



Līguma
Nr.:2006/02001/VPD1/ESF/PIAA/O6/APK/3.2.1./0007/0035
Līguma nosaukums: „*Elektriķu apmācību programmu
pilnveide Ventspils 20. arodividusskolā*”

**Tehnoloģiski uzlabotu apmācību
metodiskais materiāls (TEL)**

**Elektronisko mērījumu metodoloģija un mērīšanas
tehnoloģijas ar virtuāliem instrumentiem uz
universālās, daudzfunkcionālās laboratorijas
platformas bāzes**

**PIRMĀ DAĻA
Izveidojamie virtuālie mērinstrumenti
(15 virtuālo mērinstrumentu izveides piemēri)**

Izstrādāja:

Ivars Briedis, Dr.sc.ing.
20.AVS darba līgums no 03.09.2007.

Ventspils, 2007.g.



Līguma
Nr.:2006/02001/VPD1/ESF/PIAA/O6/APK/3.2.1./0007/0035
Līguma nosaukums: „*Elektriķu apmācību programmu pilnveide
Ventspils 20. arodividusskolā*”

Ventspils 20. arodividusskolas darba uzdevums Ivaram Briedim.

Izstrādāt TEL apmācības metodisko materiālu latviešu valodā HTM formātā:
„Elektronisko mērījumu metodoloģija un mērīšanas tehnoloģijas ar virtuāliem instrumentiem uz universālās daudzfunkcionālās laboratorijas platformas bāzes”

Materiālam jāsaturs sekojošas sastāvdaļas:

1. Izveidojamie virtuālie mērinstrumenti (15 virtuālo mērinstrumentu izveides piemēri);
2. Elektrisko lielumu mērīšana ar virtuālajiem mērinstrumentiem (10 TEL apmācības tipveida moduļi).



Satura rādītājs.

Izveidojamie virtuālie mērinstrumenti (15 virtuālo mērinstrumentu izveides piemēri)	4
1.1. Mācību laboratoriju virtuālo instrumentu kompleksa NI ELVIS darbstacijas lietotāja metodiskais palīg līdzeklis.....	5
1.2. Mācību laboratorijas virtuālo instrumentu kompleksa NI ELVIS bāzes komplekta virtuālo mērinstrumentu un interaktīvo vadības paneļu piemēri.	13
1.3. NI ELVIS virtuālo mērinstrumentu un to interaktīvo vadības paneļu pielietošanas piemēri skolnieku darba burtnīcās	22
Darba burtnīca 1. Mērījumi līdzstrāvas ķēdēs.	22
Darblapa 1-1: Elektronisko shēmu komponentu parametru mērīšana	23
Darblapa 1-2: Sprieguma dalītāja shēmas izveidošana uz ELVIS darbstacijas maketēšanas plates.	25
Darblapa 1-3. Līdzstrāvas mērīšana ar virtuālo mērinstrumentu DMM[A].....	27
Darba burtnīca 2. Mērījumi maiņstrāvas ķēdēs. Maiņstrāvas ķēžu pētīšana ar NI ELVISvirtuāliem mērinstrumentiem.....	28
Darblapa 2-1. Maiņstrāvas shēmu komponentu parametru skaitlisko vērtību mērījumi.	29
Darblapa 2-2. Maiņstrāvas RC virknes slēguma ķēdes izpēte.....	30
Darblapa 2-3. RC ķēdes AFR/FFR mērīšana ar Bode analizatoru.....	34
Darba burtnīca 3. Ciparsignālu ievada/izvada iekārtas. Pētījumi ar NI ELVIS virtuāliem mērinstrumentiem	37
Darblapa 3-1. Ciparsignālu vizualizācija.....	38
Darblapa 3-2. Taktimpulsu avota shēma uz integrālā taimera 555 bāzes.	40
DARBA BURTNĪCA 4. Pusvadītāju diodes. Gaismas diožu izmantošanas shēmas.	43
Darblapa 4-1. Diožu pārbaude un polaritātes noteikšana.	44
Darblapa 4-2. Diodes voltampēru raksturliķnes mērīšana.....	45



Līguma

Nr.:2006/02001/VPD1/ESF/PIAA/O6/APK/3.2.1./0007/0035

Līguma nosaukums: „Elektriķu apmācību programmu pilnveide
Ventpils 20. arodividusskolā”

Izveidojamie virtuālie mērinstrumenti (15 virtuālo mērinstrumentu izveides piemēri)

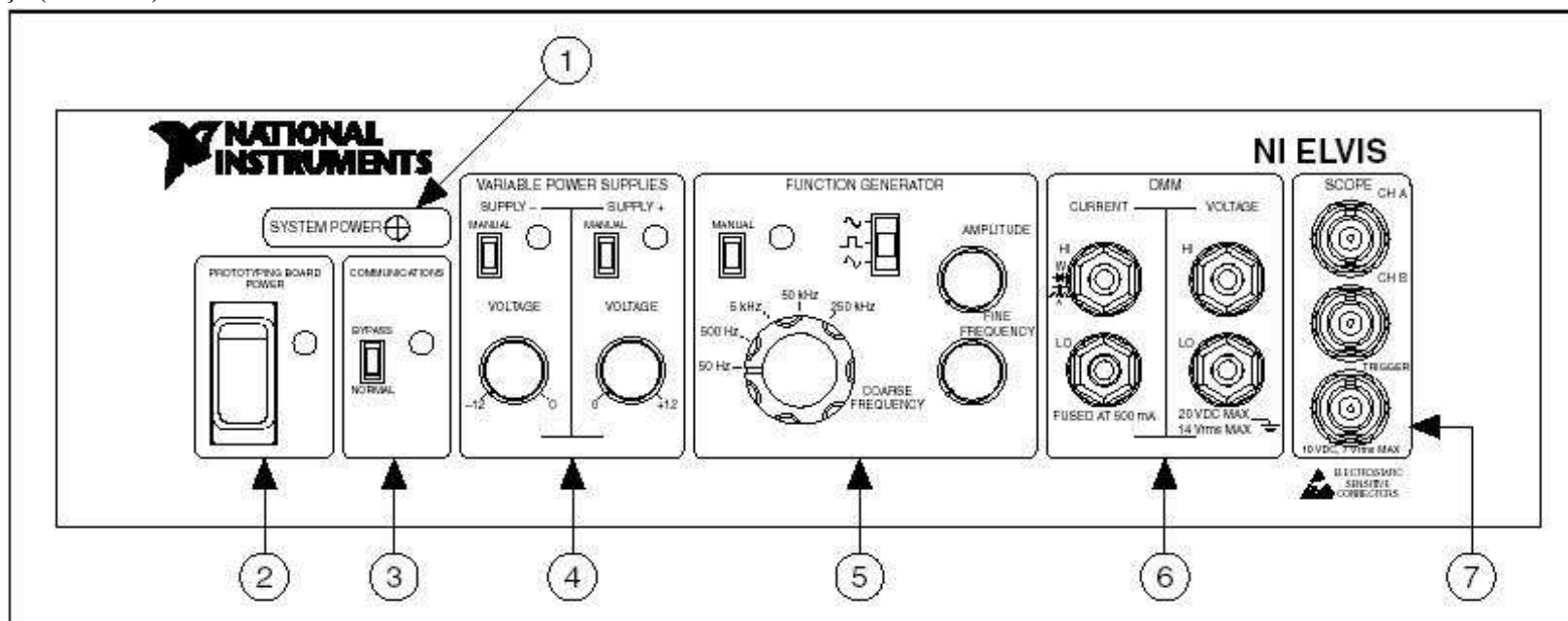
Tehnoloģiski uzlabotu apmācību (Technology Enhanced Learning - TEL) funkcijas universālā, daudzfunkcionālā, reāli virtuālā laboratorijas platformā (RVLP) atbalsta “Mācību laboratoriju virtuālo instrumentu komplekss NI ELVIS (National Instruments Educational Laboratory Virtual



Instrumentation Suite)”, kas ietver aparatūru - galda darbstaciju (Workstation) ar maketēšanas (prototipēšanas) paneli, signālu ievada/izvada iekārtu DAQ (Data Acquisition) un programmatūras komplektu NI LABVIEW vidē, integrētu ar NI Electronics Workbench Multisim programmpaketi. Attēlā – NI ELVIS aprīkojuma bāzes komplekts.

1.1. Mācību laboratoriju virtuālo instrumentu kompleksa NI ELVIS darbstacijas lietotāja metodiskais palīgīdzeklis.

Mācību laboratoriju virtuālo instrumentu kompleksa NI ELVIS darbstacijas vadības elementi (vadīklas) izvietoti uz frontālā vadības paneļa (Attēls 1.)



1 Indikators “System Power”(sistēmas iniciācija)	5 Funkcionālā ģenerators vadīklas
2 Pārslēdzis “Prototyping Board Power” (maketēšanas plates barošana)	6 Multimetra saspraudnes
3 Pārslēdzis “Communications” (saskarne)	7 Osciloskopa saspraudnes
4 Regulējamo barošanas avotu vadīklas	

Attēls 1. NI ELVIS darbstacijas frontālais vadības panelis.



Uz NI ELVIS darbstacijas frontālā vadības panela ir izvietoti sekojoši vadības elementi (vadīklas) un indikatori:

- **Indikators SYSTEM POWER**— uzrāda, vai NI ELVIS ir ieslēgts.
- **Pārslēdzis PROTOTYPING BOARD POWER** — pārvalda maketēšanas plates barošanu.
- **Pārslēdzis COMMUNICATIONS** – atslēdz NI ELVIS programmējamo vadību un nodrošina tiešu pieeju diskrēto signālu ievada/izvada līnijām.

• **Regulējamo barošanas bloku vadības elementi.**

- **Vadības elementi “SUPPLY–“** (negatīvās polaritātes līdzsprieguma barošanas avots)
 - **Pārslēdzis MANUAL** – nosaka barošanas režīmu (manuāls vai programmvadāms) negatīvās polaritātes līdzspriegumam.
 - **Regulators VOLTAGE ADJUST** (sprieguma regulēšana) – regulē negatīvās polaritātes līdzspriegumu no –12 V līdz 0 V.
- **Vadības elementi “SUPPLY+”** (pozitīvās polaritātes līdzsprieguma barošanas avots).
 - **Pārslēdzis MANUAL** – nosaka barošanas režīmu (manuāls vai programmvadāms) pozitīvās polaritātes līdzspriegumam.
 - **Regulators VOLTAGE ADJUST** (sprieguma regulēšana) – regulē pozitīvās polaritātes līdzspriegumu no +12 V līdz 0 V .

Pilnīgāka informācija par programmvadāmiem barošanas blokiem un to elementiem ir atrodama *NI ELVIS Online Help*.

• **Funkcionālā ģenerators vadības elementi (FUNCTION GENERATOR).**

- **Pārslēdzis MANUAL** – nosaka funkcionālā ģenerators vadības režīmu (manuāls vai programmvadāms).
- **Pārslēdzis FUNCTION GENERATOR** – nosaka ģenerējamā signāla formu. NI ELVIS darbstacijas funkcionālais ģenerators var ģenerēt sinusoidālus (harmoniskus), taisnstūra un trīsstūra signālus.
- **Regulators AMPLITUDE** – regulē ģenerējamā signāla amplitūdu.
- **Regulators COARSE FREQUENCY** – izmaina frekvenču diapazonus funkcionālā ģenerators izejā.
- **Regulators FINE FREQUENCY** – signāla frekvenču ieregulēšanai funkcionālā ģenerators izejā.

Pilnīgāka informācija par programmvadāmo funkcionālo ģenerators un tā programmatūras elementiem ir atrodama *NI ELVIS Online Help*



Digitālā multimetra pieslēgumi (DMM).



Uzmanību ! Vienlaicīgi pieslēdzot signālus multimetra kontaktligzdai uz maketēšanas paneļa un spraudnim uz vadības paneļa, tie tiek īsslēgti, kas var izraisīt bojājumus uz darbstacijas maketēšanas paneļa samontētajā shēmā.

- **Štekera saspraudņi strāvas mērījumiem (CURRENT)**
 - **HI** – pozitīvās polaritātes signālu ieeja visiem ar multimetru iespējamo funkciju mērījumiem, izņemot sprieguma mērīšanu.
 - **LO** – negatīvās polaritātes signālu ieeja visiem ar multimetru iespējamo funkciju mērījumiem, izņemot sprieguma mērīšanu.
- **Štekera saspraudņi sprieguma mērījumiem (VOLTAGE)**
 - **HI** – ieeja pozitīvās polaritātes spriegumu mērīšanai.
 - **LO** – ieeja negatīvās polaritātes spriegumu mērīšanai.

- **Osciloskopa pieslēgumi (SCOPE).**



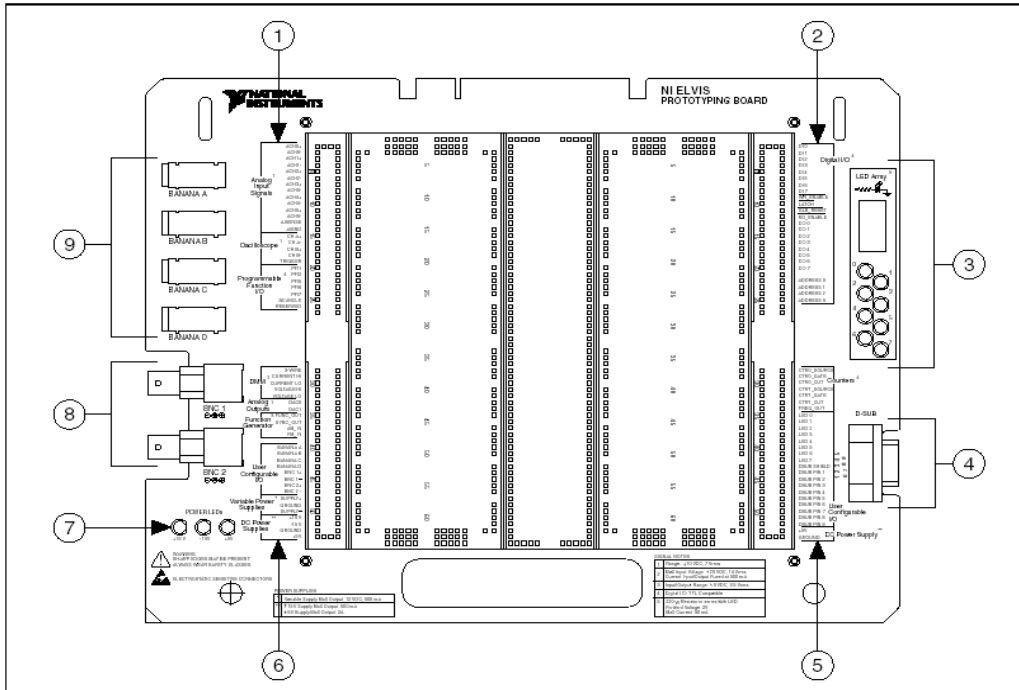
Uzmanību ! Vienlaicīgi pieslēdzot signālus osciloskopa spraudnim uz maketēšanas paneļa un kontaktligzdām uz vadības paneļa, tās tiek īsslēgtas, kas var izraisīt bojājumus uz darbstacijas maketēšanas paneļa samontētajā shēmā.

