

# Komparativna analiza edukacijskih platformi NI ELVIS II i NI ELVIS III

---

Đaković, Filip

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:650105>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-15**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**

**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I**

**INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

**Stručni studij**

**KOMPARATIVNA ANALIZA EDUKACIJSKIH  
PLATFORMI NI ELVIS II I NI ELVIS III**

**Završni rad**

**Filip Đaković**

**Osijek, 2020.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac Z1S: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za završni ispit na preddiplomskom stručnom studiju**

Osijek, 17.09.2020.

**Odboru za završne i diplomske ispite****Imenovanje Povjerenstva za završni ispit  
na preddiplomskom stručnom studiju**

<b>Ime i prezime studenta:</b>	Filip Đaković
<b>Studij, smjer:</b>	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika
<b>Mat. br. studenta, godina upisa:</b>	A 4366, 18.09.2019.
<b>OIB studenta:</b>	17557522000
<b>Mentor:</b>	Dr. sc. Krešimir Miklošević
<b>Sumentor:</b>	
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Predsjednik Povjerenstva:</b>	Doc. dr. sc. Vedrana Jerković-Štil
<b>Član Povjerenstva 1:</b>	Dr. sc. Krešimir Miklošević
<b>Član Povjerenstva 2:</b>	Dr. sc. Željko Špoljarić
<b>Naslov završnog rada:</b>	Komparativna analiza edukacijskih platformi NI ELVIS II i NI ELVIS III
<b>Znanstvena grana rada:</b>	<b>Elektrostrojarstvo (zn. polje elektrotehnika)</b>
<b>Zadatak završnog rada</b>	Na osnovu dostupne literature analizirati hardverske značajke i dostupnu softversku podršku. Analizirati načine komunikacije didaktičkog učila sa standardnim PC-om preko LabVIEW-a. Objasniti njihovu međusobnu funkcionalnu interakciju. Koje sve mogućnosti daje jedna takva radna platforma? U završnom radu potrebno je ispitati mogućnosti primjene NI ELVIS-a III u testiranju električnih strojeva i pogona te tako stvoriti preduvjete za korištenje u laboratorijskim vježbama srodnih kolegija. Koristiti se dostupnom laboratorijskom edukacijskom platformom ELVIS II. Koristeći se metodom usporedbe hardverskih i softverskih značajki usporedite stariju i noviju izvedbu didaktičkog učila. Koje su sve mogućnosti primjene? Objasnite na koji način ovaj koncept učenja i poučavanja utječe na kvalitetu nastave i izvođenje laboratorijskih vježbi sa posebnim osvrtom na aktualne znanstvene i praktične dosege iz područja teme koja se istražuje.
<b>Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (završnog rada):</b>	Izvrstan (5)
<b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b>	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
<b>Datum prijedloga ocjene mentora:</b>	17.09.2020.
<i>Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:</i>	Potpis:
	Datum:



**FERIT**

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

## IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 05.10.2020.

Ime i prezime studenta:

Filip Đaković

Studij:

Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika

Mat. br. studenta, godina upisa:

A 4366, 18.09.2019.

Turnitin podudaranje [%]:

2

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Komparativna analiza edukacijskih platformi NI ELVIS II i NI ELVIS III**

izrađen pod vodstvom mentora Dr. sc. Krešimir Miklošević

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija. Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>1.1. Zadatak završnog rada</b> .....	2
<b>2. ANALIZA HARDVERSKIH ZNAČAJKI</b> .....	3
<b>2.1. Radna stanica NI ELVIS-a II</b> .....	4
<b>2.2. Radna stanica NI ELVIS-a III</b> .....	5
<b>2.3. Komparativna analiza radnih stanica NI ELVIS-a II i NI ELVIS-a III</b> .....	6
<b>2.4. Prototipska ploča NI ELVIS-a II</b> .....	11
<b>2.5. Prototipska ploča NI ELVIS-a III</b> .....	12
<b>2.6. Komparativna analiza prototipskih ploča NI ELVIS-a II i NI ELVIS-a III</b> .....	13
<b>3. ANALIZA SOFTVERSKIH ZNAČAJKI I PODRŠKE</b> .....	17
<b>3.1. LabVIEW</b> .....	17
<b>3.2. NI Multisim</b> .....	18
<b>3.3. Softverske značajke NI ELVIS-a II</b> .....	20
<b>3.4. Softverske značajke NI ELVIS-a III</b> .....	22
<b>3.5. Programiranje ulaznih i izlaznih signala NI ELVIS-a II</b> .....	23
<b>3.6. Programiranje ulaznih i izlaznih signala NI ELVIS-a III</b> .....	24
<b>4. MOGUĆNOST PRIMJENE NI ELVIS-a III U TESTIRANJU ELEKTRIČNIH STROJEVA I POGONA</b> .....	27
<b>5. UTJECAJ KONCEPTA UČENJA UZ NI ELVIS NA NASTAVU I IZVOĐENJE LABORATORIJSKIH VJEŽBI</b> .....	31
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	32
<b>LITERATURA</b> .....	33
<b>SAŽETAK</b> .....	35
<b>ABSTRACT</b> .....	36
<b>ŽIVOTOPIS</b> .....	37

## 1. UVOD

Prilikom razvoja i unaprjeđenja primjene raznih grana inženjerstva, pojavljuju se mogućnosti za kvalitetnijim načinom prenošenja znanja te poticaj studenata na inovativna razmišljanja. Sukladno napredovanju tehnologije se razvijaju i poboljšavaju interaktivni načini za primjenu naučene teorije. Jedan od tih načina je vršenje laboratorijskih vježbi na NI ELVIS (engl. *National Instruments Engineering Laboratory Virtual Instrumentation Suite*) platformama.

NI ELVIS je serija projektno usmjerenih platformi koje je proizvela američka multinacionalna tvrtka National Instruments. One služe isključivo u laboratorijske svrhe kako bi studenti na jednostavan način dobili pogled na razna područja inženjerstva. Sastoje se od kombinacija mjernih instrumenata koji se učestalo koriste pri laboratorijskim mjerenjima u elektrotehnici te programabilnih analognih i digitalnih ulaznih i izlaznih priključnica. Uz samu radnu stanicu dolazi i prototipska ploča koja je zamjenjiva s drugim modulima koji ne moraju biti isključivo proizvod tvrtke National Instruments.

Zbog široke primjene u praksi, definirani su i detaljnije pojašnjeni programabilni FPGA integrirani krug koji je dio radne stanice NI ELVIS III platforme, LabVIEW softversko okruženje i NI Multisim.

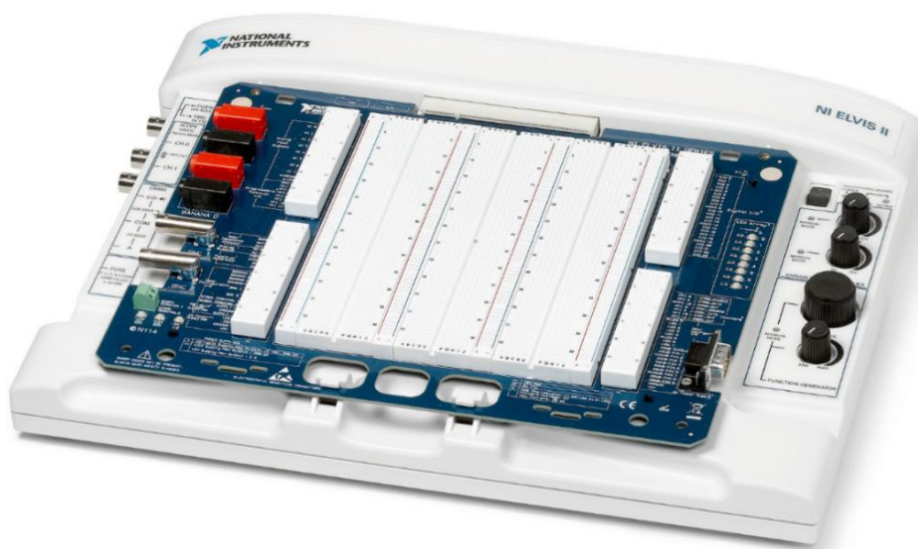
U prvom je poglavlju uvodna riječ te je ukratko opisana tema završnoga rada. U drugom su poglavlju opisane hardverske značajke obje platforme, što uključuje njihove specifikacije i međusobnu komparaciju. U trećem su poglavlju opisane softverske značajke i podrška te je prikazan kratki uvod u LabVIEW softversko okruženje, NI Multisim i načine programiranja ulaznih i izlaznih signala obje platforme. Kroz četvrto je poglavlje istražena mogućnost primjene NI ELVIS-a III u testiranju električnih strojeva i pogona. Kroz peto je poglavlje istražen utjecaj koncepta učenja uz NI ELVIS na nastavu i izvođenje laboratorijskih vježbi. U petom je poglavlju zaključak u kojemu se ukratko osvrnulo na završni rad te je naveden cilj istoga.

## **1.1. Zadatak završnog rada**

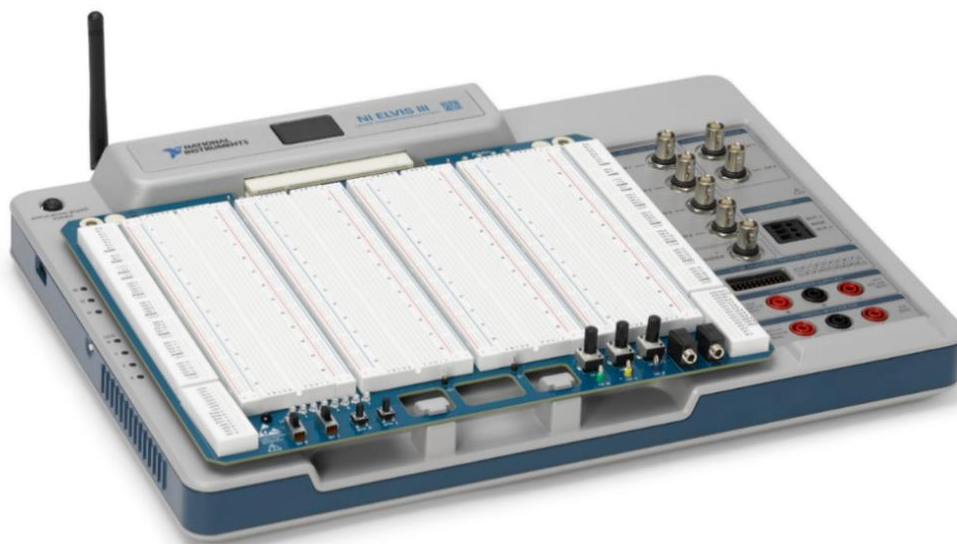
Zadatak ovog završnog rada je bio analizirati hardverske značajke, dostupnu softversku podršku i načine komunikacije edukacijskih platformi NI ELVIS II i NI ELVIS III sa standardnim osobnim računalom preko LabVIEW softvera. Objasniti njihovu međusobnu funkcionalnu interakciju te koje sve mogućnosti daje jedna takva edukacijska platforma. Ispitati mogućnosti primjene NI ELVIS-a III u testiranju električnih strojeva i pogona te tako stvoriti preduvjete za korištenje u laboratorijskim vježbama srodnih kolegija. Usporediti stariju i noviju izvedbu edukacijskih platformi kroz usporedbu hardverskih i softverskih značajki. Objasniti na koji način koncept učenja i proučavanja uz NI ELVIS utječe na kvalitetu nastave i izvođenje laboratorijskih vježbi s osvrtom na aktualne znanstvene i praktične dosege iz područja teme koja se istražuje.

