



Středoškolská technika 2015

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Mobilní kolový robot

Vladimír Chmelík

Střední průmyslová škola na Proseku
Novoborská 2, 190 00 Praha 9

OBSAH

OBSAH.....	1
1 Úvod.....	1
2 úvodní parametry.....	1
3 Konstrukce	1
3.1 podvozky.....	1
3.1.1 Diferenciální podvozek	1
3.1.2 Kinematika kola	2
3.1.3 Kinematika podvozku	3
3.2 motory	4
3.3 Uchycení motorů.....	4
3.3.1 Materiál držáku	4
3.3.2 Stanovení rozměrů držáku.....	4
3.4 Kola.....	5
3.4.1 Materiál	5
3.4.2 Rozměry	5
3.4.3 Uchycení kola k motoru	6
3.5 Zadní kolo	6
3.6 Podvozek.....	7
3.6.1 Materiál	8
3.7 Kryt	8
3.7.1 Materiál	8
3.8 Design	8
4 Ovládání Robota.....	9
4.1 Bluetooth.....	9
4.2 Mikrokontrolér.....	10
4.3 Arduino nano	10
4.4 Napájení	10
4.5 Zapojení	11
5 Závěr.....	11
6 POUŽITÁ LITERATURA.....	12
7 Seznam obrázků	13

1 Úvod

Mobilní roboty potkáváme v dnešní době na každém kroku. Využíváme je téměř v každém odvětví průmyslu od dopravního k vojenskému. Mobilní robot je zařízení, které je schopné se pohybovat s využitím různých typů podvozků.

2 úvodní parametry

Na začátku jsem si stanovil, že konstrukce robota bude vytvořena tak, aby ho bylo možné využít pro běžný spotřební průmysl. Tento robot bude určen do nenáročných podmínek bez většího množství prachu, vlhkosti a nerovností. Práci budou ovlivňovat především parametry, jako jsou rychlost, dosah dálkového ovládní, výdrž baterie a vzhled, které ve výsledku budou běžného uživatele nejvíce zajímat. Prvotním cílem ovšem je stanovit druh podvozku z důvodu řešení budoucí problematiky ovládní a celkové konstrukce. V konečném výsledku bych chtěl dosáhnout s robotem rychlosti alespoň 2 km/h při hmotnosti do 750 gramů.

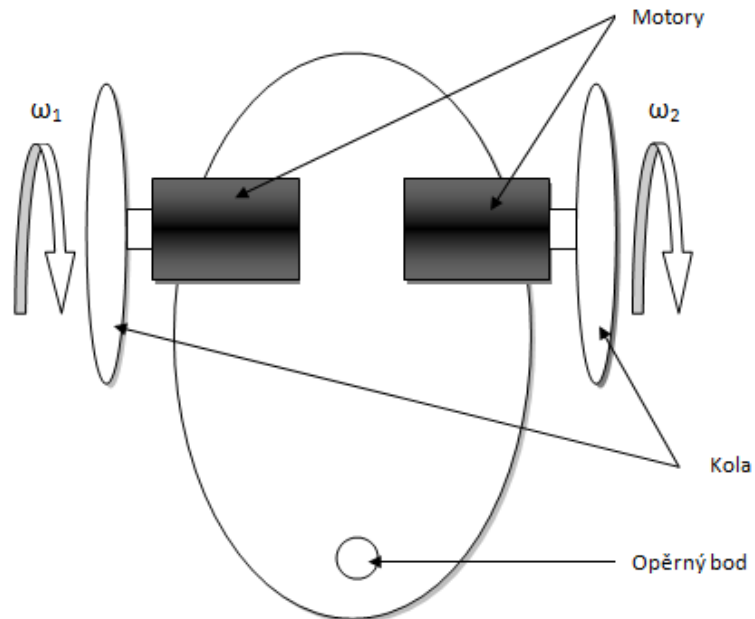
3 Konstrukce

3.1 podvozky

Podvozky se dají rozdělit, pokud se jedná pouze o suchozemská vozidla, do tří základních kategorií. Krácející, pásové a kolové. Každá z těchto kategorií. Pokud jde o náš maturitní projekt je nejvhodnější kolový podvozek. Je to z toho důvodu, že krácející podvozek je určen hlavně do těžkého terénu, jelikož má minimální kontakt s povrchem, a pásové podvozky mají příliš velký nárok na energii, jelikož veškeré otáčení je řešeno skluzem a díky tomu dochází k velkému tření. Kolové podvozky se dají rozlišit podle několika kritérií. Počet kol, počet poháněných a unášených kol, princip zatáčení... V praxi se používají čtyři základní typy kolových podvozků. Diferenciální, Synchronní, Ackermanův a Všesměrový podvozek. Po zvážení veškerých výhod a nevýhod jednotlivých typů jsem vybral podvozek diferenciální.

