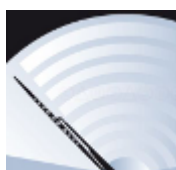


Dažďový senzor

Nagy Gabriel · Elektrotechnika, Študentské práce

21.06.2010



Článok popisuje fyzikálny základ dažďových senzorov používaných v súčasnosti. Jedno z možných obvodových riešení najpoužívanejšieho druhu. Optický dažďový senzor a jeho výhody a možné ďalšie využitia.

1. Úvod

Dôležitosť elektroniky v automobiloch vzrastala od okamžiku jej zavedenia zhruba 90. rokoch 19. storočia. Zo začiatku sa jednalo iba o svetlomety, neskôr sa stala rozšírením mechanických systémov, ale v súčasnosti ich už riadi, kontroluje a ešte omnoho viac. Systémov zvyšujúcich komfort počas jazdy je nespočetne veľa. Jedným z takýchto systémov je dažďový senzor, ktorým sa budem bližšie zaoberať.

V minulosti sa cyklus stieračov nedal meniť, postupne sa prešlo na stierače s viacerými pevnými rýchlosťami stierania, následne sa dali plynule ladiť v závislosti od vôle a rozhodnutia šoféra. A dnešnej dobe sa už cyklus stieračov plne prispôsobuje aktuálnym podmienkam bez potreby zásahu šoféra.

2. Spôsoby snímania

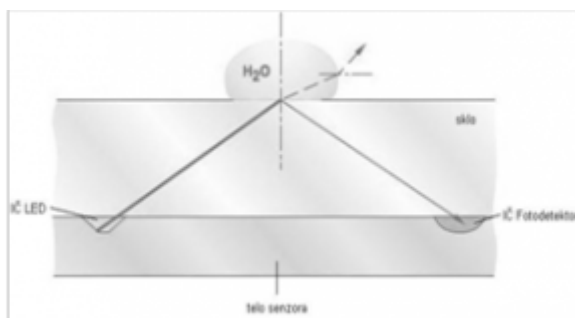
Dá sa povedať to, že na sklo dopadajúci dažď, rosa a sneh sa dá snímať a vyhodnocovať galvanicky, kapacitne, elektrostaticky a opticky. Každú z týchto metód je možné použiť. Problémy nastávajú v ich rozlišovacích schopnostiach zaregistrovať a správne vyhodnotiť rôzne úrovne zrážok, aby následne optimálne spúšťali cyklus stieračov. Príliš skoré zopnutie a neskoré vypnutie by spôsobilo nadmerné opotrebenie stieračov a tým skrátenie ich životnosti.

V opačnom prípade, že by sa stierače spúšťali príliš neskoro a vypínali zavčas, táto situácia by ohrozovala život pasažierov vo vozidle tým že by šofér nevidel dopravnú situáciu pred sebou. Medzi prvé spôsoby snímania, ktoré sa využívali patrilo priame vodivé spojenie dvoch elektród umiestnených na čelnom skle. Postupne sa prešlo na Kapacitné mostíky či už vysokofrekvenčné alebo jednosmerné. V praxi sa najviac presadil optický spôsob snímania.

3. Optický dažďový senzor

Optický dažďový senzor je založený na lome svetla na rozhraní sklo-vzduch a jeho

zmeny pri lome na rozhraní sklo-voda-vzduch. Fyzikálna podstata je založená na zákone lomu vlnenia pri prechode z jedného optického prostredia do druhého a na amplitúdovej reflexii.



Obr. 1. Princíp fungovania dažďového senzora

Pre optimálne fungovanie je dôležité umiestnenie a nasmerovanie infračerveného vysielača, najčastejšia IČ LED a infračerveného prijímača. Ich vzájomný uhol by mal byť taký aby celková transmisia optického žiarenia za bežných podmienok, čiže za suchého čelného skla, bola maximálna a po dopade vody na čelné sklo by mala byť minimálna. Tým sa zabezpečí vysoká schopnosť zaznamenať prítomnosť vody. Zaznamenávanie snehu je ešte podmienená roztopením snehu na čelnom skle čo sa dá ľahko dosiahnuť výhrevným vodičom umiestneným v priestore snímania.

