

České vysoké učení technické v Praze

Technická 2 - Dejvice, 166 27

Fakulta elektrotechnická

Katedra teorie obvodů

Návrh a realizace detektoru „pohybu“
s využitím pyrosenzoru

Květen 2006

Zpracoval: Dalibor Barri

Obsah

1	Úvod	1
2	Klíčové obvodové prvky	2
2.1	Pyrosenzor	2
2.2	Fototranzistor	2
2.3	Další IO	2
3	Návrh detektoru	3
3.1	Detekce tepla	3
3.2	Detekce světla	6
3.3	Nastavení doby sepnutí	7
4	Závěr	8
	Literatura	9

Seznam použitých symbolů

a	.....	útlum [dB]
a_p	.....	útlum v propustném pásmu [dB]
a_s	.....	útlum v nepropustném pásmu [dB]
A	.....	zesílení
C	.....	kapacitor [F]
DP	.....	dolní propust
FT	.....	fototranzistor
$H(p), H(s)$	.....	přenosové funkce filtru
$|H(j\Omega)|$	.....	modulová charakteristika
OZ	.....	operační zesilovač
PP	.....	pásmová propust
Q	.....	činitel tvaru
R	.....	rezistor
ω	.....	kruhový kmitočet [s^{-1}]
Ω	.....	normovaný kruhový kmitočet [s^{-1}]
Ω_x, Ω_0	.....	normovaný kruhový kmitočet pólu, nuly [s^{-1}]

