

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 ŘÍDICÍ JEDNOTKY PRO AUTONOMNÍ MOBILNÍ ROBOT

DESIGN OF CONTROL BOARD FOR AUTONOMOUS MOBILE ROBOT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**PETR MAŠEK**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**ING. STANISLAV VĚCHET, PH.D.**

BRNO 2010



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky

Akademický rok: 2009/2010

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Petr Mašek

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Aplikovaná informatika a řízení (3902R001)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Návrh řídicí jednotky pro autonomní mobilní robot**

v anglickém jazyce:

#### **Design of control board for autonomous mobile robot.**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je návrh a výroba základní řídicí jednotky autonomního mobilního robotu.

Účelem této jednotky je zpracování informací z infračervených senzorů vzdálenosti a jejich vyhodnocení. Dále pak řízení aktuátorů. Řídicí jednotka musí být dostatečně výkonná pro zpracování základních navigačních tzv. “bug” algoritmů.

Cíle bakalářské práce:

Prostudujte možnosti řízení konstrukčně podobných robotů

Navrhněte nejvhodnější strukturu řídicí jednotky

Tuto řídicí jednotku vyrobte

Výsledný produkt prakticky otestujte

Seznam odborné literatury:

[www.robotika.cz](http://www.robotika.cz)

[www.megarobot.net](http://www.megarobot.net)

[www.hobbyrobot.cz](http://www.hobbyrobot.cz)

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Stanislav Věchet, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne

L.S.

---

Ing. Jan Roupec, Ph.D.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## LICENČNÍ SMLOUVA



## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací řídicí jednotky, pomocí které lze řídit autonomní mobilní robot. Také se zabývá možnostmi řízení konstrukčně podobných robotů. Výsledkem práce je realizovaná řídicí jednotka, která bude komunikovat s počítačem vzdáleně pomocí technologie Bluetooth, regulovat pomocí motorů polohu robotu a díky senzorům předcházet kolizím. Jednotka bude složena z běžně dostupných součástí.

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis deals with design and realization of the control board, that enables the control of an autonomous mobile robot. Simultaneously it deals with possible control alternatives of the similar robots concerning the construction. The outcome of this thesis is the control board, that communicates with the computer via the Bluetooth technology. The position of the robot is controlled via two differential drives and few infrared sensors are used to collision avoidance. The board is composed of standard parts available.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Řídicí jednotka, mikrořadič, autonomní mobilní robot, Eagle, Bluetooth, ATmega

## **KEYWORDS**

Control unit, microcontroller, autonomous mobile robot, Eagle, Bluetooth, ATmega

### **Poděkování:**

Touto cestou bych chtěl poděkovat Ing. Stanislavu Věchetovi, Ph.D. za vedení, cenné rady a věnovaný čas při tvorbě této práce. Dále chci poděkovat za jeho ochotu, trpělivost a předání odborných zkušeností při tvorbě řídicí jednotky.

**Obsah:**

|          |                                                     |           |
|----------|-----------------------------------------------------|-----------|
|          | <b>Zadání závěrečné práce.....</b>                  | <b>5</b>  |
|          | <b>Licenční smlouva.....</b>                        | <b>7</b>  |
|          | <b>Abstrakt.....</b>                                | <b>9</b>  |
| <b>1</b> | <b>Úvod.....</b>                                    | <b>13</b> |
| <b>2</b> | <b>Zhodnocení Dostupných řídicích jednotek.....</b> | <b>15</b> |
| 2.1      | Rozdělení řídicích jednotek .....                   | 15        |
| 2.1.1    | Motherboard řídicí jednotky.....                    | 15        |
| 2.1.2    | DIMM-PC.....                                        | 17        |
| 2.1.3    | Mikrořadiče.....                                    | 18        |
| <b>3</b> | <b>Návrh a realizace řídicích jednotek .....</b>    | <b>21</b> |
| 3.1      | Výběr komponent.....                                | 21        |
| 3.1.1    | Zvolené mikrořadiče.....                            | 21        |
| 3.1.2    | Bluetooth konektor.....                             | 22        |
| 3.2      | Zařízení připojená na I/O řídicí jednotky.....      | 24        |
| 3.2.1    | Odrasový infrasenzor.....                           | 24        |
| 3.2.2    | Motory a enkodér.....                               | 24        |
| 3.2.3    | Majáky.....                                         | 25        |
| 3.3      | Vývojové prostředí EAGLE.....                       | 25        |
| 3.3.1    | Návrh konektoru.....                                | 26        |
| 3.4      | Postupný vývoj řídicí jednotky.....                 | 28        |
| 3.4.1    | Realizace řídicí jednotky č.1.....                  | 29        |
| 3.4.2    | Realizace řídicí jednotky č.2.....                  | 32        |
| 3.4.3    | Realizace řídicí jednotky č.3.....                  | 34        |
| <b>4</b> | <b>Funkce výsledné řídicí jednotky .....</b>        | <b>37</b> |
| 4.1      | Popis funkce.....                                   | 37        |
| <b>5</b> | <b>Závěr.....</b>                                   | <b>41</b> |
|          | <b>Seznam použité literatury.....</b>               | <b>43</b> |
|          | <b>Seznam příloh.....</b>                           | <b>45</b> |



## 1 ÚVOD

Úkolem této práce je navrhnout a realizovat řídicí jednotku pro autonomní mobilní robot, který byl v rámci studentských prací sestrojen v laboratořích Ústavu automatizace a informatiky s přispěním Ústavu mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky pod názvem Bender 2.5.

Před samotnou tvorbou jednotky bylo potřeba prostudovat možnosti řízení konstrukčně podobných robotů a vybrat vhodné zpracování řídicí jednotky tak, aby byla dostatečně výkonná pro zpracování navigačních algoritmů, mohla vzdáleně komunikovat s počítačem a regulovat polohu robotu. Z hlediska těchto požadavků bylo tedy potřeba prostudovat velkou škálu možností, od těch nejvýkonnějších jako jsou motherboardy v různých velikostech, přes stavebnicové DIMM-PC až po jednočipové mikroprocesory.

Po vhodném výběru bylo třeba řídicí jednotku navrhnout a prakticky otestovat. Pro návrh schématu i plošného spoje bylo použito programu Eagle. S jehož rozšířením bylo možné udělat i obrázky 3D modelů. Při vývoji desky byla vytvořena i knihovna s konektorem pro připojení Bluetooth modulu. Základní postup a práce s programem Eagle bude popsán v kapitole 3.3.

Protože se požadavky na řídicí jednotku postupně upravovaly podle zjištěných problémů a nalezených možností k vylepšení, bylo vytvořeno několik jejích prototypů. Některá zapojení byla odzkoušena na nepájivém poli. Hlavní prototypy, se kterými se pracovalo, budou také rozebrány dále v této práci v kapitole 3.4



## 2 ZHODNOCENÍ DOSTUPNÝCH ŘÍDÍCÍCH JEDNOTEK

Možných druhů řízení a řídicích jednotek robotů je v dnešní době nepřehledné množství. Ať už je robot řízený dálkově výkonným počítačem, nebo se řídí autonomně podle předem daného programu, který reaguje na vnější podněty, nebo je prostě jen ovládán člověkem, najdeme u každé z těchto možností jiný druh použitých technologií, rozsah možností použití atp.

Pro náš účel musí být jednotka cenově dostupná a také musí být složena z prvků, které se dají běžně koupit nebo objednat. Proto jsem zvolil rozdělení řídicích jednotek na motherboardy ve velikostech Micro-ATX, Mini-ITX, Pico-ITX, Nano-ITX, nejnovější Mobile-ITX a příbuzné, které jsou velmi podobné klasickým stolním počítačům. Dále máme možnost použít moduly DIMM-PC moduly, které se připojují na mikropočítačové desky, a v neposlední řadě jednočipové mikrokontrolery, které mají široké využití a najdeme je téměř v každém spotřebiči v domácnosti.

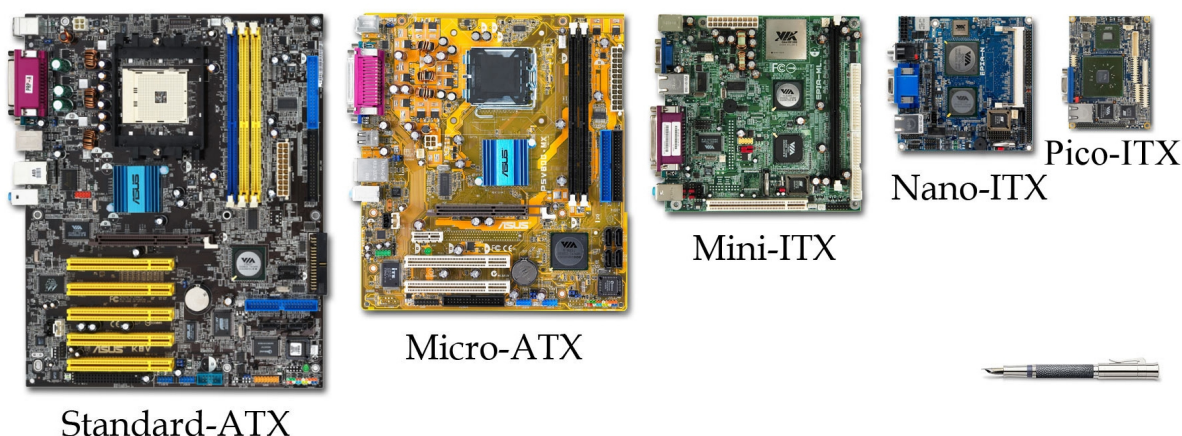
Výběr je také ovlivněn vstupy/výstupy (dále jen I/O), které po řídicí jednotce požadujeme. Potřebujeme totiž I/O, na které budeme moci připojit motory robotu tak, abychom věděli o jejich směru a aktuální rychlosti otáčení, dále také senzory, navigační přístroje a zajistit komunikaci s jinými zařízeními.

### 2.1 Rozdělení řídicích jednotek

V následujícím rozdělení najdete nejznámější používané řídicí jednotky jak v robotice, tak v průmyslu. U každé budou uvedeny její výhody a nevýhody. Některé z řídicích jednotek jsou velmi podobné klasickým počítačovým základním deskám, další jsou zase uzpůsobené pro použití v průmyslu a u poslední skupiny můžeme ovlivňovat, které jejich části použijeme, tím, že pro ně navrhne DPS.

#### 2.1.1 Motherboard řídicí jednotky

Jedná se o základní desky velice podobné těm, které se používají u běžných stolních počítačů. Hlavní rozdíl oproti nim je ve velikosti.



Obr. 1: Porovnání velikosti různých Motherboard [1]

#### Velikosti:

- ATX (Standard) - 305 x 244 mm
- Micro-ATX - 244 x 244 mm
- Mini-ITX - 170 x 170 mm

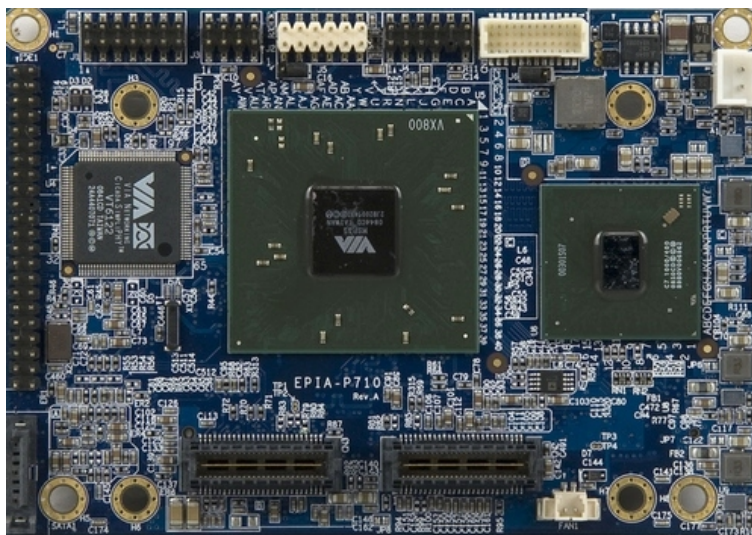
- Nano-ITX - 120 x 120 mm
- Pico-ITX - 100 x 72 mm
- Mobile-ITX - 60 x 60 mm

MicroATX, také známé jako  $\mu$ ATX, je standard počítačových motherboards s maximální velikostí 244 mm x 244 mm. Současně jsou k dispozici microATX motherboards podporující CPU od VIA, Intel a AMD. Nejsou známy žádné  $\mu$ ATX motherboards pro jiné procesorové architektury než x86 a x86-64.  $\mu$ ATX bylo navrženo tak, aby bylo plně zpětně kompatibilní s ATX. Patice pro připojení hardwarových prvků jsou výběrem ze standardní ATX. Panel I/O konektorů je nezměněn. Většina moderních ATX desek má pět PCI nebo PCI-Express rozšiřujících slotů, zatímco  $\mu$ ATX má typicky tři (čtyři jsou dovoleny specifikací) [2].

Dále se jako řídicí jednotka může použít Mini-ITX deska, kterou vyvinula VIA Technologies v roce 2001 a která díky své nízké spotřebě může být pasivně chlazená.[3]. Později své řešení prezentovala i firma Intel, na jejíchž platformách se používá procesor Atom. Kvůli menším rozměrům se na tomto druhu desky nachází méně I/O, ale jsou zde i některé, které bychom vůbec nepoužili.

Nano-ITX je opět deska navržená VIA Technologies a díky ještě menším rozměrům a lepší použité architektuře dosahuje nižší spotřeby. Procesory, které se na takovéto desce používají, se mohou pohybovat s taktovací frekvencí od 533 MHz do 1,5 GHz.

Jako další v řadě byl uveden standard Pico-ITX, který opět představila již zmiňovaná firma, ale pro nás je mnohem zajímavější standard Pico-ITXe, která je oproti předchozí verzi více vhodná pro řídicí jednotku. Doposud jsem představil pouze miniaturizované počítače, které nebyly jako řídicí jednotka moc vhodné, protože málokterý z nich měl všechny výstupy, které bychom potřebovali, například klasickou sériovou linku (RS232), která je v robotice a průmyslu hojně používána k připojení různých periférií.



Obr. 2: Pico-ITXe deska ve skutečné velikosti [4]

Jako příklad Pico-ITXe desky bych chtěl uvést VIA EPIA-P710-D s rozměry 100 x 72 mm, která nabízí tři sloty Mini PCI Express k připojení různých modulů pro komunikaci pomocí standardů Wi-Fi, GSM, 3G/3.5G, GPS a GPRS. Deska se připojuje konektory SUMIT, a to 1 GHz procesorem VIA Eden směrem dolů, aby se zajistilo snadné pasivní chlazení. Čipová sada je VIA VX800. Přední část pak obsahuje slot pro SIM, čtečku karet SD, dva porty USB 2.0, audio konektory a také možnost připojení úložných zařízení pomocí IDE a SATA. Výčet

zakončíme portem VGA, COM, UART a GPIO [4]. Zde už se nachází tedy mnoho I/O které se hojně používají v robotice, např již zmiňovaná RS232, která se u předchozích modelů příliš nevyskytovala, a dále velice překvapující I/O UART (universal asynchronous receiver/transmitter), který je možné použít ke komunikaci s mikrokontrolery a s jinými počítači.

