



Středoškolská technika 2014

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Wifi Tank – robot ovládaný přes wifi

Jiří Štěpanovský

Gymnázium Třebíč
Masarykovo nám. 9/116, Třebíč

Mobilní robot ovládaný přes wifi

Anotace

Práce popisuje konstrukci mobilního robota ovládaného přes bezdrátovou síť wifi nebo přes internet. Robot obsahuje upravenou IP kameru, která zajišťuje přenos obrazu a zvuku. Ovládá se zcela intuitivně v jakémkoliv webovém prohlížeči z počítače nebo mobilního telefonu bez nutnosti instalovat dodatečný software.

Klíčová slova: Mobilní robot; wifi; internet; přenos obrazu.

Abstract

This document describes construction of Wi-Fi controlled mobile robot. It has an modified IP camera, which provides the video and audio streaming. It is possible to control the robot via any web browser in a computer or a mobile phone.

Keywords: Mobile robot; WiFi; Internet; video streaming.

Obsah

| | |
|---|-----------|
| Úvod..... | 4 |
| 1 Koncept..... | 5 |
| 1.1 Požadované funkce a vlastnosti..... | 5 |
| 1.2 Výběr výkonné platformy..... | 5 |
| 1.3 Výběr IP kamery..... | 6 |
| 2 Mechanická konstrukce..... | 7 |
| 3 Elektronika..... | 8 |
| 3.1 Napájení..... | 8 |
| 3.1.1 Akumulátor..... | 8 |
| 3.1.2 Hlídač podvybití akumulátoru..... | 9 |
| 3.1.3 Zdroj..... | 10 |
| 3.2 Přijímač dálkového ovládání..... | 10 |
| 3.3 Řídící modul..... | 11 |
| 4 IP kamera..... | 12 |
| 4.1 Přidání konektoru..... | 12 |
| 4.2 Firmware..... | 13 |
| 4.3 Implementace nových funkcí..... | 13 |
| 5 Blokové schéma..... | 15 |
| 6 Kompletace..... | 16 |
| 7 Příručka k používání a údržbě..... | 17 |
| 7.1 Připojení..... | 17 |
| 7.2 Ovládání..... | 17 |
| 7.3 Nabíjení..... | 17 |
| 7.4 Údržba..... | 17 |
| 8 Vyjádření firmy Foscam..... | 18 |
| Shrnutí..... | 18 |
| Závěr..... | 19 |
| Významy některých zkratk..... | 20 |
| Seznam použitých zdrojů..... | 20 |

Mobilní robot ovládaný přes wifi

Úvod

Cílem práce je vytvořit mobilního robota ovládaného přes bezdrátovou síť wifi schopného přenášet obraz.

Roboti přenášející obraz nejsou žádnou novinkou. Jejich prvotní vývoj začal u armády. Možnost monitorovat prostory bez nutnosti ohrožovat vojáky na životech je pro armádu jednoznačnou výhodou. V dnešní době je průzkumných robotů v armádě hned několik typů a druhů, avšak jedno mají společné – cenově nejsou dostupné (pokud vůbec) pro běžné občany.

Trh s hračkami však dlouho neotálel a vytvořil několik platform, které se uchytily a rozšířily do podvědomí zákazníků. Bohužel ve většině případů neposkytují dostatečnou mechanickou odolnost nebo vyžadují instalaci rozsáhlých ovládacích modulů a jiných dodatečných programů. Zároveň jsou i tato zařízení prodávána za zcela neúměrně vysoké ceny.

Právě z toho důvodu, že na trhu doposud neexistuje alternativa, která by splňovala mé požadavky, jsem se rozhodl postavit vlastního robota schopného přenášet obraz. Pojmenoval jsem jej Wifi Tank a při jeho stavbě jsem se snažil vyvarovat všech chyb, jichž se dopustily výrobci podobných zařízení.

Mobilní robot ovládaný přes wifi

1 Koncept

1.1 Požadované funkce a vlastnosti.

Základní funkcí Wifi Tanku je přenášení obrazu z robota do ovládacího zařízení. Přenos by měl být uskutečněn po bezdrátové síti wifi. Požadavky na toto zařízení si taktéž zakládají na co nejširší možnosti nasazení, což projekt ovlivňuje hned v několika ohledech.

Robot by měl po zapnutí být schopen okamžitě začít pracovat. Ovládání musí být intuitivní a údržba nenáročná.

Konstrukce by měla být dostatečně robustní a odolná, elektronika spolehlivá a komunikace zabezpečená. Vyžaduje se nízká hmotnost a dobrá prostupnost terénem, která úzce souvisí s rozměry vozidla. Důraz je kladen na celkovou dobu provozu v terénu bez přístupu k elektrické energii.

