krok). Dále zařízení obsahuje chybový výstup indikující ztrátu polohy, přetížení, nadproudu a limity pojezdu. Obsahuje programovací vstup procesoru (ISP). Přes seriový kanál Uart a přiloženy software Servo Tunig lze zapsat přesné regulační hodnoty.

## Technické vlastnosti zařízení

- Vstup enkodérů
- Řízení step/dir
- Chybový výstup, ztráty polohy, přetížení a nadproudu
- Vstupy pro limity pojezdu
- Programovací vstup procesoru
- Nastavovací vstup parametru procesoru ( $U_{art}$ , USB)
- 12V svorka pro připojení externího zařízení (aktivní chlazení)
- Galvanické oddělení vstupů za použití optočlenů

Maximální hodnoty na regulované části

- $U_{max}$  80V
- $I_{max}$  10A

## I/O rozhraní

Ovládací vstupy pro přesné seřízení vlastností zařízení.

**Error výstup** – chybový výstup, na které se může připojit nadřazený systém, který vyhodnotí chybu nebo např. resetuje celé zařízení. Tento výstup je oddělen optočlenem.

$U_{art}$  – ovládaní sériového kanálu z připojeného PC a za použití software Servo-tuning kde lze nastavit konstanty flash paměti v MCU.

**Reset** – pokud na tento vstup, přivedeme mikroprocesoru log. 0 resetujeme jen do počátečního stavu.

**Programmer/limit** – slouží pro naprogramování mikroprocesoru přes ISP rozhraní. Toto rozhraní umožňuje programování přímo na desce.

**Step** – Vstup řídicích impulsu pro otáčení.

**Dir** – Vstup ovládá log. 0 nebo log. 1 směr otáčení motoru.

**Limit L** – Vstup, který vyhodnocuje maximální pojezd vlevo.

**Limit R** – Vstup, který vyhodnocuje maximální pojezd vpravo.

## Technické zpracování výrobku

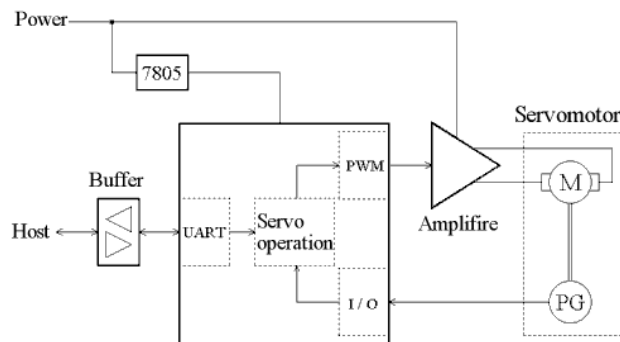
Výrobek je navržen v návrhovém programu Eagle ver. 5.7 na oboustranné desce, která je prokovená mezi vrstvami. Vyobrazení desky jsou uvedeny na konci v příloze. Podstatná část použitých diskretních součástek je typu SMT vel. 1206. Některé součástky jak např. mikroprocesor je použit standardní pouzdro DIL usazené v příslušné patci.

## 2 SOFTWAREVÁ ČÁST

V této části je blokově vyobrazen a popsán program mikroprocesoru, který je napsán v assembleru (jazyk symbolických adres).

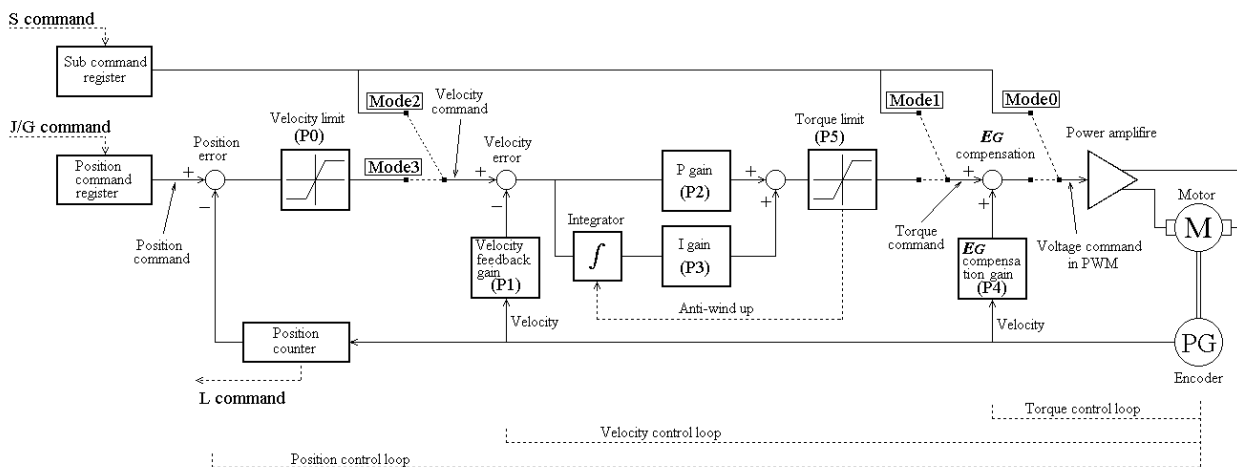
### Program pro ATmega 88-20PU

#### Blokové schéma zapojení mikroprocesoru



Obr. 2.1

#### Diagram programové regulace



Obr.2.2

## Popis funkce programu

Na obr 2.1 je vyobrazen diagram programové regulace. Jedná se o kaskádní regulaci, která má výhodu rychlejší regulace systému a teoretické vysvětlení je uvedeno v kapitole 3.

