

A n o t a c e

Tato práce popisuje vlastnosti použitého podvozku, jeho parametry a možnosti zatočení. Dále navrhuje zapojení rozvodu napájení a modulárního řešení elektronické části, na které si stanovuje potřebné parametry jednotlivých modulů a navrhuje řešení. Dále definuje komunikační protokol mezi implementovaným počítačem a hlavním modulem řízení, který komunikuje přes sériovou linku. Následně je uveden protokol pro sběrnice I2C a SPI. Jako přílohy obsahuje kompletní schémata a desky plošných spojů všech navržených modulů.

K l í ě o v á s l o v a

návrh elektroniky, ADC (MCP3301), kombinovaný H-most, ATmega, Wheatstonův most, snímač natočení, snímač otáček

A n n o t a t i o n

This work describes properties of robot chassis, its chances of turning of axle tree. Next suggests wiring of power supply and modular solution of electronic part, suggest useful parameters of each module and suggests solution. Next part is address to definitions of communication protocol between personal computer and main control module through RS-232. Then is shown communication protocol for I2C and SPI bus. As appendixes are enclosed complete schematic design of all used modules with their boards.

K e y w o r d s

design electronics, ADC(MCP3301), combined H-bridge, ATmega, Wheatston bridge, steering angle sensor, speed sensor

Bibliografická citace

SITTA, M. Elektronika a řídicí systém mobilního robotu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 48 s. Vedoucí semestrální práce doc. Ing. Luděk Žalud, Ph.D.

Obsah

1 Úvod.....	6
2 Mechanická konstrukce podvozku.....	7
2.1 Základní popis.....	7
2.2 Způsob snímání úhlu natočení.....	9
3 Struktura napájecích rozvodů.....	9
3.1 Výkonový okruh.....	10
3.2 Okruh elektroniky.....	10
4 Struktura elektronické části.....	11
4.1 Rozbor požadavků na elektronickou část s nástinem řešení.....	11
4.1.1 Obecné požadavky na elektronickou část.....	11
4.1.2 Požadavky řídicí desku.....	12
4.1.3 Požadavky moduly motorů.....	13
4.1.4 Moduly s AD převodníky.....	13
4.1.5 Moduly snímačů otáček.....	14
4.2 Pohled na řešení elektronické části.....	15
4.2.1 Blokový pohled na ostatní moduly.....	16
4.2.1.1 Modul AD převodníku.....	16
4.2.1.2 Modul snímače otáček.....	18
4.2.1.3 Modul řízení motorů.....	19
5 Standarty.....	21
5.1 Standart konektorů.....	21
5.1.1 Konektory akumulátorů.....	21
5.1.2 Napájecí 5 V (pro elektroniku).....	21
5.1.3 Univerzální konektor pro port mikrokontroléru.....	22
5.1.4 Pro měření napětí u ADC.....	23
5.1.5 Konektor pro připojení snímače otáček.....	23
5.1.6 Programovací konektor (programování ATmega).....	23
5.1.7 USB port pro připojení k počítači.....	24
5.1.8 Sběrnice I2C.....	24
5.1.9 Sběrnice SPI.....	25
5.1.10 Připojení motorů.....	25
5.2 Standart rozměrů modulů.....	25
5.2.1 Standart 0 – řídicí deska.....	26
5.2.2 Standart 1 – moduly řízení motorů.....	26
5.2.3 Standart 2 – moduly pro sběrnici I2C.....	27
6 Komunikační protokoly.....	28
6.1 Požadavky na komunikaci po sběrnici I2C, SPI a UART.....	28
6.1.1 Základní dělení zpráv.....	28
6.1.2 Tvar zpráv sběrnice UART – sériové linky.....	28
6.1.2.1 Formát řídicích zpráv.....	29
6.1.2.2 Definice informačních zpráv.....	29

6.1.3 Tvar zpráv sběrnice I2C a SPI.....	31
6.1.3.1 Formát zpráv.....	31
6.1.3.2 Význam definice typu zprávy.....	31
6.1.3.3 Způsob komunikace.....	33
6.1.3.4 Příklad komunikace.....	33
7 Realizace jednotlivých modulů.....	33
7.1 Nastavení mikrokontrolerů ATmega.....	34
7.2 Modul řízení.....	34
7.3 Moduly půl mostů přední nápravy.....	34
7.4 Modul Analog – digitálního převodníku.....	35
7.5 Modul Snímačů otáček.....	35
7.6 Modul ovládání motorů.....	36
8 Závěr.....	37
9 Použitá literatura.....	39
10 Přílohy.....	40
10.1 Deska plošných spojů modulu řízení.....	40
10.2 Deska plošných spojů modulu měření otáček.....	42
10.3 Desky plošných spojů modulu řízení motorů.....	43
10.4 Desky plošných spojů modulu ADC.....	45
10.5 Desky plošných spojů modulu natočení přední nápravy.....	46
10.6 Fotky s aktuálním stavem projektu.....	47

1 Úvod

Tato práce obsahuje zevrubný popis použitého podvozku, mechanický způsob vyhodnocování natočení přední nápravy a rychlosti kol zadní nápravy.

Dále se zabývá postupem získávání informací o rychlosti kol, elektronické části získání úhlu natočení přední nápravy a jejich zpracováním, následnou regulací motorů na žádanou hodnotu podle požadavků nadřazeného počítače. Výběru způsobu komunikace mezi jednotlivými částmi stejně jako komunikací s nadřazeným počítačem, který předává pouze požadovanou rychlost a úhel natočení přední nápravy a může získat požadované hodnoty stavových veličin robota jako jsou rychlosti jednotlivých kol, natočení přední nápravy, napětí na akumulátorech, napětí a proudu v pěti voltové větvi určené pro napájení elektroniky.

2 Mechanická konstrukce podvozku

2.1 Základní popis

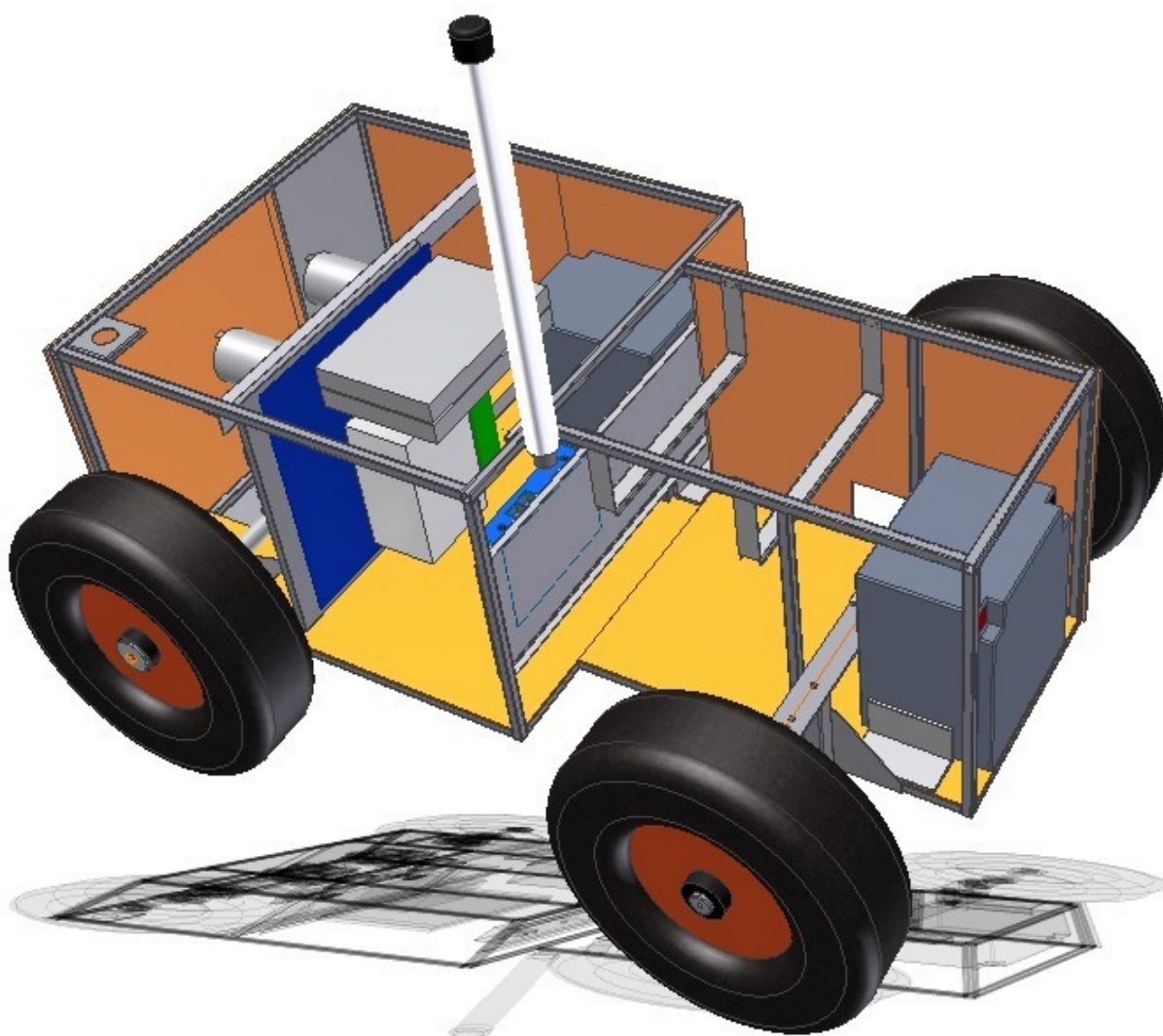
Podvozek, na který je kompletně navrhována elektronická část je Ackermanova typu. Přesněji se jedná o podvozek se dvěma nezávisle hnanými zadními koly a dvěma předními řízenými koly.

V Tabulka 2.1: Technické parametry podvozku jsou uvedeny hlavní parametry podvozku i typy akumulátorů, které jsou v něm zabudovány. Tyto parametry jsou důležité pro zhodnocení vhodnosti podvozku při použití do terénu, a také pro naprogramování elektronického diferenciálu, který je nutností pro snížení zátěže na konstrukci a má také kladný vliv na prodloužení dojezdové doby.

Hmotnost	do 45 kg
Délka	900 mm
Šířka s koly	650 mm
Šířka bez kol (pouze teoretická nejdou jednoduše odstranit hřídele)	450 mm
Výška s koly (bez antény a stojanu kamery)	400 mm
Výška bez kol (bez antény a stojanu kamery)	285 mm
Rozvor náprav (Vzdálenost os přední a zadní nápravy.)	600 mm
Rozchod náprav (Vzdálenost středů otisků pneumatik jedné nápravy.)	580 mm
Průměr kol	300 mm
Minimální světlá výška	80 mm
Maximální rychlost	2 m/s (7,2 km/h)
Poloměr otáčení	přibližně 1,5 m
Maximální stoupavost	přibližně 15 stupňů
Pohon	2x Graupner SPEED 900BB (80 W) na zadních kolech, 1x motor ze stěračů škodovky pro natáčení přední nápravy
Zdroj energie	2x WP26-12 od KUNG LONG - 12 V, 26 Ah
Vestavěný PC	Atlon 64 x2 3800+ (35W), 1GB DDR2

Tabulka 2.1: Technické parametry podvozku

Dále pro přiblížení je uveden Obrázek 2.1: Vnitřní uspořádání modelu podvozku, který vznikl exportem z modelovacího programu Inventor 11, který sloužil pro návrh kompletního podvozku a z něhož byly vyexportovány kompletní konstrukční výkresy. Na Chyba: zdroj odkazu nenalezen je uveden vytvořený podvozek. Jeho základ tvoří svařený jekl se čtvercovým průřezem 10 mm a tloušťkou stěn 1 mm. Jako podlahový materiál je použit sklolaminát s tloušťkou 2 mm, ve kterém není problém vytvořit závit M3. Ve vnitřní části je připevněna mikro – ATX deska, dvou-portový router s Wi-fi jehož anténa je umístěna ve střední části podvozku na pravé straně. Prostory pro moduly ovládání jednotlivých motorů jsou v blízkosti motorů. Prostor pro ostatní elektroniku je vytvořen v přední části nad motorem pření nápravy. V zadní části na pravé straně je vyvedeno STOP tlačítko, které odpojuje výkonový akumulátor a tím vypíná všechny motory. Dále je na zadní



Obrázek 2.1: Vnitřní uspořádání modelu podvozku

části vytvořen panel. Tento panel obsahuje tlačítko pro zapínání akumulátorů, tlačítko pro zapínání

a resetování zabudovaného počítače, dva USB konektory, konektor sítě Ethernet a pojistky motorů. Jako kryt je použit plast s tloušťkou stěny 3 mm po stranách a 4 mm v horní části. Jeho připevnění je realizováno šrouby M3. Tyto plasty jsou potaženy exteriérovou fólií oranžové barvy pro zvýšení viditelnosti.

2.2 Způsob snímání úhlu natočení

Jako snímače natočení jsou použity přesné drátové odporové potenciometry s jmenovitou hodnotou 1 k Ω . Přesné umístění je vidět na Obrázek 3.1: Připojení potenciometru ke kolu. Připojení je realizováno přes mezičlánek z ocelového drátu o průměru 1 mm přímo do osy čepu kol přední nápravy. Pro zpřesnění informace nebo možnosti vyhodnocovat natočení při přerušení kabelu od jednoho potenciometru pro natočení jsou shodné snímače umístěny na obou čepích přední nápravy. Navržený způsob vyhodnocení bude popsán v dalších částech této práce.



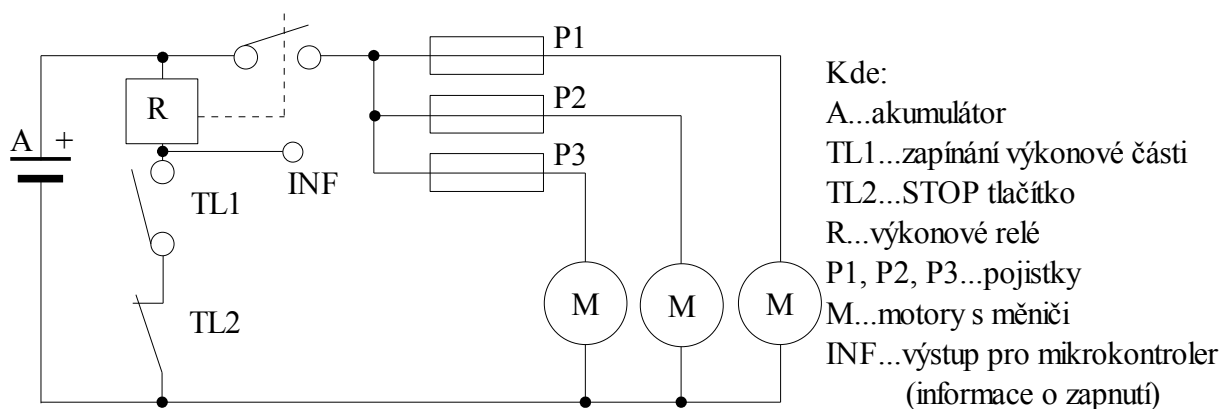
Obrázek 3.1: Připojení potenciometru ke kolu

3 Struktura napájecích rozvodů

Struktura napájecí části byla zvolena jako dvouokruhová, kde jeden nezávislý okruh je tvořen výkonovými prvky s vlastním akumulátorem a druhý je tvořen veškerou elektronikou obsahující také vestavěný počítač, router a kameru. Toto řešení má výhodu v nezávislosti napájení elektroniky a výkonových prvků, které by přenášely velké rušení do citlivé elektroniky jako například analogový akcelerometr a magnetometr.

