

MJERENJE OSCILOSKOPOM

Premužić, Mario

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:891339>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-27**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
STROJARSKI ODJEL
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ MEHATRONIKA

MARIO PREMUŽIĆ

MJERENJE OSCIOSKOPOM

ZAVRŠNI RAD

KARLOVAC, 2023.

Karlovac University of Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Professional study of Mechatronics

Mario Premužić

TAKING MEASUREMENTS WITH AN OSCILLOSCOPE

FINAL PAPER

KARLOVAC, 2023.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
STROJARSKI ODJEL
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ MEHATRONIKA

MARIO PREMUŽIĆ

MJERENJE OSCIOSKOPOM

ZAVRŠNI RAD

Mentor: dr. sc. Anamarija Kirin

KARLOVAC, 2023



**VELEUČILIŠTE
U KARLOVCU**
Karlovac University
of Applied Sciences

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Trg J.J.Strossmayera 9
HR-47000, Karlovac, Croatia
Tel. +385 - (0)47-843-510
Fax. +385 - (0)47-843-579



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni studij: Mehatronika

Usmjerenje: /

Karlovac, 2023.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Mario Premužić

Matični broj: 0112618062

Naslov: Mjerenje osciloskopom

Opis zadatka:

U završnom radu definirati princip rada i princip mjerenja analogim i digitalnim osciloskopom. Provesti mjerenje signala analognim i digitalnim osciloskopom i usporediti dobivene signale. Koristiti se stručnom literaturom, radnim materijalima, zakonima i pravilnicima te se konzultirati s mentorom. Završni rad izraditi sukladnom Pravilniku VUKA-e.

Zadatak zadan:

07/23.

Rok predaje rada:

09/23.

Predviđeni datum obrane:

09/23.

Mentor:

dr. sc. Anamarija Kirin

Predsjednik Ispitnog povjerenstva

IZJAVA

Izjavljujem da sam ja Mario Premužić ovaj rad izradio samostalno pomoću stečenog znanja tijekom studija i navedene literature.

Zahvaljujem se svojoj mentorici dr. sc. Anamariji Kirin, pred. na pomoći tijekom izrade ovog rada.

Također se zahvaljujem svojoj obitelji, prijateljima i kolegama na podršci i pomoći tijekom studija.

SAŽETAK

U ovom radu bit će prikazano kako se koristi osciloskop te princip rada analognog ali i digitalnog osciloskopa. Isto tako i princip mjerenja za oba osciloskopa. Za mjerenje signala koristit će se digitalni osciloskop i analogni osciloskop. Isto tako usporediti će se signali na analognom i digitalnom osciloskopu i donijeti zaključak na temelju mjerenih signala.

Ključne riječi: Osciloskop, signali, mjerenje

SUMMARY

In this paper, it will be shown how to use an oscilloscope and the principle of operation of analog and digital oscilloscopes. Likewise the measurement principle for both oscilloscopes. A digital and an analog oscilloscope will be used to measure the signals. We will also compare the signals on the analog and digital oscilloscope and make a conclusion based on the measured signals.

Keywords: Oscilloscope, signals, measurement

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. ANALOGNI OSCILOSKOP	2
2.1. Sustav za vertikalni otklon.....	4
2.2. Sustav za horizontalni otklon	5
2.3. Funkcije osciloskopa	6
2.4. Mjerenje osciloskopom	13
3. DIGITALNI OSCILOSKOP	15
3.1. Princip rada digitalnog osciloskopa	16
3.2. Funkcije digitalnog osciloskopa.....	16
4. SONDA.....	20
5. PRIMJERI MJERENJA ANALOGNIM I DIGITALNIM OSCILOSKOPOM	22
6. ZAKLJUČAK.....	28
7. LITERATURA	29
8. POPIS SLIKA	30

1. UVOD

Osciloskop je uređaj za mjerenje električnih veličina (npr. struja ili napon), a koristi se za promatranje različitih valnih oblika u stvarnom vremenu [1]. Izumio ga je Karl Ferdinand Braun 1897. godine, a koristio je katodnu cijev pomoću koje i danas rade analogni osciloskopi, a upravo zbog te katodne cijevi drugo ime analognog osciloskopa je katodni osciloskop. Naziv osciloskop dobio je zbog činjenice da može promatrati oscilacije mjerenog signala. Bitno je naglasiti da se osciloskop u krug spaja paralelno. Osciloskopi mogu mjeriti frekvenciju i amplitudu signala. Postoje analogni i digitalni osciloskopi, a njihova struktura i princip rada bit će detaljno opisani u ovom radu. Dok svi osciloskopi mjere napon i vrijeme, pomoću pretvarača koji pretvara jednu vrstu signala u drugu, osciloskop se može koristiti za mjerenje gotovo svega. Najvažnija primjena u medicini je za praćenje moždane aktivnosti (EEG), mišićne aktivnosti (EMG) i za praćenje rada srca putem elektrokardiograma (EKG). Također osciloskop se koristi i u auto industriji, pomoću njega se mogu prikazati signali različitih komponenata kao što su senzori, aktuatori i sustavi paljenja.

2. ANALOGNI OSCILOSKOP

Glavna podjela osciloskopa je na analogne i digitalne, a analogni osciloskopi se mogu podijeliti prema broju kanala. Tako razlikujemo dvokanalni, prikazan na slici 1. i četverokanalni osciloskop. To znači da istovremeno možemo mjeriti dvije, odnosno četiri veličine.

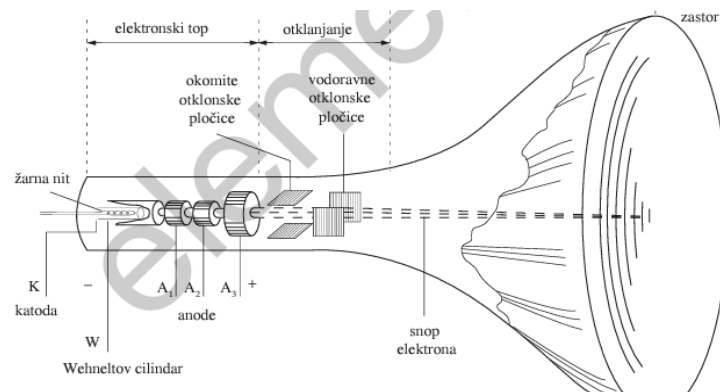


Slika 1: Dvokanalni analogni osciloskop

Glavni dijelovi analognog osciloskopa su:

- katodna cijev
- sustav za horizontalni otklon
- sustav za vertikalni otklon.

Drugi naziv analognog osciloskopa je katodni osciloskop zbog katodne cijevi koja se nalazi u njemu. Katodna cijev (slika 2.) je vakuumska cijev u kojoj se nalaze elektrode koje obavljaju različite funkcije. Za katodnu cijev su potrebni izrazito veliki naponi od par kilovolta do nekoliko desetaka kilovolta.



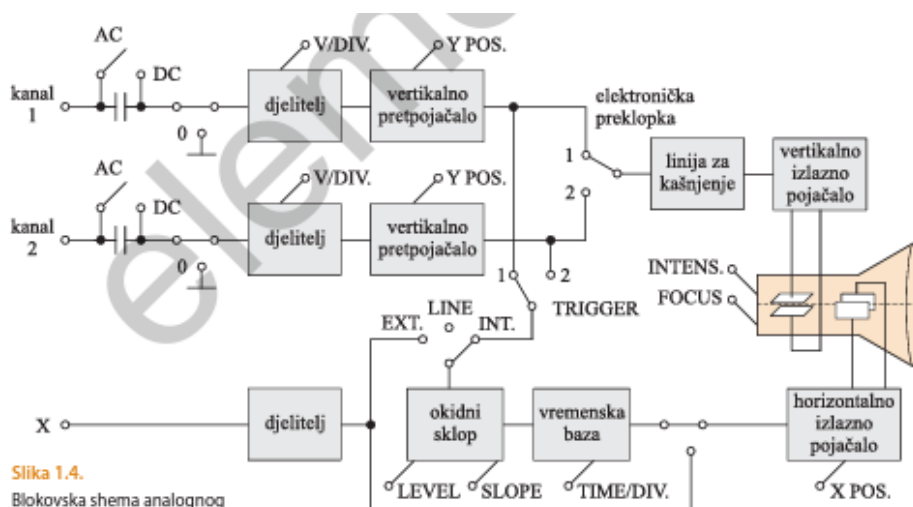
Slika 2: Katodna cijev [3]

Te elektrode su katoda, Wehnelov cilindar, anode i sustav otklonskih pločica. Katoda, Wehnelov cilindar i anode čine sustav koji se naziva elektronski top. Neizravno grijana katoda daje snop elektrona koji je na početku jako uzak i kružnog presjeka. Neposredno iza katode nalazi se Wehnelov cilindar koji ima dijafragmu s okruglim otvorom u sredini. Wehnelov cilindar je na negativnom potencijalu prema katodi i djelomično prisiljava elektrone da se sakupe oko osi cijevi. Promjenom potencijala Wehnelovog cilindra prema katodi pomoću klizača, moguće je mijenjati broj elektrona u snopu, a samim time se mijenja i intenzitet mrlje na fluorescentnom zaslonu analognog osciloskopa. Ako negativni potencijal bude dovoljno velik može se čak i spriječiti prolaz elektrona kroz Wehnelov cilindar. Anode koje se nalaze na pozitivnom potencijalu od nekoliko stotina volti do nekoliko kilovolti prisiljavaju elektrone da se kreću velikom brzinom prema zaslonu, a pored toga anode služe i za fokusiranje elektronskog snopa. Nakon prolaska elektrona kroz otvor na dijafragmi anode potrebno je spriječiti širenje snopa, a to možemo postići oblikovanjem električnog polja kroz koje prolaze elektroni na putu do zaslona osciloskopa. Kod otklanjanja elektronskog snopa električnim poljem upotrebljavaju se dva para paralelnih pločica smještenih jedne za drugim u vratu cijevi. Prvi par je postavljen horizontalno u odnosu na drugi. Kad nema potencijalne razlike između otklonskih pločica elektronski snop prolazi duž os cijevi i udara u sredinu zaslona. Ako su otklonske pločice međusobno razmaknute nekim razmakom d i primijenjen je napon U , dobit će se električno polje jakosti U/d koje je približno okomito i homogeno na ravninu pločica, a na elektron čiji je naboj e_0 , a masa m_0 djeluje sila [2]:

$$F = e_0 \frac{U}{d} = m_0 \frac{d^2 y}{dt^2} \quad (1)$$

a iz ove formule možemo dobiti brzinu elektrona u smjeru y-osi [2]

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{e_0 U}{m_0 d} t \quad (2)$$



Slika 3: Blok shema analognog dvokanalnog osciloskopa [3]

Da bi elektron prošao između pločica, potrebno je vrijeme $t = \frac{l}{v_x}$, gdje je l duljina pločice, v_x brzina kretanja elektrona u smjeru x-osi. Brzinu elektrona u smjeru y-osi dobivamo izrazom: [2]

$$v_y = \frac{e_0 U l}{m_0 d v_x}. \quad (3)$$

Kut putanje elektrona nakon prolaska između je [2]

$$tg\alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{e_0 U l}{m_0 d v_x^2}. \quad (4)$$

Ako znamo kut putanje elektrona i udaljenost centra pločica od zaslona može se odrediti y otklon na zaslonu [2]

$$y = Ltg\alpha = \frac{1}{2} \frac{U l}{U_a d} L. \quad (5)$$

Relativna statička osjetljivost otklonskih pločica definira se omjerom između otklona i svijetle mrlje i istosmjernog napona [2]

$$S_r = \frac{y}{U} = \frac{L l}{2 d U_a}. \quad (6)$$

Magnetno otklanjanje elektronskog snopa provodi se pomoću svitka čije polje djeluje okomito na snop. Zaslona katodne cijevi je premazan s unutrašnje strane fluorescentnim materijalom kao što su cinkov sulfid, cinkov ortosilikat i kalijev volframat. Zadaća zaslona je pretvoriti što veći dio kinetičke energije elektronskog snopa u svjetlosni signal. Zaslona mora i nakon sudara elektrona sa zaslonom još neko vrijeme emitirati svjetlost.

