

# Sistematizacija i automatizacija verifikacije senzora u auto industriji primenom BBT-a

Ivan Adžić, Nikola Smiljković, Goran Pavlović, Zoran Marčeta

**Sadržaj** — Rad je koncipiran na automatizaciji verifikacionog procesa komunikacionog protokola senzora u auto industriji. Automatizacija se svodi na upotrebu BBT (Black Box Testing) -programske podrške koja objedinjuje verifikaciono okruženje u jednu kompaktnu celinu. Zamisao projekta jeste da se korišćenjem BBT programskog okruženja sistematizuje verifikacioni proces i automatizuju njegovi pojedini segmenti (kontrola i upravljanje verifikacionim uređajima kao i prikupljanje i obrada povratnih informacija). U radu su date osnovne karakteristike sistema i kratak opis realizacije i same verifikacije.

**Ključne reči** — AUTOMATIZACIJA, AUTO INDUSTRIJA, BBT, PROTOKOL, SENZOR, SENT, VERIFIKACIJA

## I. UVOD

SENZOR korišćen u ovom radu radi na principu Holovog efekta. Koristi se za merenje jačine magnetnog polja. Izmerenu vrednost senzor šalje određenim komunikacionim protokolom. Osnovna primena ovog senzora je u auto industriji i koristi se za otkrivanje pravolinijskog kretanja i merenje udaljenosti na osnovu jačine magnetnog polja. U suštini, Holov senzor može se koristiti svugde gde je potrebno merenje direktnih parametara kao što su, pozicija ili detekcija pokreta, ali se takođe može koristiti i u indirektnim parametrim kao što su sila, obrtni momenat, pritisak, struja i protok.

### A. Senzor

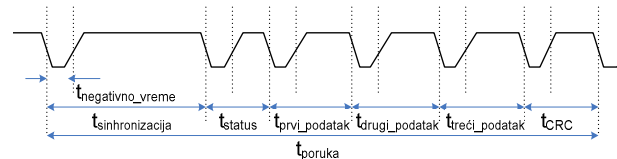
Holov efekat se javlja usled sila koje deluju unutar provodnika izloženog magnetnom polju, ova pojava je imenovana po američkom naučniku Edvinu Herbertu Holu (eng. Edwin Herbert Hall, 1855-1938) u kojoj u materijalu (čvrstog agregatnog stanja) kroz koji je propuštena struja i koji je postavljen u spoljašnje magnetno polje dolazi do pojave napona čiji je pravac upravan na pravac magnetnog polja.

Senzor podržava tri komunikaciona protokola LIN (Local Interconnect Network), PWM (Pulse-width

modulation) i SENT (Single Edge Nibble Transmission). Ovim radom je obuhvaćena verzija senzora koja kao komunikacioni protokol koristi SENT protokol. Senzor može da radi u dva režima: aplikacionom (radnom) i kalibracionom režimu.

### B. Aplikacioni (radni) režim

U aplikacionom režimu senzor konstantno šalje temperaturno kompenzovanu Holovu vrednost ka električnom kontrolnom uređaju u automobilu. Protokol slanja poruke je SENT. SENT signal se sastoji iz sinhronizacionog /kalibracionog impulsa, statusnog/komunikacionog impulsa, tri impulsa koja nose podatak i kontrolnog CRC (Cyclic Redundancy Check) impulsa. Sl. 1 prikazuje SENT signal. Verifikacija kalibracionog režima rada nije obuhvaćen ovim radom.



Sl. 1 Grafički prikaz SENT signala

## II. VERIFIKACIONI PROCES

Verifikacija predstavlja značajan segment u procesu izrade senzora koji se koriste u auto industriji. Verifikaciona procedura mora da obuhvati ceo opseg mogućih situacija u kojima se gotov proizvod može naći.

U auto industriji velika pažnja i vreme se posvećuju izbegavanju grešaka i njihovom otkrivanju u što ranijim fazama razvoja. Eventualne greške koje se pojave pri radu senzora (nakon proizvodnje) moraju biti sa sigurnošću otkrivene tokom verifikacije.

U procesu verifikacije je neophodno obuhvatiti čitav krug aktivnosti počev od upoznavanja sa specifikacijom samog senzora, izdavanja bitnih informacija neophodnih za rad senzora, i proučavanje specifikacije komunikacionog protokola koji je integrisan u senzor.

