

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

NÁVRH A REALIZACE ŘÍZENÍ ROBOTU TEACHROBOT

TEACHROBOT CONTROL DESIGN AND REALIZATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE **JAKUB DOHNAL**
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE **ING. TOMÁŠ MARADA, PH.D.**
SUPERVISOR

BRNO 2013

ZADÁNÍ ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

(na místo tohoto listu všijte originál a nebo kopii zadání Vaš práce)

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá řízením modelu průmyslového manipulátoru pomocí mikrokontroléru. První část práce se věnuje teoretickému základu. Druhá část práce se zabývá popisem modelu TeachRobot. Třetí část práce popisuje návrh a realizaci řídící elektroniky. Poslední část práce tvoří popis programového vybavení mikrokontroléru.

ABSTRACT

This thesis deals with the management model of industrial manipulator using a microcontroller. The first part deals with the theoretical basis. The second part deals with the description of the model TeachRobot. The third part describes the design and implementation of the control electronics. The last part consists of a description of software microcontroller.

KLÍČOVÁ SLOVA

mikrokontrolér, mikroprocesor, robot, manipulátor, H-můstek, stejnosměrný motor, sériová linka

KEYWORDS

microcontroller, microprocesor, robot, manipulator, H-bridge, Direct current engine, serial bus

PROHLÁŠENÍ O ORIGINALITĚ

Prohlašuji, že tato bakalářská práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce. Všechny zdroje, prameny a odbornou literaturu využitou při zpracovávání práce řádně cituji s uvedením úplného odkazu.

Jakub Dohnal, Brno, 2013

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DOHNAL, J. *Návrh a realizace řízení robotu TeachRobot.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 44 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Tomáš Marada, Ph.D..

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Tomáši Maradovi Ph.D., za vedení a cenné rady, které mi byly poskytnuty v průběhu práce.

Obsah:

Zadání závěrečné práce....3
Abstrakt....5
Prohlášení o originalitě....7
1 Úvod....11
2 Průmyslové roboty....13
2.1 Konstrukce robotu....13
2.1.1 Kinematické struktury....13
2.1.2 Pohony....14
2.1.3 Odměřovací systém....15
2.1.4 Pracovní hlavice....16
2.2 Řízení....17
2.2.1 Základní principy řízení....17
2.2.2 Základní principy programování....17
3 Model Teach-Robot....19
3.1 Popis konstrukce....19
3.2 Technické specifikace....19
3.3 Prvky kontrukce robota TeachRobot....20
3.3.1 Stejnosměrný motor....20
3.3.2 Hall snímač....20
3.3.3 Koncové spínače....21
4 Realizace elektroniky....23
4.1 Blokové schéma návrhu elektroniky....23
4.2 Návrh řídící jednotky....24
4.2.1 Napájení....24
4.2.2 Mikrokontrolér ATmega169P....24
4.2.3 Převodník USB – UART....25
4.2.4 Čtečka SD karet....26
4.2.5 Obvody pro zpracování provozních a řídících veličin....27
4.3 Návrh jednotky DC budiče....28
4.3.1 Obvod L298N....28
4.3.2 Obvody pro snímání provozních a řídících veličin....29
4.4 Návrh DPS....30
4.5 Výroba a osazení DPS....30
4.5.1 Metody přenesení obrazce na DPS....30
4.5.2 Osvit a vyvolání DPS....31
4.5.3 Leptání....32
4.5.4 Úpravy a osazení....32
5 Programové vybavení....33
5.1 AVR Studio....33
5.2 Návrh řídících algoritmů....34
5.2.1 Hlavní smyčka programu....34
5.2.2 Systém řízení robotu....34
5.2.3 Systém měření provozních veličin....36
5.2.4 Bezpečnostní systém....36
5.2.5 Komunikační systém....37
5.2.6 Popis komunikačního protokolu....37
5.3 Implementace systémů v jazyce C....38
5.4 Programovací rozhraní....38
5.5 Testování a návrhy na zlepšení....39
6 Závěr....41

Seznam použité literatury.....43

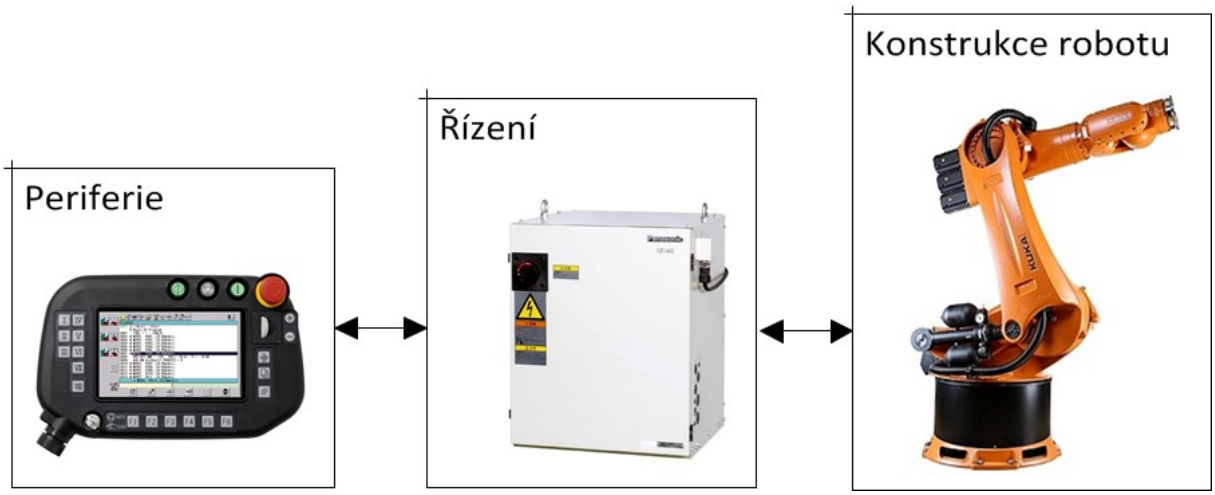
1 ÚVOD

Průmyslové roboty a manipulátory, jsou v současné době hojně využívány v mnoha odvětvích lidské činnosti. V posledních letech se robotizace stává obvyklým způsobem automatizace výroby. Lze je aplikovat do většiny výrobních procesů. Jejich nasazení vede ke zkrácení výrobních časů, snížení finančních nákladů, zvýšení kvality a celkovému zefektivnění výroby. Výrobou a nasazováním automatizovaných pracovišť se zabývá mnoho společností, které se specializují i na jejich vývoj. V dnešní době je v průmyslu více než 90% robotů a manipulátorů. Tyto prošli dlouhodobým vývojem a mnohé z nich dosahují vysoké technické úrovně i spolehlivosti. I z tohoto důvodu si tato práce neklade za cíl řešit současný stav, případně jejich vylepšení.

Samotná práce se skládá ze dvou částí – rešeršní a praktické. V rešeršní části práce jsou popsány základní celky průmyslových robotů a manipulátorů. V praktické části je popsán návrh a realizace řídícího systému pro model robotu TeachRobot, tedy popis softwarové a hardwarové části.

2 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY

Průmyslový robot je v ISO 8373 definován jako „automaticky řízený,opětovně programovatelný, víceúčelový manipulátor pro činnost ve třech nebo více osách, který může být buď upevněn na místě, nebo mobilní k užití v průmyslových automatických aplikacích“ [3]. Ostatní zařízení tohoto charakteru, včetně těch s nulovou inteligencí (např. s pevně nastavenými pracovními cykly) tedy spadají pod manipulátory. [1], [2], [3]



Obr. 1 Blokové schéma průmyslového robotu.

2.1 Konstrukce robotu

Mechanickou konstrukci průmyslového robotu tvoří pohybový systém. Ten můžeme rozdělit na dvě samostatné části. Na část tvořící hlavní pohybový systém, který zajišťuje nastavení polohy těžiště objektu v prostoru. Tento systém se nazývá polohovací systém. Dále na část, která představuje vedlejší pohybový systém, též orientační systém, který určuje natočení objektu v prostoru. Tento systém můžeme označit jako zápěstí. Na výstupu celého pohybového systému je umístěna pracovní hlavice, která uzpůsobuje robota k provádění požadovaných manipulačních či jiných technologických operací.

2.1.1 Kinematické struktury

Manipulační schopnosti manipulátoru případně robotu se odvíjejí od počtu kinematických dvojic realizovaných v rámci konstrukce a způsobem řízení jejího relativního pohybu. Počet nezávislých pohybů je vyjádřením počtu stupňů volnosti. Dále se odvíjejí konstrukčního uspořádání, které dělíme na

- roboty se sériovou kinematickou strukturou
- roboty s paralelní kinematickou strukturou

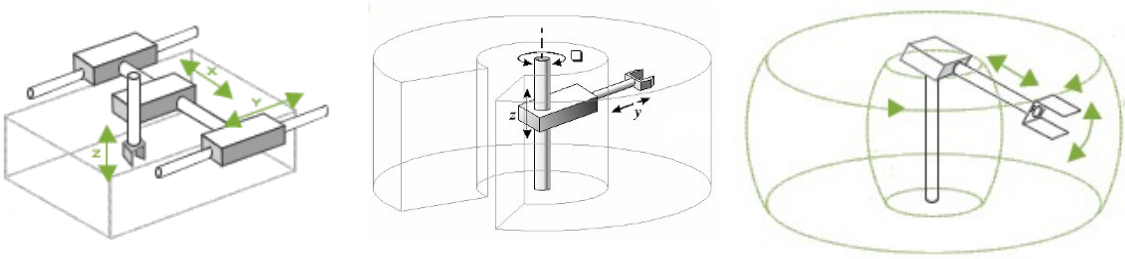
V rámci konstrukce průmyslových manipulátorů a robotů se sériovou kinematickou strukturou se rozlišují tyto základní typy kinematických struktur hlavního pohybového systému:

a) kartézská kinematická struktura (TTT) - tvořená třemi translačními kinematickými dvojicemi

b) cylindrická kinematická struktura (TRT) - tvořená dvěma translačními a jednou rotační kinematickou dvojicí

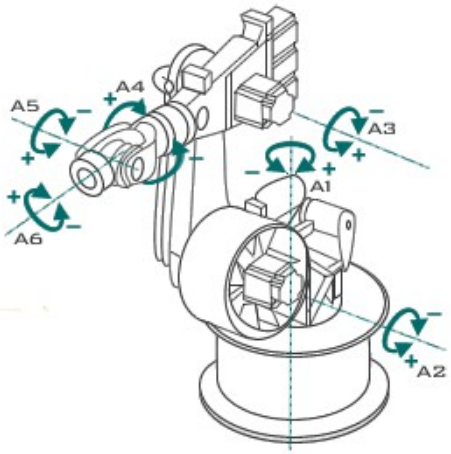
c) sférická kinematická struktura (RRT) - tvořená dvěma rotačními a jednou translační

kinematickou dvojicí



Obr. 2 a) TTT b) TRT c) RRT kinematická struktura

d) angulární kinematická struktura (RRR) - tvořená třemi rotačními kinematickými dvojicemi



Obr. 3 Angulární kinematická struktura.

2.1.2 Pohony

Funkcí pohonu u průmyslového robotu je přeměna vstupní energie na mechanický pohyb. Pohon je tvořen motorem, který zprostředkovává tuto přeměnu, blokem pro ovládání energie do motoru a spojovacím blokem, který zprostředkovává vazbu mezi výstupem motoru a pohyblivou částí pohybové jednotky. Pohyb z výstupu motoru se na výstup pohybové jednotky přenáší buď přímo nebo přes transformační blok.

V souvislosti s průmyslovými manipulátory a roboty jsou na jejich pohony kladeny především tyto požadavky:

- plynulý bezrázový rozběh a brzdění
- vysoká přesnost polohování
- dostatečná polohová tuhost
- minimální hmotnost
- minimální rozměry
- vhodné prostorové uspořádání

Z hlediska pohoného média můžeme pohody dělit na :

- elektrické
- hydraulické
- pneumatické
- kombinované



Obr. 4 Servopohon.

2.1.3 Odměřovací systém

Odměřovací zařízení slouží k odměřování natočení vykonané řídícím členem a tvoří tak regulační obvod pro polohování. Do značné míry tak ovlivňuje přesnost systému.

V zásadě lze rozdělit odměřování podle umístění snímače polohy na přímé a nepřímé. Další členění závisí na principu práce odměřovacího zařízení, charakteru informací, které odměřovací zařízení předává a konstrukčního provedení.

