

**STREDNÁ PRIEMYSELNÁ ŠKOLA DOPRAVNÁ  
ŠTUDENTSKÁ 23, 917 45 TRNAVA**

**PRAKTICKÁ ČASŤ ODBORNEJ ZLOŽKY**

Obhajoba vlastného projektu

**Auto na ovládanie cez WiFi**

**Školský rok 2021-2022**

Konzultant: Ing. Marko Engler, PhD

Ing. Michal Sališ

**Daniel Banár**

Trieda: IV.EB

---

**Stredná priemyselná škola dopravná, Študentská 23, 917 45 Trnava**

Maturitné témy pre internú časť maturitnej skúšky

Predmet:	Praktická časť odbornej zložky
Študijný odbor:	2675 M elektrotechnika
Školský vzdelávací program:	Komunikačné a sieťové technológie

**FORMA: obhajoba vlastného projektu**

Meno:	Daniel Banár
Konzultant:	Ing. Marko Engler, PhD., Ing. Michal Sališ
<b>Téma č. 1:</b>	<b>Elektrotechnika, elektronika</b>

**Názov projektu: Model auta s RC ovládaním.**

- a.) Navrhните a fyzicky zrealizujte funkčný model auta s diaľkovým bezdrôtovým ovládaním RC (Remote Control).
- b.) Navrhnuté zapojenie a konštrukciu vozidla zdokumentujte pre účely údržby a vytvorte aj manuál k obsluhu takto navrhnutého modelu.
- c.) Printovú časť práce spracujte v textovom editore podľa platných noriem a predpísanej šablóny, ktorá je uvedená na internetovej stránke školy. Svoju prezentáciu práce si pripravte v programe PowerPoint.

**UPOZORNENIE:**

Pri realizácii výrobku dodržujte bezpečnostné predpisy pre prácu s elektrickým prúdom!

Kompletnú prácu odovzdáte 10 dní pred termínom obhajoby vlastného projektu konzultantovi, prípadne predsedovi PK.

Prerokované a schválené v PK ELIN dňa 7. marca 2022

.....  
Ing. Vladimír Brath, v. r.  
predseda PK ELIN

Schválené riaditeľom školy dňa 8. marca 2022

.....  
Ing. Peter Papík, v. r.  
riaditeľ školy

## Čestné vyhlásenie

Vyhlasujem, že prácu praktickej časti odbornej zložky maturitnej skúšky na tému „Auto na ovládanie cez WiFi“ som vypracoval samostatne, s použitím uvedených literárnych zdrojov. Prácu som neprihlásil a ani neprezentoval v žiadnej inej súťaži, ktorá je pod gestom MŠMVVaŠ SR. Som si vedomý dôsledkov, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

Trnava, 27. apríl 2022

.....

vlastnoručný podpis

# Obsah

<b>Úvod .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Problematika a prehľad literatúry.....</b>	<b>5</b>
1.1 Rádiom ovládaný model .....	5
1.1.1 Komponenty RC modelu .....	5
1.1.2 Pohon RC modelu .....	5
1.1.3 Servomotor.....	7
1.2 Pulzná šírková modulácia .....	8
1.3 Raspberry Pi .....	9
1.4 Li-ion články .....	9
1.5 Meniče napätia .....	10
1.6 MOSFET .....	11
1.7 Programovací jazyk C# .....	12
1.8 Programovací jazyk Python .....	12
1.9 Video kódeky .....	12
<b>2 Ciele práce .....</b>	<b>13</b>
<b>3 Materiál a metodika.....</b>	<b>14</b>
<b>4 Postup zhotovenia modelu auta .....</b>	<b>15</b>
4.1 Konfigurácia mikropočítača.....	16
4.2 Pohon.....	15
4.3 Otáčanie predných kolies .....	15
4.4 Napájanie mikropočítača Raspberry Pi .....	16
4.5 LED svetlá.....	17
4.6 Kamera .....	19
4.7 Vysielanie videa z kamery .....	19
4.8 Prijímanie pokynov .....	20
4.9 Aplikácia s grafickým zohraním .....	20
<b>5 Výsledky a diskusia.....</b>	<b>21</b>
<b>6 Závery práce.....</b>	<b>22</b>
<b>7 Zhrnutie .....</b>	<b>23</b>
<b>8 Zoznam použitej literatúry .....</b>	<b>24</b>
<b>Prílohy.....</b>	<b>1</b>

## **Zoznam skratiek, značiek a symbolov**

- CLI – Command Line Interface – rozhranie príkazového riadku
- GPIO – General-purpose input/output – univerzálny vstupný / výstupný pin
- CSI – Camera Serial Interface – sériové rozhranie kamery
- HTTP – Hypertext Transfer Protocol – hypertextový prenosový protokol
- PŠM – pulzná šírková modulácia
- RC – Radio/Remote Control – diaľkovo ovládaný
- RTSP – Real Time Streaming Protocool – protokol streamovania v reálnom čase

## Úvod

V poslednej dobe sa využitie zariadení ovládané na diaľku drasticky zvýšilo a taktiež aj pokrok technológie ktoré to umožňujú. A preto väčšina zariadení je dnes pripojená na nejakú bezdrôtovú sieť ako sú WiFi alebo Bluetooth. Môžu to byť bezpečnostné kamery alebo inteligentné svetlá ovládané mobilným telefónom.

V našej práci spojíme tieto dva koncepty a vytvoríme malý model auta ovládaný pomocou mobilného telefónu alebo počítačom s pripojením WiFi.

Cieľom našej práce je navrhnuť, zapojiť, zostaviť a naprogramovať model auta, poháňaný lítiovými článkami, ktorý je schopný zabáčať, jazdiť dopredu aj dozadu, prepínať svetlá. Taktiež obsahuje kameru v prednej časti auta, ktorá vysiela obraz do telefónu alebo počítača v reálnom čase.

Tento koncept môže byť využitý hlavne na zábavu.

Mozgom celého tohto projektu je mikropočítač Raspberry Pi Zero s integrovaným WiFi čipom. Tento mikropočítač sa pripojí na WiFi sieť cez ktorú je model ovládaný pomocou mobilného telefónu alebo počítača. Zároveň kóduje obraz z kamery a vysiela ho v reálnom čase do tohto zariadenia.

# 1 Problematika a prehľad literatúry

## 1.1 Rádiom ovládaný model

Rádiom ovládaný model alebo RC model (z anglického Radio Controlled model), je zmenšená napodobenina dopravného prostriedku, ktorý je ovládaný na diaľku s využitím rádiových vĺn. Takéto vybavenie patrí do oblasti hobby, výrobcovia ho zabezpečujú len pre amatérske a športové modelárstvo.

### 1.1.1 Komponenty RC modelu

Riadiaci systém zahŕňa:

- a) Vysielač ovláda RC model. Na tento účel môže mať vysielač napríklad páky, spínače a displeje. Vysielač prevádza mechanický pohyb ovládača, teda napríklad otáčanie riadiacej páky, na elektrický signál a vysiela ho na rádiové frekvencii do prijímača.
- b) Prijímač je namontovaný na modeli. Prijíma rádiové signály z vysielača a premieňa ich na elektrické signály vhodné pre motory alebo servá.
- c) Servá sú prepojené s prijímačom a premieňajú signály na mechanický pohyb a napríklad otáčajú predné pneumatiky auta doprava a doľava.
- d) Motory sú zvyčajne buď elektromotory alebo spaľovacie motory.
- e) Napájacia batéria.

### 1.1.2 Pohon RC modelu

Spaľovacie motory pre RC modely sú zvyčajne dvojtaktné pre špeciálne palivo. Nevýhoda spaľovacích motorov je, že sú nadmerne hlučné a produkujú veľké množstvo výfukových plynov.

Elektromotor je najbežnejšie používaný motor na pohon RC modelov. Musí byť napájaný batériou zvyčajne typu Li-ion, alebo Li-Po. Najpoužívanejšie dva druhy elektromotorov sú:

Jednosmerný motor (Brushed) – je stroj, ktorý premieňa elektrickú energiu na mechanickú energiu, čo spôsobuje rotačný pohyb vďaka pôsobeniu magnetického poľa. Jednosmerný motor sa skladá hlavne z troch častí:

- a) Stator – nepohyblivá časť motoru, ktorá poskytuje mechanickú oporu zariadeniu. Obsahuje permanentné magnety alebo budiace cievky.

- b) Rotor – pohyblivá súčiastka valcového tvaru s minimálne dvoma navinutými cievkami a feromagnetickým jadrom.



Obrázok 1: Rotor jednosmerného motoru

(zdroj: <https://www.aliexpress.com/item/32780120780.html>)

- c) Komutátor – zabezpečuje napájanie cievok, mechanicky prepína vinutia rotora trením kefiiek a uhlíkov.

Hlavnou nevýhodou týchto motorov je nákladná údržba, najmä opotrebovanie kefiiek iskrením a trením. Motorové kefy sú vyrobené z grafitu. Niektoré špeciálne aplikácie týchto motorov sú servomotory a krokové motory.

Bezkomutátorový motor (Brushless)

V RC modeloch sa používajú aj bezkomutátorové motory. Na riadenie takéhoto motoru je potrebný elektrický obvod, ktorý premieňa jednosmerné napätie na striedavé. Rýchlosť otáčania je závislá od frekvencie striedavého napätia.



