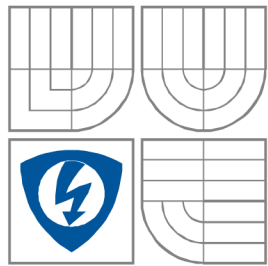


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

ŘÍZENÍ NÁSTROJE ROBOTICKÉ RUKY OPERAČNÍHO ROBOTY DA VINCI

THE DA VINCI ROBOTIC INSTRUMENT CONTROL VIA MICROCONTROLLER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

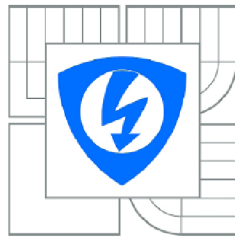
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VÁCLAV PIVOŇKA

VEDOUČÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ SEKORA

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Automatizační a měřicí technika

Student: Václav Pivoňka
Ročník: 3

ID: 125173
Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Řízení nástroje robotické ruky operačního robota Da Vinci

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s nástrojem robotické ruky operačního robota Da Vinci a navrhnete vývojový diagram programu pro mikrokontrolér pro řízení nástroje robotické ruky pomocí servomotorků. V práci diskutujte možnosti řízení servomotorků, diskutujte možnosti zjištění a ošetření krajních poloh nástroje a motorků. S ohledem na aplikaci vyberte vhodný mikrokontrolér pro řízení nástroje. Navrhnete obvodové řešení řízení servomotorků mikrokontrolérem.

Práce bude obsahovat blokové schéma, vývojový diagram programu, program samotný a návrh obvodového řešení.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] Servo motor controller using labVIEW [online]. Dostupný z <<http://forums.ni.com/>>.
- [2] Intuitive Surgical, The da Vinci Surgical System [online]. Dostupný z <<http://www.intuitivesurgical.com/>>

Termín zadání: 7.2.2011

Termín odevzdání: 30.5.2011

Vedoucí práce: Ing. Jiří Sekora

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

UPOZORNĚNÍ:

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

Abstrakt

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo navrhnout pohon a vybrat vhodný mikrokontrolér pro řízení pohybů nástroje operačního robota Da Vinci. Dále navrhnout vývojový diagram programu pro mikrokontrolér pro řízení nástroje robotické ruky pomocí servomotorku, obvodové řešení řízení servomotorku mikrokontrolérem. Práce obsahuje také blokové schéma, vývojový diagram programu a návrh obvodového řešení.

Klíčová slova

Operační robot, mikroprocesor, servomotorek, krokový motorek, robotická ruka.

Abstract

The main objective of this thesis was to design the drive and select a microcontroller for motion control instruments operating Da Vinci robot. In addition to design flowchart for the microcontroller program to administer the robotic arm using servo-motor, steering servo-motor circuit solution microcontroller. The work also includes a block diagram, flowchart program and the draft circuitry.

Keywords

Operating a robot, microprocessor, servo-motor, stepper motor, robotic arm.

Bibliografická citace:

PIVOŇKA, V. *Řízení nástroje robotické ruky operačního robota Da Vinci*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 34s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Sekora.

Prohlášení

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

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.“

V Brně dne: **30. května 2011**

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Sekorovi za pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne: **30. května 2011**

.....

podpis autora

Obsah

1	Úvod a cíl práce	9
2	Vývoj robotických systémů	10
2.1	Operační robot Da Vinci v České republice	11
2.2	Operační robot Da Vinci	11
2.2.1	Ovládací konzole	12
2.2.2	Operační konzole	12
2.2.3	Videověž	13
2.2.4	Seznámení s nástrojem robotické ruky operačního robota Da Vinci.....	13
3	Blokové schéma obvodu	15
4	Možnosti řízení servomotorů, zajištění a ošetření krajních poloh nástroje a motorků, obvodové řešení	16
4.1	Ošetření krajních poloh nástroje.....	16
4.1.1	Řešení obvodu pro snímání krajních poloh	17
4.2	Výběr a popis vhodných servopohonů	17
4.2.1	Servomotor	18
4.2.2	Krokový motorek	20
4.2.3	Výběr vhodného pohonu	23
4.3	Schematické řešení výkonové části vybraného pohonu	24
4.4	Výběr a popis vhodného mikroprocesoru.....	25
4.4.1	Parametry vybraného mikroprocesoru.....	25
4.5	Schematické řešení a popis zapojení řídicí jednotky	26
4.6	Napájení.....	28
5	Návrh vývojového diagramu programu mikroprocesoru	29
6	Závěr	31
7	Literatura	33
	Seznam příloh	334

Seznam obrázků

Obrázek 1: Robotický systém Da Vinci[6]	12
Obrázek 2: Ovládací konzole[6]	12
Obrázek 3: Operační konzole[6]	13
Obrázek 4: Videověž[7]	13
Obrázek 5: Popis nástroje ruky[18]	14
Obrázek 6: Možnosti pohybu nástroje [8], Obrázek 7:Znázornění pohybu ruky [9]	14
Obrázek 8: Blokové schéma celého obvodu.....	15
Obrázek 9: Optozávora [10]	16
Obrázek 10: Kolečko určující rozsah pohybu nástroje	16
Obrázek 11: Schéma zapojení optické závory	17
Obrázek 12: Servomotor [11]	18
Obrázek 13: Zapojení řídicí elektroniky servomotoru[12].....	19
Obrázek 14: Servo Futaba S3050[19].....	20
Obrázek 15: Stator krokového motorku [15], Obrázek 16: Rotor krokového motorku [15].....	21
Obrázek 17: Schéma unipolárního řízení [15].....	22
Obrázek 18: Schéma zapojení pro bipolární řízení [15]	22
Obrázek 19: Parametry krokového motoru [16]	23
Obrázek 20: Elektrické schéma výkonového členu.....	25
Obrázek 21: Mikroprocesor ATmega 128 [17].....	26
Obrázek 22: Schéma zapojení mikroprocesoru	27
Obrázek 23: Schéma zapojení sériové komunikace s obvodem MAX232	28
Obrázek 24: Schéma zapojení napájení	28
Obrázek 25: Vývojový diagram.....	30

1 ÚVOD A CÍL PRÁCE

Žijeme v rychle se vyvíjejícím světě. Naše společnost se rozvíjí, pomocí vysokého tempa vývoje vědy, techniky a vzdělanosti, máme možnost rozšiřovat naše poznatky o světě, ve kterém žijeme, ale také se nám zvyšuje životní úroveň. S vyšší dostupností informací i nových technologií není problém vyrobit jakýkoliv výrobek. Proto se firmy přizpůsobují požadavkům zákazníků a k zajištění své konkurenceschopnosti jsou nuceny stále více pozornosti věnovat podpoře úsilí vědců k budování modernějších strojů, robotů.

Samotný pojem robot se pozvolným krokem začal používat od roku 1920, kdy byl poprvé uveden v díle Karela Čapka R.U.R. V roce 1941 bylo poprvé použito slovo robotika a to v povídce „Runaround“ od Isaaca Asimova. Asimov dále také definoval známé základní robotické zákony:

1. *„Robot nesmí ublížit člověku nebo svou nečinností dopustit, aby člověku bylo ublíženo.*
2. *Robot musí uposlechnout příkazů člověka, kromě případů, kdy tyto příkazy jsou v rozporu s prvním zákonem.*
3. *Robot musí chránit sám sebe před zničením, kromě případů, kdy tato ochrana je v rozporu s prvním nebo druhým zákonem.“ [1]*

Význam slova robot, stejně tak i obor zabývající se touto problematikou dostává stále nový význam díky vysokému pokroku. Proto také ve světové literatuře není zatím známa jejich jednotná definice. V případě, že bychom chtěli pojem robot definovat, použili bychom výrok od Ing. Ivana M. Havla, CSc: *„Robot je automatický nebo počítačem řízený integrovaný systém, schopný autonomní, cílově orientované interakce s přirozeným prostředím, podle instrukcí od člověka. Tato interakce spočívá ve vnímání a rozpoznávání tohoto prostředí a v manipulování s předměty, popř. v pohybování se v tomto prostředí.“ [2]*

V posledních letech se stávají roboti součástí našeho běžného života. S roboty se můžeme setkat jak ve strojírenství, v kosmickém a vojenském výzkumu, v oblasti dětských hraček tak i v medicíně. Právě robotu, který pomáhá v lékařství, se v této práci budu zabývat.

Cílem bakalářské práce je seznámení s nástrojem robotické ruky operačního robota Da Vinci. Pokusit se navrhnout vývojový diagram programu pro mikrokontrolér pro řízení nástroje robotické ruky pomocí servomotorků. Dále diskutovat o možnosti řízení servomotorku, zajištění a ošetření krajních poloh nástroje motorku. V další části práce bude vybrán vhodný mikrokontrolér pro řízení nástroje a navrženo obvodové řešení řízení servomotorku mikrokontrolérem. Součástí práce by mělo být blokové schéma, vývojový diagram programu, program samotný a návrh obvodového řešení.