V programu je vytvořena spojitá regulace typu PID a záporná zpětná vazba je vytvořena pomocí PG (enkodérů), kde je signál přiveden na Position couer (čítač polohy).

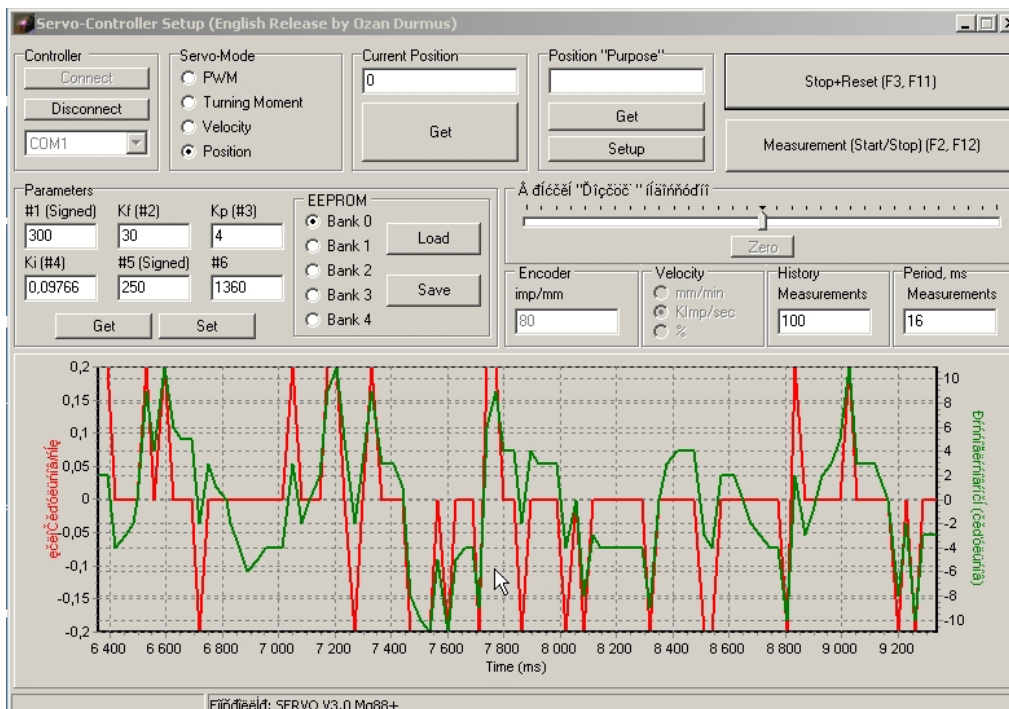
Program dále též vyhodnocuje např. točivý moment (Torque limit)

## Servo-tunning

Tento program slouží pro úplné do nastavení servo-pohonu přímo v zařízení. Lze zapsat hodnoty do flash paměti mikroprocesoru tyto parametry:

- # 1 - rychlostní limit
- # 2 (KF) - rychlost reakce zesílení
- # 3 (KP) - proporcionální zesílení
- # 4 (Ki) - integrální zesílení
- # 5 - momentový limit
- # 6 - zpět - EMF náhradu zisku

## Print-screen



Obr 2.3

# 3 ENKODÉRY

## Princip a účel enkodérů

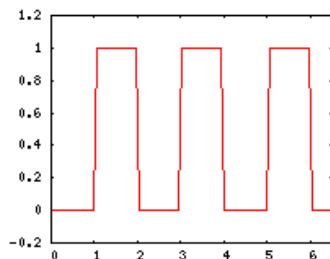
Základním principem funkce enkodérů je měření přítomnosti či nepřítomnosti nějakého dobře detekovatelného materiálu na otáčejícím se kolečku. V případě tachometru pro jízdní kolo je to magnet, v případě kuličkové myši je to díra v kolečku atp.

## Typy enkodérů

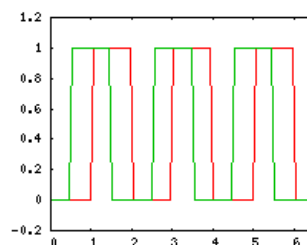
V robotické praxi se nejčastěji setkáváme s enkodéry optickými. V případě reflexních (odrazových) enkodérů jsou zdroj „světla“ i jeho přijímač společně umístěny na jedné straně kolečka, na kterém jsou reflexní a matné plošky. Jejich střídání před přijímačem při otáčení kolečka na něm způsobuje změny napětí v důsledku změny množství detekovaného světla. Získáme obdélníkový signál, kde každý obdélník odpovídá jedné reflexní či matné ploše. Při jejich rovnoměrném rozmístění po obvodu kolečka odpovídá jeden obdélník otočení vždy o shodný počet stupňů. Enkodérům generující takovýto pravidelný obdélníkový signál říkáme inkrementální. U transmisivních enkodérů jsou zdroj a přijímač umístěny na opačných stranách děravého kolečka. Reflexní plošky jsou zde suplovány dírami.

Pokud máme zaručeno, že vždy víme, na kterou stranu se kolečko otáčí, tak z výše uvedených informací poměrně snadno získáme ujetou vzdálenost. Z kalibrovat enkodéry můžeme například tak, že necháme robota kousek popojet, přesně změříme ujetou vzdálenost, spočítáme počet „obdélníků“ naměřených během tohoto pohybu a změřenou vzdálenost vydělíme tímto počtem. Získáme tím „délku“ jednoho „obdélníku“ (často se tomuto údaji říká enkodérový tik).

