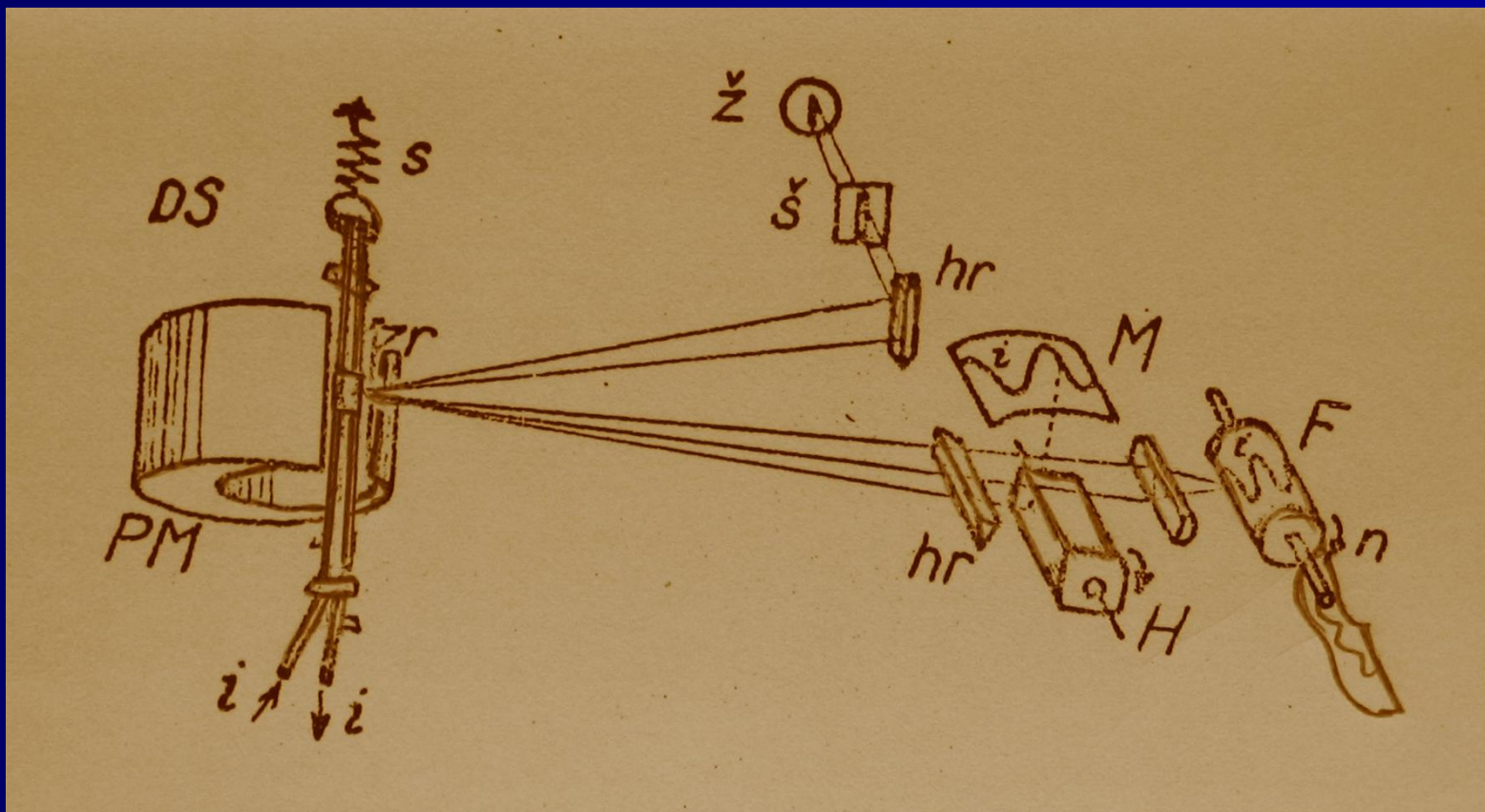


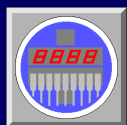
# Osciloskopy

doc. Ing. Peter Kukuča, CSc. MIET  
KMer FEI STU



# Slučkový oscilograf

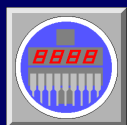




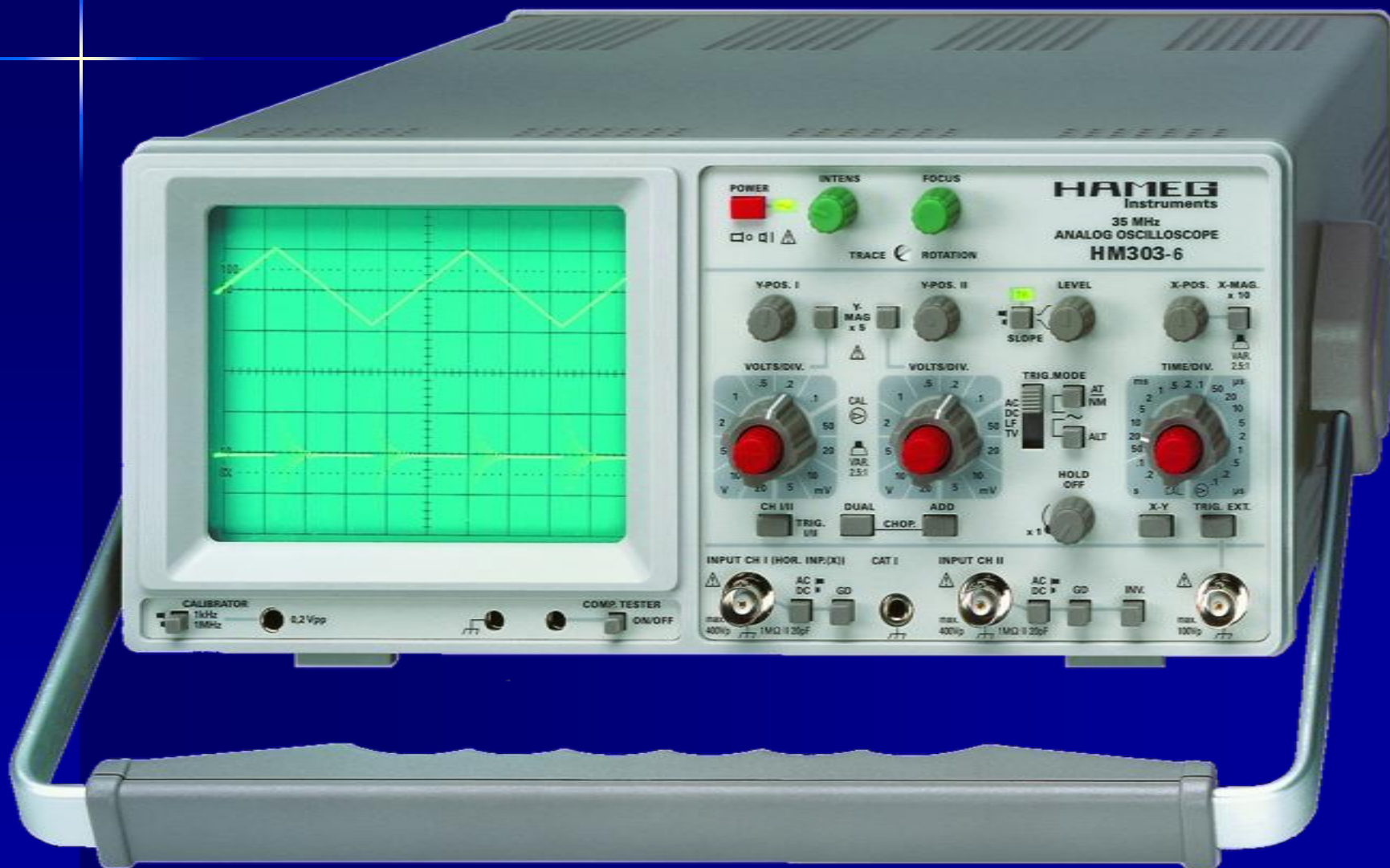
# Osciloskopy

Elektronické meracie prístroje na zobrazenie časových priebehov elektrických veličín, prípadne závislosti jednej veličiny od druhej.

- Analógové (elektronické)
- Pamäťové (analógové)
- Vzorkovacie (analógové)
- Číslicové (pamäťové, vzorkovacie)



# Oscilloskop







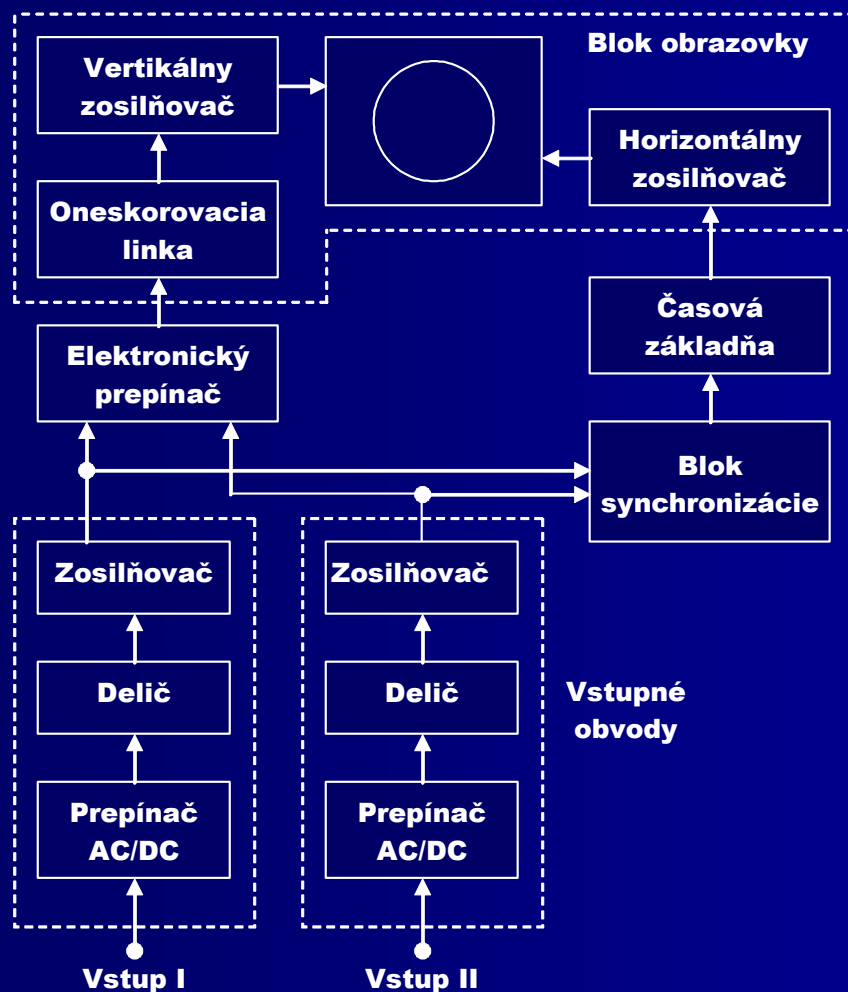
# Osciloskop

Musí zabezpečiť:

- zobrazenie priebehu alebo závislosti
  - blok obrazovky
- úpravu (prispôsobenie) vstupného signálu
  - vstupné obvody
- voľbu rýchlosti vychýľovania, posuv, lupu
  - blok časovej základne
- stabilitu obrazu
  - blok synchronizácie
- zobrazenie viac priebehov súčasne
  - elektronický prepínač



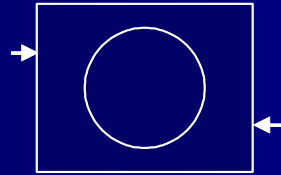
# Analógový osciloskop

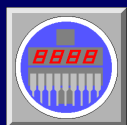




# Obrazovka

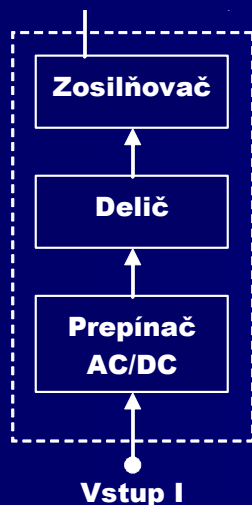
- CRT
- Cathode Ray Tube, Screen
- Zosilňovače na úpravu signálov na úrovne požadované obrazovkou
- Horizontálny posun
- Zdroj (vysokého napätia)



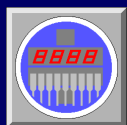


# Vstupné obvody

- Vertical, Inputs
- Prepínač väzby vstupov
  - Alternating Current, Direct Coupling
- Prepínač rozsahov – V/d