2 VÝVOJ ROBOTICKÝCH SYSTÉMŮ

Asi od poloviny 80. let se začaly vyvíjet robotické systémy. V té době se jednalo o projekty pro vesmír a kosmonautiku (NASA). Cílem těchto projektů bylo zajištění léčebných zásahů u kosmonautů při meziplanetárních letech, a to pomocí dálkově ovládaných robotických systémů. Přibližně ve stejné době měla americká armáda podobnou představu o léčebných zásazích na vojácích zraněných v průběhu válečných a bojových operací. Na konci devadesátých let byly vyvíjené systémy postupně uvolňovány do civilního sektoru, a tak vznikl nový obor robotické chirurgie. Princip této chirurgie spočívá v tom, že se použije specializovaný přístroj, který přenáší pohyby operátéra na nástroje v operačním poli. Tento obor bude mít v budoucnu velký význam v léčbě pomocí miniinvazivních metod. Minimálně invazivní robotika je spojení odborné práce chirurga s moderními technologiemi - mikromechanikou, trojrozměrnou vizualizací a počítačovým řízením. Jde o obor, který v současnosti nachází uplatnění zejména v urologii, gynekologii a hrudní chirurgii, rozšiřuje se i použití v oborech kardiochirurgie, cévní chirurgie, na obzoru se objevují i neurochirurgické aplikace. [3]

První operační robot byl sestaven pro experimentální účely ve Spojených státech v roce 1995. V té době byly představeny dva robotické operační systémy. Robot Da Vinci (Intuitive Surgical, Sunnyvale), který byl oficiálně schválen pro obecné operativní aplikace. Druhým systémem byl Zeus (od společnosti Motion, Santa Barbara), ale tento není dostupný ke klinickému použití. Oba robotické operační systémy (Da Vinci, Zeus) jsou koncepčně podobné. Chirurgova konzole je připojena pomocí elektronického rozhraní k robotické ruce, která se používá k manipulaci endoskopu a chirurgických nástrojů. Zeus má otevřenou konzoli, díky které chirurg přímo vidí na místo operace. Robot Zeus se skládá ze tří oddělených rukou nezávisle upevněných na stole v operační místnosti a každá z nich má 5 stupňů volnosti. Da Vinci používá konzoli se dvěma nezávislými monitory, na kterých chirurg sleduje operaci. Systém Da Vinci využívá tři robotické ruce se šesti stupni volnosti a 360 stupňovou rotací zápěstí nástroje. Obě sestavy umožňují chirurgovi kompletní kontrolu nad operačními nástroji a kamerou. [4]

Jedním z významných uplatnění robotů v oblasti medicínské techniky jsou chirurgické výkony. Tento vývoj směřuje k širokému používání chirurgických robotů v praxi a tím pádem se stává chirurgie největší spojnicí mezi roboty a lékařstvím. Mezi hlavní výhody operace robotem patří:

- zvyšuje se zručnost operátéra a preciznost (vyšší pravděpodobnost úspěchu zákroku v místech, která jsou rukám operátorů jen velmi těžko dostupná, menší potřebné vstupy do pacienta, zlepšení pohyblivosti nástrojů),
- zamezení třesu chirurgovy ruky příp. nežádoucím pohybům,
- menší potřebné vstupy do pacienta,

- vpichy se hojí lépe a nezůstávají po nich jizvy,
- zkracuje se doba hospitalizace.

2.1 Operační robot Da Vinci v České republice

Přístroj nazvaný Da Vinci, vyrábí jediná firma na světě – americká společnost Intuitive Surgical. Společnost Hospimed je strategickým partnerem tohoto amerického výrobce pro ČR, SR, Maďarsko, Slovinsko, Ruskou Federaci a další země Východní a Střední Evropy. Devět robotických operačních systémů je v České republice využíváno v sedmi nemocnicích (Nemocnice na Homolce, Ústřední vojenská nemocnice v Praze, Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně, nemocnice sv. Zdislavy v Mostištích, Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem a Nemocnice s poliklinikou v Novém Jičíně, Fakultní nemocnice Olomouc). Nemocnice na Homolce využívá 2 robotické systémy, jeden je umístěn na centrálním (multioborovém) robotickém sále a druhý na sále kardiouchirurgickém, 2 systémy jsou též v Masarykově nemocnici v Ústí nad Labem, kdy jeden systém je využíván multioborově a druhý je umístěn ve školícím centru. [5]

2.2 Operační robot Da Vinci

Da Vinci je jeden z nejznámějších robotických systémů pro lékařské operace. Jedná se o víceramenný systém, který napodobuje pohyby operátora v těle pacienta. U pacienta ležícího na operačním stole je umístěn robot, jehož nástroje jsou do pacienta zavedeny pomocí několika miniaturních vpichů. Operátor řídí robotova ramena s nástroji z řídicí jednotky (konzoly) ze vzdálenosti několika metrů. Veškeré pohyby robota jsou zřízeny počítačem, který zabezpečí přesný a bezpečný pohyb chirurgických nástrojů v pacientově těle. Právě díky tomuto systému dochází k eliminaci třesu chirurgových rukou a tím dochází ke snížení operačního rizika. Další výhodou operačního robota je jeho ohebnost. V porovnání s laparoskopickými nástroji, které nemají ohebné konce, mohou operatéři s koncem robotického ramena tzv. nástroje ruky velmi snadno manipulovat a umožní jim větší rozsah pohybu a dosah do nepřístupných oblastí. Tímto systémem je zajištěna dokonalá flexibilita a schopnost rotace 360°C. Každé rameno je zakončeno jiným instrumentem. V případě potřeby změnit operační náčiní musí se vyměnit se celý nástroj ruky.

Robot Da Vinci je složen z ovládací konzole, operační konzole a videověže. Na obrázku č. 1 vidíme celý tento robotický systém.



Obrázek 1: Robotický systém Da Vinci[6]

2.2.1 Ovládací konzole

Jedná se o místo ze kterého chirurg ovládá veškeré pohyby robota Da Vinci pomocí „joysticků“ znázorněných na obrázku č. 2. Joysticky kopírují pohyby chirurga zápěstí a jsou přenášeny přes rameno do operační části přístroje. Průběh operace se zobrazuje pomocí 3D videa tak, aby podával reálné prostorové zobrazení a operátor byl schopen intuitivně ovládat nástroje uvnitř těla. Při náhodném svalovém záškubu lékaře nad stanovenou tolerancí, systém se automaticky zastaví. Operátor musí požadovaný pohyb provést znovu a pomaleji. Obdobně se robot chová i při přerušení očního kontaktu s konzolí. Ramena robota se vypnou a zůstávají v poslední poloze.



Obrázek 2: Ovládací konzole[6]

2.2.2 Operační konzole

Tato část operátorského robota přichází do přímého styku s pacientem, tudíž musí být sterilní. Na obrázku č. 3 vidíme, že operační konzole je tvořena lehátkem, tělem robota a robotickými rameny (zobrazovacím a pracovními rameny).

Na zobrazovacím rameni jsou umístěné kamery, které vytvářejí stereoskopický pohled na operační prostor.

Ramena provádějící operace nesou mikrochirurgické operační nástroje a jsou propojena s ovládací konzolí pomocí digitálního spojení. Díky endoskopickému zápěstí mají nástroje vysokou pohyblivost, která je srovnatelná s lidskou rukou (např. stříhání, řezání, stavění, šití). Pohyb těchto nástrojů je zajištěn krokovými motory a lankovým převodem.



Obrázek 3: Operační konzole[6]

2.2.3 Videověž

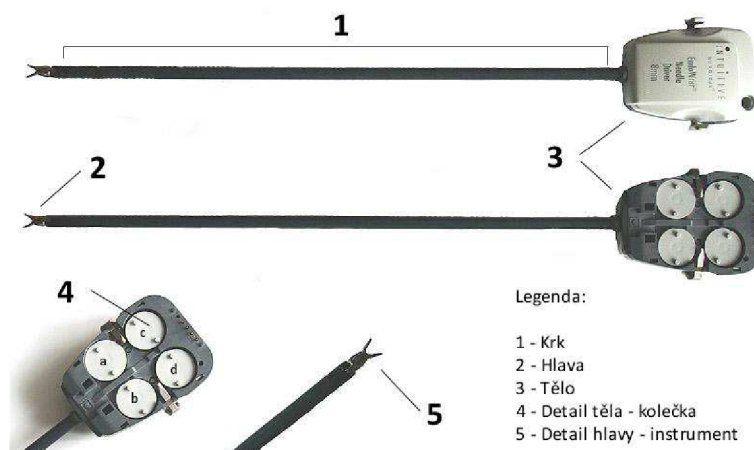
Další důležitou součástí robota Da Vinci je tzv. videověž zobrazená na obrázku č. 4, která zpracovává záznamy stereoskopických kamer umístěných na operační konzoli. Součástí této věže je i monitor, který zobrazuje operační pole pro ostatní personál u operace. Ve videověži se rovněž nachází další potřebné přístroje pro laparoskopickou operaci, jako jsou například světlo, zavádění plynu do tělní dutiny z důvodů diagnostických nebo terapeutických. [5]



Obrázek 4: Videověž[7]

2.2.4 Seznámení s nástrojem robotické ruky operačního robota Da Vinci

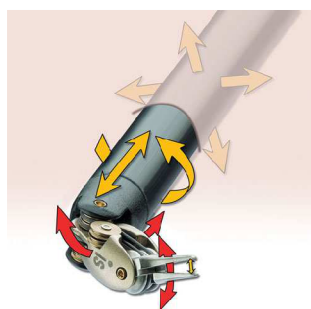
Nástroj robotické ruky je umístěn na konci pracovního robotického ramene. Z robota Da Vinci dělá technologie EndoWrist pozoruhodný přístroj, který umožní 7 stupňů pohybu jako lidské zápěstí. Tím se operativní zákrok trochu zjednoduší. Tyto nástroje jsou složeny z těla, krku a hlavy, jak vidíme na obrázku č. 5.