## 2. ANALIZA HARDVERSKIH ZNAČAJKI

Svaki se od modela NI ELVIS platformi sastoji od tri glavna dijela: radne stanice, prototipske ploče i signalnih priključnica. Dio signalnih priključnica se nalazi na radnoj stanici, a dio na prototipskoj ploči. Raspored tih priključnica ovisi o modelu platforme. Za upravljanje NI ELVIS platformom potrebno je stolno ili prijenosno osobno računalo te NI ELVIS radna stanica, prototipska ploča, USB kabel i napajanje koji dolaze uz samu radnu stanicu.



Slika 2.1. NI ELVIS II [1]



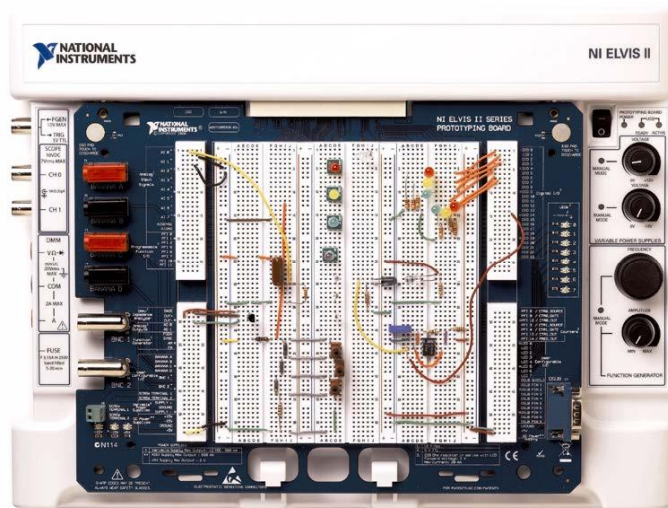
Slika 2.2. NI ELVIS III [2]



## 2.1. Radna stanica NI ELVIS-a II

Na stražnjoj strani radne stanice NI ELVIS-a II (Slika 2.3.) se nalazi sklopka za napajanje, priključnica za napajanje, priključnica za USB kabel i Kensington sigurnosni utor. Na gornjoj strani radne stanice se nalazi priključnica za prototipsku ploču, dva kotačića za podešavanje varijabilnog napajanja i dva kotačića za podešavanje funkcijskog generatora. Na gornjoj se strani nalaze još i sklopka za napajanje prototipske ploče, tri statusne LED-ice, od kojih jedna signalizira uključenu sklopku za napajanje prototipske ploče (POWER), a druge dvije signaliziraju uspostavljenu komunikaciju s osobnim računalom (USB - READY/ACTIVE). Na lijevoj bočnoj strani radne stanice se nalaze osigurač i tri priključnice digitalnog multimetra, dvije priključnice za sonde osciloskopa i priključnica koja ima namjenu izlaza funkcijskog generatora ili ulaza digitalnog okidanja.

Kotačići za kontrolu varijabilnog napajanja su aktivni samo kada je aktiviran način ručnog rada za promjenu napona unutar NI ELVISmx softvera. Prvi kotačić služi za podešavanje pozitivnog napona u rasponu od 0 do +12 V, dok drugi kotačić služi za podešavanje negativnog napona u rasponu od 0 do -12. Kotačići za kontrolu funkcijskog generatora su također aktivni samo kada je aktiviran ručni način rada unutar NI ELVISmx softvera za podešavanje funkcijskog generatora. Prvi kotačić služi za podešavanje izlazne frekvencije generiranog valnog oblika, dok drugi kotačić služi za podešavanje amplitude generiranog valnog oblika. [3]

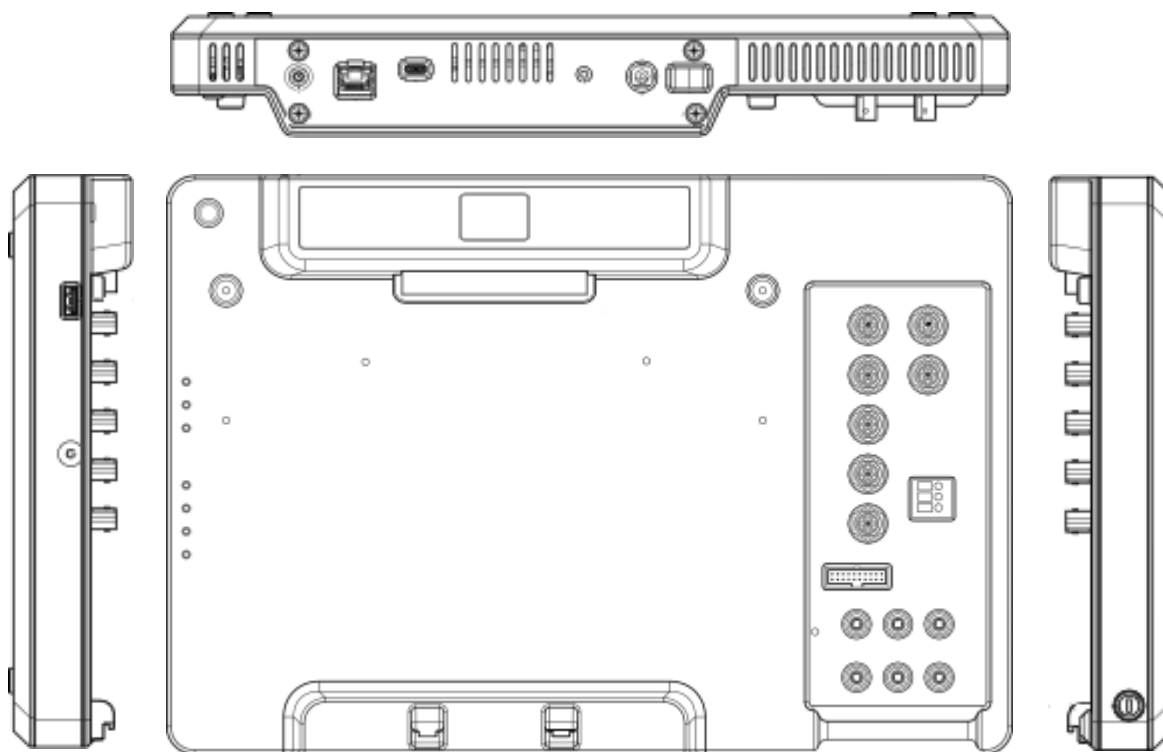


**Slika 2.3.** Radna stanica NI ELVIS-a II s prototipskom pločom i spojenim krugom. [4]

## 2.2. Radna stanica NI ELVIS-a III

Stražnja strana radne stanice NI ELVIS-a III (Slika 2.4.) se sastoji od sklopke za napajanje, priključnice za napajanje, tipke za ponovno postavljanje (*Reset*), USB priključnice, Ethernet priključnice i Wi-Fi antene. Na gornjoj strani radne stanice se nalazi priključnica za prototipsku ploču, LED/tipka za napajanje prototipske ploče, OLED zaslon, dvije priključnice za sonde funkcijskog generatora, četiri priključnice za sonde osciloskopa, priključnice za sondu digitalnog okidanja, terminal IV analizatora, tri priključnice za varijabilno napajanje i tri priključnice za digitalni multimetar, tri LED-ice koje prikazuju status radne stanice, napajanje i aktivnost Wi-Fi-a te četiri programabilne LED-ice. Na lijevoj bočnoj strani se nalazi programabilna tipka „0“ i „host“ USB priključnica, dok je s desne strane osigurač digitalnog multimetra.

Pritiskom na programabilnu tipku „0“, ovisno o tome na koji će način platforma komunicirati s osobnim računalom, na LED zaslonu prikazuje IP adresu (Ethernet, Wi-Fi ili USB) te ID samog uređaja. [5]



**Slika 2.4.** Radna stanica NI ELVIS-a III [5]

### 2.3. Komparativna analiza radnih stanica NI ELVIS-a II i NI ELVIS-a III

Osim USB kabela, NI ELVIS III za razliku od NI ELVIS-a II komunikaciju s osobnim računalom može uspostaviti još i putem Ethernet kabela ili bežično putem Wi-Fi-a. Na priključnicu za prototipsku ploču obje radne stanice moguće je priključiti i neke druge module koji ne moraju biti isključivo proizvod tvrtke National Instruments. Postoje brojni moduli za proučavanje komponenti koji se koriste u energetskej elektronici, digitalnoj elektronici, mehatronici, itd., međutim prototipska ploča NI ELVIS-a II se razlikuje od one koja dolazi s NI ELVIS-om III. NI ELVIS III u radnoj stanici ima ugrađen programabilni Xilinx 7020 FPGA (engl. *field-programmable gate array*) integrirani krug, za razliku od NI ELVIS-a II koji ga nema.

#### Osciloskop

**Tablica 2.1.** Značajke osciloskopa obje platforme. [3], [5]

	NI ELVIS III	NI ELVIS II
broj kanala	4	2
maksimalna stopa uzorkovanja	400 MS/s s omogućenim repetitivnim uzorkovanjem i 100 MS/s bez (po kanalu)	1,25 MS/s (pri korištenju jednog kanala) 500 kS/s (pri korištenju oba kanala)
razlučivost	14 bita	16 bita
pojasna širina	50 MHz pri -3 dB	1,7 MHz pri -3 dB
ulazna impedancija	1 M $\Omega$    15 pF	1 M $\Omega$    25 pF
ulazne spojnice	AC, DC	AC, DC
prekid pri izmjeničnoj frekvenciji	12 Hz pri -3 dB	10 Hz pri -3 dB

Radna stanica NI ELVIS-a II sadrži dva kanala analognih ulaznih signala osciloskopa, dok radna stanica NI ELVIS-a III sadrži četiri kanala. Osciloskop NI ELVIS-a II postiže uzorkovanje od 1,25 MS/s za jedan kanal ili 500 kS/s ako se koriste oba kanala s razlučivosti od 16 bita, dok osciloskop NI ELVIS-a III koristi analogno-digitalne pretvarače kako bi postigao stopu uzorkovanja do 100 MS/s po kanalu s razlučivosti od 14 bita. Pojasna širina pri -3 dB osciloskopa NI ELVIS-a II iznosi 1,7 MHz, dok je kod NI ELVIS-a III 50 MHz. Ulazne sprege oba osciloskopa imaju mogućnost praćenja izmjeničnih i istosmjernih signala te im je preciznost 2 % ulazno +1 % od cijele skale.

## Funkcijski generator

**Tablica 2.2.** Značajke funkcijskog generatora obje platforme. [3], [5]

	NI ELVIS III	NI ELVIS II
broj kanala	2	1
maksimalna izlazna frekvencija	15 MHz bez opterećenja	5 MHz (sinus), 1 MHz (kvadrat, trokut)
razlučivost	14 bita	10 bita
izlazna impedancija	50 $\Omega$	50 $\Omega$
DC strujni pogon	30 mA maksimalno	100 mA maksimalno

Radna stanica NI ELVIS-a II ima samo jedan izlazni kanal funkcijskog generatora, dok NI ELVIS III ima dva izlazna kanala koja dijeli s generatorom proizvoljnih valnih oblika. Veličina razlučivosti funkcijskog generatora NI ELVIS-a II je 10 bita, a kod NI ELVIS-a III je 14 bita. Maksimalna istosmjerna pogonska struja funkcijskog generatora NI ELVIS-a II iznosi 100 mA, dok je kod NI ELVIS-a III 30 mA. Oba funkcijska generatora proizvode tri valna oblika, a to su trokutasti, sinusni i pravokutni.