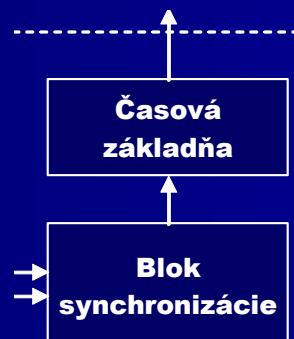


Funkcia zosilňovača  
Vertikálny posun



# Časová základňa

- Generovanie pílovitého napätia
- Time Base
- Rýchlosť – s/d
- Časová lupa

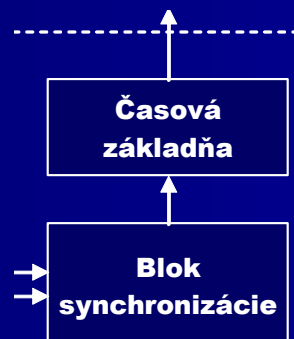






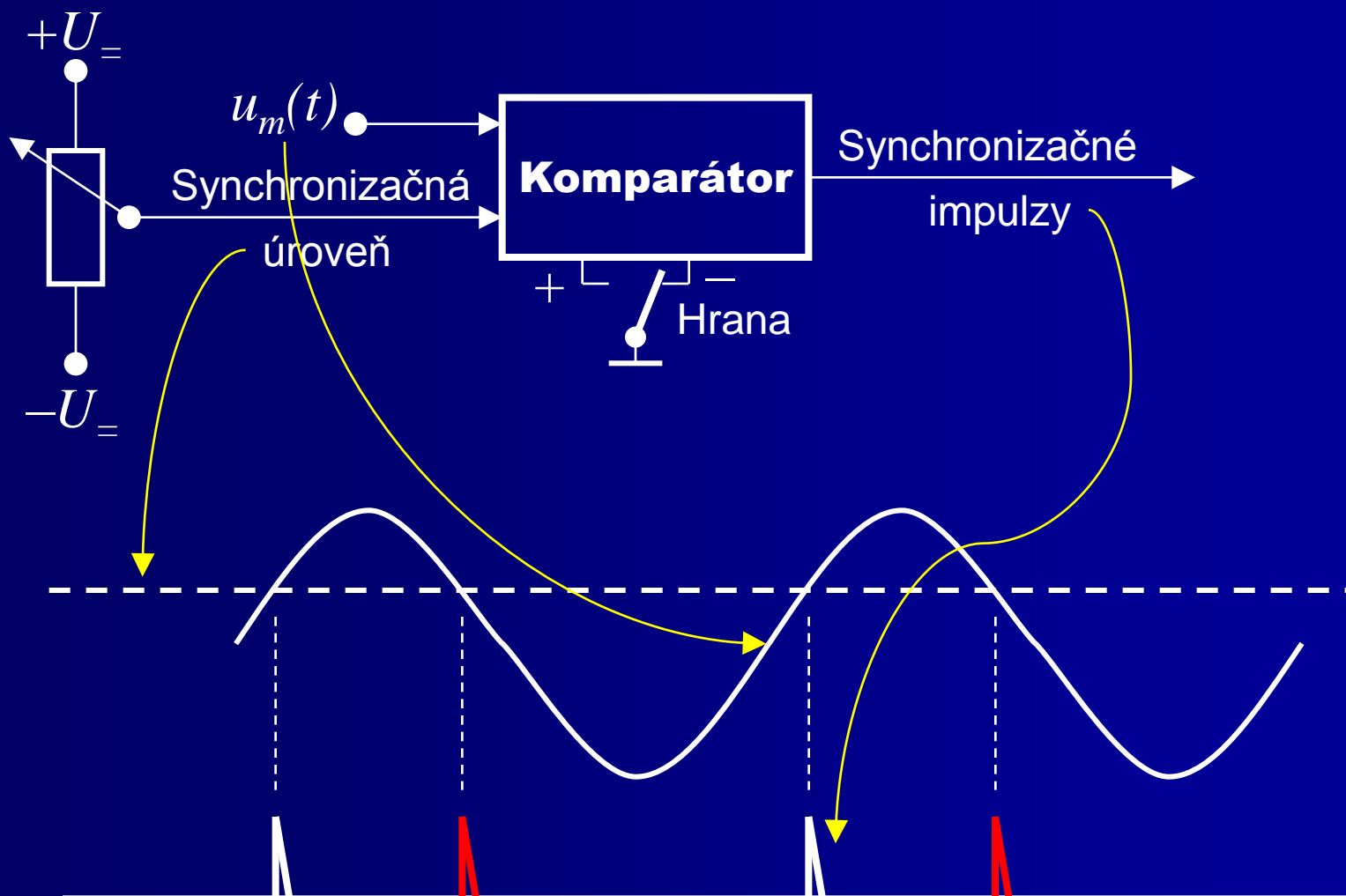
# Synchronizácia

- Spúšťanie behu časovej základne
- Trigger





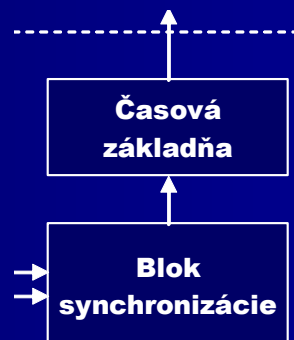
# Synchronizácia

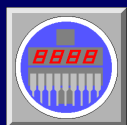




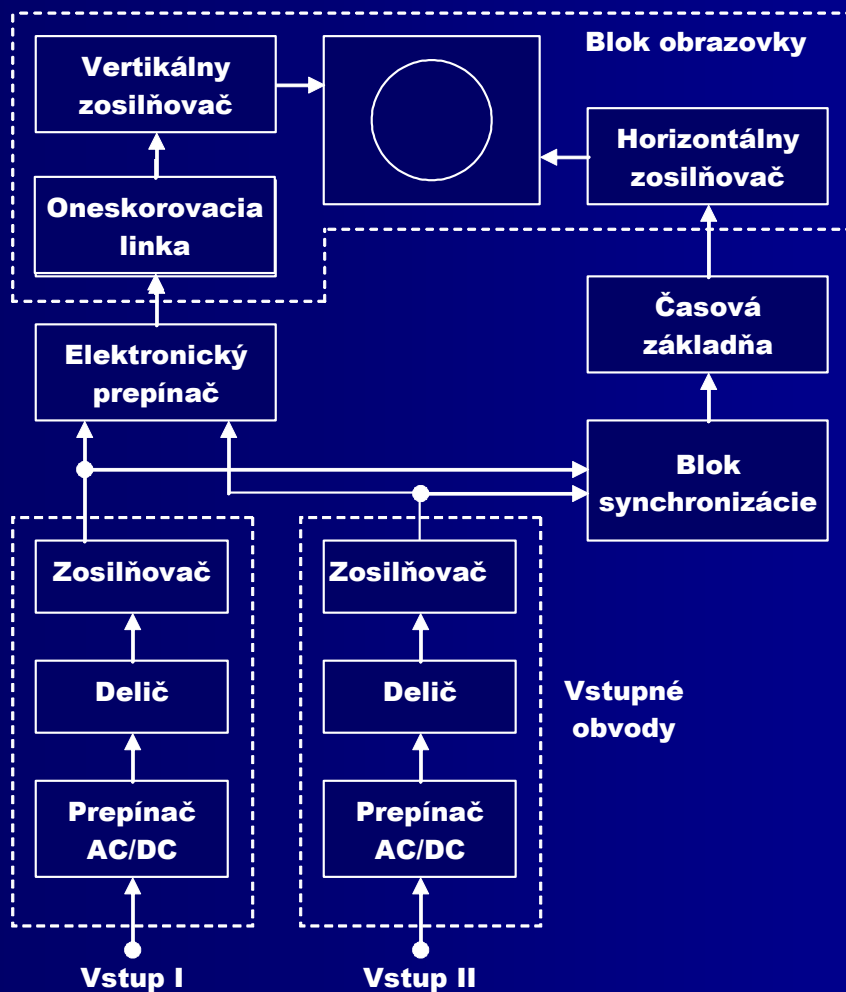
# Synchronizácia

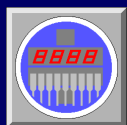
- Režimy synchronizácie časovej základne
  - Auto
  - Norm
- Synchronizácia
  - Interná
    - I, II, I + II
  - Externá
- Filtre



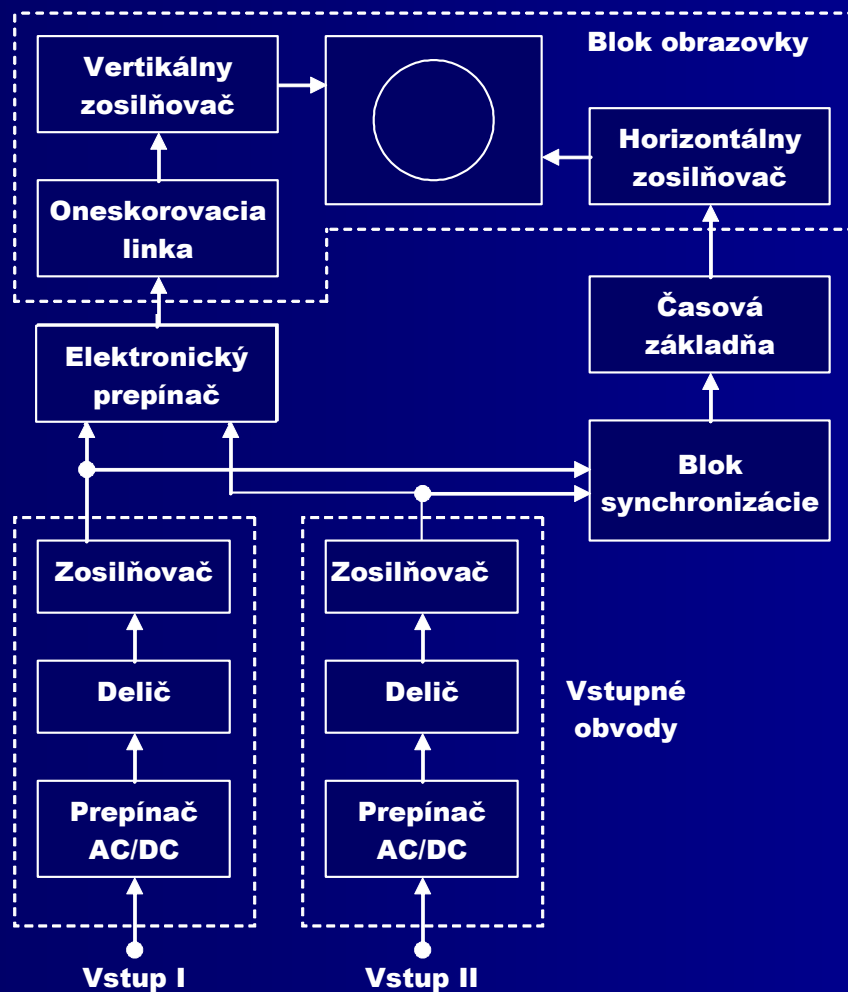


# Oneskorovacia linka





# Elektronický prepínač







# Elektronický prepínač

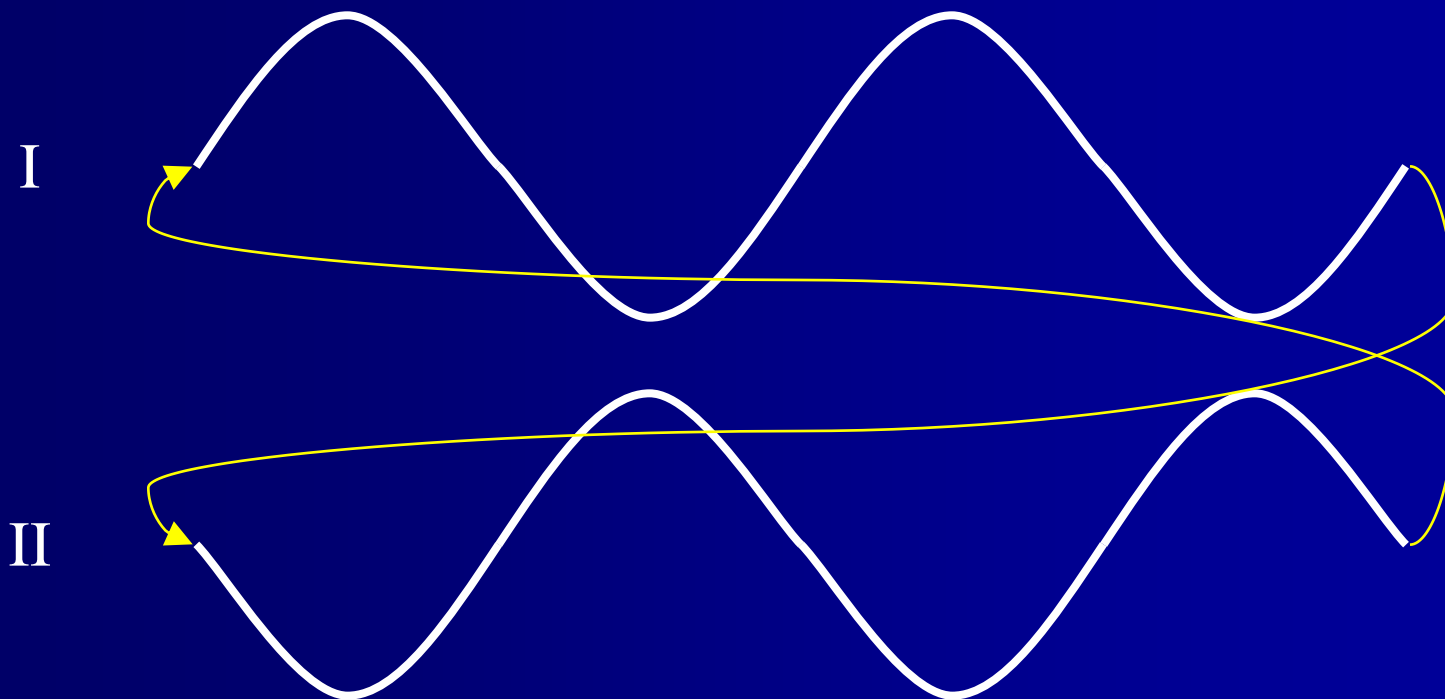
Režimy činnosti:

- I
- II
- ALT
- CHOP
- SUM



# Elektronický prepínač

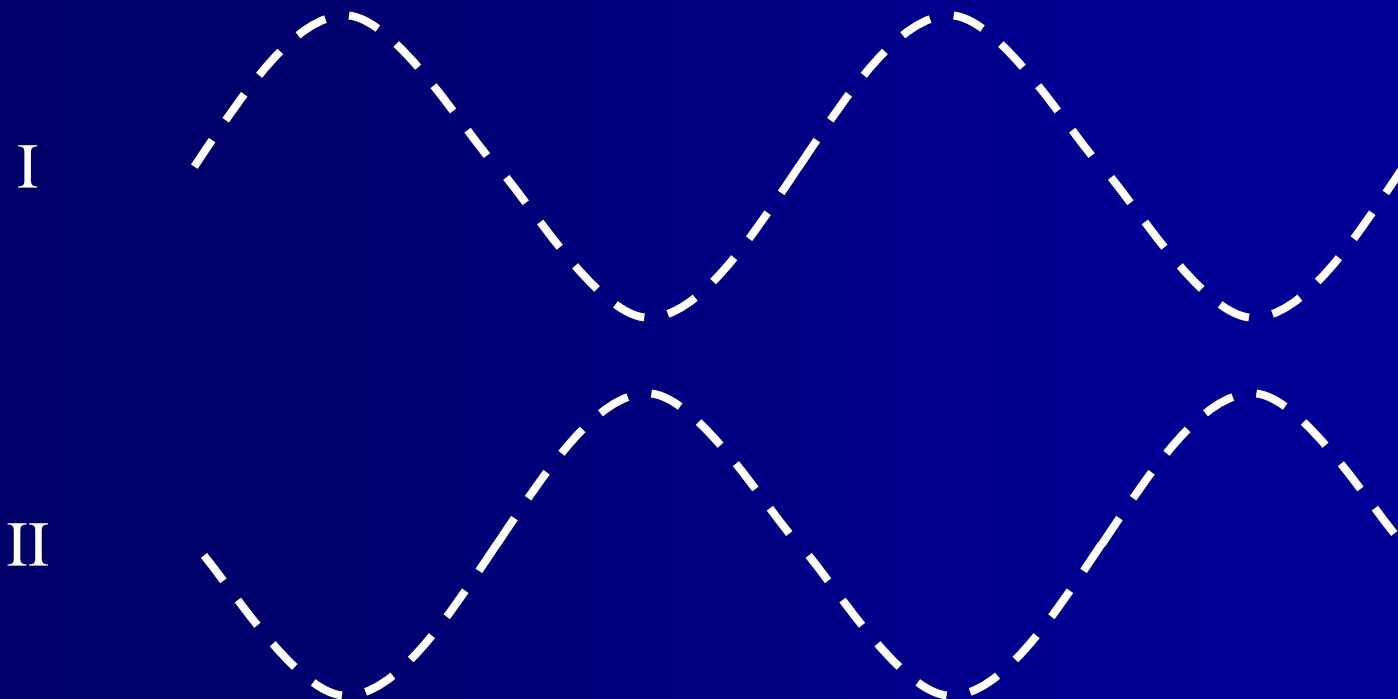
## ■ Režim ALT

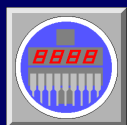




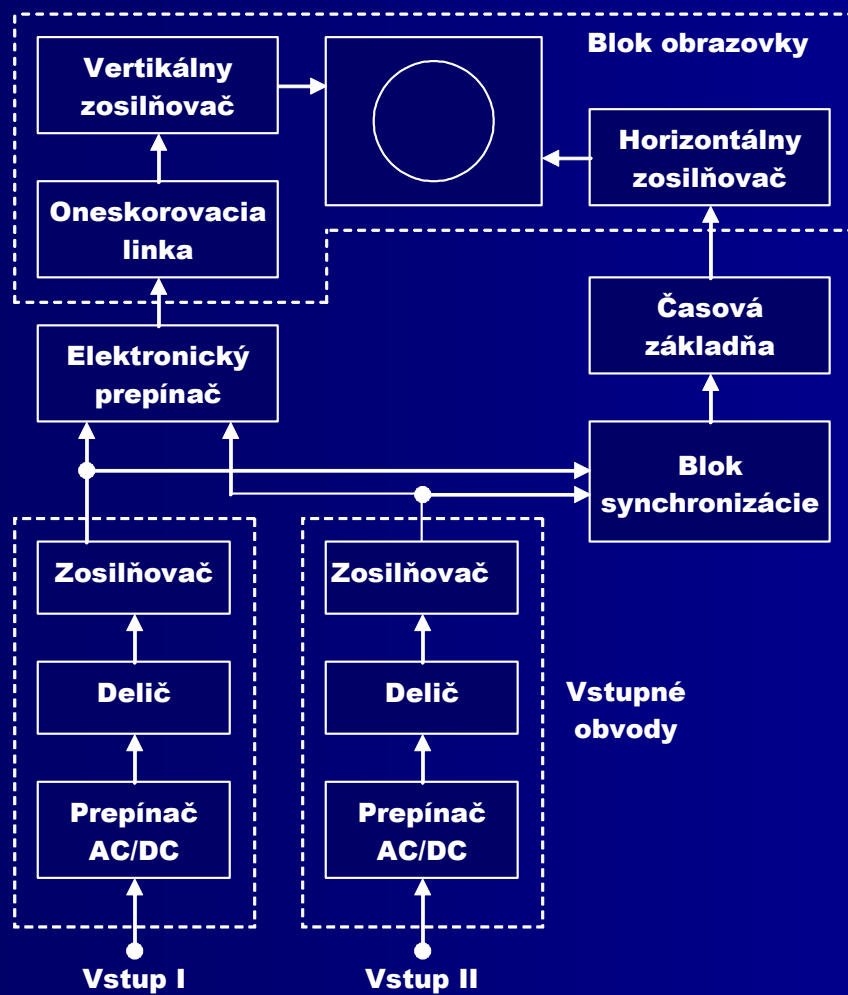
# Elektronický prepínač

## ■ Režim CHOP





# Analógový osciloskop



Režim X-Y

Vstup Z



# Frekvenčný rozsah [MHz]

- Hraničná frekvencia sústavy 1. rádu
- Pokles pri  $f_{hr} = -3 \text{ dB} \approx -30 \%$
- Nábežná doba  $t_n = 0,35/f_{hr} [\mu\text{s}, \text{MHz}]$
- Zobrazená nábežná doba

