

# Vážení zákazníci,

dovolujeme si Vás upozornit, že na tuto ukázkou knihy se vztahují autorská práva, tzv. copyright.

To znamená, že ukáзка má sloužit výhradně pro osobní potřebu potenciálního kupujícího (aby čtenář viděl, jakým způsobem je titul zpracován a mohl se také podle tohoto, jako jednoho z parametrů, rozhodnout, zda titul koupí či ne).

Z toho vyplývá, že není dovoleno tuto ukázkou jakýmkoliv způsobem dále šířit, veřejně či neveřejně např. umístováním na datová média, na jiné internetové stránky (ani prostřednictvím odkazů) apod.

*redakce nakladatelství BEN – technická literatura*  
[redakce@ben.cz](mailto:redakce@ben.cz)



Druhý bajt plus již zmiňované první dva bity bajtu č. 1 obsahuje relativní inkrement osy X vzhledem k předchozí informaci poskytnuté myší v osmibitovém tvaru se znaménkem. Rozsah inkrementu je tedy  $-128$  až  $+127$ . Hodnota inkrementu odpovídá počtu pulzů generovaného kódovým kotoučem enkodéru. Podobný formát má i třetí bajt, který spolu s bity D2 a D3 bajtu č. 1 informuje o relativním inkrementu osy Y. Úhlová velikost LSB inkrementu závisí na počtu pulzů kódového kotouče/otáčky a dále na typu použité detekce kvadrurního signálu (X1, X2 nebo X4). Aktuální informaci o absolutní poloze jednotlivých os se získává průběžným součtem jednotlivých posílaných inkrementů.

Pro úplnost ještě doplníme, že myš po své inicializaci = přivedení napájecího napětí (linkou RTS) vyšle znak „M“.

Maximální detekovatelná rychlost je omezena použitou přenosovou rychlostí sériového kanálu (1200 baud), tj. kolik paketů může myš vyslat a její rozlišitelností (citlivostí). Její hodnota je 40 paketů/s krát 127 (velikost maximálního inkrementu) = 5080 inkrementů/s. To znamená, že myš se 100 CPI (pulzy/palec) se může pohybovat do rychlosti cca 50 palců/s, což odpovídá cca 1,2 m/s.

**Mouse system protokol** obsahuje celkem 5 bajtů.

**Tab. 3.2** Tvar datového paketu Mouse system protokolu

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1.	1	0	0	0	0	LB	CB	RB
2.	X7	X6	X5	X4	X3	X2	X1	X0
3.	Y7	Y6	Y5	Y4	Y3	Y2	Y1	Y0
4.	X7'	X6'	X5'	X4'	X3'	X2'	X1'	X0'
5.	Y7'	Y6'	Y5'	Y4'	Y3'	Y2'	Y1'	Y0'

První bajt obsahuje informaci o stavu levého (LB), středního (CB) a pravého (RB) tlačítka. Narozdíl od Microsoft protokolu je sepnutí tlačítka vyjádřeno hodnotou log. 0. Druhý a třetí bajt obsahuje inkrement osy X a Y vzhledem k předchozí informaci poskytnuté myší v osmibitovém tvaru se znaménkem ( $-128$  až  $+127$ ). Čtvrtý a pátý bajt obsahuje inkrement os X a Y zaslaný v předešlém paketu.

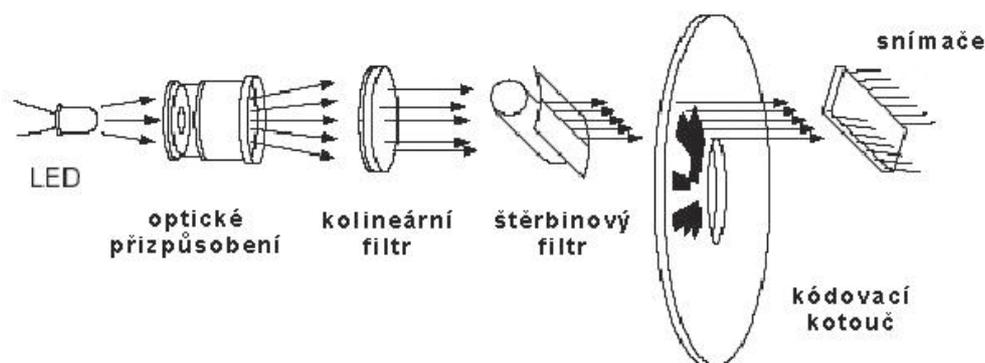
Obslužný program pro čtení paketů vysílaných myší by měl být vzhledem k tomu, že tyto zprávy přicházejí asynchronně, volán od přerušení na sériovém kanálu. V opačném případě by se musel monitorovat stav sériového kanálu (zda neobsahuje data) každých 8 ms.