- **Saspraudnis CH A BNC** – osciloskopa **A kanāla** ieeja.
- **Saspraudnis CH B BNC** – osciloskopa **B kanāla** ieeja.
- **Saspraudnis Trigger BNC** – osciloskopa **sinhronizācijas** ieeja.



NI ELVIS maketēšanas panelis

Attēlā 2 parādīta maketēšanas paneļa sastāvdaļu izvietojuma shēma.



1 Analogā ievada, osciloskopa un programmējamā funkcionālā ievada/izvada kontaktlaukumi.	6 Multimetra, analogā izvada, funkcionālā ģenerators, barošanas bloku un regulējamā līdzstrāvas avota kontaktlaukumi.
2 Digitālā ievada/izvada kontaktlaukumi.	
3 Indikatoru masīvs.	7 Barošanas indikatori
4 Saspraudnis D-Sub	8 BNC saspraudņi
5 Skaitītāja-taimera, regulējamā ievada/izvada un līdzsprieguma avota kontaktlaukumi.	9 Štekerveida saspraudņi.

Attēls 2 Maketēšanas panelis

Maketēšanas paneļa barošanas avoti

Uz maketēšanas paneļa ir izvietotas barošanas avotu **+15 V** un **+5 V** pieslēgumu spailes.

Darbstacijas maketēšanas paneļa signālu raksturojums

NI ELVIS darbstacijas maketēšanas paneļa signālu raksturojums ir parādīts tabulā 1. Signāli tabulā ir sagrupēti atbilstoši to funkcionālajiem uzdevumiem tāpat, kā to pieslēgumu vietas atrodas uz maketēšanas paneļa.



Tabula 1.

Darbstacijas signālu raksturojums

Signāla nosaukuma	Tips	Apraksts
1	2	3
ACH<0..5>+	Kopējā analogā ieeja	Analog Input Channels 0 through 5 [+] (analogās ieejas kanāli no 0 līdz 5 [+]) – analogā ievada pozitīvās polaritātes kopējā diferenciālā ieeja.
ACH<0..5>-	Kopējā analogā ieeja	Analog Input Channels 0 through 5 [-] (analogās ieejas kanāli no 0 līdz 5 [-]) – analogā ievada negatīvās polaritātes kopējā diferenciālā ieeja..
AISENSE	Kopējā analogā ieeja	Analog Input Sense (analogā ieejas signāla līmenis) – analogo kanālu bāzes spriegums neieņemta kopējā vada režīmā..
AIGND	Kopējā analogā ieeja	Analog Input Ground – ierīces DAQ analogās ieejas « zeme ». Šis iezemēšanas signāls nav saistīts ar signālu NI ELVIS GROUND.
CH<A..B>+	Osciloskops	Oscilloscope Channels A and B [+] (osciloskopa kanāli A un B [+]) – osciloskopa kanālu pozitīvās polaritātes ieeja
CH<A..B>-	<i>Osciloskops</i>	Oscilloscope Channels A and B [-] (osciloskopa kanāli A un B [-]) – osciloskopa kanālu negatīvās polaritātes ieeja.
TRIGGER	Osciloskops	Oscilloscope Trigger (osciloskopa iedarbināšana) – osciloskopa sinhronizācijas signāla ievadīšana attiecībā pret AIGND.
PFI<1..2>, FI<5..7>	Programmējamā funkcionālā ievade/izvade	Programmable Function Input 1 through 2 and 5 through 7 (programmējamie funkcionālie ieejas kanāli no 1 līdz 2 un no 5 līdz 7) – programmējams funkcionālais ievade/izvade ierīcei DAQ.
SCANCLK	Programmējamā funkcionālā ievade/izvade	Scan Clock (izvērses ģenerators) – savienots ar ierīces DAQ. kontaktu SCANCLK
RESERVED	Programmējamā funkcionālā ievade/izvade	Savienots ar ierīces DAQ. kontaktu EXTSTROBE* .
3-WIRE	Digitālais multimetrs	Three Wire (trīspols) – digitālā multimetra sprieguma avots pusvadītāju tranzistoru parametru mērījumiem.
CURRENT HI	Digitālais multimetrs	Positive Current (pozitīvas polaritātes strāva) – multimetra pozitīvas polaritātes signālu ieeja visiem mērījumiem, izņemot sprieguma mērīšanu.
CURRENT LO	Digitālais multimetrs	Negative Current (negatīvas polaritātes strāva) – multimetra negatīvas polaritātes signālu ieeja visiem mērījumiem, izņemot sprieguma mērīšanu.



Signāla nosaukuma	Tips	Apraksts
1	2	3
VOLTAGE HI	Digitālais multimetrs	Positive Voltage (pozitīvas polaritātes spriegums) – multimetra voltmetra pozitīvas polaritātes signālu ieeja.
VOLTAGE LO	Digitālais multimetrs	Negative Voltage ((negatīvas polaritātes spriegums) – multimetra voltmetra negatīvas polaritātes signālu ieeja.
DAC<0..1>	Kopējā analogā izeja	Analog Channel Output for Channels 0 through 1 (analogie izejas kanāli no 0 līdz 1) – DAQ ierīces CAP izejas.
FUNC_OUT	Funkcionālais ģenerators	Function Output – funkcionālā ģenerators izeja.
SYNC_OUT	Funkcionālais ģenerators	Synchronization Output (sinhronizācijas izeja) – TTL signāls ar tādu pašu frekvenci, kā uz kontakta FUNC_OUT.
AM_IN	Funkcionālais ģenerators	Amplitude Modulation Input – funkcionālā ģenerators amplitūdas modulators ieeja.
FM_IN	Funkcionālais ģenerators	Frequency Modulation Input – funkcionālā ģenerators frekvences modulators ieeja.
BANANA<A..D>	Regulējama ievade/izvade	Banana Jacks A through D (štekera veida spraudņi no A līdz D) – izejas uz spraudņiem – štekera.
BNC<1..2>+	Regulējama ievade/izvade	BNC Connectors 1 and 2 [+] – izeja uz pozitīvas polaritātes BNC spraudņiem 1 un 2.
BNC<1..2>-	Regulējama ievade/izvade	BNC Connectors 1 and 2 [-] – izeja uz negatīvas polaritātes BNC spraudņiem 1 un 2..
SUPPLY+	Regulējamie barošanas bloki	Regulējamu barošanas bloku izejas ar pozitīvas polaritātes līdzspriegumu no -12 V līdz 0 V.
SUPPLY-	Regulējamie barošanas bloki	Regulējamu barošanas bloku izejas ar negatīvas polaritātes līdzspriegumu no +12 V līdz 0 V.
GROUND	Regulējamie barošanas bloki, līdzstrāvas avoti	GROUND (iezemējums) – maketēšanas paneļa «zeme». Divi kontakti «zeme». uz maketēšanas paneļa ir savstarpēji saistīti..
+15 V	Līdzstrāvas avoti	Līdzsprieguma avots +15 V – fiksēta pozitīva līdzsprieguma izeja attiecībā pret «zemi» - NI ELVIS GROUND.
-15 V	Līdzstrāvas avoti	Līdzsprieguma avots -15 V – fiksēta negatīva līdzsprieguma izeja attiecībā pret «zemi» - NI ELVIS GROUND.
+5 V	Līdzstrāvas avoti	Līdzsprieguma avots +5 V – fiksēta pozitīva līdzsprieguma +5 V izeja attiecībā pret «zemi» - NI ELVIS GROUND.
DO<0..7>	Digitālā ievade/izvade	Digital Output Lines 0 through 7 (digitālās izvada līnijas no 0 līdz 7) – ieraksta kopnes izeja..
WR ENABLE	Digitālā ievade/izvade	Write Enable (ieraksta ieslēgšana) – izeja, kas uzrāda, ka dati tiek ierakstīti kopnē.



Signāla nosaukuma	Tips	Apraksts
1	2	3
LATCH	Digitālā ievade/izvade	Latch (fiksators) – izeja, uz kuru tiek padots impulss pēc tam, kad dati ir ierakstīti kopnē.
GLB RESET	Digitālā ievade/izvade	Global Reset (vispārēja atiestatīšana) izeja, uz kuru padod signālu par ciparu ievadizvada sistēmas vispārēju atiestatīšanas.
RD ENABLE	Digitālā ievade/izvade	Read Enable (nolasīšanas ieslēgšana) – izeja, kas uzrāda, ka dati tiek nolasīti no kopnes.
DI<0..7>	Digitālā ievade/izvade	Digital Input Lines 0 through 7 (ciparu nolasīšanas līnijas no 0 līdz 7) – nolasīšanas kopnes izeja.
ADDRESS<0..3>	Digitālā ievade/izvade	Address Lines 0 through 3 (adresu līnijas no 0 līdz 3) – adresu kopnes izeja.
CTR0_SOURCE	Skaitītāji	Counter 0 Source (0 skaitītāja ieeja) – savienots ar ierīces DAQ kontaktu GPCTR0_SOURCE.
CTR0_GATE	Skaitītāji	Counter 0 Gate (0 skaitītāja vadības ieeja) – savienots ar ierīces DAQ kontaktu GPCTR0_GATE.
CTR0_OUT	Skaitītāji	Counter 0 Output (0 skaitītāja izeja) – savienota ar ierīces DAQ kontaktu GPCTR0_OUT.
CTR1_GATE	Skaitītāji	Counter 1 Gate (1 skaitītāja vadības ieeja) – savienota ar ierīces DAQ kontaktu GPCTR1_GATE.
CTR1_OUT	Skaitītāji	Counter 1 Output (1 skaitītāja izeja) – savienota ar ierīces DAQ kontaktu GPCTR1_OUT.
FREQ_OUT	Skaitītāji	Frequency Output (frekvences izeja) – savienots ar ierīces DAQ kontaktu FREQ_OUT.

Iezemējums

Diferenciāla rakstura analogo signālu pārvadei ir nepieciešams pieslēguma punkts ar nulles elektrisko potenciālu. **NI ELVIS** darbstacijā signālu parametru mērījumi notiek attiecībā pret kāda no kontaktpunktu **NI ELVIS GROUND** potenciāliem. Izdarot mērījumus ķēdēs ar nestabiliem barošanas avotiem (piemēram, - akumulatoriem), ir jāpārlicinās, ka kāds no ķēdes punktiem ir savienots ar **NI ELVIS GROUND**. Signāla **NI ELVIS GROUND** saspraudņi ir izvietoti vairākās maketēšanas paneļa vietās, un tiem visiem ir vienāds potenciāls.

Resursu konflikts

Daži analogās ieejas kanāli tiek izmantoti instrumentu iekšējo shēmu darbības nodrošināšanai, bet lielāko darbības laika daļu šos kanālus var izmantot darbstacijas uzdevumu veikšanai. Kanālus **ACH<0..2>** var izmantot vienmēr bez ierobežojumiem. Kanāla **ACH5** izmantošanai ir ierobežojumi un tas tiek pārtraukts, ja tiek izmantotas mērījumu veikšanas iespējas ar digitālo multimetru, analizējot impedances, mērot kapacitātes, diodes raksturliķnes u.c. Darbā ar osciloskopu tiek izmantoti kanāli **ACH3** un **ACH4**, tādēļ to izmantošana ir ierobežota, lai izslēgtu signālu pārklāšanos.



Līguma

Nr.:2006/02001/VPD1/ESF/PIAA/O6/APK/3.2.1./0007/0035

Līguma nosaukums: „Elektriķu apmācību programmu pilnveide
Ventpils 20. arodvidusskolā”

Digitālā multimetra pieslēgums

Uz maketēšanas paneļa ir izvietoti multimetra pieslēguma saspraudņi **CURRENT** un **VOLTAGE**, kā arī papildus termināls trīspolu (tranzistoru) parametru mērīšanai. Voltmetra diferenciālās ieejas ir apzīmētas kā **VOLTAGE HI** un **VOLTAGE LO**, bet pārējās multimetra funkcionālās iespējas tiek realizētas pieslēdzoties kontaktiem **CURRENT HI** un **CURRENT LO**. Trīspolu parametru noteikšanas mērījumiem tiek izmantots kā kontakts **3-WIRE**, tā arī kontakti **CURRENT HI** un **CURRENT LO**.



Uzmanību ! Vienlaicīgi pieslēdzot signālus multimetra kontaktligzdai uz maketēšanas paneļa un spraudnim uz vadības paneļa, tie tiek īsslēgti, kas var izraisīt bojājumus uz darbstacijas maketēšanas paneļa samontētajā shēmā.

Osciloskopa pieslēgums

Osciloskopa ieejas saspraudņi uz maketēšanas paneļa ir apzīmēti kā **CH<A..B>+**, **CH<A..B>-** un **TRIGGER**. Signāli **CH<A..B>** tiek izvadīti atbilstoši uz ierīces **DAQ** pieslēguma kontaktiem **ACH3** un **ACH4**.



Uzmanību ! Vienlaicīgi pieslēdzot signālus osciloskopa spraudnim uz maketēšanas paneļa un kontaktligzdām uz vadības paneļa, tās tiek īsslēgtas, kas var izraisīt bojājumus uz darbstacijas maketēšanas paneļa samontētajā shēmā.

Līdzstrāvas avots

Līdzstrāvas avota fiksētie izejā spriegumi ir ± 15 V un $+5$ V.

Funkcionālais ģenerators pieslēgums

Bez izejas signāla **FUNC_OUT** saspraudņa uz maketēšanas paneļa ir vēl vairāki funkcionālajam ģeneratoram atbilstoši papildus saspraudņi. Uz saspraudni **SYNC_OUT** tiek padots ar TTL savietojams sinhronizācijas signāls сигнал ar tādu pašu frekvenci, kā izejas signālam. Signāli **AM_IN** un **FM_IN** tiek izmantoti atbilstoši harmonisko signālu amplitūdas modulācijai un frekvences modulācijai. Šie signāli papildina frekvences un amplitūdas precīzas noregulēšanas iespējas manuālā vadības režīmā.