V případě, že informaci o směru otáčení nemáme, z výše popsaného enkodéru ji nezískáme. Pro zjištění směru otáčení potřebujeme na kolečku ještě jeden senzor, který je v ideálním případě namontován tak, že jeho signál je s původním signálem fázově posunut a to nejlépe o 90°.



Obr. 3.1 Signál jednoduchého enkodérů



Obr. 3.2 Signál dvojitého enkodérů



## 4 Rozvětvené regulační obvody

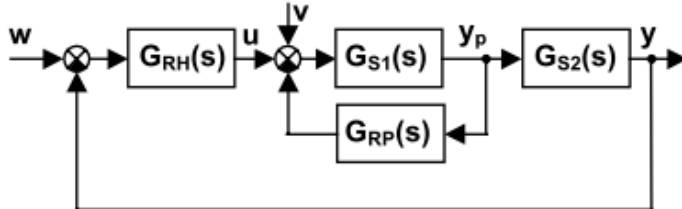
Ke zlepšení kvality regulace volíme často složitější uspořádání regulačního obvodu s větším počtem regulačních smyček. Regulovaná soustava a regulátor jsou pak propojeny větším počtem vazeb a takovým regulačním obvodům pak říkáme rozvětvené regulační obvody. U nich se k původnímu (hlavnímu) regulátoru přidává druhý (pomocný) regulátor, přibývají další veličiny a obvod se zákonitě větví. Úkolem rozvětvených regulačních obvodů je zlepšit kvalitu regulace a někdy i stabilitu regulace (např. u regulovaných soustav s dopravním zpožděním), kdy v jednoduchém regulačním obvodu se už sebelepším nastavením parametrů regulátoru tato kvalita či stabilita zlepšit nedá.

Rozlišujeme čtyři základní typy rozvětvených regulačních obvodů

- obvody s pomocnou regulovanou veličinou
- obvody s pomocnou akční veličinou
- obvody s měřením poruchy
- obvody s modelem regulované soustavy.

## Obvody s pomocnou regulovanou veličinou

Blokové schéma obvodu je na obr. 4.1. Ve vhodném místě regulované soustavy zavedeme



Obr. 4.1

**pomocnou regulovanou veličinou  $y_p$** . Podmínkou je, že se dá měřit. Je to veličina, kterou nemusíme z technologického hlediska regulovat, ale což je důležité, musí reagovat na vstupy poruchové veličiny **podstatně rychleji (s menším zpožděním), než vlastní**

**regulovaná veličina  $y$** . Tuto veličinu přivádíme do **pomocného regulátoru, jehož přenos budeme značit  $G_{RP}(s)$**  na rozdíl od přenosu původního (hlavního) regulátoru, jehož přenos bude v dalším  $G_{RH}(s)$ . Pomocná regulovaná veličina nám svým způsobem rozdělí regulovanou soustavu na dvě sériově zapojené části o přenosech  $G_{S1}(s)$  a  $G_{S2}(s)$ , přičemž pochopitelně platí  $G_S(s) = G_{S1}(s) \cdot G_{S2}(s)$  a předpokládá se znalost obou přenosů  $G_{S1}(s)$  i  $G_{S2}(s)$ .

Vypočítejme přenos řízení a přenos poruchy tohoto rozvětveného obvodu s pomocnou regulovanou veličinou použitím pravidel blokové algebry

$$G_w(s) = \frac{Y(s)}{W(s)} = \frac{G_{RH} \frac{G_{S1}}{1 + G_{S1}G_{RP}} G_{S2}}{1 + G_{RH} \frac{G_{S1}}{1 + G_{S1}G_{RP}} G_{S2}} = \frac{G_{RH} G_{S1} G_{S2}}{1 + G_{S1}G_{RP} + G_{RH} G_{S1} G_{S2}} = \frac{G_{RH}(s) G_S(s)}{1 + G_{S1}(s)G_{RP}(s) + G_{RH}(s)G_S(s)} \quad (4.1)$$

$$G_v(s) = \frac{Y}{V} = \frac{\frac{G_{S1}}{1 + G_{S1}G_{RP}} G_{S2}}{1 + \frac{G_{S1}}{1 + G_{S1}G_{RP}} G_{S2} G_{RH}} = \frac{G_{S1} G_{S2}}{1 + G_{S1}G_{RP} + G_{S1}G_{S2}G_{RH}} = \frac{G_S(s)}{1 + G_{S1}(s)G_{RP}(s) + G_{RH}(s)G_S(s)} \quad (4.2)$$

Charakteristická rovnice jednoduchého nerozvětveného regulačního obvodu (bez pomocného regulátoru) byla

$$1 + G_{RH}(s)G_S(s) = 0 \quad (4.3)$$

a charakteristická rovnice rozvětveného regulačního obvodu (s pomocným regulátorem), což je společný jmenovatel přenosu řízení a přenosu poruchy je