Snímač nemusí byť umiestnený iba na čelnom skle, rovnako dobre môže byť umiestnený aj na zadnom skle vozidla. Podmienkou zostáva, že sa musí nachádzať v dráhe stieračov a iba daného skla stieranie môže správne ovládať. V prípade, že dažďový senzor je zabudovaný už pri výrobe vozidla a sníma čelné sklo tak sa nachádza v držiaku stredového spätného skla. Ak je dorábané dodatočne, umiestňuje sa v rovnakej oblasti, len je krytý samostatným plastovým krytom. To isté platí v prípade ak je umiestnený na zadnom skle.

Snímacím prostriedkom je optické žiarenie. Vysiela a následne sa spracúva infračervené optické žiarenie, dôvody sú jednoduché. Väčšina fotodetektorov sníma blízke infračervené žiarenie a ďalší dôvod je, že infračervené žiarenie je pre ľudské oko neviditeľné. Čiže nepôsobí rušivo ani na šoféra vozidla, v ktorom je senzor umiestnený, ale ani na iných účastníkov cestnej premávky.

4. Optika

Na správne pochopenie optických javov spojených so správnym fungovaním optického dažďového senzora nestačí pozerieť na optické žiarenie a jeho vlastnosti iba zo strany geometrickej optiky, ale zobrať do úvahy to, že svetlo je elektromagnetické žiarenie.

$$\Phi_C = \Phi_R + \Phi_T + \Phi_A \quad (1)$$

$$1 = \frac{\Phi_R}{\Phi_C} + \frac{\Phi_T}{\Phi_C} + \frac{\Phi_A}{\Phi_C} \quad (2)$$

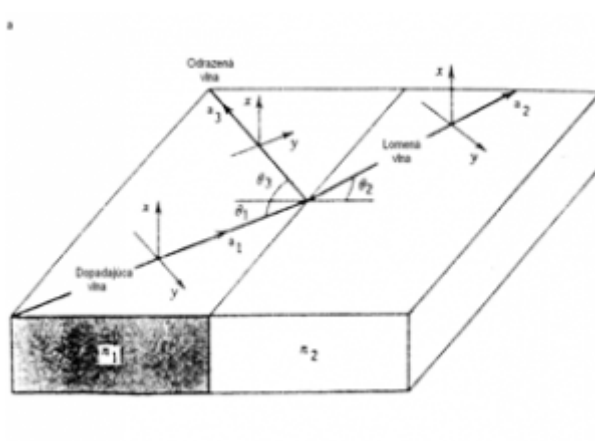
$$R(\lambda) + T(\lambda) + A(\lambda) = 1 \quad (3)$$

kde Φ_C - celkový (dopadajúci) žiarivý tok, Φ_R - žiarivý tok odrazený od povrchu, Φ_T - žiarivý tok prechádzajúci látkou, Φ_A - žiarivý tok pohltý látkou, $R(\lambda)$ - reflektivita,

$T(\lambda)$ - transmisia, $A(\lambda)$ - absorpcia

Ďalej si musíme uvedomiť, že index lomu prostredia je materiálové konštanta charakterizujúca dané prostredie. Udáva koľko-krát sa svetlo šíri pomalšie v danom prostredí oproti vákuu. Udáva možnosť polarizovateľnosti materiálu pri interakcii elektromagnetického pola s dipólom materiálu. Index lomu prostredia je súčasne závislý aj od vlnovej dĺžky dopadajúceho svetla. Vo všeobecnosti sa dá povedať, že index lomu s vzrastajúcou vlnovou dĺžkou klesá.