Postoje još i katodne cijevi s pamćenjem koje mogu gotovo trajno zadržati sliku na svom zaslonu. Ako se ispred zaslona katodne cijevi postavi metalna mrežica i na nju se nanese dielektrik (izolator), onda će se on zbog gubitaka elektrona nabiti pozitivno na mjestima preko kojih je prošao snop elektrona, a pomoću još jedne mrežice na određenom potencijalu može se to stanje održati vrlo dugo. Elektroni koji su prošli mrežicu ubrzavaju se anodom za naknadno ubrzanje i udaraju u zaslon cijevi i to baš na onim mjestima na kojim je prije prošao snop elektrona. Zbog ovog rješenja može se u širokim granicama diktirati vrijeme pamćenja i svjetlina te slike, a isto tako izvršiti i brisanje slike.

2.1. Sustav za vertikalni otklon

Sustav za vertikalni otklon analognog osciloskopa (slika 4.) pojačava ulazni signal i određuje osjetljivost. Sastoji se od nekoliko stupnjeva, a to su elektroničke preklopke za prikaz više signala istovremeno, djelila ulaznog pojačala, linije za kašnjenje i izlaznog pojačala, a na prednjoj ploči analognog osciloskopa nalazi se višepolna preklopka s faktorom otklona kojim podešavamo omjer ulaznog napona i otklona svijetle točke na

zaslonu osciloskopa. Položaj sklopke određuje broj volti po podjeljku i predstavlja osjetljivost sustava na vertikalni otklon.



Slika 4: Kontrole sustava za vertikalni otklon analognog osciloskopa [3]

Mjereni signal se na vertikalno pojačalo dovodi preko ulazne sklopke koja ima tri položaja DC, AC, GND. U slučaju da je ulazna sklopka u DC položaju, na ulaz pojačala dolazi originalni valni oblik signala tj. istosmjerna i izmjenična komponenta. Ukoliko je ulazna sklopka u AC položaju, na ulaz pojačala dolazi samo izmjenična komponenta signala. Ukoliko je ulazna sklopka spojena na GND, ulazni signal je spojen na masu.[3]

2.2. Sustav za horizontalni otklon

Sustav za horizontalni otklon osciloskopa (slika 5.) čine okidni sklop, generator pilastog napona i horizontalno pojačalo. Sustav za horizontalni otklon omogućuje konstantnu brzinu otklona svijetle točke u horizontalnom smjeru. Generator pilastog napona generira pilasti napon. Mirna slika na zaslonu nastaje kada je period pilastog napona cjelobrojni višekratnik perioda mjernog napona, a sinkronizacija se obavlja u okidnom sklopu pa tako može osim unutarnje biti i vanjska. Nakon pojačanja pilasti se napon dovodi na horizontalne otklonske pločice. Višepoložajna sklopka je mjerilo vremena, a položaj sklopke označava broj sekundi po podjeljku i predstavlja osjetljivost sustava za horizontalni otklon. [3]



Slika 5:Kontrole sustava za horizontalni otklon analognog osciloskopa [3]

Okidni sustav (slika 6.) je sustav za sinkronizaciju koji osigurava stabilnu i mirnu sliku na osciloskopu kako bi mogli promatrati neki periodički signal. Okidni sustav osigurava ispisivanje signala na zaslonu tako da poslije jednog prolaska zrake preko zaslona osciloskopa sljedeći prolazak ide istom putanjom. Za dobivanje mirne slike koristi se AUTO način rada osciloskopa, a postoji i indikator da je sinkronizacija uspješna [3].



Slika 6:Okidni sustav analognog osciloskopa [3]

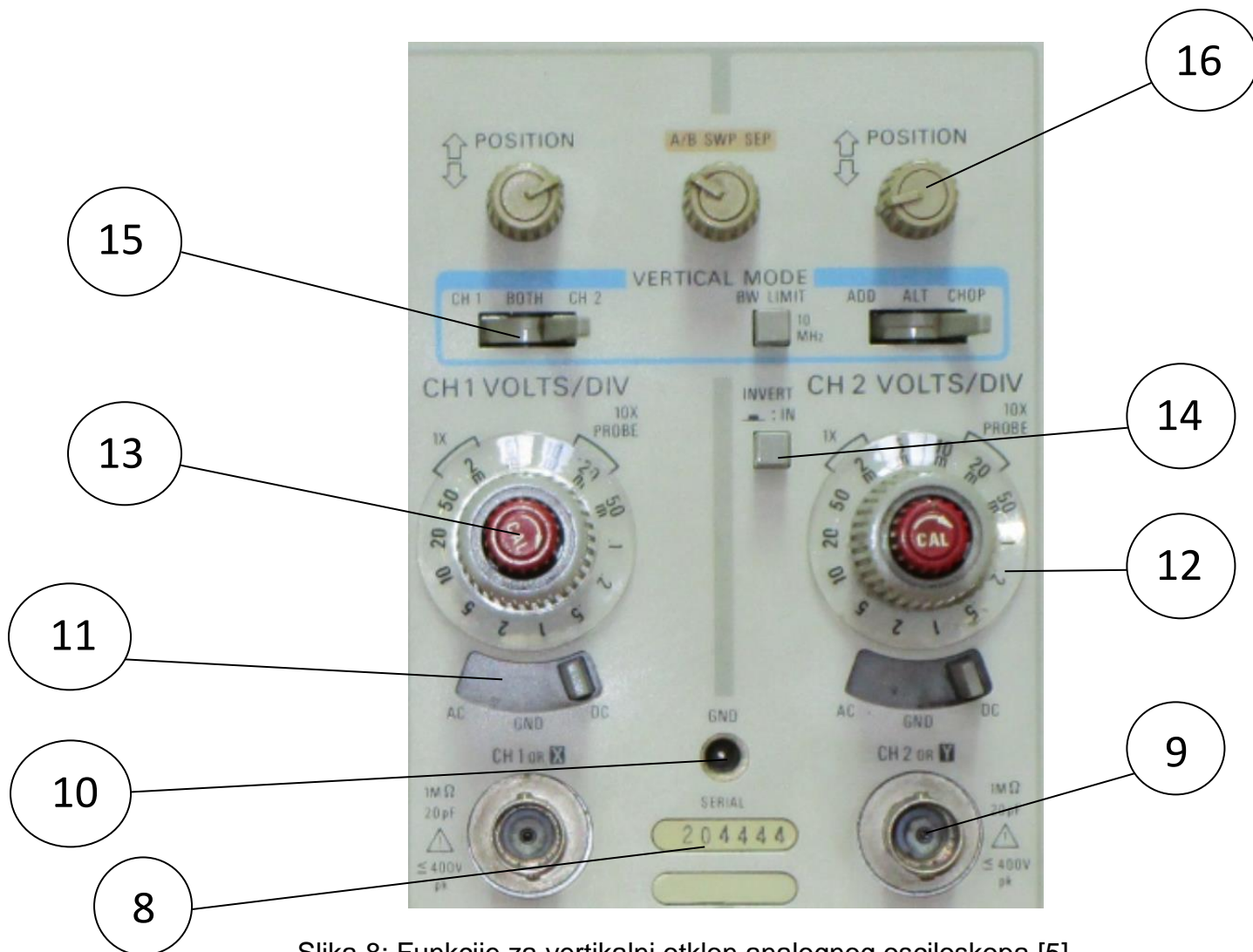
2.3. Funkcije osciloskopa

U nastavku su objašnjene funkcije osciloskopa (slike 7,8,9 i10.) na primjeru 2215 analognog osciloskopa.



Slika 7: Funkcije analognog osciloskopa [5]

1. Unutarnja rešetka – pomaže eliminirati pogrešku koja može nastati prilikom očitavanja na zaslonu osciloskopa.
2. Napajanje – uključuje i isključuje instrument.
3. Auto focus –prilagođava zaslon kako bi se signal najbolje vidio. Kada se jednom postavi fokus, na zaslonu će se održavati promjena intenziteta snopa.
4. Konektor za prilagodbu sonde – pruža približno -0.5 V, kvadratnog napona, koji korisniku omogućava da kompenzira napon sonde i provjeri rad sustava za vertikalni otklon.
5. Prekidač za pronalaženje snopa –ukoliko signal nije na zaslonu osciloskopa pritiskom na prekidač on pruža intenzivan i vidljiv signal kako bi ga korisnik mogao uočiti.
6. Kontrola rotacije snopa – ukoliko je snop na zaslonu osciloskopa pod nekim kutom tj. signal nije paralelan s rešetkom zaslona, tada se odvijačem odvija ili zavija vijak sve dok se signal na zaslonu ne bude paralelan sa rešetkom osciloskopa.
7. Automatska kontrola intenziteta –podešava svjetlinu zaslona, a nema učinka dok je prekidač za pronalaženje snopa uključen. Nakon što je automatska kontrolapostavljena intenzitet se automatski održava na približno istoj razini između SEC/DIV postavki prekidača od 0.5 ms po podjeljku do 0.05 μ s po podjeljku.



Slika 8: Funkcije za vertikalni otklon analognog osciloskopa [5]

8. SERIAL – u serijski utor utisnut je serijski broj instrumenta, a drugi utor sadrži broj opcije koja je instalirana u instrument.
9. CH 1 i CH2 –konektori omogućavaju prihvat vanjskih signala na ulaze vertikalnog otklonskog sustava. Signal spojen na CH 1 konektor omogućava horizontalni otklon, signal spojen na CH 2 konektor pruža vertikalni otklon.
10. GND konektor – omogućava direktnu vezu sa uzemljenim okvirom instrumenta.
11. Ulazne spojne sklopke (AC-GND-DC) – koriste se za odabir metode povezivanja ulaznog signala sa sustavom vertikalnog otklona.

AC – ulazni signal je kapacitivno povezan s vertikalnim pojačalom. DC komponenta ulaznog signala je blokirana, a granica niske frekvencije je 10 Hz (-3 dB).

GND – ulaz vertikalnog pojačala je uzemljen kako bi se osiguralo 0 V na zaslonu osciloskopa, ali to ne uzemljuje ulazni signal. Ovaj položaj prekidača omogućuje prethodno punjenje ulaznog priključka kondenzatora.

DC –sve frekvencijske komponente ulaznog signala spojene su na sustav za vertikalni otklon.