Regulējamie barošanas bloki

Regulējamie barošanas bloki kalpo kā vadāmi sprieguma avoti diapazonā no 0 līdz $+12$ V terminālā **SUPPLY+** un no -12 līdz 0 B terminālā **SUPPLY-**. Kontakts **GROUND** nodrošina savienojumu ar iezemēšanas kontaktu, kas ir kopīgs līdzsprieguma/līdzstrāvas avotiem.



1.2. Mācību laboratorijas virtuālo instrumentu kompleksa NI ELVIS bāzes komplekta virtuālo mērinstrumentu un interaktīvo vadības paneli piemēri.

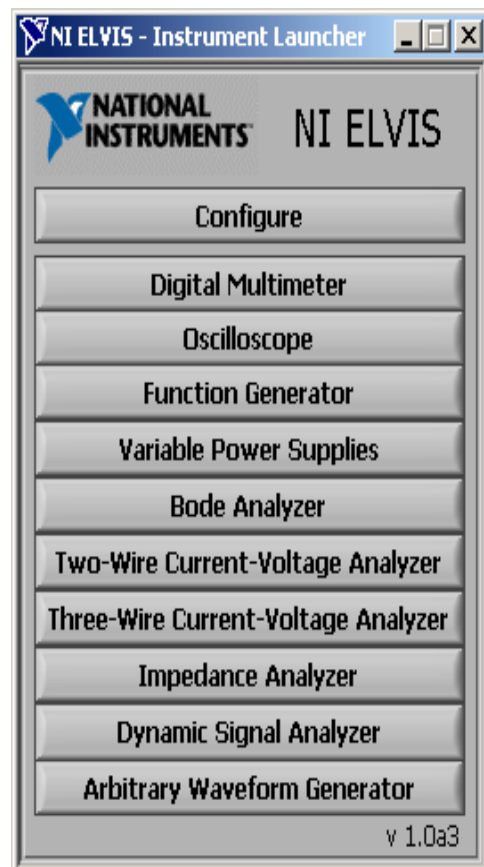


**NI ELVIS
LabVIEW API**

Mācību laboratoriju kompleksa NI ELVIS virtuālie mērinstrumenti (VMI) ir grafiskās programmēšanas vidē NI ELVIS LabVIEW API izstrādātas datorprogrammas ar interaktīviem vadības paneļiem (IVP) uz PC monitora ekrāna.

NI ELVIS bāzes komplekts ietver sekojošus VMI ar interaktīviem vadības paneļiem, iniciējamiem uz PC darbvirsmas:

- Digitālais multimetrs - DMM;
- Līdz- un maiņsprieguma mērīšanas VMI;
- Līdz- un maiņstrāvas mērīšanas VMI;
- Ķēžu parametru (pretestības, induktivitātes un kapacitātes) mērīšanas VMI;
- Divstaru digitālais osciloskops;
- Funkcionālais signālu ģenerators;
- Brīvformas signālu ģenerators;
- Programm- un manuāli vadāmi barošanas avoti;
- Spektra analizators;
- Bode (AFR/FFR) analizators
- Impedances analizators;
- Dinamisku signālu analizators;
- Divpolu (t.sk. - diodu) raksturliķņu analizators;
- Trīspolu (t.sk. - tranzistoru) raksturliķņu analizators;
- Ciparsignālu ierakstītājs (analizators)
- Ciparsignālu nolasītājs.



NI ELVIS Instrument Launcher

**Attēls 3
NI ELVIS bāzes
komplekta VMI**



1.3.1. NI ELVIS bāzes komplekta 15 virtuālo mērinstrumentu un interaktīvo vadības panelu piemēri.

1. Maiņ- un līdzsprieguma mērīšanas VMI - DMM[V]:

- Maiņspriegums
Precizitāte - 0,3% ±0.001%
(maksimums visā skalā)
Diapazons ±14 V
(efektīvās vērtības maksimums,
4 apakšdiapazoni)
- Līdzspriegums
Precizitāte 0,3% ±0.001%
(maksimums visā skalā)
Diapazons ±20 V
(maksimums, 4 apakšdiapazoni)
- Ieejas pretestība 1 MΩ



Attēls 4.

Maiņsprieguma mērīšanas VMI
DMM[V]: interaktīvais vadības panelis

2. maiņ- un Līdzstrāvas mērīšanas VMI - DMM [A];

Specifikācija

- Precizitāte
 - Maiņstrāva - 25% ±3 mA^{1,2}
 - Līdzstrāva - 0,25% ±3 mA²
- Sinfāzes spriegums (maksimums) ±20 V
- Sinfāzes sprieguma vājinājums (minimums) 70 dB
- Diapazons (maksimums, 2 apakšdiapazoni) ±250 mA
- Izšķirtspēja 16 biti
- Šunta pretestība 0,5 Ω
- Slodzes spriegums..... 2 mV/mA



3. Ķēžu parametru (pretestības, induktivitātes un kapacitātes) mērīšanas VMI: DMM[R], DMM[L], DMM[C],

Specifikācijas:

Pretestības mērīšana ar DMM[R],

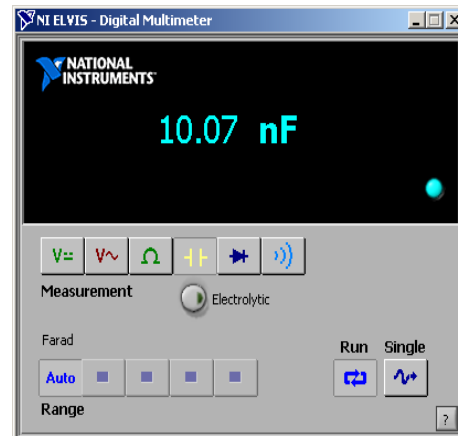
- Precizitāte..... 1%
- Diapazons..... 5 Om – 3 MOm
- (4 apakšdiapazoni)
- Mērīšanas signāla frekvence 120 Hz,
- (programmējama izvēle)
- Mērīšanas signāla maksimāla amplitūda..... 1 V
- (sinusoidāla signāla divkārša amplitūda,
programmējama izvēle)

Induktivitātes mērīšana ar VMI DMM[L],

- Precizitāte 1%
- Diapazons 100 mkH – 100 mH
- Mērīšanas frekvence 950 Hz,
- (programmējama izvēle)
- Maksimālā mērsprieguma amplitūda 1 V
- (sinusoidāla signāla divkārša amplitūda,
programmējama izvēle)

Kapacitātes mērīšana ar VMI DMM[C],

- precizitāte - 1%
- diapazons (3 apakšdiapazoni) –
50 pF – 500 mkF
- testa signāla frekvence
(programmējama izvēle)- 120 vai
950 Hz
- testa signāla amplitūda
(programmējama izvēle) - 1 V



Attēls 5.
Kapacitātes mērīšanas VMI
interaktīvais vadības panelis

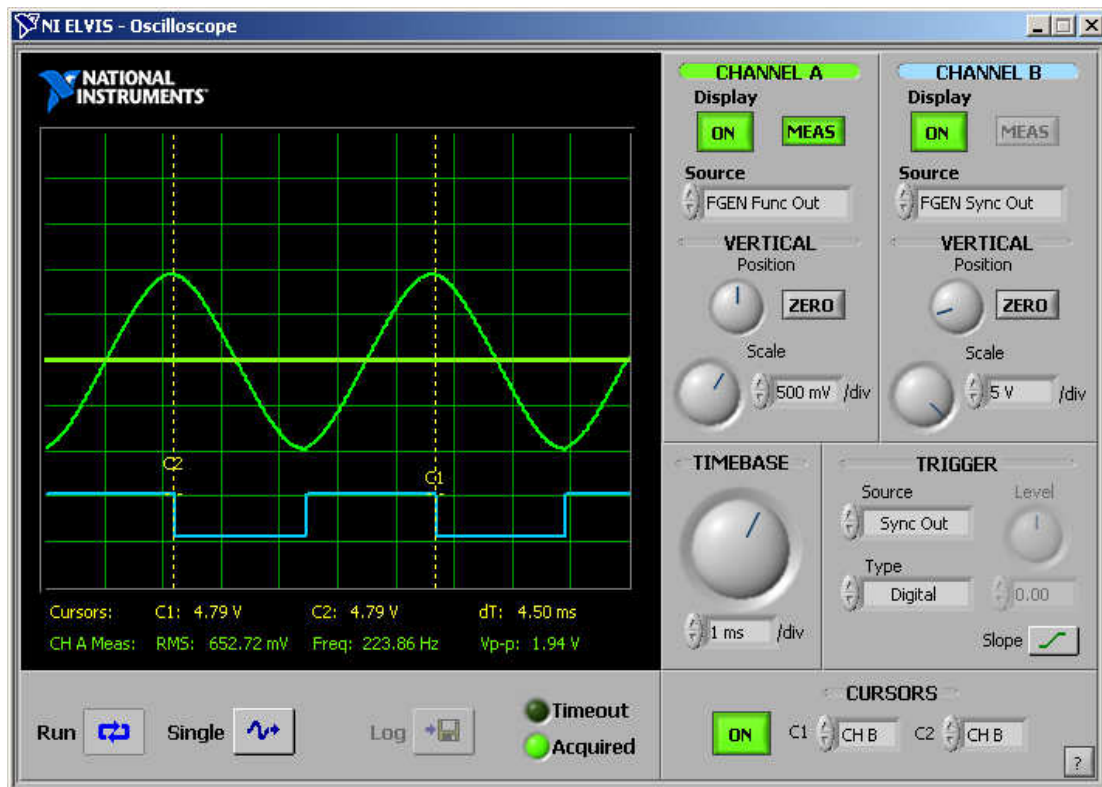


4. Divstaru digitālā osciloskopa VMI.

Funkcijas: - 2 neatkarīgi kanāli; diskrētā un analogā palaide; programmējama signālu komutācija, signālu amplitūdes un frekvences mērījumi; kursori; informācijas saglabāšana datnē;

Specifikācija:

- Precizitāte..... 16 biti
- Ieejas pretestība atkarīga no DAQ
- Maksimāla izšķirtspēja pa horizontāli atkarīga no DAQ
- Diapazons ± 10 V
- Ciparošanas ātrums kanālam 100 kHz – 500 kHz
- (atkarīgs no DAQ)
- Maksimālā caurlaides josla ieejā 10 kHz – 50 kHz
- (atkarīga no DAQ)
- Maksimāla izšķirtspēja pa vertikāli 16 biti
- (atkarīga no DAQ)



Attēls 6.
Divstaru digitālā osciloskopa VMI interaktīvais vadības panelis IVP.

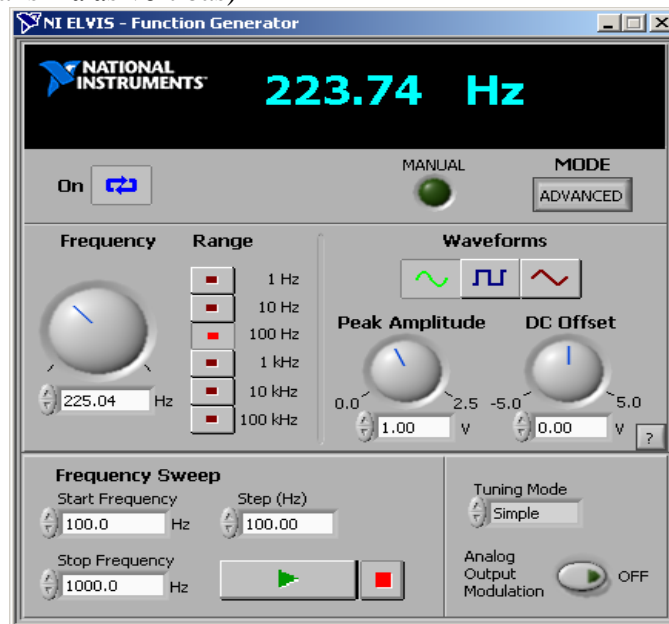


5. Funkcionālais signālu ģenerators.

Funkcijas: - rokas un programmētā vadība, signālu frekvences aptuvena un precizēta pieskaņošana, frekvences pārskatīšana, AM/FM modulācija signālu veidi: harmonisks, trīsstūra vai taisnstūra impulsi.

Specifikācija:

Frekvenču diapazons5 Hz – 250 kHz,
 (5 apakšdiapazoni)
 Programmvadāma frekvenču izšķirtspēja 0,8 %
 Frekvences iestatīšanas precizitāte3%
 (maksimāli no diapazona)
 Frekvences uzrādīšanas precizitāte.....±0,01%
 Izejas signāla amplitūda ±2,5 V
 Amplitūdas programmējama izšķirtspēja 8 biti
 Sprieguma nobīdes diapazons ±5 V
 Amplitūdas modulācijas spriegums 10 V
 (maks. vērtība)
 Amplitūdas modulācija..... līdz 100%
 Frekvences modulācijas spriegums 10 V
 (maks. vērtība)
 Amplitūdas raksturlienes nevienmērīgums
 līdz 50 kHz..... 0,5 dB
 līdz 250 kHz 3 dB
 Frekvences modulācija ±5%
 (maksimāli no skalas maksimālās vērtības)



Attēls 7.

Funkcionālā signālu ģenerators VMI interaktīvais vadības panelis IVP.



6. Brīvformas signālu ģenerators (darbstacijā).

Funkcijas: - rokas un programmētā vadība, signālu frekvences aptuvena un precizēta pieskaņošana, frekvences pārskatīšana, AM/FM modulācija, neatkarīgs no signālu ievada/izvada kartes DAQ.

Specifikācija:

- Izejas kanālu skaits: - 2
- Frekvenču diapazons - no 0 līdz 2 50 kHz
- Pilnas jaudas caurlaides josla - 27 kHz
- Izejas signāla amplitūda ± 10 V
- Kategorialitāte - 16 biti
- Izejas strāva (maksimums) - 25 mA
- Izejas pretestība - 1 Ω
- Izejas sprieguma izmaiņu ātrums - 1,5 V/mks



Attēls 8.

Brīvformas signālu ģenerators VMI interaktīvais vadības panelis.

7. Regulējami barošanas avoti ar VI funkcijām.

Pozitīvā līdzsprieguma bloks

- Izejas spriegums - 12 V
- Pulsācijas un trokšņi - 0,25%
- Programmvadāma izšķirtspēja - 7 biti
- Strāvas ierobežojumi. - 0,5 V pie 160 mA, 5 V pie 275 mA, 12 V pie 450 mA

Negatīvā līdzsprieguma bloks

- Izejas spriegums. -12 V
- Pulsācijas un trokšņi. 0,25%
- Programmvadāma izšķirtspēja - 7 biti
- Strāvas ierobežojumi - 0,5 V pie 160 mA, 5 V pie 275 mA, 12 V pie 450 mA



Attēls 9.

