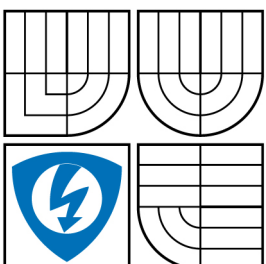


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

ELEKTRONIKA ŠKOLNÍHO ROBOTU

ELECTRONIC SUBSYSTEM OF SCHOOL ROBOT

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. JIŘÍ HAJDA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. LUDĚK ŽALUD, Ph.D.

BRNO 2007



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

navazujícího magisterského studijního programu
Elektrotechnika, elektronika, komunikační a řídicí technika

studijního oboru
Kybernetika, automatizace a měření

pro posluchače jménem

Bc. Jiří Hajda

Vedoucí ústavu a předseda oborové rady Vám určuje diplomovou práci na téma:

Elektronika školního robotu

Zadání a zásady pro vypracování:

Na základě návrhu v SE1 a SE2 prakticky vypracujte elektronickou a senzorickou část univerzálního mobilního robotu pro školní použití s diferenciálním podvozkem. Robot bude poháněn dvěma motory, budou na něj umístěny senzory, baterie a řídicí počítač se základní deskou microATX. Navrhněte a realizujte rovněž základní programové knihovny pro zpracování signálů z některých senzorů a pro ovládání motorů. Kompletní robot prakticky otestujte a navrhněte možnosti jeho využití ve výuce.

Rozsah a struktura diplomové práce:

Vlastní diplomová práce musí obsahovat formulaci cíle, charakteristiku současného stavu, teoretická a odborná východiska řešených problémů.

Student odevzdá vytištěnou úplnou technickou zprávu, zdrojový tvar úplné technické zprávy v elektronické podobě a případnou úplnou programovou dokumentaci a zdrojové texty programů v elektronické podobě.

Informace v elektronické podobě budou uloženy na standardním paměťovém médiu (disketa, CD-ROM), ve formátu čitelném v běžném pracovním prostředí používaném na ÚAMT.

Seznam odborné literatury:

- [1] Everett, H.R.: Sensors for Mobile Robots. A K Peters, Ltd., ISBN 1-56881-048-2, 1995
- [2] Jones L.J.; Flynn M.A.; Seiger A.B.: Mobile Robots. Inspiration to Implementation. A K Peters, Ltd., ISBN 1-56881-097-0, 1999

Vedoucí diplomové práce: Ing. Luděk Žalud, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 01.11.2006

Termín odevzdání diplomové práce: 28.05.2007



Prof. Ing. Pavel Jura, CSc.
vedoucí ústavu, předseda oborové rady

V Brně dne 01.11.2006

LICENČNÍ SMLOUVA
POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Bc. Jiří Hajda
Bytem: Zděchov 208, 75607
Narozen/a (datum a místo): 25.3.1983 ve Vsetíně

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
se sídlem Údolní 244/53, 602 00, Brno
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

.....

(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1
Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):
- disertační práce
 - diplomová práce
 - bakalářská práce
 - jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

.....

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Elektronika školního robotu
Vedoucí/ školitel VŠKP: doc. Ing. Luděk Žalud, Ph.D.
Ústav: Ústav automatizace a měřicí techniky
Datum obhajoby VŠKP: _____

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

- tištěné formě – počet exemplářů
- elektronické formě – počet exemplářů

* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užit, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ihned po uzavření této smlouvy
 - 1 rok po uzavření této smlouvy
 - 3 roky po uzavření této smlouvy
 - 5 let po uzavření této smlouvy
 - 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

*0Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.

*1Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.

*2Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.

*3Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....
Nabyvatel

.....
Autor

Vysoké učení technické v Brně
Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav automatizace a měřicí techniky

Elektronika školního robotu

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studijní obor: Kybernetika, automatizace a měření
Student: Bc. Jiří Hajda
Vedoucí práce: doc. Ing. Luděk Žalud, Ph.D.

Abstrakt:

Práce se zabývá návrhem elektronické části malého školního robotu. Robot bude sloužit pro výukové a výzkumné účely a bude vyhotoven ve více kusech. Provedení by mělo být především jednoduché a levné. Součástí robotu je počítač se základní deskou microATX s dostatečně výkonným procesorem. Pro pohyb robotu je použito diferenciální řízení s dvěma krokovými motory. Robot lze ovládat přímo z vnitřního počítače pomocí sériové linky. Naprogramovány jsou knihovní funkce a demonstrační aplikace ve vývojovém prostředí Delphi.

Klíčová slova:

robot, diferenciální podvozek, výuková pomůcka, krokový motor, elektronika, mikrokontrolér

Brno University of Technology
Faculty of Electrical Engineering and Communication
Department of Control, Measurement and Instrumentation

Electronic subsystem of school robot

MASTER'S THESIS

Specialisation of study: Cybernetics, Control and Measurement
Student: Bc. Jiří Hajda
Supervisor: doc. Ing. Luděk Žalud, Ph.D.

Abstract :

Paper deals with design of electronic subsystem of little school robot. Robot will serve for educational and experimental purpose and it will be build up in more peaces. Design should be in the first place simple and cheap. One part of robot is computer with microATX mainboard and central processor unit with sufficient computation power. There is differential drive with two stepper motors used for robot movement. Robot can be controled directly from internal computer via serial interface. There are library functions and demonstration application programmed in Delphi development environment.

Keywords:

robot, differential drive, educational aid, stepper motor, electronics, microcontroller

Bibliografická citace:

HAJDA, J. *Elektronika školního robotu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2006. 56 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Luděk Žalud, Ph.D.

P r o h l á š e n í

„Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma "Elektronika školního robotu" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové 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 § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne 18.5.2007

Jiří Hajda

1. OBSAH

Obsah

1.OBSAH.....	1
2. POŽADAVKY.....	4
3. ELEKTRONICKÉ SOUČÁSTI.....	6
3.1 Počítač.....	6
3.1.1 Základní deska.....	6
3.1.2 Operační paměť.....	8
3.1.3 Procesor.....	9
3.1.4 Pevný disk.....	9
3.1.5 Napájecí zdroj.....	10
3.2 Baterie.....	11
3.3 Motory.....	12
3.3.1 Řízení krokových motorů.....	13
3.3.2 Obvody pro řízení krokových motorů.....	15
4. ELEKTRONIKA.....	17
4.1 Deska mikrokontroléru.....	17
4.2 Programátor.....	18
4.3 Sériová komunikace.....	19
4.4 Budič krokových motorů.....	20
4.5 Napájení systému.....	21
4.5.1 Varianta 1 – nabíjením externím zdrojem.....	22
4.5.2 Varianta 2 – s externím AC adaptérem.....	22
4.5.3 Varianta 3 – Automatické dobíjení.....	23
4.5.4 Realizace.....	24
5. SOFTWARE.....	26
5.1 Popis programu mikrokontroléru.....	26
5.1.1 Komunikační protokol.....	26
5.1.1.1 Bezpečnostní opatření.....	26

5.1.1.2 Seznam povelů.....	27
5.1.2 Popis programu mikrokontroléru.....	28
5.2 Testovací aplikace.....	29
5.2.1 Popis ovládání programu.....	29
5.3 Popis zdrojového kódu.....	31
5.3.1 Popis jednotky UStepperMotor.....	32
5.3.1.1 Třída TMotorControlProtocol.....	32
5.3.1.2 Třída TStepperMotor.....	33
5.3.1.3 Třída TDifferentialDrive.....	36
6. VYBRANÉ ŘEŠENÍ.....	39
6.1 Cenová kalkulace.....	39
6.2 Využití při výuce	40
7. ZÁVĚR.....	41
8. POUŽITÉ ZDROJE.....	42
9. SEZNAM PŘÍLOH.....	44

Seznam tabulek

Tabulka 1: Formáty základních desek a jejich rozměry.....	7
Tabulka 2: Význam pinů sériového konektoru.....	20
Tabulka 3: Předpokládaná povolená napětí jednotlivých komponent.....	25
Tabulka 4: Ceny použitých komponent.....	39

Seznam ilustrací

Ilustrace 1: Jednofázové bipolární ovládání.....	14
Ilustrace 2: Dvoufázové bipolární ovládání.....	14
Ilustrace 3: Bipolární ovládání s polovičním krokem.....	16
Ilustrace 4: Blokové schéma zapojení.....	19
Ilustrace 5: Schéma zapojení hlavní desky.....	20
Ilustrace 6: Schéma zapojení programátoru.....	21
Ilustrace 7: Schéma zapojení modulu sériové komunikace.....	22
Ilustrace 8: Schéma zapojení budiče motoru.....	23
Ilustrace 9: Varianta 1.....	24
Ilustrace 10: Varianta 2.....	25
Ilustrace 11: Varianta 3.....	25
Ilustrace 12: Napájecí rozvod.....	26
Ilustrace 13: Okno aplikace.....	33

2. POŽADAVKY

Při konstrukci tohoto robotu bylo potřeba zohlednit mnoho různých aspektů:

Nízká spotřeba – Spotřeba celého systému je důležitá právě pro určení celkové výdrže robotu. Vyšší spotřeba znamená vyšší zahřívání vnitřních prostor robotu a nutnost odvodu tepla, baterie s větší kapacitou a jejich větší hmotnost. Na tento školní robot nejsou kladeny vysoké nároky na délku výdrže. Pro školní účely postačí doba provozu po nabití cca. 30-60 minut.

Malé rozměry, váha – Rozměry nejsou příliš důležité neboť jde pouze o testovací robot, který se bude pohybovat po rovné ploše, převážně v místnostech a chodbách. Tento robot by měl být levný a přitom výpočetně výkonný, a právě proto byly zvoleny rozměry o něco větší než jsou rozměry základní desky formátu microATX.

Vysoký výpočetní výkon – Robot je určen pro výzkumné účely, a proto by neměl pro výpočty používat specializovaný hardware jako jsou signálové procesory nebo programovatelná hradlová pole. Vhodnější je použít běžné počítače, které umožňují pružné ladění různorodých algoritmů, a jejichž výkon za poslední roky výrazně vzrostl. V tomto směru je ovšem hlavním limitujícím faktorem spotřeba procesorů neboť ta rostla donedávna společně s výpočetním výkonem. S omezováním spotřeby procesorů mobilní robotice přenosné počítače jako jsou notebooky. Jejich komponenty jsou optimalizovány pro nižší spotřebu a menší rozměry a přitom pro vysoký výkon, což je pro mobilní robotiku velmi výhodné. Díky tomu také většina dnešních procesorů podporuje technologie pro snížení výkonu a spotřeby, jako jsou technologie Cool'n'Quiet od společnosti AMD nebo od SpeedStep od společnosti Intel. Výkonné procesory pro notebooky a stolní počítače lze tedy s výhodou použít i pro řídicí systém školního robotu.

Komunikační rozhraní – Samotný řídicí počítač robotu sám o sobě moc využitelný není. Pro účely mobilní robotiky musí být opatřen senzorickým a

motorickým subsystémem. Pro komunikaci s těmito subsystémy je nutno použít některé ze standardních rozhraní umístěné na běžných deskách formátu microATX. Tyto desky obsahují většinou pro tyto účely použitelné rozhraní jako jsou sériový a paralelní port, rozhraní IEEE1394 (Firewire), USB a Ethernet.

Nízká cena – U stavby tohoto robotického systému je rozhodující také cena. Jelikož jde o výukový školní robot, který bude později vyhotoven ve více kusech, musí být cena snížena na minimum. Právě proto bylo zadáno použití cenově, rozměrově a výkonově výhodné základní desky formátu microATX. Limit ceny byl stanoven orientačně na 20 tisíc Kč.

Modularita – Tento školní robot bude dle zadání obsahovat počítač postavený na základní desce microATX. Tak jako běžné počítače by měl být tento robotický systém modulární neboť v budoucnu bude sestrojeno více kopií. Ovšem mohou být smontovány s časovým odstupem a jelikož obory elektrotechnika a výpočetní technika se docela rychle vyvíjejí, neměl by být systém závislý na konkrétní součásti od jednoho výrobce. Problém modularity bývá řešen pomocí definování rozhraní a protokolů. Díky tomu lze zaměňovat jednotlivé komponenty bez nutnosti přestavění celého systému. Pak není důležité, která konkrétní základní deska bude použita, nebo který konkrétní typ akumulátorů bude systémem napájet.

Dostupnost dílů – Jeden ze záměrů projektu je nabídnout plnohodnotnou dokumentaci na internetu, aby si případní zájemci mohli sami tento robot postavit. Robot by se uplatnil také při výuce základů robotiky nebo jako motivační pomůcka na středních školách. Proto je potřeba použít takové součásti, které jsou běžně dostupné, lze je jednoduše koupit a bez dalších modifikací použít.

3. ELEKTRONICKÉ SOUČÁSTI

3.1 POČÍTAČ

Dle zadání byl vybrán počítač se základní deskou microATX. Skládá se ze standardních komponent běžné dostupných v obchodech s výpočetní technikou. Při výběru komponent bylo však nutné přihlídnout k výše zmíněným požadavkům.