3.1 Výkonový okruh

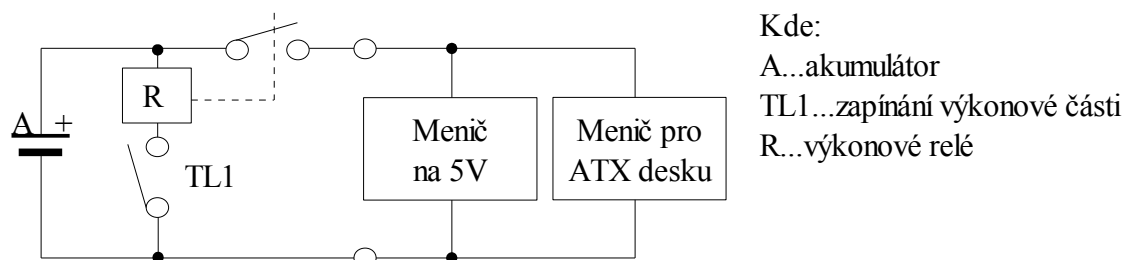
Jako nejlepší řešení zapínání výkonové části se jeví použití výkonového relé. Tímto způsobem je možné použít málo výkonový vypínač TL1, který může být libovolně umístěn, aniž by vedení k tlačítku rušilo (rušení se projeví jen při změně stavu vypnuto/zapnuto). Dále obsahuje rozpínací tlačítko TL2, které slouží jako nouzové STOP tlačítko pro zajištění vyšší bezpečnosti okolí i robotu samotného. Důležitou součástí jsou i jistící prvky zastoupeny auto pojistkami, které zajišťují bezpečnost motorů při zablokování kol, u motorů by mohlo bez vynechání pojistek dojít k přepálení vynutí a tím k jejich zničení. Také chrání akumulátory proti zničení při náhodném zkratu ve výkonové elektronice řízení motorů nebo zkratu na vedení. Ve schématu je znázorněn i výstup označený jako INF, který slouží jako možná signalizace elektronické části o zapnutí/vypnutí výkonové části. Tento vstup je potřeba oddělit pomocí optočlenu. Jediná nevýhoda tohoto zapojení je stálý proud, který je potřeba pro držení kontaktu relé R. Tento proud je ale zanedbatelný ke spotřebě motorů. Kompletní zapojení je na Obrázek 3.2: Schéma zapojení výkonového vedení.



Obrázek 3.2: Schéma zapojení výkonového vedení

3.2 Okruh elektroniky

Zapojení je obdobné jako u výkonové části pouze zde není propojení se STOP tlačítkem. To dává možnost zapojení výkonové i elektronické části současně nebo zapojení elektroniky bez výkonové části při stlačeném STOP tlačítku. Schéma je uvedeno na Obrázek 3.3.



Obrázek 3.3: Schéma napájení elektroniky

4 Struktura elektronické části

4.1 Rozbor požadavků na elektronickou část s nástinem řešení

V této části budou sestaveny požadavky na jednotlivé moduly, které budou použity. Sestavené požadavky se při realizaci mohou mírně lišit v závislosti na zkušenostech a aktuálních potřebách. Jednotlivé moduly budou následně podrobně popsány.

4.1.1 Obecné požadavky na elektronickou část:

- Normované rozměry (jednodušší montáž desek, výměna za nové revize).
 - Určit tři rozměry desek se standardním rozmístění děr pro upevnění a polohy nezbytných konektorů. První je pro řídící modul, který komunikuje s PC. Druhý standart pro moduly řízení motorů. Třetí pro moduly komunikující po I2C sběrnici, které jsou modul otáček a moduly s AD převodníky.
- Snadná úprava funkce. Využití programovatelných obvodů místo diskretní logiky.
 - Využití mikrokontroléru firmy Atmel řady ATmega.
- Snadné rozšíření o nové moduly. Použití sběrnic.
 - Využití podporovaných sběrnic řadou ATmega, které jsou SPI (pro verzi s CS výběr pomocí pinové propojky), I2C (s HW adresou) .
- Nezaměnitelné konektory (pro napájení, programování, SPI, I2C, propojení s PC přes USB).
 - Vybrat vhodné konektory a vytvořit jejich zapojení pro zaručení kompatibility.
 - Jako jedině vhodné konektory pro sběrnice se jeví zámkové, aby nedošlo k záměně využití rozdílného počtu pinů.
 - **PSH 02-0xPG** (x počet pinů) samec do DPS.
 - **PFH 02-0xP** (x počet pinů) samice na plochý kabel.
 - Pro napětí je vhodné použít:
 - Speciálně určené pro nízké napětí: **K375A** (2,1 mm) pro 5 V do DPS a **HS2114** na kabel (popřípadě jiný rozměr pro jiná napětí jako jsou 3,3 V např 2,5 mm).
 - Pro univerzálně vyvedené porty je nejlepší **MLW10G**, která zároveň obsahuje zem a napájecí napětí.

- Pro vyvedení resetu, který může být zaměnitelný je nejvhodnější vyvést dva piny **KONPC - SPK - 2 (dutinka)**
- Pro připojení akumulátorů byly zvoleny **modelářské zlacené konektory 4 mm** (kladný má červené označení a na akumulátoru je samice, záporný má černé označení a na akumulátoru je samec).
- Používání indikačních LED diod pro signalizaci napájení, komunikace, kritických stavů, správné funkce.
 - U každého modulu specifikovat barvu, popřípadě umístění, a jejich funkci.
- Decentralizované řešení (specializované DPS – jednodušší aktualizace jednotlivých bloků, vyšší celková robustnost/spolehlivost).
- Odolné proti elektromagnetickému rušení. Využití některých ze způsobů potlačení rušivých vlivů pokud je předpokládána náchylnost na rušení. Základní možnosti omezení rušení jsou: stíněné kabely, TTL logika (vyšší rozdíl potenciálů), používání diferenčních vedení – využití obvodů MAX308x, redundance posílaných informací/kontrolní součty.
- Napájení 5V pokud je možné => vyšší odolnost proti rušení za cenu vyšší spotřeby.
 - Vytvořit rozvod napájecího napětí s úrovní 5 V.
- Vyvedení i nevyužitých pinů – usnadní aktualizace, zvýšení využitelnosti.
 - U řídicí desky vyvést všechny piny, u specializovaných toto opatření není nutné.
- Snadný RESET mikrokontrolérů (vyvedený na panel nebo spínač na desce).
- Nízká cena (dobrý poměr cena/funkčnost).

4.1.2 Požadavky řídicí desky:

- Komunikace s nadřazeným systémem pomocí USB a tím zvýšení odolnost proti rušení než při použití seriové linky.
 - Využití obvodu firmy FTDI **FT232RL** (převod sériové linky na USB).
- Možnost použití všech podporovaných komunikačních protokolů.
- Výstupy na LED pro snadnou kontrolu funkce.
 - Funkce a značení LED:
 - zelená (u napájecího konektoru): indikace napájení desky.

- zelená (u konektoru USB): připojení napájení USB (propojená kabel).
- zelená u FT232: komunikace do řídicí desky z PC.
- oranžová u FT 232: komunikace z řídicí desky do PC.

4.1.3 Požadavky moduly motorů:

- Schodné desky pro všechny motory – pohon i natočení.
- Využití sběrnice pro propojení s řídicí deskou a adresace pomocí CS nebo HW adresou.
- Možnost potlačení záporných zákmitů při odepnutí tranzistorů (inteligentní řadič tranzistorů) =>vyšší účinnost.
- Posílání zpráv řídicí logice (kontrola připojení motorů, ...).
 - Všechny předchozí požadavky s dostatečnou rezervou splňuje ATmega 8.
- Využití indikačních LED pro kontrolu funkce.
 - Funkce a značení LED:
 - zelená (u výkonového konektoru napájení): indikace napájení motorů.
 - zelená (u konektoru SPI): indikace napájení elektroniky desky.
 - Červená u mikrokontroléru: maximální výkon motorů.
 - Žlutá u mikrokontroléru: nulový výkon motorů.
 - Zelená u mikrokontroléru: Vybrání modulu pomocí SS.

4.1.4 Moduly s AD převodníky:

- Dostatečná rychlost a rozlišitelnost převodu (min. 10-12bit).
- Diferenciální vstup, aby bylo možné měřit napětí proud nejen proti zemnicí sorce.
- Snadné připojení do sběrnice I2C.
- Možnost nastavení měřeného napětí. Rozsah 15V, 5V, popř. nestandardní napětí (pomocí propojek).
 - Využití pevné odporové sítě s možností připojení externí proudové sondy s definovaným definovaným odporem. Výběr dělicího poměru pomocí propojky.
- Různé módy (min, max, průměr, medián, aktuální)

- Oddělení vstupního napětí s výstupním signálem (pokud je to možné).
 - Využití obvodu **MCP3301-CI/P** s těmito vlastnostmi:
 - 12bit + znaménko (13 - bit),
 - komunikace pomocí SPI,
 - plně diferenční vstup, vhodný pro bateriové aplikace (malá spotřeba),
 - operační teplota - 40 až 85 stupňů => venkovní použití,
 - pro napájecí napětí 2,7 V až 5,5 V,
 - 100 ksp/s při napětí 5 V (na principu postupné aproximace).
 - Pro připojení do sběrnice I2C, a snadné ovládání bude použit mikrokontrolér AT mega 8, který je schopný podle poslané zprávy odeslat různé vypočtené hodnoty a nezatíží řídicí mikrokontrolér. Dále podporuje sběrnici SPI, přes kterou komunikuje většina převodníků.
- Využití indikačních LED pro kontrolu funkce.
 - Funkce a značení LED:
 - zelená: indikace napájení modulu,
 - zelená: při aktivaci pomocí přiřazené adresy na sběrnici,
 - zelená: při komunikaci na sběrnici SPI (přímo na vodiči MISO),
 - žlutá: při nulovém vstupním signálu (menší než přibližně 10 LSB – šum),
 - červená: při maximální hodnotě.

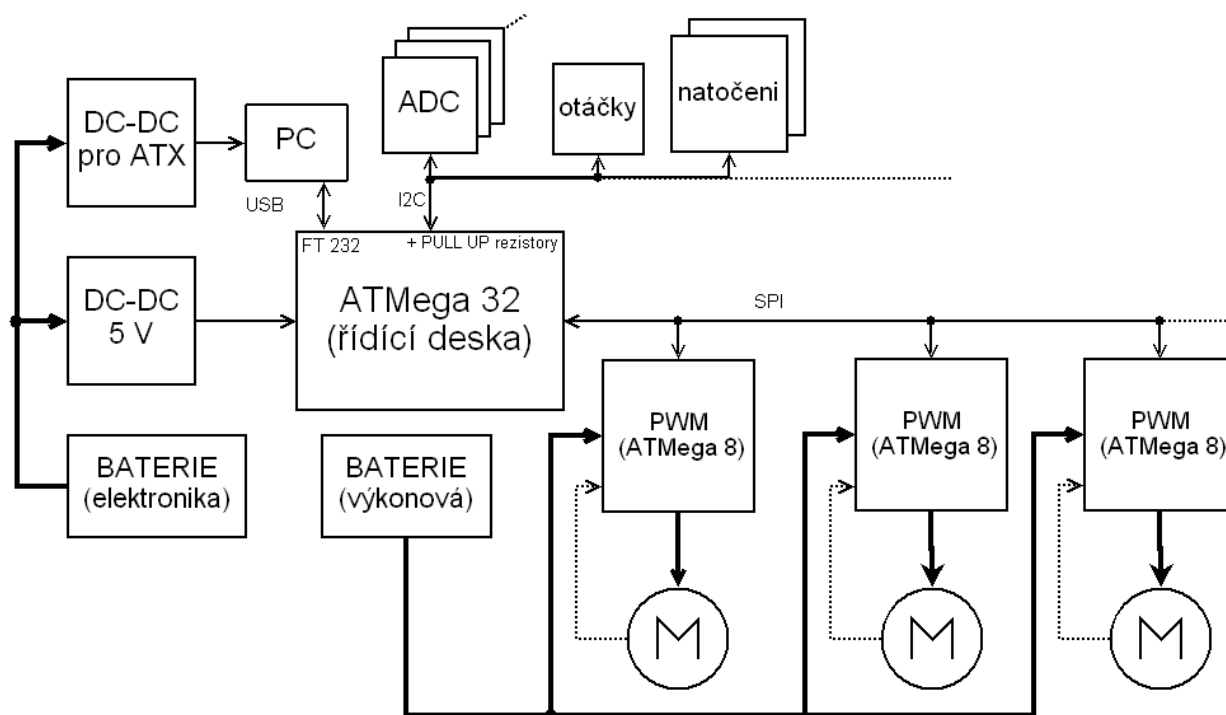
4.1.5 Moduly snímačů otáček:

- Dostatečná přesnost (min. 180 impulzů na otáčku).
 - Dáno kolečkem, které je tištěné na fólii pomocí laserové tiskárny a také průměrem paprsku optické závory (TCST1103).
- Pro zjištění rychlosti využití měření doby mezi pulzy nebo dobou mezi náběžnou a sestupnou hranou.
- Jeden modul pro dvojici signálů.
- Filtrace vstupního signálu od optických snímačů.

- Využití hradla s hysterezí (40106).
- Připojitelnost na sběrnici I2C.
 - Využití mikrokontroléru AT mega 8, který umožňuje snadné připojení a také má dostatečný výpočetní výkon pro výpočet nejen aktuální rychlosti, ale také pro počítání průměrné rychlosti popřípadě maximální. Jako vstupy je nejvhodnější použít vstupy externího přerušení.
- Využití indikačních LED pro kontrolu funkce.
 - Funkce a značení LED:
 - zelená: indikace napájení modulu,
 - zelená: při aktivaci pomocí přiřazené adresy na sběrnici,
 - žlutá: při impulsu ze snímače po filtraci (pro každý snímač zvlášť),
 - červená: při jedné otáčce (pro každý snímač zvlášť) -vyvedeno z mikrokontroléru.

