



Agilent Technologies

OSCILOSKOPI

teorija i primena

Sadržaj predavanja

Teme

- Opšte o osciloskopima
- Analogni osciloskopi
- Digitalni osciloskopi
- Analogni propusni opseg
- Odmeravanje
- Memorija
- Digitalni kanali
- Vrste trigerovanja
- Povezivanje



Osciloskopi

Oscilloscope - oscillos-scope

Instrument koji prikazuje talasne oblike signala na katodnoj cevi.
Od Latinske reči *oscillum* (njihanje) i Grčke reči *skopein* (gledanje)

- Daleko najpopularniji i najkorisniji alat (instrument) za elektro inženjere generalno (energetika, elektronika, telekomunikacije, automatika, biomedicina...) u gotovo svim industrijama.
- Prvi osciloskop napravljen 1939 sa 5MHz propusnim opsegom.
- Današnji osciloskopi imaju propusni opseg 10MHz do 80GHz sa cenom od €600 do preko €75.000!

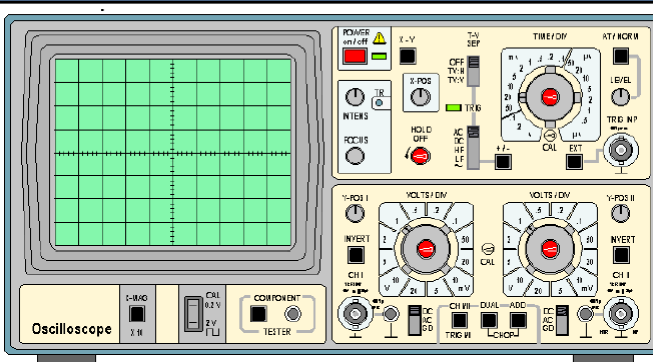


Page 3

Agilent Technologies

Analogni osciloskopi

- Šta rade?
- Kako rade?
- Koje su im prednosti?
- Koji su im nedostaci?
- Tipične primene.



Page 4

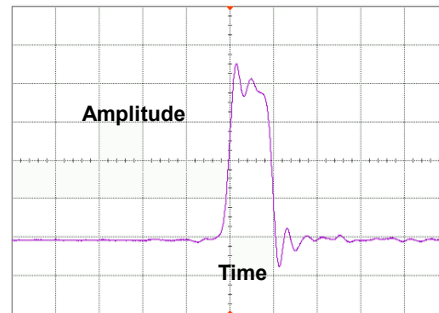


Agilent Technologies

Analogni osciloskopi

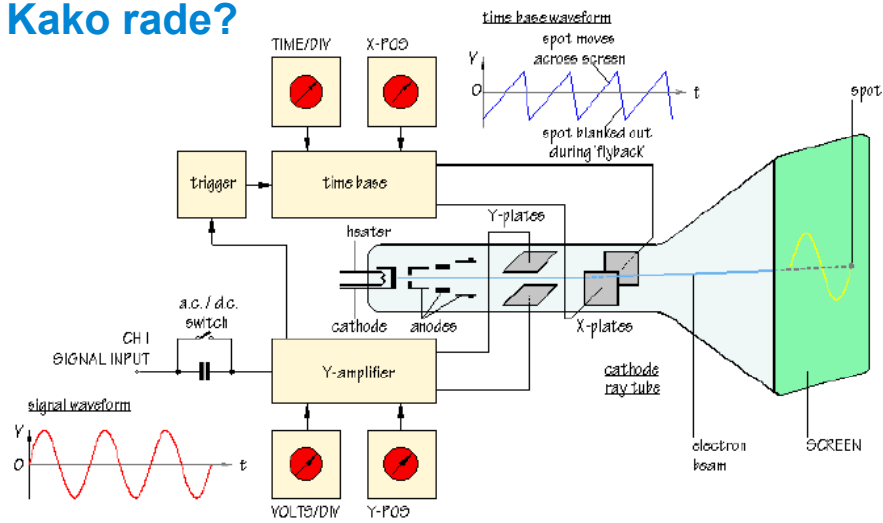
• Šta rade?

Analogni osciloskopi konvertuju električni ulazni signal u vizuelni prikaz oblika signala i vremenskih/amplitudskih karakteristika.



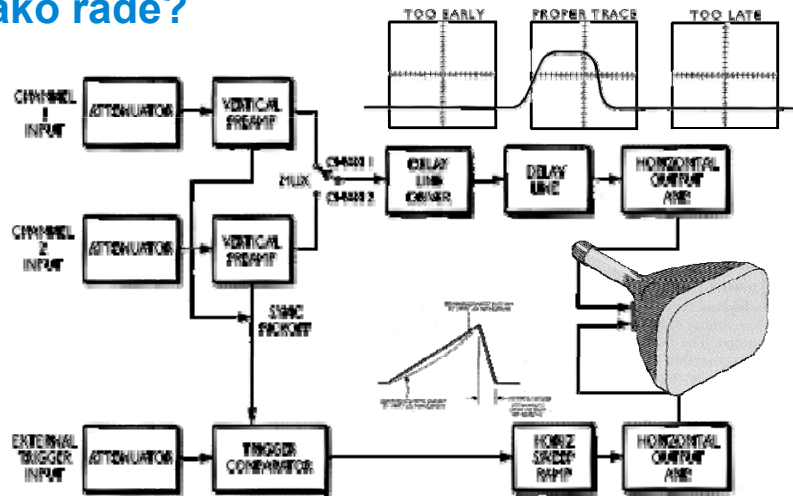
Analogni osciloskopi

• Kako rade?