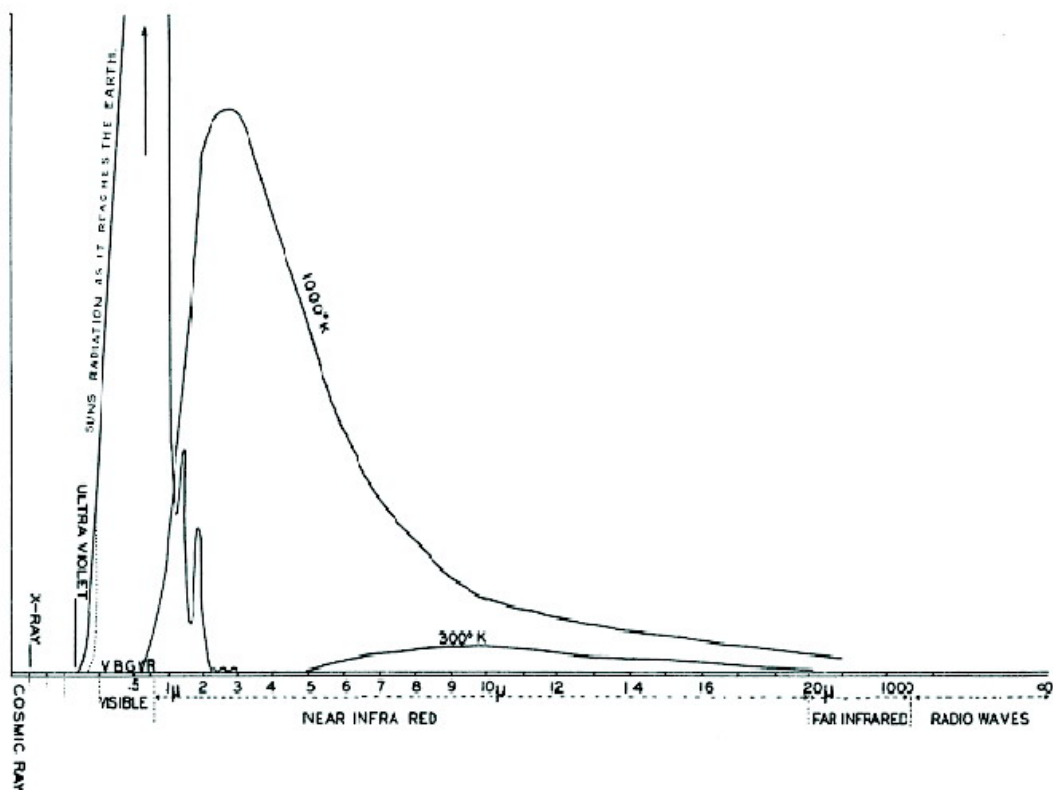
Abstrakt

Cílem této práce je navrhnout a realizovat detektor pohybu, jehož sensorovým elementem je pyrosenzor. Daný detektor je obohacen o fototranzistor, jenž nám poskytne univerzálnější vlastnosti při praktickém použití.

1 Úvod

Nejprve objasním, proč v názvu této práce¹ je slovo „pohybu“ v uvozovkách. Vysvětlení není příliš složité. Jelikož je k detekci pohybu použit pyroelement (RE 200B), tak ve své podstatě tento detektor nesnímá změnu polohy osob, zvířat, věcí, ale reaguje na teplo. Stejně jako červená dioda září na vlnové délce $\lambda = 626 \text{ nm}$, tak i teplo září na určitých vlnových délkách. Narozdíl od červené barvy toto záření lidským senzorem (okem) nevidíme. Důvod, proč nevidíme tepelné záření spočívá v rozložení spektra tepelného záření. Jak si můžeme na obrázku 1 povšimnout, tepelné záření lidského těla se nachází daleko za viditelnou oblastí v tzv. infra oblasti.

Pyrosenzor RE 200B dle literatury [10] je citlivý na oblast od 5–14 μm , proto jsem si jej vybral k vypracování této úlohy.



Obrázek 1: Spektrální rozložení záření: slunečního záření, rozžhavených kamen a lidského těla

¹Návrh a realizace detektoru „pohybu“ s využitím pyrosenzoru

2 Klíčové obvodové prvky

Než-li se naplno začneme věnovat samotným návrhem detektoru, představme se důležité obvodové prvky použité pro realizaci.

2.1 Pyrosenzor

Jak je již v 1. kapitole předesláno, výběr této součástky nebyl nahodilý. První krok k výběru této součástky spočíval ve znalostech, na jakých vlnových délkách vyzařuje lidské tělo, abychom snímali to co požaduje, tj. lidskou bytost. K tomu nám plně postačí grafické znázornění na obrázku 1, kde vyčteme následující. Lidské tělo vyzařuje při teplotě $T = 300 \text{ °K}$ v oblasti od $5\text{--}20 \mu\text{m}$. Mnou vybraný pyrosenzor detekuje záření v oblasti od $5\text{--}14 \mu\text{m}$.

Dale je pyrosenzor RE 200B charakterizován: výstupním signálem $U_{out} = 3\,900 \text{ mVp-p}$ při kmitočtu $f = 1 \text{ Hz}$, napájecím napětím $U_{cc} = 2,2\text{--}15 \text{ V}$, $U_{offset} = 0,7 \text{ V}$.