4.2 Pohled na řešení elektronické části

Z předchozí kapitoly je patrný způsob komunikace mezi jednotlivými moduly. Pro větší přehlednost je zde uvedeno přehledové blokové schéma s nejdůležitějšími údaji o jednotlivých blocích. Blokové



Obrázek 4.1: Blokové schéma elektroniky

schéma je uvedeno na Obrázek 4.1: Blokové schéma elektroniky. Byla zvolena varianta umístění všech modulů motorů na sběrnici SPI a ostatní moduly používají ke komunikaci I2C. Tímto řešením se rušení bude hlavně přenášet po kabelech od modulů motorů se sběrnici SPI a sběrnice I2C a moduly na ní připojené tímto rušením budou ovlivněny méně.

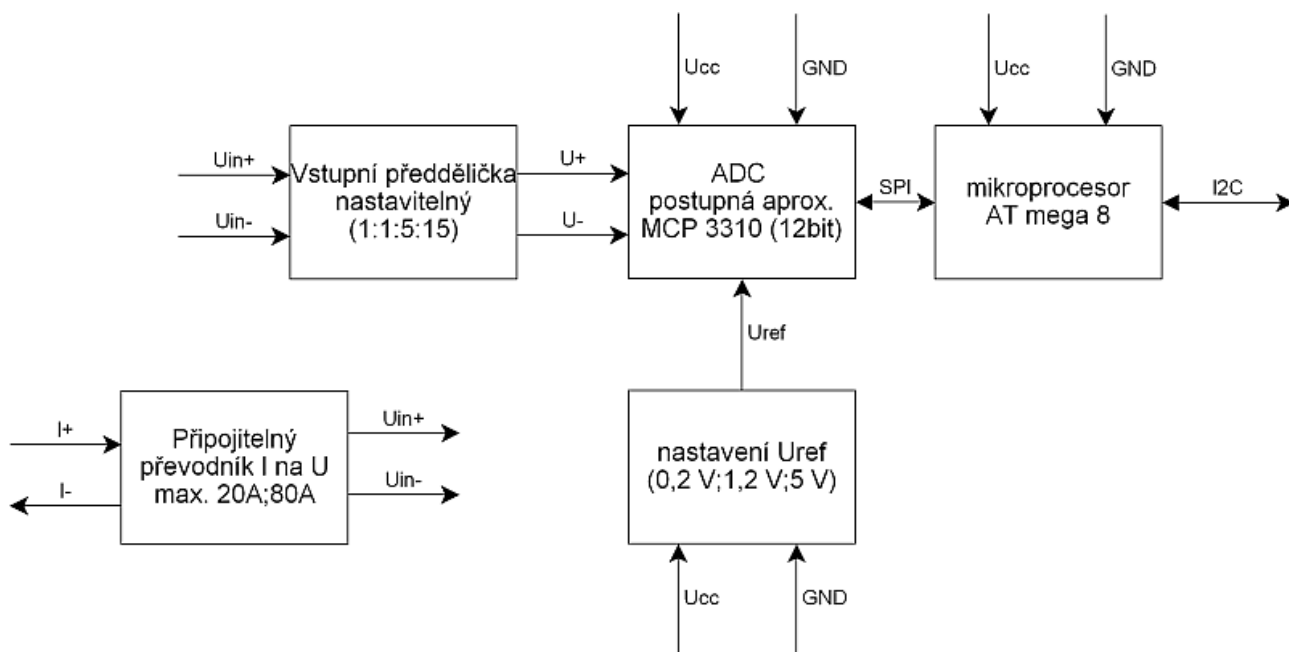
4.2.1 Blokový pohled na ostatní moduly

4.2.1.1 Modul AD převodníku

Základní popis

Tento blok slouží jako převodník analogového signálu napětí popřípadě proudu na digitální podobu s přesností 12 bitů s rozlišením znaménkového bitu. Z důvodu použitého převodníku je jeho maximální počet převodů 100ksps. Použitý převodník má diferenciální vstup, proto je měřené napětí nezávislé na svorce GND. Modul obsahuje skokově nastavitelný napěťový dělič se stálým vstupním odporem. Pro převod proudu na napětí slouží přesný výkonový odpor. Z důvodu požadavku na komunikaci pomocí I2C je použit mikroprocesor ATmega 8, který tento převod obstarává. Je také schopen dočasně uložit několik tisíc naměřených hodnot v rychlém časovém sletu, které by nebylo možné přes I2C posílat v reálném čase.

Blokové schéma



Obrázek 4.2: Blokové schéma AD převodníku

Popis jednotlivých bloků

Převodník proudu na napětí

Tento převodník je připojitelný, ale není přímo realizován na desce, protože by ji zbytečně zkomplikoval a zvětšil její celkové rozměry. Jeho použití se předpokládá jen v menším množství případů. Vlastní převod je realizován na stabilním výkonovém (4 W) rezistoru s odporem 0,01 R, který je zalitý v keramickém pouzdře pro zvýšení časové a teplotní stability. S tímto rezistorem je maximální měřitelný proud 20 A při úbytku 0,2 V. (Předpokládá se konstrukce 4 paralelně řazených rezistorů pro rozsah 80 A při úbytku 0,2 V.)

Nastavitelný napěťový dělič

Jde o klasický odporový dělič se skokově proměnným poměrem a to přibližně 1:1, 1:5, 1:15 a stálým vstupním odporem s možností jeho úplného odpojení. Změna nastavení se děje pomocí jumperů.

Převodník analog-digital

Jde o 12 bitový převodník se třináctým znaménkovým bitem pracující na principu postupné aproximace. Má plně diferenciální vstup. Výstupní data jsou posílána pomocí rozhraní SPI. Je vhodný pro bateriové aplikace, protože jeho spotřeba je maximálně 1 μA ve standby a maximálně 450 μA při aktivitě s napájecím napětím 5 V, a venkovní použití z důvodu rozmezí provozních teplot - 40 až +85 °C.

Nastavování Uref

Pro větší škálu použitelnosti je voleno zapojení s možností nastavit větší počet referenčních napětí. S možností zvolit teplotně stabilních 1,235 V, napájecí napětí 5 V nebo přibližně 0,2 V odvozených z teplotně stabilního napětí pomocí odporového děliče. Při referenčním napětí 0,2 V má převodník MCP3301 chybu offsetu přibližně 20 LSB. Pro 1,2 V je to přibližně 7 LSB a pro 5 V je to přibližně 2 LSB.

Mikroprocesor

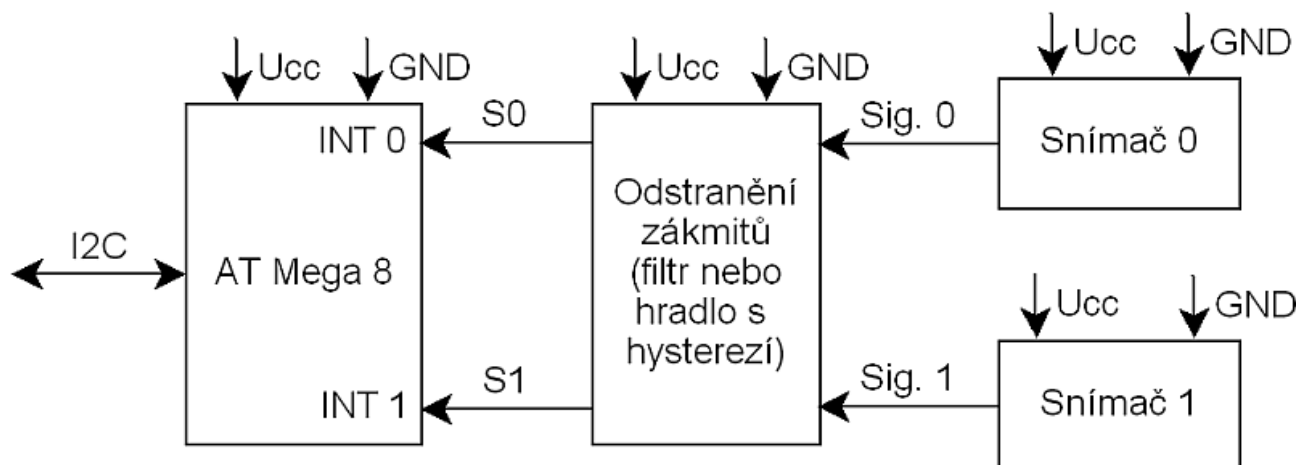
Je použit mikrokontrolér ATmega 8, který má dostatečný výpočetní výkon i vnitřní paměť a podporuje rozhraní I2C a SPI. Jeho hlavní funkce je převod sběrnic I2C a SPI. S nadřazeným mikrokontrolérem komunikuje pomocí dvou vodičové sběrnice I2C a data získává z převodníku přes sběrnici SPI.

4.2.1.2 Modul snímače otáček

Základní popis

Skládá se z mikroprocesoru ATmega 8, který se stará o počítání otáček z optického snímače přes vstupy externích přerušení a převod výsledku na sběrnici I2C.

Blokové schéma



Obrázek 4.3: Blokové schéma modulu snímačů otáček

Popis jednotlivých bloků

Omezení zákmitů

Tvořeno integrovaným obvodem 40106. Jedná se o šestinásobný invertor s hysterezí.

Optický snímač

Jedná se o dvojici clonících optických snímačů TCST1103 s rozlišením paprsku 0,6 mm, které se skládají z LED diody a fototranzistoru. V drážce je umístěno optické clonící kolečko, které je vytvořeno z průhledné fólie potištěné na laserové tiskárně clonícími proužky. Kolečka jsou přímo umístěna na hřídele zadních kol.

ATmega 8

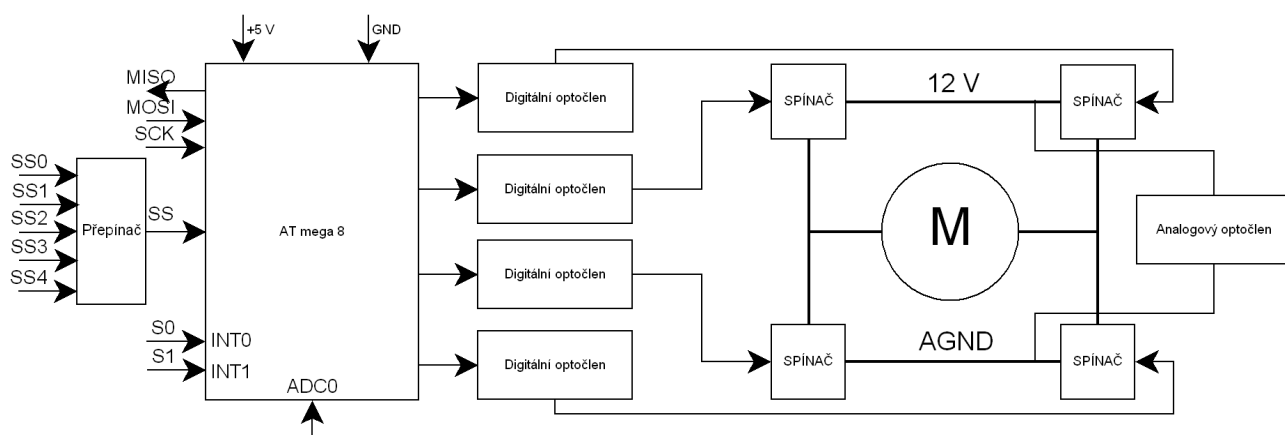
Komunikuje s nadřazeným systémem pomocí sběrnice I2C. Vstupy jsou připojeny na externí přerušení INT 0 a INT 1. Obstarává přesný údaj o aktuálním počtu otáček na minutu. Výpočet probíhá měřením doby mezi jednotlivými pulzy. Mikrokontrolér také zaznamenává hodnoty maximálního počtu otáček a průměrného počtu otáček.

4.2.1.3 Modul řízení motorů

Základní popis

Jde o klasický H-most složený z výkonových unipolárních tranzistorů, které jsou přes číslicové optické členy (H11) pro galvanické oddělení výkonové a logické části, ovládány pomocí mikrokontroléru ATmega 8, který tvoří inteligentní řadič tranzistorů. Mikrokontrolér komunikuje s nadřazeným systémem pomocí rychlé sběrnice SPI. Přes analogový optický člen je mikrokontroléru poskytována informace o přibližném napětí ve výkonové části (spíše jde o informaci jestli je napájena).

Blokové schéma



Obrázek 4.4: Blokové schéma modulu řízení motorů

Popis jednotlivých bloků

ATmega 8

Komunikuje s nadřazeným systémem pomocí sběrnice SPI. Jsou použity čtyři výstupy pro ovládání tranzistorů, jeden vstup ADC0 pro zjištění informace o stavu napájení výkonové části (informativní), další tři piny slouží jako výstupy na LED (nejsou znázorněny v blokovém schématu).

Přepínač

Slouží pro výběr adresy. Je složen z pětice propojek. Aktivní adresa se vybere prostým propojením vodivé cesty pomocí zkratovací propojky.

Digitální optočlen

Jedná se o rychlé digitální optočleny typu H11, které mají maximální data rate 1 Mhz a jejich zpoždění je v jednotkách mikrosekund.

Analogový optočlen

Slouží pro zjištění informace o napájení výkonové části.

Spínač

Jsou použity výkonové unipolární tranzistory s maximálním proudem 70 A. Přesné typy jsou IRF 3205 a IRF 4905. Jejich zpoždění je do 200 ns.

Motor

Je možné připojit jakýkoliv stejnosměrný motor, který má odběr menší než maximální proud použitých výkonových spínačů (a jejich chladičů).

5 Standarty

Tato kapitola se věnuje standardům, které ulehčují vytváření doplňků a zároveň zaručí jejich kompatibilitu se stávajícím řešením.

5.1 *Standart konektorů*

Toto sjednocení konektorů bylo vytvořeno pro zvýšení přehlednosti konstrukce. Byla snaha o nezaměnitelnost funkce konektorů, aby případným přehozením nebylo poškozeno nově připojené zařízení nebo stávající zařízení. Při přiřazování významu jednotlivým pinům byla snaha dodržet obecně známé pravidla.

5.1.1 Konektory akumulátorů

Typ konektoru

Modelářský G4 (průměr 4 mm) - zlacený

Počet kontaktů s jejich funkcí

2x napájecí (12 V, GND)

Popis jednotlivých pinů

Kladný má červené označení a na akumulátoru je samice, záporný má černé označení a na akumulátoru je samec. Protikusy mají stejné barevné značení.