3.1.1 Základní deska

Základní desky se vyrábí s různými rozměry. Z nich nejrozšířenější jsou standardy ATX, microATX a v poslední době se prosazuje také formát miniITX a nově BTX a DTX. Vzhledem k požadavkům na malé rozměry robota, nejsou desky standardu ATX o rozměrech 305x244 mm vhodné. Desky microATX mají menší rozměry 244x244 mm a jsou dosti rozšířené a díky tomu i cenově dostupné. Další krok směrem k menším rozměrům je standard miniITX vytvořený firmou VIA. Rozměry miniITX jsou 170x170 mm což je ještě méně než u formátu microATX. Firma VIA vyvinula ještě menší formát označovaný jako nanoITX, jehož rozměry jsou pouhých 120x120 mm. Takto malé rozměry však také znamenají vyšší cenu kvůli menší rozšířenosti a miniaturizaci. Kvůli omezenému místu mají tyto desky většinou omezenou výbavu (pouze jeden PCI slot, 1 slot pro paměť v případě formátu miniITX) a využívají již méně rozšířené čipové sady a procesory převážně od firmy VIA. Často používané procesory VIA Eden výkonově zaostávají za klasickými procesory firem AMD a Intel, jejich frekvence se pohybují díky požadavku na nízkou spotřebu od 533 – 1300 MHz. Pro svou nízkou spotřebu si některé desky vystačí pouze s pasivním chlazením.

Pro konstrukci robota by pro své výhodné rozměry byl vhodný formát miniITX, avšak součástí zadání je využití desky formátu microATX, který nabízí z hlediska testování náročnějších algoritmů zajímavější výkon CPU.

Zajímavou alternativou je i formát základních desek DTX (specifikace uvedena v [9]) společnosti AMD. Tyto desky mají ještě menší rozměry než formát microATX, a přitom obsahují stále klasické komponenty z desek ATX. Mají pouze

dva rozšiřující sloty PCI a PCIexpress, dva sloty pro paměťové moduly a klasickou patici AM2 pro běžné procesory firmy AMD. Výborně se tedy hodí i pro mobilní robotiku. V době psaní této práce ještě nebyly tyto desky v prodeji.

Formát	Výška [cm]	Šířka [cm]
ATX	30,5	24,4
Micro ATX	24,4	24,4
Flex ATX	22,9	19,1
Mini ATX	28,4	20,8
ITX	21,5	19,1
Mini ITX	17,0	17,0
Nano ITX	12,0	12,0
BTX	32,5	26,7
Micro BTX	26,4	26,7
Pico BTX	20,3	26,7
DTX	24,9	20,3
Mini-DTX	17,0	20,3

Tabulka 1: Formáty základních desek a jejich rozměry

Obvyklá konfigurace základní desky formátu microATX:

Procesor: pro patice 478 / A / 754 / 775 / 939/

Chipset: NVidia, VIA, Intel, ATiexpress, SiS

Paměť: 2x 184-pin DIMM socket, DDR400 / DDR333 / DDR266, 1 GB/slot

Obvyklé integrované součásti:

Serial-ATA

UDMA ATA 133/100/66 IDE

FDD

USB 2.0/1.1

IEEE 1394 (Firewire)

PCI-Express X16 / X8 / AGP

PCI-Express X1 / X2

PCI

USB 2.0/1.1

IEEE1394

RJ45 (10/100/1000 Ethernet)

Audio (1 x Line-out/ 1 x Line-in/ 1 x MIC)

PS/2 Keyboard/ Mouse

COM

LPT

ATX a ATX 12V napájecí konektor

Ceny základních desek se pohybují v rozmezí 1000 – 3000 Kč. Výběr je široký. Hlavní rozdíl je v použité patici procesoru. V případě firmy AMD jsou k dispozici patice AM2 pro Semprony a jedno nebo dvou-jádrové Athlony. Patice 478 je určena pro procesory firmy Intel a to levnější Pentium 4 a Celeron, patice 775 pak pro dražší Pentia 4. Levnější desky mají dva paměťové sloty, dražší mají i čtyři s možností práce v režimu Dual-channel, který podporují především čipové sady nForce4 a ATIexpress. Rozdíly jsou také ve výbavě. Novější desky obsahují mimo sloty PCI také sloty PCIexpress a desky s čipovou sadou od nVidie také často rozhraní IEEE1394a (firewire).

3.1.2 Operační paměť

Většina základních desek microATX má dva volné paměťové sloty, dražší typy pak tři nebo čtyři sloty s funkcí Dual-channel. Protože procesory s označením Sempron a Athlon mají integrovaný řadič paměti DDR 400 MHz, lze základní desky osadit právě těmito paměťmi, označovanými jako PC3200. U většiny desek lze použít 1 GB paměťové moduly, v případě 4 slotů lze získat až 4 GB paměti což je také omezení 32-bit procesorů dané šířkou adresové sběrnice. Procesory Sempron 64 a Athlon 64 a Athlon 64 X2 již obsahují řadič pro levnější paměti DDR2.

Další používané typy paměti: SDRAM 133MHz, DDR 266MHz, DDR 333MHz, DDR 400MHz a v poslední době také paměťové moduly DDR2 400MHz, DDR2 533MHz, DDR2 667MHz, DDR2 800MHz a DDR2 1066MHz.

3.1.3 Procesor

Na poli výroby procesorů pro osobní počítače působí dvě nejvýznamnější firmy, a to Intel a AMD. Konkurence tlačí oba výrobce procesorů ke stálému zvyšování výpočetního výkonu procesorů a přidávání dalších funkcí. Díky své spotřebě se procesory určené pro stolní počítače přímo nehodí pro mobilní zařízení. Avšak v poslední době, především díky rozmachu přenosných počítačů a extrémnímu zvyšování rychlosti procesorů a díky zvyšování spotřeby, vznikly technologie pro snížení spotřeby a tím i výpočetního výkonu procesoru. Ty jsou využitelné především při klidovém stavu počítače, a to hlavně u přenosných počítačů jako jsou notebooky. Této zajímavé funkce lze však také s výhodou využít pro trvalé snížení spotřeby a tím dosažení delší výdrže baterií. Firma Intel tuto technologii označuje jako Speed Step a umožňuje v základu měnit frekvenci procesoru mezi dvěma stupni. Naproti tomu firma AMD nazývá svoji technologii pro snížení spotřeby Cool'n'Quiet (dříve také PowerNow!) a ta umožňuje nastavovat rychlost procesoru a jeho napětí po menších krocích.

Firma Intel vyrábí procesory pro nižší třídu označované jako Celeron a pro vyšší třídu označované jako Pentium 4. Firma AMD označuje své slabší a levnější procesory Sempron, silnější procesory jsou pak označovány jako Athlon. Pro náš robotický systém byl vybrán procesor AMD Athlon 64, který má nižší spotřebu než procesory Pentium 4 srovnatelného výpočetního výkonu. Dále obsahuje oproti levnějším procesorům Sempron větší paměť L2 cache, a to 512 kB, která pomáhá při náročných výpočtech a při rozsáhlejší práci s pamětí. Procesory AMD jsou při stejné taktovací frekvenci obecně výkonnější. Vzhledem k ceně a použité základní desce formátu microATX byla vybrána varianta procesoru AMD Athlon 64 pro patiči 754.

3.1.4 Pevný disk

Pevné disky se vyrábějí především v provedení 3,5" a 2,5". Rozměry disků 3,5" jsou 147x102 mm a rozměry disků 2,5" jsou 100x70 mm. Pro mobilní robotiku jsou vhodnější disky velikosti 2,5". Disky 2,5" se vyrábí s jinými rychlostmi otáček než 3,5" disky. Nejvíce 7200 otáček/minutu, klasicky pak 5400 nebo 4800. Díky

menším rozměrům a nižším otáčkám mají většinou menší spotřebu. Kapacity 2,5" disků se pohybují od 30 GB do 160 GB. Pro naše účely bude dostačovat 40 GB disk. Pro připojení 2,5" disku k microATX desce je nutno použít redukci z malého IDE konektoru na velký.

Jako pevný disk lze použít také FLASH paměť, která má menší spotřebu, větší odolnost proti nárazům, menší kapacitu než pevné disky a omezený počet zápisů. V případě použití operačního systému Windows XP však není FLASH paměť vhodná vzhledem k vysoké četnosti zápisů na disk a to především do stránkovacího souboru. Tuto nevýhodu by bylo možné řešit dostatečně velkou operační pamětí a vypnutím stránkovacího souboru.

3.1.5 Napájecí zdroj

Cílem je zajistit stabilizované napájecí napětí, které vyžaduje standard ATX. U běžných počítačů jsou používány ATX zdroje se střídavým napájením 230 V, kdežto pro mobilní robotiku, kde jsou používány baterie jsou vhodnější ATX zdroje se stejnosměrným napájením. Činnost ATX zdroje v principu spočívá ve změně jednoho vstupního napětí na několik jiných. V případě stejnosměrného napájení jde o změnu stejnosměrného napětí z baterie na jiné stejnosměrné napětí. K těmto účelům se obecně používají DC-DC měniče. ATX zdroj na stejnosměrné napájení může obsahovat na vstupu přímo stabilizátor napětí, a pak se předepsané vstupní napětí pohybuje v určitém rozmezí. Nebo může být zdroj bez stabilizátoru a na jeho vstup je pak nutné přivádět již stabilizované napětí.

Hlavním problémem dostupných ATX zdrojů napájených stejnosměrným napětím je jejich orientace na malé počítačové systémy především se základními deskami formátu mini-ITX. Tyto desky mají nízkou spotřebu, a proto i napájecí zdroj je navržen pro malý celkový maximální výkon a také na malé maximální proudy v jednotlivých napěťových větvích. Dále menší elektronická zařízení používají zpravidla nižší napájecí napětí. Např. 3,5" pevný disk využívá napájení 5 V a 12 V, zatímco 2,5" disk pouze 5 V. Novější procesory používají pro napájení přídatnou 12 V větev napájecího zdroje, procesory navržené pro vestavěné systémy si vystačí s 5 V napájením. 12 V větev umožnila při zachování stejného výkonu snížení

protékajícího proudu vodiči. Snížení zatížení vodičů je také u ATX konektoru řešeno znásobením některých vodičů.

System bude obsahovat výkonný procesor což sebou nese také vysoké nároky na spotřebu. Ta bude regulována pomocí technologie Cool'n'Quiet, avšak pro start počítače je potřeba počítat s plným výkonem. Napájecí zdroj by měl mít také rezervu pro připojení dalších zařízení.

Všechny zdroje pro vestavěné systémy mají díky nízké spotřebě pasivní chlazení. Rozměry a hmotnost jsou také malé ve srovnání se ATX zdroji pro multimediální počítače. Některé zdroje jsou přímo přizpůsobeny pro automobilový průmysl a mají různé mechanismy pro zachování funkčnosti během startování auta a ochranu proti vybití baterií auta.

3.2 BATERIE

Aby se mohl robot volně pohybovat, musí mít mimo jiné vlastní zdroj energie. Ten je řešen většinou pomocí akumulátorů. Těch se vyrábí celá řada a při jejich výběru je potřeba řešit kompromis mezi různými parametry a požadavky.

Hlavním parametrem je kapacita, tj. množství energie, které dokáže článek uchovat. Běžně se uvádí v jednotkách mAh. Mimo kapacitu je důležité také jmenovité napětí a možnost skládání článků sériově a paralelně. Kapacita společně s jmenovitým napětím určují celkové množství energie, které může akumulátor celkově dodat za jednotku času a uvádí se v Wh. Na základě známého příkonu zařízení pak lze spočítat výdrž akumulátorů. Dalším důležitým údajem je maximální výstupní proud. Ten udává, jak rychle můžeme energii z akumulátoru dostat a v případě mobilního robotu je klíčový pro napájení motorů a počítače. Dalším parametrem je počet možných cyklů dobíjení. Liší se podle druhu článku a významně závisí na tom, zda vybíjíme článek plně nebo jenom částečně. Při částečném vybíjení např. o 30 % z jmenovité kapacity je počet cyklů výrazně vyšší. Další důležité parametry jsou rozměry a hmotnost. Např. akumulátory Li-Pol jsou velmi lehké, naproti nim olověné gelové akumulátory jsou dosti těžké.

Z cenového srovnání různých typů baterií vyplývá, že při srovnatelné kapacitě jsou baterie Li-Pol výrazně dražší. Olověné akumulátory mají naproti tomu větší hmotnost. Výběr pak závisí na tom, zda upřednostníme nízkou cenu nebo nízkou hmotnost. Maximální vybíjecí proud Li-Pol a olověných akumulátorů je srovnatelný. Jelikož jde o školní výukový robot, není zde přísný požadavek na nízkou hmotnost. Proto jsou vhodnější volbou olověné gelové akumulátory. Je vhodné přizpůsobit mechanickou konstrukci robotu pro tento typ akumulátorů, a to s ohledem na rozměry a hmotnost baterií. V budoucnu pak nebude problém nahradit olověné akumulátory lehkým a perspektivním typem Li-Pol.

