

STREDNÁ PRIEMYSELNÁ ŠKOLA TECHNIKY A DIZAJNU

Mnoheľova 828, 05846 Poprad

Model auta riadený pomocou „Bluetooth“

Stredoškolská odborná činnosť

č. odboru: 09

2021

Poprad

riešitelia:

Martin Gomboš

ročník štúdia: štvrtý

STREDNÁ PRIEMYSELNÁ ŠKOLA TECHNIKY A DIZAJNU

Mnoheľova 828, 05846 Poprad

Ing. Jaroslav Bašista

Model auta riadený pomocou „Bluetooth“

Stredoškolská odborná činnosť

č. odboru: 09

2021

Poprad

riešitelia:

Martin Gomboš

ročník štúdia: štvrtý

školiteľ: Ing. Miroslav Tesar

Čestné vyhlásenie

Vyhlasujem, že celú prácu stredoškolskej odbornej činnosti na tému „Model auta riadený pomocou „Bluetooth““ som vypracoval/a samostatne, s použitím uvedenej literatúry.

Vyhlasujem, že danú prácu som neprihlásil a neprezentoval v žiadnej inej súťaži, ktorá je schválená Ministerstvom školstva, vedy, výskumu a športu SR.

Som si vedomý zákonných dôsledkov, ak v nej uvedené údaje nie sú pravdivé.

Poprad, 15. február 2021

.....

vlastnoručný podpis

Pod'akovanie

Ďakujem svojmu projektovému konzultantovi Ing. Milanovi Hanzelimu za jeho pomoc, cenné rady a vybavenie, ktoré mi poskytol pri realizácii projektu.

OBSAH

Zoznam skratiek a Zoznam obrázkov	6
Úvod.....	7
1 RIADIACI SYSTÉM A KONŠTRUKCIA	8
1.1 Bluetooth	8
1.1.1 História technológie Bluetooth	8
1.1.2 Bluetooth protokoly	9
1.1.3 Párovanie.....	10
2.1 ARDUINO.....	12
2.1.1 História a vznik	13
2.1.2 Arduino IDE.....	13
2.1.3 Arduino shield.....	14
2.2 RC Model	15
2.2.1 Model	15
2.2.2 História RC modelov.....	16
2.2.3 Princíp činnosti a ovládanie	17
2.2.4 Konštrukcia	20
3 Ciele práce	22
4 Materiál a metodika	23
4.1 Tamiya XV-01	23
4.1.1 Konštrukcia a princíp činnosti	23
4.1.2 Diferenciál.....	24
4.2.1 Tretia spojka	24
4.2 Návrh obvodu pre ovládanie modelu.....	26
4.2.1 Výber komponentov.....	26
4.2.2 Schéma zapojenia.....	27
5 Výsledky práce a diskusia.....	28
6 Závery práce	29
7 ZHRNUTIE	30
8 RESUMÉ	31
9 Zoznam použitej literatúry	32
10 Prílohy.....	33

ZOZNAM SKRATIEK A ZOZNAM OBRÁZKOV

RC (model) - (Radio Controlled), Rádiom ovládaný (model)

Li-Po (akumulátor) – Lithium-Polymérový akumulátor

NiMH (akumulátor) - Nikelmetalhydridový akumulátor

KV- (Velocity Constant) - Rýchlostná konštanta

<i>Obrázok 1: Arduino UNO</i>	13
<i>Obrázok 2: Arduino IDE</i>	14
<i>Obrázok 3: Fotografia modelu auta z roku 1971</i>	17
<i>Obrázok 4: Model štvortaktného motora so dvomi valcami</i>	19
<i>Obrázok 5: Jednosmerný motor</i>	20
<i>Obrázok 6: Striedavý motor</i>	20
<i>Obrázok 7: Vákuová forma</i>	21
<i>Obrázok 8: Porovnanie</i>	25

ÚVOD

Pri realizácii tohto projektu sme sa zamerali na problematiku riadenia modelu auta pomocou Arduina prostredníctvom bezdrôtovej technológie Bluetooth. V súčasnosti je bežným spôsobom riadenia modelov áut, lietadiel, lodí atď prostredníctvom rádiových vln pri prevádzkovej frekvencii 2,4GHz FHSS. Tento typ prenosu signálu prináša svoje výhody aj nevýhody. Výhoda spočíva v prenose signálu na veľké vzdialenosti a to až na niekoľko sto metrov. Medzi nevýhody môžeme zaradiť stratu signálu pri presiahnutí vzdialenosti či narušenie prenosu signálu iným signálom rovnakej frekvencie. Ďalšou nevýhodou je nutnosť vlastniť špeciálne diaľkové ovládanie a prijímač, ktorý musí byť vsadený do modelu. Prijímač je zariadenie na zachytenie signálu vysielaného z vysieláča. Pre zjednodušenie tohto systému sme navrhli vymeniť rádiový prenos signálu za technológiu Bluetooth a použitie mobilného telefónu. Výmenou systému riadenia dosiahneme vyššiu bezpečnosť a integritu spojenia. Okrem funkcie chod' a stoj vieme prostredníctvom Bluetooth prenášať aj iné údaje. Bluetooth nám umožňuje získať informácie o stave batérie či zapnúť svetlá atď. Možnosti výmeny rádiového signálu za Bluetooth sú nespočetné. V súčasnosti sa stretávame so širokým využitím Bluetooth. Niektoré automobily vedia pomocou systému GPS a Bluetooth lokalizovať vlastníka automobilu a autonómne zaparkovať k nemu.

1 RIADIACI SYSTÉM A KONŠTRUKCIA

V nasledujúcej časti si opíšeme princíp činnosti a históriu RC modelov, základné funkcie dosky Arduino UNO a v neposlednom rade si vysvetlíme pojmy týkajúce sa technológie Bluetooth.

1.1 Bluetooth

Bluetooth je bezdrôtová technológia, ktorá umožňuje zariadeniam komunikovať, zasilať dáta alebo zvuk, na krátku vzdialenosť. Technológia je určená na nahradenie káblov a súčasne má zabezpečiť vysokú úroveň bezpečnosti. Výhodou technológie Bluetooth oproti dnes už bežnému infračervenému pripojeniu je rýchlejší dátový prenos, väčší dosah aj bez podmienky priamej viditeľnosti, resp. bez dodržiavania relatívne úzkeho vyžarovacieho uhla komunikujúcich zariadení. Odpadajú tak starosti s tým, že sa komunikácia náhodne preruší práve preto, že poloha zariadení sa náhodne zmení. Vyskytuje sa v niekoľkých verziách, poslednou je aktuálne verzia 5.0. Telefón, ktorý má vo výbave Bluetooth, musí byť označený štylizovaným logom „B“ v modrom ovále. Táto technológia umožňuje bezdrôtovo komunikovať s inými zariadeniami – vo verzii 1.1 do vzdialenosti 10 metrov, vo verzii 5.0 do vzdialenosti až 240 metrov.

Ďalšou výhodou je to, že komunikujúce zariadenia netreba zložito konfigurovať.¹ Pred začiatkom komunikácie pomocou protokolu Bluetooth musí jedno zariadenie (tzv. hosť) "požiadať" druhé zariadenie (tzv. hostiteľa) o akceptovanie pripojenia. Oslovené zariadenie - hosť má možnosť túto žiadosť potvrdiť alebo odmietnuť. Po úspešnom nadviazaní spojenia už nič nebráni výmene dát, resp. poskytnutiu služieb. Týmto spôsobom sa vlastne vytvorí miniatúrna sieť (často sa označuje ako pikosieť) medzi hosťom a jedným alebo viacerými hosťami. Takmer všetky zariadenia s technológiou Bluetooth môžu fungovať ako hosť, alebo aj ako hositeľ.²

1.1.1 História technológie Bluetooth

Technológia bola vytvorená v roku 1994 a dostala meno po dánskom kráľovi z 10. storočia, ktorý sa volal Herald Bluetooth. Panovník bol známy tým že sa snažil zjednotiť bojujúce frakcie dánska. Práve to bola počiatková myšlienka tvorcov, aby sa Bluetooth stal komunikačným prostredníkom medzi technológiami v rôznych

¹ mreferaty.aktuality.sk/historia-bezdrotovej-technologie-bluetooth/referat-2

² 10najs.sk/co-je-to-bluetooth/

odvetviach priemyslu(napr. počítače, mobily a autonómne zariadenia). Táto technológia mala nahradiť infračervený prenos dát, v dosahu pokrývajúcom minimálne jednu celú miestnosť tak, že komunikujúce zariadenia nemusia na seba "vidieť". Prvé prototypy zariadení s Bluetooth prišli na trh v roku 1998. Za skutočný masový nástup tejto technológie možno považovať až rok 2002.³

1.1.2 Bluetooth protokoly

Bluetooth označujeme slovom štandard, ale môže byť uvádzaný aj ako protokol. Protokoly sú akési súbory pravidiel pre vzájomnú komunikáciu zariadení. Sám protokol Bluetooth obsahuje rad takých, v úvodzovkách menších protokolov. Pod skratkou LMP napríklad Bluetooth skrýva protokol pre správu rádiového spojenia, L2CAP zaisťuje prenos a tok dát, o prenos a ovládanie videa či zvuku sa starajú protokoly ACD TP alebo AVD TP a súčasťou celého riešenia je aj rad ďalších. Aby mohol Bluetooth fungovať v takej šírke aktivít, v akých sa s úspechom využíva, nesmieme zabudnúť ani na tzv. Bluetooth profily. Profil je iný pre každú činnosť. V podstate ide o súhrn inštrukcií, na ktorých základe dvojica prepojených zariadení komunikuje. Profilov existuje veľké množstvo – v tejto chvíli je ich 36 a rozhodne to neznamená, že by to bol konečný počet – pričom nie každý sa musí nutne nachádzať v každom zariadení. Poďme si predstaviť aspoň časť z nich.

