



# INŽENÝRSKÁ MECHANIKA 2005

NÁRODNÍ KONFERENCE

s mezinárodní účastí

Svratka, Česká republika, 9. - 12. května 2005

---

## DESIGN OF CLASHING SENSOR FOR MOBILE ROBOT

M. Liška\*, P. Houška\*\*

**Summary:** *This paper is meted out a hardware and software realization of clashing sensor for mobile robot. This sensor gives information about distance between robot and impediment. Proposed sensor uses infrared emission for determination the distance. The information about distance is saved in the intensity of reflected luminous ray which goes back to the sensor. Proposed sensor can turn around his axis and scan the space ahead of robot.*

### 1. Úvod

Navrhovaný kolizní snímač využívá pro svou činnost infračervené záření. Tento fyzikální princip byl zvolen, protože je schopen dostatečně přesně rozpoznat předměty ležící v jeho blízkém okolí. Vychází se však z předpokladů, že se robot bude pohybovat v prostředí typu místnosti a v něm se budou vyskytovat předměty, které se dají infračerveným paprskem zaznamenat.

Snímač se skládá z vysílací části, která danou frekvencí vysílá infračervený paprsek, dále z přijímací části, která měří intenzitu odraženého infračerveného paprsku a z jednotky mikrořadiče, která řídí vysílací část snímače a provádí potřebné výpočty ke zjištění vzdálenosti v požadovaných jednotkách. Kolizní snímač je navržen tak, aby mohl být použit pro různá technická zařízení a mohl být rozšířen o další snímač pracující na jiném fyzikálním principu. Práce byla směřována tak, aby vznikla jednoduchá, kompaktní a snadno přenositelná soustava snímače.

### 2. Návrh snímače

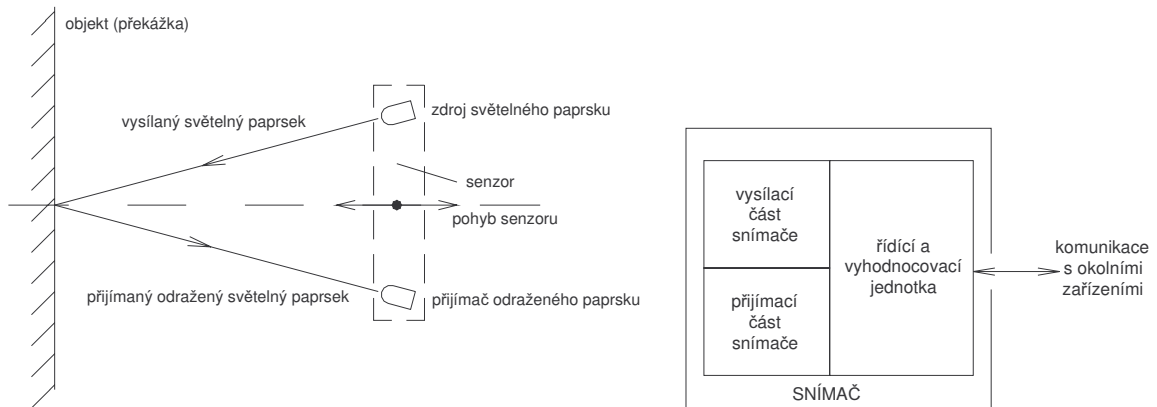
Infračervený snímač se skládá ze tří základních bloků, kterými jsou vysílací a přijímací část a část řízení a zpracovávání informací obsahující mikrořadič. Základní princip a blokové schéma takového snímače je zobrazeno na obr. 1. Vysílací část snímače generuje světelný paprsek na určitém kmitočtu. Ten se odrazí zpět do přijímací části snímače, která jej předzpracuje a předá k vyhodnocení mikrořadiči. Informace o vzdálenosti snímače od

---

\* Ing. Martin Liška: Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2, 616 69 Brno, tel: +420 541 142 804, e-mail: martin.lisak@post.cz.

\*\* Ing. Pavel Hoška, PhD.: Ústav automatizace a informatiky, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2, 616 69 Brno, tel: +420 541 142 885, e-mail: houska.p@fme.vutbr.cz.

předmětu, od kterého se paprsek odrazí, je uložena v intenzitě odraženého paprsku. Jeho intenzita se nelineárně mění se vzdáleností snímače od předmětu. Intenzita přijatého světelného signálu se převádí na napětí, které se ve fázi předzpracování zesiluje.