Olověné i Li-Pol akumulátory jsou schopny dodávat velké okamžité výkony. Není však vhodné zatěžovat je na maximum udávané výrobcem. Pro správnou volbu akumulátoru je potřeba spočítat maximální možnou zátěž systému. V normálním provozu pak těchto hodnot nebude dosaženo, neboť spotřeba počítače nebude díky snížení výkonu procesoru překračovat 100 W.

3.3 MOTORY

Na trhu je dostupných několik druhů motorů jako jsou střídavé nebo stejnosměrné a synchronní nebo asynchronní motory. V tomto projektu bylo zadáno použití krokových motorů, což jsou speciální mnohápólové synchronní motory. Jejich výhodou je jednoduchost řízení a možnost přesného polohování bez potřeby odometrie. Nevýhodou je pak možnost přeskokování kroků při překročení momentu a odběr proudu v klidovém stavu.

Byly vybrány motory firmy Microcon s označením SX23-1020, které mají statický moment 2 Nm při max. proudu 1,05 A v sériovém zapojení. Odpor při sériovém zapojení je 8,4 Ω a hmotnost motoru je 1,1 kg. Při max. zatížení by byl příkon na každý motor až 12 W. Dohromady tedy 24 W. Počet kroků na otáčku je 200.

Pro testování byly k dispozici také motory SX23-1012 jejichž statický moment je 1,2 Nm, jmenovitým proud 1 A při sériovém zapojení, odpor 7,2 Ω a hmotnost 0,7 kg.

3.3.1 Řízení krokových motorů

Jednou z hlavních výhod krokových motorů je jednoduchost řízení. K řízení není potřeba žádný složitý zpětnovazební regulátor. Lze tedy mluvit spíše o ovládní. Stačí budít ve správném sledu jednotlivé cívky motoru a zajistit tak vytvoření rotujícího magnetického pole.

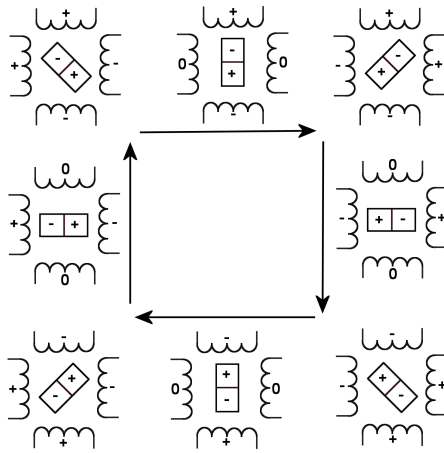
Unipolární a bipolární ovládní

Buzení může být buď unipolární, kdy používáme napětí pouze jedné polaroty, nebo bipolární, kdy budíme cívky v obou polaritách. Při bipolárním ovládní proud prochází oběma protilehlými cívkami, a proto má tento druh řízení vyšší spotřebu, ale také dosahuje vyššího kroutícího momentu. Zatímco pro unipolární řízení lze použít čtyři tranzistory, pro bipolární řízení je nutné použít dva H-můstky. Bipolární řízení je tedy na ovládní složitější než unipolární, ovšem řízení motoru lze přenechat některému integrovanému obvodu.

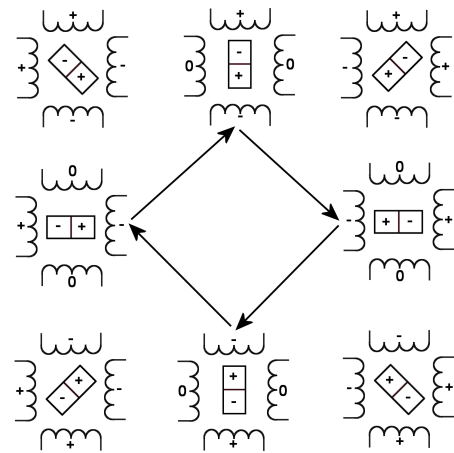
Pokud je krokový motor ovládn unipolárně, jsou jeho vynutí spojena v jednom konci do jednoho bodu. Pokud je ovládn bipolární, jsou jeho vynutí zapojena buď sériově nebo paralelně.

Jednofázové a dvoufázové buzení

Dále se řízení dělí na jednofázové a dvoufázové. Při jednofázovém řízení je buzena jedna cívka (dvojice protilehlých cívek při bipolárním řízení), zatímco při dvoufázovém řízení jsou buzeny shodně orientovaným proudem dvě sousední cívky. Dvoufázovým buzením tedy lze získat vyšší kroutící moment, ovšem za cenu vyšší spotřeby.



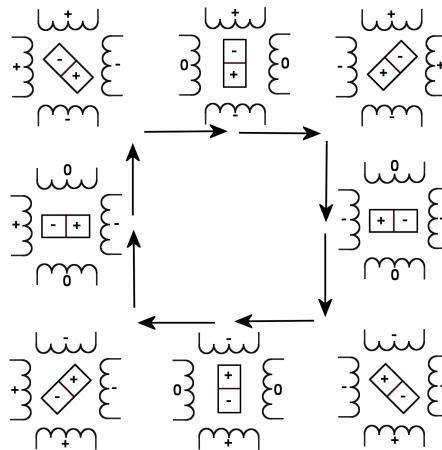
Ilustrace 1: Dvoufázové bipolární ovládání



Ilustrace 2: Jednofázové bipolární ovládání

Řízení s plným a polovičním krokem

U řízení krokových motorů lze také použít řízení s plným nebo polovičním krokem. U řízení s plným krokem při jednom cyklu postupně budíme vynutí ve čtyřech fázích. Při polovičním kroku budíme vynutí v osmi fázích. Pro řízení s plným krokem lze použít jednofázové nebo dvoufázové řízení. Pro řízení s polovičním krokem je použito jednofázové i dvoufázové řízení střídavě najednou.



Ilustrace 3: Bipolární ovládání s polovičním krokem

Mikrokrokování

Počet kroků motoru na otáčku je dán konstrukčně např. na 200 kroků/ot. Motor lze pak natáčet po úhlových krocích $1,8^\circ$. Při dvoufázovém buzení jsou buzeny dvě sousední cívky stejně velkým napětím. Pokud chceme dosáhnout jemnějšího krokování, můžeme budít sousední cívky rozdílnými napěťovými úrovněmi, čímž dosáhneme toho, že budeme moci nastavovat polohu rotoru i mezi dvěma sousedními kroky. Tento způsob klade vyšší nároky na napájecí obvody neboť je vyžadováno více úrovní napájení. Kroky lze zmenšovat libovolně, prakticky však maximálně do 128 tzv. mikrokroků.

3.3.2 Obvody pro řízení krokových motorů

Pro řízení krokových motorů existuje celá řada integrovaných obvodů. Zde jsou uvedeny pouze některé známější.

Integrovaný obvod L298

Tento obvod v sobě obsahuje dva oddělené tranzistorové H-můstky A a B. Samostatně je přiváděno napětí pro logiku a pro výkonovou část. Emitory dolních tranzistorů můstku jsou spojeny a vyvedeny ven. Může k nim být připojen snímací rezistor o malém odporu (doporučeno $0,5 \Omega$) pro potřeby omezování proudu. Jednotlivé tranzistory lze ovládat přes vstupní vývody a lze je také zakázat jedním vývodem Enable. Napětí výkonové části může dosahovat až 46 V, přitom pro ovládání robotu dostačuje napětí 24 V získávané ze dvou sériově zapojených olověných akumulátorů. Důležitým údajem je také maximální přípustný výstupní proud, který je omezen na max. 2 A na kanál. Na výstupu obvodu je nutné zapojit také rychlé ochranné diody. K tomuto obvodu je doporučeno použití IO L297.

Tento obvod samotný je dostačující pro ovládání motorů z mikrokontroléru. Muselo by však být použito výrazně menší napětí, aby nebyly překročeny max. povolené proudy tekoucí přes tranzistorové můstky neboť vinutí motorů. Vinutí motorů může mít dosti malou hodnotu odporu (např. 8Ω). Z toho důvodu, a také z důvodů ochrany motorů před zničením vlivem chyby programátora je vhodnější

použit pro omezování proudu a generování signálů pro výstupní tranzistory integrovaný obvod.

Integrovaný obvod L298

Obvod slouží pro řízení krokových motorů a lze jej s výhodou použít v kombinaci s obvodem L297. Obvod zajišťuje omezování max. proudu pomocí snímání měřících rezistorů na požadované napětí nastavené pomocí vnějších součástek. Součástí obvodu je generátor pulzně šířkové modulace o frekvenci dané oscilátorem s externím nastavením. Obvod zajišťuje správné generování řídicích signálů a převádí ovládání krokového motoru na několik jednodušších signálů a odlehčuje tak zátěži mikrokontroléru. Umožňuje řízení jednofázové i dvoufázové nebo řízení s polovičním krokem. Otáčení motoru je prováděno pomocí vstupu pro signál hodin a jedním ze vstupů lze nastavovat směr otáčení.

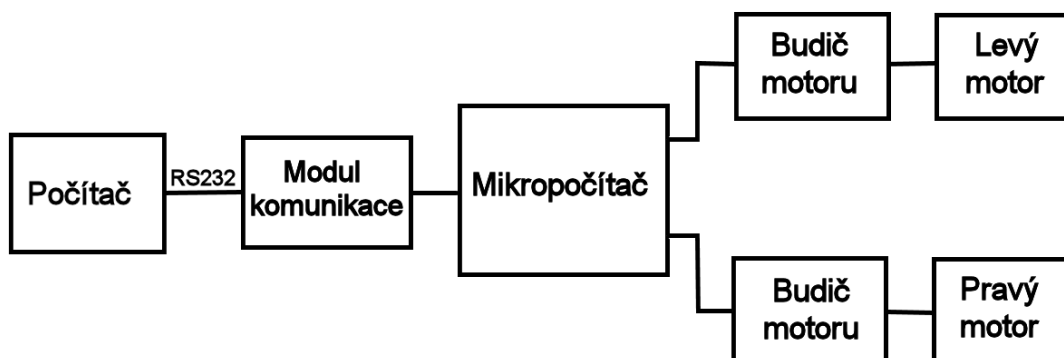
Integrovaný obvod TA8435

Výrobcem obvodu je Toshiba a obvod je určen přímo k bipolárnímu řízení krokových motorů a má v sobě integrovanou řídicí část i výkonovou část v podobě H-můstků. Maximální výstupní napětí 40 V a výstupní proud 1,5 V. Obvod se ovládá se pomocí hodin a nastavení směru otáčení. Na rozdíl od obvodu L298 pracuje s víceúrovňovým buzením a umožňuje čtyři režimy s využitím mikrokrovoání. Budící signál je pak v čase tvořen dvěma posunutými sinusovkami. Režimy jsou základní dvoufázové buzení, buzení s polovičním krokem, čtvrtinovým a osminovým krokem.

4. ELEKTRONIKA

Řídící jednotka pro ovládání krokových motorů je navržena modulárně. Díky tomu je možno měnit či rozšiřovat zapojení bez nutnosti přepracování celého zapojení a výroby nové desky. To je výhodné především ve výzkumném prostředí. Pokud by se jednalo komerčně prodávaný výrobek, bylo by žádoucí minimalizovat výrobní náklady a spojit všechny subsystémy na jednu desku.

Mikropočítač je připojen k počítači přes sériovou linku. Ovšem stejně tak může být připojen k dalšímu mikropočítači.