Regulējamie (manuāli un programmvadāmie) barošanas avoti ar VMI funkcijām



Līguma

Nr.:2006/02001/VPD1/ESF/PIAA/O6/APK/3.2.1./0007/0035

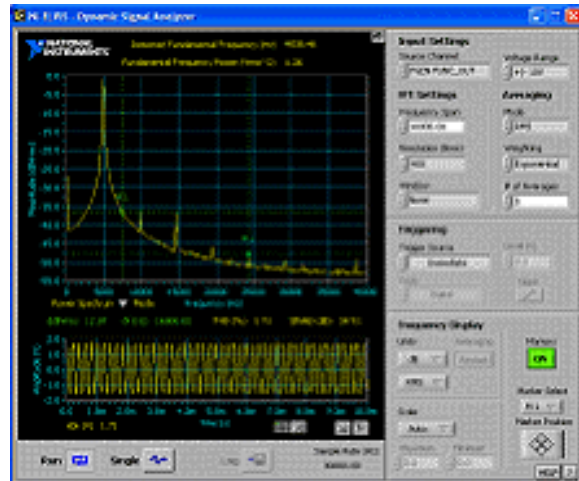
Līguma nosaukums: „Elektriķu apmācību programmu pilnveide Ventpils 20. arodvidusskolā”

8. Furjē frekvenču spektra analizators

Funkcijas: - izdarīt mērījumus, izmantojot programmatūrā iebūvētas signālu analīzes funkcijas, atbalstīt signālu filtrācijas un vidējošanas funkcijas, nelineāro kropļojumu koeficientu (THD un SINAD) mērījumi, datu savākšanas un kursoru izmantošanas procedūru sinhronizācija precīzos mērījumos.

Specifikācija:

- diapazons 10V,
- izšķiršana – 16 biti



Attēls 10.

Spektra analizatora VMI interaktīvais vadības panelis.

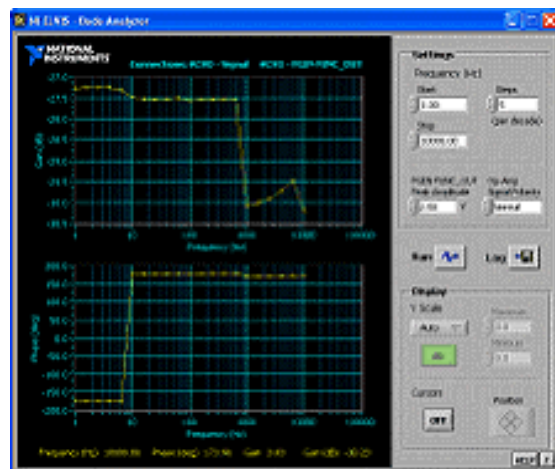
9. Amplitūdu-frekvenču raksturlīkņu (Bode) analizators

10. Fāzu-frekvenču raksturlīkņu (Bode) analizators

Funkcijas: nodrošināt AF un FF raksturlīkņu pētījumus un mērījumus, kas parastās mācību laboratorijās ar tradicionāliem mēraparātiem nav iespējami, bet veicami ar virtuāliem mērinstrumentiem; frekvenču diapazona un soļa izmaiņu kontrole; grafiku konstruēšana lineārā un logaritmiskā mērogā.

Specifikācija:

- Amplitūdu izšķirtspēja 16 biti
- Fāzu izšķirtspēja 1 grāds
- Frekvenču diapazons 5 Hz – 35 kHz



Attēls 11.

AFR/FFR (Bode) analizatora VMI interaktīvais vadības panelis.



11. Impedances (kompleksās pretestības) analizators;

Funkcijas: izmērīt elektrisko ķēžu pasīvo elementu pilnās, aktīvās un reaktīvās pretestības un konstruēt amplitūdu un fāzu diagrammas;

Specifikācija:

- frekvenču diapazons – 5Hz – 35 kHz.



Attēls 12.

Impedances analizatora VMI.
interaktīvais vadības panelis.

12. Divpolu (t.sk. - diodu) raksturlīkņu analizators.

13. Trīspolu (t.sk. - tranzistoru) raksturlīkņu analizators.

Funkcijas:

- izmantojot iespējas, kuras dod programmējamie līdzstrāvas un līdzsprieguma avoti, var veikt parametru un voltampēru raksturlīkņu mērījumus diodēm un tranzistoriem, precīziem mērījumiem izmantojot kursorus.

Specifikācijas:

- **Divpolu voltampēru raksturlīkņu analizators:**

Strāvas vērtību diapazons ± 10 mA

Izvērse sprieguma vērtību diapazons ± 10 V

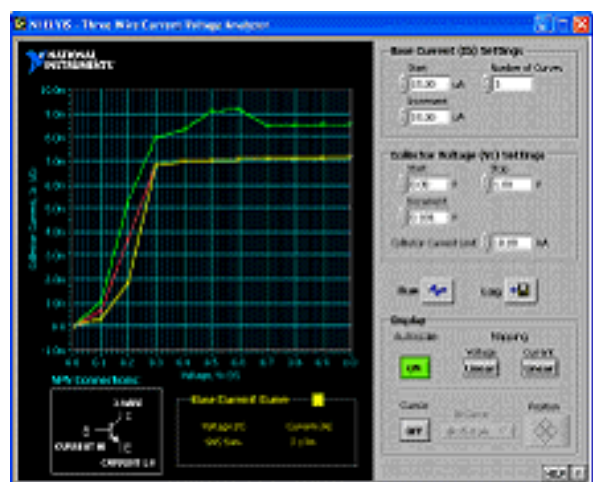
- **Trīspolu voltampēru raksturlīkņu analizators (n-p-n tranzistoriem)**

Bāzes strāvas mērīšanas

minimālais solis ± 15 μ A

Maksimālā kolektora strāva 10 mA

Maksimālais kolektora spriegums 10 V



Attēls 13.

Divpolu un trīspolu raksturlīkņu
analizatoru VMI IVP.



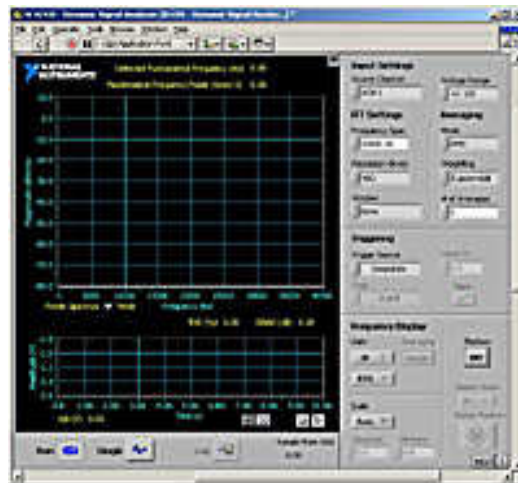
14. Dinamisku signālu analizators

Funkcijas:

Dinamisko signālu analizators izmanto signālu ievada/izvada kartes analogo ieeju, lai veiktu mērījumus. Šis virtuālais instruments izmanto daudzpusīgās un plašās LabVIEW funkcionālās analīzes iespējas, lai veiktu signālu datu pilnu funkcionālu DSA analīzi. DSA rada dažādas datu filtrācijas un izvēles iespējas.

Specifikācija:

Ieejas signālu diapazons ± 10 V,
(4 apakšdiapazoni)
Ieejas izšķirtspēja 16 biti



Attēls 14

Dinamisku signālu analizatora VMI .
interaktīvais vadības panelis.

15. Ciparsignālu Ierakstītājs (analizators)

Funkcijas:

- ērts virtuālais instruments, lai veiktu ciparsignālu ierakstīšanu un nolasīšanu, ciparsistēmu vadību un analīzi, kā arī izpildītu uz NI ELVIS maketēšanas plates samontēto shēmu vadības funkcijas. VI Lietotājs var ievadīt datus binārā, astotnieku, sešpadsmitnieku un decimālā formātos.

Specifikācija:

Izšķiršanas spēja – 8 biti



Attēls 15

Diskreto signālu analizatora VMI
interaktīvais vadības panelis.



1.3. NI ELVIS virtuālo mērinstrumentu un to interaktīvo vadības panelu pielietošanas piemēri skolnieku darba burtnīcās

Darba burtnīca 1. Mērījumi līdzstrāvas ķēdēs.

Līdzstrāvas elektrisko shēmu prototipu izveide ELVIS darba vidē un elektronisko komponentu parametru un raksturliķņu mērīšana ar virtuāliem mērinstrumentiem.

..© 2007 National Instruments Corporation..

Vārds: _____ ID nummurs: _____ Klase, grupa: _____

Darba mērķis.

Laboratorijas darbā jūs iepazīsities ar **NI ELVIS darbstaciju** un veiksiet dažādu elektronisko shēmu komponentu parametru mērījumus. Pēc tam jūs izveidosiet uz maketēšanas plātes virkni shēmu, kuru darbību analizēsiet ar kompleksa **NI ELVIS virtuālo mērinstrumentu interaktīvo vadības paneli (IVP)** vadīklu palīdzību. Darbā tiek demonstrēta arī **NI ELVIS** izmantošana kopā ar **VMI** izstrādes vidi **NI LabVIEW**.

Darbā izmantojamie virtuālo mērinstrumentu interaktīvie vadības paneli (IVP)

Digitālais ommetrs **DMM[Ω]**, digitālais kapacitātes mērītājs **DMM[C]** un digitālais voltmetrs **DMM[V]**.

Darbā izmantojamie komponenti.

Rezistors R1 ar nominālo pretestību 1 kOm (šeit un turpmāk tiek uzrādīti elementu krāsu kodi.

Rezistora **R1** krāsu kodējums: brūns, melns, sarkans);

Rezistors R2 ar nominālo pretestību 2,2 kOm (sarkans, sarkans, sarkans);

Rezistors R3 ar nominālo pretestību 1 MOm (brūns, melns, zaļš);

Kondensators C ar kapacitāti 1 mKF.

Literatūra:

1. NI ELVIS User Manual.

2, Dr. Barry Paton. Teaching Design Concepts with NI ELVIS.

3. NI ELVIS Online Help.



Darblapa 1-1: Elektronisko shēmu komponentu parametru mērīšana

© 2007 National Instruments Corporation

Vārds: _____ ID nummurs: _____ Klase, grupa: _____

1. NI ELVIS virtuālā mērinstrumenta interaktīvais vadības paneļa inicializācija.

Pieslēdziet divus vadu vienpola savienotājus (banāna tipa) **DMM** strāvas ievadiem uz darbstacijas frontālā paneļa. Abus pārējos vadu galus pievienojiet vienam no rezistoriem. Ieslēdziet **NI ELVIS** programmu. Pēc inicializācijas uz datora monitora ekrāna parādīsies ar **LabVIEW** izveidotais virtuālā mērinstrumenta interaktīvais vadības panelis (IVP).



Attēls.1.
NI ELVIS virtuālo mērinstrumentu
bāzes komplekta starta palete.

Izvēlieties no virtuālo mērinstrumentu starta paletes **Digital Multimeter**.



2. Komponentu parametru mērīšana ar DMM [X]



Attēls 2.

Digitālā multimetra **DMM** interaktīvais vadības panelis (**IVP**)

IVP **Digital Multimeter** var izmantot daudzu mērīšanas uzdevumu risināšanā. Šajā darba burtnīcā ar **DMM[X]** apzīmēsim parametra **X** mērīšanas uzdevumu.

Lai izmantotu digitālā ommetra pretestības mērīšanas funkciju **DMM[Ω]**, nospiediet pogu [Ω]. Izmēriet rezistoru **R1, R2** un **R3** pretestību skaitliskās vērtības.

Nospiediet pogu [-] un izmantojot tos pašus savienojumu vadus izmēriet kondensatora **C** kapacitāti ar funkcijas **DMM[C]** palīdzību. Aizpildiet tabulu:

R1, Om		Nomināls 1 kOm
R2, Om		Nomināls 2,2 kOm
R3, Om		Nomināls 1 Mom
C*, mkF		Nomināls 1 mkF

Norāde:

Izdarot mērījumus ar elektrolītisko kondensatoru, pārliecinieties, ka kondensatora pozitīvais kontakts savienots ar **DMM** pozitīvo strāvas ievadu un pēc tam nospiediet spiedpogu “**electrolytic**” režīmā **DMM[C]**.



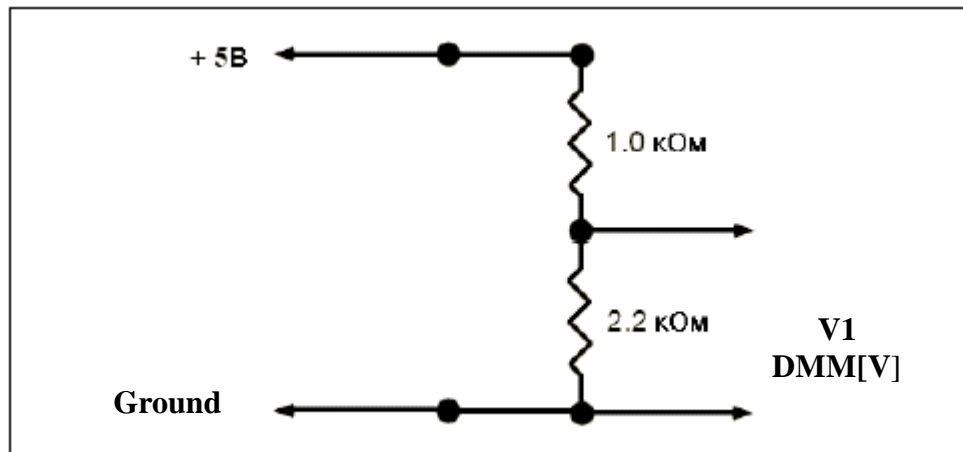
Darblapa 1-2: Sprieguma dalītāja shēmas izveidošana uz ELVIS darbstacijas maketēšanas plates.