U přímého odměřování je zařízení spojeno přímo s konstrukcí robotu a snímá jeho skutečné natočení. Přímé odměřování se proto vyznačuje větší přesností, protože závisí jen na přesnosti snímání z měřítka a tuhosti ramen.

U nepřímého odměřování je snímač polohy umístěn na hřídeli motoru, a to buď přímo, nebo pomocí převodu. Dráha pohybové části stroje se odměřuje nepřímo a závisí na převodu výstupní hřídele. Nevýhodou tohoto způsobu odměřování je , že nepřesnosti pohonu, převodu i vlivy silových účinků se přenáší do vlastního měření. Tento způsob je však rozšířený pro svou jednoduchost a cenu.

Z hlediska informace o poloze rozdělujeme informace o poloze do tří skupin :

- absolutní odměřování - v každém okamžiku pohybu osy je známá informace o poloze. Absolutní snímač poskytuje přesné číslo. Po zapnutí stoje není nutné hledat referenční bod.
- cyklické absolutní odměrování - během otáčky hřídele je známa absolutní hodnota hřídele. Takovýto snímač nerozlišuje větší natočení než 360°. Po zapnutí systému je nutné najít refereční bod.
- inkrementální odměřování - výstupem jsou pulzy které je nutné čítat. Po zapnutí systému je také nutné najít refereční bod.

2.1.4 Pracovní hlavice

Pracovní hlavice je funkční část umístěná na konci celého pohybového systému, tj. hlavního a vedlejšího a je svým provedením přizpůsobena charakteru dané aplikace.

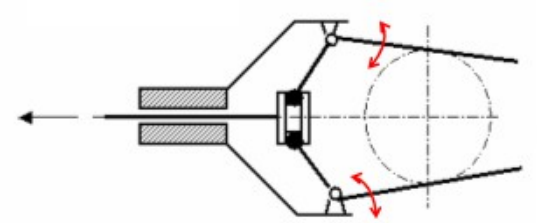
Činnost manipulátoru nebo robotu spočívá v nastavování poloh a orientace pracovní hlavice. Pracovní hlavice je tedy funkční část, která podle charakteru požadované činnosti určuje využití pohybového systému robtou.

S ohledem na činnost robotu je třeba počítat při návrhu úchopové hlavice a plánování trasy také s vnějšími silami působícími na objekt manipulace. Tyto síly můžeme rozdělit na :

- Objemové síly
  - Gravitační síla
  - Setrvačná síla
  - Odstředivá síla
- Konktatní síly

Dle způsobu uchopení objektu můžeme úchopové hlavice dělit na :

- Mechanické
- Podtlakové
- Magnetické



Obr. 5 Příklad aktivní mechanické úchopové hlavice.

2.2 Řízení

2.2.1 Základní principy řízení

Řídící systém manipulátoru nebo robotu zajišťuje transformaci požadovaného programu činnosti na odpovídající pohyb výstupu kinematické struktury a provedení příslušných doprovodných funkcí. Program činnosti je tvořen jistým souborem elementárních úkonů – operací, které mají jednoznačně definovanou vzájemnou souvislost. Tato souvislost může být určena závislostí na průběhu změn času nebo závislostí na změnách charakteristických parametrů sledovaných operací. Soubor funkcí zajišťovaných řídícím systémem manipulátoru nebo robotu lze potom rozdělit do dvou hlavních skupin :

- řízení souslednosti úkonů (PTP – bodové řízení)
- řízení průběhu jednotlivých úkonů (CP – dráhové řízení)

Činnost manipulátorů je převážně tvořena sledem pohybů, takže v případě řízení průběhu úkonů se jedná o nastavování polohy popřípadě řízení rychlosti v závislosti na poloze. U manipulátorů přichází v úvahu z větší části nastavování určité polohy popřípadě orientace pracovní hlavice, zatímco u průmyslových robotů, zejména určených pro technologické operace, je nutné často zajistit pohyb po předepsané křivce. Pro realizaci řízení je nutná možnost uložení (zapamatování) informací o požadovaném sledu funkcí pracovního cyklu a o příslušných souřadnicích polohy. Soubor těchto informací se označuje jako program.

Podle způsobu zadání programu činnosti se rozlišuje řízení:

- s pevným programem
- s pružným programem
- s adaptivním programem

2.2.2 Základní principy programování

V podstatě existují tři způsoby plánování dráhy robota – programování:

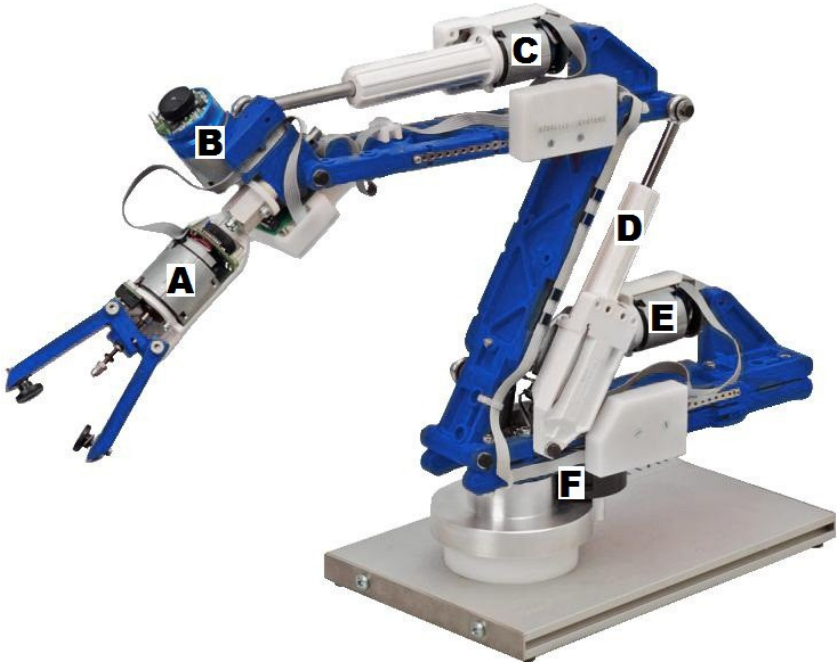
1. Přímé programování – učení . Při tzv. On-line (Teach-in) programování se program vytváří přímým ručním řízením robotu (pozn. z angl. teach – učit). Přímé učení bývá prováděno dvěma způsoby:
   (a) Obsluha vede rameno a zápěstí robota po žádané dráze a žádanou rychlostí. To může být zařízeno tak, že obsluha přímo drží pracovní nástroj v chapadle robota a vykonává s ním operace, které má pak robot opakovat.
   (b) Obsluha navádí robota do požadovaných pozic v prostoru, např. pomocí tlačítek na přenosném programovacím panelu. V požadované pozici, kterou může nastavovat velmi přesně a libovolně dlouho, obsluha stiskne tlačítko „zapamatuj si tuto pozici“. Do paměti robota se tak uloží posloupnost údajů o požadované pozici ve formě poměrně malého počtu údajů. K těmto údajům o poloze se před spuštěním robota v režimu plnění programu musí dodat ještě vhodným způsobem údaj o čase a případně o způsobu, jak mají být body v prostoru propojeny.

2. Nepřímé programování robota tzv. Off-line. Při tomto způsobu programování je programována trajektorie pohybu ve formě křivek v prostoru, např. podle výkresů. Čas je parametrem těchto křivek a vyplývá z technologického postupu, např. svařování. Offline je řešena i inverzní úloha kinematiky a údaje qž(t) jsou použity pro řízení robota. [4]

3 MODEL TEACH-ROBOT

3.1 Popis konstrukce

TeachRobot je model robotu pro vzdelávací účely. Jeho konstrukce je odvozena z konstrukce průmyslového robotu a je vybavena pěti řídítelnými osami. Každá řízená osa robotu se skládá z pohonu a referečního/koncového snímače. Pohon je tvořen stejnosměrným motorem, převodem a inkrementálním snímačem který tvoří polohovou zpětnou vazbu. Pohony v osách C, D a E jsou linearizovány levnější variantou kuličkových šroubů, za pomoci závitových tyčí v ose motoru. Pohony v osách F a B jsou zpřevodovány pro vyšší kroutící moment a nižší pracovní otáčky. Pohon pro sevření úchopové hlavice je linearizován pomocí závitové tyče a následně převeden na pohyb sevření kleštinového mechanizmu. Parametry robotu jsou popsány v následující kapitole. [31]



Obr. 6 Model TeachRobot, orientace os.

3.2 Technické specifikace

Konstrukční struktura ..... angulární
Počet os ..... 5 os
Počet pohonů ..... 6 pohonů
Typ pohonů ..... DC motor
Jmenovité napětí pohonů ..... 12 V
Jmenovitý proud pohonů ..... ≤ 0,4A
Vertikální dosah ..... ≤ 500 mm
Horizontální dosah ..... ≤ 450 mm
Rotace podstavy ..... ≤ 340°
Přesnost ..... ± 2 mm
Maximální zatížitelnost ..... 0,2 kg
Váha zařízení ..... 2,5 kg

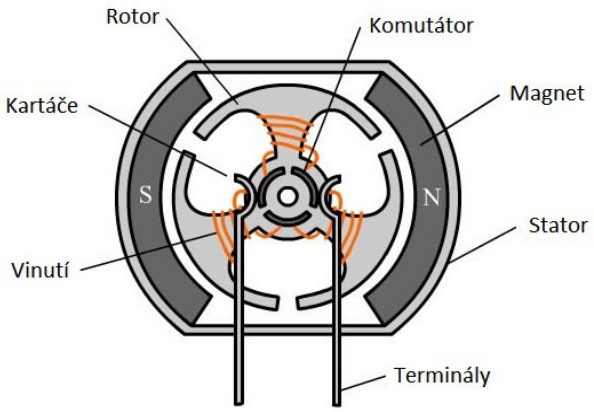
3.3 Prvky kontrukce robota TeachRobot

3.3.1 Stejnosměrný motor

Stejnosměrný motor je tvořen ze statoru (pevná nepohyblivá část motoru), na němž se nachází hlavní póly tvořené permanentními magnety ze vzácných kovů nebo vinutí vytvářejícího magnetické pole. Současně je na motoru umístěn rotor (pohyblivá část motoru), který je složen z izolovaných křemíkových plechů, v jehož drážkách je vinutí. Jednotlivé cívky vinutí kotvy jsou připojeny k vzájemně izolovaným lamelám komutátoru.

Komutace spočívá v přepínání toku proudu do jednotlivých sekcí vinutí v závislosti na poloze rotoru a statoru. Je realizována komutátorem, jenž je pevně připojen k hřídeli motoru. Komutátor je tvořen lamelami, na které doléhají dva kartáče umístněné proti sobě. Na kartáče je přivedeno napájecí napětí motoru. Lamely jsou mezi sebou vzájemně izolovány a spojeny s konci vinutí. Počet pólů motoru je určen počtem lamel, které se nachází na motoru. Průchodem proudu vinutím vzniká síla otáčící rotorem. Díky komutaci dochází k přepínání toku proudu do jednotlivých sekcí a tím je dosaženo plynulého otáčení rotoru.

Stejnosměrné motory se dělí do čtyř skupin podle buzení (na cizí, derivační, sériové a kompaudní). Motory s cizím buzením můžeme dále dělit na motory s permanentními magnety nebo s vinutým statorem. V práci jsou použity motory s permanentními magnety, které mají napájen pouze rotor. [5]

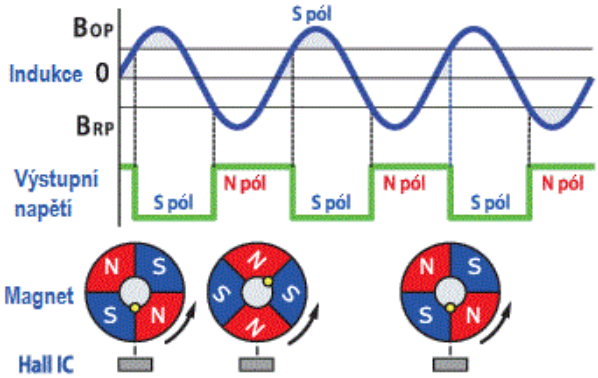


Obr. 7 Stejnosměrný motor s permanentními magnety.

