



Středoškolská technika 2022

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

RoBoautičko sledující čáru s pomocí kamery

Václav Poustka, Mathew Orson Bosak

VOŠ a SPŠE Plzeň
Koterovská 85, Plzeň

Úvod

Cílem práce je sestavit vozítko podle kritérií, která jsou stanovena soutěží „ROBO-VOZÍTKO PLZEŇ 2022“. Při dodržení těchto kritérií se můžeme soutěže i účastnit.

Kritéria:

- maximální velikost robotického vozítka (délka x šířka): **200 x 200 mm**
- počet náprav: neomezeno
- šasi: neomezeno
- výkon motorů: neomezeno
- pohon vozítka: **elektromotory**
- kola, pásy a další technické mechanismy vozítka **nesmí poškozovat dráhu a ani povrch dráhy**
- vozítko bude tvořit **jeden celek**
- osazení kelímku na vozítko: kelímek bude postaven do **obložení ve tvaru prstence**
- řízení vozítka na dráze pomocí **kamerového systému** umístěného na vozítku

1 Vzorce

Pro výpočet rychlosti lze použít vzorec:

$$v = 2\pi r_{kolo} \cdot R \quad (1)$$

Kde R jsou otáčky motoru za minutu a r_{kolo} je poloměr kola v metrech.

Pro výpočet maximálního zrychlení kelímku platí vztah (viz příloha 1):

$$a_{max} = \frac{r_{podstava} \cdot g}{h_{těžiště}} \quad (2)$$

Kde g je tíhové zrychlení na Zemi, $r_{podstava}$ je poloměr podstavy kelímku a $h_{těžiště}$ je výška těžiště kelímku (i s vodou) měřená ode dna.

Pro výpočet zrychlení vozítka lze užít vzorec:

$$a_{max} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (3)$$

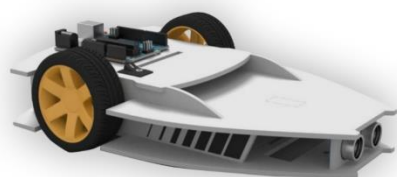
Kde Δv je změna rychlosti za změnu času Δt .

2 Technické provedení

V technické části je důležité zabránit vniknutí vody do elektrické části vozítka. Nejde zde o vodotěsnost, jako spíše o technické řešení umístění kelímku s vodou a zároveň řešení jeho případného zvrhnutí.

2.1 Design a konstrukce

Práce se volně inspiruje internetovou ilustrací arduino vozítka, které se skládá z několika vrstev tisknutého materiálu (viz obr. č. 1).



Obr. 1: Arduino vozítko

Naše robo vozítko je z velké části tištěno na 3D tiskárně z materiálu

PLA. Přední kolo v podobě kuličky je použito ze stavebnice *mBot* (viz obr. č. 3) a zadní kola nasazená přímo na pohon jsou sestaveny ze stavebnice *merkur*.

V přední části je na vozítku připravený úchyt na pevné uchycení kamery, které při pohledu shora s trochou fantazie připomíná ležícího panáčka (viz obr. č. 2).



Obr. 2: Robo vozítko – horní část

V horní části se nachází dvě podélné zábrany, které svou výškou zabraňují vylití převážené vody dovnitř vozítka (skrz otvory na osy kol).

Samotný kelímek je umístěn uprostřed osy kol, aby nedocházelo k bočnímu momentu vody uvnitř kelímku.

Na boku vozítka je název školy a informace o tom, jaký program autíčko ovládá.

2.2 Maximální zrychlení a rychlost vozítka

Ve vozítku jsou požitý dva elektrické motory o otáčkách okolo 130 RPM. Z toho lze pomocí poloměru kola, který je přibližně 3 cm, dopočítat (viz vzorec 1) maximální rychlost, která není nijak závratná ($25 \text{ m/min} = 0,42 \text{ m/s}$). Důvodem použití motorů bez převodovky byla náročnost vytváření převodů v takto malém prostoru stanoveném pravidly.

Během tohoto projektu jsme se dále zaměřili na výpočet maximálního zrychlení vozítka. Ze vzorce 2 lze jednoduše dopočítat maximální zrychlení nebo zpomalení, při kterém ještě nedochází k převržení kelímku.

Z výpočtu vychází celkem vysoká zrychlení. Při hodnotách poloměru kelímku 2,5 cm a výšce těžiště 5 cm (při 50 ml vody) získáme hodnotu okolo 5 m/s^2 . S porovnáním s rychlostí vozítka by muselo zrychlit na svou maximální rychlost za 1/12 sekundy (viz vzorec 3), což z pozorování můžeme vyloučit. Pozorujeme pomalý náběh otáček – v rámci 0,5 až 1 sekundy.

