

Senzori vlažnosti vazduha

Ispitivani su različiti materijali i komponente s ciljem da se napravi što efikasniji i ekonomičniji senzor za merenje vlažnosti vazduha. Dobijeni rezultati upoređeni su sa rezultatima izmerenim industrijskim senzorom SHT11 (www.sensirion.com). Merenja su se uglavnom poklapala. Ovi senzori detektuju promenu koncentracije vodene pare u vazduhu i u zavisnosti od konstrukcije daju podatke o parcijalnom pritisku vodene pare u vazduhu, deficitu zasićenosti, relativnoj, apsolutnoj i specifičnoj vlažnosti vazduha.

Uvod

Termistori su elementi koji pri promeni temperature menjaju svoju otpornost. Slično funkcionišu i temperaturni senzori, za čiju se konstrukciju mogu upotrebiti različiti materijali. Naš rad sastojao se u pronalaženju najjednostavnijeg, a u isto vreme i vrlo efikasnog načina za merenje vlažnosti vazduha, što je podrazumevalo ispitivanje različitih komponenti kako bismo napravili adekvatan temperaturni senzor. Samim tim, naš cilj bio je konstruisanje senzora čija bi se otpornost menjala sa jako malim promenama temperature, a kome bi sa promenom temperature rasla provodljivost.

Opis i šema uređaja

Teoretski, za pravljenje senzora, najefikasnije komponente su kiseline, kao što je sumporna, koje jako dobro absorbuju vodu, ali pošto su toksične mi smo eksperimentisali samo sa solima. Koristili smo natrijum-sulfat, magnezijum-sulfat i natrijum-hlorid.

Korišćeni senzor, prikazan na slici 1, sastoji se od bakarne pločice na koju je položena vata natopljena natrijum-hloridom. Pri sobnoj temperaturi od 20°C i relativnoj vlažnosti vazduha od približno 60%, senzor ima otpor 1 MΩ. Sa povećanjem vlažnosti otpornost drastično opada, čak do 200 kΩ. Senzor je priključen na Darlingtonov spoj tri tranzistora (slika 2) kako bi se obezbedilo potrebno strujno pojačanje.

Kako se sa promenom temperature menja napon na diodi pri polarizaciji konstantnom strujom, došli smo na ideju da dve poluprovodničke diode iskoristimo kao temperaturne senzore u Asmanovoj aspiracijskoj metodi (Perović 1961).

Električna šema projektovanog kola data je na slici 3. Promena V_d po temperaturi je:

$$\frac{dV_d}{dT} = \frac{k}{q} \cdot [\ln I_d - \ln CT^3 - 3C]$$

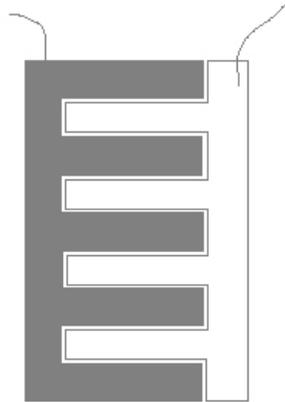
gde je T – apsolutna temperatura, I_d – struja diode, $I_d = \text{const}$.

Formula je izvedena u aproksimaciji oštrog p-n spoja (Tešić i Vasiljević 1997). Na velikim opsezima temperature (300-400 K), pri konstantnoj struji, koeficijent promene napona na diodi je približno konstantan.

Pojačavači LM324/1 i LM324/2 se koriste za polarizaciju dioda konstantnom strujom. Struja od 0.5 mA se podešava kroz diode D_1 i D_2 sa potencijometrima R_2 i R_4 . Kroz diode se ostvaruje negativna povratna sprega tako da je napon između invertujućeg

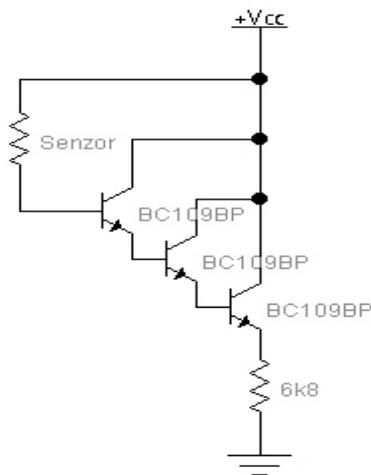
Bojana Đakonović (1985), Budva, Adok EL, učenica 2. razreda Gimnazije "Danilo Kiš" u Budvi