5.1.2 Napájecí 5 V (pro elektroniku)

Typ konektoru

K375A – napájecí vidlice 2.1mm do PLS 90°

HS2114 - napájecí konektor 2,1 mm na kabel

Počet kontaktů s jejich funkcí

2x napájecí (+5 V, GND)

Popis jednotlivých pinů

1. (Střed) +5 V
2. (Vnější část) GND (Zem)

Grafické znázornění



Obrázek 5.1: vlevo: K375A, vpravo: HS2114

5.1.3 Univerzální konektor pro port mikrokontroléru

Typ konektoru

MLW10G - vidlice 2 x 5 pin, přímá do DPS

PFL10 - zásuvka 2 x 5 pin, přímá na kabel

Počet kontaktů s jejich funkcí

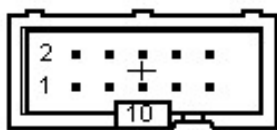
8x datových (P0..P7)

2x napájecí (5 V, GND)

Popis jednotlivých pinů

- | | |
|-------|----------|
| 1. P0 | 6. P5 |
| 2. P1 | 7. P6 |
| 3. P2 | 8. P7 |
| 4. P3 | 9. GND |
| 5. P4 | 10. +5 V |

Grafické znázornění



Obrázek 5.2: konektor MWL10G

5.1.4 Pro měření napětí u ADC

Typ konektoru

PSH02-02WG - Vidlice 2pin, zahnutá, bílá, pozlacená, RM=2,54mm

PFH02-02P – Zásuvka na kabel 2pin, bílá, RM=2,54mm

Počet kontaktů s jejich funkcí

2x datové (U+, U-)

Popis jednotlivých pinů

1. U+

2. U-

5.1.5 Konektor pro připojení snímače otáček

Typ konektoru

PSH02-03WG - Vidlice 3pin, zahnutá, bílá, pozlacená, RM=2,54mm

PFH02-03P – Zásuvka na kabel 3pin, bílá, RM=2,54mm

Počet kontaktů s jejich funkcí

1x datový (výstup z tranzistoru)

2x napájecí (5 V, 270 R + GND)

Popis jednotlivých pinů

1. +5 V

2. výstup z tranzistoru

3. 270 R + GND

5.1.6 Programovací konektor (programování ATmega)

Typ konektoru

MLW06G - vidlice 2 x 3 pin, přímá do DPS

MLW06A - vidlice 2 x 3 pin, zahnutá do DPS

PFL06 - zásuvka 2 x 3 pin, přímá na kabel

Počet kontaktů s jejich funkcí

4x datových (MISO, MOSI, SCK, RESET)

2x napájecí (5 V, GND)

Popis jednotlivých pinů

- | | | |
|----------|---------|---------|
| 1. MISO | 3. SCK | 5. GND |
| 2. RESET | 4. MOSI | 6. +5 V |

5.1.7 USB por pro připojení k počítači

Typ konektoru

USB1X90B PCB - USB zásuvka B do DPS, 90st.

Počet kontaktů s jejich funkcí

2x datový (DATA+ (D+), DATA- (D-))

2x napájecí (5 V, GND)

Popis jednotlivých pinů

- | | |
|---------|---------|
| 1. +5 V | 3. DATA |
| 2. DATA | 4. GND |

5.1.8 Sběrnice I2C

Typ konektoru

PSH02-04PG - Vidlice 4pin, rovná, bílá, pozlacená, RM=2,54mm

PSH02-04WG - Vidlice 4pin, zahnutá, bílá, pozlacená, RM=2,54mm

PFH02-04P – Zásuvka na kabel 4pin, bílá, RM=2,54mm

Počet kontaktů s jejich funkcí

2x datové (SDA, SCL)

2x napájecí (5 V, GND)

Popis jednotlivých pinů

- | | |
|--------|--------|
| 1. SDA | 2. SCL |
|--------|--------|

3. GND

4. +5 V

5.1.9 Sběrnice SPI

Typ konektoru

PSH02-10PG - Vidlice 10pin, rovná, bílá, pozlacená, RM=2,54mm

PFH02-10P – Zásuvka na kabel 10pin, bílá, RM=2,54mm

Počet kontaktů s jejich funkcí

8x datových (MISO, MOSI, CLK, 5x CS)

2x napájecí (5 V, GND)

Popis jednotlivých pinů

1. MISO	3. SCK	5. SS1	7. SS3	9. GND
2. MOSI	4. SS0	6. SS2	8. SS4	10. +5 V

5.1.10 Připojení motorů

Typ konektoru

ARK210/2EX - Svorkovnice řadová, VDE = 250 V, $I_{\text{MAX}} = 16 \text{ A}$, RM = 5 mm

Počet kontaktů s jejich funkcí

2x pól motoru

Popis jednotlivých pinů

1. POL MOTORU
2. POL MOTORU

5.2 Standart rozměrů modulů

Pro zjednodušení aktualizovatelnosti a přehlednosti byly vytvořeny tři druhy rozměrů desek s rozvržením konektorů, otvorů pro uchycení desky popřípadě umístěním indikačních LED. V další části budou podrobněji popsány jednotlivé standarty.

5.2.1 Standart 0 – řídící deska

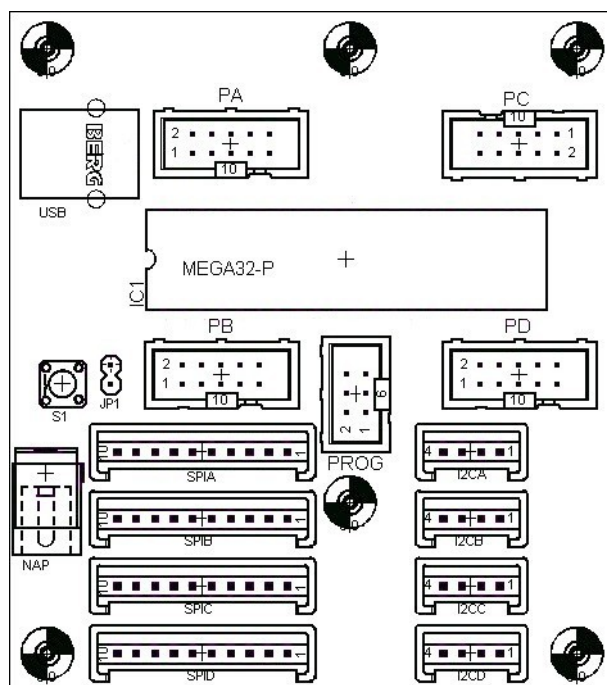
Rozměry desky

80 x 90 mm

Umístění upevňovacích děr

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1. x: 5 mm, y: 5 mm | 4. x: 5 mm, y: 85 mm |
| 2. x: 75 mm, y: 5 mm | 5. x: 55 mm, y: 85 mm |
| 3. x: 55 mm, y: 25 mm | 6. x: 75 mm, y: 85 mm |

Grafický náčrtek



Obrázek 5.3: Formát desky v měřítku 1:1

5.2.2 Standart 1 – moduly řízení motorů

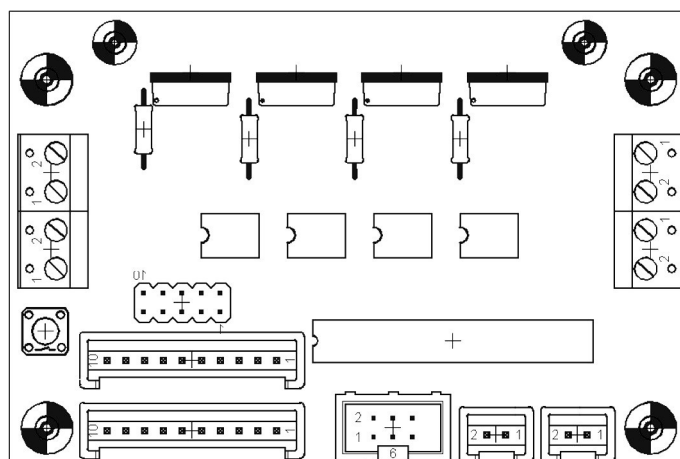
Rozměry desky

90 x 60 mm

Umístění upevňovacích děr

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| 1. x: 5 mm, y: 5 mm | 3. x: 5 mm, y: 51 mm |
| 2. x: 85 mm, y: 5 mm | 4. x: 85 mm, y: 51 mm |

Grafický náčrtek



Obrázek 5.4: Formát desky v měřítku 1:1

5.2.3 Standart 2 – moduly pro sběrnici I2C

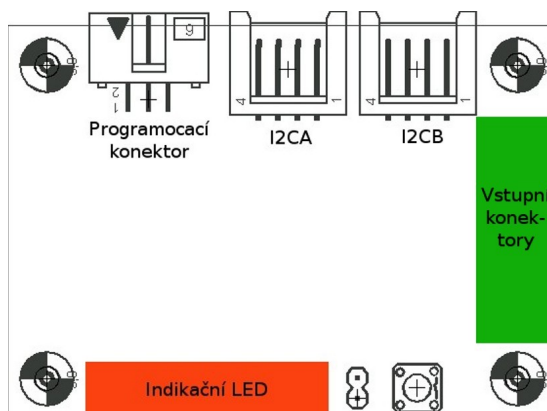
Rozměry desky

70 x 50 mm

Umístění upevňovacích děr

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| 1. x: 5 mm, y: 5 mm | 3. x: 5 mm, y: 45 mm |
| 2. x: 65 mm, y: 5 mm | 4. x: 65 mm, y: 45 mm |

Grafický náčrtek



Obrázek 5.5: Formát desky v měřítku 1:1

6 Komunikační protokoly

6.1 Požadavky na komunikaci po sběrnících I2C, SPI a UART

Použitím mikrokontrolérů, které se dají rychle a pohodlně programovat, jde průběžně měnit komunikační protokol. Z tohoto důvodu tento problém není hlavní, protože se dá upravovat bez zásahu do HW části.

6.1.1 Základní dělení zpráv

Bitově orientované zprávy:

Výhody: vyšší propustnost kanálu, jednoduché rozpoznávání zpráv

Nevýhody: nemožnost rozpoznání chyb při komunikaci, nižší univerzálnost a pohodlí

Bajtově orientované zprávy:

Výhody: možnost zabezpečení komunikace proti šumu, vyšší univerzálnost

Nevýhody: nižší propustnost kanálu, složitější dekódování zpráv

Z porovnání bitově a bajtově orientovaných zpráv vychází lépe bajtově orientovaný protokol, jehož hlavní nevýhodou je snížení propustnosti kanálu I2C, ale podle předpokládaného využití nebude jeho propustnost využita. Jako další nevýhoda bylo uvedeno složitější dekódování zpráv. Při použití mikrokontrolérů rodiny ATmega, které jsou dostatečně rychlé, není tato nevýhoda příliš důležitá.

6.1.2 Tvar zpráv sběrnice UART – sériové linky

Komunikace přes sériovou linku se používá mezi řídicím mikrokontrolerem a vestavěným počítačem pro předávání údajů o potřebném směru a rychlosti. Dále je nutné změřené údaje pomocí ADC modulu předat řídicímu počítači. Používané nastavení sériové linky je uvedeno v Tabulka 6.1: Nastavení parametrů sériové linky .

Bound rate:	38 400 bound
Mód komunikace:	Asynchronní
Počet datových bitů:	8
Počet Stop bitů:	1
Parita:	žádná

Tabulka 6.1: Nastavení parametrů sériové linky

6.1.2.1 Formát řídicích zpráv

- Každá řídicí zprava začíná znakem BELL (v programovacím jazyku C '\a'), což je v hexa 0x07.
- Po prvním znaku následuje typ zprávy tvořen 3 byty libovolných znaků, ale předpokládá se použití pouze velkých znaků abecedy.
- Dále následují 2 hexa znaky pro délku datové zprávy. (tj. Max. 255 bytu dat) – MSB první, používá se znaků velké abecedy.
- Dále následuje nastavený počet bytu. - MSB se posílá/přijímá první
- Každá zprava je ukončena znakem koncem řádku (v programovacím jazyku C '\n') což je v hexa 0x0A.

6.1.2.2 Definice informačních zpráv

- Každá informační zprava začíná netisknutelným znakem v hexa 0x06.
- Následuje libovolné pole charů s jasným významem jako je například načtena hlavička zprávy, chyba při načítání hlavičky, nerozpoznaná zpráva, nekorektní délka zprávy, absence ukončovacího znaku nebo různé chybové hlášky při komunikaci se sběrnici I2C nebo SPI. Předpokládá se vytvoření podrobnějšího seznamu vytvořených zpráv s podrobnějším popisem jejich významu
- Každá zprava je ukončena znakem koncem řádku (v programovacím jazyku C '\n') což je v hexa 0x0A.

Identifikační číslo zprávy	Identifikační znaky MSB->LSB			Počet poslaných bytu	Význam
0	I	N	F	0	Požadavek na zaslání informace o verzi desky řízení a sw
1	S	P	D	5	Zadání rychlosti autíčka ve formátu (+/-x.xx), +...dopředu
2	D	I	R	5	Zadání natočení nápravy autíčka ve stupních (+/-xx.x), +...vpravo
3	A	D	Q	0	Požadavek na odeslání počtu připojených ADC převodníků
4	A	D	I	1	Požadavek na zaslání informací o ADC s číslem v datech (hexa)*
5	A	D	C	1	Požadavek na zaslání aktuálních dat z ADC s číslem uvedeným v datech (hexa)*
6	A	D	A	1	Požadavek na zaslání průměrných dat z ADC s číslem uvedeným v datech (hexa)*
7	A	D	X	1	Požadavek na zaslání maximálních dat z ADC s číslem uvedeným v datech (hexa)*
8	A	D	N	1	Požadavek na zaslání minimálních dat z ADC s číslem uvedeným v datech (hexa)*
9	S	L	I	0	Požadavek na informace o desce snímačů otáček levého kola
10	S	L	C	0	Požadavek na odeslání aktuální rychlosti levého kola (x.xxxx) v m/s
11	S	L	A	0	Požadavek na odeslání průměrné rychlosti levého kola (x.xxxx) v m/s
12	S	L	M	0	Požadavek na odeslání maximální rychlosti levého kola (x.xxxx) v m/s
13	S	R	I	0	Požadavek na informace o desce snímačů otáček pravého kola
14	S	R	C	0	Požadavek na odeslání aktuální rychlosti pravého kola (x.xxxx) v m/s
15	S	R	A	0	Požadavek na odeslání průměrné rychlosti pravého kola (x.xxxx) v m/s
16	S	R	M	0	Požadavek na odeslání maximální rychlosti pravého kola
24	S	R	O	0	Požadavek na odeslání obvodu kola (x.xxxx) v m
25	S	R	P	0	Požadavek na odeslání počtu pulzů na otáčku (xxx)
26	S	W	O	6	Nastavení obvodu kola ve tvaru x.xxxx v m
27	S	W	P	3	Nastavení počtu impulzů na otáčku
28	C	L	R	2	SW reset (nastavení max,min, avg na nulu) 2 znaky hexa adresa (x vymazání všech modulu)
17	D	I	I	0	Požadavek na informace o verzi desky pohonu přední nápravy
18	R	L	M	0	Požadavek na informace o verzi desky pohonu levého kola
19	R	R	M	0	Požadavek na informace o verzi desky pohonu pravého kola
20	I	2	C	0	Požadavek na poslání adres připojených zařízení
21	S	P	I	0	Požadavek na poslání adres připojených zařízení
22	T	I	M	0	Požadavek na poslání času po restartu
23	S	T	P	0	SW STOP tlačítko, okamžité zastavení motorů
29	X	D	R	0	Požadavek na odeslání aktuálního natočení přední nápravy (+/-xx.xx) ve stupních
30	X	L	S	0	Požadavek na odeslání aktuální rychlosti levého kola (+/-x.xxx) v m/s
31	X	R	S	0	Požadavek na odeslání aktuální rychlosti pravého kola (+/-x.xxx) v m/s

Tabulka 6.2: Definované typy řídicích zpráv s jejich významem při posílání z PC

6.1.3 Tvar zpráv sběrnice I2C a SPI

6.1.3.1 Formát zpráv

1byte...definice zprávy (požadavku)

2byte...první datový byte, pokud je požadován (popřípadě další datové byty)

Za první byte je považován první byte po aktivaci modulu pomocí své adresy. Neexistuje žádný ukončovací znak/byte. Délka zprávy záleží na požadavku určeném v prvním přijatém bytu.

