

Jedno rješenje sistema za automatsko ispitivanje uređaja sa RF primopredajnikom

Vladan Janičić, Mirko Vucelja, Vukota Peković, Miodrag Temerinac

Sadržaj — Nezaobilazni činilac svakog procesa proizvodnje je ispitivanje proizvedenog uređaja. Na tržištu su dostupni sistemi za automatsko ispitivanje vrlo visoke cijene koji nijesu isplativi za manufakturne uslove proizvodnje i serije koje ne prelaze desetine hiljada primjeraka. U ovom radu je predstavljen relativno jeftin i fleksibilni sistem za računarski kontrolisano ispitivanje uređaja sastavljen većinom od komercijalno dostupnih uređaja, a prilagođen za primjenu na uređajima sa RF (eng. Radio Frequency) primopredajnikom.

Ključne reči — automatsko ispitivanje, bed-of-nails, RF primopredajnik, ATT

I. UVOD

RAČUNARSKI kontrolisani automatizovani sistemi za ispitivanje su neophodan činilac procesa masovne proizvodnje uređaja realizovanih na štampanim pločama [1]. Ovi sistemi omogućavaju materijalno i vremenski efikasno ispitivanje sa minimalnim uplivom ljudskog faktora. Na tržištu su dostupni gotovi sistemi za ispitivanje vrlo visoke cijene, kao i mehaničke prese bez propratnih uređaja, srazmjerno znatno jeftinije, koje omogućavaju samo pričvršćivanje elektronskih ploča na opremu za ispitivanje na brz i efikasan način. U ovom radu je obrađeno jedno rješenje sistema za ispitivanje realizovanog pomoću jedne takve prese i digitalno upravljivih instrumenata sa računarom i aplikacijom za ispitivanje kao centralnim dijelom.

II. SISTEM ZA ISPITIVANJE

U ovom konkretnom slučaju cilj ispitivanja je verifikacija električne ispravnosti, unos potrebnog softvera i provjera RF komunikacije. Sva ispitivanja su osmišljena od strane projekatanta i imaju za cilj da pokažu da li je uređaj pravilno izrađen. Sistem za ispitivanje se sastoji od sledećih elemenata:

1. Presa sa igličastim konektorima (eng. bed-of-nails)

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva za nauku Republike Srbije, projekat 11005, od 2008. godine.

Vladan Janičić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija (telefon: +381-62-8291366; e-mail: vladan.janicic@rt-rk.com).

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

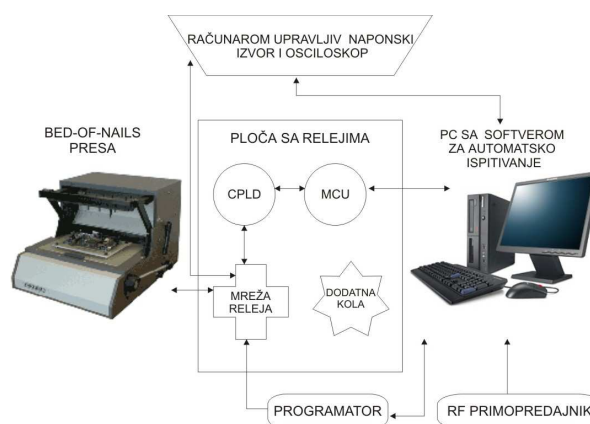
Vukota Peković, RT-RK Computer Based Systems, Dr. Ilije Đuričića 2a, Novi Sad, Srbija (telefon: +381-21-4801100; e-mail: vukota.pekovic@rt-rk.com).

Miodrag Temerinac, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Srbija, odsek Računarstvo i automatika, Trg Dositeja Obradovića 6 Novi Sad; (telefon: 381-63-538-915; e-mail: miodrag.temerinac@rt-rk.com).

2. Specijalno izrađena ploča releja
3. Pomoću personalnog računara (eng. Personal Computer-PC) upravljiv naponski izvor sa mjerenjem struje
4. Pomoću PC upravljiv osciloskop
5. Programator sa USB spregom za mikrokontroler na ispitivanoj jedinici
6. RF primopredajni uređaj sa USB spregom
7. Personalni računar sa aplikativnim softverom za ispitivanje

Presa sa igličastim konektorima služi za lako povezivanje štampane ploče IJ (ispitivane jedinice) sa opremom za ispitivanje. Ona preko svojih precizno pozicioniranih sondi obezbjeđuje galvansko povezivanje sa odabranim tačkama u kolu IJ.

