

Jedno rješenje ispitivanja kapacitivnih senzora dodira

Siniša T. Lunić, Mirko M. Vucelja, Ištvan I. Papp, Dragan M. Samardžija

Sadržaj — U radu je predstavljeno jedno rješenje proizvodnog ispitivanja uređaja sa ugrađenim kapacitivnim sensorima dodira. Preciznije, opisano je ispitivanje Atmel-ovih QMatrix senzora dodira ugrađenih u daljinski upravljač. Opisano rješenje ispitivanja ovih senzora je dio sistema čija je namjena verifikacija funkcionalnosti uređaja i obavljanje neophodnog programiranja.

Cljučne reči — bed-of-nails, kapacitivni senzori dodira, QMatrix, QTouch

I. UVOD

ISPITIVANJE elektronskih uređaja neizostavni je dio proizvodnog procesa. Izbor metode ispitivanja i ispitne opreme direktno se odražava na konačnu cijenu uređaja. Jedna od mogućnosti za obavljanje proizvodnog ispitivanja je i upotreba sistema koji sadrži presu sa igličastim konektorima (eng. bed-of-nails). Ovaj sistem pored funkcionalnog ispitivanja omogućava i ispitivanje pojedinačnih komponenata.[1]

Rad je organizovan u pet poglavlja. U drugom poglavlju je dat kratak pregled senzora dodira sa naglaskom na Atmel QTouch i QMatrix senzore. U trećem poglavlju je opisan sistem za ispitivanje. U četvrtom poglavlju je ukratko opisana ispitna jedinica. U Petom poglavlju je predstavljen način ispitivanja senzora. Šesto poglavlje je zaključak.

II. SENZORI DODIRA

Senzori dodira su sve više zastupljeni u svakodnevnoj upotrebi. Oni su alternativa tradicionalnim mehaničkim tasterima i klizačima. Umjesto očitavanja fizičkog stanja tastera, ovi senzori otkrivaju prisustvo provodnih objekata u svojoj okolini.

Najvažnije prednosti senzora dodira su njihova pouzdanost i trajnost. Mehanički tasteri su manje pouzdani, a njihova popravka povećava ukupnu cijenu sistema. Sa druge strane senzori dodira su isplativiji na duži rok. Sistemi zasnovani na sensorima dodira su

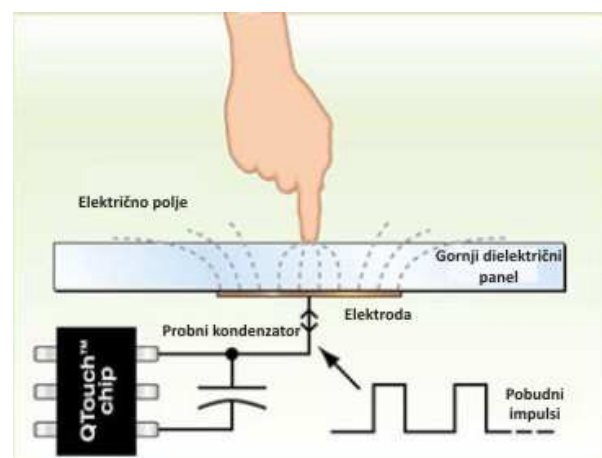
fleksibilni, intuitivni i nude više slobode u osmišljavanju korisničke sprege.

Postoji nekoliko različitih vrsta senzora dodira. Neki od njih su senzori zasnovani na rezistivnom filmu, senzori zasnovani na površinskim akustičnim talasima, infracrveni senzori, itd. Ono što izdvaja kapacitivne senzore dodira od ostalih senzora dodira su prije svega velika osjetljivost i trajnost. Za detekciju pritiska kod kapacitivnih senzora potreban je lagan pritisak prstom i nije potrebno koristiti olovku radi povećanja pritiska. Kao dielektrik može da se koristi širok spektar različitih materijala. Sa njima se mogu postići različite rezolucije i tačnosti, tako da im primjena nije usko ograničena. Koriste se za detekciju prisustva čovjeka, mjerenje nivoa tečnosti, analizu materijala, očitavanje dodira, skeniranje materijala, pa čak i u sistemima za prenos podataka na malu udaljenost. [2]

Atmel-ova rješenja za kapacitivne tastere, klizače i kružne senzore su zasnovana na dva metoda akvizicije, QTouch i QMatrix.