6.1.3.2 Význam definice typu zprávy

V následujícím textu je uveden v Tabulka 6.3: Význam bitů v definici zprávy. Horní polovina bytu obsahuje TZx definující typ zprávy. Je možné definovat 16 základních typů zpráv. Tento počet není příliš veliký a proto se u speciálních případů přesný typ zprávy odvíjí i od spodní poloviny bytu. Přesné specifikace jsou uvedeny v Tabulka 6.4: Definice významu jednotlivých typů zpráv. V této tabulce také nalezneme pro které moduly tyto zprávy přicházejí v úvahu. Ve sloupečku Směr je také předpokládán směr následné komunikace. Spodní polovina bytu označena jako PBx představuje počet posílaných bytu do zařízení slave.

7bit	6bit	5bit	4bit	3bit	2bit	1bit	0bit
TZ3	TZ2	TZ1	TZ0	PB4	PB2	PB1	PB0

Tabulka 6.3: Význam bitů v definici zprávy

TZ	popis	Směr	Pro moduly
0x0	Identifikace modulu	Z modulu	všechny
0x1	Softwarový reset (vynulování max, ...)	Do modulu	všechny
0x2	PB=0x0...zastavení, PB=0x1...max dopředu, PB=0x2...max dozadu	nic	PWM
0x3	Dopředu → PB=0x1	Do modulu	PWM
0x4	Dozadu → PB=0x1	Do modulu	PWM
0x5	Napětí – aktuální	Z modulu	PWM,ADC
0x6	Napětí – průměrné	Z modulu	PWM,ADC
0x7	Napětí – minimální	Z modulu	PWM,ADC
0x8	Napětí – maximální	Z modulu	PWM,ADC
0x9	Začátek odměru	nic	ADC po general callu

0xA	Otáčky pro obě kola zároveň - aktuální	Z modulu	otacky
0xB	Otáčky pro obě kola zároveň - průměrné	Z modulu	otacky
0xC	Otáčky pro obě kola zároveň - maximální	Z modulu	otacky
0xD	Obvod kola (PB=0x0...čtení, PB=0x1...zapis)	Z/Do modulu	otacky
0xE	Počet pulzu na otáčku (PB=0x0...čtení, PB=0x1...zapis)	Z/Do modulu	otacky
0xF	??Sleep	Do modulu	Všechny moduly

Tabulka 6.4: Definice významu jednotlivých typů zpráv

Formát zprávy při posílání 0xA, 0xB, 0xC

- posílají se dva 16-bitovy unsigned integrity (první pro levé kolo, druhé pro pravé kolo) první se posílají významnější byty.

Formát zprávy při posílání 0xD,0xE

- posílá/přijímá se 16-bitovy unsigned integer, první se posílají významnější byty.
- U 0xD se posílá int který se vydělí 10 000 při příjmu a vynásobí 10 000 před odesláním

Poznámky:

- Většinou se ignoruje PB.

Popis	Druh MCU	Verze MCU		Popis modulu										Verze programu		
Číslo bytu	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	A	0	8	P	W	M		M	A	X	6	0	A	x	x	x
	A	0	8	M	O	T	.		S	P	E	E	D	x	x	x
	A	0	8	A	D	C	1	2	1	.	2	5	V	x	x	x
	A	3	2	C	O	N	T	R	O	L				x	x	x

Tabulka 6.5: Význam bytu při identifikaci modulu

Druh MCU	Verze MCU		ADC			Počet bitů ADC		Maximální hodnota				V/A	Verze programu		
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
A	0	8	A	D	C	1	2	0	.	2	0	V	x	x	x
A	0	8	A	D	C	1	2	1	.	2	5	V	x	x	x
A	0	8	A	D	C	1	2	5	.	0	0	V	x	x	x
A	0	8	A	D	C	1	2	6	.	2	5	V	x	x	x
A	0	8	A	D	C	1	2	1	8	.	8	V	x	x	x
A	0	8	A	D	C	1	2	2	5	.	0	V	x	x	x
A	0	8	A	D	C	1	2	7	5	.	0	V	x	x	x
A	0	8	A	D	C	1	2	2	0	.	0	A	x	x	x
A	0	8	A	D	C	1	2	8	0	.	0	A	x	x	

Tabulka 6.6: Význam bytu při identifikaci ADC modulu

6.1.3.3 Způsob komunikace

Master aktivuje slave zařízení pomocí slave adresy, následně pošle první byte s významem typu zprávy. Následně může zapisovat datové byty pokud je požadováno a je to definováno v prvním bytu.

Při požadavku na čtení dat ze zařízení slave se ihned po aktivaci adresy začne s posíláním posledně přijatého požadavku.

6.1.3.4 Příklad komunikace

Je požadována informace o verzi modulu. Master inicializuje zařízení slave adresou s požadavkem na zápis. Následně vyšle byte ve tvaru 0x00 (požadavek na poslání informací modulu). Ukončí komunikaci. Následně aktivuje slave zařízení s požadavkem na čtení ze slave. Slave zařízení okamžitě začne posílat požadované informace. Pokud by následně bylo zařízení aktivováno s požadavkem na čtení ze slave, tak dojde k opětovnému poslání informací o modulu a jeho verzi.

7 Realizace jednotlivých modulů

Protože celá elektronická část je navrhována jako modulární. Je možné jednoduše měnit parametry jednotlivých modulů bez nutnosti zásahu do ostatních částí. Tomu napomáhá využití standardní sběrnice I2C, která svými parametry postačuje. Její jediná nevýhoda je nízká odolnost proti elektromagnetickému rušení. Proto při vyšší hodnotě rušení by musela být rozšířena na diferenciální pomocí diferenciálních budičů sběrnic. Pro ovládání motorů slouží oddělená sběrnice SPI s HW adresací. Jde o rychlou sběrnici hodící se spíše pro malé vzdálenosti, ale s dostatečným SW

zabezpečením jde využít i na vyšší vzdálenosti.

7.1 Nastavení mikrokontrolerů ATmega

Pro správnou funkci je nutné změnit defaultní nastavení propojek (FUSE bytes).

HIGH FUSE BYTE			LOW FUSE BYTE		
Nastavení	Číslo bitu	Význam	Nastavení	Číslo bitu	Význam
0	B0	BOTRST	0	B0	CKSEL0
0	B1	BOOTSZO	1	B1	CKSEL1
1	B2	BOOTSZ1	1	B2	CKSEL2
0	B3	EESAVE	1	B3	CKSEL3
0	B4	CKOPT	0	B4	SUT0
0	B5	SPIEN	1	B5	SUT1
0	B6	JTAGEN	1	B6	BODEN
0	B7	OCDEN	1	B7	BODLEVEL

Tabulka 7.1: Nastavení propojek mikrokontroléru ATmega

7.2 Modul řízení

Jde o základní modul, který obstarává spojení systému modulů snímačů stavových veličin robota a modulů ovládání robota s nadřazeným počítačem, který obstarává vlastní řízení robota v prostoru. Spojení je realizováno přes rychlou a velice rozšířenou sběrnici USB. Tento modul slouží jako regulátor pro použité motory. Pro zvýšení energetické účinnosti při pohybu realizuje elektronický diferenciál, který z aktuálního natočení přední nápravy přepočítává rychlosti pro jednotlivé kola zadní nápravy, aby nedocházelo k prokluzu. Přes navržený komunikační protokol je možné získávat aktuální informace ze všech připojených modulů pro případnou diagnostiku na úrovni řízení.

7.3 Moduly půl mostů přední nápravy

Tento modul je vytvořen pro normalizování výstupního signálu z potenciometru o úhlu natočení přední nápravy. Používá zapojení Wheastanova mostu s jedno větví tvořenou měřicím potenciometrem s odporem 1 k Ω , který má jezdcu vyvedeného jako jeden snímací střed. V tomto zapojení se chová jako dvojice rezistorů (snímačů natočení), které při změně natočení mají jeden kladou změnu odporu a druhý zápornou. Ve druhé větvi jsou zapojeny dva přesné rezistory s malou teplotní změnou o hodnotě 470 Ω a pro doladění středu je použit dvacetitáčkový trimr s jmenovitou hodnotou 100 Ω .

Výhodou tohoto zapojení je lineární výstup v závislosti na natočení nápravy, možnost doladění nuly na výstupu při nulovém natočení a také zvýšení dynamické změny výstupního napětí a tím možnosti zvýšení rozlišovací schopnosti informace o natočení.

Při použití 1 k Ω vinutého potenciometru jako snímače natočení s rozsahem otočení 360 ° a napájecím napětím mostu 5 V vychází rozlišitelnost snímače 0,02197 °/digit. Při rozsahu zatáčení -45 ° až 45 ° bude využita polovina dynamického rozsahu převodníku.

Vypočítaná rozlišitelnost je vzhledem k předpokládanému méně přesnému řízení motoru více než dostatečná, předpokládá se hystereze natočení s hodnotami kolem 0,5 °, při které se sníží namáhání motoru přední nápravy a také šum převodníku.

Výpočet rozlišovací schopnosti snímače. Ze známé hodnoty odporu a rozsahu potenciometru je možné vypočítat změnu odporu na °, z této hodnoty při známém napájecím napětí a tedy i procházejícího proudu je možné určit změnu napětí na ° (0,0138888 V/°). Dále ze známých parametrů převodníku, které jsou referenční napětí 1,235 V a rozlišitelnost 12 bitů je možné zjistit rozlišitelnost převodníku (0,00030514 V/digit). Z rozlišitelnosti snímače a citlivosti snímače jde získat výsledný vztah rozlišitelnosti snímače (0,02197 °/digit).

7.4 Modul Analog – digitálního převodníku

Jde o modul, který vstupní diferenciální napětí převádí na dvanácti bitové číslo a také rozlišuje třináctým bitem jeho polaritu. Výstup tohoto modulu je přes sběrnici I2C. Díky použitému mikrokontroléru ATmega 8 je tento modul z převážné části programovatelný. Díky jeho výpočetnímu výkonu je možné v mikrokontroléru zaznamenávat maximální a minimální změřené hodnoty, počítat průměrnou hodnotu. Z nevyužité paměti, která činí přibližně 4kB lze vytvořit paměť pro naměřené hodnoty, která může být po měření vyčítána přes pomalé rozhraní I2C sběrnice.

7.5 Modul Snímačů otáček

Jde o modul snímající dvojici nesynchronních signálů přicházejících ze snímačů otáček zadních kol. Při vyhodnocování rychlosti je využita doba mezi náběžnými hranami jednotlivých signálů ze které je následně vypočítána rychlost jednotlivých kol. Ze zadávaných parametrů přes komunikační sběrnici je možné bez programování měnit veškeré parametry ovlivňující správnost výstupních údajů. Jedná se o parametry: obvod kola a počet pulzů na jednu otáčku kola. Z předpokládaných parametrů, které jsou 90 nebo 180 pulzů na otáčku a obvodu kola 0,92 m a maximální rychlosti 2 m/s není realizována metoda určování rychlosti kol z metody čítání pulzů za určitou dobu protože

i při maximální rychlosti se jedná o poměrně pomalé frekvence pulzů. Modul zaznamenává aktuální rychlost, maximální rychlost, minimální rychlost a průměrnou rychlost zvlášť pro každé kolo. Naměřené hodnoty jsou vyčítány přes komunikační sběrnici I2C. Z důvodu úspory času na sběrnici jsou údaje o obou kolech posílány dohromady.

7.6 Modul ovládání motorů

Moduly jsou připojeny přes sběrnici SPI. Ovládání probíhá pouze pomocí posílání tří jedno - bytových zpráv s významem stop, maximální rychlost dopředu, maximální rychlost dozadu a dvou dvou-bytových zpráv, které v prvním bytu obsahují požadovaný směr a v druhém číslo od 0 do 255 s požadovaným výkonem.

8 Závěr

Navržené řešení je plně modulární. Hlavním záměrem bylo navrhnout elektronickou část, která se může postupem času vylepšovat bez nutnosti větších zásahů. Grafické znázornění struktury je patrné na Obrázek 4.1: Blokové schéma elektroniky. Toho bylo dosaženo použitím sběrnice I2C pro snímací část a sběrnice SPI pro ovládání motorů. Sběrnice pro ovládání motorů se adresuje HW pomocí výběru bitu slave-select, je navržena pro maximální počet pěti modulů, aby bylo možné bez velkých zásahu ovládat nebo řídit serva nebo přídatné motory, kdyby byly potřeba. Kdyby přestal vyhovovat maximální počet zařízení je možné doplnit na stranách modulů SPI sběrnice adresový dekodér, tím dosáhnout zvýšení maximálního počtu zařízení na 2^5 , tedy na 32. Sběrnice pro snímače obsahuje SW adresaci. Ta omezuje maximální počet zařízení na 127, více omezující parametr sběrnice je její maximální kapacita vodičů 400 pF pro bezproblémový chod. Tato omezující podmínka by šla omezit za použití zdroje proudu místo pull-up rezistorů. Ale pro běžné použití se nepočítá s dosáhnutí těchto omezení. V základní části se počítá s jedním modulem pro snímání otáček a dvěma moduly AD převodníků pro snímání natočení kol. Toto množství by mělo být postupně doplněno o moduly AD převodníků pro snímání napětí na akumulátorech, napětí a proudu na pěti voltové větvi pro napájení elektroniky a modulů pro snímání proudu popřípadě napětí na jednotlivých motorech. To ze dvou nezbytných modulů na sběrnici I2C dává konečné číslo třinácti modulů převážně tvořenými moduly AD převodníků.