Ovládání robota by mělo být zprostředkováno webovým prohlížečem, který je dnes dostupný ve většině počítačů a chytrých telefonech a nejen v nich. Předejde se tak potřebě instalovat dodatečný software a zvýší se variabilita nasazení.

1.2 Výběr výkonné platformy

Pro konstrukci Wifi Tanku bylo dopředu nutné vybrat výkonnou platformu, která bude zpracovávat všechny výpočetně náročné operace. Tím je především myšleno zachycování obrazu a jeho přenos po bezdrátové síti wifi.

Takovouto úlohu musí zpracovávat již výkonný systém, lze použít například netbook, ten je však příliš těžký a drahý. Nejčastěji používaná je platforma Raspberry Pi. Jedná se o kapesní počítač s dostatečným výkonem a přesto velmi nízkou cenou. Raspberry Pi však neobsahuje wifi modul ani kameru, proto musí být tyto komponenty, klíčové pro celý projekt, dokoupeny zvlášť a konstrukce by se tak výrazně prodražila. Též by bylo potřeba vyvinout vlastní software pro přenos obrazu a komunikaci, což by v důsledku vedlo akorát k prodloužení doby stavby a menší stabilitě a spolehlivosti.

Daleko zajímavější volbou je IP kamera, přestože její použití v robotice není příliš

Mobilní robot ovládaný přes wifi

rozšířené (takřka vůbec). Pro můj projekt se však IP kamera perfektně hodí. Již v základu obsahuje snímač obrazu a odladěný software, který nasnímaný obraz posílá pomocí protokolu TCP/IP přes internet. Některé typy mají i wifi modul a mnohdy i IR LED pro noční vidění. Ovládání přitom probíhá čistě ve webovém prohlížeči, a odpadá tak nutnost instalace dalšího softwaru a ovladačů.

1.3 Výběr IP kamery

IP kamery jsou standardně konstruovány pro zabezpečení prostor. Nemají proto žádné výstupy či jiné periferie, které by umožňovaly rozšíření funkcí. Existuje však jedna výjimka. IP kamery firmy Foscam neoficiálně podporují posílání sériových dat přes JTAG [1]. Původně toto rozhraní sloužilo k ladění firmwaru v kameře, avšak ve finálních produktech se jedná již o pozůstatek reprezentován pouze pájecími ploškami, nikoliv konektorem. Firmware si však tuto funkci nadále zachoval, a pokud se dostatečně upraví, nabízí se možnost posílat data přes sériový port v rozhraní JTAG, a ovládat tak další periferie.

Pro projekt Wifi Tank se nejlépe hodila IP kamera zmiňované firmy s označením FI8918W. Nabízí odladěný a spolehlivý firmware pro přenos obrazu a zvuku. K síti se připojí jak pomocí kabelu LAN, tak i bezdrátově přes wifi. Snímač obrazu je polohovatelný ve dvou osách a IP kamera obsahuje i několik infračervených LED pro přisvětlení ve tmě.

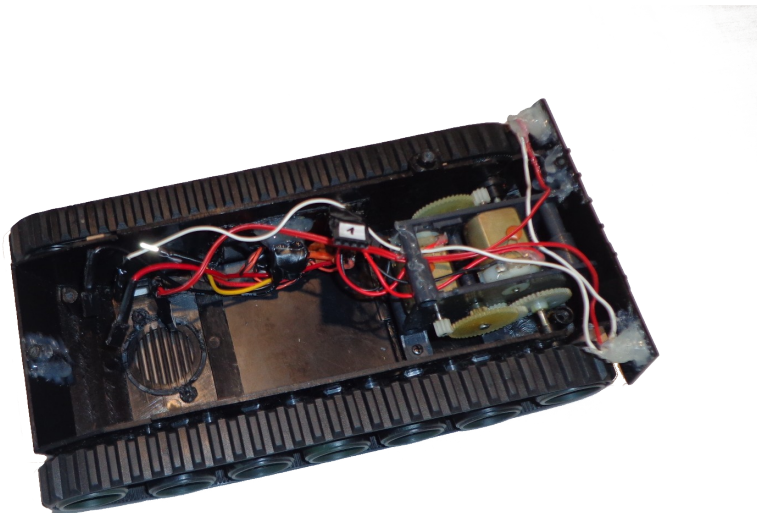
Mobilní robot ovládaný přes wifi



Obrázek 1 - IP kamera FI8918W

2 Mechanická konstrukce

Konstrukce Wifi Tanku je vyrobena z tanku na dálkové ovládání. Tank totiž poskytuje vysokou nosnost a velmi dobrou prostupnost terénem i ve venkovním prostředí, a použití tak není omezeno pouze na prostory uvnitř budov. Šasi tanku je vytvořeno z tvrdého plastu, čímž je zajištěna dobrá ochrana pro citlivou elektroniku uvnitř.