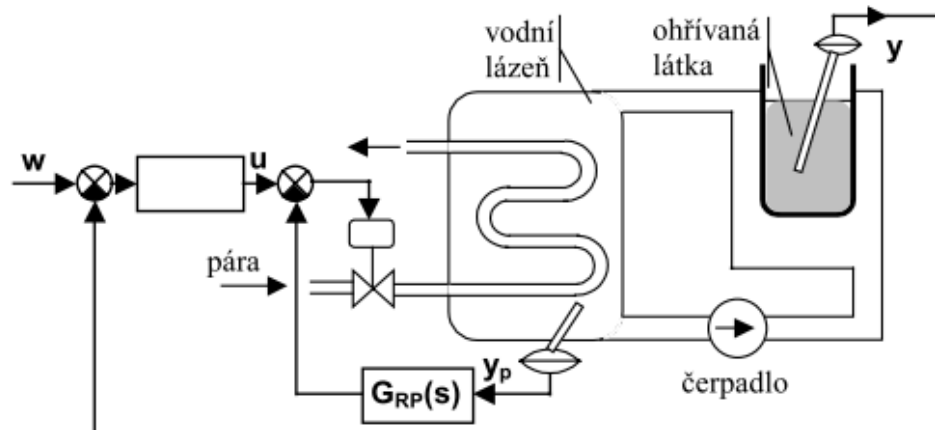
$$1 + G_{S1}(s)G_{RP}(s) + G_{RH}(s)G_S(s) = 0 \quad (4.4)$$

Kvalita a stabilita regulačního obvodu je dána jeho charakteristickou rovnicí. Protože se charakteristická rovnice rozvětveného obvodu liší od charakteristické rovnice jednoduchého obvodu tím, že ji přibývá prostřední člen  $G_{S1}(s)G_{RP}(s)$ , můžeme zlepšit kvalitu a stabilitu obvodu vhodnou volbou přenosu pomocného regulátoru  $G_{RP}(s)$ .

**Rozvětveným regulačním obvodem s pomocnou regulovanou veličinou dosahujeme zlepšení kvality a stability regulačního obvodu, a to vhodnou volbou přenosu pomocného regulátoru  $G_{RP}(s)$ .**

Tento závěr je velmi obecný a plně nevysvětluje přínos rozvětvení obvodu pomocnou regulovanou veličinou. Ten si ukažme na konkrétních příkladech.

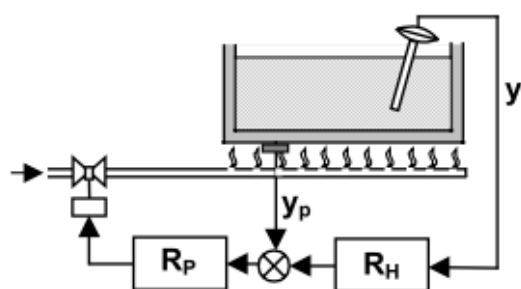
Jestliže zavedeme pomocnou regulovanou veličinu, která musí být měřena v blízkosti vstupu do soustavy, dojde k rychlejší reakci na poruchovou veličinu a celá regulace se stává kvalitnější a stabilnější.



Obr. 4.2

Na obr. 4.2 je schéma rozvětveného regulačního obvodu s pomocnou regulovanou veličinou. Regulovaná soustava má dvě kapacity: první kapacita je proudící voda ve vodní lázni a druhou kapacitou je ohřívaná látka uvnitř vodní lázně. Akční veličinou  $u$  je otevření ventilu v parovodním potrubí, jehož pára ohřívá vodní lázeň. Regulovanou veličinou  $y$  je teplota ohřívané látky, která musí být udržována na přesně dané teplotě.

Dojde-li ke změně poruchové veličiny, kterou může být např. teplota přiváděné páry, změní se nejdříve teplota vodní lázně a teprve od této teploty se změní regulovaná veličina  $y$ , což je teplota ohřívané látky. Teprve potom začne hlavní regulátor měnit množství přiváděné páry a tím kompenzovat vliv poruchové veličiny. Zavedeme-li ale pomocnou regulovanou veličinu  $y_p$ , kterou je teplota vodní lázně, její změna se projeví rychleji a pomocný regulátor začne působit dříve, porucha je rychleji vykompenzována a celá regulace je kvalitnější a stabilnější.



Obr. 4.3

Podle obr. 4.3 mějme regulaci teploty

plynem vytápěného kotle. Jako pomocná regulovaná veličina  $y_p$  je teplota pláště kotle. Změní-li se poruchová veličina (např. tlak v plynovém potrubí nebo jeho výhřevnost), musí signál projít nejprve celou regulovanou soustavou, musí dojít ke změně teploty – regulované veličiny a pak teprve začne působit regulátor. Ale na teplotě pláště se tato porucha projeví rychleji než na teplotě media v kotli a reakce pomocného regulátoru  $R_P$  je proto mnohem rychlejší než hlavního regulátoru  $R_H$  a vliv poruchy je rychleji kompenzován. V tomto případě jsou hlavní a pomocný regulátor v tzv. kaskádním zapojení, což je sériové zapojení takové, že výstup hlavního regulátoru je řídicí veličinou regulátoru pomocného. Ale oba regulátory mohou být i v paralelním zapojení, jak je na obr. 4.1, kdy se hlavní a pomocná akční veličina sčítají.

## 5 SERVOMOTORY

Servomotor zkráceně servo je motor pro pohony (většinou elektrické, ale existují také hydraulická, pneumatická či dokonce parní serva), u kterých lze na rozdíl od běžného motoru nastavit přesnou polohu natočení osy. Ovládají se jím například posuvy u CNC strojů, nastavení čtecí hlavičky u pevného disku. Všechny RC (Radio control) modely používají malá modelářská serva.

Servo také často pracuje na podstatně menších otáčkách, než je pro daný typ stroje obvyklé.

V širším slova smyslu je servomotorem jakýkoli motor sloužící k motorickému řízení polohy nahrazující práci člověka. Může to být: elektromagnet, elektromotor, pneumatický či hydraulický píst nebo i topný odporový drát na bimetalu.