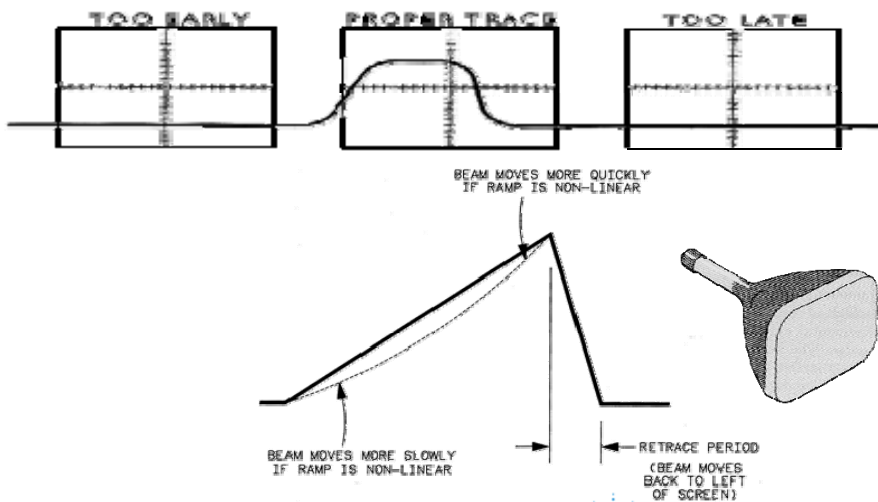
Analogni osciloskopi

• Kako rade?



Analogni osciloskopi

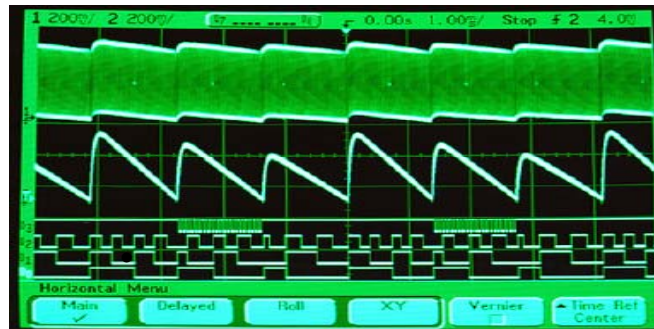
• Kako rade?



Analogni osciloskopi

• Koje su im prednosti?

- Jednostavna primena
- Veoma brz prikaz osvežavanje 10 do 1000 puta u sekundi
- Promena inteziteta mlaza ukazuje na anomalije signala
- Niska cena



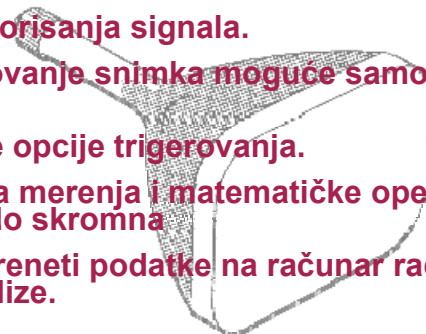
Page 9

 Agilent Technologies

Analogni osciloskopi

• Koji su im nedostaci?

- Propusni opseg ograničen katodnom cevi.
- Ograničenje na 2 do 4 kanala.
- Nema memorisanja signala.
- Dokumentovanje snimka moguće samo uz pomoć kamere.
- Ograničene opcije trigerovanja.
- Automatska merenja i matematičke operacije nad signalima vrlo skromna
- Ne mogu preneti podatke na računar radi dalje obrade i analize.

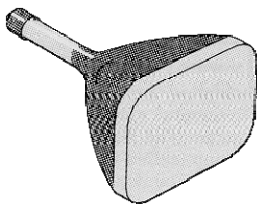


Page 10

 Agilent Technologies

Analogni osciloskopi

- Tipične primene
- Opšta namena
- Dijagnostički alat za traženje grešaka na uređajima kao što su televizori ,video rekorderi, audio uređaji itd



Page 11

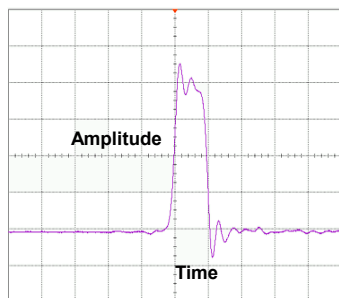


Agilent Technologies

Digitalni osciloskopi

•Šta rade?

Digitalni osciloskopi takođe konvertuju električni ulazni signal u vizuelni prikaz oblika signala i vremenskih/amplitudskih karakteristika.



+



Page 12

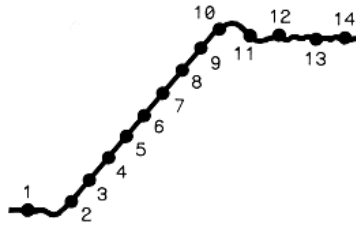


Agilent Technologies

Digitalni osciloskopi

•Kako rade?

Ulazni električni signal se digitalizuje pomoću A/D konvertora (uobičajeno 8 bitni) i dobijeni digitalni podaci se smeštaju u memoriju.

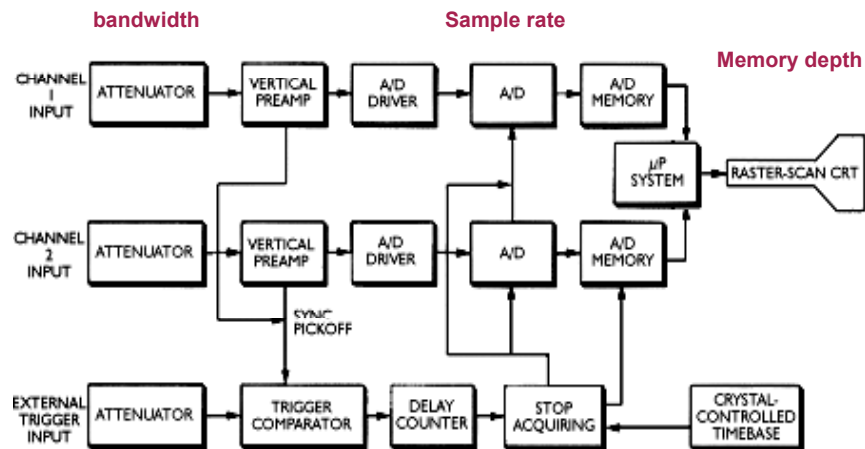


Brzina digitalizacije (odmeravanja) i propusni opseg pojačavača određuju najbrži signal koji se ispravno može snimiti i prikazati.