Moduly půl-mostů pro snímání natočení kol normalizují výstup z použitých potenciometrů pro moduly AD převodníků bez nutnosti SW dopočtu střední polohy. Jejich použití je jednoduché a výhodné.

Moduly AD převodníků jsou navrženy pouze s 12-bitovým převodníkem jehož linearita není nejlepší a je přibližně 2 LSB, protože se předpokládá jeho použití pouze na měření signálů, které nepotřebují vyšší přesnost. Nejvyšší rozlišitelnost je potřebná při snímání natočení pření nápravy a ta při použitém řešení je 0,022 °/digit což je víc než dostatečná hodnota. Hlavní výhoda je plně diferenciální vstup napětí a vysoká rychlost převodu, která je 100 ksps.

Moduly ovládání motorů jsou největší slabina tohoto řešení. Jsou složeny z kombinovaného unipolárního plného mostu, který nevyužívá drivery tranzistorů. Ve vrchní části jsou tranzistory s P kanálem, které mají vyšší ztráty, ale je jednodušší jejich řízení. Hlavní výhodou tohoto řešení je nízká cena a jednoduchá vyměnitelnost. Práce na vylepšení těchto modulů začnou po zprovoznění nové elektronické části. Jsou vytvořeny spíše jako přechodné řešení z dříve koupených součástek bez ohledu na jejich parametry.

Modul řízení je koncipován jako univerzálnější s vyvedením USB konektoru pro komunikaci s nadřazeným počítačem. Tato sběrnice je oproti často používanému rozhraní RS-232 rychlejší, odolnější proti rušení a také je ve spotřební elektronice velice rozšířená. I když se nejedná o sběrnici určenou do industriálních zařízení jeví se její použití jako nejlepší o pro případ aktualizace nadřazeného počítače instalovaného přímo v robotu. Modul má vyvedené konektory pro sběrnici SPI a sběrnici I2C se zabudovanými pull-up rezistory.

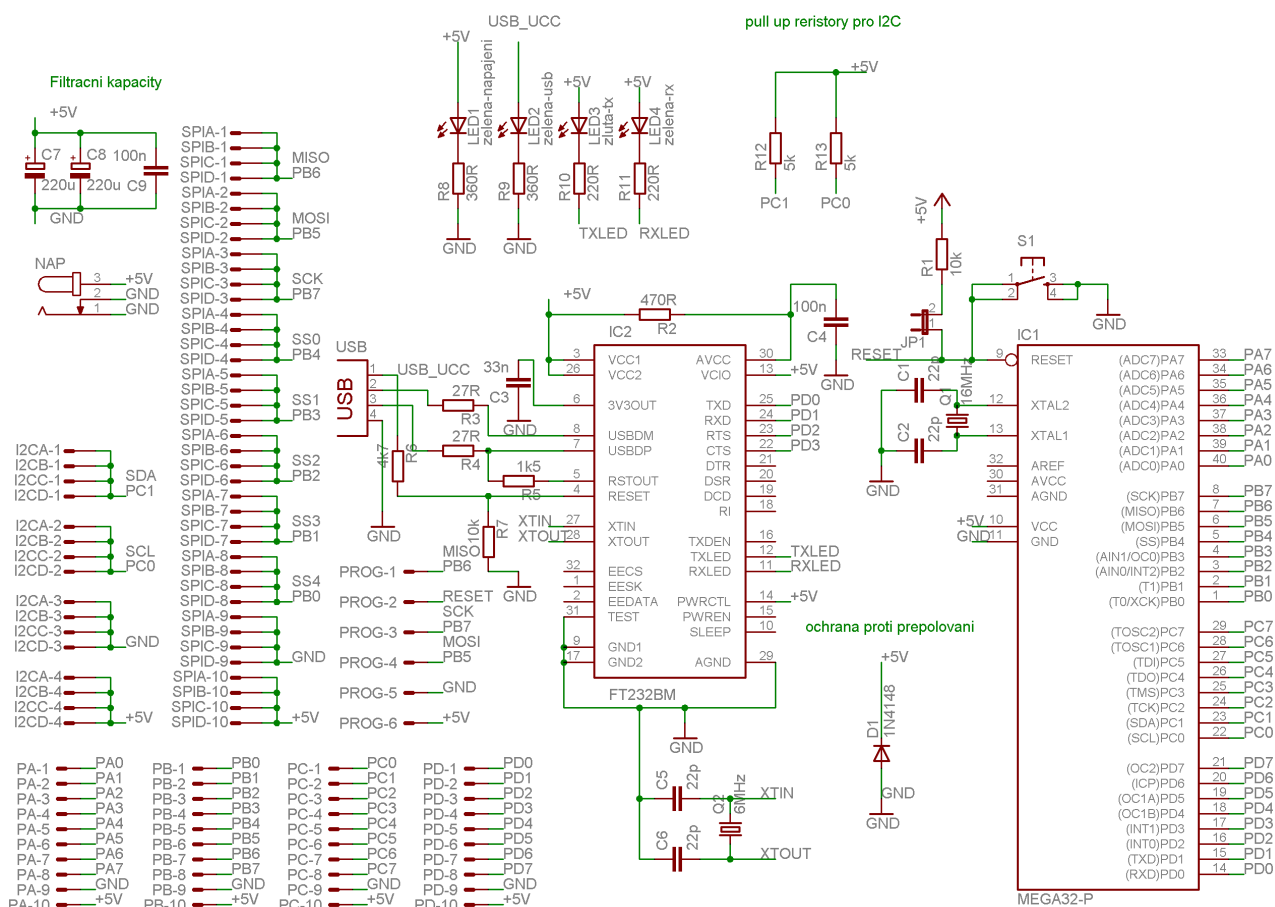
Komunikace je navržena jako dotazová. To platí, jak pro komunikaci řídicí desky s moduly, tak pro komunikaci nadřazeného počítače s řídicím modulem. Tento způsob je výhodnější při větším počtu kontrolních veličin. Je také méně náročný na vyhodnocování v nadřazeném počítači. Struktury zpráv jsou stanovené. Při zjištění jejich nedostatečnosti je možné je jednoduchým přeprogramováním řídicího mikrokontroléru modifikovat a upravit je do požadované podoby. Komunikace mezi jednotlivými moduly je bitově orientovaná. Jsou stanovené základní dotazy a jejich předpokládané řešení.

9 Použitá literatura

- [1] ATMEL Corporation [online]. [cit. 2009-03-23] . <<http://www.atmel.com/>>.
- [2] Linear Technology [online]. [cit. 2009-03-23] . <<http://www.linear.com/>>.
- [3] H-bridge secrets part 1 [online]. [cit. 2009-03-23] .
<http://www.modularcircuits.com/h-bridge_secrets1.htm>.
- [4] Microchip Technology Inc. [online]. [cit. 2009-03-23] . <<http://www.microchip.com/>>.
- [5] Novák, Petr. Mobilní roboty – pohony, senzory, řízení. 1.vydání. Praha: BEN, 2005. 248s.
ISBN 80-7300-141-1
- [6] CHARLES M. BERGREN. ANATOMY OF A ROBOT. United States of America: The
McGraw-Hill Companies, 2003. 321s. ISBN 0-07-141657-9
- [7] Battery Tutorial [online]. [cit. 2009-03-23] .
<http://www.batterystuff.com/tutorial_battery.html>.
- [8] John Iovine. Robots, Androids, and Animatrons. Second Edition. United States of America:
The McGraw-Hill Companies, 2002. 354s. ISBN 0-07-137683-6
- [9] Jacob Fraden. Handbook of Modern Sensors Physics, Designs, and Application. Third
Edition. United States of America: Springer-Verlag New York, Inc., 2004. 608s. ISBN 0-
387-00750-4

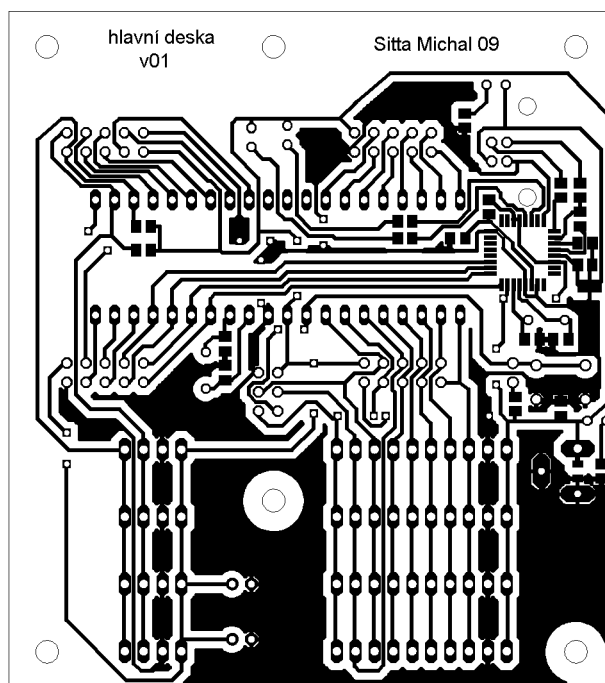
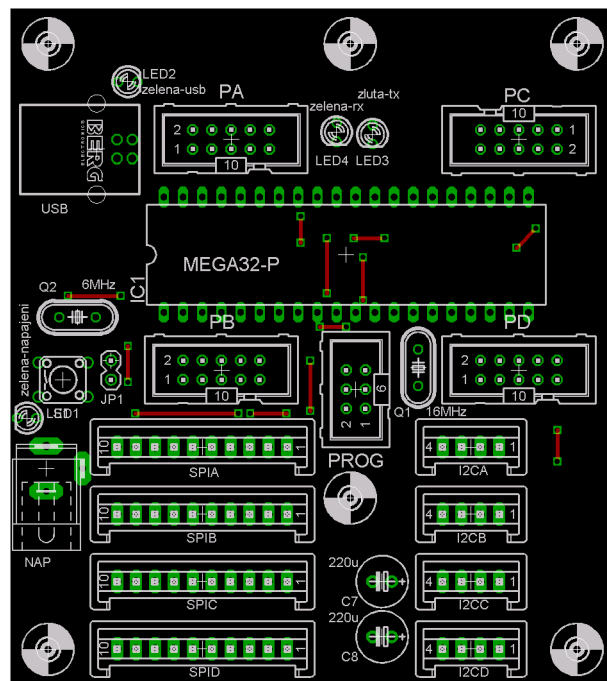
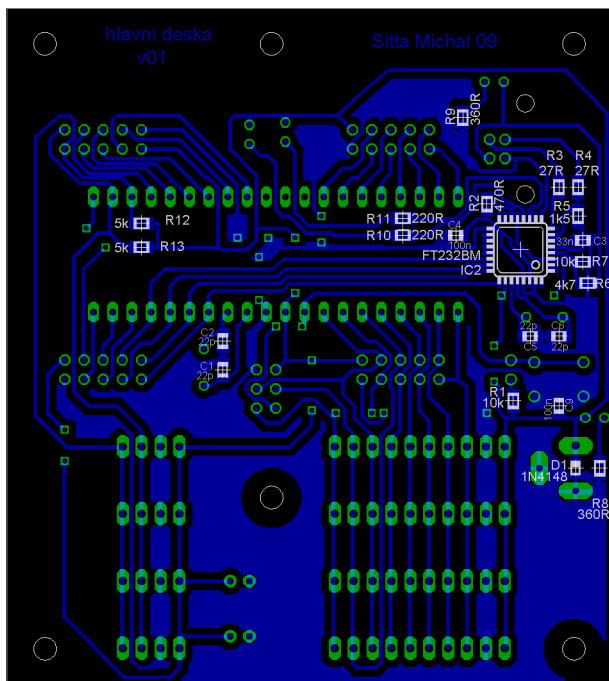
10 Přílohy