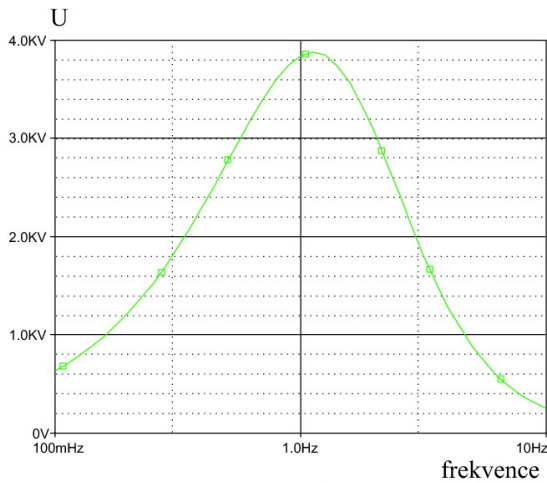
2.2 Fototranzistor

Tato součástka, obdobně jako pyrosenzor, detekuje záření avšak na odlišných vlnových délkách. Jelikož tato součástka má sloužit pro detekování světla (blíže kapitola 3), vystačíme si s detekcí vlnové délky v rozsahu $\lambda = 340\text{--}2100 \text{ nm}$. Jak si můžeme povšimnout, z velké části se nacházíme ve viditelné oblasti, jejíž vlnová délka je $\lambda = 380\text{--}740 \text{ nm}$. Fototranzistor BPW 40 detekuje 50 % maxima záření na vlnových délkách $\lambda = 520\text{--}950 \text{ nm}$, maximum je na $\lambda = 780 \text{ nm}$. Tedy pro naše účely, tj. detekce světla, nám velmi dobře poslouží.

2.3 Další IO

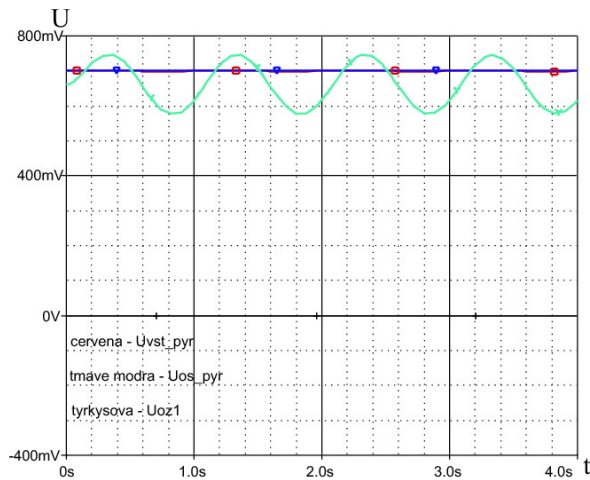
Vyjma výše zmiňovaných prvků jsou ještě použity dva nezbytně důležité integrované obvody. Tím prvním je čtyřnásobný operační zesilovač LM2902 a druhým dvojnásobný časovací obvod CM556 (obdoba klasické NE555, akorát v CMOS technologii a v jednom pouzdru jsou dva tyto časovače).

zesilujících PP je patrné na základě požadavku zesilovat pouze požadovaný signál, nebo-li odfiltrovat nechtěné šумы, přeslechy apod, které se nacházejí v okolí snímaného kmitočtu. Jak si můžeme povšimnout, dosahujeme velmi vysokého zesílení. Poměrem výstupního a vstupního napětí² dostáváme napěťové zesílení $A_u \doteq 3\,800$ (viz obr. 4 a 5).

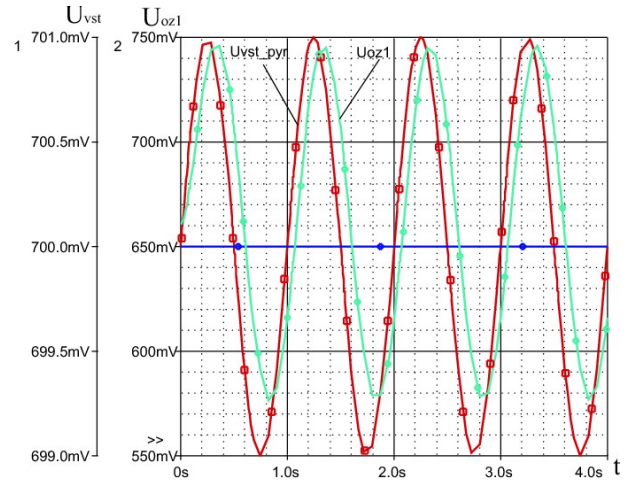


Obrázek 3: Spektrální charakteristika kaskádně řazených operačních zesilovačů OZ_1 a OZ_2

Dle katalogového listu (literatura [8]) se dočteme následující. Operační zesilovače jsou vytvořeny bipolární technologií. Tento údaj musíme respektovat a při návrhu s ním počítat.