Obrázek 2 - Upravený podvozek tanku na dálkové ovládání

Mobilní robot ovládaný přes wifi

Podvozek tanku je zbaven původních držáků na tužkové baterie, které zbytečně zmenšovaly prostor uvnitř. K motorům jsou připojeny reversibilní konektory. Na jedné straně je umístěn reversibilní nabíjecí konektor pro nabíječku Li-Pol baterií a vypínač, kterým se celé zařízení zapíná a na zadní straně jsou upevněny dvě červené LED. Na vrchní část tanku je pak připevněna IP kamera a dvě vysoce svítivé bílé LED.

3 Elektronika

3.1 Napájení

3.1.1 Akumulátor

Pro napájení celého zařízení byl vybrán Li-Pol akumulátor. Ten se vyznačuje velmi vysokým poměrem kapacity ku hmotnosti a objemu, naopak je náchylný na přebíjení nebo hluboké vybití a je třeba těmto stavům předejít, jinak hrozí jeho trvalé poškození.

Použil jsem dvojčlánekový Li-Pol akumulátor s jmenovitým napětím 7,4 V a kapacitou 2200 mAh, který je dostatečně malý aby se lehce vešel do konstrukce tanku. Aby nedošlo k přebíjení článku, je nutné používat pro nabíjení pouze nabíječky přímo určené pro Li-Pol akumulátory. Ochranu proti hlubokému vybití zajišťuje Hlídač podvybití.



Obrázek 3 - Použitý Li-Pol akumulátor

Mobilní robot ovládaný přes wifi

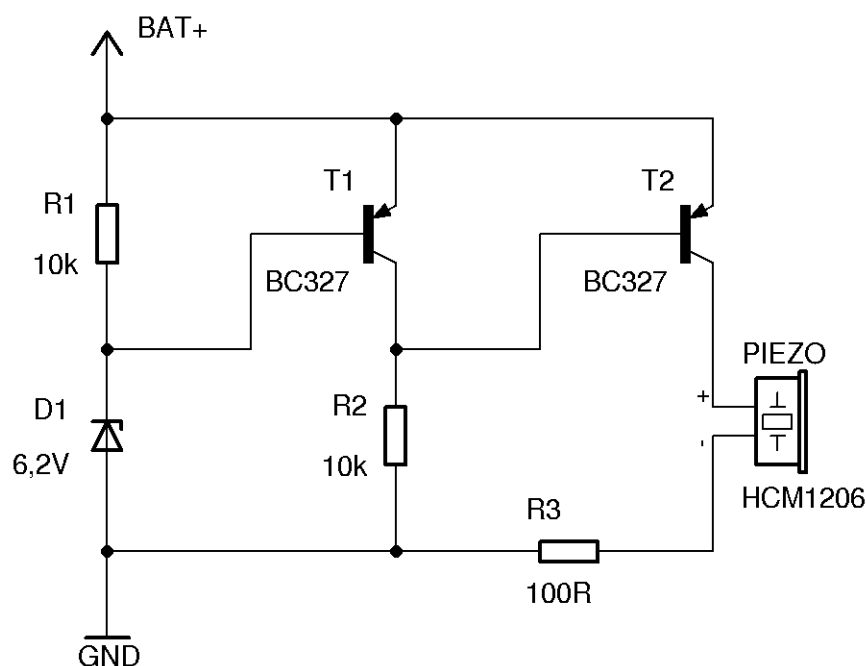
3.1.2 Hlídač podvybití akumulátoru

Z důvodu použití Li-Pol akumulátoru je nutné předejít jeho hlubokému vybití, proto jsem sestavil Hlídač podvybití, který na příliš nízké napětí na akumulátoru upozorní hlasitým zvukem. Záleží pak na rozhodnutí operátora, zda-li bude riskovat jeho poškození nebo robota vypne, případně připojí k nabíječce.



Obrázek 3 - Hlídač podvybití akumulátoru

Obvod se připojí paralelně k Li-Pol akumulátoru, a pokud jeho napětí klesne pod kritickou hodnotu, začne hlasitě bzučet. Kritická hodnota je nastavena bezpečně tak, aby i při jejím dosažení nehrozilo poškození akumulátoru, a operátorovi tak zbývalo dostatek času na vypnutí Wifi Tanku.