$$t_{n_{obr}} = \sqrt{(t_{n_{sig}})^2 + (t_{n_{osc}})^2}$$

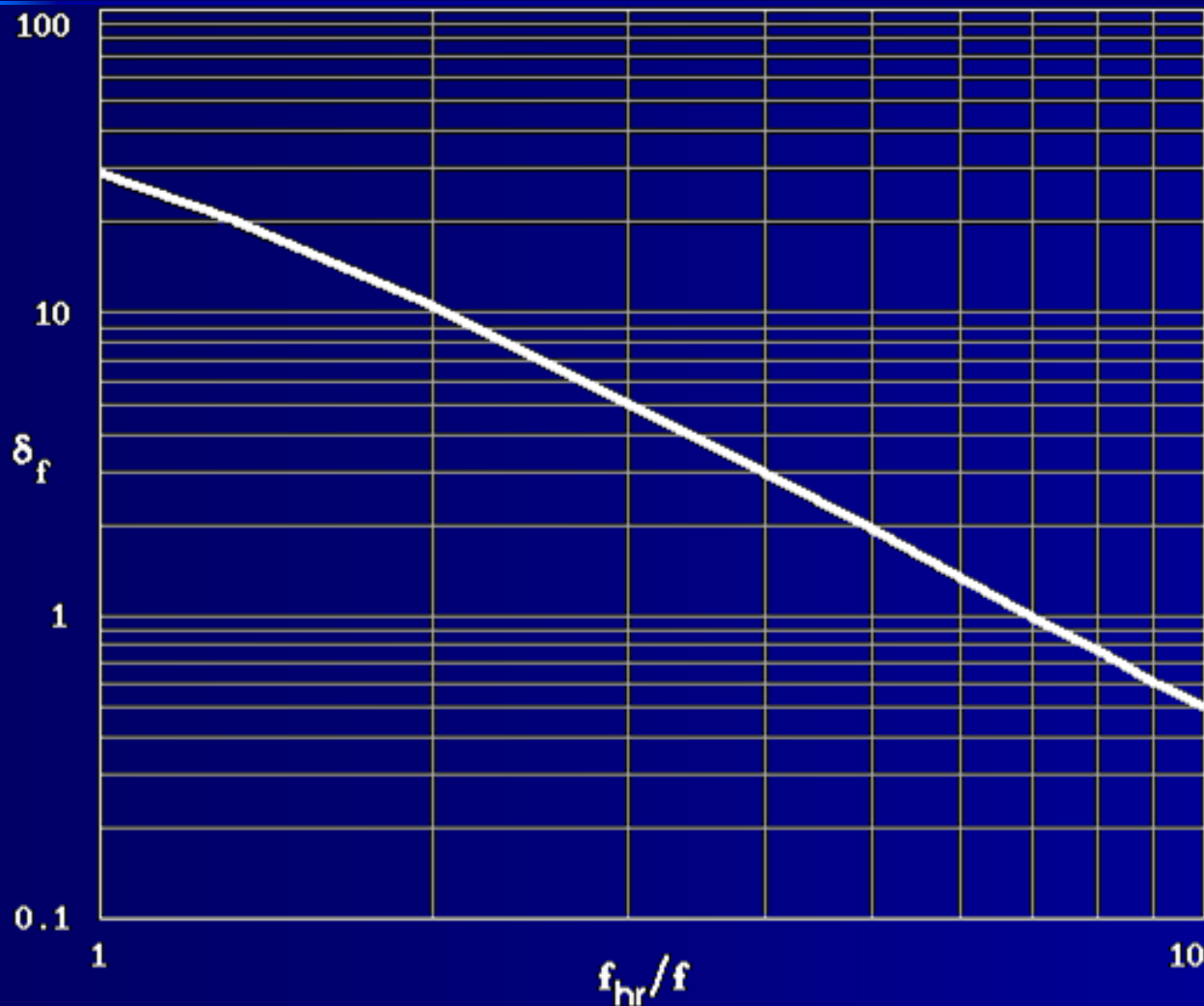
- Korekcia frekvenčných vlastností osciloskopu

$$t_{n_{sig}} = \sqrt{(t_{n_{obr}})^2 - (t_{n_{osc}})^2}$$





# Frekvenční rozsah [MHz]

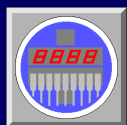




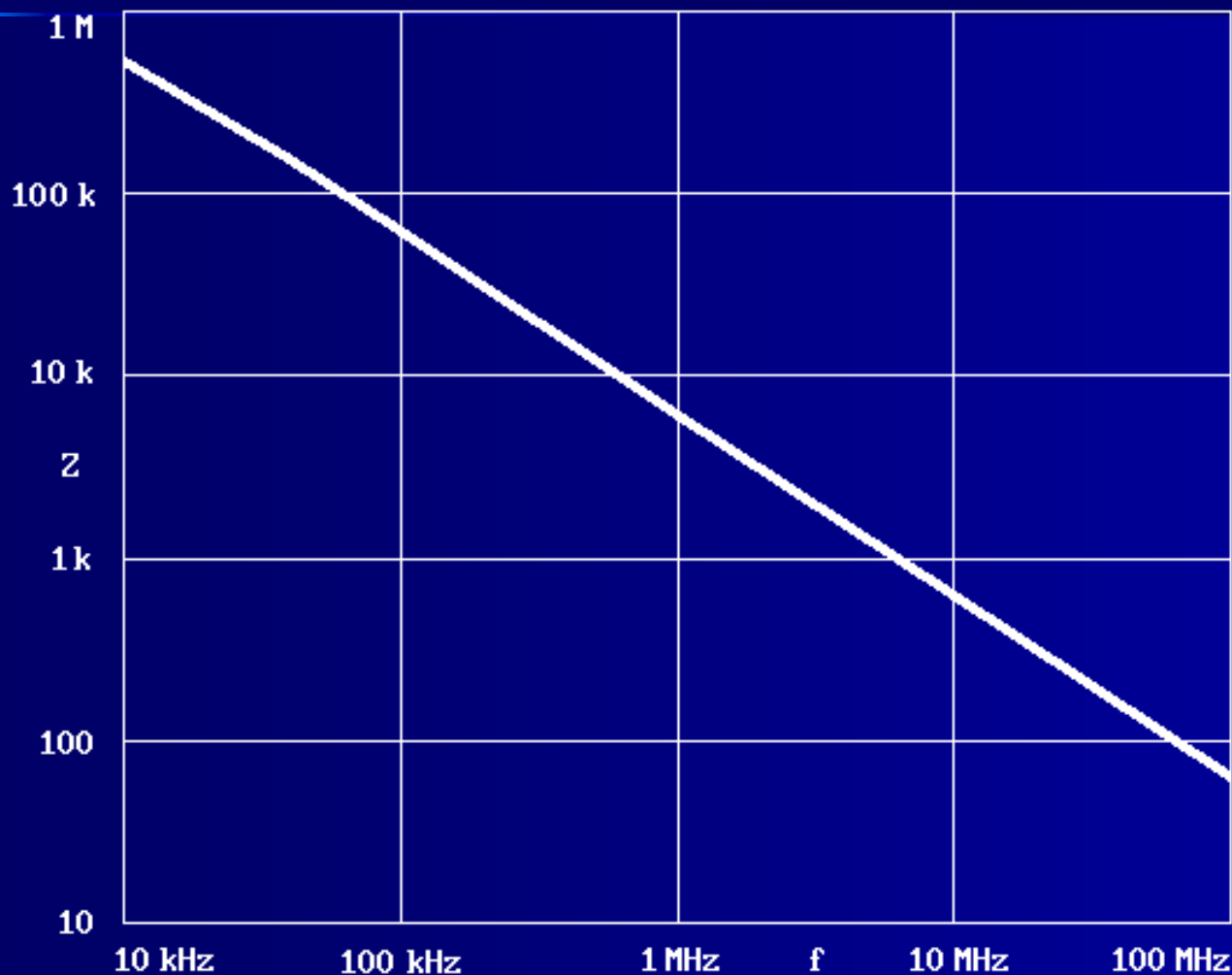
# Vstupné sondy

- Pasívne napät'ové sondy
  - 10 M $\Omega$  / 15 pF
- Aktívne napät'ové sondy (50  $\Omega$ , 3 pF)
- Vysokonapät'ové sondy
- Prúdové sondy
  - jednosmerné
  - striedavé





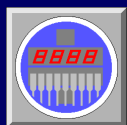
# Vstupná impedancia [ $\Omega$ ]



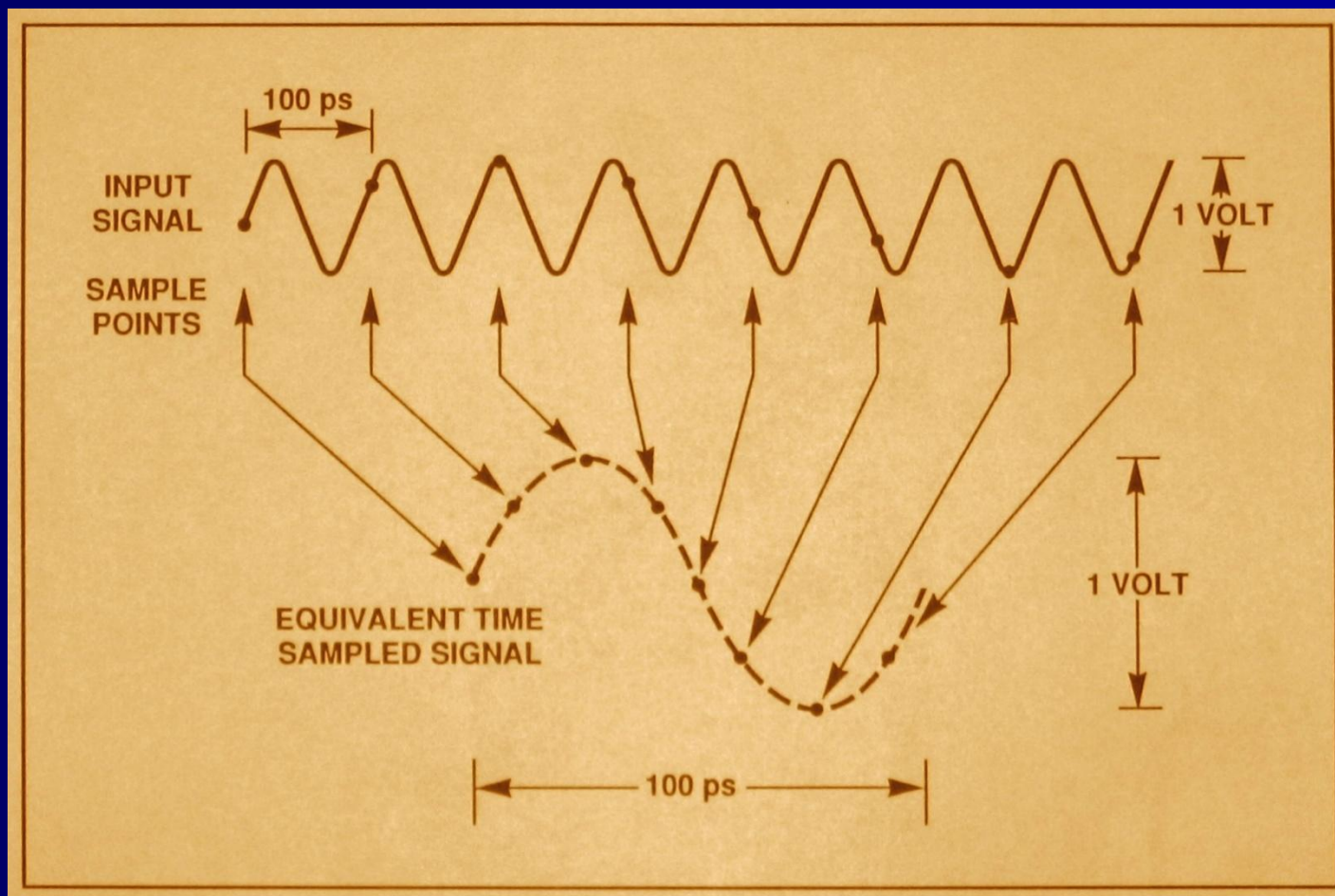


# Osciloskopy

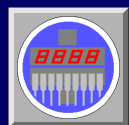
- Pamäťové analógové osciloskopy
  - meranie jednorazových dejov
  - pamäťová obrazovka
- Vzorkovacie analógové osciloskopy
  - zobrazenie veľmi rýchlych periodických dejov
  - analógová „transformácia času“