Obrázok 2: Bezkomutátorový motor

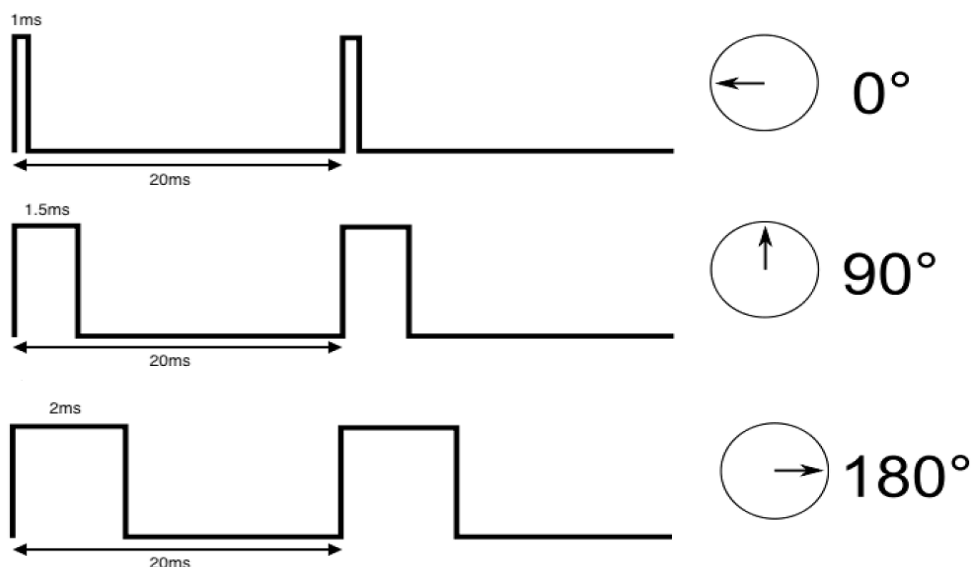
(zdroj: <https://www.conrad.sk/p/modelcraft-tuning-brushed-elektromotor-pre-rc-modely-25860-umin-pocet-zavitov-17-236023>)



### 1.1.3 Servomotor

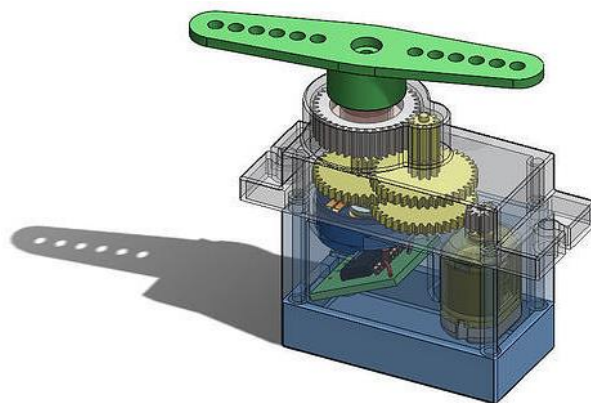
Servomotor, skrátene servo, má schopnosť pohybovať rameno do presnej polohy v rámci svojho prevádzkového rozsahu a zostať v tejto polohe stabilné. Na rozdiel od jednosmerného motora, servo má aj vstupný signál, ktorým sa nastavuje poloha ramena od  $0^\circ$  až po  $180^\circ$ . V puzdre sa nachádza aj jednosmerný motor, ktorý je spárovaný s niekoľkými typmi snímačov polohy na poskytovanie spätnej väzby polohy. V najjednoduchšom prípade sa zaznamenáva iba poloha ramena. Zaznamenaná poloha sa porovnáva s pozíciou príkazu. Ak je poloha odlišná od požadovanej, vytvorí sa chybový signál, ktorý potom spôsobí otáčanie motora v požadovanom smere dovtedy, kým rameno sa otáča do požadovanej polohy. Keď sa poloha priblíži, chybový signál klesne na nulu a motor sa zastaví.

Najjednoduchšie servomotory využívajú snímanie polohy iba cez potenciometer svojho motora. Signál na riadenie serva je pulzná šírková modulácia (PŠM, anglicky Pulse Width Modulation) s frekvenciou 50 Hz a šírkou impulzu od 1 ms (predstavuje polohu  $0^\circ$ ) až po 2 ms (predstavuje polohu  $180^\circ$ ).



Obrázok 3: Vstupný PŠM signál a jeho predstavovaný uhol

(zdroj: [http://www.ermicro.com/blog/wp-content/uploads/2009/02/servo\\_01.jpg](http://www.ermicro.com/blog/wp-content/uploads/2009/02/servo_01.jpg))

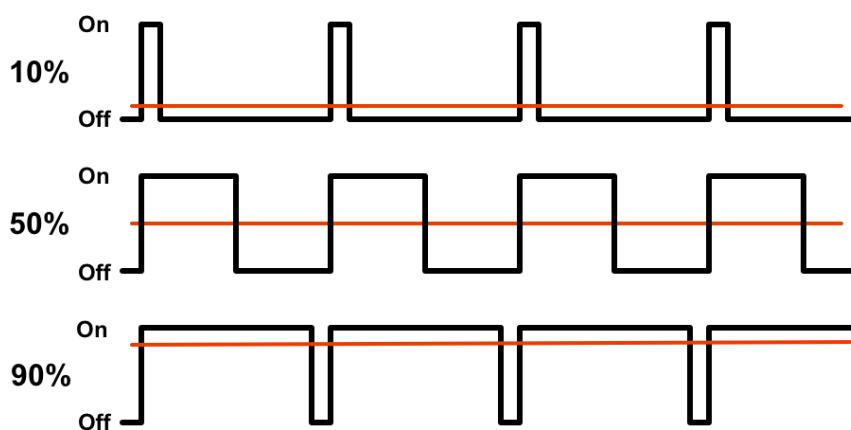


Obrázok 4: 3D model servo motora

(zdroj: <https://img1.cgtrader.com/items/1984419/72cc88e20f/large/servo-motor-assembly-3d-model-sldprt-sldasm-slddrw.jpg>)

## 1.2 Pulzná šírková modulácia

Pulzná šírková modulácia, skrátene PŠM, je modulačná technika, pri ktorej sa mení šírka impulzu signálu s konštantnou frekvenciou. Používa sa ako forma elektrickej energie alebo ako spôsob digitálneho prenosu informácií. Elektrický signál sa vysiela vo forme štvorcovej vlny s pevnou frekvenciou. PŠM má mnoho aplikácií, jednoduchým príkladom je ovládanie LED. Keď je LED riadená signálom PŠM, LED sa bude zapínať a vypínať vysokou rýchlosťou. Keď je použitá frekvencia dostatočne vysoká, zotrvačnosť ľudského oka spôsobí, že LED dióda bude svietiť jemnejšie.



Obrázok 5: Signál PŠM

(zdroj: <https://www.siriusmicro.com/chrp3/pwm-c.html>)

### 1.3 Raspberry Pi

Je to séria lacných jednodoskových počítačov (mikropočítačov). Pôvodný model sa snažil propagovať výučbu informatiky na školách, ale stal sa populárnejším, než sa očakávalo, dokonca sa predával mimo cieľového trhu na použitie, ako je robotika. Mikropočítač nemá pevný disk, ale ponúka slot pre micro SD kartu na načítanie operačného systému a ukladanie dát. Namiesto toho je samotný softvér open source, jeho oficiálnym operačným systémom je špeciálne optimalizovaná verzia Debian Linuxu s názvom Raspberry Pi OS, aj keď umožňuje použitie iných operačných systémov vrátane verzie Windows 10. Vo všetkých svojich verziách obsahuje procesor Broadcom, pamäť RAM, integrovanú grafickú kartu, micro HDMI port, 40 GPIO pinov a sériové rozhranie pre kameru. Modernjšie modely môžu obsahovať aj Ethernet, Bluetooth a integrovaný WiFi čip. Hlavné podporované programovacie jazyky sú C a Python.



Obrázok 6: Raspberry Pi Zero W

(zdroj: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-zero-w/>)

### 1.4 Li-ion články

Je jedným z dvoch hlavných typov lítiových batérií v kategórii sekundárnych (nabíjateľných) batérií. V lítium-iónovej batérii je lítium kation (je to kladne nabitý ión), ktorý putuje z anódy na katódu. Grafit sa najčastejšie používa pre anódu. Táto kombinácia poskytuje napätie 3,7 V. Ich výkon, cena a bezpečnosť batérií sa líšia v závislosti od typu lítium-iónovej batérie. Vzhľadom na to, že lítium-iónové batérie sú jedny z najľahších, používajú sa predovšetkým vo všetkých druhoch elektronických zariadení. V súčasnosti sa najčastejšie používajú v notebookoch, mobilných telefónoch, bezdrôtových reproduktoroch a iných prenosných zariadeniach.



Obrázok 7: Li-ion článok

(zdroj: <https://www.indiamart.com/proddetail/rechargeable-li-ion-battery-22308597148.html>)

## 1.5 Meniče napätia

Spínací menič napätia, DC-DC prevodník alebo Buck-Boost prevodník je spínací zdroj, ktorý premieňa jednosmerné napätie na väčšie (Boost) alebo menšie (Buck) výstupné jednosmerné napätie s malými stratami. Vo svojej najjednoduchšej obsahuje napr. MOSFET, diódu a cievku ako zásobník energie. Okrem toho zvyčajne potrebuje filtráciu pomocou kondenzátorov, aby sa znížilo kolísanie napätia na výstupe.

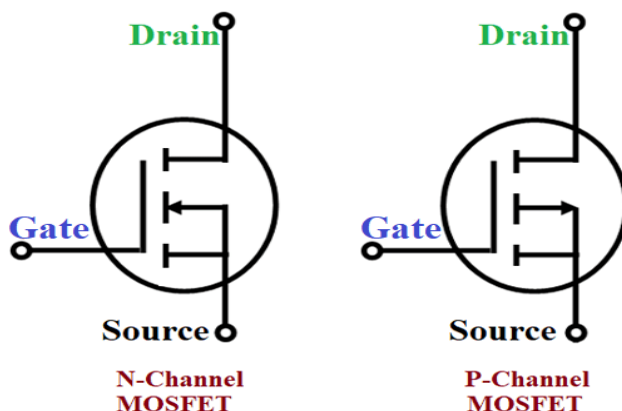
Princíp činnosti Buck-Boost prevodníkov má 2 stavy:

1. V zapnutom stave spínača sa zvyšuje uložená energia v induktore.
2. Vo vypnutom stave spínača sa energia preniesie z induktora smerom ku záťaži.