- A2DP** (Advanced Audio Distribution Profile) – umožňuje prenos hudby/zvuku v stereo kvalite.

- AVRCP** (Audio/Video Remote Control Profile) – pridáva možnosti, ktoré využijete napríklad pri bezdrôtových slúchadlách. Umožňuje totiž ovládať reprodukciu audia na pripojenom zariadení – hlasitosť, posun medzi skladbami atď.

- BPP** (Basic Printing Profile) – tento profil slúži na komunikáciu s tlačiarňou.

- DID** (Device ID Profile) – slúži na identifikáciu pripojeného zariadenia.

- HFP** (Hands-Free Profile) – názov je celkom vypovedajúci. Vďaka tomuto profilu pripojíte telefón k hands-free sade. Jeho súčasťou sú aj možnosti vzdialeného ovládania telefónu, napr. príjem alebo polozenie hovoru.

- SYNCH** (Synchronisation Profile) – umožní synchronizáciu zariadenia čo sa týka času, dátumu, kontaktov atď.

³ 10najs.sk/co-je-to-bluetooth/

- **VDP** (Video Distribution Profile) – prenos streamovaného videa

- **Adoptované protokoly**

Medzi Bluetooth protokoly patria aj adoptované štandardy, ktoré sú definované inými organizáciami. Tak je umožnené ich využitie v rámci Bluetooth protokolov len v prípade, že je to nutné. Adoptované protokoly zahŕňajú:

- **Poin-to-Point protokol (PPP)**

Štandardný internetový protokol PPP pre prenos IP datagramov cez spojenie Point-to-Point

- **TCP / IP / UDP**

Základné protokoly pre sadu protokolov TCP /IP.

- **Objektovo výmenný protokol (OBEX)**

Relačná vrstva protokolu na výmenu objektov. Poskytuje model na reprezentáciu objektov a operácií.

- **Bezdrôtové aplikačné prostredie, Bezdrôtový aplikačný protokol (WAE / WAP)**

WAE špecifikuje aplikačné rámcové pre bezdrôtové zariadenia. WAP je otvorený štandard poskytujúci mobilným užívateľom prístup k telefónnym a informačným službám.⁴

1.1.3 Párovanie

Mnohé z ponúkaných služieb Bluetooth zverejňujú súkromné dáta, alebo ovládajú pripojené Bluetooth zariadenie. Z bezpečnostných dôvodov je nutné, aby bolo schopné rozpoznať konkrétne zariadenie a umožniť tak kontrolu nad zariadením, ktoré sa môže pripojiť k danému Bluetooth. Zároveň je vhodné, aby Bluetooth zariadenie bolo schopné nadviazať spojenie bez zásahu užívateľa (napríklad hneď ako je v dosahu Bluetooth). Na vyriešenie tohto problému využíva Bluetooth, proces nazývaný "Párovanie". Proces párovania sa spustí buď na osobitnú žiadosť od užívateľa vytvárajúceho spojenie (napr.: užívateľ výslovne požiadala o pridanie Bluetooth zariadenia), alebo je automaticky spustený pri prvom pripojení k službe, kde je z bezpečnostných dôvodov potrebná prvá identifikácia zariadenia. Túto akciu používateľ musí potvrdiť a zároveň musí zadať PIN kód, ktorý povie (alebo je známy) druhej strane. Vyzývateľ spojenia zadá tento PIN kód a pokiaľ sa zhodujú tak si zariadenia

⁴ sk.wikipedia.org/wiki/bluetooth#špecifikácie

vymenia verejné kľúče zašifrované týmto PIN kódom a všetka ďalšia komunikácia medzi nimi už je bez overovania. Nebezpečenstvo tejto metódy je, že mnoho zariadení (hlavne tie bez klávesnice) majú napevno zadaný PIN kód v tvare '0000' alebo '1234' čo je veľmi ľahké uhádnuť a potom aj dešifrovať zachytenú komunikáciu. Tieto dve prepojenia sú označované ako jednúčelové a všeobecné spojenie. Párovanie často zahŕňa určitú spoluprácu s užívateľom, základom spolupráce je potvrdenie totožnosti zariadenia. Po úspešnom párovaní je vytvorené spojenie medzi dvoma zariadeniami. Tieto dve zariadenia je možné v budúcnosti prepojiť bez nutnosti nového párovacieho procesu, bez potvrdzovania identity týchto zariadení. V prípade potreby môže byť užívateľom automatický párovací proces odstránený.⁵

⁵ sk.wikipedia.org/wiki/bluetooth#špecifikácie

2.1 ARDUINO

Arduino je otvorená platforma s grafickým vývojovým prostredím, ktoré vychádza z prostredia Wiring (podobný projekt ako Arduino, teda doska s mikrokontrolérom a IDE) a Processing (prostredie pre výučbu programovania). Svojim návrhom sa snaží podporiť výučbu informatiky v školách a oboznámiť študentov s tým, ako sú pomocou počítačov riadené rôzne zariadenia (napr. mikrovlnná rúra, automatická práčka a iné stroje).

Na rozdiel od Raspberry Pi nie je Arduino zamýšľané ako plnohodnotný stolný počítač. Riadiaci program je vyvíjaný zvlášť (na stolnom počítači) a do Arduina je potom nahraný a spustený. Vo vnútri Arduina je potom spustený len tento program, ktorý typicky obsahuje slučku, ktorá sa neustále opakuje (Arduino neustále zisťuje stav svojho okolia a na zmeny reaguje). Vďaka tomu má nízku spotrebu (je možné napájanie malou batériou) a hodí sa napríklad pre riadenie dronov, robotov a podobne.

Každá doska má väčšinu I/O pinov prístupných cez štandardizované päťice, do ktorých sa jednoducho pripájajú ďalšie obvody, ktorým sa vo svete Arduino hovorí SHIELD. Na doskách býva niekoľko diód, resetovacie tlačidlo, konektory pre ICSP programovanie, napájací konektor, oscilátor a obvod sprostredkujúci komunikáciu po USB. Základná verzia Arduina (Arduino UNO), poskytuje celkom 14 I/O digitálnych pinov a 6 pinov analógových. Šesť digitálnych pinov je tiež možné použiť na softvérovo riadený PWM výstup.

Hlavný mikrokontrolér, ktorý je užívateľsky programovateľný, už má bootloader (kód, ktorý sa po spustení postará o základné nastavenia mikrokontroléru, ako sú interné časovače, nastavenie rozhrania USART a ďalšie) a nastavenie potrebných fuses bajtov (tými sa nízkoúrovňovo nastavujú niektoré vlastnosti čipu). Vďaka tomu sa používateľ nemusí starať o detaily a svoje programy píše v jazyku podobnom C / C ++.⁶

⁶ alza.sk/arduino-uno-rev3-d569244.htm



Obrázok 1: Arduino UNO

2.1.1 História a vznik

Projekt vznikol v roku 2005 v Taliansku v meste Ivrea. Jeho cieľom bolo vytvoriť jednoduchú prototypovaciu platformu pre študentov, ktorá umožní rýchly vývoj a jednoduché používanie. Projekt zaznamenal veľký úspech a neskôr začali vznikať jeho ďalšie, novšie verzie. Do februára 2010 sa údajne predalo viac ako 120 tisíc kusov.