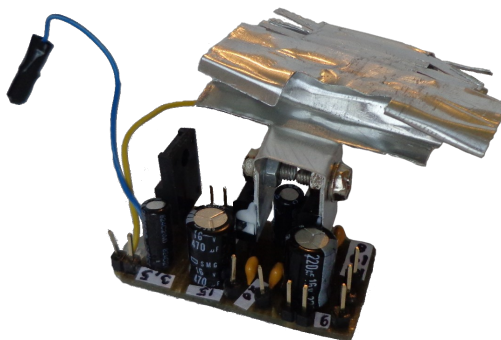


Obrázek 4 - Schéma Hlídače podvybití

Mobilní robot ovládaný přes wifi

3.1.3 Zdroj

Zatímco dvojčlánkový Li-Pol akumulátor má jmenovité napětí 7,4 V, zbylá elektronika vyžaduje stabilizovaných 5 V. Tuto stabilizaci zajišťuje právě Zdroj, který je připojen k akumulátoru; napětí sníží na potřebných 5 V a filtruje případné napěťové špičky. Zdroj vytváří tři navzájem oddělené napájecí větve (pro IP kameru, motory v podvozku a Řídící modul). Toto oddělení je potřeba hlavně z toho důvodu, aby motory, jenž mohou při provozu vytvářet vysoké napěťové špičky, nezpůsobovaly náhodné restartování mikrokontroléru a IP kamery nebo dokonce trvale nepoškodily citlivou elektroniku.



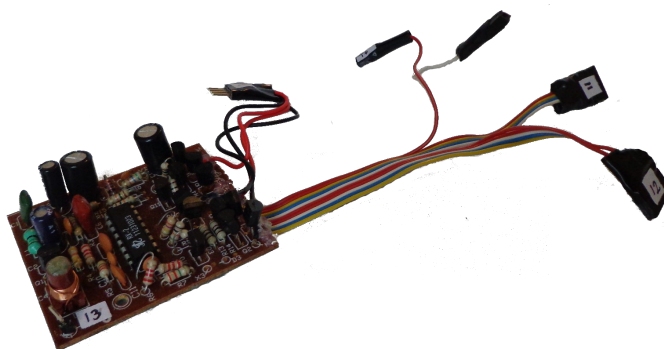
Obrázek 5 - Zdroj stabilizovaných 5 V

Úpravu napětí zajišťují tři stabilizátory napětí na 5 V s označením 78S05 [2]. Každý z nich je určen pro jednu napájecí větev. Aby nedošlo k přehřívání stabilizátorů, a s tím souvisejícím poklesem životnosti, jsou dva nejvytíženější z nich opatřeny chladičem, který jejich teplotu výrazně snižuje. Třetí stabilizátor určený pro napájení Řídícího modulu se chladit nemusí.

3.2 Přijímač dálkového ovládní

V tanku na dálkové ovládní se nacházel obvod pro ovládní motorů a příjem rádiových vln z vysílače. Jeho použití se přímo nabízí. Obsahuje totiž zesilovače na motory, nemusel jsem tedy sestavovat vlastní zesilovač, a rádiový přijímač, jehož využití s sebou přináší možnost ovládat Wifi Tank pomocí vysílačky, původně určené pro ovládní tanku na dálkové ovládní.

Mobilní robot ovládaný přes wifi

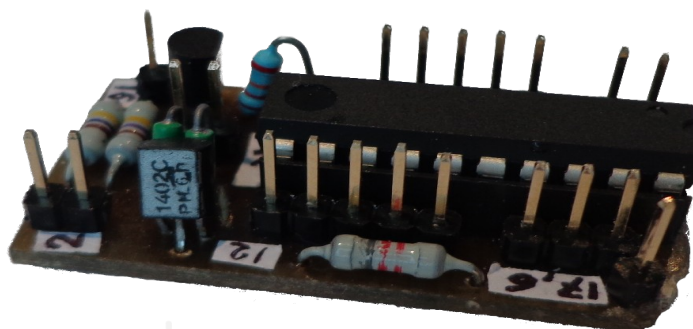


Obrázek 6 - Upravený přijímač dálkového ovládaní

Vodivá spojení mezi zesilovači a rádiovým přijímačem jsou přerušena, aby nedocházelo k rušení signálů. Zesilovače i rádiový přijímač jsou totiž napojeny na Řídící modul. Ten teprve zajišťuje možnost ovládat motory podle signálů z vysílačky.

3.3 Řídící modul

Řídící modul ovládá motory a čtyři LED upevněné na podvozku. Zároveň obstarává komunikaci s IP kamerou přes sériovou linku a přijímá signály z rádiového přijímače.



