



Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija odsek NIŠ

Katedra za Informaciono-komunikacione tehnologije

ELEKTRONSKA MERNÁ INSTRUMENTACIJA - EMI



Prof. dr Zoran Veličković, dipl. inž. el.

2019/2020.

Prof. dr Zoran Veličković, dipl. inž. el.

ELEKTRONSKA MERNA INSTRUMENTACIJA

Osciloskopi specijalnih namena
(10)





Sadržaj



➤ MEMORIJSKI OSCILOSKOPI

- Analogni memorijski osciloskopi
- Digitalni memorijski osciloskopi
 - Blok šema
 - Prednosti i nedostaci

➤ OSCILOSKOPI SA UZORKOVANJEM

- Princip rada
- Metode uzorkovanja

➤ DIGITALNI OSCILOSKOPI

- Blok šema
- Princip rada
- Frekvencija uzorkovanja
- Cirkularni bafer
- Triger i signali u cirkularnom baferu
- Digitalni osciloskopi zasnovani na PC-u

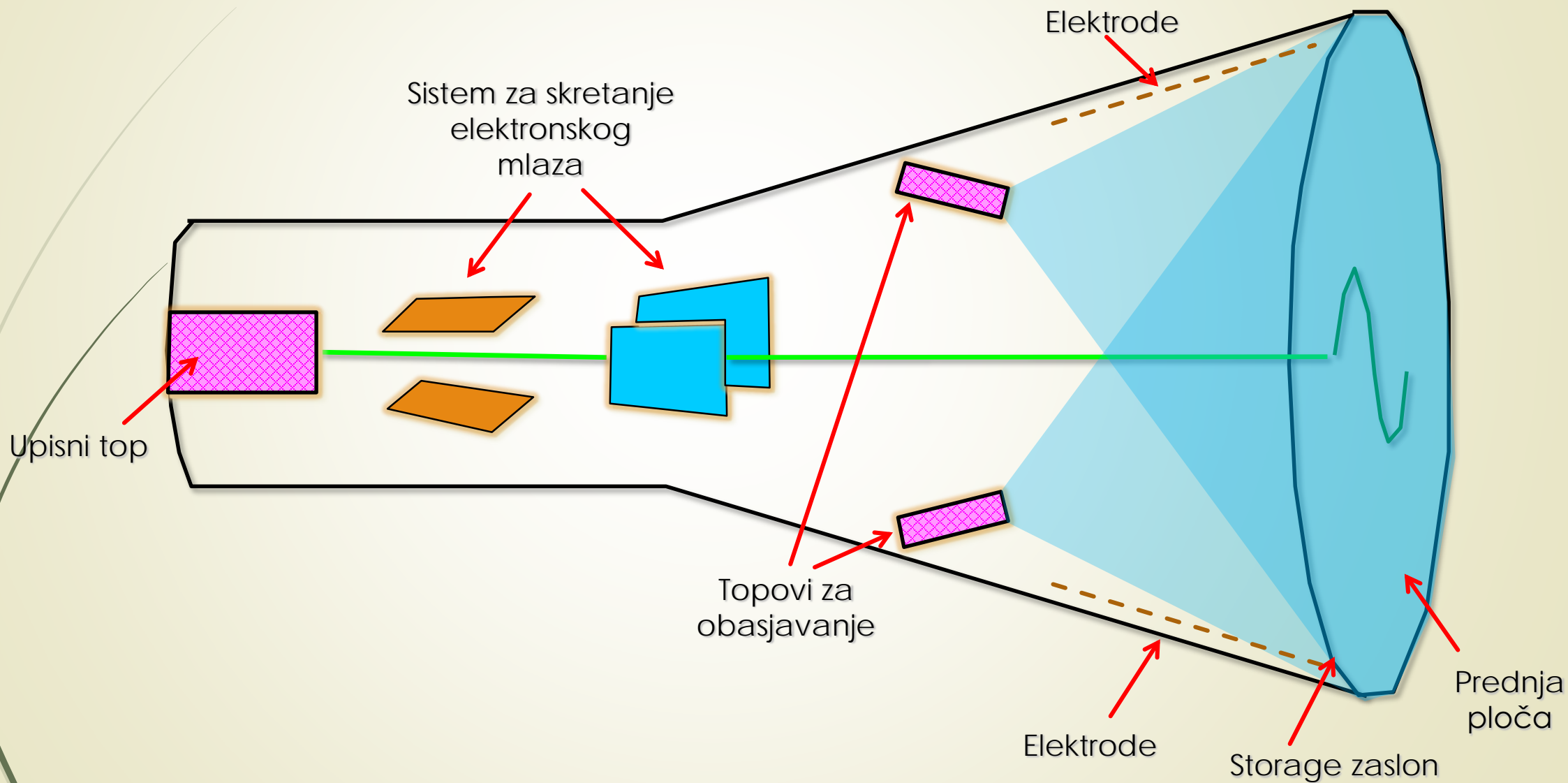
Memorijski osciloskopi

- ▶ **NEMOGUĆNOST** posmatranja signala **NISKIH FREKVENCIJA** kod konvencionalnih osciloskopa je nadoknađen razvojem **MEMORIJSKIH OSCILOSKOPA**.
- ▶ Kod memorijskih osciloskopa je omogućeno **ZADRŽAVANJE SLIKE** na ekranu za **DUŽI VREMENSKI PERIOD**, što je pored posmatranja opisanih signala, otvorilo i mogućnost za poređenje pojava koje se ne dešavaju istovremeno.
- ▶ Postoje **DVE** osnovne vrste memorijskih osciloskopa i to su:
 - ▶ Osciloskopi sa **MEMORIJSKIM KATODNIM CEVIMA** i
 - ▶ **DIGITALNI MEMORIJSKI** osciloskopi.