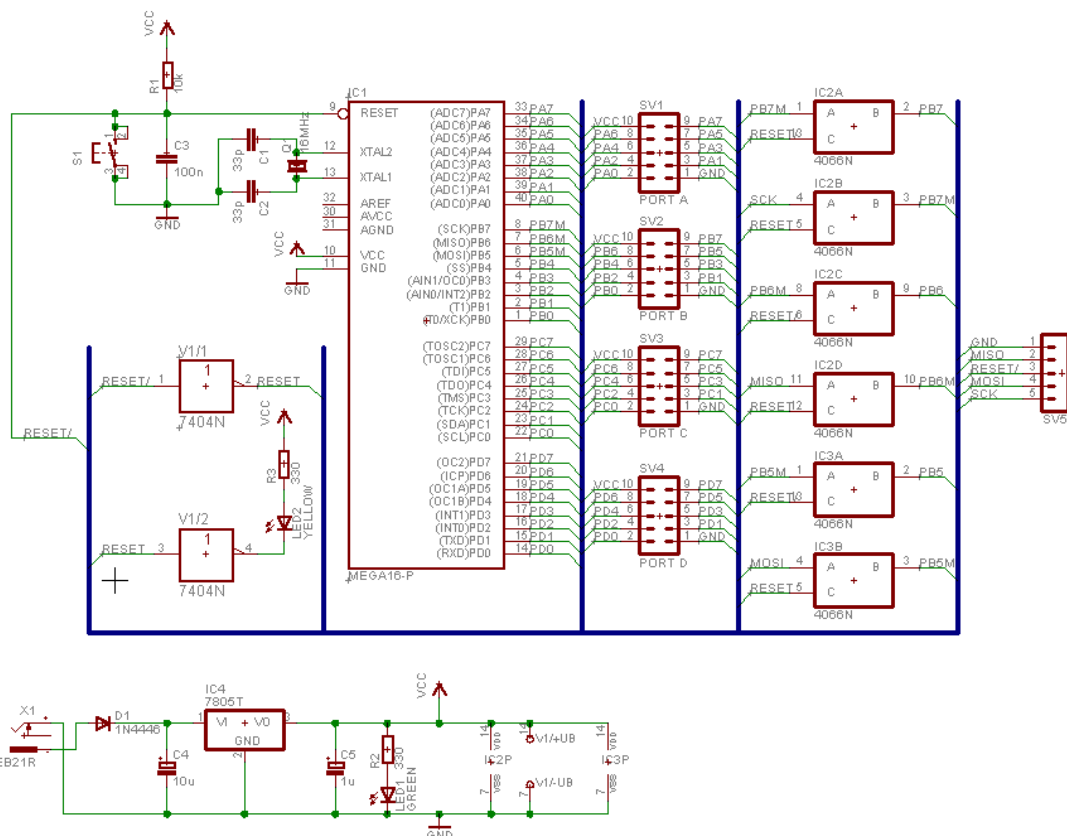
Ilustrace 4: Blokové schéma zapojení

4.1 DESKA MIKROKONTROLÉRU

Deska obsahuje mikrokontrolér ATmega16 vyráběný firmou Atmel a je navržena jako univerzální se všemi čtyřmi osmibitovými porty vyvedenými pro externí použití. Mikrokontrolér disponuje funkcí ISP (In-system programming), díky které je možné programovat vnitřní FLASH paměť přímo na desce s použitím jednoduchého programátoru využívajícího paralelní port počítače (LPT). K programování je využita sběrnice SPI (Serial Peripheral Interface). Aby bylo možné používat všechny piny mikrokontroléru pro uživatelské aplikace, jsou piny používané k programování vedeny přes obvod CMOS 4066 obsahující analogové spínače. Pokud je programátor aktivní, jsou vývody připojeny na paralelní port. V

opačném případě jsou přivedeny na konektor portu a je možné využívat celý 8-bitový port. Díky tomu nejsou piny s funkcí SPI sběrnice blokovány programátorem.

Frekvence mikrokontroléru je 16 MHz, obsahuje 16 KB FLASH paměti, 512 bajtů EEPROM paměti a 1KB paměti SRAM. Architektura vychází z procesoru 8051 a je rozšířena o další pokročilé funkce.

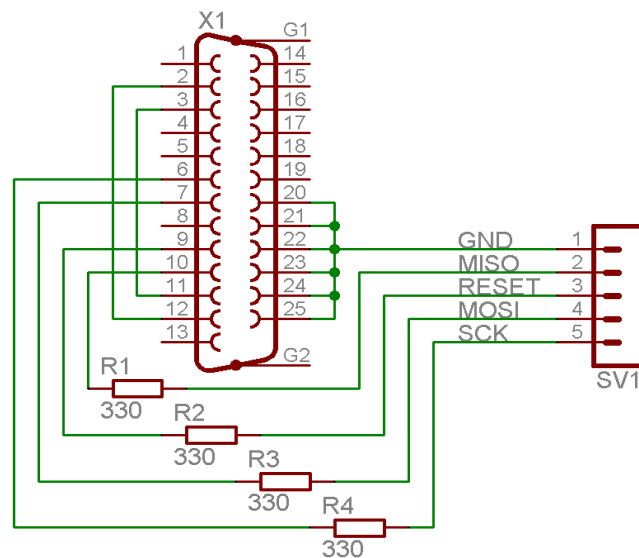


Ilustrace 5: Schéma zapojení hlavní desky

Napájení desky je vedeno z konektoru přes stabilizátor na 5 V. Desku je tedy výhodné připojit na napětí 12 V, které lze získat na výstupu ATX zdroje.

4.2 PROGRAMÁTOR

Programátor je velmi jednoduchý a k programování vnitřní FLASH paměti využívá SPI sběrnici a paralelní port počítače. K programování je použit software PonyProg2000. Rezistory programátoru lze vtěsnat do konektoru paralelního portu ke kabelu. Schéma zapojení bylo převzato z [6].



Ilustrace 6: Schéma zapojení programátoru

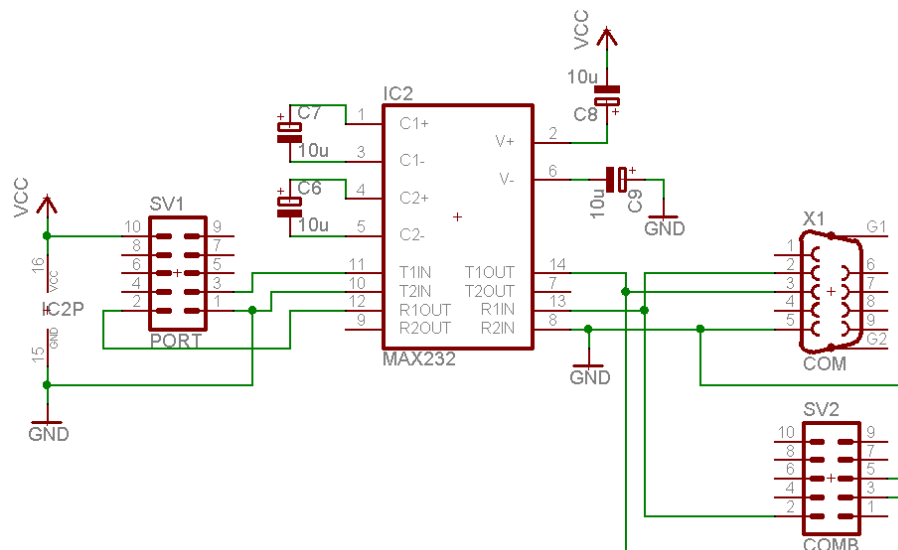
4.3 SÉRIOVÁ KOMUNIKACE

Modul sériové komunikace slouží k propojení mikrokontroléru s počítačem přes rozhraní RS232. Zapojení obsahuje klasický integrovaný obvod MAX232 (katalogový list [7]) a je zapojen podle obvyklého zapojení. Přes tuto sériovou linku počítač zadává povely pro změnu rychlosti motorů. K řízení motorů je použit jednoduchý protokol, který je popsán v kapitole o softwarové implementaci.

Na tomto modulu je vyveden devíti-kolíkový konektor CAN9. Ten však není nutné osadit, protože na použité základní desce je jeden ze dvou sériových portů vyveden na pinech přímo na základní desce. K propojení je pak výhodnější použít plochý kabel typu AWG s konektory typu PFL. Význam jednotlivých pinů je převzat z katalogu k vybrané základní desce [10] a je uveden v tabulce.

Číslo pinu	Popis
1	DCD
2	RXD
3	TXD
4	DTR
5	GND
6	DSR
7	RTS
8	CTS
9	RI
10	Nepřipojen

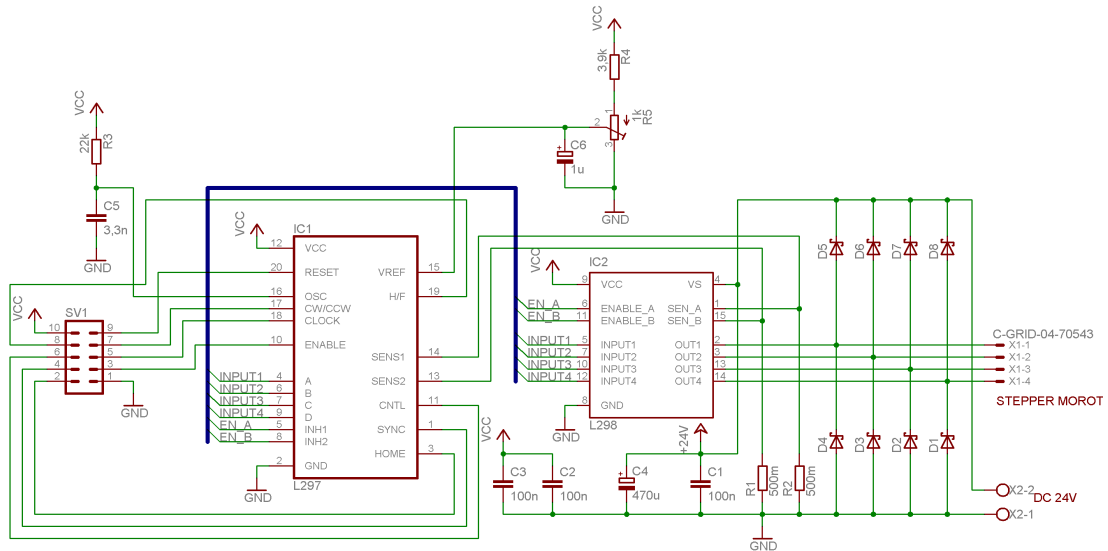
Tabulka 2: Význam pinů sériového konektoru



Ilustrace 7: Schéma zapojení modulu sériové komunikace

4.4 BUDIČ KROKOVÝCH MOTORŮ

Budiče krokových motorů jsou postaveny na běžně dostupných integrovaných obvodech L298 a L297. Pro každý motor je použit jeden budič.



Ilustrace 8: Schéma zapojení budiče motoru

Obvod L298 obsahuje tranzistorový můstek a je určen k bipolárnímu buzení jednoho krokového motoru. Umožňuje průchod max. proudu 2 A. Motory jsou napájeny napětím 24 V, které je přivedeno z dvou olověných akumulátorů zapojených v sérii. Na výstupu je nutno použít rychlé diody. Dále pak dostatečně velký pasivní chladič nebo menší pasivní chladič a aktivní chlazení ventilátorem pro dostatečný odvod tepla z obvodu L298.

Obvod L297 slouží ke generování budících signálů do jednotlivých vynutí motoru a k omezení max. procházejícího proudu podle nastavení referenčního napětí V_{ref} . Všechny řídicí signály pro ovládání motorů jsou vedeny standardním konektorem na porty mikrokontroléru. Díky tomu je možno ovládat rychlost otáčení motoru, směr otáčení a přepínání mezi plným a polovičním krokem. Referenční napětí lze nastavovat v rozsahu 0 až 1 V, což umožňuje nastavovat max. proud vinutím na 0 až 2A.

4.5 NAPÁJENÍ SYSTÉMU

Tento subsystém zajišťuje dodávku energie ostatním modulům. Bylo požadováno jednoduché provedení s externím nabíjením přes stabilizovaný zdroj s

proudovým omezením. Přesto se nabízí varianta, při které by se napájení chovalo jako nepřerušitelný zdroj napájení UPS s automatickým dobíjením.

4.5.1 Varianta 1 – nabíjením externím zdrojem

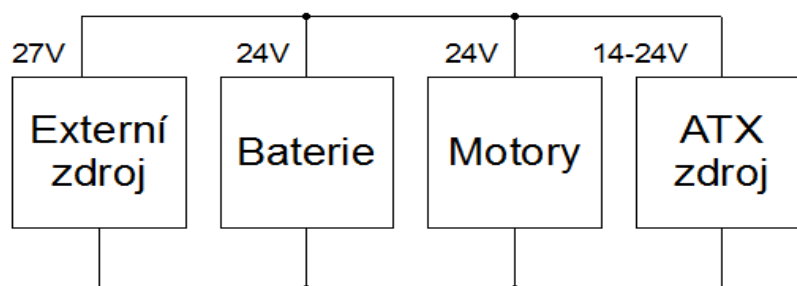
Toto je nejjednodušší varianta, která využívá faktu, že většina škol má k dispozici nějaký stabilizovaný zdroj s proudovým omezením. Pak při dobíjení stačí připojit externí zdroj, nastavit požadované nabíjecí napětí a proud a nechat nabíjení běžet určitý čas.

Výhody:

- Nabíječka nemusí být umístěna uvnitř robotu
- Jednoduché a levné řešení, není potřeba další elektronika

Nevýhody:

- Obsluha musí mít znalosti o způsobu nabíjení
- Je potřeba externí stabilizovaný zdroj
- Je nutno kontrolovat dobu nabíjení

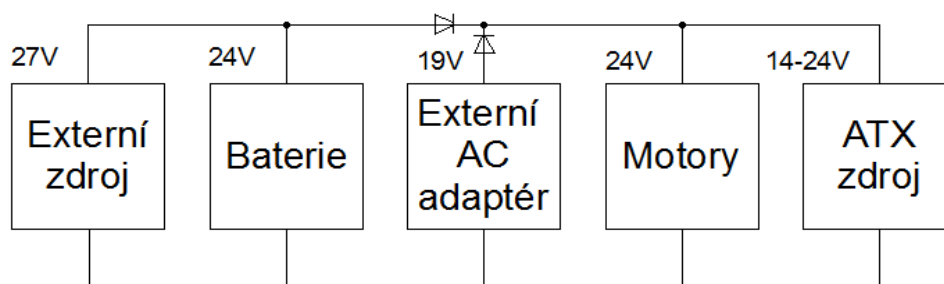


Ilustrace 9: Varianta 1

4.5.2 Varianta 2 – s externím AC adaptérem

V tomto případě by ke každému robotu byl zakoupen AC adaptér, který převádí střídavé síťové napětí 230 V na stejnosměrné napětí 19 V. Jedná se o běžně dostupné napájecí adaptéry k notebookům. Jejich výkon se pohybuje 40 do 150 W.