Lineárny regulátor napätia je elektronická súčiastka, ktorá premieňa vstupné jednosmerné napätie na výstupné napätie, pričom výstupné napätie udržiava konštantné bez ohľadu na vstupné napätie. Na rozdiel od spínacích meničov napätia v tomto prípade je možné napätie len znížiť, t. j. výstupné napätie bude vždy nižšie ako vstupné. Lineárne regulátory sú jednoduché a lacné, ale málo účinné, a preto boli v mnohých aplikáciách postupne nahradené spínacími meničmi. Sú navrhnuté tak, aby fungovalo ako premenný rezistor, kontinuálne prispôsobí svoj odpor na udržanie konštantného výstupného napätia. Hlavné využitie je stabilizovanie elektrického napätia, zvyčajne jednosmerného napätia, aby kompenzoval kolísanie vstupného napätia.

## 1.6 MOSFET

Je tranzistor používaný na zosilnenie alebo spínanie elektronických signálov. Je to najpoužívanejší tranzistor v mikroelektronickom priemysle, či už v analógových alebo digitálnych obvodoch, hoci bipolárny tranzistor bol kedysi oveľa populárnejší. Na rozdiel od bipolárnych tranzistorov, ktoré sú riadené prúdom, MOSFETY sú riadené napätím. Tok prúdu prebieha medzi Source a Drain, cez tzv. kanál, tento prúd je riadený napätím Gate-Source a napätie sa udáva v katalógových hodnotách ako  $U_{GS}$ . Existujú 2 typy kanálov a to kanál typu N a P. Kanál typu N je vodivý, keď dostatočné napätie je privedené medzi Gate a Source, a kanál typu P je vodivý, ak menšie napätie je privedené ako katalógové napätie  $U_{GS}$ .



Obrázok 8: Popis schematickej značky mosfetu

(zdroj: <https://www.rs-online.com/designspark/what-is-mosfet-a-detailed-guide-on-mosfet>)

Prakticky všetky komerčné mikroprocesory sú založené na tranzistoroch MOSFET. MOSFET je štvorpólová súčiastka s vývodmi Source (S), Drain (D), Gate (G).



Obrázok 9: MOSFET

(zdroj: <https://techfun.sk/wp-content/uploads/2021/02/b-6.jpg>)

## 1.7 Programovací jazyk C#

C# je objektovo orientovaný programovací jazyk vyvinutý spoločnosťou Microsoft. Jazyk je založený na C++ a Jave. Historicky bol C# vyvinutý takmer výlučne pre Windows. S Xamarin je však teraz možné vyvíjať aj pre macOS, iOS a Android.

## 1.8 Programovací jazyk Python

Programovací jazyk Python je univerzálny vysokoúrovňový programovací jazyk, s rozsiahlym balíkom štandardných knižníc, ktorého hlavnou myšlienkou je čitateľnosť a prehľadnosť zdrojového kódu. Jeho syntax je jasný a stručný, vhodný na vývoj aplikácií, skriptovanie, numerické výpočty a testovanie systémov. Pôvodne bol vyvinutý Holanďanom Guidom van Rossumom.

## 1.9 Video kódeky

MJPEG, MJPG alebo Motion JPEG je video kodek, v ktorom je každá snímka samostatne komprimovaná ako obrázok JPEG. Videá komprimované pomocou MJPEG majú kvalitu nezávislú od pohybu obrazu. Tento štandard sa často používa na starších digitálnych fotoaparátoch. Pri novších fotoaparátoch sa namiesto MJPEG zvyčajne používa novší kodek H264. MJPEG sa používa v sieťových kamerách. Stream sa často odosiela pomocou protokolu HTTP. Výhodou je, že tento kodek je široko podporovaný, keďže stream je možné zobrazit' i v webovom prehliadači.

H.264 alebo AVC (Advanced Video Codec), je štandardný video kodek, ktorý vyniká vysokou mierou kompresie. Kóder H.264 dokáže pri rovnakej kvalite obrazu zmenšiť veľkosť súboru videa o viac ako 80 % v porovnaní s MJPEG. Účelom bolo vytvoriť štandard, ktorý by mohol poskytnúť dobrú kvalitu videa s oveľa nižšou prenosovou rýchlosťou ako predchádzajúce štandardy bez zvýšenia zložitosti.

## 2 Ciele práce

Naším cieľom je navrhnutie a zostavenie modelu auta, programovanie mikropočítača, ktorý slúži ako prijímač pokynov a programovanie aplikácie na Android telefón a Windows počítač aby odosiela pokyny po WiFi sieti. Model bude taktiež obsahovať kameru, pomocou ktorej dokážeme v reálnom čase vidieť pohľad z auta v aplikácii s rozlíšením 1296x730 pri snímkovej frekvencii 49 snímok za sekundu. Auto bude schopné zabáčať prednými kolesami a byť poháňané všetkými štyrmi kolesami. Taktiež sa budeme snažiť používať malé súčiastky aby rozmery auta boli prijateľné a výdrž batérie dostačujúca.

Hlavný účel tohto auta je zábava, či už detí alebo aj niektorých domácich maznáčikov.

Dúfam, že si zlepšíme aj zručnosti čo sa týka návrhu zapojenia dosiek plošných spojov, vedomostí v odbore elektrotechniky, programovania v rôznych programovacích jazykoch a zoznámiť sa s rozhraním príkazového riadka operačného systému Raspbian, distribúcia systému Linux.

### 3 Materiál a metodika

Vybrali sme mikropočítač, ktorý je na túto prácu vhodný. Preštudovali sme si parametre súčiastok ako jednosmerné motory, rôzne ovládacie moduly pre motory, kameru, lítiové články, meniče napätia, ktoré sú kompatibilné s týmto mikropočítačom.

Navrhli sme schému zapojenia a vložili súčiastky na kontaktnú dosku plošných spojov. Po overení funkčnosti, súčiastky z kontaktnej dosky plošných spojov sme odpojili, a dosadili ich na univerzálne dosky plošných spojov a na pevno ich prispájkovali.

Mikropočítač sme nakonfigurovali podľa potreby a vytvorili softvéry na prijímanie pokynov a vysielanie obrazu z kamery v programovacom jazyku Python, ktoré sa po zapnutí mikropočítača automaticky spustia. Naprogramovali sme aplikáciu v programovacom jazyku C# s grafickým rozhraním pre telefón s operačným systémom Android a program pre počítač s operačným systémom Windows, ktorá obsahuje grafické prvky ako prehrávač videa z kamery, tlačidlá na ovládanie svetiel, pohyb a zabáčanie auta.

Všetky súčiastky sme prepojili, overili ich funkčnosť a vykonali rôzne testy, pri ktorých sme hľadali chyby a opravovali ich, prípadne vymieňali súčiastky za lepšie.



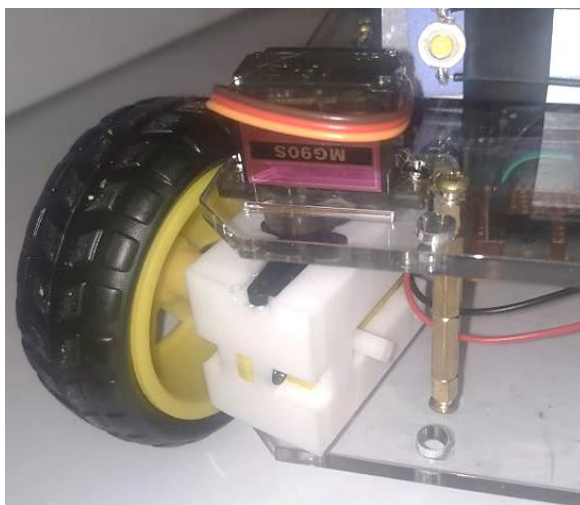
## 4 Postup zhotovenia modelu auta

### 4.1 Pohon

Pohon tvoria 4 jednosmerné motory. Keďže mikropočítač umožňuje dodávať z GPIO pinov maximálne 16 mA, pri pripojení motora k týmto pinom by sme mikropočítač znefunkčnil. Na poháňanie motorov sme zohnali ovládací modul pre motory L298N, ktorý umožňuje ovládať až 2 kanály pre jednosmerné motory z ľubovoľného jednosmerného zdroja, meniť polaritu a rýchlosť motorov pomocou pulznej šírkovej modulácie. Napájali sme ich priamo z lítiovej batérie s menovitým napätím 7,4 V. Obvod má integrovaný lineárny regulátor napätia, ktorý napája logickú časť modulu. GPIO piny na mikropočítači pracujú na napäťovej úrovni 3,3 V, ktoré stále fungovali aj s 5 V obvodom. Na moduli tiež nájdeme 6 pinov, ktoré sme prepojili s voľnými GPIO pinami na mikropočítači. Na piny ENA a ENB sme privádzali PŠM signál, ktorým sme menili rýchlosť motorov. A na piny IN1, IN2, IN3 a IN4 sme privádzali kombinácie logickej 0 a logickej 1 s napäťovou úrovňou (3,3 V), ktorými sme ovládal smer otáčania motorov predných aj zadných kolies.

### 4.2 Otáčanie predných kolies

Väčšina RC modelov využíva servomotor pre zatáčanie a naše autíčko nie je výnimkou. Model auta sme vybavili dvoma servo motormi MG90S pre ich malé rozmery a dostatočný točivý moment až 1,8 kg/cm pri vstupnom napätí 5 V, ktoré nám zabezpečil lineárny regulátor napätia AMS1117. Servomotory sme priskrutkovali k plexisklu do predom vyrezaných dier s priemerom 2 mm. Ramená servomotorov sme zalepili do vyrezaného kanálu na vrchnej časti obalu na motory.