Digitalni osciloskopi

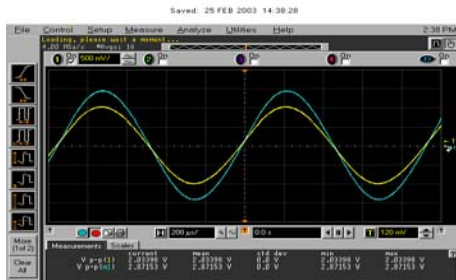
•Kako rade?



Analogni propusni opseg

Šta znači propusni opseg i zašto je značajan?

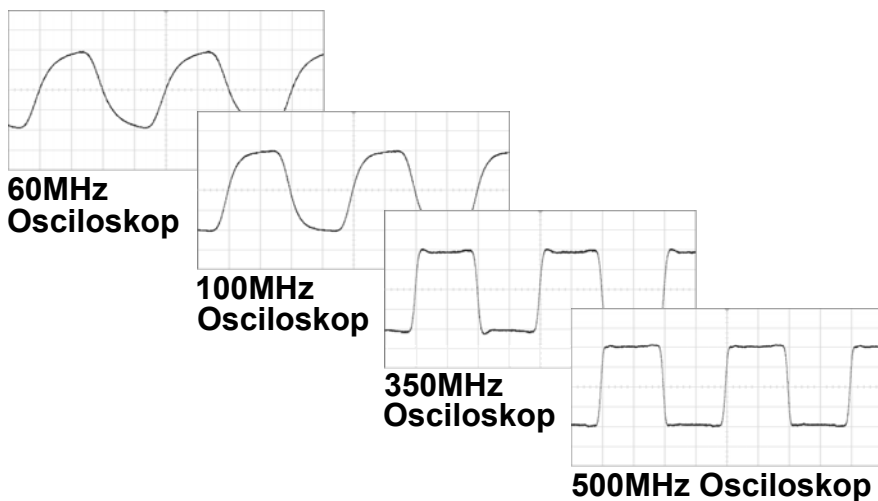
Svi osciloskopi imaju specificiran propusni opseg koji predstavlja frekvenciju na kojoj za prostoperiodični ulazni signal prikaz je za 3dB manji od amplitude signala.



Npr. ako se signal prikazan plavim oscilogramom snimi osciloskopom sa propusnim opsegom jednakim frekvenciji signala tada će prikaz biti za 30% niži, kao što prikazuje žuti oscilogram.

Analogni propusni opseg

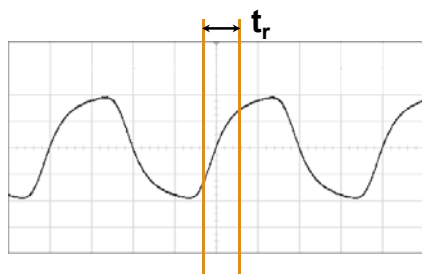
Kako 50MHz pravougaoni impulsi izgledaju?



Analogni propusni opseg

P.O. osciloscopa utiče na digitalne signale

- Uticaj na signal preko:
 - Usporenja vremena uspona
 - Slabljenje amplitude



- Uzroci:
 - Ulazni pojačavač
 - Atenuator
 - Osciloskopske sonde

Page 17



Agilent Technologies

Analogni propusni opseg

Koliki propusni oseg je dovoljan?

- Najbrži signal ima vreme uspona (pada) t_r
- Tada se širina spektra signala računa kao, BW_{signal}
 - $BW_{\text{signal}} = 0.35/t_r$
- Potreban propusni opseg je, BW_{scope}
 - $BW_{\text{scope}} = 1 * BW_{\text{signal}}$ (za ~41% grešku)
 - $BW_{\text{scope}} = 3 * BW_{\text{signal}}$ (za ~5% grešku)
 - $BW_{\text{scope}} = 5 * BW_{\text{signal}}$ (za ~2% grešku)
- Zapamtite propusni opseg osciloscopa je specificiran za sinusoidalne signale i -3dB tačku. Za pravougaone signale iste učestanosti potreban je 5 puta veću propusni opseg.

Page 18



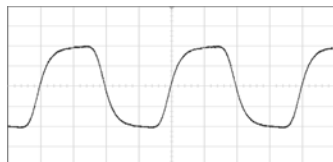
Agilent Technologies

Analogni propusni opseg

Koliki je P.O. dovoljan? Primer

Elektroničar dizajner PC računara treba da proveri signala na PCI magistrali koja radi na 66MHz sa vremenom uspona signala od oko 3ns.

Širina spektra signala(MHz) = $0.35/3\text{ns} = 116\text{MHz}$.



100MHz osciloskop će filtrirati oštre ivice pravougaonih signala i svi VF detalji će biti izgubljeni

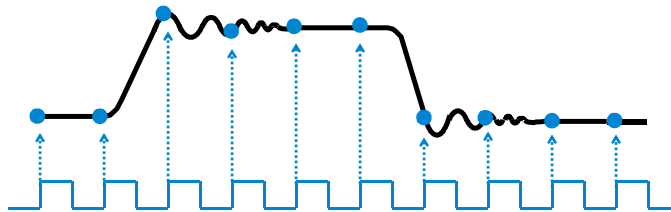
500MHz osciloskop će propustiti oštre ivice pravougaonih signala i prikazan signal će odgovarati snimanom



Odmeravanje

Šta je brzina digitalizacije?

- Većina digitalnih osciloscopa ima 2 metoda digitalizacije ulaznih signala, to su:
- Real time – Poput digitalnog fotoaparata – svaki odbirak se dešava samo jednom! Svi odbirci sa dobijaju u jednom prolazu.

