

# Automatizacija etaloniranja digitalnih multimetara

Branislav Lukić, Đorđe Novaković, Nemanja Gazivoda, Platon Sovilj, IEEE member

**Apstrakt**—U radu je opisan detaljan postupak realizacije jednog od rešenja automatizacije procesa etaloniranja digitalnih multimetara pomoću kalibratora Times Electronics 5025. Za realizaciju aplikacije za etaloniranje digitalnih multimetara korišten je programski jezik Pajton sa Qt frejmvorkom.

**Ključne reči**— automatizacija, etaloniranje, Pajton, Qt designer.

## I. UVOD

U ovom radu je predstavljeno jedno rešenje automatizacije procesa etaloniranja digitalnih multimetara pomoću aplikacije razvijene u programskom jeziku Pajton.

Oprema kojoj je potreba kalibracija se šalje u metrološku laboratoriju, gde će je kvalifikovani tehničar prilagoditi specifikacijama ili potvrditi da ih već ispunjava, koristeći merne/ispitne instrumente koji i sami moraju ispunjavati stroge zahteve za kalibraciju. Većina komponenata koje se koriste u industriji se može kalibrirati.

Uzimajući u obzir značajno velike cene trenutno dostupnih aplikacija na tržištu za kalibraciju i upravljanje kalibratorom, motivacija za izradu ovog rada je bila da se napravi finansijski pristupačna aplikacija koja će zadovoljavati određene standarde koji su potrebni.

Delovi od kojih se projekat sastoji su:

- A. Kalibrator Times Electronics 5025
- B. Blok šema
- C. Pajton biblioteke
- D. Algoritam aplikacije
- E. Izgled aplikacije
- F. Rezultati merenja

Branislav Lukić – Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Srbija (e-mail: lukic.branislav97@gmail.com).

Đorđe Novaković – Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Srbija (e-mail: djordjenovakovic@uns.ac.rs).

Nemanja Gazivoda – Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Srbija (e-mail: nemanjagazivoda@uns.ac.rs).

Platon Sovilj – Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Srbija (e-mail: platon@uns.ac.rs).

## II. TEHNIČKO REŠENJE

### A. Kalibrator Times Electronics 5025

Times Electronics 5025 je precizni kalibrator dizajniran za široku upotrebu. Ovaj kalibrator može da kalibriše razne instrumente i uređaje kao što su merila frekvencije, ommetre, AC-DC voltemetre, termoparove, PT sonde, strujna klešta i mnoge druge merne uređaje.

Dodavanjem posebnih opcija, možemo kalibrirati osciloskope, tajmere/brojače, vatmetre i još mnogo toga.



Slika1. Times Electronics 5025 multi-function calibrator

Funkcijama i opsezima kalibratora se upravlja sa prednje ploče. Na prednjoj ploči se nalaze tasteri za izbor funkcija i podešavanje opsega veličina. Sve ove informacije su prikazane na LED displeju.



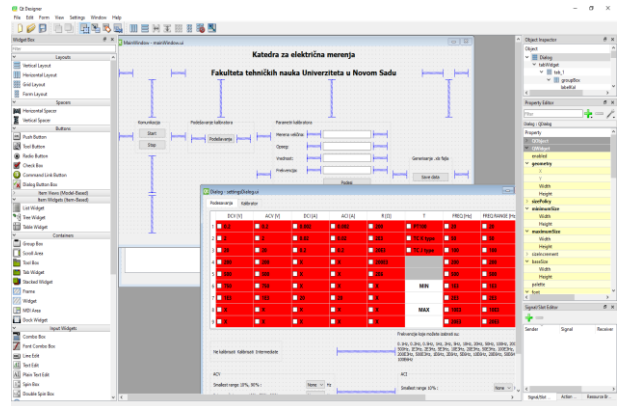
Slika2. Ručno podešavanje izlaza kalibratora

Kalibrator 5025 pored lokalnog upravljanja, ima mogućnost upravljanja preko računara posredstvom RS232 komunikacionog protokola.

Komade za upravljanjem kalibratorom prate SCPI (*Standard Commands for Programmable Instruments*) standard. SCPI standard definiše sintaksu i naredbe koje se koriste za upravljanje programabilnih uređaja za ispitivanje i merenje, kao što su oprema za automatsko ispitivanje i elektronska oprema za testiranje. Preko SCPI komandi se postavljaju opsezi instrumenta, uključuju izlazi itd.

