

Diaľkovo ovládané vozidlo s nastaviteľným podvozkom (2. časť)

Remote controlled vehicle with adjustable chassis (part 2)

Ján Kaňuch¹, Tomáš Drobot²

¹jan.kanuch@tuke.sk, ²tomas.drobot@student.tuke.sk

^{1,2} Katedra elektrotechniky a mechatroniky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach, Letná 9, 042 00 Košice, Slovenská Republika

Abstrakt — V tomto príspevku je popísaná praktická realizácia, zapojenie, programovanie, konfigurácia a testovanie diaľkovo ovládaného vozidla. V prvom príspevku (časť 1) bol prezentovaný všeobecný opis malých diaľkovo ovládaných vozidiel a spracovaný teoretický návrh, výber súčastí a návrh 3D modelu vozidla s nastaviteľným podvozkom.

Kľúčové slová — diaľkovo ovládané vozidlo, RC vozidlo, nastaviteľný podvozok, rádiom ovládané vozidlo.

Abstract — Presented in this paper are practical realization, wiring, programming, configuration and testing of a remote controlled vehicle. The general description of the small remote-controlled vehicles and processed the theoretical design, selection of components and the design of the 3D model of the vehicle with an adjustable chassis were briefly described in the first paper (part 1).

Keywords — the remote controlled vehicle, RC vehicle, anadjustable chassis, radio controlled vehicle.

I. ÚVOD

Tento článok je pokračovaním prvej časti, kde bolo stručne popísané základné rozdelenie RC (Radio Control - Diaľkovo ovládaných) malých vozidiel, ďalej bol odprezentovaný návrh koncepcie konštrukcie diaľkovo ovládaného RC vozidla s nastaviteľným podvozkom, urobený návrh konštrukcie podvozku a zapojenia elektroniky.

V tomto príspevku je popísaná praktická realizácia diaľkovo ovládaného vozidla s nastaviteľným podvozkom. Ďalej sú tu popísané použité elektronické komponenty, technická konštrukcia celého zariadenia, programovanie jednotlivých súčastí, konfigurácia vzdialeného ovládania na princípe klient-server a nastavenie ovládania pomocou joysticku pripojenému k vzdialenému počítaču.

Výber elektronických komponentov, ktoré sú použité na diaľkovo ovládanom vozidle s nastaviteľným podvozkom podliehal dlhodobému zohľadňovaniu určitých kritérií a skutočným výpočtom. Najviac zohľadňovaným parametrom bol výkon, cena a najmenej zložitá možnosť prepojenia jednotlivých súčastí. Po porovnávaní rôznych možných variantov elektronických komponentov boli vybrané tie najvhodnejšie.

II. POPIS POUŽITÝCH ELEKTRONICKÝCH KOMPONENTOV

Základom celého elektronického RC vozidla je jednodoskový počítač Raspberry Pi 3 [1]. Ako ovládač pre pohonné motory bola použitá doska Adafruit DC & Stepper Motor HAT

(konkrétne dvakrát) [2], pričom motory na pohon kolies boli zvolené jednosmerné s prevodovkou (60 RPM) [3]. Posun podvozku je realizovaný krokovými motormi NEMA 14 [4]. Pre napájanie je použitý menič napätia RN-6 24DC/12DC 2A [5], batéria do AKU náradia typ Li-Ion X 20V od spoločnosti Parkside [6] a externý powerbank 2600mAh [7]. Pre ovládanie je použitý notebook LENOVO E540 s USB pripojeným joystickom značky Genius [8].