A. QTouch metod

Qtouch uređaji dovode senzorsku elektrodu, koja sa prinesenim provodnim tijelom čini kondenzator nepoznate kapacitivnosti, na unaprijed poznat potencijal. Elektroda je obično sloj bakra na štampanoj ploči. Dobijeni napon se mjeri u kolu za mjerenje. Mjerenjem postignutog napona nakon jednog ili više ciklusa punjenja može se odrediti kapacitivnost senzorske površine. Prinošenje prsta senzorskoj elektrodi uvodi dodatnu kapacitivnost koja utiče na raspodjelu naelektrisanja u okolini, na osnovu čega se registruje dodir. Qtouch mikrokontroleri mogu da



Sl. 1. Raspodjela električnog polja u okolini QTouch senzora

Ovaj rad je djelimično finansiran od Ministarstva za nauku Republike Srbije, projekat 11005, od 2008. god.

Siniša T. Lunić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4801100, e-mail: sinisa.lunic@rt-rk.com).

Mirko M. Vucelja, Institut za Informacione Tehnologije, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4801100, e-mail: mirko.vucelja@rt-rk.com).

Ištvan I. Papp, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4801189, e-mail: istvan.papp@rt-rk.com).

Dragan M. Samardžija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4801135, e-mail: dragan.samardzija@rt-rk.com).

budu podešeni i da otkriju prisustvo prsta u blizini senzorske površine umjesto pravog dodira. Na Sl. 1. je predstavljena raspodjela električnog polja i sprega senzorske površine sa QTouch integrisanim kolom.

Obrada signala i logika odlučivanja čine QTouch tehnologiju pouzdanom i robusnom i uspješno eliminišu pogrešne detekcije prouzrokovane elektrostatičkim pražnjenjem, slučajnim dodirima ili prisustvom provodnog predmeta u blizini. QTouch integrisana kola mogu da budu spregnuta sa jednim ili sa više tastera. U drugom slučaju nivo osjetljivosti je podesiv za svaki taster posebno. QTouch uređaji mogu da rade u dva režima: režimu detekcije dodira i visoko osjetljivom režimu detekcije prisustva u blizini senzora. Veličina i oblik tastera se mogu proizvoljno birati u cilju ispunjavanja funkcionalnih i estetskih zahtjeva.[3]

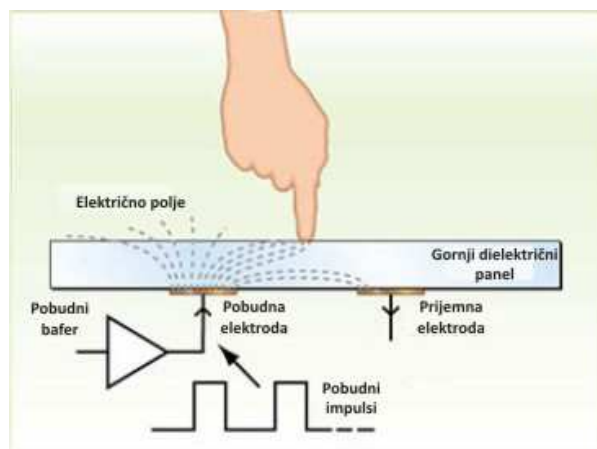
Ukoliko su tasteri postavljeni blizu jedan drugom, prilazak prstom prouzrokuje promjenu kapacitivnosti u okolini više od jednog tastera. Da bi se izbjegla pogrešna detekcija, koristi se iterativna tehnika neprestanog mjerenja kapacitivnosti, poređenja rezultata i određivanja koji je taster korisnik namjeravao da pritisne. Signali sa ostalih tastera se zanemaruju dokle god je signal sa pritisnutog tastera iznad unaprijed definisanog praga.

QTouch uređaji posjeduju i automatsku kompenzaciju promjena nastalih zbog starenja i promjene uslova u okolini. Imaju dinamički opseg od nekoliko dekada, i ne zahtijevaju kaleme, oscilatore RF komponente, specijalne kablove, RC mreže ili veliki broj drugih diskretnih komponenta. [4]

B. QMatrix metod

QMatrix uređaji su zasnovani na senzorskim integrisanim kolima koja otkrivaju dodir skeniranjem pasivne matrice elektroda. Elektrode su obično bakarne površine na štampanoj ploči, ali mogu biti i površine od čistog provodnog indium-kalaj oksida. Jedan QMatrix uređaj može da bude spregnut sa velikim brojem tastera, što rezultuje jako malom cijenom pojedinačnog tastera.

QMatrix tehnologija zamjenjuje mehaničke prekidače na svim vrstama kontrolnih ploča, od kućanskih aparata do mobilnih telefona. Ploče mogu da imaju debljinu i do 50



Sl. 2. Raspodjela električnog polja u okolini QMatrix senzora

mm. Oblik i položaj tastera mogu da budu proizvoljno izabrani u skladu sa estetskim i funkcionalnim potrebama. Na Sl. 2. je predstavljena raspodjela električnog polja i sprega senzorske površine sa pobudnom logikom.