Ovim radom je obuhvaćena verifikacija radnog okruženja senzora (vrednosti komponenti pratećeg spoljašnjeg kola, opseg ulaznih napona, opseg temperatura) i verifikacija aplikacionog (radnog) režima (SENT komunikacioni protokol).

### A. Verifikacija radnog okruženja

Preporučeno spoljašnje kolo u kojem senzor radi po specifikaciji proizvođača je prikazano na Sl. 2.

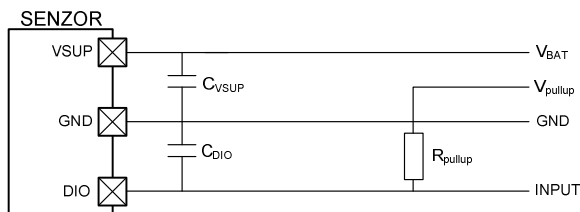
Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva za nauku Republike Srbije, projekat 11005, od 2008. god.

Ivan Adžić, , Autor, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Srbija; (office: 381-21-4801125; e-mail: [ivan.adzic@rt-rk.com](mailto:ivan.adzic@rt-rk.com)).

Nikola Smiljković, Koautor, MicronasNIT, Institut za Informacione Tehnologije, Novi Sad, Srbija; (e-mail: [nikola.smiljkovic@rt-rk.com](mailto:nikola.smiljkovic@rt-rk.com)).

Goran Pavlović, Koautor, MicronasNIT, Institut za Informacione Tehnologije, Novi Sad, Srbija; (e-mail: [goran.pavlovic@rt-rk.com](mailto:goran.pavlovic@rt-rk.com)).

Zoran Marčeta, Koautor, MicronasNIT, Institut za Informacione Tehnologije, Novi Sad, Srbija; (e-mail: [zoran.marceta@rt-rk.com](mailto:zoran.marceta@rt-rk.com)).



Sl. 2 Shematski prikaz kola za verifikaciju

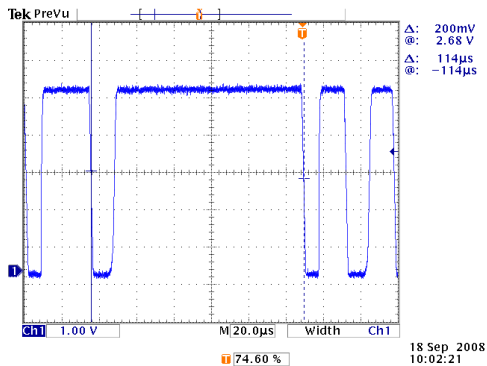
Senzor ima tri nožice: VSUP (nožica za napajanje senzora), DIO (nožica za ulaz i izlaz podataka) i GND (nožica za uzemljenje). Opsezi vrednosti elemenata (otpornika, kondenzatora i napona) spoljašnjeg kola prikazanog na Sl. 2 su definisani u specifikaciji senzora.

### B. Verifikacija SENT komunikacionog protokola

Verifikacija SENT protokola proverava se da li senzor šalje izmerenu vrednost jačine magnetnog polja u skladu sa specifikacijom SENT komunikacionog protokola.

Ispitivanjem je obuhvaćena robustnost senzora odnosno, postavlja se u konkretne uslove i analizira ponašanje. Nakon proizvodnje senzora izdvajaju se bitne karakteristike senzora, i formiraju se testovi koji će ispitati ponašanje senzora. Potrebno je obratiti pažnju na sledeće vrednosti: nagib rastuće i opadajuće ivice sinhronizacionog /kalibracionog impulsa, statusnog/komunikacionog impulsa, merenje širine negativnog impulsa, itd.

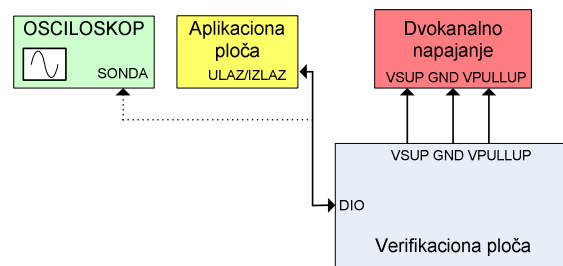
Sl. 3 prikazuje postupak merenja širine sinhronizacionog/kalibracionog pulsa uz pomoć osciloskopa. Kursori mere vremenski trenutak između dve opadajuće ivice pulsa, u trenutku kada napon na ivicama dostigne 50% naponskog nivoa.