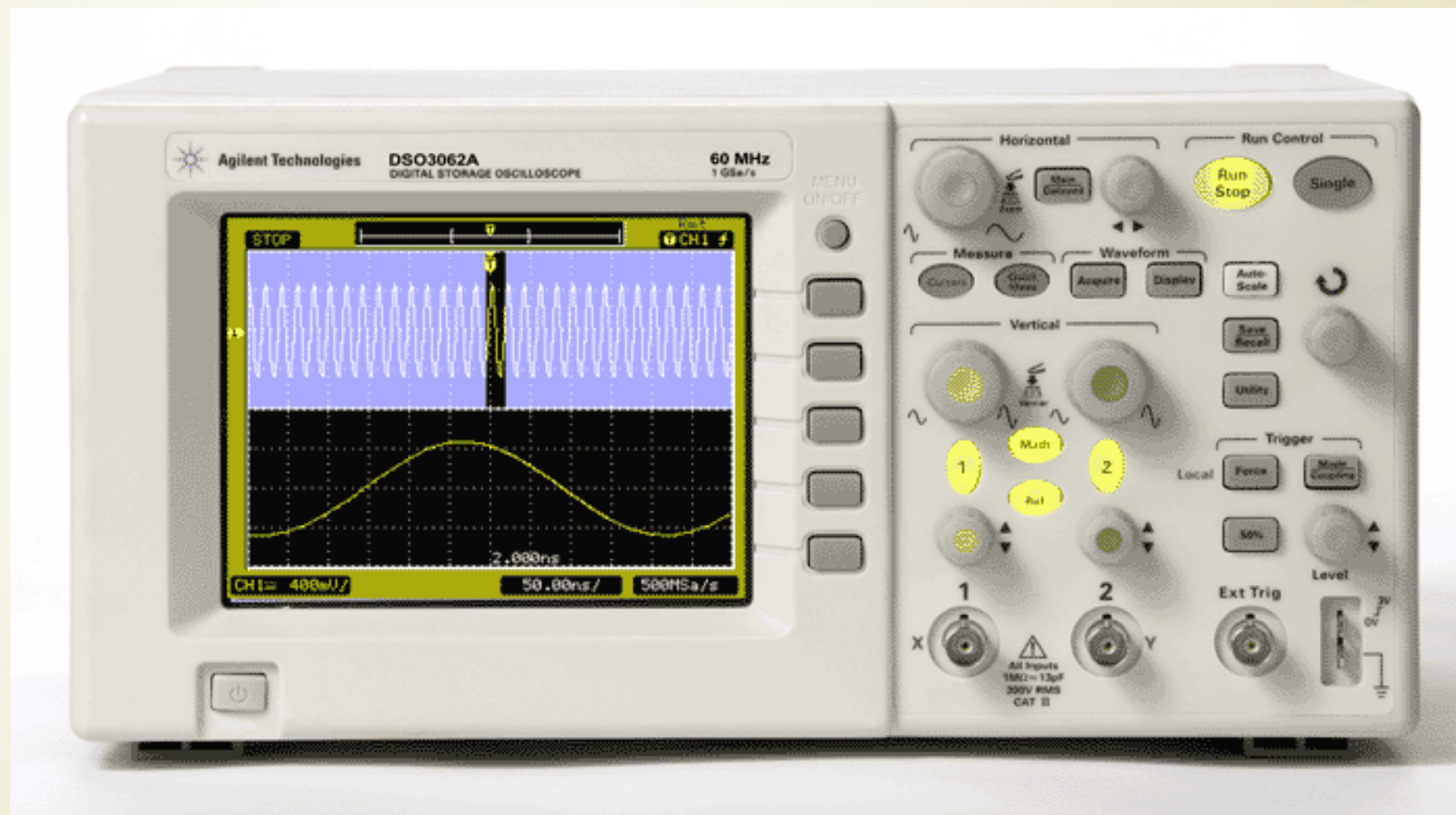
Analogni memorijski osciloskopi

- Osciloskopi sa **MEMORIJSKIM KATODNIM CEVIMA** koriste posebno konstruisane katodne cevi sa **PRODUŽENIM** trajanjem slike.
- Najviše se upotrebljava **BISTABILNA MEMORIJSKA KATODNA CEV** sa **DVA STABILNA STANJA** fosfora:
 - **SVETLIM STANJEM** pod dejstvom slike i
 - **TAMNIM STANJEM** na mestima gde je fosfor ostao neispisan.
- Ova cev poseduje **DVA** elektronska topa:
 - **TOPA ZA UPISIVANJE** i
 - **TOPA ZA OBASJAVANJE.**
- **TOP ZA OBASJAVANJE** uniformno bombarduje celu površinu ekrana katodne cevi sa elektronima male energije.
- Radi ravnomernog pokrivanja cele površine ekrana ugrađuju se **DVA TOPA** za obasjavanje ekrana katodne cevi.

Memorijska katodna cev



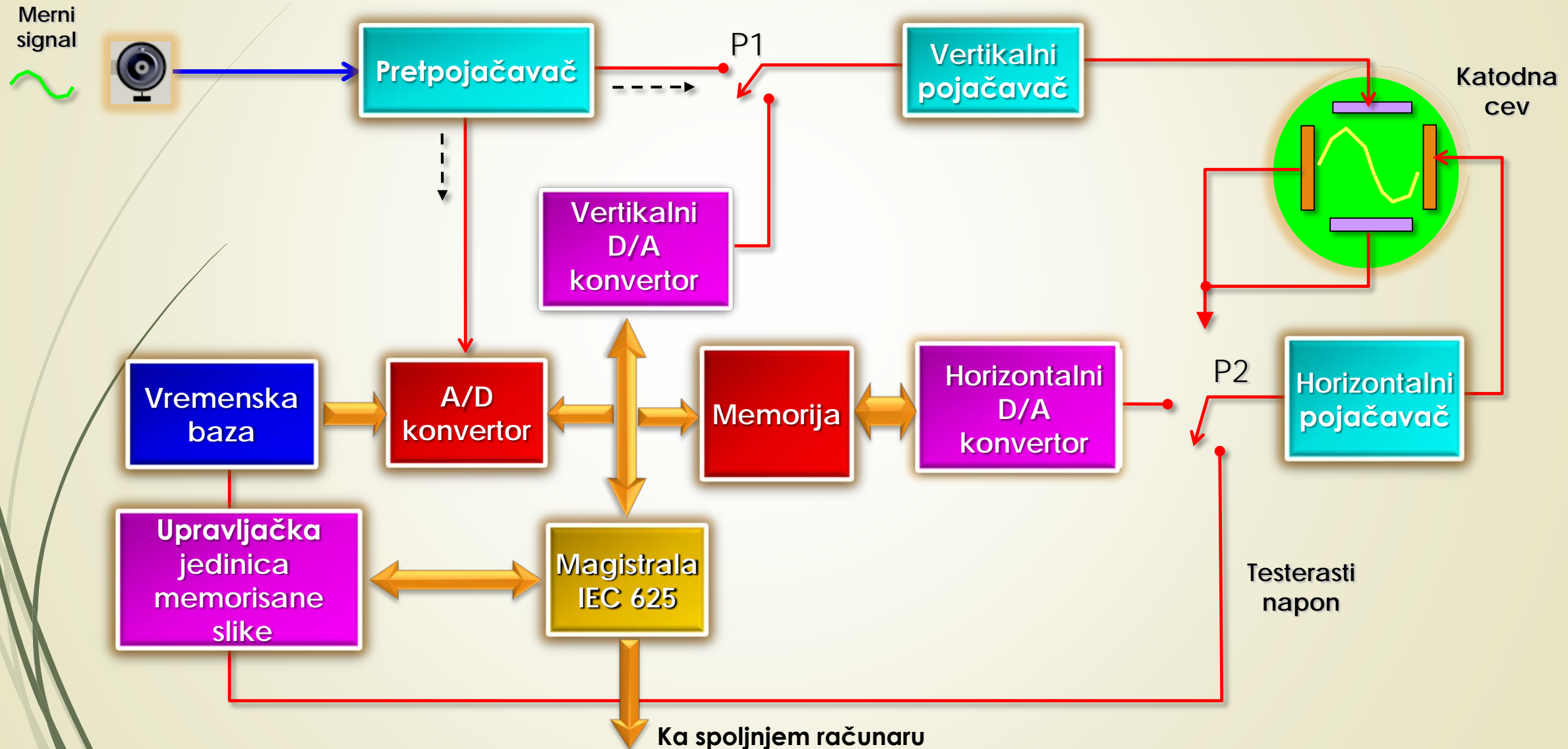
Digitalni memorijski osciloskopi (1)