10.1 Deska plošných spojů modulu řízení

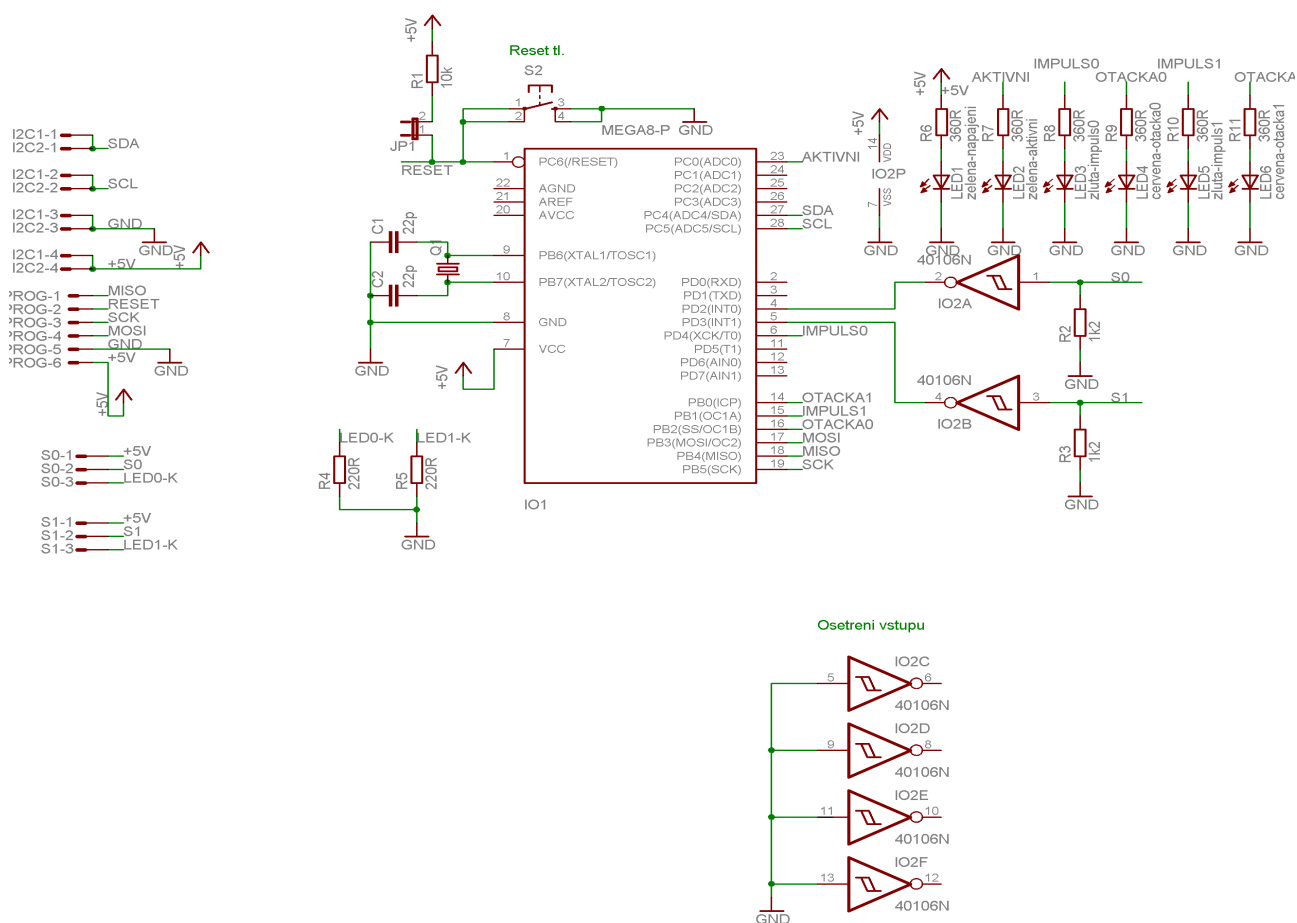


Obrázek 10.1: Schéma modulu řízení

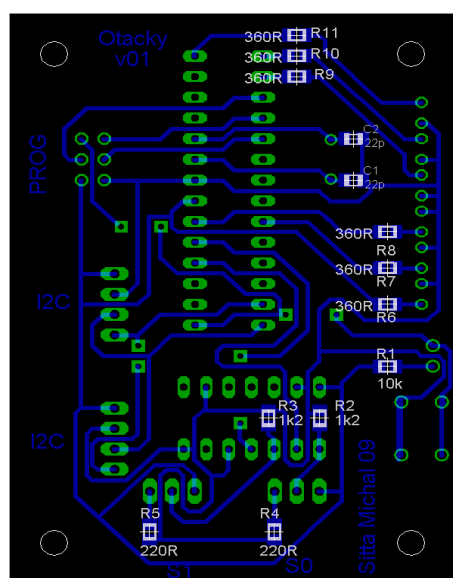
Rozměry desky: 80 x 90 mm



10.2 Deska plošných spojů modulu měření otáček

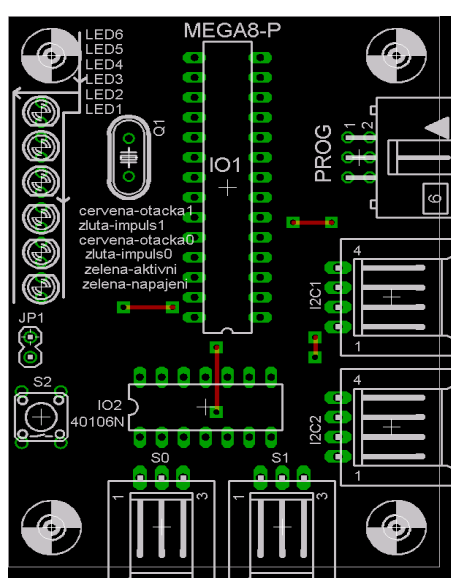


Obrázek 10.5: Schéma modulu měření otáček

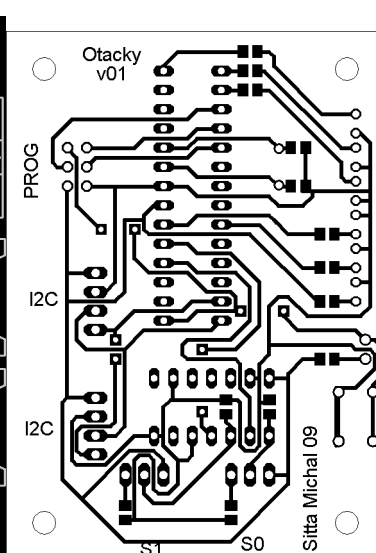


Obrázek 10.6: Osazovací výkres spodní strana modulu měření otáček

Rozměry desky: 50 x 70 mm

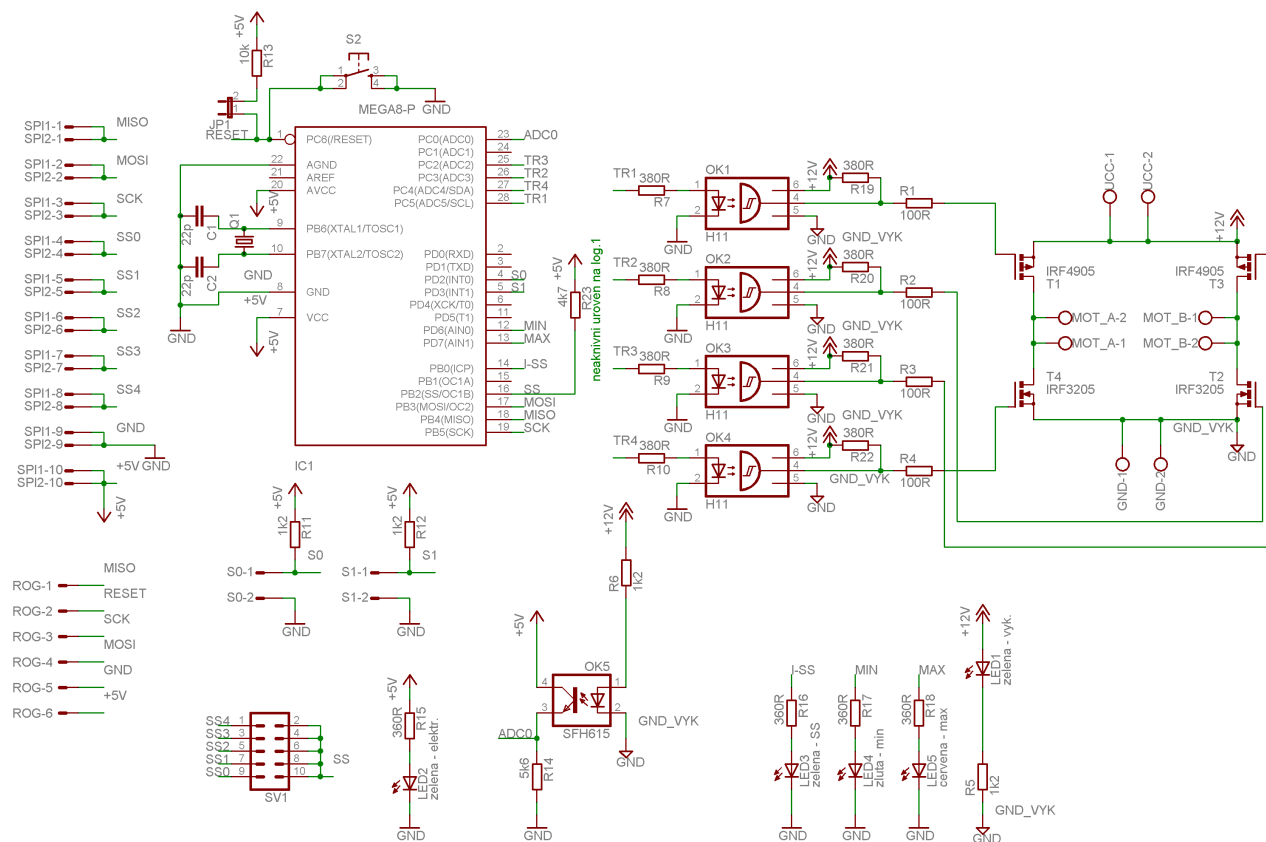


Obrázek 10.7: Osazovací výkres horní strany modulu měření otáček

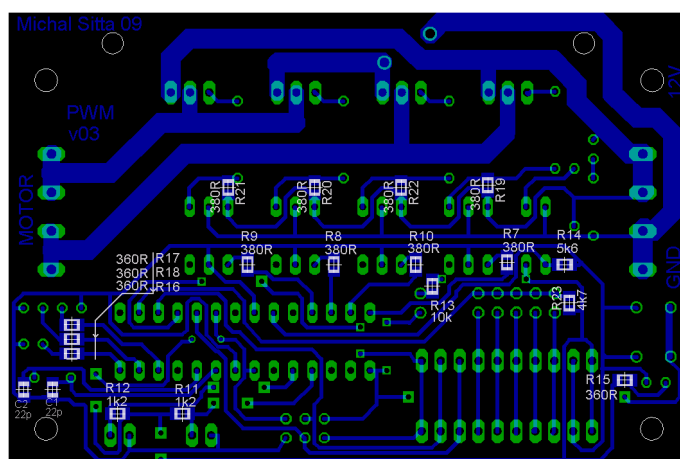


Obrázek 10.8: Strana spojů modulu měření otáček

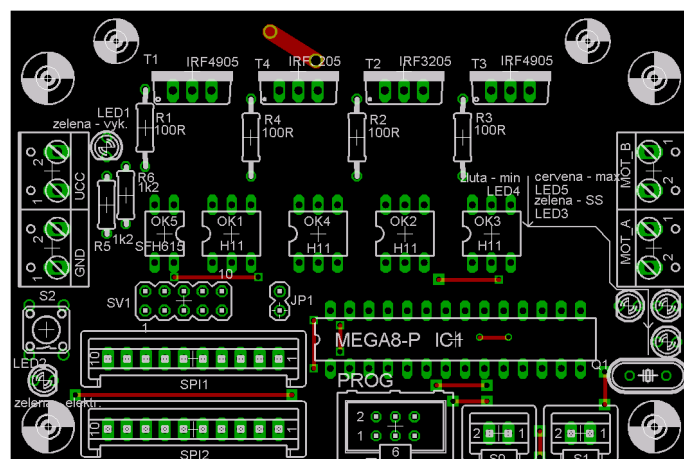
10.3 Desky plošných spojů modulu řízení motorů



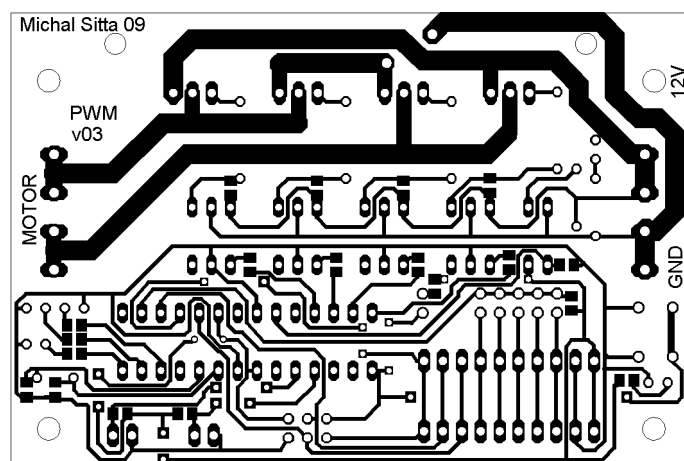
Obrázek 10.9: Schéma modulu řízení motorů



Obrázek 10.10: Osazovací výkres spodní strana modulu řízení motoru



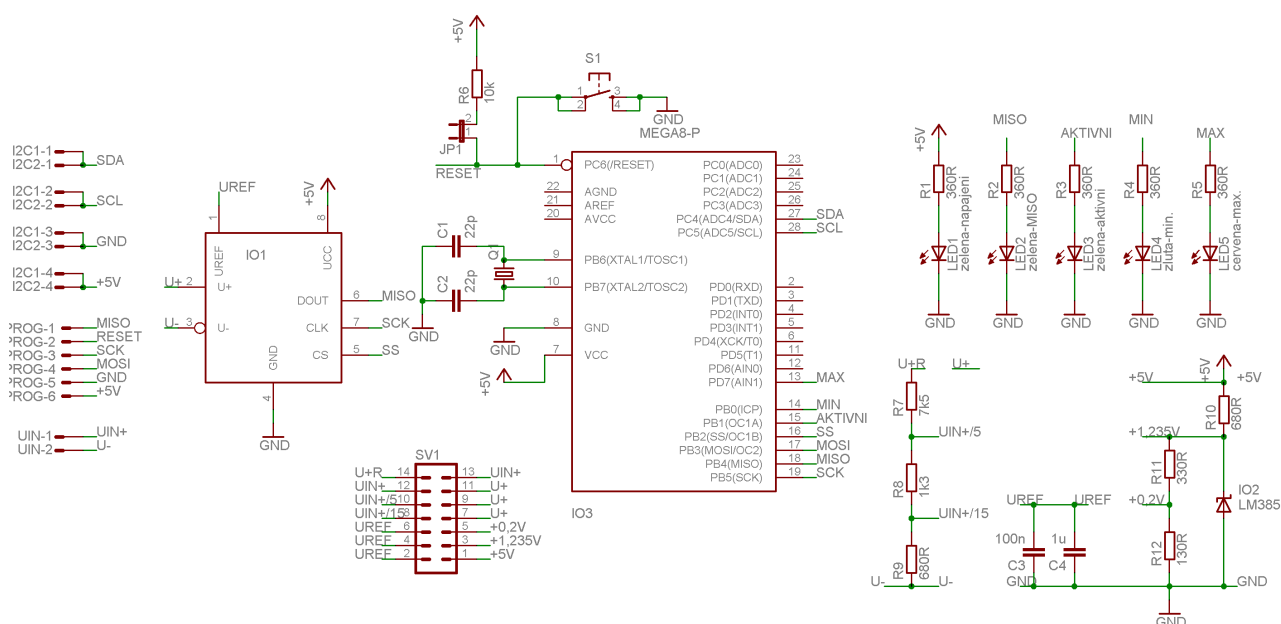
Obrázek 10.11: Osazovací výkres horní strana modulu řízení motoru



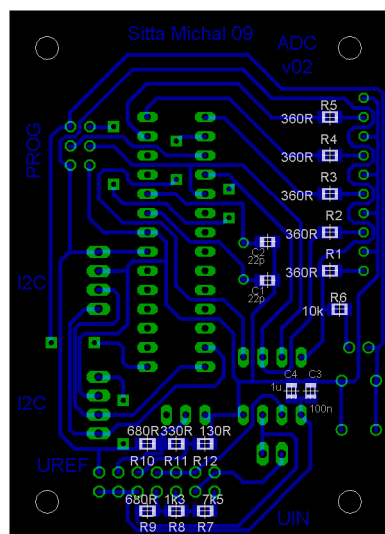
Obrázek 10.12: Strana spojů modulu řízení motoru