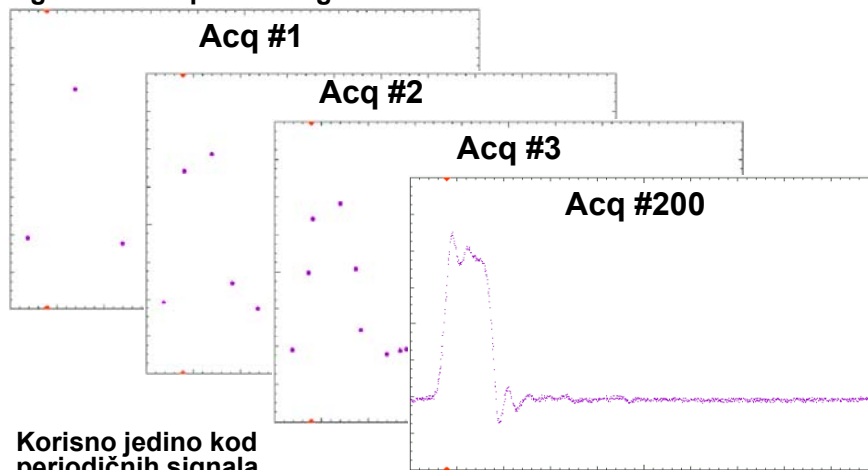


Brzina odmeravanja mora biti dovoljno velika da bi se uhvatili detalji.



Odmeravanje

Drugi metod kompletira prikaz ponavljanjem odmeravanja signala u više perioda signala.



Page 23



Agilent Technologies

Odmeravanje

Kolika brzina odmeravanja (SR) je dovoljna?

- $SR_{scope} = 4 * BW_{scope}$

Za primer sa PCI magistralom, gde je vreme uspona signala 3ns

- $t_r = 3ns$
- $BW_{signal} = 0.35 / t_r = 0.35 / 3ns = 116MHz$
- $BW_{scope} = 5 * BW_{signal} = 5 * 116MHz = 580MHz$
 - 600MHz osciloskop odgovara
- $SR_{scope} = 4 * BW_{scope} = 2.4GSa/s$

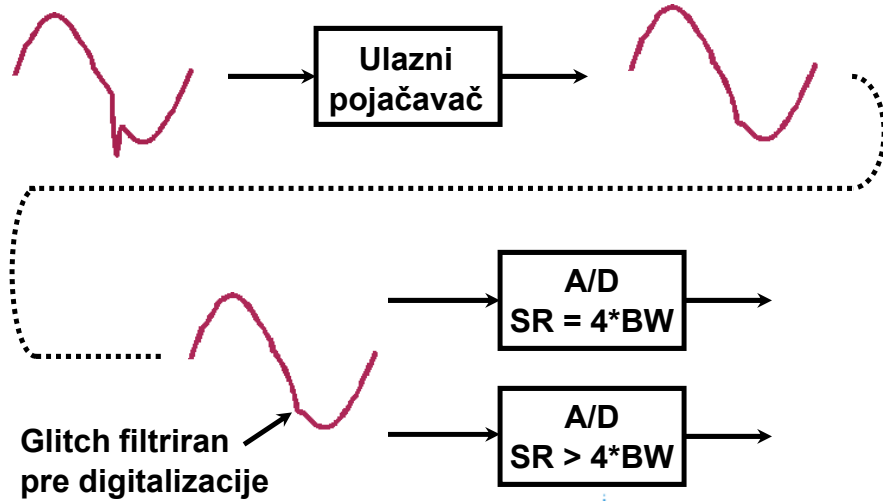
Page 24



Agilent Technologies

Odmeravanje

Nema značajne koristi od $SR > 4 * BW_{scope}$



Page 25



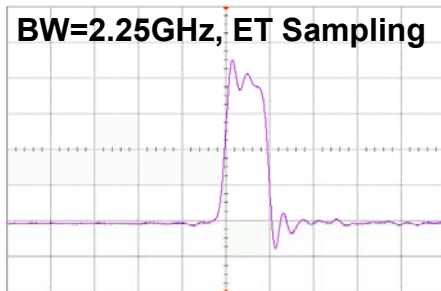
Agilent Technologies

Odmeravanje

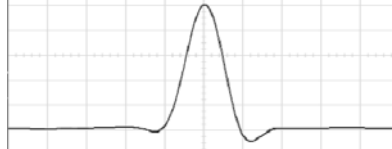
Primer: Nema značajne koristi od $SR > 4 * BW$

Ulazni signal: 1ns impuls sa 200ps vrem. uspona

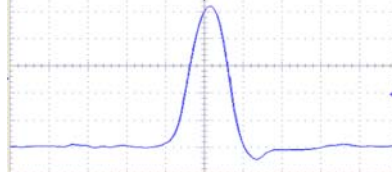
BW=2.25GHz, ET Sampling



BW=500MHz, SR=2GSa/s



BW=500MHz, SR=5GSa/s



Page 26

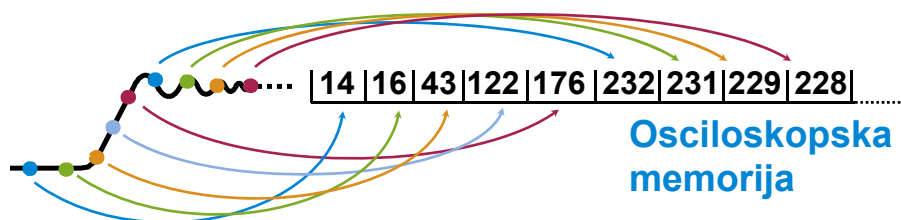


Agilent Technologies

Memorija

Uloga memorije kod digitalnih osciloskopa

- Svaki odbirak mora biti smešten u memoriju
- “Dublja” memorija prihvata više odbiraka
- Snimanje dužeg vremenskog intervala takođe znači više odbiraka za memorisanje ukoliko je brzina odmeravanja nepromenjena



Memorija

Značaj “dubine” memorije

- Omogućuje veliku brzinu odmeravanja pri snimanju dužeg vremenskog intervala
- Velika brzina odmeravanja =
 - Tačnija reprodukcija signala
 - Bolja rezolucija između tačaka
 - Veća verovatnoća snimanja gličeva i anomalija