Pro tento robot by postačoval adaptér o výkonu 120 W. Jelikož AC adaptér je externí, je splněn požadavek absence síťového napájení 230 V uvnitř robotu.



Ilustrace 10: Varianta 2

Výhody:

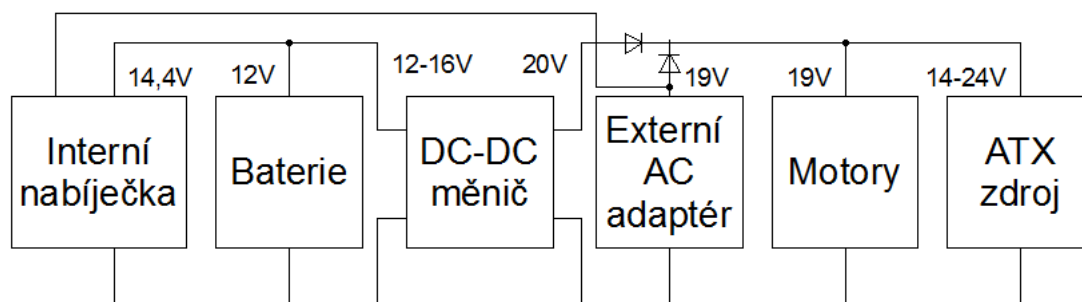
- Robot lze provozovat bez zátěže baterií při napájení ze sítě. Lze tak např. ladit program přímo v jeho počítači nebo testovat chování robotu během nabíjení.

Nevýhody:

- Napájen je pouze počítač a motory. Neprovádí se dobíjení baterií.

4.5.3 Varianta 3 – Automatické dobíjení

V tomto případě je v robotu obsažena také nabíječka olověných akumulátorů a při připojení síťového napájení přes AC adaptér se spouští automaticky také nabíjení baterií.



Ilustrace 11: Varianta 3

Nabíječku by bylo možné zkonstruovat dle návodu [8]. Místo dvou sériově řazených akumulátorů by byly použity dva akumulátory zapojené paralelně. Napětí pro nabíječku by bylo přiváděno z AC adaptéru a dobíjení by řídil integrovaný obvod. Při dobíjení by bylo nutno odpojit od baterie zátěž, což lze zajistit např. pomocí relé. Protože pro provoz počítače a motorů potřebujeme napětí 24V, je potřeba do řetězce zařadit DC-DC měnič. Tyto měniče se vyrábí pro použití v automobilech a jsou dostupné i v požadovaném výkonu 120W. Měnič však nemá 100% účinnost, a proto u něj bude docházet k určitým ztrátám výkonu.

Tímto by bylo zajištěno automatické dobíjení i provoz ze sítě.

Výhody:

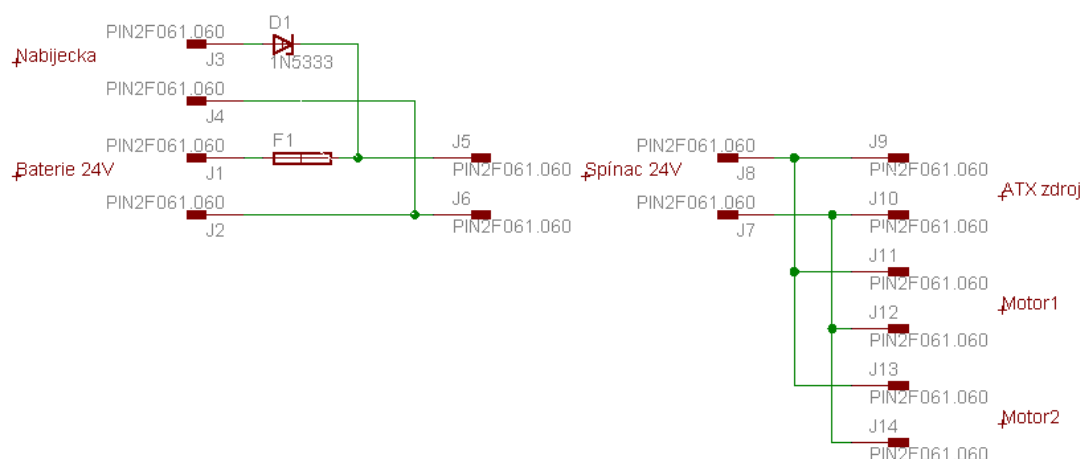
- Kompletní řešení s jednoduchou obsluhou
- Inteligentní nabíječka zajišťuje větší životnost akumulátorů

Nevýhody:

- Vyšší cena. Robot obsahuje nabíječku a DC-DC měnič.
- Výstupní napětí DC měniče je méně než 24 V.

4.5.4 Realizace

Pro svou jednoduchost byla provedena byla varianta 1.



Ilustrace 12: Napájecí rozvod

Baterie jsou připojeny přímo k externímu konektoru pro nabíjení. Díky tomu je možné baterie nabíjet i pokud je zbylá část vypnuta hlavním spínačem. Nabíjení je možné provádět i pokud je počítač zapnutý. Jelikož spotřeba počítače může být vyšší než možnosti stabilizovaných zdrojů, které mají většinou proudové omezení do 2 A, slouží pak externí stabilizovaný zdroj jako pomocný zdroj, který odlehčí zátěž bateriím. Baterie jsou chráněny tavnou pojistkou, která by měla být umístěna co nejbližší samotným bateriím. Zde je umístěna přímo na desce plošného spoje, ale je možné ji také vyvést na venkovní panel pro případ výměny. Napájecí vstup od nabíjecího zdroje je chráněn ochranou diodou, protože venkovní kabel je ukončen banánky, které by se mohly nedopatřením zkratovat nebo také přepólovat. Uprostřed schématu jsou umístěny konektory pro spínač umístěný na panelu. Je vhodné použít spínač pro stejnosměrné napětí 24 V s konektory faston a a podsvětlením. Konektory typu faston jsou použity také pro vývody z baterií a pro všechny vývody této desky napájení systému. V pravé části schématu jsou vyvedeny konektory pro napájecí zdroj ATX a oba motory. Je nutné použít vodiče s dostatečným průměrem, které dokáží s rezervou zvládnout potřebné proudy.

Součást	Min. Napětí [V]	Max. Napětí [V]
ATX zdroj	14	24
Baterie	22	27
Nabíječka	24	30
Motor 1 a motor 2	5	46

Tabulka 3: Předpokládaná povolená napětí jednotlivých komponent

5. SOFTWARE

Softwarová část se skládá s programu pro mikrokontrolér a programu pro řídicí počítač, který lze dále rozdělit na knihovnu a testovací aplikaci.

5.1 POPIS PROGRAMU MIKROKONTROLÉRU

5.1.1 Komunikační protokol

Pro zasílání řídicích povelů z počítače do mikrokontroléru byl sestaven jednoduchý protokol. Data jsou zasílány po bajtech po sériové lince.

5.1.1.1 Bezpečnostní opatření

Při práci s robotem by mohlo dojít k různým kritickým situacím při selhání některého subsystému. Robot musím mít např. vyveden na panelu hlavní vypínač tak, aby jej bylo možné rychle a snadno vypnout. Jelikož jde o jednoduchou školní pomůcku, stačí zajistit pouze některé základní bezpečnostní prvky.

Cyklické zasílání údajů o rychlosti

Při přenosu dat sériovou linkou může dojít k chybě. Díky tomu by mohl být zaslán nesprávný údaj o rychlosti motoru. Tento problém lze řešit např. přidáním detekčního nebo i opravného kódu ke každé zprávě. V tomto případě lze problém řešit cyklickým zasíláním údajů o rychlosti s definovanou malou periodou. Zde použitá perioda je $T = 20$ ms. Pokud je nějaký údaj zaslán chybně, bude dostatečně rychle opakován.

Automatické zastavení motorů

Tento postup zajišťuje automatické zastavení motorů při zaseknutí počítače a nebo při přerušení sériové linky. Pokud během definovaného časového úseku nepříjde ani jeden příkaz o rychlosti motorů, předpokládá se, že se ovládání z počítače zablokovalo a nastaví se nulová rychlost, což způsobí náhle zastavení robotu.

5.1.1.2 Seznam povelů

NoOperation (0) – Neprovádí žádnou akci. Jelikož všechny povelý jsou maximálně tříbajtové, používá se pro inicializaci komunikace sekvence třech těchto povelů.

MotorSpeed1 (1) – Nastavuje rychlost otáčení motoru 1. Za tímto povelém následují dva bajty v pořadí dolní a horní polovina typu ShortInt (16-bit hodnota se znaménkem). Tento parametr určuje periodu časovače pro motor 1. Hodnota 0 má speciální význam zastavení motoru.

Motor1Enabled (2) – Povoluje (jednobajtový parametr nastaven na 1) nebo zakazuje (parametr na 0) otvírání výstupních tranzistorů. Pokud je tento stav vypnut, motory jsou ve stavu volnoběhu.

Motor1HalfStep (3) – Nastavuje poloviční krok pro řízení motoru.

SetBaudRate (4) – Nastavuje přenosovou rychlost sériové linky. Rychlost je potřeba změnit nejdříve tímto povelém v mikrokontroléru a pak následně i v počítači.

Motor1OutputLines (5) – Tento povel ovládá signál CONTROL obvodu L297. Když je v nízké úrovni, tak obvod pracuje s výstupy INH1 a INH2, když je na vysoké úrovni, tak ovládá linky ABCD.

MotorSpeed2 (6) , **Motor1Enabled** (7), **Motor1HalfStep** (8), **Motor1OutputLines** (9) – tyto povelý mají stejný význam jako dříve popsané povelý, ale vztahují se k druhému motoru.

MotorsEnable (10) - Zapíná a vypíná oba motory najednou.

5.1.2 Popis programu mikrokontroléru

Pro programování zvoleného mikrokontroléru ATmega16 byl použit jazyk C a knihovny, které byly součástí balíku WinAVR. Pro programování bylo použito prostředí AVR Studio a pro přenos programu do mikrokontroléru program PonyProg2000.

Integrovaný obvod mikrokontroléru má vyvedeno 40 vývodů a vyvedeny jsou všechny čtyři 8-bitovými porty. Port A je použit pro jeden motor, port B pro druhý motor a port D (dva bity) je použit pro sériovou komunikaci.

Program se skládá z následujících částí:

Inicializace sériové linky – Obsahuje nastavení parametrů sériové linky jako je přenosová rychlost a povolení přerušení.

Obsluha přerušení sériové linky – Tato část zajišťuje vyhodnocení přijímaných dat pomocí stavového automatu. Index přijatého bajtu povelu je uložen v proměnné CommandDataIndex a číslo povelu v proměnné Command.

Inicializace časovače – Je použit 16-bitový časovač Timer 1 a je nastaven tak, aby čítal v celém 16-bitovém rozsahu. To je výhodné právě proto, aby bylo možné vytvářet hodinový signál pro oba motory samostatně. Oba motory pak mají své vlastní přerušení, které je spouštěno přes funkci Output Compare A a B.

Obsluha přerušení od časovače pro OC1A a OC1B – Obstarává přímo zasílání signálů do obvodu L297. Požadovaná perioda je pak zajištěna postupným přičítáním požadované periody k registrům OCR1A a OCR1B. Jelikož čítač běží v cyklu v rámci celého 16-bitového rozsahu, lze generovat nezávisle dvě periody v rozsahu délky 1 – 65535 násobků jednoho pulzu čítače. Perioda přenášená komunikačním protokolem je však 16-bitová se znaménkem určujícím směr otáčení motoru. Proto největší délky periody může být 32736 taktů čítače. Dobu jednoho taktu lze spočítat ze vztahu (1) a zde byla zvolena 8 μ s. Rozsah periody čítačů pro motory se pak může pohybovat v rozmezí <8 μ s, 262 ms>. Nulovou rychlost by pak bylo nutno nastavit

pomocí nekonečné periody, což je nerealizovatelné. Proto se zastavení otáčení realizuje vypnutím generování hodin pro obvod L297. Otáčky se pak pohybují v rozmezí $\langle 0,019; 625 \rangle$ ot/s. Při polovičním kroku je nutno interval otáček podělit dvěma.

Obsluha přerušení přetečení časovače – Časovač 1 je také použit pro generování periody pro bezpečnostní zastavení motorů při přerušení komunikace z počítače. Využito je přerušení od přetečení časovače, což znamená, že délka periody je max. rozsah čítače násobený délkou jednoho impulsu což je 8 μ s. Dostáváme periodu 524 ms. Za tuto dobu lze přijmout až 26 povelů nastavení rychlosti s periodou opakování 20 ms. Přitom motory jsou zastaveny až v případě, kdy počet přijmutých povelů je nulový a nebo pro zrychlení doby reakce odpojení, pokud poklesne pod určitou mez např. deset povelů za interval.

