# Harmonijska analiza istosmjernog silaznog pretvarača s pomoću virtualnog spektralnog analizatora

#### Firić, Antonio

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:602399

Rights / Prava: In copyright/Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: 2024-11-14

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek



# SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA

Sveučilišni studij

# Harmonijska analiza istosmjernog silaznog pretvarača s pomoću virtualnog spektralnog analizatora

Diplomski rad

Antonio Firić

Osijek, 2021.

# SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PREGLED PODRUČJA TEME	2
3. KOMUNICIRANJE IZMEĐU RAČUNALA I OSCILOSKOPA	
4. RAZRADBA GRAFIČKOG SUČELJA	4
4.1. Migriranje grafičkog sučelja	4
4.2. Ispravljanje pogrešaka migracije	6
5. TESTIRANJE GRAFIČKOG SUČELJA	
6. ZAKLJUČAK	
LITERATURA	
SAŽETAK	
ABSTRACT	
ŽIVOTOPIS	
PRILOG	
PRILOG A: Upute za rukovanje virtualnim spektralnim analizatorom	
PRILOG B: Kod unutar MATLAB-a	

#### 1. UVOD

U ovom diplomskom radu prezentirat će se sposobnost kontrole osciloskopa TDS 224 proizvođača "Tektronix" pomoću grafičkog sučelja. Grafičko sučelje je napravljeno unutar MATLAB-a u aplikaciji GUIDE. Već napravljenu aplikaciju je potrebno migrirati u noviju i ažuriranu MATLAB aplikaciju App Designer i potom ju poboljšati. Razlika između App Designer-a i GUIDE-a je u tome što je unutar App Designer-a programiranje objektno-orijentirano što uvodi značajnije razlike u usporedbi s programiranjem u GUIDE aplikaciji. Nakon migracije potrebno je testirati grafičko sučelje na istosmjernom silaznom pretvaraču.

Ovaj rad se sastoji od pet poglavlja. Prvo poglavlje je uvod. Nakon uvoda slijedi drugo poglavlje i u njemu se nalazi pregled područja teme rada. U trećem poglavlju se nalazi opis načina komunikacije između računala i osciloskopa. Potom se u četvrtom poglavlju nastoji opisati postupak migracije iz GUIDE aplikacije u App Designer aplikaciju te sve probleme koji su se dogodili prilikom migracije. Peto poglavlje vezano je za testiranje grafičkog sučelja u kojem ćemo napraviti harmonijsku analizu istosmjernog silaznog pretvarača upravljanjem osciloskopa preko napravljenog grafičkog sučelja. Šesto poglavlje predstavlja zaključak.

### 2. PREGLED PODRUČJA TEME

F. Pitinac [1] pokazao je kako se odvija komunikacija između osciloskopa i računala. Također je pokazao kako napraviti sučelje unutar GUIDE aplikacije unutar MATLAB okruženja.

Pomoću videa [2] na službenom kanalu MATLAB-a moguće je saznati kako uspješno migrirati GUIDE aplikaciju u App Designer aplikaciju.

Pomoću videa [3] službenog MATLAB kanala je predstavljeno objektno orijentirano programiranje unutar MATLAB okruženja na primjeru aplikacije. Video je krucijalan u razumijevanju rada App Designera i programiranju unutar njega.

M. Čengić [4] je matematičkim postupkom dokazao rastav pravokutnog signala u Fourierov red koji nam pomaže u analitičkom postupku obrade pravokutnog valnog oblika napona.

I. Flegar je u knjizi [5] detaljno objasnio matematički model silaznog istosmjernog pretvarača napona i izveo faktor vođenja silaznog pretvarača preko matematičkog modela koja je pomogla pri testiranju virtualnog spektralnog analizatora.

## 3. KOMUNICIRANJE IZMEĐU RAČUNALA I OSCILOSKOPA

Za povezivanje osciloskopa TDS 224 s računalom potrebno je imati RS-232 kabel, adapter za prelazak s RS 232 na USB i USB kabel. Isto tako za povezivanje osciloskopa s računalom potrebno je skinuti i instalirati driver CH340 koji omogućuje rad integriranom krugu CH340. U [6] je navedeno kako integrirani krug CH340 služi za konvertiranje signala iz USB sučelja u TTL(serijsko) sučelje i obratno. Još jedna primjena drajvera CH340 je i pri povezivanju nekih vrsta Arduina s računalom.

Prema [1] za upravljanje osciloskop se koristi SCPI naredbeni jezik. Unutar SCPI naredbenog jezika postoje mnoge naredbe i upiti koji se šalju prema osciloskopu. Naredbe mijenjaju postavke osciloskopa ili izvršavaju neku radnju, dok upiti uzrokuju vračanje podataka s osciloskopa na računalo ovisno o upućenoj upitnoj riječi. Popis svih naredbi i upita koje je moguće poslati na osciloskop nalazi se na [7].

Osciloskop TDS 224 je odabran jer se u njemu nalazi integrirani krug CH340 i uz pomoć njega je provedena komunikacija. Ako osciloskop nema integrirani krug CH340 nemoguć je rad između računala i osciloskopa. Ako se koristi drugi osciloskop potrebno je provjetriti manual osciloskopa kako bi se provjerilo potrebne naredbe i promijeniti je ako je potrebno. Na slici 3.1. prikazan je osciloskop "Tektronix" TDS 224.



Slika 3.1. Osciloskop "Tektronix" TDS 224

## 4. RAZRADBA GRAFIČKOG SUČELJA

Razrada grafičkog sučelja će se odvijati u dva koraka. Prvi korak je migriranje već napravljenog grafičkog sučelja u aplikaciji GUIDE u aplikaciju App Designer. Pravljenje grafičkog sučelja u aplikaciji GUIDE je opisano u [1]. Drugi korak je ispravljanja svih grešaka migracije i uspješno testiranje grafičkog sučelja na poznatim valnim oblicima. Osim što je App Designer modernija i jednostavnija aplikacija, glavna prednost joj je što se unutar nje koristi objektno orijentirano programiranje. Objektno orijentirano programiranje je programiranje s pomoću kojeg je moguće definirati strukture koje se nazivaju objekti i kombiniranje pridodanih svojstava objektu s operacijama koje se vrše na tom objektu. Više o objektno orijentiranom programiranju u MATLAB - u se može saznati na [8].

#### 4.1. Migriranje grafičkog sučelja

Prvi korak migriranja je preuzimanje GUIDE to App Designer Migration Tool for MATLAB aplikacije s [9]. Za preuzimanje GUIDE to App Designer Migration Tool for MATLAB potrebno je imati MathWorks račun. Na slici 4.1. prikazano je izgled sučelja za instaliranje GUIDE to App Designer Migration Tool for MATLAB aplikacije gdje je crvenim pravokutnikom označen gumb za instaliranje. Nakon unosa podataka za MathWorks račun potrebno je pričekati da instalacija završi.



Slika 4.1. Instaliranje aplikacije za migriranje

Drugi korak migriranja aplikacije je otvaranja GUIDE-a pomoću naredbe guide u Command Window-u MATLAB-a. Nakon otvaranja GUIDE-a potrebno je odabrati datoteku za migriranje te kliknuti na opciju Migrate Your App kako je prikazano na slici 4.2. Datoteka za migriranje ima nastavak .fig na kraju imena datoteke.



Slika 4.2. Izgled sučelja prilikom započinjanja migriranja

Treći korak je ujedno i završni. Potrebno je kliknuti na gumb Migrate nakon odabiranja datoteke za migriranje. Treći korak je prikazan na slici 4.3.



Slika 4.3. Sučelje za potvrdu migracije

Ako je migriranje uspješno unutar mape u kojem se nalazi i datoteka koju je potrebno migrirati nalazit će se i nova migrirana datoteka s nastavkom .mlapp. Postupak migracije u obliku videa može se pronaći i na službenom YouTube kanalu MATLAB-a [2].

#### 4.2. Ispravljanje pogrešaka migracije

Za uređivanje grafičkog sučelja prvo je potrebno pokrenuti aplikaciju App Designer unutar MATLAB-a. To se radi upisom naredbe appdesigner unutar Command Window MATLAB sučelja. Nakon ulaska u aplikaciju App Designer potrebno je otvoriti datoteku koju je potrebno urediti pomoću gumba open. Postupak je prikazan na slici 4.4.



Slika 4.4. Sučelje prilikom ulaska u App Designer

Kako bi bilo moguće vidjeti i uređivati kod potrebno je kliknuti na gumb Code view, kako je prikazano na slici 4.5. Vraćanje na Design view je moguće klikom na pripadajući gumb. Ako je potrebno prikazati dio koda samo za određeni gumb, potrebno je pritisnuti desni klik na gumb i odabrati opciju go to callback.

📣 App Designer - C.\Users\Antonio\Desktop\DIPLOMSKN.Zadnja verzija_11.8\Diplomski_Firic_v2.mlapp*		- a ×
DESIGNER CANVAS		🕨 🗟 🖀 🛍 Martin 🕫 😢
Save Convert         Box grid         Save Save Convert         Save Sa		Ŧ
COMPONENT LIBRARY	Design Vew Gode Vew	COMPONENT BROWSER
Search P = 88		Search P
COMMON		✓ app.figure1 ^
		app.axes1
Axes	Port se ou on on AUTOSET	app autoset
visualization varin oolik Spektrama anarca +		✓ app.uipanel1
1	Venical Copy CIN+C Trigger comands	app.slider1
Button	Cha Paolo Cin+V Eoge Video	app.popupmenu1
pressed	Depicate Critero slope V polarity V	app.coupling
0.8	source V Source V	app.bwlimit
Check Box	Same Size	app.votsow
0.7		ann probe
Date Picker	Calibadis Go to popcom Caliback caliback	app.voldiv
30 Select and display date in 0.0 -	Help on Selection Select existing cathack	app popcom
0.5	Disola/ comands	
a Drop Down	VOLTSIDIV V contrast V Reset	app.edgetrig
B Select single option from list 0.4 -	format Y	app.videotrig
	Horizontal comands	app.slopetrig
123) Enter numeric data 0.3	SECIDIV Y	app polantytng
	persistance V	app.sourceedge
Inform Edit Field (Text) 0.2		app.coupengingg
01		app.sourceng
	1	app.tripset
Che Display simple markup or		app.forcetrig
embedded H1ML HC 0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9	1 0.0	app identification
a Image	0.6	app reset
Display icon or logo		
Channel 1 Channel 2 Channel 3 Channel 3	4 0.4	ann contrast
A Diplay text to describe	0.2	Inspector Calibacks
component		Search P 🔠
Line Barr	0 02 04 06 08 1	• DROP-DOWN *
Est box b Select one or more options	· · · · · · · · · ·	Value Port selection
M from list	A	Iteme Post selection COM1 (
Radio Button Group		ItemsData
ob group of radio buttons		
14		) FI

Slika 4.5. Sučelje App Designera

Prvi problem koji se pojavio pri migraciji je nepodržavanje radio button-a. Radio button-i imaju funkciju odabir kanala i "pozivanje" slike s osciloskopa. Problem je riješen dodavanjem novih gumbova, kopiranjem koda i njegovim ispravljanjem. Na slici 4.6. prikazano je sučelje virtualnog spektralnog analizatora gumbova odmah nakon migracije. Slika 4.7. prikazuje sučelje virtualnog spektralnog analizatora u kasnijim verzijama nakon njihovog popravljanja. Na obje slike crvenim pravokutnikom označeno je mjesto gdje se gumbovi nalaze.