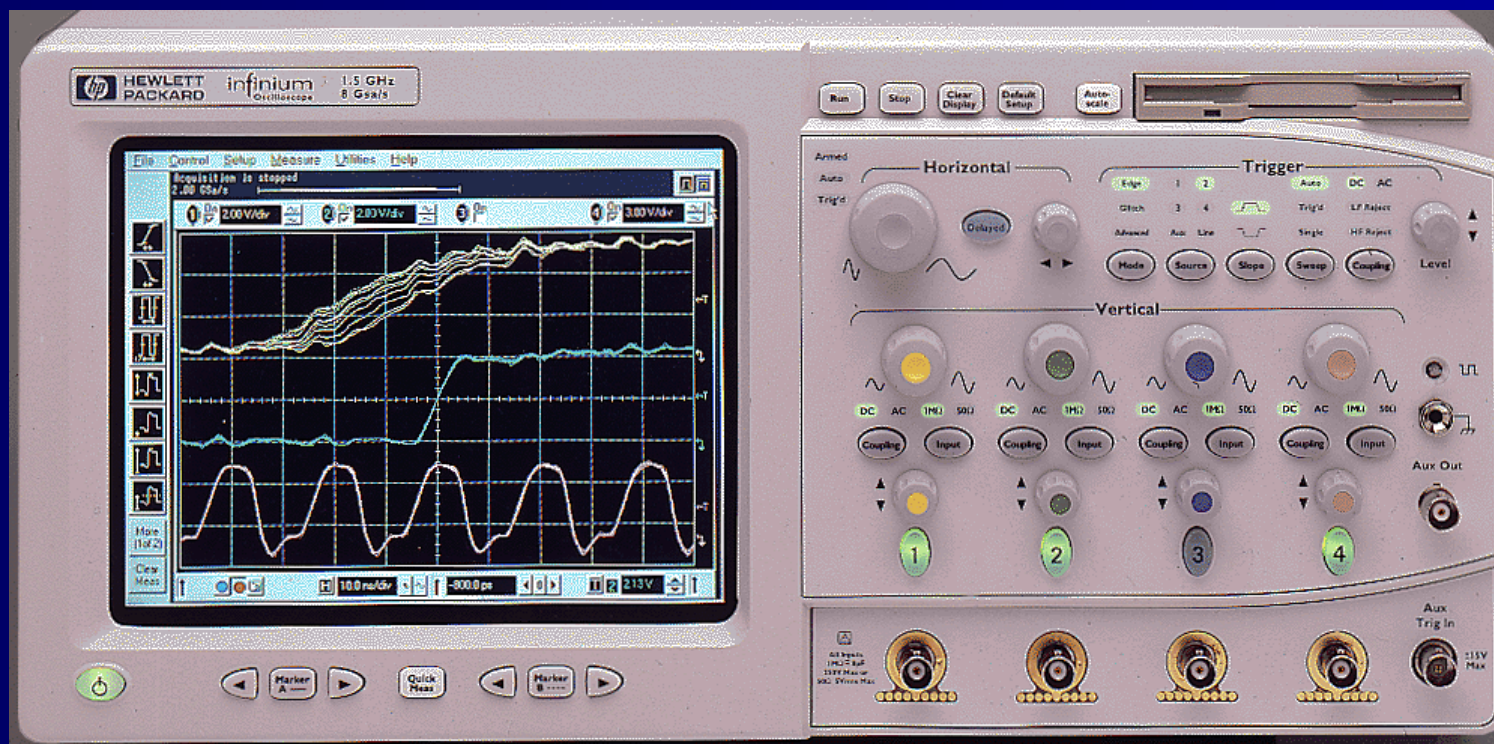
# Vzorkovací osciloskop







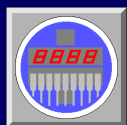
# Číslicový osciloskop (DSO)





# Výhody DSO

- Stála kvalita obrazu
- Trvalé zobrazenie jednorazových dejov
- Možnosť zapamätať namerané priebehy
  - na neskoršie spracovanie
  - ako referenčné
- Možnosť prepojenia s počítačom
  - riadenie merania
  - zapamätanie, spracovanie, publikovanie výsledkov merania



# Výhody DSO

- Možnosť zobrazenia signálov pred okamihom synchronizácie – pretrigger
- Možnosť meniť parametre zobrazenia aj po meraní
- Možnosť automatizácie merania
  - opakované merania
  - „babysitting“
  - charakteristické hodnoty
- Špeciálne režimy zapamätávania
  - obálka, priemerovanie, ...

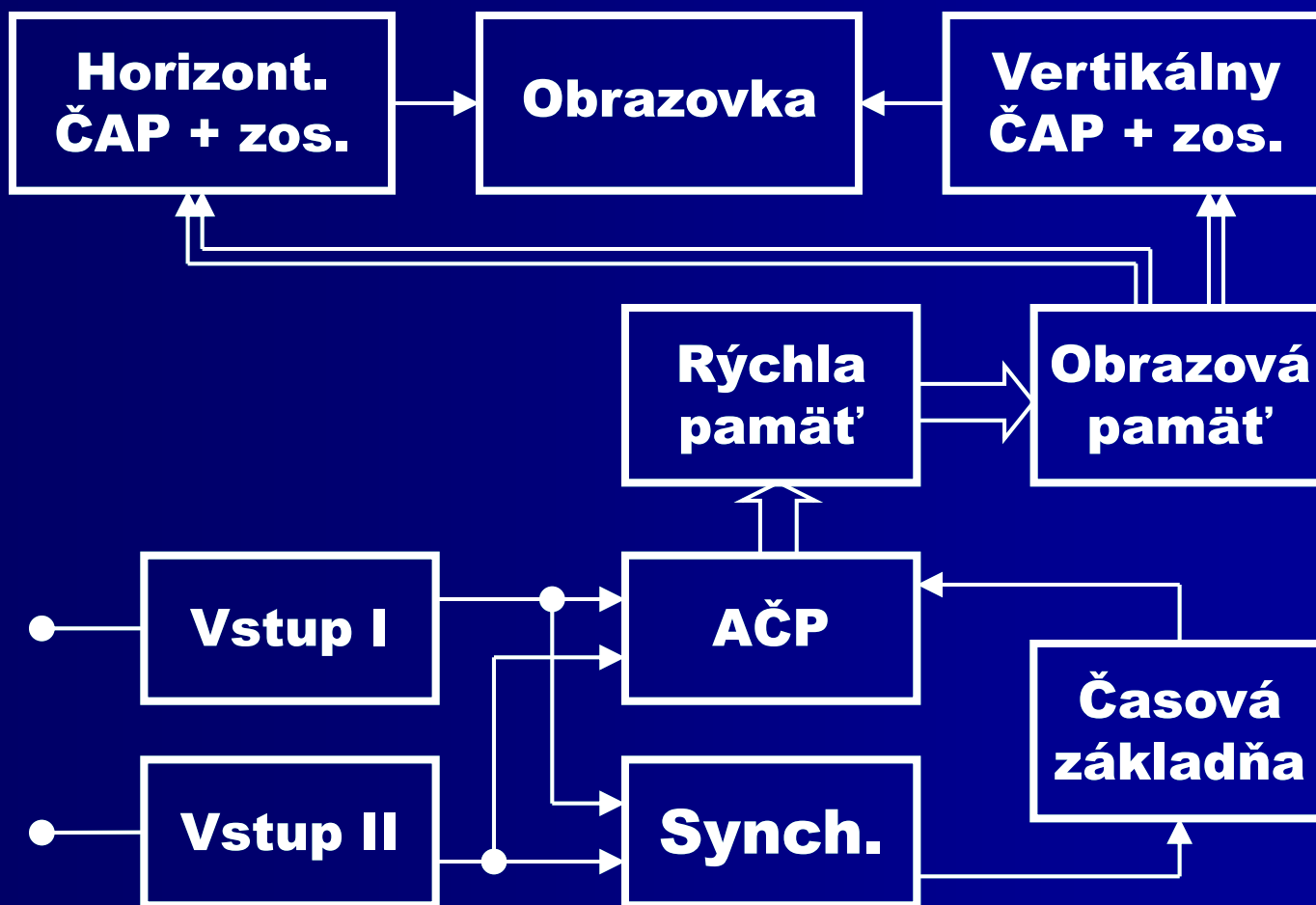


# Základná bloková schéma DSO

- Vstupné obvody ako pri analógovom osc.
- Synchronizácia ako pri analógovom osc.
  - ale s mnohými novými možnosťami
- AČ prevodník – prevod do rýchlej pamäti
- Čas. základňa – generátor hod. impulzov
- Zobrazovacia pamäť – spracovaný priebeh
- Zobrazenie – ČAP + zos. + obrazovka
  - alebo VGA karta + monitor
- Procesor, resp. procesory



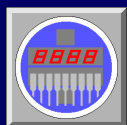
# Základná bloková schéma DSO





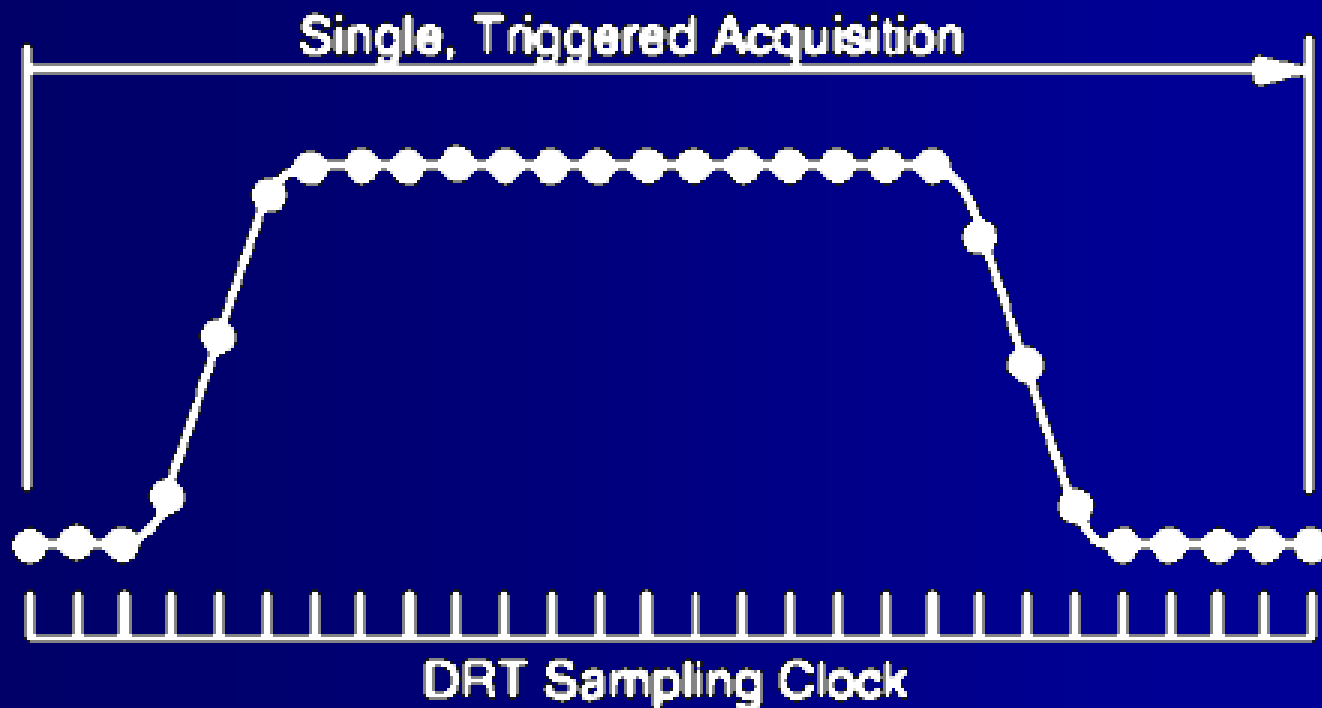
# Vzorkovanie v DSO

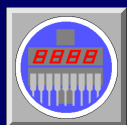
- v reálnom čase
  - max. rýchlosť daná AČ prevodníkom
  - periodické aj jednorazové deje
- v ekvivalentnom čase
  - len periodické deje
  - teoreticky nezávislé od rýchlosti AČP
  - postupné
    - jednoduchšie, presnejšie, 10 fs
  - náhodné
    - častejšie, pretrigger, 10 ps