Hlavní nekonečná smyčka – V hlavní smyčce jsou nastaveny výstupní bity portů, zavolány inicializační funkce. Běh programu je dále zachycen v nekonečné smyčce, neboť řídicí funkce jsou vykonávány pomocí přerušení.

5.2 TESTOVACÍ APLIKACE

Aby bylo možné pohyb robotu reálně zkoušet, byla vytvořena testovací aplikace. Ta je napsána v prostředí Turbo Delphi [1], které lze používat zdarma.

5.2.1 Popis ovládání programu

Okno programu je rozděleno do několika částí:

- Motor 1 a 2

Ovládací prvky jsou stejné pro oba motory. Pomocí zaškrtačacího rámečku **Volnoběh** lze deaktivovat ovládání motorů. Políčkem **Poloviční krok** lze přepnout ovládání motoru z normálního na ovládání s polovičním krokem. **Řízení výstupních linek** přepíná mezi přímým ovládáním tranzistorů v můstku nebo mezi ovládáním přes signály ENABLE. Jsou zde také zobrazeny

údaje o aktuální rychlosti otáčení motoru v jednotkách kroků za minutu, otáček za sekundu a otáček za minutu. Dále je zde zobrazen údaj o velikosti periody časovače mikrokontroléru určující rychlost otáček. Posuvníkem lze měnit velikost periody a směr otáčení. Tlačítkem **Stop** je nastavena nulová poloha.

- Podvozek

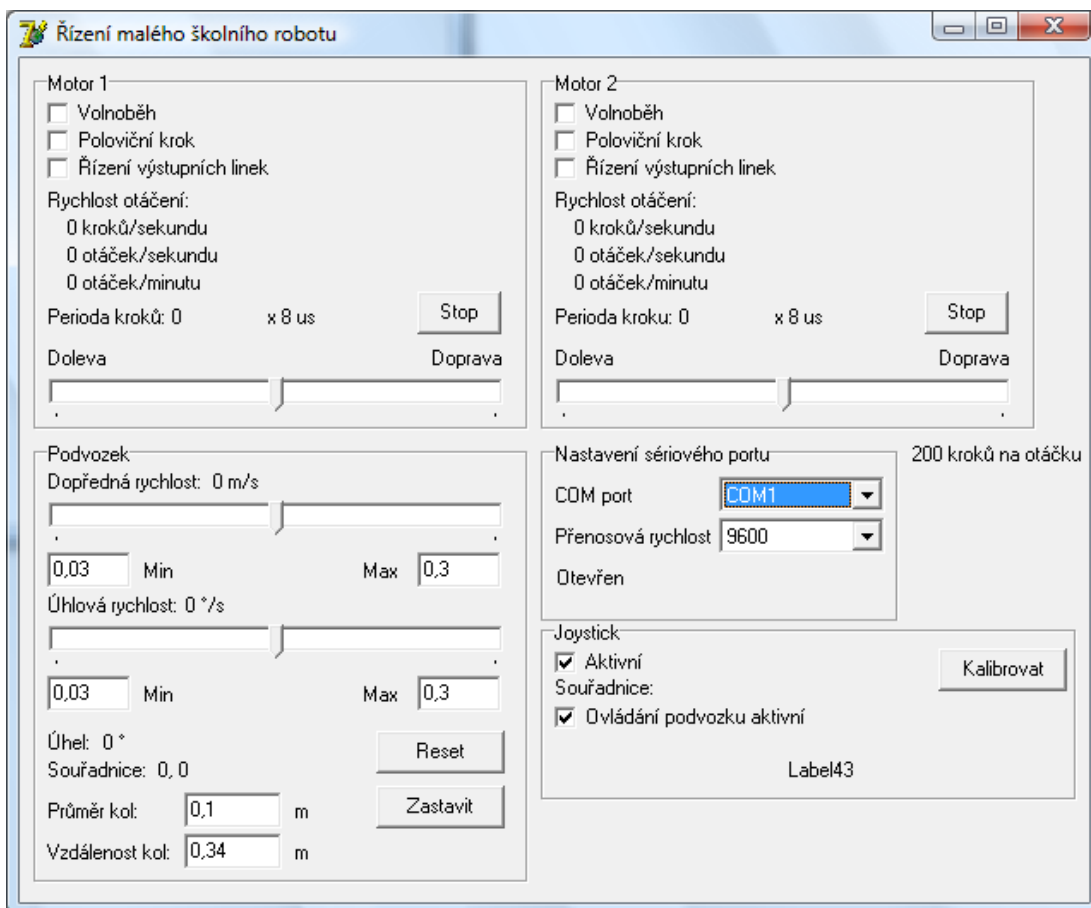
Údaj **Dopředná rychlost** zobrazuje rychlost pohybu vpřed v m/s. Posuvníkem umístěným níže lze tuto rychlost měnit v rozsahu hodnot Min a Max uvedených pod posuvníkem. Podobně lze ovládat **Úhlovou rychlost**. Dále je zde zobrazena informace o aktuálním **Úhlu** a **Souřadnicích**. Tyto údaje jsou zjišťovány na základě rychlosti a směru pohybu podvozku a nulovou pozici lze nastavit tlačítkem **Reset**. Je také možné nastavit parametry podvozku jako **Průměr kol** a **Vzdálenost kol**, které jsou použity při přepočtu mezi rychlostí celého diferenciálního podvozku a rychlostmi jednotlivých kol. Tyto parametry jsou ukládány do registrů systému. Tlačítkem **Zastavit** jsou nastaveny rychlosti na nulu.

- Nastavení sériového portu

V této části lze vybrat číslo používaného sériového portu pro zaslání povelů. Je zde také možno nastavit **Přenosovou rychlost**. Zda se podařilo port otevřít je signalizováno stavem **Otevřen** nebo **Zavřen**.

- Joystick

Tato sekce slouží k nastavení ovládní pomocí joysticku. Položka **Aktivní** zapíná čtení souřadnic z joysticku. Položka **Ovládní podvozku aktivní** určuje, zda je použita poloha joysticku k řízení dopředné a otáčivé rychlosti. Tlačítkem **Kalibrovat** lze spustit kalibrační sekvenci pro zjištění rozsahů použitého joysticku. Nejprve je provedena kalibrace středu a následně po potvrzení dialogu je prováděna kalibrace rozsahů v osách x a y.



Ilustrace 13: Okno aplikace

5.3 POPIS ZDROJOVÉHO KÓDU

Zdrojový kód se skládá z následujících souborů:

UMainForm.pas – tato jednotka obsahuje hlavní formulář TMainForm a slouží jako demonstrační a testovací aplikace.

UPositionDisplayForm.pas – v této jednotce je obsaženo okno zobrazující graficky trajektorii pohybu robota.

UStepperMotor.pas – všechny hlavní funkce jsou umístěny v této jednotce, která slouží jako rozhraní pro ovládání robota. Tuto jednotku lze využít pro sestavení vlastní aplikace využívající tento robot.

Dále jsou použity cizí komponenty:

Joystickex – komponenta obstarávající ovládání joystickem. Obsaženy jsou funkce pro získání polohy joysticku, stavu tlačítek a kalibrace.

CommPort – zajišťuje práci se sériovým portem přes API operačního systému. Umožňuje nastavovat všechny související parametry a obsahuje také vyrovnávací paměť pro přenášená data.

5.3.1 Popis jednotky UStepperMotor

Tato jednotka tedy slouží jako knihovna pro další aplikace, které budou využívat tento robot. Jednotka obsahuje několik abstraktních tříd, které zajišťují patřičné funkce na jednotlivých úrovních.

5.3.1.1 Třída TMotorControlProtocol

```
TMotorControlProtocol = class
private
    FStepPeriod: SmallInt;
    procedure TimerExecute(Sender: TObject);
    procedure RealSetMotorStepPeriod(Period: SmallInt);
public
    Timer: TTimer;
    CommPort: TCommPort;
    MotorNumber: TMotorNumber;
    procedure Init;
    procedure NoOperation;
    procedure SetBaudRate(NewBaudRate: LongWord);
    procedure SetMotorStepPeriod(Period: SmallInt);
    procedure SetMotorFreeWheel(Enabled: Boolean);
    procedure SetMotorHalfStep(Enabled: Boolean);
    procedure SetMotorOutputLines(Enabled: Boolean);
    procedure SetMotorsEnable(Enabled: Boolean);
    constructor Create;
    destructor Destroy; override;
end;
```


Tato třída nejnižší úrovně definuje funkce použitého komunikačního protokolu. Jednotlivé povely lze volat přímo pomocí procedur a funkcí programovacího jazyku Delphi bez nutnosti starat o sestavování jednotlivých datových bajtů protokolu. Seznam příkazů protokolu je uložen v typu TDriverCommand a přetypováním na Integer je převádí abstraktní textový název na číslo povelu. V seznamu povelů jsou zdvojené povely pro ovládání motoru. Třída obsahuje proměnnou MotorNumber, která obsahuje číslo ovládaného motoru v rozsahu 0..1. Podle tohoto indexu jsou pak rozlišeny příkazy pro oba motory. Povely související s ovládáním motoru jsou obsaženy samostatně v typu TSingleMotorCommand a převádí se na typ TDriverCommand přes konstantní pole MotorDriverCommands.

Třída také zajišťuje periodické zasílání rychlosti motoru s periodou StepPeriodRefreshInterval. O tuto funkci se stará časovač Timer.

Je zde také implementována procedura Init, která zasílá tři povely NoOperation.

5.3.1.2 Třída TStepperMotor

```
TStepperMotor = class
private
    FMotorControlProtocol: TMotorControlProtocol;
    FSpeedDivider: Integer;
    FStepPeriod: SmallInt;
    FHalfStep: Boolean;
    FFreeWheel: Boolean;
    FOutputLines: Boolean;
    FOnChange: TNotifyEvent;
    procedure SetStepPeriod(const Value: SmallInt);
    function GetRevolutionsPerSecond: Real;
    procedure SetRevolutionsPerSecond(const Value: Real);
    procedure SetStepsPerSeconds(const Value: Real);
    function GetStepsPerSeconds: Real;
    procedure SetFreeWheel(const Value: Boolean);
    function GetCommPort: TCommPort;
```

```
procedure SetCommPort(const Value: TCommPort);
function GetMotorNumber: TMotorNumber;
procedure SetMotorNumber(const Value: TMotorNumber);
procedure SetHalfStep(const Value: Boolean);
procedure SetOutputLines(const Value: Boolean);
function GetSpeed: Real;
procedure SetSpeed(const Value: Real);
procedure SetMotorsEnabled(const Value: Boolean);
public
  MinRevolutions: Real;
  MaxRevolutions: Real;
  StepsPerRevolution: Integer;
  BasicPeriod: Real;
  WheelDiameter: Real;
  ReverseSpeed: Boolean;
  constructor Create;
  destructor Destroy; override;
  property MotorControlProtocol: TMotorControlProtocol read
FMotorControlProtocol;
  property CommPort: TCommPort read GetCommPort write SetCommPort;
  property MotorNumber: TMotorNumber read GetMotorNumber write
SetMotorNumber;
  property StepPeriod: SmallInt read FStepPeriod write
SetStepPeriod;
  property FreeWheel: Boolean read FFreeWheel write SetFreeWheel;
  property HalfStep: Boolean read FHalfStep write SetHalfStep;
  property OutputLines: Boolean read FOutputLines write
SetOutputLines;
  property RevolutionsPerSecond: Real read GetRevolutionsPerSecond
write SetRevolutionsPerSecond;
  property StepsPerSeconds: Real read GetStepsPerSeconds write
SetStepsPerSeconds;
  property Speed: Real read GetSpeed write SetSpeed;
  property MotorsEnabled: Boolean write SetMotorsEnabled;
  property OnChange: TNotifyEvent read FOnChange write FOnChange;
end;
```

Tato třída reprezentuje již jeden samostatný krokový motor a schovává tak komunikační protokol do abstraktnější struktury. Před použitím je potřeba nastavit parametry motoru. *MinRevolution* a *MaxRevolution* určují rozsah možných otáček motoru v m/s. *StepsPerRevolution* definuje počet kroků na jednu otáčku a jeho hodnota bývá často 200. Vlastnost *BasicPeriod* určuje základní dobu trvání jednoho taktu čítače mikrokontroléru. Takt čítače je určen následujícím vztahem:

$$BasicPeriod = \frac{2 \cdot PrescalerDivder}{f_{CPU}} [s] \quad (1)$$

Zvolený procesor ATmega16 je taktován na frekvenci 16 MHz a předdělička je nastavena na 64, proto je implicitní hodnota nastavena na 8 μ s.