Slika 4.6. Sučelje virtualnog spektralnog analizatora nakon migracije



Slika 4.7. Sučelje virtualnog spektralnog analizatora u kasnijim verzijama

Na slici 4.8. se nalazi usporedba koda nakon migracije i u zadnjoj verziji za gumb koji invertira signal.

```
% Value changed function: invert
function invert_Callback(app, event)
    % hObject handle to invert (see GCBO)
    % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
    % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
    % Hints: contents = cellstr(get(hObject, 'String')) returns invert contents as cell array
            contents{get(hObject, 'Value')} returns selected item from invert
    global chanelchoice;
    s = serial(app.popcom.Value);
                                                                                          % Value changed function: invert
    fopen(s)
                                                                                          function invert_Callback(app, event)
                                                                                               s = serial(app.popcom.Value);
    contents = cellstr(get(hObject, 'String'));
                                                                                               fopen(s)
    invert = contents{get(hObject,'Value')};
                                                                                               fprintf(s,[app.popupmenu1.Value ':INVERT ' app.invert.Value]);
    fprintf(s,[chanelchoice ':INVERT ' invert]);
                                                                                               fclose(s)
    fclose(s)
                                                                                               delete(s)
    delete(s)
                                                                                           end
end
```



a)

b) Kod za gumb invertiranja signala u zadnjoj verziji

b)

Prilikom testiranja virtualnog spektralnog analizatora bilo je potrebno dodati još funkcija postojećem virtualnom spektralnom analizatora kako bi on bio funkcionalan i lakši za upotrebu. Jedna od funkcija koja je dodana je upisivanje limita na x-osi kod stupčastog prikaza rezultata spektralne analize jer je prikaz frekvencije bio postavljen na automatsko. Stoga je bilo teško očitati harmonike zbog njihove brojnosti. Na slici 4.9. je vidljivo mjesto za upisivanje limita unutar sučelja i označeno je crvenim pravokutnikom.





Nakon što su promijenjeni limiti sljedeća potreba je bila smanjiti debljinu stupaca na stupčastom dijagramu. Smanjivanje debljine stupaca se postiže dodavanjem argumenta u funkciju za crtanje stupčastog dijagrama. Na slici 4.10. prikazan je kod za crtanje stupčastog dijagrama.

```
data_time_domain = [t.' a1];
br_harm = 20;
[fft_napon_out, fft_kut_out, frekvencije_x_os] = SnagaNaFrekv(data_time_domain , br_harm);
bar(app.UIAxes, frekvencije_x_os, fft_napon_out, 0.2); % 0.2 je širina stupca
grid(app.UIAxes, 'on');
bar(app.UIAxes2, frekvencije_x_os, fft_kut_out, 0.2);
grid(app.UIAxes2, 'on');
```

Slika 4.10. Kod za crtanje stupčastog dijagrama kod spektralne analize

Isto tako bi bilo vrlo korisno i olakšavajuće moći vidjeti harmonike u obliku tablice. Ta funkcija je dodana i na slici 4.11. se nalazi njezino mjesto unutar sučelja, a na slici 4.12. je vidljiv kod koji omogućuje tu funkciju.



Slika 4.11. Sučelje za tablični prikaz spektralne analize

```
c = 0:1:br_harm;
T = table(c', frekvencije_x_os', fft_napon_out');
app.UITable.DisplayData = T;
```

Slika 4.12. Kod za prikazivanje tabličnog prikaza spektralne analize

U sljedećem poglavlju sučelje će biti testirano na silaznom pretvaraču. Jedna od najvećih pomoći u razumijevanju rada App Designera bio je video objavljen s službenog kanala MATLAB-a [3].

# 5. TESTIRANJE GRAFIČKOG SUČELJA

Za dolazak do zaključka jesu li rezultati spektralne analize točni potrebno je uzeti naponski signal i njega matematički obraditi, potom rezultat usporediti s dobivenim unutar sučelja. Kao poznati naponski signal uzet je signal pravokutnog valnog oblika napona, a valni oblik napona na zavojnici silaznog pretvarača će služiti za testiranje virtualnog spektralnog analizatora. Na slici 5.1. prikazan je pravokutni signal valnog oblika napona.



Slika 5.1. Pravokutni signal valnog oblika napona

Prema [4] rastav pravokutnog signala u Fourierov red glasi:

$$u(t) = \sum_{k=1}^{\infty} \left( \frac{\widehat{U}}{\pi n} (-2\cos(\pi n) + 2) \right) sinkt \quad n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$$
(5-1)

Razvojem funkcije u(t) za prvih pet članova dobiveno je:

$$u(t) = \frac{4\widehat{U}}{\pi}sint + \frac{4\widehat{U}}{3\pi}sin3t + \frac{4\widehat{U}}{5\pi}sin5t + \frac{4\widehat{U}}{7\pi}sin7t + \frac{4\widehat{U}}{9\pi}sin9t + \cdots$$
(5-2)

Rad virtualnog spektralnog analizatora će biti testiran na silaznom istosmjernom pretvaraču napona (engl. Buck converter). Silazni istosmjerni pretvarač napon je odabran jer se mijenjanjem

ulaznog napona silaznog pretvarača mijenjaju ustaljena stanja tzv. put u kaos udvostručavanjem periode što je korisno za testiranje virtualnog spektralnog analizatora. Na slici 5.2. nalazi se nadomjesna shema spoja silaznog istosmjernog pretvarača napona.



Slika 5.2. Nadomjesna shema silaznog pretvarača napona

Za pretpostavljenu shemu spoja istosmjernog silaznog pretvarača prema slici 5.2. vrijede sljedeće jednadžbe mreže:

$$u_{Ld} = E - u_{V1} - u_{Rd} \tag{5-3}$$

$$u_{Ld} = -u_{V2} - u_{Rd} \tag{5-4}$$

$$I_d = i_{V1} + i_{V2} \tag{5-5}$$

Na slici 5.3. prikazan je karakterističan valni oblik napona na trošilu, a na slici 5.4. prikazan je karakterističan valni oblik struje na trošilu.



Slika 5.3. Karakterističan valni oblik napona



Slika 5.4. Karakterističan valni oblik struje

Za faktor vođenja prema [5] se dobije:

$$\frac{U_d(0)}{E} = \alpha \tag{5-6}$$

Za usporedbu pravokutnog valnog oblika s valnim oblikom napona na zavojnici silaznog pretvarača potrebno je da faktor vođenja  $\alpha$  bude 0.5 kako bi se rezultati spektralne analize valnog oblika napona mogli usporediti s pravokutnim valnim oblikom napona.

Na slici 5.3. pod a) prikazan je valni oblik napona snimljen na zavojnici silaznog pretvarača, a pod b) prikazan je isti valni oblik unutar sučelja virtualnog spektralnog analizatora. Srednja vrijednost ulaznog napona silaznog pretvarača iznosi 16.45 V, a srednja vrijednost ulazne struje iznosi 0.298 A. Na slici 5.4. prikazana je spektralna analiza valnog oblika s slike 5.1. pomoću stupčastog dijagrama, a na slici 5.5. rezultati spektralne analize su prikazani tablično.



Slika 5.3. Snimljeni valni oblik; E = 16.45 V a) Valni oblik na osciloskopu

b) Valni oblik snimljen pomoću virtualnog spektralnog analizatora



Slika 5.4. Spektralna analiza valnog oblika prikazana stupčastim dijagramom



Slika 5.5. Spektralna analiza valnog oblika napona prikazana tablično

U tablici 5.2. se nalaze rezultati spektralne analize iz slike 5.5.

Harmonik	Frekvencija harmonika	Amplituda, U[V]	Postotak osnovnog
	[Hz]		harmonika [%]
1	2995.3	7.30	100
3	8985.9	2.44	33
5	14976	1.46	20
7	20967	1.04	14
9	26958	0.81	11
11	32498	0.65	9

**Tablica 5.2.** Rezultati spektralne analize

Iz tablice 5.2. je vidljivo da se osnovni harmonik poklapa s frekvencijom rada od oko 3000 Hz. Nakon prvih testiranja uvidjela se sporost crtanja grafova zbog slabe brzine prijenosa podataka između računala i osciloskopa. Grafovi unutar virtualnog spektralnog analizatora se učitaju tek nakon 5 sekundi i još sporije se učitavaju stupčasti i tablični dijagrami spektralne analize kao i tvorba Excel datoteke s vrijednostima spektralne analize kako bi se vrijednosti spektralne analize potencijalno mogle upotrijebiti u drugom programu.

Prema jednadžbi 5-2 moguće je izračunati amplitude harmonika pravokutnog valnog oblika. Znajući vršnu vrijednost napona moguće je doći do amplitude harmonika. Vršna vrijednost napona na je 8.225 V. Postupak je prikazan za prvi harmonik:

$$U(1) = \frac{4 \cdot 8.225}{\pi} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 7.4 \text{ V}$$
(5-3)

U tablici 5.1. prikazana je usporedba harmonika između analitičke metode i harmonika iz virtualnog spektralnog analizatora i postotak njihove razlike. Podatci za virtualni spektralni analizator su preuzeti iz tablice 5.2.

Harmonik	Analitički, U[V]	Virtualni spektralni	Postotak razlike
		analizator, <i>U</i> [V]	[%]
1	7.4	7.3	1.35
3	2.47	2.44	1.2
5	1.48	1.46	1.35
7	1.06	1.04	1.88

Tablica 5.1. Usporedba analitičke metoda s virtualnim spektralnim analizatorom

Iz tablice je vidljivo da je razlika između analitičkog izračuna i izračuna virtualnog spektralnog analizatora prihvatljiva, odnosna manja je od 2%.

Na slici 5.6. moguće je vidjeti vrijeme vođenja ventila  $V1(T_{VI})$  i vrijeme vođenja ventila  $V2(T_{V2})$ .



Slika 5.6. Vrijeme vođenja ventila

Iz slike 5.7. moguće je zaključiti da su vremena vođenja ventila  $T_{VI}$  i  $T_{V2}$  jednaka. Odnosno da je faktor vođenja  $\alpha = 0.5$ .