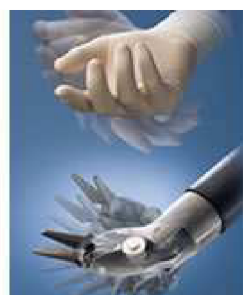
Obrázek 5: Popis nástroje ruky[18]

Tělo nástroje můžeme popsat v podstatě jako nepravidelný kvádr o rozměrech 12x6x3 cm. V této části jsou vloženy převody a mechanismy, pomocí nichž vykonáváme pohyby nástroje. Ze spodní části jsou 4 kolečka, která jsou poháněna servomotory a pohybují nástrojem. Každé z těchto kol ovládá jeden pohyb nástroje v obou směrech. Krk slouží v podstatě jako propojovací část mezi tělem a nástrojem samým. Díky jeho malému průměru a malým rozměrům nástroje je robot schopen operovat pacienta s velmi malým otvorem do těla pacienta. Firma EndoWrist nabízí spoustu typů nástrojů nejrůznějších provedení.

Pro lepší názornost jsou možnosti pohybu nástrojů znázorněny na obrázcích č. 6 a 7.



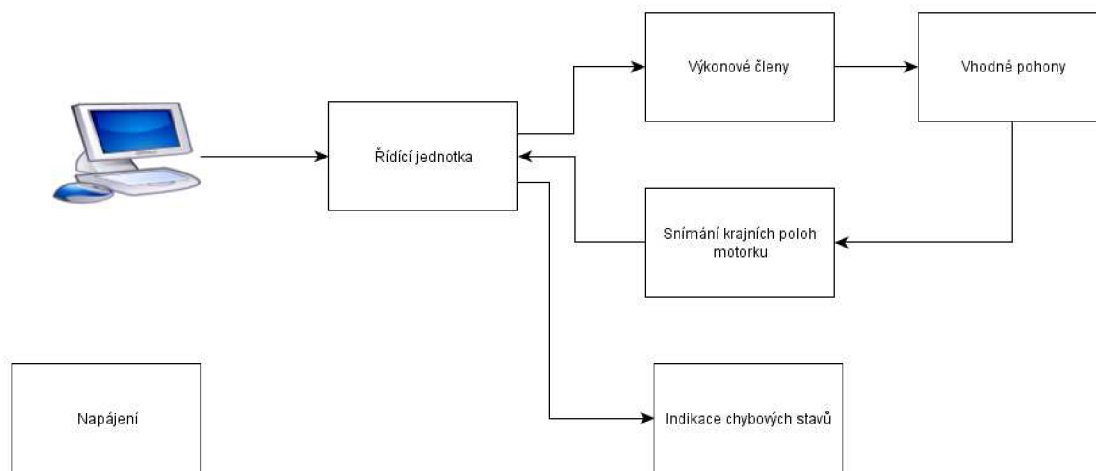
Obrázek 6: Možnosti pohybu nástroje [8]



Obrázek 7: Znázornění pohybu ruky [9]

3 BLOKOVÉ SCHÉMA OBVODU

Všechny použité části obvodu, které najdete popsány v kapitole 4, jsou navzájem propojeny v takovém uspořádání, jak znázorňuje obrázek č. 8. Hlavním blokem je tedy „Řídící jednotka“, která načítá přes sériovou linku potřebné informace z osobního počítače, dekóduje je a na základě této získané informace a informace získané z bloku „Snímání krajních poloh motorku“ vyšle signál „Výkonovým členům“, které vykonají příslušné pohyby motorků. „Výkonové členy“ dostanou povel, obsahující směr pohybu a velikost kroku z „Řídící jednotky“. Na základě tohoto povelu vykonávají jednotlivé kroky motorků v intervalech udávaných „Řídící jednotkou“. Obvod „Snímání krajních poloh“ hlídá, zdali není překročen maximální úhel natočení některého z motorku, a pokud ano tak to signalizuje změnou logické úrovně příslušného vstupu „Řídící jednotce“. Blok „Napájení“ je propojen se všemi bloky využívajícími napětí 5V, což jsou všechny bloky kromě bloku „Vhodné pohony“. V celé práci budou použity čtyři pohony a tudíž by se bloky „Výkonové členy“, „Vhodné pohony“ a „Snímání krajních poloh motorku“ by se opakovaly, což pro jednoduchost není uváděno.



Obrázek 8: Blokové schéma celého obvodu

4 MOŽNOSTI ŘÍZENÍ SERVOMOTORŮ, ZJIŠTĚNÍ A OŠETŘENÍ KRAJÍCH POLOH NÁSTROJE A MOTORKŮ, OBVODOVÉ ŘEŠENÍ

Tato práce je zaměřena na ovládání jednotlivých prvků hlavy samotného nástroje. Jednotlivé prvky hlavy jsou poháněny kolečky umístěnými ve spodní části těla nástroje. Abych mohl těmito prvky pohybovat, musím zvolit vhodný pohon a ošetřit krajní polohy jednotlivých prvků. Pokud bych tak neučinil a neošetřil krajní polohy, mohlo by dojít ke zničení nástroje.

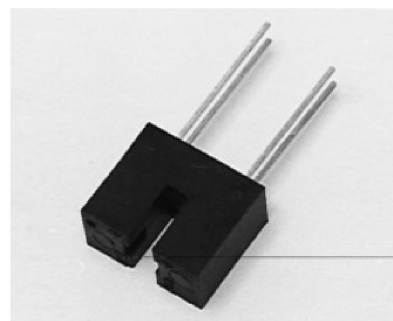
4.1 Ošetření krajních poloh nástroje

Chirurgické nástroje jsou univerzální, tudíž je možné připojit na stejné rameno robota více typů nástrojů. Z tohoto důvodu předpokládáme, že mají stejný rozsah pohybů. Proto bychom na ošetření krajních poloh mohli využít například optické závory. Na hřídel pohánějícího motorku by bylo připevněno z části zbarvené průhledné kolečko. Průhledný by byl pouze takový úhel, který by odpovídal rozsahu pohybu nástroje.

Pokud by se mezi vysílací diodou a fototranzistorem nacházela průhledná část kolečka, byla by signalizována mikroprocesoru logická 1 a motorek by se mohl pohybovat v obou směrech. V opačném případě by byla na vstupu mikroprocesoru



Obrázek 10: Kolečko určující rozsah pohybu nástroje

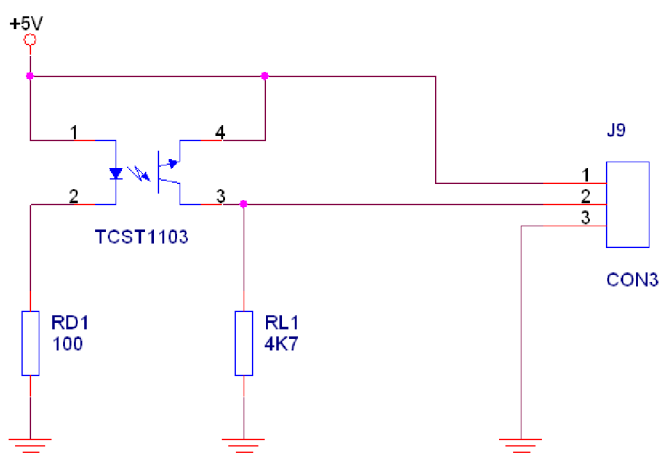


Obrázek 9: Optozávora [10]

logická 0 a mikroprocesor by omezil možnost pohybu motorku ve směru, ve kterém by signalizovala optozávora, určena pro tento směr, maximální úhel natočení tedy logickou 0. Každému motorku jsou přiděleny dvě optické závory, z nichž každá signalizuje maximální úhel natočení v jednom směru. Obrázek kolečka určujícího rozsahu pohybu nástroje je zobrazen na obrázku č. 10.

4.1.1 Řešení obvodu pro snímání krajních poloh

Hlavní částí obvodu je optozávora TCST1103 od firmy VISHAY. Schéma obvodu je zobrazené na obrázku č. 11. Celý obvod je napájen ze zdroje +5V, tedy stejného, z něhož je napájen mikroprocesor. Každá optozávora je umístěna na své desce plošného spoje a s mikroprocesorem je propojena pomocí tří pinového konektoru. V obvodu jsou dva rezistory RD1 a RL1. Rezistor RD1 má funkci omezení proudu procházejícího vyzařovací diodou optozávory na hodnotu proudu doporučenou výrobcem. Pokud by byl proud větší než udává výrobce, mohlo by dojít ke zničení této diody. Rezistor RL1 slouží k omezení proudu procházejícího fototranzistorem. Vstup mikroprocesoru je zapojen v obvodu mezi fototranzistor a rezistor RL1.