12. CH 1 VOLTS/DIV i CH 2 VOLT/DIV sklopke – koristi se za odabir vertikalnog faktora u nizu 1-2-5. Da bi se dobio kalibrirani faktor otklona, kontrola varijable VOLTS/DIV mora biti u zastoju.

1X sonda – označava odabrani faktor otklona pri korištenje 1X sonde ili koaksijalnog kabela.

10X sonda – označava odabrani faktor otklona pri korištenju 10X sonde.

13. VOLTS/DIV sklopka radi kada se zakrene u smjeru suprotnom od kazaljke na satu iz svog zapornog položaja.
14. Invertni prekidač – preokreće prikaz kanala 2 kada se pritisne gumb, a ako želimo poništiti radnju invertiranog prekidača potrebno ga je ponovno pritisnuti.
15. Prekidači okomitog načina rada – dvije tj. tri pozicijske sklopke koriste se za odabir načina rada vertikalnog sustava pojačala.

CH 1 – odabire se samo kanal 1 za ulazni signal koji se prikazuje na zaslonu osciloskopa.

BOTH – odabire i kanal 1 i kanal 2 za ulazni signal. Kada je prekidač na BOTH poziciji na drugom prekidaču mora biti odabrano ADD, ALT, ili CHOP operacija.

CH 2 – odabire se samo kanal 2 za ulazni signal koji se prikazuje na zaslonu osciloskopa.

ADD – prikazuje algebarski zbroj ulaznih signala kanala 1 i kanala 2.

ALT – naizmjenično prikazuje ulazne signale kanala 1 i kanala 2. Alternacija se događa tijekom povratnog traga na kraju svakog očitavanja. Ovaj način rada za promatranje oba ulazna signala je koristan pri brzini od 0.05 μ s/DIV do 0.2 ms/div.

CHOP – zaslon se prebacuje između ulaznih signala kanala 1 i kanala 2 tijekom snimanja, a brzina prebacivanja je približno 250 kHz. Ovaj način rada je koristan za gledanje ulaznog signala kanala 1 i kanala 2 pri brzinama snimanja od 0.5 ms/DIV do 0.5 s/DIV.

16. Kontrola pozicije – koristi se za vertikalno postavljanje zaslona. Kada je sklopka SEC/DIV postavljena na X-Y, kontrola položaja kanala 2 pomiče zaslon okomito, a kontrola vodoravnog položaja pomiče zaslon vodoravno.



Slika 9 : Horizontalne funkcije analognog osciloskopa [5]

17. B DELAY TIME POSITION – ovdje možemo odabrati vrijeme kašnjenja signala. Vrijeme kašnjenja je promjenjivo od 0.5 puta do 10 puta od postavljene vrijednosti na A SEC/DIV prekidaču.
18. A i B SEC/DIV prekidač – koristi se za odabir brzine pomicanja A i B generatora u nizu 1-2-5.

A SEC/DIV –brzina mu je prikazana između dvije crne linije na prozirnoj plastičnoj podlozi, a prekidačem također možemo odabrati vrijeme kašnjenja.

B SEC/DIV – brzina se postavlja izvlačenjem gumba DELAY i okretanjem u smjeru od kazaljke na sat do oznake prikazane bijelom linijom ucrtane na gumbu.

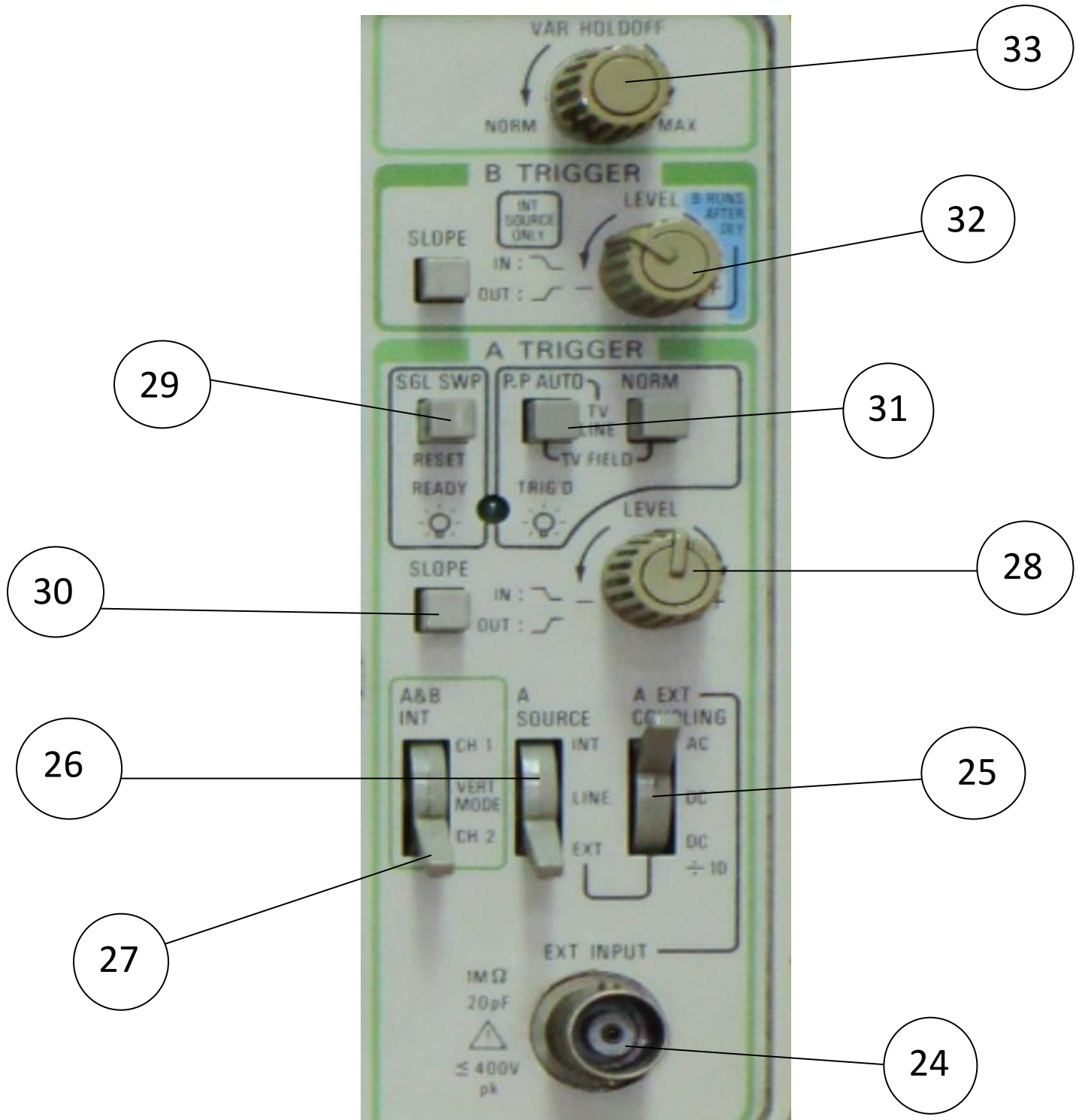
19. A i B SEC/DIV *variable control* – pruža kontinuiranu promjenjivu, nekalibriranu brzinu pomicanja od najmanje 2.5 puta veće od kalibrirane postavke, a produljuje najsporiju brzinu za 1.25 s/DIV.
20. Prekidač za pojačanje 10X –za povećanje brzine 10 puta potrebno je izvući promjenjivi prekidač A i B SEC/DIV, a najbrža brzina može se proširiti na 5 ns/DIV.
21. Prekidač horizontalnog načina rada – ovaj prekidač s tri položaja određuje način rada sustava horizontalnog otklona.

A –horizontalni otklon osigurava pokretanje A generatora pri brzini određenoj karakteristikama A SEC/DIV prekidača.

B – horizontalni otklon osigurava pokretanje B generatora pri brzini određenoj karakteristikama B SEC/DIV prekidača.

22. Kontrola položaja –pomoću ovog prekidačamožemo pomicati signal po x-osi.

23. A/B SWP SEP –horizontalno postavlja B signal u odnosu na A signal na zaslonu osciloskopa.



Slika 10: Funkcije okidača analognog osciloskopa [5]

24. Pomoću ulaznog konektora dovodi se vanjski signal u okidni sklop.
25. A EXT COUPLING prekidač – određuje metodu koja se koristi za povezivanje vanjskog signala s okidnim sklopom.

AC – signali iznad 60 Hz su kapacitivno povezani sa ulazom okidnog sklopa, a bilo koja dc komponenta je blokirana i signali ispod 60 Hz su prigušeni.

DC – sve komponente signala su spojene na okidni sklop. Ovaj položaj je koristan za prikaz signala niskih frekvencija ili za signale niske stope ponavljanja.

DC÷10 – kada je sklopka u ovom položaju vanjski okidački signal prigušen je 10 puta.

26. A SORCE prekidač – određuje izvor signala koji je spojen na okidni krug.

INT – dopušta okidanje na signalima koji se spajaju na ulazne konektore kanala 1 i kanala 2, a izvor signala odabire se na A & B INT prekidaču.

LINE – provodi okidanje signala koji imaju sinusoidni valni oblik. Ovaj okidni sklop je koristan kada su ulazni signali vremenski povezani s frekvencijom na ulazu izvora napajanja.

EXT – dopušta okidanje na signale koji su dovedeni EXT ulazni priključak.

27. A i B INT prekidač – odabire izvor okidanog signala kada je prekidač A SORCE postavljen na INT.

CH 1 – signal doveden na kanal 1 je ujedno i izvor signala koji se okida.

VERT MODE – izvor okidača određen je signalima odabranim za prikaz okomitim načinom rada.

CH 2 – signal doveden na kanal 2 je ujedno i izvor signala koji se okida.

28. A kontrola razine okidanja – odabire točku na signalu koji se okida i pomiče cijeli signal lijevo ili desno po zaslonu osciloskopa.
29. TRIG'D indikator – LED dioda svijetli kako bi označila da je aktiviran okidač (*trigger*) na signalu.
30. SLOPE prekidač – odabire nagib signala koji okida okidni sklop. Nagib može biti pozitivan ili negativan
31. TRIGGER MODE prekidač – određuje način rada okidnog sklopa.

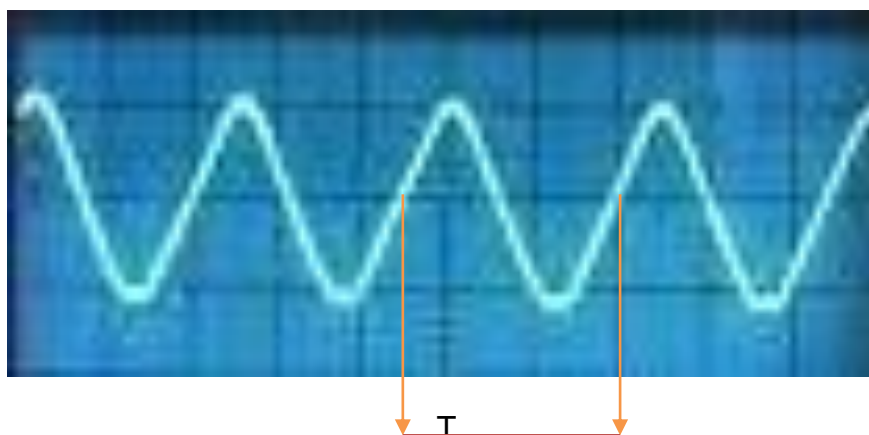
AUTO – dopušta okidanje na valnim oblicima koji imaju stopu ponavljanja najmanje 20 Hz. Domet razine okidanja je automatski postavljen na „*peak-to-peak*“.