Nakon valnog oblika ulaznog napona i njegove obrade, potrebno je obraditi valni oblik struje zavojnice koji je vidljiv na slici 5.7. Na slici 5.8. prikazana je spektralna analiza signala s slike 5.7. u obliku stupčastog dijagrama, a na slici 5.9. spektralna analiza prikazana je u obliku tablice.



a)

b)



b) Valni oblik snimljen pomoću sučelja virtualnog spektralnog analizatora



Slika 5.8. Spektralna analiza valnog oblika struje prikazana stupčastom dijagramu

Nik	Spektralna analiza	Tablicni prikaz spektralna a	naliza			COM4	<ul> <li>Identification</li> </ul>		A
	Harmonik		Frekvencija harmonika [Hz]	Amplituda harmonika	Kut [stupnjevi]	Vertical comands	Trigger comands		
		1	0	0.0039	180.0000	Chanel selection	Edge	( )	video
		2	3.0594e+03	0.0222	-106.4497		sione	• nolarity	
		3	6.1189e+03	0.0000	-26.4652	coupling	(and a	-) (poramy	
		4	9.1783e+03	0.0027	24.3443	BW Limit 🔻	source	• source	
		5	1.2238e+04	0.0001	150.7728	(Material)	coupling	<ul> <li>sync</li> </ul>	
		6	1.5297e+04	0.0011	159.8201	VOIENEIV			
		7	1.8357e+04	0.0000	-163.0273	probe 🔻	set level	force trig	
		8	2.1416e+04	0.0005	-69.9873	invert •			
		9	2.4476e+04	0.0000	64.1029		Display comands		
		10	2.7535e+04	0.0003	50.6976		contrast	•	
		11	3.0594e+04	0.0001	120.5220				
		12	3.3654e+04	0.0002	-170.2308		tormat		
		13	3.6713e+04	0.0001	-130.9880	VOLTS/DIV V	type	•	
		14	3.9773e+04	0.0001	-69.8024		nemistance		
		15	4.2832e+04	0.0001	-56.9889	Horizontal comands	personance	•	
		16	4.5892e+04	0.0001	49.6897				
		17	4.8951e+04	0.0001	140.7704	SECIDIV			
		18	5.2010e+04	0.0001	-84.9394				
		19	5.5070e+04	0.0000	101.6832				
		20	5.8129e+04	0.0000	57.9722	0.04 -			
		21	6.1189e+04	0.0001	-52.6382	0.04			
		22	6.4248e+04	0.0001	88.7463		A A .	A 1	
		23	6.7308e+04	0.0000	-9.6481		N N	A A	
		24	7.0367e+04	0.0000	-61.7797	0.02		$\Lambda = \Lambda$	
		25	7.3427e+04	0.0001	-81.1956	$-\Lambda$ $\Lambda$ $\Lambda$	- 11 - 15 - 1	1 11	
		26	7.6486e+04	0.0001	-21.3578	0.01		$\rightarrow$ $\rightarrow$	
		27	7.9545e+04	0.0000	57.3258			1 1 1	ŧ
		28	8.2605e+04	0.0001	-93.3726	0			
		29	8.5664e+04	0.0000	179.4495				
		30	8.8724e+04	0.0000	-10.4267	-0.01		11	1
		31	9.1783e+04	0.0001	-91.1956				1
		32	9.4843e+04	0.0000	30.6922	-0.02 -			t
		33	9.7902e+04	0.0000	46.2548	11 N/	10 17 17	17	- 11
		34	1.0096e+05	0.0001	-19.4269	-0.03	V V V	- M	-ti
		35	1.0402e+05	0.0001	177.7552	and V V	N N D	1	- V
		36	1.0708e+05	0.0000	-60.2555	-0.04			-1
		37	1.1014e+05	0.0000	-45.4922	-0.05			
		38	1.1320e+05	0.0000	131.4699	-0.00			
		39	1.1626e+05	0.0000	178.1798	-0.06			
		40	1.1932e+05	0.0000	26.0379	0 0.5	1 1.5	2	
_									
	Channel 1	Channel 2	Channel 3 Channel 4						

Slika 5.9. Spektralna analiza valnog oblika prikazana tablično

U tablici 5.3. vidljivi u rezultati spektralne analize za srednju vrijednost struje zavojnice.

Harmonik	Frekvencija harmonika	Amplituda, <i>I</i> [A]	Postotak osnovnog
	[Hz]		harmonika [%]
1	3059.4	0.0222	100
3	9178.3	0.0027	12
5	15297	0.0011	5
7	21416	0.0005	2
9	27535	0.0003	1
11	33654	0.0002	1

**Tablica 5.3.** Rezultati spektralne analize

Nakon osnovnog periodičkog rješenja testirati će se rad virtualnog spektralnog analizatora na promjenu frekvencije rada. Sljedeće ustaljeno stanje koje će se analizirati je dvostruko periodičko rješenje. Dvostruko periodičko rješenje se kao i ostala periodička rješenje dobiva promjenom ulaznog napona. Promjena ustaljenih stanja znači i promjenu periode, odnosno frekvencije.

Na slici 5.10. prikazan je valni oblik napona zavojnice koji se mjerio pri ulaznom naponu 24.42 V i ulaznoj struji od 0.281 A. Na slici 5.11. prikazana je spektralna analiza navedenog signala u obliku stupčastog dijagrama, a na slici 5.12. u obliku tablice.



a)

b)

Slika 5.10. Snimljeni valni oblik napona dvostrukog periodičkog rješenja; E = 24.42 V a) Valni oblik na osciloskopu





Slika 5.11. Spektralna analiza valnog oblika napona prikazana stupčastim dijagramom

Freisvencija harmonika [koj] 1.3369e- 3.0738- 4.607- 6.1475- 9.2212- 1.0758- 1.2265- 1.3360- 1.4412- 1.5560- 1.4412- 1.5560-	Angilluda harmonika 0 A 60787 03 70833 03 58273 23 3.0784 03 2.9669 05 2.4781 04 1.3560 04 0.3254 04 0.3254 04 0.3254 04 0.3254 04 0.3254 04 0.9250 05 0.0455 05 0.0515 05	Kal [https://willinkorgival	Vehicle consults  Charlet reference  Charlet refere	Tigger conands Edge slope • • source • • coupting • set level Display comands context format	Vi polarity source sync force trig	ideo Res
1.3369er 3.073Ex 4.0107er 7.6345er 1.073Eer 1.073Eer 1.336er 1.336er 1.4345er 1.4345er 2.435er 2.355er 2.435er 2.435er 2.435er 2.435er 2.435er	0 40787 03 40787 03 70833 03 58373 03 20969 03 20944 03 20969 03 24781 04 1.4900 04 2.3009 04 2.3009 04 0.3234 04 0.3354 04 0.3554 04 0.9055 04 0.9055 00 0.90555 00 0.9055 00 0.9055 00 0.9055 00 0.90555 00 0.90	180 0000 -7 2088 447,711 -34,9470 96,8677 122,5984 422,25984 -421,252 -463,154 -412,1552 -473,864 -431,1552 -431,1552	Charaf election         •           coopling         •           Victual         •	Edge slope • source • coupling • set treet Display comands combat format	Vi polarity source sync force trig	Res
1 :330e- 3/0738- 6/1475e- 7/848- 9/2218- 1/258- 1/358- 1/350e- 1/4418- 1/509- 1	03 7083 03 7083 03 58373 03 30784 03 2966 03 2966 03 2966 03 2966 03 2966 03 2966 03 2966 04 2,3606 04 2,3606 04 0,3534 04 0,3534 04 0,3534 04 0,9230 04 0,9230 04 0,9230 04 0,9240 04 0,9230 04 0,9240 04 0,9240 04 0,9240 04 0,9240 04 0,9240 04 0,9240 04 0,9240 04 0,9240 04 0,9240 04 0,9240 05 0,9240 00 0,9470 00 0,94700 00 0,9470 00 0,94700 00 0,94700 00 0,94700 00 0,	- 7 2089 - 41.7111 - 34.9470 92.8817 - 22.944 - 23.116 - 93.803 - 412.1532 - 412.1532 - 412.1532 - 43.1544 - 43.1644 - 46.1401 - 47.1531	Votustory v	slope • • source • • coupling • set level Display comands context format	polarity     source     sync     force trig     v	Res
3 0738- 4 6107e- 7 634- 1 0738- 1 1 2735- 1 1 2755- 1 2755- 1 2755- 2 1 2755	03 5.8373 03 3.0784 03 2.9969 03 2.4781 04 2.3000 04 3.3074 04 0.3254 04 0.3254 04 0.3254 04 0.3254 04 0.3254 04 0.3254 04 0.9251 04 0.9251 05 0.925 06 0.925 06 0.925 07 0.955 07 0.955 0	4.17.111 -3.49.470 9.8871 12.25.9844 9.2101 9.23.8863 -463.154 -412.1552 -473.8864 -433.164 -433.164 -433.164 -435.164 -	coupling         •           BV Link         •           Vobsidiv         •           probe         •           Invert         •           Vobsidiv         •	set level  Display comands  convest format	source sync force trig	Ret
4 400- 6 (175- 7 684- 9 2211- 1 1035- 1 1330- 1 1330- 1 1350- 1 1350- 1 1350- 1 1500- 1 1451- 1 1500- 1 1500- 2 1510- 2 1500- 2 1500-	03 3074 03 2096 03 2096 03 10091 03 24781 94 14960 94 2.3609 94 0.3524 94 1.3566 94 0.9230 94 0.9230 94 0.9230 94 0.9230 94 0.9230 94 0.9230 94 0.9230 95 95 95 95 95 95 95 95 95 95 95 95 95 9	- 3.4.470 99.8917 12.3944 8.2116 - 92.803 - 161.154 - 121.1532 - 07.380 - 136.1944 - 46.1401 - 47.4401 - 4	BW Limit         •           Voladav         •           probe         •           mvet         •           VOLTSDIV         •	source   coupling  coupling  format	source sync force trig	Re
6.175e 7884er 2021e 1.235e 1.235e 1.336e 1.436e 1.445e 1.445e 2.555e 2.455e 2.455e	03 2.9969 03 2.4781 04 1.4900 04 0.324 04 0.324 04 0.324 04 0.324 04 0.324 04 0.324 04 0.425 04 0.0454 04 0.04	99,807 123,9964 9,2116 92,8083 -163,1154 -112,1552 97,3896 -135,1964 -40,1401 -91,7878	Votsdev •	coupling  v set level  Display comands contrast format have	sync force trig	Re
7,684- 9,2218- 1,0558- 1,3586- 1,3586- 1,4506- 1,4542- 2,3506- 2,3596- 2,3596- 2,3596-	03 10.091 03 2.4781 04 1.4800 04 0.3254 04 0.3254 04 0.9230 04 0.9230 04 1.5160 04 0.0404 0.0404 0.0404	123 9944 9.2116 92 8093 - 163 1154 - 112 5123 97 31864 - 316 1964 - 46 1461 - 47 7878	Votsor v prote v invest v VotSDIV v	set level Display comands contrast format format	force trig	R
9 2121e+ 10758e+ 132852+ 153872+ 159874- 14986- 14986- 215186- 23552- 24590- 24590-	03 2.4781 04 1.4900 04 0.3234 04 0.3234 04 0.3234 04 0.9230 04 0.9230 04 0.9230 04 0.924 0.0404 0.0404 0.0404 0.0404	9 2.116 9 22.8093 - 163.1154 - 112.1525 9 73.8866 - 136.1964 - 490.1801 - 91.7878	VOLTS/DIV Y	bisplay comands contrast format	Torce Ing	R
1.07384 1.23554 1.33064 1.50664 1.80064 1.90804 2.151664 2.30554 2.45064	04 11,4900 04 23,600 04 03,254 04 13,566 04 0,523 04 15,160 04 0,521 04 0,0404 04 0,0404 04 0,0404	92.2003) -163.1154 -112.1552 97.3890 -136.1964 -69.1401 -69.1401 -91.7878	volts/olv	Display comands contrast format		R
1 23954 1 33324 1 5006- 1 8448- 1 9806- 2 15166- 2 4590-	04 2.3809 04 0.3524 04 1.3560 04 0.9230 04 1.5180 04 0.0927 04 0.0047 04 0.0047 04 0.0047	-163.1154 -112.1532 97.3896 -136.1964 -69.1401 -91.7878	VOLTS/DIV	Display comands contrast format	•	R
1.3332= 1.3606= 1.6906= 1.9806= 2.1516e= 2.3516= 2.353= 2.45905=	04 0.3254 04 1.3566 04 0.9230 04 1.5160 04 0.0947 04 0.0947 04 0.454	-112.1532 97.3896 -136.1964 -69.1401 -91.7878	VOLTSIDIV	contrast format	•	R
1.396e= 1.6906e= 1.943e= 1.980e= 2.1516e= 2.3053e= 2.4590e=	04 1.3566 04 0.9230 04 1.5160 04 0.0947 04 0.0947 04 0.4054	97.3896 -136.1964 -69.1401 -91.7878	VOLTS/DIV	format	•	
1.6906- 1.843e- 1.980e- 2.1516- 2.355e- 2.4590e-	04 0.9230 04 1.5160 04 0.0947 74 0.4054	-136.1964 -69.1401 -91.7878	VOLTS/DIV	homas	· · · · ·	
1.8443e+ 1.9980e+ 2.1516e+ 2.3053e+ 2.4590e+	04 1.5160 04 0.0947 04 0.4054	-69.1401 -91.7878	VOLTS/DIV V	hana		
1.9980e+ 2.1516e+ 2.3053e+ 2.4590e+	04 0.0947 04 0.4054	-91.7878		dhe		
2.1516e+ 2.3053e+ 2.4590e+	04 0.4054			persistance	-	
2.3053e+ 2.4590e+	0.6443	-176.4093	Horizontal comands			
2.4590e+	74 U.0442	2.4982				
	0.7433	11.1949	SECIDIV			
2.6127e+	34 0.2745	-18.5378				
2.7664e+	34 0.3690	130.8562				
2.9201e+	0.5396	138.9674	15 c			
3.0738e+	0.3951	54.9595	15			
3.2275e+	34 0.3385	96.7259	N N N			
3.3811e+	J4 0.7740	-138.0984				
3.5348e+	34 0.4418	-95.2772	10			
3.6885e+	0.4352	108.6027				
3.8422e+i	34 0.2983	-137.5237				
3.9959e+i	0.8228	-41.2571	5-			
4.1496e+	34 0.2928	20.2831				
4.3033e+	J4 0.3477	-173.3024				
4.4570e+	34 0.2458	8.0805	0			
4.6107e+	34 0.5941	55.5033				
4.7643e+	34 0.1061	125.0301				
4.9180e+	J4 0.1/48	-129.19/4	-5 -			
5.0717e+	J4 0.2992	155.0363				
5.2254e+	0.2424	143.7149				
5.3791e+	0.0475	96.0216	-10			
5.5328e+	J4 0.3031	-100.3182		بالسبيه المستسلسلية		
5.0805e+	J4 0.3552	-78.7888			-	-
5.8402e+	J4 0.1162	122.0861	-15	_		
5.9939e+	J4 0.0968	-169.7541	0 0.5	1 1.5	2	
	4 4986- 50718-et 3 7378-et 3 7378-et 3 7378-et 3 5328-et 5 8805-et 5 5938-et	4.9 (364-64) 0.1748 5.0717e-04 0.2992 5.2254e-04 0.0414 3.3791e-04 0.0475 5.5328e-04 0.015 5.6856-04 0.1552 5.8402e-04 0.1552 5.9959e-04 0.0668 2. Channel 3.	4.9386+04 0.17481.23.1974 5.07178+04 0.2392 15.0383 5.2254+04 0.3434 143.749 5.3739+04 0.0475 96.0110 5.5338+04 0.011100.3182 5.6865+04 0.35527.87.888 5.8402+04 0.1162 122.068 5.9959+04 0.0668169.7541	4.9186+04 0.1748 -125.1974 5.0717e-04 0.2992 15.0303 5.2254e-04 0.2314 14.37.49 5.3732e-04 0.0475 96.012 5.532e-04 0.0151 -100.1182 5.6865e-04 0.1182 -758.788 5.6802+04 0.1182 122.068 -169.7541 -00.588	4 9189e-04 0.1748 -1-29.1974 5 0717e-04 0.3992 155.084 5 224e-04 0.0451 96.016 5 5332e-04 0.0151 -100.3182 5 6885e-04 0.3552 -78.788 5 6939e-04 0.1162 122.064 -19 0.5 1 1.5	4 9189e-04 0.1748 - 1-29.1974 5 0717e-04 0.2992 155.094 5 323e-04 0.2424 143.749 5 3538e-04 0.0415 560.206 5 3538e-04 0.3011 -100.3182 5 8465e-04 0.3552 - 78.7888 5 8405e-04 0.1162 122.0461 5 9959e-04 0.0668 - 169.7541 5 0.05 1 1.5 2