Obrázek 11: Schéma zapojení optické závory

4.2 Výběr a popis vhodných servopohonů

Na trhu je v dnešní době velká spousta pohonů všech možných typů a provedení od nejrůznějších výrobců. Mým úkolem je z této spousty pohonů vybrat ty nejvhodnější.

Nejprve je si třeba ujasnit, jaké požadavky budou kladeny na pohon. Pohon musí být schopen otáčet se v obou směrech co možná nejpřesněji, musí být schopen zastavit a držet svoji polohu. Pokud zvážím tyto požadavky, můžu vyřadit z výběru stejnosměrné, asynchronní, synchronní motory, protože přesné řízení těchto motorů by bylo příliš složité. Mohl bych použít pro pohon servomotory používané například pro nejrůznější RC modely letadel, lodí, aut. Další kandidát by mohl být malý krokový motorek.

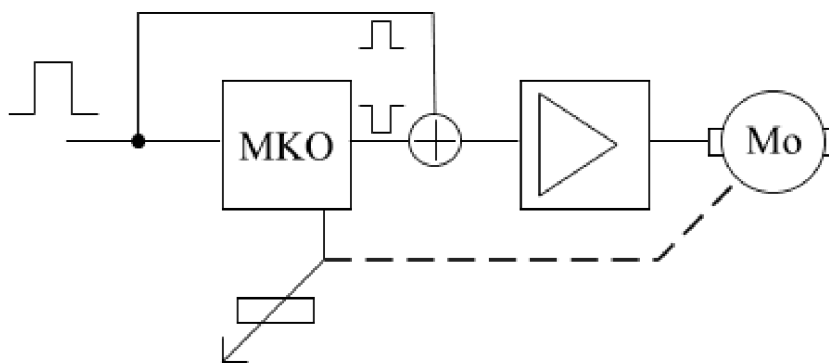
4.2.1 Servomotor

Je to v podstatě zařízení převádějící digitální signál z vysílače v našem případě mikroprocesoru na mechanický pohyb. Modelářská serva se nejčastěji používají v modelářství a robotice. Servomotor je elektricky k zařízení připojen pomocí třívodičového vedení. Dva vodiče slouží jako napájení a zbývající třetí vodič je použit pro řídicí signál. Řídicí signál představuje obdélníkové pulsy různých šířek o frekvenci 50 Hz. Šířka pulsu je závislá na použitém servu, ale standardně se pohybuje v mezích od 0,9 ms do 2,1 ms. V závislosti na délce pulsu se otáčí hřídel jedním či druhým směrem. Pro střední polohu je použita délka pulsu 1,5 ms.



Obrázek 12: Servomotor [11]

Řídicí signál je přiváděn do vstupu serva, ten budí monostabilní klopný obvod, který generuje impuls o délce odpovídající momentálnímu natočení servomotoru a je opačné polarity než řídicí impuls. Po porovnání těchto dvou impulsů vznikne rozdílový impuls, který po zesílení přes můstkový spínač způsobí roztočení motoru jedním či druhým směrem. Při otáčení elektromotoru se zapojuje zpětná vazba do monostabilního klopného obvodu realizovaná pomocí potenciometru, jehož otáčením se vyrovnávají délky vstupního impulsu a impulsu generovaného monostabilním klopným obvodem. Jakmile jsou délky impulsů stejné, elektromotor se zastaví, protože servo dosáhlo požadované polohy. Blokové schéma zapojení řídicí elektroniky servomotoru je znázorněno na obrázku č. 13.



Obrázek 13: Zapojení řídicí elektroniky servomotoru[12]

4.2.1.1 Převody

Převodovým poměrem se určuje poměr mezi rychlostí a silou servomotoru. Běžné je, že se servomotory vyrábějí ve dvojicích, které mají stejný motor a elektroniku, ale liší se převody. Převody jsou nejčastěji plastové, pro větší zatížení a větší spolehlivost pak kovové.

4.2.1.2 Potenciometr

Snímá polohu výstupního hřídele a uzavírá tak zpětnou vazbu zajišťující správnou činnost serva. U menších a levnějších servomotorů je potenciometr připojen přímo na výstupní hřídel, u servomotorů vyšších kategorií je připojen přes zvláštní převod (tzv. nepřímý náhon), který velmi účinně chrání před přenosem vibrací. Poškození odporové dráhy potenciometru se může projevit jako zaškubávání servomotoru v určité poloze nebo chvění v neutrální poloze.

4.2.1.3 Parametry

Potřebné parametry pro výběr vhodného servomotoru:

- **Síla tahu:** udává se obvykle v kg/cm (např. tah běžných servomotoru standardní velikosti bývá 3-3,3 kg/cm)
- **Rychlost:** udává se jako doba, za níž páka serva opíše určitý úhel - např. 0,18 s/60°.
- **Převody:** plastové nebo kovové
- **Kuličková ložiska** a jejich počet
- **Rozměry a hmotnost**

Dle způsobu zpracování signálu se servomotory rozlišují na klasická **analogová** a **digitální**. Digitální zpracování řídicích impulsů je až pětikrát rychlejší, než analogové - odezva servomotoru je proto rychlejší. Digitální servomotory pracují s mnohem vyšším počtem kroků a mohou tak pracovat přesněji, na hranici mechanických možností servomotoru a jeho převodů. Analogová serva jsou schopna vyvinout plnou sílu až při určité velikosti výchylky, zatímco digitální servomotory vykazují i pro nejmenší možný

krok plný tah. To také znamená, že digitální servomotory mají až třikrát vyšší schopnost udržovat určitou polohu ovládací páky.[13]

4.2.1.4 Servo FUTABA S3050

Pro tyto účely by bylo vhodné například servo Futaba S3050, který vidíme na obrázku č. 14.

Parametry servomotoru:

- Typ servomotoru digitální
- Rozměry 40,4 x 19,8 x 36 mm
- Hmotnost 48 g
- Moment 6,5 kg.cm
- Rychlost výhyšky 0,2 sec/60° při 4,8V, 0,16 sec/60° při 6V
- Převody kovové
- Napájecí napětí 4,8V a 6V [14]



Obrázek 14: Servo Futaba S3050[19]

4.2.2 Krokový motorek

Krokový motor je v podstatě bezkomutátorový stejnosměrný synchronní motor, který dokáže rozdělit celou otáčku na množství malých kroků. Pozice hřídele může být kontrolována bez jakéhokoli mechanismu zpětné vazby.

Krokový motor je složen ze statoru a rotoru obdobně jak je to i u jiných typů motorů. Stator je tvořen sadou cívek viz obrázek č. 15. Pólové nástavce statoru jsou vroubkovány se stejnou roztečí, jako je rozteč magnetu na rotoru, díky tomu je zvýšena přesnost motoru při zachování stejného počtu cívek. Na obrázku č. 16 vidíme rotor, který je tvořen hřídelí usazenou na kuličkových ložiskách, na níž je prstenec složený z permanentních magnetů.

Běžné stejnosměrné motory se roztočí po přivedení napětí na svorky motoru, kdežto krokové motory pracují na odlišném principu. Tyto motory mají ozubené elektromagnety uspořádané kolem středového profilovaného ozubeného kola. Elektromagnety těchto motorů jsou buzeny zpravidla polovodičovými výkonovými prvky, které jsou řízeny mikroprocesorem. Pokud prochází proud cívkou statoru, vytvoří magnetické pole, které přitáhne opačný pól magnetu rotoru a tím dochází k otáčení.

4.2.2.1 Princip krokového motorku

Princip krokového motoru spočívá v tom, že proud procházející cívkou statoru vytvoří magnetické pole, které přitahuje opačné póly rotoru. Vhodným zapojením cívek a vhodným řízením proudu těmito cívkami je dosaženo takového magnetického pole statoru, které otáčí rotorem přesně tak, jak potřebujeme. Podle toho jaký potřebujeme krouticí moment, jakou potřebujeme přesnost nastavení polohy a jakou máme povolenu hodnotu proudu odebíranou motorem, volíme některou z variant řízení krokových motorů. Tento motor má i své slabiny, například kvůli přechodovým magnetickým jevům je omezena rychlost otáčení motoru. Toto je závislé na typu motoru a jeho zatížení. Pokud bychom překročili tuto maximální rychlost nebo bychom motor příliš přetížili, může motor ztrácet kroky.