Memorija

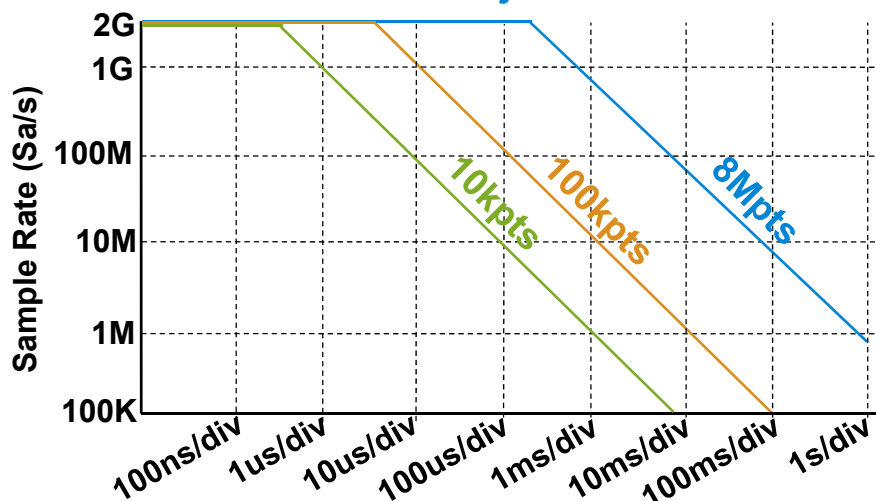
Značaj “dubine” memorije

- Snimanje dižeg vremenskog intervala
- Mogućnost zumiranja i raspoznavanja detalja na zumu
- Posebno značajna “dubina” memorije za
 - Mešovite analogne i digitalne aplikacije
 - Aplikacije u vezi serijske komunikacije



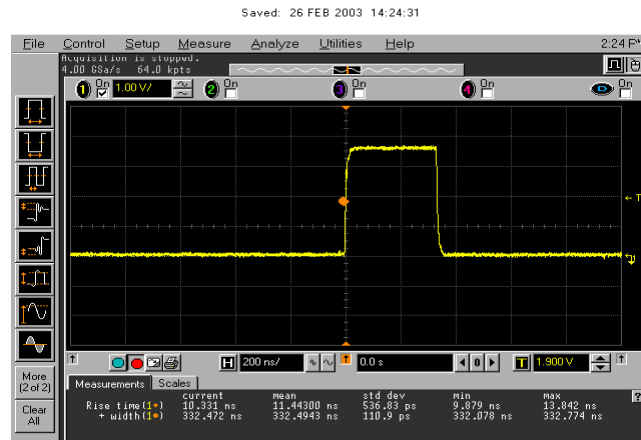
Memorija

Odnos brzina odmeravanja i vremenske baze



Primer memorijske dubine

Izgled jednog impulsa



Demo2

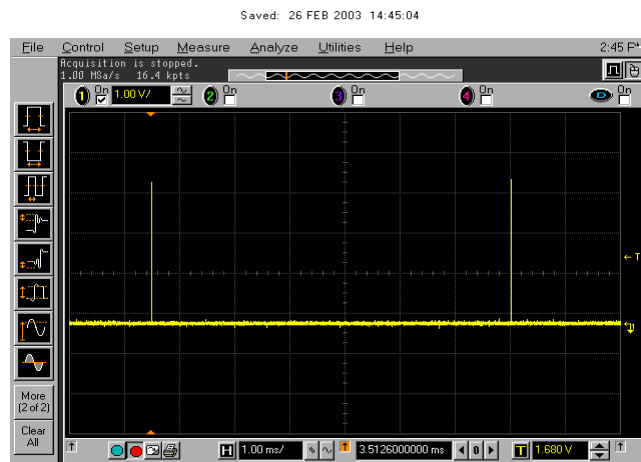
Page 32



Agilent Technologies

Primer memorijske dubine

Izgled jedne periode



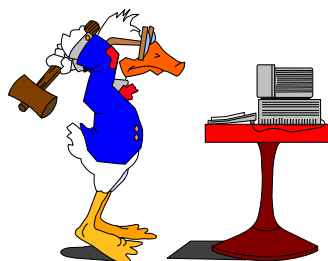
Page 33



Agilent Technologies

Primer memorijske dubine

Zumiran jedan impuls u periodi



Demo 3

Page 34



Agilent Technologies

Memorija

Kolika "dubina" memorije je dovoljna?

- Ako je zahtevana vremenska rezolucija između odbiraka, T_r
 - $1 / T_r \leq$ brzina odmeravanja (Real Time Mode)
- Ako je zahtevan vremenski interval u kom se vrši snimanje signala, T_p
- Izračunata potrebna "dubina" memorije je
 - Dubina memorije = T_p / T_r

Za primer sa predhodnih slajdova:

Potrebna rezolucija odbiraka = 2ns, brzina odmeravanja = 500Ms/s

Vremenski interval snimanja 6.5ms = ~7ms

Potrebna dubina memorije = 7ms/2ns = 3.5Mb

Snimci načinjeni sa osciloskopom čija je brzina odabiranja 1Gs/s, ali ima samo 10kpts memorije!

