



**Vyšší odborná škola
a Střední průmyslová škola elektrotechnická
Plzeň, Koterovská 85**

DLOUHODOBÁ MATURITNÍ PRÁCE

Téma: Výukový kolový robot s kamerou

Autor práce: Jan Ocelík
Obor studia: 78-42-M/01 Technické lyceum
Třída: 4. L
Předmět: Kybernetika
Zadávací učitel: Ing. Pavel Jedlička
Dne: 27. 3. 2024

Hodnocení:



Vyšší odborná škola
a Střední průmyslová škola elektrotechnická
Plzeň, Koterovská 85

Zadání dlouhodobé maturitní práce

Žák: Jan OCELÍK
Třída: 4. L
Studijní obor: 78-42-M/01 Technické lyceum
Zaměření: Kybernetika

Školní rok: 2023 - 2024

Téma práce: **Výukový kolový robot s kamerou**

Pokyny k obsahu a rozsahu práce:

1. Seznamte se s platformou Raspberry Pi
2. Vyberte kameru, napájení, motory a senzorové moduly pro použití v robotovi
3. Seznamte se se softwarem KiCAD pro návrh PCB
4. Navrhněte a vyrobte PCB fungující jako hardwarová sběrnice pro moduly a RPi
5. Navrhněte a vyrobte kostru robota
6. Naprogramujte knihovny pro práci s robotem v jazyce Python
7. Naprogramujte knihovnu pro práci s obrazem z kamery robota

Plán konzultací:

19. 10. 2023	Návrh plošného spoje
23. 11. 2023	Kompletace hardwaru
11. 1. 2024	Konfigurace Raspberry Pi, příprava knihoven na programování
8. 2. 2024	Příprava ukázkových programů, dokumentace

Požadavek na počet vyhotovení maturitní práce: 2 výtisky

Termín odevzdání: **27. března 2024**
Čas obhajoby: **15 minut**
Vedoucí práce: **Ing. Pavel JEDLIČKA**

Projednáno v **katedře ODP** a schváleno ředitelem školy.

V Plzni dne: 30. září 2023

Mgr. Vlastimil Volák
ředitel školy

Anotace

Cílem této maturitní práce je za pomoci opensource programů navrhnout a zkonstruovat robotické vozítko vhodné pro začátečníky i pokročilé s možností jednoduchého sestavení a případného rozšíření o sensorové moduly. Dalším úkolem je vyvinout firmware a API pro jednoduché skriptové programování i komplexnější programování s využitím obrazového vstupu a připravit ukázkové příklady kódu k předvedení jednotlivých funkcí robota. Posledním úkolem je zpříjemnit práci s robotem, zhodnotit přínosy a možnosti využití projektu ve vzdělávání a vypracovat potřebnou dokumentaci.

„Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně a použil literárních pramenů a informací, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury a zdrojů informací.“

„Souhlasím s využitím mé práce učiteli VOŠ a SPŠE Plzeň k výuce.“

Plzni dne: Podpis:

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Pavlovi Jedličkovi za pomoc se softwarem, Jiřímu Švihlovi za pomoc s plošným spojením a obsahem dokumentace a rodině a přátelům za psychickou podporu. Také děkuji všem dohromady za to, že mě k práci včas dokopali.

Obsah

Anotace	2
Poděkování	3
Obsah	4
1 Úvod	6
1.1 Cíle a požadavky	7
1.1.1 Komponenty a moduly)	7
1.1.2 Základní deska	7
1.1.3 Šasi (tělo)	7
1.1.4 API	8
1.2 Návrhový software	9
1.2.1 KiCAD	9
1.2.2 Onshape	9
1.2.3 Code OSS/VS Code	10
1.3 Výrobní technologie	12
1.3.1 3D tisk	12
2 Hardware	13
2.1 Prototyp A (Programovatelné auto)	13
2.1.1 Moduly	13
2.1.2 Konstrukce	13
2.2 Prototyp B (EWRWC)	14
2.2.1 Základní deska (Raspberry Pi Add-on)	14
2.2.2 Moduly	14
2.2.3 Konstrukce	14
3 Software	15
4 Závěr	16

Seznam obrázků	17
Seznam příloh	18

1 Úvod

V dnešní době se stále více hovoří o automatizaci a digitalizaci a tyto trendy mají velký vliv na společnost. Robotika a autonomní systémy jsou jednou z klíčových oblastí, které se rozvíjejí v rámci těchto trendů a mají potenciál změnit mnoho aspektů našeho života.