Obrázok 10: Zabáčacia súprava

### 4.3 Konfigurácia mikropočítača

Hlavnú funkciu projektu zabezpečuje mikropočítač Raspberry Pi Zero. Vybrali sme si ho hlavne kvôli jeho malým rozmerom. Na doske má 40 vstupných alebo výstupných programovateľných GPIO pinov. Dokúpili sme kameru určenú priamo pre mikropočítače Raspberry Pi, ktorú sme zapojili k mikropočítaču pomocou CSI portu. Z oficiálnej Raspberry Pi web stránky sme stiahli operačný systém Raspbian Lite, ktorý na rozdiel od klasického Raspbiana nemá grafické rozhranie, ale rozhranie príkazového riadku, pretože je najvhodnejší pre tento projekt, lebo grafické rozhranie nepotrebujeme a ponúka základné knižnice. Na počítači sme otvorili program Win32DiskImager, cez ktorý sme nahrali operačný systém na SD kartu. Pred prvým spustením požadoval operačný systém vytvoriť nový súbor na SD karte s názvom „wpa\_supplicant.conf“, do ktorého sme vložili názov a heslo bezdrôtovej siete WiFi. SD kartu sme vložili do mikropočítača a napájali ho cez micro USB port. Do mikropočítača sa dalo pripojiť pomocou rozhrania príkazového riadku (CLI) Secure Shell (SSH) pomocou ktorého sme ho aj programovali.

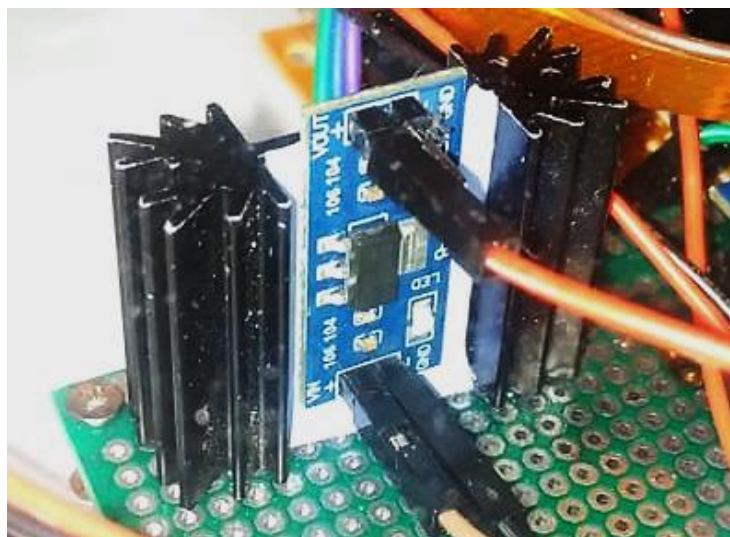
### 4.4 Napájanie mikropočítača Raspberry Pi

V predošlej kapitole sme napájali mikropočítač priamo cez 5 V adaptér. Potrebovali sme však prenosný zdroj na 5 V. Postupovali sme rozoberaním nabíjačky na telefón do auta a jej pripojením vstupných svoriek na dve Li-ionové batérie. Na výstupných svorkách sme namerali chcených 5 V, a tak sme ich prepojili s mikropočítačom, no akonáhle sa spustila kamera napätie na krátku dobu, kleslo pod kritickú hodnotu 3,3 V čo spôsobilo reštartovanie mikropočítača. Preto sme potrebovali stabilnejší zdroj napätia. Vtedy sme hľadaním na internetových obchodoch objavili lineárny regulátor napätia AMS1117 s výstupným napätím 5 V a maximálnym odoberaným prúdom 800 mA. Lineárne zdroje majú ale jednu nevýhodu a to, že sú veľmi neefektívne, teda zvyšnú energiu premenia na teplo. Po odmeraní prúdu sme vypočítali stratový výkon na lineárnom regulátore:

$$P_{\text{strat}} = (U_{\text{vst}} - U_{\text{výst}}) * I$$

$$P_{\text{strat}} = (7,4 \text{ V} - 5 \text{ V}) * 430 \text{ mA} = 1,032 \text{ W}$$

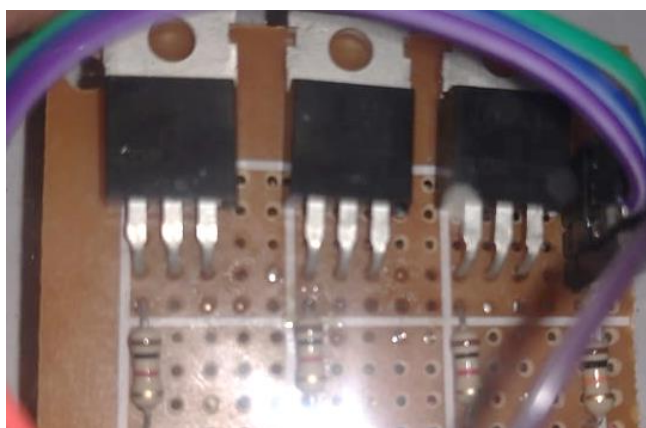
Stratový výkon 1 W bol príliš veľký a regulátor sa prehrieval nad teplotu 90°C, čiže sme boli nútený primontovať ho k pasívnemu chladiču aby ho efektívne chladil pod nebezpečnú teplotu.



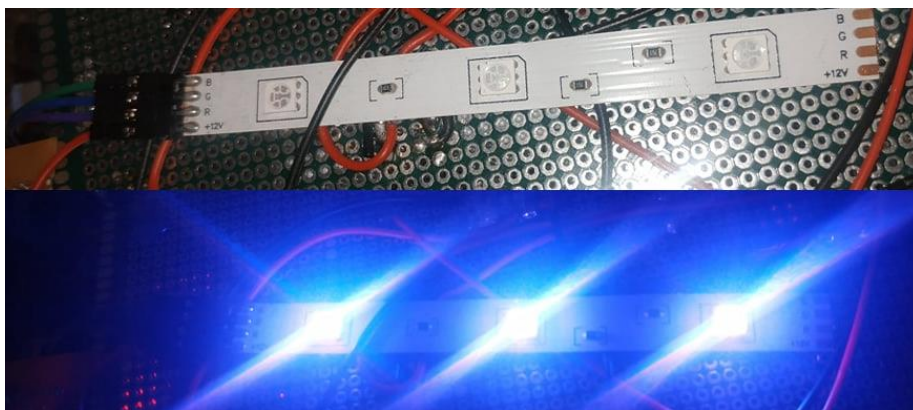
Obrázok 11: Lineárny regulátor napätia pripevnený teplo vodivou podložkou ku chladiču.

## 4.5 LED svetlá

Pre modernejší vzhľad sme vybrali LED pás napájaný 12 V. Napätie sme zvýšili spínacím meničom napätia. Aby sme ho mohli ovládať pomocou mikropočítača Raspberry Pi, potrebovali sme nájsť spôsob, ako s malým napätím (3,3 V) dokážeme spínať väčšie napätie (12 V). Preto sme vybrali 3 n-kanálové mosfety IRLZ44N, ktoré majú malé spínacie napätie iba 2 V. Navrhli sme univerzálnu dosku plošných spojov pre tieto 3 MOSFETy s troma vstupnými pinmi pre každý farebný kanál (červený, zelený, modrý). Medzi GPIO pinom a Gate na MOSFETe sme do série pridali 1 k $\Omega$  rezistor pre ochranu, ktorý limituje prúd na 3,3 mA, čo je bezpečný odoberaný prúd z GPIO pinu. Pomocou PŠM sa dá meniť aj intenzita svietivosti. Existuje 16 miliónov farebných kombinácií. Keďže konštrukcia je priehľadná, LED pásik sme umiestnili medzi spodným plexisklom a dosku plošných spojov.

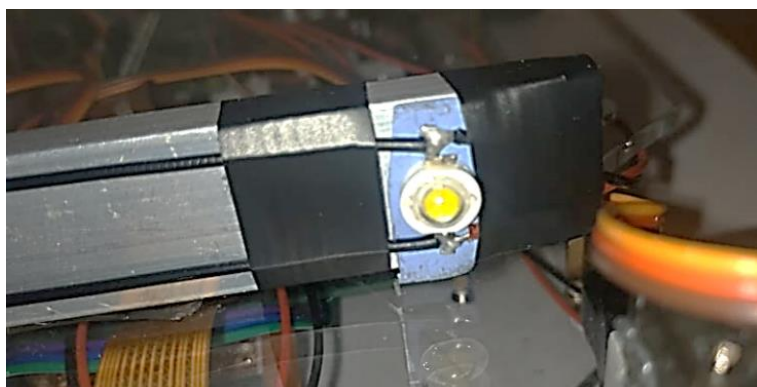


Obrázok 12: Doska plošných spojov pre ovládanie podsvietenia



Obrázok 13: LED pásik

V prípade ovládania v tme sme chceli autíčko vybaviť efektívnymi LED svetlami v prednej časti modelu. No tieto svetlá sme potrebovali napájať s napätím maximálne 3,6 V, pri ktorom sa svetlá rýchlo zahriali a neskôr vypálili. Preto sme použili spínací menič napätia, ktorý znižoval napätie na 3,3 V. Má taktiež vývod na jeho vypínanie a zapínanie. Ako ochranu proti nadbytočnému prehrievaniu sme svetlá prilepili pomocou teplovodivej podložky k hliníkovému chladiču.



Obrázok 14: LED svetlo

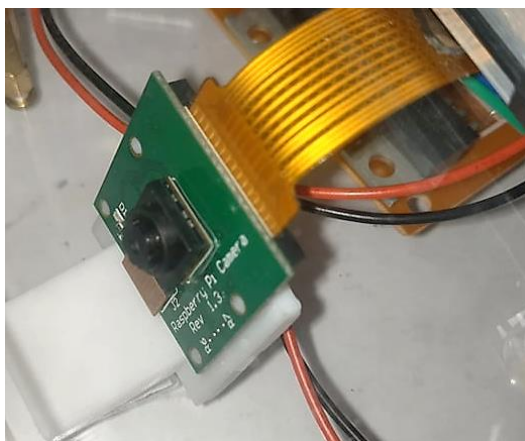
## 4.6 Kamera

Na zaznamenávanie obrazu sme použili kameru priamo určenú pre mikropočítače Raspberry Pi, Pi Camera V1, s maximálnym rozlíšením až 2592x1944 pixelov. Prvé rozlíšenie sme vybrali Full HD (1920 x 1080) s 30 snímkami za sekundu, ale obraz sa zdal byť viditeľne orezaný. Po zistení tejto chyby sme našli nasledujúcu tabuľku.