Digitalni memorijski osciloskopi (2)

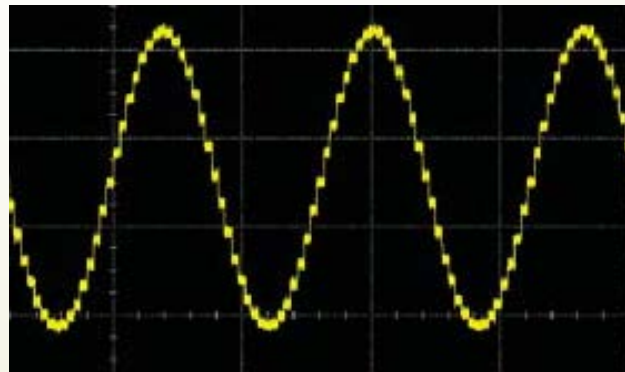
- ▶ Kod **DIGITALNIH MEMORIJSKIH OSCILOSKOPA** posmatrani signal se priključuje na ulaz Y, a zatim pojačava u pretpojačavaču koji je **IZMENJIVOG TIPA** (engl. *plug-in*) radi prilagođenja osciloskopa različitim namenama.
- ▶ Izlaz iz pretpojačavača priključen je na **A/D KONVERTOR**, gde se analogni ulazni signal pretvara u **DIGITALNI OBLIK** i zatim smešta u **POLUPROVODNIČKU MEMORIJU**.
- ▶ Binarni signal, jednom upisan u memoriju, može se pomoću
 - ▶ **VERTIKALNOG** D/A konvertora i
 - ▶ **HORIZONTALNOG** D/A konvertora
- ▶ **NEOGRANIČENI BROJ PUTA** ponovo pretvoriti u analogni signal i prikazati na ekranu katodne cevi, nakon odgovarajućeg pojačanja u vertikalnom i horizontalnom pojačavaču.

Blok šema digitalnog memorijskog osciloskopa



Digitalni memorijski osciloskopi (3)

- **KONTROLNA JEDINICA** memorisane slike upravlja radom **A/D** konvertora, memorije i **D/A** konvertorima, i određuje brzinu izvođenja pojedinih operacija.
- U poređenju sa analognim memorijskim osciloskopima, katodna cev digitalnih memorijskih osciloskopa je znatno **JEDNOSTAVNIJA**, tj. koristi se konvencionalna katodna cev.
- **SLIKA** na ekranu digitalnog memorijskog osciloskopa je **JASNA** i **SVETLA**, bez bledih ili bleštećih delova, mada se uočava njena diskretna struktura.

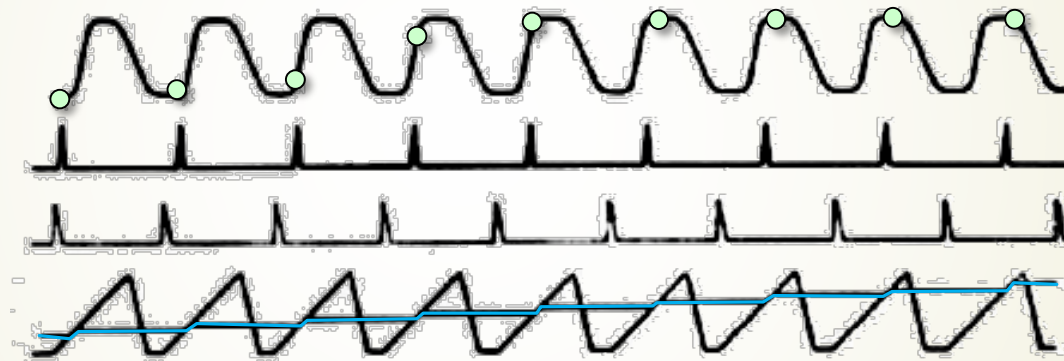


Osciloskopi sa uzorkovanjem

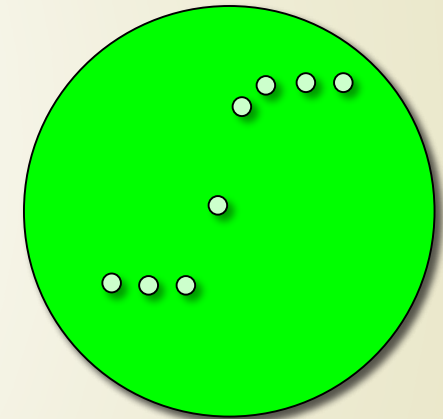
- ▶ Odnos **POJAČANJE-PROPUSNI OPSEG** (GB product) vertikalnog pojačavača i smanjenje osvetljenosti zapisa na ekranu usled povećanja brzine ispisivanja, osnovni su razlozi koji **OGRANIČAVAJU FREKVENCIJSKI OPSEG** konvencionalnog analognog osciloskopa.
- ▶ Ako su signali koje želimo posmatrati **PONOVLJIVI** (periodični), tada se primenom **METODE UZORKOVANJA** na tehnološko rešenje analognog osciloskopa, može proširiti frekvencijski opseg do **18 GHz**.
- ▶ **METODOM UZORKOVANJA** koja se bazira na transpoziciji **VISOKOFREKVENCIJSKIH SIGNALA** u **NISKOFREKVENCIJSKO PODRUČJE** zaobilaze se mnogi problemi u mikrotalasnoj tehnici koja obuhvata oblast visokih frekvencija iznad **1 GHz**.