Obrázek 7 - Řídící modul s ATTINY2313

V modulu je krom několika pasivních součástek pouze mikrokontrolér Attiny2313 [3]. Jedná se o mikroprocesor řady AVR firmy Atmel. Je to vlastně jednoduchý počítač,

Mobilní robot ovládaný přes wifi

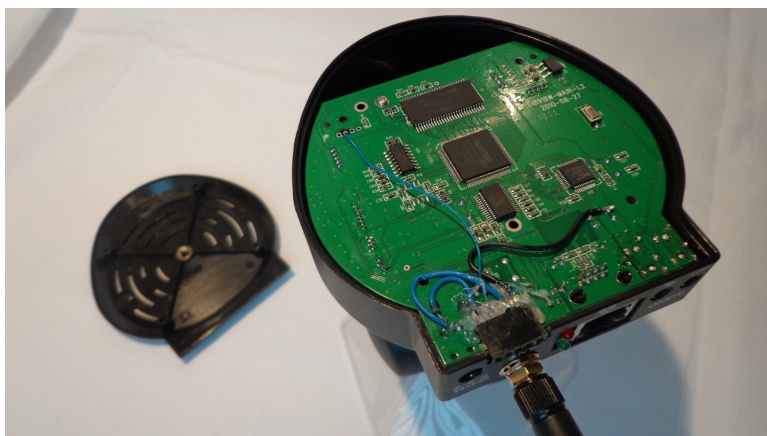
obsahuje paměť FLASH velikosti 2 kB, v níž si uchovává program, paměť RAM velikosti 128 bytů, v níž jsou dočasně uchovávány data programu – proměnné, 8-bitovou sběrnici a hlavní výpočetní jednotku, zde označovanou jako ALU.

Do mikrokontroléru je nahrán firmware, který zajišťuje ovládání motorů a světel v podvozku, a to na základě dekodování informací ze sériové komunikace s IP kamerou a signálů z přijímače dálkového ovládání.

4 IP kamera

4.1 Přidání konektoru

V IP kameře Foscam není JTAG reprezentován konektorem, ale pouze pájecími body.



Obrázek 8 - Upravená základová deska IP kamery

Jeden z těchto bodů reprezentuje výstup sériové linky. Vyvedl jsem proto z kamery 5-ti pinový reversibilní konektor, na který jsem připojil výstupní pin sériové linky a napájení, nebylo proto nutné pro napájení používat další konektor, a je tak možné propojit IP kameru se zbytkem robota pouze tímto jedním.

Mobilní robot ovládaný přes wifi

4.2 Firmware

Firmware IP kamery je rozdělen na dva základní bloky. Jeden obsahuje operační systém Embedded Linux, což je ořezaná verze operačního systému Linux, která je určena pro zařízení s nízkým výkonem a malou operační pamětí. V systému jsou již nahrány všechny potřebné moduly, díky nimž, pokud se IP kamera připojí k internetu, vytvoří na své IP adrese webový server, na nějž je možno se v rámci sítě připojit z jakéhokoliv webového prohlížeče. Druhý blok obsahuje webové rozhraní (webové stránky), které se zobrazí ve webovém prohlížeči a tvoří tak veškeré uživatelské prostředí.

