

AUTONOMOUS ROBOT WITH IMAGE PROCESSING

Adam Ligocki, Zbigniew Opiol

Bachelor Degree Programme (1), FEEC BUT

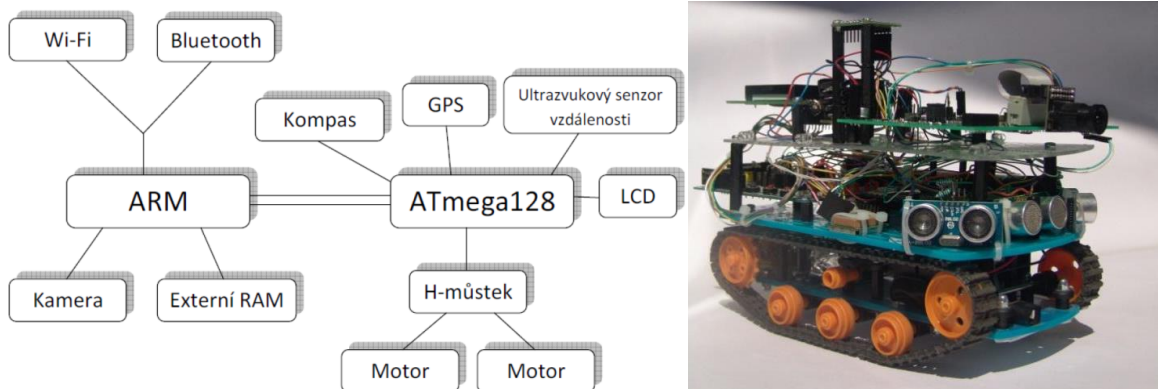
xligoc01@stud.feec.vutbr.cz, opiol.zbigniew@gmail.com

Abstract: The main objective of this project was to build a vehicle capable of autonomous movement. For this purpose robot is equipped with proximity sensors, compass, camera and GPS receiver. Vehicle has two microcontrollers. The first one (32 bit ARM) manages image processing. The second one (8 bit AVR) controls all remaining peripherals. Microcontrollers are interconnected by UART. Vehicle is communicating with PC through bluetooth and WiFi.

Keywords : Robot, ARM, AVR, image processing, autonomousride

1. ÚVOD

Tento projekt spojuje dvě dynamicky se rozvíjející problematiky. Jednou z nich je autonomní řízení vozidel. K dnešnímu dni mnoho firem pracuje na vývoji automobilů schopných nezávislého pohybu v městském provozu, které by dopravily náklad mezi dvěma body bez lidského zásahu. Druhým problémem je rozpoznávání obrazu. Mezi hlavní aplikace obrazové analýzy dnes patří diagnostika ve zdravotnictví nebo například rozpoznávání SPZ automobilů na dálnicích.



Obr. 1: Blokové schéma a fotografie robota

2. ROBOT S ANALÝZOU OBRAZU A NAVÁDĚCÍM SYSTÉMEM

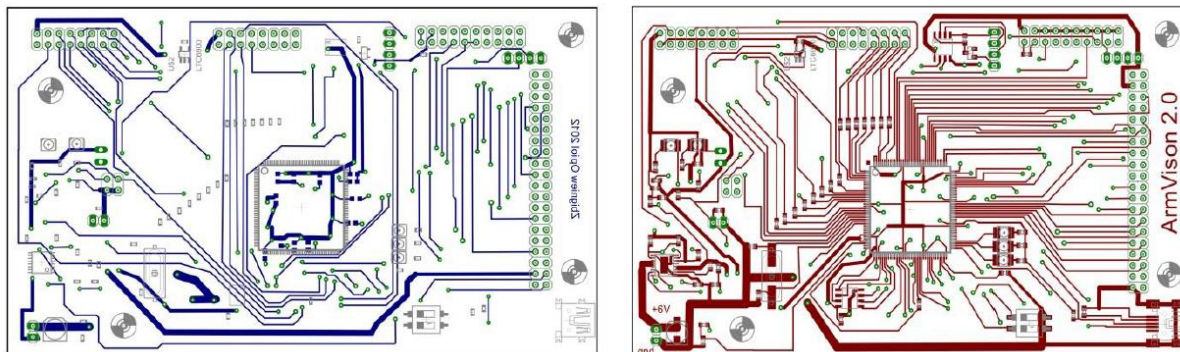
2.1. PROCESORY

Vozidlo je řízeno dvěma procesory komunikujícími po sériovém kanálu. První, 32bitový STM32F4 architektury ARM, snímá obraz z kamery a provádí analýzu obrazu. Zde je zajímavé řešení nedostatku vnitřní paměti procesoru. K ARMu je po SPI sběrnici připojena FRAM paměť, která umožňuje zápis rychlostí 4MB/s. Poté co procesor provede rozpoznání obrazu, rozhodne o jeho obsahu a tuto informaci přepoše do druhého mikrokontroléru. Následně je obraz přenesen do PC po Wi-Fi.

Procesor Atmega168 z rodiny AVR ovládá GPS, čidla vzdálenosti, elektronický kompas a řídí motory pomocí H-můstek. Získaná data jsou analyzována a v závislosti na používaném režimu je rozhodnuto o dalším pohybu vozidla. Následně jsou data přenesena do grafického formuláře v PC. Pro oba procesory jsme navrhli vlastní desky plošného spoje.

2.2. KAMERA

Pro snímání obrazu je použita kamera OV7670 s rozlišením 640x480 od firmy OmniVision. Modul je připojen k procesoru ARM po 8bitové sběrnici. Kamera po pořízení snímku odešle synchronizační signál a následně odešle celý snímek. Procesor po zachycení synchronizačního signálu přečte z obrazu výřez 320x200 pixelů, který je použit v analýze obrazu.