Zakladatelia Massimo Banzi a David Cuartielles pomenovali projekt po Arduinovi Ivrejskom, významnej historickej postave mesta. Projekt Arduino získal ocenenie v kategórii digitálnych komunit na Prix Ars Electronica 2006. V roku 2010 vyšla, zatiaľ posledná, verzia Arduino dosky s označením Uno, ktorá nahradila svojho predchodcu Duemilanove. Od roku 2012 sú v predaji dosky Due (s procesorom ARM) a Leonardo a tiež nová revízia Una R3.

Programová časť Arduina bola založená na „Processing“, čo je programovací jazyk s vlastným editorom, určený k výuke programovaniu. V dnešnej dobe sa predalo niekoľko stotisíc dosiek Arduino. Dôkazom, že sa tejto platforme stále darí je aj nedávne ohlásenie vývoja novej a výkonnej dosky Arduino Galileo, ktorá vzniká v spolupráci s firmou Intel. Za osem rokov vývoja vzniklo veľa rôznych typov Arduina. Keďže sa jedná o open-source projekt, vznikalo spoločne s hlavnou líniou projektu veľa ďalších, neoficiálnych typov, tzv. klonov.

2.1.2 Arduino IDE

Arduino IDE je opensource vývojové prostredie naprogramované špeciálne pre Arduino dosky. Programovací jazyk, v ktorom prebieha programovanie Arduina, sa volá Wiring. Lepšie povedané vychádza z jazyka Wiring, ale rozdiely sú minimálne. Podľa autorov ide o jazyk podobný C++, no v skutočnosti je to akýsi Metajazyk či vylepšená sada makier nad C++. Wiring pôvodne vznikol pre vývojový kit podobný

Arduinu a vychádza z ďalšieho open source projektu, ktorý sa volá Processing. Môžete si všimnúť určitej podobnosti v logu Arduino a Processing.

Vývoj a návrh sledoval maximálnu jednoduchosť a zrozumiteľnosť pre programátora, ktorý s programovaním Arduina začína. Syntakticky možno použiť všetky návyky, čo máme z C jazykov. Všetky tie zložené zátvorky, bodkočiarky, definície funkcií a premenných, poznámky, bloky aj riadiace konštrukcie budú povedomé každému, kto kedy prešiel okolo C.



Obrázok 2: Arduino IDE

2.1.3 Arduino shield

Arduino shield je doska, ktorá zahŕňa rozšírené možnosti pre základnú dosku arduino. Ak táto základná doska nedisponuje potrebnými rozšírenými možnosťami môže byť doplnená o shield s požadovanými vlastnosťami. Tak ako to je aj pri Arduino dosiek, aj pri shield dosiek je možné vybrať si zo širokej ponuky výberu. Z tých oficiálnych poznáme Ethernet Shield, Wifi Shield, Motor Shield atď. Implementácia na základnú dosku je veľmi jednoduchá no musíme dbať na ich vzájomnú kompatibilitu.

1. Ethernet Shield

Ethernet Shield umožňuje pripojiť Arduino k internetu. Pre správny chod dosky je potrebné ju pripojiť ku Arduino a potom pripojenie k sieti.

2. Relé Shield

Relé Shield je modul so 4 mechanickými relé, ktorý poskytuje ľahký spôsob ovládania vysokého napätia.

3. Motor Shield

Tento Shield umožňuje ľahkú kontrolu smeru a rýchlosti motora. Uľahčuje začlenenie motora do niektorého z vašich projektov.

4. Wi-fi Shield

Wi-Fi Shield je kompatibilný s Arduino pre WiFi SoC ESP8266 - poprednú platformu pre projekty s využitím internetu alebo Wi-Fi.

5. Bluetooth Shield

Obsahuje ľahko použiteľný modul Bluetooth SPP (Serial Port Protocol), navrhnutý pre transparentné nastavenie bezdrôtového sériového pripojenia.

6. RFID Shield

Tento Shield je ideálny pre akúkoľvek aplikáciu RFID alebo NFC s frekvenciou 13,56 MHz. Dokáže čítať a zapisovať značky, takže je ideálne ju používať pre projekty s označením RFID.

7. Micro SD Shield

Karta micro SD Shield vybaví Arduino schopnosťou veľkokapacitného úložiska, takže je možné ho použiť na zaznamenávanie údajov alebo iné súvisiace projekty.

8. Gameduino Shield

Tento Shield je herný adaptér pre Arduino alebo čokoľvek s rozhraním SPI. Má piny pre VGA monitor a stereo reproduktory.

2.2 RC Model

Pre ukážku využitia systému Bluetooth, sme sa rozhodli využiť RC model automobilu. Jeho dostupnosť a charakter nám umožňuje pomerne ľahkú implementáciu technológie Bluetooth za pomoci Arduina.

2.2.1 Model

Model môžeme definovať ako trojrozmerný objekt, ktorý sa svojím vzhľadom alebo vlastnosťami podobá na svoju predlohu životnej veľkosti. Veľkosť modelov určuje mierka. Mierka je norma, ktorá udáva rozmery modelu a jeho zmenšenie v porovnaní s jeho skutočnou predlohou. Jedná sa teda o pomer medzi veľkosťou predlohy a modelu.

Rádiom ovládaný model, alebo RC model (z anglického Radio Controlled model) je zariadenie, ktoré je ovládané na diaľku s využitím rádiových vln s frekvenciou okolo 2,4 GHz. Ovládanie pomocou rádiových vln sa používa u všetkých typoch modelov a hračiek, ako napr. RC automobil, RC lietadlo, RC helikoptéra, RC loď, RC ponorka, alebo RC vlak. Existuje tisíce RC modelov. Dajú sa rozdeliť do dvoch hlavných skupín: Hračky pre deti a profesionálne hobby RC modely. Hlavný rozdiel medzi nimi je modularita komponentov hobby RC modelov. Hračkárske RC modely na rozdiel od

hobby RC modelov majú zvyčajne zjednodušený prijímač vrátane serva na jednej doske plošného spoja.

Typy modelov:

- **RC lietadla**
- **RC Tanky**
- **RC Autá**
- **RC Vrtuľníky**
- **RC Lode**
- **RC Ponorky**
- **RC Bojové roboty**

2.2.2 História RC modelov

Ako prvý dokázal pomocou rádiových vln ovládať loď Nikola Tesla v roku 1898. Počas druhej svetovej vojny výrazným spôsobom vzrástol vývoj technológie diaľkového ovládania pomocou rádia. V tridsiatych rokoch 20. storočia bratia Bill a Walt Goodovi zkonštruovali prvé lietadlo na zábavu ovládané rádiovými vlnami s využitím vákuových elektrónok.

Do polovice roku 1966 bol k dispozícii prvý model automobilu, Ferrari 250LM, 1:12, od talianskej spoločnosti El-Gi. RC Automobily bolo v tomto období možné vyrábať iba vďaka vývoju „proporcionálneho“ rádiového ovládania. Predtým boli všetky rádiá na princípe s ovládaním buď vľavo, v strede alebo vpravo a systém jazdy bol buď „stoj“ alebo „chod“. To bolo použiteľné pre lietadlá alebo člny, ale nie pre autá.

V druhej polovici 60. rokov začala britská spoločnosť Mardave vyrábať komerčne dostupné RC autá. Ich prvé autá boli autá na nitro alebo benzínový pohon predávané na začiatku 70. rokov. Väčšina z týchto spoločností začínala ako spoločnosti pôsobiace v oblasti automatov a s klesajúcou popularitou tohto žánru sa presunula do oblasti RC modelov.

Podobne na tom bola aj dnes už svetoznáma japonská firma s názvom Tamiya. Firmu založil v roku 1946 Yoshio Tamiya so sídlom v japonskom meste Shizuoka. Prvotné zameranie bolo spracovanie dreva. Pre vysokú dostupnosť dreva vyrábala divízia okrem stavebného reziva a výrobkov z dreva aj zmenšené lodí a lietadiel. V roku 1953 sa rozhodli zastaviť predaj architektonického reziva a zamerali sa výlučne na

výrobu modelov. V roku 1968 sa Tamiya stala prvým japonským výrobcom modelov, ktorý vystavoval na norimberskom veľtrhu hračiek v Nemecku.