Obrázek 15: Stator krokového motorku [15]

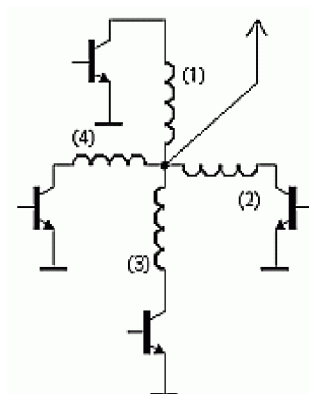


Obrázek 16: Rotor krokového motorku [15]

4.2.2.2 Způsoby řízení krokových motorků

Unipolární jednofázové řízení s plným krokem

Tento způsob je nejjednodušším způsobem řízení krokových motorů. Nečastěji se využívá pro čtyřfázový reakční krokový motor, nebo případně pro dvoufázový hybridní krokový motor v zapojení pro unipolární řízení. Při unipolárním řízení prochází v jednom okamžiku proud právě jednou cívkou. Motor s tímto buzením má nejmenší odběr, ale také poskytuje nejmenší krouticí moment. Výhodou tohoto řešení je jednoduché zapojení řídicí elektroniky. Krokování se tedy provádí postupným spínáním jednotlivých cívek. Opačného směru otáčení docílíme spínáním cívek v opačném pořadí.



Obrázek 17: Schéma unipolárního řízení [15]

Unipolární dvoufázové řízení s plným krokem

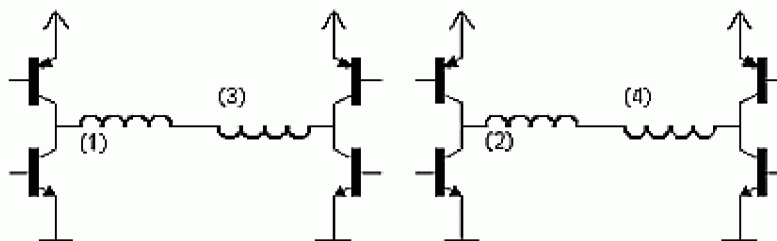
Tento způsob řízení je v podstatě obdoba unipolárního jednofázového řízení s tím rozdílem, že při dvoufázovém řízení jsou spínány dvě sousední cívky, které generují shodně orientované magnetické pole. Díky tomuto řízení má motor větší krouticí moment, ale dvojnásobnou spotřebu oproti řízení jednofázovému.

Unipolární řízení s polovičním krokem

Tento způsob řízení využívá kombinací unipolárního jednofázového i dvoufázového řízení. V podstatě se jedná o střídání těchto dvou způsobů řízení, díky nimž je dosaženo větší přesnosti natočení hřídele krokového motoru.

Bipolární jednofázové řízení s plným krokem

Při bipolárním jednofázovém řízení jsou sériově spojeny protilehlé, opačně magneticky orientované cívky statorového vinutí, kterými prochází stejný proud. Krokování je zde dosaženo přepínáním cívek a změnou směru proudu těmito cívkami. Buzeny jsou pouze jednotlivé sériově zapojené cívky. Motor v tomto režimu poskytuje větší krouticí moment, ale má vyšší spotřebu a pro řízení je zapotřebí složitějšího zapojení buzení cívek. To ve výsledku znamená jednak složitost zapojení a větší počet kontrolních linek (jejich počet lze zredukovat pomocí přídavné logiky).



Obrázek 18: Schéma zapojení pro bipolární řízení [15]

Bipolární dvoufázové řízení s plným krokem

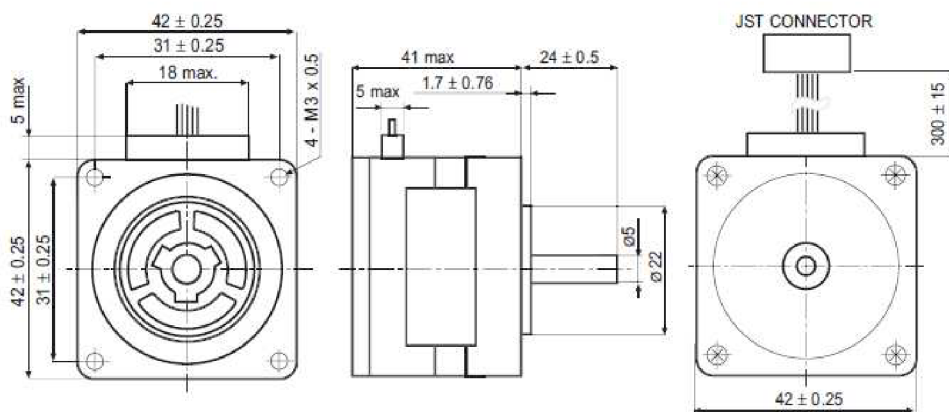
U bipolárního dvoufázového řízení využíváme stejného spojení cívek jako u bipolárního jednofázového řízení. U tohoto řízení prochází proud všemi cívkami v každém kroku. Krokování je prováděno otáčením směru proudu sériově spojených cívek. Při tomto řízení má motor největší krouticí moment ale i nejvyšší spotřebu.

Bipolární řízení s polovičním krokem

Tento způsob stejně jako unipolární řízení s polovičním krokem využívá vzájemného střídání bipolárního jednofázového a dvoufázového řízení. [15]

4.2.3 Výběr vhodného pohonu

Pro účely ovládání nástroje jsem zvolil krokový motorek z důvodu větší přesnosti, protože by mohlo problematické vytvoření přesné časové délky impulsu potřebného pro řízení servomotoru. Vybral jsem krokový motorek 103-H548-04500 nabízený firmou Enika, který je pro potřeby řešení této práce dostačující.



Obrázek 19: Parametry krokového motoru [16]

Parametry tohoto motorku jsou:

Základní úhel kroku	1,8°
Bipolární paralelní proud	0,9A
Unipolární proud	1,2A
Odpor	3 Ω
Indukčnost	4,3 mH
Bipolární statický vazební moment	37 Ncm
Unipolární statický vazební moment	27 Ncm
Moment Setrvačnosti rotoru	53 kgm ² x 10 ⁻⁷
Hmotnost	0,28 kg [16]

4.3 Schematické řešení výkonové části vybraného pohonu

Hlavní částí tohoto elektrického schématu je obvod A4983 od firmy Allegro, který je určen přímo k řízení malých krokových motorků, jejichž proudový odběr není větší než $\pm 2A$. Předností tohoto obvodu jsou jeho velikost a schopnost řízení motorku v plném, polovičním, čtvrtěčném, osminovém a šestnáctinovém kroku.

Velikost kroku je volena logickými proměnnými MS1 – MS3 na vstupu tohoto obvodu. Zapojení tohoto obvodu vychází z datasheetu, který je volně stažitelný na stránkách prodejce.

Vstupem DIR je řízen směr otáčení motorku, pokud by byla na tomto vstupu logická 0, motorek se bude otáčet ve směru hodinových ručiček a v případě, že by byla logická 1 tak v protisměru hodinových ručiček.

Do vstupu STEP je poslán obdélníkový signál se střídou 50%, frekvencí tohoto signálu jsou určovány otáčky motorku. Tedy za dobu jedné periody tohoto signálu se motorek otočí o jeden krok či subkrok.

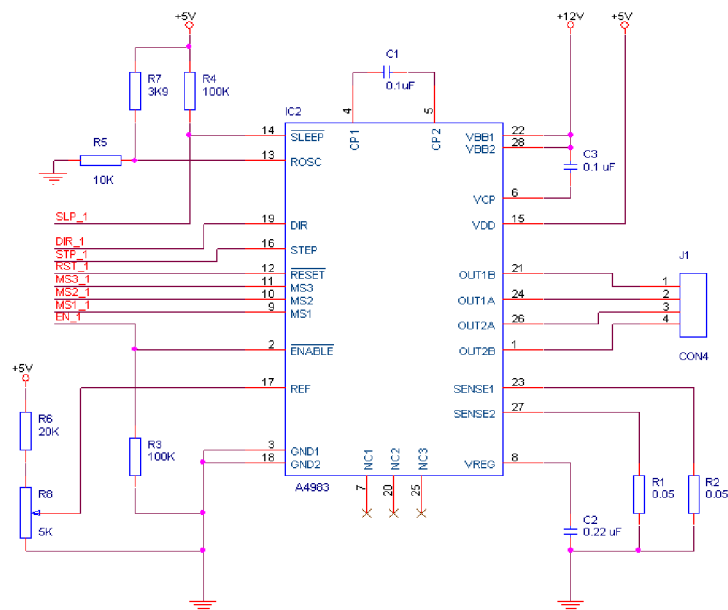
Vstupem REF je nastavována maximální hodnota proudu motorku. Vstupem ENABLE jsou řízeny výstupní FET tranzistory tohoto obvodu, pokud je na tomto vstupu logická 1 všechny tranzistory jsou rozepnuty a pokud logická 0 je obvod řízen vstupy MS1 – MS3, DIR, STEP.

Vstup SLEEP slouží k minimalizaci odběru energie obvodu. Nastavením logické 0 na tomto vstupu budou odpojeny výstupní FET tranzistory a nábojová pumpa sloužící pro spínání těchto tranzistorů bude rovněž odpojena. V opačném případě nastavením logické 1 na tomto vstupu je obvod v normálním režimu.

Vstupem ROSC je určována doba sestupné hrany klopného obvodu, který reguluje velikost proudu protékajícího motorkem.