# Vzorkovanie v DSO

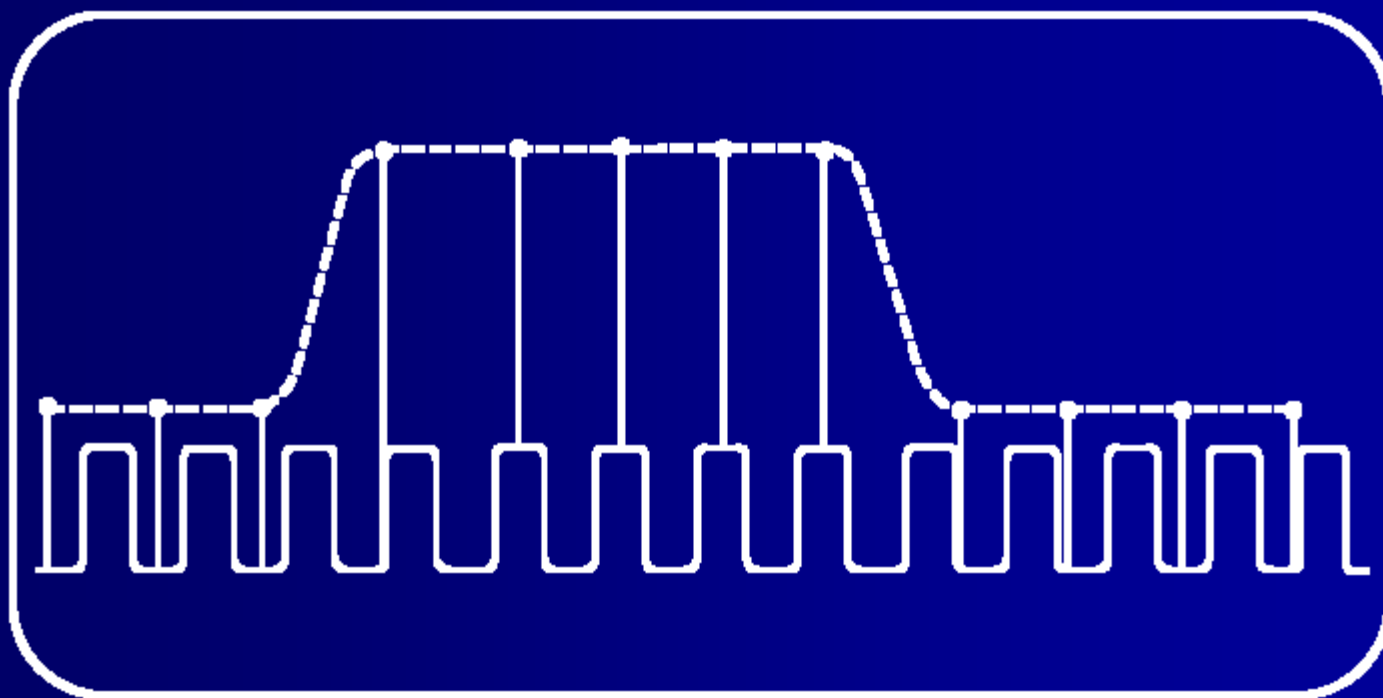
- vzorkovanie v reálnom čase





# Vzorkovanie v DSO

- postupné vzorkovanie v ekvivalentnom čase

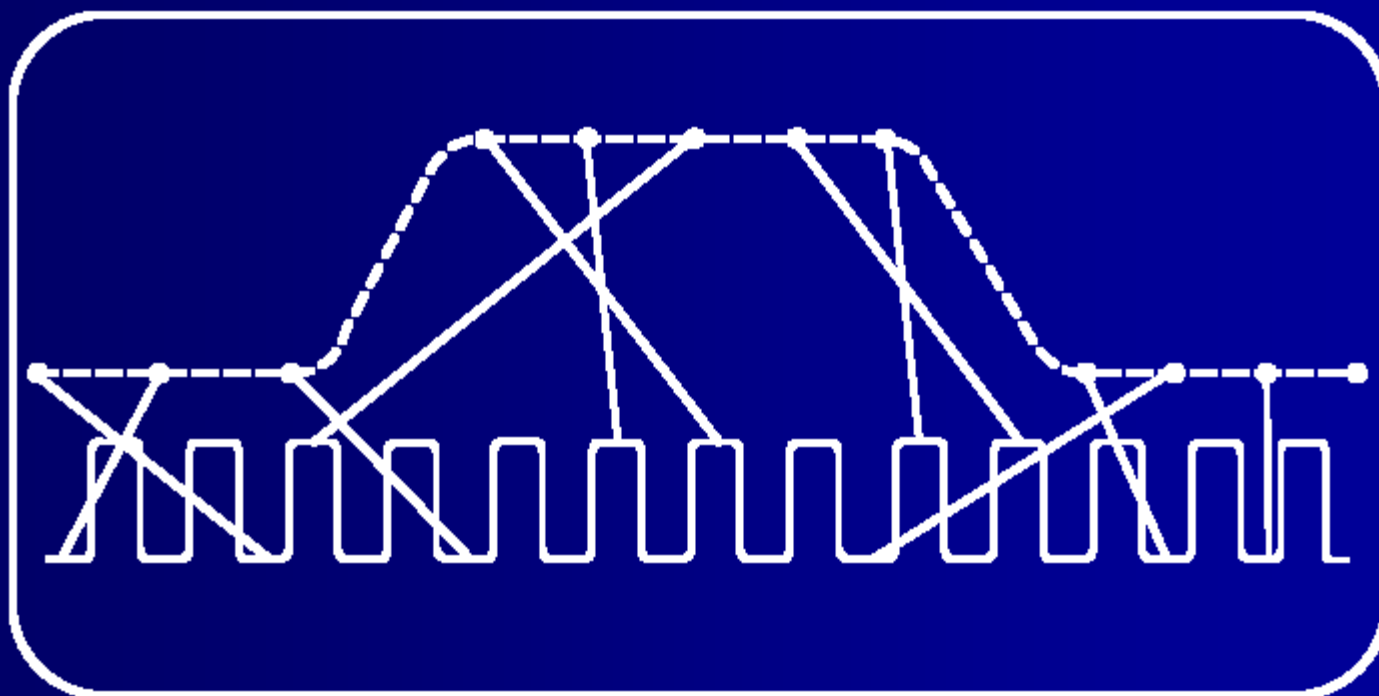






# Vzorkovanie v DSO

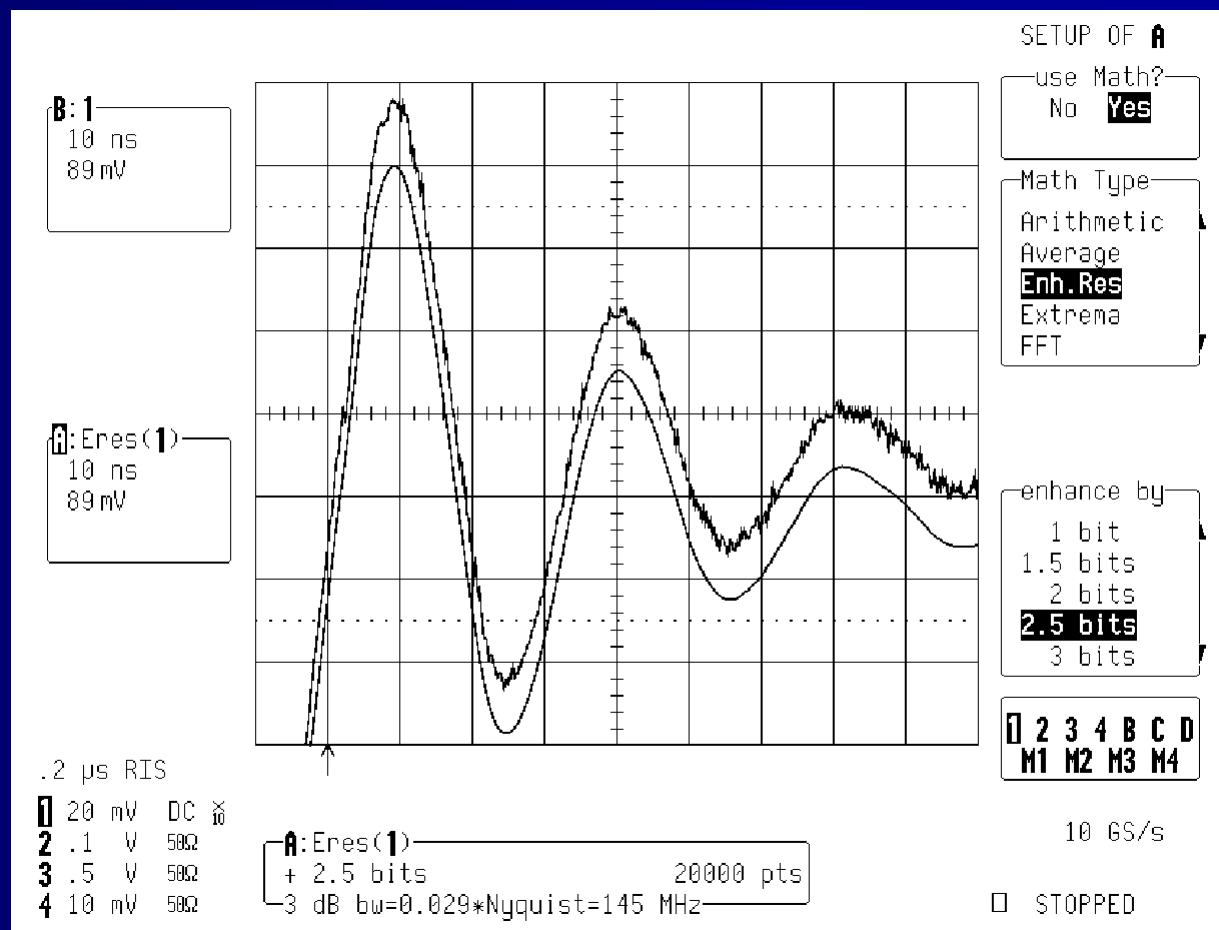
- náhodné vzorkovanie v ekvivalentnom čase





# Režimy zberu údajov

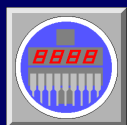
- Sample
- Envelope
- Average
- Peak detect
- Enhanced resolution





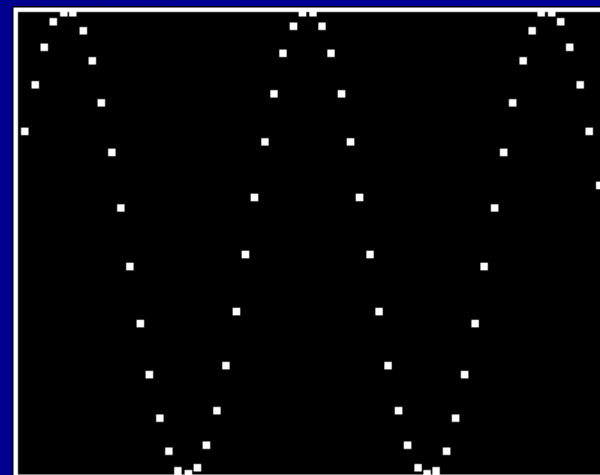
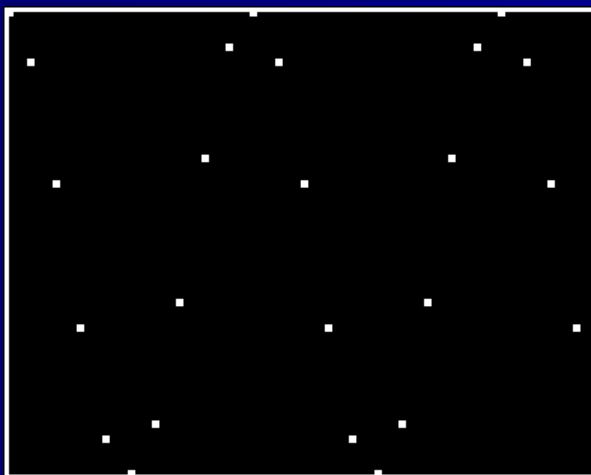
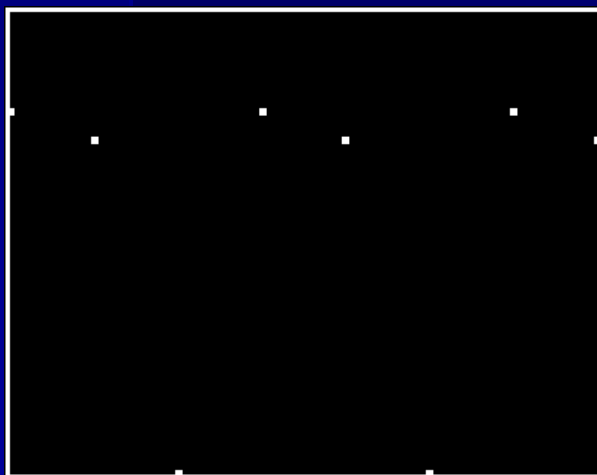
# FIR filtre

| Prírastok<br>rozlíšenia [bit] | Zmena šírky<br>pásma | Dĺžka filtra<br>[vzorky] |
|-------------------------------|----------------------|--------------------------|
| 0,5                           | $\times 0,5$         | 2                        |
| 1                             | $\times 0,241$       | 5                        |
| 1,5                           | $\times 0,121$       | 10                       |
| 2                             | $\times 0,058$       | 24                       |
| 2,5                           | $\times 0,029$       | 51                       |
| 3                             | $\times 0,016$       | 117                      |



# Zobrazenie v DSO

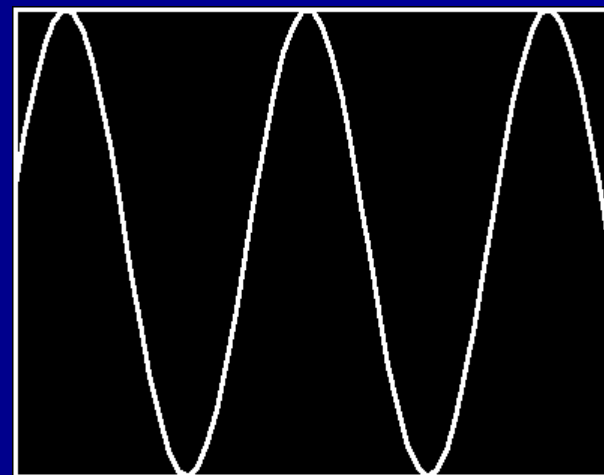
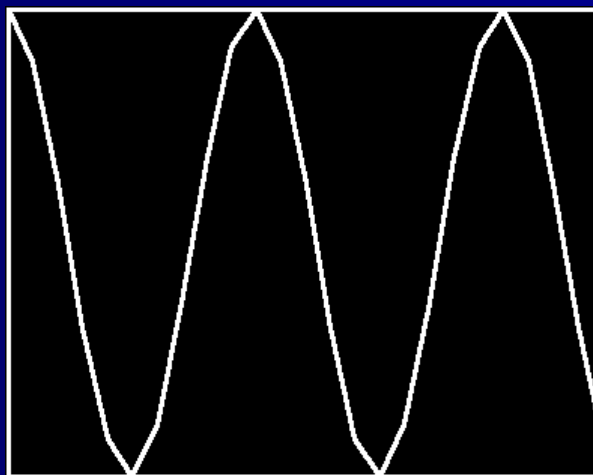
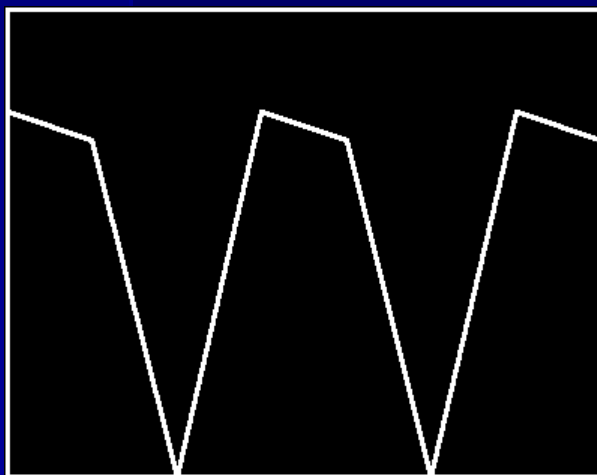
- Bodový displej (25 b/p)

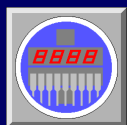




# Zobrazenie v DSO

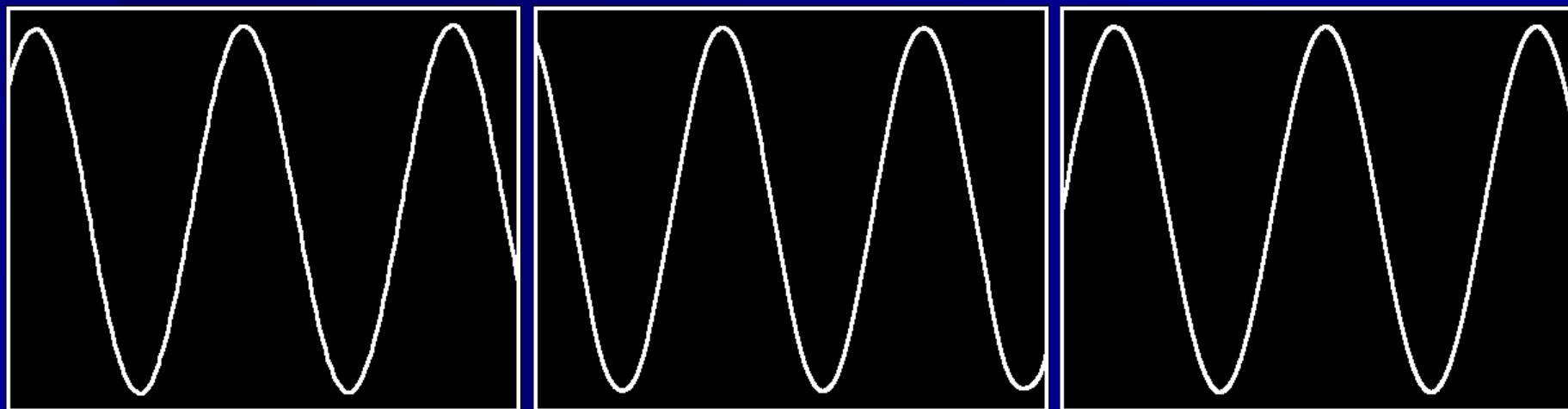
- 
- Lineárna interpolácia (10 b/p)
- 

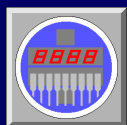




# Zobrazenie v DSO

- 
- 
- Sínusová interpolácia (3 b/p)





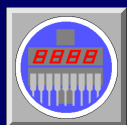
# Frekvenčný rozsah [MHz]

- Hraničná frekvencia sústavy 1. rádu
- Pokles pri  $f_{hr} = -3 \text{ dB} \approx -30 \%$
- Nábežná doba  $t_n = 0,35/f_{hr} [\mu\text{s}, \text{MHz}]$
- Zobrazená nábežná doba