Jako poslední miniaturizovaný počítač byl představen Mobile-ITX. Společnost VIA si připravila další typ své platformy ITX s označením Mobile, která je ještě daleko menší než Pico-ITX. Základní deska Mobile-ITX má totiž rozměry jen 60 x 60 mm a hodí se pouze pro speciální systémy. Základní deska Mobile-ITX je už tak malá, že nemůže obsahovat mnoho komponent, takže jde v podstatě o procesorový modul, jenž potřebuje další desku s I/O. Procesorový modul nese samotný procesor, čipovou sadu a paměti [5]. Tato platforma by měla být používána v robotice, lékařství, ale také v armádě. Její komerční dostupnost se plánuje až v průběhu roku 2010.



Obr. 3: Ukázka Mobile-ITX desky [24]

Tímto jsme si představili řídicí jednotky, které se velmi podobají klasickým stolním počítačům, od kterých se liší především velikostí.

### 2.1.2 DIMM-PC

Jedná se o PC, které je integrováno na modul o velikosti 68 x 40 x 6 mm. Bývá volitelně podle potřeb vybaven různými I/O rozhraními. DIMM-PC je třeba připojit na sběrnici ISA, přes kterou může být propojen s dalšími DIMM-PC moduly.



Obr. 4: Ukázka DIMM-PC [6]

Běžné DIMM-PC v dnešní době obsahuje CPU 133MHz, 32MB DRAM a 2 x sériový port. Dále se dá rozšířit pomocí dalších DIMM-PC modulů o VGA modul pro možnost

zobrazování na display. Ethernet a COM modul rozšíří možnosti použití o připojení k počítačové síti. Možností rozšíření a použití je spousta, dá se například rozšířit také Bluetooth modul a další.



*Obr. 5: Ukázka poskládaného DIMM-PC [7]*

Hlavní nevýhodu využití tohoto řešení vidím v tom, že abychom v naší aplikaci mohli DIMM-PC použít, museli bychom pospojovat modulů více, aby vyhovovaly všem požadavkům. Takové řešení by se pak výrazně prodražilo, proto je výhodnější použití těchto modulů v průmyslových aplikacích a pro vestavbu do zákaznických konstrukcí.

### **2.1.3 Mikrořadiče**

Mikrořadiče patří v dnešní době k jednomu z nejpoužívanějších prvků v oblastech automatizace, řízení a regulace. Mikrořadičům, neboli mikrokontrolerům doplněným o periferní obvody se také říká jednočipové mikropočítače, protože mají vše důležité obsaženo v jediném čipu. Najdeme je téměř v každém domácím spotřebiči, jako je např. televize, pračka, myčka, dálkové ovládání apod. V oblasti automatizace najdeme mikrokontrolery téměř v každém programovatelném automatu, využívají se k řízení pohonů, v robotice a dalších odvětvích. Dá se tedy říci, že mikrokontrolery dnes neodmyslitelně patří k všeobecné elektronice.

Jednočipový počítač je integrovaný obvod, který v sobě zahrnuje zpravidla vše potřebné k tomu, aby mohl obsáhnout celou aplikaci, aniž by potřeboval další podpůrné obvody. Existují základní dvě architektury mikroprocesorů – von Neumannova a Harvardská, každá má své výhody i nevýhody. Při současném stupni integrace se zřejmě častěji využívá Harvardská architektura, kde vysoký stupeň integrace dovoluje připojit různé bloky paměti pomocí vlastních sběrnic. U moderních architektur se často adresový prostor jeví uživateli navenek jako lineární (von Neumannovský), zatímco fyzicky jsou paměti k jádru připojeny pomocí několika nezávislých sběrnic (např. jedna sběrnice pro FLASH/ROM, paměť programu, druhá pro uživatelskou vnitřní RAM a zásobník, třetí pro připojení integrovaných paměťově mapovaných periférií, další pro připojení externí RAM) [8].

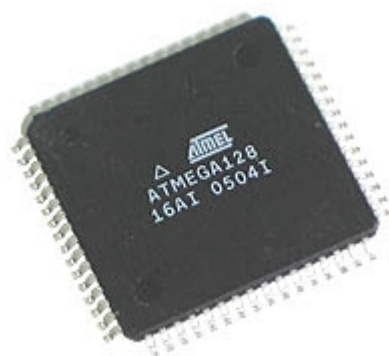
Mikrokontrolery se rozdělují podle použitého instrukčního souboru. V oblasti jednočipových počítačů se běžně používají instrukční soubory typu CISC, RISC i DSP [8].

Digitální signálový procesor nebo také digitální signální procesor (zkratka DSP) je mikroprocesor, jehož návrh je optimalizován pro algoritmy používané při zpracování digitálně reprezentovaných signálů. Hlavním nárokem na systém bývá průběžné zpracování velkého množství dat „protékajících“ procesorem [9].

CISC (anglicky Complex Instruction Set Computer) v informačních technologiích označuje procesor s velkou sadou strojových instrukcí (řádově stovky) a relativně malým počtem registrů (jejich počet obvykle nepřesahuje 30). Procesory CISC mají různě dlouhé strojové instrukce, jejichž vykonání trvá různě dlouhou dobu. Označení CISC bylo zavedeno

jako protiklad až poté, co se prosadily procesory RISC, které mají instrukční sadu naopak maximálně redukovanou. Široká instrukční sada procesorů CISC usnadňuje jejich programování, protože není nutné některé operace rozepisovat (například násobení), avšak ve strojovém kódu (nebo v jazyce symbolických adres) se dnes programuje jen minimálně. Složitost CISC procesorů vede k problémům při výrobě (velká spotřeba materiálu, větší pravděpodobnost vady, komplikovaný návrh, problémy s vysokými frekvencemi, cache atd.) [10].

Zkratka RISC (anglicky Reduced Instruction Set Computer) označuje procesory s redukovanou instrukční sadou, jejichž návrh je zaměřen na jednoduchou, vysoce optimalizovanou sadu strojových instrukcí, která je v protikladu se specializovanými sadami instrukcí ostatních architektur. Mezi zástupce RISC procesorů patří DEC Alpha, AMD Am29000, ARC, ARM a Atmel AVR [11].



*Obr. 6: Ukázka mikrokontroleru  
firmy Atmel [12]*

Z předešlého je zřejmé, že mikrořadiče jsou dnes velmi rozšířené a mají širokou škálu uplatnění. Díky tomu a velkým možnostem různých implementací je možné navrhnout si vlastní řešení řídicí jednotky. Jelikož se nejvíce používají mikrořadiče typu RISC, jeví se jako nejlepší řešení i pro použití na řídicí jednotce.



### 3 NÁVRH A REALIZACE ŘÍDÍCÍCH JEDNOTEK

Požadavky na řídicí jednotku se postupně během jejího vývoje upravovaly. Od některých prvků a postupů se upustilo, jelikož bylo nalezeno lepší řešení, a jiné se naopak přidaly, protože bylo potřeba některé aplikace, na které bude řídicí jednotka použita, upravit nebo vylepšit, aby se odstranily nalezené problémy. Z tohoto důvodu bylo vytvořeno několik prototypů řídicích jednotek, na kterých se testovaly požadované funkce. V základu by jednotka měla obsahovat I/O pro programování mikrořadiče, dále pro ovládání motorů, komunikaci s PC nebo PDA, také I/O pro senzory a jiná zařízení, která budou zpřesňovat robotu orientaci v prostoru. Řídicí jednotka však musí být dostatečně výkonná, aby navigační tzv. „bug“ algoritmy zvládala zpracovat.

#### 3.1 Výběr komponent

Všechny komponenty musí být voleny i s ohledem na velikost, protože jedním z dodatečných požadavků je, aby řídicí jednotka byla co nejmenší. Z toho důvodu se součástky volily v SMD provedení, ve kterém jsou několikanásobně menší než v běžném vrtaném provedení. Jednotka se pravděpodobně dostane do prodeje, proto musí být komponenty voleny tak, aby s nimi uživatel mohl pracovat a nemusel kupovat žádné speciální nástroje apod. Jak již bylo zmíněno, řídicí jednotka se postupně vyvíjela, a tak byly i některé komponenty postupně přidávány. Příkladem toho může být bezdrátová komunikace, u které bylo při návrhu třetího prototypu rozhodnuto, že se již nebude připojovat složitě přes zapájené kabely, ale bude se připojovat přes speciální konektor, jenž bude integrován přímo na desce. Proto v této části práce rozeberu a zapojení tohoto konektoru do řídicí jednotky a připojení bezdrátového modulu ke konektoru.

##### 3.1.1 Zvolené mikrořadiče

V rámci laboratoří mechatroniky se hojně používají mikrořadiče firmy Atmel a jsou běžnou součástí jejich vybavení, díky tomu bylo rozhodnuto experimentovat s těmito mikrořadiči. Existuje k nim spousta ukázkových zapojení od různých „nadšenců“ a „kutilů“, a tak se s těmito mikrořadiči pracuje velmi dobře a je možné zapojení různě modifikovat a kombinovat mezi sebou.

Při vývoji řídicí jednotky jsem pracoval se zapojeními s mikrořadiči ATmega8, ATmega16, ATmega64 a ATmega128.

Jejich hlavní odlišnosti jsou vidět v tabulce 3.1. Lze tak usoudit, že mikrořadič ATmega 8 nebude mít pro náš účel dostatečnou velikost paměti, ale můžeme ho použít jako podpůrný obvod. Usuzuji, že jako hlavní obvod (Master) můžeme použít např. ATmega128 a k němu jako pomocný obvod (Slave) zapojit ATmega 8. Slave by pak zpracovával základní navigační algoritmy a ještě by hlídal stav baterií robotu. Master by řídil servomotory a přes čidla by hlídal kolize. Oba mikrořadiče by pak spolu s počítačem komunikovaly po jedné lince.

|                                   | ATmega8L<br>8AU/16AU                  | ATmega16L<br>8AU/16AU | ATmega32L<br>8AU/16AU | ATmega64L<br>8AU/16AU | ATmega128L<br>8AU/16AU |
|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| Délka slova                       | 8 bit                                 |                       |                       |                       |                        |
| Architektura                      | RISC                                  |                       |                       |                       |                        |
| Rychlost                          | 8 MHz/16Mhz                           |                       |                       |                       |                        |
| Registr                           | 32 x 8 bit                            |                       |                       |                       |                        |
| Programovatelná<br>flash paměť    | 8 K Bytes                             | 16 K Bytes            | 32 K Bytes            | 64 K Bytes            | 128 K Bytes            |
| EEPROM                            | 512 Bytes                             | 512 Bytes             | 1024 Bytes            | 2K Bytes              | 4K Bytes               |
| SRAM                              | 1K Byte                               | 1K Byte               | 2K Bytes              | 4K Bytes              | 4K Bytes               |
| Mazání/Zápis max.<br>počet cyklů  | 10,000 Flash/100,000 EEPROM           |                       |                       |                       |                        |
| Časovače                          | 2 x 8-bitové časovače jeden 16-bitový |                       |                       |                       |                        |
| Počet<br>programovatelných<br>I/O | 23                                    | 32                    | 32                    | 53                    | 53                     |
| Provozní napětí                   | 2.7 - 5.5 / 4.5 - 5.5                 |                       |                       |                       |                        |
| Pracovní teploty                  | (-40°C to 85°C)                       |                       |                       |                       |                        |

Tab. 1: Přehled použitých mikrořadičů řady ATmega [19],[20],[21],[22],[23]

Jednou z dalších výhod použití těchto mikrořadičů je, že jsou velice známé a využívané, díky tomu je najdeme v podstatě v každém obchodě s elektronikou, kde je mají skladem, takže je nemusíme nijak složitě objednávat.

Abychom s pomocí senzorů nezjišťovali pouze, jestli někde překážka je, nebo není, bude potřeba použít A/D převodník integrovaný v mikrokontroleru, který hodnotu ze senzorů vzdálenosti převede tak, že budeme znát i přesnější hodnotu vzdálenosti od možné překážky. To může být využito k tomu, aby si robot uměl spočítat, jestli se dokáže překážce vyhnout za běhu, nebo jestli se musí zastavit a otočit, nebo se dokonce kvůli překážce musí vrátit o kus zpět.

Pro řízení motorů bude použit enkodér, což je zařízení, které detekuje, zda, jak rychle a na jakou stranu se točí motory. Z této funkce vyplývá, že enkodér v sobě obsahuje také určitý mikrokontroler. Tím pádem potřebujeme propojit dva mikrokontrolery, což bude nejlepší udělat přes sběrnici I2C (TWI).

Dále je potřeba k řídicí jednotce připojit podpůrná zařízení pro určování polohy. K tomu budou sloužit tzv. majáky, jejichž funkce bude ještě dále popsána. Ty budou připojeny pomocí sériového rozhraní UART.

Protože ATmega obsahuje více I/O UART, provede se připojení k PC nebo jakémukoliv jinému zařízení přes toto rozhraní.

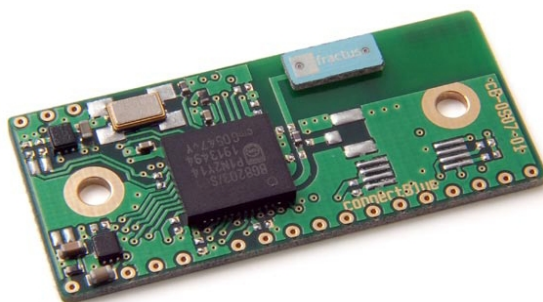
### 3.1.2 Bluetooth konektor

Pro vzdálenou komunikaci byla zvolena technologie Bluetooth. Laboratoře již získaly zkušenosti s modulem OEMSPA310i od společnosti connectBlue. Dosah modulů je udáván

přibližně na 75 m a jde o dosah na přímou viditelnost. Při použití v budovách bude dosah menší a závisí na konkrétních podmínkách [13].

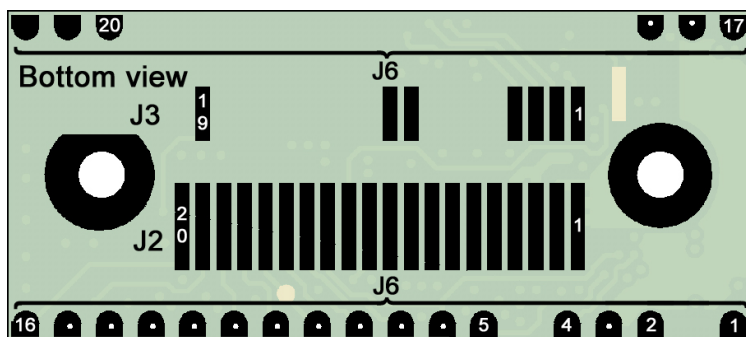
Moduly Bluetooth jsou primárně určeny pro bezdrátový přenos jako náhrada sériové linky, např. RS-232. Pro tuto svoji základní funkci jsou již z výroby vybaveny firmwarem uloženým ve vnitřní paměti flash [13].

Modul je vybaven několika vstupy a výstupy umožňujícími přenést kompletní RS-232 linku. Jsou zde tudíž kontakty pro připojení RxD, TxD, RTS, CTS, DTR a DTS, dále kontakty pro připojení LED indikujících stav modulu, signál RESET a samozřejmě napájecí kontakty [13]. Pro naši potřebu, protože chceme z mikrokontroleru přenášet signál z UARTu, nám budou stačit kontakty RxD, TxD a napájecí kontakty.



Obr. 7: Modul OEMSPA310 [14]

Na obrázku 8 je vidět rozložení plošek na modulu OEMSPA310. Plošky J6 slouží k pevnému připojení pomocí zaletování. A plošky J2 a J3 slouží k připojení přes konektor. V tabulce 2 jsou popsány konektory, které budeme používat. Ostatní prvky nás z hlediska zapojení nezajímají.