Princip rada osciloskopa sa uzorkovanjem

Ulazni signal
Impulsi uzorkovanja
Triger impulsi
Napon horizontalnog otklonskog sistema (trstrasti napon)



Katodna cev



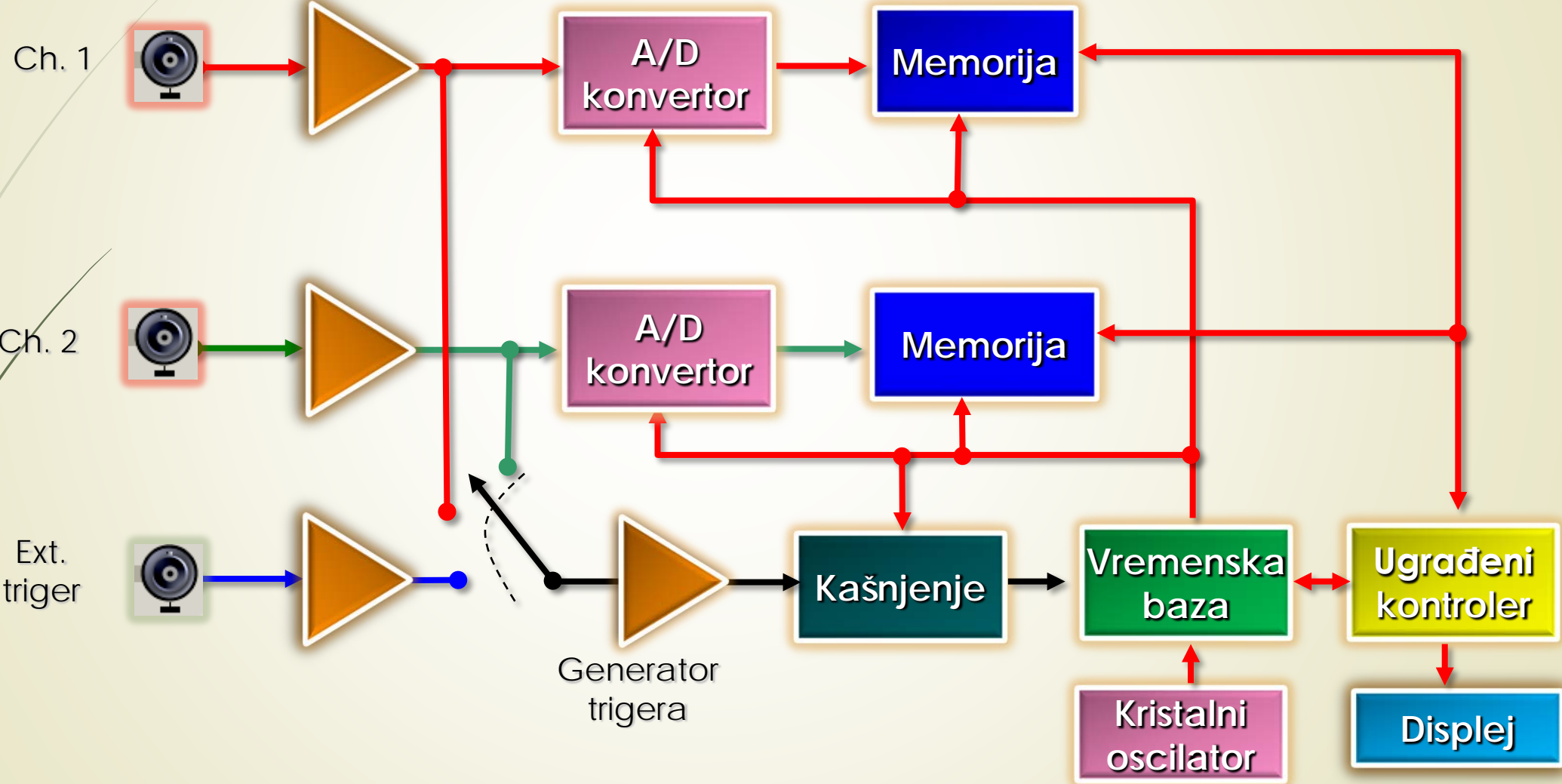
Digitalni osciloskopi (1)

- ▶ **DIGITALNI OSCILOSKOPI** se razvijaju u trenutku kada je razvoj digitalnih kola i mikroprocesora to omogućio.
- ▶ Dakle, digitalni osciloskopi su elektronski merni instrumenti **NOVIJEG DATUMA**, jer su se pojavili tek 1972.
- ▶ U početku, karakteristike digitalnog osciloskopa su bile ograničene zbog **MALOG PROPUSNOG OPSEGA** reda 10 kHz!
- ▶ Sa razvojem **BRZIH A/D KONVERTORA**, i uvođenjem novih modela mikroprocesora, uz primenu metode uzorkovanja, frekvencijski opseg je proširen na **2 GHz**.
- ▶ Digitalni osciloskopi se zbog svoje **VISOKE CENE** najviše koriste za namene **gde NIJE MOGUĆE** upotrebiti analogne osciloskope, a to su:
 - ▶ Prikazivanje **BRZIH PRELAZNIH POJAVA** i
 - ▶ **KRATKOTRAJNIH IMPULSA** uz memorisanja podataka.