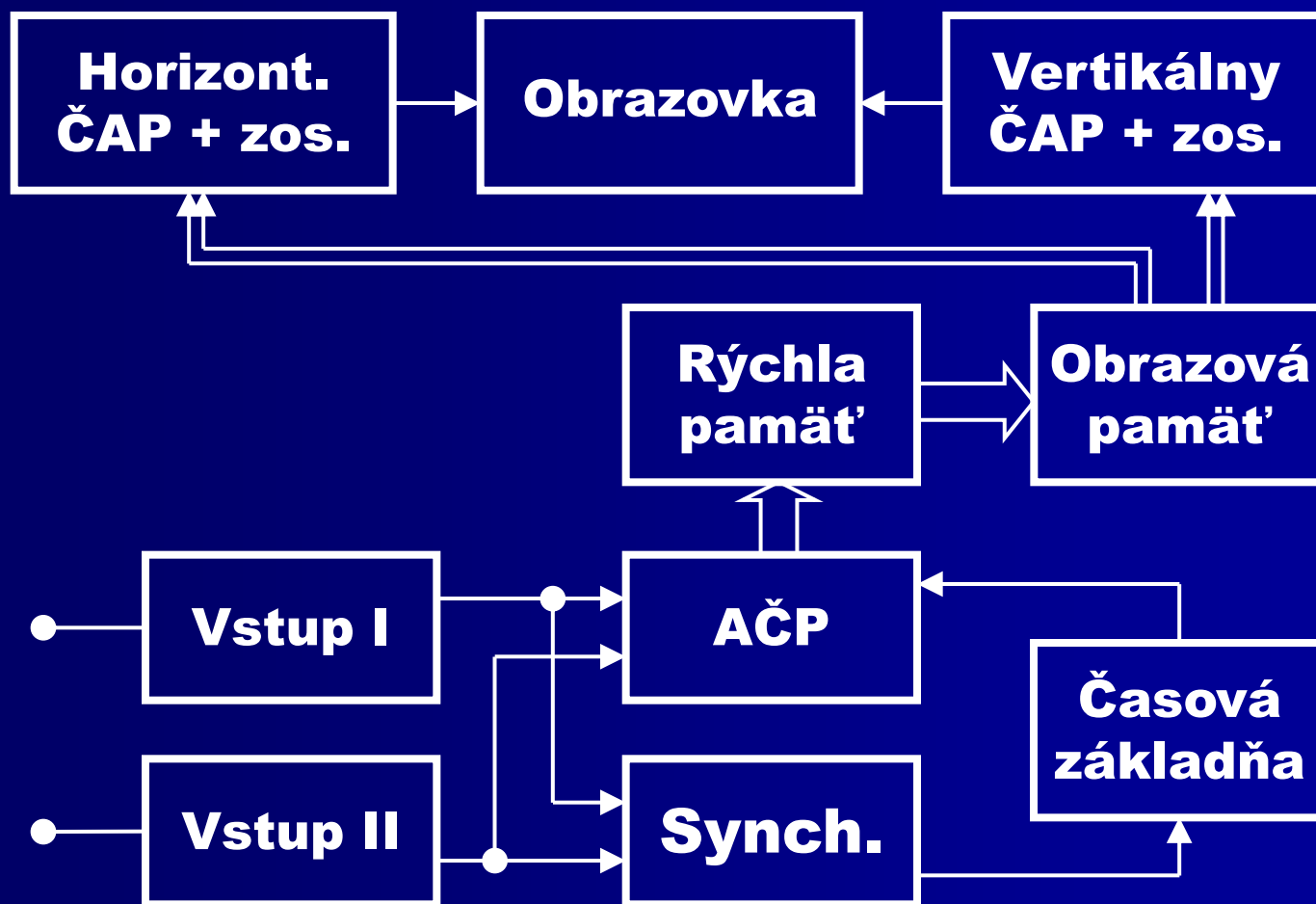
$$t_{n_{obr}} = \sqrt{(t_{n_{sig}})^2 + (t_{n_{osc}})^2}$$

- Korekcia frekvenčných vlastností osciloskopu

$$t_{n_{sig}} = \sqrt{(t_{n_{obr}})^2 - (t_{n_{osc}})^2}$$



# Základná bloková schéma DSO







# Rýchlosť AČP [MS/s]

- Počet prevodov AČP v reálnom čase
- Vzorkovacia teoréma:  
„Na rekonštrukciu ľubovoľného signálu s hraničnou frekvenciou  $f_{hr}$  treba tento signál vzorkovať s frekvenciou vyššou ako  $2 f_{hr}$  .“
- RTO – Real Time Oscilloscope
- DRT – Digital Real-Time
- 10 GS/s



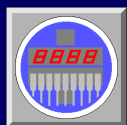
# Rýchlosť DSO

| Frekvenčný rozsah osciloskopu (MHz) | Rýchlosť AČP (MS/s) | Frekvenčný rozsah pre periodické signály <sup>(1)</sup> | Frekvenčný rozsah pre jednorazové signály |
|-------------------------------------|---------------------|---|---|
| 100                                 | 20                  | 100   | 10 <sup>(2)</sup>                         |
| 100                                 | 100                 | 100   | 50 <sup>(3)</sup>                         |
| 100                                 | 200                 | 100   | 100 <sup>(1)</sup>                        |
| 100                                 | 500                 | 100   | 100 <sup>(1)</sup>                        |

(1) - pre pokles o 3 dB (30 %)

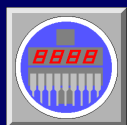
(2) - pokles je menší než 1 %

(3) - pokles je cca 10 %

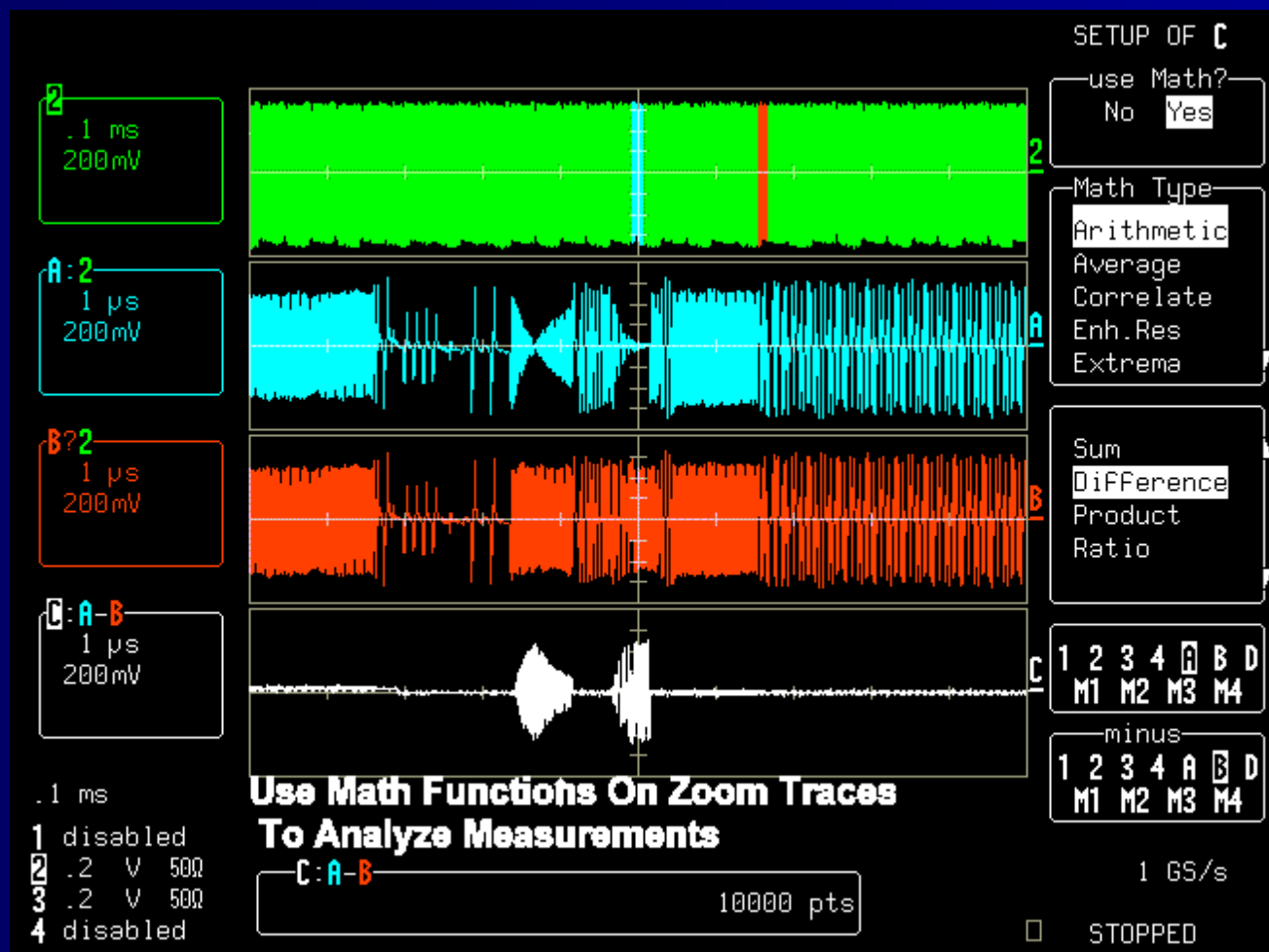


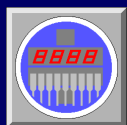
# DSO - pokračovanie

- Počet bitov AČP
  - #NA
  - 8 – 12 bitov (12 – 8 bitov)
  - súvislosť s rýchlosťou
- Veľkosť pamäti
  - 1 k – 10 M
- Výpočet charakteristických hodnôt
  - správnosť výpočtu
  - voľba výpočtu
- Disketa, disk, modem, sieťová karta, GPIB, ...

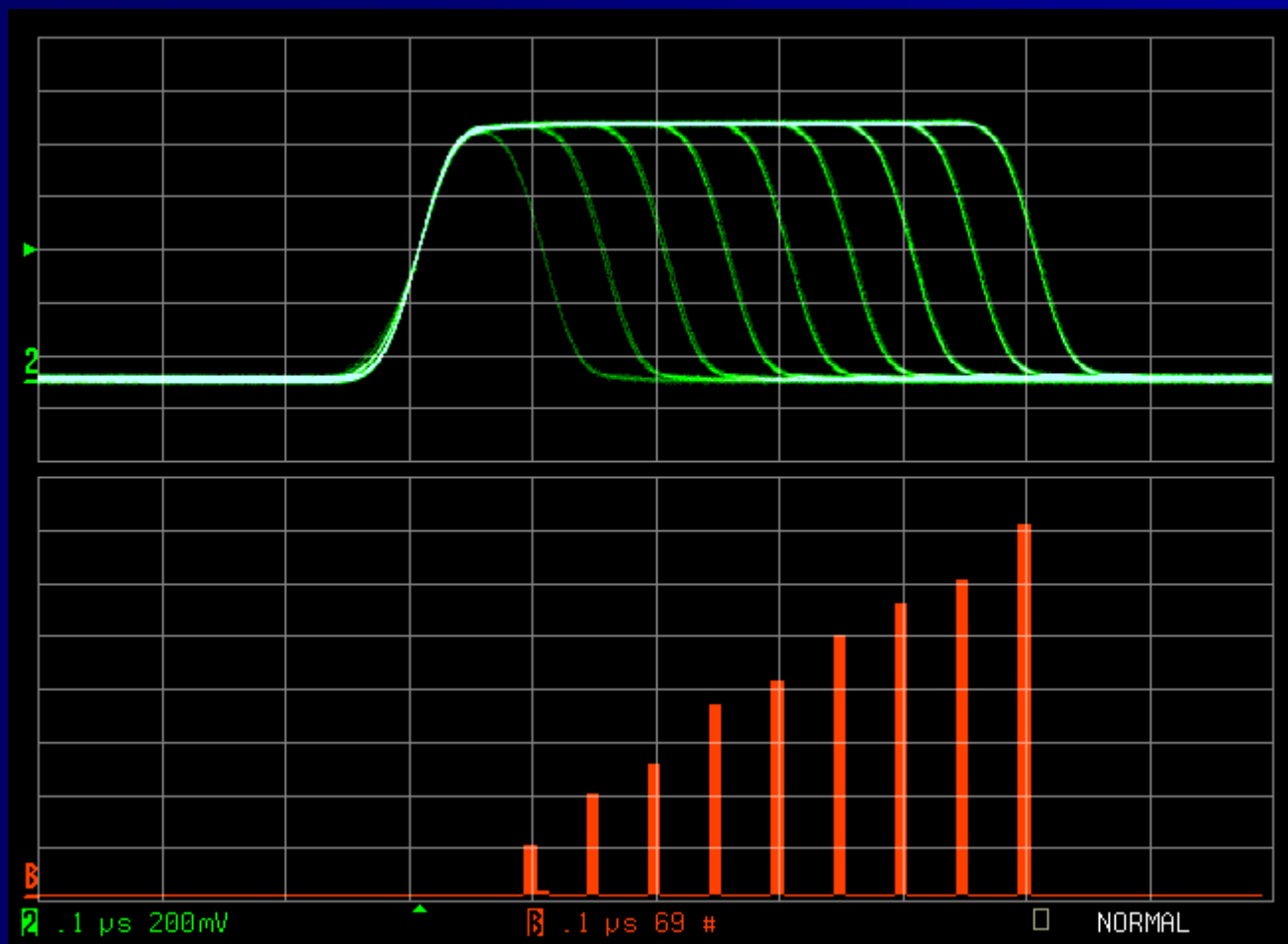


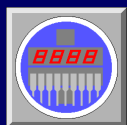
# DSO - Možnosti časovej lupy pri veľkej pamäti



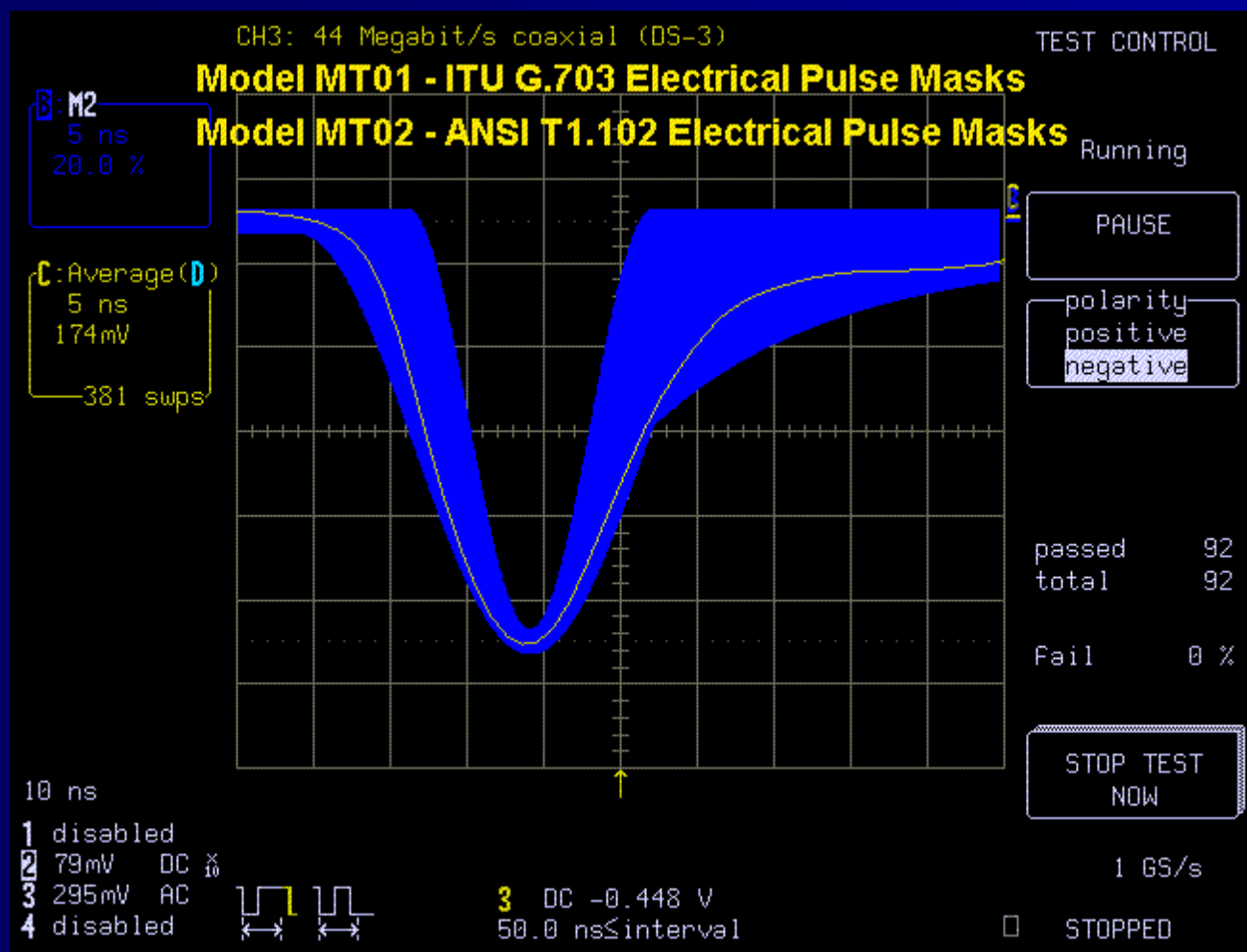


# DSO - Histogram šířky impulzov





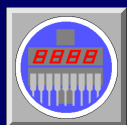
# DSO - Rôzne typy Pass/Fail testov (optional)