Obrázek 4: Průběh výstupního napětí OZ_1 se vstupním napěťovým offsetem

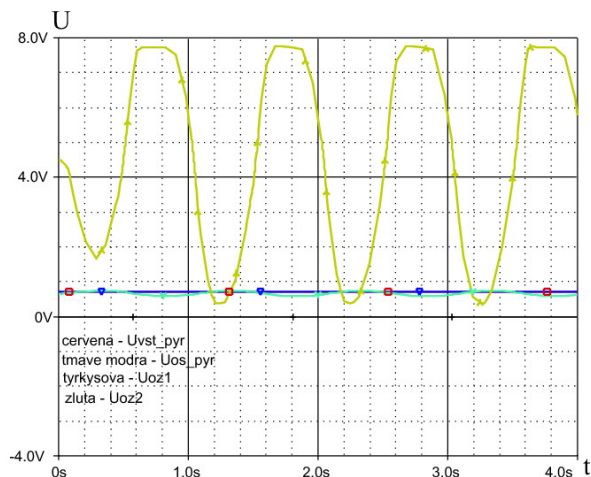


Obrázek 5: Detail průběhu výstupního napětí OZ_1

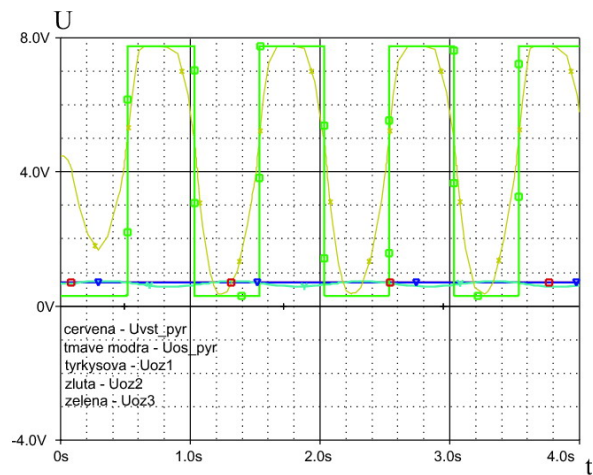
Na následujících grafech (obázek 6 až 9) vidíme jednotlivé časové průběhy výstupního napětí jednotlivých operačních zesilovačů. Než-li se budeme zabývat samotnými výstupy OZ, musíme si uvědomit jejich vnitřní strukturu. Převážně tím mám na mysli jakou technologii jsou realizovány. Dle katalogového listu (literatura [8]) se dočteme následující. Operační zesilovače jsou vytvořeny bipolární technologií. Tento údaj musíme respektovat a při návrhu s ním počítat.

²výstupního napětí pyrosenzoru při této simulaci byl jeden volt

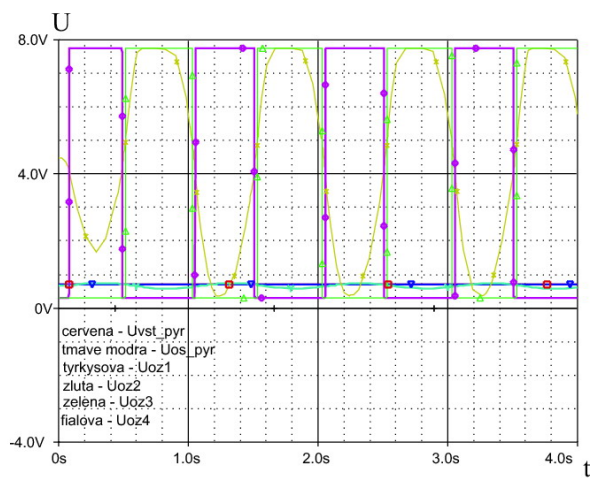
Po kaskádním řazení dvou PP se nachází dva operační zesilovače OZ_3 a OZ_4 ve funkci komparátoru. Jejich porovnávané napěťové hladiny jsou vytvářeny kombinací R_6 , D_1 , D_2 a R_7 . Změní-li se na vstupu komparátoru napětí o více než $\pm 0,7$ V, překlápí se komparátor z klidového stavu, kde je na výstupu nulové napětí, do stavu, kde se výstupní napětí blíží napájecímu. Překlopení komparátoru je indikováno LED D_7 .