Obr. 8: Plošky modulu OEMSPA310 [14]

| J2    | J6 | Název Pinu | Název signálu | Popis                                 |
|-------|----|------------|---------------|---------------------------------------|
| 1 – 2 | 2  | VSS        | Ground        | GND                                   |
| 3 - 4 | 3  | VCC_3V3    | Power         | 3.0 – 6.0 stejnosměrného napájení     |
| 16    | 9  | UART-TxD   | Transmit Data | Odesílání dat ("0" : Low, "1" : High) |
| 18    | 11 | UART-RxD   | Receive Data  | Příjem dat ("0" : Low, "1" : High)    |

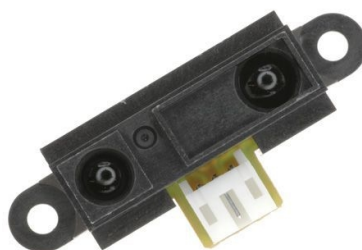
Tab. 2: Konektory na modulu OEMSPA310 [14]

### 3.2 Zařízení připojená na I/O řídicí jednotky

V této části budou popsána zařízení připojená na periferie řídicí jednotky. Představíme si jejich základní funkce a použití. Všechna tyto zařízení musí být s řídicí jednotkou lehce propojitelné a musí s ní správně komunikovat.

#### 3.2.1 Odrazový infrasenzor

Jako senzor pro hlídání překážek a vyhýbání se kolizím je použit odrazový infrasenzor Sharp GP2Y0A21. Tento senzor detekuje vzdálenosti od 10 do 80 cm a jeho výstupem je analogové napětí. Proto se připojuje do mikrokontroleru na A/D převodníky, které převedou toto analogové napětí, které je úměrné vzdálenosti, do digitální podoby srozumitelnější pro mikrořadič.



Obr. 9: Senzor Sharp GP2Y0A21 [15]

Napájecí napětí je stejné jako u mikrokontroleru, tedy 5V, proto může být tento senzor napájen ze stejného zdroje jako řídicí jednotka. Výstupní napětí se pohybuje od 0,25 do 0,55 V [16].

#### 3.2.2 Motory a enkodér

Motory s převodovkou používané pro pohyb jsou EMG30 a jsou dodávány s řídicí elektronikou MD23. Motor je napájený 12V. Jedná se o motory se zpětnou vazbou., takže se ze snímačů integrovaných přímo v motoru dá dozvědět co motor dělá [17].



Obr. 10: Motor EMG30 [17]



Obr. 11: Řídicí elektronika MD23 [18]

Řídicí elektronika motoru je napájena 12 V, protože obsahuje stabilizátor napětí na 5 V pro napájení logických obvodů. Tento obvod dokáže řídit rychlost a zatáčení robotu. Vstupem je I2C sběrnice, přes kterou řídicí jednotka dává vědět tomuto obvodu, co chce s motorem dělat. Obvod předává zpět k řídicí jednotce své zpracované údaje z motorů [18].

### 3.2.3 Majáky

Majáky slouží pro lokalizaci robota uvnitř místnosti. Je použito několika majáků rozmístěných na různé souřadnice. Díky každému z nich si robot blíže určí svou polohu.

V robotu jsou do kruhu rozmístěné přijímače, které zachycují signál z majáků (vysílačů). Každý maják má vlastní ID a své souřadnice. Majáky jsou v podstatě pro robota značky, které slouží k jednoznačné identifikaci polohy v místnosti.

V počítači se zadá start a cíl robota a podle údajů už robot jede na určené místo. Majáky se nejčastěji rozmisťují do rohů místností a ke sloupům.

## 3.3 Vývojové prostředí EAGLE

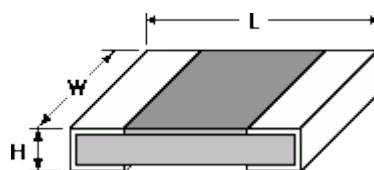
Důvodem, proč bylo zvoleno toto vývojové prostředí, je, že u ostatních, jako je třeba OrCAD nebo Formica, jsou dána v jejich zkušebních nebo domácích verzích velká omezení buď na počet použitých vrstev plošného spoje, nebo na počet použitých součástek a počet vývodů. V prostředí Eagle máme v jeho základní volně šiřitelné verzi možnost použít tolik součástek, kolik potřebujeme. Můžeme použít maximálně dvě vrstvy, tedy oboustranný plošný spoj, což je dostačující. S rozměry plošného spoje se musíme vejít do 100 x 80 mm a v editoru schémat můžeme použít jen jeden list.

Jedním z nároků je, aby byla řídicí jednotka co nejmenší, takže rozměry budou určitě dostačující. Abychom mohli prototypy desek vyrábět v laboratořích, musí nám oboustranný plošný spoj také stačit.

Při použití SMD rezistorů a kondenzátorů je třeba, abychom použili určité řady respektovali i při jejich koupi, protože se navzájem rozměrově liší. Při návrzích jsem používal SMD rezistory a kondenzátory řady 1206, které jsou několikanásobně menší než běžné rezistory, jež se vrtají. Nejsou ale zase tak malé, aby se nedaly pomocí mikropáčky a klidné ruky připájet.

| Velikost EIA | Velikost metrická | L (mm) | W (mm) | H (mm) |
|--------------|-------------------|--------|--------|--------|
| 0402         | 1005              | 1.0    | 0.5    | 0.55   |
| 0603         | 1608              | 1.6    | 0.8    | 0.9    |
| 0805         | 2012              | 2.0    | 1.25   | 1.3    |
| 1206         | 3216              | 3.2    | 1.6    | 1.5    |
| 1210         | 3225              | 3.2    | 2.5    | 1.7    |
| 1812         | 4532              | 4.5    | 3.2    | 1.7    |
| 1825         | 4564              | 4.5    | 6.4    | 1.7    |
| 2220         | 5650              | 5.6    | 5.0    | 1.8    |
| 2225         | 5664              | 5.6    | 6.3    | 2.0    |

Tab. 3: Velikosti SMD kondenzátorů / rezistorů [25]



Obr. 12: SMD kondenzátor /  
rezistor [25]

Další věc, na kterou musíme brát zřetel, je použití polygonu na rozliti mědi. Je to funkce, která nám ušetří leptadlo a v případě použití součástek, které se výrazně zahřívají, může rozlita měď posloužit jako chlazení. Musíme dbát na to, abychom zvolili dostatečně velkou mezeru při obtékání okolo jiných cest, jinak se může stát, že se některé velmi malé mezery nedoleptají a přiděláme si tím tak spoustu práce s ručním proškrabováním mezer.

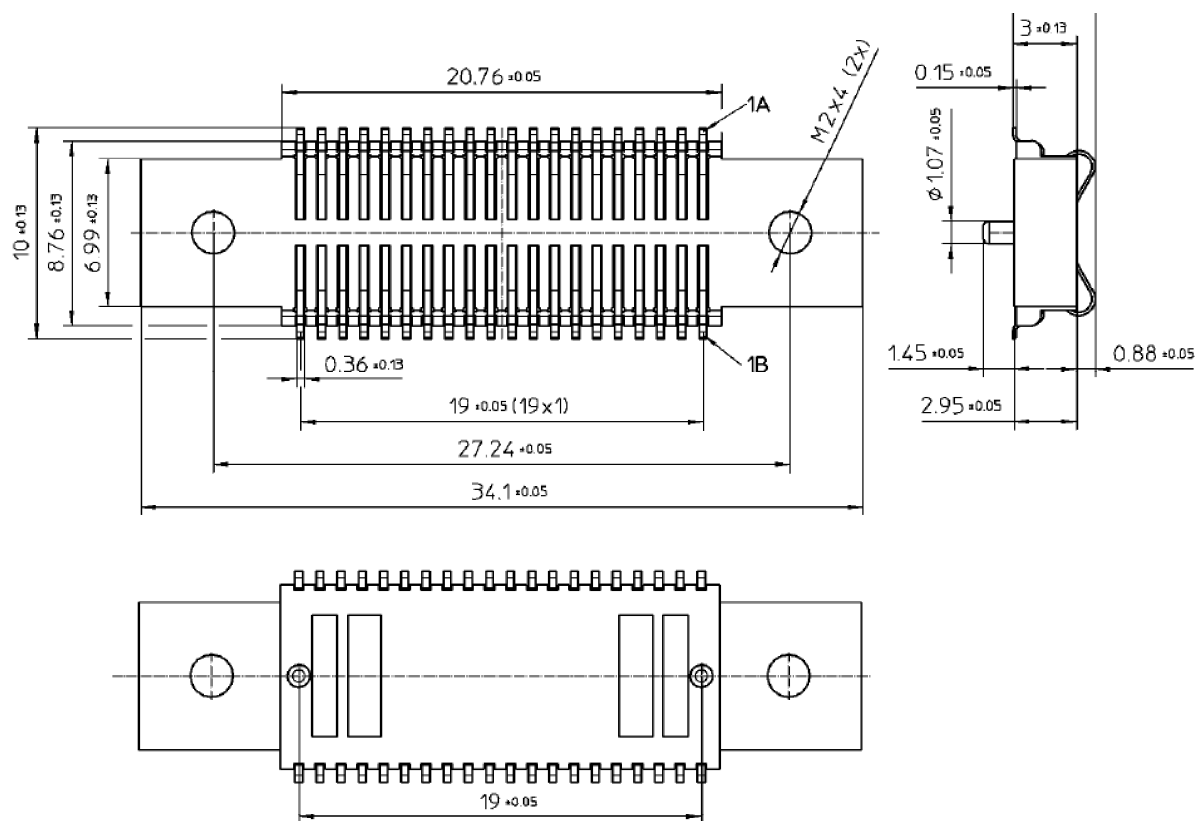
Téměř všechny součástky, které jsou v knihovnách programu Eeagle, se dají koupit. Někdy ale můžeme narazit na málo používanou součástku, která bohužel v knihovnách není, a musíme si ji navrhnout sami. Tento problém jsem musel řešit u konektoru pro připojení Bluetooth modulu OEMSPA310. Návrh potřebného konektoru bude popsán v kapitole 3.3.1.

Pokud se potřebujeme dostat přes cestu a není možno ji nějakým způsobem obejít, můžeme použít rezistor s nulovým odporem, díky němuž překročíme cestu, která nám překáží. Protože ale používáme SMD součástky, pod které se cesta nevejde, je lepší použít tzv. prokovů (via), což jsou v našem případě vodivé průchody z jedné strany plošného spoje na druhou. Pokud jsou prokovy vyráběny strojově, nijak z DPS nevyčnívají. Při ruční výrobě ale nemáme možnost spojit obě strany desky bez použití drátku, který zapájíme z obou jejích stran. Proto, pokud víme, že desku budeme vyrábět ručně, je lepší nastavovat si prokovy větších velikostí, aby se do díry prokovu vešel také drátek, kterým obě strany desky spojíme. Pokud si budeme desku nechávat vyrábět strojově, také můžeme použít prokovy minimálních rozměrů. Je vhodné předem zkontrolovat na stránkách firmy, u které si necháme vyhotovit plošný spoj, jaké mají technologické možnosti. Z nich se dozvíme, jakou nejmenší tloušťku cesty můžeme použít, jaké minimální rozestupy mezi cestami můžeme zvolit, atd.

### 3.3.1 Návrh konektoru

Návrh nové součástky do knihovny Eaglu se dá rozdělit do tří částí. Nejdříve si navrhne schématickou značku, pak nakreslíme pouzdro a jako poslední spojíme schématickou značku s pouzdem.

Než se začne s návrhem konektoru, je potřeba znát jeho naprosto přesné rozměry. Ty jsou vidět na obrázku číslo 13.

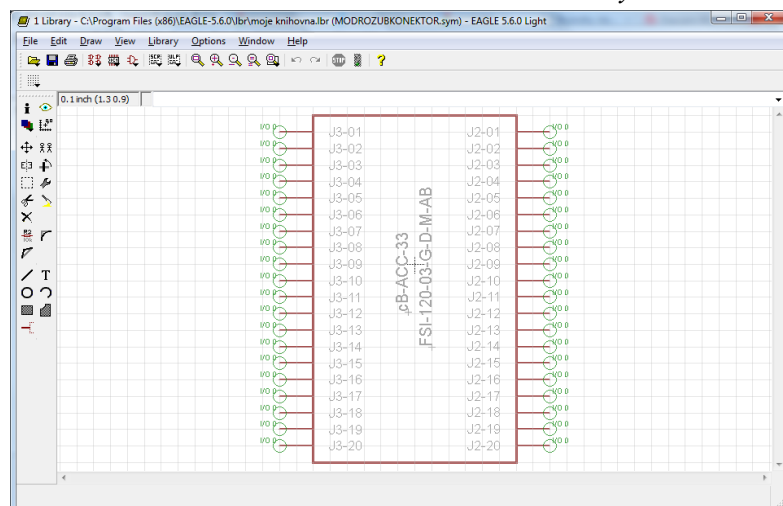


Obr. 13: Rozměry konektoru FSI-120-03-G-D-M-AB [26]

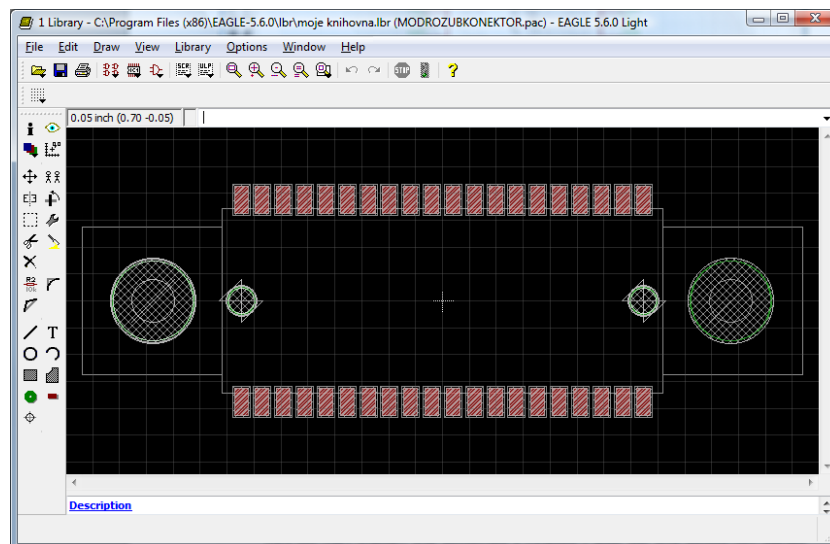
K připojení modulu OEMSPA310 je zapotřebí konektor FSI-120-03-G-D-M-AB, k němuž se připojuje modul tak, že se nasadí na plošky a připevní šroubky. Konektor je typu SMD.

Jako první se začne s návrhem schématické značky. Při tomto návrhu je dobré použít mřížku 0,1 inch, protože kdybychom použili metrickou mřížku, dělala by při tvorbě schématu v Eagle problémy při spojování s ostatními součástkami, které jsou kresleny také v palcové mřížce. Pomocí čáry nebo kruhu se kreslí obrys schématické značky a pak pomocí funkce Pin rozmístíme vývody součástky. Je dobré si tyto vývody správně pojmenovat, aby pak nedělalo potíže propojení schématické značky s pouzdrem.