Další užitečné informace týkající se této problematiky lze čerpat např. v [109], [110].

V některých jednodušších aplikacích není zapotřebí rozlišovat směr otáčení kvadrurním signálem inkrementálního senzoru, ale lze ho odvodit (s určitou nepřesností v oblastech změny smyslu otáčení) z řídicího programu. V takovém případě není potřeba používat kvadrurní dekodér a lze přímo inkrementovat/dekrementovat obsah příslušného čítače v závislosti na právě realizovaném smyslu otáčení. Tento zjednodušený způsob měření polohy (rychlosti) lze celkem úspěšně použít pro potřeby odometrie. V případě řízení otáček (rychlosti) se tohoto způsobu u jednodušších aplikacích také používá. Např. v [24] je takto realizováno závislé rychlostní řízení dvoukolového diferenciálně řízeného podvozku mobilního robota.

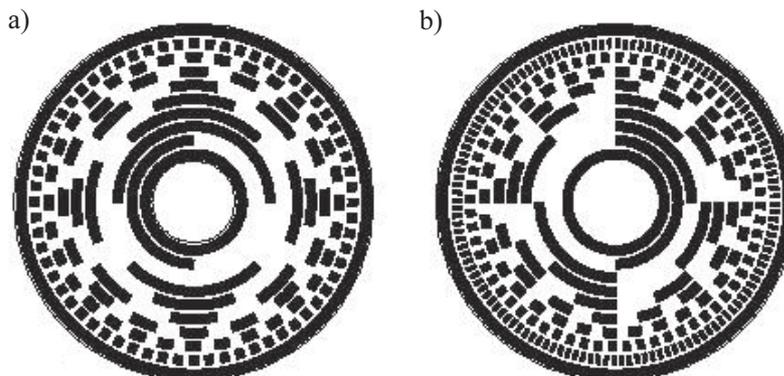
### Absolutní senzor

Tento typ senzoru využívá komplikovanější typ kódování než inkrementální a vyžaduje větší počet snímacích prvků. Předností tohoto senzoru je to, že výstupní hodnota ze senzoru udává absolutní velikost natočení v rozsahu 0 až 360°. Pro větší počet otáček je vybaven čítačem inkrementujícím počet otáček kódového kotouče. Obsah tohoto čítače pak spolu s kódem aktuální pozice kódového kotouče součástí tvoří absolutní údaj o poloze natočení. Princip kódování spočívá v tom, že je svazek optických paprsků kódován optickým kotoučem a senzory zaznamenávající tyto paprsky jsou rozmístěny tak, že jejich výstupem je přímo digitální informace o poloze v binární hodnotě.



Obr. 3.13 Provedení absolutního senzoru natočení

Vlastní kódovací kotouč existuje v několika provedeních – viz obr. 3.14. Jejich funkce je totožná, levá varianta (obr. 3.14a) ovšem místo klasického binárního kódování (obr. 3.14b), využívá Grayův (zrcadlový) kód. Jeho výhodou je větší odolnost vůči chybám, protože kód sousedního čísla se vždy liší v maximálně jednom bite.



Obr. 3.14 Kódové kotouče absolutního senzoru natočení

### 3.1.2 Otáčkoměry

Jedná se o senzory určené k měření rychlosti otáčení. Pro pohony robotu jsou nejčastěji využívány indukční a impulzní otáčkoměry. V indukčním provedení se nejčastěji využívají elektrodynamické otáčkoměry. Podle výstupního napětí se rozlišují na tachodynamy (stejnoseměrné) a tachoalternátory (střídavé). Impulzní pracují na měření frekvence zaznamenání značky na kotouči. Nejběžnější provedení těchto senzorů je optické a indukční. Tuto funkci mohou také plnit – a často plní, přímo snímače natočení a to derivací změny natočení.

Tachodynamo je malý komutátorový motor s permanentními magnety a s výstupním napětím přímo úměrným rychlosti. Měřítkem kvality je zvlnění napětí vlivem konečného počtu lamel komutátoru, tuhost spojení s motorem a moment setrvačnosti rotoru tachodynamy.