Demo 4

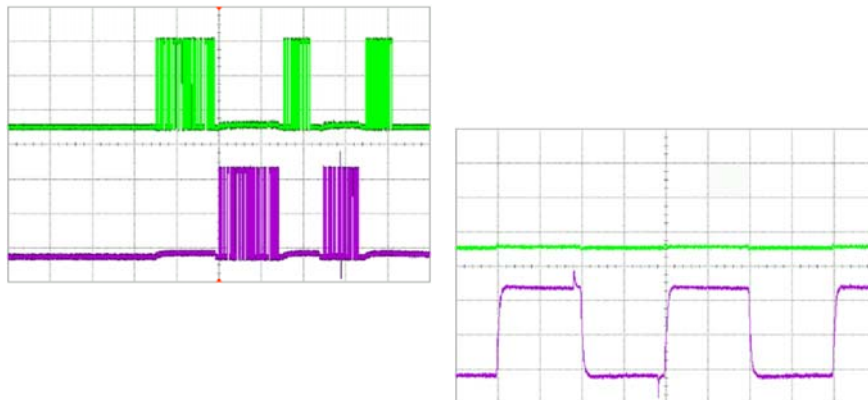
Page 35



Agilent Technologies

Memorija

Primer: $T_p = 2\text{ms}$ sa osciloskopom
2GSa/s i 4Mpts

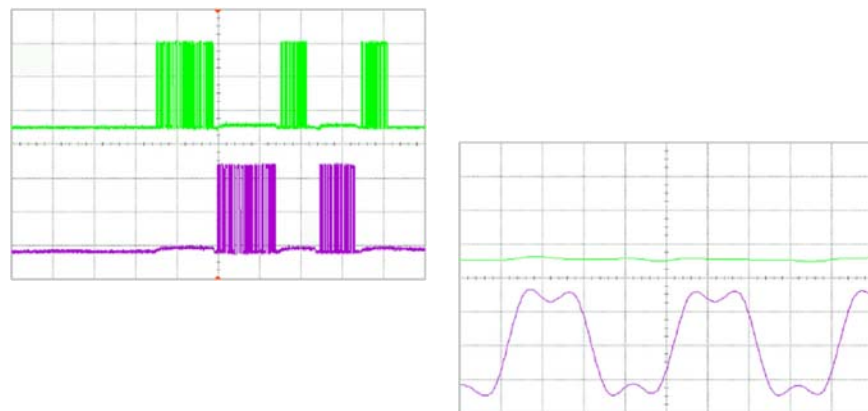


Page 36



Memorija

primer: $T_p = 2\text{ms}$ sa osciloskopom
4MSa/s i 8kpts



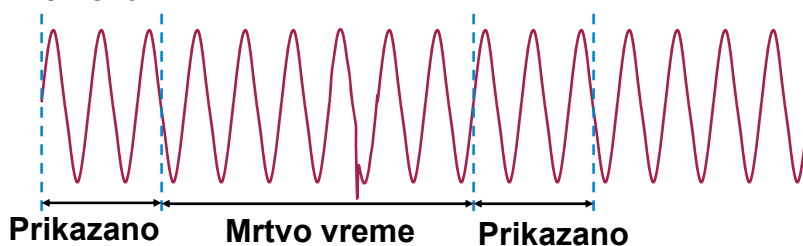
Page 37



Memorija

Moguće negativne posledice zbog duboke memorije

- Sporo osvežavanje
- Spor korisnik-ulaz odziv
- Povećavanje mrtvog vremena između akvizicija
- Propuštanje gličeva i anomalija u toku mrtvog vremena



Kvalitet prikaza

Koliki je značaj prikaza?

Ekran osciloskopa je prozor između ljudskog oka i snimanog signala.

- Ekрани analognih osciloskopa
 - Prikazuju talasni oblik kom se može verovati
 - Prikazuju svetlucave tačke na mestima anomalija
 - Beskonačan broj nivoa osvetljaja mlaza
- Ekрани standardnih digitalnih osciloskopa
 - Zrnast prikaz, diskretan prikaz tačaka
 - Gradacija inteziteta mala ili nikakva



Kvalitet prikaza

Napredni digitalni osciloskopi

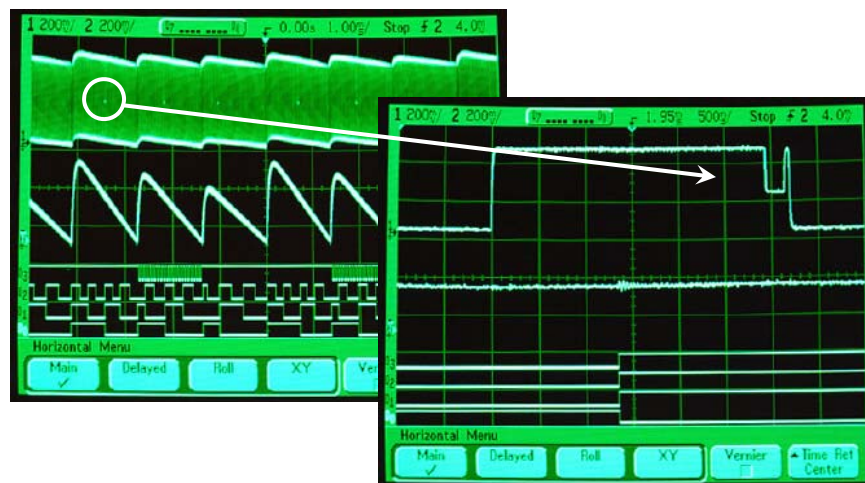
- Gradacija inteziteta u 32 nivoa
 - Pikseli češće pogođeni imaju veći intezitet
 - Omogućuju trodimenzionalni pogled u signal
- Velika brzina osvežavanja
 - Inteligentni sistem zuma
 - Minimalno mrtvo vreme
- Velika horizontalna rezolucija

Rezultat je prikaz kom možete verovati baš kao prikazu analognog osciloskopa.



Kvalitet prikaza

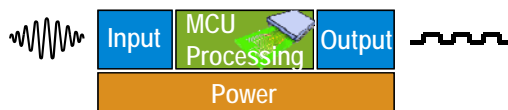
Napredni digitalni osciloskopi



Broj kanala

Koliko kanala je dovoljno?

- Jednostavna dijagnostika zahteva dva kanala
- Kompleksna dijagnostika 4 ili više kanala
- >70% dizajnera hardvera sreće se sa mešovitim analognim i digitalnim projektima
 - Realni analogni ulazni i izlazni signali
 - Kompleksni digitalni signali za obradu
 - Povezivanje se postiže sa:
 - ADCs, DACs, MCUs, DSPs, etc.