Obrázok 3: Fotografia modelu auta z roku 1971

Prelom v modelárskom priemysle nastal v roku 1976 keď uviedla firma Tamiya sériu elegantných a veľmi podrobných, ale mechanicky jednoduchých elektrických cestných automobilov, ktoré sa predávali ako „vhodné na diaľkové ovládanie“. Spoločnosť Tamiya uviedla na trh elektricky poháňaný RC Porsche 934 Turbo v mierke 1/12, ktorý spustil rozmáhajúcu sa popularitu vozidiel s rádiovým ovládaním. Tamiya čoskoro začala vyrábať viac účelové diaľkovo ovládané modely automobilov a ako prvá uviedla na trh terénne buginy so skutočnými systémami odpruženia. Práve tento postup smerom k triede offroad priniesol veľkú časť obľúbenosti tohto koníčka, pretože to znamenalo, že rádiovým riadené automobily už neboli obmedzené iba na hladký povrch, ale bolo možné s nimi jazdiť prakticky kdekoľvek. Vyrábali tiež nákladné vozidlá, ako napríklad Toyota HiLux Pickup, ktoré obsahovali realistické trojstupňové prevodovky a systémy pruženia pomocou listových pružín. Všetky tieto modely boli realistické, odolné, ľahko sa montovali, dali sa upravovať a dali sa ľahko opraviť. Boli tak populárne, že sa im dalo pripísať spustenie rozmachu rádiovým riadených modelov automobilov na začiatku a v polovici 80. rokov, a boli základom pre dnešný trh s rádiovým riadenými automobilmi.

Britská firma Schumacher Racing ako prvá vyvinula v roku 1980 nastaviteľný guľový diferenciál, ktorý umožňoval takmer nekonečné ladenie pre rôzne podmienky na trati. V tom čase mala väčšina cestných automobilov pevnú nápravu, zatiaľ čo terénne autá mali spravidla prevodový diferenciál.

2.2.3 Princíp činnosti a ovládanie

Rádiovým ovládané modely áut používajú pre svoju prevádzku základnú sadu komponentov. Všetky RC modely áut pre svoj chod vyžadujú vysielateľ, ktorý vysielá

rádiové vlny s frekvenciou 2,4GHz a prijímač, ktorý je umiestnený vo vnútri vozidla. Prijímač mení rádiový signál vysielaný z vysielča na vhodné elektrické riadiace signály pre ostatné komponenty riadiaceho systému. Väčšina rádiových systémov využíva amplitúdovú moduláciu rádiového signálu a kóduje riadiace polohy pulznou šírkovou moduláciou. K dispozícii sú inovované rádiové systémy, ktoré využívajú robustnejšiu frekvenčnú moduláciu a pulznú kódovú moduláciu. Nedávno sa však frekvenčné rádiá 2,4 GHz stali štandardom pre hobby RC automobily. Rádio je pripojené buď k elektronickému ovládaču rýchlosti, alebo k servomechanizmom (v bežnom použití skrátene na „servo“), ktoré vykonávajú činnosti, ako napríklad riadenie škrtiacej klapky, brzdenie, riadenie a na niektorých automobiloch aj pri zaradení prevodového stupňa dopredu alebo dozadu. Elektronické ovládače rýchlosti a serva sú ovládané prijímačom pomocou pulznej šírkovej modulácie; trvanie impulzu nastavuje buď množstvo prúdu, ktoré umožňuje elektronické riadenie rýchlosti prúdiť do elektromotora, alebo nastavuje uhol serva. U takýchto modelov je servo pripevnené k mechanizmu riadenia; rotácia serva sa mechanicky zmení na silu, ktorá riadi kolesá na modeli, zvyčajne prostredníctvom nastaviteľných tyčí riadenia. Takzvaný „Servo saver“ (v preklade poistenie serva) je integrovaný do všetkých tyčí riadenia a niektorých tyčí škrtiacej klapky pre nitro motory. Poistka serva je flexibilné prepojenie medzi servomotorom a jeho prepojením, ktoré chráni vnútorné ozubené koleso serva pred poškodením pri nárazoch alebo namáhaní.

Podľa princípu pohonu môžeme rozdeliť modely áut na dve skupiny:

- 1) Modely áut poháňané spaľovacím motorom
- 2) Modely áut poháňané elektrickým motorom

Modely so spaľovacím motorom môžeme ďalej rozdeliť na dve podskupiny:

- Modely s benzínovým motorom – Vyznačujú sa veľkosťou, náročnosťou na údržbu a vyššou cenou oproti elektrickým motorom. Palivové motory umožňujú modelom dosiahnuť veľkú rýchlosť vozidla. Maximálny výkon sa zvyčajne dosahuje pri strednej až vysokej rýchlosti a vzhľadom na spojku a nedostatok krútiaceho momentu možno očakávať mierne pomalšiu odozvu na plyn ako pri elektricky poháňaných vozidlách.

- Modely s nitro motorom - Veľkosti palivových motorov sa najčastejšie pohybujú medzi 2,0–5,7 cm³. Modely s nitrometánovým pohonom využívajú

jediné servo na reguláciu plynu a brzdenia; rotácia serva v jednom smere spôsobí otvorenie škrtiacej klapky na karburátore, čo poskytne viac zmesi vzduchu a paliva pre spaľovací motor. Otáčanie serva v opačnom smere spôsobuje pôsobenie krútiaceho momentu na spojku a vačku, čo spôsobuje trenie s brzdovým materiálom. Nitro motory sú chladené čiastočne vzduchom, iné zmiešavaním oleja s palivom a môžu byť prevádzkované nepretržite bez potreby prestávok na ochladenie za predpokladu, že sú správne naladené.



Obrázok 4: Model štvortaktného motora so dvomi valcami

Elektromotory

Elektromotory účinne vytvárajú okamžitý krútiaci moment, zatiaľ čo nitromotory, ale aj napríklad benzínové motory veľkých rozmerov, potrebujú čas na to, aby sa motor zaradil do chodu a aby zabrala spojka. Modely s elektrickým pohonom využívajú mechanické alebo elektronické jednotky na reguláciu rýchlosti na nastavenie množstva energie dodávanej do elektromotora. Dodaný výkon je úmerný stlačeniu škrtiacej klapky vyvolanej vysielateľom - čím viac stlačíte spúšť, tým rýchlejšie auto ide. Elektronické regulátory otáčok používajú na reguláciu pracovného cyklu polovodičové komponenty na reguláciu výkonu dodávaného do elektromotora. Väčšina elektronických regulátorov otáčok môže navyše používať elektromotor ako magnetickú brzdu, ktorá ponúka lepšie riadenie modelu, ako je možné pri mechanickom ovládaní rýchlosti.

Väčšina RC áut s elektrickým pohonom donedávna vyžívala jednosmerné uhlíkové motory. V dnešnej dobe sa dostala do popredia alternatíva tohto motora, ktorá sa vyznačuje vyšším výkonom a menšou náročnosťou na údržbu. Striedavé motory alebo aj asynchrónne motory pracujú na striedavý prúd. Tok energie medzi hlavnými

časťami motora (stator a rotor) je realizovaný výhradne pomocou elektrickej indukcie, preto sa často tento motor označuje ako motor indukčný. Ich chod je udávaný buď v relatívnych otáčkach, alebo Kv. Číslo Kv vypočítame pomocou vzorca (počet otáčok/napätie) a udáva, koľko otáčok bude motor mať na volt. Efektívnosť systému však závisí od kvality použitých batérií, vodičov a konektorov prenášajúcich energiu.



Obrázok 5: Jednosmerný motor



Obrázok 6: Striedavý motor

2.2.4 Konštrukcia

Ako už bolo spomenuté, model má byť čo najvernejší svojej predlohe. Táto myšlienka neplatí len po estetickej stránke. Okrem vzhľadu by mal model čo najpresnejšie napodobiť konštrukciu, funkcie ale aj jazdné vlastnosti svojej predlohy životnej veľkosti. Poznáme široké spektrum typov vozidiel, ktorých vyhotovenie je dané podľa účelu jeho využitia alebo prostredia, v ktorom bude automobil využívaný. Rovnako to je aj s RC modelmi áut. Podľa ich vyhotovenia a účelu delíme na (cestné autá, expedičné, drift, formule, buggy, rally autá, kamióny, stavebnú techniku, tanky atď.). Tak ako skutočné auto, aj model sa skladá z karosérie a podvozku.

Karoséria

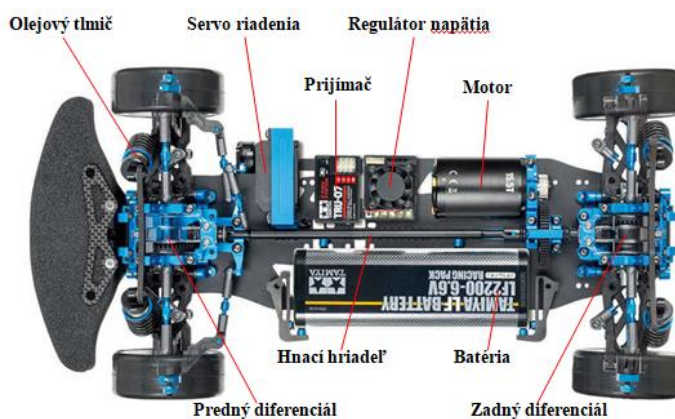
Karoséria môže byť plastová alebo z lexanu. Lexanová karoséria sa vyrába pomocou vákuovej formy, na ktorú sa položí nahriata lexanová tabuľa. Po zatvrdnutí sa karoséria vyberie z formy a je pripravená na ďalšiu manipuláciu. Lexanové karosérie sa vyznačujú svojou ľahkou váhou a dobrými vlastnosťami voči nárazom. Dajú sa kúpiť ako vopred nastriekané alebo aj ako číre s možnosťou vlastného výberu dizajnu karosérie.