Bojan Adamović (1985), Prijedor, Brežičani 225, učenik 2. razreda Elektrotehničke škole u Prijedoru



Slika 1. Senzor

Figure 1. Sensor



Slika 2. Senzor priključen na Darlingtonov spoj

Figure 2. Sensor connected to Darlington's Circuit

i neinvertujućeg priključka nula. Struja kroz otpornike R_1 , R_2 , R_3 i R_4 jednaka je struji kroz diode D_1 i D_2 , s obzirom da nema ulaznih struja u ulazne priključke pojačavača. Izlazni naponi na operacionim pojačavačima LM324/1 i LM324/2 jednaki su naponima na diodama V_{D1} i V_{D2} . Izlazi pojačavača se vode na diferencijalni pojačavač napona sastavljen od kola LM324/3 i otpornika R_7 , R_8 , R_9 i

R_{10} , na čijem je izlazu $V_i = V_{D1} - V_{D2}$. Kada su diode na istoj temperaturi, otpornicima R_{12} i R_{14} i potencijetrom R_{13} se podešava nulti izlazni napon, zbog različitog napona na diodama pri istoj struji kroz njih, što je posledica tolerancije tehnoloških parametara. Zatim se izlazni napon pojačava kolom koje je realizovano od operacionog pojačavača LM324/4, otpornika R_{15} i R_{16} i potencijetra R_{17} , kojim se podešava pojačanje.

Ukoliko se menja temperatura ambijenta, naponi na diodama će se menjati saglasno teorijskim razmatranjima: opadaće sa porastom, a rasti sa padom temperature. Izlaz diferencijalnog pojačavača biće srazmeran razlici temperatura. Napon na izlaznom pojačavaču je:

$$V_i = c_1 (V_{D1} - V_{D2}) \approx c_2 \cdot (T_1 - T_2)$$

Na kraju rada smo koristili fabrički senzor vlage i temperature SHT11. Čip sadrži dva kalibrisana mikrosenzora za relativnu vlažnost i temperaturu, 14-bitni AD konvertor i serijski interfejs.

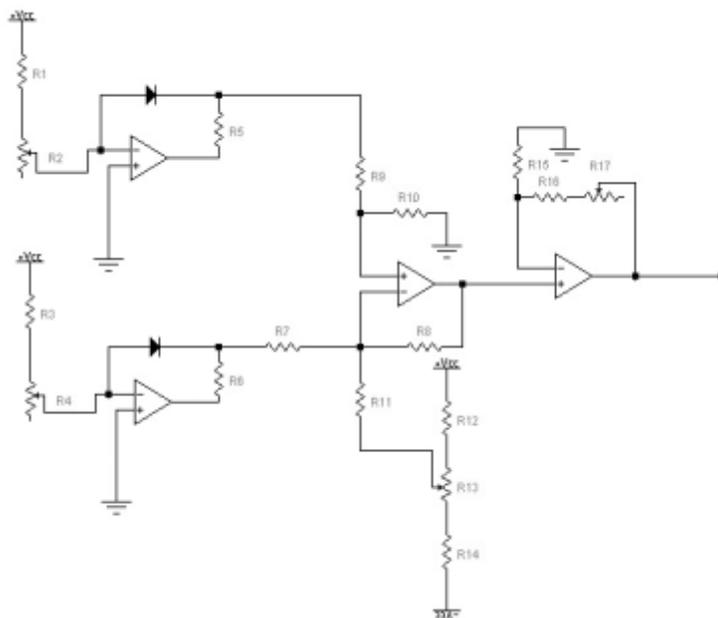
Dva TTL kola 7407 (*open collector buffer*), sa kojima je senzor povezan, predstavljaju interfejs prema računaru. Za komandu sa senzorom napisan je program prema protokolu proizvođača.

