



Ovaj praktikum je preuzet iz završnog rada kolegice Adne Brgulje. Hvala Adni!

## 1 Upoznavanje sa elektroničkom laboratorijom ETF-a

U ovoj cjelini navedene su glavne napomene vezane za rad u laboratoriji, te pregled osnovnih elektroničkih komponenti i ostale opreme sa kojom se studenti susreću na ovim laboratorijskim vježbama.

### 1.1 Pravilno rukovanje opremom u laboratoriji

Obzirom da rad u svim laboratorijama ETF-a zahtijeva disciplinu i pažnju, studentima je potrebno obratiti pozornost na specifičnosti rada u laboratoriji.

Nepropisno rukovanje opremom i nepažljiv rad mogu dovesti do raznih neželjenih posljedica. U laboratoriji se radi sa mrežnim naponom, pa nepažljivo rukovanje uređajima može uzrokovati fizičke povrede. Isto tako, nepropisno rukovanje opremom može dovesti do njenog kvara ili uništenja.

Iz svih tih razloga, studenti su dužni da se strogo pridržavaju Pravilnika o radu u laboratorijama ETF-a i tehničkih i drugih uputstava za bezbjedno rukovanje laboratorijskom opremom, uvijek imajući na umu da je laboratorija mjesto za ozbiljan i odgovoran rad.

### 1.2 Elektroničke komponente

Na početku je potrebno naglasiti da je upravo poznavanje osobina, podjela, te označavanja elektroničkih komponenti ključno, prije rada s njima, kako bi studenti otklonili što više nejasnoća koje imaju prije same izrade laboratorijske vježbe.

Ovdje će biti opisane samo one elektroničke komponente koje se koriste za formiranje elektroničkih struktura koje će se obrađivati na laboratorijskim vježbama.

Osnovna podjela elektroničkih elemenata je na linearne i nelinearne. Kod linearnih, karakteristika  $I = f(U)$  je linearna odnosno ovakvi elementi imaju parametre koji ne zavise od promjene napona i/ili struje. To ne vrijedi za nelinearne komponente.

Od linearnih elektroničkih komponenti bit će opisani samo otpornici, a od nelinearnih poluprovodničke diode, Zener diode, svijetleće diode, bipolarni i unipolarni tranzistori.

### 1.2.1 Otpornici

Otpornici su pasivni elektronički elementi koji služe za kontrolisanje napona/struje u elektroničkim sklopovima. Otpornost predstavlja odnos napona na krajevima otpornika i struje koja protiče kroz otpornik. Mjerna jedinica za otpor je  $Ohm[\Omega]$ .

Otpornici se dijele u dvije kategorije i to: *otpornici sa konstantnim otporom (fiksni)* i *otpornici sa promjenljivim otporom*. Prema načinu proizvodnje i materijalu od kojeg se proizvode, fiksni otpornici se dijele u četiri kategorije: slojni, maseni, žičani i SMD otpornici. Što se tiče promjenljivih otpornika, kod njih se otpor može mijenjati mehaničkim putem ili promjenom radnih uslova. Potencimetri su otpornici sa promjenljivim otporom koji se mijenja zakretanjem osovine ili pomicanjem klizača. U drugu grupu se ubrajaju termistori, pozistori, varistori. Vrijednost njihovog otpora je promjenljiva i može se podešavati, i to promjenom napona ili temperature.

Neki od značajnih parametara otpornika su: *nominalna vrijednost otpora*, *nominalna snaga*, *maksimalni dozvoljeni napon*, *tolerancija* i *temperaturni koeficijent*.

**Nominalna vrijednost otpora** je oznaka koja označava otpornik. Otpornici se izrađuju u širokom dijapazonu otpornosti, od  $0,01\Omega$  do  $100M\Omega$  i više.

Postoje nizovi nominalnih vrijednosti otpora, Renardovi nizovi, u koje se grupišu otpornici. Odnosno, otpornici se razvrstavaju u grupe sa tačno utvrđenim vrijednostima otpora, zbog uniformnosti u proizvodnji i korištenju. Renardovi nizovi su određeni tolerancijom. Oznaka otporničkog Renardovog niza sastoji se od slova E i broja koji pokazuje koliko u jednoj dekadi ima vrijednosti otpornika. Postotci u zagradi označavaju razliku između uzastopnih nominalnih vrijednosti otpornosti u dekadi. Vrijednosti otpornosti u nizu iz jedne dekade pojavljuju se u ostalim dekadama sa faktorom  $10^n$ . Naprimjer, nizovi otpornika za opštu namjenu E6 (50 %), E12 (20%) i E24 (10%), nizovi tačnih otpornika E48(5%), E96 (2%) i E92 (1%).

Za bolje razumijevanje može se pobrojati jedan otpornički niz. u ovom slučaju E12(20%):

12 15 18 22 27 33 39 47 56 68 82 100 120 150 180 220 270 330 390 470 560 680 820 1000 1K2 1K5 1K8 2K2 2K7 3K3 3K9 4K7 5K6 6K8 8K2 10K ...

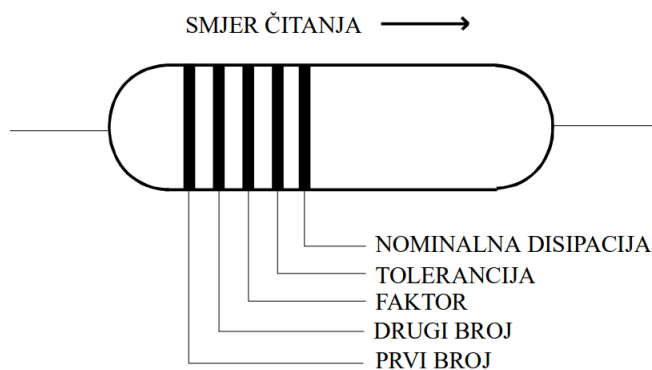
**Nominalna snaga otpornika** je maksimalna dopuštena snaga koja se razvija na otporniku. Ona ne smije biti prekoračena, a u slučaju da se prekorači, dolazi do razaranja otpornog materijala, ili u krajnjem slučaju pregaranja. Maksimalna dozvoljena snaga disipacije se izražava u vatima ( $W$ ).

**Granični napon** na otporniku je maksimalna dozvoljena vrijednost napona koja može biti na otporniku, a da ne dođe do njegovog proboja.

**Tolerancija** nominalne vrijednosti otpornosti je maksimalno dozvoljeno odstupanje stvarne vrijednosti od nominalne vrijednosti. Tolerancija se izražava u procentima i za otpornike opće namjene postoje tolerancije:  $\pm 0.10\%$ ,  $\pm 0.25\%$ ,  $\pm 0.50\%$ ,  $\pm 1.00\%$ ,  $\pm 2.00\%$ ,  $\pm 5.00\%$ ,  $\pm 10.00\%$  i  $\pm 20.00\%$ .

**Temperaturni koeficijent** otpora predstavlja relativnu promjenu otpornosti na nekoj temperaturi u odnosu na otpornost pri nominalnoj temperaturi ( $20^\circ C$ ). Izražava se u  $\%/^\circ C$  ili  $ppm/^\circ C$ .

Na većim otpornicima, parametri od interesa pri identifikaciji otpornika, utisnuti su na kućištima. Međutim, mali otpornici koji se koriste u laboratoriji su premali za to pa je na njima iscrtano par obojenih prstenova koji određuju nominalni otpor otpornika, njegovu toleranciju i nominalnu snagu. Prstenovi se čitaju slijeva na desno, a lijeva je strana ona koja ima prsten bliži kraju otpornika. Na osnovu ovih prstenova, omogućava se jednostavno očitavanje vrijednosti koje su potrebne. Na slici 1 je prikazano šta tačno označava koji od prstenova.