Parametr *WheelDiameter* určuje průměr kola v metrech. *ReverseSpeed* zapíná inverzi otáčení kola což je výhodné u diferenčního řízení, kde jsou kola mechanicky upevněna v jedné ose tak, že směr rotace obou kol je navzájem opačný.

Vlastnost *FreeWheel* přepíná motor do stavu volnoběhu, kdy vinutí není napájeno. *HalfStep* aktivuje režim polovičního kroku a nastavuje vnitřní proměnnou *SpeedDivider* na hodnotu 2 při stavu *True* nebo na hodnotu 1 při stavu *False*. Vlastnost *StepPeriod* je přepočtena, tak aby se aktuální rychlost nezměnila a bylo pouze ovládání přepnuto na jemnější krok. Význam vlastností *OutputLines* a *MotorsEnabled* je vysvětlen v popisu komunikačního protokolu.

Rychlost otáčení motoru lze nastavit přes více vlastností. *StepPeriod* určuje přímo periodu jednoho kroku v násobcích hodnoty *BasicPeriod*. *StepsPerSecond* je přepočítáváno na *StepPeriod* vztahem:

$$StepPeriod = \frac{1}{BasicPeriod \cdot StepsPerSecond \cdot SpeedDivider} [s] \quad (2)$$

Další možností nastavení rychlosti je v otáčkách za sekundu *RevolutionsPerSecond*. Přepočet na *StepsPerSecond* je následující:

$$\text{StepsPerSecond} = \text{RevolutionsPerSecond} \cdot \text{StepsPerRevolution} \quad (3)$$

Nejabstraktnější nastavení rychlosti lze provádět přímo přes vlastnost Speed, která určuje uraženou dráhu za jednotku času a je přepočítávána na hodnotu StepsPerSecond následujícím vztahem:

$$\text{RevolutionsPerSecond} = \frac{\text{Speed}}{\pi \cdot \text{WheelDiameter}} [s^{-1}] \quad (4)$$

Možné je také obsloužit událost OnChange, která je volána při každé změně rychlosti a lze ji použít např. pro zobrazování okamžité rychlosti v okně.

5.3.1.3 Třída TDifferentialDrive

```
TDifferentialDrive = class
private
    FWheelsDiameter: Real;
    FOnMove: TNotifyEvent;
    FOnChange: TNotifyEvent;
    FSpeed: Real;
    FAngle: Real;
    FY: Real;
    FX: Real;
    FOmega: Real;
    FTimer: TTimer;
    procedure TimerEvent(Sender: TObject);
    procedure SetWheelDiameter(const Value: Real);
    procedure SetSpeed(const Value: Real);
    procedure SetAllStop(const Value: Boolean);
    procedure SetOmega(const Value: Real);
    procedure ComputeMotorsSpeed;
    procedure ComputeAngleOmega;
    procedure ChangeEvent(Sender: TObject);
public
    WheelsDistance: Real;
```

```
Motors: array[TMotorNumber] of TStepperMotor;  
CommPort: TCommPort;  
constructor Create;  
procedure Reset;  
destructor Destroy; override;  
property X: Real read FX;  
property Y: Real read FY;  
property Angle: Real read FAngle;  
property Speed: Real read FSpeed write SetSpeed;  
property Omega: Real read FOmega write SetOmega;  
property WheelsDiameter: Real read FWheelsDiameter write  
SetWheelDiameter;  
property AllStop: Boolean write SetAllStop;  
property OnMove: TNotifyEvent read FOnMove write FOnMove;  
property OnChange: TNotifyEvent read FOnChange write FOnChange;  
end;
```

Tato třída reprezentuje abstraktní diferenciální podvozek. Obsahuje dva motory, které jsou ovládány podle nastavené dopředné rychlosti a rychlosti rotace. Třída se stará také o zjišťování aktuální polohy v dvourozměrném souřadném systému podle aktuální rychlosti pohybu.

Před použitím třídy je potřeba nastavit správně vzdálenost mezi koly podvozku `WheelsDistance`. Dále je nutné nastavit průměr kol vlastností `WheelDiameter`. Procedura `Reset` nastavuje výchozí nulovou polohu a natočení. Procedura `AllStop` vypíná oba motory najednou přes povel `MotorsEnable`. Vlastnosti `X`, `Y` určují aktuální polohu podvozku v dvourozměrném prostoru v metrech. Vlastnost `Angle` určuje aktuální úhel natočení. Vlastnosti `Speed` a `Omega` určují rychlost dopředného a otáčivého pohybu. Tyto dva parametry jsou přepočítávány na rychlosti kol dle známých vztahů uvedených např. v [4].

$$\begin{aligned}v_1 &= \left(v + \frac{v}{2}\right)\omega \\v_2 &= \left(v - \frac{v}{2}\right)\omega\end{aligned}\tag{5}$$

kde v_1 je rychlost prvního motoru, v_2 je rychlost druhého motoru, v je dopředná rychlost podvozku a ω je otáčivá rychlost.

A opačně podle rychlosti kol lze vypočítat dopřednou a otáčivou rychlost pomocí vztahů

$$\begin{aligned}v &= \frac{(v_1 + v_2)}{2} \\ \omega &= \frac{(v_1 - v_2)}{b}\end{aligned}\tag{6}$$

Souřadnice X, Y a úhel natočení Angle jsou pak počítány jako

$$\begin{aligned}x &= x + \cos(\varphi) \cdot \Delta t \\ y &= y + \sin(\varphi) \cdot \Delta t \\ \varphi &= \varphi + \omega \cdot \Delta t\end{aligned}\tag{7}$$

kde x je X, y je Y a φ reprezentuje Angle.

Časový úsek Δt je pak malý časový element, zde zvolený jako 100 ms. Zmenšováním časového elementu by se snižovala chyba až po chybu danou přesností použitých datových typů a zároveň by rostly výpočetní nároky.

K dispozici jsou také události OnMove a OnChange. Událost OnMove je použita při vykreslování trajektorie robotu a událost OnChange je použita pro aktualizaci údajů na obrazovce.

6. VYBRANÉ ŘEŠENÍ

Zvolené řešení částečně vyplývá z předchozího textu. Komponenty počítače byly vybrány z aktuální nabídky obchodů, a jelikož se výpočetní technika rychle vyvíjí, v budoucnu bude potřeba vybrat jiné aktuálně dostupné komponenty. Základní deska byla vybrána především s ohledem na formát microATX a přítomnost dvou sériových portů a několika USB portů. Procesor byl vybrán s ohledem na vysoký výpočetní výkon a nízkou spotřebu, dále pak kvůli funkci úsporného režimu. Další komponenty jako pevný disk byly vybrány tak, aby měly nízkou spotřebu a malé rozměry. Stejným napětím napájený ATX zdroj i krokové motory byly již dodány v průběhu řešení projektu zadavatelem. Elektronická řídicí část byla navržena modulárně na pět jednostranných desek plošných spojů.

6.1 CENOVÁ KALKULACE

Výběr komponent byl omezen jednak celkovou cenou a dále pak dostupností v českých obchodech. Potřebné díly musí být možné zakoupit v České republice. Proto jde spíše o stavebnici než výrobek ušitý přímo na míru určitým konkrétním požadavkům z robotiky.

Na základě zhodnocení parametrů a průzkumu českého trhu byly vybrány komponenty, které jsou vypsány v následující tabulce. Ceny jsou orientační a byl platné k roku 2006.

Označení komponenty	Orientační cena [Kč]
REDUKCE PRO PŘIPOJENÍ 2.5" HD	100
HDD SEAGATE MOMENTUS 40 GB 2,5" 5400RPM 8MB	1600
MB GIGABYTE K8VM800M K8M800,S754, VGA,AGP,SB,SATA,LAN,mATX	1300
CPU AMD ATHLON 64 3000+ BOX soc754 Venice	3100
DIMM DDR 512MB 400MHZ OEM	1200
ATX zdroj NEXCOM EBK-DX24, 18-24V DC, 80W	1600
2x Akumulátor Pb akku 12V 4.5Ah B-WP 5-12	700
2x motor SX23-1020	6400
Ostatní elektronika	1000
Celkem	17000

Tabulka 4: Ceny použitých komponent

Předpokládaná cena byla stanovena na 20 tisíc Kč. Ovšem součástí této ceny má být také konstrukční provedení. V této tabulce nejsou konstrukční prvky a jejich ceny uvedeny, protože konstrukční část je řešena v rámci jiné práce.

6.2 VYUŽITÍ PŘI VÝUCE

Tento robot bude sloužit pro výzkumné a výukové účely. Je navržen dostatečně levně, aby se snížilo riziko finančních ztrát při jeho poškození během používání nebo rozšiřování. Záměrem je také vyrobit těchto robotů více, díky tomu bude možné, aby se na nich provádělo více odlišných úloh nebo stejná úloha s několika samostatnými skupinkami studentů.

Na těchto robotech bude vhodné řešit řízení pohybu a lokalizaci v prostoru, a to především po softwarové stránce, jelikož samotná platforma již bude připravena, a na použitém počítači lze provádět i náročnější výpočty s využitím běžných programovacích prostředků. Roboty můžou fungovat autonomně nebo řízené bezdrátově z jiného počítače. V obou případech lze využívat i prvky kooperace. Roboty můžou spolupracovat a navzájem mezi sebou komunikovat a vyměňovat si informace nebo naopak mezi sebou soutěžit.

Možné výukové úlohy jsou omezeny konstrukcí podvozku. Robot se může pohybovat pouze po rovných nebo mírně nakloněných plochách. Nemůže tedy překonávat složitější překážky jako jsou schody nebo práh u dveří. Příliš hladká podlaha by zase mohla způsobovat prokluzování kol při prudkých změnách rychlosti a narušení údaje o poloze. Robot je tedy určen k pohybu po vnitřních prostorech budov jako jsou místnosti nebo chodby.

K robotu bude možné podle potřeby připojit libovolné senzory. Ovšem pro potřeby lokalizace a autonomního řízení robotu bude vhodné použít ultrazvukové a optické snímače vzdálenosti, kamery, měřiče polohy pomocí GPS, a další.

7. ZÁVĚR

V této práci bylo cílem navrhnout elektroniku školního robotu. Jelikož jde o výukovou pomůcku, která je určena k použití ve výuce a výzkumu v oblasti mobilní robotiky, byly výrazně omezeny možnosti volby jednotlivých součástí. Systém byl zamýšlen jako jednoduchý, složený z co nejmenšího počtu dílů. Ovšem mnohem výhodnější je pro tyto účely modulární struktura. Změna jedné části pak neznamená výměnu celého systému. Robotika navíc patří mezi relativně rychle se vyvíjející obory díky rozvoji výpočetní techniky a elektrotechniky. Mimo to modulární systém a možnost výměny jednotlivých komponent by umožnilo použít tento robot pro širší skupinu úloh. Modulárně by měla být zaměřena také konstrukce robotu, aby bylo možné např. testovat různé typy motorů a odlišné způsoby řízení.

Tato práce byla dále zkomplikována závislostí na konstrukčním provedení robotu. V průběhu řešení projektu byl k dispozici pouze testovací podvozek a hotový konstrukční návrh byl dokončen až krátce před termínem dokončení projektu. Proto nebyly provedeny různé testy a měření na hotovém robotu jako měření spotřeby a výdrže baterií nebo ověření max. výkonu motorů a pohybových vlastností podvozku. Elektronika byla však zprovozněna a doladěna na testovacím podvozku. Robot ovládaný pomocí joysticku se úspěšně pohyboval po podlaze a jediným výrazným problémem byly přední otáčecí kolečka, která se zadržávala při prudké změně směru, neboť byla určena pro těžší pohyblivé stolky posouvané pomocí větší síly.

Pro další vývoj tohoto školního robotu je doporučeno použití externího AC adaptéru a zajištění inteligentnějšího nabíjení baterií z externího AC adaptéru na principu nepřerušitelného zdroje napájení (UPS). Dále zajištění možnosti měření stavu baterií uvnitř počítače, odhad výdrže a automatické vypnutí počítače aktivováním funkce Režim spánku operačního systému Windows XP.