Rozlíšenie	Pomer strán	Maximálny počet snímkov za sekundu	Zorné pole
2592x1944	4:3	15	Úplné
1296x972	4:3	42	Úplné
1296x730	16:9	49	Úplné
640x480	4:3	90	Úplné
1920x1080	16:9	30	Čiastočné

Tabuľka 1: Rozlíšenia kamery

Preto sme podľa tejto tabuľky vybrali optimálne rozlíšenie pre širokouhlý monitor s úplným zorným polom a to nás priviedlo iba k jednej možnosti, 1296 x 730.



Obrázok 15: Pi Camera s 3D vytlačeným stojanom

## 4.7 Vysielanie videa z kamery

Cez program raspivid sme zistili ako vysielat' obraz z kamery do počítača, na ktorom bežal program na zobrazovanie videa „MPlayer“ s kodekom H264 cez protokol RTSP. Popri tom sme objavili spôsob ako vysielat' obraz kodekom MJPEG cez protokol HTTP. Jeho hlavná výhoda bola, že sa video dalo spustiť v ľubovoľnom webovom prehliadači a nepotrebovali sme tak žiaden nadbytočný program. Dosiahli sme tým dva spoľahlivé metódy ako prenášať obraz cez sieť s oneskorením menším ako 150 ms. Vytvorili sme skript pre programovací jazyk Python, ktorý pri spustení začne vysielat' obraz s kodekom MJPEG. Tento skript sme pridali do konfiguračného súboru programu crontab, ktorý sa používa na naplánovanie príkazov vykonávaných po zapnutí mikropočítača.

## 4.8 Prijímanie pokynov

Vytvorili sme druhý skript pre programovací jazyk Python s automatickým štartom po zapnutí mikropočítača, ktorý inicializoval GPIO piny pomocou štandardnej knižnice. Vyskúšali sme ovládanie servomotora tým, že sme nastavil frekvenciu PŠM signálu na 50 Hz so šírkou impulzu 1,5 ms, ale servomotor čudne šklbal a pohyb nebol jemný.

Následne sme našli lepšiu knižnicu s názvom „pigpio“, ktorá tento problém bez komplikácii vyriešila. Taktiež sme naprogramovali, aby sa pomocou príkazu mohli kolesá točiť do vyžadovaného smeru s presnou rýchlosťou. Ďalším krokom bolo ovládanie cez WiFi. Na to sme použili známu knižnicu Flask a po zadaní IP adresy mikropočítača spolu s rôznymi cestami do webového prehliadača počítača pripojeného na rovnakú sieť sa už autíčko dalo ovládať so zadávaním príkazov do URL adresy cez webový prehliadač. Tento spôsob nebol praktický a potrebovali sme lepší spôsob ako zasielať príkazy bez ich vypisovania.

## 4.9 Aplikácia s grafickým zohraním

V programe Visual Studio sme navrhli vzhľad aplikácie pre Android telefón a v programovacom jazyku C# sme naprogramovali hlavné funkcie aplikácie. Pri dotyku prsta s tlačidlom na obrazovke sa vyšle na adresu mikropočítača Raspberry Pi HTTP request príkaz na splnenie, ktorý obsahuje IP adresu tohto mikropočítača. Pre zobrazovanie obrazu z kamery sme v tejto aplikácii vytvorili okno s webovým prehliadačom a po stlačení tlačidla „RELOAD“ sa webový prehliadač obnoví a je vidieť obraz z kamery.

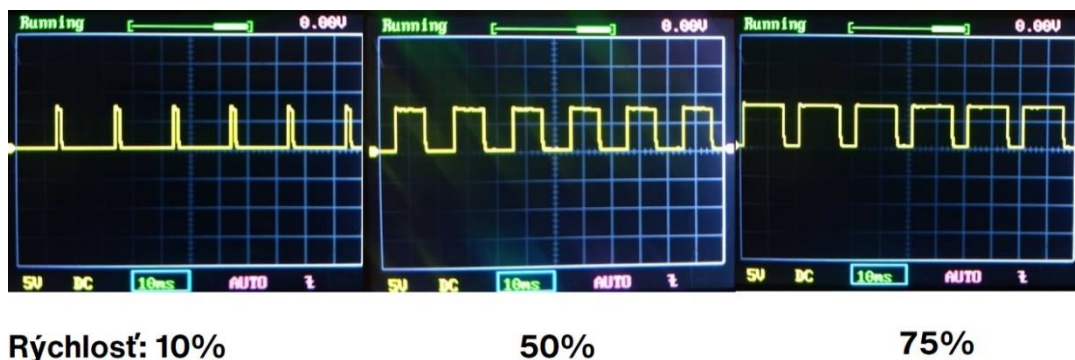
Zopakovali sme to isté, ale teraz pre počítač s operačným systémom Windows. V programe Visual Studio sme navrhli rozloženie prvkov grafického rozhrania a upravili funkčnosť kódu pre ovládanie autíčka stlačením klávesy na klávesnici.



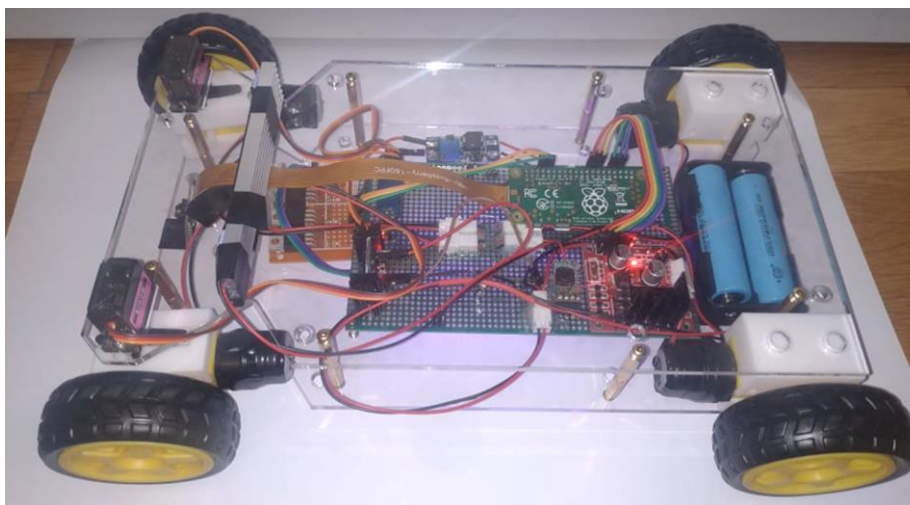
## 5 Výsledky a diskusia

Výsledkom tejto práce je funkčný model auta, ktorý splnil naše ciele. A k tomu ešte obsahuje mnoho doplnujúcich prvkov ako napríklad RGB podsvietenie, svetlá a možnosť meniť rýchlosť. Jeho prednosťou je ľahké ovládanie pomocou zariadenia, ktoré podporuje WiFi pripojenie, ako napríklad mobilný telefón alebo PC. Ocenili by sme väčšiu rýchlosť, ktorú by sme mohli dosiahnuť použitím troch li-ion článkov do série namiesto terajších dvoch, čo by však spôsobovalo prehrievanie lineárnych regulátorov. Pri bežnom používaní výdrž batérie je menšia ako 30 minút, samozrejme sa dá predĺžiť pridaním ďalších dvoch li-ion článkov zapojených paralelne k súčasným dvom. Výsledný produkt má rozmery 28x15 cm a váhu 950 g. Dosah signálu pre ovládanie modelu závisí od viacerých faktorov ako hrúbka stien, prítomnosť externej antény pre mikropočítač, tvar antény, výkon vysielача (v našom prípade telefón, ktorý má menší výkon ako WiFi router v domácnostiach), rušenie či už ďalšími WiFi sieťami na rovnakom kanáli alebo zariadeniami, ktoré využívajú rovnakú frekvenciu, napr. mikrovlnka, Bluetooth zariadenia.

Namerali sme aj priebeh napätia pri rôznej rýchlosti motorov:



Obrázok 16: PŠM signál pri rôznych rýchlostiach



Obrázok 17: Hotová verzia modelu

## 6 Závery práce

Naša práca je zameraná na navrhnutie zapojenia a programovanie malého auta na ovládanie. Dosiahli sme náš cieľ relatívne s nízkym rozpočtom. Dôležité pre nás bolo preštudovanie súčiastok pred ich zakúpením. Na začiatku sme si neverili, ale po rozdelení problematiky na menšie kroky sa nám to ľahšie vypracovávalo. Počas spracovania sme narazil aj na problémy, ktoré nás nezastavili a vždy sme sa vynašli.

Ďalším prvkom, nad ktorým sme zo začiatku ani neuvažovali, je použitie predného osvetlenia pomocou LED svetiel a podsvietenie podvozku pomocou RGB LED. Všetky tieto prvky je možné ovládať pomocou navrhnutej aplikácie.

Chceli by sme výsledkom tejto práce motivovať aj budúcich riešiteľov podobných tém. Táto práca môže taktiež študentom ukázať využitie minipočítača Raspberry Pi, vďaka ktorému bolo možné našu prácu zrealizovať. Na prvý pohľad sa môže zdať, že programovanie v prostredí príkazového riadka operačného systému Raspbian je náročné, avšak zdanie klame. V našom prípade bolo dôležité sa zoznámiť s danou problematikou a následne sme nemali problém s prácou aj v programe, v ktorom sme doteraz nepracovali.