Slika 1

Na slici 2 prikazano je kako očitati vrijednost nominalnog otpora otpornika, toleranciju i nominalnu snagu, sve u zavisnosti od boje svakog od prstenova.

Boja	1.prsten prva cifra	2.prsten druga cifra	3.prsten faktor	4.prsten tolerancija	5.prsten nom. disipacija
srebrna			$10^{-2}$	$\pm 10.00\%$	
zlatna			$10^{-1}$	$\pm 5.00\%$	
<b>crna</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	$10^0$		<b>0.25W</b>
smeđa	1	1	$10^1$	$\pm 1.00\%$	1W
crvena	2	2	$10^2$	$\pm 2.00\%$	2W
narandžasta	3	3	$10^3$		
žuta	4	4	$10^4$		
zeleno	5	5	$10^5$	$\pm 0.50\%$	0.5W
plava	6	6	$10^6$	$\pm 0.25\%$	
ljubičasta	7	7	$10^7$	$\pm 0.10\%$	
siva	8	8	$10^8$		
bijela	9	9	$10^9$		

Slika 2

Kao što se može zaključiti, prva dva prstena predstavljaju prvu i drugu cifru vrijednosti nominalnog otpora, treći prsten je faktor kojim se množe prve dvije cifre, četvrti govori o toleranciji, a peti, ukoliko postoji, daje informacije o nominalnoj disipaciji. Može biti prisutan i šesti prsten, za otpornike kod kojih je bitna mala temperaturna promjena otpora, koji označava upravo vrijednost temperaturnog koeficijenta otpora.

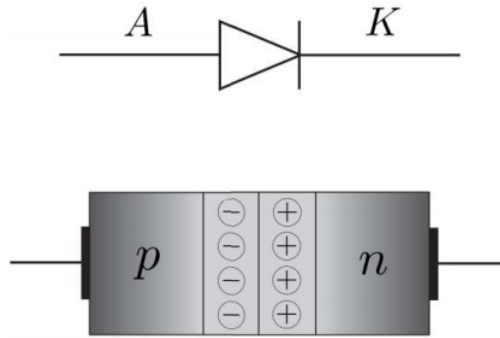
Potrebno je naglasiti i to da se prema njemačkim standardima (DIN), otpornici nizova E6, E12 i E24 označavaju sa četiri prstena: prva cifra - druga cifra - faktor - tolerancija.

Otpornici nizova E48 i E96 označavaju se sa pet prstenova: prva cifra - druga cifra - treća cifra - faktor - tolerancija.

## 1.2.2 Diode

### POLUPROVODNIČKA DIODA

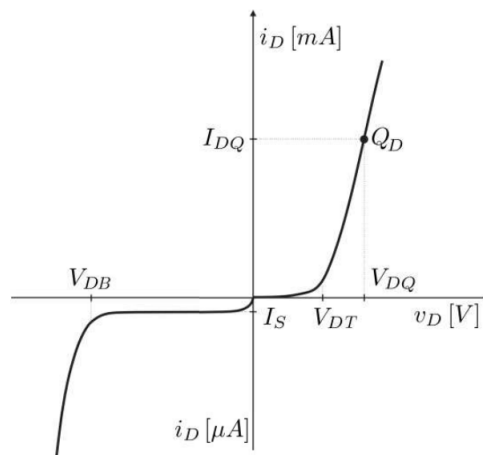
Poluprovodničku diodu čine međusobno spojeni  $p$  i  $n$  tip poluprovodnika. Na krajevima ima formirane metalne izводе, pa se može povezivati u strujne krugove.  $P$  tip poluprovodnika se naziva anoda, a  $n$  tip poluprovodnika se naziva katoda. To se može jasno vidjeti na slici 3.



Slika 3

U elektroničkom sklopu, dioda se ponaša kao nelinearna aktivna otpornost, čija veličina zavisi od polariteta i intenziteta napona na koji je priključena. Upravo to dovođenje napona na krajeve diode se naziva polarizacija, a ona može biti *direktna* ili *inverzna*. Najčešća primjena poluprovodničkih dioda je za zaštitu, ograničavanje i ispravljanje.

Zavisnost struje kroz diodu od napona na krajevima diode naziva se *naponsko-strujna karakteristika* diode, odnosno *statička karakteristika* diode, slika 4.



Slika 4

Napon na diodi označen je sa  $v_D$ , a struja kroz diodu sa  $i_D$ . Njihove vrijednosti u određenom trenutku su  $V_{DQ}$  i  $I_{DQ}$ , respektivno. Tačka  $Q_D(V_{DQ}, I_{DQ})$  je radna tačka direktno polarisane diode pri navedenim vrijednostima napona i struje.

Bitna veličina za direktnu polarizaciju je i  $V_{DT}$ , napon praga, napon kada diode počne da vodi struju većeg intenziteta.

U inverznoj polarizaciji, teče jako mala struja. Napon  $V_{DB}$  je maksimalna vrijednost napona kojeg nepropusno polarizirana dioda može podnijeti trajno bez opasnosti da će nastupiti proboj,

a struja  $I_S$  je struja koja teče pri naponu  $V_{DB}$ .

Ukupna struja kroz diodu se može opisati relacijom 1.

$$i_D = I_S \left( e^{\frac{v_D}{V_T}} - 1 \right) \quad (1)$$

gdje je  $V_T$  termički potencijal.

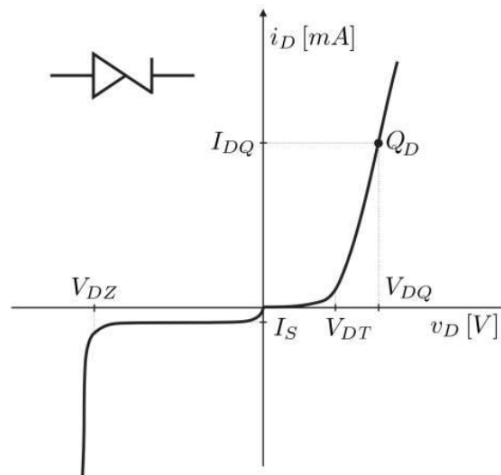
Što se tiče analize elektroničkih sklopova sa diodama, ona kao komponenta može biti u jednom od dva stanja - stanje vođenja (*ON*) i stanje zakočenja (*OFF*). U *ON* stanju, ekvivalentna shema diode je kratak spoj, a u *OFF* stanju, dioda predstavlja prekid strujnog kola. Time se može zaključiti da se poluvodička dioda ponaša kao idealni prekidač.

## ZENER (CENER) DIODA

Zener diode, kao i klasične poluprovodničke, imaju nelinearnu naponsko-strujnu karakteristiku. Zener dioda je formirana od poluprovodnika s velikom koncentracijom primjesa i upravo zbog toga je širina osiromašene oblasti manja, pa pri niskim naponima inverzne polarizacije dolazi do proboja uslijed javljanja snažnog električnog polja.

Napon pri kojem dolazi do proboja je *Zenerov napon*. U ovom dijelu statičke karakteristike, unutrašnji otpor diode je vrlo mali, što znači da napon na diodi ostaje konstantan pri promjeni inverzne struje. Drugim riječima, pad napona na diodi se neprimjetno mijenja porastom vanjskog napona ili velikim promjenama struje koja teče kroz diodu. Taj pad napona je približno jednak Zenerovom naponu.