## Generator proizvoljnih valnih oblika

**Tablica 2.3.** Značajke generatora proizvoljnih valnih oblika obje platforme. [3], [5]

	NI ELVIS III	NI ELVIS II
broj kanala	2	2
maksimalna stopa ažuriranja	100 MS/s (po kanalu)	2,8 MS/s (pri korištenju jednog kanala). 2,0 MS/s (pri korištenju oba kanala)
razlučivost	14 bita	16 bita
maksimalna promjena napona	188 V/ $\mu$ s	20 V/ $\mu$ s
izlazna impedancija	50 $\Omega$	1 $\Omega$
DC strujni pogon	30 mA maksimalno	5 mA maksimalno
prenaponska zaštita (po kanalu)	$\pm 10$ V, kratki spoj na uzemljenje	$\pm 25$ V

Obje platforme sadrže dva kanala generatora proizvoljnih valnih oblika. NI ELVIS II kanale dijeli s analognim izlazima (AO 0, AO 1) te se nalazi na prototipskoj ploči, dok ga NI ELVIS III dijeli s funkcijskim generatorom i nalazi se na radnoj stanici. Maksimalna stopa uzorkovanja NI ELVIS-a II pri korištenju jednog kanala iznosi 2,8 MS/s, a pri korištenju oba kanala iznosi 2 MS/s s veličinom razlučivosti od 16 bita, dok kod NI ELVIS-a III iznosi 100 MS/s s veličinom razlučivosti od 14 bita. Maksimalni izlazni napon generatora proizvoljnih

valnih oblika jednak je na obje platforme te iznosi  $\pm 10$  V. Maksimalna istosmjerna pogonska struja generatora proizvoljnih valnih oblika NI ELVIS-a II iznosi 5 mA, dok je kod NI ELVIS-a III 30 mA.

### Varijabilno napajanje

**Tablica 2.4.** Značajke varijabilnog napajanja obje platforme. [3], [5]

	NI ELVIS III	NI ELVIS II
pozitivno varijabilno napajanje		
izlazni napon	od +1 V do +15 V	od 0 do +12 V
izlazna struja	+500 mA maksimalno	+500 mA maksimalno
preciznost napona	$\pm 15$ mV	100 mV
negativno varijabilno napajanje		
izlazni napon	od -1 V do -15 V	Od 0 do -12
izlazna struja	-500 mA maksimalno	-500 mA maksimalno
preciznost napona	$\pm 15$ mV	100 mV

NI ELVIS III radna stanica nema fizičke kotačice za podešavanje varijabilnog napajanja, već se izlazni napon određuje putem osobnog računala. Podešavanje varijabilnog napajanja NI ELVISA II je također moguće putem osobnog računala ako se isključi ručni način rada. Priključnice varijabilnog napajanja NI ELVIS-a III se nalaze na radnoj stanici, dok su kod NI ELVIS-a II na prototipskoj ploči. Varijabilni napon NI ELVIS-a II moguće je regulirati u rasponu od 0 do  $\pm 12$  V, dok ga je kod NI ELVIS-a III moguće regulirati u rasponu od  $\pm 1$  do  $\pm 15$  V. Maksimalna struja varijabilnog napajanja jednaka je kod obje platforme te iznosi  $\pm 500$  mA. ako je za izvedbu pokusa potrebno jače napajanje, može se koristiti eksterno napajanje.

### Analizator frekvencijskog odziva (*Bode* analizator)

Analizator frekvencijskog odziva, ili *Bode* analizator je sustav koji omogućuje provođenje analize frekvencijskog odziva nekog uređaja ili strujnog kruga. Omogućuje praćenje ovisnosti dobitka snage (*gain*) [dB] i faznog pomaka u odnosu na frekvenciju. Preciznost amplitude *Bode* analizatora NI ELVIS-a II referira se na temelju analognih ulaza, a NI ELVIS-a III na temelju funkcijskog generatora i osciloskopa.

## Digitalni multimetar

**Tablica 2.5.** Značajke digitalnog multimetra obje platforme. [3], [5]

	NI ELVIS III	NI ELVIS II
izolirane funkcije	DC/AC napon, DC/AC struja, električni otpor, test diode	DC/AC napon, DC/AC struja, električni otpor, test diode
neizolirane funkcije	kapacitet, induktivitet	kapacitet, induktivitet
razlučivost	4,5 digita	5,5 digita
ulazna impedancija	10 M $\Omega$	11 M $\Omega$
ulazne spojnice	DC/AC	DC/AC
povezivost	banana priključci (za izolirane funkcije), terminal IV analizatora (za neizolirane funkcije)	banana priključci (za izolirane funkcije), terminali na prototipskoj ploči (za neizolirane funkcije)
zaštita ulazne struje	2,5 A osigurač, 5MF2.5-R	3,15 A osigurač

Digitalni multimetar obje platforme prikazuje mjerene vrijednosti na zaslonu osobnog računala. Sastoji se od tri priključnice te ima mogućnost mjerenja istosmjernog i izmjeničnog napona, otpora i diode. Digitalni multimetar NI ELVIS-a II može mjeriti napone do 60 V istosmjerno i 20 V izmjenično te struje do 2 A, dok digitalni multimetar NI ELVIS-a III može mjeriti napone do 60 V izmjenično i 30 V istosmjerno te struje do 2 A. Razlučivost digitalnog multimetra NI ELVIS-a II iznosi 5,5 digita, a NI ELVIS-a III 4,5 digita.

## IV analizator

**Tablica 2.6.** Značajke IV analizatora NI ELVIS-a III. [5]

2-žičani analizator impedancije strujni doseg maksimalan doseg porasta napona uzbudna frekvencija	$\pm 30$ mA $\pm 10$ V od 1 Hz do 15 MHz
2/3-žičani strujno-naponski analizator podržani uređaji doseg struje na bazi maksimalna struja na kolektoru maksimalni napon na kolektoru	diode, NPN i PNP bipolarni tranzistori $\pm 1$ mA $\pm 30$ mA $\pm 10$ V
preciznost mjerenja kapaciteta	1% dosega
preciznost mjerenja induktiviteta	1% dosega

IV analizator omogućuje promatranje strujno-naponske karakteristike poluvodičkih komponenti. Na terminal IV analizatora se mogu priključiti dioda, bipolarni tranzistor (BJT) ili MOSFET. Prije početka mjerenja bira se način rada (dioda ili tranzistor) te početni i krajnji napon. Prilikom mjerenja, napon se linearno povećava od zadane početne do zadane krajnje

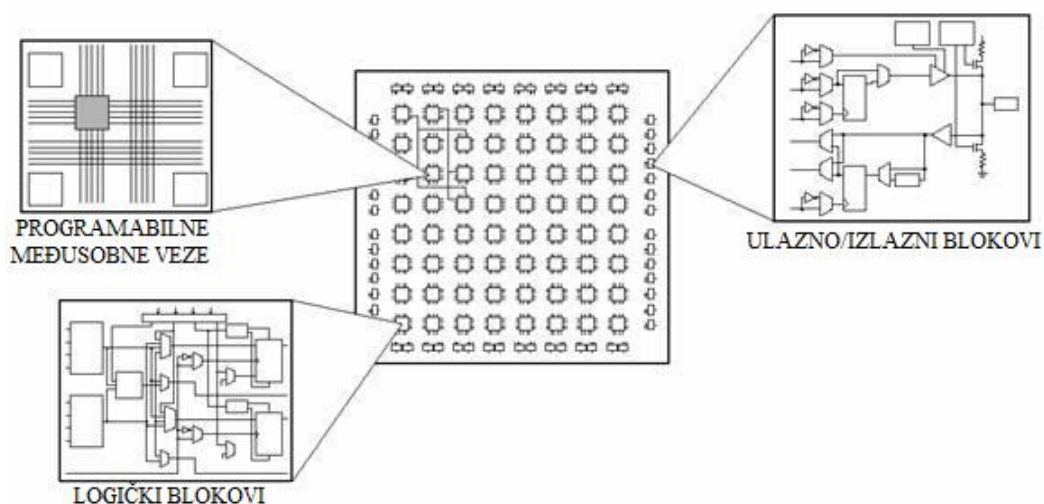
vrijednosti te mjeri struju na poluvodičkoj komponenti. Unutar instrumenta uživo se grafički prikazuje strujno-naponska karakteristika na ispitivanoj komponenti. Za razliku od NI ELVIS-a III, NI ELVIS II platforma ne sadrži terminal IV analizatora. Terminal analizatora platforme NI ELVIS-a III služi i za mjerenje induktiviteta i kapaciteta.

## FPGA

**Tablica 2.7.** Značajke FPGA integriranog kruga NI ELVIS-a III. [5]

tip	Xilinx Z-7020
brzina	667 MHz
broj jezgri	2

FPGA je poluvodički uređaj (integrirani krug) koji se temelji na mreži podesivih, odnosno reprogramabilnih logičkih blokova (CLB, engl. *Configurable Logic Block*). Svaki se od reprogramabilnih blokova može proizvoljno isprogramirati kako bi odrađivao neku zadaću. Svaki je zadatak procesorske obrade dodijeljen određenom dijelu integriranog kruga i može raditi bez utjecaja na druge logičke blokove. Takav način rada omogućuje nesmetani rad, odnosno rad bez gubitka performansi prilikom izvedbe više procesorskih radnji. Svaki je FPGA integrirani krug izrađen od konačnog broja već unaprijed definiranih resursa s međusobnim vezama koje su programabilne. Te međusobne veze služe za implementaciju digitalnih sklopova koji se mogu podešavati, kao i za implementaciju ulazno/izlaznih blokova kako bi se krugu omogućio pristup vanjskom svijetu. NI ELVIS III u radnoj stanici ima ugrađeni FPGA integrirani krug za razliku od NI ELVIS-a II koji ga nema. [6]



**Slika 2.5.** Dijelovi FPGA integriranog kruga [6]



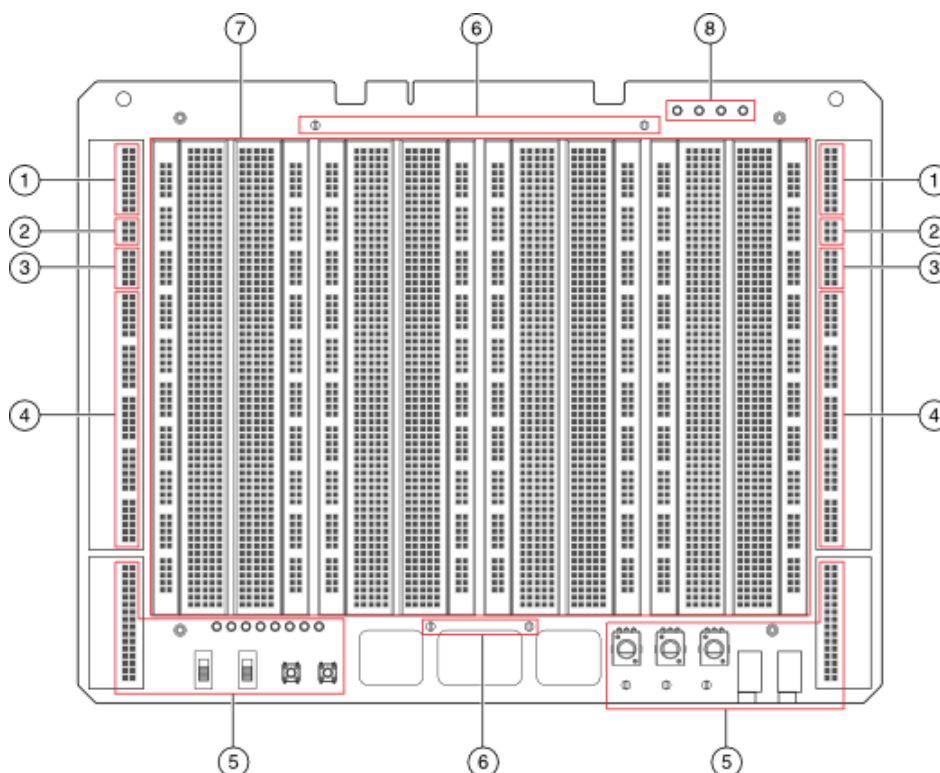


Slika 2.6. prikazuje prototipsku ploču NI ELVIS-a II te naznačenim brojevima prikazuje dijelove koji su nabrojani u prethodnom tekstu.