Sl. 3 Primer merenja sinhronizacionog impulsa pomoću osciloskopa

## III. VERIFIKACIONO OKRUŽENJE

Verifikaciono okruženje je prikazano na Sl. 4. Ono se sastoji iz verifikacionih uređaja (kao što su dvokanalno napajanje, osciloskop, i aplikaciona ploča) i ispitivanog uređaja (verifikacione ploče).



Sl. 4 Grafički prikaz verifikacionog okruženja

### A. Dvokanalno napajanje

Dvokanalno napajanje koristi jedan kanal za napajanje senzora i povezan je na nožicu VSUP. Drugi kanal služi za napajanje VPULLUP.

Provera napona na kojem senzor šalje validne poruke zahteva ispitivanje tolerancije nominalne vrednosti napona specificirane od strane proizvođača. Obuhvatanje specificiranog ranga zahteva promenu napona, i ona se radi ručno promenom vrednosti napona na samom napajanju.

### B. Aplikaciona ploča

Aplikaciona ploča služi za konfigurisanje parametara senzora, odnosno slanje komandi na DIO nožicu i prihvatanje odgovora poslatog sa DIO nožice. Aplikaciona ploča se koristi u kalibracionom režimu rada senzora. Upisom novih vrednosti određenih parametara senzora menjaju se karakteristike izlaznog signala.

### C. Osciloskop

Osciloskop se koristi za proveru validnosti izlaznog (SENT) signala senzora (širinu impulsa, nagib itd.). Sonda osciloskopa je povezana na DIO nožicu.

### D. Verifikaciona ploča

Verifikaciona ploča za ispitivanje predstavlja fizičku realizaciju kola prikazanog na Sl. 2. Verifikaciona ploča se sastoji od senzora i specificiranih komponenti.

## IV. OPIS REALIZACIJE SISTEMATIZACIJE I AUTOMATIZACIJE VERIFIKACIONOG PROCESA

### A. BBT

BBT računarska aplikacija predstavlja programsko okruženje koje objedinjuje ispitivani senzor, verifikacione uređaje i pisanje izveštaja o verifikaciji u jednu celinu. Pomoću BBT je realizovana sistematizacija i automatizacija verifikacionog procesa. Sl. 6 prikazuje blok dijagram organizacione strukture BBT-a.

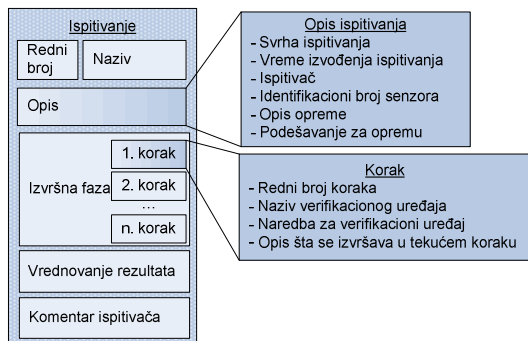
### B. Sistematizacija

Zatadak sistematizacije verifikacionog procesa je da se svako ispitivanje predstavi na jedinstven način. U tu svrhu, svaki test je opisan sledećim parametrima:

- redni broj ispitivanja,
- naziv ispitivanja,
- opis ispitivanja,
- izvršna faza ispitivanja,
- vrednovanje rezultata testa, i

- komentar ispitivača

Sl. 5 prikazuje blok dijagram sistematizovanog ispitivanja, a sastavni elementi su opisani u nastavku.



Sl. 5 Blok dijagram sistematizovanog ispitivanja

Opis ispitivanja obuhvata:

- svrhu ispitivanja,
- vreme izvođenja, odnosno period trajanja ispitivanja,
- ispitivača (ime osobe zadužene za izvođenje ispitivanja)
- identifikacioni/serijski broj senzora, i
- opis opreme koja se koristi i podešavanje za opremu.

Izvršna faza ispitivanja se sastoji iz jednog ili više koraka izvršavanja. Svaki korak izvršavanja predstavlja određenu akciju ispitivača, npr. podešavanje ulaznog napona senzor.

Svaki korak se karakteriše sa:

- rednim brojem koraka,
- nazivom verifikacionog uređaja,
- naredbom za verifikacioni uređaj (komanda, parametar, vrednost parametra itd.) i
- opisom šta se izvršava u tekućem koraku.

Vrednovanje rezultata ispitivanja se odnosi na donošenje odluke da li su rezultati ispitivanja u skladu sa specifikacijom.