Obr. 14: Návrh schématické značky

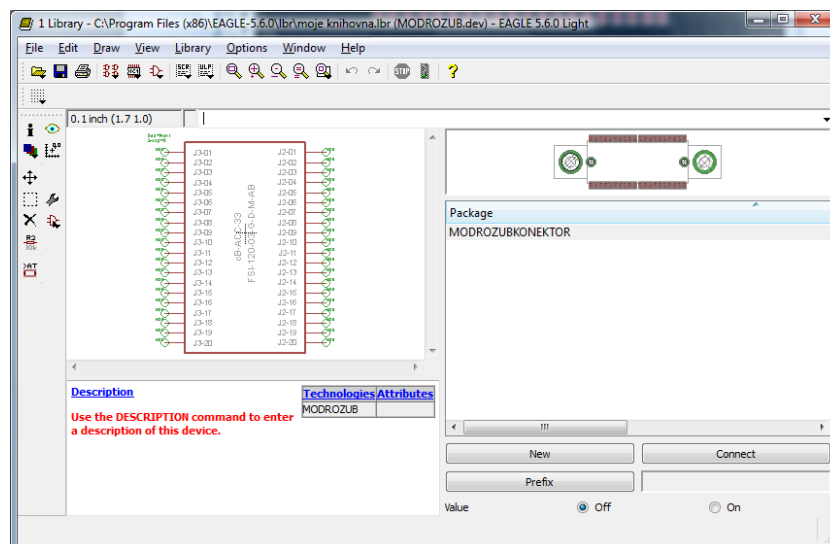


Jestliže již je schématická značka nakreslena, je třeba podle rozměrů z obrázku č.13 navrhnout pouzdro součástky. Při tomto návrhu by se hodila funkce zarovnání vybraných prvků na střed, doleva, doprava atd., bohužel taková funkce v programu Eagle není. Proto je vhodné udělat si velké množství pomocných čar a často si podle potřeby měnit velikost mřížky. Jsou na výběr buď pájecí plošky vrtané, nebo SMD. V našem případě se použije SMD a vybere se některý z jejích standardních rozměrů. Plošky se také musí pojmenovat, abychom je v závěru správně propojili se schématickou značkou



Obr. 15: Návrh pouzdra

Na závěr už zbývá jen propojit schématickou značku s pouzdem součástky. To se provede tak, že v menu Connect vybereme vždy Pin ze schématické značky a přiřadí se k SMD plošce z pouzdra.



Obr. 16: Propojení pouzdra se schématickou značkou

### 3.4 Postupný vývoj řídicí jednotky

Jak už bylo zmíněno, řídicí jednotka se postupně upravovala podle toho, jaké problémy se při testech vyskytly. Její struktura se také postupně vyvíjela, tedy zlepšovala. V následujících kapitolách se budu snažit přiblížit, na jaké problémy jsme narazili, co bylo

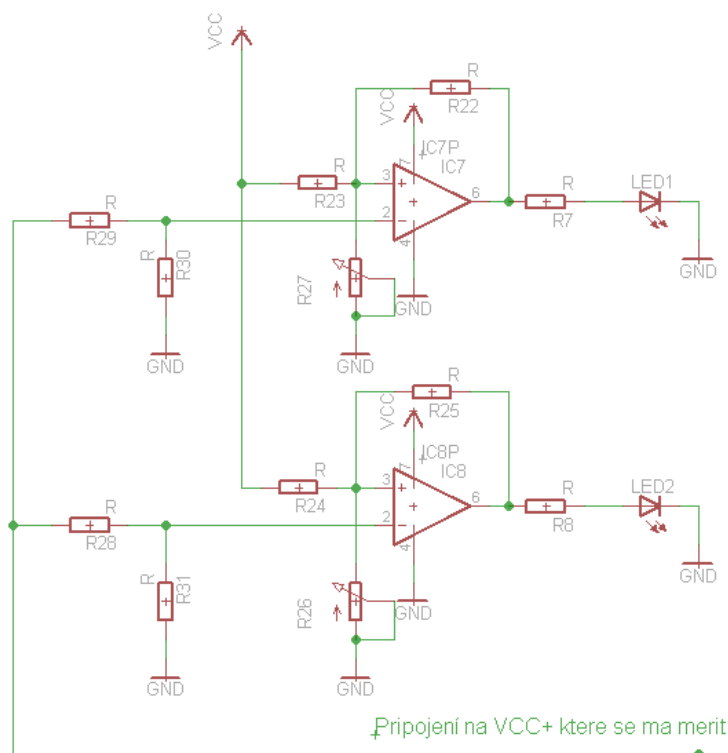
potřeba změnit, upravit nebo vylepšit.

U všech prototypů byla snaha dosáhnout co nejmenších rozměrů výsledné DPS, proto je použito, pokud to je možné, součástek SMD, tedy součástek určených pro povrchovou montáž. Zároveň se všechny DPS navrhovaly, aby byly osazeny součástkami z obou stran, protože díky tomu se ušetří hodně místa.

### 3.4.1 Realizace řídicí jednotky č.1

DPS této řídicí jednotky byla navrhována a vyráběna v době, kdy byla ohledně řízení a komunikace v testování. Proto byla řídicí jednotka navrhována tak, aby byla co možná nejvíce univerzální a dala se na ní zkusit různá zapojení. Jedním z požadavků pro tuto desku bylo, aby měla vyvedených co nejvíce možných I/O.

Dalším problémem k řešení byla indikace stavu baterií. Bylo potřeba zajistit, aby indikace probíhala ve třech stupních. První indikace bude znamenat, že je stav baterií v pořádku a robot může pokračovat ve vykonávání instrukcí. Druhý stav by znamenal, že baterie už začíná docházet a robot si má začít hledat dokovací stanici. Poslední indikace znamenala, že stav baterií je už kritický, a proto je potřeba se vypnout.



Obr. 17: Schmittův klopný obvod

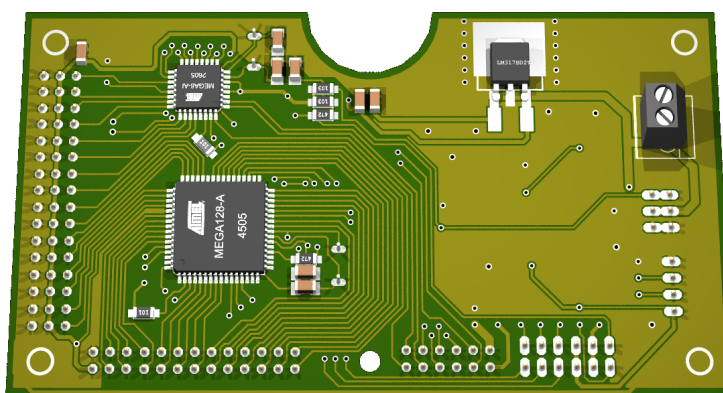
V řešení, které jsem použil, jsou dva Schmittovy obvody. Na obrázku č. 17 je pro ukázkou zobrazeno zapojení s LED diodami. Namísto LED diod jsou ve skutečnosti tyto vývody připojeny vstupy mikrořadiče. Trimry si nastavují úroveň, při které se led rozsvítí. V případě, že jsou baterie nabitě, nesvítí ani jedna LED dioda, při dalším stavu se rozsvítí jedna z nich a ve třetím stavu, když poklesne napětí na kritickou hodnotu, se rozsvítí obě LED diody.

Dále jsem při práci na této desce narazil na problém se zapojením programovacího konektoru (SPI). Podle Datasheetu ATmega128 [27] se zdá, že se zapojuje podobně jako u ATmega32 a nižších na piny PB1(SCK), PB2(MOSI), PB3(MISO). Až na straně 300 je dodatek, který říká, že výstupy MOSI, MISO a SCK jsou označeny v manuálu špatně a zapojují se tak, jak je uvedeno v tabulce číslo 4.

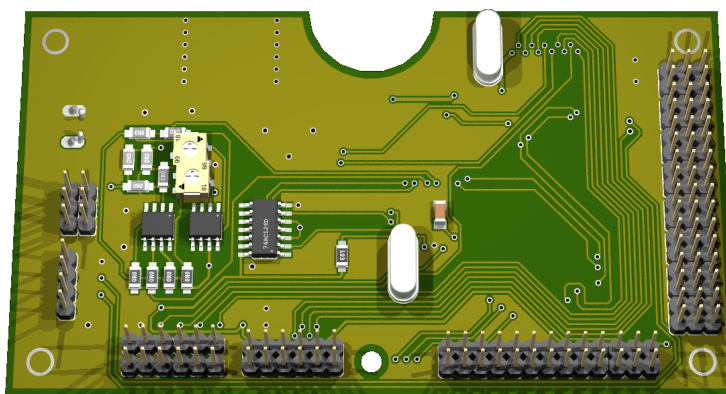
| Symbol     | Pin | I/O | Popis           |
|------------|-----|-----|-----------------|
| MOSI (PDI) | PE0 | I   | Serial data in  |
| MISO (PDO) | PE1 | O   | Serial data out |
| SCK        | PB1 | I   | Serial clock    |

Tab. 4: Správné zapojení programovacího konektoru [27]

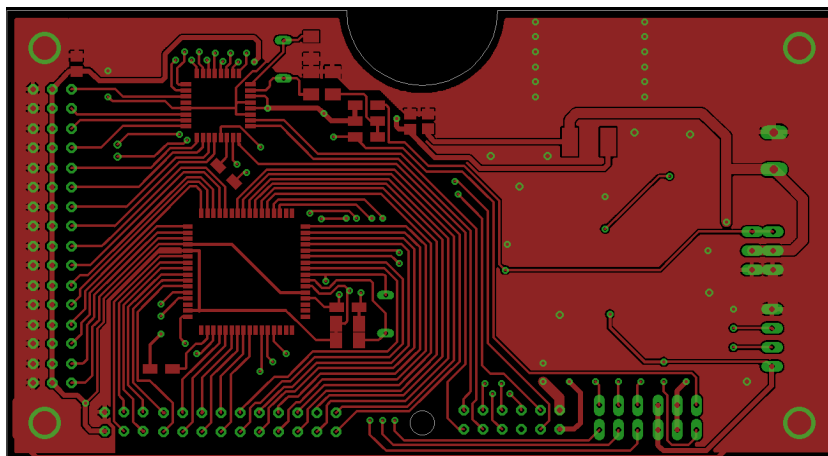
Tuto desku jsem nechával vyrábět u firmy Pragoboard, u které se dají vyrobit i vícevrstvé plošné spoje včetně vrtání, broušení a frézování a nepájivé masky. Hlavní výhoda je, že na desce byly od této firmy už udělány prokovy, takže se obě strany desky nemusely pracně spojovat drátky.



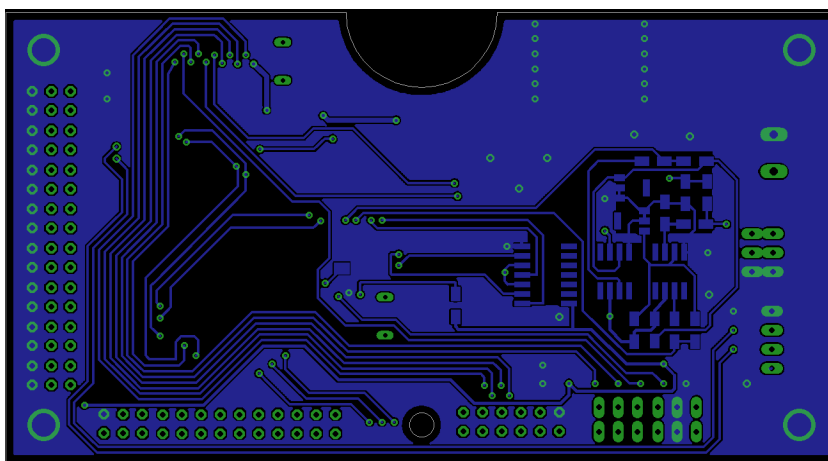
Obr. 18: Pohled na desku řídicí jednotky číslo 1 ze strany Top



Obr. 19: Pohled na desku řídicí jednotky číslo 1 ze strany Bottom



Obr. 20: Plošný spoj řídicí jednotky číslo 1 ze strany Top v měřítku 1:1



Obr. 21: Plošný spoj řídicí jednotky číslo 1 ze strany Bottom v měřítku 1:1

Na obrázcích číslo 18 a 19 je vidět celková podoba osazené desky. Na obrázcích číslo 20 a 21 je vidět deska plošných spojů řídicí jednotky. Schéma k této řídicí jednotce je z důvodu velikosti zařazeno v přílohách práce.

Na desce jsou umístěny dva mikrokontrolery, které spolu měly vzájemně spolupracovat a vzájemně si vypomáhat. Jeden měl sloužit jako Master a druhý jako Slave. Master by se pak přes odrazové infrasenzory staral o hlídání kolizí ovládaní motorů. Slave by se staral o komunikaci s majáky a hlídal by napětí baterií. Z obou mikrokontrolerů je vyvedeno co nejvíce pinů pro testování různých zapojení. Každý mikrokontroler má vyvedený svůj programovací konektor.

Vzhledem k problémům při ožiování desky s komunikací mezi mikrokontrolery bylo pro další vývoj rozhodnuto použít na řídicí jednotce pouze jeden mikrokontroler, který se bude starat o vše a bude komunikovat s majáky přes jejich řídicí obvod přes rozhraní UART.

Výsledný rozměr této desky je 110 x 60 mm. Tento rozměr byl definován vnitřními rozměry robotu včetně kruhového výřezu na vrchu desky. Pro další vývoj bylo ale v tomto ohledu rozhodnuto, že by výsledná deska měla být co možná nejmenší.

### 3.4.2 Realizace řídicí jednotky č.2

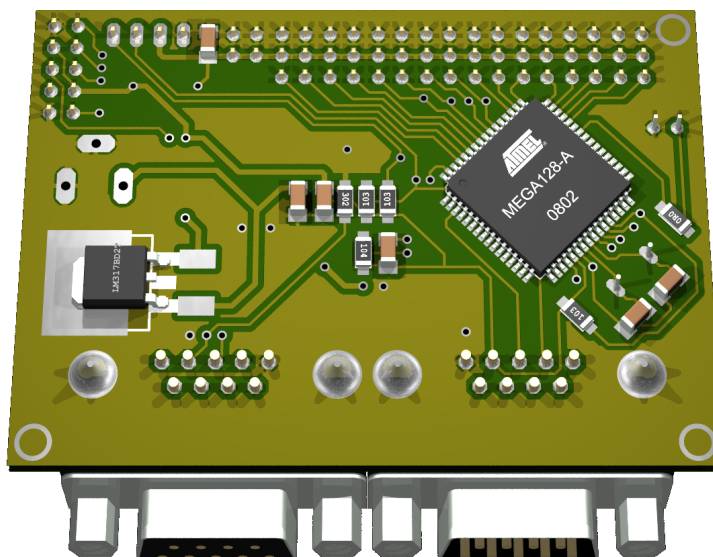
Při práci na desce jsem se snažil docílit co možná nejmenších rozměrů. Jsou zde dva porty RS232 (sériová linka). Jeden (samice) je vyveden z UART0 pro připojení periférií a neslouží tedy pro připojení k počítači. Druhý port RS232 (samec) je vyveden z UART1 přes obvod MAX232 a dá se tak připojit k počítači.