© 2007 National Instruments Corporation

Vārds: _____ ID nummurs: _____ Klase, grupa: _____

1. Sprieguma dalītāja shēmas izveide.

No diviem rezistoriem **R1** un **R2** izveidojiet uz NI ELVIS darbstacijas maketēšanas plates sprieguma dalītāja shēmu:



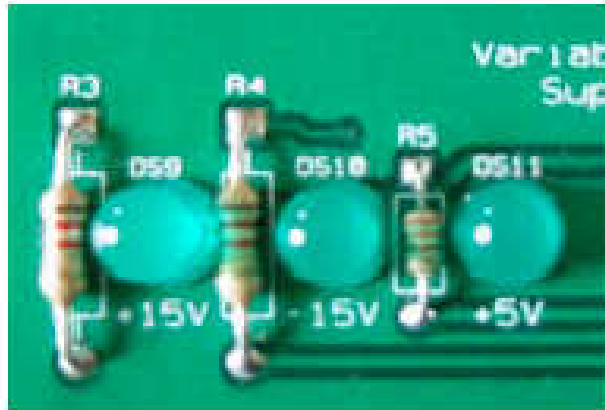
Attēls 3.
Sprieguma dalītāja shēma.

Ieejas spriegumu **V0** shēmai pievieno no kontakta [+5 V], bet kopējo vadu pieslēdz NI ELVIS darbstacijas kontaktam [Ground] (**Zeme**). Izejas vadus pieslēdz DMM sprieguma mērīšanas ieejām (**HI**) un (**LO**) uz NI ELVIS darbstacijas frontālā paneļa.

Norāde:

NI ELVIS darbstacijai ir vairāki sprieguma un impedances/strāvas mērījumu veikšanai paredzēti pieslēguma varianti (sk. p.1.1. “NI ELVIS darbstacijas lietotāja metodiskais palīgīdzeklis”).

Pārbaudiet shēmu un ieslēdziet maketēšanas plates barošanas spriegumu ar slēdzi **Power**, pārslēdzot to augšējā stāvoklī. Pēc tam jāiedegas gaismas diodu indikatoriem **+15V**, **-15V** un **+5V**.



Attēls 4.
Gaismas diožu indikācija barošanas
avotiem +15V, -15V un +5V.

Norāde:

Ja kāda iemesla dēļ viens no indikatoriem neiedegas, bet pārējie indikatori deg, tad ir iespējams, ka pārdedzis šīs līnijas drošinātājs darbstacijas aizsardzības blokā. Par to, kā nomainīt drošinātāju, jūs variet izlasīt **Pielikumā B** lietotāja instrukcijā **NI ELVIS User Manual**.

2. Mērījumi un rezultātu apstrāde.

Savienojiet ar vadiem uz darbstacijas digitālā multimetra **DMM** ieejas kontaktus, ar sprieguma avota izeju **V0** un izmēriet spriegumu ar IVP **DMM[V]** palīdzību. No elektrisko ķēžu teorijas ir zināms, ka spriegumu **V1** var aprēķināt pēc formulas

$$V1 = R2 / (R1 + R2) \times V0.$$

Izmantojot izmērītās **R1**, **R2** un **V0**, vērtības, aprēķiniet **V1**.

Pēc tam ar **IVP DMM[V]** palīdzību izmēriet reālo spriegumu **V1**.

V1 (aprēķinātais, V) _____ **V1** (izmērītais, V) _____

Novērtējiet atbilstību starp izmērīto un aprēķināto sprieguma **V1** vērtībām.



Darblapa 1-3. Līdzstrāvas mērīšana ar virtuālo mērinstrumentu DMM[A].

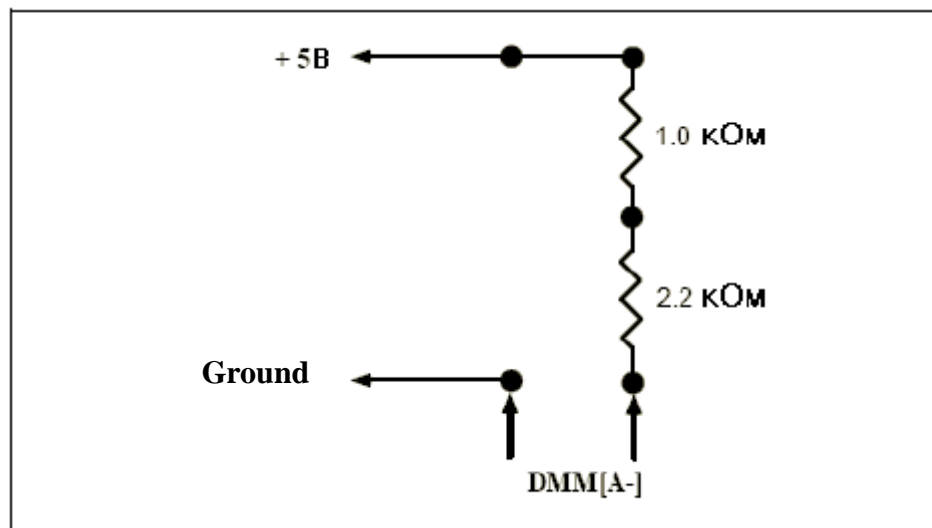
© 2007 National Instruments Corporation

Vārds: _____ ID nummurs: _____ Klase, grupa: _____

No **Oma likuma** izriet, ka strāvu **I**, kas plūst attēlā 3 parādītajā shēmā, var aprēķināt pēc formulas
 $I = V1/R2$.

Respektīvi, - izmērot parametru **V1** un **R2** skaitliskās vērtības var aprēķināt strāvu **I**.

Veiksim tiešos ķēdes parametru mērījumus. Pieslēgsim pievadus DMM[A] strāvas (**Current**) ieejas kontaktiem **HI** un **LO** uz darbstacijas frontālā paneļa. Pārējos pieslēgumus jāizpilda atbilstoši shēmai attēlā 5.



Attēls 5.
Strāvas mērīšanas shēma ar DMM[A]

Ieslēdziet funkciju **DMM[A]** uz digitālā multimetra interaktīvās vadības paneļa IVP un izdariet strāvas mērījumu.

I (aprēķinātā vērtība, A) _____; **I** (izmērītā vērtība, A) _____

Salīdziniet un izvērtējiet atšķirību starp strāvas **I** izmērīto un aprēķināto vērtībām.



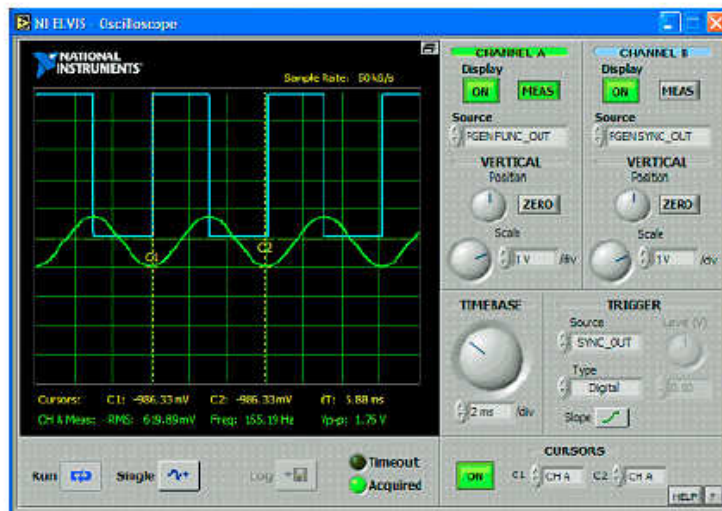
Darba burtnīca 2.

Mērījumi maiņstrāvas ķēdēs. Maiņstrāvas ķēžu pētīšana ar NI ELVISvirtuāliem mērinstrumentiem

© 2007 National Instruments Corporation

Vārds: _____ ID nummurs: _____ Klase, grupa: _____

Lielākā elektronisko shēmu daļa darbojas ar maiņstrāvu. Tāpēc mūsu iespējas projektēt un izstrādāt labas kvalitātes elektroniskās shēmas ir tiešā atkarībā no frekvenču raksturojumu, komponentu parametru mērīšanas un īpašību uzskatāmas attēlošanas (vizualizācijas) izpētes līdzekļiem. Ja mūsu rīcībā ir kvalitatīvi izpētes līdzekļi, tad pat ar nelielām zināšanām shēmtehnikā ir iespējams jebkurai shēmai uz iedarbi (ieejas signālu) iegūt optimālu atsauci (izejas signālu).



Attēls 6.

Digitālā divstaru osciloscopa **OSC** interaktīvais vadības panelis **IVP**.

Darba mērķis.

Sinī laboratorijas darbā jūs iepazīstieties NI ELVIS virtuālajiem instrumentiem, kurus izmanto maiņstrāvas elektrisko ķēžu pētīšanai: digitālo multimetru **DMM**, funkcionālo ģeneratoru **FGEN**, osciloskopu **OSC**, impedances (kompleksās pretestības) analizatoru **IA** un Bode analizatoru **BodeA**.

Darbā izmantojamie interaktīvie vadības paneļi (IVP).

Digitālais multimetrs **DMM**, funkcionālais ģenerators **FGEN**, divstaru digitālais osciloskops **OSC**, impedances analizators **IA** un Bode analizators **BodeA**.

Darbā izmantojamie shēmu komponenti

Rezistors **R** ar nominālo pretestību 1 k Ω m (brūns, melns, sarkans).

Kondensators ar kapacitāti 1 m μ F.

Literatūra:

1. NI ELVIS User Manual.
- 2, Dr. Barry Paton. Teaching Design Concepts with NI ELVIS.
3. NI ELVIS Online Help.



Darblapa 2-1. Maiņstrāvas shēmu komponentu parametru skaitlisko vērtību mērījumi.

© 2007 National Instruments Corporation

Vārds: _____ ID nummurs: _____ Klase, grupa: _____

Ieslēdziet **NI ELVIS** un uz **VMI** starta paneļa izvēlieties funkciju **Digital Multimeter**.

Vispirms izmantojiet funkciju **DMM[Ω]**, lai izmērītu rezistora pretestību **R**, bet pēc tam – funkciju **DMM[C]** kondensatora **C** kapacitātes izmērīšanai.

Aizpildiet sekojošu tabulu.

Rezistors **R** _____ Om (nomināls 1kOm);

Kondensators **C** _____ μF (nomināls 1 μF).

Izslēdziet **DMM**.

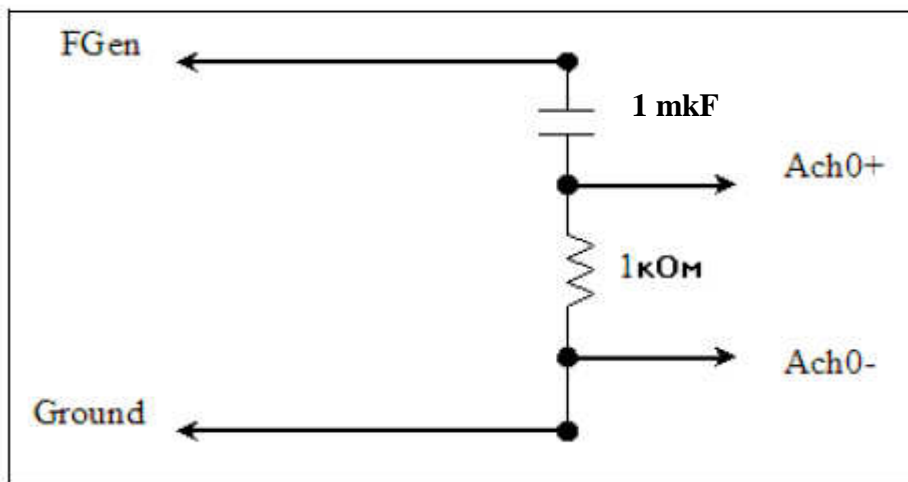
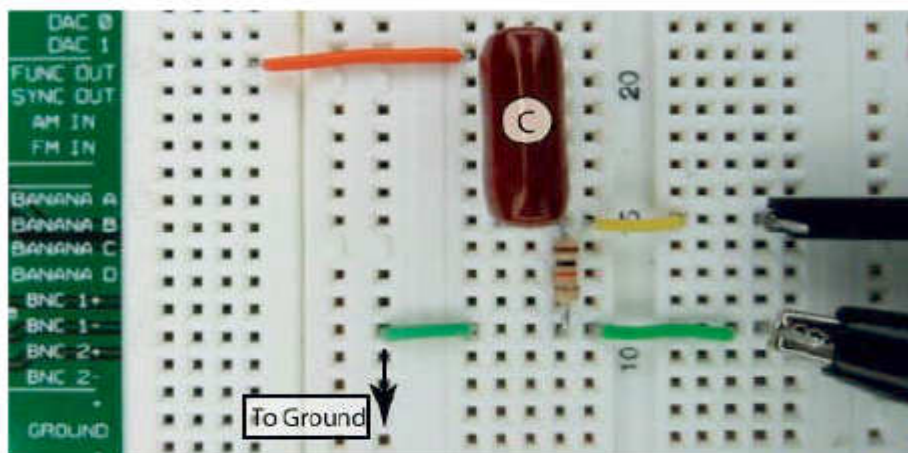


Darblapa 2-2. Maiņstrāvas RC virknes slēguma ķēdes izpēte.

© 2007 National Instruments Corporation..

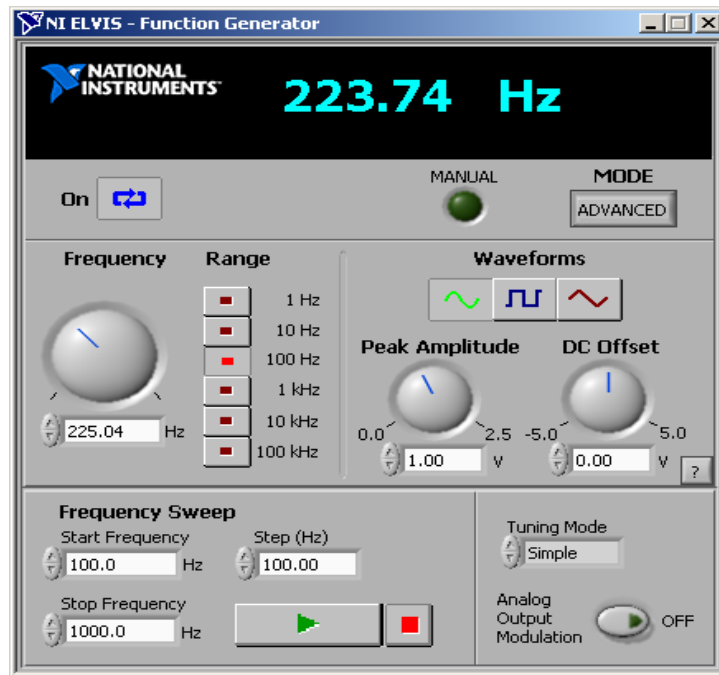
Vārds: _____ ID nummurs: _____ Klase, grupa: _____

Saslēdziet uz NI ELVIS darbstacijas maketēšanas paneļa sprieguma dalītāja shēmu, sastāvošu no kondensatora 1 m μ F un rezistora 1 k Ω m. Iegūtās RC ķēdes ieejas savienojiet ar kontaktiem [FGEN] un [Ground].