Obr. 1. Bloková schéma prepojenia reálnych komponentov elektroniky RC vozidla s posunom podvozku

A. Jednodoskový počítač Raspberry Pi

Jadrom celého riadiaceho systému je jednodoskový počítač, Raspberry Pi. Raspberry Pi sú minipočítače založené na ARM platforme, ktoré vďaka SOC architektúre dokážu zvládať spracovať objemné toky dát. Pre diaľkovo ovládané vozidlo je použitý aktuálne najnovší model Raspberry Pi 3 Model B+ (Obr. 2). Medzi jeho kľúčové vlastnosti patrí štvorjadrový procesor s 1.2 GHz frekvenciou 64-bit, Grafický čip VideoCore IV s taktovacou frekvenciou 300 MHz, 1GB operačná pamäť, kompozitný výstup a HDMI prenášajúci zvuk, LAN port pre Ethernet, štvorica portov USB 2.0, 40 GPIO pinov, I2C zbernica, bezdrôtové rozhrania WiFi a Bluetooth 4.1, podpora micro SD karty, napájanie cez micro USB port [1].



Obr. 2. Raspberry Pi 3 Model B+ [1]

B. Adafruit DC & Stepper Motor HAT

Adafruit DC & Stepper Motor HAT (Obr. 3) je doplnkový modul k doske Raspberry Pi. Pracuje s ľubovoľným počítačom Raspberry Pi s GPIO portom 2x20. Jeden modul môže ovládať 4 jednosmerné alebo 2 krokové motory s plnou PWM reguláciou otáčok. Motory sú riadené tranzistormi MOSFET TB6612 (s prúdovým zaťažením 1,2A) s ochranou proti prehriatiu a vnútornými ochrannými spätnými diódami. Motory môžeme prevádzkovať na 4,5 až 13,5 V. Modul má taktiež ochranu proti prepólovaniu. V navrhnutom diaľkovo ovládanom vozidle s nastaviteľným podvozkom sú použité dva tieto moduly. Jeden pre ovládanie štyroch jednosmerných motorov, ktoré budú slúžiť na pohon kolies a ďalší modul pre dva krokové motory slúžiace na nastavovanie predĺženia podvozku [2].



Obr. 3. Adafruit DC & Stepper Motor HAT [2]

C. Menič napätia RN-6 24DC/12DC 2A

Pre napájanie motorov je použitý napäťový menič RN-6 (Obr. 4) ktorý prevádza 24 V na 12 V pri trvalom prúdovom zaťažení 2A, teda poskytuje výkon 24 W. Maximálna prúdová zaťažiteľnosť tohto meniča je 6A približne dve minúty.



Obr. 4. Menič napätia RN-6 24DC/12DC 2A [5]

D. Jednosmerný motor s prevodovkou 60RPM a krokový motor NEMA 14

Dimenzovanie motorov pre navrhované RC vozidlo s nastaviteľným podvozkom bolo urobené výpočtom pre známe hmotnosti komponentov vozidla. Pre pohon kolies boli vytypované jednosmerné modelárske motory s prevodovkou (Obr. 5). Konkrétne sú to štyri motory (pre každé koleso jeden) s krútiacim momentom 1,3Nm, 60 ot./min a napájaním 12 V DC.



Obr. 5. Jednosmerný motor s prevodovkou 60 RPM [3]

Motory použité na nastavovanie predĺženia podvozku, kvôli presnému rozsahu posunu sú krokové, konkrétne dva krokové motory NEMA 14 (Obr. 6) s krútiacim momentom 0,3 Nm a krokom 1,8 stupňa, teda 200 krokov na otáčku.



Obr. 6. Krokový motor NEMA 14 [4]

E. Akumulátor Li-Ion typ X 20V Parkside a externý powerbank 2600mAh

Na napájanie RC vozidla sú použité dva DC zdroje. Jedným je batéria do AKU náradia typ Li-Ion X 20V Parkside (Obr. 7) s výstupným napätím 20V DC pri trvalom prúdovom zaťažení 2A. Výstupné napätie 20V je prevádzané meničom napätia RN-6 na napätie 12V. Týmto napätím sú napájané dva moduly Adafruit DC & Stepper Motor HAT, ktoré ovládajú štyri jednosmerné a dva krokové motory.