Diskusija i zaključak

Pošto smo zaključili da je od svih ispitanih materijala najpogodniji natrijum-hlorid, pristupili smo pravljenju senzora. Nakon dva neuspela pokušaja zaključili smo da je problem prezasićen rastvor NaCl i H_2O u koji smo potapali vatu. Kada smo razblažili rastvor, dobili smo zadovoljavajuće rezultate. Ovi senzori su malo većih dimenzija i njihov otpor opada od $1\text{ M}\Omega$ do $200\text{ k}\Omega$, tako da su vrlo efikasni.

Realizacija šeme sa diodama protekla je uglavnom bez problema i diode su se pokazale kao dobri senzori temperature. Dioda menjaju napon na svojim krajevima i pri običnom dodiru prsta. Napon na izlazu pojačavača je direktno srazmeran procentu relativne vlažnosti.

Rešenja koja smo dobili mereći vlažnost "ručno napravljenim" senzorima poklapala su se sa merenjima senzora SHT11 sa razlikom od 5%. Korekcija vlažnosti vrši se u funkciji temperature ambijenta. Prema specifikaciji proizvođača senzor SHT11 meri relativnu vlažnost vazduha sa greškom od 3.5%. Male dimenzije senzora SHT11 čine ga veoma po-



Slika 3. Električna šema projektovanog kola

Figure 3. Electrical scheme of the projected circuit

godnim rešenjem što se tiče meteoroloških merenja . Ima široku primenu u meteorološkim stanicama, ventilacionim sistemima i medicinskoj opremi.

Generalno, temperaturni senzori imaju široko polje primena. Moguće je koristiti ih i kao glavni deo higrostatičkog prekidača.

Zahvalnost. Zahvaljujemo na pomoći rukovodiocu i svim saradnicima sa seminara elektronike, kao i kolegama sa seminara humane biohemije. Takođe se zahvaljujemo kolegi Filipu Panjeviću na pomoći oko pisanja programa. Najveću zahvalnost dugujemo našem mentoru Dušanu Grujiću na njegovoj nesebičnoj pomoći i ulivanju samopouzdanja kad je bilo potrebno. I na kraju, zahvaljujemo se i gospodinu Đuru Vlahoviću na ideji za projekat.

Milosavljević M. 1988. *Klimatologija*. Beograd: Naučna knjiga

Milosavljević M. 1990. *Meteorologija*. Beograd: Naučna knjiga

Jovanović S. 1987. *Primena metoda matematičke statistike u hidrologiji*. Beograd: Građevinski fakultet univerziteta u Beogradu

Byers, H. R. 1944. *General Meteorology*. McGraw Hill

Tešić S., Vasiljević D. 1997. *Osnovi elektronike*. Beograd: Građevinska knjiga

Literatura

Perović R. 1961. *Klimatologija sa osnovima meteorologije*. Beograd: Preduzeće za udžbenike Narodne Republike Srbije

Tehnička enciklopedija, 1982. *Tehnička enciklopedija*. Zagreb: Jugoslavenski leksikografski zavod

Bojana Đakonović and Bojan Adamović

Humidity Sensors

During the research we tested different materials and different components in order to make a very efficient and very economical sensor; we wanted to find a simple way for relative humidity measuring.

We wanted to make a sensor with conductivity that rises with humidity; with the rise of conductivity, its electrical resistance would then fall. The sensor we made (Figure 1) consists of absorbent cotton soaked with a dispersion of NaCl and put on a copper plate. At the temperature of 20°C and relative humidity of approximately 60%, the sensor has electrical resistance of 1 MΩ. With the humidity growth resistance falls, even to 200 kΩ. The sensor is connected to Darlington's Circuit of three transistors (Figure 2) in order to provide electrical current reinforcement.

In the function of the steady current polarization, the voltage on the diode changes with the change of the temperature. That is why we came to the idea of using two half-conductive diodes as the

temperature sensors in the Assmann's aspiration method (Figure 3). In high scopes of temperature (300-400 K) with steady current, the voltage change-coefficient on the diode is almost constant:

In the final step of our research we used SHT11, relative humidity and temperature sensor. Two TTL 7407 *open collector buffer* are connected with the sensor presenting the interface with the computer.

Finally, we compared results shown by our "hand-made" sensors with results shown by SHT11. There was a difference of about 5%. The miniature size of SHT11 makes it very suitable for even the most demanding applications, including medical equipment, heating and ventilation systems, not to mention that it is perfect for weather stations 