3.3.2 Hall snímač

Hallův senzor nebo také Hallova sonda je součástka, která detekuje či měří magnetické pole. Pracuje na principu Hallova jevu. Těchto snímačů se v praxi používá jako senzorů polohy, otáček nebo jako bezkontatních tlačítek. Existují dva základní typy: Prvním typem jsou lineární Hallovy senzory, které mají na výstupu napětí úměrné hodnotě magnetické indukce. Druhým typem jsou logické Hallovy senzory, jejichž výstup se může nacházet jen ve dvou stavech. Překlápí se při určité prahové hodnotě a mohou mít určitou hysterezi (Bhys = Bop - Brp). Dále je můžeme dělit na unipolární, bipolární a omnipolární.

V naší práci je použito unipolárních logických hallových snímačů. Tyto snímače reagují pouze na sílu magnetického pole S pólu. V případě, že magnetické pole nemá dostatečnou intenzitu, snímač se překlopí do úrovně logické nuly. [30]



Obr. 8 Princip činnosti bipolárního Hall sensoru.

3.3.3 Koncové spínače

Nejstarší způsob snímání koncové polohy je pomocí mechanických spínačů. Mechanické spínače se používají poměrně často u posuvných zařízení. Je to nejlevnější způsob řešení zjištění polohy. Pokud provozní podmínky a prostředí nevyžaduje bezkontaktní způsob snímání, je volba koncového spínače vhodným nasazením.

Hlavní úlohou spínače je vypnutí motoru v případě dojezdu do koncové polohy. Koncová poloha je v této práci využita rovněž jako referenční.



Obr. 9 Mikrospínač.

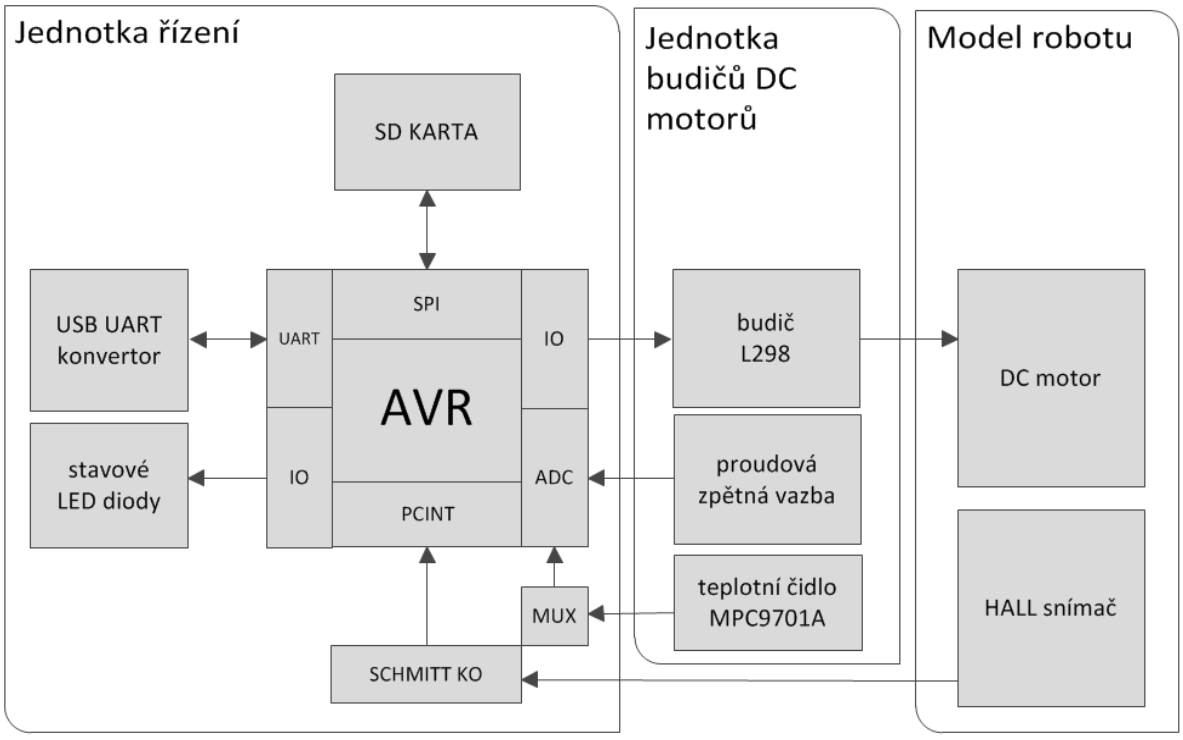
4 REALIZACE ELEKTRONIKY

Při realizaci řídící elektroniky bylo postupováno po krocích. Prvním krokem bylo seznámení se funkcemi řídících systémů a konstrukcí robotu TeachRobot. S využitím těchto poznatků byly navrženy obvody nového řízení.

V dalšík kroku byly navrženy a vytvořeny samotné DPS a následně byly osazeny součástkami. Po dokončení výroby byly desky proměřeny a odzkoušeny zda všechny obvody pracují korektně.

4.1 Blokové schéma návrhu elektroniky

Při návrhu jsme vycházeli z požadavků na moderní řídící systém. Snahou bylo nahradit a vylepšit stávající elektroniku robotu. Koncept byl rozdělen do dvou subsystémů. Na jednotku řízení a tři shodné výkonnové jednotky budičů DC motorů. Každá z těchto jednotek budičů obslouží dva stejnosměrné motory. Jednotka řízení se stará o komunikaci s nadřazeným systémem a na základě jeho požadavků zpracovává informace nezbytné k řízení a provádí požadované akční zásahy. Jednotka budičů DC motorů disponuje dostatečným výkonem k vybuzení použitých DC motorů.



Obr. 10 Blokové schéma návrhu elektroniky.

4.2 Návrh řídící jednotky

4.2.1 Napájení

O napájení prototypu se stará vyřazený ATX napájecí zdroj. Tento způsob řešení byl zvolen pro svou cenu, která je v případě vyřazeného či poškozeného zdroje téměř nulová. Tyto zdroje obsahují všechna napájecí napětí potřebná k funci prototypu. V obvodu je dále zařazen obvod čtečky SD karet, který ke své funkci vyžaduje napětí 3,3V. Toto napětí je z napájecího napětí 5V sníženo napětovým regulátorem LP2950CZ-3.3 v pouzdru DPAK.



Obr. 11 ATX zdroj Fortron 350W.

4.2.2 Mikrokontrolér ATmega169P

Jelikož bylo rozhodnuto, že k řízení robotu použijeme mikrokontrolér, stáli jsme před rozhodnutím, který vybrat. Při výběru jsme se řídili systémovými i hardwarovými požadavky. Bylo zapotřebí vybrat procesor, obsahující námi požadované periferie. Zejména pak komunikační rozhraní UART, rozhraní SPI a dostatečný počet vtupně/výstupních pinů. Tyto požadavky splňuje mnoho moderních mikrokontrolérů. Jako nejvhodnější se jevilo použití mikrokontroléru firmy Atmel s jádrem AVR. S těmito procesory jsme byli obeznámeni v předmětu „Hardware a mikroprocesorová technika“.

Srdcem celého zažízení je tedy mikrokontrolér Atmega169P, který disponuje 16kb flash programové paměti, 1kb statické paměti RAM, a 512 bajty EEPROM paměti. Tento mikrokontrolér obsluhuje všechny ostatní obvody v řídícím systému a zajišťuje komunikaci s nadřazeným zařízením. Tento se vyrábí pouze v poudru TQFP pro povrchovou montáž, což přináší úspory prostoru na desce plošných spojů. Jako zdroj hodinového signálu je použit externí krystal o frekvenci 16 Mhz.

Mikrokontrolér dále disponuje SPI (Serial Peripheral Interface) rozhraním, což je vysokorychlostní full-duplexní sběrnice, dosahující přenosové rychlosti až 8Mb/s. Propojuje mikrokontrolér s periferními zařízeními. Využívá 4 linek, MISO (Master In Slave Out), MOSI (Master Out Slave In), SCK (hodinový signál) a SS (Slave Select – výběr Slave zařízení). Pomocí tohoto rozhraní je připojen obvod čtečky SD karet a programovací rozhraní ISP (In-system programming) [8].

Pro potřeby komunikace disponuje mikrokontrolér UART rozhraním s podporou full-duplex, rozsáhlým nastavením přenosové rychlosti, detekcí ztráty znaku a chyby rámce. Obsahuje příjmací a vysílací buffer, který zajišťuje kontinuální přenos dat bez zpoždění mezi rámci.

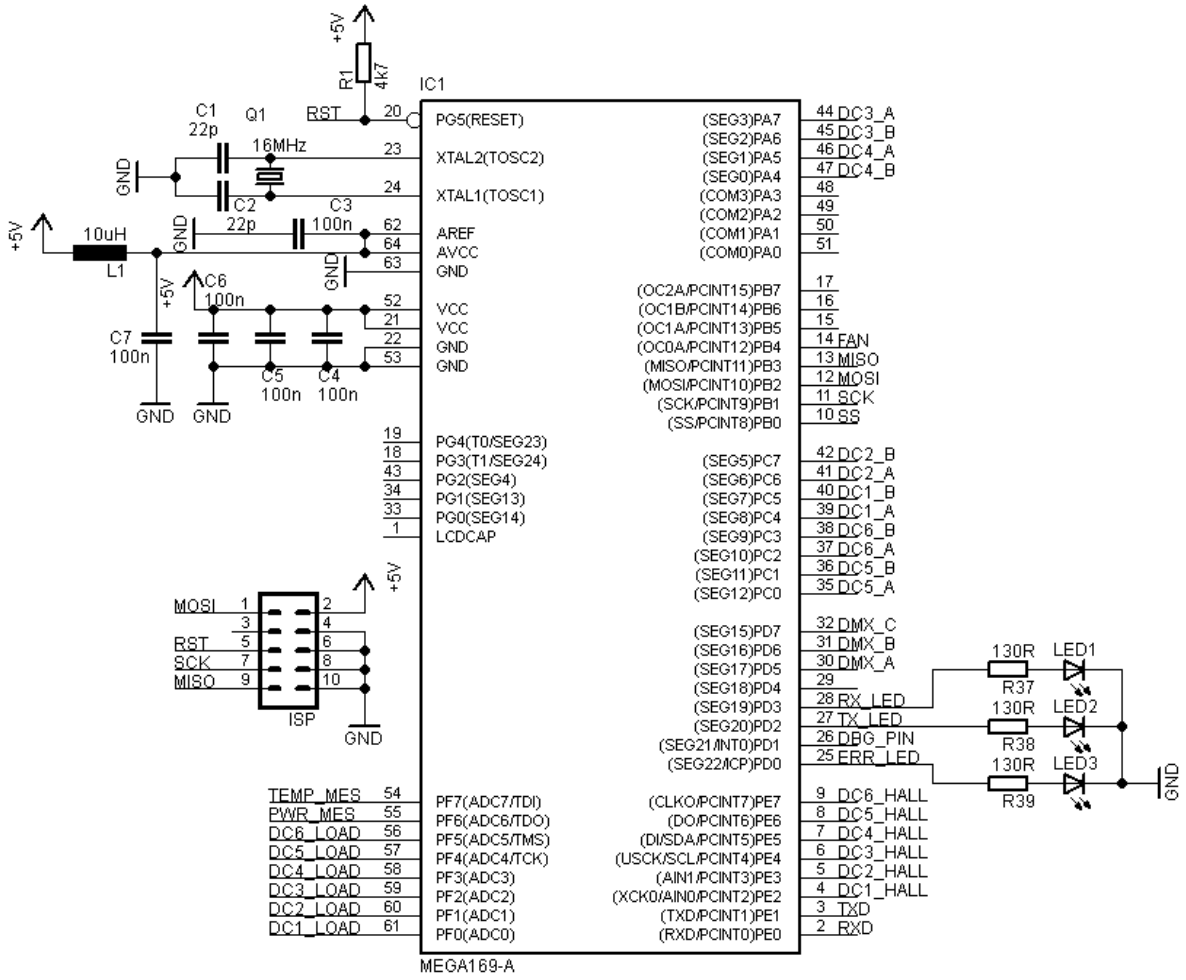
Pro účely indikace stavu zařízení, jsou dále připojeny čtyři stavové LED diody, ke kterým byly vypočítány dle ohmova zákona předřadné odpory R37 – R39 = 130ohm.

Význam jednotlivých LED diod :

LED1 – indikace příjmu dat od sériové linky

LED2 – indikace odesílání dat po sériové lince

LED3 – slouží k indikaci stavu zařízení. Indikační stavy jsou popsány v kapitolách Programové vybavení.