## 7 Zhrnutie

Podarilo sa nám dosiahnuť náš cieľ navrhnuť, zapojiť a naprogramovať model auta, ktorý je ovládaný pomocou WiFi siete a obsahuje kameru so živým prenosom obrazu v reálnom čase do Android telefónu alebo Windows počítača.

V písomnej časti sme opísali návrh, postup zhotovenia modelu, postup programovania mikropočítača, vysvetlili funkčnosť použitých súčiastok a popísali postup tvorenia aplikácií pre telefón a počítač.

Zlepšili sme si vedomosti v odbore elektrotechniky a programovania v novom programovacom jazyku a oboznámili sme sa s iným operačným systémom a jeho rozhraním. Taktiež sme sa naučili kontaktovať firmy pre zisťovanie informácií zložitých konštrukčných častí.

Hlavný účel RC auta slúži ako prostriedok zábavy napríklad pre deti. Teoretické vedomosti a hodnoty si dokážeme na aute ďalej merať a testovať.

## 8 Zoznam použitej literatúry

- ALBAHARI, Joseph, 2022. *C-Sharp* [online]. [cit. 2022-03-02]. Dostupné z:  
<https://de.wikipedia.org/wiki/C-Sharp>
- BROREIN, Ed, 2022. *DC-to-DC converter* [online]. [cit. 2022-03-02]. Dostupné z:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/DC-to-DC\\_converter](https://en.wikipedia.org/wiki/DC-to-DC_converter)
- DINKAR, Shaila, 2022. *Linear regulator* [online]. [cit. 2022-03-02]. Dostupné z:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Linear\\_regulator](https://en.wikipedia.org/wiki/Linear_regulator)
- Kolektív prispievateľov Wikipedia, 2021. *H.264* [online]. [cit. 2022-03-02]. Dostupné z:  
<https://cs.wikipedia.org/wiki/H.264>
- Kolektív prispievateľov Wikipedia, 2019. *Modulacja szerokości impulsów* [online].  
[cit. 2022-03-02]. Dostupné z:  
[https://pl.wikipedia.org/wiki/Modulacja\\_szeroko%C5%9Bci\\_impuls%C3%B3w](https://pl.wikipedia.org/wiki/Modulacja_szeroko%C5%9Bci_impuls%C3%B3w)
- Kolektív prispievateľov Wikipedia, 2021. *Motion JPEG* [online]. [cit. 2022-03-02].  
Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Motion\\_JPEG](https://en.wikipedia.org/wiki/Motion_JPEG)
- Kolektív prispievateľov Wikipedia, 2019. *Rádiom ovládaný model* [online].  
[cit. 2022-03-02]. Dostupné z:  
[https://sk.wikipedia.org/wiki/R%C3%A1diom\\_ovl%C3%A1dan%C3%BD\\_model](https://sk.wikipedia.org/wiki/R%C3%A1diom_ovl%C3%A1dan%C3%BD_model)
- Kolektív prispievateľov Wikipedia, 2021. *Servomotor* [online]. [cit. 2022-03-02].  
Dostupné z: <https://es.wikipedia.org/wiki/Servomotor>
- Kolektív prispievateľov Wikipedia, 2012. *Transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor* [online]. [cit. 2022-03-02]. Dostupné z:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Transistor\\_de\\_efecto\\_de\\_campo\\_metal-%C3%B3xido-semiconductor](https://es.wikipedia.org/wiki/Transistor_de_efecto_de_campo_metal-%C3%B3xido-semiconductor)
- KUHLMAN, Dave, 2022. *Python* [online]. [cit. 2022-03-02]. Dostupné z:  
<https://pl.wikipedia.org/wiki/Python>
- ROUBÍČEK, Ota, 2022. *Elektromotor* [online]. [cit. 2022-03-02]. Dostupné z:  
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromotor>
- SAWICZ, Darren, 2022. *Servomotor* [online]. [cit. 2022-03-02]. Dostupné z:  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Servomotor>
- SOBKOWSKI, Ryszard, 2022. *Akumulator litowo-jonowy* [online]. [cit. 2022-03-02].  
Dostupné z: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Akumulator\\_litowo-jonowy](https://pl.wikipedia.org/wiki/Akumulator_litowo-jonowy)
- UPTON, Eben, 2022. *Raspberry Pi* [online]. [cit. 2022-03-02]. Dostupné z:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi](https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi)