Obr. 1. Princip měření vzdálenosti pomocí IR paprsku a blokové vnitřní zapojení snímače

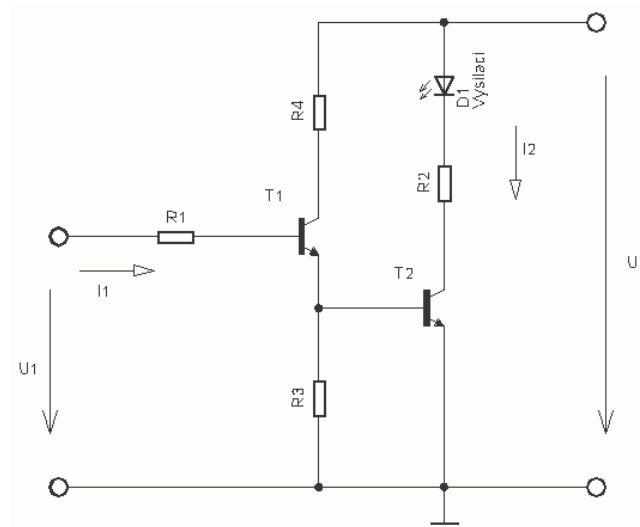
Ke generování světelného paprsku dochází ve vysílací části snímače. Jako zdroj paprsku je použita LED dioda emitující v infračervené části světelného spektra. Byla použita dioda LD274 firmy OSRAM, jejíž parametry a charakteristiky jsou vyhovující kladeným požadavkům. Hlavním kritériem pro výběr diody byl její výkon a vyzářovací úhel. Výkon diody byl požadován co nejvyšší a vyzářovací úhel byl požadován co nejmenší, aby intenzita odraženého paprsku byla co největší. Malým vyzářovacím úhlem se navíc částečně dosahuje směrovosti snímače.

Pro obvod vysílací části snímače bylo využito Darlingtonovo zapojení tranzistoru. Toto zapojení bylo použito kvůli přebuzování emitující diody a jeho schéma pro naše zapojení snímače je zobrazeno na obr. 2. Darlingtonovo zapojení snímače umožňuje velké proudové zesílení, to využijeme tak, že emitující diodě “vnutíme“ větší proud než by si sama odebrala a tím dosáhneme vyššího vyzářeného výkonu. Celkové proudové zesílení Darlingtonova zapojení tranzistoru je dáno součinem proudových zesílení jednotlivých tranzistorů. Při tomto zapojení musí dioda pracovat v pulsním režimu, aby nedošlo k jejímu zničení. Efektivní hodnota proudu procházejícího diodou je daná vztahem (1) nebo (2) a musí být menší nebo rovna maximálnímu proudu diodou povoleného výrobcem, aby nedošlo k přehřátí diody a její destrukci. Stejně tak musí být efektivní hodnota proudu nižší než povolené hodnoty proudů tranzistorů. Protože se pro buzení emitující diody využívá obdélníkový signál, postačí pro výpočet efektivní hodnoty proudu zjednodušený vztah (2).

$$I_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T_p} \cdot \int_0^{T_p} i^2(t) dt} \quad (1)$$

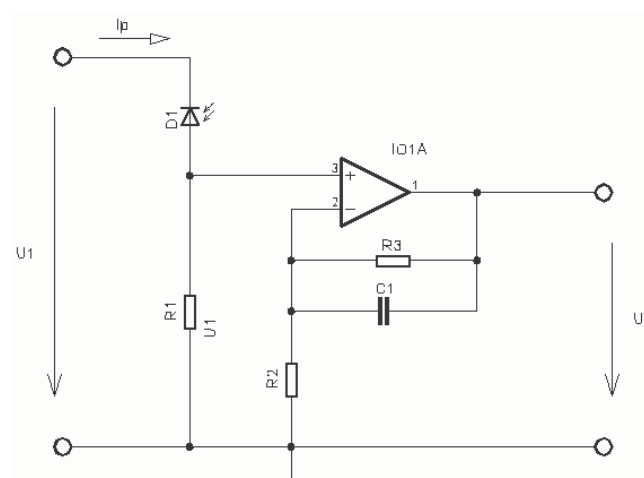
$$I_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T_p} \cdot \sum_n i_n^2 \cdot t_n} \quad (2)$$