Servomotor může zařízení polohovat: do dvou nebo více diskrétních poloh, nebo i plynule mezi krajními polohami.

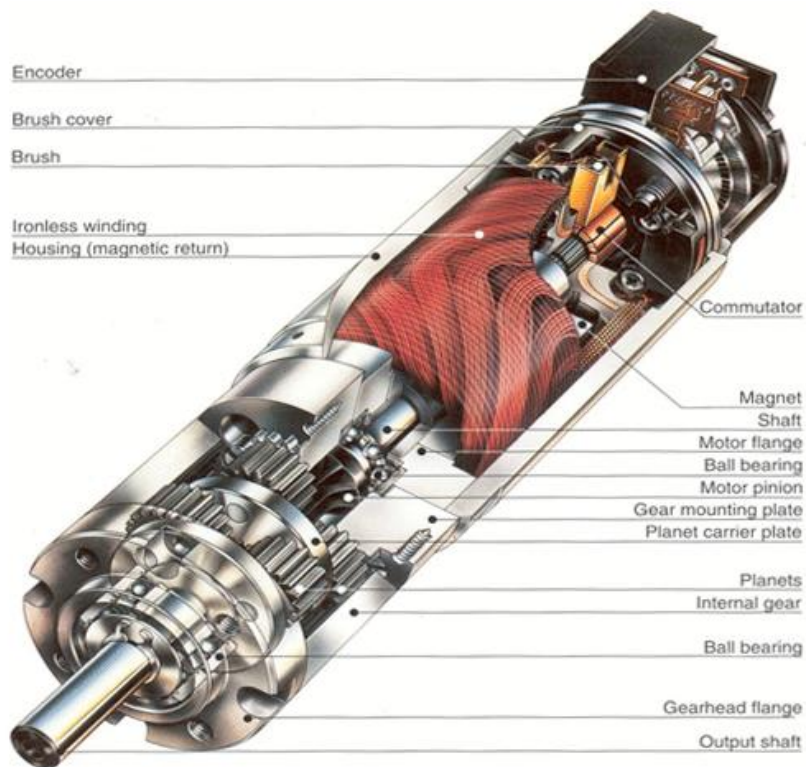
### Řízení a regulace

O poloze zařízení lze usuzovat bez zpětné vazby, např: podle počtu impulzů vyslaných do krokového motorku, podle času po který byl pohon zapnutý.

Vlastnosti servomotoru vylepšuje použití snímačů pro odečet polohy. Signál těchto čidel lze využít k dalšímu řízení pohonu, například vypnout motor po dojezdu do krajní polohy. Zavedením lineární záporné zpětné vazby lze servomotorem řídit polohu zařízení v celém rozsahu jeho pracovní dráhy. Je k tomu zapotřebí řídicí systém zvaný regulátor.

Poloha hřídele servomotoru bývá zjišťována elektricky pomocí fotoelektrického snímače (encoder) nebo pomocí rozkladače (selsynu). Pro levné aplikace lze použít optické snímání pomocí kódového kotoučku či proužku, gray code.

## Vyobrazení servomotoru



obr. 5.1 Řez servomotorem

### Vysvětlení popisů:

Encodér - enkodér

Brush - kartáč

Brush cover - katačový kryt

Ironless winding - nezelezné vnutí

Housing (magnetic return) - obal (magnetické stínění)

Commutator - komutátor

Magnet - magnet

Shaft - hřídel

Motor flange - příruba motoru

Ball bearing - kuličkové ložisko

Motor pinion - motorový pastorek

Gear mounting plate - Zařízení pro montážní desku

Planet carrier plate - kruhová nosná deska

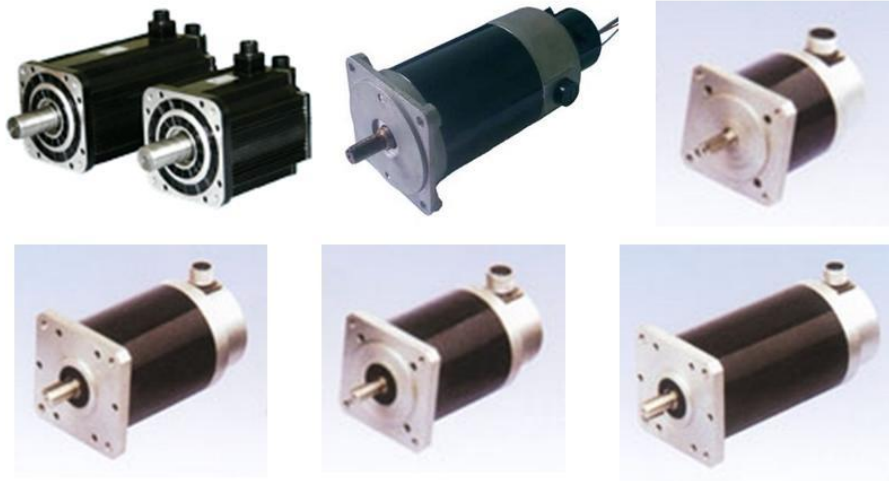
Internal gear - vnitřní ozubení

Ball bearing - kuličkové ložisko

Gearhead flange - převodková příruba

Output shaft - výstupní hřídel

## Fotodokumentace servomotorů



obr. 5.2 Vyobrazení servomotorů

# ZÁVĚR

Celé zařízení je teoreticky popsáno a veškerý obslužný software je připojen je volně přístupný na internetových stránkách. Program, jak je již uvedeno, je napsán v programovacím jazyce assembler a je uveden jak napsán v příkazech, tak již přeložen do strojového kódu.