Piny jednočipu se nemůžou spojit přímo s počítačem. Komunikace probíhá na dost odlišných napětích (5V mikrokontroler / +/-12V počítačové rozhraní), a tak by se s největší pravděpodobností čip zničil. Na vstupech a výstupech čipů je většinou TTL napětí, takže pokud je potřeba propojit dva čipy a komunikovat s nimi přímo, je vše v pořádku. Pro napojení k PC je ale potřeba konvertor napětí, což se nejčastěji řeší pomocí čipu MAX232 a několika kondenzátorů. Dražší klony již mají kondenzátory v sobě a potřebujete pouze převodníkový čip. [28]

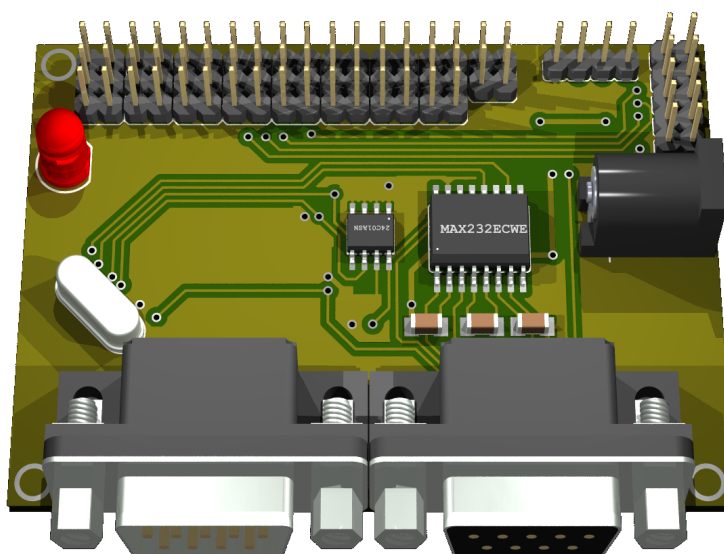
K mikrokontroleru je dále připojena přes I2C paměť EEPROM na ukládání dat programu. Ta má výhodu, že data zůstanou uchována i po odpojení napájení. Má však celkem omezený počet zápisů.

Jak je vidět, z desky je vyvedeno mnohem méně I/O, protože je již specifitěji zaměřena. Zjistilo se, že ostatní vyvedené piny nebudou k řízení potřeba. Na desce je také zapojena LED dioda, která slouží pouze pro indikaci, jestli je řídicí jednotka v provozu.

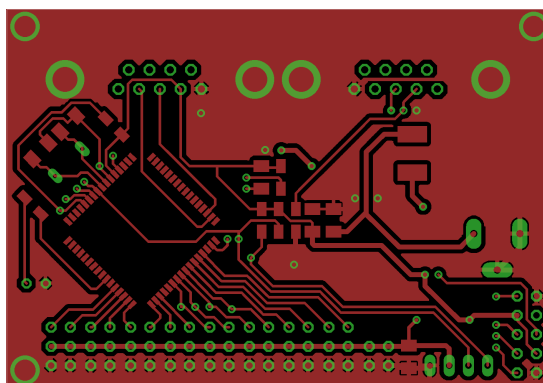
Výsledný rozměr desky je 72 x 50 mm, což oproti předchozí řídicí jednotce představuje značný rozdíl. Pro další vývoj bylo rozhodnuto, že se bude komunikace mezi počítačem a řídicí jednotkou řešit bezdrátově, aby se mohly získávat údaje za provozu robota. Pro docílení dalšího zmenšení by se mohly použít jiné konektory než RS232, které zabírají na desce poměrně hodně místa. Na obrázcích číslo 22 a 23 je vidět celková podoba osazené desky. Na obrázcích číslo 24 a 25 je vidět deska plošných spojů řídicí jednotky. Schéma k řídicí jednotce je opět v příloze práce.



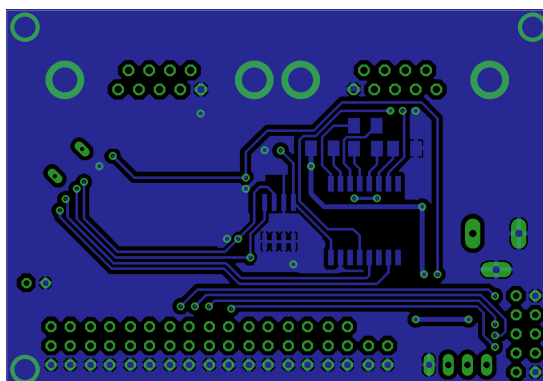
Obr. 22: Pohled na desku řídicí jednotky číslo 2 ze strany Top



Obr. 23: Pohled na desku řídicí jednotky číslo 2 ze strany Bottom



Obr. 24: Plošný spoj řídicí jednotky číslo 2 ze strany Top v měřítku 1:1



Obr. 25: Plošný spoj řídicí jednotky číslo 2 ze strany Bottom v měřítku 1:1

### 3.4.3 Realizace řídicí jednotky č.3

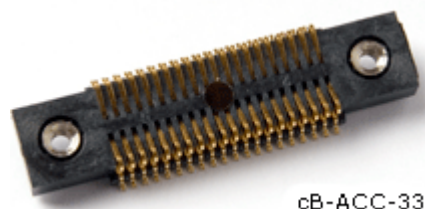
Na závěrečnou řídicí jednotku byla aplikována všechna zlepšení z předchozích prototypů a různých zapojení na nepájivých polích.

Prokovy, jak je vidět na obrázku 31 a 32, jsou umístěny jak pod mikrokontrolerem, tak pod konektory. V případě, že by se tato deska nechala vyrobit, bude její výroba profesionální přes specializované firmy tak, aby prokovy z desky nevystupovaly. Kdyby se ale na desce někde vyskytla chyba, musela by se nechávat celá nákladně znovu vyrobit. Po odzkoušení ručně vyrobeného a kompletně odladěného prototypu se pak může nechat vyrobit ve více kusech, což pak vychází i na jeden kus levněji.

Bylo tedy potřeba prokovy, které se ručně dělají drátky zapájenými z obou stran, udělat tak, aby se vešly pod mikrokontroler a pod konektory. Pod SMD mikrokontrolerem je cca 0,5 mm místa. Bylo to tedy realizováno tak, že se použily drátky, které do díry pro prokov těsně pasovaly. Ze strany, kde nebude prokov pod něčím umístěný, se drátek zapájel, z druhé strany, kde byl umístěný například pod mikrokontrolerem, se přesahující část odstranila tak, aby byla co nejvíce zarovnána s deskou. Pak bylo potřeba z této strany prokov zapájet. Nesměl se ale nahřívat příliš dlouho, protože teplotou pájky se roztavoval i cín na druhé straně desky a drátek by se uvolnil. Bylo by pak potřeba celý proces znovu opakovat. Zároveň po každém zapájení prokovu je nutno proměřit, jestli spojuje obě strany desky. Někdy se totiž vytvořil na straně se zarovnaným prokovem studený spoj.

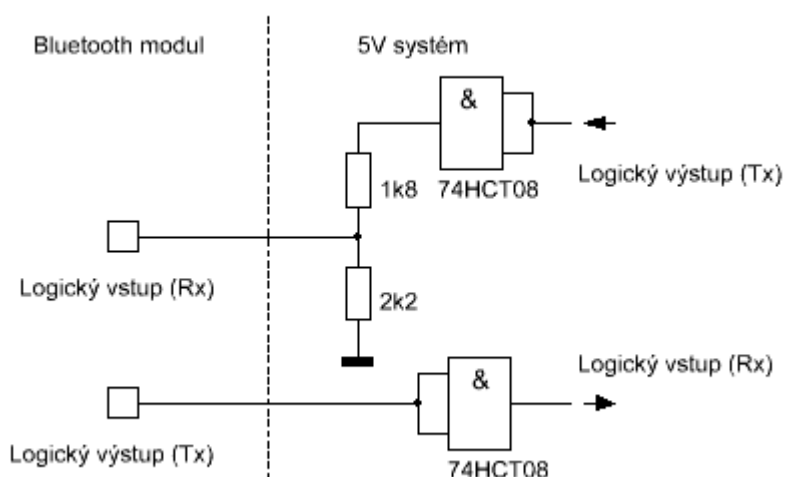
Metoda ručního vyrábění prokovů je sice pracná, nicméně dostatečná pro výrobu prototypu. Metoda je v podstatě nenákladná vzhledem k tomu, kolik by stálo si nechat desku profesionálně, třeba i několikrát kvůli chybám vyrobit..

Protože je na této desce použita bezdrátová komunikace s počítačem přes technologii Bluetooth, která je řešena tak, že se k UART připojí Bluetooth modul OEMSPA310, který je popsán v kapitole 3.1.2, přes konektor FSI-120-03-G-D-M-AB, jenž bohužel není v knihovnách programu Eagle, bylo potřeba jej navrhnout. Návrh konektoru je popsán v kapitole 3.3.1 a jeho vzhled je vidět na obrázku číslo 26.



Obr. 26: Konektor FSI-120-03-G-D-M-AB pro připojení OEMSPA310  
[29]

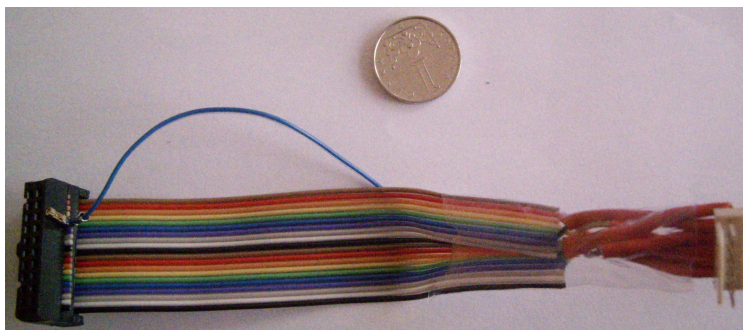
Na stránkách firmy Spizial Electronic [29], která je dodavatelem použitého modulu od společnosti connectBlue, je doporučeno pro připojení modulu k 5V systému použít odporových děličů a hradel, jak je vidět na obrázku 27.



Obr. 27: Elektrické připojení modulu OEMSPA310 k 5V systému [29]

Při použití modulu OEMSPA310 v 5V systému je vstup modulu (Rx) připojen přes odporový dělič 1k8/2k2 a hradlo 74HCT08. Výstup z modulu (Tx) je veden přes hradlo 74HCT08.

Na desce se ušetřilo velké množství místa také z toho důvodu, že programovací konektor není nikde vyveden přímo, ale jeho piny jsou vyvedeny na konektory, kam jsou připojeny A/D převodníky. Pouze pin Reset je vyveden přes jumper a pak až na konektor společně s A/D převodníkem, aby nedocházelo k nechtěnému resetu za provozu. Na programování se pak používá redukce, která je vidět na obrázku 28.



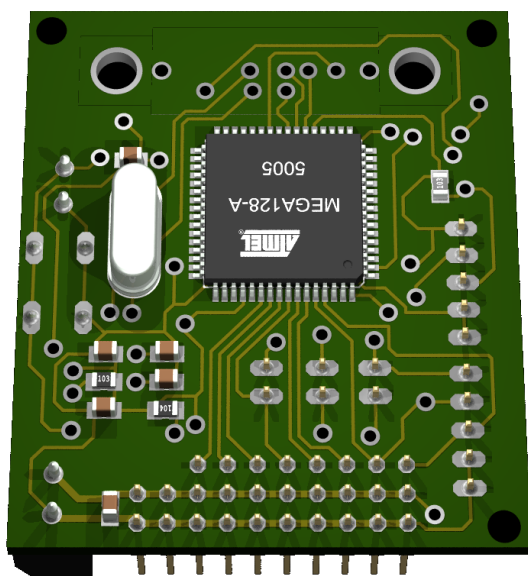
Obr. 28: Redukce na programovací konektor

Redukce je udělána z plochého kabelu. Na jedné straně, která se zapojuje do DPS, je samořezný konektor (PFL16), pouze jeden vodič je vyveden mimo a je nutné ho připojit na GND. Na druhé straně je už konektor, který se připojuje do programátoru.

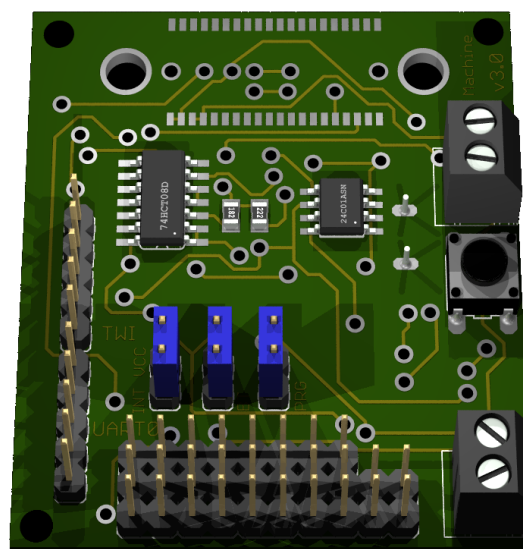
Stejně jako na předchozích deskách je i na této externí paměť EEPROM pro ukládání dat. Dále je na desce pouze 8 AD převodníků vyvedených na konektorové kolíky s roztečí 2,54 mm. Na desce jsou dva šroubovací konektory. Jeden slouží pro připojení napájení a jeden pro vyvedení pinu RESET mimo desku.

Výsledný rozměr této desky je 55 x 42 mm, takže bylo znovu docíleno žádoucího zmenšení. Na 3D náhledech není konektor FSI-120-03-G-D-M-AB, protože nemá svůj 3D model v nadstavbě programu Eagle3D.

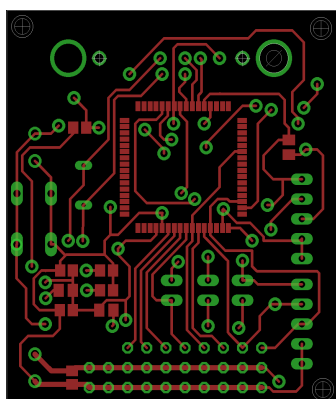
Na řídicí jednotce jsou pro připojení zařízení přes UART a TWI (I2C) použity precizní konektory, které jsou dražší než předchozí, které se krimpovaly ručně. Tyto jsou ale pevnější, protože jsou nakrmpovány strojově a nezničí se tak rychle opotřebováním.



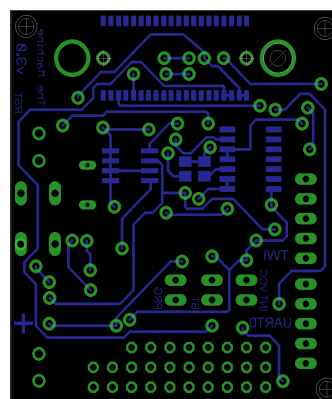
Obr. 29: Pohled na desku řídicí jednotky číslo 3 ze strany Top



Obr. 30: Pohled na desku řídicí jednotky číslo 3 ze strany Bottom



Obr. 31: Plošný spoj řídicí jednotky číslo 3 ze strany Top v měřítku 1:1



Obr. 32: Plošný spoj řídicí jednotky číslo 3 ze strany Bottom v měřítku 1:1

## 4 FUNKCE VÝSLEDNÉ ŘÍDÍCÍ JEDNOTKY

Řídicí jednotka během svého vývoje prošla na základě všech testovacích desek a různých zkušebních zapojení rozsáhlým vývojem. V průběhu vývoje se mnoho prvků na desce upravovalo a měnilo, protože se po odzkoušení prototypů často našlo lepší řešení. Řídicí jednotka dospěla do fáze, kdy je již schopná bez jakýchkoli problémů plnit svoji funkci pro autonomní mobilní robot. Výsledná deska se může nechat profesionálně vyrobit a osadit ve více kusech a poté prodávat ve specializovaných obchodech. V následujících kapitolách bude popsána funkce této řídicí jednotky. Hlavně bude shrnuto k čemu se veškeré I/O na řídicí jednotce používají.