Attēls 7.
RC ķēdes izpētes shēma.

Kā ieejas signāla avots maiņstrāvas RC ķēdē tiek izmantots funkcionālais ģenerators. Mēs to izmantosim arī RC ķēdes testēšanai. No NI ELVIS starta paletes izvēlnes izvēlamies funkciju **Function Generator**.

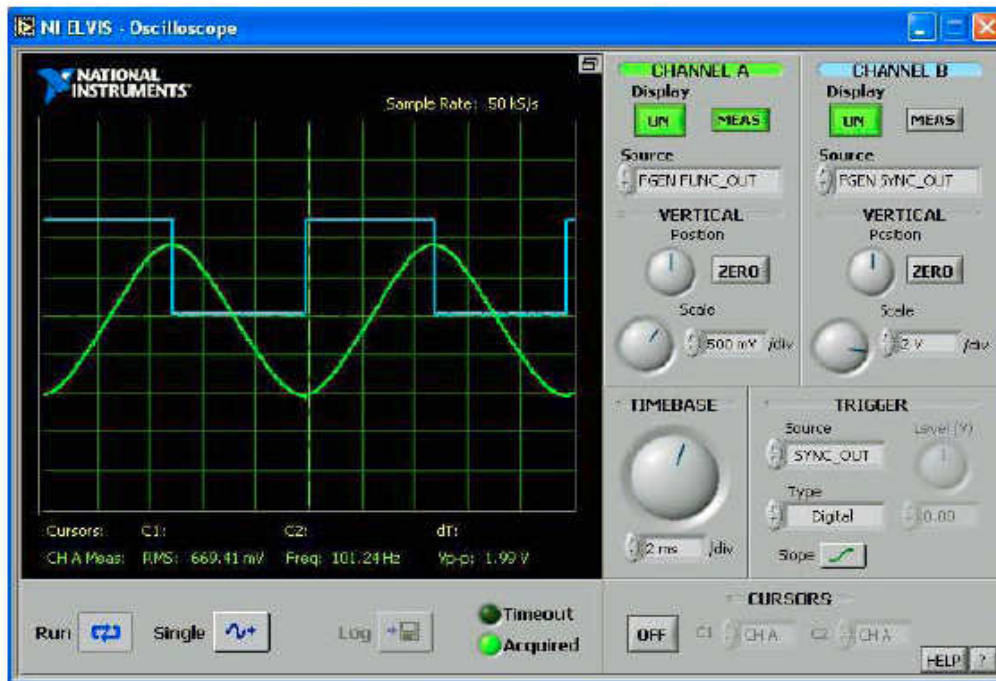


Attēls 8.
Funkcionālā ģenerators FGEN IVP.

Virtuālā mērinstrumenta **VMI** interaktīvais vadības panelis **IVP FGEN** nokomplektēts ar parastajiem vadības elementiem - vadīklām **Frequency**, **Peak Amplitude**, **DC Offset**, pārslēdzēm u.c.. Visi šie **VMI IVP** elementi tiek dublēti uz darbstacijas frontālā paneļa (sk. p..1.1. **NI ELVIS darbstacijas lietotāja palīglīdzeklis**). Lai pārslēgtu funkcionālā ģenerators vadību no **IVP** uz darbstacijas frontālo paneli, slēdzis **MODE** jāpārslēdz stāvoklī **MANUAL** (rokas vadība).

Norāde.

Ievadīt maiņstrāvas signālā līdzsprieguma komponentu (nobīdi) var ar **IVP** funkcijas **FGEN** palīdzību. Signālu analīzei **RC** ķēdē izmantosim osciloskopu. Izvēlieties **NI ELVIS** virtuālo instrumentu starta paletē funkciju **Oscilloscope**.



Attēls 8.
Osciloskopa IVP OSC.

IVP Oscilloscope ir līdzīgs parastā osciloskopa vadības panelim. Tomēr ir atšķirības, jo ir iespējams automātiski ievadīt signālus no dažādiem avotiem.

Ieejiet izkrītošā izvēlnē **CHANNEL A Source** un apskatiet iespējamo avotu sarakstu kanālam A:
**BNC/Board CH A, ACH0, ACH1, ACH2, ACH5,
FGEN_FUNC_OUT, FGEN_SYNC_OUT un DMM Voltage**

Izvēlieties vadības elementu opcijas **Source** Channel A (kanālam A), **Source** Channel B (kanālam B), **TRIGGER** (trīgeris), **TIMEBASE** (laika izvērse) atbilstoši parādītajiem attēlā 8. Pie šādiem iestatījumiem **kanālā A** būs redzams funkcionālā ģeneratora signāls, bet **kanālā B** būs novērojams šī paša ģeneratora TTL sinhronizācijas signāls **SYNC_OUT** un abi signāli būs sinhronizēti ar signālu **SYNC_OUT**. Parliecinieties, ka esat nospieduši pogu **Run** abos **IVP - FGEN** un **OSC**. Pagroziet funkcionālā ģeneratora vadīklas (virtuālo uz IVP un /vai reālo uz darbstacijas frontālā paneļa) un novērojiet grafika izmaiņas osciloskopa IVP logā. Ar osciloskopu ir iespējams izmērīt dažādus signālu parametrus, piemēram, - frekvenci, amplitūdas maksimumu u.c.. Šī iespēja ir aktivizējama nospiežot pogu **MEAS** katram kanālam. Mērījumu rezultātus var nolasīt osciloskopa ekrāna apakšējā daļā.

Lai veiktu amplitūdu un laika parametru mērījumus, ir iespējams aktivizēt A un B kanālu kursoru pāri. Pēc tam pievienojiet BNC konektoru **SCOPE CH B** rezistoram ar nominālo pretestību 1 kOm.

Norāde.

Šim nolūkam var izmantot **kanāla B** ieejas kontaktus uz maketēšanas plates ar apzīmējumiem **Oscilloscope CH B+** un **CH B-**.



Līguma

Nr.:2006/02001/VPD1/ESF/PIAA/O6/APK/3.2.1./0007/0035

Līguma nosaukums: „Elektriķu apmācību programmu pilnveide
Ventspils 20. arodividusskolā”

Pēc tam jūs varēsiet novērot ieejas signālu **kanālā A** un **RC ķēdes** izejas signālu **kanālā B**. Trigera lomu joprojām izpilda sinhronizācijas signāls **SYNC_OUT** no funkcionālā ģenerators, kas ģenerē harmoniskā signāla oscilogrammu. Signāla amplitūdas **kanālā B** attiecība pret signāla amplitūdu **kanālā A** parāda shēmas pastiprināšanas koeficientu attiecīgajā signāla frekvencē. Tā kā pasīvajā RC ķēdē pastiprinājuma nav, bet ir signāla vājinājums, tad pastiprinājuma koeficients ir mazāks par 1. Apskatot oscilogrammas dažādās frekvencēs, jūs iegūsiet priekšstatu par RC ķēdītes kā visvienkāršākā pasīva filtra amplitūdas–frekvences raksturliķni (AFR).

Paaugstinātas grūtības uzdevums

Atrodiet frekvenci, pie kuras pastiprinājuma koeficients līdzinās $1/\sqrt{2}$. Izmēriet uz osciloskopa ekrāna fāzu nobīdes leņķi starp signāliem kanālos A un B. šajā frekvencē.

Uzzīmējiet signālu vektoru diagrammu un izvērtējiet sakarību starp fāzu nobīdes leņķi starp signāliem kanālos A un B un šo signālu vektoru fāzu nobīdes leņķiem.

Izslēdziet funkcionālo ģeneratoru un osciloskopu.



Darblapa 2-3. RC ķēdes AFR/FFR mērīšana ar Bode analizatoru.

© 2007 National Instruments Corporation..

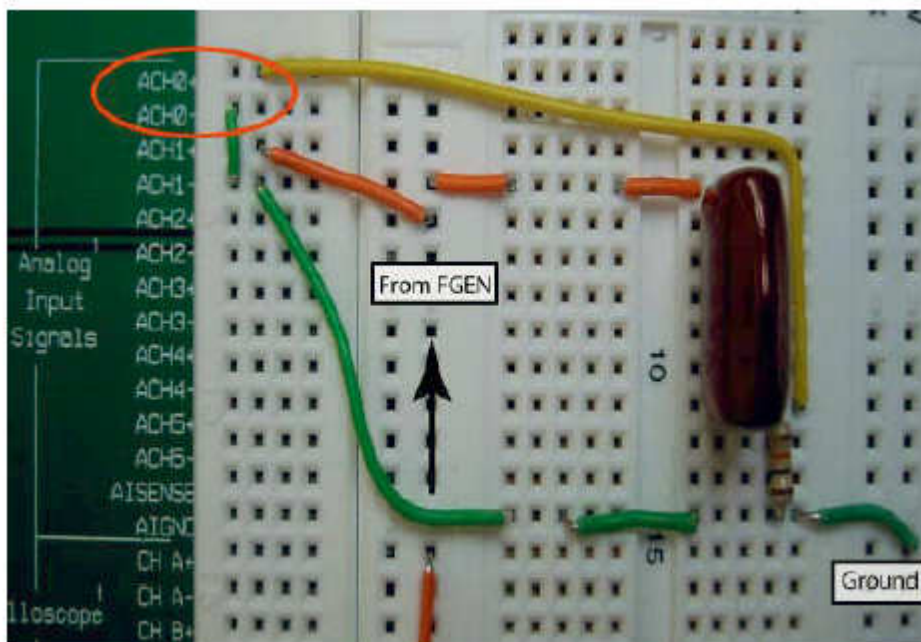
Vārds: _____ ID nummurs: _____ Klase, grupa: _____

Ar **Bode analizatoru** iegūtās raksturlīknes ir ļoti ērts frekvenču raksturliņņu grafiskais formāts maiņstrāvas ķēdēm. Amplitūdas–frekvences raksturlīkne (AFR) – tā ir izteikta decibelos ķēdes pastiprināšanas koeficienta atkarība no frekvences decimālā logaritma. Fāzes-frekvences raksturlīkne (FFR) – tā ir starpības starp ieejas un izejas signālu fāzēm atkarība no frekvences decimālā logaritma.

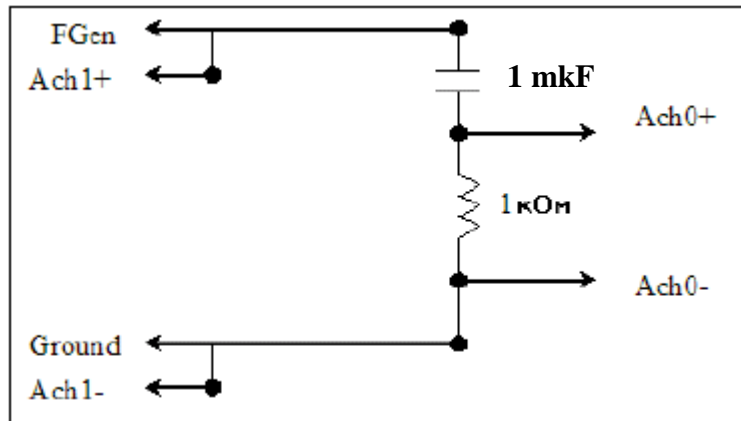
Izvēlieties funkciju **Bode Analyzer** NI ELVIS virtuālo instrumentu starta izvēlnē.

Bode Analizators dod iespēju smaiņīt frekvenci visā diapazonā no sākuma līdz beigu frekvencei ar soli ΔF . Jūs variet izvēlēties arī testējošā sinusoidālā signāla amplitūdu. Bode analizatorā izmanto **IVP Function generator** testēšanas oscilogrammas izveidei. Izejas spaiļes **FGEN** jāsavieno ar pētāmās shēmas ieeju un ar kontaktiem **ACH1**. Signāls no shēmas izejas tiek pieslēgts kontaktiem **ACH0**. Papildinformāciju var izlasīt, nospiežot pogu [**HELP**] Bode Analyzer loga labējā apakšējā stūrī.

Saslēdziet no jauna RC ķēdi uz NI ELVIS darbstacijas maketēšanas plates atbilstoši attēlam un izdriet augstāk aprakstītos pieslēgumus.

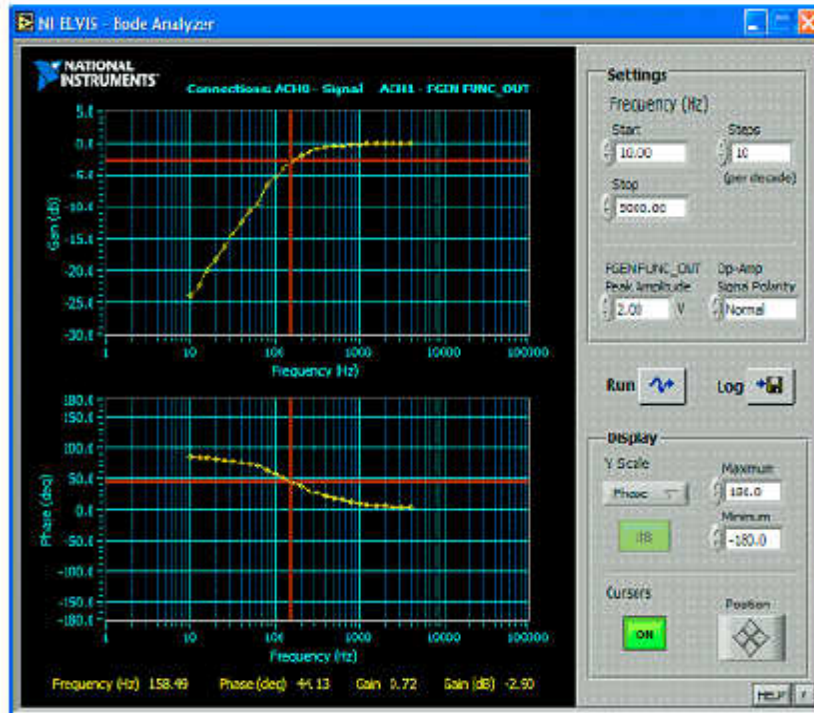


Attēls 9.
AFR/FFR mērīšana RC ķēdē uz maketēšanas plates.