3.1.1 Diferenciální podvozek

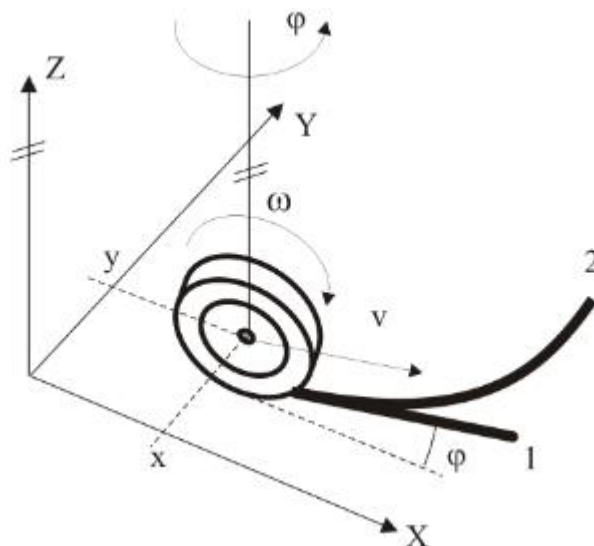
Tento jednoduchý a spolehlivý podvozek se nejčastěji používá u malých mobilních robotů pro aplikaci v budovách. Podvozek obsahuje dvě nezávisle na sobě ovládaná (hnaná) kola, která zajišťují pohyb a zároveň umožňují zatáčet. Diferenciálně podvozek nazýváme proto, že změna orientace je závislá na rozdílu rychlosti pohybu levého a pravého kola. Pro stabilizaci celého robota je použit opěrný bod, který může být tvořen jedním kolečkem s jedním nebo více stupni volnosti. Jako pohon jsou nejčastěji používány malé stejnosměrné motory, nebo krokové motory. Pokud se obě kola otáčejí stejně rychle a stejným směrem, robot jede rovně. Pokud se kola točí stejně rychle, ale opačným směrem, robot se otáčí kolem středu (osy nápravy). V případě, že se kola točí stejným směrem, ale různou rychlostí, robot se pohybuje po kružnici a zatáčí směrem ke kolu s menšími otáčkami. Výhodou diferenciálního podvozku je jednoduchá a robustná konstrukce, nízká cena a přitom relativně přesná odometrie. [1]



Obrázek 1 - Diferenciální podvozek

3.1.2 Kinematika kola

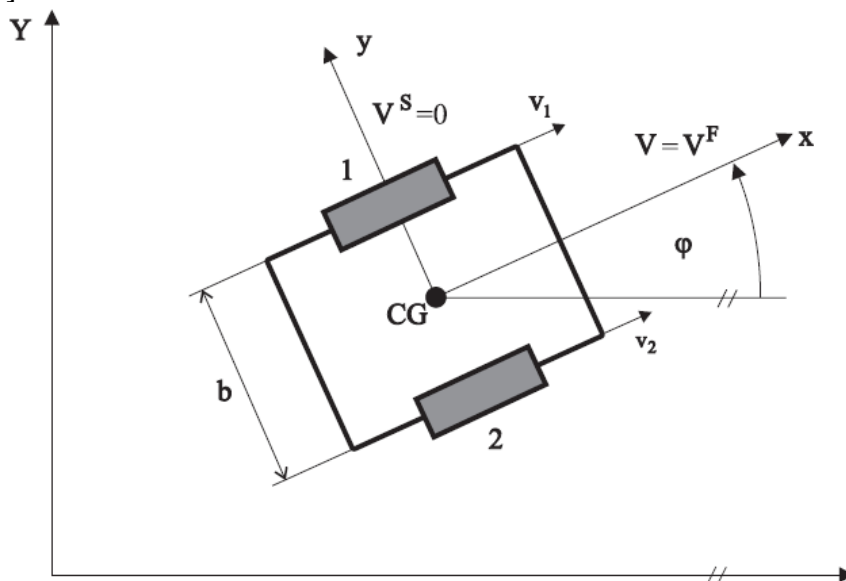
Pohyb smykem řízených podvozků nelze obecně popsat relativně jednoduchým kinematickým modelem jako tomu je u podvozků s tzv. neholonomním omezením, jejichž kola se ideálně valí tzn. nedochází u nich ani ke smyku ani k prokluzu kol. Typickými představiteli takových podvozků jsou podvozky s diferenciálně řízenými koly. Pohyb podvozků s neholonomním omezením lze pro malé rychlosti pohybu popsat rovnicemi jejich kinematiky tj. bez uvážení jejich hmotnosti a bez uvážení sil, které jsou k jejich pohybu potřebné. Pro popis pohybu podvozků řízených smykem už musíme vzít v úvahu hmotnosti a síly, musíme tedy použít rovnice dynamiky. Kolo o poloměru r je kolmé k rovině XY , otáčí se kolem osy jdoucí jeho středem a kolmé k rovině XY s úhlovou rychlostí ω a je řízeno kolem osy jdoucí jeho středem a kolmé k rovině XY . Úhel řízení je φ . Pokud nedochází k prokluzu ani smyku kola je jeho pohyb po obecné dráze popsán rovnicemi kinematiky. Omezení pohybu kola je neholonomní, je vyjádřeno v rychlostech pohybu a nelze je převést na prostý funkční vztah, který by v každém časovém okamžiku udával vztah mezi polohou kola $[x,y,\varphi]^T$, úhlem řízení φ a celkovým úhlem (délkou) o který se kolo odvalí. Záleží totiž na tom, jaký byl časový průběh veličin φ a $r\omega$ do tohoto okamžiku. Kolo se např. dostane do různých poloh, když vyjede z nulových počátečních podmínek odvalí se o $1m$ a pak se pootočí o $\varphi=90^\circ$, nebo když se napřed pootočí o $\varphi=90^\circ$ a pak se odvalí o $1m$. Vzhledem k tomu, že smykem řízené podvozky jsou určeny především pro pohyb v nestrukturovaném venkovním prostředí. [2]