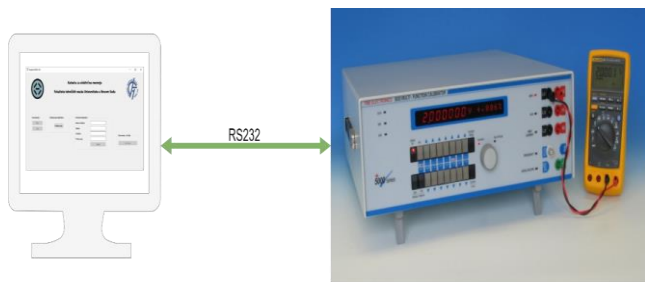
Pored ovih komandi, postoje komande za upite. Pomoću komandi za upit se prikupljaju informacije sa instrumenta. Neke komande mogu istovremeno da postavne neku vrednost i postavje upit instrumentu.

Sve ove mogućnosti koje pruža kalibrator 5025, dovele su do razvoja aplikacije za automatizaciju procesa etaloniranja digitalnih multimetara.



Slika4. Izleg glavnog prozora QtDesigner-a

### B. Blok šema



Slika3. Blok šema sistema

Na slici 3 je prikazana blok šema celokupnog sistema.

Sistem se sastoji iz dva dela. Prvi deo je računar sa aplikacijom za kalibrisanje sa operativnim sistemom Windows ili Linux, a drugi deo je kalibrator sa multimetrom koji se etalonira.

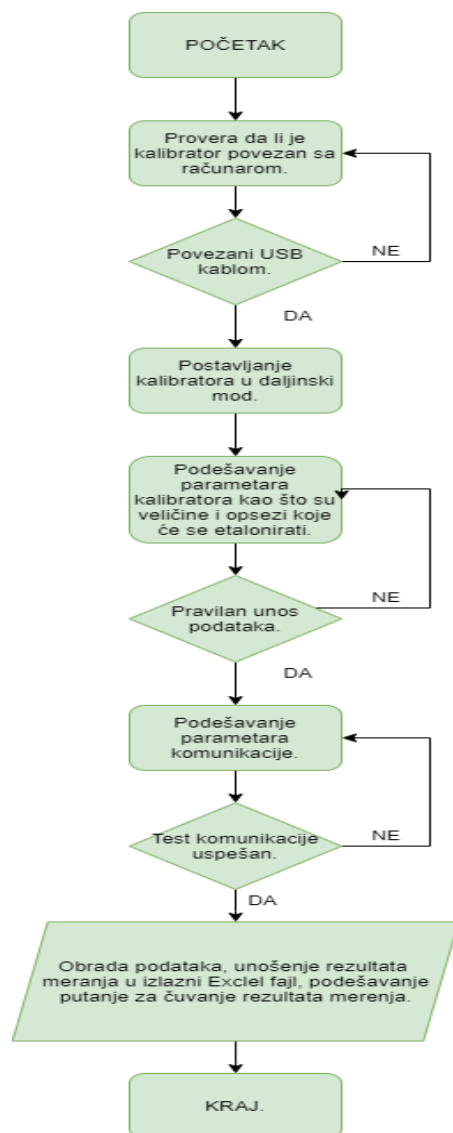
Ova dva dela su povezana pomoću RS232 komunikacionog protokola. DB9 konektor koji se nalazi na kalibratoru je pomoću adaptera prilagođen na USB radi uspostavljanja komunikacije sa računarom.

### C. Pajton biblioteke

Qt je besplatan alat za pravljenje grafičkih korisničkih interfejsa (GUI) koji mogu raditi na raznim operativnim sistemima kao što su Windows, Linux, macOS i Android.

PyQt5 je biblioteka koja omogućava korištenje Qt GUI frejmvorka i Pajtona. Sam Qt je napisan u C++ programskom jeziku. Koristeći ga iz Pajtona, nudi nam mogućnost znatne uštede vremena u izradi aplikacije, a da pri tome ne izgubimo brzinu koji nam omogućava C++ .