Výstupy OUT1A, OUT1B, OUT2A, OUT2B jsou zapojeny přímo na cívky krokového motorku. Rezistory R1 a R2 prochází tentýž proud procházející i motorkem. Na těchto rezistorech je snímán úbytek napětí, informace získaná z úbytku napětí slouží obvodu pro regulaci proudu cívkami motorku. Kondenzátor C1 je využíván obvodem nábojové pumpy.

Na obrázku č. 20 je uveden obvod sloužící pro řízení pouze jednoho ze čtyř krokových motorků. Na řízení ostatních motorku je využito stejné schéma, z tohoto důvodu není uváděno víckrát.



Obrázek 20: Elektrické schéma výkonového členu

4.4 Výběr a popis vhodného mikroprocesoru

Pro řízení krokových motorků jsem vybral mikroprocesor od firmy ATMEL. Existuje několik výrobních řad těchto obvodů. Patrně nejznámější a z hlediska hardwarového vybavení je nejlepší řada ATmega, tyto obvody mají více integrovaných rozhraní, větší vnitřní paměť a programovací rozhraní JTAG. Další používanou řadou těchto obvodů je řada ATtiny a AT90, tyto obvody jsou z hlediska integrovaného hardwarového vybavení jednodušší a používají se v jednodušších elektronických aplikacích. Zvolil jsem mikroprocesor Atmega128, tento mikroprocesor je pro účel této práce dostačující. Je to 8 bitový mikroprocesor s redukovanou instrukční sadou. Prostředí pro naprogramování tohoto procesoru je volně stažitelné na stránkách firmy ATMEL.

4.4.1 Parametry vybraného mikroprocesoru

- 8BIT 128K FLASH MCU, SMD, TQFP64
- Controller Family/Series:AVR MEGA
- Vstupů, výstupů I/O: 53
- Velikost paměti programu: 128 KB
- Velikost Paměti EEPROM: 4K bajtů
- Velikost Paměti SRAM: 4K KB
- Frekvence CPU: 16 MHz

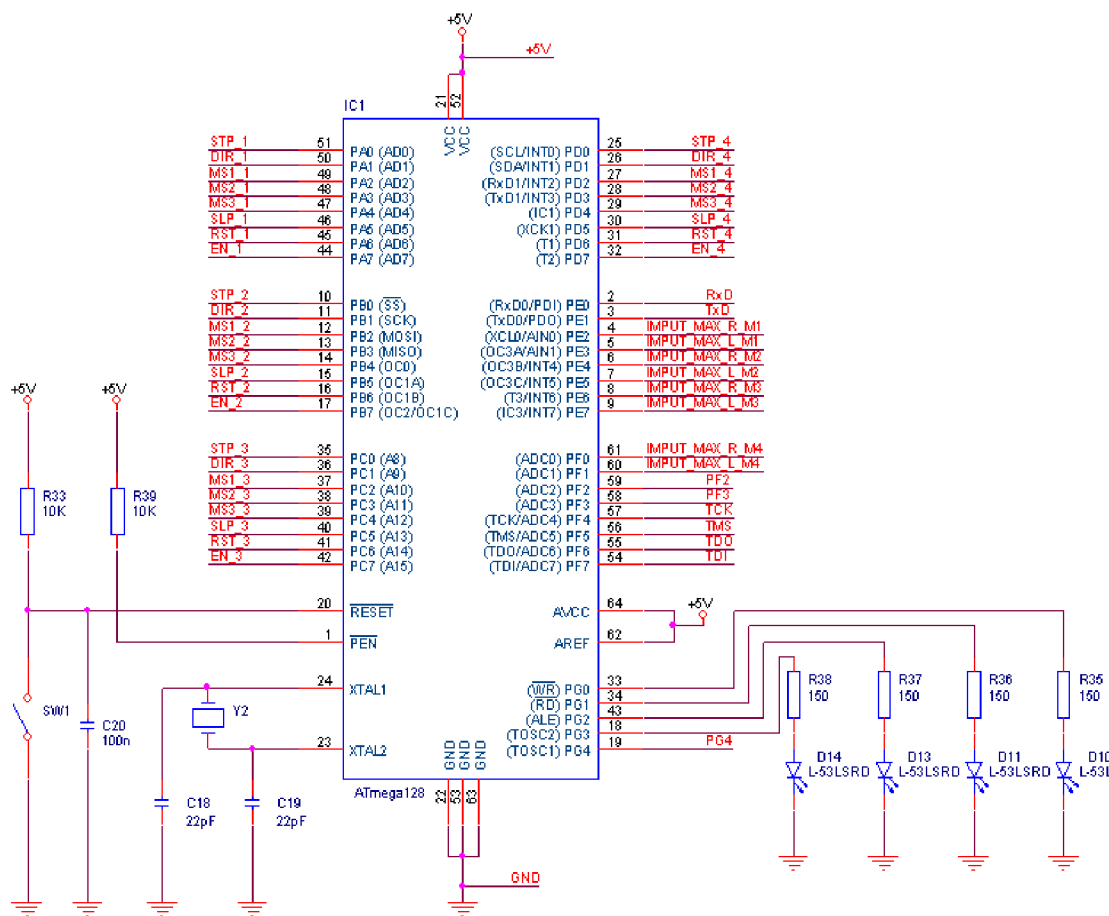
- Oscillator Typu: externí, interní
- Počet časovačů: 4
- Osm kanálů s desetibitovým A/D převodníkem
- Rozhraní: JTAG , SPI, USART
- Šest PWM kanálů
- Digital IC Case Style:TQFP
- Napájecí napětí: 4.5V až 5.5V
- Provozní teplota: -40°C to +85°C [17]



Obrázek 21: Mikroprocesor ATmega 128 [17]

4.5 Schematické řešení a popis zapojení řídicí jednotky

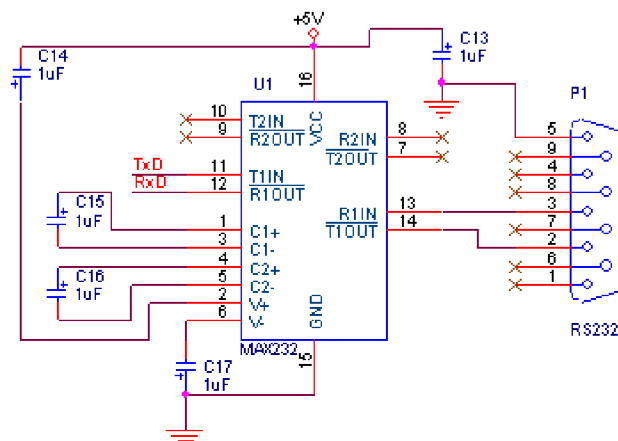
Hlavní částí tohoto obvodu je mikroprocesor ATmega128, jehož zapojení je možno vidět na obrázku č. 22. Mikroprocesor je napájen napětím +5V. Rezistor R33, kondenzátor C20 tvoří jednoduchý resetovací obvod a tlačítko SW1 umožňuje manuální reset mikroprocesoru. K pinům XTAL1 a XTAL2 je připojen krystalový oscilátor o frekvenci 10 MHz. Na piny PG0 – PG3 jsou připojeny červené led-diody sloužící pro signalizaci chybových stavů. Piny PA0 – PA7, PB0 – PB7, PC0 – PC7, PD0 – PD7 slouží jako výstupy z mikroprocesoru a jsou zapojeny na vstupní piny regulátorů motorků. Funkce těchto vstupních pinů jsou podrobněji popsány v podkapitole 4.3. Každý port PA, PB, PC, PD samostatně slouží k ovládní jednoho regulátoru. Piny PE2 – PE7, PF0 – PF1 jsou používány jako vstupní a jsou připojeny na výstupy optozávor, z těchto pinů zjišťujeme, zda nebyl překročen maximální úhel natočení motorku. Piny PE0 a PE1 jsou využity k sériové komunikaci s počítačem. Piny PF4 – PF7 jsou vyvedeny na výstupní konektor J5 a jsou určeny pro ladění a programování mikroprocesoru pomocí rozhraní JTAG. Piny PF2, PF3 a PG4 jsou zbylé piny, které mohou být využity k rozšíření obvodu a jsou připojeny na konektor J7 společně s ochrannými diodami.



Obrázek 22: Schéma zapojení mikroprocesoru

Pro sériovou komunikaci s počítačem je využito rozhraní RS232. Toto rozhraní se nejčastěji používá ke komunikaci osobních počítačů mezi sebou nebo ke komunikaci počítačů a další elektroniky. Přenášená data jsou vysílána postupně za sebou po jediném vodiči. Pořadí přenosu datových bitů se provádí od nejméně významného bitu „LSB“ po bit nejvýznamnější „MSB“. Počet datových bitů v jednom vysílaném slově je volitelný. Logické bity 0, 1 přenášených dat jsou reprezentovány pomocí dvou možných úrovní napětí, z nichž nejčastěji bývá využito varianty, kdy logické hodnotě 1 odpovídá úroveň napětí -12V a logické hodnotě 0 úroveň napětí +12V. Základní tři vodiče využívané v tomto rozhraní jsou RxD sloužící pro příjem dat, TxD sloužící pro vysílání dat a společná zem GND.