NORM – signal pokreće okidni sklop, a kada nestane ulazni signal koji se okida nestaje i trag na zaslonu osciloskopa.

32. B kontrola razine okidanja – odabire točku na signala koji se okida i pomiče cijeli signal lijevo ili desno po zaslonu osciloskopa.
33. VAR HOLDOFF – pruža kontinuiranu kontrolu vremena zadržavanja između signala. Ova kontrola poboljšava okidanje aperiodičnih signala.

2.4. Mjerenje osciloskopom

Kada mjerimo analognim osciloskopom moramo pripaziti na nekoliko stvari, kao što je broj volti po podjeljku (V/DIV) i vrijeme (t/DIV), za razliku od digitalnog osciloskopa koji je praktičniji u ovakvim situacijama.



Slika 11: Prikaz perioda

Slika 11. prikazuje oscilogram analognog osciloskopa na kojoj je označen period trajanja signala. Period je vrijeme potrebno za jednu potpunu promjenu signala i možemo ga odrediti iz izraza

$$T = K_x \times \text{broj podjeljka na x - osi} \quad (7)$$

gdje je K_x broj koji očitamo s višepoložajne sklopke za mijenjanje vremena. Ako znamo period tada jednostavno možemo dobiti frekvenciju koja je obrnuto proporcionalna periodu

$$f = \frac{1}{T} \quad (8)$$

Amplituda napona je najveća vrijednost napona koju signal prikazuje na oscilogramu.

$$U_m = K_y \times \text{broj podjeljaka na } y - \text{osi} \quad (9)$$

gdje je U_m amplituda napona, a K_y napon koji očitavamo s višepoložajne sklopke za mijenjanje napona. Efektivnu vrijednost napona za sinusni oblik možemo dobiti iz izraza

$$U_{ef} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}. \quad (10)$$

3. DIGITALNI OSCILOSKOP

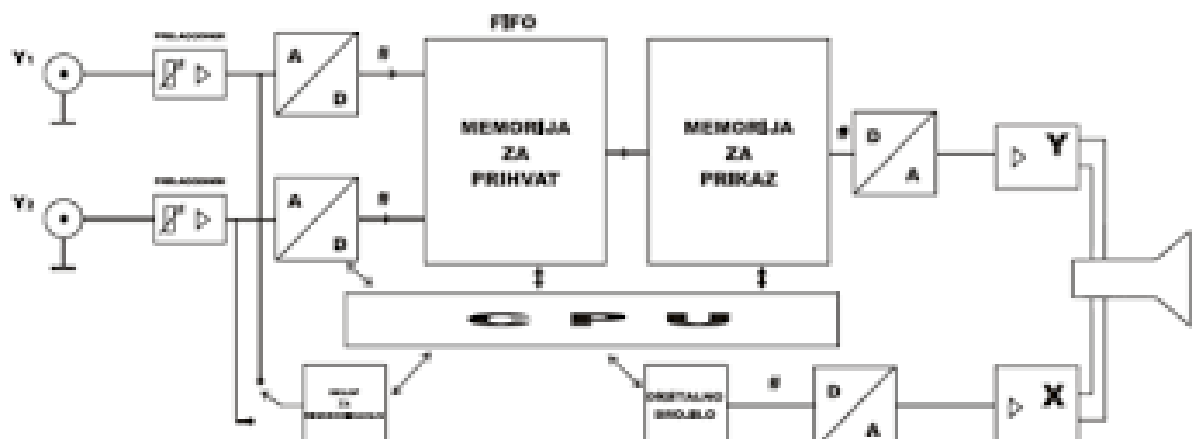
Digitalni osciloskop (slika 12.) je uređaj koji pohranjuje i analizira signale u digitalnom obliku. Digitalni osciloskop uzima ulazne signale, pohranjuje ih i zatim prikazuje na zaslonu.



Slika 12: Digitalni osciloskop

Digitalni osciloskop sastoji se od digitalnih i analognih sklopova, kako je prikazano na slici13, a to su

- analogno-digitalni pretvornici
- memorija za prihvatanje
- memorija za prikaz
- digitalno-analogni pretvornici
- digitalno brojište
- CPU.



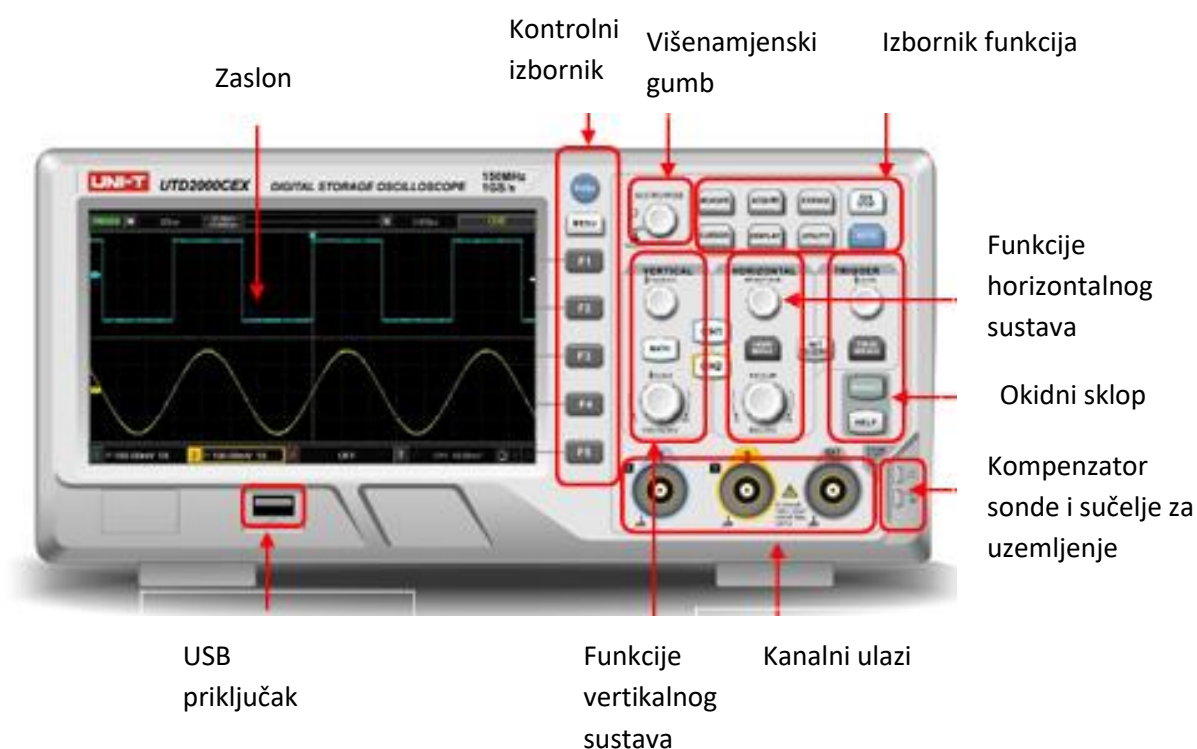
Slika 13: Blok shema digitalnog osciloskopa

3.1. Princip rada digitalnog osciloscopa

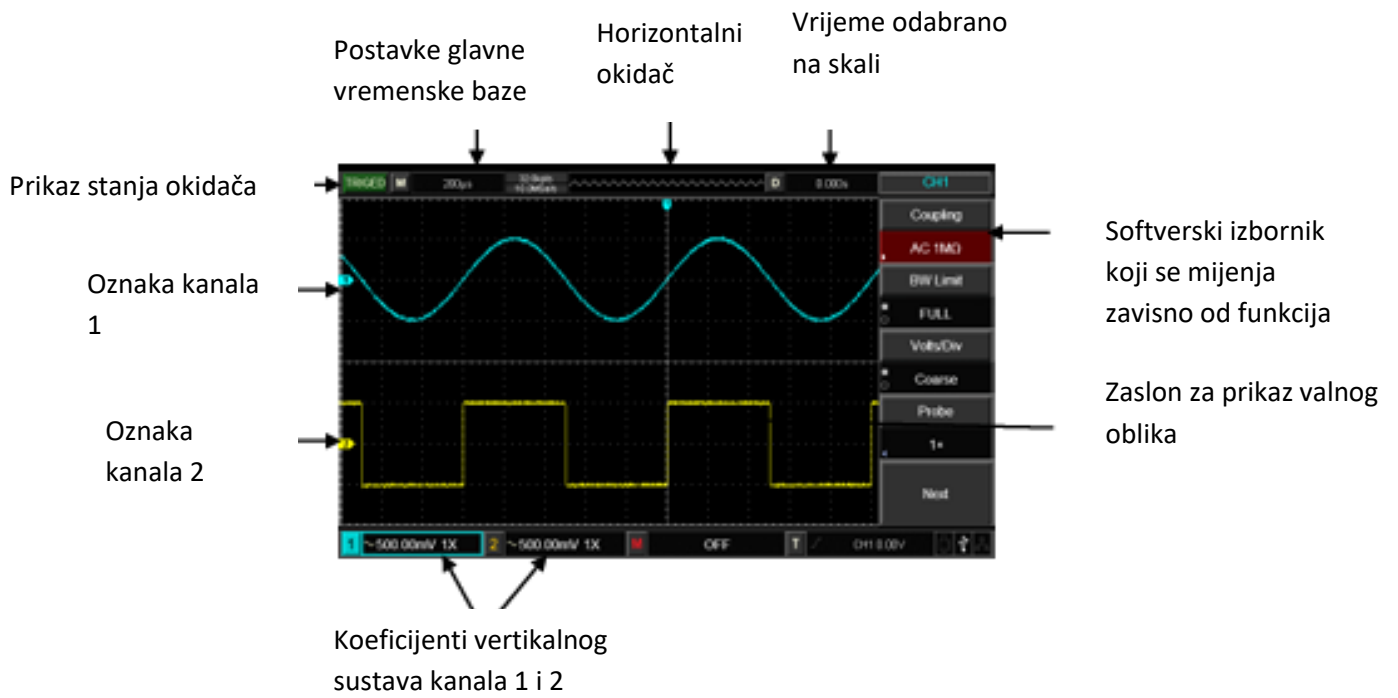
Kod digitalnog osciloscopa signal se pretvara u digitalni kod pomoću analogno-digitalnog pretvarača. Signal se u analogno-digitalnom pretvaraču pretvara u niz nula i jedinica koji dolaze u memoriju za prihvati i tu se pohranjuju dok sklop za sinkronizaciju ne pošalje impuls kojim se podaci iz memorije za prihvati sele u memoriju za prikaz. Digitalno-analogni pretvornik pretvara podatke iz memorije za prikaz u novi analogni signal, adalje se taj signal pojačava u izlaznom pojačalu vertikalnog okidnog sustava. Na kraju se slika signala iscrtava na LCD zaslonu digitalnog osciloscopa.