Slika 5.12. Spektralna analiza valnog oblika napona prikazana tablicom

U tablici 5.4. prikazani su rezultati spektralne analize valnog oblika napona na zavojnici.

 Tablica 5.4. Rezultati spektralne analize

Harmonik	Frekvencija harmonika	Amplituda, <i>I</i> [A]	Postotak osnovnog
	[Hz]		harmonika [%]
0	0	4.0787	58
1	1537	7.0833	100
2	3074	5.8373	82
3	4610	3.0784	43
4	6148	2.9970	42
5	7684	1.0291	15
6	9221	2.4781	35

Iz tablice 5.4. je vidljivo da se pojavio polti harmonik koji je 1537 Hz, odnosno, pola frekvencije od osnovnog harmonika osnovnog periodičkog rješenja.

Analogno valnom obliku napona dvostrukog periodičkog rješenja na slici 5.13. nalazi se valni oblik struje dvostrukog periodičkog rješenja, dok se na slici 5.14. nalazi spektralna analiza prikazana stupčastim dijagramom i na slici 5.15. prikazana tablično.





b) Valni oblik snimljen pomoću virtualnog spektralnog analizatora



Slika 5.14. Spektralna analiza valnog oblika struje prikazan stupčastim dijagramom

operu ana analiza	Tablichi prikaz spektraina a	inaliza						A
Harmonik		Frekvencija harmonika [Hz]	Ampiituda harmonika	Kut [stupnjevi]	Vertical comands	Trigger comands		
	1	0	0.0034	180.0000	Chanel selection •	Edge	V	/ideo
	2	1.5416e+03	0.0404	-93.5942	1	slope	polarity	
	3	3.0832e+03	0.0177	-149.2830	coupling			
	4	4.6249e+03	0.0064	-120.2608	BW Limit 🔻	source	source	
	5	6.1665e+03	0.0046	14.9369	Voltsitiv	coupling	sync	
	6	7.7081e+03	0.0012	37.2799	TOTAL	Castland	( Prove Bile )	
	7	9.2497e+03	0.0027	-80.5027	probe v	seciever	torce mg	
	8	1.0791e+04	0.0013	9.9418	invert. •			
	9	1.2333e+04	0.0018	110.6847		Display comands		
	10	1.3875e+04	0.0001	147.0437		contrast	•	
	11	1.5416e+04	0.0009	9.6375		format	-	
	12	1.0958e+04	0.0006	135.7018				
	13	1.84998+04	0.0008	-164.2674	VOLTS/DIV	type	•	
	14	2.00416+04	0.0001	147.4080		persistance	•	
	15	2.1583e+04	0.0002	92.8090	Horizontal comands			
	10	2.512404	0.0002	-//,4119	(050.00)			
	1/	2.4000004	0.0002	-94.7838	SECIDIV *			
	18	2.6208e+04	0.0002	-120,4329				
	19	2.77492+04	0.0002	31.1282				
	20	2.92916+04	0.0001	99.0137	0.1			
	21	3.08320+04	0.0001	-61.21/2		1		
	22	3.2016+04	0.0002	138 0840	0.08	A	A	
	25	3.59100-04	0.0002	114 2405				
	24	3.54576+04	0.0001	-114.2493	0.06		- 1	1
	25	3.8541=-04	0.0002	-131 6746			- / N	1
	20	4.0082==04	0.0001	-151.0740	0.04		1	t
	27	4.1634ex04	0.0002	-150.5511		X / X		Υ.
	20	4.2165a+04	0.0001	96.4210	0.02	X / X		1
	30	4.4707e+04	0.0001	-10 1000		A 1 A	1	- 1
	31	4.6249=-04	0.0001	60 7670	N N	A = I = A		1
	32	4.7790++04	0.0001	-0 1285	-0.02		1 1	ŋ
	33	4.9332++04	0.0001	97.6057			N 17 -	
	34	5 0874e+04	0.0000	-1 7877	-0.04		$\gamma \mu$	
	35	5.2415#+04	0.0001	23,6062	N X (	- N X (	$X \parallel$	
	36	5.3957e+04	0.0001	174,5286	-0.06	1 N 1	- 11	
	37	5.5498e+04	0,0001	149.5685	V	V	4	
	38	5.7040e+04	0.0001	-45.4342	-0.08 -		-	
	39	5.8582e+04	0.0000	-108.9456				
	40	6.0123e+04	0.0001	-47.2196	-0.1 0 0.5	1 1.5	2	
							-	

Slika 5.15. Spektralna analiza valnog oblika struje prikazana tablično

U tablici 5.5. prikazani su rezultat i spektralne analize srednje vrijednosti struje zavojnice.

 Tablica 5.5. Rezultati spektralne analize

Harmonik	Frekvencija harmonika	Amplituda, <i>I</i> [A]	Postotak osnovnog
	[Hz]		harmonika [%]
0	0	0.0034	8
1	1541	0.0404	100
2	3083	0.0177	43
3	4625	0.0064	16
4	6167	0.0046	11
5	7708	0.0012	3
6	9250	0.0027	7

Tablica 5.5. pokazuje da se osim poltog harmonika javljaju i parni i neparni harmonici. Nakon osnovnog harmonika najveći je drugi harmonik.

#### 6. ZAKLJUČAK

Ovim radom prikazan je proces migriranja grafičkog sučelja iz GUIDE-a u App Designer unutar MATLAB grafičkog sučelja i dodavanje novih funkcija već postojećem sučelju unutar App Designer aplikacije. Funkcije su dodane kako bi se olakšalo očitavanje rezultata krajnjem korisniku. Isto tako omogućeno je upravljanje osciloskopa putem računala.

Detaljno je opisano migriranje aplikacije iz GUIDE-a u App Designer, proces dodavanja dodatnih funkcija kao što su: tablični prikaz spektralne analize, stupčasti dijagram spektralne analize, dodavanje limita osima i mogućnost kreiranja Excel datoteke s tabličnim rezultatima spektralne analize čija se potreba uvidjela pri testiranju. Sve nove funkcije su napisane unutar App Designera u MATLAB okruženju.

Testiranje rada virtualnog spektralnog analizatora provedeno je usporedbom pravokutnog valnog oblika napona i valnog oblika napona zavojnice silaznog pretvarača. Valni oblik napona na zavojnici je zbog usporedbe s pravokutnim valnim oblikom napona morao imati faktor vođenja  $\alpha$  = 0.5. Testiranjem valnog oblika napona zavojnice je pokazano da virtualni spektralni analizator radi spektralnu analizu s odstupanjem manjim od 2% u odnosu na analitički proračun. Prvi harmonik ima frekvenciju od 3 kHz. U dvostrukom periodičkom rješenju pojavio harmonik s frekvencijom od 1.6 kHz, što odgovara pretpostavljenoj frekvenciji rada.

Rezultat rada je potpuno funkcionalno virtualno grafičko sučelje s mogućnošću kontrole osciloskopa, pregleda valnog oblika unutar sučelja, pregleda spektralne analize navedenog valnog oblika i tablični prikaz harmonika navedenog valnog oblika. Jedna od mana je duže vrijeme čekanja kod učitavanja valnog oblika na grafičko sučelje iz razloga što je brzina prijenosa podataka mala, a svaki valni oblik ima puno točaka i stoga podataka za prenijeti.