Umístění těchto senzorů na pohonu je v případě použití převodovky vhodnější na straně motoru. V nenáročných (co se týče kvality) systémech rychlostního řízení pohonů se stejnoseměrnými motory se také používá měření zpětného elektromotorického napětí generovaného motorem, které je přímo úměrné otáčkám (bylo zmíněno dříve v textu).

## 3.2 EXTERNÍ SENZORY

Slouží k získávání informací o okolí robotu. Podle způsobu měření lze rozlišit dvě základní skupiny senzorů. Jsou to pasivní, vyhodnocující pouze přijaté záření z okolí a aktivní, vyhodnocující vlastní odražené záření. Z hlediska vlastního robotu jsou významné pouze senzory sloužící k jeho navigaci. Ta se dělí na globální a lokální navigaci. Úkolem globální navigace je zjištění polohy a orientace robotu vůči použitému globálnímu souřadnému systému. Ve většině případů není hodnota naměřená senzorem přímo polohou a je nutné ji teprve vypočítat.

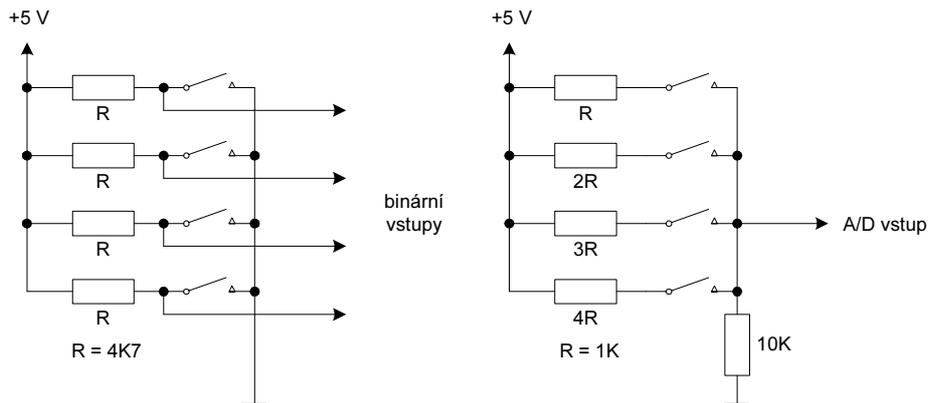
### 3.2.1 Taktilní senzor

Jedná se o nejjednodušší provedení senzoru, nejčastěji realizované kontaktním spínačem. Aktivací spínače – dotykem překážky – dojde k sepnutí/rozepnutí elektrického obvodu a ke změně logické úrovně, která je dále vyhodnocována. Takto koncipované připojení taktilního senzoru vyžaduje napojení každého spínače odděleně – viz *obr. 3.15*. Pokud není spínač aktivován, je na příslušném výstupu vysoká logická úroveň, při jeho aktivaci je na výstupu nízká úroveň. Takto zvolené úrovně dovolují napojení vstupu přímo na přerušovací vstup daného mikrokontroléru (mikroprocesoru), protože ten bývá většinou aktivní na úroveň log. 0, nebo týlovou hranu.