Obr. 2: DPS pro procesor ARM(strana BOTTOM a TOP, rozměr 120 x 95 mm).

2.3. GPS

Pro získání aktuální geopozice byl zvolen GPS přijímač UP501 od firmy Fastrax. Výrobce udává chybu určení polohy menší než pět metrů. Modul je připojen k procesoru po sériovém kanálu a komunikuje pomocí NMEA protokolu. Ten umožňuje jednoduché čtení údajů o pozici.

2.4. ULTRAZVUKOVÁ ČIDLA VZDÁLENOSTI

3 tyto čidla SRF05 jsou osazená v přední části vozidla. Díky nim má robot informace o oblasti v úhlu 45° na každou stranu ve vlastní ose. Komunikace se senzorem probíhá po dvou vodičích. Procesor vyšle trimovací impuls. Čidlo provede měření vzdálenosti a po echo vodiči vyšle zpět pulz, jehož délka je přímo úměrná naměřené vzdálenosti.

2.5. WI-FI A BLUETOOTH

Wi-Fi modul Nano Socket iWiFi od firmy ConnectOne je připojen k procesoru pomocí sériového rozhraní a obraz do počítače přenáší pomocí TCP/IP protokolů. Bluetooth modul OBS410i od firmy ConnectBlue pracuje jako virtuální sériový kanál po kterém procesor AVR přenáší data ze všech periférií, které ovládá.

2.6. GRAFICKÉ ROZHŘANÍ

Pro vizualizaci aktuálního stavu robota, zobrazení dat z čidel a vykreslení obrazu z kamery jsme vytvořili 2 okenní aplikace na platformě .NET. První slouží pro řízení vozidla, výběr pracovního režimu a zobrazení aktuálního stavu a polohy. Druhá aplikace využívá připojení na TCP server umístěn na robotu a pomocí TCP/IP protokolu nahrává a vykresluje obraz z kamery.

3. ANALÝZA OBRAZU

Princip rozpoznání značky spočívá v provedení hranové detekce a následovnou lokalizací značky v obraze. Konkrétní obrazec je identifikován pomocí bitové masky. Pro rozpoznání hran jsme zvolili Cannyho hranový detektor, který má velmi vysokou úspěšnost, ale je velmi náročný na výpočty. Jako vstupní data pro detektor je použit černobílý obraz. Při použití barevného obrazu by bylo možno dosáhnout lepších výsledků, ale zároveň by se zvedly nároky na paměť a výpočetní čas, přičemž kameru lze nakonfigurovat pro černobílý výstup, takže není nutná žádná konverze.

Druhým krokem je redukce šumu, která se obvykle provádí gaussovým filtrem. Po odstranění šumu se pomocí sobelova operátoru určí intenzita hrany ve směrech x i y . Výsledná intenzita hran se pro ušetření času určí součtem absolutních hodnot intenzit v x i y směru. Pro potlačení ne-maxima hrany se vypočítá arkus tangens jednotlivých složek, podle kterého se určí pixely pro bližší přezkoumání, což má za výsledek hrany které jsou ukázány pouze tenkou čarou. Z důvodu časové náročnosti a nedostatku paměti RAM tento krok neaplikujeme, neboť algoritmus na detekci značky jej nevyžaduje. Posledním krokem je hystereze. Ta určí, zda detekované hrany jsou skutečné. Nastaví se horní a spodní limit (určitě hrana a falešná detekce). Na interval mezi limity aplikujeme algoritmus, který kontroluje zda-li jsou v okolí vyšetřovaného bodu jiné hrany. Podle toho rozhodne, jestli se jedná o hranu nebo ne. Původní obraz zůstal uchován v paměti FRAM pro budoucí použití.

Dále je potřeba najít v obraze značku. Značku představují dva čtverce, jeden uvnitř druhého. Během detekce hran však může dojít k chybné (neúplné) detekci značky. Algoritmus najde všechny rohy, a roztrídí je (levý horní atd.). Poté je zpět do RAM nahrán původní obraz, který potřebujeme pro určení významu značky, jelikož již známé její souřadnice. Po lokalizaci značky se její obsah převede na dvě hodnoty a porovná s maskou uloženou v paměti. Masku s největší procentuální shodou určuje význam značky.

4. ZÁVĚR

Vytvořili jsme plně funkčního robota splňujícího všechny požadavky, které jsou uvedeny v rozboru. Po navázání kontaktu vozidla s počítačem je spuštěn příslušný režim a robot začne provádět příslušné rutiny. Úspěšnost rozpoznání značek se pohybuje mezi 80 až 90 procenty, v závislosti na světelných podmínkách. Při práci s GPS přijímačem robot dosahuje přesnosti dojezdu do stanoveného cíle okolo pěti metrů, což odpovídá toleranci přijímače. Při pohybu v autonomním režimu se robot se 100% spolehlivostí vyhýbá všem větším překážkám, které by ohrozili jeho jízdu.

Dále je možno projekt rozvíjet ve směrech vývoje ovládacích aplikací na tablety či smatphony, nebo přidání 2. kamery a vytvoření 3D rekonstrukce prostředí okolo robota, a následnou aplikaci této funkce.

REFERENCE

- [1] SLOSS, Andrew, Dominic SYMES a Chris WRIGHT. ARM System Developer's Guide: Designing and Optimizing System Software. 2004. ISBN 1558608745.
- [2] Peter Fleury Online. [online]. 2012 [cit. 2013-02-25]. Dostupné z: <http://homepage.hispeed.ch/peterfleury/>
- [3] CANNY, John. A Computational Approach to Edge Detection. 1986, č.6.