Vzdělávání a výuka v této oblasti se také stávají stále důležitějšími, protože mnoho pracovních pozic, které budou v budoucnosti vyžadovat znalosti robotiky a programování, ještě neexistuje. Výuka v této oblasti tak může být klíčová pro přípravu studentů na pracovní trh budoucnosti.

Proto jsem se rozhodl věnovat svou ročníkovou práci právě problematice robotiky a vytvořit autonomní auto, které bude sloužit jako výuková pomůcka. Můj záměr je ukázat, jak moderní technologie mohou být využity k tomu, aby byli studenti lépe připraveni na budoucí výzvy v oblasti robotiky a informatiky.

Při tvorbě prototypu se budu snažit využít nejnovější poznatky v oblasti robotiky a programování, a to jak z teoretického hlediska, tak praktických zkušeností z mých předchozích aktivit. Cílem bude vytvořit zařízení, které bude snadno ovladatelné a srozumitelné pro studenty různých věkových kategorií, a zároveň bude dostatečně funkční a výkonné pro splnění zadaných úkolů.

Věřím, že tato ročníková práce přispěje k popularizaci robotiky a podpoří zájem studentů o tuto oblast. To může mít pozitivní vliv na jejich budoucí kariéru a na rozvoj robotiky v České republice.

1.1 Cíle a požadavky

Hlavním cílem této ročníkové práce je návrh a výroba platformy robota složené z Raspberry Pi, jedné univerzální desky a běžně dostupných komponent.

1.1.1 Komponenty a moduly)

Použité komponenty by měly mít veřejně dostupnou dokumentaci, aby si software pro ně mohl naprogramovat každý, který se k robotovi dostane, nebo si ho sám vyrobí.

Důležitý je také výběr napájení, v případě robotického vozítka tedy baterie, tak, aby udrželo robota v provozu po přiměřeně dlouhou dobu a aby zároveň dokázalo vykrýt proudové špičky.

Výběr baterie souvisí i s výběrem motorů. Kvůli proudové náročnosti bývají motory často napájeny přímo z baterie, pouze přes proudovou ochranu. Je tedy žádoucí vybírat baterii tak, aby svým napětím spadala do napájecího rozsahu vybraných motorů.

1.1.2 Základní deska

Deska by měla obstarávat veškeré základní funkce robota, jako například ovládání motorů, nabíjení betrie a komunikaci s externími I2C/SPI senzory a moduly. Deska by také měla splňovat mechanickou specifikaci Raspberry Pi uHAT (Příloha I.) a ideálně i elektrickou specifikaci.

Stejně jako moduly, i součástky použité na vlastní základní desce by měly mít dostupnou dokumentaci. Zjednoduší se tím nejen práce při vývoji, ale také práce koncových uživatelů, kteří by chtěli programovat na úrovni bližší hardware a například využít ještě neimplementovaných funkcí použitých integrovaných obvodů.

1.1.3 Šasi (tělo)

Šasi robota by mělo být vyrobeno tak, aby bylo uzavíratelné, tedy bezpečné pro jakýkoli přenos i při nešetrném zacházení, ale aby také umožňoval ladění robota a zapojování externích senzorů za provozu.

Mělo by být navrženo co nejkompaktněji, aby umožňovalo snadnou manipulaci i menším dětem a nevyžadovalo při testování zbytečně velký prostor. Žádoucí je také organičnost tvaru šasi, která podpoří komfortnost uchopení robota. Bonusem může být i výsledná roztomilost malého robota.

1.1.4 API

Dalším požadavkem je co nejvíce zpříjemnit uživateli práci s robotickým vozítkem, tedy vytvořit API nebo knihovnu pro práci s hardwarem robota, včetně připojených externích modulů.

Nedílnou součástí je také dokumentace k danému API/knihovně, aby i nový uživatel zvládl robota pomocí tohoto API/knihovny naprogramovat.

1.2 Návrhový software

1.2.1 KiCAD

KiCAD je open-source software pro návrh plošných spojů. Obsahuje několik různých studií a pro návrh PCB je nejdůležitější **Editor schémat**, **Editor DPS**.