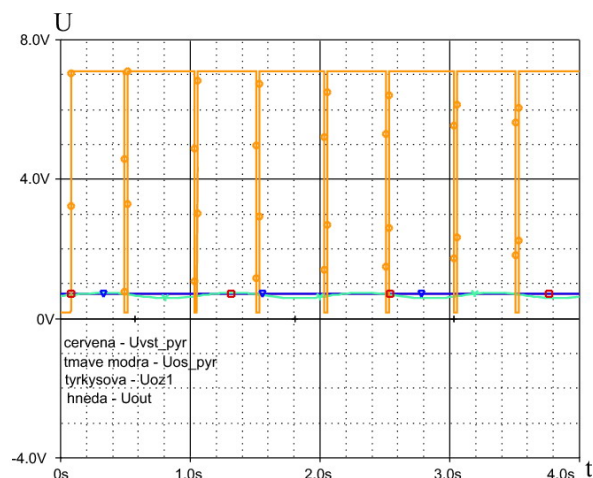
Obrázek 6: Průběh výstupního napětí OZ_2



Obrázek 7: Průběh výstupního napětí OZ_3



Obrázek 8: Průběh výstupního napětí OZ_4



Obrázek 9: Průběhu výstupního napětí U_{OUT}

Bez dalších komentářů, ponechám na čtenáři ať si sám ještě jednou projde jednotlivé grafy a pochopí tak princip obvodu. Upozorním však, že musí brát v potaz fázové zpoždění, které je patrné z obrázku 5.

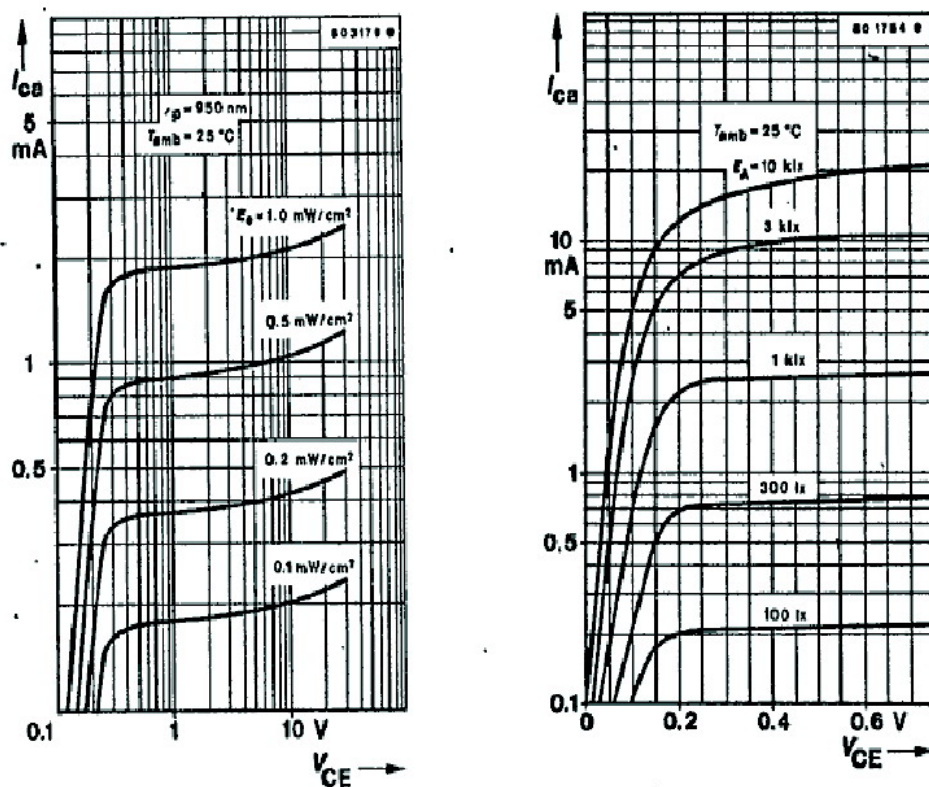
Až se čtenář probere k poslednímu obrázku, může si říci: „Už tomu rozumím, tak takhle to funguje“. Konečný obrázek nám zobrazuje náš záměr, tj. získání dostatečně vysokého stejnosměrného napětí při detekci tepelného záření pyroelementem.