Statička karakteristika i simbol Zener diode prikazani su na slici 5.



Slika 5

Ovaj tip diode se, upravo zbog pada napona koji ostaje konstantan nakon proboja, koristi za stabilizaciju napona i dobijanje referentnih istosmjernih napona. Zbog toga se radna tačka Zener diode stavlja najčešće u oblast proboja.

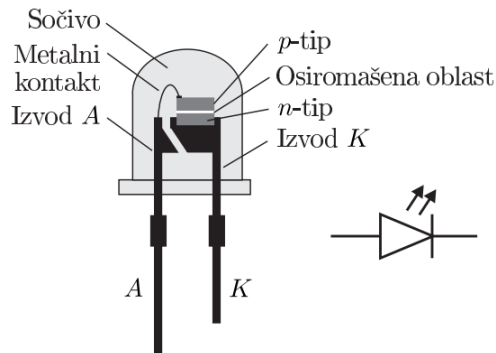
Neki od osnovnih parametara Zener dioda su: Zenerov napon  $V_{DZ}$  - napon proboja diode, statička otpornost  $R_S$  - odnos napona proboja i struje proboja Zener diode, dinamička otpornost  $R_D$  - odnos prirasta probojnog napona i prirasta probojne struje, donja granica inverzne struje diode  $I_{Dmin}$  - minimalna struja diode za koju je karakteristika diode linearna, te gornja granica inverzne struje  $I_{Dmax}$  - određuje se na osnovu dozvoljene snage disipacije koja se računa kao  $P_{max} = V_{DZ} \cdot I_{Dmax}$ . Generalno treba birati da radna struje diode bude na 1/2 maksimalne.

Rad Zener diode se ne razlikuje od rada obične diode u propusnom području. Tako i u strujnim krugovima, Zener dioda, kao i standardna poluprovodnička dioda, predstavlja kratak spoj ukoliko je u stanju vođenja, te prekid kola ukoliko je u stanju zakočenja.

Za Zener diode je bitno dodati i na koji način se predstavljaju u strujnom krugu ukoliko su u oblasti proboja. Naime, dioda u oblasti proboja se mijenja serijskom vezom otpora otpornosti  $R_S$  i konstantnog izvora napona koji je jednak Zenerovom naponu. Ukoliko je riječ o idealnom modelu Zener diode, onda se zanemaruje vrijednost statičkog otpora  $R_S$ .

## SVIJETLEĆA DIODA

Izgled i simbol za LED (eng. *Light-Emitting Diode*) su prikazani na slici 6.12.



Slika 6

Svijetleća dioda je elektronička komponenta koja svoju osnovnu funkciju obavlja u direktnoj polarizaciji  $pn$  spoja. Tada elektroni prelaze iz n-tipa poluprovodnika u p-tip poluprovodnika gdje se rekombiniraju sa šupljinama. Uslijed rekombinacije, oslobađa se energija zračenja u obliku fotona. Svjetlost koju emituje dioda direktno je proporcionalna struji diode.

Svjetlost koja nastaje usred zračenja pripada jednom od tri dijela spektra, ultraljubičastom, vidljivom ili infracrvenom. To zavisi od položaja energetske zone i od širine zabranjene zone. Emitovana svjetlost se nalazi u određenom opsegu talasnih dužina.

Napon propusno polarisanog  $pn$  spoja kod LED je veći nego kod standardne poluvodičke diode. Za svijetleću diodu on iznosi 1.2 – 3.2V, uz to, i napon proboja ima manju vrijednost nego kod obične diode.

### 1.2.3 Tranzistori

Tranzistor (eng. *transfer-resistor*, promjenljivi otpor) je troizvodna poluprovodnička komponenta. Isto kao što je ranije objašnjeno za diode, i rad tranzistora je baziran na principu  $pn$

prelaza.

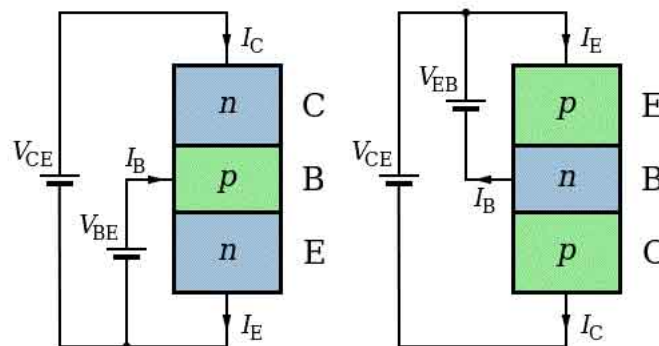
Glavna podjela tranzistora je na *bipolarne* i *unipolarne tranzistore*, a u nastavku će biti objašnjene osnovne karakteristike istih.

## BIPOLARNI TRANZISTORI

Bipolarni tranzistor (eng. *Bipolar Junction Transistor - BJT*) ima dva tipa nosilaca koji učestvuju u nastajanju tranzistorskog efekta, a to su elektrone i šupljine. Odnosno, struje koje teku su posljedica i elektrona i šupljina.

U bipolarnom tranzistoru postoje tri dopirane poluprovodničke oblasti, emiter (eng. *Emitter*), baza (eng. *Base*) i kolektor (eng. *Collector*), a između njih su dva *pn* metalurška spoja (*BE* baza-emiter spoj i *BC* baza-kolektor spoj).

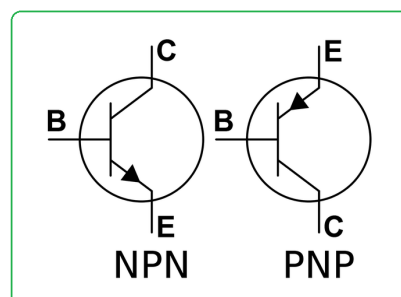
Postoje dva tipa realizacije bipolarnih tranzistora i to *npn* i *pnP* tranzistori. Jasno da je njihova razlika u tome kojeg je tipa koja od tri poluprovodničke oblasti. Kod *npn* tipa, kolektor i emiter su *n* tipa, a baza je *p* tipa. Obrnuto vrijedi za *pnP* tip bipolarnog tranzistora. Na slici 7 se to jasno može vidjeti.



Slika 7

Na prethodnoj slici se mogu uočiti i struje koje teku kroz tranzistor, a to su bazna, emiter-ska i kolektorska struja,  $I_B$ ,  $I_E$  i  $I_C$ , respektivno. Također, definisani su i naponi između poluprovodničkih oblasti, napon baza-emiter  $V_{BE}$ , kolektor-emiter  $V_{CE}$ , te baza-kolektor  $V_{BC}$ . Potrebno je obratiti posebnu pažnju na polarizaciju ovih napona i na smjerove struja.