kde  $T_p$  je perioda signálu  
 $i_p$  je okamžitá hodnota proudu



Obr. 2. Zapojení vysílací části snímače

Jako přijímací prvek bude sloužit fotodiody SFH 203FA firmy OSRAM, která svými parametry vhodně odpovídá k vysílací fotodiodě. Přijímací obvod snímače je tvořen zapojením fotodiody v závěrném směru jako zdroje proudu a operačním zesilovačem zapojeným v neinvertujícím zapojení. Schéma přijímacího obvodu je na obr. 3. Je nutné, aby zesilovač měl co nejnižší šumové napětí, protože proud generovaný fotodiodou se pohybuje řádově v mikroampérech. Jako zesilovač byl použit operační zesilovač AD8542 firmy Analog Devices, který je vhodný pro své velmi nízké šumové napětí. Operační zesilovač zesiluje úbytek napětí, který vyvolá proud fotodiody na odporu R1. Neinvertující zapojení zesilovače je doplněno filtračním kondenzátorem, který filtruje rušivé signály, které přicházejí na vstup operačního zesilovače.



Obr. 3. Zapojení přijímací části snímače

Vysílací a přijímací část snímače je sestavena v jeden celek s řídicí jednotkou podle blokového schématu na obr. 1. Řídicí jednotka obsahuje mikrořadič C8051F300 firmy Silicon Laboratories. Vysílací část snímače je připojena k digitálnímu výstupu mikrořadiče a je řízena požadovaným signálem. Pro tento snímač má signál obdélníkový průběh s periodou přibližně 40Hz, s dobou, ve které emitující dioda svítí, trvajícím 30 $\mu$ s. Přijímací část snímače je připojena přes analogový vstup mikrořadiče na jeho integrovaný 8-bitový A/D převodník. Převodník má možnost přepínatelného zesílení v rozsahu 0,5; 1; 2 a 4. Možnosti změny zesílení využívá navržený software snímače pro zvýšení citlivosti snímače. Využití změny zesílení A/D převodníku popisuje vztah (3), jehož význam je popsán v následujícím odstavci. Další důležitou funkcí, kterou musí snímač obsahovat, je komunikace s ostatními zařízeními. Pro komunikaci s okolními zařízeními se využívá sériová komunikace označovaná u mikrořadiče jako UART pracující s 3,3V-ovou logikou.

Protože by měření mohlo být ovlivněno světelnými podmínkami okolí, je třeba tuto možnou závislost eliminovat. To se provádí dvojím měřením. Jednou měření proběhne bez rozsvícené emitující diody a změří se intenzita okolního osvětlení. Podruhé se měření provádí s rozsvícenou emitující diodou a opět se změří intenzita osvětlení, která v sobě obsahuje i intenzitu snímačem generovaného od předmětu odraženého světelného paprsku. Výsledná hodnota intenzity osvětlení je dána rozdílem obou měření. Tento princip je popsán vztahem (3), ve kterém jsou zahrnuty i nastavené zesílení A/D převodníku pro jednotlivá měření. Jako další korekce se provádí posunutí měření o krátký časový okamžik, aby došlo ke stabilizování světelných podmínek. A to tak, že při rozsvícení a zhasínání emitující diodě trvá určitý časový interval – daný výrobcem, než se dostane do ustáleného stavu.

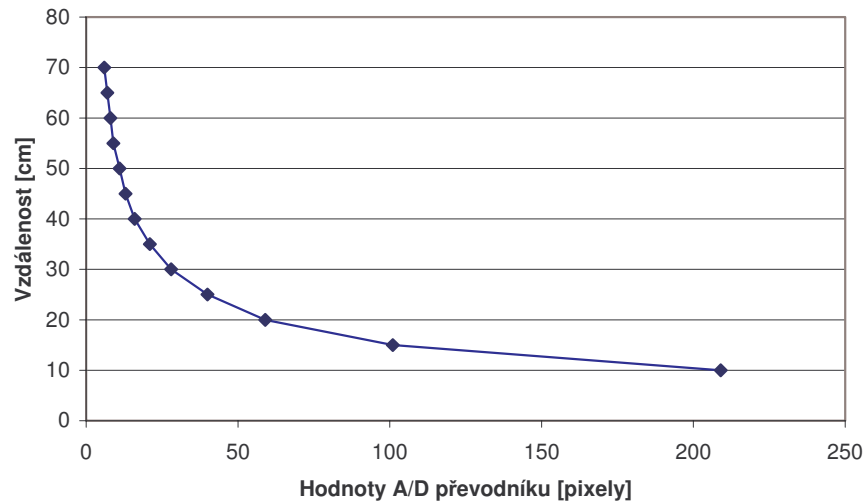
$$U_V = \frac{U_S}{G_S} - \frac{U_N}{G_N} \quad (3)$$