Obrázek 2 - kinematický popis kola

3.1.3 Kinematika podvozku

Kinematický model neholonomního diferenciálně řízeného robota je sestaven za předpokladu dokonalého valení jeho kol, tedy pohybu bez prokluzu a smyku. Obecně zřejmě nelze tvrdit, že pohyby smykem řízeného a diferenciálně řízeného stroje budou, při stejném rozchodu kol a stejných rychlostech kol, stejné. Celková kinematika je popsána na obrázku 1 a popsán rovnicí 1. V rovnicích znamená b rozchod kol robota. Rovnice vyjadřují podélnou V^F , stranovou V^S a otáčivou rychlost stroje $\dot{\varphi}$ v závislosti na obvodových rychlostech pohonných kol v_1, v_2 [2]



Obrázek 3 - Neholonomní podvozek s diferenciálním řízením

$$V^F = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

$$V^S = 0$$

$$\dot{\varphi} = \frac{v_2 - v_1}{b}$$

3.2 motory

Pro určení druhu motoru jsou u mého podvozku důležitá především tato kritéria: velikost, napájení, spotřeba, krouticí moment, rychlost, způsob zavěšení na podvozek, ukotvení kola a cena. Vše se odvíjí od celkové váhy robota a požadavku na stoupání, které by měl překonat. Z těchto dvou parametrů se určí potřebný krouticí moment. Ten se stává prvním důležitým kritériem, které je potřeba zvážit. Jako další je potřeba zvolit, jak by robot měl dlouho jezdit a jak rychle by se měl pohybovat. Od těchto údajů se odvíjí hned několik vzájemně provázaných aspektů. Pokud by měl robot jezdit dlouho, musel by mít zabudovaný větší akumulátor, což by znamenalo, že při dodržení váhy dát menší motor s menší rychlostí. Naše představa byla, aby se robot pohyboval okolo 2 km/h a plnou rychlostí dokázal jet cca. 30 minut. Měl jsem na výběr z několika druhů pohonů

Pro mého robota se nejvíce hodí DC motor. DC motorů je na trhu mnoho. Pro mé účely je potřeba, aby motory měly poměrně velký krouticí moment. To může zařídit zabudovaná převodovka, která sice sníží rychlost, ale zvětší onen krouticí moment. Po prohledání trhu jsem si vybral malý DC motor GM25-300CHV-59.2-R. Tento motor má při zatížení přibližnou rychlost otáčení 77 ot/min a krouticí moment 328 g/cm, což při svých rozměrech a ceně je velice dobré.

3.3 Uchycení motorů

Motory mají pro uchycení zhotovené dvě díry se závity. Aby mohl být motor uchycen, je potřeba vyrobit držák. Ten lze zhotovit buď tak, že každý motor bude uchycen samostatně, což má výhodu z hlediska nízké hmotnosti, nebo společně na jednom kusu, což má výhodu z hlediska pevnější konstrukce. Rozhodl jsem se pro držák, který bude držet oba dva motory najednou, abych měl pevný základ podvozku.

3.3.1 Materiál držáku

Celý držák jsem vyrobil z hliníkového plechu. Hliník má dostatečnou pevnost a odolnost. Další výhodou je, že je snadno dostupný a dá se s ním dobře pracovat.

3.3.2 Stanovení rozměrů držáku

Rozměry se odvíjejí od velikosti kola, které má průměr 150 mm. Aby se diferenciální podvozek dobře řídil, je potřeba, aby rozteč mezi koly byla alespoň průměr kola. Pro mé účely tedy stačí, když bude rozteč přesně 150 mm.

Šířka držáku je ovlivněna dvěma parametry. Jedním z nich je rozteč uchycovacích šroubů na motoru. To nám dá minimální rozměr. Druhým parametrem je pevnost, kterou od držáku budu požadovat. Rozteč uchycovacích šroubů je 17mm. Po zvážení se mi tato šířka zdála velice málo. Z důvodů zpevnění konstrukce jsem navrhl držák o šířce 60mm.

Posledním důležitým rozměrem je výška osy motoru od spodní hrany držáku. Tento rozměr se odvíjí od poloměru kola a velikosti zadního podpůrného kolečka. Poloměr kola je 75 mm. Aby byl dostatečný prostor pro zadní podpůrné kolečko, rozhodl jsem se pro výšku 40 mm.