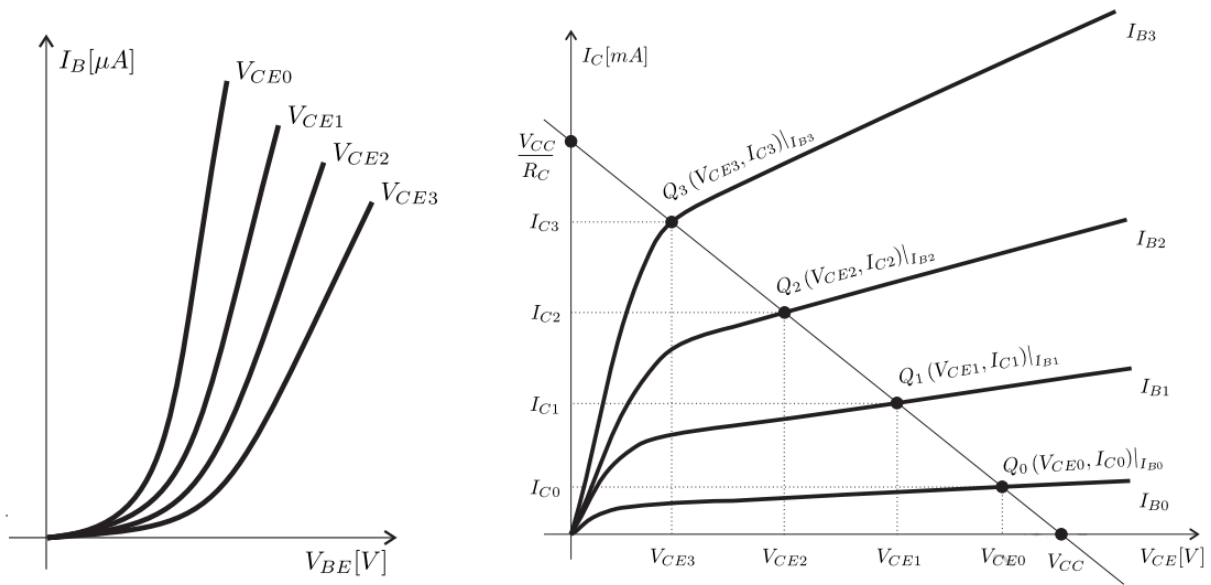
Na slici se 8 nalaze simboli kojima se bipolarni tranzistori označavaju u strujnim kolima.



Slika 8

U elektroničkim strukturama se ovi tranzistori mogu naći u spojevima sa zajedničkom bazom (ZB), zajedničkim kolektorom (ZC) ili zajedničkim emiterom (ZE) koji je i je najčešća primjena.

Osnovne statičke karakteristike bipolarnih tranzistora, u spoju ZE, su ulazna statička karakteristika (lijevo), i izlazna statička karakteristika (desno).



Slika 9

Ulazna statička karakteristika predstavlja zavisnost bazne struje  $I_B$  od napona  $V_{BE}$ , pri konstantnom naponu  $V_{CE}$ , ili konstantnoj struji kolektora  $I_C$ . S druge strane, izlazna statička karakteristika predstavlja zavisnost kolektorske struje  $I_C$  od napona  $V_{CE}$ , pri konstantnoj baznoj struji  $I_B$  ili konstantnom naponu  $V_{BE}$ .

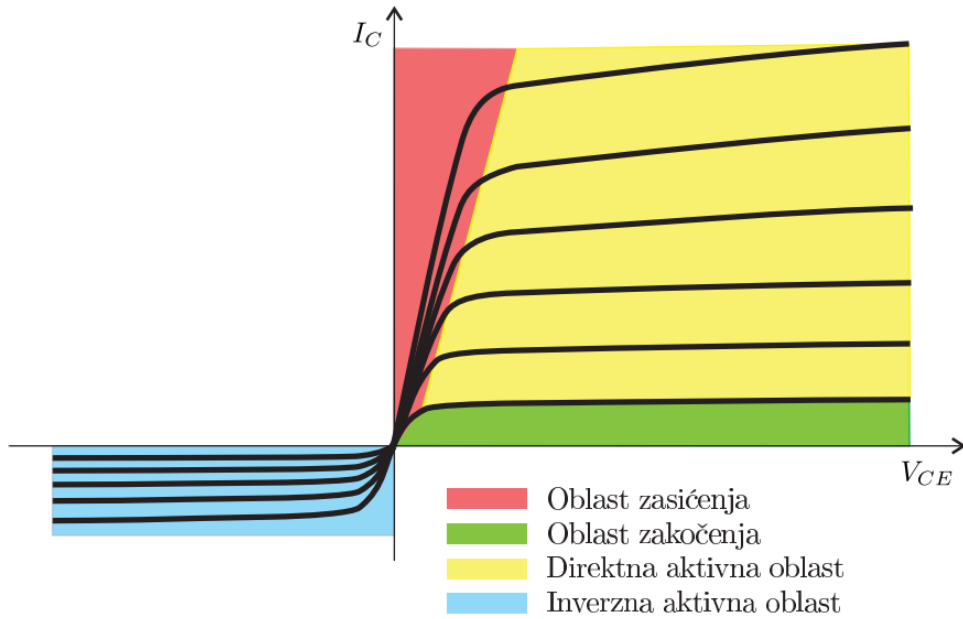
Kolektorska struja bipolarnog tranzistora je kontrolisana baznom strujom, pa se za bipolarne tranzistore kaže da su strujno kontrolisani poluprovodnički elementi.

Postoje četiri režima rada bipolarnih tranzistora. U kojem od ova četiri režima radi tranzistor, ovisi o polarizaciji njegovih spojeva  $BE$  i  $BC$ :

- **direktna aktivna oblast (linearna)** - tranzistor kao pojačavač,
- **oblast zasićenja** - tranzistor kao zatvoreni prekidač,
- **oblast zakočenja** - tranzistor kao otvoreni prekidač,
- **inverzna aktivna oblast** - tranzistor radi kao pojačavač, ali je strujno pojačanje mnogo manje.

Na slici 10, označene su oblasti rada bipolarnog tranzistora na njegovoj izlaznoj statičkoj karakteristici.





Slika 10

**UNIPOLARNI TRANZISTORI** Unipolarni tranzistor tj. tranzistor s efektom polja (eng. *Field Effect Transistor - FET*) ima samo jedan tip nosilaca, odnosno struje koje teku su posljedica samo elektrona ili samo šupljina.

Tri izvoda kod ovih tranzistora su izvor S (eng. *Source*), vrata G (eng. *Gate*) i odvod D (eng. *Drain*). Napon između Gate-a i Source-a u podlozi od poluprovodnika p ili n tipa formira provodni kanal. Upravo prema načinu na koji se uspostavlja provodni kanal, unipolarni tranzistori se dijele na Spojne FET i MOSFET tranzistore:

- Spojni FET tranzistori (eng. *Junction Field Effect Transistor - JFET*) - provodnost kanala se mijenja promjenom poprečnog presjeka, a to se postiže kontrolisanjem širine osiromašene oblasti inverzno polarisanog pn spoja između vrata i izvora pod dejstvom upravljačkog napona,
- MOSFET tranzistori (eng. *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) - provodnost kanala se mijenja promjenom koncentracije slobodnih elektrona, a to se postiže djelovanjem električnog polja na kondenzatorsku strukturu formiranu od metala, oksida i poluprovodnika.

FET tranzistori su naponski kontrolisani poluprovodnički elementi, jer struja odvoda zavisi od napona na vratima.

U nastavku će se detaljnije obratiti MOSFET tranzistori obzirom da se oni obrađuju u okviru laboratorijske vježbe vezane za unipolarne tranzistore.

**MOSFET tranzistori** MOSFET tranzistori se dijele na  $n$  kanalne (NMOS), i  $p$  kanalne (PMOS) tranzistore. Kod NMOS nosioci naelektrisanja su elektroni, a kod PMOS su šupljine. Drugi kriterij podjele ovih tranzistora je na MOSFET tranzistore sa indukovanim kanalom, te MOSFET tranzistore sa ugrađenim kanalom. Kod prvih, prvi  $V_{GS} = 0V$  ne teče struja između odvoda i izvora, a kod MOSFET tranzistora sa ugrađenim kanalom prisutna je neka struja

$I_{DS}$  pri  $V_{GS} = 0V$ .