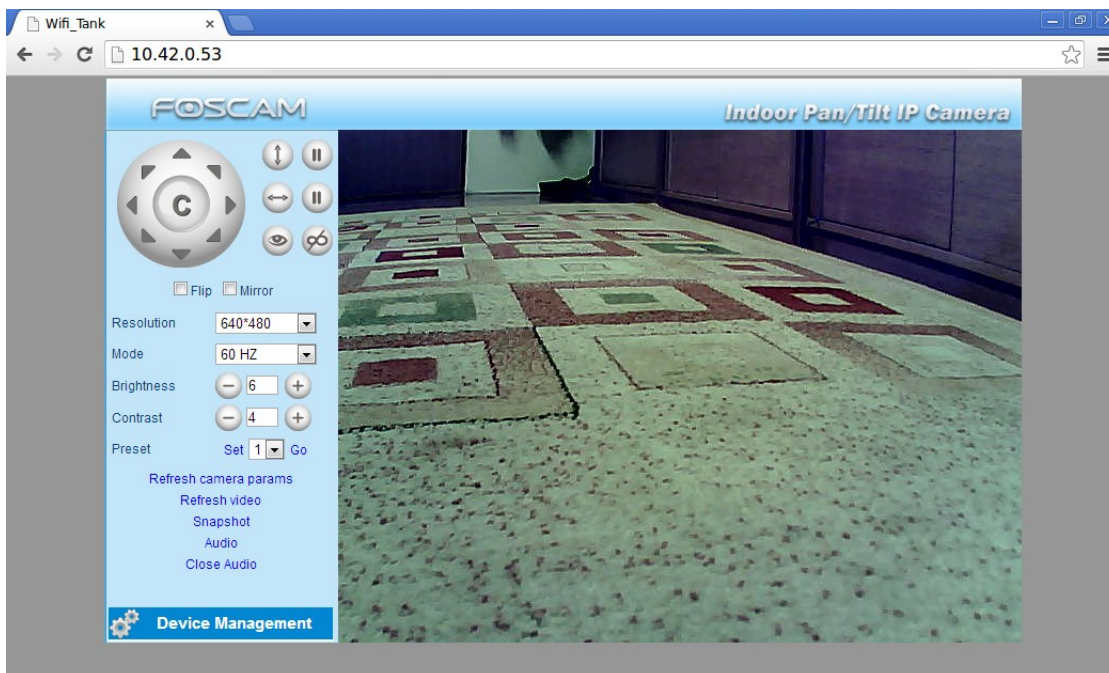
4.3 Implementace nových funkcí

Webové rozhraní se skládá hlavně ze souborů obsahujících HTML skripty, jenž se starají o zobrazení stránky ve webovém prohlížeči. Soubory s kaskádovými styly (CSS) obsahují informaci o stylu zobrazení, o barvě písma či jeho velikosti. V neposlední řadě se webové rozhraní skládá ze souborů se skripty v jazyce Javascript. Tento jazyk vykonává operace přímo ve webovém prohlížeči, nikoli na straně serveru, a zprostředkovává veškeré ovládání IP kamery.

Do HTML jsem přidal tlačítka pro ovládání motorů podvozku a pro ovládání světel. Původně IR světla byla ovládána automaticky, ovšem upravil jsem si i tuto možnost a přidal jsem možnost manuálního ovládání IR světel. Do javascriptových souborů jsem přidal funkci pro posílání dat po sériovém portu v IP kameře a taktéž jsem radikální změnou v ovládání docílil možnosti ovládat motory, pohyb kamery, IR světla a osvětlení tanku klavesami, což značně ulehčuje ovládání.

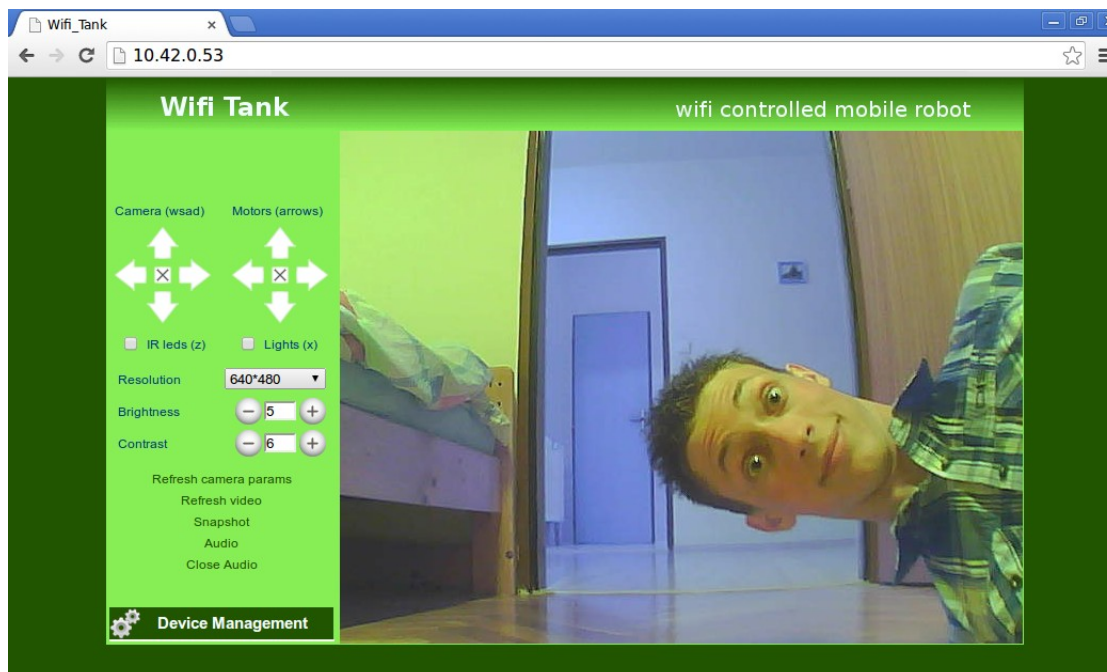
Nebyl jsem však zcela spokojen s designem původního webového rozhraní, a celkově jsem tak upravil všechny soubory HTML a CSS tak, aby mi design webového rozhraní více vyhovoval a vypadal přeci jen o něco lépe a tématičtěji.