2.3 Hardware

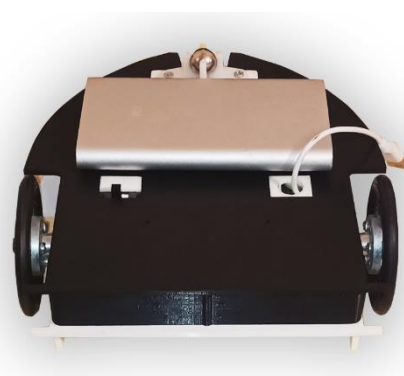
Vozítko dále obsahuje kameru *Raspberry pi camera module V2*, která je umístěna v přední části viz Design a konstrukce. Uvnitř se skrývá mozek vozítka, kterým je *Raspberry pi 3b+*. Díky tomuto mikropočítači je vozítko schopno pracovat s obrazem, který získá z kamery a na základě něj se orientovat podle čáry, která značí dráhu.

Počítali jsme s možností napájet vše 7,4 V, ale to byl problém. Při „step-down“ převodu na 5 V, které požaduje Raspberry, nedokázala baterie napájet zároveň všechny části vozítka (malý proud).

V rámci zachování konstrukce napájíme autíčko dvěma bateriemi, a to 5V powerbankou viz obr. č. 3., která napájí Raspberry a sama je k vozítku přilepena pomocí suchého zipu. Dále je ve vozítku 7,4V Li-Pol baterie, která napájí vše ostatní.

Raspberry je připojeno k vodiči, který je vidět na obr. č. 3. Tento vodič nemá vlastní spínač a raspberry se spustí, jakmile je vodič připojen k powerbance nebo do sítě pomocí adaptéru. (Toto není nejvhodnější řešení!) Spínač na levé straně připojuje baterii o 7,4 V.

V autíčku je dále umístěna *neoled* programovatelná lišta (6x LED) a integrovaný obvod *L293D – motordriver*, který umožňuje jednoduchou změnu směru rotace motorů.



Obr. 3: Robo vozítko – spodní část

3 Software

Na mikropočítači běží operační systém Raspbian OS (jádem je Linux). Na mikropočítači tak je možné spustit programy napsané v jazyce Python.

S trochou námahy se nám podařilo sestavit program, který pomocí několika základních knihoven dokáže vyhledávat čáru. Princip je podobný jako u infračerveného snímače, který má pouze 2 hodnoty.

U kamery stačilo skenovat pouze linii 240x5 pixelů, kde šířka je 240 a výška 5. Celá sekvence je rozdělena do pěti sekcí (LL, L, C, R, RR), kde se počítá aritmetický průměr. Vozítko směřuje vždy směrem, kde je výsledek průměru nejvyšší a v případě ztracení čáry pokračuje v pohybu původním směrem.

Program se spouští se spuštěním Raspberry. Po spuštění program čeká na výraznou černou barvu, ale při nedostatku osvětlení je třeba zasvítit přímo do kamery světlem.

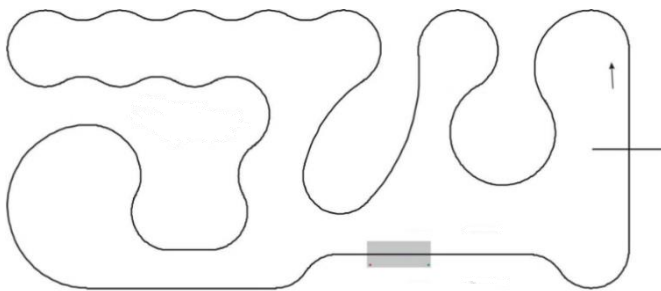
Aktuální pohyb je signalizován *neoled* páskem v boční straně vozítka.

Složení soutěžního týmu

Václav Poustka	Návrh konstrukce, designu a programování RoBovozítka
Mathew Orson Bosak	Grafické zpracování RoBovozítka v podobě výstupní prezentace a spolupráce ve smyslu návržení vhodného algoritmu pro pohyb vozítka po čáře

Závěr

Jelikož jsme dodrželi veškerá kritéria, účastnili jsme se soutěže, kde jsme se umístili na 3. místě. Vozítko ujelo dráhu (viz obr. č. 4) v pátém nejrychlejším čase 2 minut a 3 sekund.



Obr. 4: Dráha pro vozítka

Snažili jsme se udělat lineární pohyb (pomocí PWM), ale to se nám bohužel nepovedlo, ale byli jsme pravděpodobně blízko (návrh správný x náročnost softwarového PWM – vytížení procesoru).