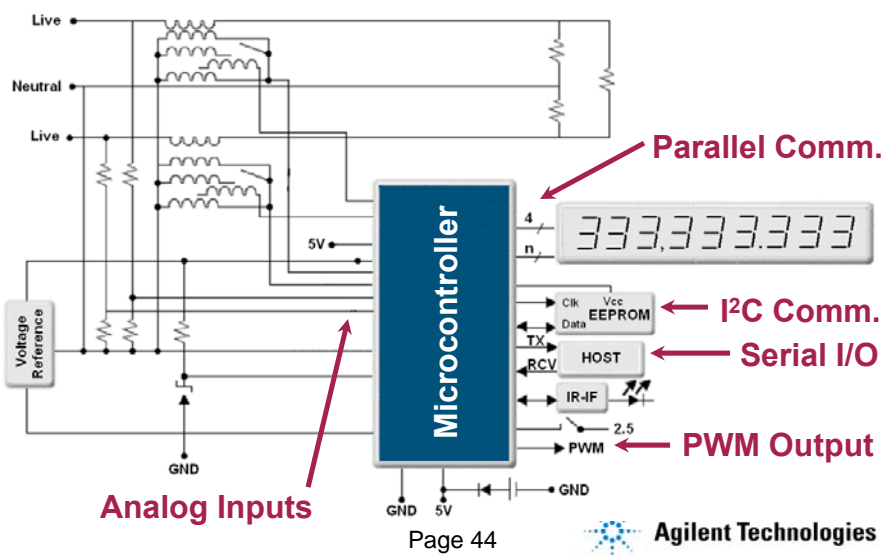
Page 43



Agilent Technologies

Broj kanala

Mešoviti Analog/Digital dizajn: primer



Page 44



Agilent Technologies

Vrste trigerovanja

Koji tipovi trigerovanja su potrebni?

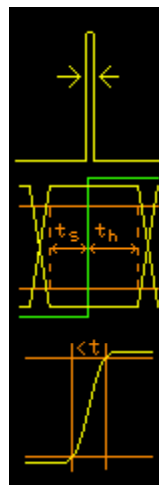
- Ivično trigerovanje
- Trigerovanje prema karakteristici signala
 - Širina impulsa
 - Setup and Hold
 - Tranzijent
- Paralelno logičko trigerovanje
 - Uzorak / stanje
 - Sekvenca
- Trigerovanje serijskih signala
 - SPI
 - I²C
 - CAN
 - USB



Vrste trigerovanja

Trigerovanje prema karakteristikama signala

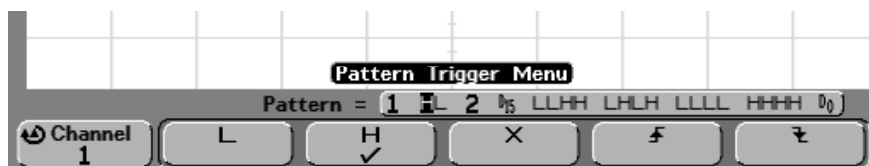
- Širina impulsa
 - Pronalaženje impulsa koji je uži, širi ili unutar podešenog opsega
- Setup and Hold
 - Pronalaženje impulsa sa neodgovarajućim t_s i t_h
- Tranzijent
 - Pronalaženje ivice brže ili sporije od definisane



Vrste trigerovanja

Paralelno logičko trigerovanje

- Uzorak / stanje
 - Pronalaženje zadanog paterna paralelnog signala
- Sekvenca
 - Pronalaženje uzastopnih paterna paralelnog signala



Demo 6

Page 47

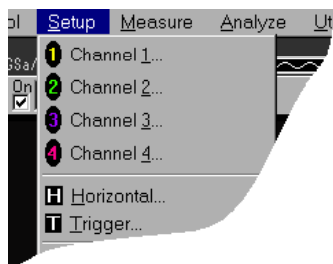


Agilent Technologies

Jednostavna upotreba

Šta utiče na jednostavnu upotrebu?

- Brzina osvežavanja
- Kvalitet prikaza
- Odziv na korisničke komande
- Matematičke funkcije i automatska merenja
- Intuitivni izgled panela i komandi
- Povezivanje sa ostalim uređajima



Page 48



Agilent Technologies

Povezivanje osciloskopa

Korisnički interfejs mnogih savremenih osciloskopa

Bazira se na PC platformi i Windows operativnom sistemu

- **Mrežni interfejs, upravljanje osciloskopom preko mreže**
- **Slanje E-mail pri detektovanju podešenog stanja**
- **Upotreba miša**
- **Potrebna računarska snaga za kompleksnu matematiku**
- **Jednostavna razmena podataka: akvizicija na PC-u, štampanje, prikaz na monitoru ili video projektoru**



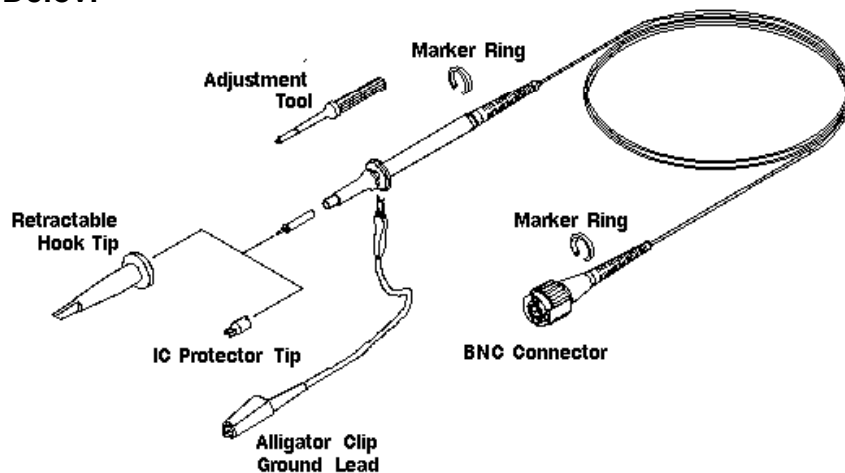
Osciloskopske sonde

- **Konektor visokih performansi**
 - **Bez prekidanja**
- **Visoka ulazna impedansa ($10M\Omega$)**
 - **Nevidljivi posmatrač (ne opterećuje kolo)**
- **50Ω za snimanje VF signala**
- **Pasivne i aktivne sonde**