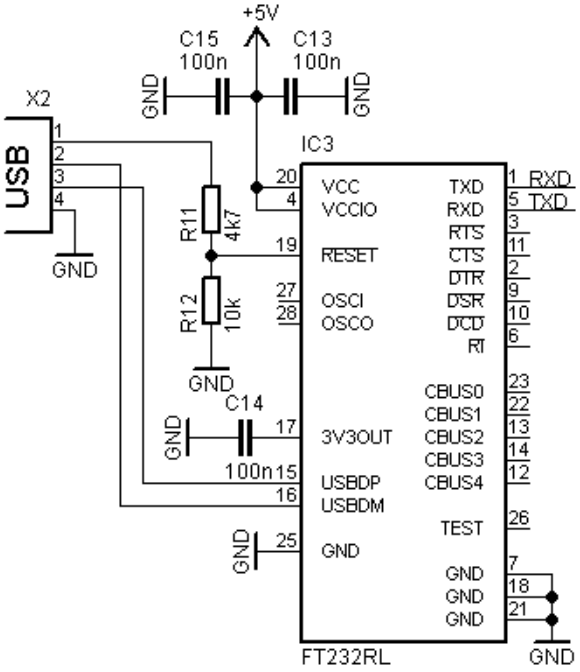


Obr. 12 Schéma zapojení bloku s mikrokontrolérem.

4.2.3 Převodník USB – UART

Pro snadné připojení k současným osobním počítačům je zařízení vybaveno USB konektorem typu B. Jelikož zvolený mikrokontrolér není vybaven hardwarovou podporou standartu USB, byl do obvodu zařazen USB-UART převodník firmy Maxim FT232RL. Jedná se o plnohodnotný USB-UART konvertor.

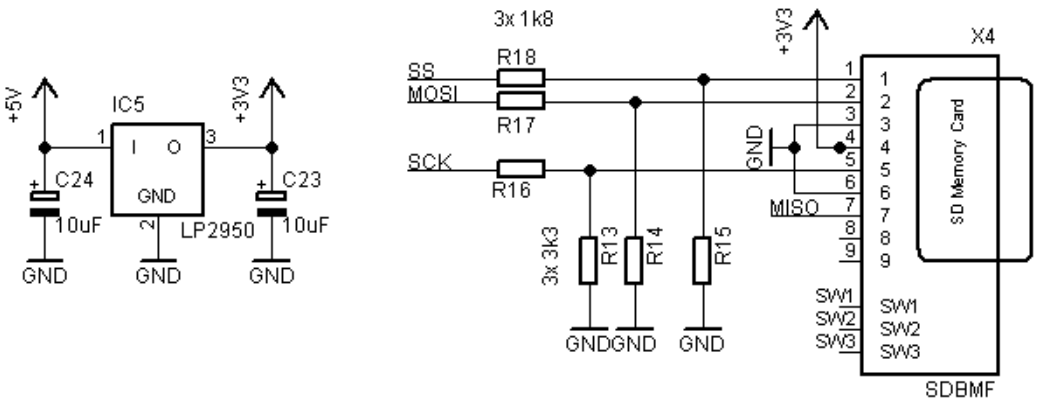
Po propojení s PC je nutné nastavit parametry komunikačního rozhraní na 19200, N, 8,1. Obvod vyžaduje napájení v rozmezí 3,3 V - 5,25V a má již integrovaný obvod pro filtraci tohoto napětí. Zapojení obvodu vychází z katalogového listu[6].



Obr. 13 Schéma zapojení USB konvertoru

4.2.4 Čtečka SD karet

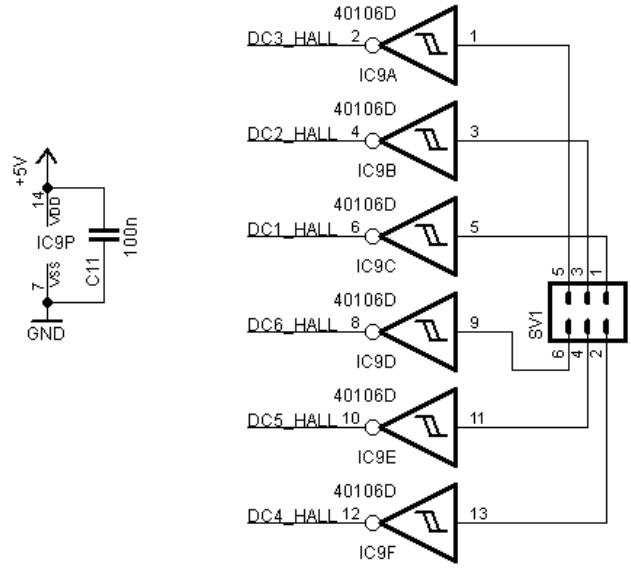
Pro potřebu ukládání řídících programů byl do systému zařazen obvod umožnující čtení a zápis na SD kartu. Tento obvod využívá ke komunikaci s mikrokontrolérem protokol SPI. Logika tohoto obvodu pracuje s napětovou úrovní 3.3 V narozdíl od TTL logiky mikrokontroléru. Proto bylo nutné TTL úrovně snížit pomocí odporového děliče napětí R18 a R13.
K napájení obvodu čtečky SD karet je vyžadováno snížené napětí 3,3V. K tomuto účelu byl použit obvod s napěťovým stabilizátorem LP2950CZ-3.3 s nízkým úbytkem napětí a filtrační kondenzátory C23 a C24. [7], [21]



Obr. 14 Schéma zapojení bloku SD karty.

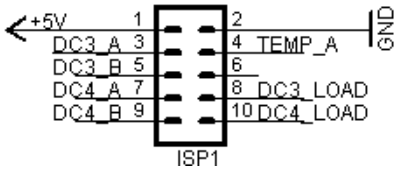
4.2.5 Obvody pro zpracování provozních a řídících veličin

Jako zpětná polohová vazba je v práci použito hallových snímačů s logickým výstupem. Jako prevence před zákmity byl do obvodu zařazen integrovaný obvod 40106, v jehož pouzdře se nachází 6x Schmidtův klopný obvod [19]. Tento zde slouží k zavedení hystereze, aby docházelo ke spolehlivé detekci pulzů bez zákmitů. Výstupy hallových snímačů jsou vyvedeny na 6-ti pinový konektor SV1. Výstupy Schmidtových klopných obvodů jsou dále připojeny na port E mikrokontroléru, kde dochází k jejich snímání.

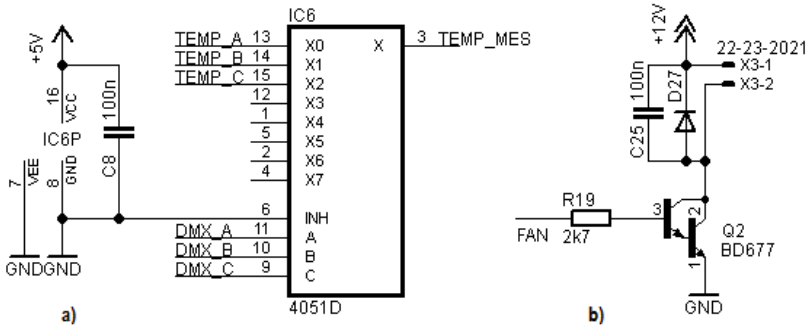


Obr. 15 Schéma zapojení bloku pro čítání pulzů.

V návrhu jednotky DC budiče je dále počítáno s teplotní kontrolou výkonových obvodů. Výstupy teplotních senzorů jsou připojeny skrze propojovací konektory ISP1-3. Z důvodu nedostatku vstupů ADC mikrokontroléru byl do obvodu zařazen integrovaný obvod pro přepínání vstupů 4051, což je 8-mi kanálový analogový multiplexer/demultiplexer.(obr.17a) Výstup tohoto multiplexeru je připojen k AD vstupům mikrokontroléru. [20]



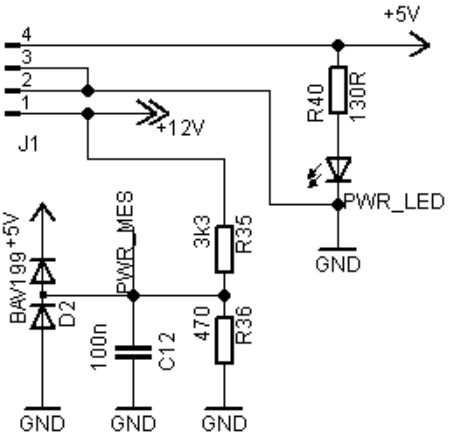
Obr. 16 Zapojení propojovacího konektoru ISP1.



Obr. 17 a) Zapojení multiplexeru 4051, b) zapojení obvodu pro regulaci otáček ventilátoru

Pro případ vsazení zařízení do konstručního boxu a možnému problému s nedostatečným pasivním chlazením je zde zařažen obvod pro regulaci otáček ventilátoru. Obvod se skládá z Darlingtonova tranzistoru BD677. Paralelně k motoru ventilátoru je připojena dioda D27 s typovým označením SS14, která zde slouží k potlačení napětových špiček vznikajících při odpojení indukční zátěže. Dále blokovací kondenzátor C25 = 100nF. (obr.17b). [22], [23]

Dále je počítáno s kontrolou pracovního napětí budičů. Toto napětí by se mělo pohybovat v rozmezí od 12 – 18V. Toto napětí je pro přímé měření AD převodníkem nevhodné a je nutné jeho snížení. Za tímto účelem byl navržen obvod, který pomocí odporového děliče R35 a R36 sníží toto napětí. Toto snížené napětí je přivedeno k AD vstupu mikrokontroléru. Z důvodu ochrany vstupu mikrokontroléru před možným přepětím je do obvodu zařazena dvojitá dioda D2, BAV199 v pouzdře SOT-23.[29]



Obr. 18 Zapojení obvodu pro kontrolu vstupního napětí jednotek budičů.

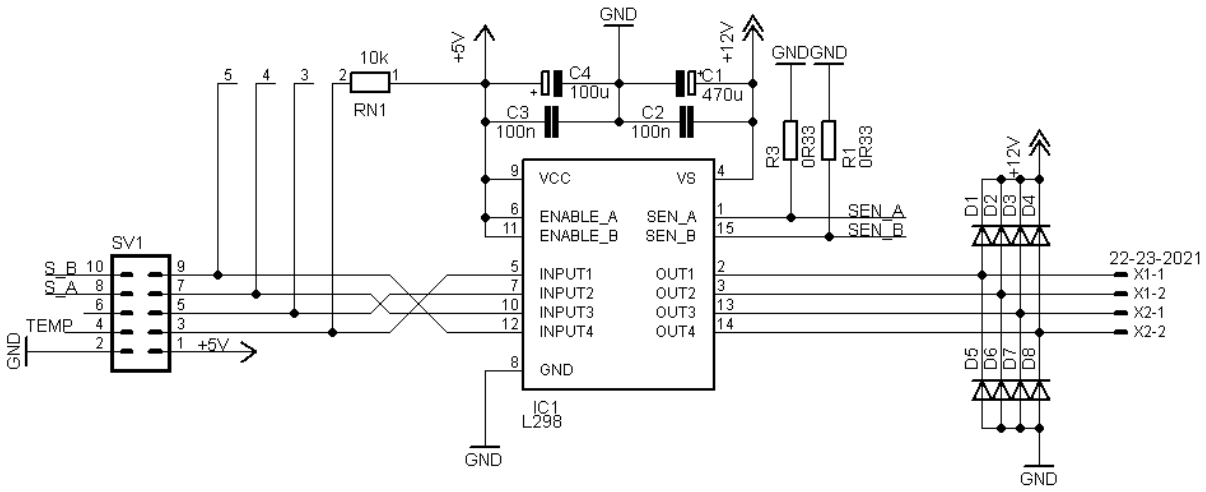
4.3 Návrh jednotky DC budiče

Řízení motorů nelze realizovat přímým připojením motorů na piny mikrokontroléru ATmega a to zejména z důvodu nedostatečného proudového výstupu mikrokontroléru. Z tohoto důvodu bylo zapotřebí najít výkonový prvek, který by tyto komponenty oddělil. Tento prvek musí být schopen pracovat v oblasti jmenovitého napětí motorů a s dostatečnou rezervou splňovat proudové požadavky, které motory vyžadují ke své správné funkci. Tato součástka by zároveň neměla v případě poruchy, např. kolize s překážkou, dovolit zničení sama sebe nebo motoru. Tento realizační blok se mimo ovládání motorů stará také o transformaci informace o velikosti proudu protékající jednotlivými motory na informaci, vhodnou ke zpracování mikrokontrolérem. Jednotka je dále vybavena teplotním senzorem MCP9701A zasazeným v žebrování chladiče připevněného k pouzdru H-můstku.