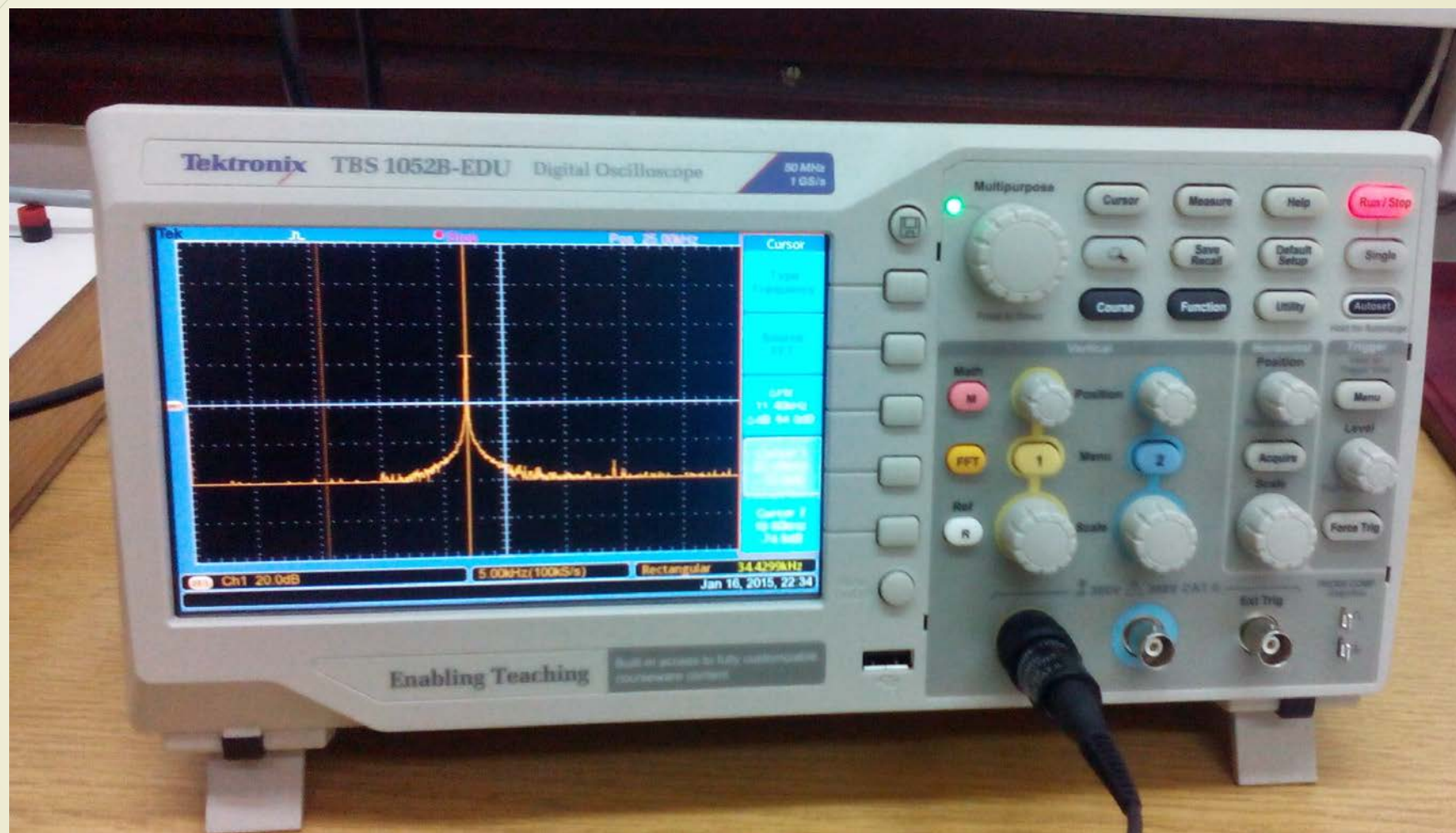
Digitalni osciloskopi (2)

- ▶ Zahvaljujući ugrađenom mikroprocesoru, digitalni osciloskopi u odnosu na klasične osciloskope imaju **DODATNE MOGUĆNOSTI**:
 - ▶ Brzo postavljanje posmatranog signala na ekranu katodne cevi,
 - ▶ Proširene merne mogućnosti,
 - ▶ Samokalibracija,
 - ▶ Mogućnost povećanja i smanjenja prikazanog talasnog oblika.
- ▶ Rad digitalnog osciloskopa se zasniva na **UZORKOVANJU ULAZNOG ANALOGNOG SIGNALA**, njegovom pretvaranju u **DIGITALNI OBLIK**, **MEMORISANJU** i smeštanju u memoriji.
- ▶ Mikroprocesor potom **OBRAĐUJE DIGITALNU INFORMACIJU**, obavlja određene **RAČUNSKE OPERACIJE** i numeričke rezultate dostavlja **D/A PRETVARAČIMA** koji ih ponovo pretvaraju u analogne veličine i dovode na katodnu cev.

Digitalni osciloskop: blok šema (1)



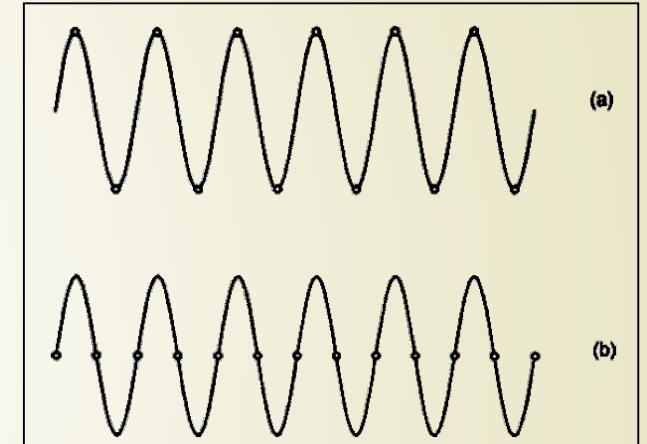
Digitalni osciloskop iz naše laboratorije



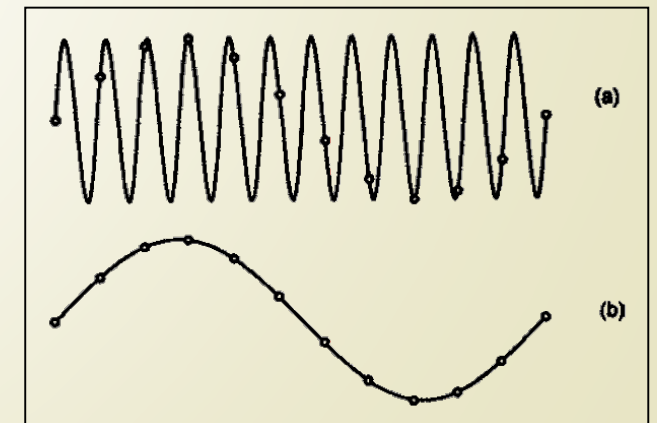
Frekvencija uzorkovanja, Nyquist freq.

