

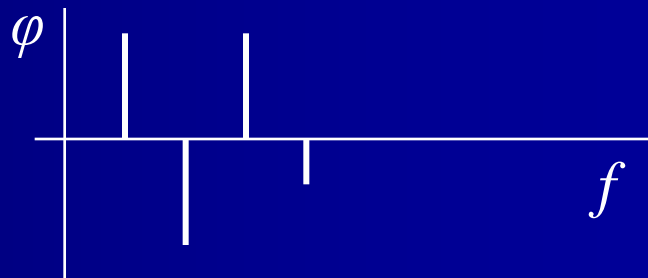
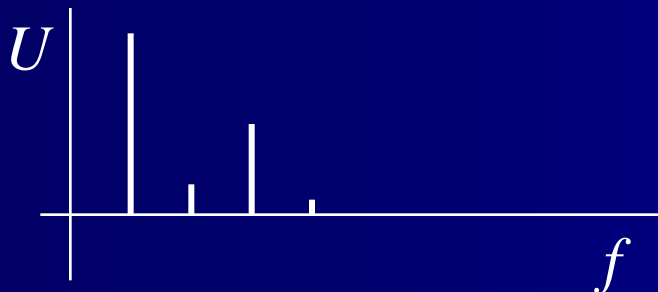
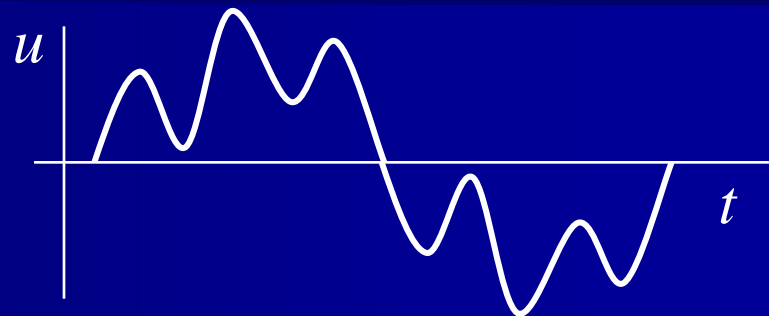
Meranie vo frekvenčnej oblasti

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



Reprezentácia signálov

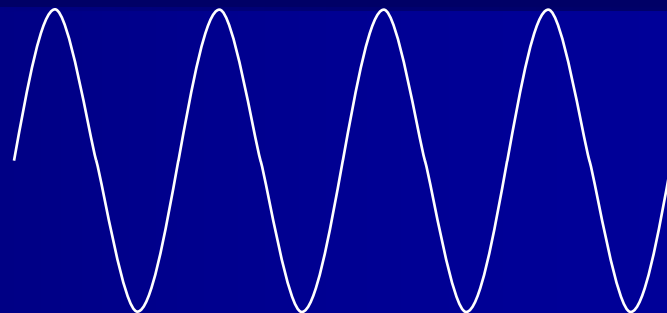
- v časovej oblasti
- vo frekvenčnej oblasti
 - amplitúdovo-frekvenčná charakteristika
 - fázovo-frekvenčná charakteristika