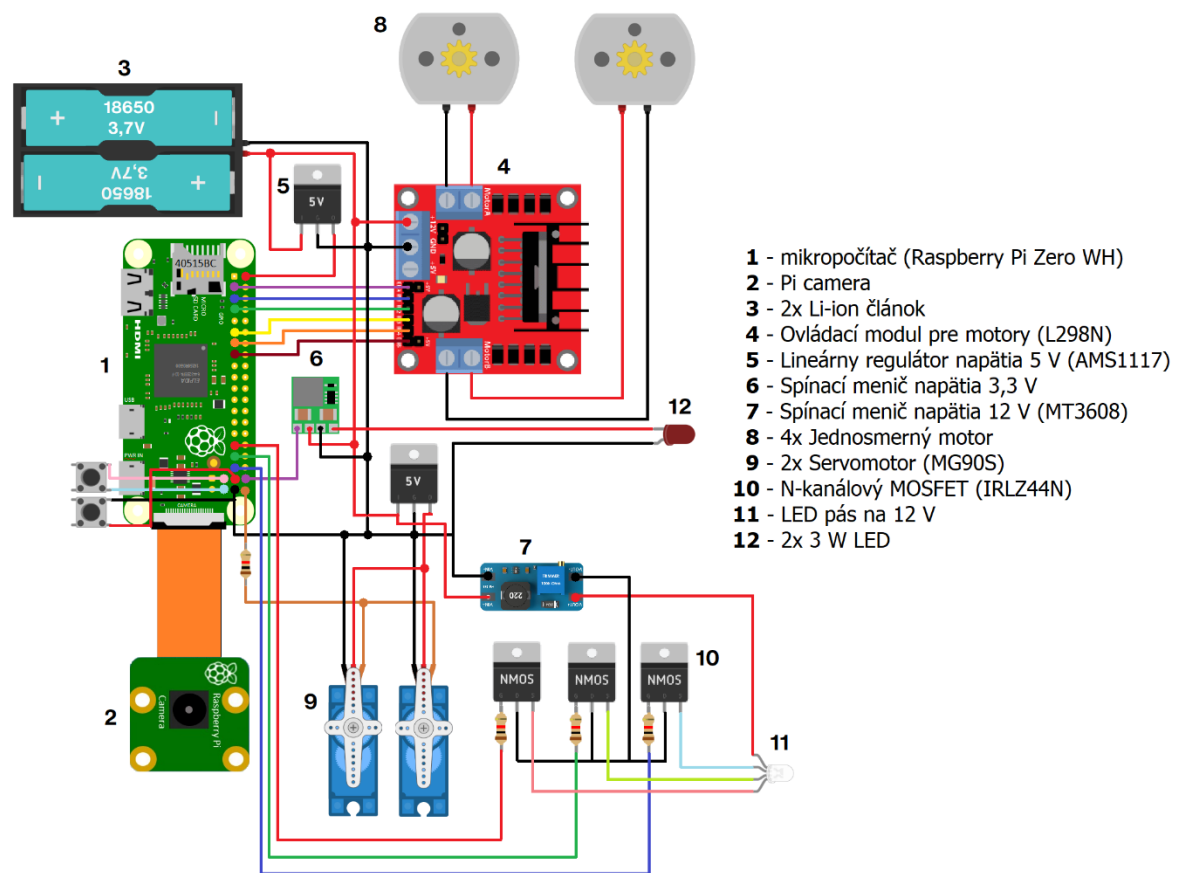
## **Prílohy**

### **Zoznam príloh:**

Príloha A: Schéma zapojenia

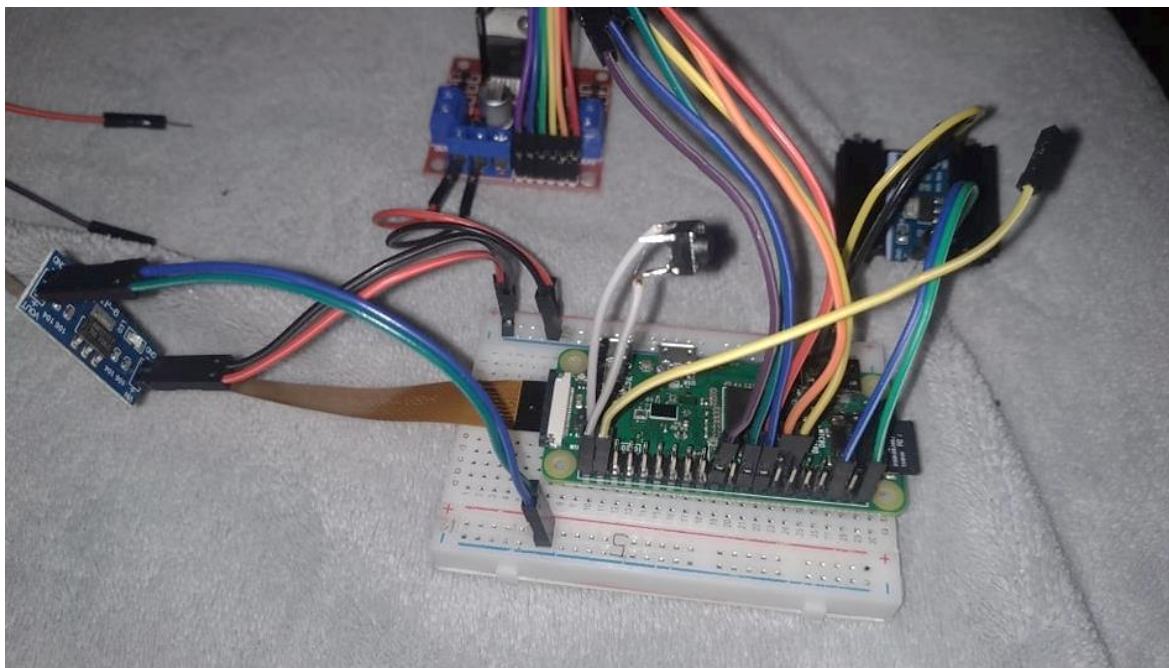
Príloha B: Fotodokumentácia

## Príloha A: Schéma zapojenia



Obr. P1 Bloková schéma zapojenia hlavných komponentov

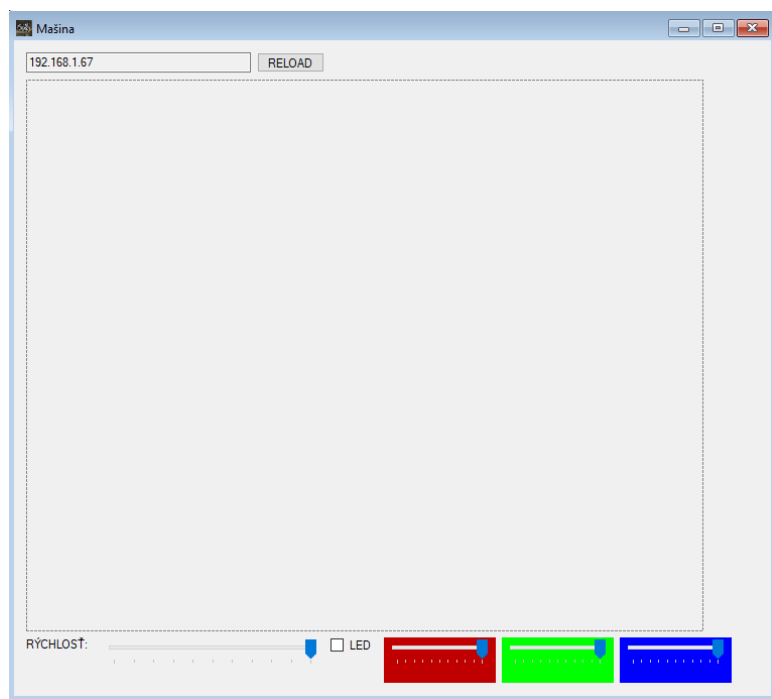
## Príloha B: Fotodokumentácia



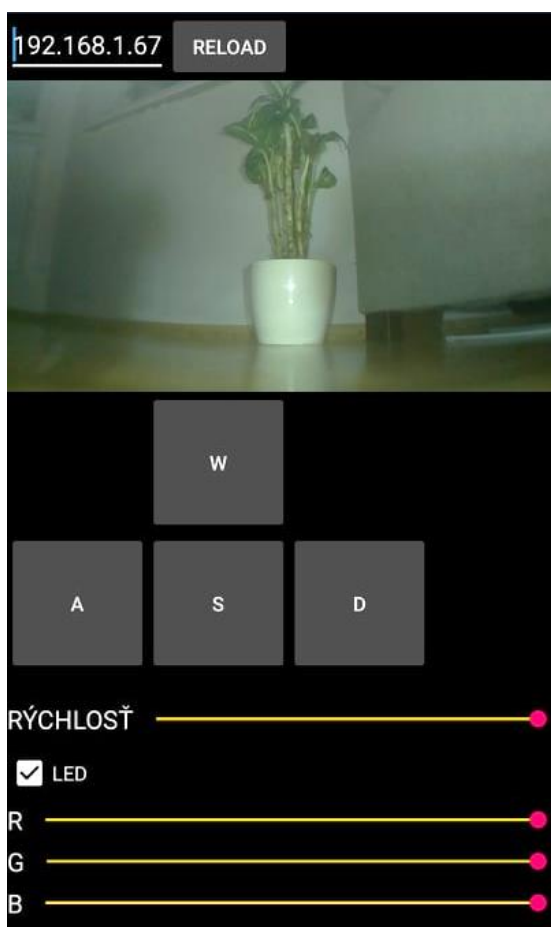
Obr. P2 Kontaktná doska plošných spojov



Obr. P3 Ukážka pohľadu z kamery auta (vonkajšie prostredie, slnečné počasie, maximálna kvalita)