- Frekvencija uzorkovanja **MORA** biti bar **DVA PUTA VEĆA** od **NAJVEĆE FREKVENCije** koja se sadrži u analognom signalu.
- Ovaj uslov proističe iz teoreme o uzorkovanju ili **NIKVISTOVE** (engl. *Nyquist*) teoreme, a ona glasi :
- Da bi frekventni sastav analognog signala bio tačno određen potrebno je da frekvencija uzorkovanja f_s bude **VIŠE OD DVA PUTA** veća od najveće frkvencije u sastavu signala, f_{max}).
- Na gornjoj slici je prikazan primer kada je frekvencija uzorkovanja **BLISKA** maksimalnoj frekvenciji signala (nije zadovoljen Nikvistov uslov).
- Na donjoj slici je prikazan primer kada je frekvencija uzorkovanja veća od Najkvistove ali još uvek **NIJE ZADOVOLJENA** teorema odabiranja (Nikvistova frekvencija uzorkovanja).

$$f_s \approx f_{nykvist}$$

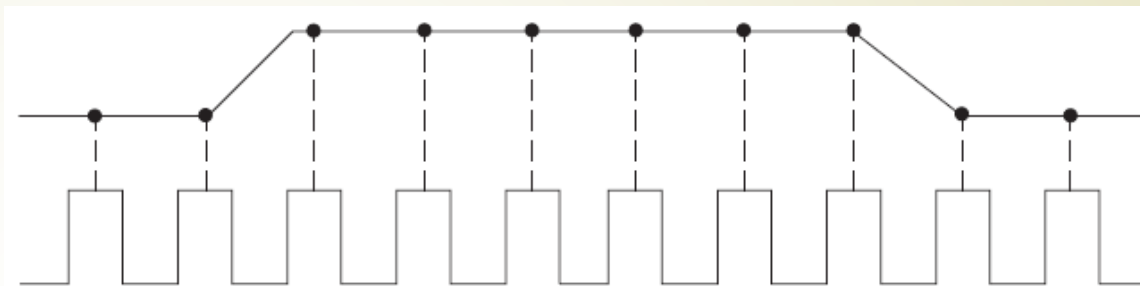


$$f_s < f_{nykvist}$$



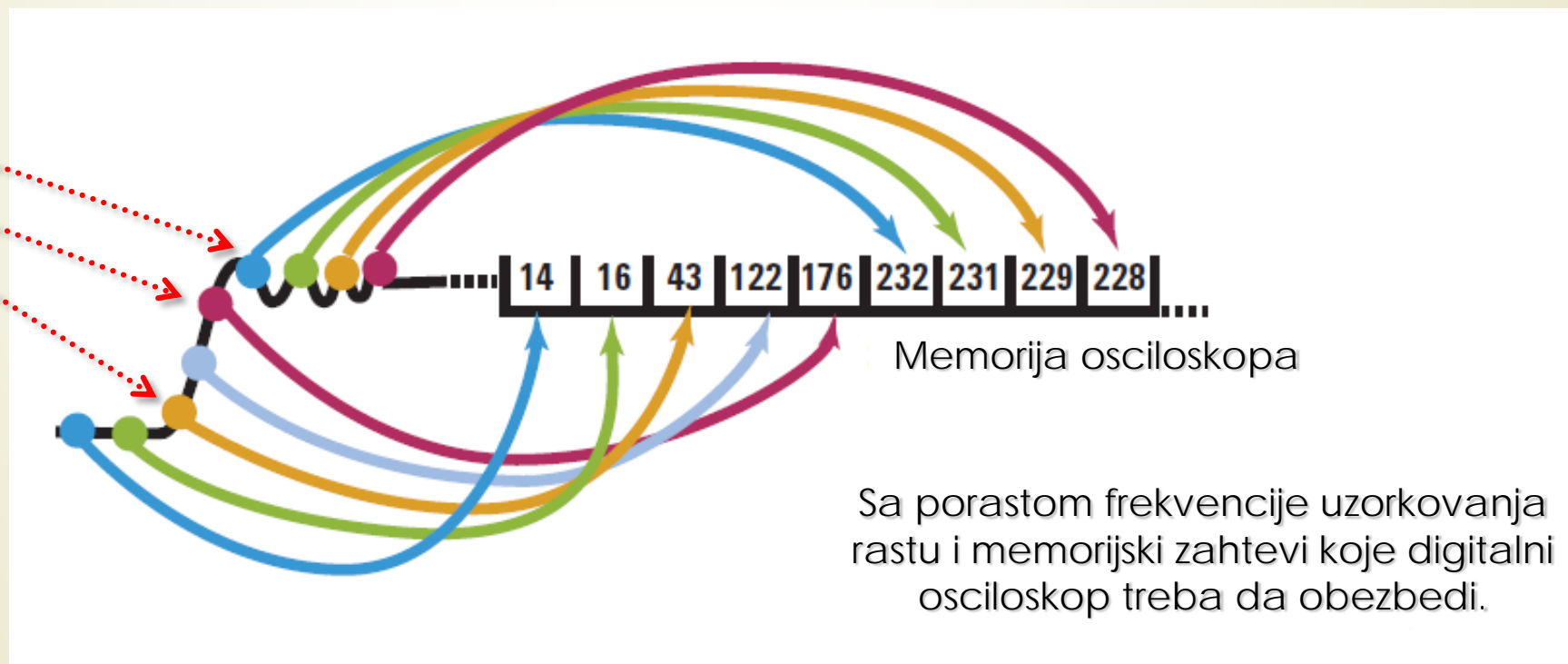
Smeštanje uzoraka u mem. dig. osciloskopa

