

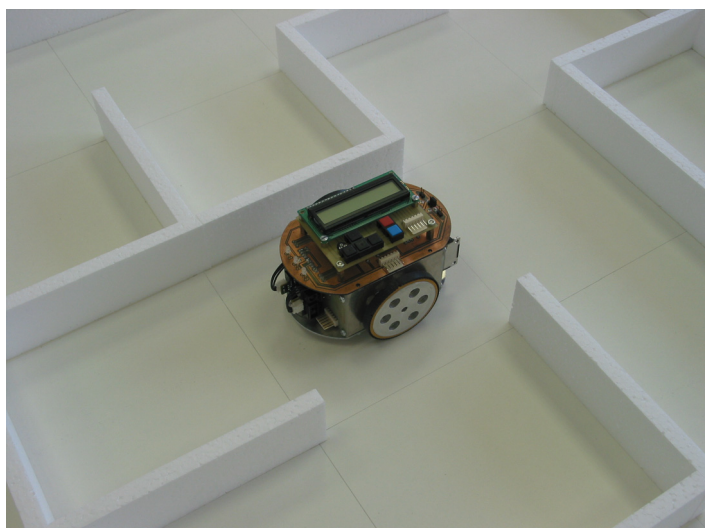
SMALL AUTONOMOUS ROBOT FOR PRACTICAL VERIFYING OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS

T. Marada¹, P. Houška², T. Paseka³

Summary: *Robot localization and path planning belong to actual problems in robotics. The paper is focus on design of small autonomous robot for practice verifying artificial intelligence methods. The physical model was designed with respect to its simple construction, unpretentious production and relatively little cost but sufficient capability for performing different experiments.*

1. Úvod

Z důvodu nutnosti praktického ověřování algoritmů umělé inteligence, lokalizace a navigace vznikl na Ústavu informatiky a automatizace FSI VUT v Brně autonomní robot, který můžeme vidět na obr. 1.1. Tento robot je možno použít také v soutěži kategorie IEE Micromouse, případně po výměně desky senzorů v kategorii Path-Follower. Hlavní část tohoto článku je věnována hardwarové konstrukci tohoto robotu.



Obr. 1.1: Fotografie robotu

¹ Tomáš Marada, Ing., Ph.D., VUT v Brně, FSI ÚAI, Technická 2, 616 69 Brno, Czech Republic, tel: +420 541143358, email: marada@fme.vutbr.cz

² Pavel Houška, Ing., Ph.D., VUT v Brně, FSI ÚAI, Technická 2, 616 69 Brno, Czech Republic, tel: +420 541143358, email: houska.p@fme.vutbr.cz

³ Tomáš Paseka, VUT v Brně, FSI ÚMTMB, Technická 2, 616 69 Brno, Czech Republic, email: sniper.psk@seznam.cz

2. Popis architektury

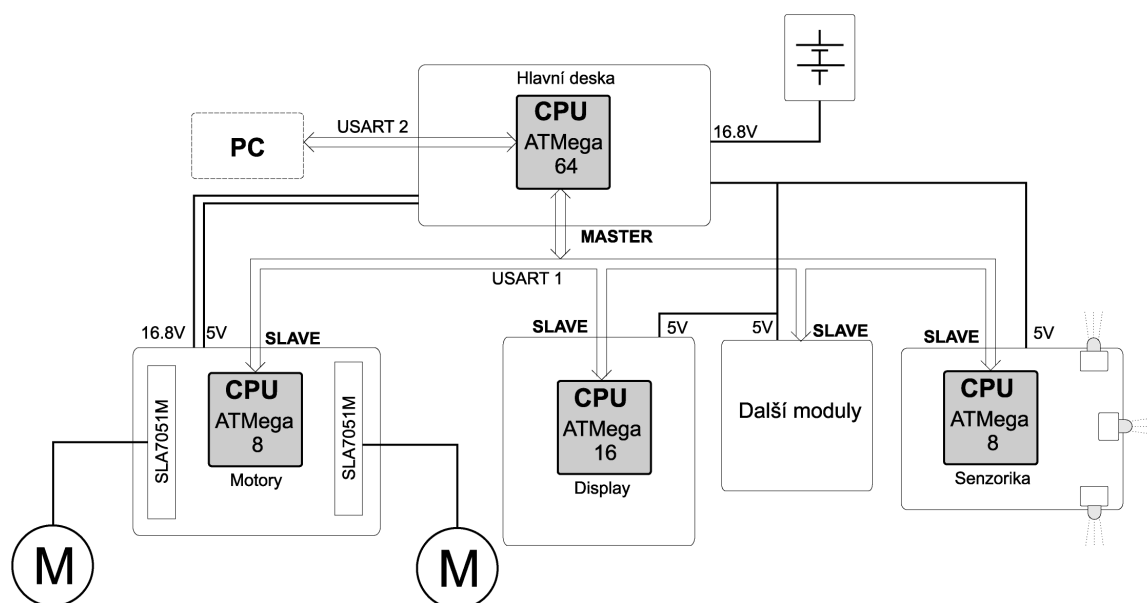
Celá konstrukce je podřízena co největší univerzálnosti a pokud možno co nejnižší ceně. Koncepce je založena na pohonu dvěma krokovými motory, které kromě pohybu vpřed a vzad zajišťují také manévrování na diferenciálním principu řízení. Změna směru pohybu je realizována různou rychlostí otáčení kol. Aby se robot nepřevrátil je vybaven dvěma kulovými podpěrami. Základní technické parametry robotu jsou shrnuty v tabulce 2.1.