### D. Algoritam aplikacije



Slika5. Algoritam podešavanja tačaka merenja i parametara komunikacije

Prvi korak algoritma se sastoji od provre povezanosti kalibratora I računara USB kablom. Ukoliko provera uspešno prođe prelazi se na drugi korak. Drugi korak algoritma postavlja kalibrator u daljinski mod. Treći korak algoritma se sastoji od podešavanja parametara kalibratora kao što su merene veličine, opsezi, i provere ispravnosti unesenih podataka. Ako provera ispravnosti podataka prođe bez greške, dolazi se do drugog koraka gde se podešavaju parametri komunikacije. Ako je komunikacija uspešno uspostavljena, dolazi se do koraka za obradu podataka gde se generiše izlazni fajl sa rezultatima merenja.

Nakon izvršenih svih merenja dolazi se do kraja algoritma.

## E. Izgled aplikacije (GUI)

### Glavni prozor



Slika6. Prikaz glavnog prozora aplikacije

Glavni prozor se sastoji od četiri grupe opcija.

Prvu grupu čini taster "Podešavanje" koje služi za podešavanje parametara kalibratora i generisanje mernih tačaka za izabrane veličine koje će se kalibrisati.

Drugu grupu predstavljaju tastere za početak („Start“) i prekidanje („Stop“) komunikacije aplikacije sa kalibratorom 5025. Na taster „Start“ i „Stop“ nije moguće kliknutu pre nego što se podese parametri komunikacije kao što su port, brzina prenosa, bitovi podataka, stop bit, bit parnosti.

Treću grupu čine parametri kalibratora i taster „Podesi“.

- Parametre kalibratora predstavljaju:
- Merena veličina: DCV, ACV, DCI, ACI, RES, TEMP, FREQ
  - Opseg
  - Vrednost:  $\pm 10\%$ ,  $\pm 50\%$ ,  $\pm 90\%$  od opsega
  - Frekvencija

U četvrtu grupu opcija spada taster „Save data“ koje klikom na njega generiše Excel fajl sa izmerenim podacima koje je operater unosio tokom merenja.

### Prozor za podešavanje

Klikom na taster „Podešavanje“ koje se nalazi na glavnom prozoru otvara se novi prozor (slika 7) iz koga se biraju veličine koje će se kalibrisati kao i postavljanje parametara

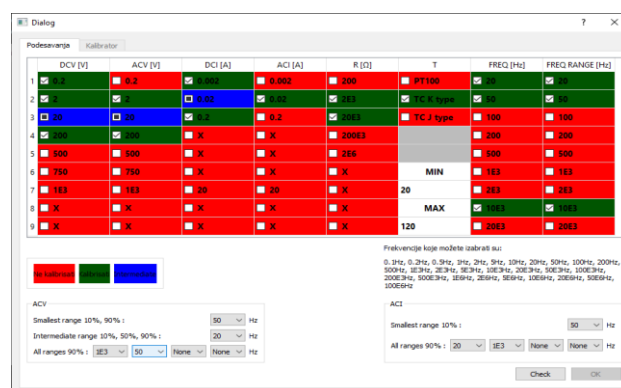
potrebnih za uspostavljanje komunikacije aplikacije sa kalibratorom.

Desnim klikom na polje u tabeli se odabiraju opsezi na kojima će se vršiti kalibracija. Boja polja u tabeli predstavlja informaciju da li se na tom opsegu vrši kalibracija. Crvena boja znači da taj opseg nije odabran, zelena boja daje informaciju da je opseg odabran i plava boja predstavlja srednji opseg.

Pored opsega, za veličine naizmenični napon i naizmeničnu struju se moraju izabrati frekvencije na kojima će se vršiti kalibracija.

Kada se kalibriše senzor za temperaturu, mora se uneti minimalna i maksimalna temperatura senzora koju on meri.

Na slici 7 prikazan je prozor za podešavanje parametara u kome su izabrane vrednosti koje će biti kalibrisane.