Simboli za n-kanalni i p-kanalni MOSFET s induciranim kanalom prikazani su na slici 11, a simboli za MOSFET tranzistore sa ugrađenim kanalom na slici 12



Slika 11



Slika 12

MOS kondenzator je osnova MOSFET tranzistora. Gornja elektroda MOS kondenzatora je od metala i naziva se vrata (*eng. Gate*). Ispod vrata je izolator. Druga elektroda kondenzatora je silicijumska podloga, i ona može biti poluprovodnik *n*-tipa ili *p*-tipa. Na osnovu toga se utvrđuje tip tranzistora.

Djelovanjem vanjskog napona između elektroda MOS kondenzatora mijenja se količina naelektrisanja u silicijumskoj podlozi.

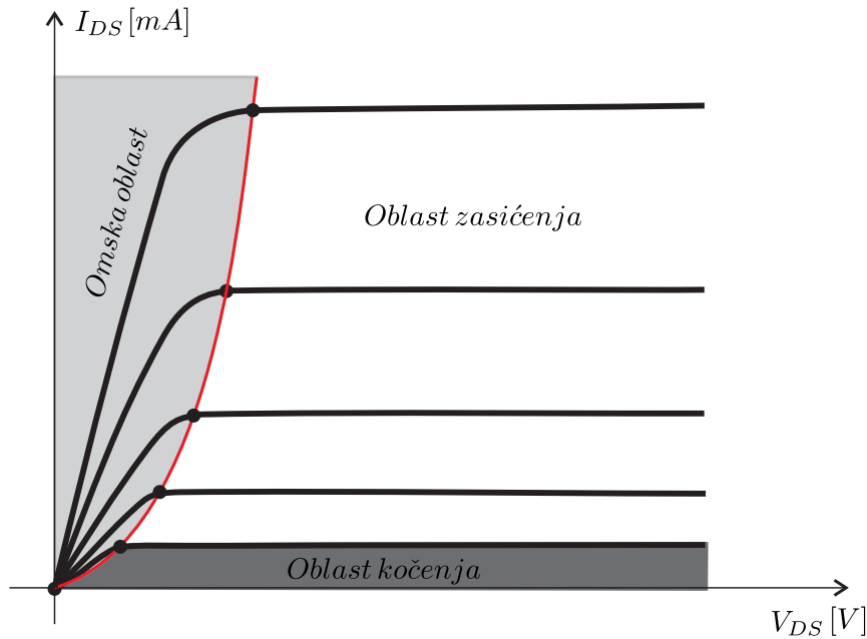
Izvodi MOSFET tranzistora su: izvor S, odvod D, vrata G i podloga B - *Body* koja je uglavnom kratko spojena sa izvorom pa se ne pojavljuje kao zaseban izvod.

Smisao rada MOSFET tranzistora je da se omogući protok struje od odvoda prema izvoru, a jačina te struje se kontroliše preko vrata.

Što se tiče principa rada MOSFET tranzistora s indukovanim kanalom, koji će i biti analiziran na vježbi, bitno je poznavati njegove oblasti rada i uslove za te oblasti:

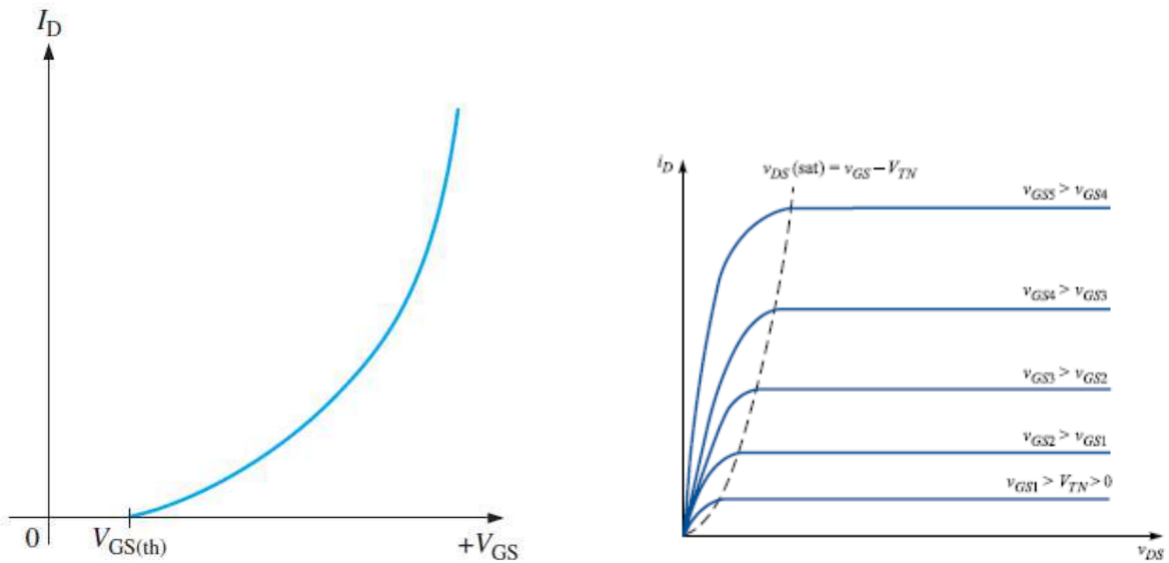
- zakočenje:  $V_{GS} < V_T, V_{DS} \geq 0$
- linearna oblast:  $V_{GS} \geq V_T, V_{DS} \geq 0$  i male je vrijednosti
- zasićenje:  $V_{GS} \geq V_T, V_{DS} \geq 0$  i velike je vrijednosti

Radne oblasti MOSFET tranzistora prikazane su na sljedećoj slici:



Slika 13

Prenosna i izlazna karakteristika  $n$  kanalnog MOSFET tranzistora s indukovanim kanalom prikazane su na slici 14. Prenosna karakteristika predstavlja zavisnost struje  $I_D$  od napona  $V_{GS}$ , a izlazna zavisnost struje  $I_D$  od napona  $V_{DS}$ .



Slika 14

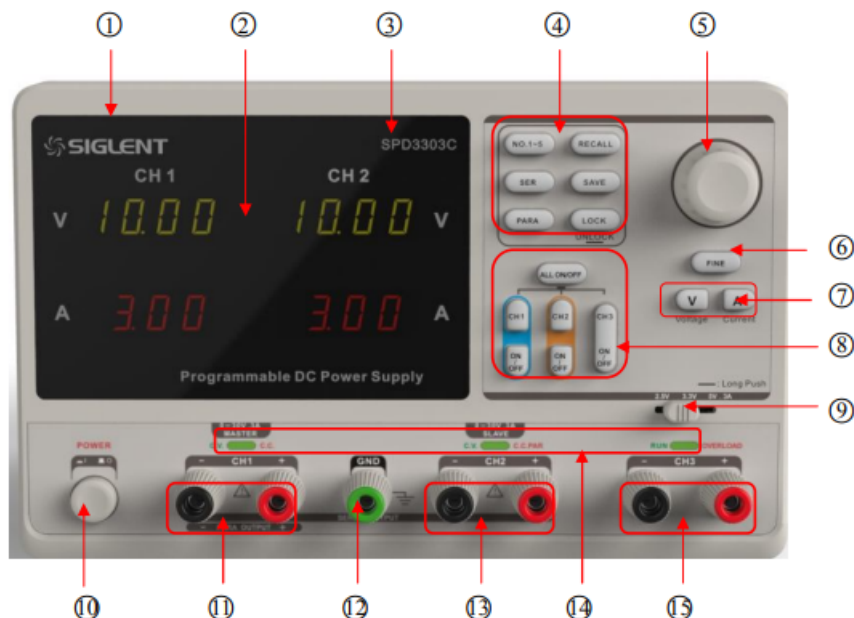
### 1.3 Laboratorijska oprema

Nakon pregleda elektroničkih komponenti koje će biti korištene na laboratorijskim vježbama, sada slijedi opis ostale opreme u laboratoriji. Redom će biti objašnjene funkcije i način korištenja napojne jedinice, digitalnog osciloskopa, generatora funkcija, matadora, te multi-metra.