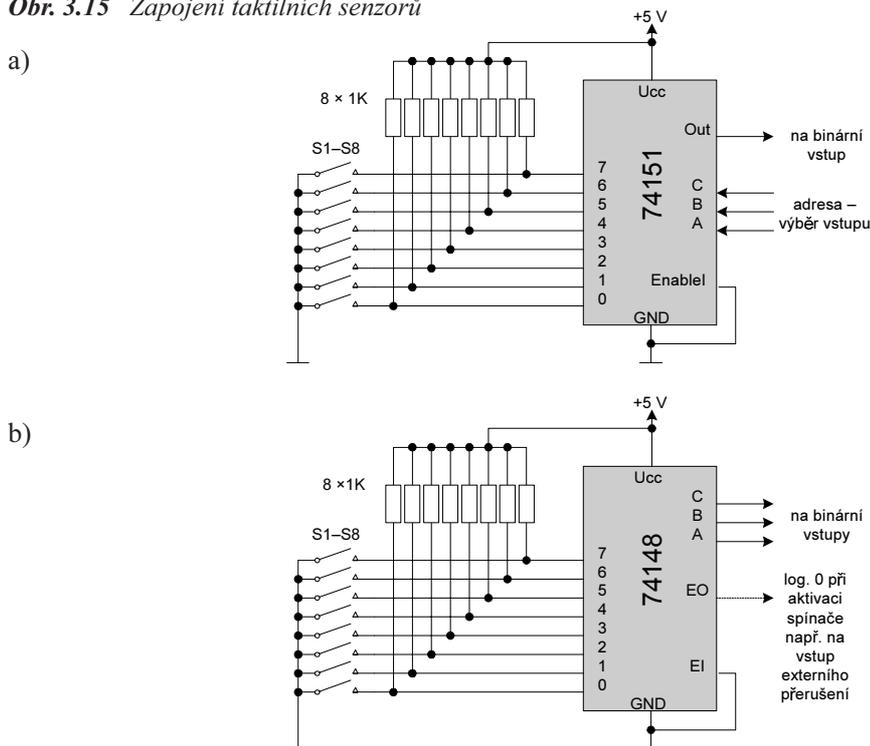
Spínače je také možno při omezeném počtu binárních vstupů připojit přes multiplexer – viz *obr. 3.16*. Postupným adresováním jeho vstupů potom testujeme jednotlivé senzory. Pro takto koncipované napojení senzorů potřebujeme mít k dispozici jeden binární vstup (výstup multiplexeru) a  $n$  binárních výstupů pro adresaci jednoho z  $2^n$  vstupů multiplexeru. Tímto zapojením je možné rozlišit i současné aktivování více sen-

zorů. Jinak tomu je v případě také používaného zapojení využívajícího dekodéru 1 z  $n$ , např. obvodu (SN)74148, kde je možno detekovat pouze jeden sepnutý spínač (blíže viz datasheet tohoto obvodu na internetu) – viz *obr. 3.16*.

V případě, že řídicí systém nedisponuje dostatečným počtem binárních vstupů a má analogový vstup (A/D převodník), je možné taktilními senzory spínat odporovou síť např. se strukturou podle *obr. 3.15*, která tvoří odporový dělič. Z napětí odporového děliče lze jednoznačně usoudit, který/které spínače byly aktivovány.



**Obr. 3.15** Zapojení taktilních senzorů

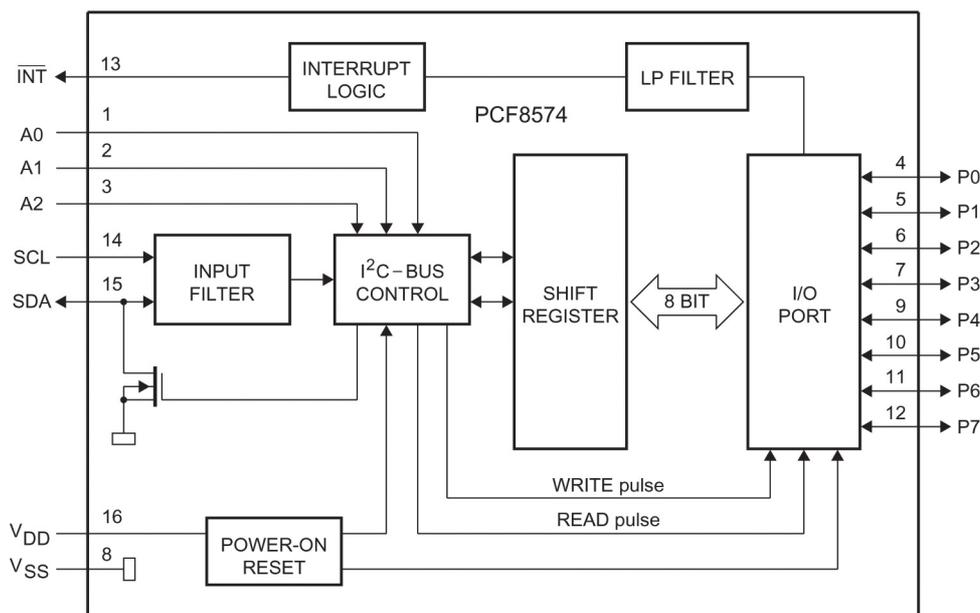


**Obr. 3.16** Připojení více spínačů pomocí multiplexeru (a) a dekodéru 1 z 8 (b)

Mezi dotykové – taktilní senzory také patří tenzometry a senzory založené na piezoelektrickém jevu. Tyto typy senzorů (ve vhodném zapojení) poskytují spojitý signál a používají se např. v konstrukci 3D rukavic, tenzometry je možno osadit nohu kráčejícího robota a detekovat např. její zatížení, případně kolizi s překážkou.