Rozměry desky: 90 x 60 mm

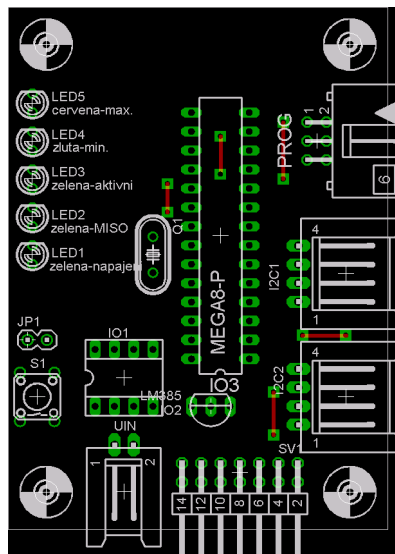
10.4 Desky plošných spojů modulu ADC



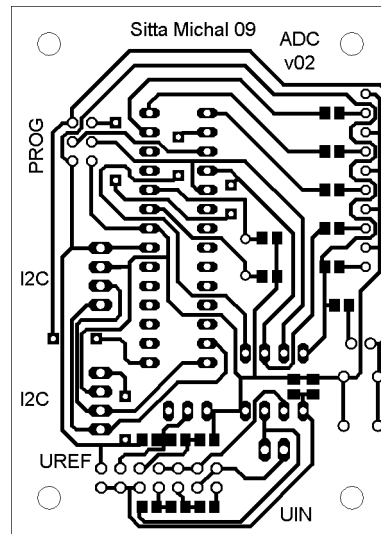
Obrázek 10.13: Schéma modulu ADC



Obrázek 10.16: Osazovací výkres spodní strana modulu ADC



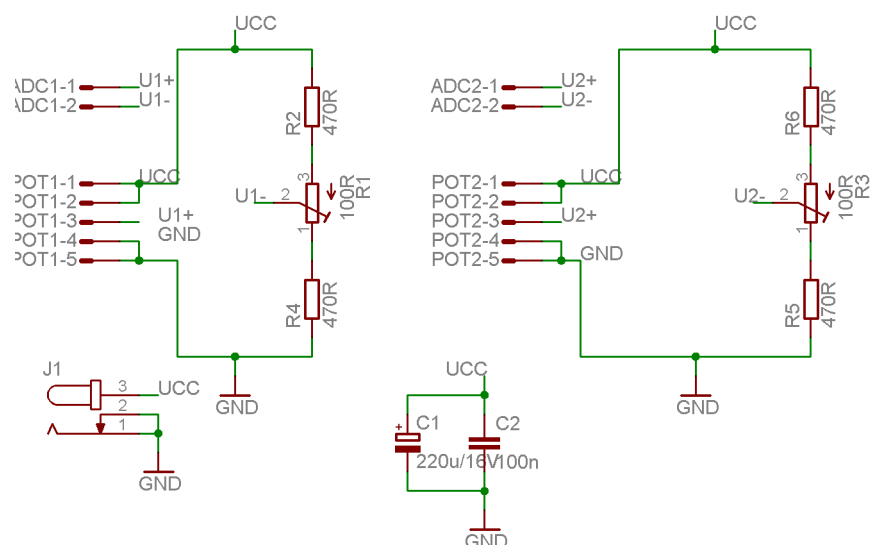
Obrázek 10.15: Osazovací výkres horní strana modulu ADC



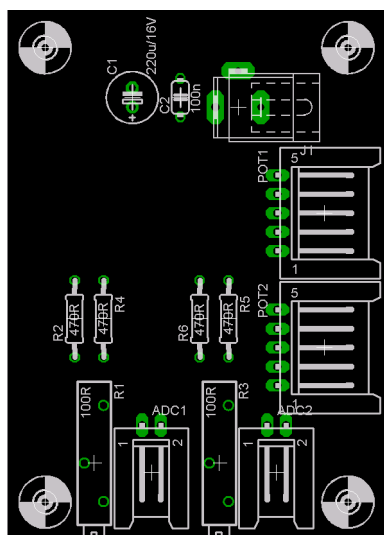
Obrázek 10.14: Strana spojů modulu ADC

Rozměry desky: 50 x 70 mm

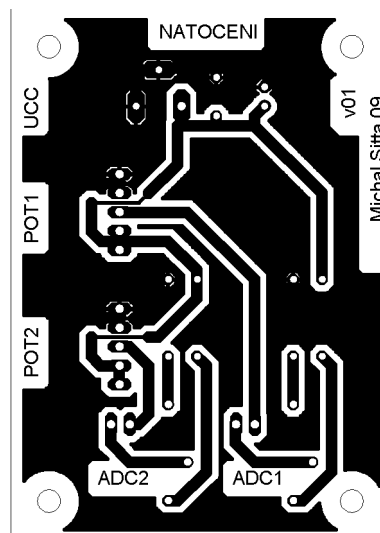
10.5 Desky plošných spojů modulu natočení přední nápravy



Obrázek 10.17: Schéma modulu natočení přední nápravy



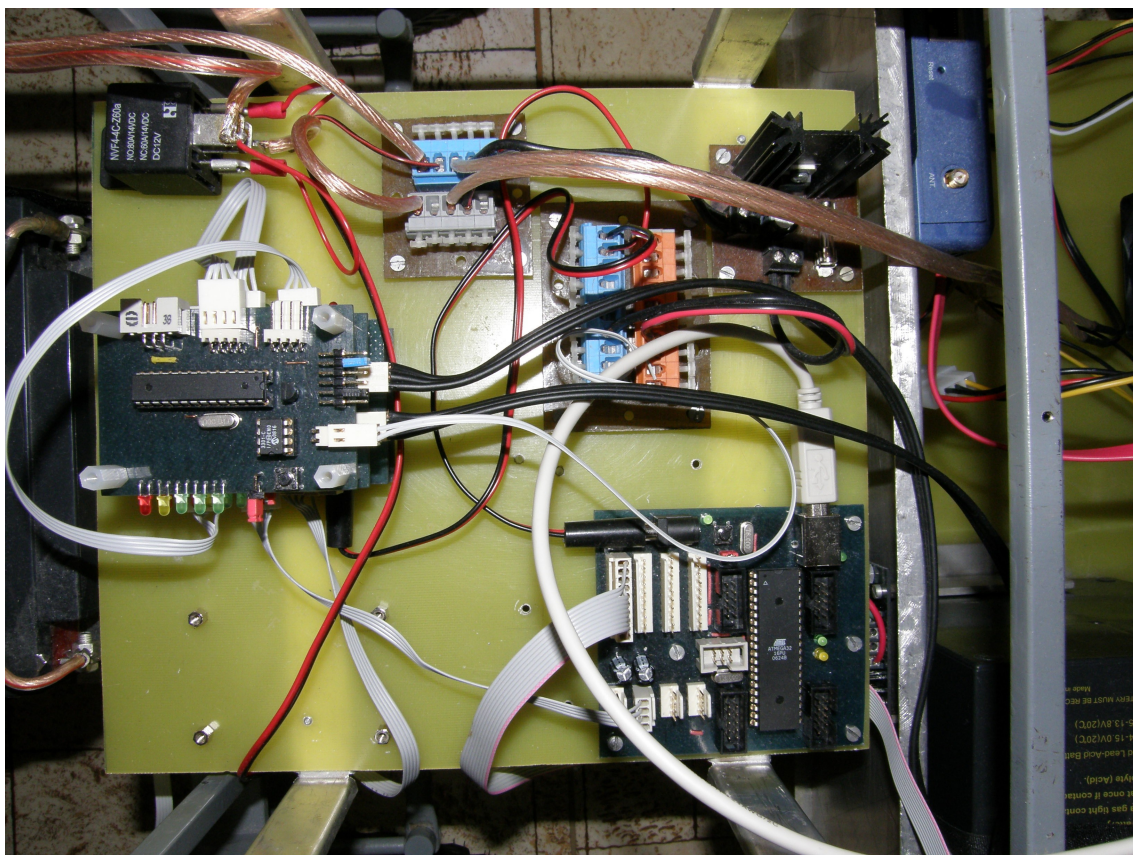
Obrázek 10.18: Osazovací výkres horní strana modulu natočení přední nápravy



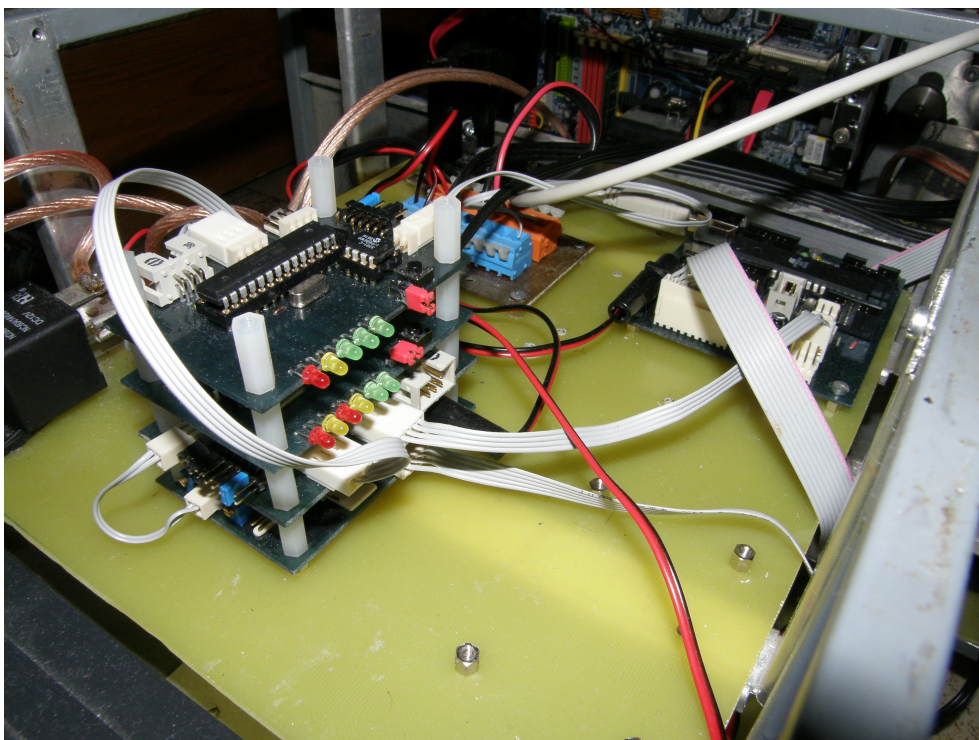
Obrázek 10.19: Strana spojů modulu natočení přední nápravy

Rozměry desky: 50 x 70 mm

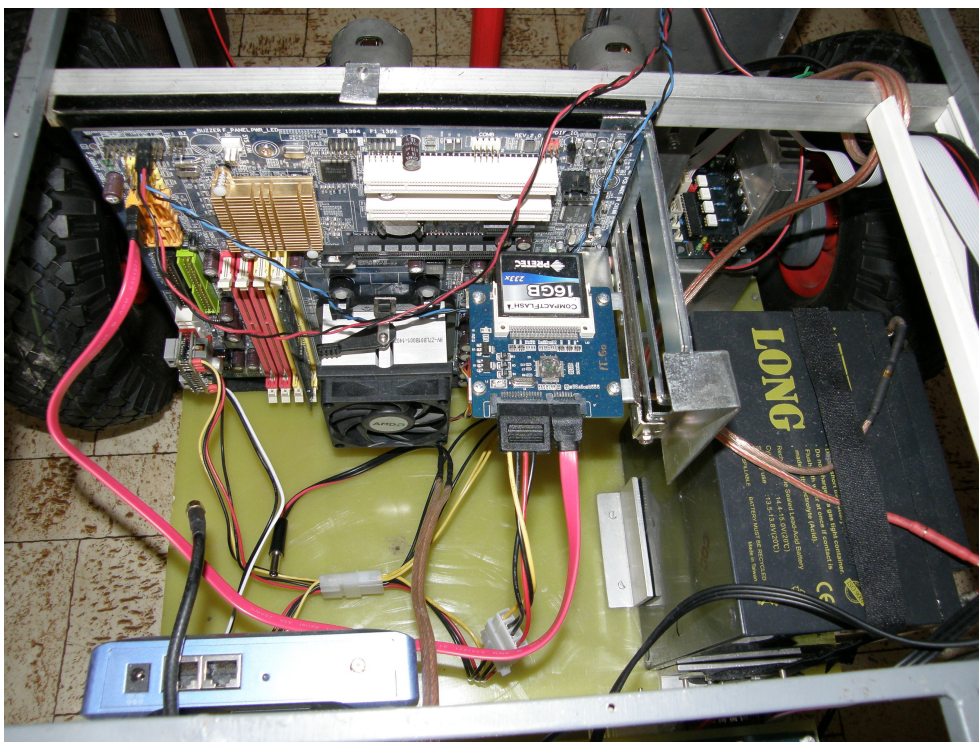
10.6 Fotky s aktuálním stavem projektu



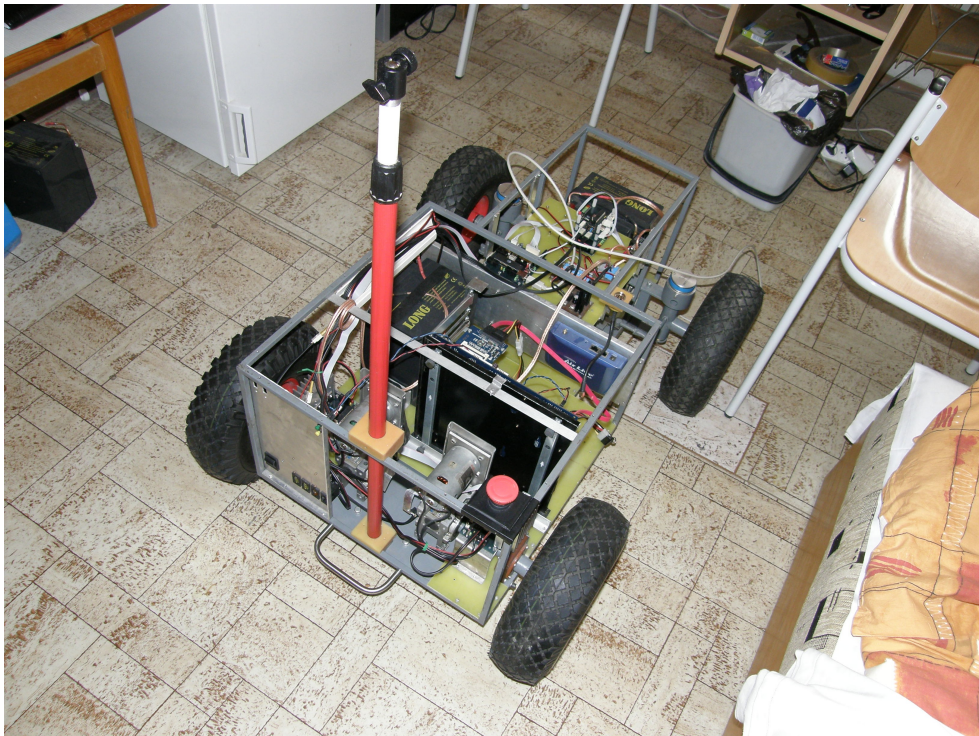
Obrázek 10.20: Elektronická část - vrchní pohled



Obrázek 10.21: Elektronická část - boční pohled



Obrázek 10.22: Detail na uchycení SSD disku



Obrázek 10.23: Detail na držák kamery