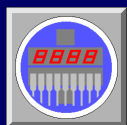




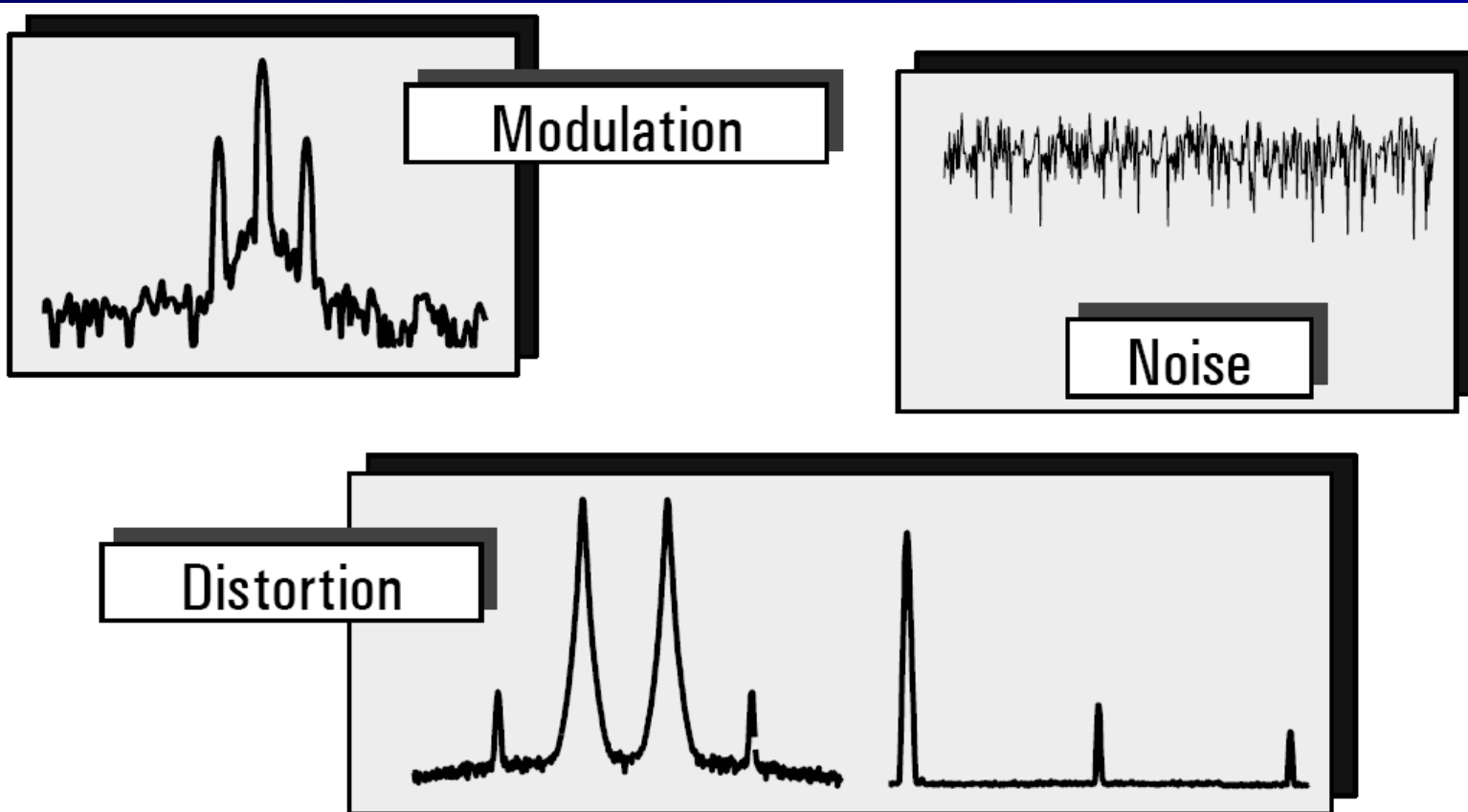
Analýza signálov

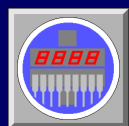
- vo frekvenčnej oblasti
 - frekvencia, výkon
 - skreslenie signálov, frekvenčné zložky
 - „falošné“ zložky (spurious responses)
 - obsadenie frekvenčného pásma pri FDMA
 - modulácia
 - pomer signál/šum
 - úzkopásmové (selektívne) merania