Attēls 10.
AFR/FFR mērīšanas shēma RC ķēdē

Pārbaudiet shēmas savienojumu atbilstību attēliem 9 un 10 un nospiediet pogu **Run**.



Attēls 11.
Bode analizatora IVP AFR/FFR mērīšanai

Izmantojiet opciju no izvēlnes **Display**, lai izvēlētos attēla formātu un kursorus frekvenču raksturlielņu skaitlisko vērtību nolasišanai.

Piebilde. Frekvence, pie kuras signāla amplitūda samazinās līdz - 3 dB, atbilst frekvencei, pie kuras fāzu nobīde (starpība) līdzinās 45 grādiem.



Līguma

Nr.:2006/02001/VPD1/ESF/PIAA/O6/APK/3.2.1./0007/0035

Līguma nosaukums: „Elektriķu apmācību programmu pilnveide
Ventpils 20. arodividusskolā”

Mērījumu rezultātu dokumentēšana.

Abi IVP – Oscilloscope un Bode Analyzer – satur spiedpogu **Log**. Nospiežot šo pogu, grafikos attēlotie dati tiks ierakstīti teksta datnē un datora cietajā diskā. Šos datus var turpmāk izmantot pētījumos ar datorprogrammām Excel, LabVIEW, DIAdem vai ar citu datu apstrādes datorprogrammu palīdzību.

11/07/2003	4:09 PM
Amplitude: 2.00 V	
Frequency (Hz), Gain (dB), Phase (deg)	
5.000,	-11.313, 73.929
6.295,	-9.341, 69.780
7.924,	-7.661, 65.278
9.976,	-6.104, 60.025
12.559,	-4.649, 54.057
15.811,	-3.507, 48.012
19.905,	-2.504, 41.384
25.059,	-1.735, 34.955
31.548,	-1.177, 29.064
39.716,	-0.779, 23.805
50.000,	-0.512, 19.374
62.946,	-0.292, 14.617
79.245,	-0.195, 11.932
99.763,	-0.122, 9.445

Attēls 12.

AFR/FFR mērījumu rezultātu tabulas piemērs.

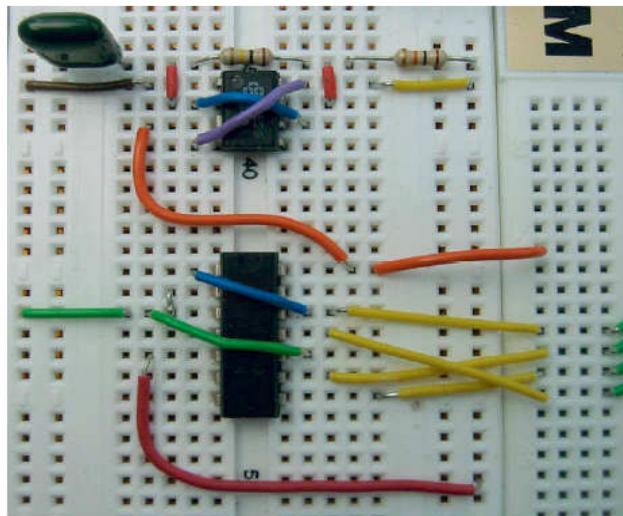


Darba burtnīca 3. Ciparsignālu ievada/izvada iekārtas. Pētījumi ar NI ELVIS virtuāliem mērinstrumentiem

© 2007 National Instruments Corporation..

Vārds: _____ ID nummurs: _____ Klase, grupa: _____

Ciparu elektronika ir mūsdienu datortehnoloģiju pamats. Lai pareizi diagnosticētu ciparshēmas, nepieciešams ierakstīt un nolasīt ciparsignālus un analizēt ciparsignālu pārvades līniju stāvokli.



Attēls 13.
Ciparsignālu ievada/izvada pētījumi uz NI ELVIS
darbstacijas maketēšanas paneļa

Darba mērķis.

Darba burtnīcā galvenā vērtība tiek piegriezta NI ELVIS instrumentiem, paredzētiem darbam ar ciparsignāliem. Šie instrumenti tiks izmantoti dažādu ciparshēmu darbības izpētei, piemēram, - taktimpulsu ģenerators un loģisko stāvokļu analīzes shēmām.

Darba burtnīcā izmantojamie interaktīvie vadības paneļi.

Ieraksta IVP ciparsignālu līnijās **Digital Writer**, nolasīšanas IVP no ciparsignālu līnijām **Digital Reader**, funkcionālā ģenerators IVP FGEN (TTL izejas), osciloskopa IVP OSC.

Darba burtnīcā izmantojamie shēmu komponenti.

Rezistors **RA** ar nominālo pretestību 10 kOm (brūns, melns, oranžs);
Rezistors **RB** ar nominālo pretestību 100 kOm (brūns, melns, dzeltens);
Kondensators **C** ar kapacitāti 1 mKf;
Integrālais taimeris **555**
4-bitu binārais skaitītājs **7493**

Literatūra:

1. NI ELVIS User Manual.
- 2, Dr. Barry Paton. Teaching Design Concepts with NI ELVIS.
3. NI ELVIS Online Help.



Darblapa 3-1. Ciparsignālu vizualizācija.

© 2007 National Instruments Corporation..

Vārds: _____ ID nummurs: _____ Klase, grupa: _____

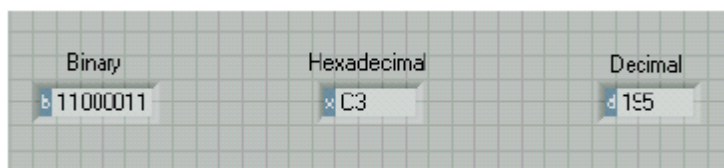
NI ELVIS maketēšanas plate satur komplektu ar astoņām zaļām gaismas diodēm, kuru kontakti apzīmēti ar **LED <0–7>**. Diodes var izmantot kā ciparsignālu līniju loģisko stāvokļu indikatorus (ieslēgts = ciparsignāla augstais līmenis, izslēgts = zemais līmenis). Šīnī darblapā gaismas diožu indikatori jāsavieno ar 8 bitu paralēlo izejas kopni, kuras konaktu komplekts ir ar apzīmējumiem **Write <0–7>**. Piemēram, **0 bita** līniju apzīmē ar **Write<0>** un pievieno kontaktam **LED<0>**, utt.. Savienojumam vajadzīgs tikai 1 vads, jo iezemējumi ir savienoti NI ELVIS. darbstacijas iekšējā shēmā.

Izvēlieties funkciju **Digital Writer** (ieraksts ciparu līnijās) no NI ELVIS virtuālo instrumentu starta izvēlēlnes. Iniciēsies logs ar ciparu līniju vadības elementiem Šīnī logā var uzdot augsto (HI) vai zemo (LO) sprieguma līmeni līnijās, kā arī , kā arī iestatīt tās sākuma (starta) stāvoklī.



Attēls 14.
Ciparlīniju ierakstītāja **Digital Writer IVP**

Ciparsignālu līnijās ierakstāmie biti (**Digital Output – DO**) tiek apzīmēti ar cipariem no kreisās puses uz labo no 0 līdz 7 sadļā **Manual Pattern**. Nospiežot vertikālos pārslēdzus ir iespējams iestatīt katra bita stāvokli. Summā šie 8 biti veido vienu baitu, kurš tiek attēlots indikatorā virs pārslēdzēm. Ispējama indikācija dažādos formātos – binārā, sešpadsmitnieku, decimālā. Uzklīkšķinot ar peles pogu indikatora pelēkajā lauciņā, var pārslēgt indikācijas formātus.



Attēls 15.



Līguma
Nr.:2006/02001/VPD1/ESF/PIAA/O6/APK/3.2.1./0007/0035
Līguma nosaukums: „*Elektriķu apmācību programmu pilnveide
Ventpils 20. arovidusskolā*”

Ciparu kodu nolasīšana.

Pēc tam, kad ir uzdots ciparu kods, nospiediet pogu **Write** (ar zaļu bultiņu) koda nosūtīšanai uz paralēlām izejas līnijām **Write lines <0-7>**, kuras savukārt nosūtīs to uz gaismas diožu indikatoriem.

Norāde.

Var iestatīt vienreizēju vai nepārtrauktu ieraksta režīmu (**Mode**) ciparu līnijās.

Nepārtrauta ieraksta režīmā koda atjaunošana nekavējoši izsauc stāvokļa atjaunošanu ciparu līnijās. Ievadītais kods attēlosies ar gaišzilām gaismas diodēm uz līniju stāvokļa indikatoriem **Bus State** uz **IVP**. Bināro kodu uz **IVP** sadaļā **Action** var invertēt (**Toggle**), cikliski nobīdīt (**Rotate**), loģiski nobīdīt (**Shift**) uz labo vai kreiso pusi.

Nospiežot pogu **Stop** (ar sarkanu kvadrātiņu) līniju stāvokļa atjaunošana tiek pārtraukta.

Ciparu shēmu pārbaudes nolūkā visbiežāk izmanto dažus bināros kodus. Lai apskatītu uz **IVP** pieejamos kodu šablonus, nospiediet pārslēdzi **Pattern** (šablons).

Manual Jebkura 8 bitu koda ielāde;

Ramp (0-255) Datorinstrukcija **INC**

Alternating 1/0's Datorinstrukcija **INVERT**

Walking 1's Datorinstrukcija **SHIFT LEFT LOGIC**

Izmēģiniet dažādus režīmus!

Izslēdziet IVP Digital Writer (ieraksts ciparu līnijās)

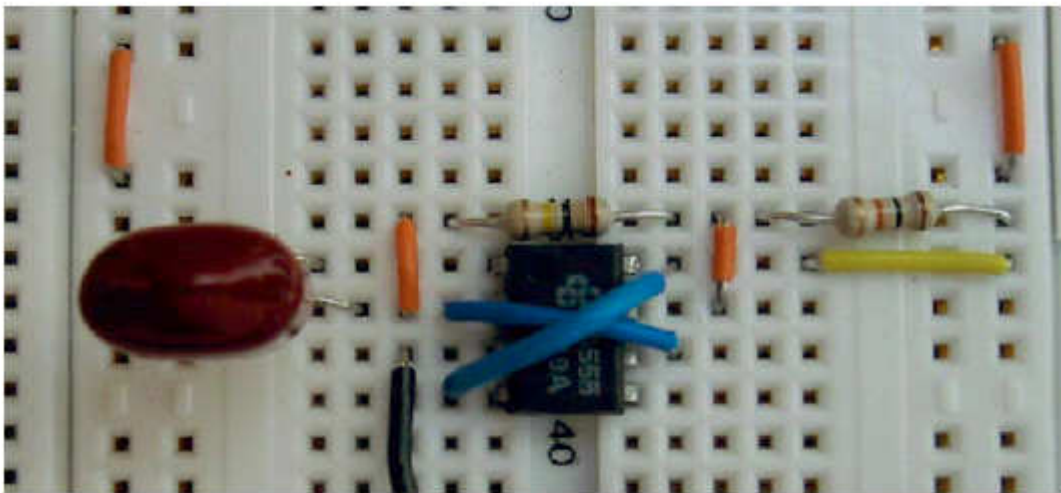


Darblapa 3-2. Taktimpulsu avota shēma uz integrālā taimera 555 bāzes.

© 2007 National Instruments Corporation..

Vārds: _____ ID nummurs: _____ Klase, grupa: _____

Šinī darblapā tiek izmantota **Taimer 555** mikroskāma kopā ar rezistoriem **RA, RB** un kondensatoru **C** taktimpulsu avota izveidei.



Attēls 16.
Taktimpulsu avota shēma uz maketēšanas paneļa.

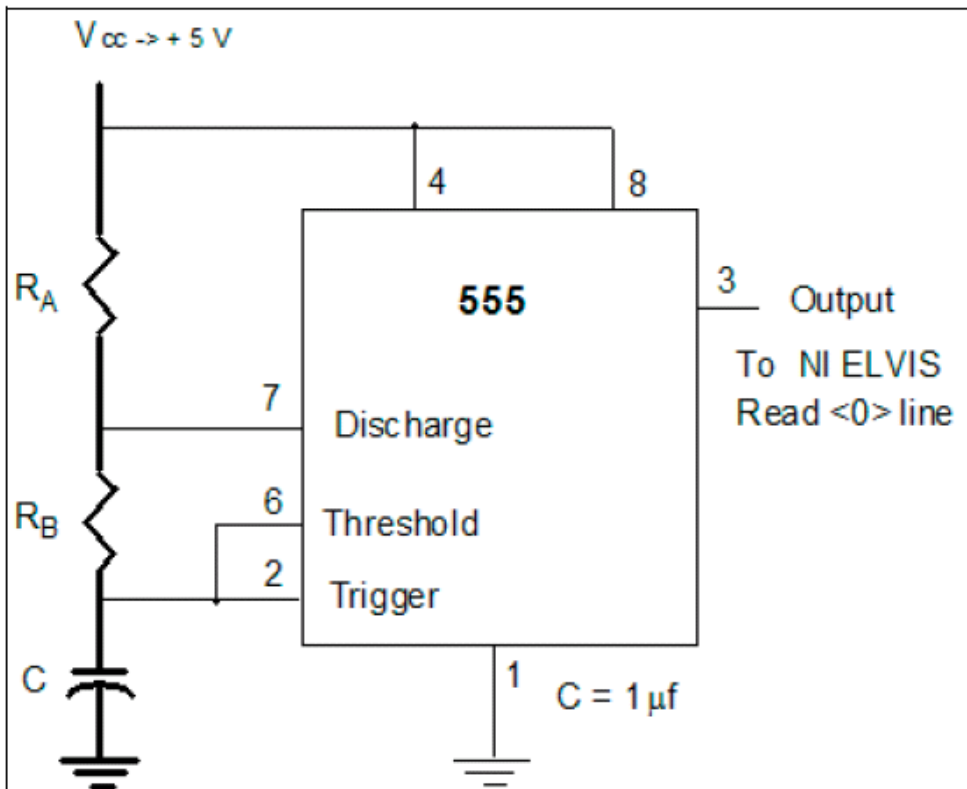
Izmantojot **IVP DMM[Ω]** un **DMM[C]**, izmēriet atbilstošo komponentu parametru skaitliskās vērtības un ierakstiet tabulā:

RA _____ Om (10 kOm nomināls)

RB _____ Om (100 kOm nomināls)

C _____ mKF (1 mKF nomināls)

Saslēdziet no šiem elementiem uz maketēšanas plates shēmu, kas parādīta attēlā 17.