3.4 Kola

Kola jsou důležitou součástí. Rychlost robota bude mimo jiné souviset s průměrem kola. Čím větší průměr, tím bude robot rychlejší. Dále je důležité, aby kola neprokluzovali. Tento fakt lze ovlivnit materiálem.



Obrázek 4 - Přední kolo

3.4.1 Materiál

Pro kusovou výrobu je v dnešní době velice vhodné využít 3D tiskárny, které tisknou z plastu. Typ plastu jsme zvolili PLA, který je dostatečně pružný, lehký a dobře dostupný. Problém plastových kol byl ovšem v tom, že vůči běžným dlaždičkám na podlaze měl příliš malý koeficient tření. Z tohoto důvodu jsme náš návrh upravili tak, že jsme po obvodu nechali drážku, do které jsme vložili gumový kroužek. Toto vylepšení nám zajistilo pro naše účely dostatečné tření.

3.4.2 Rozměry

Abych věděl, jakou přibližnou rychlost bude robot mít, vytvořil jsem si tabulku s různými rychlostmi a rozměry kol.

$$v = n \times \pi \times d$$

v rychlost v m/s

n počet otáček za minutu (tento parametr je dán rychlostí motoru)

d průměr kola

Po uvážení možností jsem se rozhodl pro průměr 150 mm. Dalším důležitým rozměrem je šířka drážky na gumový kroužek. Z počátku jsem navrhl 2 mm v průměru. Nakonec po otestování jsem tento rozměr zvětšil na 5 mm, aby bylo kolo stabilnější.

3.4.3 Uchycení kola k motoru

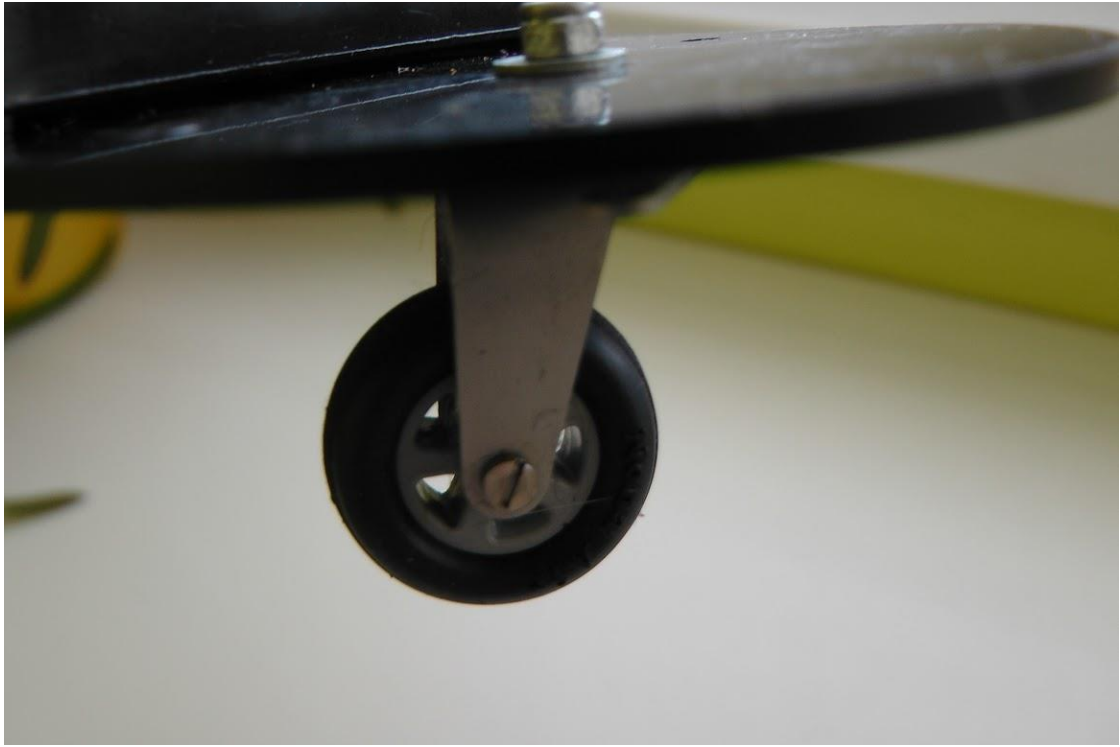
Mezi kolem a motorem je při rozjezdu a brzdění poměrně velký krouticí moment. Z tohoto důvodu bylo potřeba vyrobit pevný úchyt mezi kolem a motorem. Z důvodu namáhání této součásti konstrukce jsem se rozhodl pro Dural, který je pevný a vůči jiným kovům i poměrně lehký. Kolo k držáku bude uchyceno šrouby po obvodu držáku. S uchycením k motoru byl větší problém. Po zjištění tvaru a rozměrů osičky motoru jsem navrhl tvarový úchyt pomocí šroubku. Tento držák má velkou výhodu rychlého přichycení a sejmutí z osičky motoru.