Kako bi se omogućilo automatsko uzastopno izvršavanje koraka ispitivanja potrebni su prekidački elementi. Od poznatih elektronskih komponenti, jedino releji su pogodni za prekidanje svih vrsta signala uz minimalan uticaj na signale (imaju malu otpornost na provodnom putu, ne mijenjaju izgled signala). Njihove loše osobine (mala frekvencija prekidanja, kod ovdje izabranih releja iznosi oko 50Hz) nijesu od značaja. Da bi se obezbijedio potreban broj prekidača i digitalna kontrola nad njima, projektovana je i izvedena ploča sa 100 releja. Za komunikaciju sa računarom je zadužen mikrokontroler iz PIC18 familije. Kada obradi poruku dobijenu preko RS-232 ili preko Ethernet priključka, mikrokontroler pomoću SPI protokola šalje poruku CPLD uređaju, koji upravlja uključivanjem i isključivanjem releja. Sistem se može proizvoljno proširivati za potreban broj ploča releja, u zavisnosti od potreba ispitivanja.



Sl. 1. Dijagram sistema za ispitivanje

Naponski izvor sa mjerenjem struje služi za dovodenje napona napajanja za uređaje koji se napajaju iz baterija. Mjerenjem struje koju takav uređaj crpi iz izvora dobija se bitan podatak o ispravnosti uređaja.

Osciloskop je u ulozi mjernog instrumenta. Ovaj uređaj omogućava mjerenja velikog broja veličina neophodnih za kvalifikaciju IJ kao ispravnih. Od interesa u konkretnom ispitivanju su mjerenja maksimalnog i minimalnog napona, talasnosti napona, efektivne vrijednosti, frekvencije signala. Osciloskop omogućava i snimanje slike sa ekrana i njeno pohranjivanje u memoriju računara zarad analize stručnog lica.

Programator sa USB spregom za mikrokontroler na IJ, se koristi za unos koda u programsku memoriju.

RF primopredajni uređaj sa USB spregom posjeduje antenu, koja je precizno dizajnirana na potrebnu frekvenciju transmisijske i referentni je primopredajnik. Ovako precizno podešena antena je od presudne važnosti za validnost ispitivanja. Antene na ispitivanim jedinicama su realizovane na štampanim pločama i u slučaju vrlo malih nepreciznosti u izradi, njihova rezonantna učestanost će biti pomjerena izvan dozvoljenog opsega od 20 ppm, a samim tim neće biti moguća komunikacija na zadatoj učestanosti. Iz ovoga slijedi da je od presudne važnosti koristiti precizno podešen originalni uređaj kao etalon. Poruke koje preko bežičnog protokola uređaj prima podešene su da sadrže podatke o stanju pojedinih elemenata koje komunikacioni mikrokontroler na IJ može sam da provjeri, kao što je dostupnost drugih kontrolera i ispravnost određenih signala. Sam čin slanja poruke sa IJ i njene analize je poslednji i najsveobuhvatniji ispit koji govori o ispravnosti IJ.

Aplikativni softver na računaru upravlja radom digitalno kontrolabilnih jedinica (pločom releja, osciloskopom, naponskim izvorom, programatorom kao i RF uređajem) i smiještanjem podataka u datoteke.

III. APLIKACIJA ZA ISPITIVANJE

Automatizacija ispitivanja predstavlja upotrebu aplikacije koja se samostalno izvršava i upravlja izvođenjem ispitivanja. Uglavnom se zasniva na automatizaciji već postojećih ručnih koraka ispitivanja.

Kao programska podrška za automatizaciju ispitivanja, korišćena je aplikacija ATT (eng. *Automatic Testing Tool*). Rad ATT-a zasniva se na zadavanju određenog skupa ulaza i proveravanju izlaza i njegovog poklapanja sa očekivanim rezultatom ispitivanja [2]-[5].

Sam korisnički program - ATT, organizovan je tako da se moduli neophodni za nove potrebe automatskog ispitivanja jednostavno izvode u realizaciju ATT-a. To se postiže dodavanjem dinamičke biblioteke (eng. *dynamic link library – dll*) sa definicijom novog modula u instalacioni direktorijum. Realizovani su potrebni moduli za komunikaciju korisnika sa gore pobrojanim digitalno upravljivim uređajima.