Obr. 7. Akumulátor Li-Ion - typ X 20V Parkside [6]

Druhým použitým zdrojom je bežne dostupný externý powerbank s výstupným napätím 5V (2600 mAh), ktorý je pomocou USB kábla pripojený k jednodoskovému počítaču Raspberry Pi 3 B+.

F. Vzdialený počítač a externý joystick Genius

Ako ovládacie zariadenie celého diaľkovo ovládaného vozidla s nastaviteľným podvozkom slúži vzdialený počítač s pripojeným externým joystickom. Na notebook Lenovo E540 je pripojený joystick Genius (Obr. 8) cez USB port.



Obr. 8. Externý joystick Genius a zobrazenie ovládania vozidla [8]

Pomocou osi x a osi y riadime pohyb vozidla dopredu, dozadu a otáčanie RC vozidla. Otáčanie vozidla do strán je ale zabezpečené nezvyčajným spôsobom pre kolesové vozidlá, tzv. „typom tank“. Znamená to, že pri otáčaní vpravo sa pravé kolesá vozidla otáčajú smerom dozadu a ľavé smerom dopredu. Pri otáčaní vozidla vľavo je to naopak. Hlavnou výhodou tohto riadenia je možnosť otáčania sa vozidla na mieste. Ovládanie posunu podvozku je riadené palcom pomocou tlačidla na vrchnej strane joysticku. Pohyb tlačidla smerom hore zabezpečuje skrátenie podvozku a pohybom tlačidla nadol podvozok sa naspať predlži.

III. KONŠTRUKČNÉ RIEŠENIE DIAĽKOVO OVLÁDANÉHO VOZIDLA S NASTAVITEĽNÝM PODVOZKOM

Praktická realizácia vozidla s nastaviteľným podvozkom, ktorá je zobrazená na Obr. 9 vychádza z výpočtov a predtým vytvoreného návrhu v programe AutoCAD, ktorý je podrobne popísaný v predchádzajúcom článku.

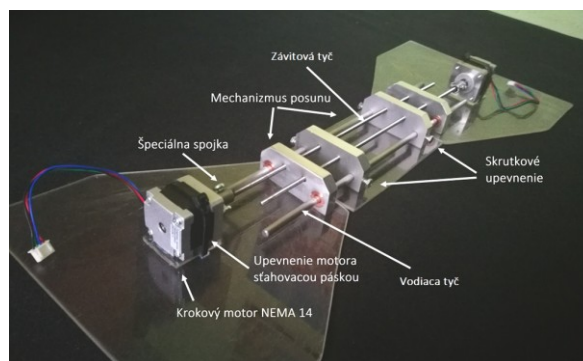


Obr. 9. Reálna konštrukcia RC vozidla s nastaviteľným podvozkom

A. Konštrukcia posunu podvozku

Systém, ktorý zabezpečuje predlžovanie alebo skracovanie celého podvozku (Obr. 10) je zostrojený z týchto základných častí: hliníkové kvádre s dvoma závitmi a dvoma dierami pre závitové a vodiace tyče, dve oceľové vodiace a dve oceľové závitové tyče, špeciálne navrhnuté spojky a dva krokové motory. Hliníkové kvádre sú zo spodnej strany priskrutkované k pevnej časti podvozku (predného a zadného). Vodiace tyče

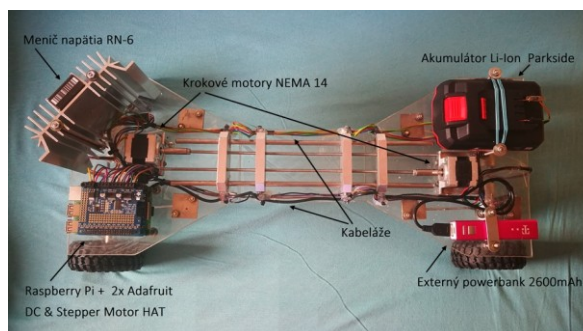
sú v dvoch vnútorných kvádroch pevne upevnené a vo vonkajších kvádroch na stranách krokových motorov sú pohyblivé pomocou závitov. Závitové tyče sú ďalej upevnené pomocou špeciálnych spojok ku krokovým motorom, ktoré týmito tyčami otáčajú, čím zabezpečujú celý pohyb predlžovania a skracovania podvozku. Motory sú k pevným častiam podvozku pripojené pomocou sťahovacích PVC pásovk.