Tab. 2.1: Technické parametry robotu

Parametr	Hodnota
Konstrukce	Dvou kolový podvozek Dvě hnací kola Dvě podpěry
Pohon	2x krokový motor TEAC KP39HM2-025
Senzory	3x senzor SHARP - GP2D120
Napájení	4x akumulátor LiIon CGR18650/4.2V
Komunikace	2x RS232 / TTL / 38400Bd
Délka	130mm
Šířka	105mm
Výška	80mm
Rozteč kol	95mm
Průměr kol	60mm
Hmotnost	990g

Řídící systém je rozdělen na čtyři hlavní části a to na hlavní CPU, systém senzorů, systém řízení motorů a systém displeje a tlačítek. Blokové schéma je na obr. 2.1.

Napájení všech modulů je zajištěno čtyřmi články LiIon CGR18650 / 4.2V zapojených sériově. Výsledné napětí je tedy cca. 16,8V. Tak vysoké napětí se používá pro napájení motorů z důvodu dosažení pokud možno co největšího kroutícího momentu.



Obr. 2.1: Blokové schéma robotu

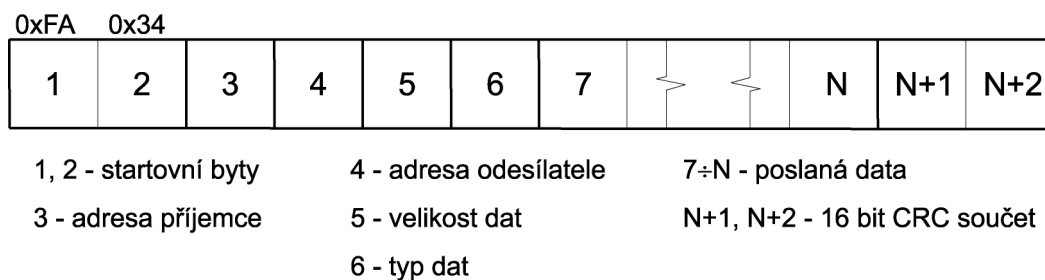
3. Komunikace mezi moduly

Architektura jednotlivých modulů robotu je typu master/slave. Hlavní modul CPU je typu master a všechny ostatní moduly (modul senzorky, modul řízení motorů, modul displeje) jsou typu slave. Drobnou nevýhodou této architektury může být fakt, že obvody typu slave spolu nemohou komunikovat přímo, ale veškerá komunikace musí nejprve směřovat do modulu master a teprve odtud do modulu slave.

Komunikace mezi moduly je založena na posílání paketů přes sériové rozhraní USART, které obsahují procesory ATmega obsažené na všech modulech. Pakety jsou složeny ze čtyř hlavních částí:

- startovní byty
- hlavička
- data
- CRC součet

Jsou použity dva startovní byty, jako rozumný kompromis mezi pravděpodobností jejich výskytu a jejich velikostí. Hlavička obsahuje adresu příjemce, adresu odesílatele, velikost přenášených dat a typ dat. Každá z těchto informací má velikost 1 byt tudíž hlavička má velikost celkem 4 byty. Za hlavičkou již přímo následují posílaná data. Konec paketu uzavírá kontrolní součet o velikosti 2 byty sloužící k odhalení případné chyby v paketu. Schéma paketu je na obr. 3.1.