5. Reflektivita a transmisia optického žiarenia



Obr. 2. Odraz a lom na rozhraní dvoch dielektrických prostrediach

Na Obr. 2. vidíme tri vektory u každého z lúčov. Vektor \vec{a} určuje smer šírenia elektromagnetickej vlny, vektory \vec{x} a \vec{y} udávajú smer vlnenia elektrickej zložky vlnenia a magnetická sa dá následne vypočítať podľa vzťahov (4) a (5).

$$\vec{B} = \frac{1}{c}(\vec{a} \times \vec{E}) \quad (4)$$

$$\vec{B} = \mu_0 \mu_r \vec{H} \quad (5)$$

Mód polarizácie v smere x sa nazýva transverzálna elektrická (TE) polarizácia alebo aj polarizácia kolmého žiarenie. Mód polarizácie v smere y sa nazýva transverzálna magnetická (TM) polarizácia, alebo aj polarizácia rovnobežného žiarenia. Na výpočet amplitúdovej odrazivosti r a amplitúdovej priepustnosti t , čo sú pomery komplexných amplitúd, použijeme Fresnelové rovnice v komplexnom tvare.

$$r_x = \frac{n_1 \cos \theta_1 - n_2 \cos \theta_2}{n_1 \cos \theta_1 + n_2 \cos \theta_2} \quad (6)$$

$$t_x = 1 + r_x \quad (7)$$

$$r_y = \frac{n_2 \cos \theta_1 - n_1 \cos \theta_2}{n_2 \cos \theta_1 + n_1 \cos \theta_2} \quad (8)$$

$$t_y = \frac{n_1}{n_2} (1 + r_y) \quad (9)$$

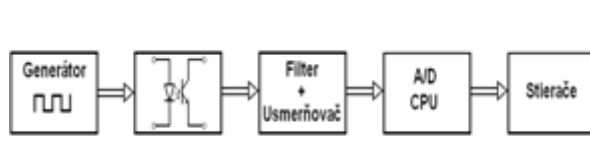
Pre nasledujúce výpočty bude výhodnejšie ak z komplexných koeficientov priepustnosti a odrazivosti prejdeme na výkonové. Za predpokladu, že $A(\lambda) = 0$

$$R(\lambda) = |r|^2 \quad (10)$$

$$T(\lambda) = 1 - R(\lambda) \quad (11)$$

$$T(\lambda) = \frac{n_2 \cos \theta_2}{n_1 \cos \theta_1} |t|^2 \quad (12)$$

6. Riešenie senzora



Obr. 3. Bloková schéma optického dažďového senzora

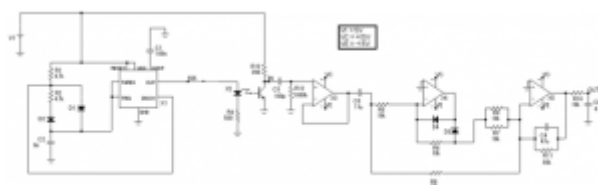
Dažďové senzory založené na optickom princípe snímania vyhodnocujú pokles intenzity odrazeného žiarenia. Keď sa zoberie do úvahy to, že by bolo nežiaduce aby čokoľvek vyžarovalo viditeľné svetlo na čelné sklo automobilu počas jeho jazdy je zrejme, že takéto detektory pracujú s vlnovými dĺžkami mimo viditeľného spektra. To je buď blízka IČ oblasť alebo blízka UV. Ešte je dôležité si uvedomiť fakt, že málo ktoré žiarenie, s ktorým prichádzame počas dňa do kontaktu je monochromatické. Monochromatické žiarenie je také, ktoré vyžaruje iba na jednej vlnovej dĺžke, napríklad lasery.

To následne aj vysvetľuje prečo sa vyhodnocuje striedavý signál. Vďaka tomu, že sa používa striedavý signál je možné čiastočne odstrániť vplyv okolitého žiarenia, to žiaľ, ale nezabráni prebudeniu snímača, to už je nutné eliminovať vhodným umiestnením, po prípade použiť senzor snímajúci tú istú vlnovú dĺžku, ale musí byť umiestnený tak aby na neho nedopadalo svetlo z vysielča a jeho úlohou by bolo iba sledovať prebudenie. V prípade, že je snímač prebudенý vonkajším žiarením môže nastať stav, že už nebude schopný reagovať na prichádzajúce budenie a tým správne vyhodnocovať množstvo vlhkosti na čelnom skle.