Editor schémat

Editor schémat slouží ke tvorbě schémat zapojení, schéma není sice pro návrh PCB nezbytný, ale díky úzkému propojení s Editorem DPS zjednoduší a zpřehlední práci při designu samotné desky. Schéma je důležité také kvůli dokumentaci a případnému řešení problémů. Ze studia je také možné pomocí skriptů exportovat seznam součástek rovnou pro jednotlivé obchody.

Editor DPS

Nejdůležitějším studiem pro výrobu PCB je Editor DPS, ve kterém uživatel rozmisťuje jednotlivé součástky a propojuje je pomocí cest. Finální návrh lze z editoru exportovat přímo do gerber souborů, které uživatel pošle výrobcí DPS, který je podle nich schopen plošný spoj vyrobit.

Z editoru jde exportovat i soubor umístění součástek, který slouží k automatickému osazení PCB v osazovací firmě. Bohužel, formát tohoto souboru se u každé firmy liší, uživatel tedy musí buď manuálně soubor projít a upravit, nebo pomocí komunitních skriptů může tento proces zautomatizovat.

1.2.2 Onshape

Onshape je on-line software pro návrh 3D součástí. V programu se vytváří takzvaný dokument, ve kterém se nadále dají zakládat „studia“. Onshape nabízí mnoho zajímavých možností, běžného uživatele však zajímají tato tři hlavní studia - **Part Studio**, **Assembly** a **Drawing**.

Part Studio

Part Studio slouží, jak už název napovídá, k vytváření jednotlivých dílů. Díly se tvoří a upravují pomocí příkazů, jako například **Sketch** (sloužící k sestrojení 2D náčrtu), **Extrude** („vytáhnutí“ náčrtu do třetího rozměru) nebo **Fillet** (zaoblení hran). Tyto příkazy lze vyvolat kliknutím na jejich ikonu v horní liště programu, přepsáním jejich názvu do **Search tools**, nebo, u některých více používaných, klávesovými zkratkami.

Assembly

Další studio v programu Onshape, Assembly, slouží ke spojování (nebo alespoň aranžování) jednotlivých dílů. K tomuto účelu slouží příkazy, které se opět nechají vyvolat několika způsoby, včetně klepnutí na ikonu v horní liště studia. Další výhodnou funkcí tohoto studia je **Create Part Studio in context**, což dělá přesně to, co se v názvu píše; vytvoří studio dílu v kontextu se sestavou. Tato funkce může hodně usnadnit vytváření některých dílů, jelikož můžete vytvářet daný díl s referencemi na jiné díly v sestavě.

Drawing

Drawing se dá vyvolat jak samostatně, tak rovnou v kontextu s daným dílem, a to jak z Part Studia, tak z Assembly. Uživatelé stačí, když v seznamu dílů vybere danou položku a přes kontextové menu vybere možnost **Create Drawing of...** Výkres se zde upravuje také pomocí příkazů, stejně jako v ostatních studiích. **Drawing** studio umožňuje také globální nastavení kót, písma, čar atd.

Code OSS je opensource IDE vyvíjené firmou Microsoft. Vzniklo jako konkurent programu Atom, který se nyní již nevyvíjí. Stal se oblíbeným hlavně díky podpoře obrovského množství programovacích i značkovacích jazyků (např. python, c++, java, xml, html). Má také velice intuitivní ovládání a šikovně zvolenou paletu barev.

1.2.3 Code OSS/VS Code

Code OSS a Visual Studio Code jsou téměř identické IDE, jediným pozorovatelným rozdílem je absence některých rozšíření v „marketplace“ v Code OSS (i to se dá ale instalací doplňkového balíku opravit).

Možnou alternativou k tomuto programu je Arduino IDE, které má také velkou podporu vývojových desek, ale kvůli svým předešlým zkušenostem (a horší vybavenosti starších verzí Arduino IDE) jsem se rozhodl použít pro programování RP2040 VS Code v kombinaci s rozšířením Platformio.

PlatformIO

Platformio je rozšíření do VS Code umožňující překlad C++ kódu a následný upload do předdefinovaných jednočipů (např. atmega328). Je to šikovný kus softwaru s několika užitečnými funkcemi navíc, jako např. automatická detekce zařízení, seznam dostupných knihoven, snadná instalace a integrace daných knihoven do projektů a další.