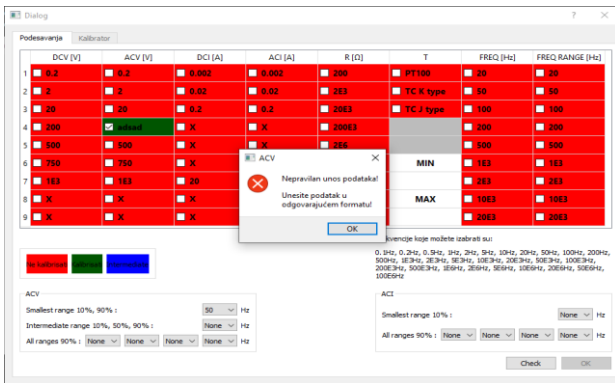
Slika7. Vrednosti i opsezi koji će biti kalibrisani

Kada su izabrane veličine, opsezi i frekvencije na kojima će se vršiti kalibracija digitalnog multimetra, korisnik mora proveriti ispravnost unesenih podataka. To se radi klikom na „Check“ taster.

U slučaju da je došlo do nepravilnosti kao što su:

- Nepravilan unos podataka (podatak za opseg veličine se unosi u decimalnom ili u naučnom (eksponencijalnom) formatu 1E3 )
- Neizabrane frekvencije ACV i ACI
- Izabrano dva ili više „intermediate“ opsega

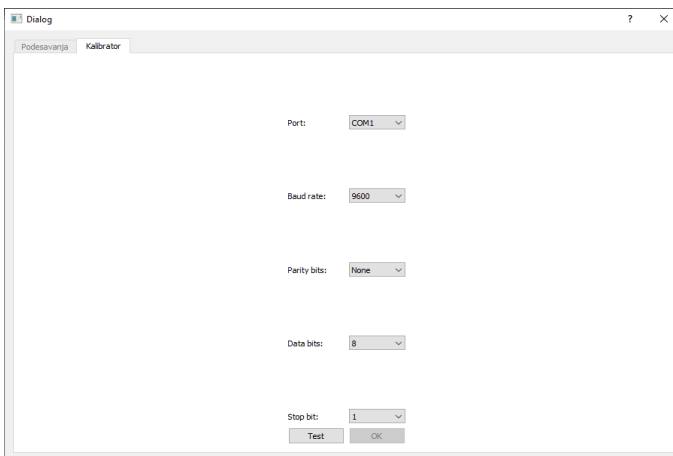
Iskočiće prozor sa upozorenjem o grešci kao na slici 8. Tek kada svi podaci budu prošli proveru „Check“ tasterom, moguće je preći na sledeći korak.



Slika8. Greška pri unosu podataka

U poruci greške se nalaze informacije o koloni u tabeli u kojoj je nastala greška i o tipu greške radi lakšeg otklanjanja nastalih grešaka.

Ukoliko provera unesenih podataka prođe bez grešaka, taster „OK“ se odledi. Klikom na taster „OK“ prelazi se na sledeći tab „Kalibrator“ prikazan na slici 9.



Slika9. Tab za podešavanje parametara komunikacije

U ovom tabu se se postavljaju parametri za uspostavljanje komunikacije kao što su port, brzina prenosa, bit parnosti, bitovi podataka i stop bit. Takođe, u ovom tabu se nalazi taster „Test“ za proveru fizičke povezanosti aplikacije i kalibratora.

U slučaju da dođe do greške prilikom testa, „Test“ taster će promeniti boju u crvenu i pojaviće se prozor sa porukom o grešci. U tom slučaju korisnik mora proveriti kabl sa kojim su povezani računar i kalibrator ili povezati se na drugi port.

### Početak kalibracije

Kada korisnik pokrene komunikaciju, proces kalibracije počinje. Klikom na taster „Podesi“, koje se nalazi na glavnom prozoru, se postavljaju opsezi i vrednosti merene veličine na kalibratoru.

Pre nego što se uključi izlaz kalibratora, pojaviće se prozor sa slikom na kojoj su obeleženi ulazi na kalibratoru na koje se digitalni multimetar treba spojiti.

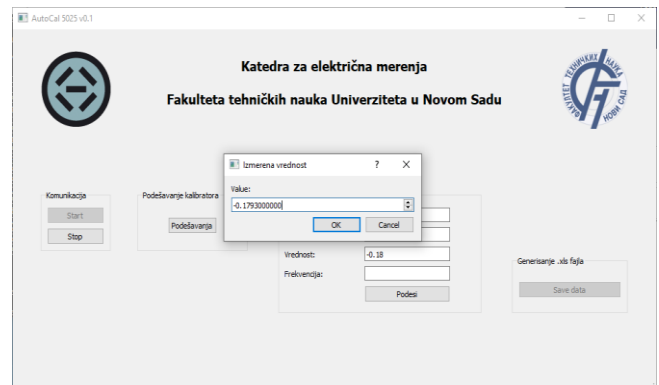
Ovo dodatno osigurava digitalni multimetar od fizičkog oštećenja usled neadekvatnog povezivanja.