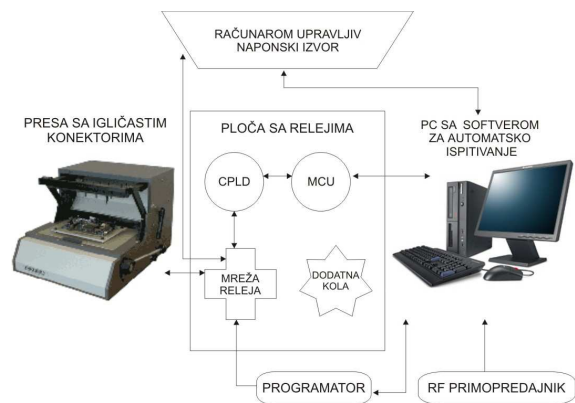
QMatrix tehnologija koristi po par senzorskih elektroda za svaki kanal. Prva je emitorska elektroda na koju se dovodi signal u „burst“ modu, a druga prima signal posredstvom ploče od dielektričnog materijala koja je preko njih postavljena. Prinošenjem prsta se narušava električno polje koje postoji između elektroda i to se registruje kao dodir. QMatrix integrisano kolo sadrži pobudnu, prijemnu i logiku za obradu, tako da zahtijeva mali broj dodatnih komponenti. Komunikacija se odvija putem SPI (Serial Peripheral Interface) ili I²C (Inter-Integrated Circuit) sprege, a dijagnostika dizajna je moguća sa bilo kog personalnog računara preko USB sprege. [5]

III. SISTEM ZA ISPITIVANJE

Sistem za ispitivanje čine sljedeći uređaji:

1. presa sa igličastim konektorima (eng. bed-of-nails)
2. računarom upravljiva ploča releja
3. štampana ploča za ispitivanje senzora dodira
4. računarom upravljiv naponski izvor sa mjerenjem struje
5. programator
6. RF primopredajnik
7. personalni računar sa aplikacijom za automatsko ispitivanje

Blok šema sistema za ispitivanje je data na Sl. 3.



Sl. 3. Blok šema sistema za ispitivanje

Presa fizički povezuje ispitne jedinice, u ovom slučaju daljinske upravljače, sa ostalim uređajima sistema za ispitivanje. Povezivanje je ostvareno pomoću specijalnih sondi koje presa precizno pozicionira na ispitne tačke štampane ploče ispitne jedinice. Na štampanu ploču ispitne jedinice postavljena je i štampana ploča za ispitivanje senzora dodira. U cilju ubrzanja procesa ispitivanja na presu se istovremeno postavlja više ispitnih jedinica, a pošto je moguće ispitivanje samo jedne ispitne

jedinice u jednom trenutku, neophodno je preusmjeriti ispitni signal na onu jedinicu koja se ispituje. To omogućava ploča sa relejima. Za napajanje ispitnih jedinica koristi se naponski izvor sa mjerenjem struje. U sistemu je prisutan programator koji se koristi za upisivanje softvera na mikrokontroler ispitne jedinice, kao i RF primopredajnik za komunikaciju sa ispitnom jedinicom. Svi ispiti su unaprijed definisani i njih automatski izvršava specijalizovana aplikacija koja se pokreće sa računara koji je dio sistema za ispitivanje.

IV. ISPITNA JEDINICA

Ispitna jedinica za koju je isprojektovan sistem za ispitivanje je daljinski upravljač čija je namjena paljenje, gašenje i podešavanje intenziteta svjetlosti na više potrošača. Na njemu se nalazi jedanaest tastera i klizač zasnovani na Atmel-ovoj Qmatrix tehnologiji kapacitivnih senzora dodira. Za akviziciju sa senzora koristi se Atmel AT42QT2160 mikrokontroler koji može da se spregne sa najviše šesnaest tastera i jednim klizačem.

V. ISPITIVANJE SENZORA DODIRA

Cilj ispitivanja je provjera funkcionalnosti senzora koja može biti narušena zbog grešaka nastalih u proizvodnom procesu. Senzori dodira se ispituju pomoću štampane ploče za ispitivanje senzora dodira. Na ovoj ploči su smještene elektrode u vidu bakarnih površina koje su povezane sa konektorima preko kojih ove elektrode mogu da se uzemlje. Svaka elektroda je pozicionirana tako da se preklopi sa odgovarajućim tasterom na ispitnim jedinicama. Preko površine štampane ploče za ispitivanje nalijepljena je plastika iste vrste kao i ona koja se koristi za izradu kućišta daljinskog upravljača. Isti tasteri na svim daljinskim upravljačima koji se ispituju, povezani su paralelno, na jednu nožicu konektora. Svaka nožica konektora preko jednog releja sa relejne ploče može se spojiti ili odspojiti sa uzemljenja.