## 2.5. Prototipska ploča NI ELVIS-a III

Prototipska ploča NI ELVIS-a III se sastoji od priključnica analognih ulaza (1), analognih izlaza (2), fiksnih napajanja (3), digitalnih ulaza/izlaza (4), korisničke periferije (5), digitalnog uzemljenja (6), površine za spajanje strujnih krugova (breadboard) (7) i fiksnih indikatorskih LED-ica za napajanje (8).

Korisnička periferija (5) se sastoji od 8 programabilnih LED-ica, dva tipkala, dvije klizne sklopke, tri potencijometra, ulazne i izlazne priključnice za zvuk i tri ispitne točke. [5]



**Slika 2.7.** Prototipska ploča NI ELVIS-a III [5]

Slika 2.7. prikazuje prototipsku ploču NI ELVIS-a III te naznačenim brojevima prikazuje dijelove koji su nabrojani u prethodnom tekstu.

## 2.6. Komparativna analiza prototipskih ploča NI ELVIS-a II i NI ELVIS-a III

Prototipska ploča je standardni modul, odnosno ploča koja dolazi uz sam uređaj te je isključivo namijenjena za primjenu s NI ELVIS platformama. Imaju površinu na kojoj se mogu spajati strujni krugovi te sadrže brojne priključnice za pristup signalima različitih primjena. Prototipska ploča sadrži i priključak za radnu stanicu kako bi se mogla odspojiti i zamijeniti s nekim drugim modulima koji su kompatibilni s NI ELVIS platformom. Prototipska ploča ne mora biti spojena na radnu stanicu prilikom spajanja strujnog kruga, što omogućuje studentima da strujni krug spoje na svome radnom mjestu, a zatim na radnoj stanici izvrše ispitivanja i mjerenja.

### Analogni ulazi

**Tablica 2.8.** Značajke analognih ulaza obje platforme. [3], [5]

	NI ELVIS III	NI ELVIS II
broj resursa	2, mogućnost neovisnosti	1
broj kanala po resursu	8 jednokrajnih ili 4 diferencijalna	16 jednokrajnih ili 8 diferencijalnih
ADC razlučivost	16 bita	16 bita
ulazni doseg	$\pm 10\text{ V}$ , $\pm 5\text{ V}$ , $\pm 2\text{ V}$ , $\pm 1\text{ V}$	$\pm 10$ , $\pm 5$ , $\pm 2$ , $\pm 1$ , $\pm 0,5$ , $\pm 0,2$ , $\pm 0,1\text{ V}$
maksimalna stopa uzorkovanja	1 MS/s (po kanalu)	1,25 MS/s (pri korištenju jednog kanala) 1 MS/s (pri korištenju više kanala)
ulazna impedancija uređaj uključen uređaj isključen	$>1\text{ G}\Omega$ $>850\ \Omega$	10 G $\Omega$ 820 $\Omega$
prenaponska zaštita uređaj uključen uređaj isključen	$\pm 25\text{ V}$ , do 2 voda $\pm 15\text{ V}$ , do 2 voda	$\pm 25\text{ V}$ , do 4 voda $\pm 15\text{ V}$ , do 4 voda

Prototipske ploče obje platforme sadrže osam kanala analognih ulaza (označenih s AI 0 – AI 7) koje na NI ELVIS-u II mogu raditi kao 8 diferencijalnih ili 16 jednokrajnih, dok na NI ELVIS-u III mogu raditi kao 4 diferencijalnih ili 8 jednokrajna. S obzirom na to da NI ELVIS III ima jednake analogne ulaze s obje strane prototipske ploče, oni mogu raditi neovisno jedni o drugima iz čega proizlazi da obje platforme imaju jednak broj analognih ulaza, odnosno 8 diferencijalnih ili 16 jednokrajnih. Razlučivost analogno-digitalnih pretvarača je na obje

platforme jednak te iznosi 16-bit. Ulazni doseg napona analognih ulaza NI ELVIS-a II iznosi  $\pm 10$ ,  $\pm 5$ ,  $\pm 2$ ,  $\pm 1$ ,  $\pm 0.5$ ,  $\pm 0.2$  i  $\pm 0.1$  V, a kod NI ELVIS-a III iznosi  $\pm 10$  V,  $\pm 5$  V,  $\pm 2$  V i  $\pm 1$  V

### Analogni izlazi

**Tablica 2.9.** Značajke analognih izlaza obje platforme. [3], [5]

	NI ELVIS III	NI ELVIS II
broj kanala	4, mogućnost neovisnosti	2
DAC razlučivost	16 bita	16 bita
izlazni doseg	$\pm 10$ V	$\pm 10$ V, $\pm 5$ V
maksimalna stopa ažuriranja	1,6 MS/s	2,8 MS/s (pri korištenju jednog kanala), 2 MS/s (pri korištenju oba kanala)
maksimalna promjena napona	8,2 V/ $\mu$ s	20 V/ $\mu$ s
pogonska struja	4 mA	5 mA
izlazna impedancija	0,5 $\Omega$	1 $\Omega$

Prototipska ploča NI ELVIS-a II sadrži dva kanala analognih izlaza (AO 0, AO 1), dok prototipska ploča NI ELVIS-a III sadrži četiri kanala analognih izlaza ( $2 \times$  AO 0, AO 1) koji mogu biti nezavisni jedni o drugima. Razlučivost digitalno-analognog pretvarača je na obje platforme jednak te iznosi 16-bit, također je i maksimalni izlazni napon na obje platforme jednak te iznosi  $\pm 10$  V. Maksimalna stopa ažuriranja analognih izlaza NI ELVIS-a II je 2,8 MS/s pri korištenju jednog kanala ili 2 MS/s pri korištenju oba kanala, dok je kod NI ELVIS-a III 1,6 MS/s za svaki kanal. Maksimalna pogonska struja analognih izlaza NI ELVIS-a II iznosi 5 mA, dok je kod NI ELVISA III 4 A. Izlazna impedancija analognih izlaza NI ELVIS-a II iznosi 1  $\Omega$ , a kod NI ELVIS-a III iznosi 0,5  $\Omega$ .

### Digitalni ulazi/izlazi

**Tablica 2.10.** Značajke digitalnih ulaza/izlaza obje platforme. [3], [5]

	NI ELVIS III	NI ELVIS II
broj kanala digitalnih ulaza/izlaza	40	24 DIO, 15 PFI
kontrola smjera	pojedinačno programabilni kao ulazi ili izlazi	pojedinačno programabilni kao ulazi ili izlazi
zaštita	$\pm 30$ V	$\pm 20$ V (do 2 pin-a)

Prototipska ploča NI ELVIS-a II sadrži 24 digitalnih ulaza/izlaza od kojih je 14 PFI (engl. *Programmable Function Input*), dok prototipska ploča NI ELVIS-a III sadrži 40. Na obje platforme je svaka od priključnica zasebno programabilna kao ulazna ili izlazna jedinica.

PFI priključnice se obično koriste kod složenijih aplikacija gdje je potrebna vanjska kontrola mjerenja. Primjeri nekih složenijih aplikacija uključuju okidanja i snimanje kontrole satnog (engl. *clock*) signala.

Analogne i digitalne ulaze NI ELVIS-a III pokreće Xilinx Zynq FPGA integrirani krug.

## Fiksna napajanja

**Tablica 2.11.** Značajke fiksnih napajanja obje platforme. [3], [5]

	NI ELVIS III	NI ELVIS II
+15 V napajanje izlazni napon (neopterećen) maksimalna struja zaštita od kratkog spoja	+15 V $\pm$ 5% 500 mA uzemljen	+15 V $\pm$ 5% 500 mA resetibilni prekid strujnog kruga
-15 V napajanje izlazni napon (neopterećen) maksimalna struja zaštita od kratkog spoja	-15 V $\pm$ 5% -500 mA uzemljen	-15 V $\pm$ 5% -500 mA resetibilni prekid strujnog kruga
+5 V napajanje izlazni napon (neopterećen) maksimalna struja zaštita od kratkog spoja	+5 V $\pm$ 5% 2 A uzemljen	+5 V $\pm$ 5% 2 A resetibilni prekid strujnog kruga
+3.3 V napajanje izlazni napon (neopterećen) maksimalna struja zaštita od kratkog spoja	+3.3 V $\pm$ 5% 310 mA uzemljen	X

Obje prototipske ploče sadrže tri jednaka fiksna napajanja, a to su +15 V, -15 V i +5 V, međutim prototipska ploča NI ELVIS-a III sadrži još jedno dodatno fiksno napajanje koje iznosi +3,3 V. Maksimalna struja obje platforme pri +15 V iznosi 500 mA, pri -15 V iznosi -500 mA te pri +5 V iznosi 2 A. Maksimalna struja fiksnog napajanja +3,3 V na prototipskoj ploči NI ELVIS-a III iznosi 310 mA.

## Površina za spajanje strujnih krugova

Površina za spajanje strujnih krugova (breadboard) NI ELVIS-a III je za  $\frac{1}{3}$  veća od one kod NI ELVIS-a II, što pruža širi i pregledniji način spajanja komponenti. Jedan od glavnih benefita korištenja površine za spajanje strujnih krugova je taj što se ne zasniva na lemljenju, nego se koriste vodiči s igličastim krajevima koji se mogu lako odspajati i prespajati. Priključnice analognih ulaza (1), analognih izlaza (2), fiksnih napajanja (3) i digitalnih

ulaza/izlaza (4) NI ELVIS-a III su dvostruko dostupne i s lijeve i s desne strane prototipske ploče, za razliku od NI ELVIS-a II kojemu su raspoređene kao svaka pojedinačno.