Obrázok 7: Vákuová forma

Podvozok

Väčšina podvozkov RC modelov áut je konštrukčne riešená podobne ako podvozky áut životnej veľkosti. Ako už bolo spomenuté, autá sa konštrukciou líšia a to najmä vďaka podmienkam, pre ktoré sú určené. Závodný špeciál musí vyhotovením podvozku spĺňať podmienky pre rýchlu jazdu avšak model určený na expedíciu je konštrukčne zhotovený tak, aby čo najefektívnejšie prekonával prekážky. Podvozky RC modelov áut sú vyrábané z tvrdeného plastu, karbónového vlákna alebo hliníku. Niektoré RC modely disponujú 3-stupňovou prevodovkou alebo aj trecou spojku voči hnacím silám, ktoré môžu poškodiť ozubenie.



3 CIELE PRÁCE

Hlavným cieľom práce je zhotoviť funkčný model auta v mierke 1/10 ovládaný prostredníctvom Bluetooth pomocou dosky Arduino UNO.

Vedľajšími cieľmi práce, ktoré sú potrebné pre finálne zhotovenie modelu, bolo preštudovanie potrebnej literatúry z oblasti technológie Bluetooth a programovania Arduina. Naším ďalším cieľom bol návrh pre skompletizovanie elektrického obvodu pre riadenie modelu. Posledným cieľom pre funkčný model, predstavoval nami navrhnutý program.

4 MATERIÁL A METODIKA

Pri vyhotovení RC modelu je potrebné využiť naše technické znalosti, vedomosti z elektrotechniky a preštudovať potrebnú literatúru. Keďže riadiacu časť modelu bude tvoriť doska Arduino UNO, bude potrebný návrh a implementácia tohto obvodu do modelu a nahradiť tak pôvodný systém riadenia. Práca s Arduino si vyžaduje schopnosti v programe Arduino IDE, kde následne zhotovíme program pre riadenie RC modelu. Dôvodom nášho rozhodnutia pre zámenu systému riadenia modelu rádiovými vlnami za bezdrôtový systém Bluetooth bolo, že po pripojení mobilného zariadenia k modelu, sme získali bezpečné spojenie bez hrozby narušenia signálu s rovnakou alebo podobnou frekvenciou. Pri rádiom ovládaných modeloch je toto narušenie signálu nežiadúce pretože v takom prípade môže dôjsť ku kolíziám. Riešenie tohto problému poskytuje takzvaná pikosieť, ktorá vzniká po pripojení dvoch zariadení so systémom Bluetooth.

4.1 Tamiya XV-01

Pre tento projekt sme sa rozhodli zakúpiť model od známej japonskej firmy s názvom Tamiya. Jedná sa o model auta v mierke 1:10 s názvom Tamiya XV-01. Tento model sme si vybrali pre jeho konštrukčné a jazdné vlastnosti. Model sa predáva ako stavebnica s jednosmerným motorom bez elektroniky. Pre kompletne funkčné zhotovenie modelu auta bolo potrebné dokúpiť LiPo batériu, regulátor napätia, servo riadenia a vysielачku s prijímačom. V tejto práci sme však regulátor ani vysielачku nepoužili.

4.1.1 Konštrukcia a princíp činnosti

Prevedenie podvozku modelu auta umožňuje jazdu aj po nerovnom teréne čo ho zahŕňa do kategórie „rally“. Model Tamiya XV-01 disponuje pohonom všetkých štyroch kolies. Pohon všetkých štyroch kolies umožňuje motor spolu s remeňom. Motor je osadený v prednej časti podvozku. Pre lepšie jazdné vlastnosti má model predný a zadný planetový diferenciál, olejové tlmiče, tyčky stabilizátora, treciu spojku, ktorá zabraňuje poškodeniu komponentov pri veľkých krútiacich silách. Výhodou tohto modelu je práve pozícia motora, kde pridaná váha v prednej časti podvozku taktiež veľmi zlepšuje jazdné vlastnosti. Stavebnica obsahuje komponenty vyrobené z tvrdeného plastu so skleným vláknom. Výrobca však ponúka aj rôzne vylepšenia modelu a množstvo náhradných dielov z pevnejších materiálov ako je napríklad

uhlíkové vlákno, oceľ, hliník, dural alebo titán. Ďalšou výhodou tohto modelu je jeho prachu a vode odolné prevedenie. Súčasťou modelu je aj číra lexanová karoséria.

4.1.2 Diferenciál

Prvým krokom k vyhotoveniu modelu auta bolo zostaviť predný a zadný planetový diferenciál. Pri samotnej realizácii sme sa snažili využiť poznatky z danej literatúry a riadili sme sa podľa manuálu. Pri zadnom diferenciáli sme sa rozhodli požiť silikónový olej s redšou viskozitou pre ľahší prejazd zákrutou a v prednom diferenciáli sme použili silikónový olej s hustejšou viskozitou. Pre efektívnosť a dlhšiu životnosť diferenciálu sme sa rozhodli nahradiť originálne plastové ozubenie. Zakúpili sme oceľové, kužeľové ozubenie, ktoré je výrobcom udávané, ako kompatibilné s týmto diferenciálom. Spolu s ozubením sme nahradili aj plastový kryt samotného diferenciálu. Výmenou tohto krytu za hliníkový sme docielili vyššiu pevnosť a odolnosť voči namáhaniu.

4.2.1 Trecia spojka

Ďalším krokom bola implementácia trecej spojky do hnacej časti podvozku. Trecia spojka sa však nenachádza v balení spolu s modelom auta a preto sme ju kúpili zvlášť. Jej funkcia spočíva v premene krútiaceho momentu na treciu silu. Tento mechanizmus zabraňuje mechanickému poškodeniu ostatných komponentov, na ktoré pôsobia sily krútiaceho momentu vyvolané hnacími silami motora. Vďaka tejto funkcii sa značne zníži opotrebenie na poloosy, remeň a remenice. Efektívnosť trecej spojky priamo závisí od jej správneho nastavenia. Nastavenie trecej spojky je zabezpečené prostredníctvom matice, pohybujúcej sa po závite a pružiny, ktorá vyvíja tlak na kotúč trecej spojky.

4.1.4 Podvozok

Pre stavbu podvozku sme sa rozhodli zakúpiť viacero kompatibilných dielov odporúčané výrobcom. Tieto vylepšené diely sme následne s postupovaním podľa manuálu použili pri realizácii podvozku. Medzi tieto komponenty patria napr.: guľôčkové ložiská, hliníkové ramená, hliníkové náboje kolies, tyčky stabilizátora, dvojkľbové poloosy, hliníkové remenice, karbónové držiaky pre tlmiče a motor, titánové skrutky a pastorky. Originálne guľôčkové ložiská sme zamenili za ložiská s gumovým tesniacim krúžkom, pre zamedzenie prachu a nečistôt. Väčšinu pôvodných súčiastok zhotovených z plastu, (napr.: upevnenie ramien, ramená, náboje kolies, remenice) sme

nahradili súčiastkami z hliníku. Dôvodom bolo zabezpečenie väčšej pevnosti a odolnosti podvozku voči nárazom. Za rovnakým účelom sme vymenili aj držiak motora a upevnenie predných a zadných tlmičov.