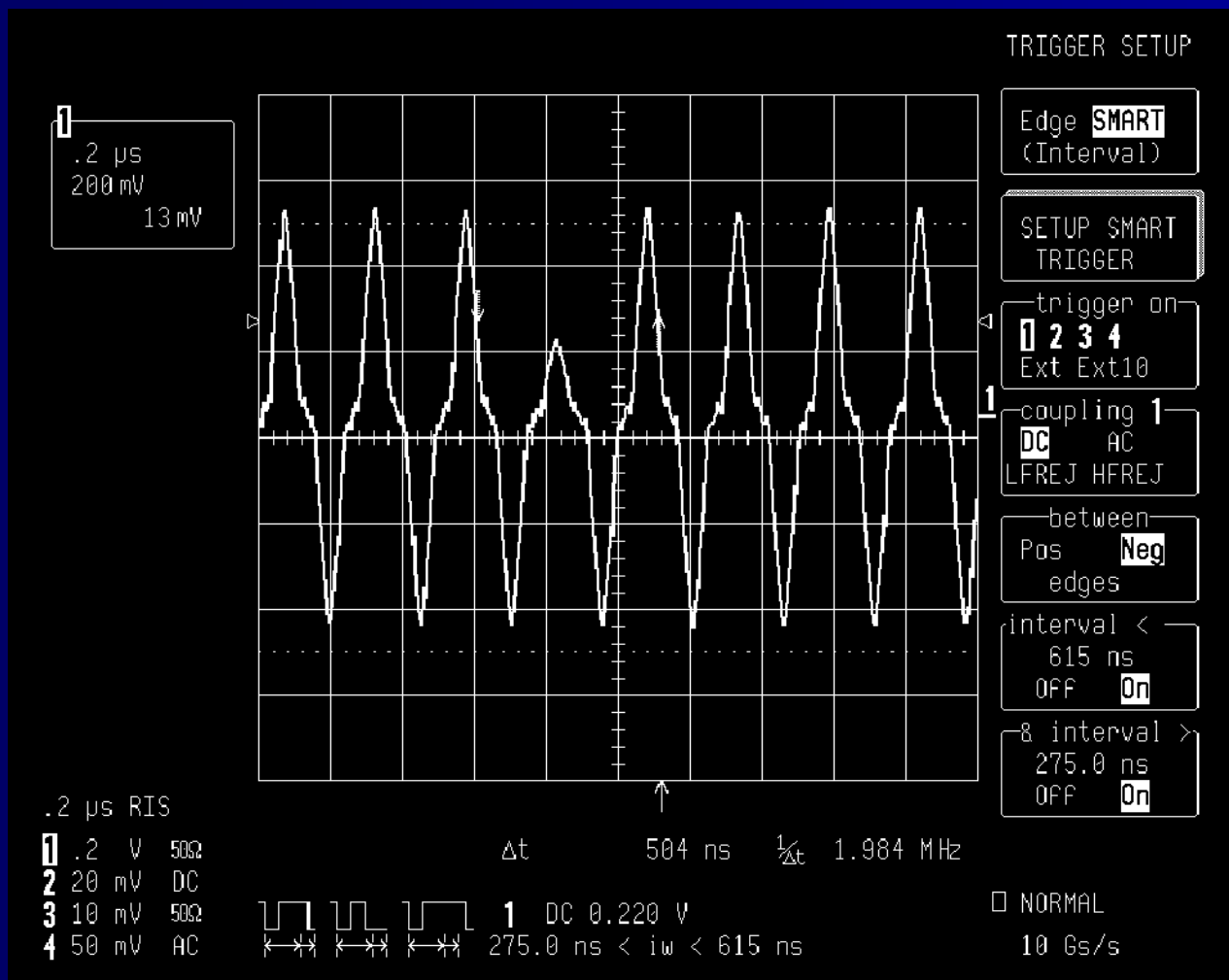


# DSO - synchronizácia

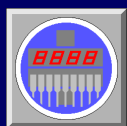
- Edge – synchronizácia na hranu
- Glitch – zákmit
- Pulse Width – impulz s definovanou šírkou
- State Qualified – podmienená stavom
- Edge Qualified – podmienená zmenou
- Dropout – výpadok
- TV, ...
  - Time Hold-off
  - Events Hold-off



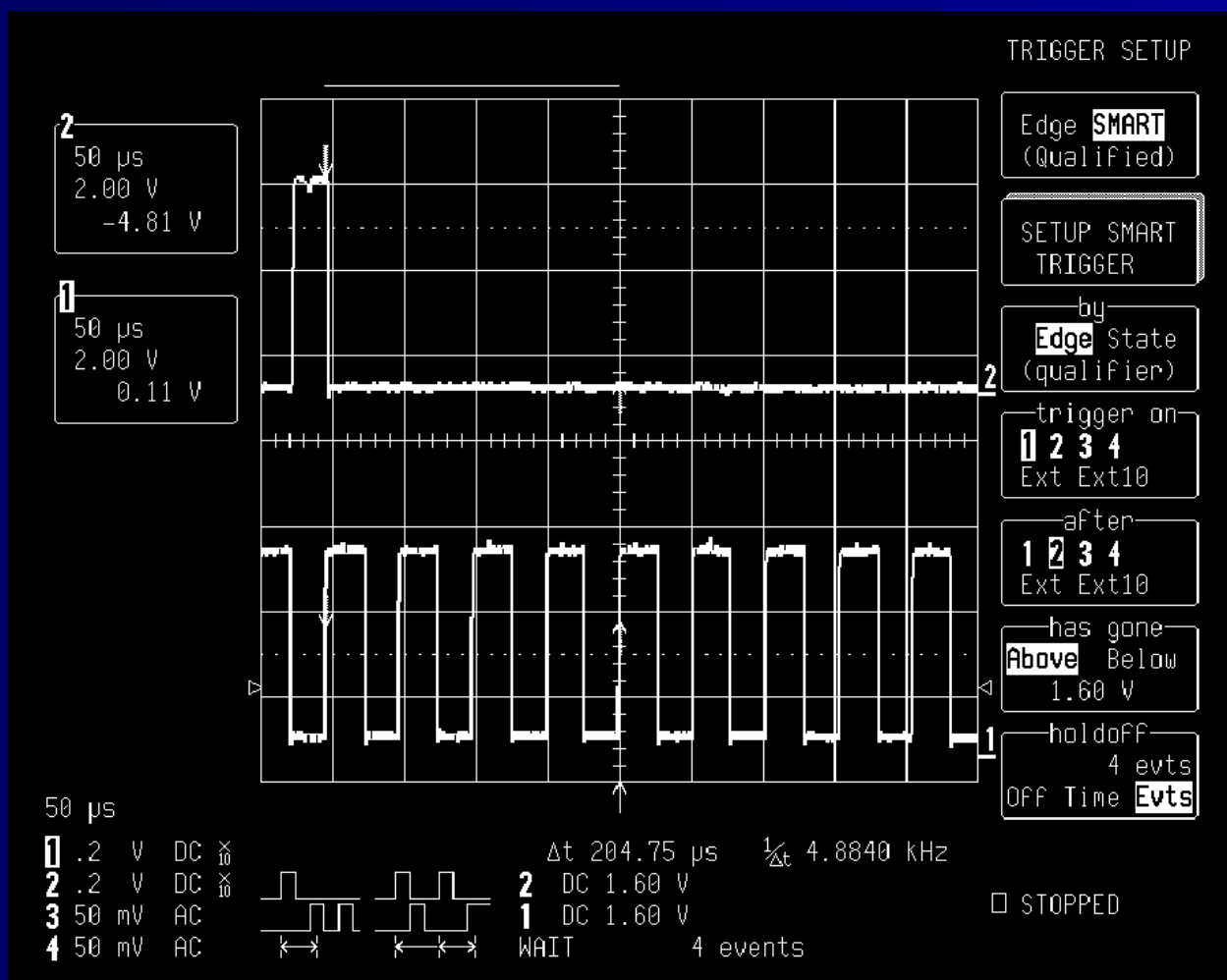
# DSO - Synchronizácia na chýbajúci bit z disku







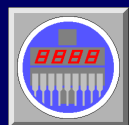
# DSO - Synchronizácia podmienená zmenou + Hold-off



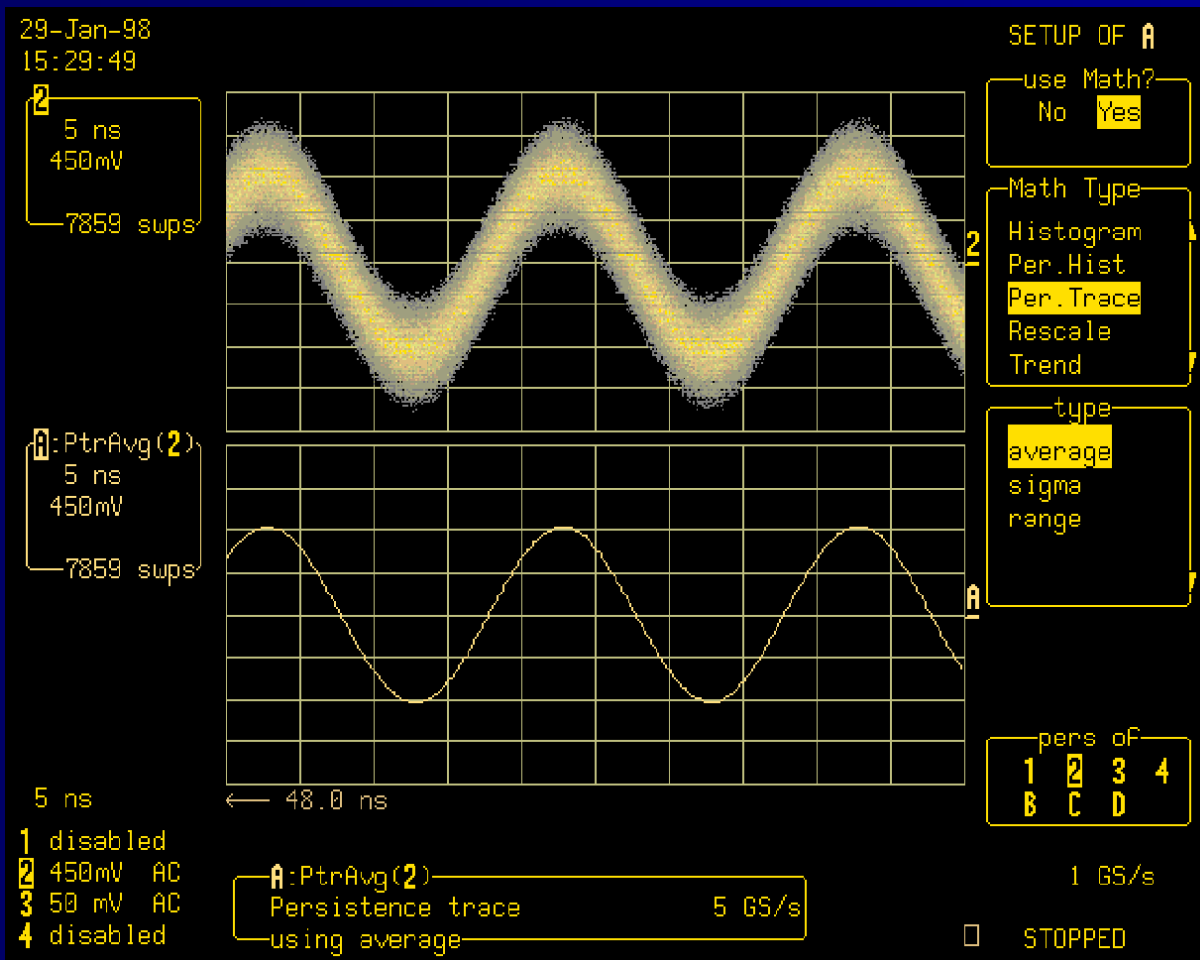


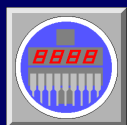
# DSO - skoro ako analógové?

- Opakovacia frekvencia merania
  - analógové osc. až x00 000 priebehov/s
    - ekvivalent  $\sim 200$  MB/s
  - číslicové osc. desiatky až stovky prieb./s
- Analog Persistence
- InstaVu™
- DPO (Digital Phosphor Oscilloscope)



# DSO - Analog Persistence



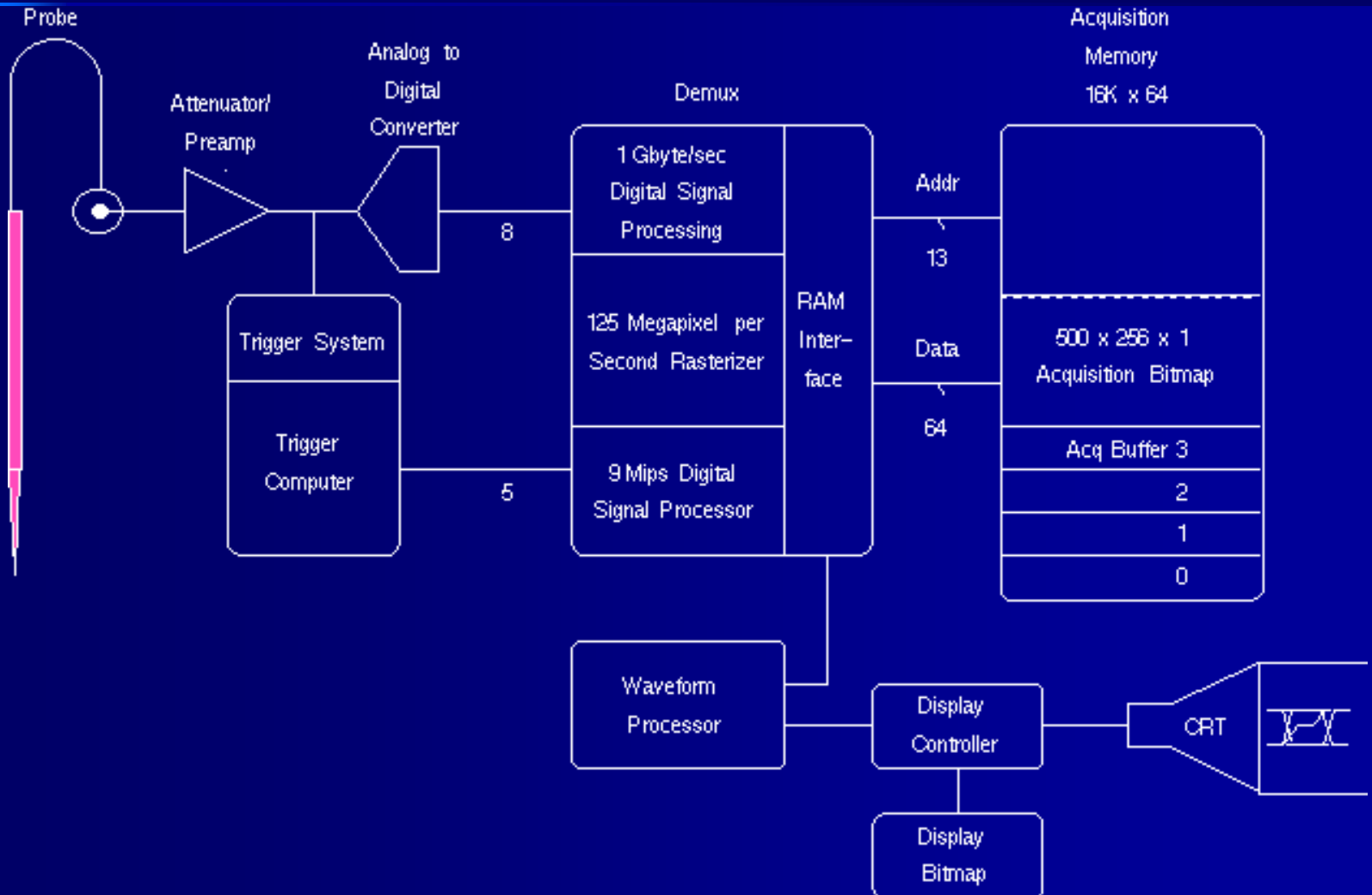


# DSO - InstaVu

- Aktualizácia obrazu raz za 32 ms (31x / 1 s)
- Obraz obsahuje 12 000 behov časovej základne
- Obraz 500x256(512) bodov, 1 bit, 4 kanály
- Demultiplexer – zákaznícky obvod
  - 360 000 tr.; 0,8  $\mu\text{m}$ ; 304 pin; 2,5 W
- 400 000 priebehov/s pri jednom kanáli(vstupe)