Kao poboljšanja u budućim diplomskim radovima vezanima za ovu temu preporučam pokušavanje postizanje brže brzine prijenosa podataka povećanjem broja bauda unutar izbornika osciloskopa. Baud je mjerna jedinica za brzinu prijenosa podataka koja se koristi u komunikacijama.

## LITERATURA

[1] F. Pitinac, Grafičko sučelje u MATLABu za osciloskop TDS 224, Osijek, 2020., diplomski rad

[2] Službeni YouTube video o migraciji aplikacije: https://www.youtube.com/watch?v=wOSSjgvG-es (11.8.2021.)

[3] Kako napraviti GUI u MATLAB-u koristeći App Designer: https://www.youtube.com/watch?v=nb0jHVXKY2w&t=284s (13.7.2021.)

[4] M. Čengić, Harmonijska analiza snage pretvaračkih komponenata različitih pretvarača, Osijek, 2016., diplomski rad

[5] I. Flegar, Elektronički energetski pretvarači, Zagreb 2010.

[6] Osnovno o CH340, preuzeo s sparkfun-a:

https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Dev/Arduino/Other/CH340DS1.PDF (11.8.2021.)

[7] TDS 224 manual:https://download.tek.com/manual/071049301.pdf (11.8.2021.)

[8] Materijali o objektno orijentiranom programiranju u MATLABu:https://www.mathworks.com/products/MATLAB/object-orientedprogramming.html (11.8.2021.)

[9] Migriranje GUIDE aplikacije u App Designer aplikaciju: https://www.mathworks.com/MATLABcentral/fileexchange/66087-guide-to-app-designermigration-tool-for-MATLAB (10.7.2021.)

## SAŽETAK

Ovim radom prikazan je proces migracije grafičkog sučelja virtualnog analizatora iz GUIDE-a u App Designer unutar MATLAB sučelja. Stečen je uvid u izradu dodatnih funkcija kao što je grafički prikaz spektralne analize u obliku tablice i stupčastog dijagrama. Izrađeni program daje krajnjem korisniku mogućnost kontrole osciloskopa, prikaz valnog oblika s osciloskopa, spektralne analize s mogućnošću prikazivanja rezultata unutar stupčastog dijagrama ili tablica. Rad programa je uspješno testiran na silaznom pretvaraču napona.

Ključne riječi: osciloskop, App Designer, MATLAB, virtualni spektralni analizator

Title: Harmonic analysis of a buck converter using a virtual spectrum analyzer

#### ABSTRACT

This paper presents the process of migration of virtual graphical user interface from GUIDE to App Designer inside of MATLAB environment. An insight into the syntax of creating additional functions like graphical representation of spectral analysis in shape of table or bar graph was gained. The developed program enables the user to control oscilloscope, spectral analysis with the possibility of showing results in shape of bar graph or table. Program was successfully tested on a buck converter.

Keywords: oscilloscope, App Designer, MATLAB, virtual spectral analysis

# ŽIVOTOPIS

Rođen je 5. prosinca 1996. godine u Osijeku. U Osijeku završava 8. razred osnovne škole Svete Ane.

Nakon završene osnovne škole upisuje Elektrotehničku i prometnu školu Osijek, smjer elektrotehničar.

Nakon završetka srednje škole upisuje preddiplomski studij elektrotehnike na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, smjer elektrotehnika. Nakon završetka preddiplomskog studija upisuje diplomski studij, smjer Industrijska elektrotehnika na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek.

Autonio Firic

Potpis autora

#### PRILOG

# PRILOG A: Upute za rukovanje virtualnim spektralnim analizatorom Upute za virtualni spektralni analizator

- 1. Instalirati CH340 driver kako bi osciloskop mogao komunicirati s računalom
- 2. Spojiti RS232 priključak na osciloskop i USB na računalo. Kabel je prikazan na slici 1.



Slika 1.

 Otvoriti MATLAB i pokrenuti aplikaciju Zadnja\_verzija\_1\_9 (ekstenzija je .mlapp). Potrebno je unutar foldera imati SnagaNaFrekv.m i OdrediPeriod\_v1.m MATLAB skripte kako bi sučelje pravilno radilo. 4. Za komunikaciju između računala i osciloskopa potrebno je odabrati pravilan priključak na računalu. priključak se nasumično zadaje kada priključimo RS232-USB kabel. Kako bi saznali koji je priključak zadan potrebno je otići na control panel -> device manager. Korak je prikazan na slici 2.



Slika 2.

Nakon što se sazna pravilan priključak potrebno ga je odabrati unutar sučelja virtualnog analizatora. Korak je prikazan na slici 3.



Slika 3.

Ako je odabran pravilan kanal pritiskom na tipku "Identification" pojavit će se tekst kao na slici 4. unutar MATLAB Command Window-a.



Slika 4.

5. Namjestiti sliku na osciloskopu tako da je na slici barem 4 periode. U suprotnom MATLAB skripta neće raditi.

- 6. Pritisnuti na gumb Channel 1(Trenutno samo prvi kanal radi). Potrebno je sačekati neko vrijeme.
- 7. Ako je potrebno, podesiti postavke kao što su limiti na x-osi spektralnog analizatora. Moguće je i kontrolirati osciloskop pomoću aplikacije.

Error-i

Error zbog otvorenog kanal

Kako bi aplikacija funkcionirala kanal se u svakoj funkciji mora otvoriti i zatvoriti. Error nastane kad se dogodi greška u kodu i kod se ne izvrši do kraja, stoga se kanal ne zatvori. Kako bi ručno zatvorili kanal potrebno je upisati kod unutar Command Window-a koji je na slici 5. Odnosno kod je:

s = instrfind;

fclose(s)

command window				
New to MATLAB? S	ee resources fo	r <u>Getting Started</u>	<u>L</u> .	
>> instrfin	ıd			
Instrume	nt Object	Array		
Index:	Type:	Status:	Name:	
1	serial	closed	Serial-PORT	SELECTION
2	serial	open	Serial-COM4	
3	serial	closed	Serial-COM4	
4	serial	closed	Serial-COM4	
>> s= instr	find			
Instrume	nt Object	Array		
Index:	Type:	Status:	Name:	
1	serial	closed	Serial-PORT	SELECTION
2	serial	open	Serial-COM4	
3	serial	closed	Serial-COM4	
4	serial	closed	Serial-COM4	
>> fclose(s	;)			
>> instrfin	ıd			
Instrume	nt Object	Array		
Index:	Type:	Status:	Name:	
1	serial	closed	Serial-PORT	SELECTION
2	serial	closed	Serial-COM4	
3	serial	closed	Serial-COM4	
4	serial	closed	Serial-COM4	
<u>x</u> >>				