V případě nedostatku dostatečného počtu binárních vstupů, je možné použít expandér portů s rozhraním I<sup>2</sup>C sběrnice. Tato sběrnice používá pouze dva signály označené SCL a SDA. Bližší popis této sběrnice včetně praktického napojení obvodů lze najít v [73], [74]. Příkladem rozšířeného obvodu je 8bitový expandér PCF8574 výrobce Philips. Jeho sběrnice adresa je 0100xxx0 pro zápis a 0100xxx1 pro čtení, přičemž tři proměnné bity xxx je možno stanovit externími adresními vstupy A0 až A2 – viz obr. 3.17. Obvod má osm obousměrných portů, odpovídajících standardnímu 8051. Výstupní linka s vysokou úrovní má interní zvedací rezistory a vysokou impedanci. Je možné ji zvětšit do úrovně log. 0. Po resetu po připojení napájecího napětí jsou všechny linky na úrovni *H* tj. jsou nastaveny jako vstupy.

Obvod PCF8574 má k dispozici také výstup přerušení s otevřeným kolektorem<sup>17</sup>, který je možno připojit na odpovídající vstup přerušení mikroprocesoru. Přerušení je vyvoláno změnou úrovně na jedné z osmi linek portu. Příznak přerušení je vynulován, jestliže je port čten, nebo jestliže se port vrací do svého výchozího stavu.



**Obr. 3.17** Blokové zapojení obvodu PCF8574

<sup>17</sup> Výstupy přerušení několika expandérů je tedy možno spojit paralelně na jeden přerušovací vstup.

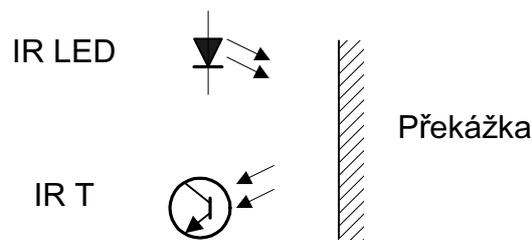
Vzhledem k počtu tří adresních bitů, lze u zmiňovaného obvodu rozlišit celkem 8 adres – a připojit tedy 8 obvodů. Pokud by to nestačilo, je možné použít jinou verzi obvodu s označením PCF8574A. Tento obvod je naprosto identický s PCF8574, ale má změněnou básovou adresou (70H), takže je možno přidat další obvody.

Kromě zmiňovaného obvodu je možno použít i jiné typy: např. 16bitový expandér MCP23016 výrobce Microchip.

### 3.2.2 Infračervený detektor překážek

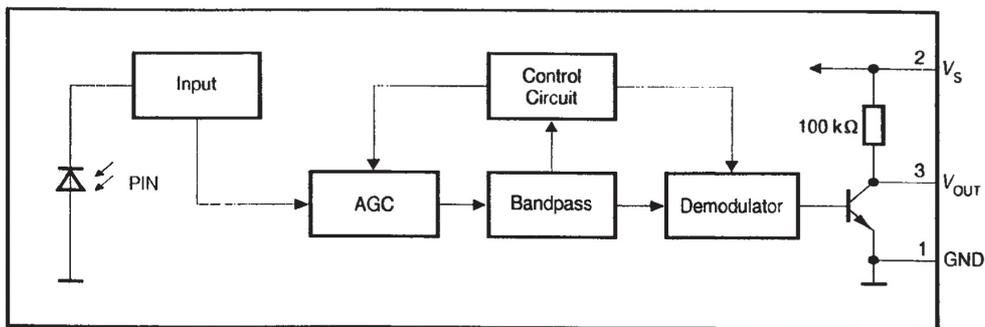
Infračervený detektor překážek (IR detektor/senzor) slouží k detekování překážek v blízkém okolí robotu – řádově desítky centimetrů, nazývá se též „Near proximity sensor“. Pro větší vzdálenosti se používá jiných principů – viz dále. Tyto detektory jsou necitlivé na infračervené světelné záření jiných vlnových délek, ale jsou citlivé v oblasti vlnových délek pod viditelným světlem, nejčastěji kolem vlnové délky 880 nm. Principem IR detektoru překážek je detekce odraženého infračerveného světla od překážky. Toto světlo je emitováno infračervenou (dále IR) LED diodou. Jako detektor bývá použit fototranzistor citlivý v infračervené oblasti (IR tranzistor), nebo IR fotocitlivá dioda. Tento senzor poskytuje dvouhodnotový signál – detekuje odražený IR signál/nedetkuje odražený IR signál, respektive detekuje překážku/nedetkuje překážku. Nevýhodou IR senzorů pracujících na principu detekce odraženého IR světla je, že množství odraženého světla je závislé na barvě překážky a druhu povrchu. Pro úplnost dodejme, že intenzita emitovaného (a samozřejmě i odraženého) IR světla je nepřímo úměrná druhé mocnině vzdálenosti.