Kaskádní regulace, jak je již uvedeno více, zaručuje rychlejší odezvu a tím i lepší regulaci daného zařízení, v němž bude ovládací elektronické zařízení aplikováno.

Modulárnost tohoto zařízení, jistě nalezne široké využití v řídicí technice u pohonu servomotoru.

## LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDOJE

1. Stránky <http://www.robotika.cz/> - automatizace, robotika
2. Stránky <http://www.wikipedia.cz/> - informace o řízení
3. Stránky <http://www.c-n-c.cz/> - obvodové zapojení a další důležité informace
4. Švarc I.: Teorie automatického řízení, VUT Brno, fakulta strojního inženýrství, str. 48 - 50
5. Stránky <http://www.beechservices.com/Images/servomotor2.gif> - řez motorem
6. Stránky <http://mrbenbenzftc.en.made-in-china.com/offer/EqPxymBDvfYM/Sell-Servo-Motor.html> - typy servomotoru



# SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

<i>vel</i>	velikost daného pouzdra, označení typu
<i>MCU</i>	Microprocesor, mikrokontrolér (ATMega88-20)
<i>I/O</i>	IN/OUT vsup/výstup vstupně-výstupní rozhraní
<i>DIR</i>	- směr
<i>STEP</i>	- krok
<i>SMT</i>	surface mount technology – tech. pro povrchovou montáž
<i>Encodér</i>	- enkodér
<i>Brush</i>	- kartáč
<i>Brush cover</i>	- katačový kryt
<i>Ironnles winding</i>	- neželezné vyunutí
<i>Housing (magnetic return)</i>	- obal (magnetické stínění)
<i>Commutator</i>	- komutátor
<i>Magnet</i>	- magnet
<i>Shaft</i>	- hřídel
<i>Motor flange</i>	- příruba motoru
<i>Ball bearing</i>	- kuličkové ložisko
<i>Motor pinion</i>	- motorový pastorek
<i>Gear mounting plate</i>	- Zařízení pro montážní desku
<i>Planet carrier plate</i>	- kruhová nosná deska
<i>Internal gear</i>	- vnitřní ozubení
<i>Ball bearing</i>	- kuličkové ložisko
<i>Gearhead flange</i>	- převodovková příruba
<i>Output shaft</i>	- výstupní hřídel

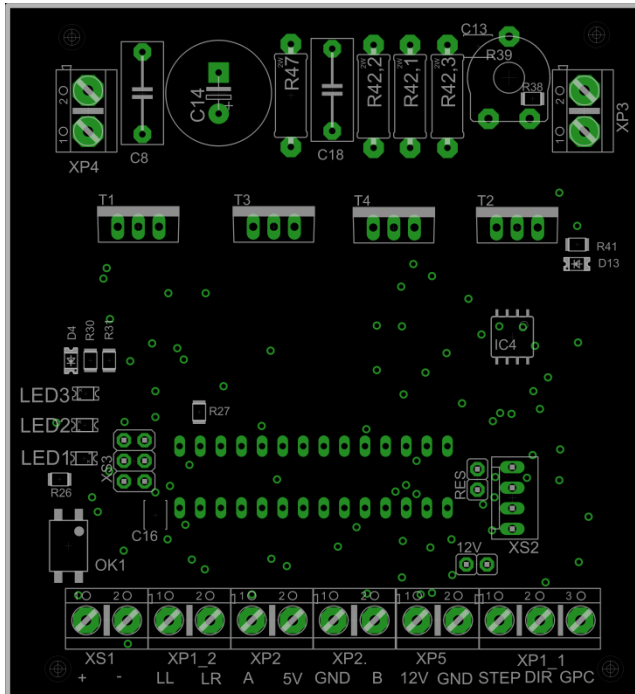
# SEZNAM PŘÍLOH

<b>A</b>	<b>Návrh zařízení</b>	<b>24</b>
A.1	Obvodové zapojení .....	24
A.2	Deska plošného spoje – top (strana součástek).....	25
	A 2.1 TOP pohled - rozložení součástek	
	A 2.2 TOP pohled - vodivé spoje.....	25
A.3	Deska plošného spoje – bottom (strana spojů) .....	26
	A 3.1 Botton pohled - rozložení součástek	
	A 3.2 Botton pohled - vodivé spoje.....	26
<b>B</b>	<b>Seznam součástek</b>	<b>27</b>



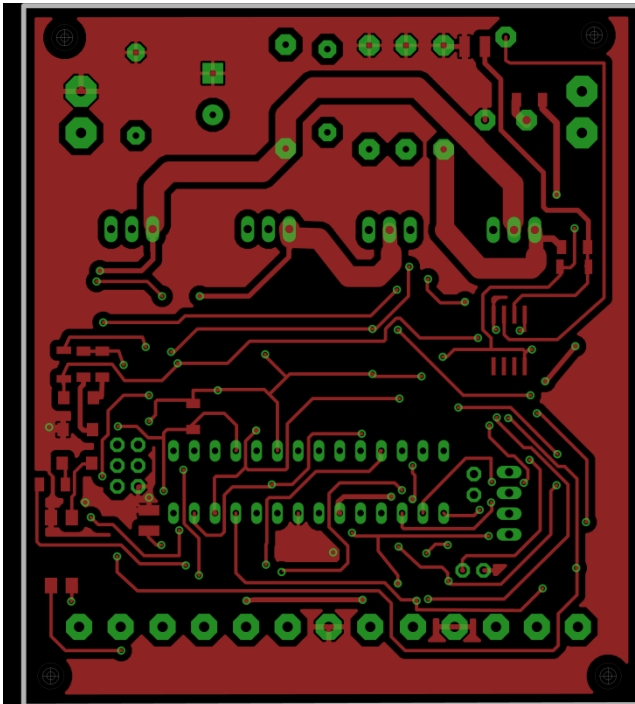
## A.2 Deska plošného spoje – top (strana součástek)