#### **PRILOG B: Kod unutar MATLAB-a**

classdef Zadnja verzija 1 9 < MATLAB.apps.AppBase</pre>

```
% Properties that correspond to app components
properties (Access = public)
   figure1
                                    MATLAB.ui.Figure
   axes1
                                    MATLAB.ui.control.UIAxes
    autoset
                                    MATLAB.ui.control.Button
   uipanel1
                                    MATLAB.ui.container.Panel
   slider1
                                    MATLAB.ui.control.Slider
                                    MATLAB.ui.control.DropDown
   popupmenu1
   coupling
                                    MATLAB.ui.control.DropDown
   bwlimit
                                    MATLAB.ui.control.DropDown
   voltsdiv
                                    MATLAB.ui.control.DropDown
                                    MATLAB.ui.control.DropDown
    invert.
                                    MATLAB.ui.control.DropDown
   probe
   voldiv
                                    MATLAB.ui.control.DropDown
                                    MATLAB.ui.control.DropDown
   popcom
   uipanel3
                                    MATLAB.ui.container.Panel
                                    MATLAB.ui.control.Button
   edgetrig
    videotrig
                                    MATLAB.ui.control.Button
    slopetrig
                                    MATLAB.ui.control.DropDown
    polaritytrig
                                    MATLAB.ui.control.DropDown
    sourceedge
                                    MATLAB.ui.control.DropDown
    couplingtrigg
                                    MATLAB.ui.control.DropDown
    sourcetrig
                                    MATLAB.ui.control.DropDown
    sync
                                    MATLAB.ui.control.DropDown
    trigset
                                    MATLAB.ui.control.Button
    forcetriq
                                    MATLAB.ui.control.Button
    identification
                                    MATLAB.ui.control.Button
    reset
                                    MATLAB.ui.control.Button
   uipanel4
                                    MATLAB.ui.container.Panel
   contrast
                                    MATLAB.ui.control.DropDown
    format
                                    MATLAB.ui.control.DropDown
   disptype
                                    MATLAB.ui.control.DropDown
   persistance
                                    MATLAB.ui.control.DropDown
   uipanel5
                                    MATLAB.ui.container.Panel
   popvrijeme
                                    MATLAB.ui.control.DropDown
    slider2
                                    MATLAB.ui.control.Slider
                                    MATLAB.ui.container.TabGroup
   TabGroup
   ValnioblikTab
                                    MATLAB.ui.container.Tab
   axes1 2
                                    MATLAB.ui.control.UIAxes
   SpektralnaanalizaTab
                                    MATLAB.ui.container.Tab
   UIAxes
                                    MATLAB.ui.control.UIAxes
   UIAxes2
                                    MATLAB.ui.control.UIAxes
   GornjilimitEditFieldLabel
                                  MATLAB.ui.control.Label
    GornjilimitEditField
                                   MATLAB.ui.control.NumericEditField
    DonjilimitEditFieldLabel
                                   MATLAB.ui.control.Label
    DonjilimitEditField
                                    MATLAB.ui.control.NumericEditField
    PromjenalimitafrekvencijeLabel MATLAB.ui.control.Label
    Tablicniprikazspektralnaanaliza MATLAB.ui.container.Tab
   UITable
                                    MATLAB.ui.control.Table
    Channel1Button
                                    MATLAB.ui.control.Button
```

```
Channel2Button
                                        MATLAB.ui.control.Button
        Channel3Button
                                        MATLAB.ui.control.Button
        Channel4Button
                                        MATLAB.ui.control.Button
    end
    properties (Access = private)
        Donji limit
        Gornji limit % Description
    end
    % Callbacks that handle component events
   methods (Access = private)
        % Code that executes after component creation
        function klizaci OpeningFcn(app)
        end
        % Button pushed function: autoset
        function autoset Callback(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            fopen(s)
            fprintf(s, 'AUTOSET EXECUTE');
            fclose(s)
            delete(s)
        end
        % Value changed function: bwlimit
        function bwlimit Callback(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            fopen(s)
            fprintf(s,[app.popupmenul.Value ':BANDWIDTH '
app.bwlimit.Value]);
            fclose(s)
            delete(s)
        end
        % Value changed function: contrast
        function contrast Callback(app, event)
            ConBaza = [{'5%'} {'10%'} {'15%'} {'20%'} {'25%'} {'30%'} ...
                {'35'} {'40%'} {'45%'} {'50%'} {'55%'} {'60%'} {'65%'} ...
                {'70'} {'75%'} {'80%'} {'85%'} {'90%'} {'95%'} {'100%'}];
            ConBaza 1 = [{'5'} {'10'} {'15'} {'20'} {'25'} {'30'} ...
                {'35'} {'40'} {'45'} {'50'} {'55'} {'60'} {'65'} ...
                {'70'} {'75'} {'80'} {'85'} {'90'} {'95'} {'100'}];
            ConBaza tablica = [ ConBaza ; ConBaza 1];
            s = serial(app.popcom.Value);
            set(s,'InputBufferSize',8*2500,'Terminator','LF','Timeout',30);
            fopen(s)
            for str count = 1 : size(ConBaza tablica , 2)
                if (strcmp(app.contrast.Value,ConBaza tablica(1,
str count)))
                    fprintf(s,['DISplay:CONTRast ' ConBaza tablica{2 ,
str count}]);
                end
```

```
end
```

```
fclose(s)
            delete(s)
        end
        % Value changed function: coupling
        function coupling Callback(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            fopen(s)
            fprintf(s,[app.popupmenul.Value ':COUPLING '
app.coupling.Value]);
            fclose(s)
            delete(s)
        end
        % Value changed function: couplingtrigg
        function couplingtrigg Callback(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            fopen(s)
            fprintf(s,['TRIGger:MAIn:EDGE:COUPling '
app.couplingtrigg.Value]);
            fclose(s)
            delete(s)
        end
        % Value changed function: disptype
        function disptype Callback(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            fopen(s)
            fprintf(s,['DISplay:STYle VECTORS ' app.disptype.Value]);
            fclose(s)
            delete(s)
        end
        % Button pushed function: edgetrig
        function edgetrig_Callback(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            fopen(s)
            fprintf(s,'TRIGger:MAIn:TYPe EDGE');
            fclose(s)
            delete(s)
        end
        % Button pushed function: forcetrig
        function forcetrig Callback(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            fopen(s)
            fprintf(s, 'TRIGger force');
            fclose(s)
            delete(s)
        end
        % Value changed function: format
        function format Callback(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            fopen(s)
            fprintf(s,['DISplay:FORMat ' app.format.Value]);
            fclose(s)
            delete(s)
        end
```

```
% Button pushed function: identification
        function identification Callback(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            fopen(s)
            fprintf(s, '*IDN?');
            fscanf(s)
            fclose(s)
            delete(s)
        end
        % Value changed function: invert
        function invert Callback(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            fopen(s)
            fprintf(s,[app.popupmenul.Value ':INVERT ' app.invert.Value]);
            fclose(s)
            delete(s)
        end
        % Value changed function: persistance
        function persistance Callback(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            fopen(s)
            fprintf(s,['DISplay:PERSist ' app.persistance.Value]);
            fclose(s)
            delete(s)
        end
        % Value changed function: polaritytrig
        function polaritytrig Callback(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            fopen(s)
            fprintf(s,['TRIGger:MAIn:VIDeo:POLarity '
app.polaritytrig.Value]);
            fclose(s)
            delete(s)
        end
        % Value changed function: popcom
        function popcom Callback(app, event)
        end
        % Value changed function: popupmenul
        function popupmenul Callback(app, event)
            value = app.popupmenul.Value;
        end
        % Value changed function: popvrijeme
        function popvrijeme Callback(app, event)
            VremBaza =[{'5 ns'} {'10 ns'} {'25 ns'} {'50 ns'} {'100 ns'}
{'250 ns'} {'500 ns'} ...
                {'1 us'} {'2.5 us'} {'5 us'} {'10 us'} {'25 us'} {'50 us'}
{'100 us'} {'250 us'} {'500 us'} ...
                {'1 ms'} {'2.5 ms'} {'5 ms'} {'10 ms'} {'25 ms'} {'50 ms'}
{'100 ms'} {'250 ms'} {'500 ms'}...
                {'1 s'} {'2.5 s'} {'5 s'}];
            VremBaza 1 = [{'5e-9'} {'10e-9'} {'25e-9'} {'50e-9'} {'100e-9'}
{'250e-9'} {'500e-9'} ...
```

```
{'1e-6'} {'2.5e-6'} {'5e-6'} {'10e-6'} {'25e-6'} {'50e-6'}
{'100e-6'} {'250e-6'} {'500e-6'}
                {'1e-3'} {'2.5e-3'} {'5e-3'} {'10e-3'} {'25e-3'} {'50e-3'}
{'100e-3'} {'250e-3'} {'500e-3'}...
                {'1'} {'2.5'} {'5'}];
            VremBaza tablica = [ VremBaza ; VremBaza 1];
            s = serial(app.popcom.Value);
            set(s,'InputBufferSize',8*2500,'Terminator','LF','Timeout',30);
            fopen(s)
            for str count = 1 : size(VremBaza tablica , 2)
                if (strcmp(app.popvrijeme.Value,VremBaza tablica(1 ,
str count)))
                    fprintf(s,['HORizontal:MAIn:SCALe ' VremBaza tablica{2 ,
str count}]);
                end
            end
            fclose(s)
            delete(s)
        end
        % Value changed function: probe
        function probe Callback(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            fopen(s)
            fprintf(s,[app.popupmenu1.Value ':PROBE ' app.probe.Value]);
            fclose(s)
            delete(s)
        end
        % Button pushed function: reset
        function reset Callback(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            fopen(s)
            fprintf(s, '*RST');
            fclose(s)
            delete(s)
        end
        % Value changed function: slider1
        function slider1 Callback(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            fopen(s)
            fprintf(s, 'CH1?');
            fscanf(s)
            fprintf(s,[app.popupmenul.Value ':POSition ' app.slider1.Value]);
            fclose(s)
            delete(s)
        end
        % Value changed function: slider2
        function slider2 Callback(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            fopen(s)
            fscanf(s)
            fprintf(s,['HORizontal:POSition ' app.slider2.Value]);
            fclose(s)
            delete(s)
        end
```

```
% Value changed function: slopetrig
```

```
function slopetrig Callback(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            fopen(s)
            fprintf(s,['TRIGger:MAIn:EDGE:SLOpe ' app.slopetrig.Value]);
            fclose(s)
            delete(s)
        end
        % Value changed function: sourceedge
        function sourceedge Callback(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            fopen(s)
            fprintf(s,['TRIGger:MAIn:EDGE:SOUrce ' app.sourceedge.Value]);
            fclose(s)
            delete(s)
        end
        % Value changed function: sourcetrig
        function sourcetrig Callback(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            fopen(s)
            fprintf(s,['TRIGger:MAIn:VIDEO:SOUrce ' app.sourcetrig.Value]);
            fclose(s)
            delete(s)
        end
        % Value changed function: sync
        function sync_Callback(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            fopen(s)
            fprintf(s,['TRIGger:MAIn:VIDEO:SYNC ' app.sync.Value]);
            fclose(s)
            delete(s)
        end
        % Button pushed function: trigset
        function trigset_Callback(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            fopen(s)
            fprintf(s,'TRIGger:MAIn SETLevel');
            fclose(s)
            delete(s)
        end
        % Button pushed function: videotrig
        function videotrig Callback(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            fopen(s)
            fprintf(s, 'TRIGger:MAIn:TYPe VIDeo');
            fclose(s)
            delete(s)
        end
        % Value changed function: voldiv
        function voldiv Callback(app, event)
            NapBaza = [{'10 mV'} {'20 mV'} {'50 mV'} {'100 mV'} {'200 mV'}
{'500 mV'} ...
                {'1 V'} {'2 V'} {'5 V'}];
            NapBaza 1 = [{'10e-3'} {'20e-3'} {'50e-3'} {'100e-3'} {'200e-3'}
{'500e-3'} ...
```

```
{'1'} {'2'} {'5'}];
            NapBaza tablica = [ NapBaza ; NapBaza 1];
            s = serial(app.popcom.Value);
            set(s,'InputBufferSize',8*2500,'Terminator','LF','Timeout',30);
            fopen(s)
            for str count = 1 : size(NapBaza tablica , 2)