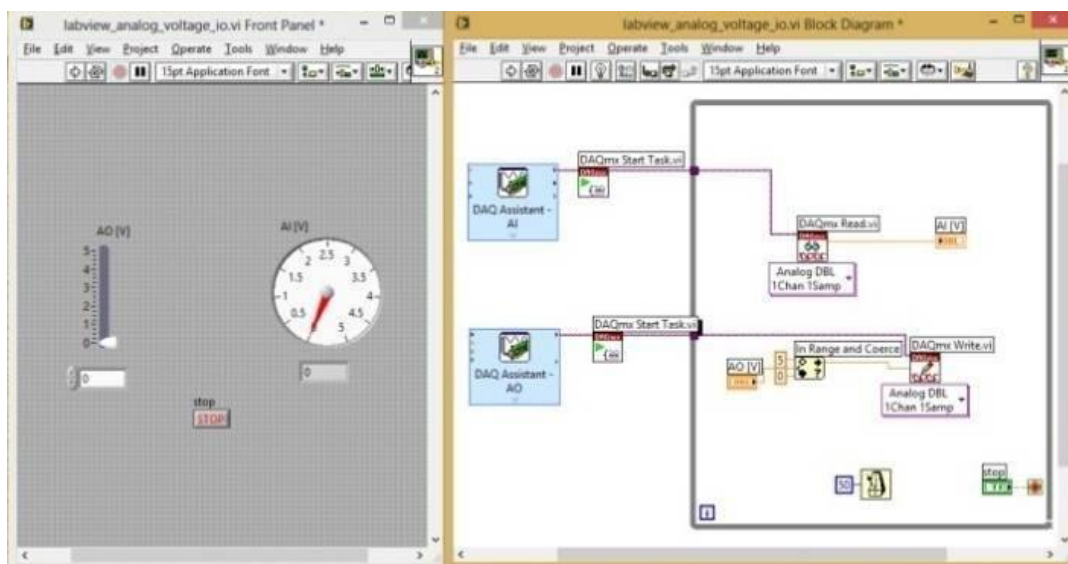
### 3. ANALIZA SOFTVERSKIH ZNAČAJKI I PODRŠKE

Objekti NI ELVIS platforme su kompatibilni s LabVIEW softverom, međutim nemaju jednake aplikacije za programiranje ulazno/izlaznih kanala i pristup instrumentima unutar LabVIEW softverskog okruženja.

Tvrtka National Instruments se počela bazirati na aplikacije kojima se pristupa putem web preglednika za rad u stvarnom vremenu (engl. *live*). Takve vrste aplikacija su pogodnije jer pretežito ovise o pregledniku, a ne o operativnom sustavu, što omogućuje primjenu na gotovo svakom modernijem računalu.

#### 3.1. LabVIEW

LabVIEW (engl. *Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) je sustavno inženjersko programsko sučelje za razvoj aplikacija čija je primjena testiranje, mjerenje i kontrola s brzim hardverskim i podatkovnim pristupom koju je razvila tvrtka National Instruments 1986. godine te je još uvijek u razvoju. On pruža pristup grafičkom programiranju koji pomaže pri vizualizaciji svakog aspekta u izradi aplikacije, uključujući hardversku konfiguraciju, mjerenje i otklanjanje grešaka. Za razliku od ostalih programskih jezika koji se temelje na davanju pisanih instrukcija, LabVIEW se bazira na spajanju grafičkih simbola i blokovskih shema koje se konfiguriraju te izmjenjuju poruke između sebe. Takav način programiranja uvelike pomaže inženjerima koji nemaju preveliko znanje o programiranju. Unutar LabVIEW softvera je moguće isprogramirati vlastite virtualne instrumente uz pomoć kojih se mogu vršiti ispitivanja na NI ELVIS platformama, međutim softverska podrška objekata platforme sadrži već gotove LabVIEW aplikacije koje se mogu odmah koristiti. [8]



**Slika 3.1.** Primjer grafičkog programiranja unutar LabVIEW-a [9]

Na slici 3.1. prikazan je ručno isprogramirani virtualni instrument za mjerenje napona na NI ELVIS platformi. Programiran je tako da se na jednom od analognih izlaza generira signal, a na jednom od analognih ulaza mjeri napon.

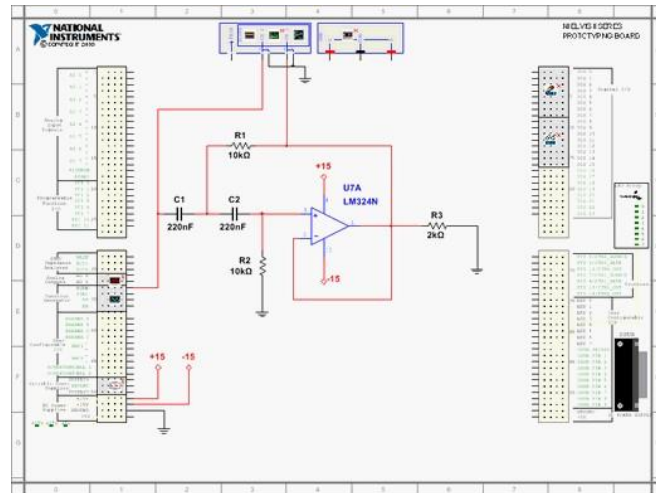
S LabVIEW-ovim dinamičkim načinom kontinuiranog praćenja i promjena procesa podataka može se kontinuirano i dinamički promatrati te je zbog toga praktičniji i učinkovitiji od bilo kojeg drugog programskog jezika.

Zbog FPGA procesora koji je implementiran u samu radnu stanicu NI ELVIS-a III, moguće je programiranje NI ELVIS-a III u tekstualno-baziranim programskim jezicima. LabVIEW je softversko okruženje koje ima brojne druge namjene te nije vezan isključivo za NI ELVIS platforme.

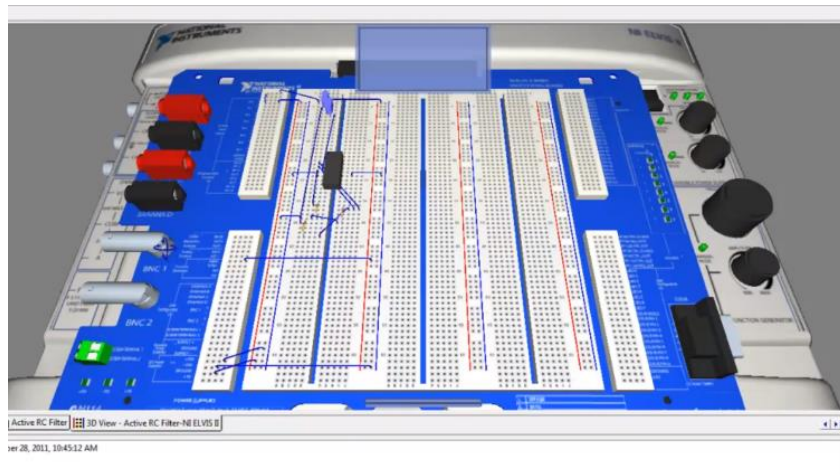
### 3.2. NI Multisim

NI Multisim je SPICE (engl. *Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis*) simulacijski softver i softver za dizajn sklopova za analognu, digitalnu i energetska elektroniku koji se koristi za obrazovne i istraživačke svrhe kojeg je razvila tvrtka National Instruments. Multisim studentima omogućuje testiranje sklopova putem simulacije prije nego što ga testiraju na NI ELVIS platformi. Tvrtka je također razvila i Multisim Live web verziju koja omogućuje pristup putem mobilnog telefona, tableta ili računala.

NI ELVISmx omogućuje funkcionalnost NI ELVIS-a II u Multisim-u te je moguće simulirati strujni krug na računalu prije nego što se analizira uživo na fizičkoj prototipskoj ploči.



**Slika 3.2.** Primjer strujnog kruga u Multisim-u s dizajnom NI ELVIS-a II [10]



**Slika 3.3.** Primjer strujnog kruga u Multisim-u s dizajnom NI ELVIS-a II u 3D prikazu [10]

Slike 3.2. i 3.3. prikazuju shemu spoja aktivnog RC filtera u Multisim-u, a razlikuju se samo u odabranom dizajnu. Studentima koji se nisu nikada susreli s breadboard-om, 3D prikaz može ubrzati shvaćanje istog.

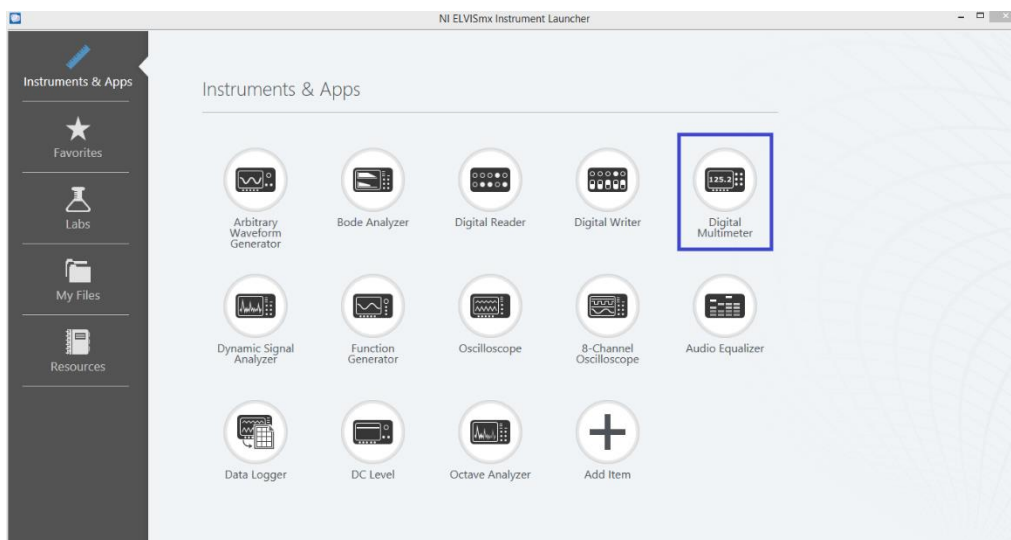


### 3.3. Softverske značajke NI ELVIS-a II

NI ELVIS II platforma je kompatibilna s programima NI ELVISmx i SignalExpress koji su pod-programi LabVIEW softvera.

#### NI ELVISmx

NI ELVISmx (slika 3.4.) je sučelje koje sadrži već gotove isprogramirane instrumente za kontrolu odgovarajućih hardverskih funkcija NI ELVIS-a II bez potrebe za pisanjem koda u LabVIEW-u. NI ELVISmx nije kompatibilan s NI ELVIS-om III.