# DSO - InstaVu



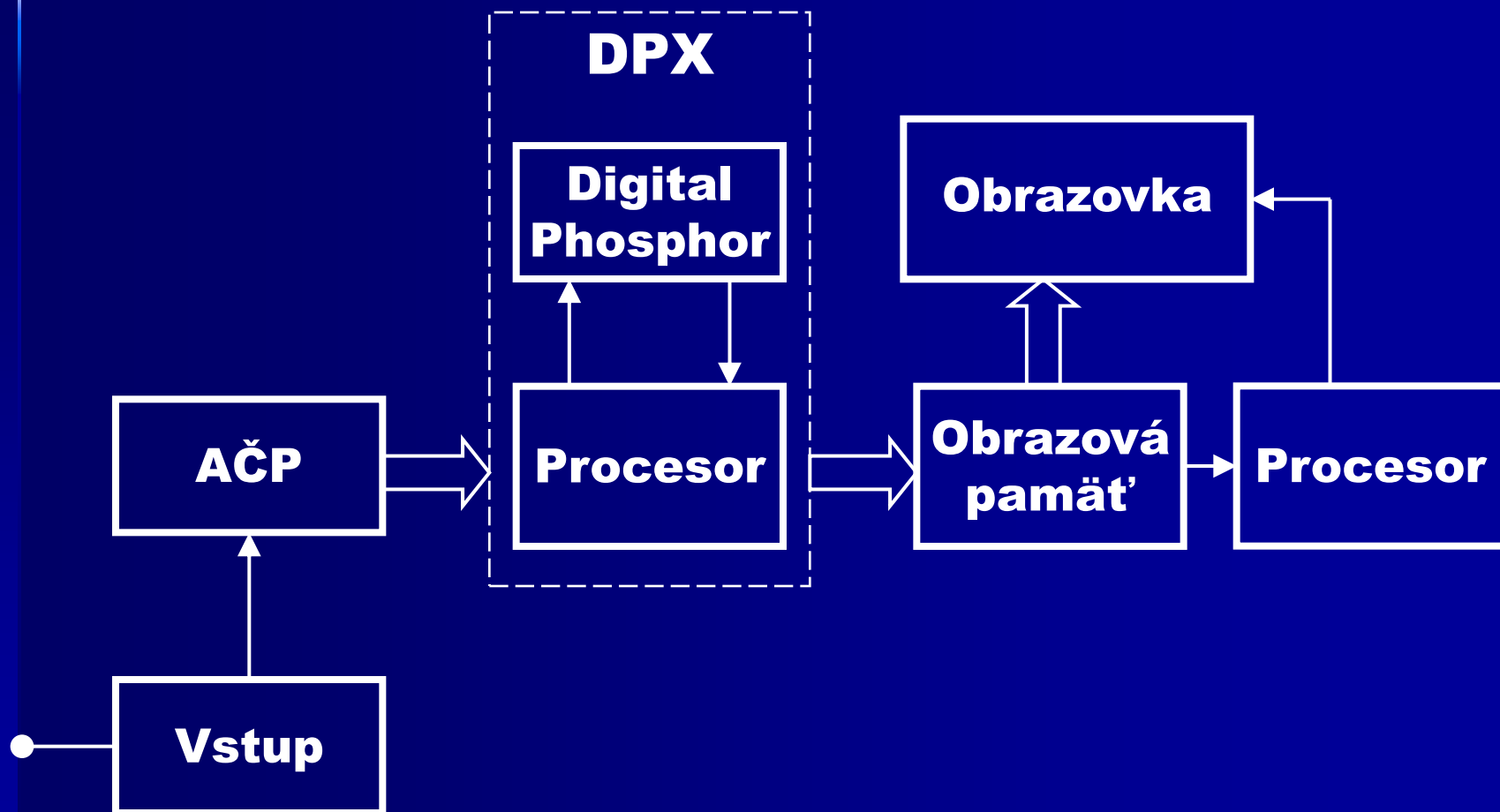


# DPO - Digital Phosphor Oscilloscope

- InstaVu + zmena jasú obrazu
- Vzorkovanie 500 alebo 500 000 bodov, 21 bit
- Obraz 500x200 bodov, 4 bity, 30 x za 1 s
- Procesor DPX – zákazníkú obvod
  - 1,3 mil. tr.; 0,65  $\mu\text{m}$
- 200 000 priebehov/s

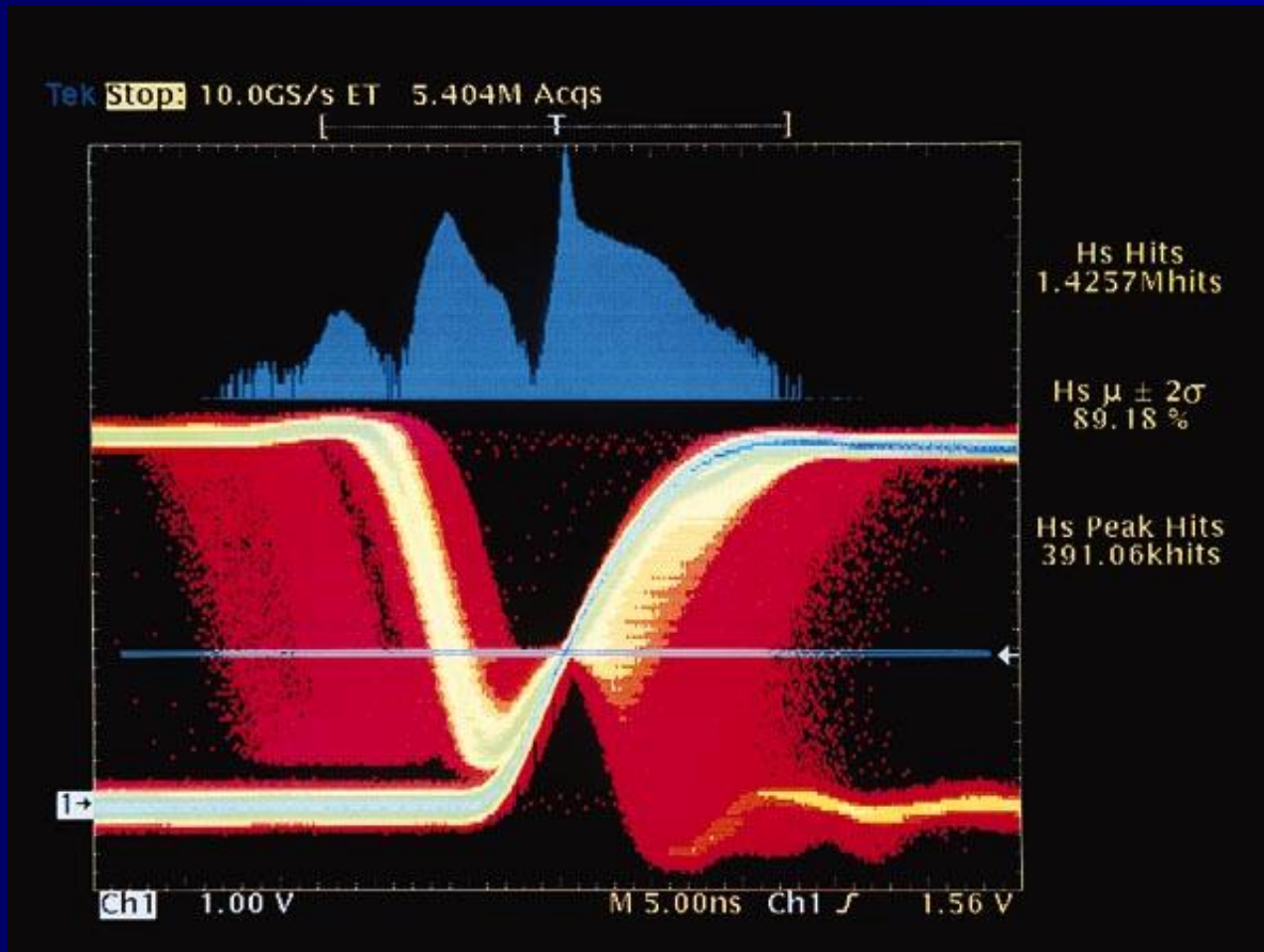


# Digital Phosphor Oscilloscope





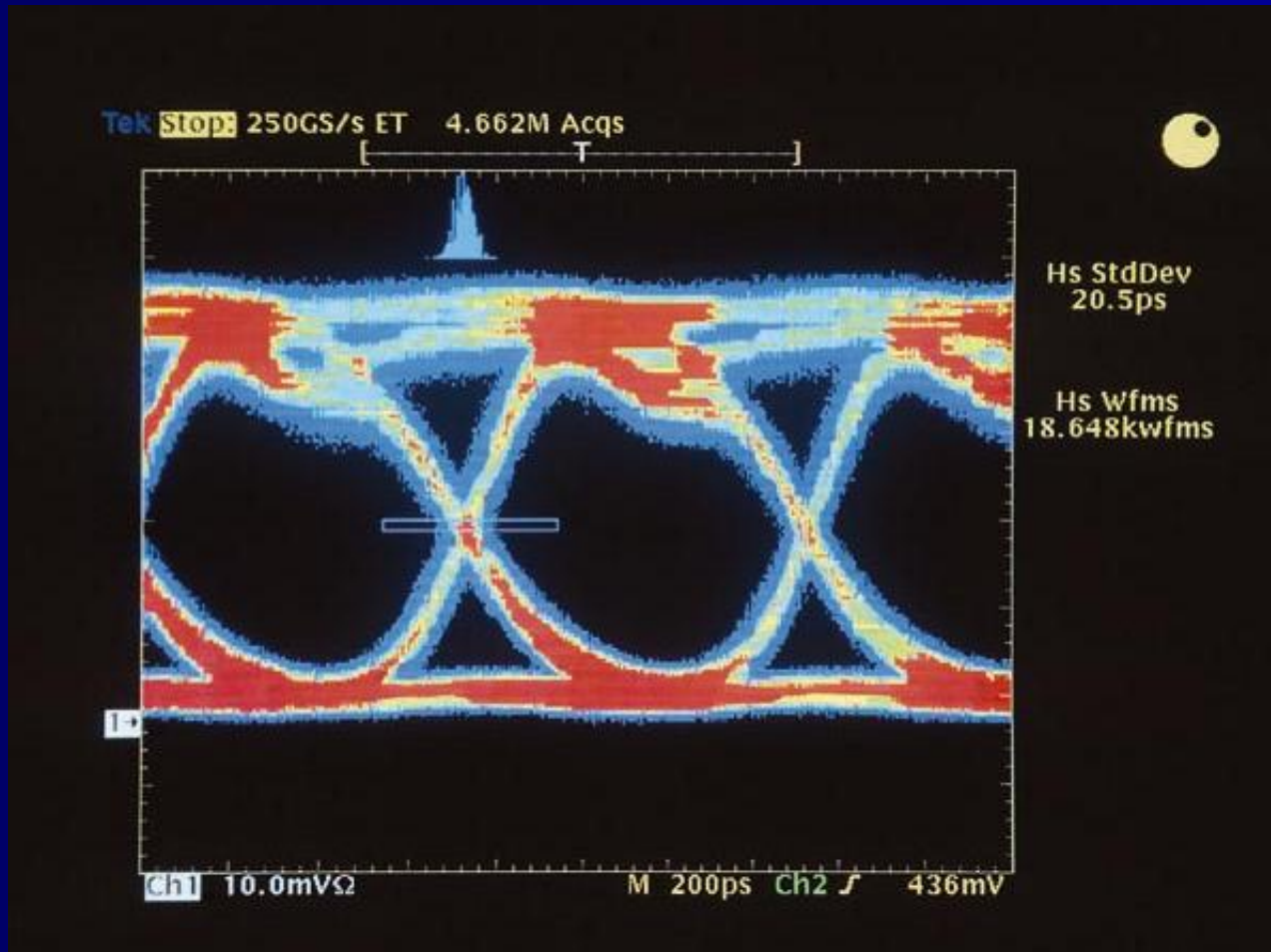
# Digital Phosphor Oscilloscope







# Digital Phosphor Oscilloscope

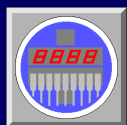




# Agilent Infiniium DSO/DSA90000A Series

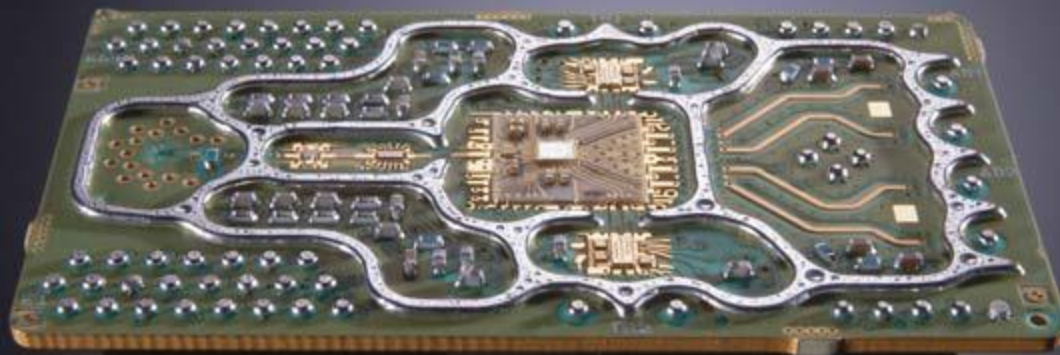
- 13 GHz bandwidth 😊
- 40 GSa/s sampling rate 😊
- 1 Gpts deep memory 😊
- 3-level sequence trigger 😊
- XP 😊 😐
- Cena 😐





# Agilent Infiniium DSO/DSA90000A Series

- Vstupný delič  
a zosilňovač  
s extrémne  
nízkym šumom







# Agilent Infiniium DSO/DSA90000A Series

- 5 Gbps PCI EXPRESS Gen 2 eye pattern