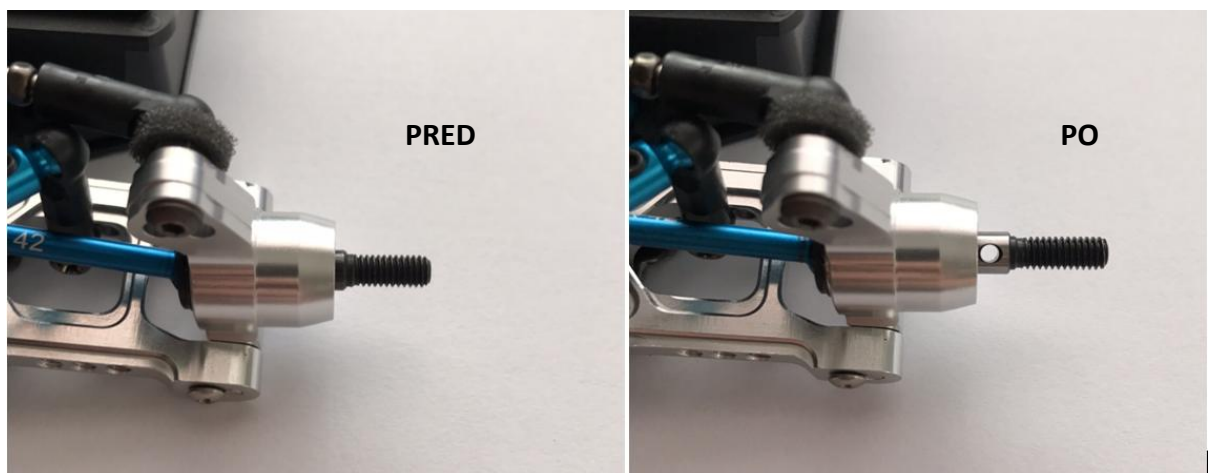
Pre potrebnú pozíciu držiaku sme museli časť z neho skrátiť a následne osadiť na podvozok. Skrátenie tejto súčiastky sa ukázalo ako výhodný krok a umožnilo nám ľahší prístup k nastaveniu trecej spojky.

Poloosy tvoria podstatnú časť pri prenášaní krútiaceho momentu prenášaného z hnacej jednotky na kolesá. Nevýhodou sú sily krútiaceho momentu, ktoré na ne pôsobia a ovplyvňujú tak ich životnosť. Riešením tohto problému bolo implementovanie dvojkĺbových poloosí, ktorým sme zabezpečili väčší uhol a zamedzili sme vibrácie pri rotácii samotnej poloosy. Dôsledkom toho sme docielili dlhšiu životnosť poloosí.

Pri implementovaní poloosy sme narazili na konštrukčný problém krátkeho náboja kolesa, ktorý nám neumožňoval pokračovať v realizácii podvozku. Táto konštrukčná chyba spočíva v tom, že nemáme prístup ku diere určenú pre poistný kolík. Problém sme vyriešili použitím náboja z náhradnej poloosy.

1. Poloos s dĺžkou 39mm
2. Poloos s dĺžkou 42mm
3. Poloos s dĺžkou 45mm

Po poskladaní poloosy sme sa rozhodli ju vsadiť do podvozku a otestovať jej funkčnosť a kompatibilitu s ostatnými komponentmi. Výsledok riešenia tohto problému bol úspešný.



Obrázok 8: Porovnanie

4.2 Návrh obvodu pre ovládanie modelu

Pre návrh obvodu, ktorý má nahradiť pôvodný systém ovládania sme sa rozhodli pre využitie Arduina. Rozhodli sme sa tak pretože Arduino je ľahko dostupný a pre našu prácu postačujúci. Ďalším krokom bude oboznámiť sa s programovým prostredím Arduino IDE. Pre funkčný chod obvodu je potrebné zakúpiť Arduino UNO, motor shield a bluetooth modul, ktorý bude prijímať signály vysielané z mobilu.

4.2.1 Výber komponentov

Nasledovným krokom bol výber komponentov. Pri samotnom výbere sme museli dbať na funkcie jednotlivých komponentov a ich vzájomnú kompatibilitu.

Prvým komponentom bola doska Arduino UNO s mikrokontrolérom AVR Atmega328. Samotná doska obsahuje 14 digitálnych vstupov/výstupov a 6 analógových. Ďalej konektor na pripojenie externého napájania a resetovacie tlačidlo. Výhodou zariadenia Arduino je jednoduché pripojenie k počítaču a programovanie. Arduino je vybavené micro USB konektorom a po pripojení k PC sa hlási ako sériový port. Jeho funkcie nám bohato postačia pre náš projekt.

Ako druhý komponent sme sa rozhodli pre Motor shield L298P. Jedná sa o nadstavbu, kompatibilnú s doskou Arduino UNO, ktorá umožňuje riadiť až 2 DC motory s výstupom 2A alebo jeden krokový motor. Na samotnom shielde je okrem motor driver čipu zabudovaných aj niekoľko ďalších soкетов pre periférie ako napríklad bluetooth modul HC-05 alebo servo motorček. Hodnota napájania motorov je 4.8 – 24V.

Pre pripojenie modelu a mobilného telefónu sme vybrali prostredníctvom rozhrania bluetooth sme vybrali Bluetooth modul HC-05. Na internete alebo obchode PLAY sa dajú stiahnuť aplikácie dizajnované pre Arduino, ktoré ponúkajú aj komunikáciu cez bluetooth. Jeho výhoda spočíva s možnosťou pripojenia na mobilný telefón a možnosť priameho pripojenia na motor shield L298P.

Ako hnací systém pre náš model sme zvolili DC motor od firmy Tamiya. Tento motor disponuje možnosťou napájania 7,2 - 8,4V. Po privedenom napätí 7,2V motor dosahuje 14500 otáčok za minútu. Svojimi rozmermi a špecifikáciami je možné ho implementovať do nášho modelu.

Ako systém riadenia smeru modelu sme vybrali analógové servo značky Carson. Jedná sa o vodeodolné servo s kovovými prevodmi. Je vhodné pre montáž do RC modelov áut, lodí a tankov.

Zdrojom napätia pre náš obvod tvorí NiMH batérie s kapacitou 4200mAh/7,2V.

4.2.2 Schéma zapojenia

Celá schéma zapojenia sa nachádza v prílohe B

5 VÝSLEDKY PRÁCE A DISKUSIA

Výsledkom našej práce bolo zhotovenie funkčného modelu auta v mierke 1:10, ktoré sme schopní ovládať prostredníctvom mobilného telefónu. Pri realizácii tohto projektu sme sa zamerali na princíp činnosti modelu auta, museli sme navrhnuť schému obvodu, implementovať jednotlivé komponenty do podvozku a vytvorili sme kód v programe Arduino IDE, vďaka ktorému model disponuje požadovanými funkciami správnej činnosti. Počas stavby podvozku modelu sme zistili jeho niekoľko konštrukčných nedokonalostí, ktoré sa nám následne podarilo vyriešiť.

6 ZÁVERY PRÁCE

Pri realizácii tohto projektu sme sa zamerali na problematiku riadenia modelu auta pomocou Arduina prostredníctvom bezdrôtovej technológie Bluetooth. Podarilo sa nám navrhnuť systém ovládania a následne ho implementovať do modelu auta. Zistili sme, že možnosti využitia technológie bluetooth sú neobmedzené.

7 ZHRNUTIE

Podarilo sa nám vyriešiť danú problematiku riadenia modelu auta. Úspešne sa nám podarilo skompletizovať model auta v mierke 1:10, nahradiť systém riadenia prostredníctvom rozhrania Bluetooth pomocou známej a ľahko dostupnej dosky Arduino UNO. Ľahká dostupnosť a kompatibilita tohto systému s rôznymi zariadeniami poukazuje na jeho prínos. Týmto projektom sme chceli poukázať na široké možnosti využitia systému Bluetooth. Uplatnenie tejto bezdrôtovej technológie má budúcnosť aj v iných oblastiach. Za účelom zvýšenia bezpečnosti pri práci si uvedieme príklad manipulácie navíjacieho zariadenia, používaného pri stavbe lešenia. Osoba, ktorá dané zariadenie ovláda, sa vystavuje vysokému riziku úrazu, a to vďaka dĺžke kábla spájajúceho navíjacie zariadenie a ovládač. Vzďialenosť tohto ovládača nedovoľuje pracovníkovi sa vzdialiť od pracoviska na miesto, odkiaľ by mu bola umožnená bezpečná manipulácia so zariadením. Riešenie tohto problému nám poskytuje práve spomínaný systém Bluetooth. Ako ďalší možný príklad využitia by sme mohli uviesť zariadenia vo fabrikách a výrobných halách. Zariadenia, ako napríklad čerpadlá, dopravníkové pásy ale aj elektro-pneumatické obvody, by bolo možné ovládať bezdrôtovo. Ako už bolo spomenuté, hlavným účelom tejto technológie je náhrada káblov a súčasne zabezpečuje vysokú úroveň bezpečnosti pri prenose dát. To predstavuje značnú výhodu oproti wi-fi sieti, ktorú využívajú súčasné inteligentné domácnosti. Nevýhodou, v takom prípade, by bola obmedzená možnosť ovládania takej domácnosti na vzdialenosť do 240 metrov. Systém Bluetooth je v dnešnej dobe veľmi rozšírený. Má predpoklady stať sa Smart technológiou, ktorá by v niektorých prípadoch vedela nahradiť iné Smart technológie. Touto myšlienkou sa dnes zaoberajú mnohé spoločnosti, ako napríklad dnes už známy výrobca elektrických automobilov – Tesla. Tieto automobily disponujú systémom Bluetooth, vďaka ktorému sú schopné autonómneho riadenia. To im umožňuje vyhľadať na krátku vzdialenosť majiteľa auta a zaparkovať k nemu s použitím iných systémov, vďaka ktorým auto nespôsobí kolíziu.