3.2. Funkcije digitalnog osciloscopa

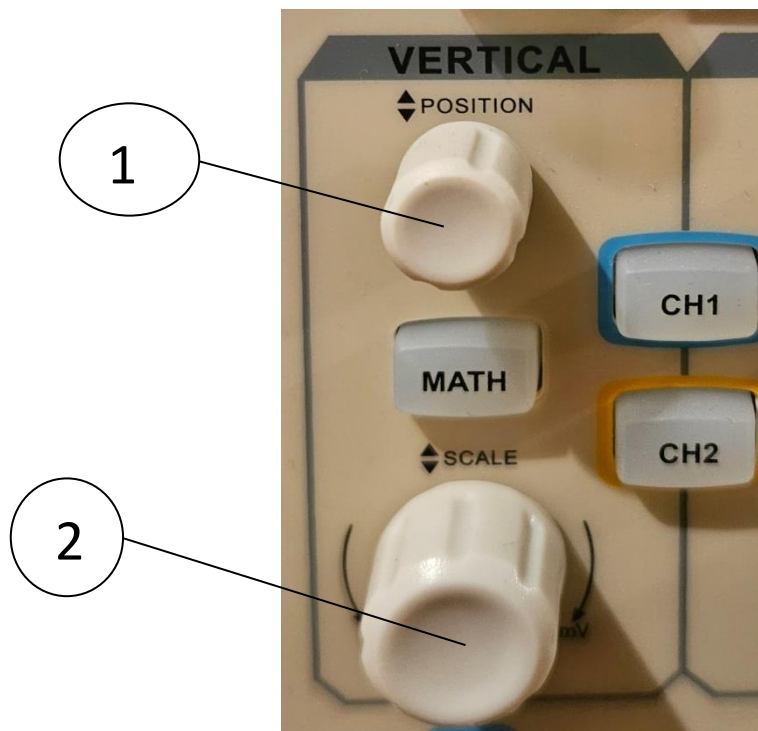
U ovom poglavlju objašnjene su funkcije digitalnog osciloscopa (slike 14,15,16,17 i 18) na primjeru UTD2000 osciloscopa s kojim će se mjeriti u praktičnom djelu.



Slika 14: Funkcije digitalnog osciloscopa [6]



Slika 15: Funkcije zaslona [6]

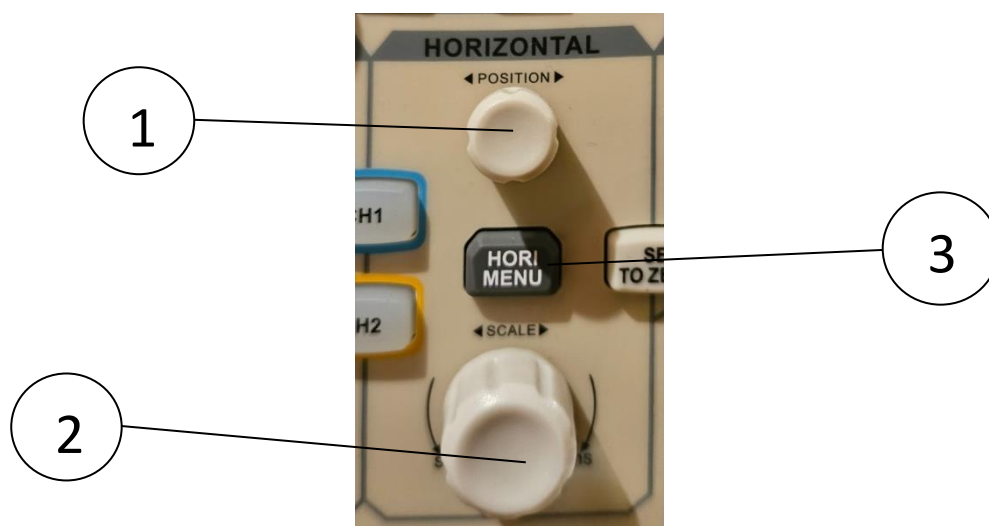


Slika 16: Vertikalni sustav digitalnog osciloskopa

1. POSITION – pomoću gumba za okomiti položaj korisnik može promijeniti trenutni okomiti položaj valnog oblika, a vrijednost okomitog položaja prikazat

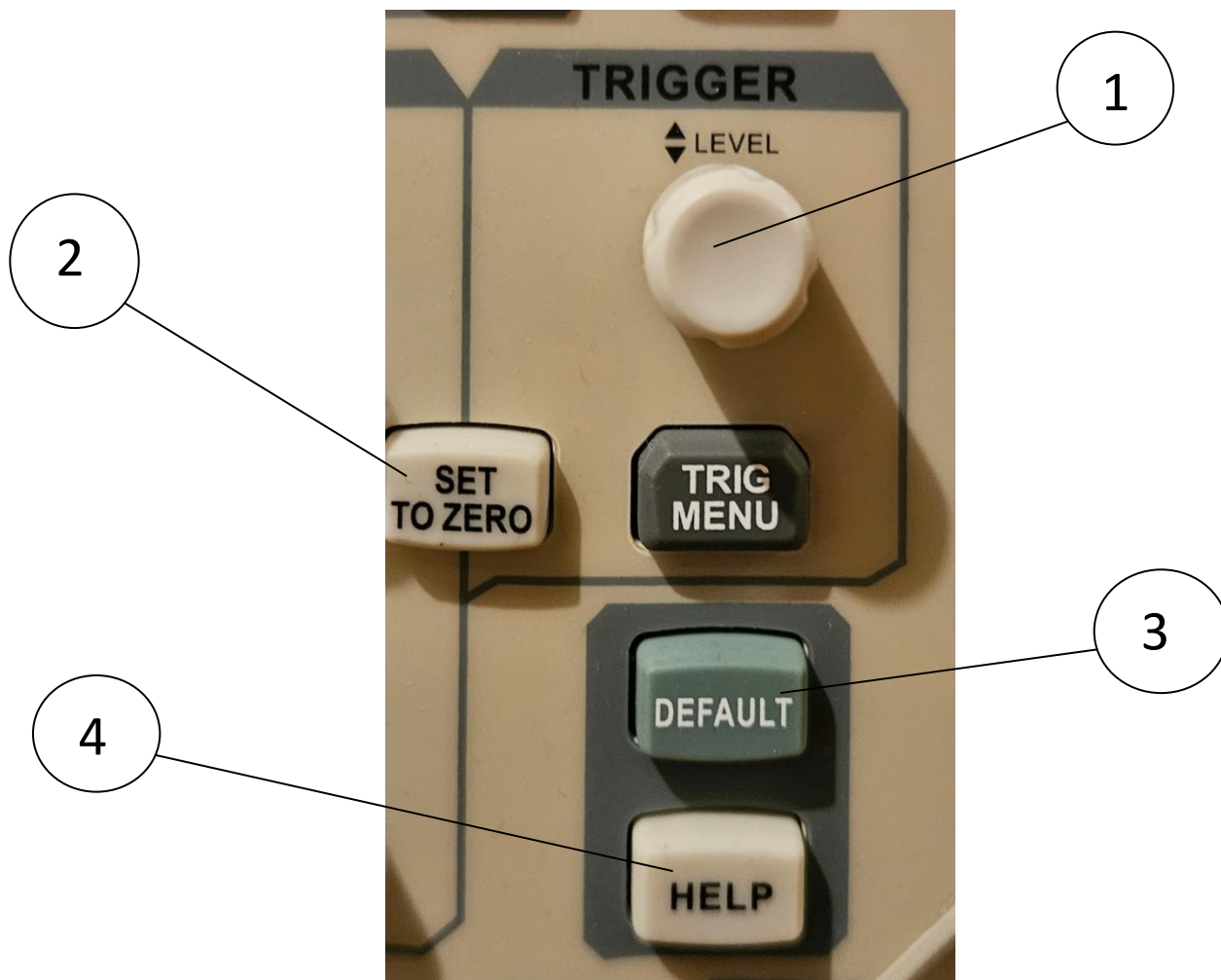
će se na položaju osnovnog kursora. Ako je način spajanja kanala DC, možemo brzo izmjeriti DC komponentu promatrajući razliku između valnog oblika i uzemljenja signala. Ako je način povezivanja kanala AC, istosmjerna komponenta u signalu bit će filtrirana što pomaže prikazati AC komponentu signala s većom osjetljivošću.

2. SCALE – korisnik može potvrditi bilo koju promjenu razine okomitog mjerila informacijama prikazanim na statusnoj traci. Okretanjem gumba za promjenu razine okomite ljestvice VOLTS/DIV promijenit će se i stanje na statusnoj traci.



Slika 17: Horizontalne funkcije digitalnog osciloskopa

1. POSITION – za podešavanje vodoravnog položaja signala. Isto tako kontrolira položaj okidača ulaznog signala. Prilikom postavljanja na položaj okidača i okretanje gumba moguće je promatrati horizontalno kretanje valnog oblika na zaslonu digitalnog osciloskopa.
2. SCALE – za promjenu postavki položaja zupčanika vodoravne vremenske baze i promatranje promjene informacija o sustavu koristi se gumb SCALE. Ako okrećemo gumb SCALE za promjenu položaja zupčanika vremenske baze SEC/DIV primijetit ćemo da su se odgovarajuće promjene dogodile u prikazu položaja zupčanika odgovarajućeg kanala na statusnoj traci. SCALE pruža skaliranje od 1 ns do 50 s.
3. Pritiskom na tipku *horizontal menu* softverski izbornik će se prilagoditi na izbornik sa kojim možemo izravno utjecati na horizontalni dio signala.



Slika 18: Funkcije okidača digitalnog osciloskopa

1. Okretanjem gumba *level* mijenjamo razinu okidača po y – osi.
2. Kada pritisnemo SET TO ZERO vodoravni i okomiti položaj valnog oblika automatski prelazi na nulu.
3. Pritiskom na DEFAULT prikazuje se prozor s tvorničkim postavkama.
4. Tipka HELP otvara na zaslonu prozor pomoću kojeg bi trebali riješiti problem.

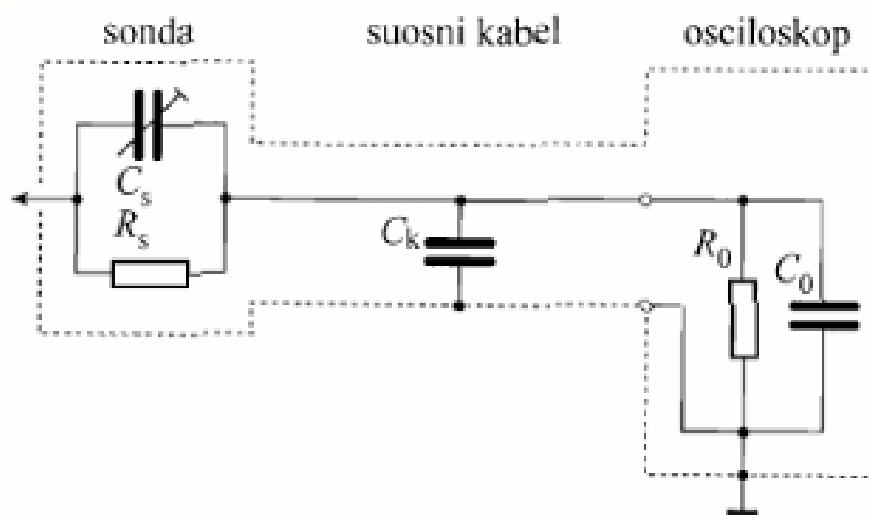
4. SONDA

Osciloskopska sonda (slika 19.) jednako je važna za precizno mjerenje kao i osciloskop jer sonda predstavlja vezu između osciloskopa i mjenog signala. Postoje 1X i 10X osciloskopske sonde iako se danas rade kao jedinstvena sonda sa prekidačem za odabir 1X ili 10X.