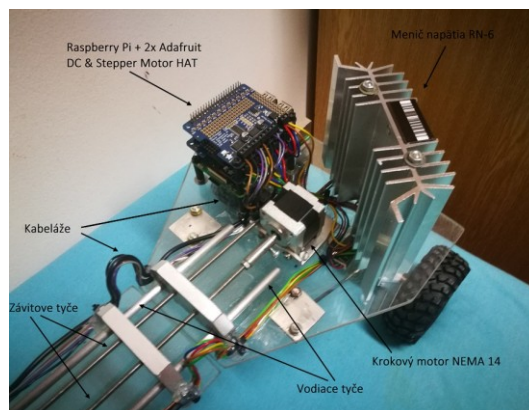
Obr. 10. Usporiadanie súčastí posunu podvozku

B. Usporiadanie komponentov elektroniky

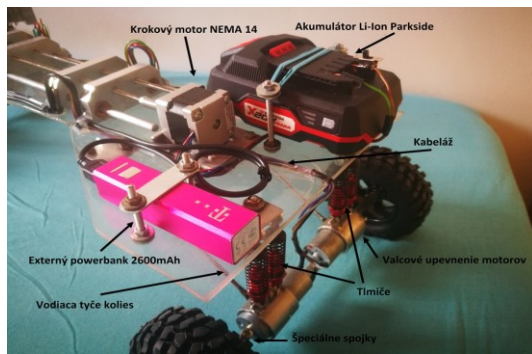
Rozloženie komponentov elektroniky RC vozidla s nastaviteľným podvozkom som (Obr.11) je nasledovné: v prednej časti vozidla sa nachádza riadiaca elektronika - konkrétne vľavo je jednodoskový počítač Raspberry Pi 3 s dvoma modulmi Adafruit DC & Stepper Motor HAT pripojenými cez I2C zbernicu, vpravo je upevnený menič napätia RN-6 ktorým sú napájané moduly (Obr. 12), v zadnej časti vozidla sú umiestnené napájacie zdroje - akumulátor Li-Ion Parkside a externý powerbank 2600mAh slúžiaci ako zdroj pre Raspberry Pi 3 (Obr. 13).



Obr. 11. Usporiadanie komponentov elektroniky RC vozidla s nastaviteľným podvozkom



Obr. 12. Detail prednej časti RC vozidla s nastaviteľným podvozkom



Obr. 13. Detail zadnej časti RC vozidla s nastaviteľným podvozkom

Krokové motory slúžiacie na posun sú upevnené medzi elektronikou a medzi akumulátormi na oboch stranách po jednom a jednosmerné motory pre pohony kolies sú upevnené zo spodnej strany podvozku na tlmičoch.

IV. PROGRAMOVÉ RIEŠENIE

Programové riešenie celého systému RC vozidla je založené na jadre Linuxu z dôvodu použitia jednodoskového počítača Raspberry Pi 3 na ktorý sú pripájané doplnkové moduly Adafruit DC & Stepper Motor HAT a taktiež je kompatibilný s operačným systémom Raspbian. Komunikácia medzi vozidlom s Raspberry Pi 3 a vzdialeným počítačom je založená na systéme klient-server cez sieť Wi-Fi. RC vozidlo je nakonfigurované ako server ktorý vytvára Wi-Fi sieť na ktorú sa vzdialený počítač pripája ako klient. Ovládanie vozidla je riešené pomocou externého joysticku pripojeného cez USB rozhranie k vzdialenému počítaču.