4.3.1 Obvod L298N

K realizaci H-můstku je dostupná řada integrovaných obvodů. Nejjednodušší z nich obsahují H-můstek a budící obvody uzpůsobené pro spínání tranzistorů v můstku vnějšími obvody s výstupy v úrovních TTL. S ohledem na požadované parametry, byl vybrán obvod L298N v pouzdře Multiwat 15, který se mimojiné vyznačuje svou dostupností, popularitou v zapojeních a především nízkou cenou.

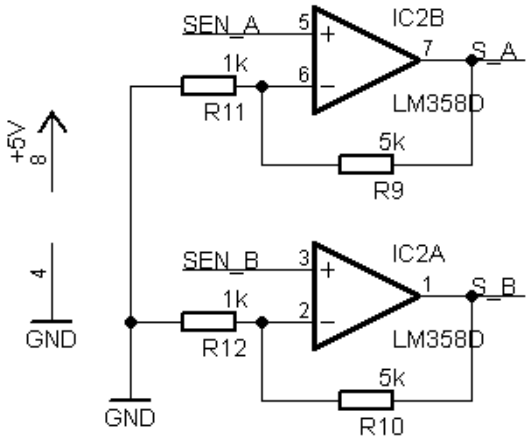
Jedná se o dvakrát plný H-můstek schopný trvale dodávat 2A na můstek, což pro motory použité v robotu je více než dostačující. Zapojní obvodu vychází z doporučeného zapojení dle katalogového listu.[17] Pro ochranu obvodu před napěťovými špičkami je na výstup zařazeno osm rychlých diod D1 až D8 s typovým označením UF4007 se spínacími časy 75ns.[16] Ovládací vstupy obvodu jsou opatřeny pull-up rezistory hodnoty 10 kohm pro zamezení náhodného spuštění. Tyto vstupy jsou vyvedeny na 10-ti pinový konektor SV1. Obě napájecí napětí jsou blokována keramickými kondenzátory o hodnotě 100n. Dále jsou k nim paralelně připojeny elektrolytické kondenzátory, které se starají o filtraci napětí.[24]



Obr. 19 Schéma zapojení bloku s obvodem L298N.

4.3.2 Obvody pro snímání provozních a řídících veličin

Pro potřeby řízení motoru je vhodné zavést proudovou zpětnou vazbu. Budící obvod L298N je pro tento úkol uzpůsoben a má ze svého pouzdra vyveneny emitory spodních tranzistorů obou můstků označené SEN_A a SEN_B. Proud protékající H-můstkem je měřen jako úbytek napětí na snímacím rezistoru R1 = 0,33R zapojeném proti zemi. Maximální možný odběr H-můstkem je Imax = 2A. Tento rezistor je nutné vhodně dimenzovat. Maximální možný ztrátový výkon na rezistoru činí 1,33W. Byl proto zvolen rezistor s dovoleným ztrátovým výkonem 2W. Jelikož úbytky napětí jsou v řádech desetin voltu, je vhodné toto napětí dále zesílit. Zesílení je realizováno pomocí operačního zesilovače LM358D v neivertujícím zapojení, jenž je schopný spolehlivě pracovat i v případě, že je jeho záporný napájecí vstup připojen na zem [18]. Zesilující poměr udává podíl hodnot rezistorů R9 a R11. Výstupy operačního zesilovače S_A a S_B jsou dále vyvedeny k 10-ti pinovému konektoru SV1. [25]



Obr. 20 Schéma zapojení operačního zesilovače LM358D.

Pro potřebu ochrany H-můstků v případě nedostatečného chlazení bylo nutné snímat teplotu jejich pouzder. Při realizaci bylo s ohledem na cenu zvoleno teplotního čidla MCP9701A v pouzdru TO-92 s teplotním rozsahem od -40 až 125°C. Jedná se o analogový teplotní senzor, který převádí teplotu na napětí. Výstupní senzitivita obvodu je 19.5mV/°C a přesnost udávaná výrobcem v rozsahu 0 – 70°C jsou ± 4°C. Výstup tohoto čidla je připojen rovněž ke konektoru SV1.[26]

4.4 Návrh DPS

DPS byla navržena pomocí programu EAGLE. Tento program je určen pro navrhování schémat, navrhování spojů a exportování vytvořených návrhů do postscriptových souborů nebo pro plotry. EAGLE disponuje velkou knihovnou součástek, která obsahuje většinu použitých součástek v zařízení. Přesto bylo nutno některé součástky upravit zvětšením pájecích plošek pro snadnější ruční pájení. Některé součástky, bylo nutno navrhnout kompletně celé, včetně schématické značky a pouzdra. Program je v Lite verzi volně ke stažení pro studentské a nekomerční účely.

Oproti placené verzi je omezen následujícími vlastnostmi:

- Použitelná plocha desky je omezena na 100 x 80 mm (4 x 3,2 palce).
- Mohou být použity jen dvě signálové vrstvy spojů (vrchní a spodní strana).
- Editor schématu může vytvořit schéma pouze na jednom listu.

Již při návrhu obvodu bylo počítáno s rozdělení do několika jednotek, na jednu řídící a tři výkonové. Toto rozdělení nám přineslo snížení poruchovosti celku, snažší opravitelnost a zvýšilo rozšířitelnost našeho systému. [13], [14]

4.5 Výroba a osazení DPS

Výroba plošných spojů v amatérských podmínkách nabízí dvě schůdné cesty k přenesení vzoru plošného spoje na desku mědí (cuprextit) s přijatelnou kvalitou výsledku. Liší se jak složitostí procesu, tak kvalitou dosaženého výsledku. Proto je nutné zvážit, pro jaké účely a za jakou cenu má být deska vyrobena.

4.5.1 Metody přenesení obrazce na DPS

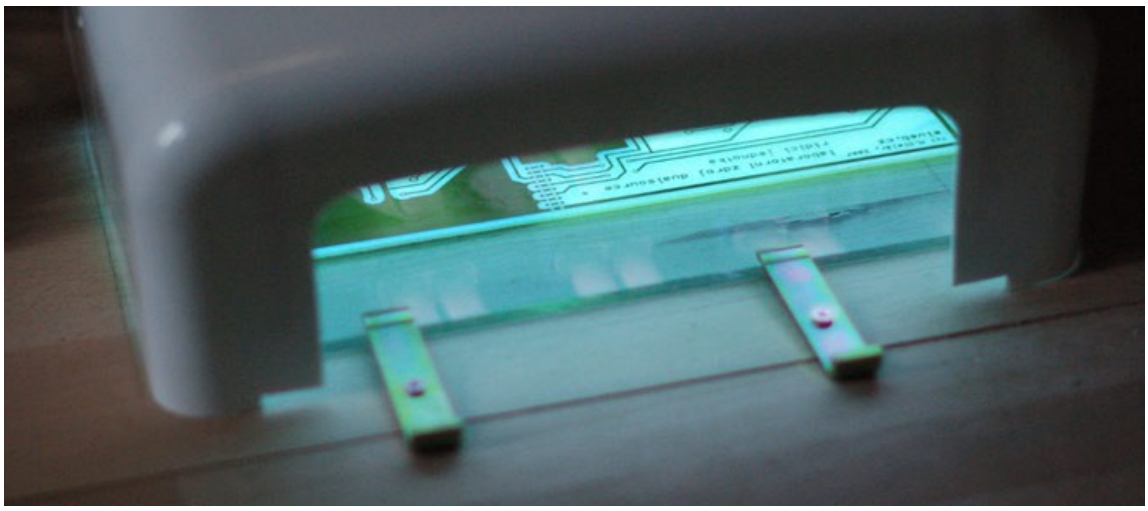
První způsob výroby je metoda nažehlováním toneru. Jedná se o velmi levný, rychlý a technicky nenáročný způsob výroby desek plošných spojů v kusovém množství. S trochou praxe lze dosáhnout přijatelné kvality. Vše co je k výrobě desky potřeba lze bez problému zakoupit.

Tato metoda je založena na možnosti přenesení tonerového prachu za tepla na desku s mědí. Obrazec plošného spoje vytiskneme zrcadlově převrácený na speciální folii nebo nesavý nejlépe lesklý papír, např. prospekt. Předlohu si dále položíme na rovnou tvrdou podložku motivem vzhůru. Na tento motiv se přiloží očištěná a odmaštěná deska cuprextitu mědí směrem k motivu. Na plošný spoj se přiloží kancelářský papír a nakonec žehlička. Žehlička se nastaví na nižší teplotu tak, aby se během přežehlování toner nepřepálil. Po dobu jedné mituty se takto nechá volně ležet, kdy dojde k prohřátí mědi. Poté po dobu další zhruba jedné minuty vyvineme mírný přítlak na žehličku. Zde je velmi důležité dbát na to, aby se nehnulo s deskou a motiv se nerozmazal, či jinak nezdeformoval. Pokud se motiv během procesu mírně poškodil, lze ho snadno opravit lihovým fixem. V případě rozsáhlejších defektů je možné po důkladném očištění toneru acetonem proces opakovat.Touto metodou byla vyrobena jednostranná deska řídící jednotky. [11]

Druhý způsob, který jsem zvolil pro výrobu oboustranných desek DC budičů, je metoda přenesení motivu fotocestou na cuprextit se speciální fotocitlivou vrstvou. Tuto vrstvu lze nanést na běžný cuprextit nástřikem emulze Pozitiv 20, nebo zakoupit desku, která je touto vrstvou opatřena z výroby. Samotné přenesení obrazce vyžaduje předlohu vytištěnou na pauzovací papír, transparetní fólii do laserových tiskáren nebo vysvícenou na film. Ideální předloha by měla mít především vysoký kontrast v UV spektru. Tuto vlastnost nejvíce splňuje předloha vysvícená na film. V domácích podmínkách však není realizovatelná a proto byla předloha vytištěna laserovou tiskárnou na transparentní fólii. Pro vyšší krycí schopnost byly tyto fólie na 2 hodiny vystaveny acetonovým parám. [10], [12]

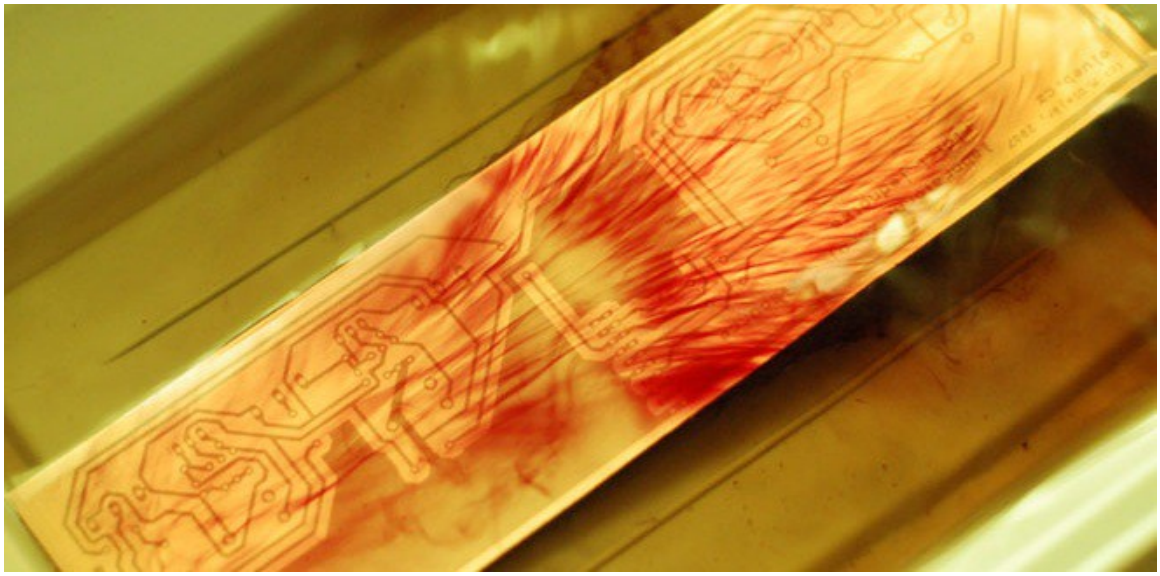
4.5.2 Osvit a vyvolání DPS

Před samotným osvitem musí být v případě oboustranných desek obě strany předloh slícovány a slepeny tak, aby vytvořily kapsu pro desku. Samotný osvit předlohy na desku probíhá pod UV-A světlem. K tomuto účelu mohou být použity různé zdroje výbojek, zářivek nebo UV LED diody. V našem případě byl použit přístroj zvaný „horské slunce“. K osvitu desky stačí přibližně 4 minuty z každé strany. Pokud je předloha dostatečně kontrastní, delší osvit nevadí.