Obr. 3.1: Schéma paketu

4. Hlavní CPU

Deska hlavního CPU je navržena tak, aby co nejlépe využívala dostupný prostor robotu. Jako řídicí procesor je použit riscový jednočipový mikroprocesor ATmega64 s krystalem 11.0592 MHz. Procesor obsahuje 4KB paměti SRAM a 64KB paměti EPROM pro programy. Velikost této paměti se jeví jako plně dostačující pro všechny programy.

Z testovacích a ladících důvodů je umožněno propojení této desky přímo s počítačem pouze s použitím převodníku napětových úrovní RS232/TTL. K tomu je přímo vyhrazen jeden port USART.

Jednotka CPU dále obsahuje zdroje napětí 5V a 3V pro všechny další moduly. Jsou zde také umístěny tři dvou barevné LED diody, sloužící k případné indikaci chybových stavů.

Na desce je také umístěn rozšiřující konektor, umožňující připojení dalších modulů, jako například modul pro bezdrátový přenos dat, modul pro další senzory atd..

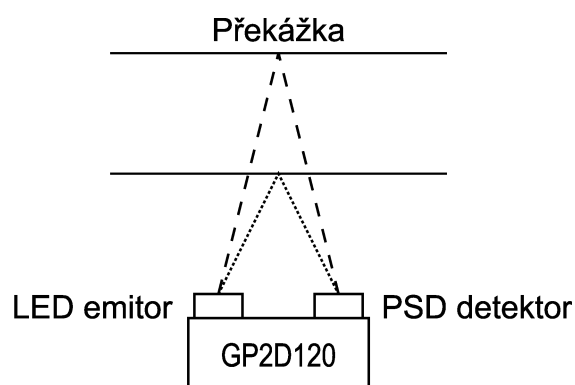
5. Systém senzorů

Pro zjednodušení stavby řídicího programu s ohledem na časování, byla zvolena koncepce samostatného systému senzorů s vlastním procesorem. Jako řídicí procesor je použit ATmega8 s krystalem 11.0592 MHz. Jako senzory jsou použity tři kusy senzorů GP2D120 od firmy SHARP. Tyto senzory mají rozsah měření 4 až 30cm. Jedno měření trvá $38.3\text{ms} \pm 9.6\text{ms}$, což přibližně odpovídá vzorkovací frekvenci 20Hz. Technické parametry senzoru jsou shrnuty v následující tabulce 5.1.

Tab. 5.1: Technické parametry senzoru SHARP - GP2D120

Parametr	Hodnota
Výrobce	SHARP
Název	GP2D120
Napájecí napětí	4.5 až 5.5V
Výstupní napětí	1.95 až 2.55V
Pracovní teplota	-10 až +60°C
Rozsah měřené vzdálenosti	4 až 30cm
Doba měření	$38.3\text{ms} \pm 9.6\text{ms}$

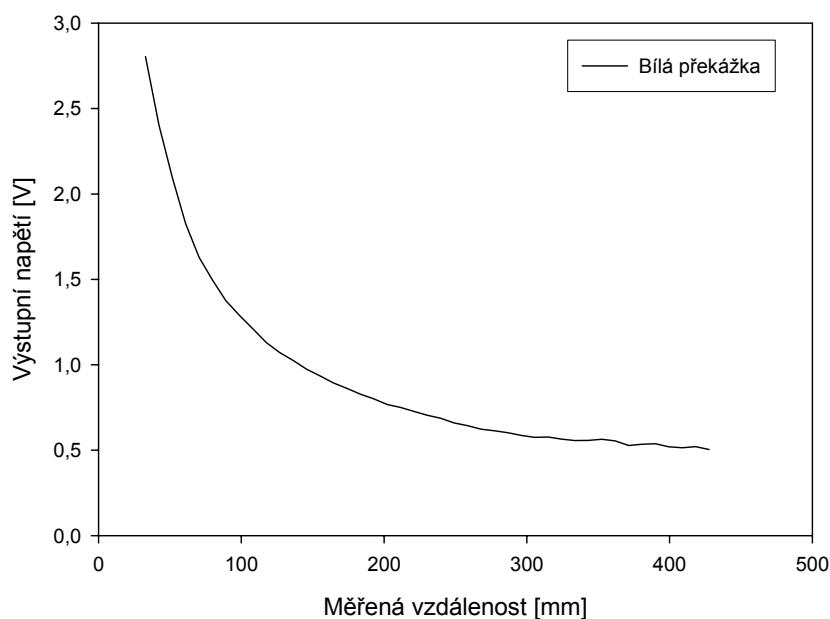
Senzor GP2D120 využívá pro měření vzdálenosti principu optické triangulace, kdy laserový paprsek vytváří na měřeném objektu nepatrný světelný bod. Detekcí úhlu odrazu tohoto světelného bodu je vypočtena vzdálenost senzoru od měřeného objektu. Princip této metody měření vzdálenosti je znázorněn na obr. 5.1. Velkou výhodou metody optické triangulace je pouze malý rozdíl v měření při bílé nebo černé překážce.