Standardne procedure ATT modula su:

1. Init

2. Open

3. Read

4. Write

5. Control

6. Close

Funkcija *Init* se izvršava po jednom za svaki uređaj prilikom pokretanja ATT aplikacije. Ovo je inicijalna funkcija koja podešava konstantne parametre uređaja, tako da taj dio treba biti realizovan u ovoj funkciji.

Funkcija *Open* sadrži programske instrukcije za otvaranje veza koje su neophodne za ispravan rad uređaja.

Funkcija *Close* se poziva kada uređaj više nije potreban tako da se u ovom delu programa zatvaraju uspostavljene veze i oslobađaju resursi.

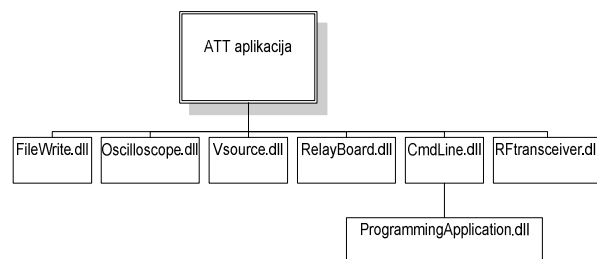
Funkcija *Read* se koristi za očitavanje trenutnih vrednosti promenljive datog uređaja.

Funkcija *Write* se koristi za postavljanje vrednosti promenljivih i izvršavanje komandi.

Funkcija *Control* se koristi za kontrolisanje uređaja. Poziva se u slučaju manuelnog zaustavljanja ispitivanja i nakon izvršenja ispitivanja.

Kod svih uređaja najviše se koristi funkcija *Write*, u kojoj je realizovan veći broj funkcija za manipulaciju određenim modulom ATT – a.

Osciloskop i naponski izvor su projektovani da zadovolje **Standard Commands for Programmable Instruments (SCPI)** standard, koji definiše komande i sintaksu za kontrolu programabilne mjerne opreme [6]. Na ploči releja je izveden jednostavan protokol za uključivanje i isključivanje releja preko tekstualnih komandi. Svim ovim uređajima se upravlja preko standardnog RS-232 protokola. Rukovaoci uređajima u obliku **.dll** datoteke sa imenom odgovarajućeg uređaja su dodate projektu i svaka od njih omogućava transkripciju standardnih komandi ATT-a u odgovarajuće komande upravljivih uređaja.



Sl. 2. Strukturni prikaz ATT aplikacije sa datotekama za kontrolu pojedinih uređaja

Za unos koda u programsku memoriju IJ koristi se posebna konzolna aplikacija. Ova aplikacija, pozvana od strane ATT-a, preko USB sprege i programatora unosi kod na IJ, a zatim preusmerava standardni tok podataka (**stdout**) i standardni tok za greške (**stderr**) u odabranu datoteku za skladištenje podataka. Aplikacija koristi klase za rukovanje standardnim tokovima. Sve ovo je omogućeno posebnom **.dll** datotekom za ATT koja

omogućava pozivanje aplikacije.

RF primopredajni uređaj sa USB spregom se prijavljuje sistemu kao serijski (COM) port pa je njegova konfiguraciona datoteka slična uređajima koji se kontrolišu preko RS-232 protokola. U njenoj datoteci se obrađuju unaprijed definisane poruke koje stižu od IJ i koje nose podatke o ispravnosti senzora na IJ. Po završetku obrade, u zadatu datoteku se upisuju poruke o stanju senzora. U slučaju da uređaj ne primi poruku, to ukazuje na neispravnost odašiljača na IJ.

IV. TOK ISPITIVANJA

U saradnji sa projektantima uređaja koji se podvrgava ispitivanju je definisani skup ispita koji je dovoljan da se potvrdi funkcionalnost proizvedenog uređaja, u ovom slučaju daljinskog upravljača sa kapacitivnim sensorima i RF komunikacionim protokolom.

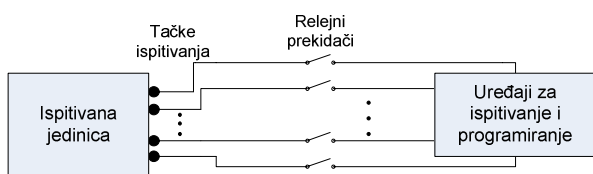
U nastavku slijedi pregled realizovanih koraka u ispitivanju sa načinom realizacije i objašnjenjima.