Komentar ispitivača sadrži komentare o izvršnoj fazi testa kao i rezultatima testa.

Ispitivanja su organizovana u vidu grupa. Grupe se formiraju prema ispitivanoj funkciji senzora. U ovom radu su definisane dve grupe ispitivanja:

- grupa ispitivanja za ispitivanje verifikacionog okruženja, i
- grupa ispitivanja za ispitivanje SENT komunikacionog protokola.

Sva ispitivanja (grupe ispitivanja) su smeštene u bazu podataka koja omogućuje dodavanje novih ispitivanja, izmenu, kao i grupisanje postojećih ispitivanja.

### C. Automatizacija

Automatizacija verifikacije predstavlja rukovanje verifikacionim uređajima programskom podrškom i upotrebu algoritama za vrednovanje rezultata ispitivanja.

Alat za automatsko ispitivanje koristi ugrađene rukovaoce uređajima u svrhu automatizovane promene

parametara verifikacionih uređaja. Za postavljanje vrednosti željenog parametra ogovarajućeg uređaja, alat za automatsko ispitivanje koristi naziv verifikacionog uređaja i naredbu za verifikacioni uređaj iz svakog koraka u ispitivanju.

Nakon završene faze ispitivanja poziva se algoritam za vrednovanje rezultata ispitivanja koji na osnovu specificiranih vrednosti, određuje da li su izmerene vrednosti u skladu sa specifikacijom senzora.

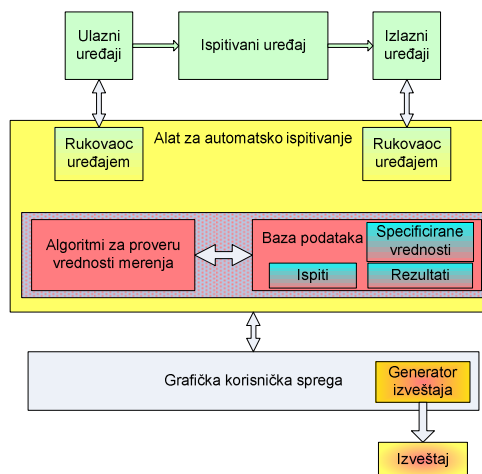
Rezultati ispitivanja se upisuju u bazu podataka u vidu naziva i vrednosti odgovarajućih parametara.

### D. Generator izveštaja

Generator izveštaja koristi bazu podataka kao izvor informacija neophodnih za formiranje izveštaja. Svaki izveštaj je napravljen od šablona za pravljenje izveštaja o ispitivanju. Svaki izveštaj se sastoji od:

- rednog broja ispitivanja
- opisa ispitivanja,
- koraka ispitivanja sa opisom koraka, i
- rezultata prikazanih u odgovarajućoj formi

Izveštaj može biti predstavljen u više različitih formata, (Microsoft Word datoteka, Microsoft Exel datoteka, pdf ili html format datoteke).



Sl. 6 Prikaz organizacione strukture BBT-a

## V. ZAKLJUČAK

Sistem prikazan u radu predstavlja dobru osnovu za proširenje i razvoj sistema. Ovaj sistem omogućuje dodavanje novih verifikacionih instrumenata u svrhu ispitivanja drugih karakteristika senzora. Omogućeno je dodavanje novih ispitivanja, formiranje novih grupa ispitivanja kao i kombinovanje postojećih. Prikazani sistem je lako primenjiv i na druge senzore.

## LITERATURA

[1] SAE International, Surface Vehicle Information Report  
 [2] Agilent, E3640A – E3649A, Programmable DC Power Supplies, Data Sheet  
 [3] Tektronix, TDS3000B Series, Digital Phosphor Oscilloscopes 071-0957-04, User manual  
 [4] Wikipedia, besplatna enciklopedija (www.wikipedia.org), Holov efekat

#### ABSTRACT

This paper is conceived on sistematization and automation of verification process. The Hall effect sensor applied in automotive industry is used as an example. Sistematization and automation is accomplished by the automatic testing tool software – BBT, which join verification environment into one compact entity. This

paper shows basic characteristics and short description of the system.

#### **SISTEMATIZATION AND AUTOMATION OF VERIFICATION APPLIED ON THE SENSOR IN AUTOMOTIVE INDUSTRY USING BBT**

Ivan Adžić, Nikola Smiljković, Goran Pavlović, Zoran  
Marčeta