### A 2.1 TOP pohled - rozložení součástek



Rozměr desky 75x 85 [mm], měřítko M1:1

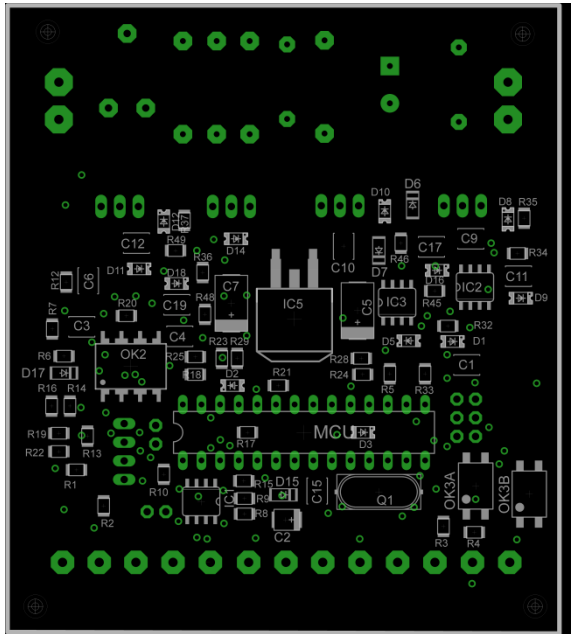
### A 2.2 TOP pohled - vodivé spoje



Rozměr desky 75x 85 [mm], měřítko M1:1

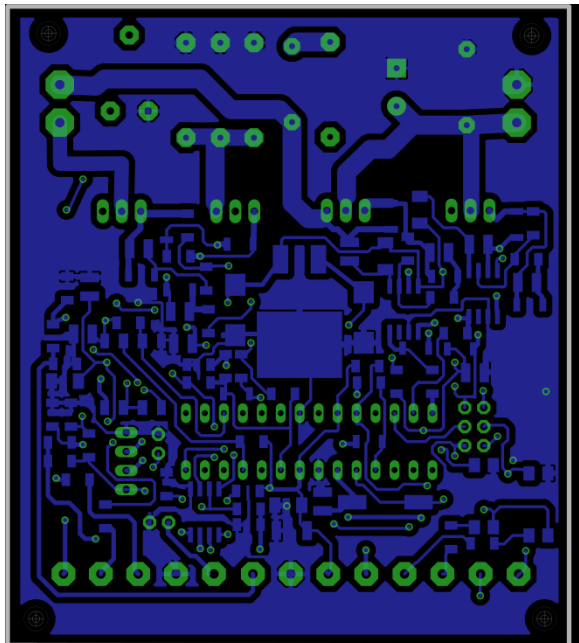
## A.3 Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)

### A 3.1 Botton pohled - rozložení součástek



Rozměr desky 75 x 85 [mm], měřítko M1:1

### A 3.2 Botton pohled - vodivé spoje



Rozměr desky 75 x 85 [mm], měřítko M1:1

# SEZNAM SOUČÁSTEK

Označení	Hodnota	Pouzdro	Popis
R1	220Ω	SMD vel. 1206	rezistor
R2	220Ω	SMD vel. 1206	rezistor
R3	330Ω	SMD vel. 1206	rezistor
R4	330Ω	SMD vel. 1206	rezistor
R5	10KΩ	SMD vel. 1206	rezistor
R6	1KΩ	SMD vel. 1206	rezistor
R7	10KΩ	SMD vel. 1206	rezistor
R8	1KΩ	SMD vel. 1206	rezistor
R9	10KΩ	SMD vel. 1206	rezistor
R10	1KΩ	SMD vel. 1206	rezistor
R11	10Ω	SMD vel. 1206	rezistor
R12	1KΩ	SMD vel. 1206	rezistor
R13	22KΩ	SMD vel. 1206	rezistor
R14	1KΩ	SMD vel. 1206	rezistor
R15	22KΩ	SMD vel. 1206	rezistor
R16	1KΩ	SMD vel. 1206	rezistor
R17	1KΩ	SMD vel. 1206	rezistor
R18	100KΩ	SMD vel. 1206	rezistor
R19	100KΩ	SMD vel. 1206	rezistor
R20	1KΩ	SMD vel. 1206	rezistor
R21	1KΩ	SMD vel. 1206	rezistor
R22	1KΩ	SMD vel. 1206	rezistor
R23	100KΩ	SMD vel. 1206	rezistor
R24	100KΩ	SMD vel. 1206	rezistor
R25	100KΩ	SMD vel. 1206	rezistor
R26	470Ω	SMD vel. 1206	rezistor
R27	10KΩ	SMD vel. 1206	rezistor
R28	10KΩ	SMD vel. 1206	rezistor
R29	10KΩ	SMD vel. 1206	rezistor