                if (strcmp(app.popvrijeme.Value,NapBaza_tablica(1 ,
str count)))
                    fprintf(s,[app.popupmenul.Value ':SCALe '
NapBaza tablica{2 , str count}]);
                end
            end
            fclose(s)
            delete(s)
        end
        % Value changed function: voltsdiv
        function voltsdivValueChanged(app, event)
            value = app.voltsdiv.Value;
        end
        % Button pushed function: Channel1Button
        function Channel1ButtonPushed(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            set(s,'InputBufferSize',8*2500,'Terminator','LF','Timeout',30);
            fopen(s)
            fprintf(s, 'DATa:SOUrce CH1');
            fprintf(s,'DATa:encdg ascii');
            fprintf(s, 'DATa:width 2');
            fprintf(s, 'DATa:STARt 1');
            fprintf(s, 'DATa:STOP 2500');
            fprintf(s,'WFMPRe?');
            form=fscanf(s);
            fprintf(s,'CURVe?');
            formaY='';
            for i=1:2500
                formaY=[formaY '%d,'];
            end
            formaY(end) = ' ';
            out=fscanf(s,formaY);
            fprintf(s, 'horizontal:scale?');
            divX=fscanf(s,'%f');
            t=[0:2499];
            t=t/250*divX;
            fprintf(s,'CH1:scale?');
            divY=fscanf(s,'%f');
            a1=10*out*divY/(2^16-1);
00
              axes(handles.axes1);
            plot(app.axes1 , t,a1);
            grid(app.axes1, 'on');
            plot(app.axes1 2 , t,a1);
            grid(app.axes1 2, 'on');
```

```
data_time_domain = [t.' a1];
            br harm = 40;
            [fft napon out, fft kut out, frekvencije x os] =
SnagaNaFrekv(data time domain , br harm);
            bar(app.UIAxes, frekvencije_x_os, fft_napon_out, 0.04); % 0.04 je
širina stupca
            grid(app.UIAxes, 'on');
            bar(app.UIAxes2, frekvencije x os, fft kut out, 0.04);
            grid(app.UIAxes2, 'on');
            a = 1:1:br harm;
            T = table(a', frekvencije x os', fft napon out', fft kut out');
            writetable(T, 'Tablica spektralna.xls')
            app.UITable.Data = T;
            fclose(s)
            delete(s)
%
              pl=evalin('base', 'p1');
%
              axes(handles.axes1);
%
              delete(p1);
        end
        % Button pushed function: Channel2Button
        function Channel2ButtonPushed(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            set(s,'InputBufferSize',8*2500,'Terminator','LF','Timeout',30);
            fopen(s)
            fprintf(s, 'DATa:SOUrce CH2');
            fprintf(s,'DATa:encdg ascii');
            fprintf(s, 'DATa:width 2');
            fprintf(s, 'DATa:STARt 1');
            fprintf(s,'DATa:STOP 2500');
            fprintf(s,'WFMPRe?');
            form=fscanf(s);
            fprintf(s,'CURVe?');
            formaY='';
            for i=1:2500
                formaY=[formaY '%d,'];
            end
            formaY(end) = ' ';
            out=fscanf(s,formaY);
            fprintf(s, 'horizontal:scale?');
            divX=fscanf(s,'%f');
            t=[0:2499];
            t=t/250*divX;
            fprintf(s, 'CH2:scale?');
            divY=fscanf(s,'%f');
            a1=10*out*divY/(2^16-1);
```

```
8
              axes(handles.axes1);
            plot(app.axes1 , t,a1);
            grid(app.axes1, 'on');
            plot(app.axes1_2 , t,a1);
            grid(app.axes1 2, 'on');
            data_time_domain = [t.' a1];
            br harm = 40;
            [fft_napon_out, fft_kut_out, frekvencije_x os] =
SnagaNaFrekv(data time domain , br harm);
            bar(app.UIAxes, frekvencije x os, fft napon out, 0.2); % 0.2 je
širina stupca
            grid(app.UIAxes, 'on');
            bar(app.UIAxes2, frekvencije x os, fft kut out, 0.2);
            grid(app.UIAxes2, 'on');
            T = table(br harm', frekvencije x os', fft napon out');
            app.UITable.DisplayData = T;
            fclose(s)
            delete(s)
9
              pl=evalin('base', 'p1');
9
              axes(handles.axes1);
00
              delete(p1);
        end
        % Button pushed function: Channel3Button
        function Channel3ButtonPushed(app, event)
            s = serial(app.popcom.Value);
            set(s,'InputBufferSize',8*2500,'Terminator','LF','Timeout',30);
            fopen(s)
            fprintf(s, '*IDN?');
            fscanf(s)
            fprintf(s, 'DATa:SOUrce CH3');
            fprintf(s, 'DATa:encdg ascii');
            fprintf(s, 'DATa:width 2');
            fprintf(s, 'DATa:STARt 1');
            fprintf(s, 'DATa:STOP 2500');
            fprintf(s,'WFMPRe?');
            form=fscanf(s);
            fprintf(s, 'CURVe?');
            formaY='';
            for i=1:2500
                formaY=[formaY '%d,'];
            end
            formaY(end) = ' ';
            out=fscanf(s,formaY);
            fprintf(s, 'horizontal:scale?');
            divX=fscanf(s,'%f');
            t=[0:2499];
            t=t/250*divX;
```

```
fprintf(s,['CH3:scale?']);
    divY=fscanf(s,'%f');
   a1=10*out*divY/(2^16-1)
   axes(handles.axes1);
   p1=plot(t,a1);
    grid on;
   hold on;
    assignin('base','p3',p3)
    fclose(s)
   delete(s)
    p3=evalin('base', 'p3');
    axes(handles.axes1);
    delete(p3);
end
% Button pushed function: Channel4Button
function Channel4ButtonPushed(app, event)
    s = serial(app.popcom.Value);
    set(s,'InputBufferSize',8*2500,'Terminator','LF','Timeout',30);
    fopen(s)
    fprintf(s,'*IDN?');
    fscanf(s)
    fprintf(s,'DATa:SOUrce CH4');
    fprintf(s,'DATa:encdg ascii');
    fprintf(s, 'DATa:width 2');
    fprintf(s, 'DATa:STARt 1');
    fprintf(s, 'DATa:STOP 2500');
    fprintf(s,'WFMPRe?');
    form=fscanf(s);
    fprintf(s,'CURVe?');
    formaY='';
    for i=1:2500
        formaY=[formaY '%d,'];
    end
    formaY(end) = ' ';
   out=fscanf(s,formaY);
    fprintf(s, 'horizontal:scale?');
    divX=fscanf(s,'%f');
    t = [0:2499];
    t=t/250*divX;
    fprintf(s,'CH4:scale?');
   divY=fscanf(s,'%f');
   a1=10*out*divY/(2^16-1)
   axes(handles.axes1);
   p4=plot(t,a1);
   grid on;
   hold on;
    assignin('base','p4',p4)
    fclose(s)
   delete(s)
```

```
p4=evalin('base', 'p4');
            axes(handles.axes1);
            delete(p4);
        end
        % Value changed function: DonjilimitEditField
        function DonjilimitEditFieldValueChanged(app, event)
            value = app.DonjilimitEditField.Value;
            app.Donji limit = value;
            app.UIAxes.XLim = [app.Donji limit app.Gornji limit];
            app.UIAxes2.XLim = [app.Donji limit app.Gornji limit];
        end
        % Value changed function: GornjilimitEditField
        function GornjilimitEditFieldValueChanged(app, event)
            value = app.GornjilimitEditField.Value;
            app.Gornji limit = value;
            app.UIAxes.XLim = [app.Donji_limit app.Gornji_limit];
            app.UIAxes2.XLim = [app.Donji limit app.Gornji limit];
        end
    end
    % Component initialization
   methods (Access = private)
        % Create UIFigure and components
        function createComponents(app)
            % Create figure1 and hide until all components are created
            app.figure1 = uifigure('Visible', 'off');
            app.figure1.Color = [0.972549019607843 0.972549019607843
0.972549019607843];
            app.figure1.Position = [0 0 1200 800];
            app.figure1.Name = 'MATLAB virtualno sucelje osciloskopa';
            app.figure1.Scrollable = 'on';
            % Create axes1
            app.axes1 = uiaxes(app.figure1);
            app.axes1.XMinorTick = 'on';
            app.axes1.YMinorTick = 'on';
            app.axes1.NextPlot = 'replace';
            app.axes1.XGrid = 'on';
            app.axes1.YGrid = 'on';
            app.axes1.BackgroundColor = [0.972549019607843 0.972549019607843
0.972549019607843];
            app.axes1.Position = [810 102 370 294];
            % Create autoset
            app.autoset = uibutton(app.figure1, 'push');
            app.autoset.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@autoset Callback, true);
            app.autoset.FontSize = 11;
            app.autoset.Position = [1120 770 69 22];
            app.autoset.Text = 'AUTOSET';
            % Create uipanel1
            app.uipanel1 = uipanel(app.figure1);
            app.uipanel1.Title = 'Vertical comands';
            app.uipanel1.FontSize = 11;
            app.uipanel1.Position = [810 513 151 252];
```

```
% Create slider1
            app.slider1 = uislider(app.uipanel1);
            app.slider1.Limits = [-4 4];
            app.slider1.MajorTicks = [];
            app.slider1.Orientation = 'vertical';
            app.slider1.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@slider1_Callback, true);
            app.slider1.MinorTicks = [];
            app.slider1.FontSize = 11;
            app.slider1.Position = [23 58 3 136];
            % Create popupmenul
            app.popupmenu1 = uidropdown(app.uipanel1);
            app.popupmenul.Items = { 'Chanel selection', 'CH1', 'CH2', 'CH3',
'CH4'};
            app.popupmenu1.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@popupmenul Callback, true);
            app.popupmenul.FontSize = 11;
            app.popupmenul.BackgroundColor = [1 1 1];
            app.popupmenul.Position = [16 208 111 23];
            app.popupmenul.Value = 'Chanel selection';
            % Create coupling
            app.coupling = uidropdown(app.uipanel1);
            app.coupling.Items = {'coupling', 'DC', 'AC', 'GND'};
            app.coupling.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@coupling_Callback, true);
            app.coupling.FontSize = 11;
            app.coupling.BackgroundColor = [1 1 1];
            app.coupling.Position = [45 171 89 20];
            app.coupling.Value = 'coupling';
            % Create bwlimit
            app.bwlimit = uidropdown(app.uipanel1);
            app.bwlimit.Items = {'BW Limit', 'ON', 'OFF'};
            app.bwlimit.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@bwlimit Callback, true);
            app.bwlimit.FontSize = 11;
            app.bwlimit.BackgroundColor = [1 1 1];
            app.bwlimit.Position = [45 141 89 20];
            app.bwlimit.Value = 'BW Limit';
            % Create voltsdiv
            app.voltsdiv = uidropdown(app.uipanel1);
            app.voltsdiv.Items = {'Volts/div '};
            app.voltsdiv.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@voltsdivValueChanged, true);
            app.voltsdiv.FontSize = 11;
            app.voltsdiv.BackgroundColor = [1 1 1];
            app.voltsdiv.Position = [45 111 89 20];
            app.voltsdiv.Value = 'Volts/div ';
            % Create invert
            app.invert = uidropdown(app.uipanel1);
            app.invert.Items = {'invert', 'ON', 'OFF'};
            app.invert.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@invert Callback, true);
            app.invert.FontSize = 11;
            app.invert.BackgroundColor = [1 1 1];
```

```
app.invert.Position = [45 51 89 20];
            app.invert.Value = 'invert';
            % Create probe
            app.probe = uidropdown(app.uipanel1);
            app.probe.Items = { 'probe', '1', '10', '100', '1000' };
            app.probe.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@probe Callback, true);
            app.probe.FontSize = 11;
            app.probe.BackgroundColor = [1 1 1];
            app.probe.Position = [45 81 89 20];
            app.probe.Value = 'probe';
            % Create voldiv
            app.voldiv = uidropdown(app.uipanel1);
app.voldiv.Items = {'VOLTS/DIV', '2 mV', '5 mV', '10 mV', '20 mV', '50 mV', '100 mV', '200 mV', '500 mV', '1 V', '2 V', '5 V'};
            app.voldiv.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@voldiv Callback, true);
            app.voldiv.FontSize = 11;
            app.voldiv.BackgroundColor = [1 1 1];
            app.voldiv.Position = [16 21 118 20];
            app.voldiv.Value = 'VOLTS/DIV';
            % Create popcom
            app.popcom = uidropdown(app.figure1);
            app.popcom.Items = {'Port selection', 'COM1', 'COM2', 'COM3',
'COM4', 'COM5', 'COM6', 'COM7', 'COM8'};
            app.popcom.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@popcom Callback, true);
            app.popcom.FontSize = 11;
            app.popcom.BackgroundColor = [1 1 1];
            app.popcom.Position = [810 772 91 20];
            app.popcom.Value = 'Port selection';
            % Create uipanel3
            app.uipanel3 = uipanel(app.figure1);
            app.uipanel3.Title = 'Trigger comands';
            app.uipanel3.FontSize = 11;
            app.uipanel3.Position = [973 583 218 178];
            % Create edgetrig
            app.edgetrig = uibutton(app.uipanel3, 'push');
            app.edgetrig.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@edgetrig Callback, true);
            app.edgetrig.FontSize = 11;
            app.edgetrig.Position = [12 138 89 22];
            app.edgetrig.Text = 'Edge';
            % Create videotrig
            app.videotrig = uibutton(app.uipanel3, 'push');
            app.videotrig.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@videotrig Callback, true);
            app.videotrig.FontSize = 11;
            app.videotrig.Position = [115 139 91 22];
            app.videotrig.Text = 'Video';
            % Create slopetrig
            app.slopetrig = uidropdown(app.uipanel3);
            app.slopetrig.Items = {'slope', 'rise', 'fall'};
```

```