Slika 3.4. NI ELVISmx Instrument Launcher [11]

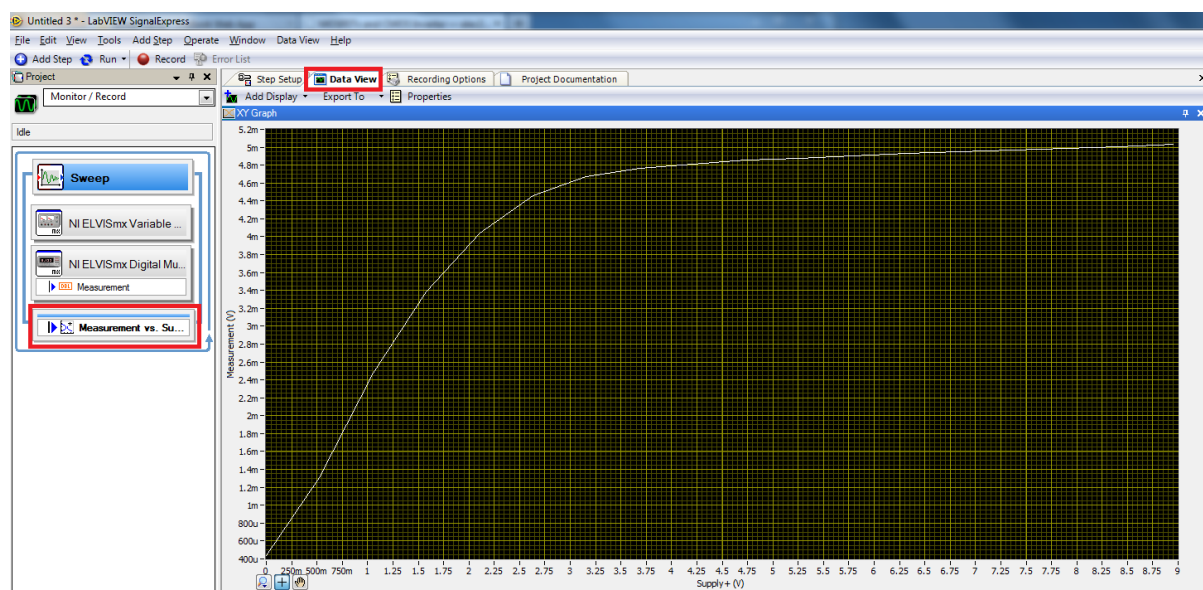


Slika 3.5. Primjeri NI ELVISmx virtualnih instrumenata [12]

Na slici 3.4. je prikazan izbornik za odabir mjernih instrumenata u NI ELVISmx sustavu za pokretanje instrumenata, a na slici 3.5. su prikazani primjeri odabranih instrumenata (digitalni ultimeter, varijabilno napajanje i funkcijski generator).

## SignalExpress

SignalExpress je program unutar LabVIEW softverskog okruženja koji omogućuje zapis, analizu i prikaz podataka mjerene veličine bez potrebe za programiranjem. Putem SignalExpressa je moguće pristupiti svim instrumentima koje podržava NI ELVISmx osim analizatoru dinamičkog signala. Uz te instrumente je uz pomoć SignalExpressa moguće pristupiti i kontrolirati analogne i digitalne ulaze/izlaze te brojač/mjeritelj vremena NI ELVIS-a II.



**Slika 3.6.** Snimanje strujno-naponske karakteristike MOSFET-a u SignalExpress-u [13]

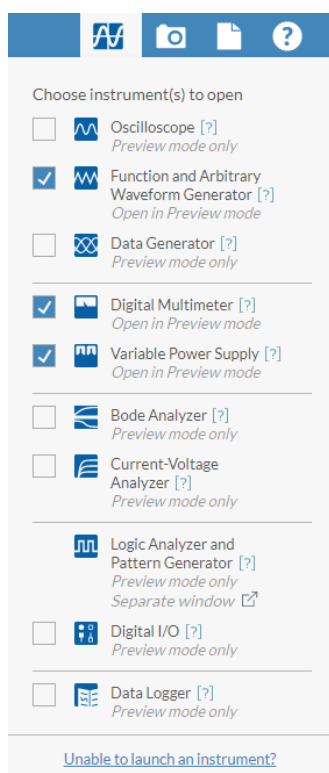
Na slici 3.6. je prikazan primjer izrađenog programa u SignalExpress-u koji prikazuje strujno-naponsku karakteristiku MOSFET-a. Isprogramiran je automatizam koji uz pomoć NI ELVISmx varijabilnog napajanja napaja MOSFET te uz pomoć NI ELVISmx digitalnog multimetra mjeri izlaznu struju na MOSFET-u. Njihova ovisnost se prikazuje u XY grafu. Y-os grafa prikazuje struju, a ne napon kao što je vidljivo na slici. Osi grafova se mogu naknadno preimenovati.

### 3.4. Softverske značajke NI ELVIS-a III

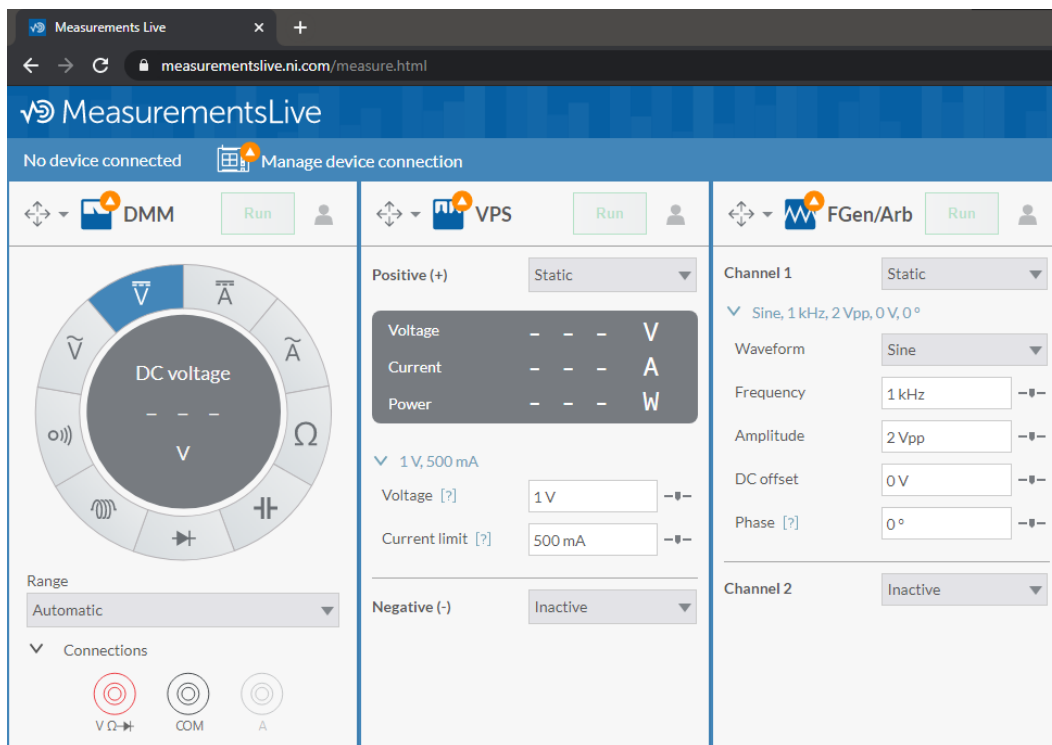
NI ELVIS III paket softvera sadrži LabVIEW, LabVIEW Real-Time Module, LabVIEW ELVIS III Toolkit i Multisim. LabVIEW Real-Time Module je dodatak LabVIEW softverskom okruženju koji omogućuje razvoj aplikacija koje imaju sposobnost za testiranje, praćenje i kontroliranje ugrađenih hardvera u stvarnom vremenu. LabVIEW ELVIS III Toolkit je komplet alata za razvoj aplikacija unutar LabVIEW-a kompatibilnih s NI ELVIS-om III.

#### Measurements Live

Measurements Live je sustav za pristup instrumentima NI ELVIS-a III putem web preglednika. Sustavu je moguće pristupiti putem Chrome ili Safari preglednika, dok drugi preglednici nisu podržani. Measurements Live podržava isključivo NI ELVIS III platformu te ga je moguće koristiti na Windows i macOS operativnim sustavima. Za uspostavu komunikacije između NI ELVIS-a III i Measurements Live-a potrebno je instalirati upravljački program NI Measurements Live Support Files koji je dostupan na National Instrument web stranici. NI ELVIS II nije kompatibilan s Measurements Live sustavom.



Slika 3.7. Pokretač instrumenata u Measurements Live sustavu [14]



**Slika 3.8.** Primjeri Measurements Live virtualnih instrumenata [14]

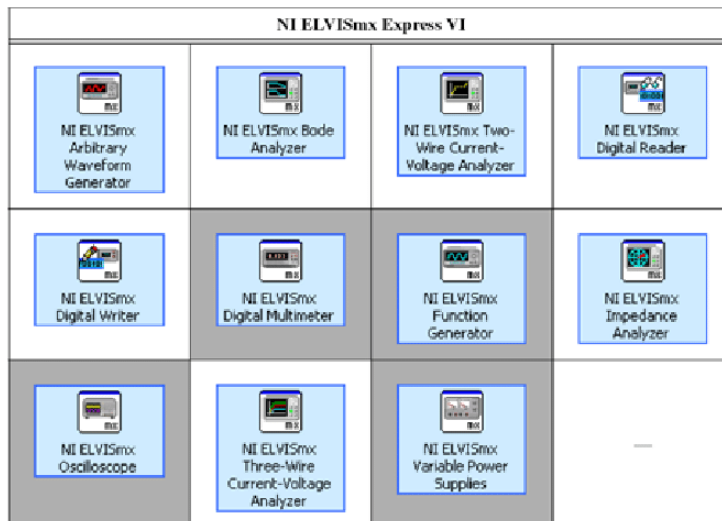
Na slici 3.4. je prikazan izbornik za odabir mjernih instrumenata u Measurements Live sustavu, a na slici 3.5. su prikazani primjeri odabranih instrumenata (digitalni multimetar, varijabilno napajanje i funkcijski generator/generator proizvoljnih valnih oblika).

### 3.5. Programiranje ulaznih i izlaznih signala NI ELVIS-a II

Programiranje ulaznih i izlaznih signala NI ELVIS-a II se izvodi uz pomoć LabVIEW softverskog okruženja na dva načina, a to su putem NI ELVISmx Express VI (Virtual Instruments) i putem NI-DAQmx.

#### NI ELVISmx Express VI

Express VI-i (slika 3.9.) grupiraju LabVIEW virtualne instrumente niže razine u funkcionalne komponente koje se mogu konfigurirati kroz interaktivni dijaloški okvir. Kada se Express VI postavi na blokovski dijagram otvara se dijaloški okvir u kojemu se postavljaju postavke kako bi se specificiralo ponašanje Express VI-a.



Slika 3.9. NI ELVISmx Express VI-i [15]

## NI-DAQmx

NI-DAQmx je upravljački program namijenjen prikupljanju podataka (Data Acquisition), odnosno uzorkovanju signala koji mjere stvarne fizičke veličine te pretvaranju u digitalne numeričke vrijednosti kojima je moguće manipulirati računalom. Sadrži arhitekturu upravljačkog programa, aplikacijsko programsko sučelje, virtualne instrumente te razvojne alate za kontrolu DAQ uređaja.

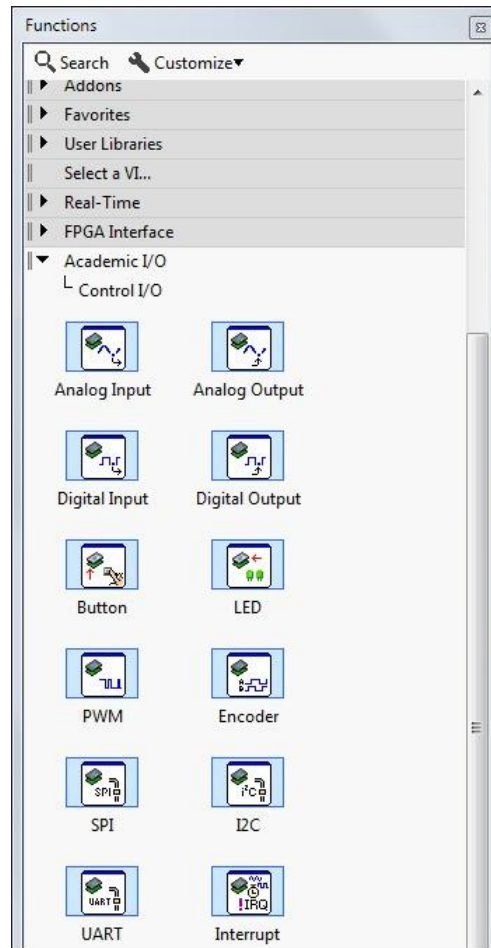
### 3.6. Programiranje ulaznih i izlaznih signala NI ELVIS-a III

Programiranje ulaznih i izlaznih signala NI ELVIS-a III se izvodi uz pomoć LabVIEW softverskog okruženja na tri načina, a to su putem LabVIEW Real-Time (RT) Express VI-a, LabVIEW RT Low-Level VI-a i LabVIEW FPGA I/O nodes-a.