- kde  $U_S$  je změřené napětí, svítí-li emitující dioda  
 $U_N$  je změřené napětí, nesvítí-li emitující dioda  
 $U_V$  je výsledná hodnota napětí  
 $G_S$  je zesílení A/D převodníku použité při měření svítí-li emitující dioda  
 $G_N$  je zesílení A/D převodníku použité při měření nesvítí-li emitující dioda

Po provedení návrhu byla provedena realizace snímače. Bylo třeba provést optimalizaci navržených součástek, protože teoretický návrh snímače nevyhovoval docela teoretickým předpokladům. Po optimalizaci součástek snímače byly provedeny měření pro různé podmínky, pro různé světelné podmínky a různé typy povrchů a zjištěny závislosti snímače vzhledem k těmto podmínkám. Příklad jednoho z mnoha měření je zachycen na obr. 4. Toto měření popisuje měření vůči bílému povrchu při denním světle. Změřené závislosti nejlépe popisuje mocinná funkce podle vztahu (4) pomocí níž si řídicí jednotka snímače přepočítává naměřené hodnoty A/D převodníku na vzdálenost. Aby dával snímač správné hodnoty vzdáleností, je nutné přesně spočítat koeficienty  $k$  a  $l$  mocinné funkce.

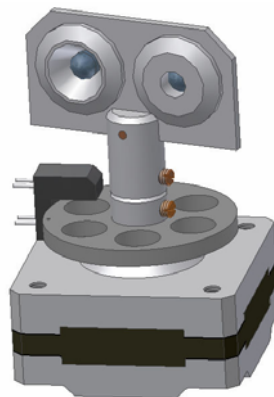
$$y = k \cdot x^{-l} \quad (4)$$

kde  $y$  je měřená vzdálenost  
 $x$  je počet pixelů změřených A/D převodníkem



Obr. 4. Závislost citlivosti snímače na vzdálenosti

Dalším rozšiřujícím prvkem pro snímač bylo doplnění snímače o motor, který snímači umožňuje otáčení kolem osy a tím skenování prostoru v jeho okolí. Z toho vyplývá nutnost doplnění snímače optickou závorou, která bude dávat informaci, že se motor nachází v nulové poloze. Nulovou polohu musí motor automaticky nastavit před prvním měřením. Jako motor byl použit motor SX16-0301 firmy Microcon pro jeho snadnou dostupnost a zcela vyhovujícími parametry. Optická je tvořena zdrojem světelného paprsku a jeho přijímačem. Přijímací prvek závory reaguje na referenční bod, který je na kotouči umístěném na hřídeli motoru. Referenční bod je tvořen dírkou v kotouči, takže závora reaguje na světlo, které touto dírkou prochází. Celková konstrukce snímače s motorem a optickou závorou je zobrazena na obr. 5.



Obr. 5. Celková konstrukce snímače

### **3. Závěr**

Infračervený snímač vzdálenosti měří intenzitu odraženého světelného paprsku. Podle výše uvedeného návrhu byla provedena realizace snímače a experimentálně zjištěny charakteristiky snímače a jejich závislost na barvě a povrchu okolních předmětů. Z dosažených výsledků je stanovena pracovní oblast snímače tak, aby se jeho charakteristiky měnily co nejméně a nedocházelo tak k ovlivňování chování snímače. Dále byla provedena optimalizace navržených součástí snímače tak, aby bylo dosaženo co nejlepších výsledků měření. Aby se robot mohl pohybovat ve více typech prostředí je vhodné doplnit jeho sensorovou soustavu o další typ snímače, pracující např. na principu ultrazvuku. Tato rozšíření se bude provádět v dalších etapách vývoje kolizního snímače.

### **4. Poděkování**

Práce byla provedena za podpory projektu MSM 0021630518 „Simulační modelování mechatronických soustav“.

### **5. Literatura**

Zehnula, K., CSc. Čidla robotů (1999), Nakladatelství technické literatury, Praha

Đađo, S., Kreidl, M.: Senzory a měřicí obvody (1999), ČVUT, Praha

Urban, F.: Optoelektronika, Vysoké učení technické, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Brno

Punčochář, J.: Operační zesilovače v elektronice (2002), Nakladatelství BEN – technická literatura, Praha