V praxi je zpravidla IR fototranzistor nahrazen, respektive doplněn specializovaným IR přijímačem s integrovaným demodulátorem (jako např. Sharp GP1U52X, Siemens SFH506, SFH5110 apod.). Výhodou těchto modulů (díky zabudovanému demodulátoru) je, že jsou citlivé pouze na modulované IR záření o určité vlnové délce generované IR LED diodou (vysílačem). Modulační kmitočet bývá nejčastěji 36, 38, 48 a 56 kHz. Důvodem použití modulace je eliminování vlivu IR záření v okolním světle.



**Obr. 3.18** Princip detekce překážky IR senzorem, založeným na detekci odraženého infračerveného světla

Vzhledem k výše uvedenému principu využívajícího modulovaného infračerveného světla je tedy zapotřebí buzení IR LED modulovat. To je v zásadě možné řešit hardwarově, nebo softwarově. Ještě jednou zopakujeme, že modulací generovaného IR světla docílíme vyšší odolnosti IR přijímače vůči rušivému okolnímu světle a jeho použití v praxi je nezbytné.

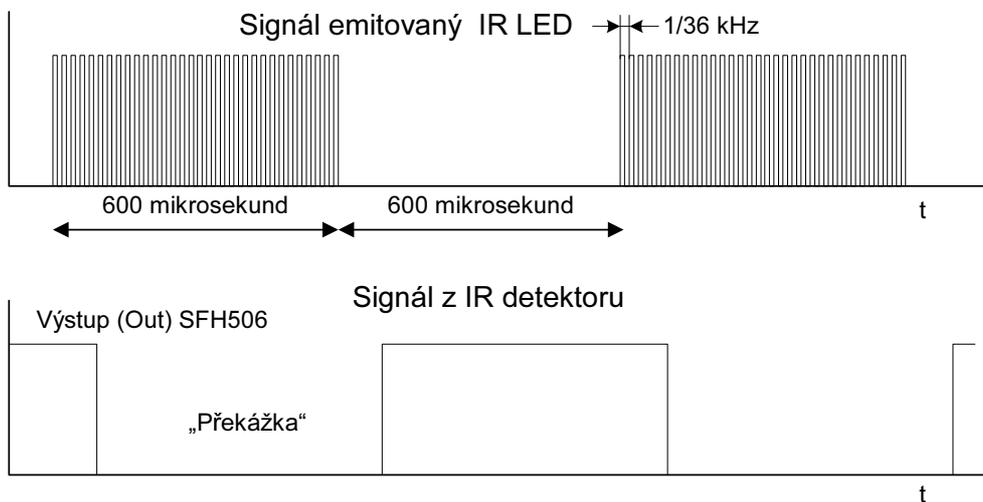


**Obr. 3.19** Blokové schéma IR přijímače/demodulátoru (SFH506)

Pro konstrukci IR senzoru je zapotřebí pouze několika součástí – IR LED (vysílač), detektor (např. SFH506) a odpory. Podle specifikace detektoru uvedenou v [81], je ale zapotřebí dále modulovaný signál ještě modulovat nižší kmitočtem pro správnou funkci detektoru. Perioda této modulace, která však není kritická, bývá zpravidla větší než 1 ms (v datasheetu konkrétního IR senzoru bývá uvedena její velikost). Na obr. 3.20 je zřejmý její možný průběh.

### Popis činnosti

Senzor založený na výše uvedeném principu bývá vhodný k detekci blízkého okolí robotu. Senzorický subsystém mobilního robotu je vhodné vybavit alespoň dvěma ta-



**Obr. 3.20** Generované infračervené světlo je modulováno kmitočtem 36 kHz a dále nízkým kmitočtem 0,6 kHz (jeho hodnota není kritická). Tento signál musí být několikrát vyslán a pak teprve testován IR detektorem