Mobilní robot ovládaný přes wifi



Obrázek 9 - Původní webové rozhraní

Můžete sami porovnat mnou upravený design webového rozhraní s původním.

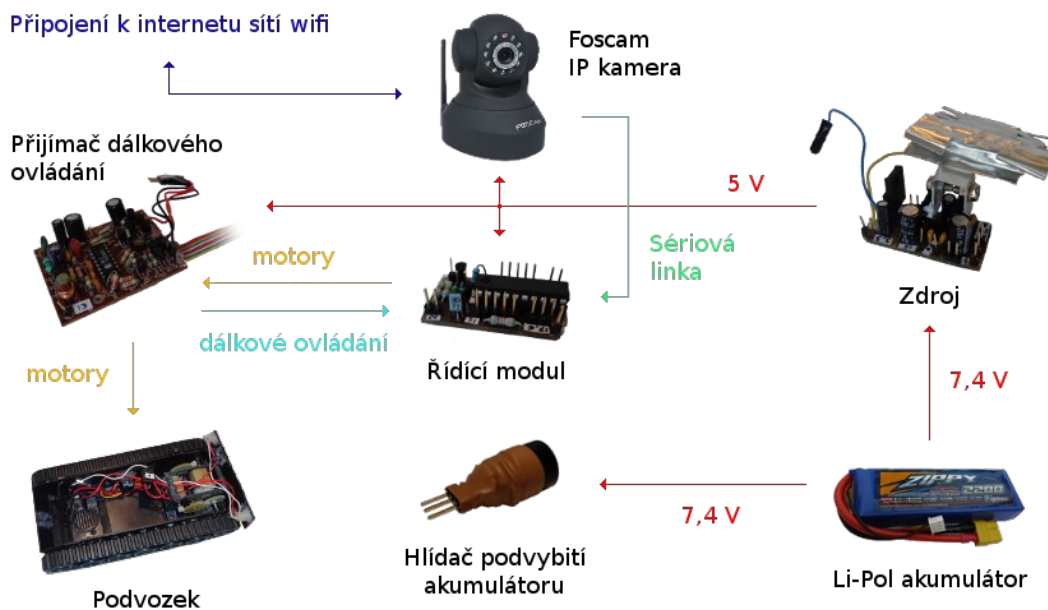


Obrázek 10 - Upravené webové rozhraní

Mobilní robot ovládaný přes wifi

5 Blokové schéma

Všechny části Wifi Tanku jsou vzájemně propojeny mezi sebou podle blokového schématu vyobrazeného níže.



Obrázek 11 - Blokové schéma Wifi Tanku

Mobilní robot ovládaný přes wifi

6 Kompletace

Wifi Tank se celkově skládá ze 7 částí a jednoho kabelu. Vše je propojeno pomocí očíslovaných konektorů. Elektronika je umístěna uvnitř konstrukce tanku.



Obrázek 12 - Jednotlivé části Wifi Tanku



Obrázek 13 - Elektronika uvnitř Wifi Tanku



Obrázek 14 - Wifi Tank



Obrázek 15 - Wifi Tank

7 Příručka k používání a údržbě

7.1 Připojení

Po zapnutí Wifi Tank automaticky začne vyhledávat přednastavenou wifi síť. Pokud tato síť neexistuje, připojte robota do své sítě pomocí LAN kabelu a přednastavte správnou wifi síť. V jakémkoliv webovém prohlížeči pak jen zadejte IP adresu Wifi Tanku, tu je možno nastavit pevně.

7.2 Ovládání

Robota můžete ovládat pomocí tlačítek ve webovém rozhraní nebo, pokud máte k dispozici klávesnici, jednoduše použijte klávesy WSAD pro ovládání kamery, šipky pro ovládání motorů.

7.3 Nabíjení

Wifi Tank potřebuje nabít v okamžiku, kdy vydává hlasitý výstražný zvuk. V takovém případě jej vypněte a při nejbližší příležitosti nabijte.

7.4 Údržba

Jednou z dokonalých vlastností Wifi Tanku je jeho (ne)potřeba jej udržovat. Díky použitým součástkám a prvkům je nejnáchylnější částí Li-Pol akumulátor. Jediná údržba zařízení tedy spočívá v jeho nabití alespoň jednou za jeden či dva měsíce.

Mobilní robot ovládaný přes wifi

8 Vyjádření firmy Foscam

Rozhodl jsem se kontaktovat firmu Foscam a seznámit ji s mou prací. Poslal jsem tedy email krátce popisující stavbu a funkce Wifi Tanku a očekával odpověď.