### 1.3.1 Napojna jedinica

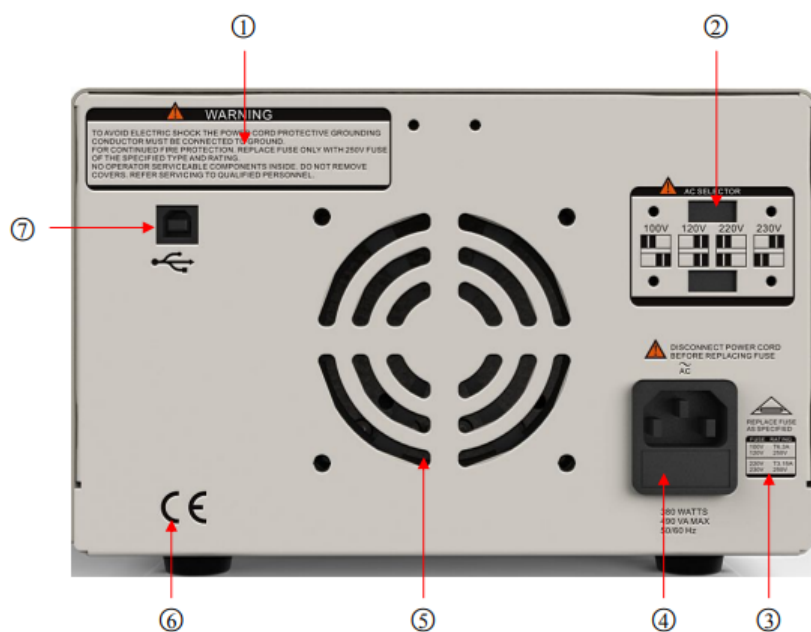
SPD3303C je programabilni izvor istosmjernog napajanja koji se koristi u laboratoriji. Ima tri promjenljiva izvora gdje je napon za dva izvora moguće ručno podešavati, a treći može poprimiti vrijednosti 2.5V, 3.3V ili 5V.

Prednja i zadnja strana naponskog izvora prikazani su na iduće dvije slike, zajedno sa objašnjenjima šta koji dio predstavlja:



NO.	Description	NO.	Description
1	Logo	9	CH3 DIP Switch
2	LED Display	10	Power Switch
3	Model	11	CH1 Output Terminal
4	System Parameter Configuration button	12	Ground Terminal
5	Multi-function knob	13	CH2 Output Terminal
6	Fine Adjust button	14	CV/CC Indicator Light
7	Voltage/Current button	15	CH3 Output Terminal
8	Channel Control button		

Slika 15



#### Description:

- ① Warning message
- ② AC power DIP switch
- ③ Instruction for the AC input voltage
- ④ AC power socket
- ⑤ Fan vent
- ⑥ CE certification mark
- ⑦ USB interface

Slika 16

Za jednostavne stvari koje se tiču naponskog izvora, a koje će se tražiti od studenata da urade, najbitnije je pojasniti izlazne terminale za tri izvora, CH1, CH2, CH3. To je prikazano na slici 17.



Slika 17

Crveni dio predstavlja pozitivnu vrijednost DC napona i to se spaja na mjesto na shemi gdje je izvor napajanja, dok crni dio predstavlja masu (ground).

Na slici 15, može se vidjeti LED displej sa kojeg se jednostavno očitavaju vrijednosti napona i

struje, u voltima i amperima, respektivno, na *CH1* i *CH2*.

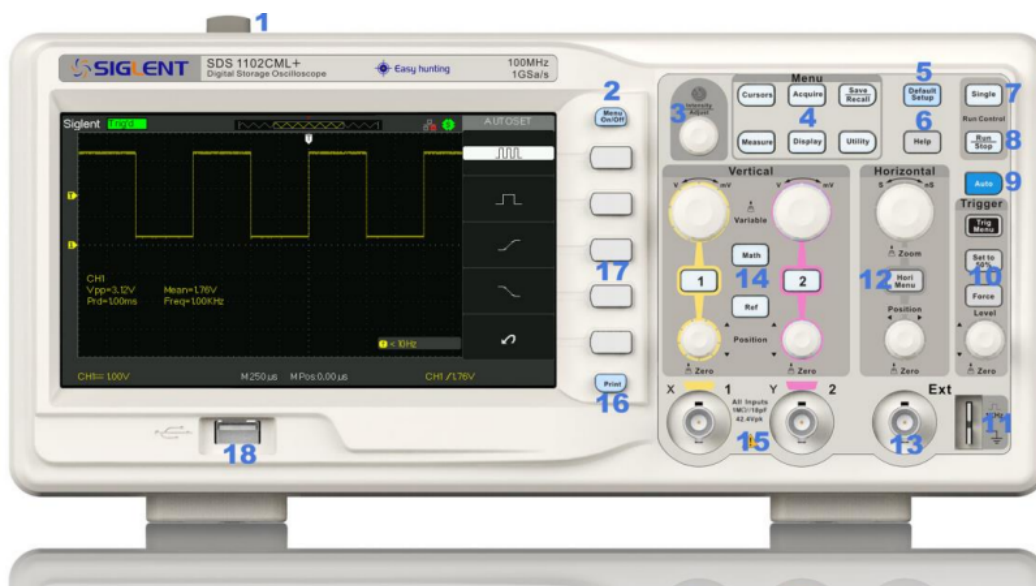
Još jedna bitna stvar koju treba naglasiti jeste način upravljanja kanalima, a to je označeno na slici 15 pod brojem 8. Pritiskom na *CH1* bira se prvi kanal da se može podešavati, isto tako vrijedi i za *CH2*. *ON/OFF* dugme služi za paljenje odnosno gašenje odgovarajućeg kanala, *CH3 ON/OFF* za paljenje odnosno gašenje kanala 3, te posljednja tipka koja služi za paljenje/gašenje svih kanala.

Sa tipkom koja se nalazi desno od navedenih, a to je *V A* mijenja se između napona i struje, u zavisnosti od toga šta je potrebno podesiti.

Podešavanje se radi korištenjem koluta u gornjem desnom uglu.

### 1.3.2 Digitalni osciloskop

Model digitalnog osciloskopa koji se koristi u laboratoriji je SDS1102CML+. Prednja strana prikazana je na slici 18, a zadnja na 20.