R30	1K $\Omega$	SMD vel. 1206	rezistor
R31	1K $\Omega$	SMD vel. 1206	rezistor
R32	1K $\Omega$	SMD vel. 1206	rezistor
R33	1K $\Omega$	SMD vel. 1206	rezistor
R34	22 $\Omega$	SMD vel. 1206	rezistor
R35	200 $\Omega$	SMD vel. 1206	rezistor
R36	22 $\Omega$	SMD vel. 1206	rezistor
R37	200 $\Omega$	SMD vel. 1206	rezistor
R38	27K $\Omega$	SMD vel. 1206	rezistor
R39	10K $\Omega$	Axiální 5x10mm	Trimer
R41	10K $\Omega$	SMD vel. 1206	rezistor
R42.1	1,5k $\Omega$	SMD vel. 1206	rezistor
R42.2	1,5k $\Omega$	Rozteč 15mm	Metalizovaný rezistor – 2W
R43.3	1,5k $\Omega$	Rozteč 15mm	Metalizovaný rezistor – 2W
R45	22 $\Omega$	SMD vel. 1206	rezistor
R46	200 $\Omega$	SMD vel. 1206	rezistor
R47	1,5k $\Omega$	Rozteč 15mm	Metalizovaný rezistor – 2W
R48	22 $\Omega$	SMD vel. 1206	rezistor
R49	200 $\Omega$	SMD vel. 1206	rezistor
XS1	-	ARK 500/2	Šroubovací svorkovnice
XS2	-	ARK 500/2	Šroubovací svorkovnice
XS3	-	PSH 6	Konektor
LXS3	-	ARK 500/2	Šroubovací svorkovnice
XP1_1	-	ARK 500/2	Šroubovací svorkovnice
XP1_2	-	ARK 500/3	Šroubovací svorkovnice
XP2	-	ARK 500/2	Šroubovací svorkovnice
XP3	-	ARK 500/2	Šroubovací svorkovnice
XP4	-	ARK 500/2	Šroubovací svorkovnice
XP5	-	ARK 500/2	Šroubovací svorkovnice
RES	-	JUMP2	Řadový lámající konektor
C1	100nF	SMD vel. 1206	Keramický kondenzátor
C2	220 $\mu$ F/16V	radiální	Elektrolytický kondenzátor
C3	100nF	SMD vel. 1206	Keramický kondenzátor
C4	100nF	SMD vel. 1206	Keramický kondenzátor

C5	220 $\mu$ F/16V	radiální	Elektrolytický kondenzátor
C6	100nF	SMD vel. 1206	Keramický kondenzátor
C7	220 $\mu$ F/16V	radiální	Elektrolytický kondenzátor
C9	220nF	SMD vel. 1206	Keramický kondenzátor
C10	220nF	SMD vel. 1206	Keramický kondenzátor
C11	1nF	SMD vel. 1206	Keramický kondenzátor
C12	1nF	SMD vel. 1206	Keramický kondenzátor
C13	1nF	SMD vel. 1206	Keramický kondenzátor
C14	470 $\mu$ F/100V	radiální	Elektrolytický kondenzátor
C15	22pF	SMD vel. 1206	Keramický kondenzátor
C16	22pF	SMD vel. 1206	Keramický kondenzátor
C17	1n	SMD vel. 1206	Keramický kondenzátor
C18	100nF/100V	radiální	Elektrolytický kondenzátor
C19	1nF	SMD vel. 1206	Keramický kondenzátor
OK1	PC817	DIP 8	optočlen
OK2	HCPL2631	DIP 16	dvojitý optočlen
OK3A	PC817	DIP 8	optočlen
OK3B	PC817	DIP 8	optočlen
IC1	LM393N	DIP 16	dvojitý komparátor
IC2	IR2184	DIP 8	Výkonový budič
IC3	IR2184	DIP 8	Výkonový budič
IC4	LM393N	DIP 8	Dvojitý komparátor
IC5	7805	TO 220 SMD	Monolitický stabilizátor
MCU	ATMega88-20PU	DIL 28	mikrokontrolér
D1	1N4148 SMD	vel. 1206	univerzální dioda
D2	1N4148 SMD	vel. 1206	univerzální dioda
D3	1N4148 SMD	vel. 1206	univerzální dioda
D4	1N4148 SMD	vel. 1206	univerzální dioda
D5	1N4148 SMD	vel. 1206	univerzální dioda
D6	SUF4007	vel. 1206	Rychlé univerzální diody
D7	SUF4007	vel. 1206	Rychlé univerzální diody
D8	BZV55C15SMD	0.5W – SMD	Zenerova dioda 15V
D9	1N4148 SMD	vel. 1206	univerzální dioda
D10	BZV55C15SMD	0.5W – SMD	Zenerova dioda 15V



D11	1N4148	vel. 1206	univerzální dioda
D12	BZV55C15SMD	0.5W – SMD	Zenerova dioda 15V
D13	1N4148	vel. 1206	univerzální dioda
D14	BZV55C15SMD	0.5W – SMD	Zenerova dioda 15V
D15	transil	DIP 2	Schottky SMD
D16	1N4148	vel. 1206	univerzální dioda
D17	transil	DIP 2	Schottky SMD
D18	1N4148	vel. 1206	univerzální dioda
LED1	LED vel. 1206	LED vel. 1206	LED Oranžová
LED2	LED vel. 1206	LED vel. 1206	LED Červená
LED3	LED vel. 1206	LED vel. 1206	LED Zelená
T1	IRFP260	TO220	Tranzistor MOSFT
T2	IRFP260	TO220	Tranzistor MOSFT
T3	IRFP260	TO220	Tranzistor MOSFT
T4	IRFP260	TO220	Tranzistor MOSFT
Q1	16MHz	Krystal SMD	Krystal