Firma zareagovala velmi přívětivě a můj projekt přivítala s nadšením. Dokonce Wifi Tank zveřejnila na svém Facebookovém profilu.

Přikládám citovaný obsah jednoho z emailů.

"Hi Jiri,

Ah, that's nifty!

We're going to show our support by presenting your Wi-Fi tank on our Facebook page, if you will, and if you have any more future projects using our cameras, let us know and we'll be more than happy to show our support!

Best Regards,

Michael"



Obrázek 16 - Profil firmy Foscam

Shrnutí

Wifi Tank je mobilní robot na pásovém podvozku, který se pomocí wifi připojí na lokální síť, avšak je možno jej připojit i k internetu. Pro provoz ve tmě je vybaven viditelnými světly a zároveň i silným neviditelným infračerveným světlem. Ovládat je jej možno ihned po zapnutí z počítače nebo dotykového zařízení s předinstalovaným webovým prohlížečem, není tedy potřeba instalovat dodatečný software. Wifi Tank přenáší do webového prohlížeče obraz a zvuk, oboje v dobré kvalitě bez větších latencí. Robota je

Mobilní robot ovládaný přes wifi

možné řídit kromě webového prohlížeče taktéž rádiovou vysílačkou, která ale samozřejmě nepodporuje zobrazení videa ani přehrávání zvuku.

Konstrukce Wifi Tanku je pevná a odolná vůči mechanickému poškození, což společně s pásovým podvozkem umožňuje provoz ve venkovním prostředí třeba i za nehostinných podmínek.

Zařízení obsahuje kvalitní akumulátor, který jej při plném nabití dokáže napájet až po dobu 4 hodin. Na vybití akumulátoru upozorní robot výstražným zvukem, ale nevypne se. Operátor tak může zcela s klidem Wifi Tank ještě nějakou dobu používat, a případně jej dostat z nepřístupných či nebezpečných míst.

Závěr

Ke stavbě Wifi Tanku jsem se rozhodl použít IP kameru, jejíž uplatnění v robotice není příliš běžné. Tato volba se však vyplatila. Odpadla tak potřeba řešit spojení mezi kamerou a výkonnou platformou, například Raspberry Pi.

Díky IP kameře, která mě stála 1 200 Kč, bylo taktéž možné snížit celkové finanční náklady na pouhých 2 500 Kč. Tím jsem se dostal až na samotnou hranici. Produkty podobných funkcí se na trhu prodávají za daleko vyšší ceny, a to přitom ani nedosahují takových kvalit.

Bohužel již není možné v tomto projektu pokračovat a nadále zlepšovat jeho kvality, neboť jsem již zkrátka vyčerpal možnosti IP kamery. Pro přidání senzorů nebo vyvinutí vlastní inteligence pro robota by již bylo nutné použít jinou platformu, která umožňuje běh vlastního softwaru, nebylo by však již možno dosáhnout tak nízké ceny.

Text práce, obrázky a další užitečné informace včetně zdrojových kódů budou k dispozici na WWW stránkách <http://jiristepanovsky.cz/wifitank/> , aby mohly posloužit jako zdroj inspirace a usnadnily tak dalším zájemcům práci na podobné téma.

Mobilní robot ovládaný přes wifi

Významy některých zkratk

| | |
|--------|---|
| IP | Internet Protocol – <i>částečný výraz pro internetový protokol TCP/IP</i> |
| LED | Light-Emitting Diode – <i>dioda vyzařující světlo</i> |
| JTAG | Joint Test Action Group – <i>rozhraní převážně určené pro ladění systému</i> |
| LAN | Local Area Network – <i>lokální síť</i> |
| AVR | Advanced Risc Machine – <i>mikroprocesorová řada výrobce Atmel</i> |
| Li-Pol | Lithium-ion Polymer – <i>akumulátor s vysokou kapacitou a malou hmotností</i> |
| HTML | HyperText Markup Language – <i>skriptovací jazyk pro webové stránky</i> |
| CSS | Cascading Style Sheets – <i>skriptovací jazyk určený pro stylizování HTML</i> |

Seznam použitých zdrojů

- [1] FOSCAM. IP Camera CGI V1.27. 2011. Dostupné z:
http://www.foscam.es/descarga/ipcam_cgi_sdk.pdf

- [2] STMICROELECTRONICS. L78Sxx datasheet. 2012. Dostupné z:
<http://www.farnell.com/datasheets/1631330.pdf>

- [3] ATMEL. ATtiny2313/V datasheet. 2010. Dostupné z:
<http://www.atmel.com/images/doc2543.pdf>