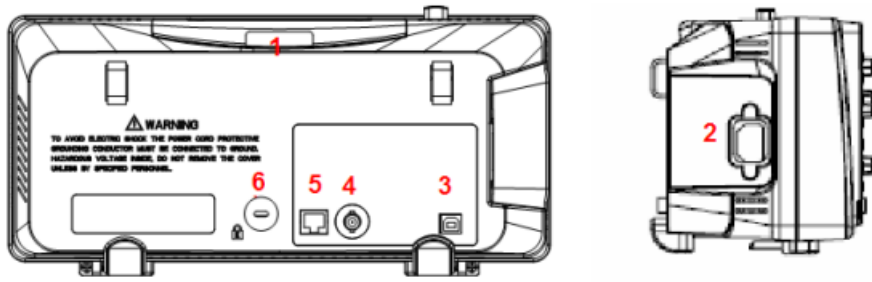


Slika 18

Šta svaki od označenih dijelova predstavlja može se vidjeti na idućoj slici:

No.	Description	No.	Description
1	Power button	10	Trigger Control Area
2	Menu On/Off	11	Probe Compensation
3	Universal Knob	12	Horizontal Control Area
4	Functions Menus	13	Ext Trigger Terminal
5	Default Setup	14	Vertical Control Area
6	Help button	15	Channel Input Terminal
7	Single Trigger	16	Print key
8	Run/Stop Control	17	Menu Softkey
9	Auto Setup	18	USB Host

Slika 19

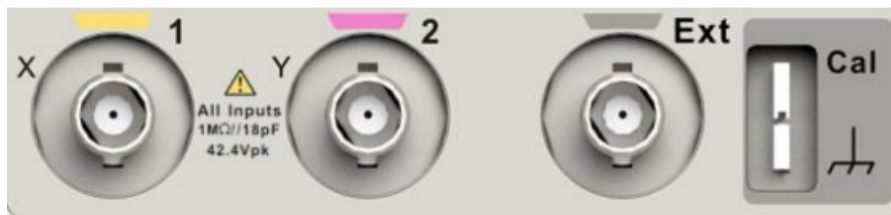


Picture 1.1-2 SDS1000CML+ Back and Side panel

1. Handle
2. AC Power Input Terminal
3. USB Device Connector
4. Pass/Fail Output Connector
5. LAN Port
6. Lock Hole

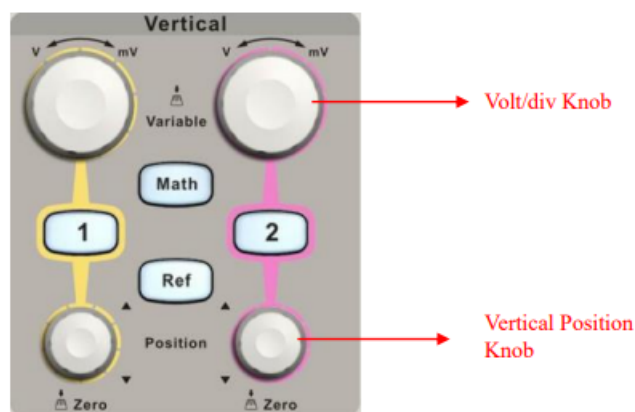
Slika 20

Na idućoj slici se vide konektori za odgovarajući kanal. Odatle se osciloskop spaja na elektroničke sheme na odgovarajuće mjesto tj. ondje gdje se želi posmatrati signal.



Slika 21

Na tipke 1 odnosno 2 se pali odnosno gasi odgovarajući kanal. Okretanjem gornjih, većih, koluta mijenja se razmjera u kojoj se odabrani signal prikazuje, dok se namještanjem donjih kolotova mijenja vertikalna pozicija signala.



Slika 22

Slično tome, s desne strane toga se može vidjeti 23. Služi za namještanje razmjere signala u smislu prikazivanja signala više zbijenog ili više rastegnutog. S druge strane, manji kolut služi za namještanje horizontalne pozicije signala.

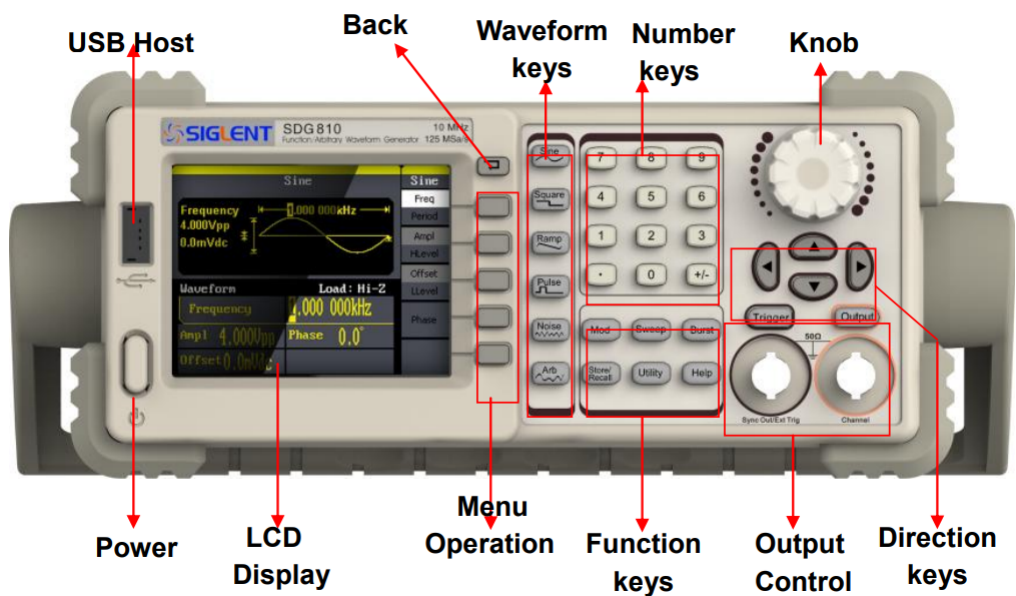


Slika 23

### 1.3.3 Generator funkcija

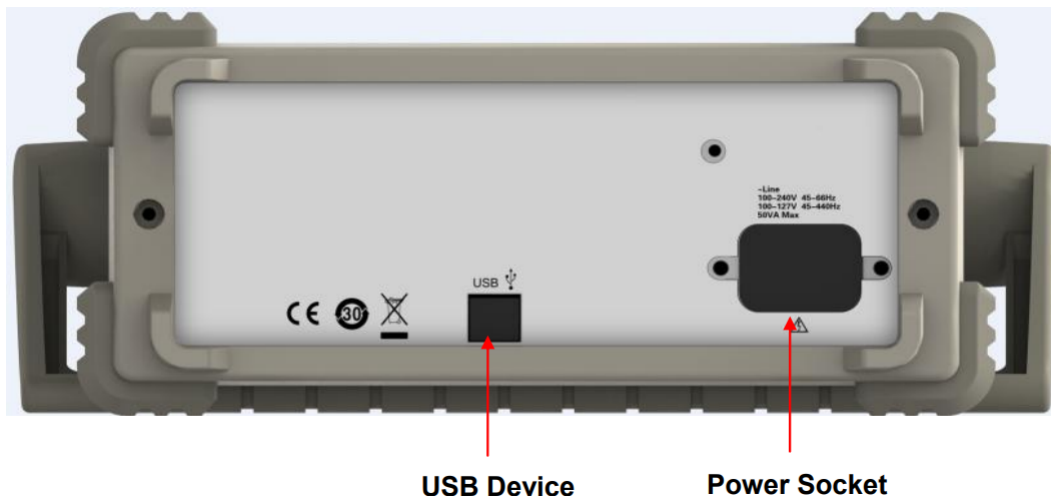
Generator funkcija koji se koristi u laboratoriji je model SDG810.

Prednji i zadnji panel uređaja sa svim označenim dijelovima prikazani su na iduće dvije slike.