Obrázek 5 - Držák kol

3.5 Zadní kolo

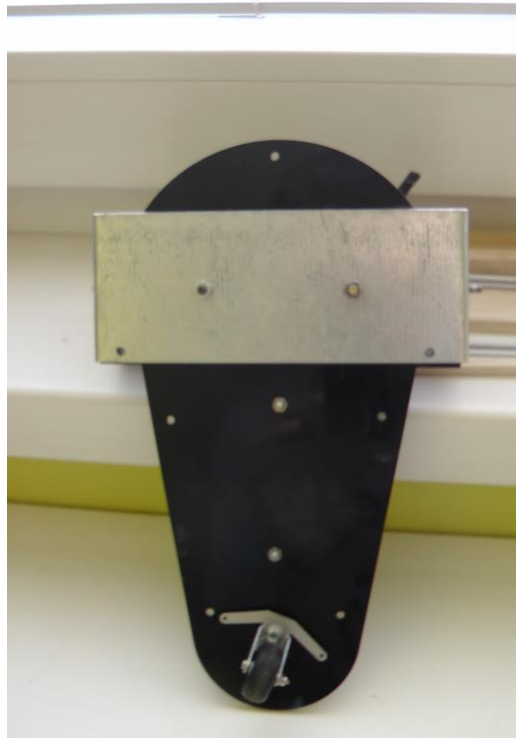
Zadní kolo u diferenciálního podvozku je pouze unášené. Tudiž ho není potřeba ani pohánět a ani ovládat. Rozhodl jsem se pořídit malé modelářské kolo na podvozky letadla. Po lehké úpravě jsem ho mohl přidělat na můj podvozek. Během testování podvozku se ale objevil problém. Při zatížení podvozku se kolečko neotáčelo při změně směru jízdy tak snadno, jak se předpokládalo. To vedlo k tomu, že zadní kolečko udávalo směr robota a jeho ovladatelnost se výrazně zmenšila. Tento problém jsem vyřešil přidáním jedné podložky, po které kolečko klouže.



Obrázek 6 - Zadní kolo

3.6 Podvozek

Mnoho studentských robotů má podvozek pouze jako úchytovou část. Já jsem se rozhodl podvozek vyrobit nejen funkčně, ale i s moderním a vzhledným designem.



Obrázek 7 - Podvozek

3.6.1 Materiál

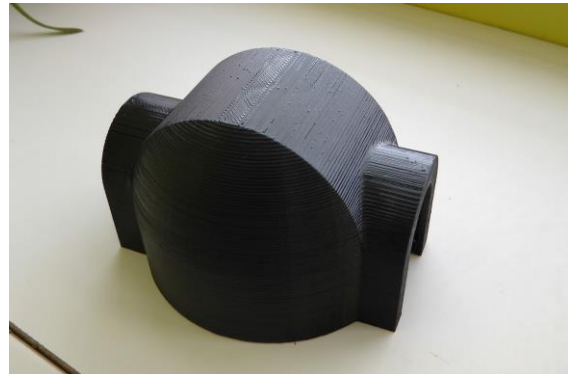
Jelikož jsem navrhl poměrně složitý tvar, bylo nutné najít materiál, který by umožnil jeho výrobu. Z počátku jsem uvažoval o vytisknutí na 3D tiskárně. To jsem ovšem zamítl, jelikož pevnost vytisknutých dílů je poměrně malá. Nakonec jsem se rozhodl pro plexisklo. Plexisklo je poměrně pevné a snadno dostupné. Výrobu jsem zadal firmě mk Plexi s.r.o. Ta pomocí laseru vyřizla mnou požadovaný tvar. Další výhodou plexiskla bylo to, že jsem měl možnost si vybrat i barvu. Po vyrobení jsem podvozek přimontoval na držák motorů.

3.7 Kryt

Kryt robota slouží k ochraně součástek uvnitř robota. Další její vlastností je, že udává celkový vzhled robota. Dále je také důležité, aby se kryt dal snadno snímat a opět přidělovat kvůli přístupu k bateriím robota. Pro běžného uživatele není ovšem důležitý přístup k veškeré elektronice robota. Z tohoto důvodu jsem se rozhodl kryt rozdělit na dvě části. V přední jsou



Obrázek 8 - Zadní kryt



Obrázek 9 - Přední kryt

uschovány motory a celá elektronika robota. V části druhé jsme uloženy pouze baterie.

3.7.1 Materiál

U krytu jsem se rozhodoval mezi dvěma materiály. První z nich je Laminát. Po výrobě kopyta by bylo možné postupným nanášením materiálu vyrobit dostatečně pevnou krustu. Druhou možností bylo použít 3D tiskárnu. Zde byl ovšem problém se složitostí tvaru, ale byla by zde výhoda větší pevnost a vzhledu. Po uvážení jsem se rozhodl pro 3D tisk.

Ze začátku se objevil předpokládaný problém s tiskem. Tryska tiskárny nabourala a tisk se nepovedl tak, jak by měl. Po několika pokusech se mi podařilo najít tiskárnu s vhodnou tryskou a s vhodným materiálem pro tisk obou částí krusty.