8 RESUMÉ

The aim of this project was to take advantage of the bluetooth system and its easy access. We have focused on a control system which was developed to replace the original steering and driving system. Important advice given by my tutor contributed to the final version of this project. Our effort resulted in a successful and functional car model in 1:10 scale driven by any mobile device with bluetooth.

9 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

Arduino UNO Rev3. (7. Jún 2015). Dostupné na internete:
<https://www.alza.sk/arduino-uno-rev3-d569244.htm?o=1>

Redakcia10naj. (30. Január 2018). Dostupné na internete:
<https://10najs.sk/co-je-to-bluetooth/>

Tamiya corporation. (31. Január 2021). Dostupné na internete:
https://en.wikipedia.org/wiki/Tamiya_Corporation

Dokumentácia: Tamiya USA (18. Október 2018). Dostupné na internete:
<https://www.tamiyausa.com/about-tamiya/>

Arduino. (5. Február 2018). Dostupné na internete:
<https://www.arduino.cc/en/guide/introduction>

Arduino. (8. Január 2021). Dostupné na internete:
<https://sk.wikipedia.org/wiki/Arduino>

Bluetooth. (21. Apríl 2020). Dostupné na internete:
<https://sk.wikipedia.org/wiki/Bluetooth#%C5%A1pecifik%C3%A1cie>

8DuSHman881. (16. September 2007). Dostupné na internete:
<https://mreferaty.aktuality.sk/historia-bezdrotovej-technologie-bluetooth/referat-20379>

Arduino UNO. (2016). Dostupné na internete:
<https://arduinoposlovensky.sk/hardware/arduino-uno/>

Arduino história. (2016). Dostupné na internete:
<https://arduinoposlovensky.sk/hardware/historia/>

Arduino shield. (14. Január 2016). Dostupné na internete:
<https://randomnerdtutorials.com/25-arduino-shields/>

J. Crosse. (4. Január 2020). Dostupné na internete:
<https://www.autocar.co.uk/car-news/features/history-radio-controlled-car-legend-tamiya>

Model cars. (25. Marec 2013). Dostupné na internete:
https://www.classic.rc-junkies.net/?page_id=637

Modelárstvo. (5. Marec 2018). Dostupné na internete:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Modelářství>

RC model. (3. November 2020). Dostupné na internete:
https://en.wikipedia.org/wiki/Radio-controlled_model

RC auto. (27. Február 2021). Dostupné na internete:
https://en.wikipedia.org/wiki/Radio-controlled_car

Quicrun 3656. (2015). Dostupné na internete:
hobbywing.com/goods.php?id=362

10 PRÍLOHY

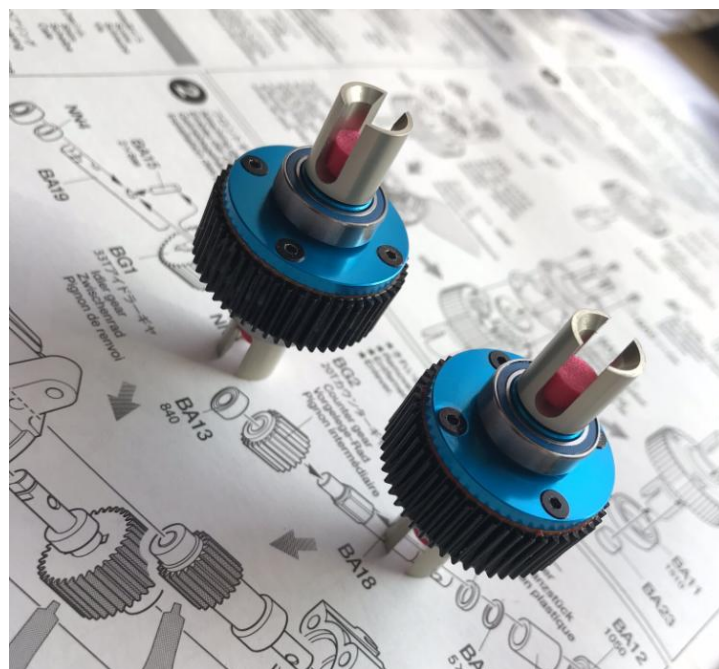
PRÍLOHA A < FOTODOKUMENTÁCIA >

PRÍLOHA B < SCHÉMA ZAPOJENIA >

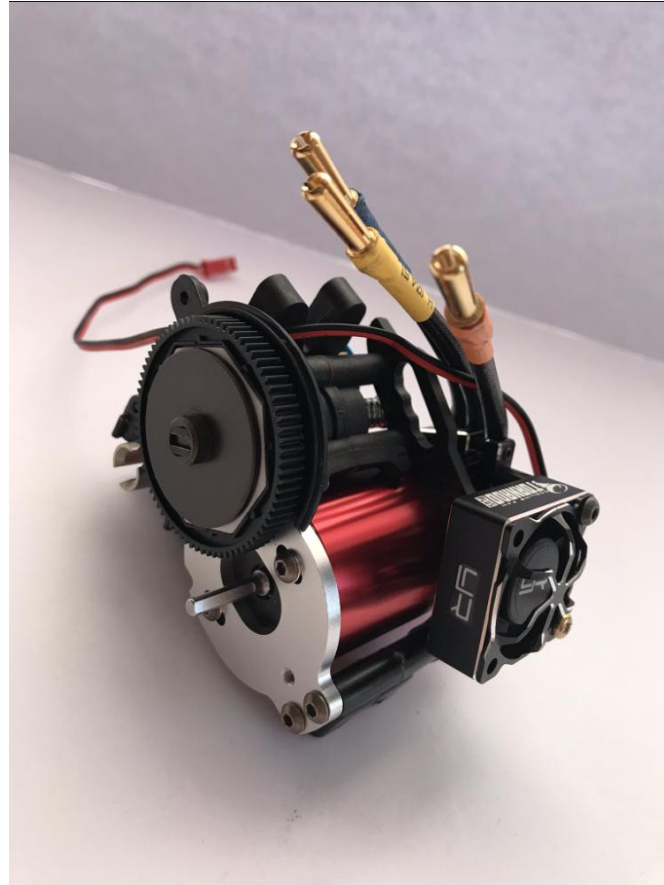
PRÍLOHA A < FOTODOKUMENTÁCIA >



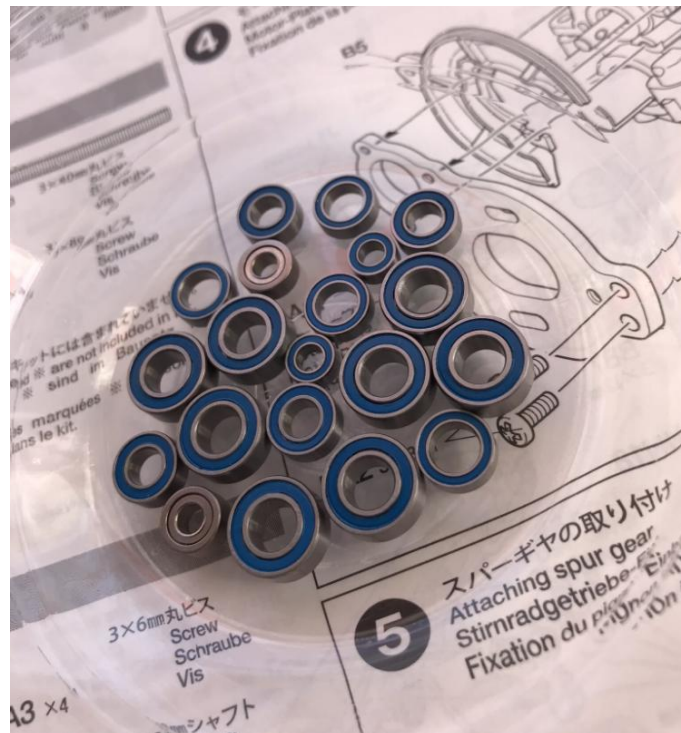
Obrázok 9: Planetový diferenciál s ocelovým ozubením