Obr. 21 Osvit DPS.[10]

Po osvitu je nutné desku vyvolat v roztoku NaOH při koncentraci 10 - 20 g/l. Vlastnosti vývojky nalezneme v příbalové informaci dodávané společně s deskou. Vyvolává se při pokojové teplotě v misce, ve které s plošným spojem pohybujeme a v případě oboustranné desky obracíme. Vývojku si můžeme zakoupit v prodejně s elektrosoučástkami nebo si ji namíchat sami. Byla zvolena cesta vlastní výroby vývojky. Je to podstatně levnější než koupená vývojka, navíc vyrobená vývojka pracuje jemněji a dokonaleji.Při práci s vývojkou je nutné dbát zvýšené opatrnosti. Hrozí zde v případě zasažení očí či úst riziko poškození zdraví.
Vyvolání je ukončeno, pokud plocha, která má být odleptána, je zbavena fotocitlivé emulze a je vidět čistá měď. Pokud se motiv během procesu mírně poškodil, lze ho snadno opravit lihovým fixem.[10], [12]



Obr. 22 Proces vyvolávání.[10]

4.5.3 Leptání

V této fázi výroby stojíme před rozhodnutím v jakém leptacím roztoku budeme leptat. Na výběr máme dvě běžně dostupná leptadla.

- směs kyseliny chlorovodíkové (solné) HCL a peroxidu vodíku H2O2
- roztok chloridu železitého FeCl3

Pro výrobu desek byla smíchána leptací lázeň z kyseliny chlorovodíkové (30%), peroxidu vodíku (30%) a obyčejné vody a to v poměru cca 3:2:1. Poměr lázně není nijak kritický. Při manipulaci s roztokem dbáme zvýšené opatrnosti, jelikož se jedná o silné kyseliny. Zásadně přiléváme kyselinu do vody, nakonec přilejeme peroxid. Pro možnost kontroly průběhu leptání můžeme upravit poměr chemikálií a přilít více vody, čímž se čas potřebný k vyleptání zvýší. Při leptání a probíhající chemické reakci se uvolňuje chlór. Je tedy nutné provádět tuto činnost v dobře větrané místnosti. Doba leptání je závislá od koncentrace jednotlivých chemikálií. [27]



Obr. 23 Leptání. [10]

4.5.4 Úpravy a osazení

Po vyjmutí z leptacího roztoku byly desky omyty a zbaveny zbytků laku a toneru. V další fázi byla na desky nanesena tenká vrstva kalafunového laku a desky byly pocínovány. Jedná se o jednu z možných povrchových úprav bránící v oxidaci mědi. Dále následovalo vyvrtání otvorů pro vývodové součástky a prokovy a následné oříznutí pomocí pákových nůžek do finálního tvaru.
Následovalo osazení a zapájení součástek s ohledem na jejich velikost od nejmenších k největším. V posledním kroku byly desky vizuálně zkontrolovány a následně proměřeny vůči zkratům.
Tímto byly desky hotovy.

5 PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ

K vývoji řídícího firmware a naprogramování řídícího mikrokontroléru Atmel ATmega169P bylo využito bezplatného vývojového prostředí AVR Studio ve verzi 5 dodávaného firmou Atmel. Společně s AVR Studiem se od verze 5 naistaluje i C kompilátor. Pro potřebu naprogramování procesoru byl tento firmware přeložen kompilátorem do strojového kódu ve formátu *.HEX. Tento soubor byl pak v softwaru eXtreme Burner – AVR otevřen a za pomoci programátoru USBasp připojeného k programovacímu rozhraní ISP odeslán do mikrokontroléru.

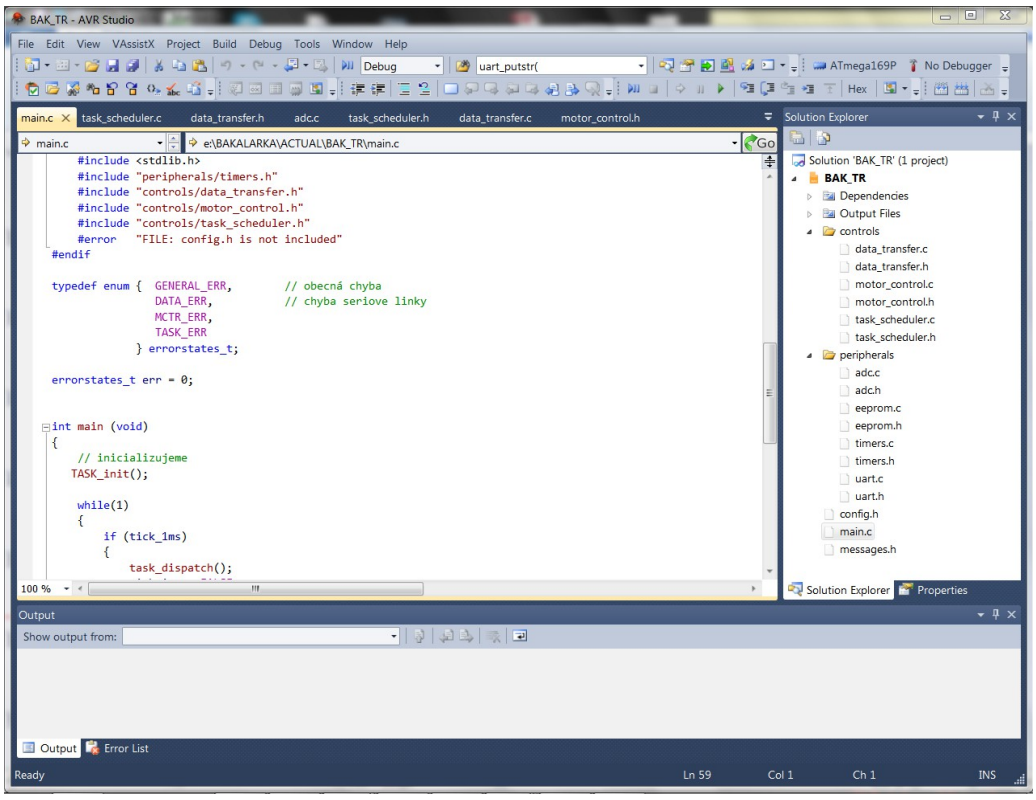
K účelu testování byl vytvořen ovládací program „TRC“. K jeho vývoji bylo použito vývojového prostředí Microsoft Visual Studio 2008 Express Edition, které bylo zdarma k dispozici na stránkách výrobce. Tento software slouží pouze k testovacím účelům. Z tohoto důvodu se jejím popisem tato práce nezabývá.

5.1 AVR Studio

AVR Studio je profesionální integrované vývojové prostředí pro vytváření a editaci programových aplikací pro procesory Atmel AVR. Umožňuje nám psát program v jazycích C a Assembler. Pro psaní rozsáhlejších projektů je vhodné zvolit jazyk C a to především z důvodu že se jedná o vyšší programovací jazyk a potřebný čas pro vývoj produktu se tak významně zkrátí. Výsledný projekt je poté také mnohem lépe čitelný. Takto napsaný program se při sestavení nejprve přeloží do Assembleru a teprve potom se kompiluje do strojového byte kódu, který se nahrává do mikrokontroleru.

Samotný program se vytváří v okně editoru, který rozeznává a barevně odlišuje různé části kódu, jako jsou instrukce, proměnné, definice atd., což nám poskytuje lepší orientaci v kódu. Další funkcí je v případě použití kompatibilních programátorů možnost ladění programu přímo v aplikaci.

Při spuštění AVR Studia nás nastavením projektu provede průvodce. Nabídne nám na výběr ze dvou jazyků, C a Assembler. Dalším krokem je zvolení mikrokontroléru ze široké nabídky produktů Atmel. [28]



Obr. 24 Vývojové prostředí AVR Studio 5.

5.2 Návrh řídících algoritmů

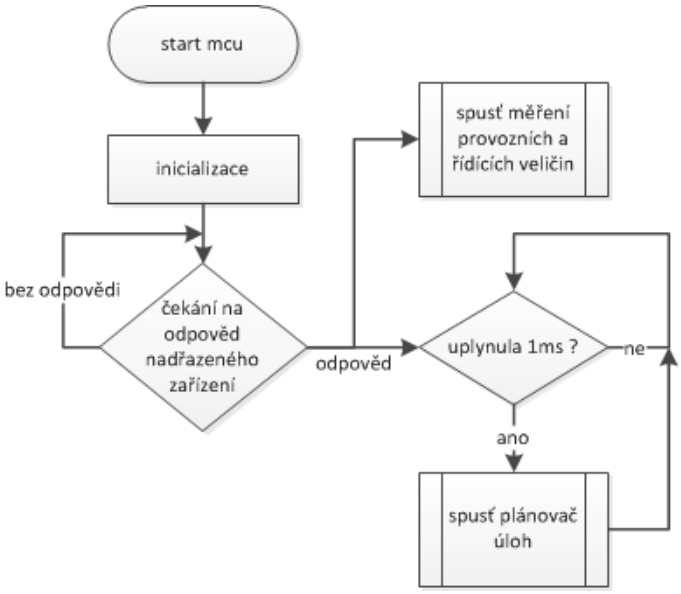
Řídící program byl při návrhu rozdělen do následujících pěti podsystémů vykonávající svou činnost v kooperaci s ostatními podsystémy, které jsou mezi sebou vhodně provázány.

- systém plánování úloh
- systém řízení robotu
- systém měření provozních veličin
- bezpečnostní systém
- komunikační systém

V následujících kapitolách budou popsány úlohy jednotlivých podsystému od jejich návrhu po implemetaci.

5.2.1 Hlavní smyčka programu

Po přiložení napájecího napětí začne mikrokontrolér vykovávat naprogramovanou činnost. Po inicializaci periferií a proměnných dojde ke spustění časovače s periodou 1 milisekunda. Poté systém čeká na navázání spojení od nadřazeného zařízení. V této fázi bliká stavová dioda „STAV“ rychlostí přibližně 5 Hz. V případě přijetí této zprávy přejde zařízení do stavu „V běhu“ a procesor spustí měření provozních a řídících veličin a dále bezpečnostní systém. V hlavní smyčce programu kontrolujeme, zda časovač napočítal zvolený časový úsek. Pokud ano, spustí plánovač úloh, který na základě módu ve kterém se nachází provádí v nastavených intervalech úkoly jednotlivých systému.

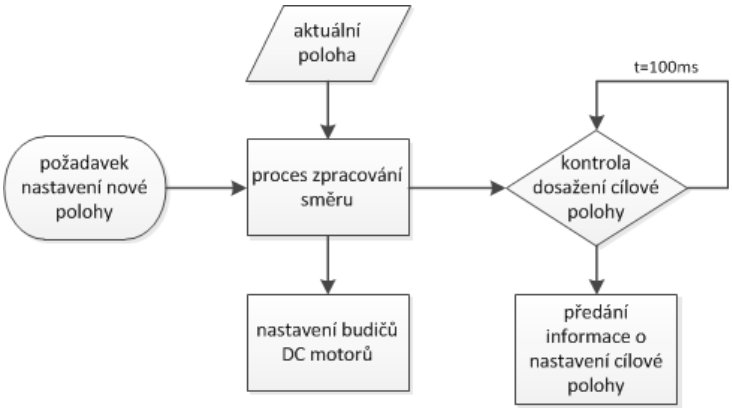


Obr. 25 Vývojový diagram hlavní smyčky.