3.8 Design

Pro běžného uživatele je důležitá nejen funkčnost, ale i celkový vzhled. Ten zaručí, aby se výrobek dobře prodával. Po vyrobení jednotlivých částí jsem se zaměřil na barevné provedení. Nejvíce se mi líbila myšlenka výrazných kontrastních barev. Z tohoto důvodu jsem nabarvil krustu na leskle černou a kola na žlutou.

Ovšem robot je postavený tak, že každá část lze snadno snímat a vyměnit. Díky tomu si každý člověk může vybrat vlastní barevné provedení podle svého vkusu. Pocit, že každý člověk může mít originální výrobek se již v historii několikrát vyplatila. Příkladem může být firma Nokia, která na své telefony začala vyrábět výměnné kryty.

4 Ovládání Robota

Jelikož cílem práce je vozítko, které se dá použít v běžném spotřebním průmyslu, bez nároků na použití v náročných podmínkách a hlavní důraz je kladen na estetičnost, je důležité zvolit správný druh řízení robota. Dále je sledována rychlost, která hraje důležitou roli pro řízení, které musí být přesné. Důležitým parametrem je také výdrž baterie, takže řízení nesmí spotřebovávat příliš mnoho energie, čímž by se rapidně snížila výdrž, jelikož komunikace bude probíhat neustále. V neposlední řadě je důležitá mobilita a tedy i jak daleko se může vozidlo vzdálit od operátora. Pro moje účely se nejvíce hodil Bluetooth

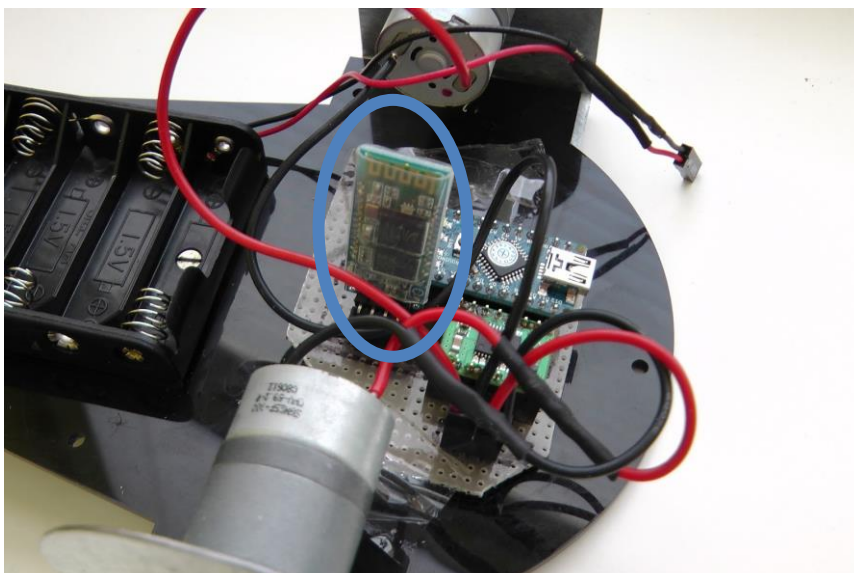
4.1 Bluetooth

Historie bezdrátové technologie Bluetooth sahá do úplného konce 20. století, kdy firma Ericsson Mobile Communications chtěla pomocí rádiových vln sjednotit komunikaci mezi zařízeními bez ohledu na výrobce a bez nutnosti použití drátů. K tomu měla sloužit levná technologie s jednotným standardem. Za tímto účelem vznikla roku 1998 skupina zvaná Special Interest Group neboli SIG. Do konce roku měla skupina 400 členů. Ve stejný den byl technologii dán název Bluetooth po dánském králi Haraldovi Modrozubovi díky jeho diplomatickým schopnostem zastavit rozepře mezi válčícími kmeny.

Bluetooth pracuje na frekvenci 2,4 GHz a tím pádem i v nelicencovaném frekvenčním pásmu, které má název ISM, což je zkratka po Industrial Scientific Medicine. Rozsah pásma Bluetooth je ve většině světa mezi 2.400 - 2.483,5 MHz. V tomto pásmu existuje 79 kanálů, kterými se mohou informace šířit. Technologie se dělí do tří skupin podle maximálního výkonu, kterým může zařízení vysílat signál. Třída 1 s maximálním výkonem 100 mW má dosah až 100 m, zatímco Třída 2, jejíž výkon může dosáhnout hodnoty 2,5 mW a dosahu "pouze" 50 m. Zbývající Třída 3 s dosahem nepřekračujícím 10 m vysílá s výkonem 1 mW. [3]

Při přenosu informací se používá 128-bitový šifrovací klíč. Při spojení dvou zařízení se vygeneruje na každém z nich klíč, který je identický díky PINu na obou zařízeních. Pro každý přenos se dále náhodně zvolí 128 místné číslo (128-bitové) unikátní pro každý přenos, který se nikdy nevysílá. [4]

Přenosová rychlost byla donedávna Achilovou patou technologie Bluetooth. První verze dokázala data přenášet pouze rychlostí 1 Mb/s. Druhá verze přinesla malé zlepšení v podobě 3 Mb/s. Ale až s příchodem verze 3.0 se rychlost vyšplhala na hodnotu 24 Mb/s a verze 4.0 snížila spotřebu energie.