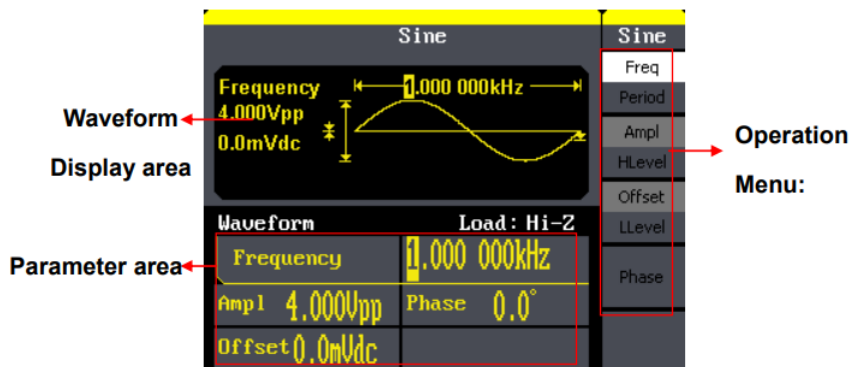
Slika 24





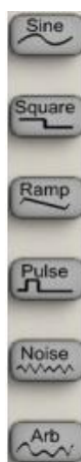
Slika 25

Na idućoj slici prikazano je kako izgleda displej interfejs ovog uređaja.



Slika 26

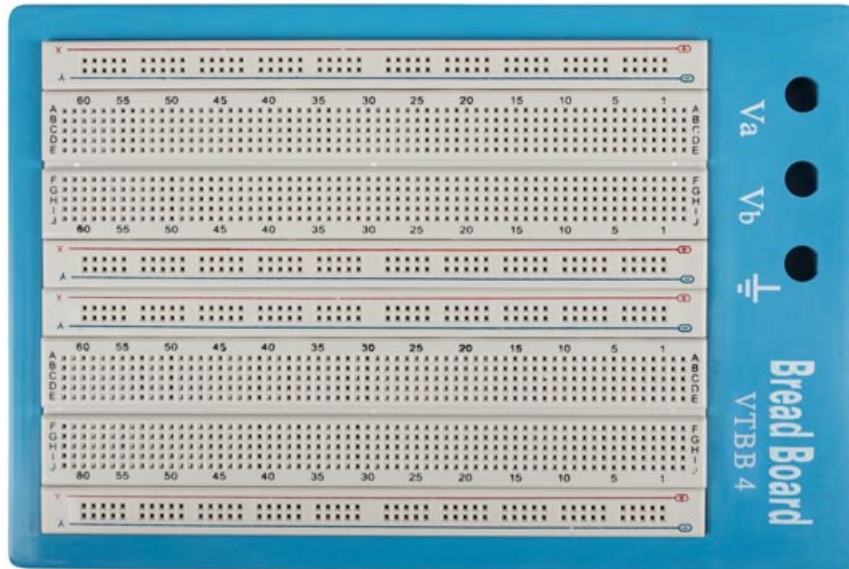
Prikazan je oblik signala što je u ovom slučaju sinus, te onda i pojediniosti tog signala. Sasvim jasno sa iduće slike je način na koji se bira oblik signala koji se generiše. Klikom na odgovarajuće polje, Freq, Period, Ampl, Ofset itd. moguće je promijeniti parametre sinusnog signala.



Slika 27

### 1.3.4 Matador

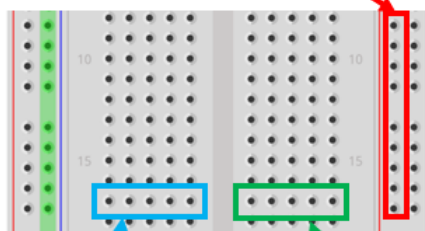
Matador koji će biti korišten na laboratorijskim vježbama je VTBB4, prikazan na slici 28. Matador je neizostavna komponenta elektroničke laboratorije koja služi da se na njoj formiraju sheme odnosno spajaju elektroničke komponente.



Slika 28

Objašnjenje, na koji način su spojeni određeni dijelovi matadora, odnosno koje tačke su spojene u jednu, prikazano je na slici 29.

Every hole in each individual column on the outside is connected - usually used for power or ground



Every hole in this group is connected

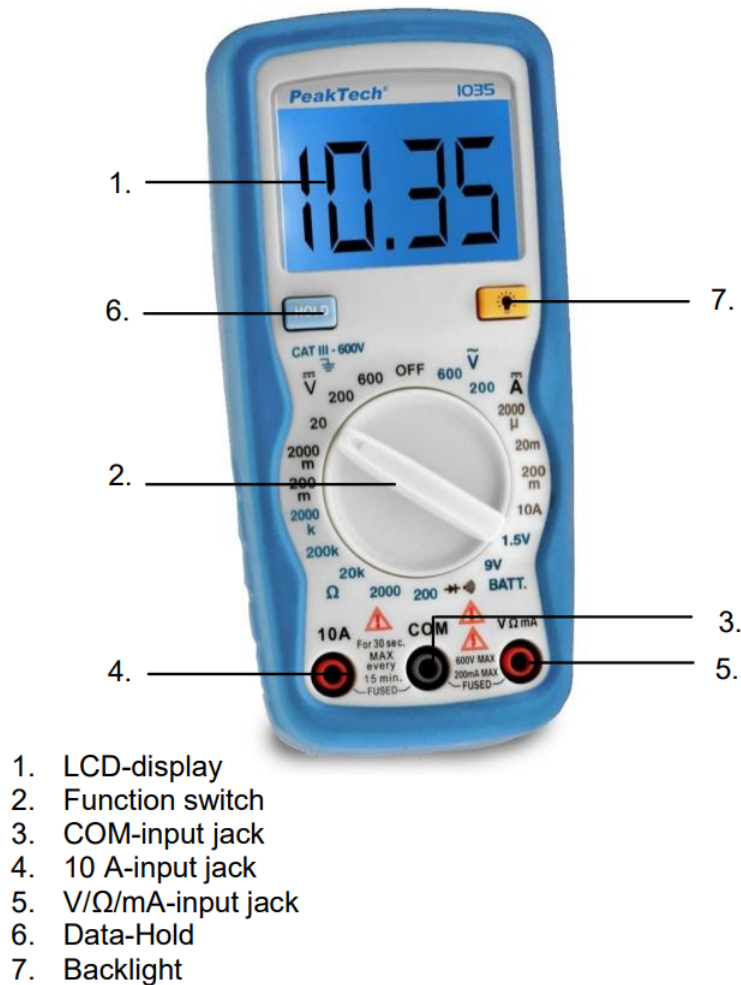
Every hole in this group is connected

Slika 29

Ovaj tip matadora ima 1680 rupica organizovanih u 4 kolone koje se sastoje od 5 x 64 rupica. Svaka od tih 5 je povezana u jednu tačku kao što se može vidjeti na prošloj slici. Također, ima i horizontalne linije i to 8 njih gdje se svaka sastoji od 50 rupica i sve one su povezane.

### 1.3.5 Multimetar

Multimetar sa svim svojim dijelovima prikazan je na idućoj slici:



Slika 30

Multimetar, kao što mu i sam naziv kaže, mjeri različite veličine. Oponaša voltmetar, ampermetar, ommetar.

Da bi se mjerenje ispravno izvršilo, potrebno je odabrati odgovarajuću oblast rada u zavisnosti od toga da li se mjeri otpornost, struja, DC napon, AC napon, ili pad napona na diodi. Također, treba prilagoditi oblast mjerenja, npr. ukoliko se očekuje da mjereni napon bude reda 15V, bit će odabrano 20V na instrumentu, tj. uzima se iduća veća vrijednost od one koja se očekuje.

Pozitivni kraj instrumenta je crveni, a negativni kraj instrumenta je crni. Treba paziti prilikom spajanja + kraja instrumenta, da li je odabran ispravan obzirom da imaju dva u zavisnosti od toga koja se veličina mjeri.