### 4.1 Popis funkce

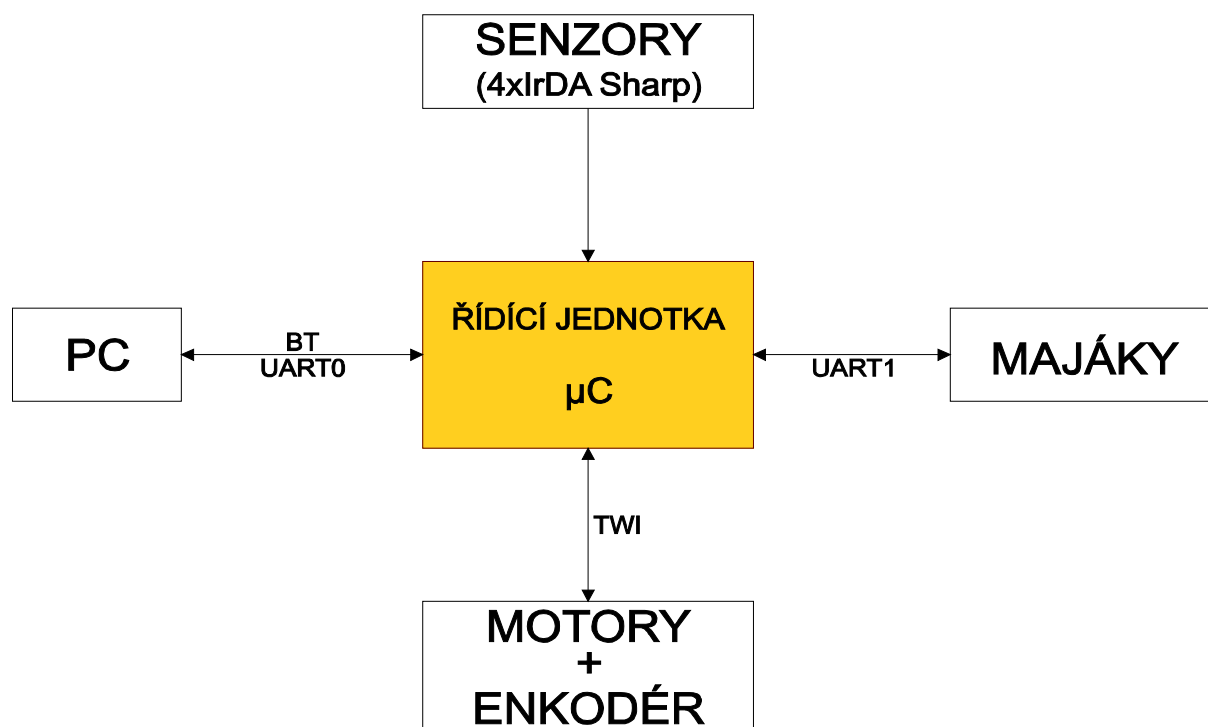
Blokové schéma výsledné řídicí jednotky je vidět na obrázku 33. Uprostřed je řídicí jednotka s mikrokontrolerem. Senzory jsou na řídicí jednotku připojeny přes A/D převodníky mikrokontroleru, protože oznamují vzdálenost překážek a hlídají kolize pomocí velikosti napětí. Díky A/D převodníku se toto analogové napětí převede na odpovídající logickou úroveň a tuto informaci pak může mikrokontroler zpracovat jako data. Vstupů na A/D převodníky je celkem 8 a zatím jsou na ně připojeny pouze čtyři senzory, které hlídají kolize vpředu a na bocích. Čtyři A/D převodníky zůstávají volné a můžou se využít pro další senzory, které budou například umístěny naspodu robota a budou hlídat, aby robot nesjel ze schodů.

Přes rozhraní UART1 komunikuje řídicí jednotka s majáky respektive s řídicím obvodem majáků. V těle robota jsou umístěny přijímače, které přijímají signál z majáků. Pomocí majáků rozmístěných po místnosti se přesněji určuje poloha robota v prostoru. Tento obvod s přijímači komunikuje s řídicí jednotkou.

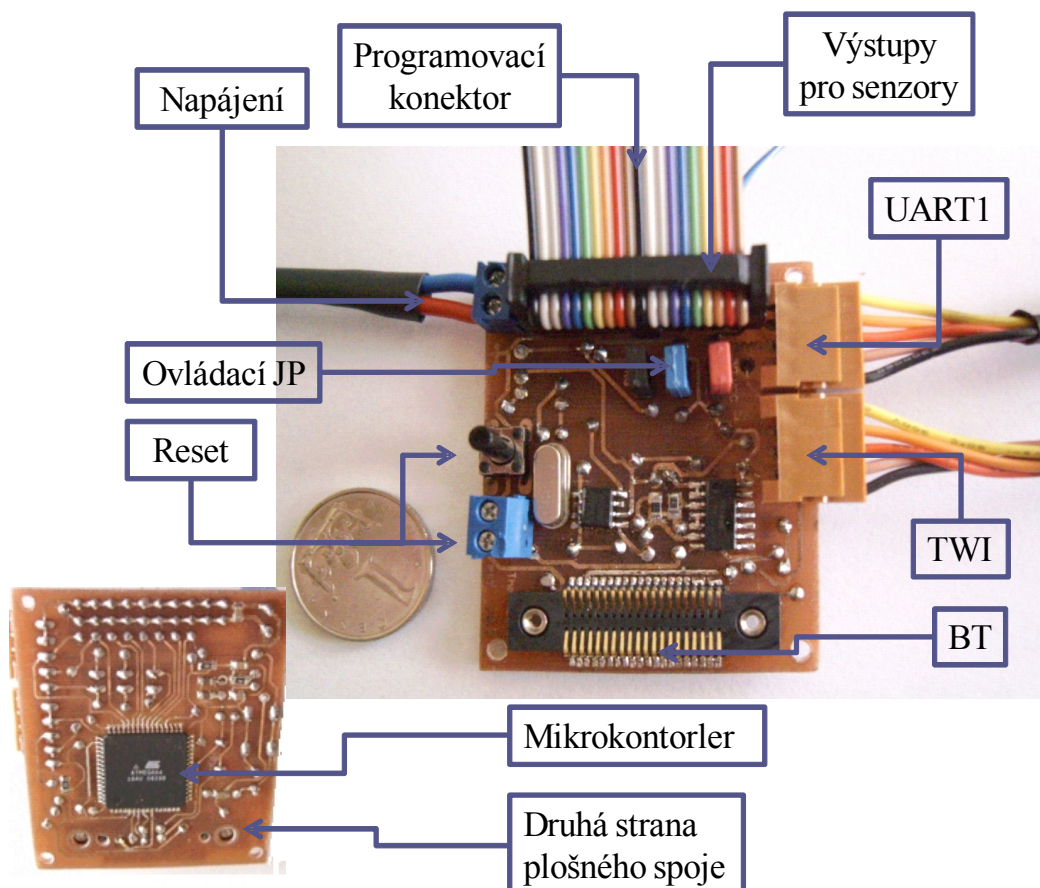
K řídicí jednotce je připojený Bluetooth modul přes UART0, díky tomu může robot komunikovat s počítačem i za provozu. Může mu například posílat data o své poloze. Přes počítač se může robotu určit trasa, kudy má jet apod.

Přes výstup TWI (I2C) je řídicí jednotka propojena s řídicí elektronikou motorů (MD23) a motory (EMG30) popsaných v kapitole 3.2.2. Motory v sobě obsahují enkodér, takže řídicí jednotka při komunikaci s řídicí elektronikou motorů dostává informace o tom, jakou rychlostí a na jakou stranu se motory točí. Zároveň podle těchto získaných informací může řídicí jednotka rozhodovat o tom, jestli má robot zrychlit, zpomalit, zatočit apod.

Blokové schéma řídicí jednotky a vyhotovenou řídicí jednotku je možno porovnat na obrázku 33 a 34. UART1, TWI, Bluetooth konektor pro připojení modulu a senzory jsou s blokovým schématem společné. Oproti blokovému schématu je na vyhotovené řídicí jednotce zobrazeno připojení napájení, programovacího konektoru, který se připojuje na stejné místo, kam A/D převodníky. Navíc je zde ještě zobrazen Reset, který je přímo na desce přes mikropínač a ještě je vyvedený na šroubovací konektory, aby se mohl vyvést i externě na tělo robota. Dále jsou na desce vidět ovládací jumpery, černý musí být zapojený, když chceme řídicí jednotku programovat, červený se odpojí v případě, že budeme chtít řídicí jednotku a senzory napájet každý z jiného zdroje. Modrý jumper slouží k zapnutí a vypnutí modulu Bluetooth (OEMSPA310).



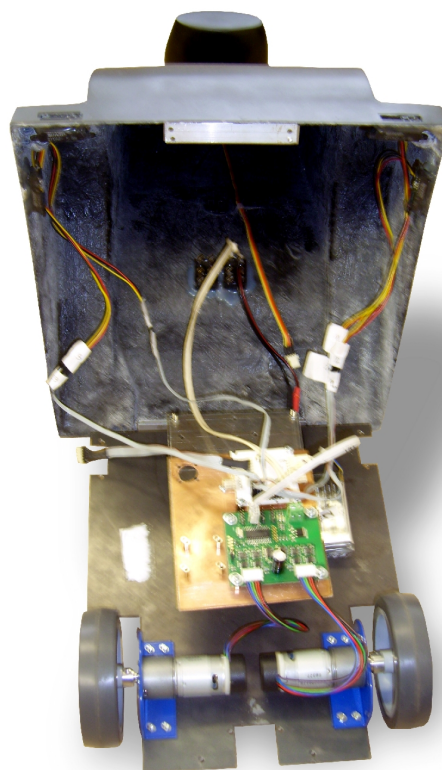
Obr. 33: Blokové schéma výsledné řídicí jednotky



Obr. 34: Popis výsledné řídicí jednotky



*Obr. 35: Robot Bender 2.5, ve kterém je řídicí jednotka použita*



*Obr. 36: Elektronika robotu Bender 2.5*



## 5 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout, vyrobit a prakticky otestovat řídicí jednotku pro autonomní mobilní robot. Před tím však bylo nutné prostudovat možnosti řízení konstrukčně podobných robotů, to je popsáno v kapitole 2 této práce a na základě toho vybrat nejvhodnější strukturu řídicí jednotky. Řídicí jednotka však musí být dostatečně výkonná pro zpracování navigačních algoritmů. Jak je uvedeno v kapitole 3.1.1, tak pro vývoj řídicí jednotky byly zvoleny mikrořadiče firmy Atmel z řady ATmega.

Při vývoji a návrhu struktury řídicí jednotky bylo potřeba se přizpůsobit několika periferiím jako jsou například motory, infračervené senzory, ty jsou popsány v kapitole 3.2.

Pro návrh struktury řídicí jednotky byl vybrán program Eagle. Některé věci, na které je třeba si při práci s tímto programem dávat pozor, jsou stručně popsány v kapitole 3.3. Při tvorbě jednoho z návrhů řídicí jednotky bylo potřeba do knihoven programu Eagle navrhnout schematickou značku a pouzdro specifického konektoru Bluetooth modulu, který není běžnou součástí knihoven tohoto programu. Návrh pouzdra, schematické značky a jejich vzájemné propojení je stručně popsán v kapitole 3.3.1.

Požadavky na řídicí jednotky se v průběhu práce vyvíjely a bylo vyrobeno několik prototypů a zkušebních zapojení na nepájivém poli. Vývoj tří hlavních prototypů je popsán v kapitole 3.4. I na základě testování těchto prototypů se totiž přicházelo postupně na některá vylepšení. Byla snaha u každého prototypu docílit co možná nejmenších rozměrů, proto také byla zvolena pro realizaci řídicích jednotek oboustranná (dvouvrstvá) technologie. Kvůli minimalizaci rozměrů byly také zvoleny součástky SMD a u posledního prototypu bylo také docíleno výrazného zmenšení díky vytvoření redukce pro programovací konektor.

Řídicí jednotka je připravena k použití v autonomním mobilním robotu. Je schopna ovládat motory, sbírat informace ze senzorů a majáků a vzdáleně si vyměňovat informace s počítačem nebo jiným zařízením přes technologii Bluetooth. Díky externí paměti EEPROM si jednotka může ukládat potřebná data a v případě potřeby je i schopna se přes konektor I2C připojit a komunikovat s dalšími zařízeními.

Do budoucna se výsledná jednotka může nechat profesionálně vyrobit a osadit ve více kusech a poté prodávat ve specializovaných obchodech. Zkušenosti, které jsem získal při vývoji této řídicí jednotky, bych rád dále využil při tvorbě diplomové práce na konstrukčně složitějším robotu.



## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Wikimedia Commons. [online]. 11.09.2007 [cit. 2010-04-10]. Dostupný z WWW:  
<[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:VIA\\_Mini-ITX\\_Form\\_Factor\\_Comparison.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:VIA_Mini-ITX_Form_Factor_Comparison.jpg)>
- [2] Wikipedie : microATX. [online]. 13.01.2010 [cit. 2010-04-10]. Dostupný z WWW:  
<<http://cs.wikipedia.org/wiki/MicroATX>>
- [3] VIA: Mini-ITX Mainboard Form Factor. [online]. [cit. 2010-04-15]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.via.com.tw/en/initiatives/spearhead/mini-itx/index.jsp>>
- [4] VÍTEK, Jan. VIA vypouští platformu Pico-ITXe pro Fleet Management Devices. Svět hardware [online]. 05.02.2010 [cit. 2010-04-18]. Dostupný z WWW: <[http://www.svethardware.cz/art\\_doc-794533FF9825D9BAC12576C000709850.html?lotus=1&Highlight=0,pico](http://www.svethardware.cz/art_doc-794533FF9825D9BAC12576C000709850.html?lotus=1&Highlight=0,pico)>
- [5] VÍTEK, Jan. VIA vypouští platformu Pico-ITXe pro Fleet Management Devices. Svět hardware [online]. 01.12.2009 [cit. 2010-04-18]. Dostupný z WWW: <[http://www.svethardware.cz/art\\_doc-D4A196D959F011C7C125767F00409BE8.html](http://www.svethardware.cz/art_doc-D4A196D959F011C7C125767F00409BE8.html)>
- [6] Kontron : DIMM-PC®/520-I. [online]. [cit. 2010-04-18]. Dostupný z WWW:  
<<http://cz.kontron.com/products/computeronmodules/dimmpc/dimmpc520i.html?searchterm=dimmpc>>
- [7] Mite : mitePC-S Control . [online]. [cit. 2010-04-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.mite.cz/>>
- [8] Wikipedie : Jednočipový počítač. [online]. 15.03.2010 [cit. 2010-04-20]. Dostupný z WWW:  
<[http://cs.wikipedia.org/wiki/Jednočipový\\_počítač](http://cs.wikipedia.org/wiki/Jednočipový_počítač)>
- [9] Wikipedie : Digitální signálový procesor. [online]. 20.03.2010 [cit. 2010-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/DSP>>
- [10] Wikipedie : CISC. [online]. 20.04.2010 [cit. 2010-04-24]. Dostupný z WWW:  
<<http://cs.wikipedia.org/wiki/DSP>>
- [11] Wikipedie : RISC. [online]. 20.04.2010 [cit. 2010-04-24]. Dostupný z WWW:  
<<http://cs.wikipedia.org/wiki/RISC>>
- [12] Electronics Lab. [online]. 14.09.2007 [cit. 2010-04-24]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.electronics-lab.com/blog/?m=200709&paged=5>>
- [13] Spezial electronic : Univerzální dálkové ovládání s Bluetooth. [online]. 10/2007 [cit. 2010-05-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.spezial.cz/apps/dalkove-ovladani-rc-bluetooth.html>>
- [14] Spezial electronic : Datasheet OEMSPA310. [online]. 05/2008 [cit. 2010-05-08]. Dostupný z WWW: <[http://www.spezial.cz/pdf/em\\_ds\\_oemspa\\_310.pdf](http://www.spezial.cz/pdf/em_ds_oemspa_310.pdf)>
- [15] Snail Instruments : GP2Y0A21. [online]. [cit. 2010-05-08]. Dostupný z WWW:  
<[http://shop.snailinstruments.com/index.php?main\\_page=product\\_info&cPath=65\\_72&products\\_id=184](http://shop.snailinstruments.com/index.php?main_page=product_info&cPath=65_72&products_id=184)>
- [16] Sharp : Datasheet GP2Y0A21. [online]. [cit. 2010-05-08]. Dostupný z WWW: <[http://sharp-world.com/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a\\_d\\_e.pdf](http://sharp-world.com/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a_d_e.pdf)>
- [17] Snail Instruments : EMG30. [online]. [cit. 2010-05-08]. Dostupný z WWW:  
<[http://shop.snailinstruments.com/index.php?main\\_page=product\\_info&cPath=75\\_101&products\\_id=261](http://shop.snailinstruments.com/index.php?main_page=product_info&cPath=75_101&products_id=261)>
- [18] Snail Instruments : MD23. [online]. [cit. 2010-05-08]. Dostupný z WWW:  
<[http://shop.snailinstruments.com/index.php?main\\_page=product\\_info&cPath=68\\_69&products\\_id=251](http://shop.snailinstruments.com/index.php?main_page=product_info&cPath=68_69&products_id=251)>
- [19] Atmel : ATmega8 Summary. [online]. 02/2010 [cit. 2010-05-15]. Dostupný z WWW:  
<[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/2486S.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/2486S.pdf)>
- [20] Atmel : ATmega16 Summary. [online]. 05/2009 [cit. 2010-05-15]. Dostupný z WWW:  
<[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/2466S.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/2466S.pdf)>
- [21] Atmel : ATmega32 Summary. [online]. 07/2009 [cit. 2010-05-15]. Dostupný z WWW:  
<[http://www.atmel.com/dyn/products/product\\_card.asp?part\\_id=2014](http://www.atmel.com/dyn/products/product_card.asp?part_id=2014)>
- [22] Atmel : ATmega64 Summary. [online]. 07/2009 [cit. 2010-05-15]. Dostupný z WWW:  
<[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/2490S.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/2490S.pdf)>
- [23] Atmel : ATmega128 Summary. [online]. 07/2009 [cit. 2010-05-15]. Dostupný z WWW:  
<[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/2467S.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/2467S.pdf)>

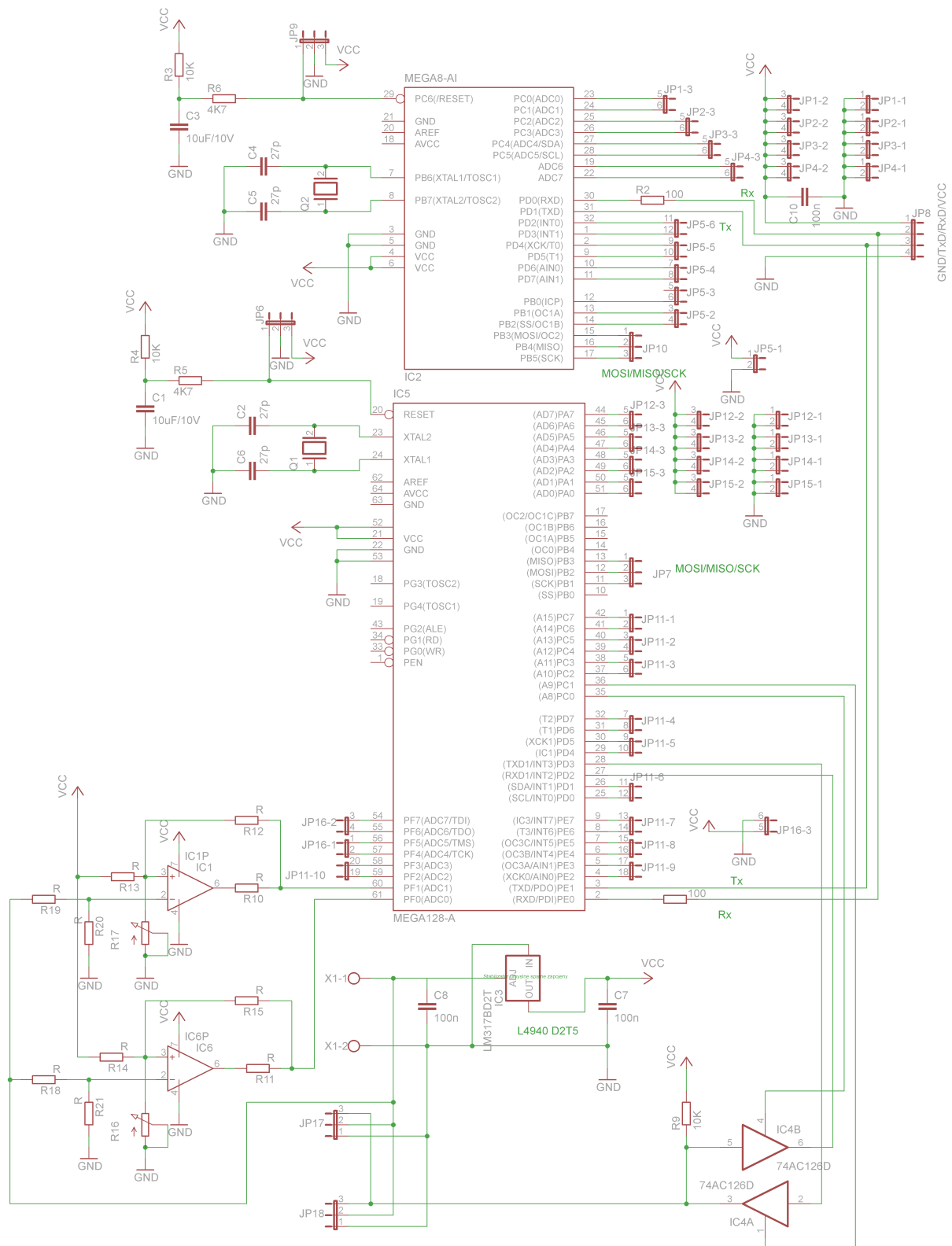
- [24]Hothardware : VIA's Mobile-ITX Platform. [online]. 01/2009 [cit. 2010-05-15]. Dostupný z WWW: <<http://hothardware.com/News/VIA's-MobileITX-Platform-Is-50-Smaller-Than-PicoITX/>>
- [25]Pandatron : Rozměry standardních SMD pouzder. [online]. [cit. 2010-05-20]. Dostupný z WWW: <[http://pandatron.cz/?584&rozmery\\_standardnich\\_smd\\_pouzder](http://pandatron.cz/?584&rozmery_standardnich_smd_pouzder) >
- [26]Beck IPC. [online]. [cit. 2010-05-20]. Dostupný z WWW: <[http://www.beck-ipc.com/files/manual/BT01HW\\_v11\\_120208.pdf](http://www.beck-ipc.com/files/manual/BT01HW_v11_120208.pdf) >
- [27]Atmel : ATmega128. [online]. 07/2009 [cit. 2010-05-15]. Dostupný z WWW: <[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2467.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2467.pdf) >
- [28]Robotika : Komunikace. [online]. 2006-02-28 [cit. 2010-05-22]. Dostupný z WWW: <<http://robotika.cz/guide/comm/cs> >
- [29]Spezial electronic : Základní elektrické zapojení Bluetooth modulu. [online]. [cit. 2010-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.spezial.cz/apps/elektricke-pripojeni-bluetooth-modulu.html> >

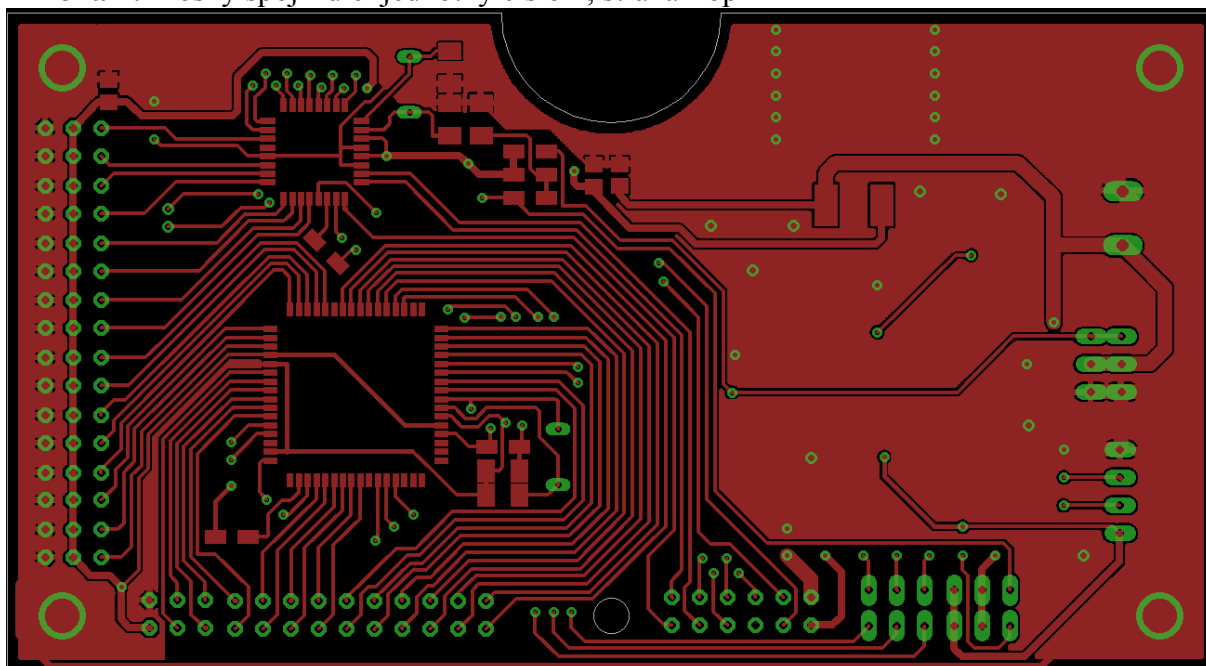
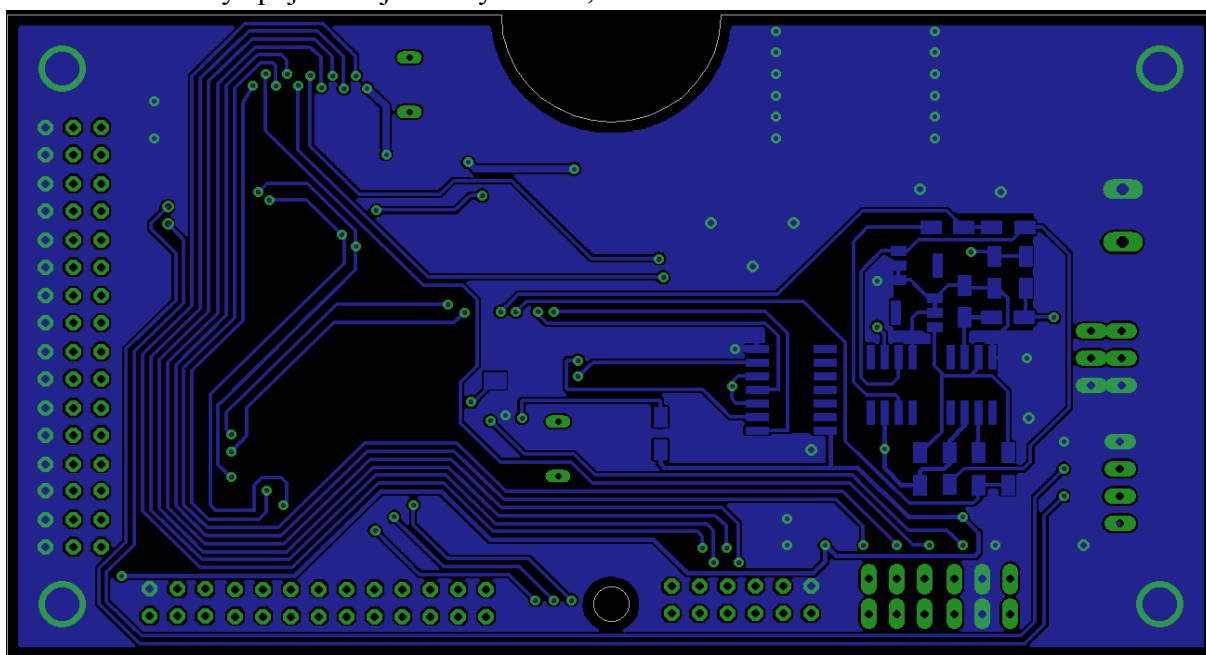
- Internetové stránky věnované amatérské a profesionální robotice  
<<http://robotika.cz/>>
- Internetové stránky věnované vzdělávací a hobby robotice  
<<http://megarobot.net/>>
- Internetové stránky věnované hobby robotice  
<http://www.hobbyrobot.cz/>