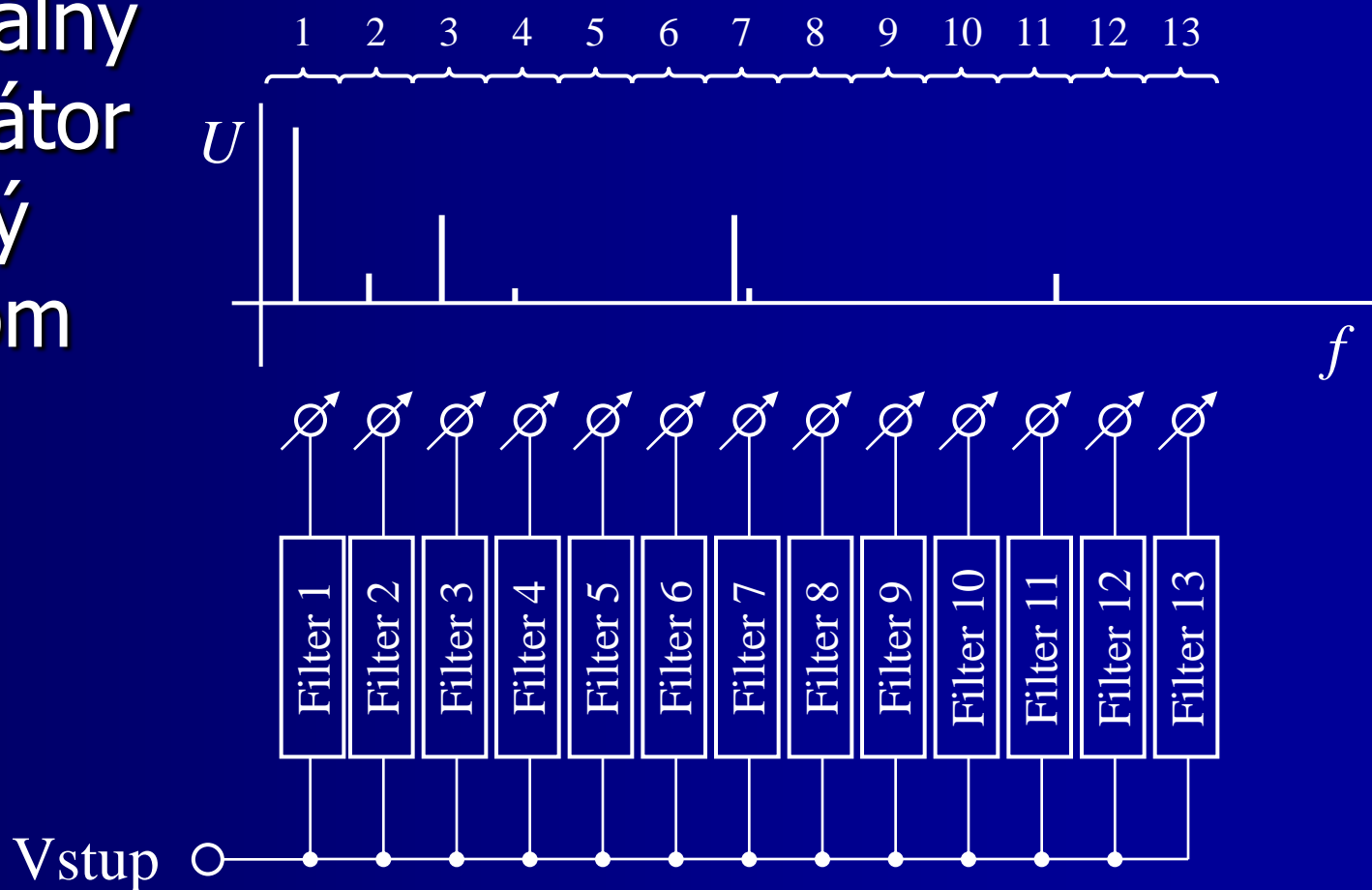
Analýza signálov





Bank-of-Filters Spectrum Analyzer

- Spektrálny analyzátor tvorený súborom filtrov





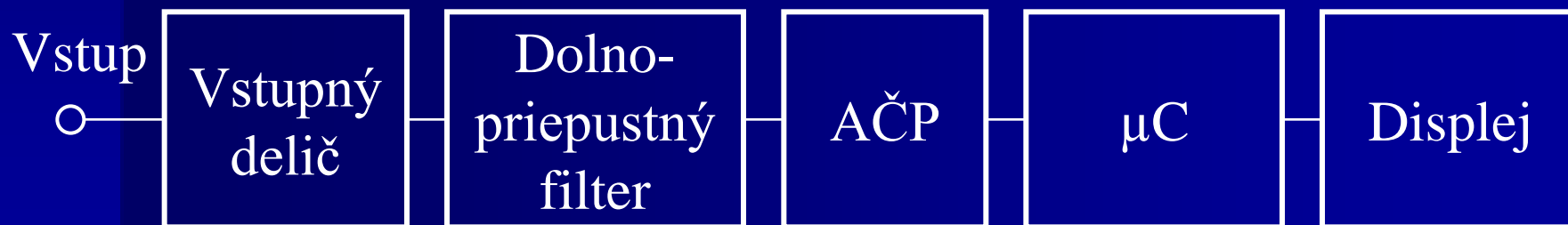
Bank-of-Filters Spectrum Analyzer

- zložitost' zariadenia – počet filtrov
- rozlišovacia schopnosť filtrov
- synchrónne meranie
- sledovanie rýchlych zmien
- pevné frekvenčné vlastnosti
- úzky frekvenčný rozsah (audio)
- pedagogicky užitočný



FFT Spectrum Analyzer

- výpočet spektier rýchlou Fourierovou transformáciou