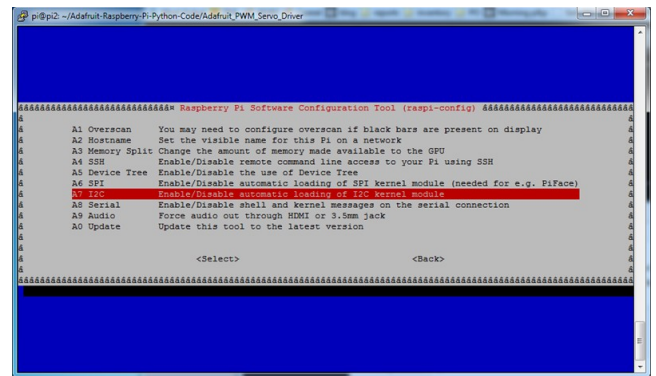
A. Inštalácia Raspbian

Pamäťovým médiom pre operačný systém Raspbian je pamäťová karta s odporúčanou kapacitou aspoň 8GB. Pre počítač Raspberry Pi 3 existuje niekoľko linuxových distribúcií operačného systému ale taktiež aj operačný systém Windows 10 a Android. Pre RC vozidlo je zvolený Raspbian. V prostredí operačného systému Windows je vytvorená inštalácia, pomocou nástroja Win32 Disk Imager je zapísaný ISO súbor systému na pamäťovú kartu. Po vložení SD karty do Raspberry Pi 3 prebehla konfigurácia určitých nastavení a inštalácia operačného systému Raspbian. Nasledoval reštart systému a prvé spustenie pracovnej plochy [9].

B. Konfigurácia a pripojenie modulov Adafruit DC & Stepper Motor HAT

Pred prvým spustením bola potrebná inštalácia potrebných knižníc pre moduly Adafruit DC & Stepper Motor HAT podľa podrobného návodu na oficiálnej stránke Adafruit. V prvom rade bolo potrebné povoliť I2C komunikáciu medzi Raspberry Pi 3 a modulmi Adafruit a následne stiahnuť a nainštalovať potrebné knižnice. Povolenie I2C komunikácie je zabezpečené príkazom „sudo raspi-config“ v termináli po ktorom sa následne zobrazilo okno Configuration Tool v ktorom po zvolení Advanced Options je následne povolená I2C komunikácia (Obr. 14).

Stiahnutie a inštalácia potrebných knižníc je realizované príkazmi „git clone https://github.com/adafruit/Adafruit-Motor-HAT-Python-Library.git“ a „cd Adafruit-Motor-HAT-Python-Library a sudo python setup.py install“ [10], [11].

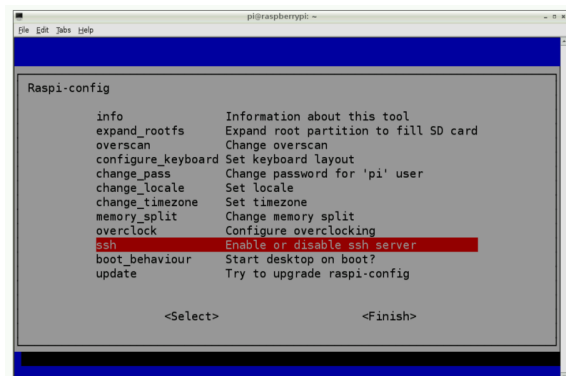


Obr. 14. Povolenie I2C komunikácie pre moduly Adafruit DC & Stepper Motor HAT

Po inštalácii všetkých potrebných knižníc je spustený test a overenie správnosti inštalácie. Následne bol pomocou textového editora vytvorený nový textový dokument do ktorého bol napísaný program na ovládanie všetkých použitých motorov podľa podrobných návodov na oficiálnych stránkach Adafruit. [12], [13].