app.slopetrig.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@slopetrig Callback, true);
            app.slopetrig.FontSize = 11;
            app.slopetrig.BackgroundColor = [1 1 1];
            app.slopetrig.Position = [12 109 93 20];
            app.slopetrig.Value = 'slope';
            % Create polaritytrig
            app.polaritytrig = uidropdown(app.uipanel3);
            app.polaritytrig.Items = {'polarity', 'NORMAL', 'INVERT'};
            app.polaritytrig.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@polaritytrig Callback, true);
            app.polaritytrig.FontSize = 11;
            app.polaritytrig.BackgroundColor = [1 1 1];
            app.polaritytrig.Position = [115 109 89 20];
            app.polaritytrig.Value = 'polarity';
            % Create sourceedge
            app.sourceedge = uidropdown(app.uipanel3);
            app.sourceedge.Items = {'source', 'CH1', 'CH2', 'CH3', 'CH4',
'LINE'};
           app.sourceedge.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@sourceedge Callback, true);
            app.sourceedge.FontSize = 11;
            app.sourceedge.BackgroundColor = [1 1 1];
            app.sourceedge.Position = [12 78 93 21];
            app.sourceedge.Value = 'source';
            % Create couplingtrigg
            app.couplingtrigg = uidropdown(app.uipanel3);
            app.couplingtrigg.Items = {'coupling', 'AC', 'DC', 'HFRej',
'NOISErej'};
            app.couplingtrigg.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@couplingtrigg Callback, true);
           app.couplingtrigg.FontSize = 11;
            app.couplingtrigg.BackgroundColor = [1 1 1];
            app.couplingtrigg.Position = [12 48 93 20];
            app.couplingtrigg.Value = 'coupling';
            % Create sourcetrig
            app.sourcetrig = uidropdown(app.uipanel3);
            app.sourcetrig.Items = {'source', 'CH1', 'CH2', 'CH3', 'CH4'};
            app.sourcetrig.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@sourcetrig Callback, true);
            app.sourcetrig.FontSize = 11;
            app.sourcetrig.BackgroundColor = [1 1 1];
            app.sourcetrig.Position = [115 79 89 20];
           app.sourcetrig.Value = 'source';
            % Create sync
            app.sync = uidropdown(app.uipanel3);
            app.sync.Items = {'sync', 'LINE', 'FIELD'};
            app.sync.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app, @sync Callback,
true);
           app.sync.FontSize = 11;
            app.sync.BackgroundColor = [1 1 1];
            app.sync.Position = [115 49 89 20];
            app.sync.Value = 'sync';
            % Create trigset
```

```
app.trigset = uibutton(app.uipanel3, 'push');
            app.trigset.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@trigset Callback, true);
            app.trigset.FontSize = 11;
            app.trigset.Position = [12 16 69 22];
            app.trigset.Text = 'set level';
            % Create forcetrig
            app.forcetrig = uibutton(app.uipanel3, 'push');
            app.forcetrig.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@forcetrig Callback, true);
            app.forcetrig.FontSize = 11;
            app.forcetrig.Position = [115 17 69 22];
            app.forcetrig.Text = 'force trig';
            % Create identification
            app.identification = uibutton(app.figure1, 'push');
            app.identification.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@identification Callback, true);
            app.identification.FontSize = 11;
            app.identification.Position = [924 771 69 22];
            app.identification.Text = 'Identification';
            % Create reset
            app.reset = uibutton(app.figure1, 'push');
            app.reset.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@reset Callback, true);
            app.reset.FontSize = 11;
            app.reset.Position = [1110 533 69 22];
            app.reset.Text = 'Reset';
            % Create uipanel4
            app.uipanel4 = uipanel(app.figure1);
            app.uipanel4.Title = 'Display comands';
            app.uipanel4.FontSize = 11;
            app.uipanel4.Position = [975 421 126 141];
            % Create contrast
            app.contrast = uidropdown(app.uipanel4);
            app.contrast.Items = {'contrast', '5%', '10%', '15%', '20%',
'25%', '30%', '35%', '40%', '45%', '50%', '55%', '60%', '65%', '70%', '75%',
'80%', '85%', '90%', '95%', '100%'};
            app.contrast.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@contrast Callback, true);
            app.contrast.FontSize = 11;
            app.contrast.BackgroundColor = [1 1 1];
            app.contrast.Position = [12 104 89 20];
            app.contrast.Value = 'contrast';
            % Create format
            app.format = uidropdown(app.uipanel4);
            app.format.Items = {'format', 'YT', 'XY'};
            app.format.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@format Callback, true);
            app.format.FontSize = 11;
            app.format.BackgroundColor = [1 1 1];
            app.format.Position = [12 74 89 20];
            app.format.Value = 'format';
            % Create disptype
```

```
app.disptype = uidropdown(app.uipanel4);
             app.disptype.Items = {'type', 'VECTORS', 'DOTS'};
             app.disptype.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@disptype Callback, true);
             app.disptype.FontSize = 11;
             app.disptype.BackgroundColor = [1 1 1];
             app.disptype.Position = [12 44 89 20];
             app.disptype.Value = 'type';
             % Create persistance
             app.persistance = uidropdown(app.uipanel4);
             app.persistance.Items = {'persistance', 'OFF', '1', '2', '5',
'INFINITE',
             ''};
             app.persistance.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@persistance Callback, true);
             app.persistance.FontSize = 11;
             app.persistance.BackgroundColor = [1 1 1];
             app.persistance.Position = [12 14 89 20];
             app.persistance.Value = 'persistance';
             % Create uipanel5
             app.uipanel5 = uipanel(app.figure1);
             app.uipanel5.Title = 'Horizontal comands';
             app.uipanel5.FontSize = 11;
             app.uipanel5.Position = [810 412 151 91];
             % Create popvrijeme
             app.popvrijeme = uidropdown(app.uipanel5);
             app.popvrijeme.Items = {'SEC/DIV', '5 ns', '10 ns', '25 ns', '50
ns', '100 ns', '250 ns', '500 ns', '1 us', '2.5 us', '5 us', '10 us', '25
us', '50 us', '100 us', '250 us', '500 us', '1 ms', '2.5 ms', '5 ms', '10
ms', '25 ms', '50 ms', '100 ms', '250 ms', '500 ms', '1 s', '2.5 s', '5 s'};
             app.popvrijeme.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@popvrijeme Callback, true);
             app.popvrijeme.FontSize = 11;
             app.popvrijeme.BackgroundColor = [1 1 1];
             app.popvrijeme.Position = [7 42 100 20];
             app.popvrijeme.Value = 'SEC/DIV';
             % Create slider2
             app.slider2 = uislider(app.uipanel5);
             app.slider2.Limits = [-1 1];
             app.slider2.MajorTicks = [];
             app.slider2.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@slider2 Callback, true);
             app.slider2.MinorTicks = [];
             app.slider2.FontSize = 11;
             app.slider2.Position = [8 25 99 3];
             % Create TabGroup
             app.TabGroup = uitabgroup(app.figure1);
             app.TabGroup.Position = [25 89 767 702];
             % Create ValnioblikTab
             app.ValnioblikTab = uitab(app.TabGroup);
             app.ValnioblikTab.Title = 'Valni oblik';
             % Create axes1 2
             app.axes1 2 = uiaxes(app.ValnioblikTab);
             app.axes1 2.XMinorTick = 'on';
```

```
app.axes1 2.YMinorTick = 'on';
            app.axes1 2.NextPlot = 'replace';
            app.axes1 2.XGrid = 'on';
            app.axes1 2.YGrid = 'on';
            app.axes1 2.BackgroundColor = [0.9725 0.9725 0.9725];
            app.axes1 2.Position = [1 2 765 667];
            % Create SpektralnaanalizaTab
            app.SpektralnaanalizaTab = uitab(app.TabGroup);
            app.SpektralnaanalizaTab.Title = 'Spektralna analiza';
            % Create UIAxes
            app.UIAxes = uiaxes(app.SpektralnaanalizaTab);
            title(app.UIAxes, 'Amplitudna karakteristika')
xlabel(app.UIAxes, 'Frekvencija')
ylabel(app.UIAxes, 'Amplituda')
            app.UIAxes.XLim = [0 20000];
            app.UIAxes.XMinorTick = 'on';
            app.UIAxes.YMinorTick = 'on';
            app.UIAxes.XGrid = 'on';
            app.UIAxes.YGrid = 'on';
            app.UIAxes.Position = [1 323 765 350];
            % Create UIAxes2
            app.UIAxes2 = uiaxes(app.SpektralnaanalizaTab);
            title(app.UIAxes2, 'Fazna karakteristika')
            xlabel(app.UIAxes2, 'Frekvencija')
ylabel(app.UIAxes2, 'Fazni kut')
            app.UIAxes2.XLim = [0 20000];
            app.UIAxes2.XMinorTick = 'on';
            app.UIAxes2.YMinorTick = 'on';
            app.UIAxes2.XGrid = 'on';
            app.UIAxes2.YGrid = 'on';
            app.UIAxes2.Position = [1 68 765 255];
            % Create GornjilimitEditFieldLabel
            app.GornjilimitEditFieldLabel =
uilabel(app.SpektralnaanalizaTab);
            app.GornjilimitEditFieldLabel.HorizontalAlignment = 'right';
            app.GornjilimitEditFieldLabel.Position = [503 21 62 22];
            app.GornjilimitEditFieldLabel.Text = 'Gornji limit';
            % Create GornjilimitEditField
            app.GornjilimitEditField = uieditfield(app.SpektralnaanalizaTab,
'numeric');
            app.GornjilimitEditField.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@GornjilimitEditFieldValueChanged, true);
            app.GornjilimitEditField.Position = [589 21 100 22];
            app.GornjilimitEditField.Value = Inf;
            % Create DonjilimitEditFieldLabel
            app.DonjilimitEditFieldLabel = uilabel(app.SpektralnaanalizaTab);
            app.DonjilimitEditFieldLabel.HorizontalAlignment = 'right';
            app.DonjilimitEditFieldLabel.Position = [297 21 58 22];
            app.DonjilimitEditFieldLabel.Text = 'Donji limit';
            % Create DonjilimitEditField
            app.DonjilimitEditField = uieditfield(app.SpektralnaanalizaTab,
'numeric');
```

```
app.DonjilimitEditField.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@DonjilimitEditFieldValueChanged, true);
            app.DonjilimitEditField.Position = [370 21 100 22];
            app.DonjilimitEditField.Value = -Inf;
            % Create PromjenalimitafrekvencijeLabel
            app.PromjenalimitafrekvencijeLabel =
uilabel(app.SpektralnaanalizaTab);
            app.PromjenalimitafrekvencijeLabel.Position = [125 21 152 22];
            app.PromjenalimitafrekvencijeLabel.Text = 'Promjena limita
frekvencije:';
            % Create Tablicniprikazspektralnaanaliza
            app.Tablicniprikazspektralnaanaliza = uitab(app.TabGroup);
            app.Tablicniprikazspektralnaanaliza.Title = 'Tablicni prikaz
spektralna analiza';
            % Create UITable
            app.UITable = uitable(app.Tablicniprikazspektralnaanaliza);
            app.UITable.ColumnName = { 'Harmonik'; 'Frekvencija harmonika
[Hz]'; 'Amplituda harmonika'; 'Kut [stupnjevi]'};
            app.UITable.RowName = {};
            app.UITable.FontName = 'Times New Roman';
            app.UITable.FontSize = 14;
            app.UITable.Position = [0 \ 2 \ 766 \ 674];
            % Create Channel1Button
            app.Channel1Button = uibutton(app.figure1, 'push');
            app.ChannellButton.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Channel1ButtonPushed, true);
            app.Channel1Button.Position = [135 51 100 22];
            app.Channel1Button.Text = 'Channel 1';
            % Create Channel2Button
            app.Channel2Button = uibutton(app.figure1, 'push');
            app.Channel2Button.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Channel2ButtonPushed, true);
            app.Channel2Button.Position = [273 51 100 22];
            app.Channel2Button.Text = 'Channel 2';
            % Create Channel3Button
            app.Channel3Button = uibutton(app.figure1, 'push');
            app.Channel3Button.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Channel3ButtonPushed, true);
            app.Channel3Button.Position = [418 51 100 22];
            app.Channel3Button.Text = 'Channel 3';
            % Create Channel4Button
            app.Channel4Button = uibutton(app.figure1, 'push');
            app.Channel4Button.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Channel4ButtonPushed, true);
            app.Channel4Button.Position = [555 51 100 22];
            app.Channel4Button.Text = 'Channel 4';
            % Show the figure after all components are created
            app.figure1.Visible = 'on';
        end
   end
    % App creation and deletion
```

```
methods (Access = public)
        % Construct app
        function app = Zadnja_verzija_1_9
            % Create UIFigure and components
            createComponents(app)
            % Register the app with App Designer
            registerApp(app, app.figure1)
            % Execute the startup function
            runStartupFcn(app, @klizaci OpeningFcn)
            if nargout == 0
                clear app
            end
        end
        % Code that executes before app deletion
        function delete(app)
            % Delete UIFigure when app is deleted
            delete(app.figure1)
        end
    end
end
```