 - amplitúda a fáza
 - reálna a imaginárna zložka





FFT Spectrum Analyzer

- súčasný výpočet „všetkého“
- „preladenie“ zmenou programu nie HW
- výborná rozlišovacia schopnosť
- vzorkovacia teoréma – prekrývanie spektier
- synchronizácia vzorkovania – okná
- rýchlosť AČP



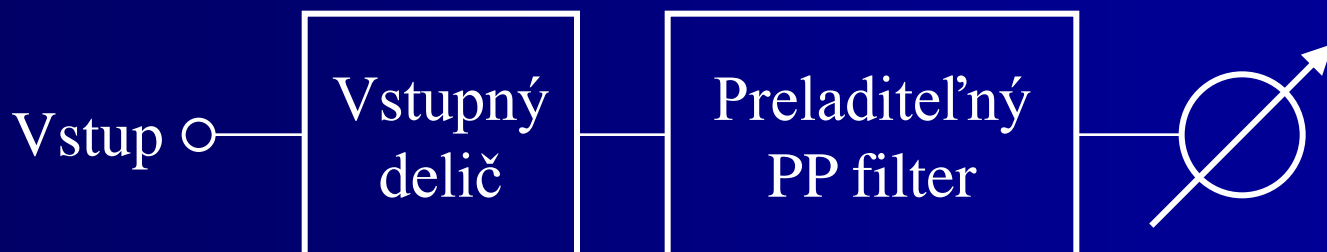
FFT Spectrum Analyzer

- simultánne dvojkanálové meranie
 - meranie frekvenčných vlastností obvodov
- šum ako testovací signál
- amplitúdové a fázové spektrá
 - možnosť rekonštrukcie signálu