3.2 Detekce světla

Tato práce se zabývá detekcí tepla. Výsledkem by mělo být sepnutí zařízení (alarmu, žárovky apod.). Jelikož však využíváme k detekci teplo, nehodí se tato realizace pro interní užití (tj. zabezpečovací zařízení v domácnosti), ale spíše jako spínač osvětlení při vjezdu do garáže, rozsvícení světla před vchodem do domu atd. Můžeme říci: toto zařízení je užitečné pro spínací účely ve tmě, než-li pro zabezpečovací uplatnění. Tím se dostáváme k samotné podstatě této kapitoly. Jelikož i ve dne se před domem, garáží pohybují lidé, bylo by vhodné zbytečně nespotřebovávat energii rozsvícováním, ale spíše zajistit funkčnost zařízení v době, kdy to nejvíce vyžadujeme, tj. za šera či tmy. Z těchto důvodů využijeme k detekci světla fototranzistor BPW 40.

Vlastnostem daného fototranzistoru je věnována kapitola 2.2. V této části se zaměříme na jeho implementaci do obvodu.

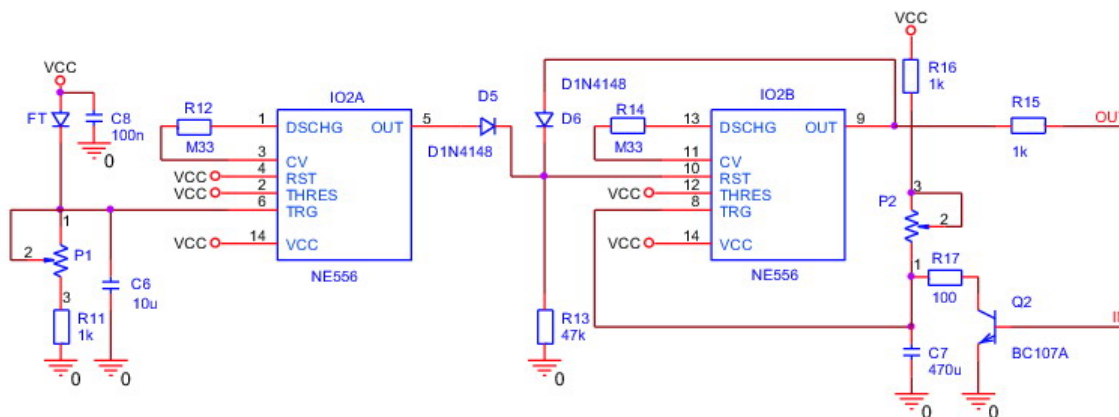
Z výstupních charakteristik (obrázek 10) je patrné, že se změnou intenzity záření se nám mění velikost procházejícího proudu skrze fototranzistor, resp. s rostoucím osvětlením nám klesá odpor fototranzistoru a roste kolektorový proud I_{CS} . Těto vlastnosti využijeme při samotném návrhu detektoru.