Obrázek 10 - Bluetooth

4.2 Mikrokontrolér

Mikrokontrolér je důležitou součástí robota, a proto bylo důležité vybrat ten správný. Jednotka se v robotu bude používat jako řídicí část, která bude plnit funkci komunikační, řídicí, regulační a částečně i napájecí. Při výběru jednotky jsem sledoval několik kritérií, které byli klíčové. Od začátku bylo jasné, že k jednotce bude potřeba připojit motory, H-můstek a baterie což určovalo počet napájených i nenapájených pinů. Jelikož k jednotce bude připojena baterie, je i důležité, aby podporovala napětí a proud přicházející z baterií. Dalším důležitým faktorem bylo, jakým jazykem budeme jednotku programovat. Po srovnání a otestování několika variant jsem použil Arduino nano.

4.3 Arduino nano

Jednotka pracující hlavně s hardwarem. Navržena pro práci s daty ze senzorů, jejich zpracování a následné odeslání buď do počítače. Dále se hodí k práci s LED a LCD obrazovkami, které jsou k Arduino připojené a naprogramované. Navíc velký počet pinů umožňuje připojení velkého množství příslušenství a tím i větší optimalizaci projektu. Programovacím jazykem je C/C++. Arduino se používá u projektů se zaměřením od hudebních aplikací až po ovládání robotů.

Skládá se ze 14 Digitálních pinů, každý z nich může být použit jako vstup i výstup. Dále zde nalezneme 8 analogových pinů, které slouží pouze jako vstupy. Pro komunikaci s počítačem a pro napájení se používá Mini-B USB. Jeho váha je 5 g a rozměry jsou 45mm x 18mm (d x š).

Operační Flash paměť činí 32 kB, ale z toho 2 kB zabírá bootloader. Operační napětí je 5 V a doporučené výstupní napětí se pohybuje v rozmezí 7-12 V s tím, že limitní výstupní napětí je 6-20 V. Hodiny mají takt 16 MHz. [5]



Obrázek 11 - Arduino nano

4.4 Napájení

Při návrhu baterie se klade důraz hlavně, aby všechny prvky podporovaly napětí i proud. Nesmírně důležitá je taky výdrž. Ta je specifická podle úkolu zařízení. Malá zařízení sebou nebudou "tahat" obrovské zdroje, aby vydrželi několik let, což by jim zbytečně přidávalo na váze, když mohou mít malé baterie, které se dají dobít, nebo vyměnit. Na druhou stranu je nesmysl instalovat malé baterie na velké zařízení s dlouho trvající životností a bez možnosti její výměny, např. vesmírné vozítko Curiosity.

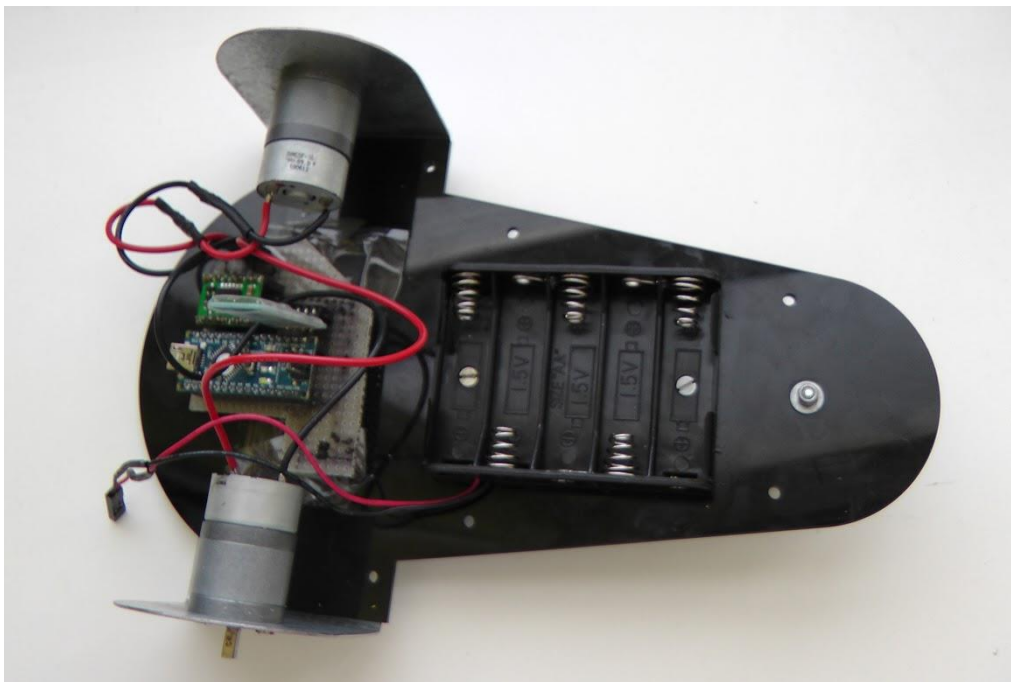
Návrh baterie začal s přečtením několika článků, jak vybrat správný zdroj pro kolového robota. Tyto články byli velice obohacující a musím uznat, že je dobré si udělat dopředu nějaký průzkum. Další na řadu přišli motory. Bylo potřeba zjistit jejich pracovní napětí a proud. S proudem je to složitější, jelikož se mění se zátěží. Při běhu na prázdko mají motory spotřebu