Slika10. Povezivanje instrumenta na izlaze kalibratora

Pored ove poruke, u slučaju kada se mere naponi veći od 200 V i struje od 20 A, kalibrator će dati upozorenje zvučnim signalom koji laborantu nagoveštava da obrati pažnju pošto se radi sa visokim naponima i strujama.

Kada korisnik izmeri sve merne veličine i opsege koje je izabrao, otvoriće se prozor sa porukom o tome da je završeno merenje.



Slika11. Prozor za unos izmerenih vrednosti

### Rezultati merenja

Kada korisnik završi merenja, taster „Save data“ se odledi i klikom na njega se generiše Excel dokument sa izmerenim podacima. Dokument se nalazi u folderu gde je instaliran program. Laborant na kraju merenja unosi dokument sa rezultatima merenja u bazu podataka.

Ime datoteke u kome je sačuvan Excel fajl je datum i vreme kalibracije multimetra. Trenutna verzija aplikacije nema opciju podešavanja putanja za čuvanje podataka.

Excel tabela se sastoji od pet kolona

- Pokazivanje instrumenta
- Opseg instrumenta
- Očitana vrednost sa instrumenta
- G (Greška)
- U (Proširena ( $k=2$ ) merna nesigurnost etaloniranja koju korisnik ručno unosi)

Instrument	Opseg instrumenta	Očitana vrednost sa instrumenta	G	U
0	2000	0	0	0
200	200	200	0	0
1800	1800	1800	1	1
2000	20000	2000	0	0
18000	17998	17998	-13	13
20000	20000	20000	0	0
200000	19990	19990	-90	90
2000000	199800	199800	-1400	1400

Slika12. Excel tabela sa rezultatima merenja otpornosti

### III. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predstavljeno jedno rešenje aplikacije za automatizaciju kalibracije digitalnih multimetara.

Aplikacija doprinosi efikasnosti procesa kalibracije u smislu uštede vremena kao i jednostavnijem podešavanju parametara kalibratora.

Aplikacija je pisana u programskom jeziku Pajton uz korištenje biblioteka za „GUI“ programiranje. Korištenje frejmvorka „QtDesigner“ za izradu „GUI“ aplikacije je dovelo

do značajnog smanjenja pisanja koda kao i uštede vremena za izradu aplikacije.

### ZAHVALNICA

Zahvaljujem se profesoru Platonu Sovilju, Nemanji Gazivodi i Đorđu Novakoviću na podršci i pomoći prilikom izrade ovog rada, kao i svim kolegama sa Katedre za električna merenja.

### LITERATURA

- [1] <https://doc.qt.io/qt-5/qt designer-manual.html>
- [2] <https://www.timeelectronics.com/multifunction-calibrators/5025e-multifunction-calibrator/>
- [3] [https://www.timeelectronics.com/assets/upload/download\\_centre/documents/5025-series-brochure\\_hr](https://www.timeelectronics.com/assets/upload/download_centre/documents/5025-series-brochure_hr)
- [4] [https://www.euramet.org/Media/docs/Publications/calguides/EURAMET\\_cg-15\\_v\\_2.0\\_Guidelines\\_Calibration\\_Digital\\_Multimeters.pdf](https://www.euramet.org/Media/docs/Publications/calguides/EURAMET_cg-15_v_2.0_Guidelines_Calibration_Digital_Multimeters.pdf)
- [5] <https://docs.python.org/3.8/>

### ABSTRACT

Abstract – The paper describes the detailed procedure for the implementation of one of the solutions for automating the process of calibration of digital multimeter using the Times Electronics 5025 calibrator. The main goal of this application is to simplify the procedure of calibration and to save time, besides that it is affordable if we compare it with applications on the market. For the implementation of application the Python programming language with QT framework was used.

### Automation of digital multimeter calibration

Branislav Lukić, Đorđe Novaković, Nemanja Gazivoda, Platon Sovilj