A. Ispitivanje napajanja

IJ se dovodi pod napon napajanja sa naponskog izvora. Preko dva releja sa ploče releja se zatvara kolo napajanja, ukoliko struja napajanja izađe iz utvrđenog opsega, IJ nije zadovoljila uslove ispitivanja. Velika struja ukazuje na postojanje kratkog spoja ili neispravnog rada elektronike na ploči releja tako da troši isuviše veliku struju. Isuviše mala struja ukazuje na postojanje otvorenog kola, koji opet može biti posledica lošeg lemljenja ili greške u povezivanju opreme za ispitivanje.

B. Ispitivanje stabilisanog napona internog stabilizatora

Mikrokontroler interno stabilise napon za rad svog jezgra i tom naponu se može pristupiti na jednom od njegovih nožica. Osciloskop se preko jednog releja spaja sa zadatom nožicom, a zatim se mjeri stabilisani napon.



Sl. 3. Šematski prikaz provodnih puteva između ispitivane jedinice i uređaja za ispitivanje i programiranje

C. Unos koda u programsku memoriju mikrokontrolera

Programator se preko potrebnih pet releja dovodi u galvansku vezu sa mikrokontrolerom na IJ. Potom se pokreće aplikacija za unos koda, koja vraća poruke o uspešnosti unosa koda.

D. Ispitivanje komunikacije

RF primopredajnik sa USB spregom čeka poruku sa IJ. Ukoliko poruka stigne, to znači da RF komunikacioni dio IJ ispravno funkcioniše. Daljom analizom poruke se

saznaju podaci i ispravnosti drugih kola na IJ koje mikrokontroler može sam da poziva i provjeri njihovu ispravnost.

V. UPOREĐIVANJE REZULTATA AUTOMATSKOG I RUČNOG ISPITIVANJA

U Tabeli 1 su navedena vremena trajanja za gore navedena ispitivanja. Za ručno ispitivanje treba reći da je čovjek kao izvršilac ispitivanja, naročito pri ispitivanju kompleksnih uređaja sklon greškama usled pada koncentracije koju izaziva monotonni posao, umor i slično. Zbog toga navedena vremena za ručno ispitivanje mogu biti i znatno duža. Automatsko ispitivanje se uvijek izvodi na isti način i znatno je manji uticaj ljudskog faktora. Za ručno izvođenje ovog ispitivanja je neophodna visoko obučena i upućena radna snaga, dok je automatsko ispitivanje razvijeno da bude sprovedeno i nadgledano od strane tehničkog lica koje je prošlo kratku obuku.

| Korak u ispitivanju | Ručno ispitivanje | Automatsko ispitivanje |
|---------------------|-------------------|------------------------|
| A | 30 sec | 5 sec |
| B | 30 sec | 5 sec |
| C | 2-3 min | 15 sec |
| D | 1-2 min | 15 sec |
| Ukupno | oko 5 min | 40 sec |

TABELA 1: TRAJANJE ISPITIVANJA I UPISA PODATAKA

Automatsko ispitivanje se sprovodi nad panelima štampanih ploča uređaja, pa je i vrijeme prelaska sa jedne IJ na drugu jednako prelasku sa jednog koraka u ispitivanju na drugi. Posao tehničkog lica koje sprovodi ispitivanje je da postavi panel popunjen ispitivanim jedinicama i pokrene ispitivanje. Svi rezultati se skladište u bazi podataka za dalju analizu od strane projekatanta bez nepotrebnog opterećivanja izvođača ispitivanja.

LITERATURA

- [1] S. Scheiber, "Building a succesful board test strategy," 2nd ed.
- [2] MicronasNIT, "BBT2 SDK Development - Requirements Specification"
- [3] MicronasNIT, "BBT2 SDK Software Development Kit for Black Box Testing System [User Guide]"
- [4] MicronasNIT, "NIT BB Testing Introduction"
- [5] MicronasNIT, "NIT BB Testing Case Study"
- [6] http://www.jpacsoft.com/scpi_explained.htm

ABSTRACT

Indispensable factor in every process of production is testing of produced devices. There are many expensive automated testing system available in the market that are not cost-effective for manufacturing production and a series that do not exceed tens of thousand of copies. This paper presents a relatively cheap and flexible system for computer controlled testing, consisting mainly of commercially available devices, and adapted for implementation on devices with RF transceiver.

**SOLUTION OF THE
SYSTEM FOR COMPUTER CONTROLLED
TESTING OF DEVICES WITH RF TRANSCEIVER**

Vladan Janičić, Mirko Vucelja, Vukota Peković,
Miodrag Temerinac