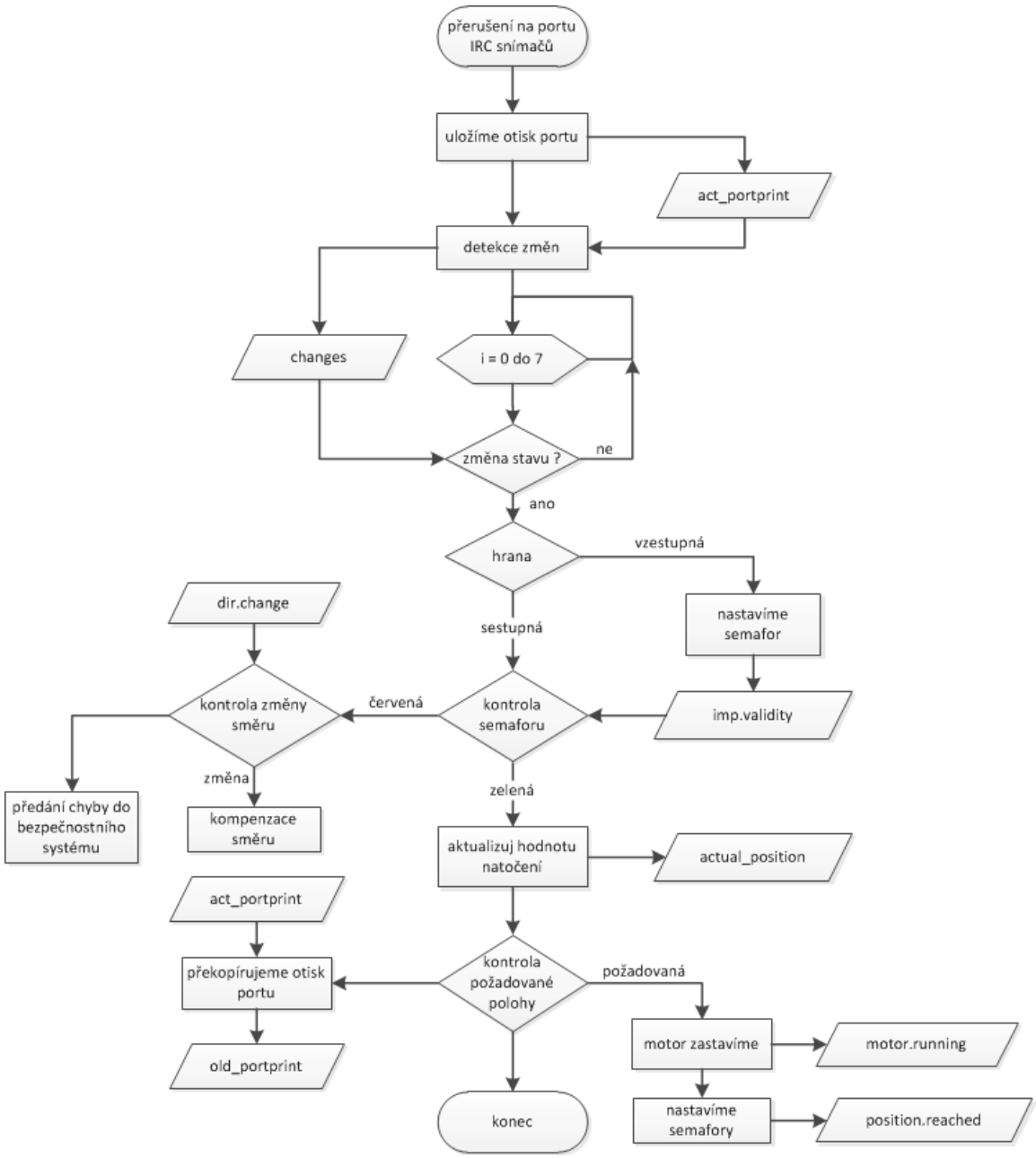
5.2.2 Systém řízení robotu

Primární úlohou systému řízení robotu je nastavování polohy a zpracování signálu od polohové zpětné vazby. Tento systém sdílí naměřená data AD převodníku a v případě požadavku vyměnuje informace s komunikačním systémem. Na základě těchto informací provádí akční zásahy.

V případě přijaté zprávy od nadřazeného systému spadající do systému řízení se zde parametry této zprávy zpracují a v závislosti na obsahu zprávy se provede příslušná akce. Po úspěšném akčním zásahu se předá tato skutečnost zpět komunikačnímu systému, který tuto informaci předá nadřazenému zařízení.



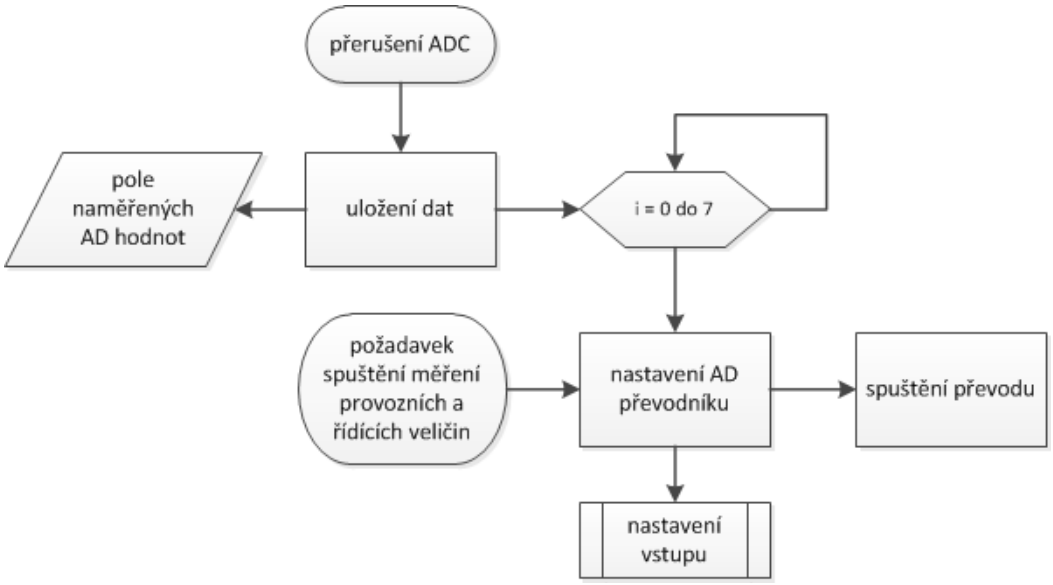
Obr. 26 Vývojový diagram pro požadavek nastavení polohy.



Obr. 27 Vývojový diagram přerušení od inkrementálních čidel.

5.2.3 Systém měření provozních veličin

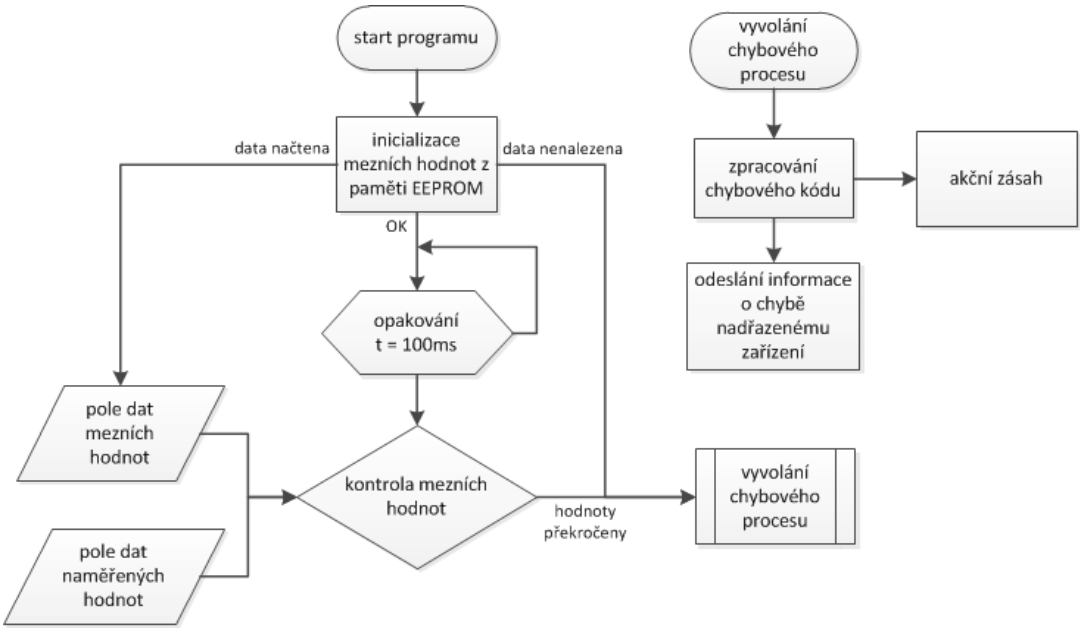
Systém měření provozních veličin v pravidelném intervalu odečítá hodnoty z připojených snímačů a měřících uzlů. V případě zjištění poruchy tuto skutečnost předá bezpečnostnímu systému, který situaci vyhodnotí.



Obr. 28 Vývojový diagram měření provozních veličin.

5.2.4 Bezpečnostní systém

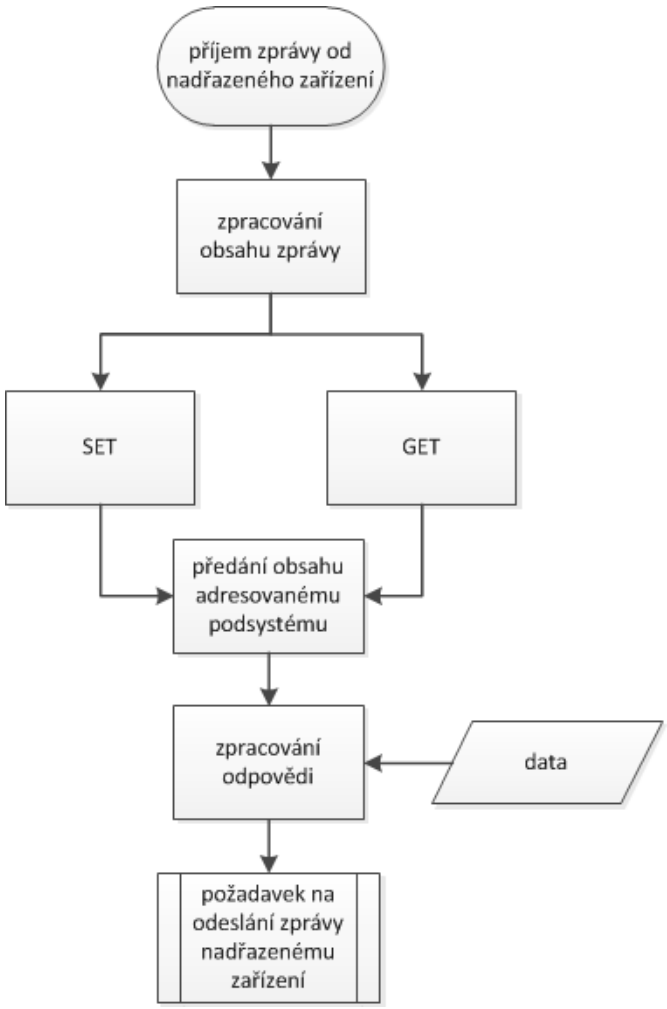
Bezpečnostní systém provádí kontrolu mezních stavů dle nastavených mezních hodnot v nastaveném časovém intervalu. V případě překročení nastavených limitů dojde k vyvolání chybového procesu. Do bezpečnostního systému jsou posílány všechny informace o kolizích a chybách systému vyvoláním chybového procesu. Tento systém je následně vyhodnotí a provede odpovídající akci, např. zastaví probíhající program, nouzově zastaví motory a odešle chybový „trap“ nadřazenému zařízení skrze komunikační systém. Tento stav je dále indikován pomalým blikáním stavové LED diody LED3 o frekvenci blikání cca 1Hz.



Obr. 29 Vývojový diagram bezpečnostního systému a kontroly mezích hodnot.

5.2.5 Komunikační systém

Komunikační systém příjmá povely a odesílá zprávy nadřazenému systému skrze komunikační rozhraní UART. Tento systém tyto povely zpracuje a v závislosti na řídícím povelu předá zpracované parametry vhodnému systému. Ten tyto parametry dále zpracuje a v případě bezproblémového vyřízení odešle informaci o úspešném zpracování zpět komunikačnímu systému, který tuto informaci dále předá nadřazenému systému.



Obr. 30 Vývojový diagram komunikačního rozhraní.

5.2.6 Popis komunikačního protokolu

Za účelem komunikace s nadřazeným zařízením bylo nutné vytvořit komunikační protokol. Pro navázání komunikace s tímto zařízením je nutné straně nadřazeného zařízení nastavit parametry sériového rozhraní na 19200, N, 8,1.

Pro potřebu jednotného dorozumívání vznikl datový rámec se strukturou na Obr. 31.

start byte '_'	command byte	parameters	end byte '!'

Obr. 31 Struktura datového rámce.