Posmatrani signal



Frekvencija uzorkovanja

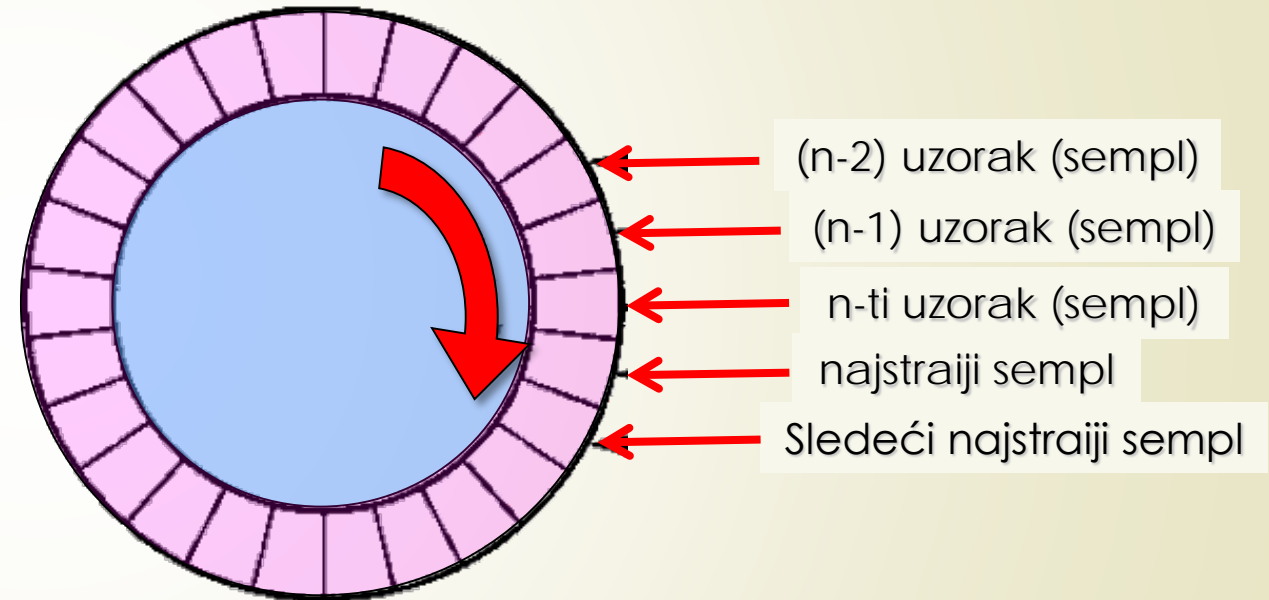
Uzorci merenog signala koji se smeštaju u memoriju osciloskopa



Ilustracija koncepta smeštanja uzoraka u memoriju digitalnog osciloskopa

Cirkularana memorija digitalnog osciloskopa

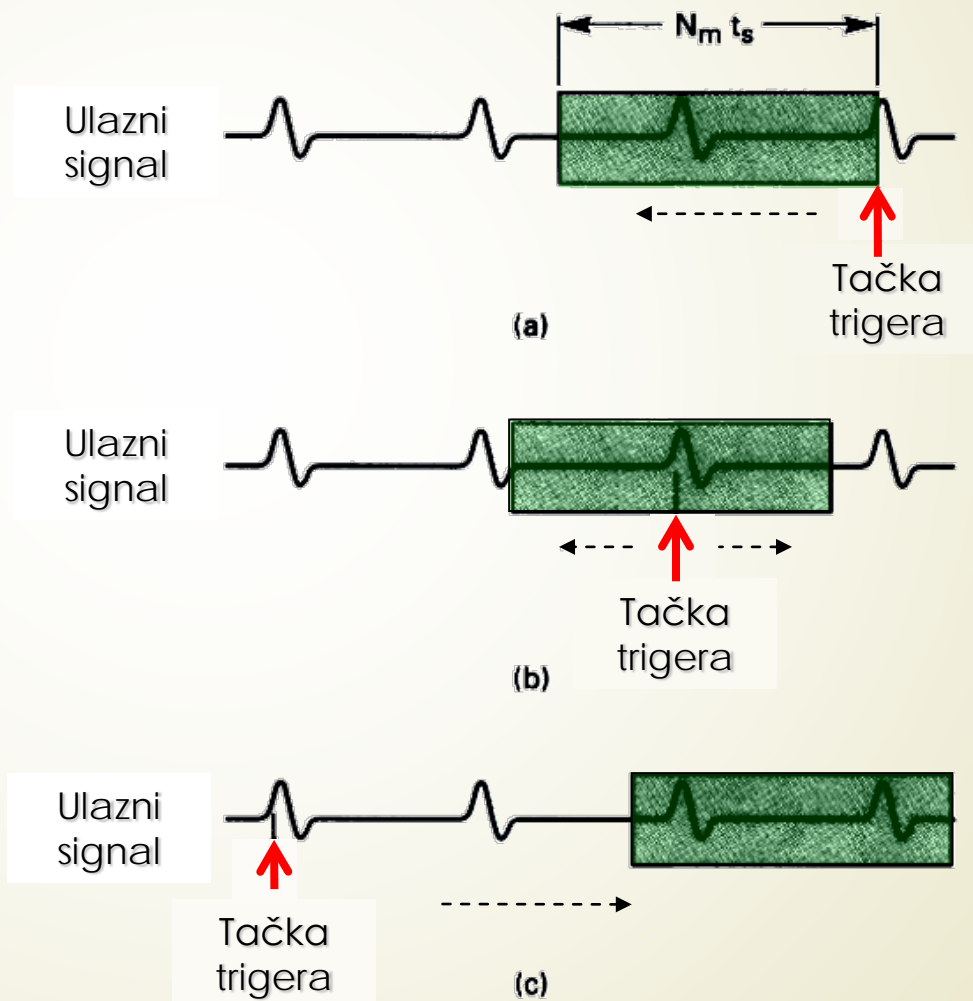
- Memorija digitalnog osciloskopa je cirkularna (kružna).
- Prva i poslednja memorijska lokacija digitalnog osciloskopa se smatraju susednim.
- Ovo ima za posledicu da se najstariji zapamćeni uzorak merenog signala „prepisuje“ nasvežijim uzorkom.
- U radnoj – cirkularnoj memoriji se čuva poslednji niz uzorkovanih vrednosti posmatranog signala.
- Za trajno smeštanje uzoraka iz cirkularne memorije potrebno je uzorke prebaciti u memoriju za pamćenje.



Digitalni osciloskopi (3)

- ▶ Pored prikazivanja slike na posebnom delu ekrana prikazuju se i **ALFANUMERIČKI** rezultati merenja.
- ▶ Digitalni osciloskop ne obavlja samo obradu signala vezanu za jednostavne računске operacije, kao što su **ODREĐIVANJE PERIODE I FREKVENCije SIGNALA, EFEKTIVNE I VRŠNE VREDNOSTI POSMATRANOG NAPONA**, ili **TRAJANJE PREDNJEG I ZADNJEG PRELAZA IMPULSA**, već i daleko složenije.
- ▶ Tipični digitalni osciloskop ima **DVOKANALNO MEMORISANJE** sa frekvencijskim opsegom od **100 MHz i 8-BITNIM A/D KONVERTOROM** u oba kanala puneći **1K x 8** bita memoriju, sa **ISTOVREMENIM UZORKOVANJEM** dva ulazna signala.
- ▶ **BRZINA UZORKOVANJA** zavisi od vremenske baze, ali se kreće u granicama od 20 uzoraka u sekundi za vremensku bazu od 5 s/pod, do 100 10⁶ uzoraka u sekundi za 1 ms/pod.