Obrázok 10: Planetové diferenciály



Obrázok 11: Trecia spojka



Obrázok 12: Gul'ôčkové ložiská



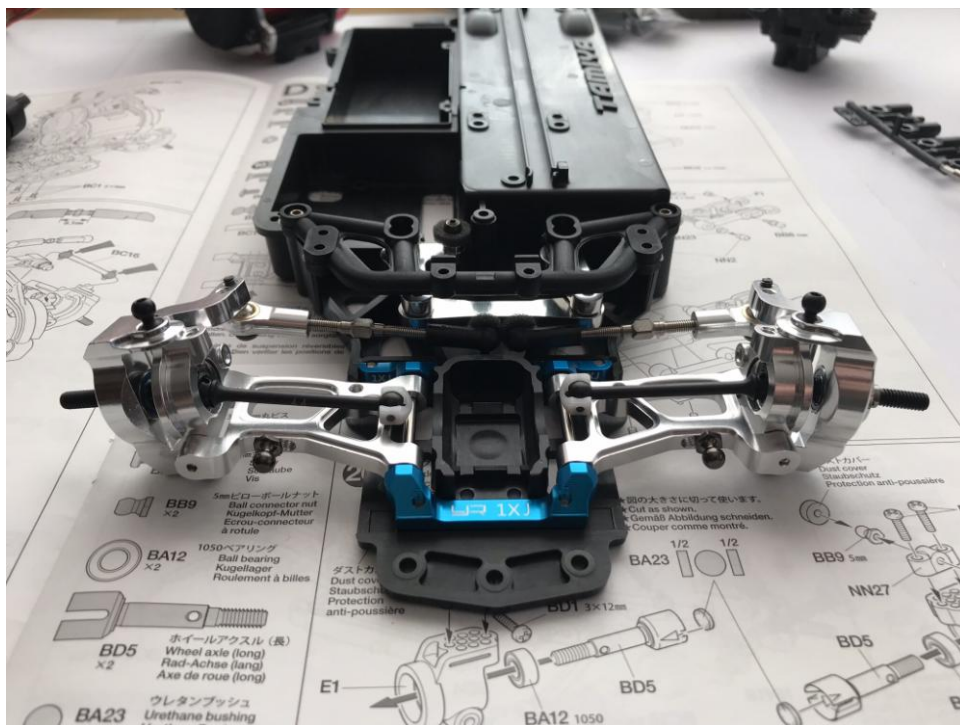
Obrázok 13: Titánové skrutky



Obrázok 14: Uhlíkový držiak motora



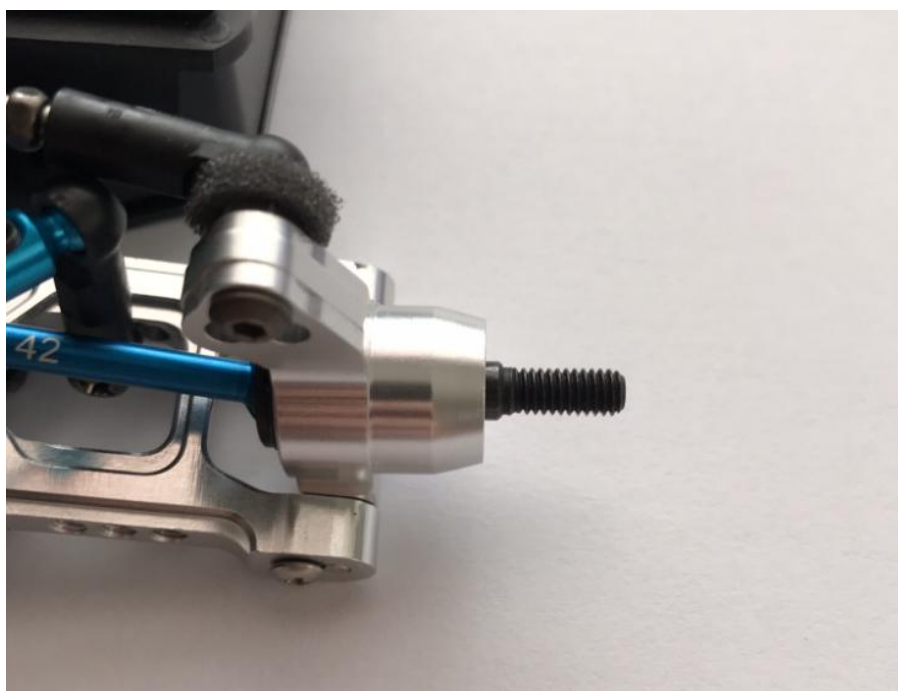
Obrázok 15: Uhlíkový držiak tlmičov



Obrázok 16: Hliníkové ramená



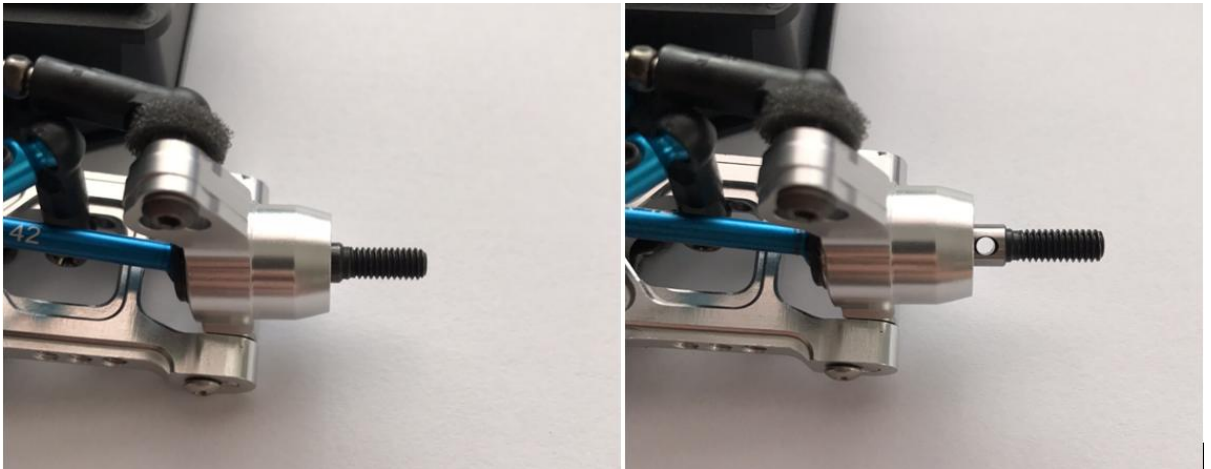
Obrázok 17: Dvojkĺbové poloosy



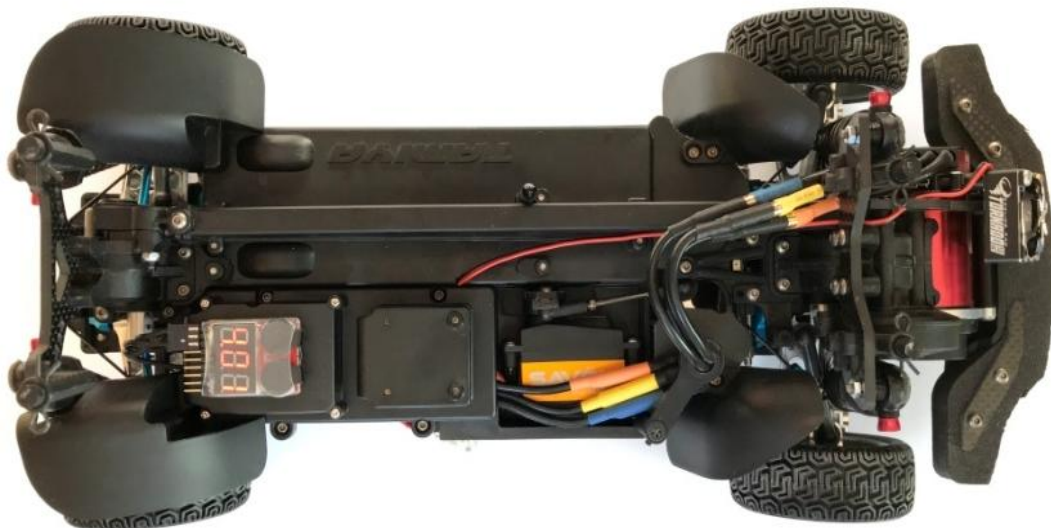
Obrázok 18: Krátky náboj kola



Obrázok 19: Poloosy



Obrázok 20: Porovnanie



Obrázok 21: Finálna podoba podvozku



Obrázok 22: Model auta

PRÍLOHA B < SCHÉMA ZAPOJENIA >