8. POUŽITÉ ZDROJE

- [1] Vývojové prostředí Turbo Delphi, Borland Software Corporation. Dostupné na internetu: <<http://www.codegear.com/products/turbo/>>
- [2] Katalogový list obvodu L297, STMicroelectronics, 2001. Dostupné na internetu: <<http://www.st.com/stonline/books/pdf/docs/1334.pdf>>
- [3] Katalogový list obvodu L298, STMicroelectronics, 2000. Dostupné na internetu: <<http://www.st.com/stonline/products/literature/ds/1773.pdf>>
- [4] G.W. Lucas: A Tutorial and Elementary Trajectory Model for the Differential Steering systém of Robot Wheel Actuators. Dostupné na internetu: <<http://rosum.sourceforge.net/papers/DiffSteer/DiffSteer.html>>
- [5] ATmega16 8-bit Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash, Atmel Corporation. 242466O–AVR–03/07. Dostupné na internetu: <http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2466.pdf>
- [6] Jerrz Meng: A Simplified AVR ISP Programmer. Dostupné na internetu: <<http://www.qsl.net/ba1fb/>>
- [7] +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers, Maxim, 2006. Dostupné na internetu: <<http://pdfserv.maxim-ic.com/en/ds/MAX220-MAX249.pdf>>
- [8] Michal Slánský, Inteligentní nabíječka Pb akumulátorů. Dostupné na internetu <<http://www.hw.cz/Teorie-a-praxe/Konstrukce/ART1686-Inteligentni-nabijecka-Pb-akumulatoru.html>>.
- [9] AMD: DTX Mechanical Interface Specification [online]. 2007, Publication# 42197, Revision: 1.00. Dostupné na internetu: <http://www.dtxpc.org/_docs/42197-DTX_Specification.pdf>
- [10] Gigabyte Technology Co. Ltd.: GA-K8VM800M / GA-K8VM800M-RH User's manual, 2006. Dostupné na internetu: <http://europe.gigabyte.com/FileList/Manual/motherboard_manual_k8vm800m_2x_e.pdf>
- [11] Specifikace formátů základních desek. Dostupné na internetu: <<http://www.formfactors.org/>>

[12] Hybridní dvoufázové motory řady SX, Microcon. Dostupné na internetu:
<<http://www.microcon.cz/pdf2007/14-18.pdf>>

9. SEZNAM PŘÍLOH

A - Popis obsahu přiloženého CD

B - Schémata zapojení jednotlivých desek

Příloha A

Obsah přiloženého CD

Elektronika jednoduchého školního robotu.odt - tento dokument ve formátu OpenOffice Writer

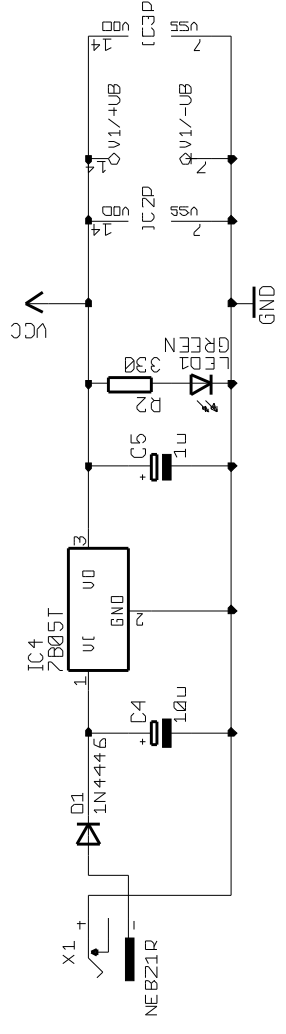
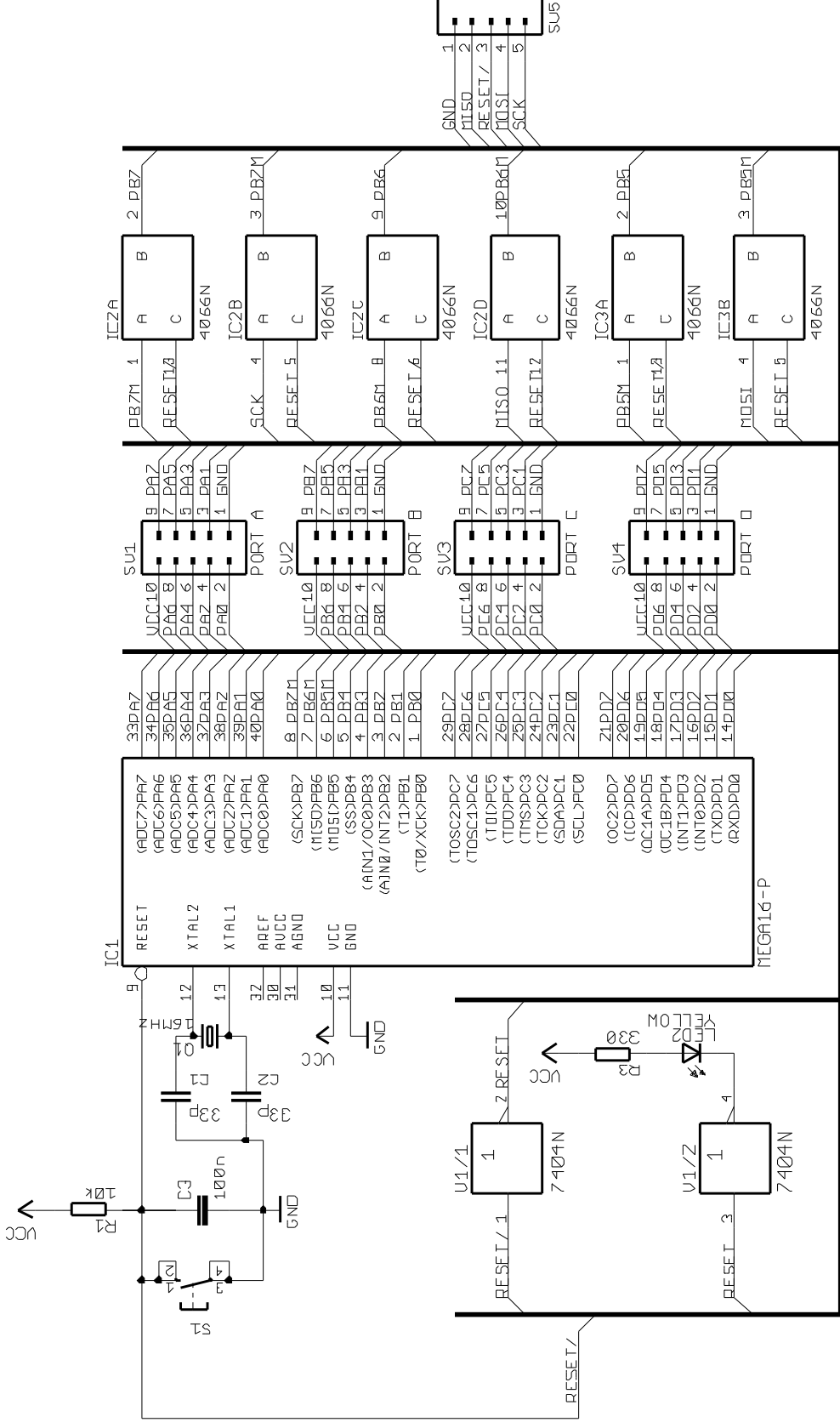
Elektronika jednoduchého školního robotu.pdf - stejný dokument ve formátu PDF

Návrhová schémata elektroniky - tato složka obsahuje jednotlivá schémata a navržené desky v návrhovém systému EAGLE ve verzi 4.16 lite.

Řídicí program mikrokontroléru - složka obsahu program pro mikrořadič ATmega16 a další soubory potřebné pro otevření v programu AVR studio.

Testovací aplikace v Delphi - Tato složka obsahuje samotnou testovací aplikaci jejíž součástí je také knihovna funkcí. Dále dvě podsložky použitých komponent CommPort a HGJoystickEx.

Zdroje - složka obsahuje různé katalogové listy související s tímto projektem



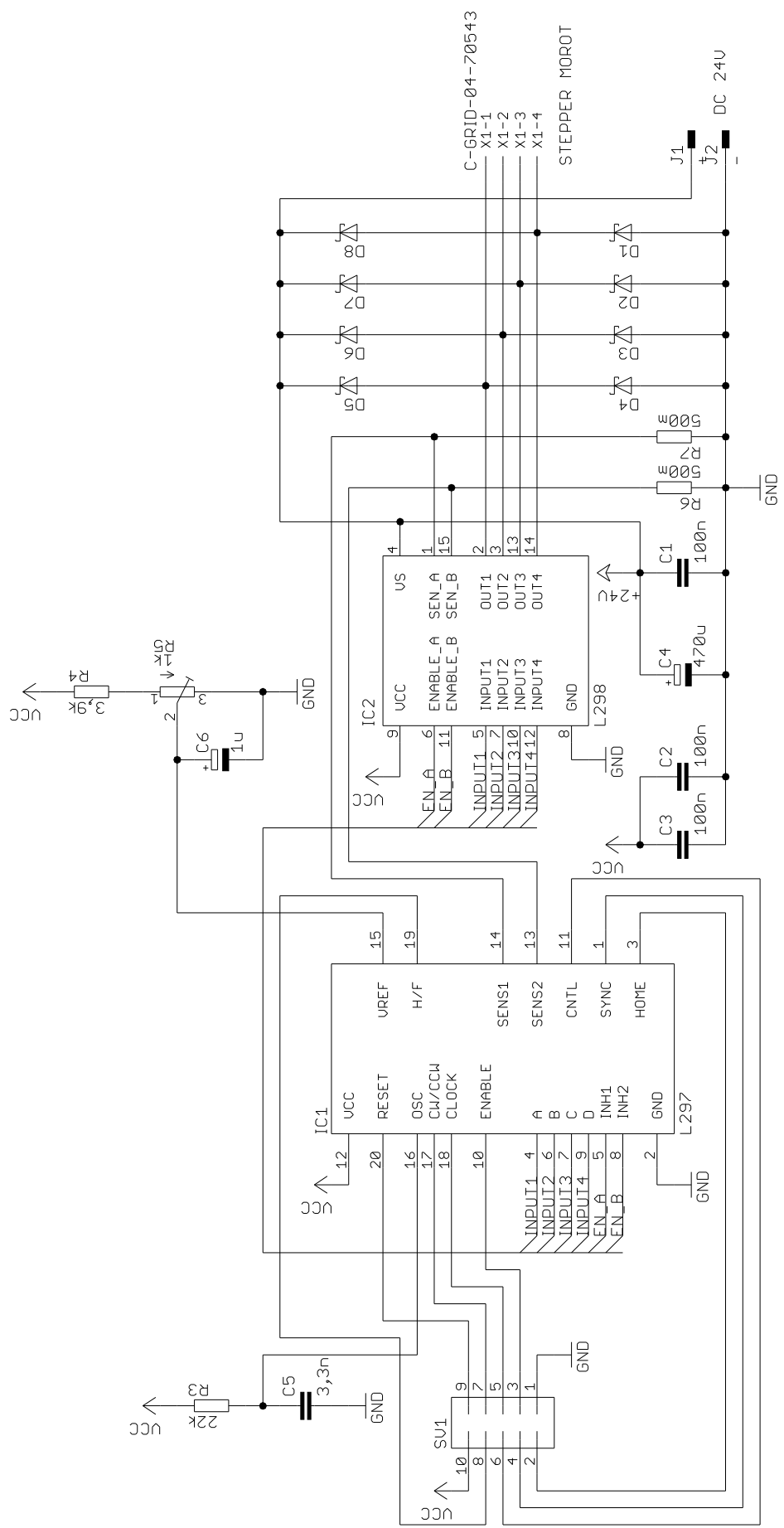
TITLE: mikrokontroler

Document Number:

REV:

Date: 18.05.2007 12:24:57

Sheet: 1/1



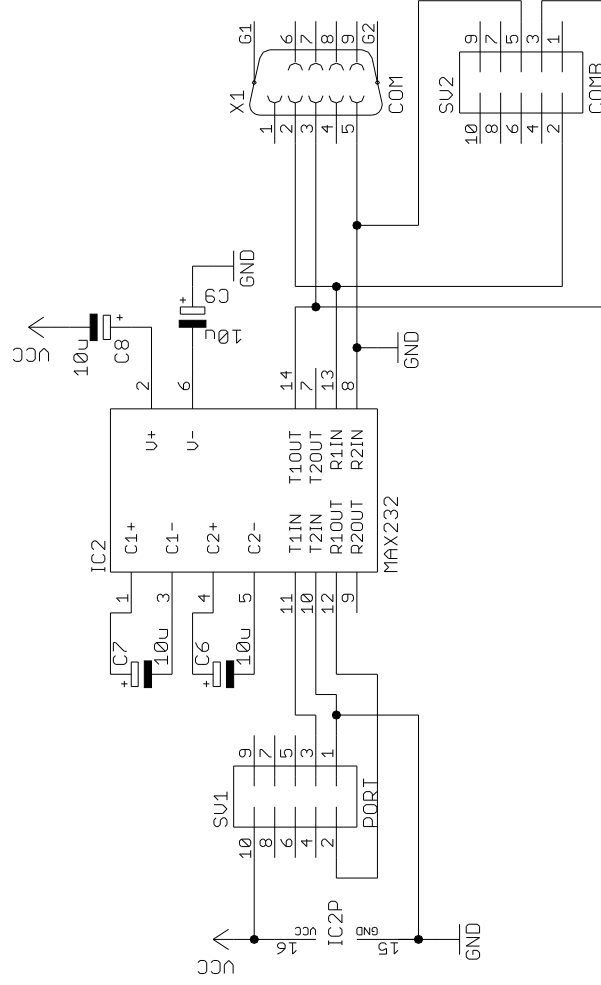
TITLE: budic_motoru

Document Number:

REV:

Date: 18.05.2007 22:56:23

Sheet: 1/1



TITLE: serial

Document Number:

REV:

Date: 17.05.2007 18:23:10

Sheet: 1/1