Slika 19: Osciloskopska sonda

Kada na prekidaču odaberemo 1X osciloskopsku sondu ona predstavlja izravan spoj uređaja na kojem se vrši mjerenje osciloskopa. Sonda 10X prigušuje ulazni signal 10 puta pri očitavanju. Ta je opcija korisna u slučaju da mjerene vrijednosti premašuju maksimalnu postavku prikaza amplitude osciloskopa, a prigušenje se postiže dodavanjem otpornika u seriju sa ulazom osciloskopa. Te sonde imaju ugrađen kalibracijski kondenzator kojim se prije upotrebe kalibrira sonda. Shematski prikaz sonde prikazan je na slici 20.



Slika 20: Shema osciloskopske sonde [7]

Pored osciloskopskih sonda postoje još i strujna mjerna sonda, visokonaponska sonda, diferencijalna sonda i aktivna sonda.

U slučaju da prikaz signala na osciloskopu nije u potpunosti pravokutan, kao što je prikazano na slici 21, potrebno je kompenzirati sondu, a to se može napraviti tako da namještamo promjenjivi kondenzator koji se nalazi u sondi. Namještanje promjenjivog kondenzatora se vrši pomoću odvijača ili nekog posebnog alata.

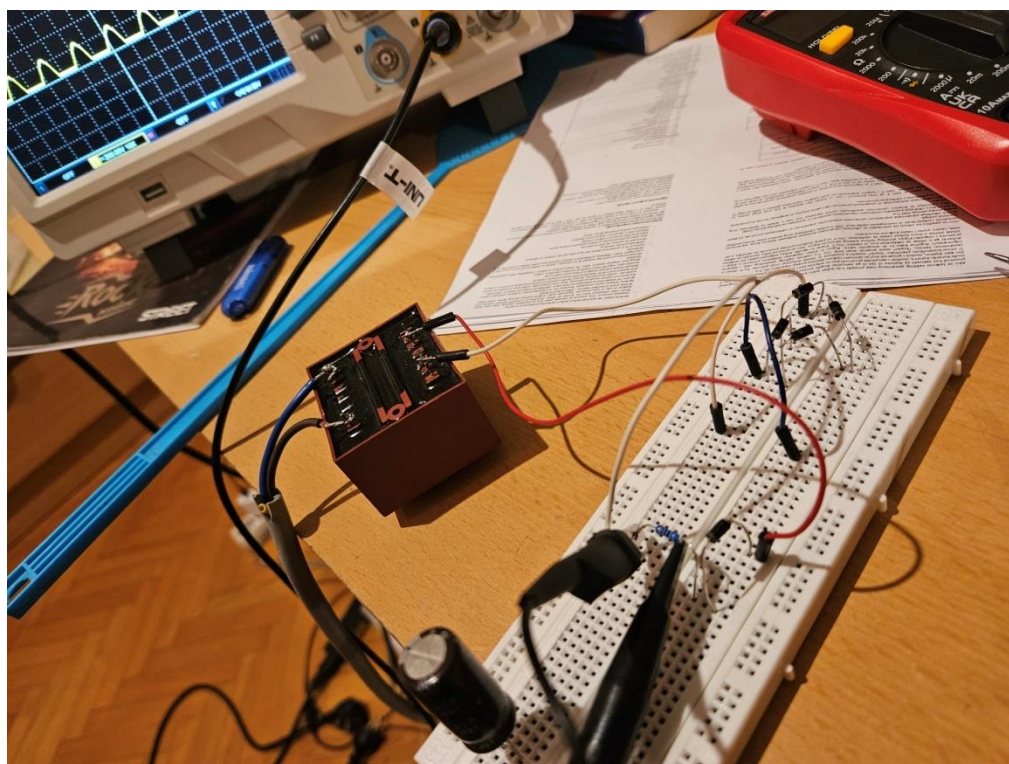


Slika 21: Kompenzacija sonde [7]

5. PRIMJERI MJERENJA ANALOGNIM I DIGITALNIM OSCILOSKOPOM

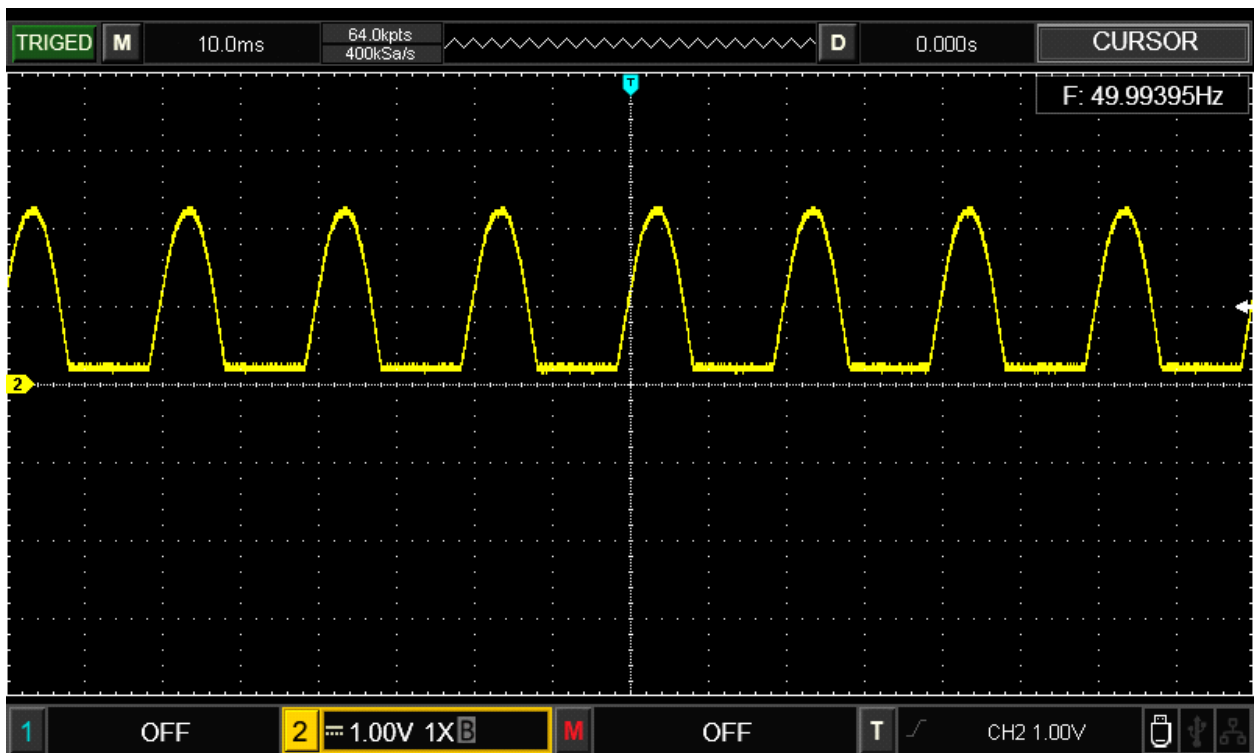
U praktičnom dijelu mjeriti će se signali punovalnog i poluvalnog ispravljača te RC krug sa analognim i digitalnim osciloskopom.

Kod poluvalnog i punovalnog ispravljača karakteristično je da izmjenični napon prelazi u istosmjerni. Prije svega transformatorom prilagodimo napon na željenu vrijednost, a u ovom slučaju na primar transformatora je priključeno 230 V izmjenično, a na sekundaru je izlaz 12 V izmjenično. Tih 12 V je priključeno na diodu koja je u seriji vezana sa otpornikom od 1 k Ω na koji je također priključena osciloskopska sonda (slika 22.).

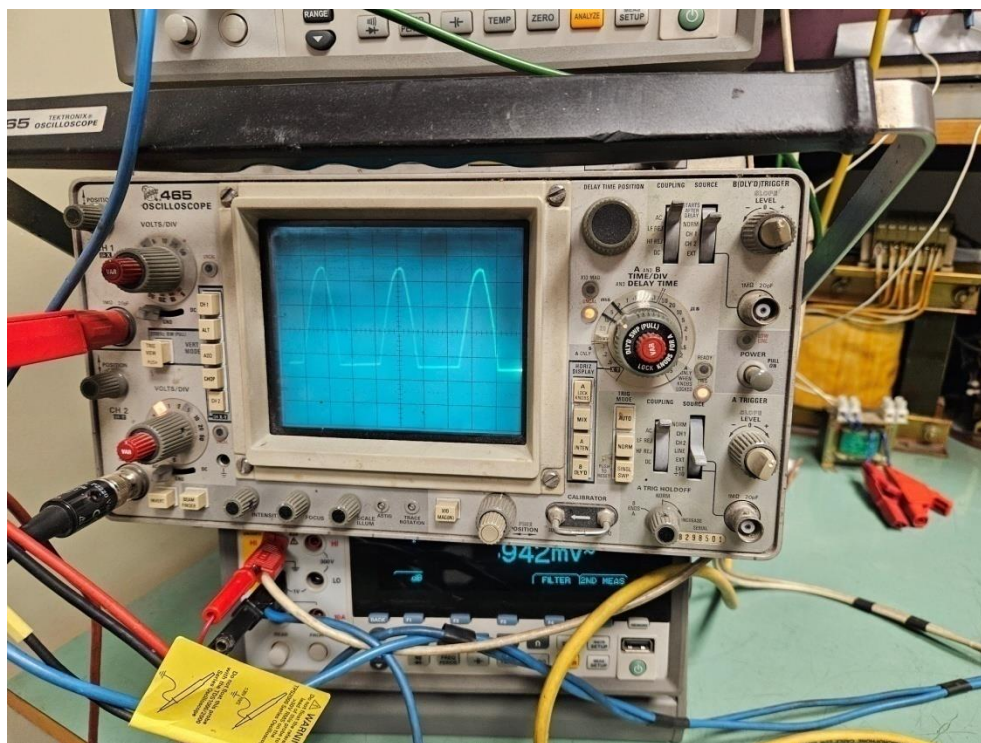


Slika 22: Spoj poluvalnog ispravljača

Kako znamo da izmjenični signal ima oblik sinusoide i da ima pozitivnu i negativnu poluperiodu, dioda propušta samo pozitivnu poluperiodu i zbog toga bi signal u teoriji trebao imati u pozitivnoj poluperiodi valni oblik u pozitivnom smjeru dok bi negativni dio poluperiode trebao biti nula (slike 23 i 24).

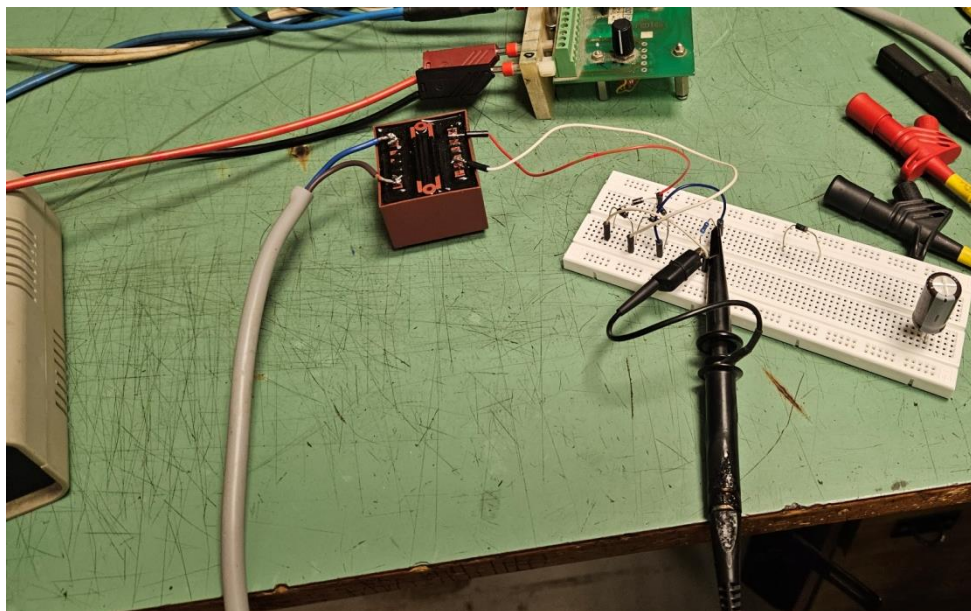


Slika 23: Signal poluvalnog ispravljača sa digitalnim osciloskopom



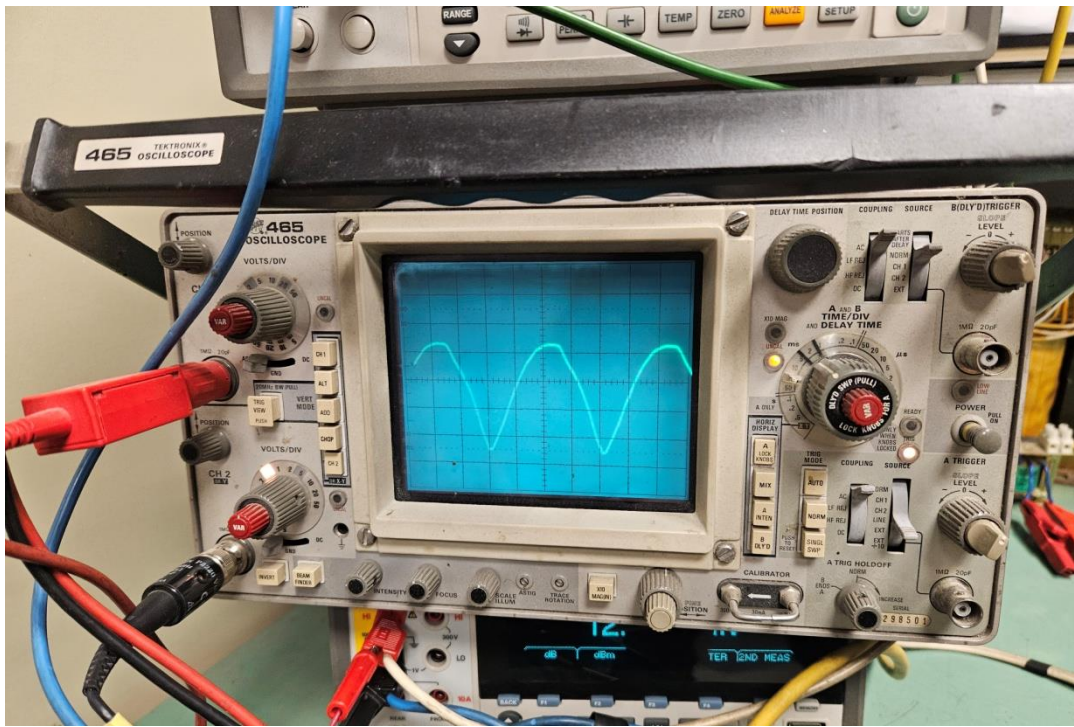
Slika 24: Signal poluvalnog ispravljača sa analognim osciloskopom

Kod punovalnog ispravljača koristimo isti transformator za istu namjenu kako bi snizili napon mreže na 12 V izmjenično. Kako se ovdje radi o punovalnom ispravljaču umjesto jedne diode koristimo njih četiri spojene u Graetzov spoj koji nam omogućava da sinusoidni signal izmjeničnog napona pretvorimo u valoviti signal istosmjernog napona kojeg spajamo na trošilo, a također se i na trošilo spaja osciloskopska sonda (slika 25.).

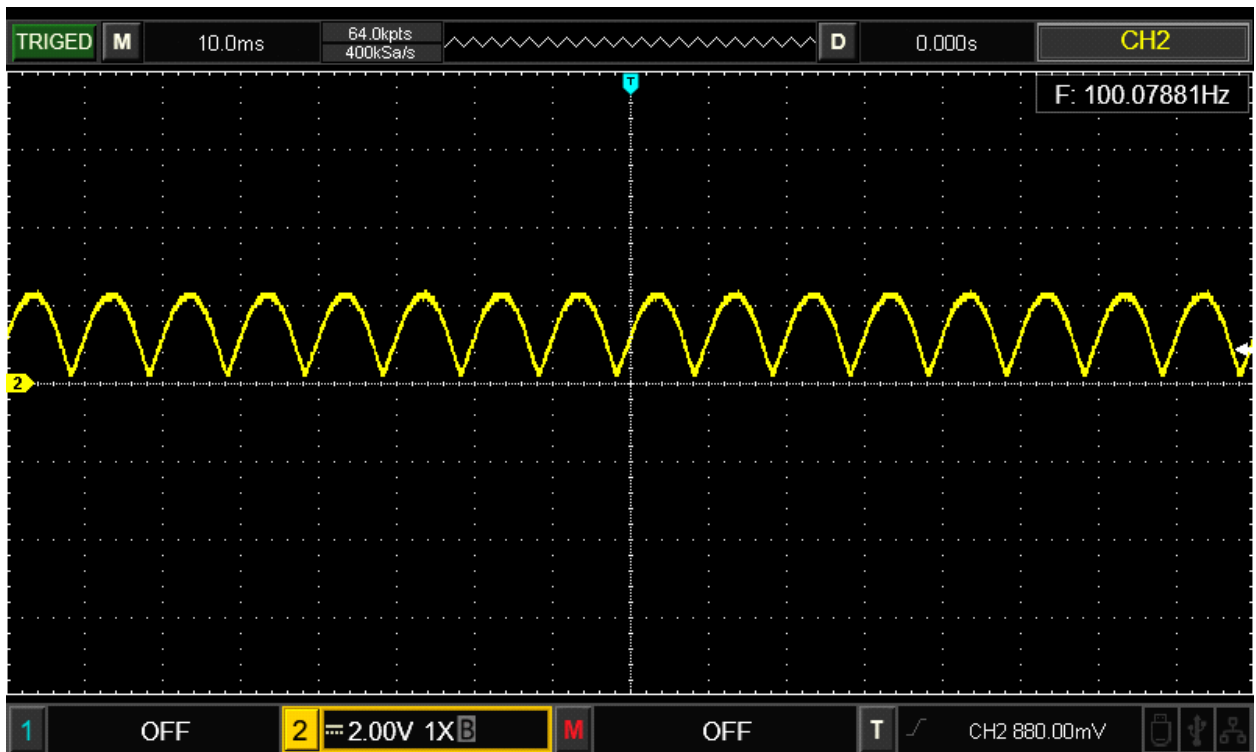


Slika 25: Spoj punovalnog ispravljača

U teoriji pozitivna poluperioda bi trebala ostati ista dok bi se negativna trebala zrcaliti na pozitivnu stranu i tako osigurati istosmjerni napon (slike 26. i 27.).