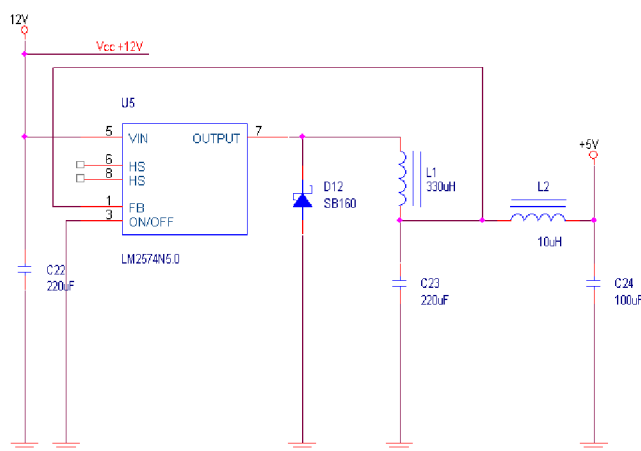
Hodnoty napětí ±12V jsou příliš vysoké na to, abych mohl spojit mikroprocesor přímo s počítačem přes sériovou linku, proto jsem použil obvod MAX232 který mi tyto hodnoty převede na úroveň TTL. Obvod MAX232 je napájen napětím 5V a využívá nábojové pumpy pro tvorbu vyššího výstupního napětí. Slouží jako převodník mezi TTL hodnotami a hodnotami napětí využívanými pro komunikaci pomocí RS232. Schéma vychází z katalogového listu tohoto obvodu a jeho zapojení je uvedeno na obrázku č. 23.



Obrázek 23: Schéma zapojení sériové komunikace s obvodem MAX232

4.6 Napájení

Jedním z prvních a nejdůležitějších částí obvodu je napájení. K celému obvodu bude připojen zdroj napětí 12V. Tímto napětím nemůžeme napájet mikroprocesor, optozávory a další součástky, protože bychom je s největší pravděpodobností zničili. Proto byl navržen obvod, který z tohoto napětí 12V vytvoří takové napětí, které tyto součástky vyžadují pro své napájení, což je 5V. Pro realizaci tohoto napájecího obvodu byl použit spínaný zdroj typu „Step – Down“, jehož účinnost je vyšší než u běžných stabilizátorů. Tento zdroj využívá v podstatě PWM modulaci pracující na kmitočtech řádově 100 – 200 kHz. Tento zdroj je tvořen regulátorem LM 2574N5.0, který pomocí kondenzátoru C23, cívky L1 a rychlé Schottkyho diody D12 vytvoří z vyššího napětí na vstupu v rozmezí cca 7 – 45V stabilní napětí na výstupu 5V. Toto napětí je dále vyhlazováno pomocí cívky L2 a kondenzátoru C24. Napětím vystupujícím z tohoto obvodu jsou napájeny všechny součástky obsažené v celém obvodu potřebující pro svoji funkci napětí 5V. Schéma zapojení tohoto zdroje je znázorněno na obrázku č. 24.



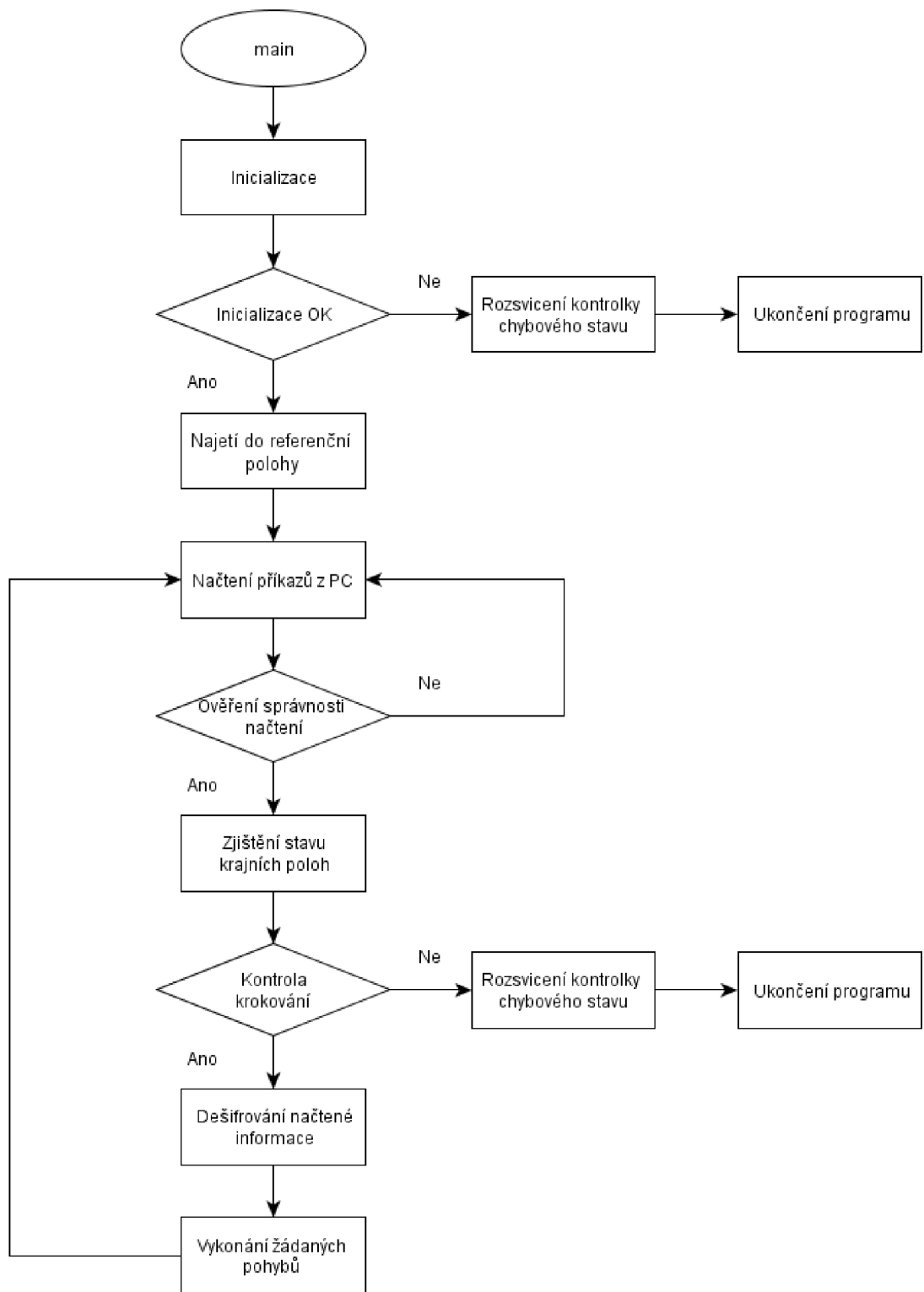
Obrázek 24: Schéma zapojení napájení

5 NÁVRH VÝVOJOVÉHO DIAGRAMU PROGRAMU MIKROPROCESORU

Celý program bude vytvářen ve vývojovém programu AVRstudio a bude napsán v programovacím jazyku C.

Po zapnutí napájení začne mikroprocesor vykonávat program. Jako první bude provedena inicializace. Při ní bude ověřena správnost funkce snímačů koncových poloh maximálního natočení motorku a vypočten počet kroků každého z motorků při vykonávání pohybu z jednoho koncového bodu na druhý. Pokud inicializace proběhne bez chyby, program pokračuje dál, v jiném případě se rozsvítí chybové hlášení a zastaví se program. Chybové hlášení může nastat, například pokud motorek vykoná příliš velké množství kroků a optozávora nezareaguje či optozávora hlásí stále natočení větší než je maximální úhel. Pokud tedy inicializace proběhne bez chyby, motorky najedou do referenční polohy, což je střední poloha jeho rozsahu pohybu. Po najetí do této referenční polohy najede celý program do hlavní smyčky, ve které bude pracovat, pokud nenastane porucha, která zastaví program.

Na začátku cyklu je pomocí zařízení USART načteno přes sériovou komunikaci číslo, ve kterém je skryta informace o pohybech motorků zaslaná z PC. Toto číslo je kontrolováno, a pokud by došlo k chybě při načítání, celý cyklus načítání by proběhl znovu. Poté co načtení proběhne bez problémů program, zkontroluje stavy vstupů, zdali není překročen maximální úhel natočení jednoho z motorků. Na základě tohoto zjištění omezí pohyby těch motorků, u kterých byl překročen maximální úhel v tom směru, ve kterém byl tento úhel překročen. Následně poté je provedena kontrola stavu kroku, jestli není překročen limit, pokud ano tak je rozsvícena porucha a program se zastaví. Pokud jsou stavy kroků v pořádku, jsou z načteného čísla pomocí USARTU vyčteny pohyby, které mají motorky vykonat, a následně jsou úkony vykonány a program se vrací na začátek hlavní smyčky. Celý tento proces je znázorněn na vývojovém diagramu na obrázku č. 25.