PyCharm

Pycharm je Python IDE od firmy JetBrains, není sice open-source, ale je k dispozici komunitní (trochu ořezaná, ale stále bohatě postačující) verze tohoto programu. Celý projekt by se dal psát ve VS Code, jelikož má podporu pro téměř všechny programovací jazyky, ale kvůli robustnosti a širším možnostem ladění, je Pycharm vhodnější pro psaní náročnějších Python programů.

1.3 Výrobní technologie

1.3.1 3D tisk

3D tisk je moderní technologie, která umožňuje vytvářet fyzické objekty ze 3D digitálních modelů. Tento proces začíná vytvořením digitálního modelu pomocí počítačového softwaru. Poté je tento digitální model převeden do formátu, který je kompatibilní s 3D tiskárnou. V průběhu tiskového procesu se materiál, obvykle termoplastického typu, zahřívá a aplikuje na specifická místa v souladu s digitálním modelem. Tento postup se opakuje vrstva po vrstvě, dokud není celý objekt hotov.

3D tisk má mnoho výhod, například umožňuje rychlé prototypování a výrobu malých sérií komplexních geometrických objektů. To se stává velmi užitečné v oblasti průmyslové výroby, kde může být vytvoření prototypu značně nákladné a časově náročné. Díky 3D tisku se náklady na výrobu mohou snížit a doba výroby může být zkrácena.

V posledních letech se cena 3D tiskáren snížila a uživatelé si mohou tisknout vlastní návrhy přímo z domova. Tato technologie také umožňuje vytvářet přizpůsobené a jedinečné předměty, což je velmi užitečné pro řadu různých aplikací, včetně medicíny, průmyslu a uměleckých oborů.

Díky jednoduchosti použití a možnosti tvorby téměř jakýchkoli tvarů je ideální volbou k výrobě kostry programovatelného auta.

2 Hardware

2.1 Prototyp A (Programovatelné auto)

2.1.1 Moduly

Blablabla

2.1.2 Konstrukce

Blablabla

2.2 Prototyp B (EWRWC)

2.2.1 Základní deska (Raspberry Pi Add-on)

Blablabla

2.2.2 Moduly

Blablabla

2.2.3 Konstrukce

Blablabla

3 Software

Blablabla

4 Závěr

Téma této ročníkové práce jsem si zvolil na základě předchozích praktických zkušeností s návrhem vlastních robotů. Pro první konstrukce jsem používal na laserové gravírce vyřezávanou překližku a později mi rozšíření a zlevnění 3D tisku umožnilo používat i tyto moderní technologie. Kostru, kryt, kola a kluzáky tohoto robota jsem vytiskl na 3D tiskárnách na VOŠ a SPŠE Plzeň.

Arduino, ultrazvukový senzor, Raspberry Pi Zero 2 w a kamera jsou z mých vlastních zásob, ostatní moduly/součásti pro napájení a pohon jsem zakoupil přímo pro tento projekt na webu <https://techfun.sk>, <https://radiokus.cz> a <https://dratek.cz>.

Krokové motory by se mohli zdát jako nevhodně zvolené pro jejich pomalost, ale zvolil jsem je z důvodu jejich robustnosti a odolnosti, protože pro použití ve výuce není rychlost rozhodující.

Pro krátkodobé použití s možností baterii kdykoli dobít je jedna baterie zcela postačující a robot tak může být kompaktnější.

Po praktických zkušenostech s návrhem této verze programovatelného auta bych do budoucna uvažoval o vlastním návrhu plošného spoje integrujícího funkce většiny použitých modulů. V tomto návrhu jsem také podcenil velikost potřebného prostoru pro vedení kabelů. Kryt je tedy velice těsný a při častější manipulaci hrozí poškození některých kabelů.

V této fázi Raspberry Pi s kamerou není plně integrován do robota a slouží pouze k demonstraci možností komunikace s robotem a v příštím návrhu bych jej chtěl pojmout jako rozšiřitelný kapotovaný modul pro větší odolnost.

Přínosem této ročníkové práce pro mě byly hlavně nové zkušenosti s návrhem šasi v <https://onshape.com> a tvorbou vlastní knihovny pro ovládání krokových motorů.

Také jsem si uvědomil, jak je důležité si práce na projektu rozvrhnout s dostatečným časovým předstihem a snažit se je dodržet.

Seznam obrázků

Seznam příloh

Příloha I.: uhat-board-mechanical.pdf