Obrázek 10: Výstupní charakteristiky fototranzistoru BPW 40

Samotné v členění fototranzistoru (FT) do obvodu je na obrázku 11. Princip je následující. Jak již bylo řečeno FT nám poskytuje velikost proudu v závislosti na osvětlení. Tedy, zatížíme-li FT kolektorovým odporem, dostaneme tomu odpovídající napětí, které budeme porovnávat s referenčním napětím časovače CM556 ($U_{DD}/3$). Časovač je zde ve funkci komparátoru napětí. Je-li napětí na R_C FT, tedy i na IO2 - TRG (TRIGGER - spoušť), menší než-li $U_{DD}/3$ časovač sepne a na výstupu dostaneme $\log 1$, resp. nenulové napětí. Tato hodnota

nám resetuje následující časový blok sloužící k sepnutí detektoru a detektor se tak stává „necitlivý“ na snímání tepla pyroelementem. Z těchto důvodů je vhodné použít na místo klasického kolektorového odporu R_C proměnný, laditelný potenciometr, jenž nastavíme práh přípustného osvětlení, aby detektor stále spínal. Ačkoliv detektor nebude při velkém osvětlení spínat, stále zde máme kontrolní LED diodu (viz obrázek 2), která nám nepřetržitě indukuje detekci tepla. Paralelně k potenciometru na kolektoru FT je kapacitor jenž plní funkci odfiltrování náhodných změn osvětlení. Při osvětlení světlocitlivého prvku je na kondenzátoru C_6 napětí přímo úměrné osvětlení.



Obrázek 11: Schema zapojení detekce světla a časovače

3.3 Nastavení doby sepnutí

Při návrhu této části práce využijeme druhý časovač, jenž se nachází v jednom pouzdře CM556. Vstupní signál budeme uvažovat na bázi tranzistoru Q_2 , který je výstupním signálem detekční části s pyrosenzorem na obrázku 2. Výstupní signál je vyveden z IO2B na pinu číslo 9, směrem ke spínanému zařízení.

FUNCTION TABLE

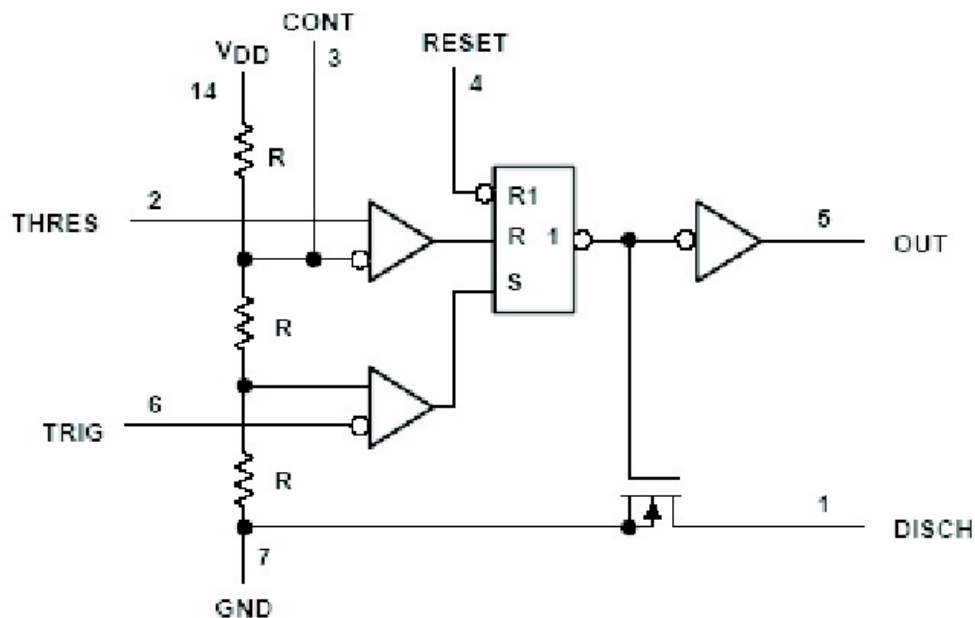
RESET VOLTAGE†	TRIGGER VOLTAGE†	THRESHOLD VOLTAGE†	OUTPUT	DISCHARGE SWITCH
< MIN	Irrelevant	Irrelevant	L	On
> MAX	< MIN	Irrelevant	H	Off
>MAX	>MAX	>MAX	L	On
> MAX	> MAX	< MIN	As previously established	

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under electrical characteristics.