C. Komunikáci Klient – server

Komunikácia klient-server je založená na dvoch odlišných systémoch, jeden je systém klienta a druhý systém servera, ktoré komunikujú cez počítačovú sieť. Klient môže iniciovať komunikačné spojenie, zatiaľ čo server čaká na požiadavku od klienta. Keď klient odošle požiadavku serveru, ten ju splní a čaká na novú požiadavku. Pred začatím písania programu klienta a servera je potrebné zabezpečiť konfiguráciu Wi-Fi siete. Po zistení IP adresy zariadení a je potrebné povolenie SSH prístupu v Advanced Options, v okne Configuration Tool do ktorého som sa dostaneme cez terminál príkazom sudo raspi-config (Obr. 15).



Obr. 15. Povolenie SSH komunikácie

D. Inštalácia joysticku

Ovládanie RC vozidla s nastaviteľným podvozkom je pomocou externého joysticku pripojeného k vzdialenému počítaču. Pri inštalácii joysticku v operačnom systéme Ubuntu bolo potrebné stiahnuť knižnice pre ovládanie joysticku a následne nainštalovať a otestovať správnosť funkcií. Pre stiahnutie knižnice a inštaláciu sa v termináli použil príkaz „sudo apt-get install joystick“ a následná konfigurácia je urobená príkazom „sudo apt-get install jstest-gtk“ po ktorom sa zobrazilo okno nastavení pripojeného joysticku. Test funkcií joysticku sa vykonal spustením príkazom „jstest-gtk“ [14].

E. Automatické spúšťanie pri zapnutí RC vozidla

Vzhľadom na to, že RC vozidlo neobsahuje žiaden monitor ani žiadne zobrazovacie zariadenie je nakonfigurované automatické spúšťanie celého systému pri zapnutí vozidla. To znamená, že pri zapnutí sa na vozidle vytvorí automaticky Wi-Fi sieť a spustí sa server ktorý čaká na požiadavky klienta zo vzdialeného počítača. Na takúto konfiguráciu slúži súbor *rc.local* do ktorého sa dostaneme príkazom „`sudo nano /etc/rc.local`“. Tu sa dopíše súbor, ktorý sa má spustiť pri štarte Raspberry Pi 3, v našom prípade *server.py* [15].

V. ZÁVER

V tomto príspevku je prezentované konečné konštrukčné riešenie, teda praktická realizácia prototypu, zapojenie elektroniky, programovanie a konfigurácia diaľkovo ovládaného malého vozidla, ktorého vzdialenosť medzi prednou a zadnou nápravou sa dá predĺžiť alebo skrátiť.

Pri praktickej realizácii RC vozidla nastali menšie komplikácie, ktoré však boli postupne odstránené. Ukázalo sa, že pre danú koncepciu, niektoré prvotne navrhnuté elektronické komponenty nespĺňali žiadané prevádzkové podmienky. Avšak po menších, hlavne mechanických, dodatočných úpravách sa podarilo všetko spojiť a RC vozidlo funguje podľa konečného prezentovaného návrhu.

V budúcnosti bude možné navrhnuť podobný a vylepšený model diaľkovo ovládaného vozidla s nastaviteľným podvozkom. Výmenou a úpravou niektorých mechanických komponentov a implementáciou nových nápadov, či už z hľadiska elektroniky, komunikácie alebo ovládania môžeme zrealizovať RC vozidlo s vylepšenými kvalitatívnymi a prevádzkovými parametrami.

POĎAKOVANIE



Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/ Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ. Tento článok bol vypracovaný v rámci projektu "Centrum excelentnosti integrovaného výskumu a využitia progresívnych materiálov a technológií v oblasti automobilovej elektroniky", ITMS 26220120055.