Simulacija dodira prstom nekog tastera se izvodi uzemljenjem elektrode koja se nalazi iznad njega. Na taj način uzemljuju se sve elektrode koje odgovaraju istim tasterima, pošto su spojene paralelno na zajedničku nožicu, ali softver za automatsko ispitivanje napaja samo jedan daljinski upravljač i sa njega se RF komunikacijom očitava odziv tastera koji se ispituje.

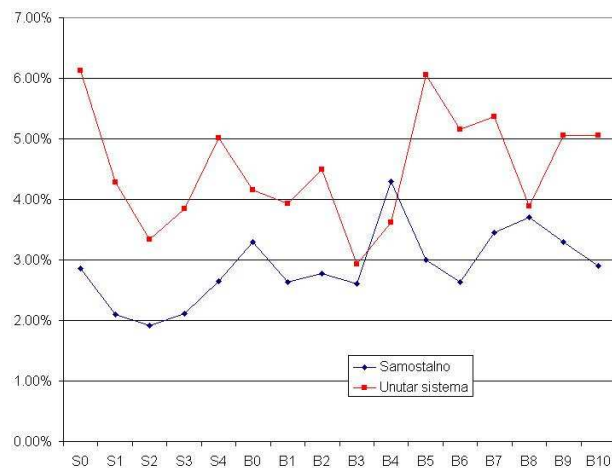
Potencijalni problem koji se nameće pri ispitivanju svakog pojedinačnog tastera unutar ovog sistema je uticaj okolnih elektroda i provodnih linija na ploči za ispitivanje koje su, iako neuzemljene u trenutku ispitivanja, fizički prisutne na štampanoj ploči. Tu je i sama presa koja je uglavnom izrađena od metala. Sve to unosi dodatnu parazitnu kapacitivnost i prijeti da svojim uticajem poremeti očekivani odziv senzora.

Da bi se izveli zaključci o upotrebljivosti ovakvog načina ispitivanja, mjereno je odziva senzora dodira pri korišćenju daljinskog upravljača kao gotovog proizvoda i u slučaju ispitivanja štampane ploče daljinskog upravljača u sistemu za ispitivanje. Rezultati su predstavljeni u vidu relativne promjene jačine signala pri prelasku iz

nepobuđenog (taster nije pritisnut) u pobuđeno stanje (taster pritisnut) u odnosu na jačinu signala u nepobuđenom stanju:

$$P[\%] = (S_{\text{nije pritisnut}} - S_{\text{pritisnut}}) / S_{\text{nije pritisnut}} * 100$$

Na Sl.4. je prikazan grafik sa rezultatima mjerenja. Plava linija predstavlja rezultate u slučaju korišćenja daljinskog upravljača samostalno kao gotovog proizvoda, a crvena u slučaju ispitivanja unutar sistema za ispitivanje. Sa S su označeni rezultati mjerenja sa senzora klizača, a sa B rezultati mjerenja sa tastera.



Sl. 4. Rezultati mjerenja

Prosječna relativna promjena jačine signala očitano sa senzora u prvom slučaju je 2.89%, a u drugom 4.52%. Ovi rezultati pokazuju da simulacija dodira u sistemu za ispitivanje rezultuje u prosjeku jačim signalom sa senzora nego u slučaju korišćenja uređaja kao gotovog proizvoda na osnovu čega se zaključuje da se ovakav sistem za ispitivanje i način ispitivanja može koristiti sa dovoljnim nivoom pouzdanosti.

VI. ZAKLJUČAK

Proizvođači senzora dodira preporučuju način ispitivanja izložen u ovom radu, a rezultati obavljenih mjerenja su više nego zadovoljavajući i u potpunosti opravdavaju njegovu upotrebu. Međutim, pored opisanog načina ispitivanja senzora dodira ugrađenih u daljinski upravljač moguće je izvršiti i potpuno softverske ispite koji bi umanjili troškove izrade sistema za ispitivanje. Softverskim ispitivanjem se nepravilnosti u radu registruju na osnovu očitavanja sa senzora kada nije pritisnut.

VII. ABSTRACT

This paper describes one possibility for testing of remote control with capacitive touch sensors implemented. Short preview of capacitive sensors is given, as well as the description of testing system and unit under test. The purpose of this testing system is verification of functionality and programming of the device.

LITERATURA

- [1] Stephen F. Scheiber, “*Building a successful board-test strategy*”
- [2] Phillip, H., “*Charge Transfer Sensing: Spread Spectrum Sensor Technology Blazes New Applications*”
- [3] Atmel Touch Sensors Design Guide
- [4] http://www.atmel.com/products/bsw/Qtouch.asp?family_id=697
- [5] http://www.atmel.com/products/bsw/qmatrix.asp?family_id=697

ONE SOLUTION FOR TESTING OF CAPACITIVE TOUCH SENSORS

Siniša T. Lunić, Mirko M. Vucelja, Istvan I. Papp, Dragan
M. Samardžija