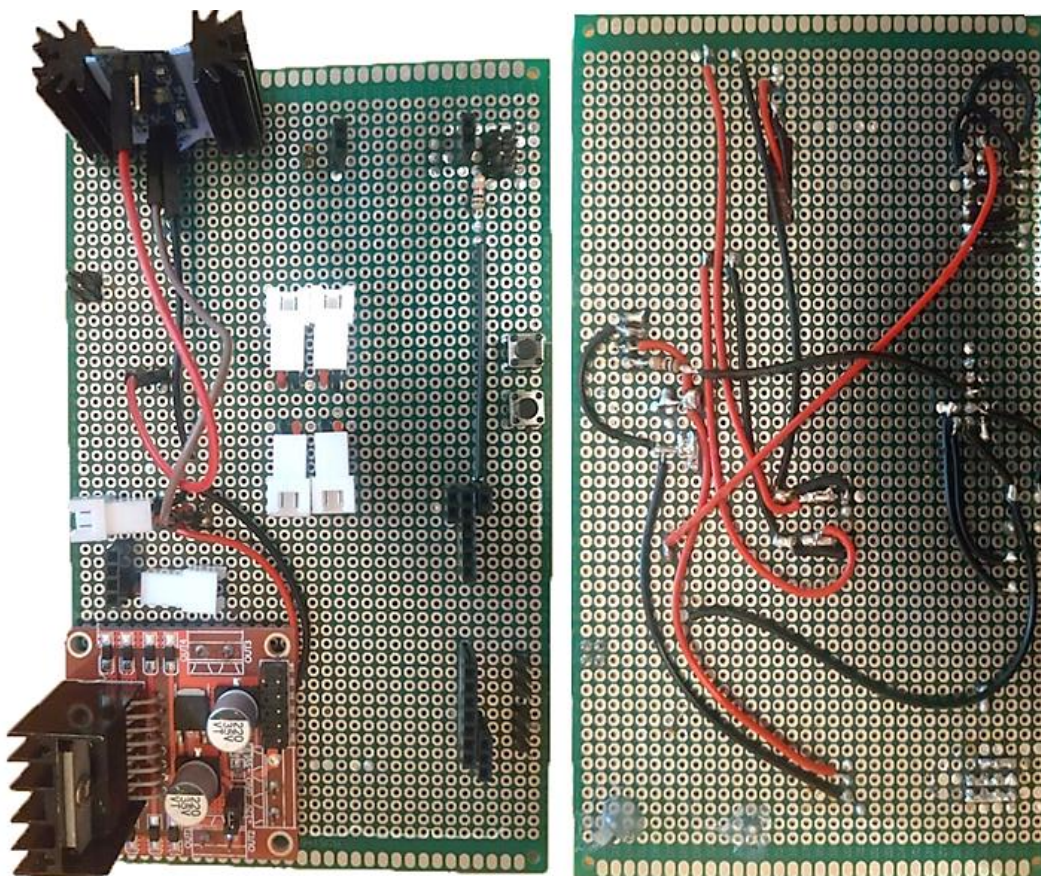


Obr. P4 Ukážka náhľadu aplikácie pre operačný systém Windows

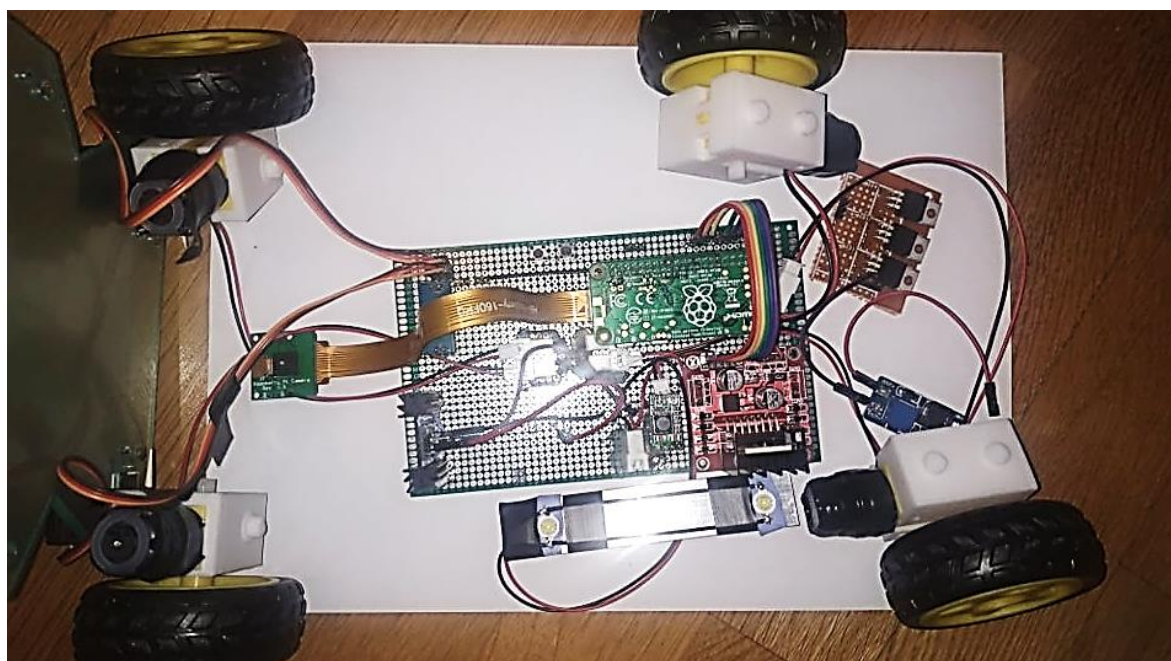


Obr. P5 Ukážka aplikácie pre operačný systém Android vrátane prenosu videa

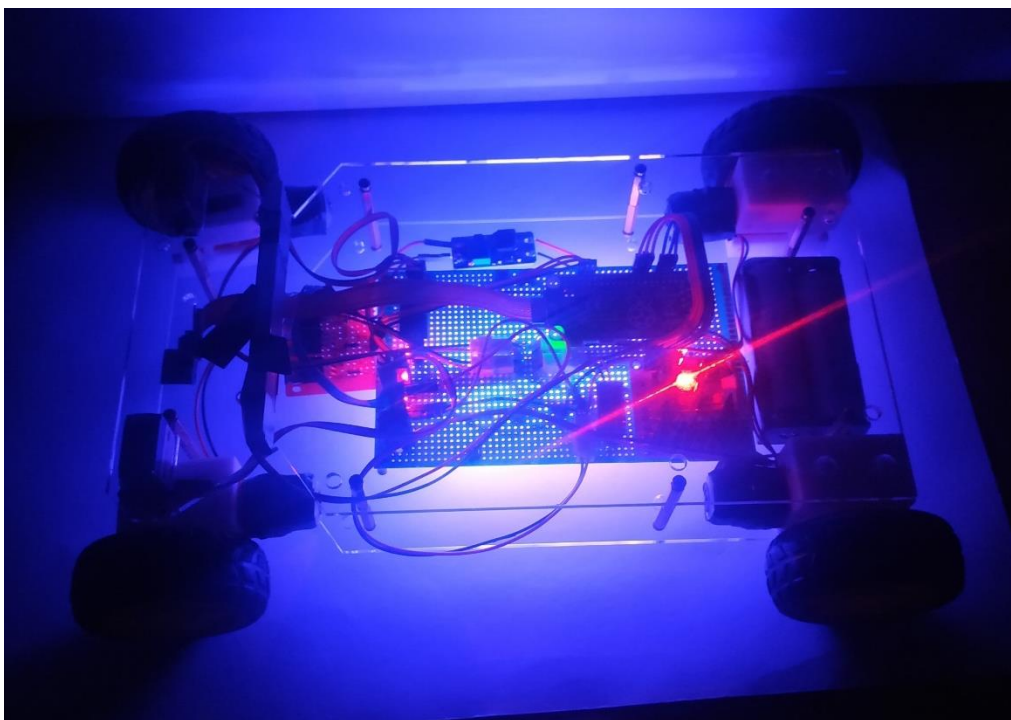




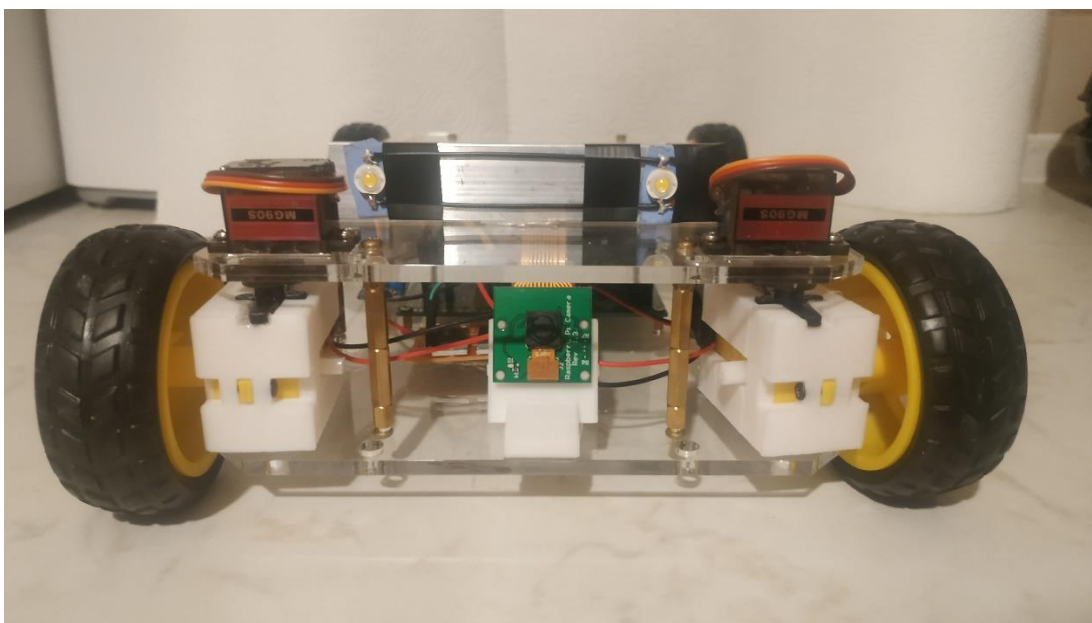
Obr. P6 Základné prepojenia na doske plošných spojov



Obr. P7 Osadená doska plošných spojov s pripojenými komponentami

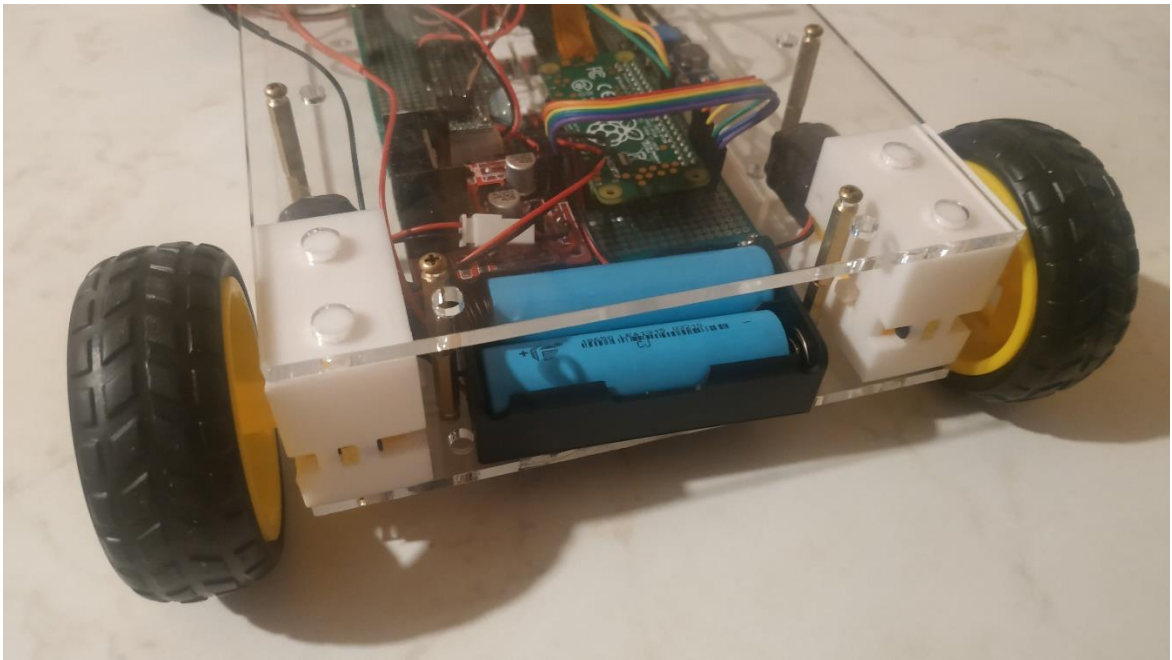


Obr. P8 Ukážka podsvietenia v tme

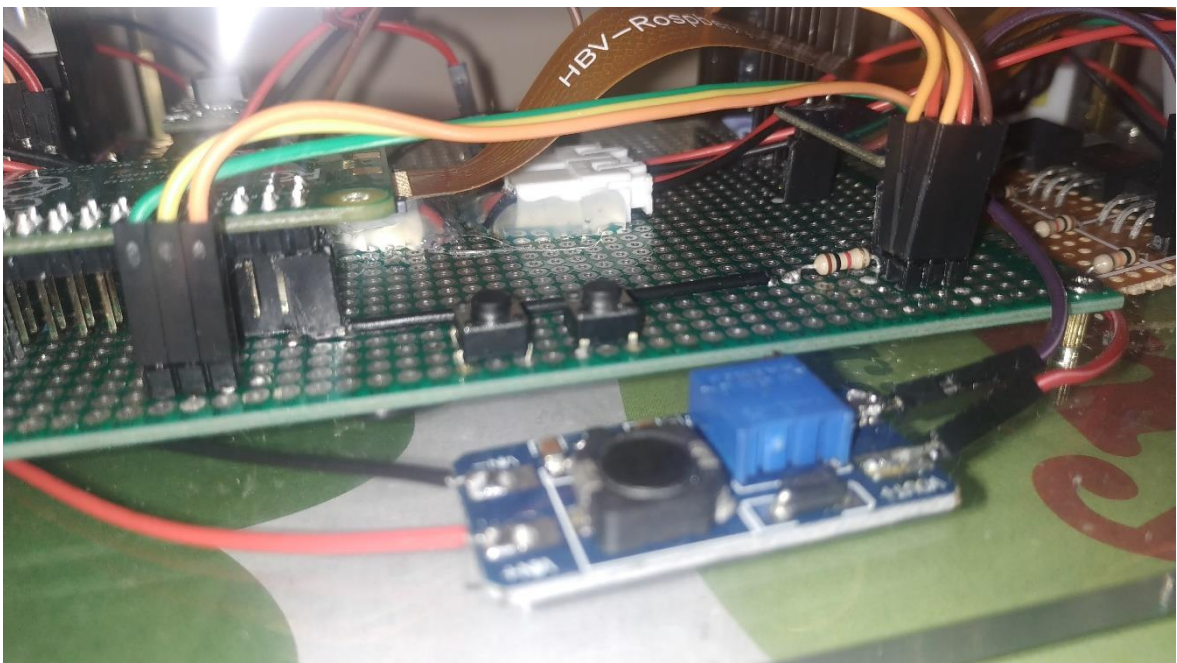


Obr. P9 Fotografia modelu spredu





Obr. P10 Fotografia zadnej časti modelu



Obr. P11 Fotografia tlačidiel na zapínanie a vypínanie