Obrázek 25: Vývojový diagram

6 ZÁVĚR

V současné době je chirurgie jednou z důležitých spojnic mezi roboty a lékařstvím. I Česká republika využívá robotický operační systém Da Vinci, který pomáhá při chirurgických zákrocích. V první části bakalářské práce byl popsán tento robotický systém se zaměřením na nástroj robotické ruky operačního robota Da Vinci, dále zde bylo navrženo blokové schéma obvodu, které znázorňuje propojení jednotlivých částí obvodů.

Protože je tato práce zaměřena na ovládání jednotlivých prvků hlavy samotného nástroje robotické ruky, musel být zvolen vhodný pohon a ošetřeny krajní polohy nástroje. V případě, že by nebyly ošetřeny krajní polohy, mohlo by dojít ke zničení nástroje. Při rozboru a hledání vhodného pohonu pro řízení nástroje operačního robota Da Vinci, byly vzaty dva odlišné pohony vhodné pro tuto aplikaci. V bakalářské práci jsou popsány základní principy činnosti servomotoru a krokového motorku, jejich vlastnosti a výhody či nevýhody použití. Jako vhodný pohon jsem vybral krokový motorek 103-H548-04500 nabízený firmou Enika. Dále jsem navrhl elektrické schéma výkonového členu, řídicího členu, obvodu snímání krajních poloh a vybral vhodný mikroprocesor pro řízení obvodu.

V řídicím modulu je jako základní řídicí člen použit vybraný 8 bitový mikroprocesor Atmega128 od firmy Atmel, což je pro účel této práce plně vyhovující. Pro naprogramování a odladění tohoto mikroprocesoru jsem použil rozhraní JTAG. Komunikace mezi tímto procesorem a osobním počítačem je zajištěna pomocí sériového rozhraní RS232. Jako převodník mezi TTL signály mikroprocesoru a úrovněmi napětí používanými v sériovém rozhraní byl použit převodník MAX232. Celé zapojení mikroprocesoru je v práci znázorněno schématem.

Pro napájení obvodů vyžadujících pro svoji funkci napájení 5V, byl navržen obvod typu Step Down, který dokáže udržet 5V, i když by bylo na vstupu tohoto obvodu stejnosměrné proměnlivé napětí v rozmezí 7-45V. To znamená, že pro napájení celého obvodu použijeme pouze jedno napětí 12V. Toto napětí využíváme, jak pro napájení silové části obvodu, tak i řídicí části za pomoci převodníku Step Down.

V závěru práce byl řešen vývojový diagram programu mikroprocesoru pro řízení nástroje robotické ruky pomocí vybraného krokového motorku. Celý program bude vytvářen ve vývojovém programu AVRstudio a bude napsán v programovacím jazyku C. Celý algoritmus popisující chování programu je rozdělen na několik částí. V úvodu programu jsou prováděny inicializace a ověřování funkčnosti připojených koncových snímačů, a poté jsou nastaveny referenční polohy nástrojů. Po těchto krocích dále program pokračuje ve smyčce a jsou vykonávány příkazy pro žádaný pohyb krokových motorků uživatelem. Z časových důvodů nebyl program mikroprocesoru dokončen.

Díky této práci jsem se seznámil s možnostmi, jaké nabízí použití krokových motorů, servomotorů. Poznal jsem několik typů krokových motorků a zjistil možnosti jejich řízení. Při návrhu obvodového řešení jsem zjistil spoustu informací o téhle problematice a mohu konstatovat, že vypracování této práce bylo pro mne velkým přínosem.

7 LITERATURA

- [1] ASIMOV, Isaac. *Já, robot*. 2. Vydání. Praha: Triton, 2004. 323 s. ISBN 80-7254-560-4.
- [2] HAVEL, I. M.: *Robotika. Úvod do teorie kognitivních robotů*. Praha: SNTL, 1980. 279s.
- [3] Robotika ve zdravotnictví - další pokrok chirurgie. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 3. 3. 2006, 3, [cit. 2011-01-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/robotika-ve-zdravotnictvi-dalsi-pokrok-chirurgie>>.
- [4] GHARAGOZLOO, Farid; FARZAD, Najam. *Robotic Surgery*. New York: McGraw-Hill Medical, 2009. 418 s. ISBN 978-0-07-145912-9.
- [5] <http://www.stargen-eu.cz/produkty/da-vinci/> [online]. [cit. 2011-01-20]. Stargen EU. Dostupné z WWW: <<http://www.stargen-eu.cz/produkty/da-vinci/>>.
- [6] ŠTÁDLER, Petr. Když robot šije cévu.... *21století* [online]. 21. 04. 2006, [cit. 2011-01-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.21stoleti.cz/view.php?cisloclanku=2006042109>>.
- [7] Intuitive Surgical: The da Vinci Surgical System [online]. 2010 [cit. 2011-01-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.intuitivesurgical.com/products/>>.
- [8] <http://www.bioscience.org/> [online]. [cit. 2011-05-20]. Dostupné z WWW: <http://www.google.cz/imgres?imgurl=http://www.bioscience.org/2008/v13/af/2763/fig2.jpg&imgrefurl=http://www.bioscience.org/2008/v13/af/2763/fulltext.asp%3Fbframe%3Dfigures.htm%26doi%3Dyes&usg=__7KHckZtyAl_YkwCBAFTtf5GIY6M=&h=496&w=491&sz=41&hl=cs&start=2&zoom=0&tbnid=TcAYbW5vwyL54M:&tbnh=130&tbnw=129&ei=RvDfTbLUC4KDwa6gNHEDQ&prev=/search%3Fq%3DEndoWrist%26hl%3Dcs%26sa%3DX%26biw%3D1236%26bih%3D562%26tbn%3Disch&chk=sbg&itbs=1&biw=1236&bih=562>.
- [9] *Design by Aurora IT* [online]. 2005-2011 [cit. 2011-01-20]. Roboticoncology. Dostupné z WWW: <<http://translate.google.cz/translate?hl=cs&sl=en&tl=cs&u=http%3A%2F%2Fwww.roboticoncology.com%2Fda-Vinci-RoboticProstatectomy.php>>.
- [10] *GM Electronic*, [online]. 2011 [cit. 2011-01-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.gme.cz/cz/hoa1872-012-p521-045.html>>.
- [11] *Pyroelectro* [online]. 2010 [cit. 2011-01-20]. Servo Motor Control: The Servo Motor. Dostupné z WWW: <http://www.pyroelectro.com/tutorials/servo_motor/servomotor.html>.
- [12] *Jak funguje ... modelářské servo* [online]. 2000 [cit. 2011-01-20]. Vlastik. Dostupné z WWW: <<http://vlastikd.webz.cz/bastl/serva.htm>>.
- [13] *RCM Pelikán* [online]. [cit. 2011-01-20]. Serva. Dostupné z WWW: <<http://www.rcm-pelikan.cz/index.php?sec=list&storage=71#3>>.
- [14] *Digitální servo standardní velikosti Futaba S3050 ~ Modelářina.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-01-20]. RC modely a výbava pro modeláře. Dostupné z WWW:

- <<http://www.modelarina.cz/digitalni-servo-standardni-velikosti-futaba-s3050-p-110.html>>.
- [15] ŘEZÁČ, Kamil. Krokové motory. *Robotika* [online]. 28. 10. 2002, [cit. 2011-01-20].
Dostupný z WWW: <<http://robotika.cz/articles/steppers/cs>>.
- [16] *Enika* [online]. 2006 [cit. 2011-01-20]. [Http://www.enika.cz/](http://www.enika.cz/). Dostupné z WWW:
<http://www.enika.cz/download/pdf_katalogy_uvod/Krokove_motory_2009-10_150dpi.pdf?PHPSESSID=14242e9d4050dbcf8e743e9cc181199b>.
- [17] *Futurlec* [online]. 2011[cit. 2011-05-20]. ATMEL – ATMega128 - 8 bit AVR
Microcontroller with 128k Bytes In-System Programmable Flash. Dostupné z WWW:
< <http://www.futurlec.com/Atmel/ATMEGA128.shtml> >.
- [18] VÍTOVÁ, H. *Systém řízení nástroje robotické ruky z operačního robota Da Vinci v LabVIEW*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 42 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Sekora.
- [19] [Http://www.hobbyhot.com/](http://www.hobbyhot.com/) [online].[cit. 2011-05-20]. Dostupné z WWW:
<<http://translate.google.cz/translate?hl=cs&sl=en&u=http://www.hobbyhot.com/futaba-s3050-standard-high-torque-digital-servo-pr-655.html&ei=TwTgTaelE8qc-wbduNXDDQ&sa=X&oi=translate&ct=result&resnum=4&ved=0CDAQ7gEwAzgy&prev=/search%3Fq%3Dservo%2BFUTABA%2BS3050%26start%3D50%26hl%3Dcs%26sa%3DN%26biw%3D1236%26bih%3D562%26prmd%3Ddivns>>.

Seznam příloh

- Příloha č.1 Elektrické schéma řídicí jednotky
Příloha č.2 Elektrické schéma Napájení
Příloha č.3 Elektrické schéma výkonového členu
Příloha č.4 Elektrické schéma obvodu ošetření krajních poloh