Obrázek 12: Funkční tabulka jednoho časovače v CM556

Přivedeme-li dostatečně vysokou napěťovou úroveň a i proud přes odpor R_{10} na bázi tranzistoru Q_2 (tj. v případě detekce), tranzistor sepne a skrze rezistor R_{17} se začne vybíjet kondenzátor C_7 . Pokles napětí na kondenzátoru přeplojí klopný obvod R-S, jehož funkční tabulka je na obrázku 12 a obvodové zapojení v časovači na obrázku 13. Pokud je napětí na kondenzátoru malé, je na výstupu kladný signál s úrovní napájecího napětí. Rychlost nabíjení

a tím i doba sepnutí svítidla je určena sériovou kombinací odporu R_{16} a potenciometrem P_2 . Nastavíme-li trimr na nejmenší odpor, uplatňuje se rezistor R_{16} a časová konstanta je krátká, svítidlo se rozsvítí pouze po dobu pohybu osoby v zorném poli snímače. V době sepnutí máme na výstupu kladné napětí, které slouží pro spínání, ale zároveň tento signál zablokuje řízení z komparátoru osvětlení pomocí diody D_6 (viz tabulka na obrázku 12).



RESET can override TRIG and THRES.
TRIG can override THRES.

Obrázek 13: Funkční blokový diagram každého časovače v CM556

4 Závěr

Cíl mé práce, návrh a realizace detektoru pohybu, jsem splnil. Doufám, že tato práce bude přínosem ostatním studentům či mladým elektronikům, kteří si chtějí doma „sbastlit“ něco podobného či se něco málo dozvědět ze světa optoelektroniky.

Literatura

- [1] PETRUZZELLIS, T. *Alarm, Sensor & Security Circuits Cookbook*. McGraw-Hill: Vydavatelství: TAB Books 1994, 230–235 s., ISBN 0-8306-4314-1
- [2] MARTINEK, P. BOREŠ, P. HOSPODKA, J. *Elektrické filtry*. Praha: Vydavatelství: ČVUT 2003, 315 s., ISBN 80-01-02765-1
- [3] DAVÍDEK, V. LAIPERT, M. VLČEK, M. *Analogové a číslicové filtry*. Praha: Vydavatelství: ČVUT 2000, 337 s., ISBN 80-01-02178-5
- [4] ON SEMICONDUCTOR 78LXX *Three-Terminal Low Current Positive Voltage Regulators*. Katalogový list, USA
- [5] TELEFUNKEN ELECTRONIC BPW 40 *Silicon NPN Epitaxial Planar Phototransistor*. Katalogový list, USA
- [6] GOOD-ARK BZX85... *Silicon Planar Power Zener Diodes*. Katalogový list, USA
- [7] VISHAY SEMICONDUCTORS BC546/547/548 *Small Signal Transistor (NPN)*. Katalogový list, USA, 2004
- [8] STMICROELEKTRONICS LM2902 *Low Power Quad Operational Amplifier*. Katalogový list, USA, 2005
- [9] ISOCOM COMPONENTS MOC3040 *Optically Coupled Bilateral Switchlight Activated Zero Voltage Crossing Triac*. Katalogový list, USA, 2003
- [10] NIPPON CERAMIC Co. RE200B *Dual IR sensing elements*. Katalogový list, USA
- [11] POWER INNOVATIONS LIMITED TIC206 *Silicon Triacs*. Katalogový list, UK, 1997
- [12] TEXAS INSTRUMENTS TLC555 *Dual LinCMOSTM Timers*. Katalogový list, USA, 2000