#### LabVIEW RT Express VI

Express VI-i (slika 3.10) se koriste kako bi se interaktivno konfigurirale postavke za ulazne i izlazne priključnice NI ELVIS-a III. Kada se neki od Express VI-a iz izbornika postavi na blokovski dijagram, pojavljuje se dijaloški okvir za konfiguraciju tog Express VI-a. Digital Input Express VI čita vrijednosti veličina iz jedne ili više digitalnih ulaznih priključnica, a

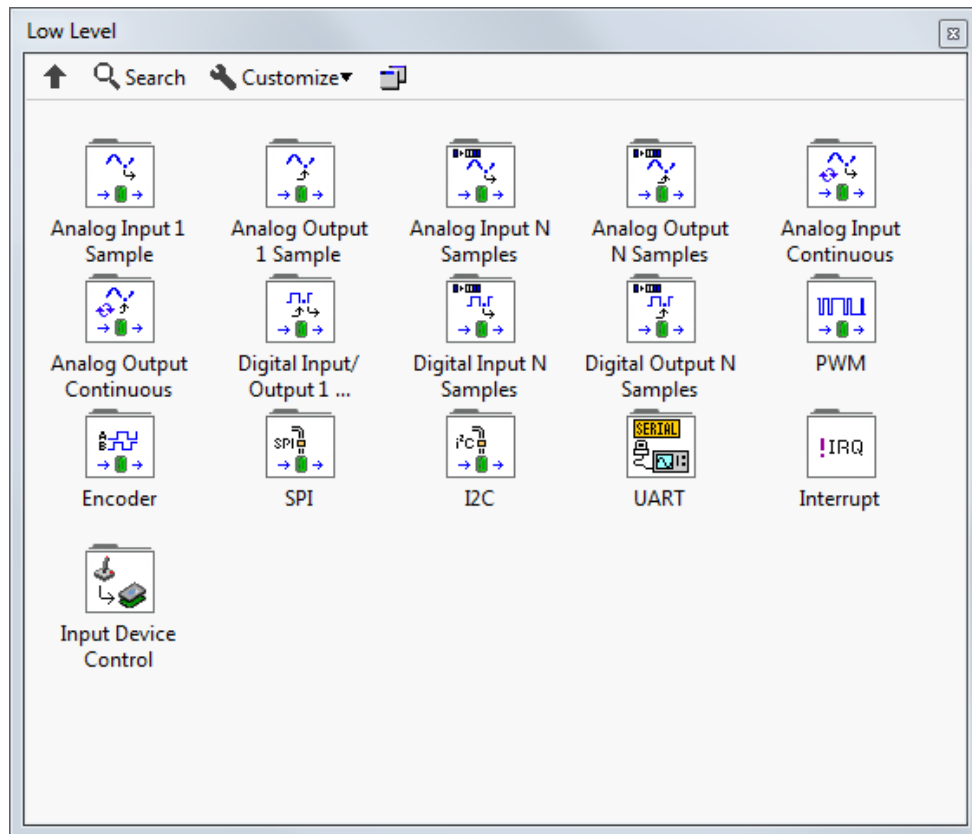
Digital Output Express VI vrijednosti mjerenih veličina iz jedne ili više digitalnih izlaznih priključnica NI ELVIS-a III.



Slika 3.10. Izbornik Express VI-a NI ELVIS-a III [16]

### LabVIEW RT Low-Level VIs

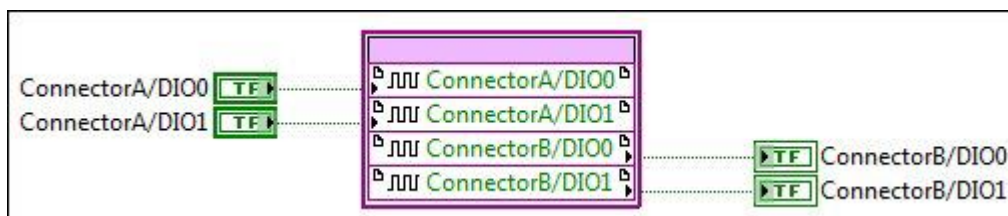
Low Level VIs se koriste zbog veće programabilne mogućnosti za pristup postavki ulaznih i izlaznih kanala. Korištenjem Low Level VIs-a je moguće konfigurirati te otvarati ili zatvarati određene kanale prilikom njihovog pogona.



Slika 3.11. Izbornik Low Level VI-a NI ELVISA III [16]

### LabVIEW FPGA I/O nodes

Korištenje FPGA I/O nodes (čvorova) iz FPGA izbornika omogućuje pristup digitalnim ulaznim/izlaznim kanalima NI ELVIS III platforme. Priključnice, odnosno kanali s obje strane prototipske ploče NI ELVIS-a III mogu se koristiti u jednom FPGA čvoru.



Slika 3.12. Primjer VI koji koristi FPGA I/O čvorove [16]

Slika 3.9. prikazuje primjer VI koji koristi FPGA I/O čvorove za generiranje izlaznih signala na DIO0 i DIO1 na priključku A i čita ulazne signale iz DIO0 i DIO 1 na priključku B.

## **4. MOGUĆNOST PRIMJENE NI ELVIS-a III U TESTIRANJU ELEKTRIČNIH STROJEVA I POGONA**

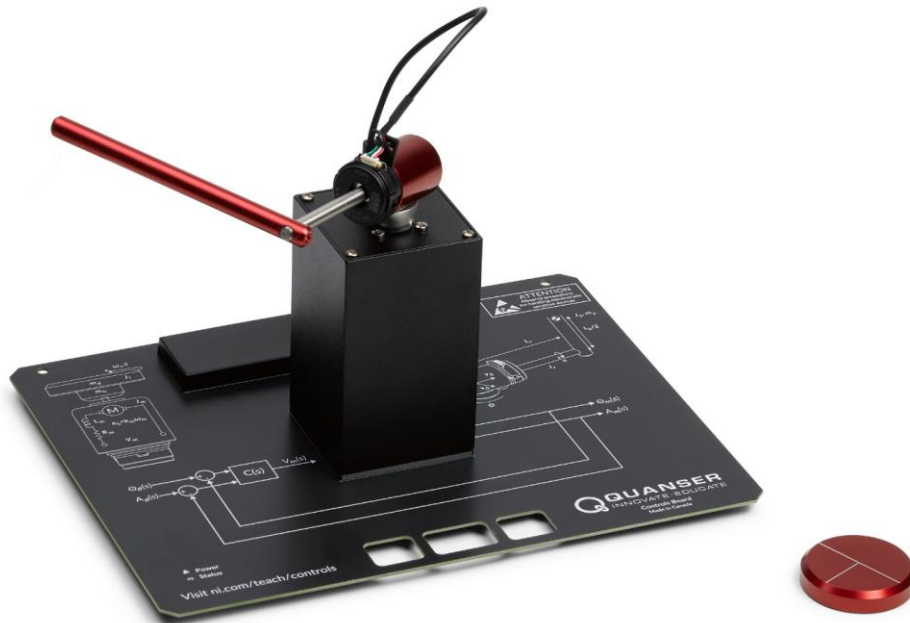
NI ELVIS III ne može pokretati velike električne strojeve zbog premale izlazne snage, ali njegove se analogne i digitalne ulazne i izlazne jedinice mogu isprogramirati te koristiti tako da šalju signalne impulse za pokretanje i brzinu vrtnje. To je izvedivo uz pomoć analognih i digitalnih ulaza i izlaza. NI ELVIS platforme mogu pokretati samo male istosmjerne motore te se mogu vršiti testiranja na njima. Zbog LabVIEW-ovog dinamičkog načina kontinuiranog praćenja, procesa i promjena podataka, parametri za pogon malih istosmjernih motora se mogu izravno mijenjati u stvarnom vremenu. Zahvaljujući programabilnom FPGA procesoru, analogni i digitalni ulazi i izlazi na prototipskoj ploči se mogu isprogramirati za upravljanje motorom.

Postoji četiri modula koja su kompatibilna s platformom NI ELVIS III te obuhvaćaju testiranje i proučavanje električnih strojeva kroz mehatroniku i robotiku a proizvodi ih tvrtka Quanser. To su Quanser Controls Board, Quanser Mechatronics Actuators Board, Quanser Mechatronics Systems Board i Quanser Energy Systems Board.

### **Quanser Controls Board**

Quanser Controls Board (slika 4.1.) nudi cjelovit paket za proučavanje osnovnih i naprednih tema kontrole. Podudara se s dinamičkim modelima koji se temelje na fizikalnim principima i eksperimentalnim testovima u mehanici. Uz pomoć povratne informacije integriranog koda za motor i njihalo, servo motor se može lako podešavati tako da promjeni položaj i brzinu kontrole, sve do mogućnosti održavanja stabilnosti okrenutog njihala.





**Slika 4.1.** Quanser Controls Board [17]

### Quanser Mechatronics Actuators Board

Quanser Mechatronics Actuators Board (slika 4.2.) se sastoji od:

- istosmjernog motora s četkicama sa senzorom za brzinu vrtnje i osjećajem struje,
- linearnog i pulsno-širinskog (engl. *Pulse Width Modulation*, PWM) pojačala za istosmjerni motor bez četkica,
- istosmjernog motora bez četkica s *hall-effect* senzorom,
- koračnog motora s punim, polu, valnim i mikro koračnim konfiguracijama i
- analognog servo motora s pulsno-širinskom modulacijom

Razumijevanje i razlikovanje aktuatora kojima Quanser Mechatronics Actuators Board raspolaže, studentima omogućuje stjecanje iskustva za donošenje odluka prilikom odabira aktuatora potrebnog za dizajniranje određenog projekta.



**Slika 4.2.** Quanser Mechatronics Actuators Board [18]

### Quanser Mechatronics Systems Board

Quanser Mechatronics Systems Board (Slika 4.3.) se sastoji od:

- dva istosmjerna motora s četkicama s koderima visoke razlučivosti,
- Digitalne kamere u boji,
- Prilagodljivog radnog prostora s magnetskim držačem za papir.