## SEZNAM PŘÍLOH

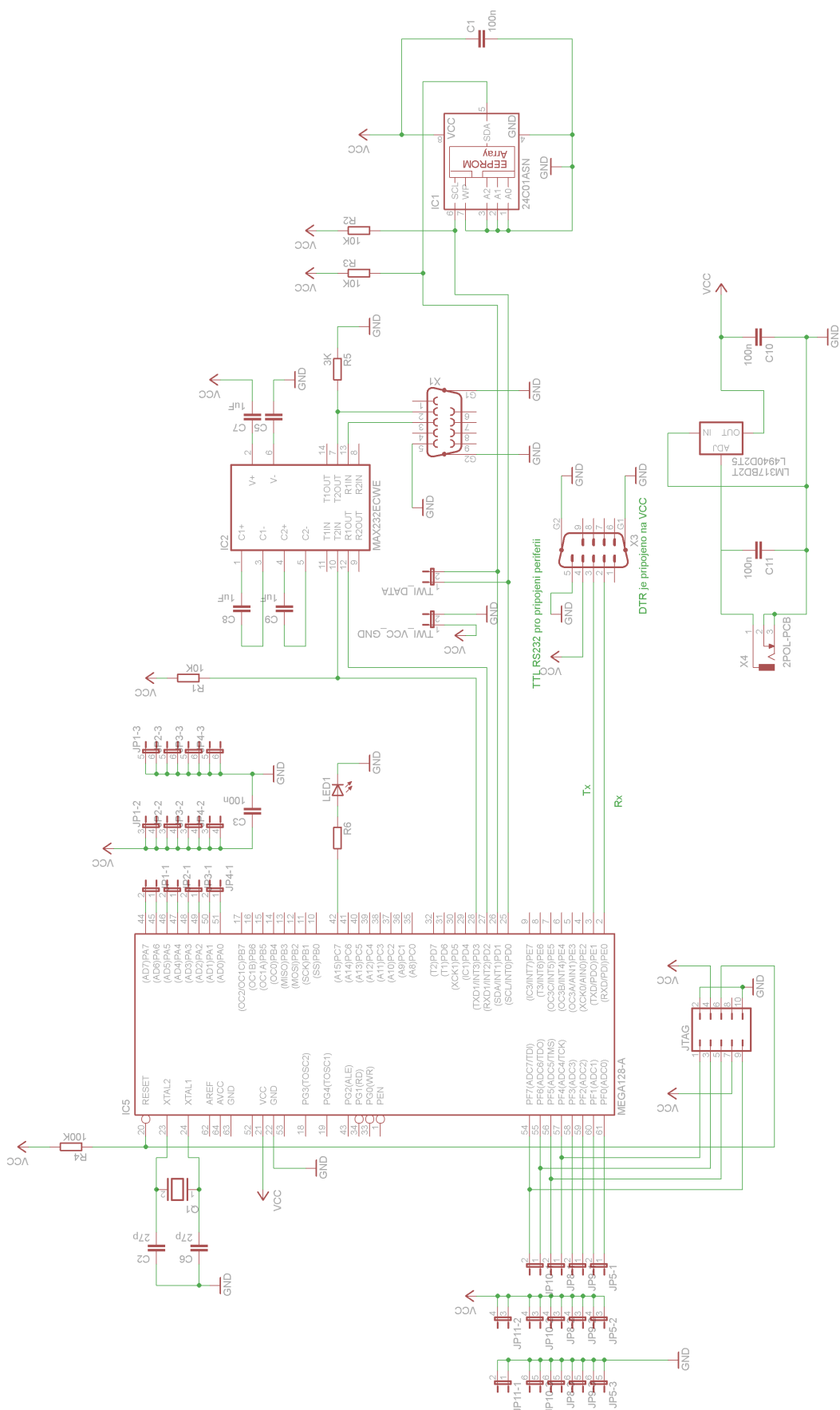
- ◆ Příloha č.1 Schéma řídicí jednotky číslo 1
- ◆ Příloha č.2 Plošný spoj řídicí jednotky číslo 1, strana Top
- ◆ Příloha č.3 Plošný spoj řídicí jednotky číslo 1, strana Bottom
- ◆ Příloha č.4 Schéma řídicí jednotky číslo 2
- ◆ Příloha č.5 Plošný spoj řídicí jednotky číslo 2, strana Top
- ◆ Příloha č.6 Plošný spoj řídicí jednotky číslo 2, strana Bottom
- ◆ Příloha č.7 Schéma řídicí jednotky číslo 3
- ◆ Příloha č.8 Plošný spoj řídicí jednotky číslo 3, strana Top
- ◆ Příloha č.9 Plošný spoj řídicí jednotky číslo 3, strana Bottom

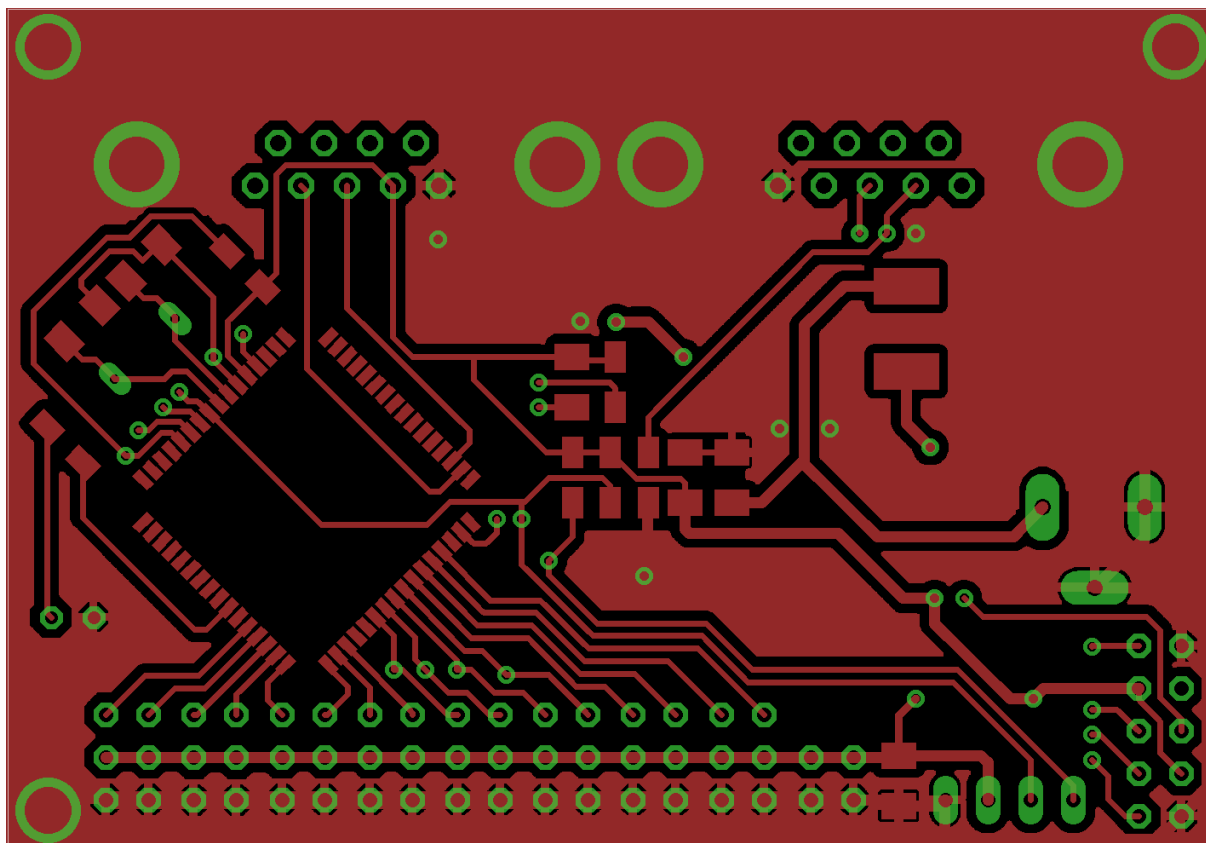
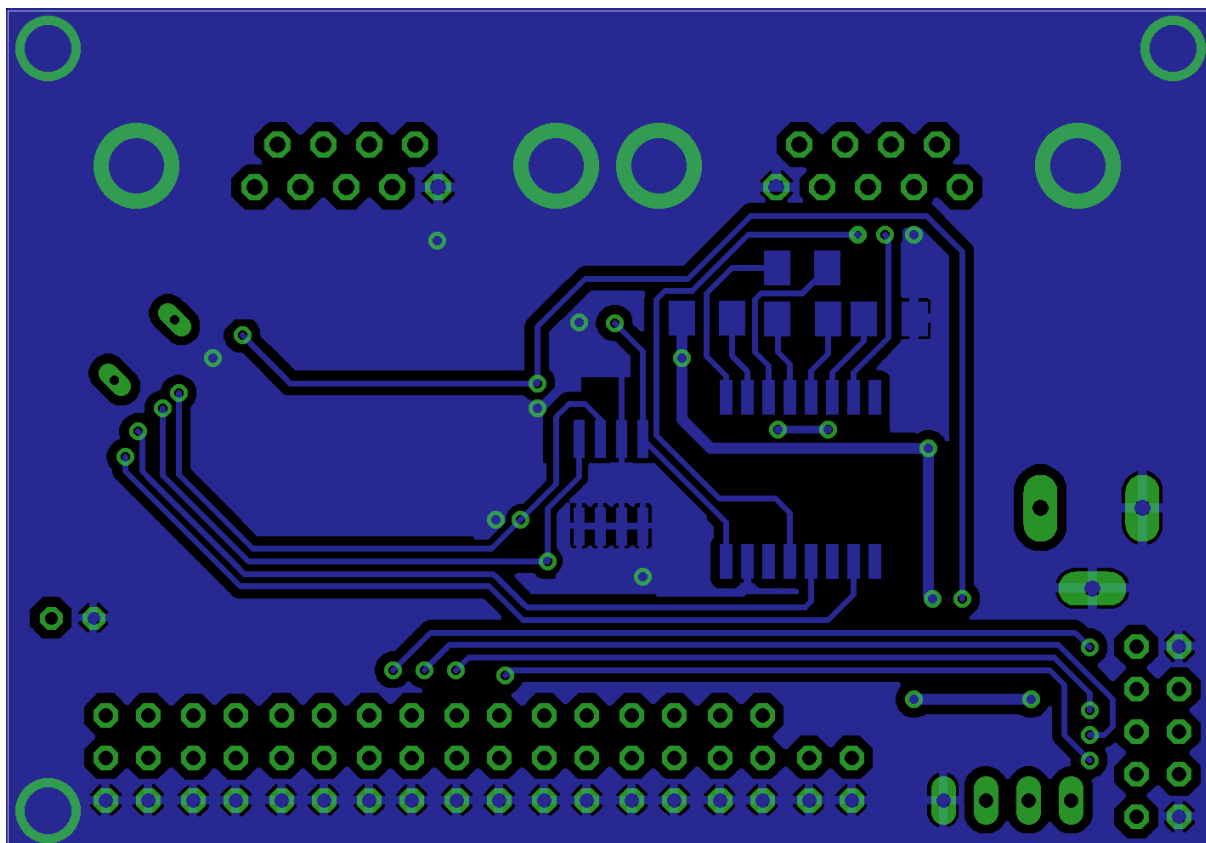
## Příloha 1: Schéma řídicí jednotky číslo 1

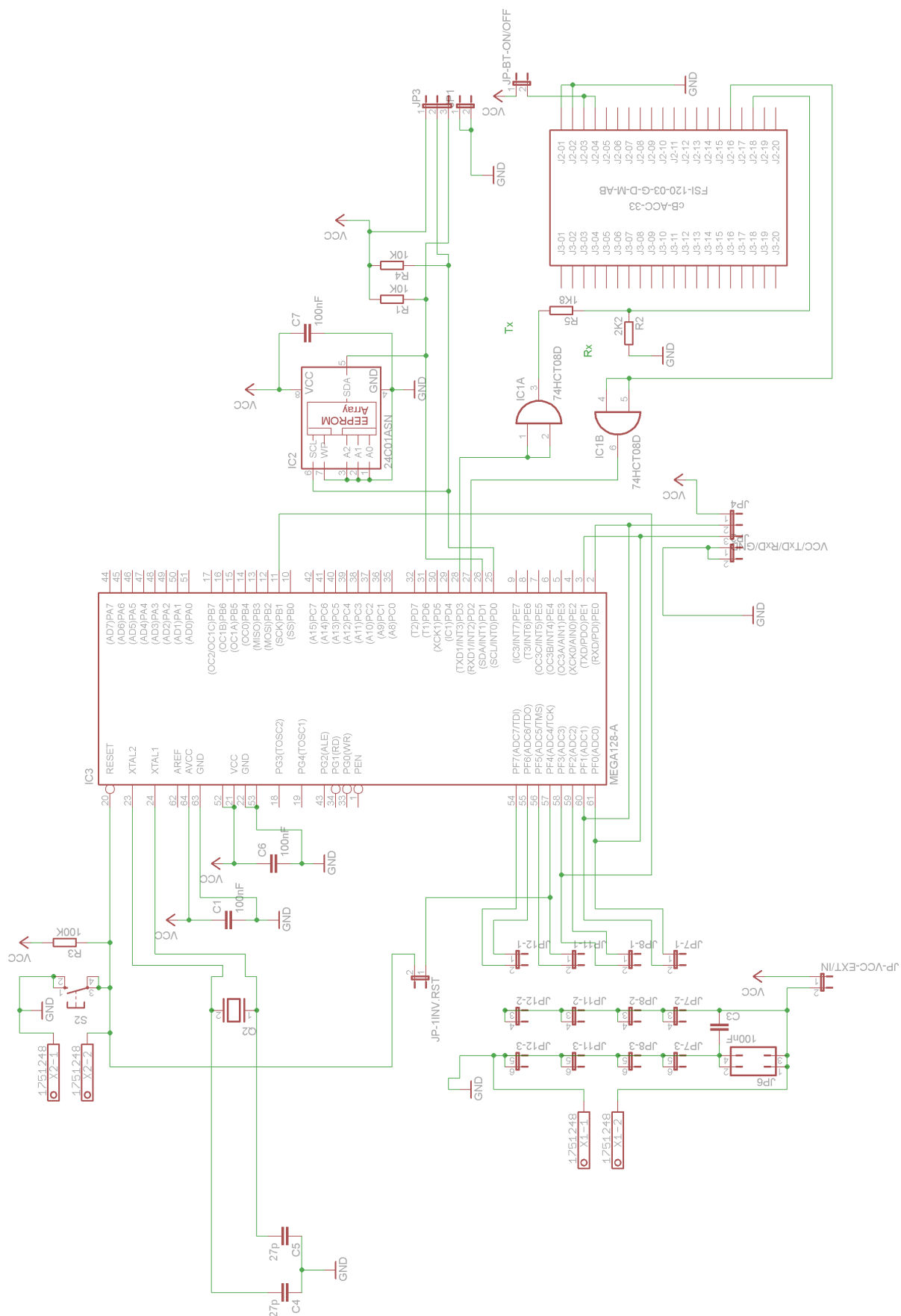


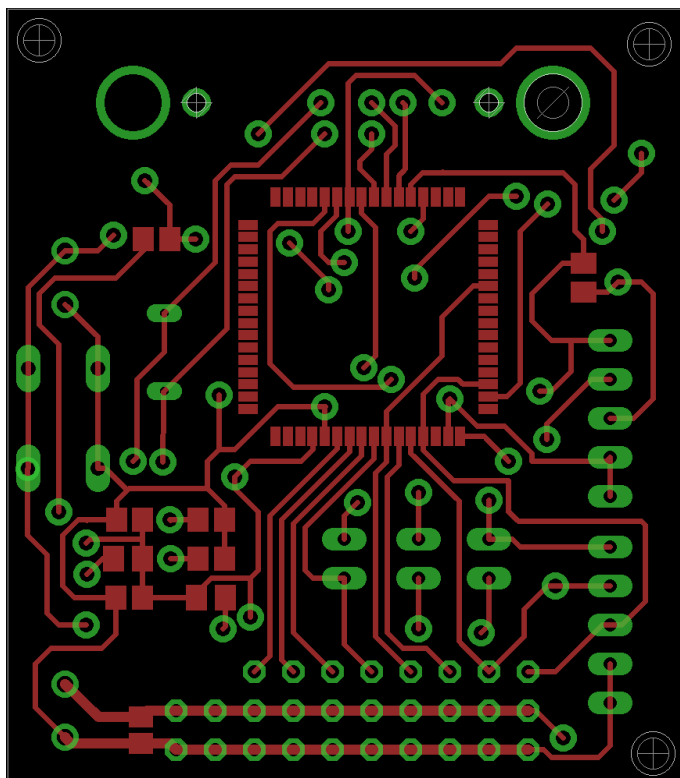
**Příloha 2:** Plošný spoj řídicí jednotky číslo 1, strana Top**Příloha 3:** Plošný spoj řídicí jednotky číslo 1, strana Bottom

## Příloha 4: Schéma řídicí jednotky číslo 2



**Příloha 5:** Plošný spoj řídicí jednotky číslo 2, strana Top**Příloha 6:** Plošný spoj řídicí jednotky číslo 2, strana Bottom



**Příloha 8:** Plošný spoj řídicí jednotky číslo 3, strana Top**Příloha 9:** Plošný spoj řídicí jednotky číslo 3, strana Bottom