Obr. 5.1: Metoda optické triangulace

Závislost výstupního napětí senzoru na naměřené vzdálenosti je zobrazena na obr. 5.2. Překážka byla vyrobena z bílého materiálu (kancelářský papír). Senzor vykazuje pro malé vzdálenosti cca od 3 do 10cm velmi vysoké přesnosti měření. Pro větší vzdálenosti cca od 30cm je změna výstupního napětí senzoru příliš malá a proto na větší vzdálenosti již nejsou tyto senzory vhodné. Pro měření větších vzdáleností je tedy vhodné robot rozšířit o další senzory, například typ SHARP GP2Y0A02YK, který měří vzdálenost v rozsahu od 20 do 150cm a nebo o ultrazvukové senzory.

Komunikace s hlavní procesorovou deskou je zajištěna sériovou linkou v úrovních TTL s rychlostí 38400Bd.



Obr. 5.2: Závislost výstupního napětí na měřené vzdálenosti senzoru GP2D120

6. Systém řízení motorů

Pro řízení krokových motorů byla opět zvolena koncepce samostatného systému motorů s vlastním procesorem. Jako řídicí procesor je použit ATmega8 s krystalem 14.7456 MHz. Pohon robotu je zajištěn dvěma krokovými motory TEAC KP39HM2-025 z disketových mechanik. Technické parametry motorů jsou shrnuty v následující tabulce. Řízení motorů je bez zpětné vazby, tudíž se jedná o řízení v otevřené smyčce.

Tab. 3: Technické parametry krokových motorů TEAC - KP39HM2-025

Parametr	Hodnota
Výrobce	TEAC
Název	KP39HM2-025
Typ motoru	Unipolární
Délka kroku	1,8°
Počet kroků na otáčku	200
Počet vinutí	4
Napájecí napětí	12V
Jmenovitý proud	0,2A
Odpor vinutí	75Ω
Indukčnost vinutí	70mH
Rozměry	39x39x33mm
Hmotnost	130g

Jako výkonový obvod pro ovládání motorů je použit integrovaný obvod SLA7051 firmy ALLEGRO, který umožňuje jedno-fázové i dvou-fázové řízení unipolárních krokových motorů. Obvod dále umožňuje řídit i proud do vinutí krokového motoru PWM modulací. Samozřejmostí je i možnost použití polovičního kroku. Komunikace s hlavním CPU je zajištěna sériovou linkou v úrovních TTL s rychlostí 38400Bd.

7. Systém displeje a tlačítek

Jako řídicí procesor tohoto modulu je použit ATmega16 s krystalem 11.0592 MHz. Veškeré nastavování parametrů robotu se děje přes šest tlačítek. Na tomto modulu je umístěn také dvou řádkový displej se 16 znaky na řádek. Ovládání displeje se děje přes řadič kompatibilní s řadičem Hitachi HD44780.

Komunikace s hlavním CPU je taktéž zajištěna sériovou linkou v úrovních TTL s rychlostí 38400Bd.

8. Závěr

Tento první model robotu pro ověřování algoritmů umělé inteligence ukázal, že zvolená koncepce robotu je dobrá. Podařilo se sestavit robot s dobrým poměrem cena / výkon. Jediný problémem který se zatím vyskytl je schopnost senzorů měřit vzdálenost pouze do vzdálenosti přibližně 30cm. Na větší vzdálenost již není možno překážku přesně změřit, ale je možnost ji do vzdálenosti cca. 50cm detekovat. Přidáním senzoru s větším měřicím rozsahem by se tento případný nedostatek odstranil. Na zamýšlenou úlohu Micromouse (myš v bludišti) však nemá tento nedostatek podstatný vliv.

Poděkování:

Tato práce je podporována projektem MSM 0021630518 „Simulační modelování mechatronických soustav“.

Použitá literatura:

- [1] Věchet S., Krejsa J., Grepl R.: How to build a robot with no money, merkur, lego and old stepper motor, Inženýrská mechanika 2005, Svratka 2005.
- [2] Švehlák M.: Design of small laboratory quadruped robot, Inženýrská mechanika 2004, Svratka 2004.