POUŽITÁ LITERATÚRA

[1] RaspberryPi. [cit. 2018-05-1], dostupné: <https://www.raspberrypi.org/products/>

- [2] Adafruit. [cit. 2018-05-14], dostupné: <https://www.adafruit.com/product/2348>
- [3] Banggood. [cit. 2018-05-15], dostupné: https://www.banggood.com/12V-DC-Powerful-Torque-Micro-Speed-Reduction-Gear-Box-Motor-p-941191.html?cur_warehouse=CN
- [4] OMCstepperOnline. [cit. 2018-05-15], dostupné: <https://www.omcstepperonline.com/hybrid-stepper-motor/nema-14-bipolar-18deg-14ncm-20ozin-04a-12v-35x35x26mm-4-wires-14hs10-0404s.html>
- [5] Tomshardware. [cit. 2018-05-14], dostupné: <https://www.tomshardware.sk/p/425/menic-napaetia-rn-6-24vdc12vdc-2a>
- [6] Parkside. [cit. 2018-05-17], dostupné: <http://parkside.6f.sk/2017/06/14/bateria-x-20-v-team-parkside-pap-20-a1/>
- [7] Mobilnetelefony. [cit. 2018-05-17], dostupné: <https://www.mobilnetelefony.sk/power-bank-cne-pb26sm-externa-bateria-2600mah-11866.htm?c=178>
- [8] Alza. [cit. 2018-05-18], dostupné: <https://www.alza.sk/joystick-genius-flight-2000-d39951.htm>
- [9] Gendzo. [cit. 2018-06-18], dostupné: <https://www.gendzo.sk/urob-si-sam/instalacia-a-prve-spustenie-raspberrypi>
- [10] Adafruit. [cit. 2018-06-18], dostupné: <https://learn.adafruit.com/adafruit-raspberry-pi-lesson-4-gpio-setup/configuring-i2c>
- [11] Adafruit. [cit. 2018-06-22], dostupné: <https://learn.adafruit.com/adafruit-dc-and-stepper-motor-hat-for-raspberry-pi/installing-software>
- [12] Adafruit. [cit. 2018-06-22], dostupné: <https://learn.adafruit.com/adafruit-dc-and-stepper-motor-hat-for-raspberry-pi/using-dc-motors>
- [13] Adafruit. [cit. 2018-06-22], dostupné: <https://learn.adafruit.com/adafruit-dc-and-stepper-motor-hat-for-raspberry-pi/using-stepper-motors>
- [14] AirborneSurfer. [cit. 2018-06-22], dostupné: <http://airbornesurfer.com/2015/04/how-to-setup-a-generic-joystick-or-gamepad-in-ubuntu-linux/>
- [15] DexterIndustries. [cit. 2018-06-22], dostupné: <https://www.dexterindustries.com/howto/run-a-program-on-your-raspberry-pi-at-startup/#local>

J. Kaňuch - je absolvent Vysokej školy technickej v Košiciach, Elektrotechnická fakulta, Katedra elektrických pohonov v odbore Silnoprúdová elektrotechnika so zameraním na elektrické stroje a prístroje (Ing. 1986). Odvtedy pracuje na danej katedre (teraz Katedra elektrotechniky a mechatroniky na Fakulte elektrotechniky a informatiky Technickej Univerzity v Košiciach), v súčasnosti ako docent. V roku 2006 získal titul PhD. v odbore Silnoprúdová elektrotechnika a v roku 2018 sa habilitoval v tom istom odbore.

Oblasti profesijného a odborného záujmu: Elektrické stroje a prístroje, Grafické CAD systémy, Elektrické pohony, Automobilová elektrotechnika a mechatronika, EMC a Priemyselná elektronika.

T. Drobot – je v súčasnosti študentom inžinierskeho štúdia v študijnom programe Elektrotechnické systémy (v odbore elektrotechnika) na Fakulte elektrotechniky a informatiky Technickej univerzity v Košiciach, kde v roku 2018 získal na Katedre elektrotechniky a mechatroniky titul Bc.