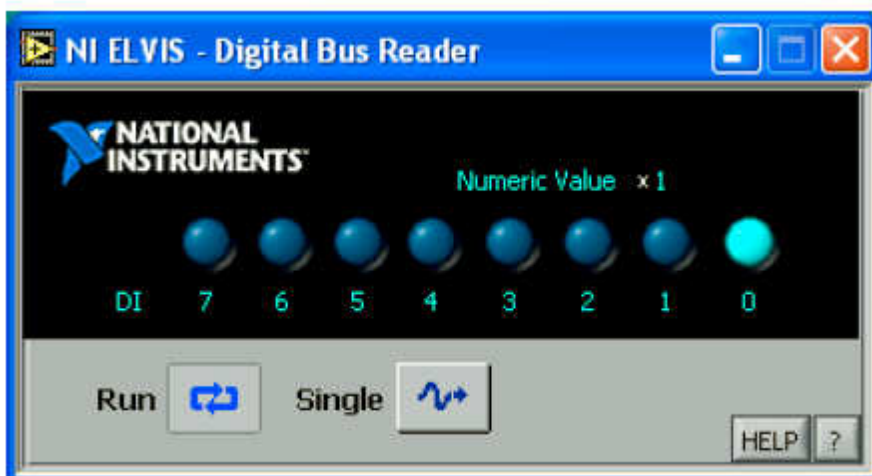


Attēls 17.

Taktimpulsu avota shēma.

Barošana (+5B) tiek pieslēgta maketēšanas paneļa kontaktiem **8** un **4**. «Ground» - kontaktam **1**. Ķēde ar ķēdes izmaināmiem parametriem **RA**, **RB** un **C** sadala barošanas spriegumu: potenciāls no punkta starp rezistoriem pieslēgts kontaktam **7**, bet potenciāls no punkta starp **RB** un **C** pieslēgts kontaktiem **2** un **6**.

Pievienojiet mikroshēmas **555** izvadu **3** pie paralēlā ieejas porta līnijas **Read <0>** kontaktiem. Izvēlieties **NI ELVIS** virtuālo mērinstrumentu starta izvēlnē funkciju **Digital Reader** (nolasīšana no ciparu līnijām) un ieslēdziet **NI ELVIS**. maketēšanas plates barošanu.



Attēls 18.

Ciparsignālu nolasītāja **Digital Bus Reader** IVP.



Līguma

Nr.:2006/02001/VPD1/ESF/PIAA/O6/APK/3.2.1./0007/0035

Līguma nosaukums: „Elektriķu apmācību programmu pilnveide
Ventpils 20. arodvidusskolā”

IVP Digital Bus Reader logā (ciparu līniju stāvokļa nplasiātājs) attēlosies tekošais paralēlā ieejas porta līniju stāvoklis.

Datu nolasišana no tā iespējama divo režīmos: vienteizīgā un nepārtrauktā. Ja taktimpulsu ģenerators darbojas pareizi, tad nepārtrauktas nolases režīmā jūs paspēsiet skatīt ciparu koda jaunākās kārtas indikatora iegaismošanos. Ja to nevar novērot, tad izmantojiet **IVP DMM[V]** un pārbaudiet spriegumu uz mikroshēmas 555 kontaktiem..

Ja taktimpulsu ģenerātorā shēma darbojas, tad variet veikt virkni noderīgu mērījumu.

Pašierosmes svārstību periods taktimpulsu avota shēmā uz taimera 555 bāzes līdzinās:

$$T = 0.695 (RA + 2 RB) C \text{ sekundes}$$

Atbilstoša impulsu frekvence ir saistīta ar periodu sekojošā veidā:

$$F = 1/T \text{ Hz}$$

Impulsu aizpildīšanas (biežuma) koeficients (**Duty Cycle**) – impulsa ilgums/periods – līdzinās::

$$DC = (RA + RB) / (RA + 2 RB)$$

Aizveriet visus **IVP** un atveriet osciloskopa **IVP Oscilloscope** .

Savienojiet ar vadīem saspraudni **BNC Scope CH A** uz darbstacijas frontālā paneļa, kontaktu 3 un jebkuru integrālā taimera **555** kontaktu “zeme”. Tad osciloskopa **kanālā A** jūs novērosiet ciparsignālu.

Par trīgerēšanas (pārslēgšanas) signālu avotu (**Trigger Source**) nozīmējiet kanālu **A (CH A)**. Šajā gadījumā trīgera tips (**Trigger Type**) būs analogais [**Analog (SW)**], kas jums dos iespēju iestatīt impulsu fronti un iedarbes līmeni (**Trigger Slope** un **Level**).

Iestatiet līmeni + 1 V.

Izmantojiet opciju [**MEAS**] **kanālam A** un izmēriet ciparsignāla impulsu frekvenci.

Nospiediet **kanāla A** kursoru ieslēgšanas pogu (**CURSORS CH A**).

Pārvietojot kursorus, izmēriet periodu un aizpildīšanas (biežuma) koeficientu **DC**.

Aizpildiet tabulu:

$$T = \text{_____}(\text{sek})$$

$$Ton = \text{_____}(\text{sek})$$

$$DC = \text{_____}$$

$$F = \text{_____}(\text{Hz})$$

Salīdziniet mērījumu rezultātus ar teorētiskiem aprēķiniem.

Izslēdziet visus IVP.



DARBA BURTNĪCA 4.

Pusvadītāju diodes.

Gaismas diožu izmantošanas shēmas.

© 2007 National Instruments Corporation.

Vārds: _____ ID nummurs: _____ Klase, grupa: _____

Elektroniskai ierīcei – pusvadītāju diodei ir tādas unikālas īpašības, ka caur to vienā virzienā elektriskā strāva plūst brīvi (tiešais slēgums), bet atpakaļvirzienā (sprostslēgumā) strāva tiek nobloķēta. Šī īpašība – iespēja atrasties divos stāvokļos – rada iespējas izveidot daudzas interesantas analogās un ciparu shēmas.

Darba mērķis.

Laboratorijas darbā galvenā vērība tiek piegriezta NI ELVIS virtuālo mērinstrumentu VMI izmantošanai diožu īpašību izpētēun testēšanas metodikā.

Darbā izmantojamie interaktīvie vadības paneļi IVP

Digitālais diožu testeris DMM[], Two Wire Current-Voltage Analyzer (divpolu voltampēru raksturliķņu analizators), Digital Writer (ieraksts ciparsignālu līnijās).

Darbā izmantojamie shēmu komponenti.

Silīcija diode un 6 gaismas (2 sarkanas, 2 dzeltenas un 2 zaļas)

Literatūra:

1. NI ELVIS User Manual.
2. Dr. Barry Paton. Teaching Design Concepts with NI ELVIS.
3. NI ELVIS Online Help.



Darblapa 4-1. Diožu pārbaude un polaritātes noteikšana.

© 2007 National Instruments Corporation..

Vārds: _____ ID nummurs: _____ Klase, grupa: _____

Pusvadītāju diode ir divpolāra elektroniskā ierīce, kuras vienu elektrodu apzīmē ar strīpiņu un sauc par katodu, bet otru elektrodu sauc par anodu. Ir diezgan daudz paņēmieni, kā uzrādīt polaritāti uz diodes korpusa, bet minētais atzīmēšanas veids ir nemainīgs. Pozitīvais spriegums, pieslēgts diodes anodam, izraisa tiešā pieslēguma režīmu un strāvas plūsmu caur diodi. Lai noteiktu diodes polaritāti, mēs izmantosim **NI ELVIS VMI**.

NI ELVIS VMI starta izvēlnē izvēlieties funkciju **DMM**. Nospiežiet pogu [].

Pieslēdziet vienu no gaismas diodēm pie darbstacijas kontaktiem **DMM (current) HI** un **LO**.

Gadījumā, ja diode nevada strāvu, uz indikatora attēlosies tā pati vērtība, kas bija bez diodes. Ja gaismas diode vada strāvu, tad tā izstaros gaismu, bet sprieguma līmenis uz indikatora būs mazāks, nekā pārtrauktā ķēdē.

Notestējiet sarkano gaismas diodi augšminētā veidā abos virzienos. Piemēram, - ja jūs novērojat gaismas izstarošanu, tad tas nozīmē ka kontaktam **LO** vai arī melnajai vienkāršajai rozetei (**banana jack**) pievienots diodes anods.

Šāds vienkāršs tests izmantojams arī citu diožu polaritātes pārbaudei. Piemēram, pieslēdzot silīcija diodi tiešā slēguma režīmā indikators на индикаторе parādīsies spriegums mazāks par 3.5 voltiem un izgaismosies uzraksts “**Good**” (t.i. «darba spējīgs»). Ieslēdzot diodi sprostsleguma režīmā indikators uzrādīs tādu spriegumu, kā pārtrauktas ķēdes gadījumā (~ 3.5 volts), un izgaismosies vārds “**Open**” («pārtraukta ķēde»).

Izmēģiniet !

Kā darbojas šādi diožu testēšanas režīmi ?

Indikators parāda spriegumu, kas nepieciešams vājas (apmēram 1 mA) elektriskās strāvas plūsmai caur diodi. Tiešajā diodes slēgumā šis sprieguma līmenis ir neliels un ir atkarīgs no pusvadītāju materiāla, no kāda taisīta diode. Sprostsleguma slēgumā strāva neplūst un testeris parāda spriegumu pārtrauktā ķēdē (tukšgaitā) – apmēram 3.5 volts.



Darblapa 4-2. Diodes voltampēru raksturlīknes mērīšana.

© 2007 National Instruments Corporation..

Vārds: _____ ID nummurs: _____ Klase, grupa: _____

Diodes voltampēru raksturlīkne (VAR) ir caur diodi plūstošās strāvas atkarības grafiks no tai pieslēgtā sprieguma. VAR labi parāda diodes elektroniskās īpašības.

Pieslēdziet silīcija diodi pie DMM strāvas (current) kontaktiem uz darbstacijas frontālā paneļa. Pārlicinieties, ka diodes anods ir pieslēgts pie melnās vinpola rozetes.

NI ELVIS virtuālo mērinstrumentu starta paletē izvēlieties funkciju **выберит Two Wire Current-Voltage Analyzer** (divpolu voltampēru raksturlīkņu analizators).

Uz ekrāna atvērsies IVP, kas dod iespēju izmērīt pētāmās ierīces VAR. IVP pievieno diodei laikā mainošos mērīšanas spriegumu noteiktās robežās un ar noteiktu soli. (šos parametrus uzdod lietotājs).

Silīcija diodes VAR konstruēšanai uzdodiet sekojošus mērīšanas signāla parametrus:

Start	-2 V
Stop	+2.0 V
Increment	0.1 V

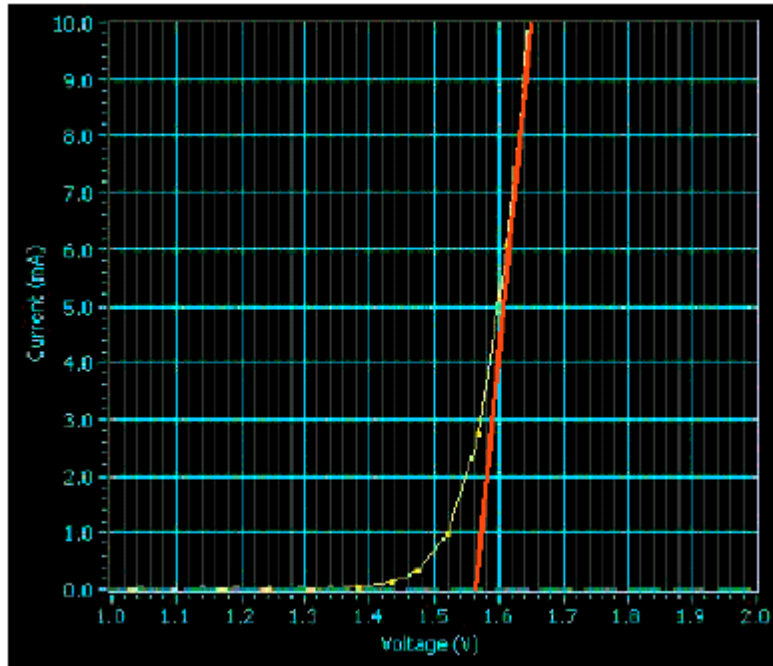
Pievērsiet vērību tam apstāklim, ka testēšanas procesā var ierobežot maksimālo strāvu caur diodi abos virzienos. Tas novērs iespēju sabojāt diodi, tai darbojoties pārslodzes režīmā.

Nospiediet palaišanas pogu **Run** un novērojiet VAR automātisku uzņemšanu.

VAR sprostspriguma apgabalā strāvai caur diodi ir jābūt ļoti mazai (mikroampēri) un ar negatīvu polaritāti. Tiešajā pieslēgumā pēc sliekšņsprieguma sasniegšanas jūs nvērosiet eksponenciāla rakstura strāvas palielināšanos līdz maksimāli pieļaujamai vērtībai.

Izmēģiniet dažādus VAR grafika attēlošanas režīmus, nospiežot pogas [**Linear/Log**] (lineārais/logaritmiskais mērogs) no sadaļas **Display**. Izmēģiniet kursora darbību **Cursor**. Pārvietojot kursoru pa VAR grafiku var nolasīt VAR koordinātu (I,V) tekošās vērtības.

No fizikas kursa ir zināms, ka sliekšņspriegums ir atkarīgs no pusvadītāja materiāla, no kā izgatavota diode. Silīcija diodēm sliekšņspriegums parasti ir apmēram 0.6 volti, bet germānija diodēm – apmēram 0.3 Volti. Viens no sliekšņsprieguma novērtēšanas paņēmieniem ir pieskares konstruēšana pie maksimālās strāvas tiešā pieslēguma režīmā (sk. attēlu 19). Punkts, kurā pieskare VAR krustojas ar sprieguma asi, nosaka sliekšņsprieguma skaitlisko vērtību.



Attēls 19
Gaismas diodes voltampēru raksturliktne

Gaismas diodes voltampēru raksturliktnes slieģšspriegumu atrod kā raksturliktnes pieskares krustpunktu ar sprieguma asi.

Izmantojot **IVP Two Wire Current-Voltage Analyzer**, nosakiet slieģšspriegumu sarkanajai, dzeltenajai un zaļajai gaismas diodēm un aizpildiet tabulu:

Sarkanā gaismas diode _____ V

Dzeltenā gaismas diode _____ V

Zaļā gaismas diode _____ V

Vai jūs pamanījāt kādu tendenci ?