Sonde

•Delovi



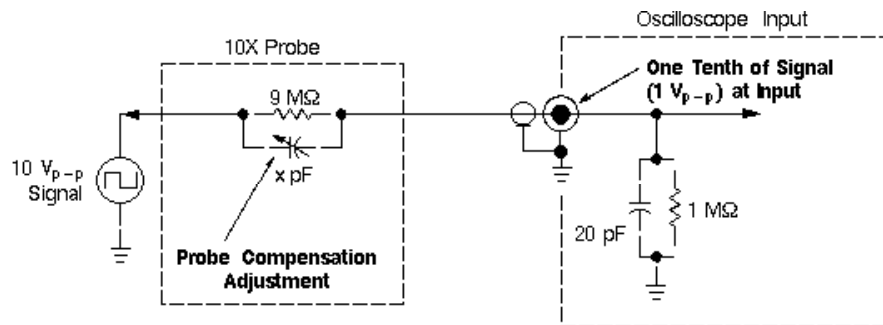
Pasivne sonde

- **10× slabljenje**
 - Malo opterećenje elektronskog kola ($10M\Omega$)
 - Pogodne za visoke frekvencije
 - Nepogodne za merenje malih signala ispod 10mV
- **1× slabljenje**
 - Pogodne za male signale
 - Unose više poremećaja u elektronsko kolo ($1M\Omega$)
- **20x slabljenje**
 - Novijeg datuma
 - Mala kapacitivnost
 - Tektronix P6158, 3GHz 20x



Pasivne sonde

- Propusni opseg i kapacitivnost
 - 10MHz (100pF) and 500MHz (10pF)
 - 20:1 high-speed passive probe

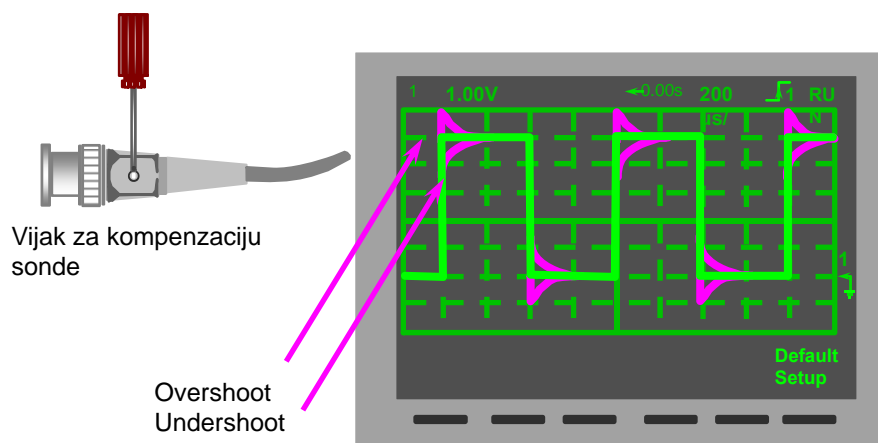


Page 53



Agilent Technologies

Kompenzacija sonde



Page 54



Agilent Technologies

Aktivne sonde

- **1GHz (1.5pF)**
- **Zahtevaju napajanje**
- **Dobre za brze digitalne signale sa taktom preko 100MHz (do 500ps vreme uspona/pada)**



Strujne sonde

- **Obuhvaćaju provodnik i pretvaraju strujni signal kroz provodnik u naponski koji se prikazuje na ekranu osciloskopa**
- **AC strujne sonde**
 - **Princip rada je strujni transformator**
 - **Karakteristična donja granična učestanost**
 - **Pasivne – ne zahtevaju napajanje**
- **AC-DC strujne sonde**
 - **Princip rada holova sonda**
 - **Aktivne zahtevaju napajanje**



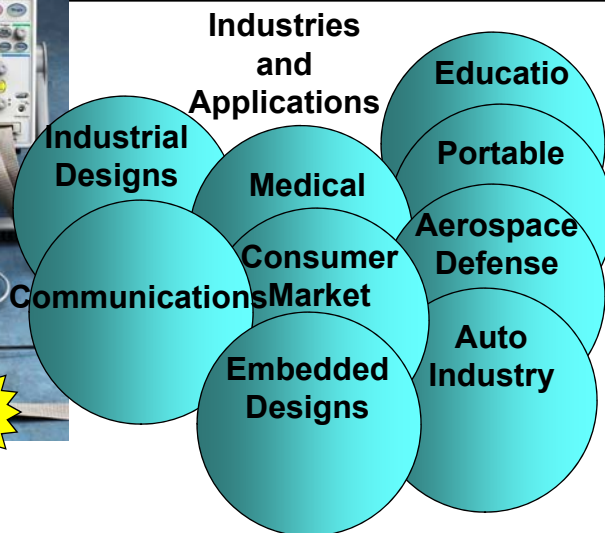
Diferencijalne sonde

- Omogućuju merenje diferencijalnih signala
- Visok faktor CMRR
- Mogu imati slabljenje i pojačanje ulaznog signala
- Aktivne sonde – zahtevaju napajanje za svoj rad



DSP designs
MCU based-designs
Serial data analysis
Wireless LAN
Wireless handsets
Broad industrial

New



Pitanja i odgovori

Q & A



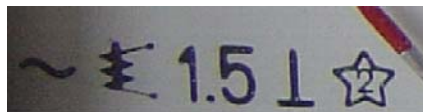
Page 59



Agilent Technologies

TEST (10 poena)

1. O kakvom instrumentu je reč ako nosi sledeću oznaku



2. Kakva je skala:

- a) Ampermetra sa pokretnim kalemom
 - b) Voltmetra sa pokretnim gvoždem
 - c) Elektrodinamičkog vatmetra
 - d) Ommetra sa pokretnim magnetom
3. Pri merenju naizmenične struje potreban je ispravljač ako se koristi:
- a) Instrument sa pokretnim gvoždem
 - b) Instrument sa pokretnim kalemom
 - c) Instrument sa pokretnim magnetom
 - d) Elektrodinamički instrument
4. Koja je uloga NF filtra na ulazu digitalnog voltmetra?
5. Kakav je talasni oblik signala koji se dovodi na ploče za horizontalno skretanje mlaza analognog osciloskopa?

Page 60



Agilent Technologies