jenom 29 mA, kdežto při maximální zátěži, která se objevuje při rozběhu motorů, spotřebují celých 460 mA. Z tohoto důvodu je vhodné počítat s hodnotou, která se objevuje při běhu motoru nejčastěji. V tomto případě jsem vybral hodnotu 115 mA. Jelikož ale robot používá motory 2 činí tato hodnota 230 mA. Další důležitým faktorem je i napětí, se kterým motory pracují.

Pro zvolené motory činí toto napětí 6V. Po menším prohledávání materiálů jsem zjistil, že tohoto napětí se dá dosáhnout složením 5 tužkových baterií typu AAA s možností dobíjení. [6] Tyto baterie mají i správnou hodnotu mAh, která se pohybuje kolem 750, a tím dokáží bezpečně zásobit motory po celou půl hodinu s dostatečnou rezervou pro příslušenství jako je Bluetooth, Arduino a další, které může být následně přidáno. [7]

4.5 Zapojení

Aby vozítko nemělo příliš mnoho zbytečných drátů, které by překážely, rozhodl jsem se vyrobit malý plošný spoj. Ten mi umožnil vše zapojit na jeden kompaktní kus, se kterým se bude snadno manipulovat a zabudovat do robota. Na jednu destičku jsem umístil Arduino nano, Bluetooth, H-můstek a přípojku pro napájení. Celou tuto destičku jsem umístil do přední části robota.



Obrázek 12 - Zapojení vnitřní elektroniky

5 Závěr

Výsledkem mého projektu je funkční mobilní robot s diferenciálním podvozkem. Je řízený pomocí jakéhokoliv telefonu s Androidem a g-senzorem. Tento robot je schopný překonávat malé nerovnosti, jako je například zámková dlažba. Otestovaný dosah ovládání je 20 metrů v místnosti bez překážek. Během projektu jsem se setkal s mnohými problémy, například problém s otáčením zadního kolečka, prokluzováním, ovládáním... Všechny se mi podařilo zdárně vyřešit a dobrat se konečnému výsledku.

Robota je možné využít při výuce programování a jako příklad praktického robota. Jelikož je celý robot vyrobený modulárně, bude ho možné v budoucnu dále vylepšovat.



Obrázek 13 - Celkový výsledek

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KONFRŠT, Pavel. Všesměrový podvozek robota se servopohony a základní odometrií. Všesměrový podvozek robota se servopohony a základní odometrií [online]. [cit. 2015-04-07]. Dostupné z: https://dspace.upce.cz/bitstream/10195/48625/2/KonfrstP_VsesmerovyPodvozek_PR_2012.pdf
- [2] Kinematický model kolového, smykem řízeného robota. Kinematický model kolového, smykem řízeného robota [online]. [cit. 2015-04-09]. Dostupné z: http://www.atpjournal.sk/buxus/docs/casopisy/atp_plus/plus_2008_1/plus01_05.pdf
- [3] Bluetooth. . [online]. 2015 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.bluetooth.com/Pages/History-of-Bluetooth.aspx>
- [4] [online]. 2007 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <https://dsn.felk.cvut.cz/wiki/media/vyuka/cviceni/x36mti/prezentace2007/dolezr1-doc.pdf>
- [5] Arduino. . [online]. 2015 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardNano>
- [6] Robotshop Blog. . [online]. 15.1.2013 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.robotshop.com/blog/en/how-do-i-choose-a-battery-8-3585>
- [7] Vishu`s Blog. . [online]. 9.2.2012 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.robotshop.com/blog/en/how-do-i-choose-a-battery-8-3585https://vsblogs.wordpress.com/2012/02/09/select-the-right-battery-for-your-robot-dc-motors-part-1-of-2/>

6 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Diferenciální podvozek.....	2
Obrázek 2 - kinematický popis kola.....	3
Obrázek 3 - Neholonomní podvozek s diferenciálním řízením.....	3
Obrázek 4 - Přední kolo.....	5
Obrázek 5 - Držák kol.....	6
Obrázek 6 - Zadní kolo.....	7
Obrázek 7 - Podvozek.....	7
Obrázek 8 - Zadní kryt.....	8
Obrázek 9 - Přední kryt.....	8
Obrázek 10 - Bluetooth.....	9
Obrázek 11 - Arduino nano.....	10
Obrázek 12 - Zapojení vnitřní elektroniky.....	11
Obrázek 13 - Celkový výsledek.....	12