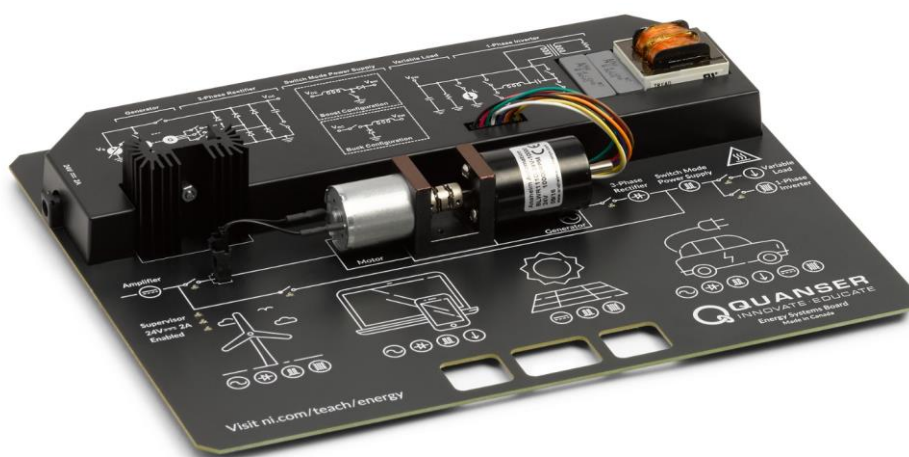
Dizajniran je za pružanje praktičnog iskustva s cjelovitim mehatroničkim sustavom u sigurnom i akademski primjerenom okruženju. Ploča studentima omogućuje upoznavanje rada mehatroničkog sustava na svim razinama, od motornog povezivanja, pa sve do kontrole u stvarnom vremenu.



**Slika 4.3.** Quanser Mechatronics Systems Board [19]

## Quanser Energy Systems Board

Quanser Energy Systems Board (slika 4.4.) ploča koristi smanjeni oblik elektroenergetskog sustava te je namijenjena pružanju sigurnog i praktičnog upoznavanja s elektroenergetskim sustavom. Princip rada se temelji na prijenosu energije s istosmjernog motora na trofazni izmjenični generator. Ploča studentima omogućuje upoznavanje osnova energetske pretvorbe i elektroenergetskog sustava.



Slika 4.4. Quanser Energy Systems Board [20]

## **5. UTJECAJ KONCEPTA UČENJA UZ NI ELVIS NA NASTAVU I IZVOĐENJE LABORATORIJSKIH VJEŽBI**

Virtualni instrumenti NI ELVIS platformi služe kako bi zamijenili tradicionalne mjerne instrumente prilikom izvođenja laboratorijske vježbe na samoj platformi. Samim time omogućuju uštedu prostora prilikom izvođenja laboratorijskih vježbi što dovodi do veće preglednosti. Prednost je u tome što se svi potrebni instrumenti nalaze na jednom mjestu te su lako dostupni. Instrumenti koje sadrži NI ELVIS nisu precizni i pouzdani kao profesionalni tradicionalni instrumenti, ali su dovoljno precizni kako bi student dobio osjećaj stvarne mjerene veličine. NI ELVIS studentima omogućuje primjenu naučene teorije u stvarnom svijetu te samim time u njima potiče nove ideje i inovacije. Razumijevanje implementacije kontrolnih sustava na hardveru je danas neophodno jer se automatizacija i povezani uređaji preusmjeravaju iz industrije u komercijalne proizvode.

Uz pomoć Measurements Live web sustava, studentima se omogućuje spajanje na NI ELVIS III na kojemu se izvodi vježba, s njihovim pametnim telefonima, tabletima, laptopima ili bilo kojim drugim uređajem koji ima pristup internetu i podržanom web pregledniku. Kada su studenti sa svojim uređajima spojeni na NI ELVIS III, sa svojih mjesta mogu pregledati rezultate mjerenja. Studenti također mogu zatražiti i kontrolu nad instrumentima putem svojih uređaja i raditi promjene.

## 6. ZAKLJUČAK

Cilj ovoga završnoga rada je bio usporediti stariji i noviji model projektno usmjerenih edukacijskih platformi NI ELVIS II i NI ELVIS III te ukazati na njihove mane i vrline koristeći se dostupnom literaturom. Obje platforme imaju jednake ključne namjene, a to su poticanje studenata na inovativno razmišljanje te poticanje suradnje između studenata. Namjena im je i pojednostavljenje prostora za izvedbu laboratorijskih vježbi te proširenje eksperimentalne mogućnosti. Specifikacije mjernih instrumenata NI ELVIS-a III su znatno poboljšane u odnosu na mjerne instrumente NI ELVIS-a II. Osim poboljšanih specifikacija, NI ELVIS III je dizajniran sukladno modernoj tehnologiji, što se može zaključiti kroz par mogućnosti koje NI ELVIS II nema. To su mogućnosti poput Wi-Fi-a za bežičnu komunikaciju s osobnim računalom, ugrađeni FPGA procesor u samu radnu stanicu, kao i terminal IV analizatora za analizu strujno-naponske karakteristike poluvodičkih komponenti. NI ELVIS platforme nisu namijenjene za provođenje laboratorijskih vježbi elektroenergetske grane inženjerstva zbog premale izlazne snage, kao ni za testiranje velikih strojeva. NI ELVIS platforme mogu pokretati samo male istosmjerne strojeve te je kroz LabVIEW programsko okruženje moguće vršiti razna testiranja na njima. Može se zaključiti kako je NI ELVIS III samo modernizirana NI ELVIS II platforma s malo više mogućnosti te sličnom softverskom podrškom.

## LITERATURA

- [1] National Instruments, NI ELVIS II, dostupno na: <https://www.ni.com/en-rs/support/model.ni-elvis-ii.html> [13. rujna 2020.]
- [2] National Instruments, NI ELVIS III, dostupno na: <https://www.ni.com/en-rs/support/model.ni-elvis-iii.html> [13. rujna 2020.]
- [3] National Instruments, Manuals, NI ELVIS II Specifications, 2008, dostupno na: <http://www.ni.com/pdf/manuals/372590b.pdf> [13. rujna 2020.]
- [4] Yotta Volt, Introduction to NI ELVIS II, NI Multisim, and NI LabVIEW, dostupno na: <https://www.yottavolt.com/shop/introduction-to-ni-elvis-ii-ni-multisim-and-ni-labview/> [16. rujna 2020.]
- [5] National Instruments, NI ELVIS III Manual, 2019., dostupno na: <https://www.ni.com/documentation/en/ni-elvis-iii/2.2.1/manual/> [13. rujna 2020.]
- [6] National Instruments, FPGA Fundamentals, 2020, dostupno na: <https://www.ni.com/en-rs/innovations/white-papers/08/fpga-fundamentals.html> [13. rujna 2020.]
- [7] National Instruments, Manuals, NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite II Series (NI ELVIS™ II Series) User Manual, 2008., dostupno na: <https://www.ni.com/pdf/manuals/374629c.pdf> [13. rujna 2020.]
- [8] National Instruments, LabVIEW, dostupno na: <https://www.ni.com/en-rs/shop/labview.html> [13. rujna 2020.]
- [9] P. Korondi, How to use NI elvis/labVIEW in mechatronics engineering education, ResearchGate 2014., dostupno na: [https://www.researchgate.net/figure/NI-ELVISmx-Instrument-Launcher-And-last-they-can-build-their-first-real-Virtual\\_fig3\\_313272699](https://www.researchgate.net/figure/NI-ELVISmx-Instrument-Launcher-And-last-they-can-build-their-first-real-Virtual_fig3_313272699) [13. rujna 2020.]
- [10] National Instruments, Teach Analog Circuits With NI Multisim and NI ELVIS, 2019., dostupno na: <https://www.ni.com/en-rs/innovations/white-papers/12/teach-analog-circuits-with-ni-multisim-and-ni-elvis.html> [13. rujna 2020.]

- [11] National Instruments, Your First Project With the NI ELVIS RIO Control Module, 2016., dostupno na: <http://www.ni.com/tutorial/53256/en/> [13. rujna 2020.]
- [12] National Instruments, Using NI myDAQ with the NI ELVISmx Digital Multimeter Soft Front Panel, 2020., dostupno na: <https://www.ni.com/en-rs/support/documentation/supplemental/10/using-ni-mydaq-with-the-ni-elvismx-digital-multimeter-soft-front.html> [13. rujna 2020.]
- [13] Auburn University, I-V Measurement Automation Using Signal Express, SignalExpress Sweep, dostupno na: <http://www.eng.auburn.edu/~niuguof/2210labdev/html/signal.html> [13. rujna 2020.]
- [14] National Instruments, Measurements Live, 2019, dostupno na: <https://measurementslive.ni.com/measure.html> [13. rujna 2020.]
- [15] R. Manseur, Studio teaching: An embedded systems course, ResearchGate, 2018., dostupno na: [https://www.researchgate.net/figure/The-NI-Elvis-Virtual-Instruments-Panel-11\\_fig1\\_325350233](https://www.researchgate.net/figure/The-NI-Elvis-Virtual-Instruments-Panel-11_fig1_325350233) [13. rujna 2020.]
- [16] National Instruments, Programming Digital I/O with LabVIEW, 2019., dostupno na: <https://www.ni.com/documentation/en/ni-elvis-iii/latest/controlio/programming-options-dio/> [13. rujna 2020.]
- [17] National Instruments, Quanser Controls Board for NI ELVIS III, dostupno na: <https://www.ni.com/en-rs/support/model.quanser-controls-board-for-ni-elvis-iii.html> [15. rujna 2020.]
- [18] National Instruments, Quanser Mechatronics Actuators Board for NI ELVIS III, dostupno na: <https://www.ni.com/en-rs/support/model.quanser-mechatronics-actuators-board-for-ni-elvis-iii.html> [15. rujna 2020.]
- [19] National Instruments, Quanser Mechatronics Systems Board for NI ELVIS III, dostupno na: <https://www.ni.com/en-rs/support/model.quanser-mechatronics-systems-board-for-ni-elvis-iii.html> [15. rujna 2020.]
- [20] National Instruments, Quanser Energy Systems Board for NI ELVIS III, dostupno na: <https://www.ni.com/en-rs/support/model.quanser-energy-systems-board-for-ni-elvis-iii.html> [15. rujna 2020.]

## SAŽETAK

Ovaj završni rad predstavlja usporedbu između starijeg i novijeg modela projektno usmjerene edukacijske platforme NI ELVIS II i NI ELVIS III koje je razvila tvrtka National Instruments. Napisane su hardverske značajke obje platforme te je provedena usporedba. Također su prikazane softverske značajke i podrška svake od platformi. Proučena je mogućnost primjene NI ELVIS-a III u testiranju električnih strojeva i pogona, kao i utjecaj koncepta učenja uz NI ELVIS na nastavu i izvođenje laboratorijskih vježbi.

**Ključne riječi:** projektno usmjerene, edukacijska platforma, NI ELVIS II, NI ELVIS III, National Instruments, hardverske značajke, softverske značajke, podrška, testiranje, električni strojevi, pogoni, koncept učenja, nastava, laboratorijske vježbe.



## **ABSTRACT**

### **Comparative analysis of NI ELVIS II and NI ELVIS III educational platforms**

This final thesis presents comparison between older and newer model, the NI ELVIS II and the NI ELVIS III project-oriented educational platforms developed by company National Instruments. The hardware features of both platforms were written and comparison was made. The software features and support of each of the platforms are also shown. The possibility of applying NI ELVIS III in testing of electrical machines and drives was studied, as well as the influence of the concept of learning with NI ELVIS on lectures and performing laboratory exercises.

**Key words:** project-oriented, educational platform, NI ELVIS II, NI ELVIS III, National Instruments, hardware features, software features, support, test, electrical machines, drives, concept of learning, lectures, laboratory exercises.

## **ŽIVOTOPIS**

Filip Đaković je rođen 16. srpnja 1997. godine u Osijeku. Školovanje je započeo 2004. godine u Osnovnoj školi Ivana Filipovića u Osijeku, završio u 2012. godini te upisao Elektrotehničku i prometnu školu u Osijeku, gdje je 2016. maturirao. Iste godine je upisao Fakultet elektrotehnike računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku, stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika.