

# Pregled modernih trendova na tržištu digitalnih osciloskopa

---

**Heršil, Matija**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:142842>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-29**

*Repository / Repozitorij:*

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



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

**Stručni studij**

**Pregled modernih trendova na tržištu**  
**digitalnih osciloskopa**

**Završni rad**

**Matija Heršil**

**Osijek, 2016**



**ETFOS**  
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET OSIJEK



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

**Obrazac Z1S: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za obranu završnog rada na stručnom studiju**

Osijek,

**Odboru za završne i diplomske ispite**

**Imenovanje Povjerenstva za obranu završnog rada na stručnom studiju**

<b>Ime i prezime studenta:</b>	<b>MATIJA HERŠIL</b>
<b>Studij, smjer:</b>	Stručni studij elektrotehnike, smjer Automatika
<b>Mat. br. studenta, godina upisa:</b>	A3962, 2011.
<b>Mentor:</b>	mr.sc. Venco Čorluka
<b>Sumentor:</b>	-
<b>Predsjednik Povjerenstva:</b>	Doc.dr.sc. Marinko Barukčić
<b>Član Povjerenstva:</b>	Mr.sc Dražen Dorić viši pred.
<b>Naslov završnog rada:</b>	Pregled modernih trendova na tržištu digitalnih osciloskopa
<b>Primarna znanstvena grana rada:</b>	Elektrotehnika
<b>Sekundarna znanstvena grana (ili polje) rada:</b>	Automatika
<b>Zadatak završnog rada</b>	Napredak u elektronici, komunikacijskim tehnologijama i energetici potiču potražnju za sve sofisticiranijom mjernom i ispitnom opremom. U okviru završnog rada treba dati uvid u princip rada te proučiti i pregledno opisati kretanja na tržištu digitalnih osciloskopa. Treba odabrati i dati ilustrativan primjer uređaja i primier primjene.
<b>Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (završnog rada):</b>	Vrlo dobar (4)
<b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b>	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 Jasnoća pismenog izražavanja: 2 Razina samostalnosti: 3

Potpis sumentora:

Potpis mentora:

Dostaviti:

1. Studentska služba

U Osijeku, 15.09. godine 2015.

Potpis predsjednika Odbora:



**ETFOS**  
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET OSIJEK  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku



## IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 15.09.2015.

**Ime i prezime studenta:**

Matija Heršil

**Studij :**

Stručni, Automatika

**Mat. br. studenta, godina upisa:**

A3962, 2011

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: Pregled modernih trendova na tržištu digitalnih osciloskopa

izrađen pod vodstvom mentora mr.sc. Venco Čorluka

i sumentora

mog vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.

Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

## Sadržaj

1. UVOD.....	1
1.1 Zadatak završnog rada .....	1
2. Osciloskop .....	2
2.1. Općenito .....	2
2.2. Podjela po načelu rada :.....	4
2.3. Analogni osciloskop .....	4
2.3.1. Glavni dijelovi analognog osciloscopa .....	4
2.3.2. Katodna cijev .....	4
2.3.3. Okomiti (vertikalni) otklonski sustav .....	5
2.3.4. Vodoravni (horizontalni) otklonski sustav .....	5
3. DIGITALNI OSCILOSKOP.....	6
3.1 Vrste modernih osciloscopa .....	8
3.1.1. Paralelni A/D pretvornik .....	16
3.2. Usporedba različitih tipova digitalnih osciloscopa .....	18
3.2.1 Osnovno načelo rada digitalnog osciloscopa na primjeru DSO-a .....	18
3.2.2. DSO (Digital Storage Oscilloscope) .....	19
3.2.3. DPO (Digital Phosphor Oscilloscope).....	20
3.2.4. SO ( Sampling Oscilloscope) .....	21
4. RAD U LABORATORIJU .....	24
5. ZAKLJUČAK .....	31
6. LITERATURA .....	32
Sažetak .....	33
Abstract.....	34
Životopis.....	35

# 1.UVOD

Osciloskop je uređaj koji služi za prikazivanje električnih signala u vremenskoj frekvencijskoj domeni ili prikazivanje više signala u međusobnoj ovisnosti. Primjena osciloskopa je vrlo široka, od elektronike pa sve do medicine za prikazivanje bioloških napona poput EKG-a ili EEG-a. Osciloskop dijelimo u dvije kategorije, digitalne i analogne. Razvoj analognih osciloskopa počinje s otkrićem katodne cijevi u 19. stoljeću, te su do 80-tih godina prošlog stoljeća bili nezamjenjivi, kada na tržište dolazi digitalni osciloskop. [1]

Osciloskop je brzi dvodimenzionalni pisač koji pruža prikaz informacija o promatranoj veličini i veličini što je mjerimo. Rezultat mjerenja osciloskopom je svjetleći grafikon što prikazuje tok vrijednosti mjerene veličine u njoj vremenskoj ovisnosti ili ovisnosti o drugoj nezavisno promjenjivoj veličini. Nekad su osciloskopi imali katodne cijevi, dok je danas većina osciloskopa digitalna. Digitalni osciloskopi imaju analogno digitalne pretvarače, koji analogni signal pretvaraju u digitalni signal, i spremaju u memoriju. To je posebno bitno kod promatranja događaja koji se više ne ponavljaju. Osciloskopi imaju osjetila koja imaju ugrađene atenuatore 10:1. Napredniji osciloskopi imaju širokopojasna pojačala za mjerenje razina napona manjih od 1 mV. Moguće je koristiti i osobno računalo kao osciloskop. [1]

## 1.1 Zadatak završnog rada

Napredak u elektronici, komunikacijskim tehnologijama i energetici potiču potražnju za sve sofisticiranijom mjernom i ispitnom opremom. U okviru završnog rada treba dati uvid u princip rada te proučiti i pregledno opisati kretanja na tržištu digitalnih osciloskopa. Treba odabrati i dati ilustrativan primjer uređaja i primjer primjene.

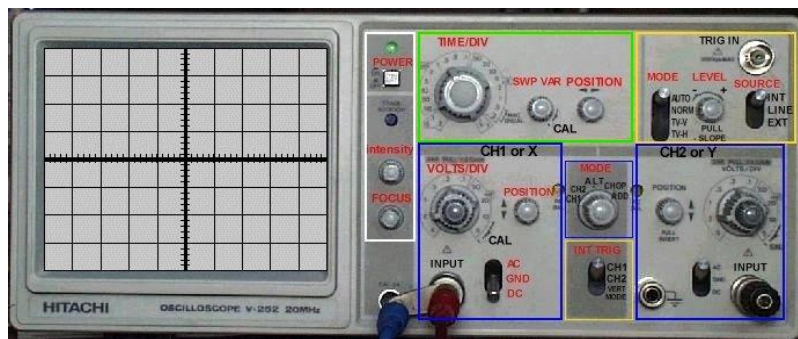
## 2.Osciloskop

### 2.1. Općenito

Podešavanje osciloskopa:

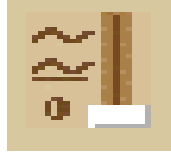
- uključivanje u mrežu
- preklopka za odabir vremena
- osjetljivost

Na prednjoj ploči osciloskopa nalazi se mnogo tipkala i preklopki za upravljanje, koji su zbog preglednosti grupirani u nekoliko skupina. Na slici (2.1.) prikazan je osciloskop Hitachi V222. Raznim bojama uokvirene su skupine upravljačkih tipkala. Gore desno pored ekrana obilježeno bijelim okvirom je sklopka za uključenje/isključenje osciloskopa, a ispod nje su tipkala za podešavanje svjetline i oštrote slike. U zelenom okviru je preklopka za odabir vremenske baze (TIME/DIV). Plavo uokvirenim tipkala obavlja se podešavanje kanala, te žuto uokvirena tipkala služe za podešavanje sinkronizacije. [1]



Slika 2.1. Osciloskop Hitachi V222 [1]

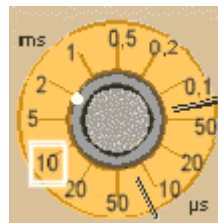
**Uključivanje u mrežu:** Na osciloskopu imamo tri položaja GND, AC i DC. U položaju GND ulaz je spojen na masu. U tom položaju podešava se nulti nivo oscilograma. U osciloskop ulazi samo izmjenična komponenta signala, dok kod istosmjerne komponente u osciloskop ulazi kompletan signal (izmjenična i istosmjerna komponenta signala). [1]



**Slika 2.2. Uzemljenje, istosmjerna i izmjenična komponenta signala [1]**

### **Preklopka za odabir vremena (vremenska baza TIME/DIV)**

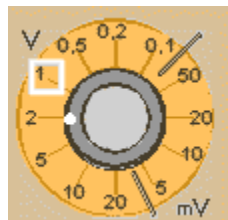
U simulaciji prebacujemo klikom miša na broj, time se pomakne bijela točka. Na slici ispod (2.3.) je preklopka u položaju 2ms to znači da jedna podjela (DIV) na osi x ima trajanje od 2ms. Čitav zaslon u ovom slučaju predstavlja vrijeme od 20ms. Ako kliknemo na bijelo uokviren broj 10 tada će 1 DIV imati trajanje od 10ms. [1]



**Slika 2.3. Preklopka za odabir vremena [1]**

### **Osjetljivost**

Osjetljivost se odabire posebnom preklopkom VOLT/DIV. Na slici dolje (2.4.) prikazan je položaj kada je odabrana osjetljivost 2VOLT/DIV. To znači da jedna podjela po osi y znači napon od 2VOLT/DIV. Ako u simulaciji odaberemo na uokvireni broj 1 osjetljivost će biti 1VOLT/DIV.



**Slika 2.4. Osjetljivost [1]**



## **2.2. Podjela po načelu rada :**

- osciloskopi s analognom obradom mjerene veličine
- osciloskopi s uzimanjem uzoraka (sampling osciloskopi)
- osciloskopi s digitalnom obradom mjerene veličine
- osciloskopi s analognom-digitalnim pamćenjem

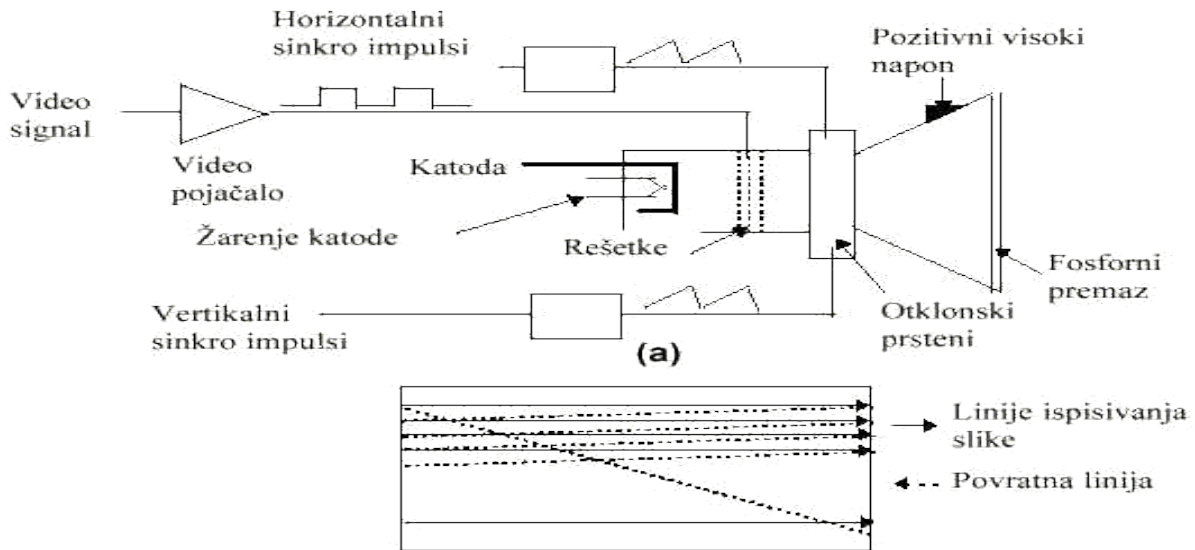
## **2.3. Analogni osciloskop**

### **2.3.1. Glavni dijelovi analognog osciloskopa**

- Katodna cijev koja omogućuje prikaz i promatranje mjernog signala
- Okomiti (vertikalni) otklonski sustav što omogućuje pojačanje ili slabljenje te amplitudni tretman mjernog signala.
- Vodoravni (horizontalni) otklonski sustav što omogućuje promatranje promjene signala u funkciji vremena ili druge nezavisne promjenljive veličine.
- Jedinice za napajanje pomoćnim naponom.

### **2.3.2. Katodna cijev**

Katodna cijev predstavlja optički indikator, a služi za prikaz mjenog signala. Promjene mjerene veličine elektrona koji usnopljeni udaraju na fosforescentni zaslon i emisijom svjetlosti ostavljaju trag opisan kao "svijetla mrlja". Položaj svijetle mrlje je određen s dvije veličine pa se obnavlja dvodimenzionalni prikaz.



Slika 2.5. Katodna cijev [1]

### 2.3.3. Okomiti (vertikalni) otklonski sustav

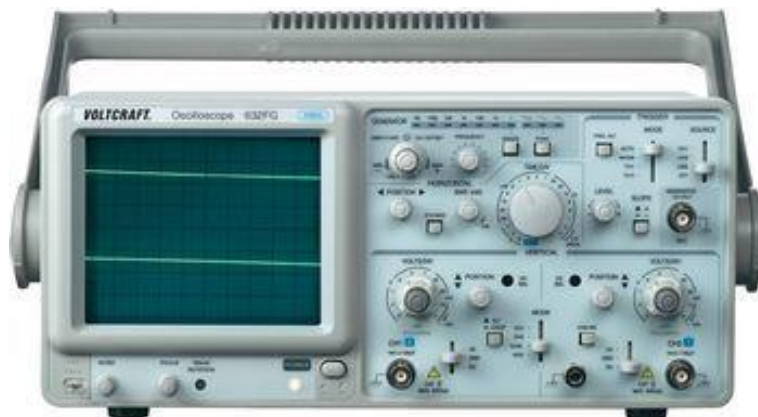
Okomiti otklonski sustav osciloskopa čine: ulazni signal, ulazni oslabljivač, ulazno pojačalo, linija za kašnjenje, i izlazno pojačalo. Prvi pokazatelj vertikalnog otklonskog sustava je prekidač s tri položaja i funkcijom ulaznog signala. Položaj DC (istosmjerne struje) omogućuje direktno prosljeđivanje mjenog signala ulaznom oslabljivaču, te se on prikazuje u izvornom obliku. [1] Položaj AC (izmjenične struje) prosljeđuje mjenog signal preko serijskog kondenzatora te do ulaznog oslabljivača ne dolazi istosmjerna struja (DC) i komponenta niskih frekvencija. Položaj GND (uzemljenje) omogućuje odvajanje mjerene veličine od ulaza bez opajanja, a potom se određuje nulti položaj elektronskog snopa, odnosno vremenske baze.

### 2.3.4. Vodoravni (horizontalni) otklonski sustav

Vodoravni otklonski sustav čine: sklop za sinkronizaciju generatora vremenske baze, generator upravljačkih impulsa, generator vremenske baze i izlazno x pojačalo. Pored njih imamo i napon za sinkronizaciju, birač rada osciloskopa i podešavač položaja zrake u x-smjeru.

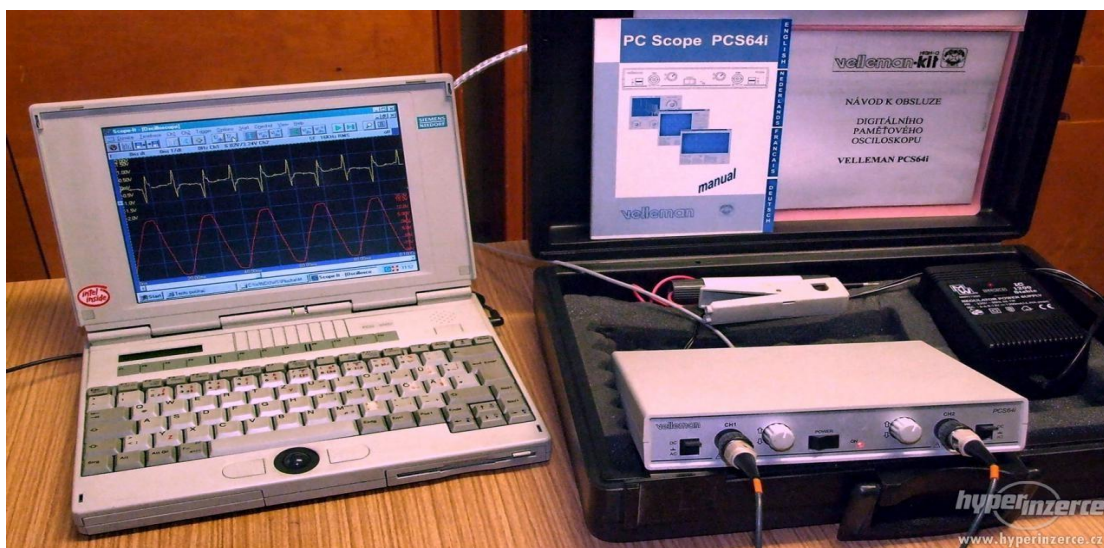
### 3. DIGITALNI OSCILOSKOP

Prvi digitalni osciloskopi pojavili su se krajem sedamdesetih godina prošlog stoljeća koja je izradila tvrtka Nicolet Test Instrument of Madison. To je bio spori analogno-digitalni pretvornik (1 MHz, 12 bit) koji se koristio za vibracije i medicinske analize. Prvi digitalni osciloskop velike brzine (100 MHz, 8 bit) izumio je Walter LeCroy nakon što je proizveo digitalizator velike brzine za istraživački centar CERN u Švicarskoj. LeCroy je ostao jedan od tri najveća proizvođača osciloskopa na svijetu. Početkom 1980. godina digitalni osciloskopi postali su jako rasprostranjeni. Digitalni osciloskopi sa memorijom koriste brzi analogno-digitalni pretvornik i memorijske čipove kako bi spremili i prikazali digitalnu reprezentaciju valnog oblika. Ovi osciloskopu su fleksibilniji, lakše se izvodi okidanje, analiza i prikaz nego što je to kod klasičnih analognih osciloskopa. Digitalni osciloskop može prikazati događaje koji su se dogodili prije okidanja. Digitalni osciloskopi oslanjaju se na efikasnost instalirane memorije i okidačkih funkcija (nedovoljna količina memorije uzrokovat će to da korisnik propusti događaj koji želi snimiti). Ako osciloskop ima veliku memoriju ali ne okida kako to korisnik želi tada će korisnik imati poteškoće u pronalasku događaja koji želi snimiti. Digitalni osciloskopi su se razvili i u ručne verzije osciloskopa koje su korisne za provođenje mnogih testova na terenu ili u nekom pogonu. Ručna verzija osciloskopa uglavnom je digitalni osciloskop za uzorkovanje koja za prikaz podataka koristi zaslon sa tekućim kristalom. Zbog velikog broja računala u svijetu razvili su se i osciloskopi zasnovani na PC računalima te postaju sve češći u struci. Obično se signal snima na vanjskom sklopovlju (koje uključuje analogno-digitalni pretvornik i memoriju) i odašilje se prema računalu gdje se podaci obrađuju i prikazuju na korisnikov zaslon. [2]



Slika 3.1. Digitalni osciloskop

Suvremeni digitalni osciloskopi sve više napuštaju korištenje katodne cijevi i sliku prebacuju na LCD. To omogućava bitno smanjenje dimenzija i težine osciloskopa. Bez obzira na dodatne mogućnosti, osnovni koncepti su kod digitalnih osciloskopa identični kao i kod analognih osciloskopa, te je i rukovanje gotovo identično. Kod digitalnih osciloskopa napon je proporcionalan promatranoj veličini. Najprije se pretvara u digitalni oblik putem A/D pretvornika pa se kasnije obrađuje kao digitalni signal. Digitalni osciloskopi pružaju daleko veće mogućnosti obrade signala od kojih je bitno istaknuti spremanje, prijenos i mjerenje. Takvi osciloskopi su ustvari računala posebne namjene i u njih dakako ide odgovarajuća programska oprema (software) Treba istaknuti da je moguće i obično računalo (PC) uz neke sklopovske i programske dodatke koristiti kao osciloskop, koji su se razvili zbog velikog broja računala u svijetu, te su sve prisutniji u struci. [2] Obično se signal snima na vanjskom sklopovlju koje uključuje analogno-digitalni pretvornik i memoriju i odašilje se prema računalu gdje se podaci obrađuju i prikazuju na korisnikov zaslon.



**Slika 3.2. Osciloskop-računalo**

### 3.1 Vrste modernih osciloskopa

- Tektronix TDS3012
- Fluke 225C
- Agilent 1000, Agilent 7000

#### Tektronix TDS3012

Moderan osciloskop koji ima zaslon u boji te pruža informacije o učestalosti pojavljivanja amplitude signala i širini signala. Ova opcija pomaže korisniku da locira i karakterizira valni oblik koji možda nisu primjetni na tradicionalnim digitalnim osciloskopima. Opcija brzog ažuriranja također omogućuje hvatanje i prikaz neredovitih valnih oblika ili varijacija valnih duljina. Grafičko sučelje nudi novi operacijski mod koji se zove *QuickMenu*. Ovaj mod omogućuje korisniku pristup glavnim kontrolama osciloskopa pritiskom na samo jedan gumb. Uz osciloskop korisnik dobiva disk sa uputama za korištenje osciloskopa. Osciloskop je prenosiv tako da je moguće prenijet ga gdje je god to potrebno. Komunikacijski i aplikacijski moduli omogućuju konfiguraciju instrumenta za specifične aplikacije ili se mogu unaprijediti bez toga da se uređaj šalje proizvođaču ili ovlaštenom serviseru. Sa konceptom aplikacijskog modula ovaj osciloskop je moguće vrlo lagano prilagoditi korisniku. Ove module je vrlo lagano instalirati od strane korisnika i prilikom uključivanja uređaj na zaslonu prikazuje koji su moduli instalirani. Trenutno postoji pet aplikacijskih modela za TDS3000 seriju osciloskopa. Postoji 601 digitalni video modul, prošireni video modul, telekomunikacijski testni modul, FFT modul i napredni okidački modul. Kao dodatak postoje tri komunikacijska modula dostupna: 10Base-T LAN/RS-232 modul, GPIB/RS-232 modul i VGA/RS-232 modul. Kada se instalira TDS3SDI-601 digitalni video modul na TDS3000 osciloskop tada uređaj dobiva mogućnost da se locira i identificira ITU-R BT.601 video signal i proučava se njegova analogna komponenta. [3]

Značajke uključuju:

- Vektroskop (Pb/Pr)
- Analogno HDTV okidanje – 1080i, 1080p, 720p, 480p
- YPbPr, RGB i YC valni oblici
- Sve značajke u TDS3VID

## Različiti modeli Tektronix TDS osciloscopa te njihove karakteristike

	TDS3012	TDS3032	TDS3052	TDS3014	TDS3034	TDS3054
Broj kanala	100 MHz	300 MHz	500 MHz	100 MHz	300 MHz	500 MHz
Brzina uzorkovanja	2	2	2	4	4	4
Maksimalna duljina snimanja	1,25 GS/s	2,5 GS/s	5 GS/s	1,25 GS/s	2,5 GS/s	5 GS/s
Vertikalna rezolucija	10 K točaka na svim modelima					
Vertikalna osjetljivost (/div)	9-bit na svim modelima					
Vertikalna točnost	±2% na svim modelima					
Maksimalni ulazni napon (1 megaohm)	150 VRMS CAT I na svim modelima (300 V CAT II sa standardnom 10X sondom)					
Pozicijski raspon	± 5 div na svim modelima					
BW limit	20 MHz	20, 150 MHz	20,150 MHz	20 MHz	20,150 MHz	20,150 MHz
Spajanje na ulazu	AC, DC, GND na svim modelima					
Odabir ulazne impedancije	1 megaohm u paraleli sa 13 pF ili 50 Ohm					
Vremenska baza						
Raspon (/div)	4 ns – 10 s /div	2 ns – 10 s/div	1 ns – 10 s/div	4 ns – 10 s/div	2 ns - 10 s/div	1 ns – 10 s/div
Točnost	200 ppm na svim modelima					
Prikaz	LCD zaslon u boji					



**Slika 3.3. Tektronix TDS3012 [3]**

### **Fluke 225C**

Pružila potpunu funkcionalnost standardnog 200 MHz prijenosnog digitalnog osciloscopa sa dodatkom sposobnosti testiranja širokog raspona industrijskih sabirničkih sustava. Kada korisnik uđe u opciju Bus health Test mode tada osciloskop automatski analizira električne signale koji prolaze kroz sabirnicu i uspoređuje parametre sa standardnim vrijednostima. Alternativno tome korisnik može odabrati opciju „Eyepattern“ kako bi vizualno provjerio kvalitetu signala. Parametri su automatski ocijenjeni kao „dobri“, „slabi“ ili „loši“ tako što su uspoređeni sa industrijskim standardima ili sa korisničkim zahtjevima. Svaki od izmjerenih parametara prezentiran je sa trenutnom vrijednosti i sa statističkim maksimalnim i minimalnim vrijednostima izmjerenim kroz vrijeme. Referentne vrijednosti koje se koriste također su prikazane kako bi dale korisniku lakši uvid u ponašanje sustava koji promatra. Testirani parametri sadrže amplitude

signala, napone, vremena rasta i spuštanja, kratkotrajne smetnje (engl. *Jitter*), izobličenja i razine šuma ovisno o zahtjevima industrijskih standarda. [4]

### Karakteristike Fluke 225C osciloskopa

Širina pojasa	200 MHz
Vrijeme uzorkovanja	2,5 GS/s
Testiranje sabirnica	Provjerava električne parametre industrijskih sabirničkih sustava automatskim mjerenjem i analizom funkcija. Uz to pomoću opcije „Eyepattern“ moguće je vizualno provjeriti kvalitetu signala
Klasifikacija parametara	Zadane vrijednosti: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Unutar granica = „good“, zelena oznaka</li> <li>- Unutar zadanog postotka unutar granica = „weak“, narančasta oznaka</li> <li>- Ispod granica = „bad“, crvena oznaka</li> </ul> <p>Vrijednosti su definirane prema industrijskim standardima za određenu sabirnicu ili ih je moguće zadati od strane korisnika. Tolerancije za oznaku „weak“ korisnik može mijenjati po želji</p>
Podržani sabirnički sustavi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AS-i (EN50295, 166 kb/s);</li> <li>• CAN-bus (ISO-11898, up to 1 Mb/s);</li> <li>• Modbus 232 (EIA-232 up to 115 kb/s);</li> <li>• Modbus 485 (EIA-485 up to 10 Mb/s);</li> <li>• Foundation Fieldbus H1 (61158 type 1, 31.25 kb/s);</li> <li>• Profibus DP (EIA-485 up to 12 Mb/s);</li> <li>• Profibus PA (61158 type 1, 31.25 kb/s);</li> <li>• Ethernet 10Base2 (coaxial, 10 Mb/s);</li> <li>• Ethernet 10BaseT (UTP, 10 Mb/s);</li> <li>• Ethernet 100BaseT (100 Mb/s);</li> <li>• RS-232 (EIA-232, up to 115 kb/s);</li> <li>• RS-485 (EIA-485, up to 10 Mb/s).</li> </ul>
Modovi	Analiza parametara valnih oblika sa automatskim ispisom parametara
Mjereni parametri	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Naponske razine</li> <li>- Amplituda signala</li> <li>- Širina impulsa i broj promjena</li> <li>- Vrijeme rasta</li> <li>- Jitter</li> <li>- Izobličenje signala</li> <li>- HF šum</li> <li>- LF šum</li> </ul>





**Slika 3.4. Fluke 225C [4]**

## **Agilent 1000**

Osciloskop tvrtke Agilent serije 1000 pruža performanse i karakteristike koje se očekuju kod velikih laboratorijskih osciloskopa, također omogućuje prenosivost i ima pristupačnu cijenu. Ovaj uređaj posjeduje do 20kpts memorije po kanalu što omogućuje korisniku da vidi svaki detalj signala.

Svaki osciloskop ima mogućnost obavljanja 23 automatska mjerenja, digitalna filtriranja signala, prikupljanje sekvenci, matematičkim funkcijama (uključujući FFT), pohranjenim postavkama i

valnim oblicima. Ugrađena USB sučelja omogućuju korisniku fleksibilnu konekciju na računalo te ažuriranje softvera. [5]

### Karakteristike Agilent 1000 osciloskopa

Brzina uzorkovanja	Do 2GS/s pola kanala (1GS/s za sve kanale)
Duljina memoriranja	Do 20kpts pola kanala (10kpts kada se koriste svi kanali)
Vertikalna rezolucija	8 bit
Osjetljivost	2mV/div do 5V/div
Maksimalni ulazni napon	CAT I; 300Vrms; 400 Vpk
Ulazna impedancija	1MΩ
Vremenska baza	5ns/div do 50s/div
Točnost vremenske baze	50ppm (0 do 30°C)
Načini okidanja	Brid, širina impulsa, video ili pomoću gumba s prednje strane uređaja (ručno)
Automatska mjerenja	23 automatska mjerenja temeljena na naponu ili vremenu; šestoznamenasti brojač
Matematičke funkcije	Zbrajanje, oduzimanje, množenje, FFT
Prikaz	5,7 QVGA LCD u boji
Format	YT i XY
Brzina osvježavanja	400 valnih oblika po sekundi
Standardna sučelja	USB 2.0 s prednje i zadnje strane uređaja
Sučelja za pisače	USB za PicBridge kompatibilne pisače
Dimenzije	325x156x129
Temperatura rada	0 do +40°C
Napajanje	100 do 240 V AC; 50/60 Hz



**Slika 3.5. Agilent 1000 [5]**

### **Agilent 7000**

Keysight InfiniiVision 7000B osciloskop pruža najbolju preglednost signala koji uključuje analogni i/ili digitalni i serijski signal. InfiniiVision 7000 opremljen je sa zaslonom velikih dimenzija (12.1“ XGA), velikom memorijom i sa brzinom osvježivanja do 100 000 valnih oblika u sekundi. [5]

Program Intuilink koji dolazi uz uređaj pruža alatnu traku za mjerenje za Microsoft-ove aplikacije Word i Excel kako bi korisnik što bolje mogao obraditi mjerne podatke.

### **Karakteristike Agilent 7000 osciloscopa**

Analogne brzine uzorkovanja	DSO/MSO705xB/710xB: 4GS/s DSO/MSO701xB/703xB: 2GS/s
Duljina memoriranja	8Mpts pola kanala; 4Mpts svaki kanal

Brzina osvježivanja	Do 100 000 valnih oblika u sekundi
Vertikalna rezolucija	8 bit (do 12 bit pri visokoj rezoluciji)
Detekcija vršnog signala	DSO/MSO701xB/703xB: 500ps širina DSO/MSO705xB/710xB: 250ps širina
Raspon ulaza	2mV/div do 5V/div (1M $\Omega$ ili 500 $\Omega$ )
Maksimalni ulazni napon	300 Vrms-400Vpk CAT I 100 Vrms-400Vpk CAT II
Ulazna impedancija	1M $\Omega$ ili 500 $\Omega$
Ocjena sonde	500 Vpk CAT I – 400 Vpk CAT II
Logički kanali	16 digitalnih ulaza (samo MSO)
Maksimalna digitalna frekvencija	250 MHz
Točnost vremenske baze	15 ppm
Načini okidanja	Brid, širina impulsa, uzorak, TV, vrijeme trajanja, Sekvenca, CAN, LIN, Flexray, USB, I2C, SPI
Automatska mjerenja	Napon od vrha do vrha, minimalna vrijednost, maksimalna vrijednost, srednja vrijednost, amplituda RMS Standardna devijacija Period frekvencije + širina - širina Faza
Matematičke funkcije	Zbrajanje, oduzimanje, množenje, integriranje, FFT
Opcije digitalne analize	Dinamičke sonde za Xilinx ili Altera FPGA
Prikaz	12.1“ XGA LCD u boji

USB sučelja	1xUSB 2.0 i 2xUSB 1.1
Ethernet sučelje	10/100BaseT
Ostala sučelja	IEEE488.2 GPIB – XGA video izlaz
Dimenzije	454x298x220 mm
Napajanje	100 do 240 V AC; 50/60 Hz

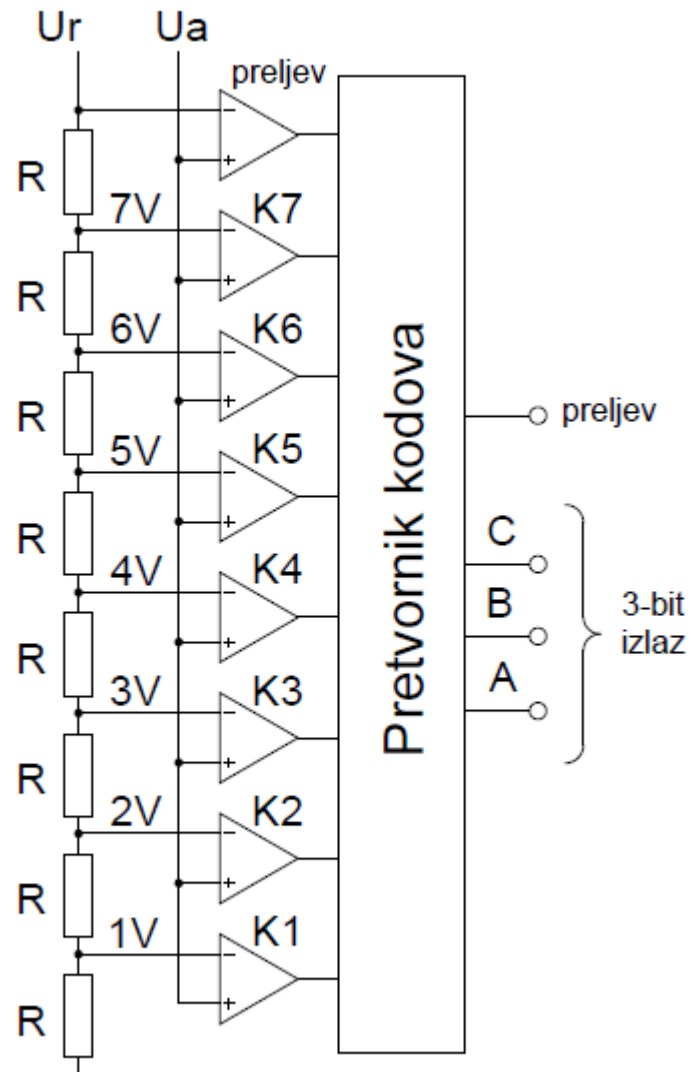


**Slika 3.6. Agilent 7000 [5]**

### **3.1.1. Paralelni A/D pretvornik**

Za razliku od od digitalnog multimetra, kod kojih se traži točnost, a tek onda brzina konverzije, pa rade s razlučivanjem većim čak i od 20 bitova, kod digitalnih osciloskopa je obrnuto. Prvo se traži brzina, a tek onda točnost, stoga se najčešće rabi razlučivanje od 8 bitova kod kojeg

je pogreška 0.4%. zbog toga se ovdje rabi najbrži tip analogno-digitalnog pretvornika tzv. paralelni pretvornik koji je prikazan na slici 3.7.



**Slika 3.7. Načelna shema paralelnog analogno-digitalnog pretvornika**

Sastoji se od niza serijski povezanih otpornika jednakih vrijednosti otpora kojima se referentni napon  $U_R$  dijeli na jednake padove napona, a paralelno svakom od njih spojen je komparator. Za razlučivanje od  $n$  bitova potrebno je  $2^{n-1}$  komparatora, a najčešće se dodaje još jedan za registraciju preljeva, tako da ne npr. za 8-bitni zapis potrebno 256 komparatora. Mjerni napon  $U_x$  dovodi se na drugi ulaz svih komparatora pa se na izlazu onih komparatora, kod kojih je  $U_x$  viši od pripadnog

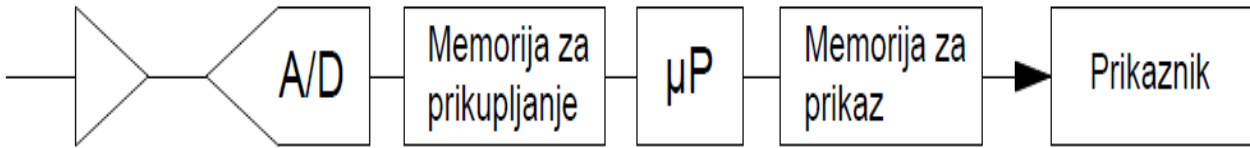
potencijala druge ulazne priključnice dobiva 1, a na ostalima 0. Izlazi komparatora spojeni su na pretvornik kodova na čijem se izlazu dobiva binarni broj, a pretvorba traje nekoliko nanosekundi.

## **3.2. Usporedba različitih tipova digitalnih osciloskopa**

Kod digitalni osciloskopa razlikujemo DSO (Digital Storage Oscilloscope), DPO (Digital Phosphor Oscilloscope) i SO (Sampling Oscilloscope). Razlikuju se u načinu uzrokovanja signala, njegove obrade i prikaza signala. Zajednička odlika današnjih digitalnih osciloskopa je da su njihove različite konstrukcije, svojstva, način prikaza te dodatne funkcije i mogućnosti prilagođeni točno određenom segmentu u širokoj lepezi njihove primjene, (npr. području telekomunikacije, VF tehnike, razvoju digitalnih sustava i slično). [6]

### **3.2.1 Osnovno načelo rada digitalnog osciloskopa na primjeru DSO-a**

U njima se se serijskim ustrojem za obradu signala promatrani signal uzrokuje, a svaki se uzorak analogno-digitalnim pretvornikom pretvara u digitalnu informaciju koja se pohranjuje u memoriji za prikupljanje. Kad se prikupi dovoljno uzoraka za jednu sliku na prikazniku, oni se uzimaju iz memorije, obrađuju u mikroprocesoru te prosljeđuju u memoriju za prikaz koja šalje informaciju na ekranu. Za određeni vremenski interval dok traje obrada uzoraka i čekanje na novo okidanje, mjerni signal se uopće ne uzorkuje pa u potpunosti gubimo informaciju o njegovim mogućim promjenama tijekom intervala. To je svakako nedostatak digitalnih osciloskopa, a drugi je to što između trenutaka uzrokovanja i prikaza signala postoji određeno kašnjenje pa prikaz nije u stvarnom vremenu. S druge strane u digitalnim osciloskopima primjenjuju se mikroprocesori pa je omogućeno dobivanje i niza podataka o mjernom signalu, obavljanje matematičkih operacija, te posebne analize u vremenskoj i frekvencijskoj domeni.



**Slika 3.8. Vrlo pojednostavljena blok-shema klasičnog digitalnog osciloskopa (DSO)**

Valja naglasiti da je kod digitalnih osciloskopa moguće izabrati nekoliko različitih načina slaganja prikaza na zaslonu prema uzetim uzorcima. Najjednostavniji je način slijednog prikaza kod kojeg se prikazuje uzrokovani valni oblik signala, pa vremenski razmak između uzetih uzoraka odgovara vremenskom intervalu točaka prikaza.

### 3.2.2. DSO (Digital Storage Oscilloscope)

DSO su prikladni za nisko-frekvencijske i brze impulsne signale te za istodobno promatranje više signala (obično 4 signala). Kod nekih osciloskopa mogu se dobiveni podaci pohraniti na disketu.

Osnovni podaci za DSO su: frekvencijski opseg (npr. 1 Ghz), brzina uzrokovanja (do 10 GS/s) te duljina zapisa po kanalu (npr. do 120 000 točaka).

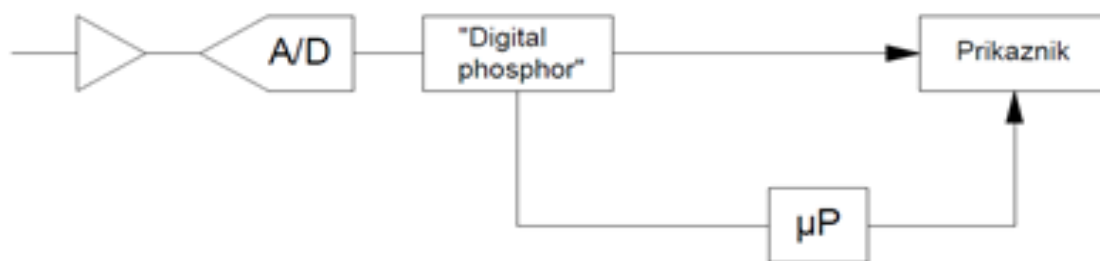




Slika 3.9. Izgled DSO osciloscopa [6]

### 3.2.3. DPO (Digital Phosphor Oscilloscope)

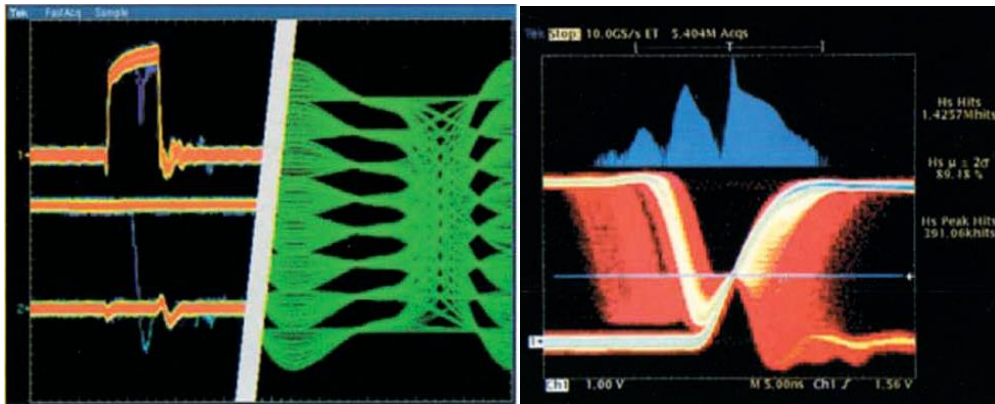
DPO se pojavio prije nekoliko godina i od DSO-a se razlikuje po paralelnom ustroju za obradu signala (SLIKA 3.10.). Nakon digitalizacije analogno-digitalnim pretvornikom uzorci se pretvaraju u trodimenzionalni oblik u bazi podataka, te prosljeđuju izravno na ekranu. [6]



Slika 3.10. Vrlo pojednostavljena blok-shema DPO osciloscopa

DPO ima 3 dimenzije: amplituda, vrijeme te razdioba amplituda po vremenu. One se prikazuju različitom svjetlinom, dok se različitim bojama oslikava ponovljivost valnog oblika, tako da se

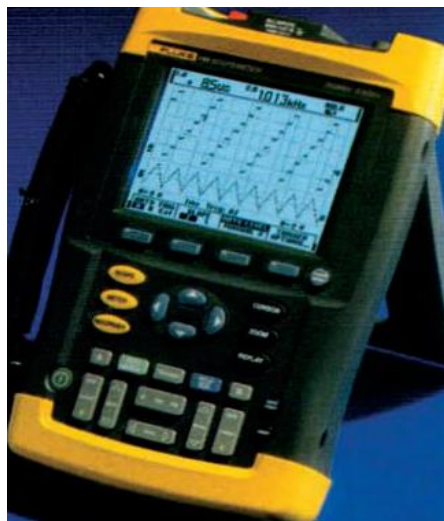
razlikuje prikaz odziva koji se ponavlja nakon svakog okidnog impulsa od onog koji se pojavi vrlo rijetko. ( SLIKA 3.11.). Matematička analiza uzoraka i nadzor nad upravljačkim sučeljem osciloskopa ide paralelnom stazom preko mikroprocesora, koji je usko vezan za brzi prihvat i prikaz signala, pa stoga DPO-i prosljeđuju uzorke mnogo brže od DSO-a.



**Slika 3.11. Primjeri prikaza na zaslonu DPO osciloskopa [6]**

### 3.2.4. SO ( Sampling Oscilloscope)

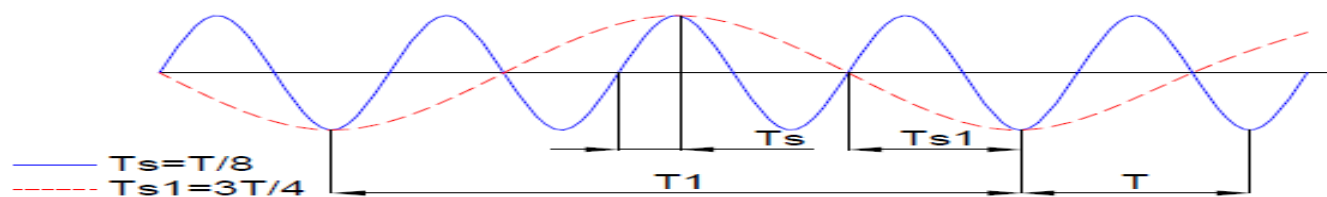
SO je predviđen za visokofrekvencijske periodičke signale veličine više desetaka gigaherca i po svojoj je konfiguraciji sličan DSO-u. Razlika je u njegovom ulaznom dijelu i načinu uzrokovanja. Kod ovakvih se osciloskopa ulazni signal najprije uzrokuje pa tek onda pojačava, pri čemu se upotrebljava metoda uzrokovanja u ekvivalentnom vremenu, kod koje se za slaganje jedne periode na prikazu uzorci uzimaju tijekom više perioda mjenog napona. [6] Time je omogućeno uzrokovanje signala čija je frekvencija puno viša od učestalosti uzrokovanja samog osciloskopa ali je nužan uvjet da je signal periodička funkcija. Budući da je kod obrade signala prvi u slijedu iza ulaza sklop za uzrokovanje, čija je dinamika ograničena, najveći dopušteni ulazni napon svega nekoliko volti. Dok kod DSO-a i DPO-a on iznosi i nekoliko stotina volta. Osim toga, kod ovih je osciloskopa i mnogo manja duljina zapisa od svega par tisuća točaka.



**Slika 3.12. Suvremeno višenamjensko digitalno mjerilo [6]**

### **3.2.5. Uzorkovanje signala**

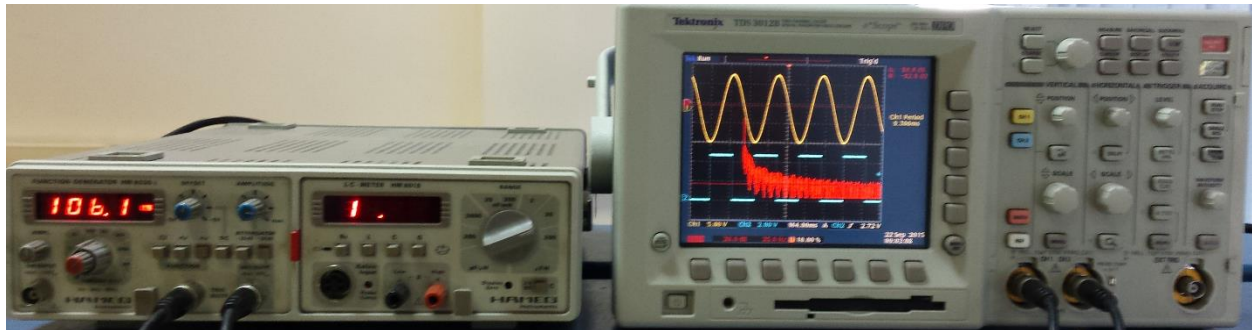
Osnovni način uzorkovanja signala (uzimanje uzoraka) je u stvarnom vremenu (real-time sampling). Sklop za uzorkovanje radi tako da se nakon okidnog signala uzorci prikupljaju točnim redoslijedom nakon istih vremenskih intervala, upravo onako kako se pojavljuju na ekranu. Ovaj način uzorkovanja prikladan je i za periodičke i za ne periodičke signale. Prema Nyquistovom kriteriju da bi signal bio ispravno rekonstruiran nakon uzorkovanja učestalost uzorkovanja mora biti najmanje dvostruko veća od frekvencije njegovog najvišeg harmonika. To je nužan uvjet za praktičnu primjenu. Potrebno je barem četiri uzorka po periodu signala. Ukoliko je učestalost uzorkovanja premala nastat će pogreška koja se očituje u tome da je frekvencija rekonstruiranog signala niža od stvarne pa neki osciloskopi imaju posebne sklopove pomoću kojih se ona spriječava. Zbog toga je ključan parametar digitalnog osciloskopa njegova brzina uzorkovanja koja se iskazuje brojem uzoraka u sekundi, a za DSO iznose do  $10 \cdot 10^9$  uzoraka u sekundi. Osciloskop ne radi uvijek uvijek najvećom brzinom, već samo kod određenog trajanja vremenske baze.



**Slika 3.13.** Uzrokovanje signala u stvarno vremenu (periode  $T$  označenog punom linijom), kod vremena uzorkovanja  $T_s$  nakon rekonstrukcije dobiva se originalni signal, a kod  $T_{s1}$  signal (označen crtkanom linijom) s periodom  $T_1$  (nastaje pogreška zbog aliasinga)

## 4. RAD U LABORATORIJU

Kao praktični dio završnoga rada prikazane su neke od opcija modernog digitalnog osciloskopa, te njegove karakteristike. Za mjerenja koristili smo dvokanalni digitalni osciloskop marke Tektronix TDS3012 sa propusnosti do 100GHz.



Slika 4.1. Digitalni osciloskop Tektronix TDS3012

### Karakteristike Tektronix 3012 osciloskopa

Propusnost	100GHz
Kanali	2
Brzina uzrokovanja	1.25 GS/s
Veličina memorije	10000 točaka
Vertikalna rezolucija	9 bitova
Vertikalna točnost	$\pm 2\%$
Vertikalna osjetljivost	Od 1mV do 10V
Max. Ulazni napon (1 M $\Omega$ )	150 V <sub>RMS</sub> CAT I
Raspon položaja	$\pm 5$ DIV
BW granica	20 MHz

Ulazi za spajanje	AC, DC, GND
Izbor ulazne impedancije	1M $\Omega$ u paraleli sa 13pF ili 50 $\Omega$
Raspon vremenske baze	4ns do 10 s/DIV
Točnost vremenske baze	20*10 <sup>-6</sup>
Zaslon	LCD

**Tablica 4.2. Karakteristike digitalnog osciloskopa Tektronix TDS3012**

Kako bi izvršili potrebna mjerenja morali smo upoznati upravljačke komponente digitalnog osciloskopa Tektronix TDS3012.

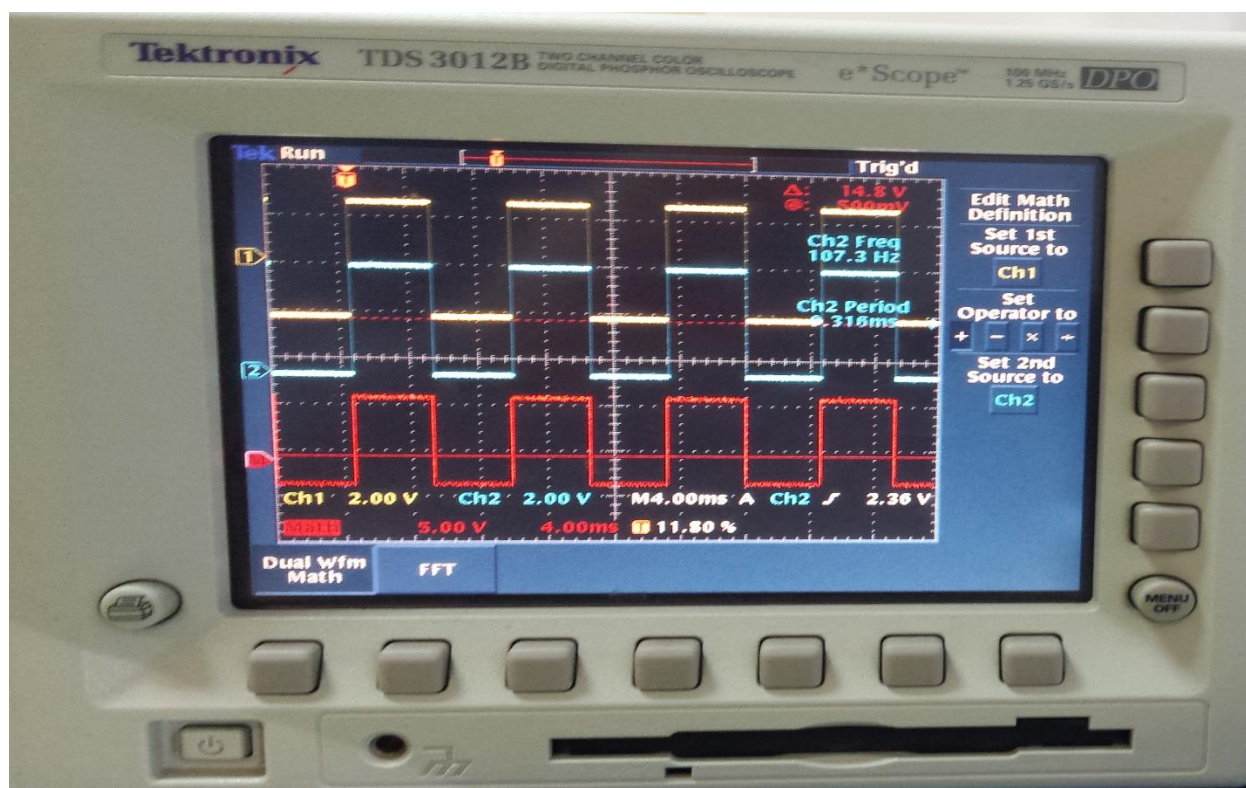
#### Upravljačke komponente Tektronix TDS3012 osciloskopa

MESAURE	Automatsko mjerenje valnog oblika
CURSOSR	Pokazivač
SAVE/RECALL	Snima/briše izgled valnog oblika na memoriju ili floppy disk
DISPLAY	Zaslon/ekran
QUICKMENU	Aktivira brzi izbornik
UTILITY	Aktivacija korisnih funkcija npr. odabir jezika
VERTICAL MENU	Postavlja okomite parametre npr. podešavanje skale, položaj
TRIGGER MENU	Odabir načina okidanja
ACQUIRE MENU	Podešava uzrokovanje, horizontalnu rezoluciju, resetira vrijeme kašnjenja
COARSE	Zamjenjuje svrhu gumba i gumza za položaj
SELECT	Prebacuje dva pokazivača dok ne odabere aktivan pokazivač
GENERAL PURPOSE KNOB	Pomiče pokazivač, namješta parametre za neke izbornike
VERTICAL POSITION	Podešava vertikalni položaj odabranog signala
HORIZONTAL POSITION	Podešava horizontalni položaj odabranog signala
TRIGGER LEVEL	Podešava razinu okidanja
RUN/STOP	Pokreće/zaustavlja okidanje
SINGLE SEQ	Podešava uzrokovanje, zaslon i parametre okidanja
SET TO 50%	Namješta razinu okidanja u središte valnog oblika
AUTOSET	Automatski podešava vertikalne, horizontalne i funkcije okidanja
FORCE TRIGGER	Prisilno neposredno okidanje
WAVEFORM INTENSITY	Kontrolira intezitet
B TRIG	Aktivira B okidanje i prilagođava se B okidanju

DELAY	Omogućava relativno uzrokovanje za vrijeme okidanja
HORIZONTAL SCALE	Podešavanje horizontalne skale
HORIZONTAL ZOOM	Povećava odabrani signal
WAVEFORM OFF	Briše odabrane valne oblike
VERTICAL SCALE	Podešavanje vertikalne skale
CH1, CH2, MATH	Prikazuje valne oblike
COPY	Pokreće kopiranje
POWER SWITCH	Pokreće ili drži u pripravnosti
PROBE COMP	Kvadrira ulazni valni oblik
MENU OFF	Isključuje izbornik na zaslonu
CH1, CH2	Ulaz za sonde sa sučeljem
EXT TRIG	Ulaz za vanjsko okidanje pomoću sonde

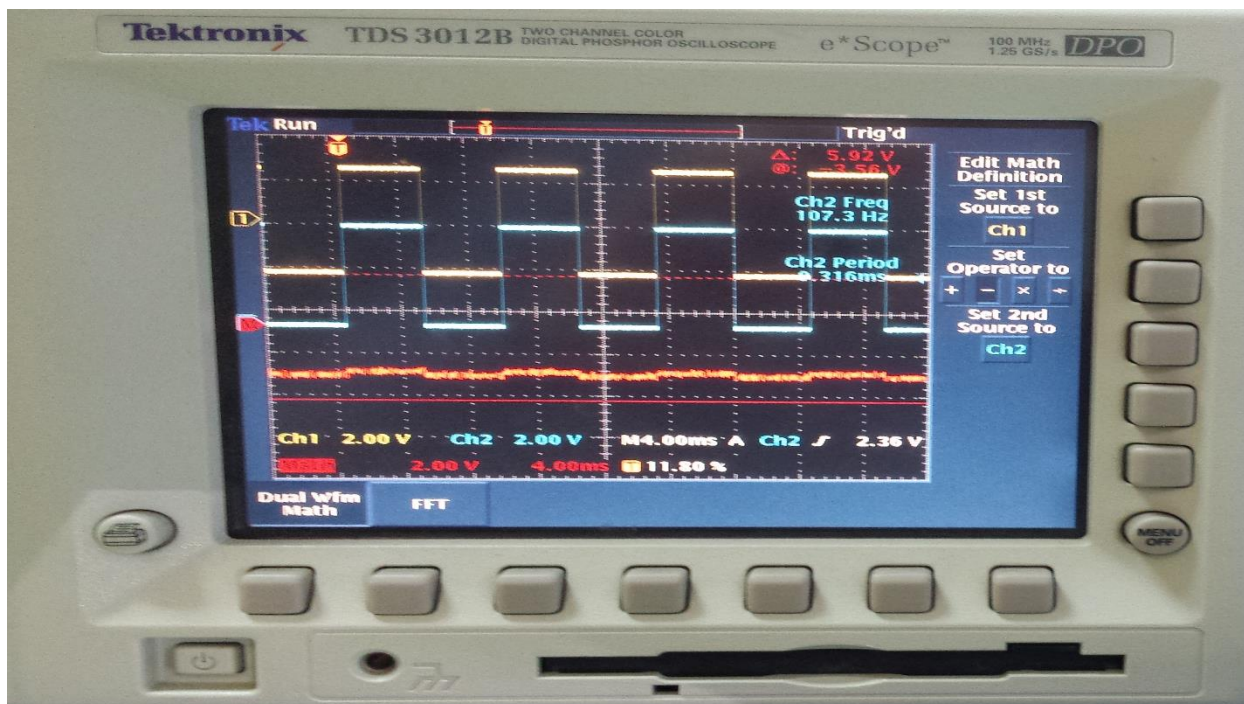
Tablica 4.3. Upravljačke komponente digitalnog osciloskopa Tektronix TDS3012

Digitalni osciloskopi mogu vršiti matematičke operacije kao što su zbrajanje, oduzimanje, množenje i dijeljenje dva signala, što je prikazano na slikama.

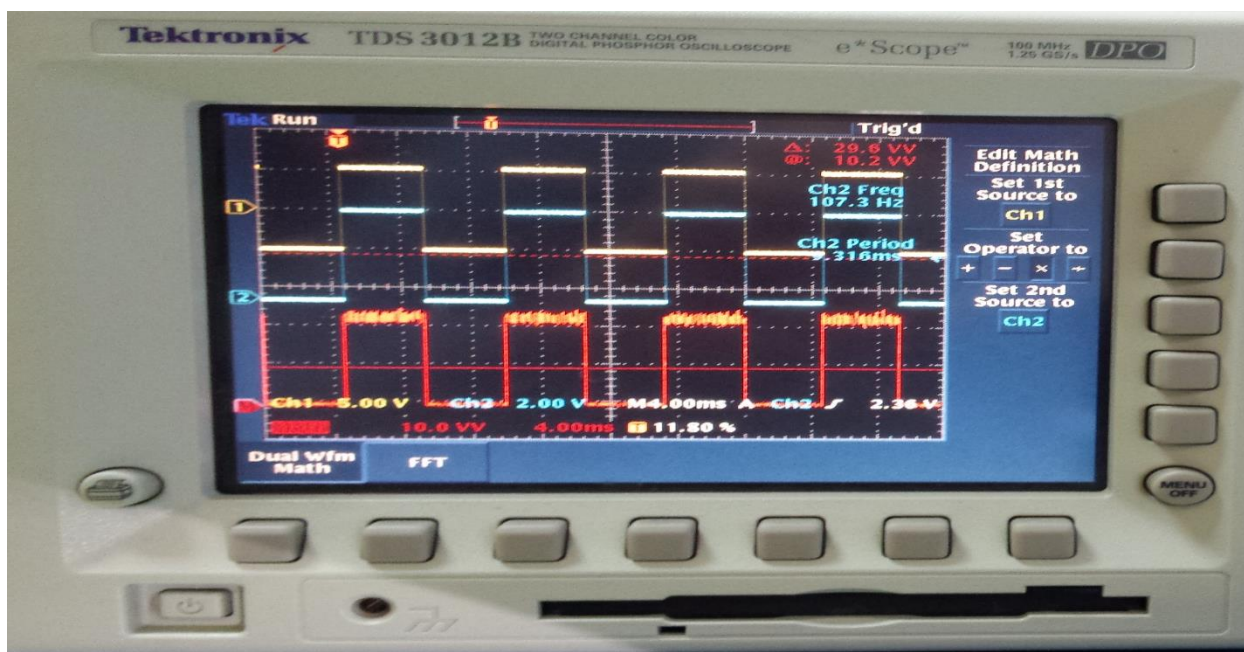


Slika 4.4. Zbrajanje dva signala digitalnim osciloskopom



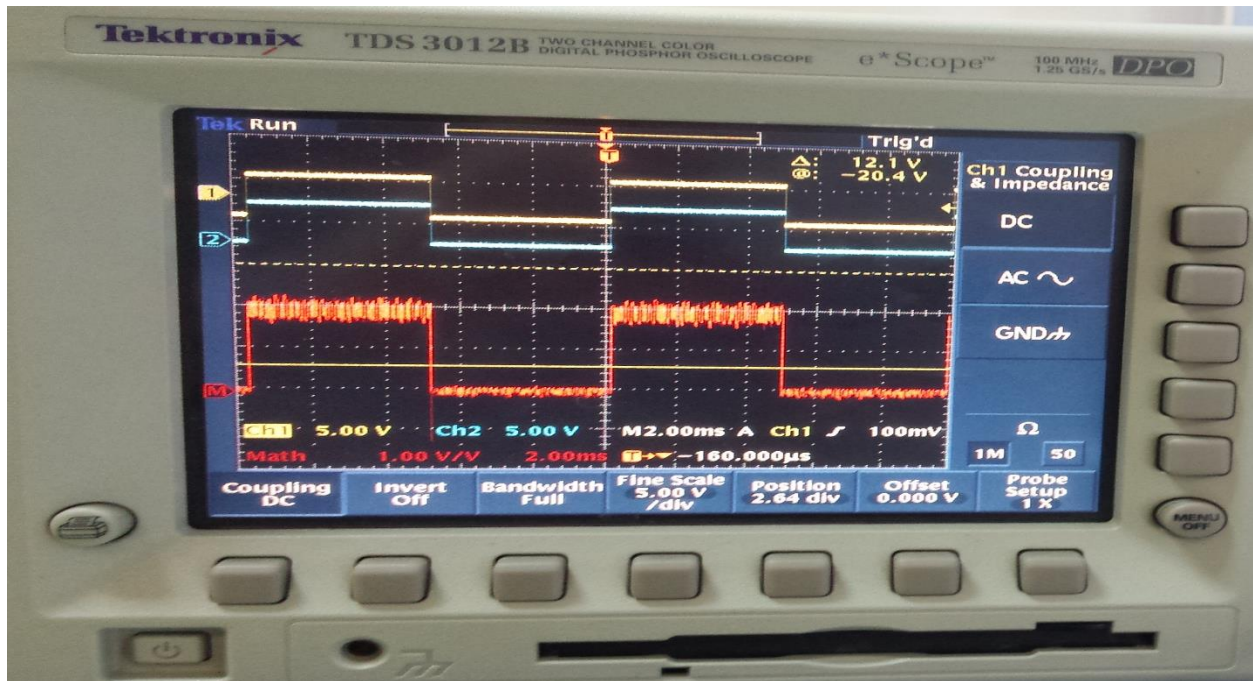


Slika 4.5. Oduzimanje dva signala digitalnim osciloskopom

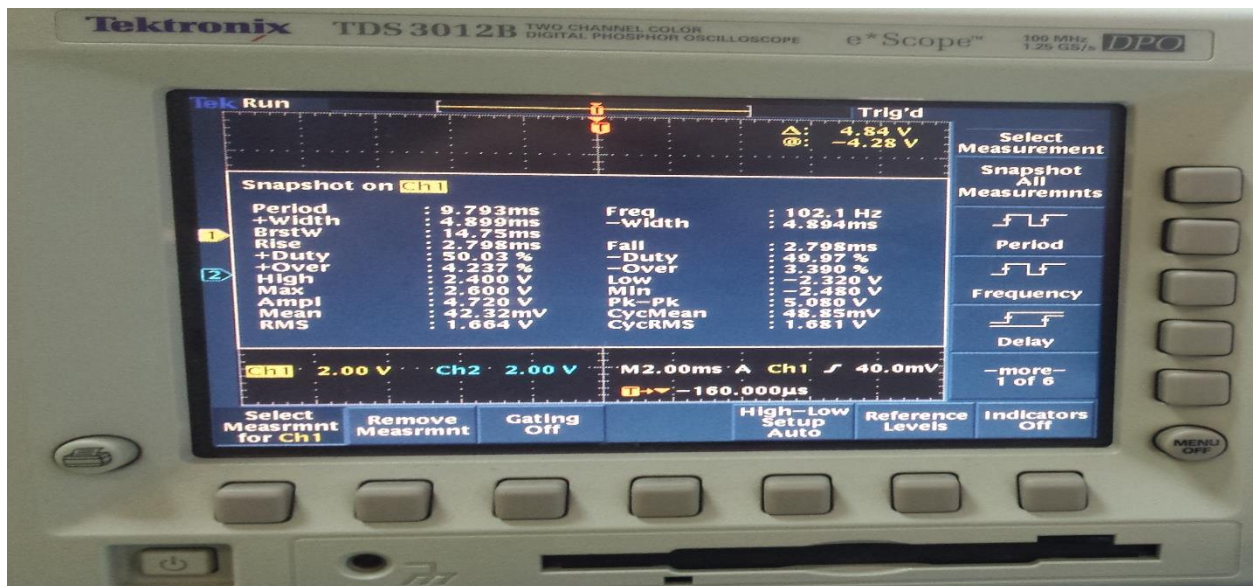


Slika 4.6. Množenje dva signala digitalnim osciloskopom

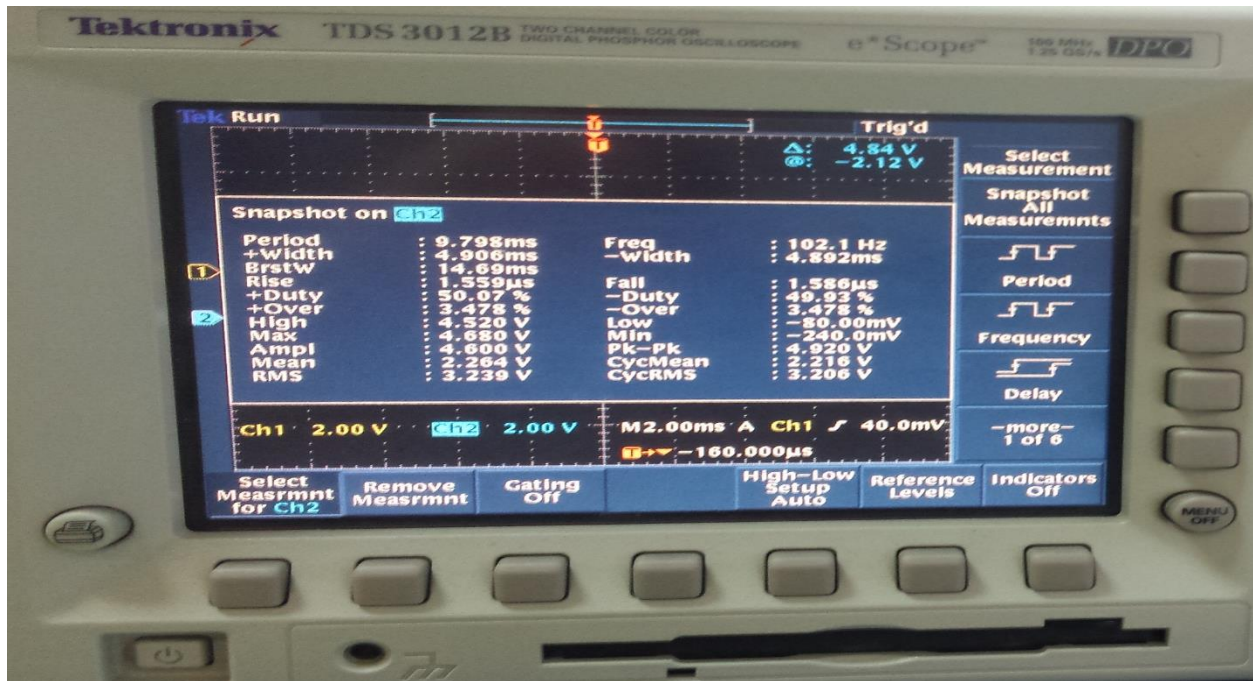




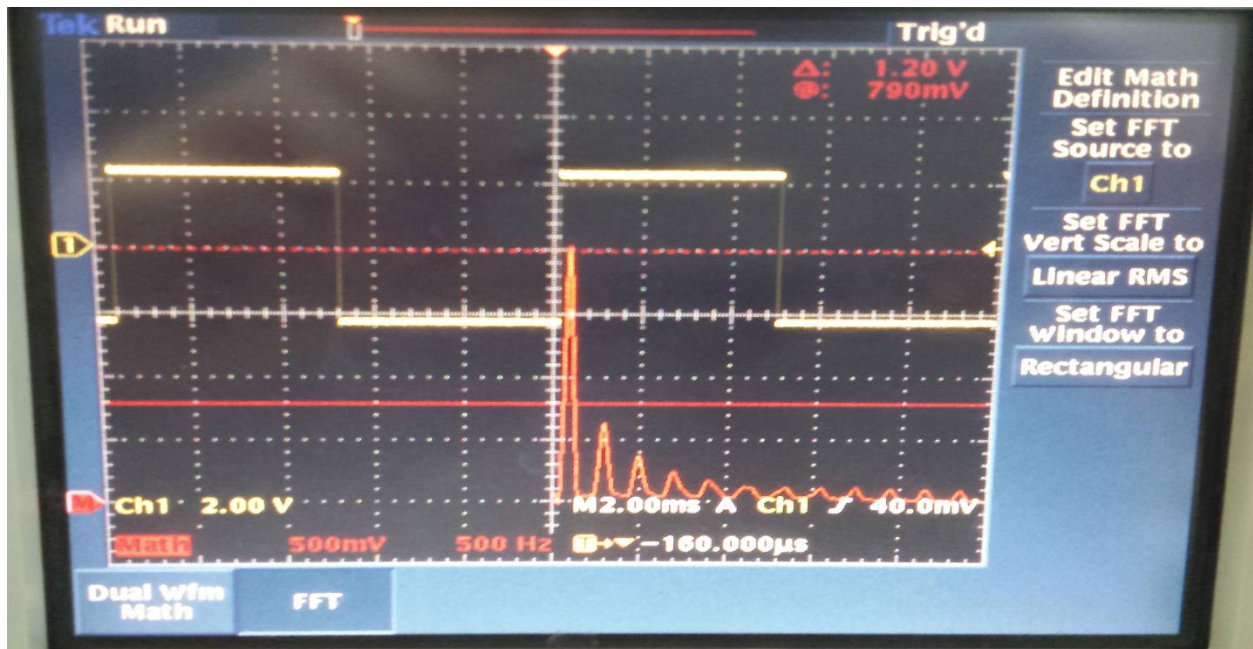
Slika 4.7. Djeljenje dva signala digitalnim osciloskopom



Slika 4.8. Karakteristike CH1 kanala

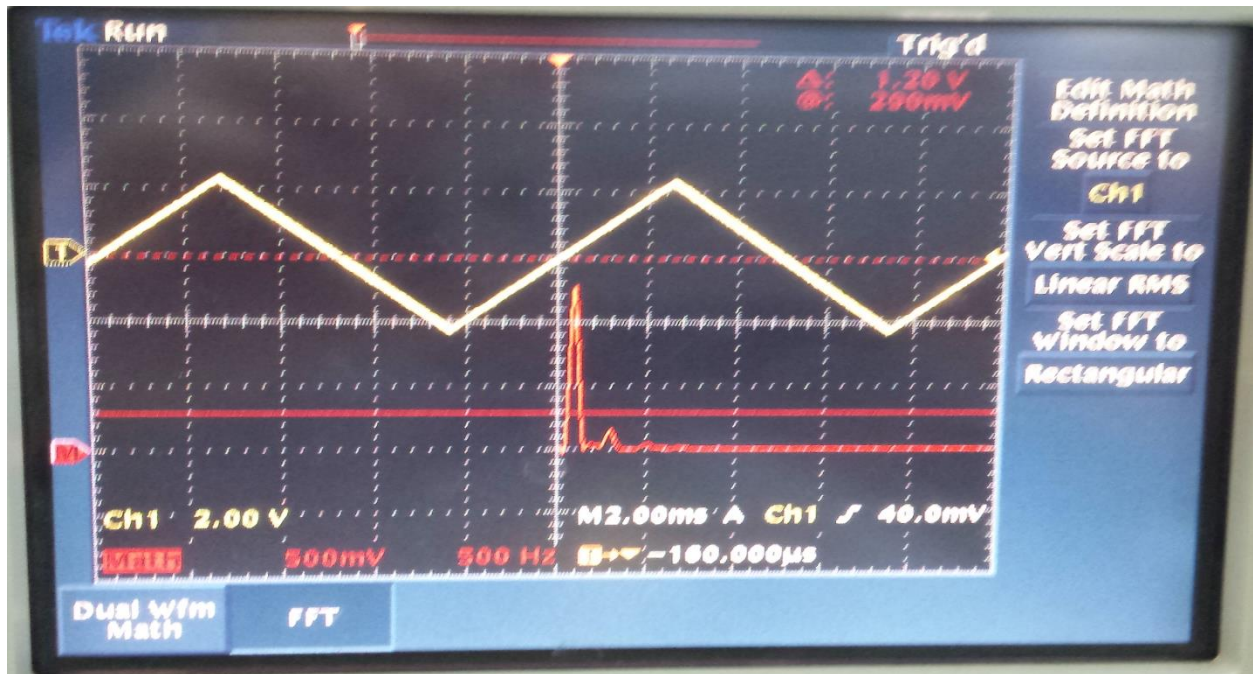


Slika 4.9. Karakteristike CH2 kanala



Slika 4.10. Frekvencijska karakteristika pravokutnog signala





Slika 4.11. Frekvencijska karakteristika pilastog signala

## 5. Zaključak

Završni rad u uvodnom prvom poglavlju objašnjava općenito povijest osciloskopa, razvoj osciloskopa te njegovu primjenu i podjelu. Osciloskopi se dijele na analogne i digitalne te sam u drugom poglavlju ukratko opisao analogni osciloskop, povijest, podjelu, te primjenu analognih osciloskopa. U trećem poglavlju detaljno su opisani moderni tipovi osciloskopa Tektronix TDS3012, Fluke 225C, te Agilent 1000 i Agilent 7000, povijest digitalnog osciloskopa, te primjena digitalnih osciloskopa. U četvrom poglavlju opisan je praktičan dio završnog rada te na primjeru dva signala prikazane koje veličine digitalni osciloskop može izračunati, te koje matematičke operacije može izvršiti sa dva valna oblika.

Kroz rad sam saznao da digitalni osciloskopi u odnosu na analogne imaju puno više mogućnosti kao što su samo-kalibriranje, proširene mjerne mogućnosti, mogućnost smanjenja i povećanja prikazanog valnog oblika. Mana kod digitalnih osciloskopa je ta što ne rade u stvarnom vremenu, te signal koji promatramo je zapravo uzorak koji je ranije snimljen. Osim što nema vremensku bazu u stvarnom vremenu digitalni osciloskopi su kompliciraniji za korištenje te su skuplji od analognih osciloskopa. Naprednim digitalni osciloskopi omogućuju 3D prikaz signala, imaju veliku brzinu osvježavanja, veliku horizontalnu rezoluciju i inteligentan sustav zuma čime se dobiva rezultat kao na analognim osciloskopima.

## 6. Literatura

- [1] Osnove elektrotehnike osciloskop,  
(<http://osnove.tel.fer.hr/LABOS/OSCILOF/Opocetna.htm>)
  
- [2] ETFOS mjerenje u elektrotehnici,  
(<http://www.slideserve.com/lara/sveu-ili-te-j-j-strossmayera-osijek-elektrotehnicki-fakultet-osijek>)
  
- [3] Tektronix osciloskop,  
(<http://www.tequipment.net/TektronixTDS3012.html>)
  
- [4] Fluke 225C osciloskop,  
(<http://www.fluke.com/fluke/m2en/portable-oscilloscopes/fluke-225c.htm?pid=56053#>)
  
- [5] Agilent 1000 Agilent 7000 osciloskop,  
(<https://www.amplicon.com/MandC/product/Test-Digital-Benchtop-3962.cfm>)
  
- [6] Različiti tipovi osciloscopa,  
([file:///C:/Users/Lidija1/Downloads/atm3\\_4\\_01\\_mjerenja\\_223\\_228.pdf](file:///C:/Users/Lidija1/Downloads/atm3_4_01_mjerenja_223_228.pdf))

## **Sažetak**

Napredak u elektronici, komunikacijskim tehnologijama i energetici potiču potražnju za sve sofisticiranijom mjernom i ispitnom opremom, tako da je u ovom radu proučeno i pregledno opisano kretanje na tržištu digitalnih osciloskopa. Odabran je i dan ilustrativan primjer uređaja i primjene modernih digitalnih osciloskopa.

**Ključne riječi:** Osciloskop, Tektronix TDS3012, Fluke 225C, Agilent 1000, Agilent 7000

**Abstract**

Advances in electronics, communications technology and energy stimulate demand for more sophisticated measuring and test equipment. This paper clearly describes the market of digital oscilloscopes. There is an illustrative example of the device and the application of modern digital oscilloscopes.

**Keywords:** Oscilloscope, Tektronix TDS3012, Fluke 225C, Agilent 1000, Agilent 7000

## **Životopis**

Matija Heršil rođen je 16. rujna 1992. u Virovitici. Nakon završetka osnovne škole upisuje opću gimnaziju u Grubišnom Polju.

Po završetku srednje škole, 2011. godine upisuje stručni studij elektrotehnike na Elektrotehničkom fakultetu u Osijeku.