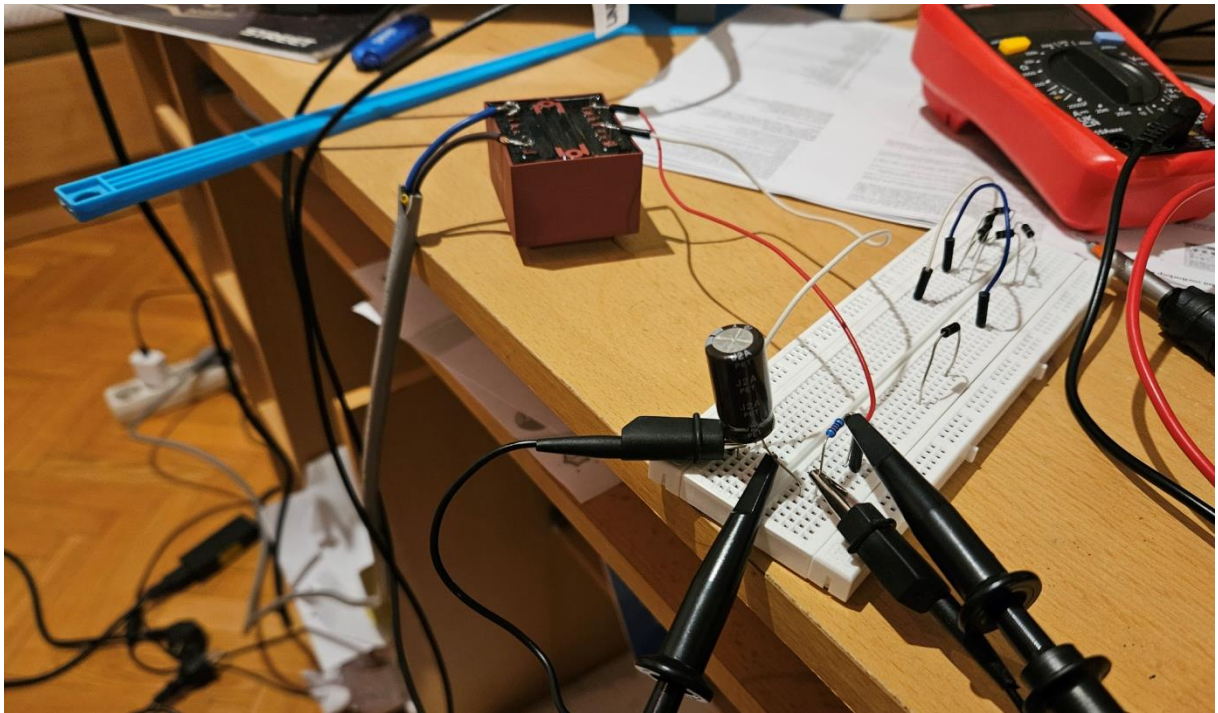


Slika 26: Signal punovalnog ispravljača sa analognim osciloskopom



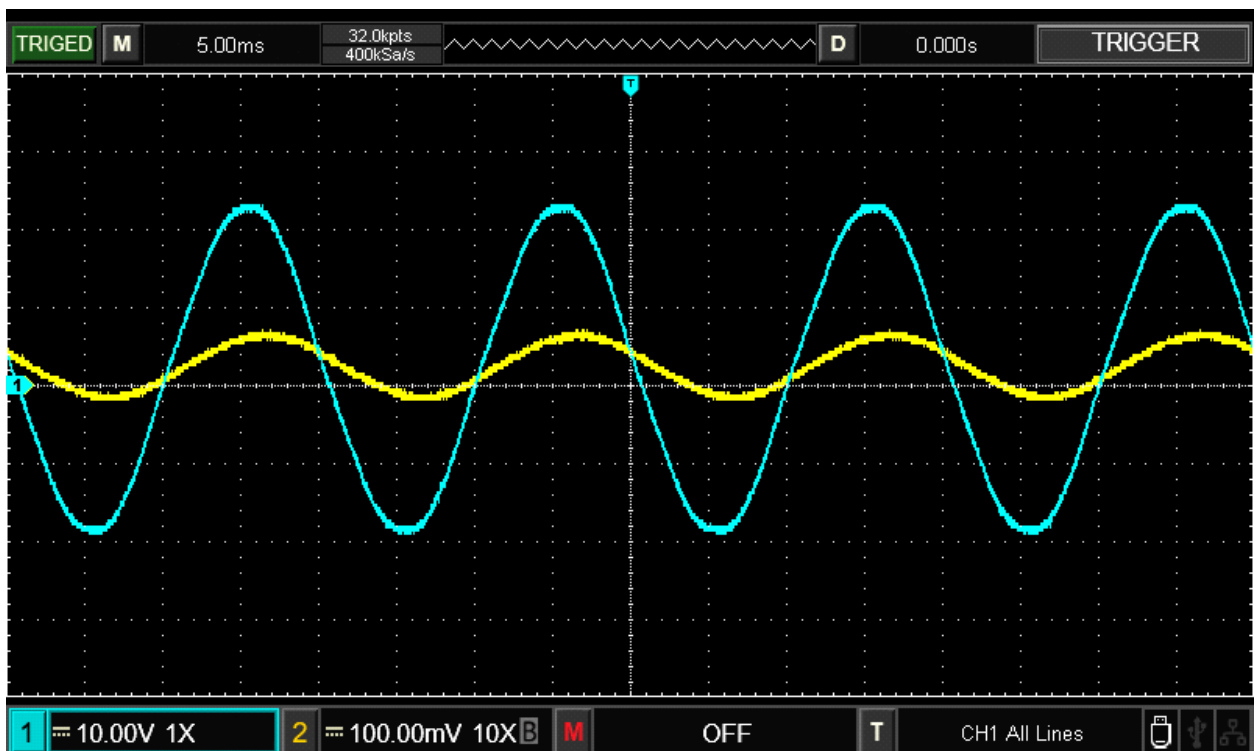
Slika 27: Signal punovalnog ispravljača sa digitalnim osciloskopom

I za sam kraj ću na RC krugu iskoristiti oba kanala osciloskopa kako bi mogli vidjeti odnos između dva signala. Shema spoja RC kruga prikazana je na slici 28.

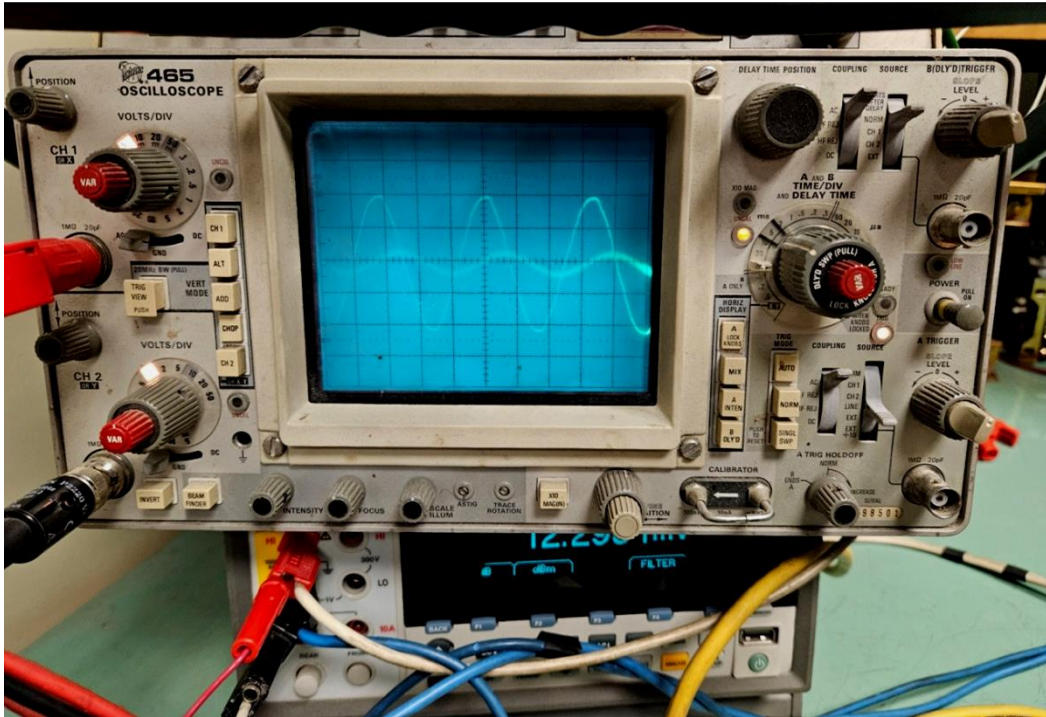


Slika 28: Spoj RC kruga

U teoriji bi signal na kondenzatoru trebao biti pomaknut za 90 stupnjeva u odnosu na signal na otporu, što se stvarno i dogodilo usprkos tome što je signal na kondenzatoru bio poprilično slab na analognom osciloskopu. Bitno je naglasiti da se na kanalu 1 nalazi signal na otporniku, a na kanalu 2 signal na kondenzatoru (slike 29 i 30).



Slika 29: Signal RC kruga sa digitalnim osciloskopom



Slika 30: Signal RC kruga sa analognim osciloskopom

6. ZAKLJUČAK

Analogni osciloskop je izumljen 1897. godine, a svoj vrhunac su dosegli 80-ih godina prošlog stoljeća te se upotrebljavaju i dan danas. Dok je situacija sa digitalnim osciloskopom znatno drugačija, njihov razvoj je krenuo prije nekih 15 do 20 godina i napredak je velik u odnosu na prvih 20 godina analognog osciloskopa. Naravno treba uzeti u obzir i to da je digitalni osciloskop imao prethodnika i bilo je lakše krenuti raditi bolji uređaj, dok je analogni osciloskop stvaran samo iz ideje. Kada uspoređujemo analogni i digitalni osciloskop u principu su njihove funkcije jako slične, jedino što je kod analognog osciloskopa svaka sklopka na prednjoj strani osciloskopa, a kod digitalnog je sve sadržano u nekoliko različitih menu-a. Glavna i najveća razlika je u tome što se kod digitalnog osciloskopa može manipulirati vrijednostima mjenog signala kroz odabir pojačanja, dok se kod analognog to nemože izvesti. Također još jedna bitna razlika je to što analogni osciloskop nema memoriju i nemože pamtit mjerene signale za razliku od digitalnog osciloskopa. Iako je ovaj analogni osciloskop star 40 godina jednako je precizan i pouzdan kao i digitalni osciloskop star 4 mjeseca. Jedini nedostatak analognog osciloskopa je taj što ga je iznimno teško pronaći i djelovi za njega se više ne proizvode, a i jako su skupi. S druge strane noviji digitalni osciloskop ima jako puno prednosti kao što je na primjer print screen ili digitalni filter koji može filtrirati frekvenciju određenog valnog pojasa tako da se podesi gornja tj. donja granična frekvencija. Pretvaranje električnih veličina u druge vrste signala omogućuje korištenje osciloskopa u različitim područjima kao npr. medicini ili automobilskoj industriji.

7. LITERATURA

[1]<https://hr.theastrologypage.com/oscilloscope>, pristupljeno 21.07.2023

[2] Bego.V.:“ Mjerenje u elektrotehnici“, Tehnička knjiga Zagreb,Zagreb (1975)
Broj 08-1119|2-1975

[3]Furčić N.: „Uvod u elektroniku“ ,element, Zagreb,(2020),
ISBN 978-953-197-312-0

[4]<https://illustrationprize.com/hr/288-digital-storage-oscilloscope.html>, pristupljeno
02.08.2023

[5]<https://docplayer.gr/41111072-Princip-rada-i-primena-osciloscopa.html>, pristupljeno
04.08.2023

[6]<https://instruments.uni-trend.com/static/upload/file/20210918/UTD2000CL+%20Series%20Digital%20Oscilloscope%20User%20Manual.pdf>,pristupljeno 05.08.2023

[7] https://arhiva-2021.loomen.carnet.hr/pluginfile.php/720000/mod_resource/content/1/Osciloskop.pdf,
pristupljeno 05.08.2023

8. POPIS SLIKA

Slika 1: Dvokanalni analogni osciloskop	2
Slika 2: Katodna cijev [3]	2
Slika 3: Blok shema analognog dvokanalnog osciloskopa [3]	3
Slika 4: Kontrole sustava za vertikalni otklon analognog osciloskopa [3]	5
Slika 5:Kontrole sustava za horizontalni otklon analognog osciloskopa [3]	6
Slika 6:Okidni sustav analognog osciloskopa [3].....	6
Slika 7: Funkcije analognog osciloskopa [5].....	7
Slika 8: Funkcije za vertikalni otklon analognog osciloskopa [5].....	8
Slika 9 : Horizontalne funkcije analognog osciloskopa [5]	10
Slika 10: Funkcije okidača analognog osciloskopa [5].....	11
Slika 11:Prikaz perioda	13
Slika 12: Digitalni osciloskop.....	15
Slika 13:Blok shema digitalnog osciloskopa	15
Slika 14: Funkcije digitalnog osciloskopa [6]	16
Slika 15: Funkcije zaslona [6]	17
Slika 16: Vertikalni sustav digitalnog osciloskopa	17
Slika 17: Horizontalne funkcije digitalnog osciloskopa	18
Slika 18: Funkcije okidača digitalnog osciloskopa.....	19
Slika 19: Osciloskopska sonda.....	20
Slika 20: Shema osciloskopske sonde [7]	21
Slika 21: Kompenzacija sonde [7].....	21
Slika 22: Spoj poluvalnog ispravljača	22
Slika 23: Signal poluvalnog ispravljača sa digitalnim osciloskopom.....	23
Slika 24: Signal poluvalnog ispravljača sa analognim osciloskopom	23
Slika 25: Spoj punovalnog ispravljača	24
Slika 26: Signal punovalnog ispravljača sa analognim osciloskopom.....	25
Slika 27: Signal punovalnog ispravljača sa digitalnim osciloskopom	25
Slika 28: Spoj RC kruga.....	26
Slika 29: Signal RC kruga sa digitalnim osciloskopom	26
Slika 30: Signal RC kruga sa analognim osciloskopom	27