Význam jednotlivých bajtů:

start_byte – počáteční bajt který indentifikuje zprávu pro příjem řídící jednotkou
command_byte – bajt identifikující příkaz či odpověd na příkaz
parameters – bajt či struktura bajtů obsahující doplňkové informace
end_byte – ukončovací znak přenosu zprávy

Modelová situace. Nadřazené zařízení vyšle požadavek na odeslání informace o aktuální poloze robotu. Tato zpráva má v hexadecimální soustavě tento tvar 5F 3C 21. Zařízení tuto zprávu přijme a v komunikačním systému vyhodnotí. Zjistí hodnoty aktuální polohy a sestaví datový rámec. Tento datový rámec má strukturu vyobrazenou na Obr. 32. Sestavený rámec odešle nadřazenému zařízení.

start byte 95	ack_byte 60	parameters						end_byte 33
		M1.val	M2.val	M3.val	M4.val	M5.val	M6.val	
		8bit	8bit	16bit	16bit	16bit	16bit	

Obr. 32 Struktura datového rámce dotazu na polohu robotu.

Seznam všech datových rámců s jejich parametry se nachází na přiloženém CD.

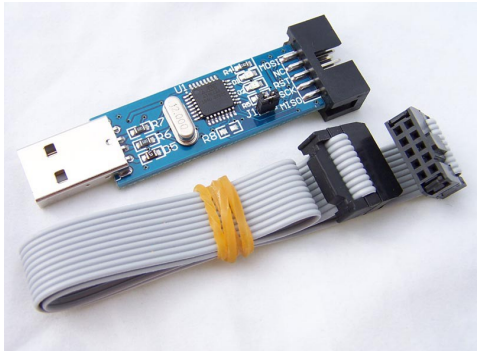
5.3 Implementace systémů v jazyce C

Během implementace navržených podsystémů došlo k mírným úpravám úkolů těchto systémů. Některé systémy byly v rámci implementace pro větší přehlednost zdrojového kódu sjednoceny.

Zdrojový kód je rozčlěnen do několika souborů a složek. Složka „peripherals“ sdružuje zdojové soubory ovládající periferie mikrokontroléru. Složka „controls“ sdružuje zdrojové soubory jednotlivých subsystémů. Dále pak jmenovitě soubor „main.c“ obsahuje hlavní nekonečnou smyčku programu, ve které dochází k resetování hodin watchdogu a spouštění „odbavovače úloh“. Soubor „config.h“ sdružuje makra používaná napříč zdrojovými soubory a nastavení periférních zařízení. Soubor messages.h sdružuje uživatelské hlášky.

5.4 Programovací rozhraní

Pomocí integrovaného kompilátoru C jazyku program přeložíme, címž získáme soubor s příponou*.HEX. Tento soubor poté přes software eXtreme Burner - AVR otevřeme a pošleme přes programátor USBasp do mikrokontroléru. V tomtéž softwaru přenastavíme pojistky mikrokontroléru za účelem změny zdroje hodinového signálu. Vycházíme při tom z datasheetu mikrokontroléru.[15] Programátor je připojen k počítači pomocí kabelu USB a k mikrokontroléru pomocí konektoru ISP.



Obr. 33 Programátor USBasp.

5.5 Testování a návrhy na zlepšení

Pro testovací účely vznikla aplikace s názvem „TRC“ která demonstruje funkce navrženého řídícího systému. Při testování řídích členů bylo zjištěno několik závažných i méně závažných nedostatků.

Jmenovitě. Při testování měření budících proudů se na posledních dvou kanálech AD převodníku projevuje rušení. Toto rušení je zřejmě způsobeno návrhovou chybou plošného spoje a nepodařilo se jej potlačit ani odstranit.

Dále, při pokusném zapojení obvodu měření teploty došlo k omylu a vlivem obrácené polarity teplotního senzoru MCP97001A k následnému zničení tohoto čidla. Čidlo bylo objednáno pouze ve třech kusech. V kamenných obchodech v Brně nebylo k datu 23.5.2013 k dostání. V důsledku toho je jedna ze tří jednotek budičů bez teplotní kontroly. V případě provozu zařízení s modelem TeachRobot k nadměrnému zahřívání budičů L298 nedochází. Z těchto důvodů nebyla snaha toto čidlo nahradit. V případě provozu s obdobným, silnějším modelem by bylo vhodné toto čidlo doosadit.

Dalším méně závažným problémem, byla návrhová chyba v obvodu pro snímání impulzů od zpětné polohové vazby. V případě nepřipojeného konektoru SV1 docházelo k nahodilým čítáním vlivem stavu vysoké impedance na Schmidtově klopném obvodu. Tento problém byl odstraněn doplněním o pull-down rezistory.

Dále byla zaznamenéna sporadická chyba spočívající v restartování procesoru. V případě odstavení watchdogu v záseku. Tato chyba byla zaznamenána při zátěžovém kontinuelním toku dat komunikačním rozhraním UART a to v náhodných okamžicích. Tuto chybu se nepodařilo identifikovat ani odstranit. Zařízení i tak pracuje spolehlivě, jelikož k takovým datovým tokům nedochází.

Do zařízení byl dále zařazen obvod pro čtení/zápis SD karet. Tento obvod není v této práci využit a byl zařazen do zařízení pro možnost rozšíření této úlohy o uchovávání řídících programů na tomto pamětovém médiu. Funkčnost tohoto obvodu nebyla ověřena.

6 ZÁVĚR

Požadovaným cílem této práce bylo vytvoření řídícího zařízení pro model robotu Teach-Robot. V tomto byl zahrnut návrh elektoniky pro řízení a softwarová realizace.

Ke splnění cílů bylo nutné seznámení se s principy řízení průmyslových robotů a jejich konstrukcí. Dále bylo nutné seznámit se s modelem robotu TeachRobot a dodanou řídící elektronikou. Dle získaných poznatků bylo úkolem sestrojit a programově realizovat novou řídící elektroniku. Funkčnost zařízení je ověřena demostračním programem.

Nové řídící obvody byly navrženy tak, aby byl navržený systém modulární a přizpůsoben modifikacím pro použití na další 5-ti osé roboty.

V druhé kapitole této práce je popsána konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů. Dále jsou popsány způsoby řízení a plánování trajektorie ramen.

Třetí kapitola popisuje model TeachRobot, jeho konstrukční prvky, vlastnosti a technickou specifikaci.

V pořadí čtvrtá kapitola se zabývá návhrem hardwarové části. Popisuje jednotlivé obvody zařízení a rozebírá volbu jednotlivých součástek. Dále je pak podrobně popsán postup výroby desek plošných spojů, ze kterých se řídící zařízení skládá, od návrhu až po samotnou realizaci.

Pátá kapitola se zabývá realizací softwarové části od jejího návrhu až po implementaci v jazyce C. Jsou zde popsány úkoly navržených systémů. Závěrečná část této kapitoly je věnována testování, hledání a odstraňování chyb a návrhy na zlepšení.

Zařízení se podařilo navrhnout, vyrobit a testováním ověřit jeho funkčnost. Cíle tedy považuji za splněné v plném rozsahu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] KOLÍBAL, Z.: Průmyslové roboty I – Konstrukce PRaM, skriptum VUT Brno, 1993

[2] MOSTÝN, V. - SKAŘUPA, J. Teorie průmyslových robotů. 1. vydání, Košice: Edice vědecké a odborné literatury – Strojní fakulta TU v Košicích, 2001, 150 stran; ISBN 80-88922-35-6

[3] SKAŘUPA, J. Průmyslové roboty a manipulátory. Ostrava: Ediční středisko VŠB – TUO, 2007. 260 s. ISBN 978-80-248-1522-0. Dostupné z: http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/PRM/Text/Skripta_PRaM.pdf

[4] SKALICKÝ, J. Teorie řízení 1. Brno: VUT FEKT ÚVEE Brno, 2002. 98 s. ISBN: 80-214-2112- 6.

[5] Hlouš, J. Řídicí jednotka pro malé DC motory s univerzálním softwarovým rozhraním. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. Vedoucí diplomové práce Ing. Pavel Houška, Ph.D.

[6] MATOUŠEK, David. Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR: [měření, řízení a regulace pomocí několika jednoduchých přípravků]. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 319 s. ISBN 80-730-0174-8.

[7] FTDI. Datasheet FT232R. 38. vyd. 2012, 43 s. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS_FT232R.pdf

[8] NATIONAL SEMICONDUCTOR. LP2950/LP2951: Series of Adjustable Micropower Voltage Regulators [online]. 2009 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.gme.cz/dokumentace/331/331-047/dsh.331-047.1.pdf

[9] ATMEL. Application Note: Atmel AVR042: AVR Hardware Design Considerations [online]. 2011, 16 s. [cit. 2013-05-12]. Dostupné z: http://www.atmel.com/images/doc2521.pdf

[10] Fotocesta: domácí výroba desek plošných spojů (DPS). OLEJÁR, Ing.Bc.M. [online]. © [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: http://www.elweb.cz/clanky.php?clanek=101

[11] Výroba DPS naţehlením toneru. HW.cz: Vše o elektronice a programování [online].17.5.2005 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: http://www.hw.cz/Teorie-apraxe/Dokumentace/ART1286-Vyroba-DPS-nazehlenim-toneru.html

[12] Výroba plošných spojů fotocestou. KÁKONA, Jakub, Jan LAFATA a Milan HORKEL. Modulární elektronická LABoratoř [online]. © 2011 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: http://www.mlab.cz/Articles/HowTo/How_to_make_PCB/DOC/HTML/How_to_make_PCB.cs.html

[13] Janík,P. Eagle – Návod [online]. 9.4.2006, [cit. 2013-05-13]].Dostupné z: <http://paja-trb.unas.cz/elektronika/eagle/eagle_navod.html>.

[14] Freeware. CADSOFT COMPUTER GMBH. Eagle online [online]. © 2001 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: http://www.eagle.cz/freeware.htm

[15] Datasheet Atmel: ATMega169P. 2010, 395 s. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.atmel.com/Images/doc8018.pdf

[16] Datasheet Fairchild: UF4001-UF4007 Fast Rectifiers. 2005, 3 s. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.fairchildsemi.com/ds/UF/UF4007.pdf

[17] Datasheet ST: L298. 1998, 13 s. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.gme.cz/dokumentace/332/332-005/dsh.332-005.1.pdf

[18] Datasheet ON: LM258, LM358, LM358A,LM2904, LM2904A,LM2904V, NCV2904, NCV2904V. 2011, 14 s. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/LM358-D.PDF

[19] Datasheet NXP: HEF40106B. 2011, 16 s. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.nxp.com/documents/data_sheet/HEF40106B.pdf

[20] Datasheet NXP: 74HC4051; 74HCT4051. 2012, 31 s. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.nxp.com/documents/data_sheet/74HC_HCT4051.pdf

[21] SD/SDHC Card Interfacing with ATmega8 /32 (FAT32 implementation). DharmaniTech - Blog [online].17.5.2005 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: http://www.dharmanitech.com/2009/01/sd-card-interfacing-with-atmega8-fat32.html

[22] BEZSTAROSTI, Jiří. Tranzistor jako spínač. RoboDoupě [online]. 9.3.2012 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: http://robodoupe.cz/2012/tranzistor-jako-spinac/

[23]Datasheet ST: BD677/A/679/A/681, BD678/A/680/A/682. 1997, 6 s. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.gme.cz/dokumentace/211/211-042/dsh.211-042.1.pdf
[24]BEZSTAROSTI, Jiří. Aplikační poznámky k L298. RoboDoupě [online]. 30.10.2011 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: http://robodoupe.cz/2011/aplikacni-poznamky-k-l298-integrovanemu-h-mustku/
[25]OPERAČNÍ ZESILOVAČ (OZ) : Střední škola, Havířov-Šumbark, 9 s. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.outech-havirov.cz/skola/files/knihovna_eltech/ea/oz.pdf
[26]Datasheet MICROCHIP: MCP9700/9700A, MCP9701/9701A. 2009, 24 s. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21942e.pdf
[27]Domácí výroba plošných spojů fotocestou. DH servis [online]. [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: http://www.dhservis.cz/dalsi_1/pcb.htm
[28]Freeware. CADSOFT COMPUTER GMBH. Eagle online [online]. © 2001 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: http://www.atmel.com/microsite/avr_studio_5/
[29]Datasheet SEMTECH ELECTRONICS: BAV199. 2006, 2 s. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://www.gme.cz/dokumentace/924/924-010/dsh.924-010.1.pdf
[30] VOJÁČEK, Antonín. Magnetické senzory s Hallovým efektem - 1. princip. automatizace.hw.cz [online]. 23.11.2007 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: http://automatizace.hw.cz/magneticke-senzory-s-hallovym-efektem-1-princip
[31]Handbuch für Roboterarm "teach-robot", 30 s. Dostupné z: http://www.mikrocontroller.net/attachment/164961/Teachrobot1.pdf