7. Elektronické riešenie

Keďže slnečné svetlo jemne budí fototranzistor, z toho vyplýva, že vysielat a prijímať konštantný signál by bolo nevhodné. Vysielat by sa mohol v podstate signál ľubovoľného tvaru, no vzhľadom na požadovanú jednoduchosť je najlepšou voľbou signál s obdĺžnikovým priebehom. Na generovanie obdĺžnikového signálu existuje mnoho jednoduchých spôsobov. Ja som si vybral možnosť s integrovaným obvodom (IO) NE555.

Pomocou IO 555 s frekvenciou približne 15kHz so striedou rovnou jedna. Generátor generuje signál s úrovňami 0 a 5V. Následne je privádzané na IČ LED pre zvýšenie intenzity dopadajúceho žiarenia na detektor sa použije viacej IČ LED, ich odrazené svetelné žiarenie je spracovávané fototranzistorom a následne je odfiltrovaná nežiaduca jednosmerná zložka signálu a rušivé signály. Usmerňovač je realizovaný prostredníctvom operačných zosilňovačov, dôvodom je ich lineárna závislosť výstupu od vstupu aj pre malé napätia. Riešený obvod je na Obr. 4.



Obr. 4. Schéma dažďového senzora - program MicroCAP

8. Výpočty k návrhu obvodu

Generátor obdĺžnikového signálu pomocou 555.

$$T = T_{impulz} + T_{medzera} \quad (13)$$

$$T = R_1 C_2 \ln 2 + R_2 C_2 \ln 2 \quad (14)$$

$$f = \frac{1}{T} \quad (15)$$

Derivačný obvod

$$Au(f) = \frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{j2\pi f C_3 R_{12}}{1 + j2\pi f C_3 (R_{12} + R_{13})} \quad (16)$$

$$Au[dB] = 20 \log |Au(f)| \quad (17)$$

$$\varphi(f) = \arctan \frac{Im Au(f)}{Re Au(f)} \quad (18)$$

Obvod absolútnej hodnoty (dvojcestný usmerňovač) s operačnými zosilňovačmi.

$$u_{out} = -R_{11} \left(\frac{u_1}{R_9} + \frac{u_2(R_7 + R_8)}{R_7 \cdot R_8} \right) \quad (19)$$

9. Literatúra

1. <http://www.techmania.cz/info.php?inf=334>
2. http://sk.wikipedia.org/wiki/Absolútne_čierne_teleso
3. http://www.mikrocontroller.net/attachment/13911/Funkschau_19_1978_S943.png
4. http://www.mikrocontroller.net/attachment/13912/Funkschau_19_1978_S944.png
5. http://www.bosch.sk/content/language1/html/715_4901.htm
6. <http://www.physics.sk/old/?q=sk/info/category/fyzika/fyzikalne-tabulky/fyzikalne-konstanty&PHPSESSID=813ccbfbdbb7862e52034901bd4877c33>
7. http://www.agcom.sk/vrstvene_bezpecnostne_sklo.htm
8. Dostál Jiří; Operační zesilovače; vydavateľ BEN-technická literatúra, Praha 2005; str. 117 -137
9. Hájek Ján; Blikače s časovačem 555; vydavateľ A A Praha a BEN- technická literatúra, Praha 2006; str. 46
10. Hallidy David, Resnick Robert, Walker Jearl; český preklad Kmprská Jiří, Obdržálek Jan, Dub Petr; Fyzika část 4, Elektromagnetické vlny -Optika-Relativita; vydavateľ VUTIUM-vysoké učení technické, Brno 2000; str. 903-906
11. Feynman R. P., Leighton R. B., Snads M.; slovenský preklad Nogová A., Olejník Š.; Feynmanove prednášky z fyziky 4; Vydavateľstov technickej a ekonomickej literatúry, Bratislava 1988; str. 187-205
12. Saleh B. E. A., Teich M. C.; Základy fotoniky; Vydavateľství matematicko-fyzikální fakulty univerzity Karlovy; str. 238-245

Spoluautorom článku je Ing. Miroslav Hagara, Katedra rádioelektroniky FEI STU v Bratislave