Triger i signali u cirkularnoj memoriji



Digitalni osciloskopi (4)

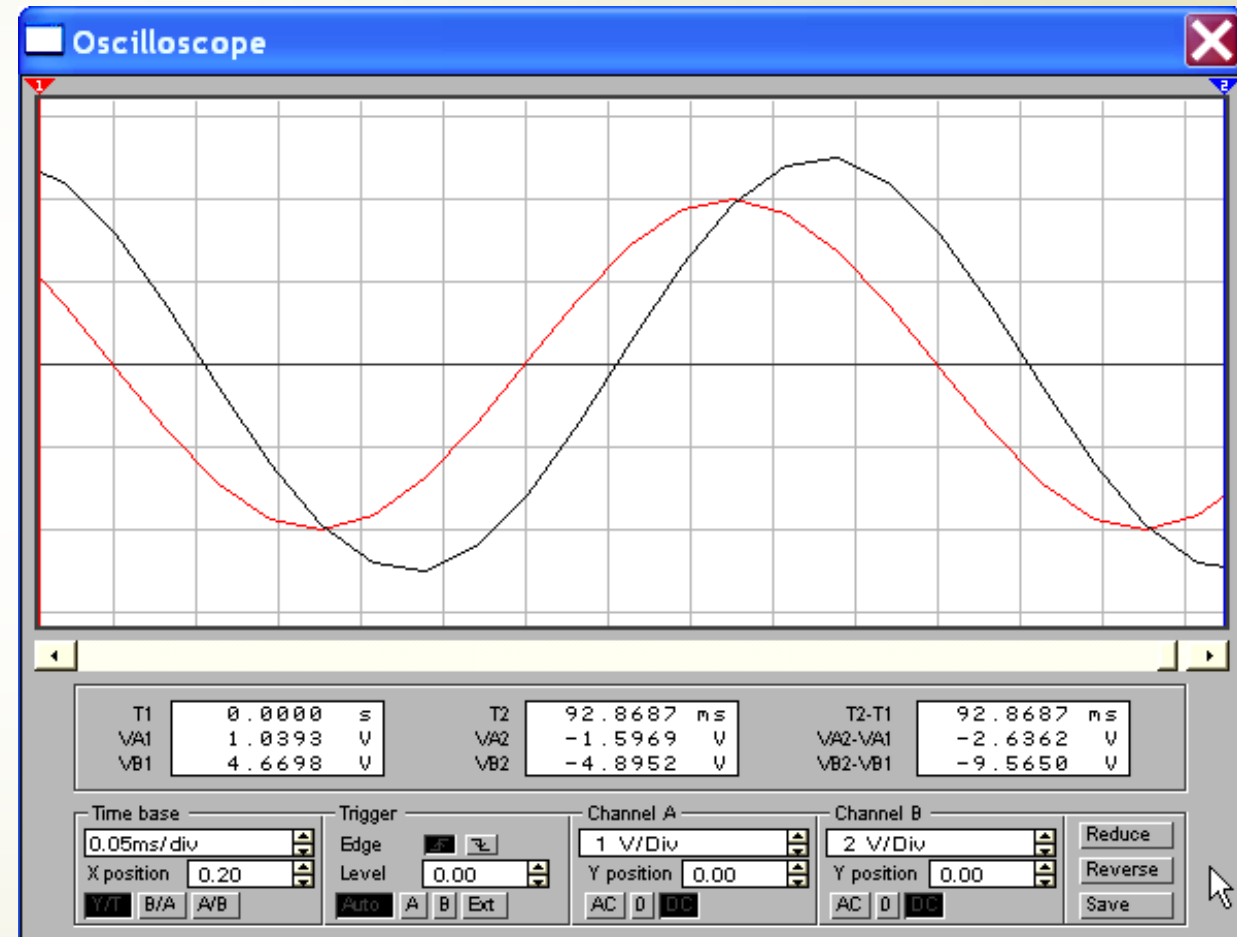
- ▶ **DIGITALNI OSCILOSKOP** može da se poveže putem **IEC** interfejsa sa **SPOLJNIM RAČUNAROM**.
- ▶ Ovo omogućava **PRENOS SLIKE** na ploter ili štampač, programiranje rada i obradu rezultata merenja uz dobijanje različitih pisanih i crtanih dokumenata.
- ▶ Njegovi osnovni nedostaci su:
 - ▶ **NEOPHODNO ČEKANJE NA REAKCIJU** nakon promene komande i
 - ▶ **NEDOSTATAK NEPOSREDNOSTI SA POSMATRANIM SIGNALOM**, s obzirom da ne radi u realnom vremenu.
- ▶ U poređenju sa analognim osciloskopom je **SKUPLJI** i **SLOŽENIJI**.

Digitalni osciloskopi zasnovani na PC



Zadaci (1)

- ▶ Dvokanalnim osciloskopom se meri kašnjenje signala na izlazu (kanal B) u odnosu na ulaz (kanal A) mernog pojačavača. Prikazani grafik je dobijen za sledeće pozicije preklopnika faktora otklona: kanal A: 2V/pod. i kanal B: 4V/pod.
- ▶ Koji grafik odgovara kanalu A, a koji kanalu B ?
- ▶ Koliko je pojačanje mernog pojačavača?
- ▶ Odrediti kašnjenje izlaznog signala u stepenima za prikazanu frekvenciju ako se preklopnik vremenske baze nalazi u položaju 0.02ms/podeoku?



Zadaci (2)

- Osciloskopom se meri dvostrano ispravljen sinusni napon. Kolika je srednja vrednost ovog napona ako se preklopnik za faktor otklona nalazi u položaju $0,5 \text{ V/cm}$, a na ekranu katodne cevi se dobija crta dužine 4 cm kada je isključen testerasti napon?
- Na vertikalni ulaz osciloskopa doveden je napon . Nacrtati talasni oblik i odrediti periodu testerastog napona horizontalnog otklonskog sistema za prikaz pozitivnog dela periode posmatranog signala. Kolika je vrednost preklopnika faktora otklona h_y da bi visina dobijene figure bila $h=50\text{mm}$?
- Dvokanalnim osciloskopom posmatrani su signali na ulazu i izlazu mernog pojačavača. Kada je na ulaz doveden signal frekvencije $f=10\text{kHz}$ izmereno je kašnjenje izlaznog signala od $t=1.5$ podeoka. Kolika je fazna razlika između ova dva signala se preklopnik vremenske baze nalazio u položaju 0.25ms/podeoku ?

Zaslon osciloskopa za rešavanje zadataka