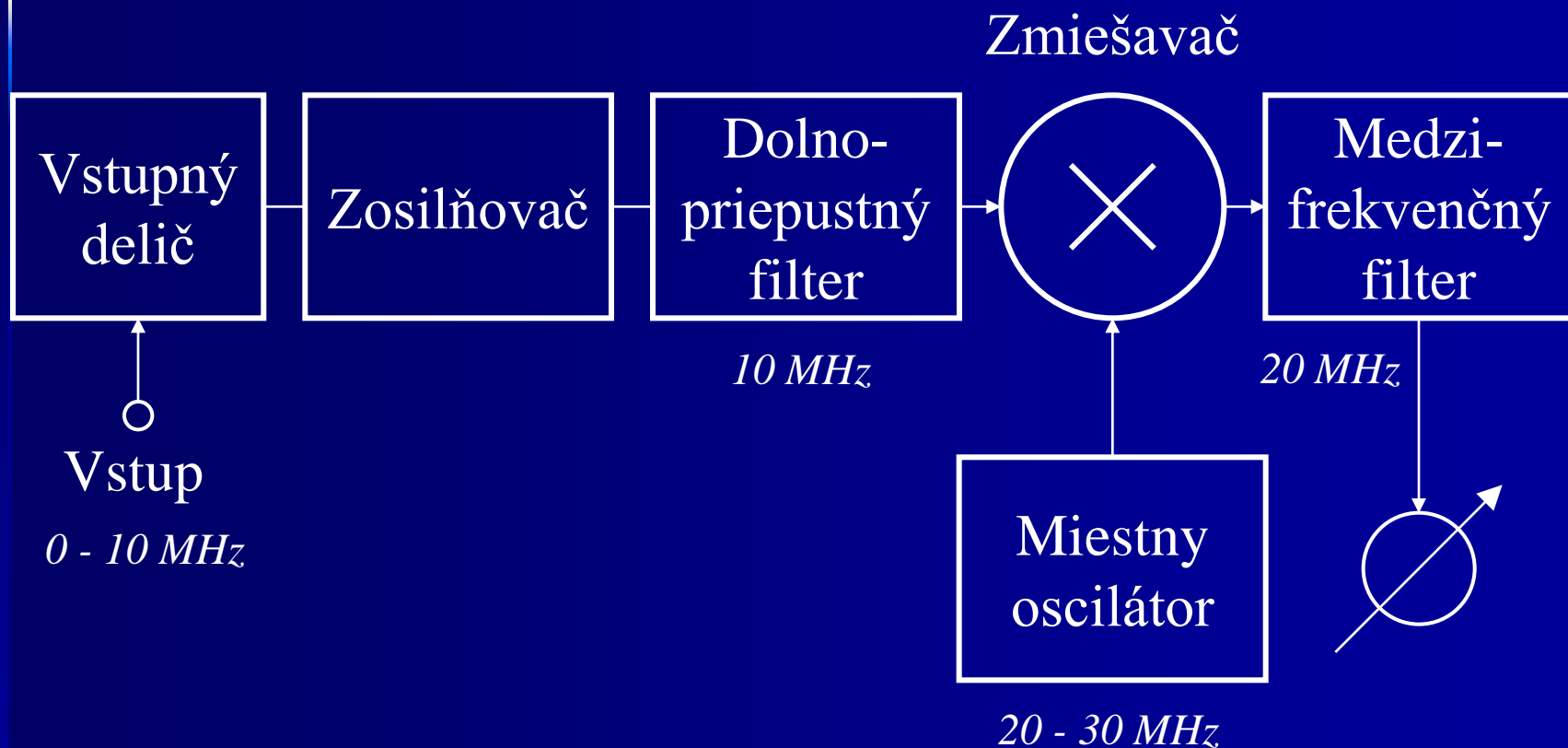
Wavemeter

- selektívny voltmeter
- jediný preladiteľný PP filter
- meranie jedinej frekvenčnej zložky (pásma)
- preladiteľný filter ťažko realizovateľný

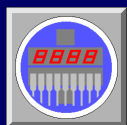




Wavemeter



$$\cos(\omega_1 t) \cdot \cos(\omega_2 t) = (\cos(\omega_1 - \omega_2)t + \cos(\omega_1 + \omega_2)t) / 2$$



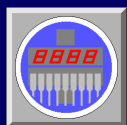
Wavemeter



f_{MO}	$f_{zmiešavača}$	U_{MF}
20 MHz	21, 25, 26, 30, 19, 15, 14, 10	0 V
21 MHz	22, 26, 27, 31, 20 , 16, 15, 11	10 V
22 MHz	23, 27, 28, 32, 21, 17, 16, 12	0 V
25 MHz	26, 30, 31, 35, 25, 20 , 19, 15	1 V
26 MHz	27, 31, 32, 36, 26, 21, 20 , 16	2 V
28 MHz	29, 33, 34, 38, 28, 23, 22, 18	0 V
30 MHz	31, 35, 36, 40, 29, 25, 24, 20	0,5 V

Vstupný signál

frekvencia	amplitúda
1 MHz	10 V
5 MHz	1 V
6 MHz	2 V
10 MHz	0,5 V



Wavemeter

- frekvenčný rozsah prístroja (Freq. Range)
- frekvenčný rozsah MF filtra (Resolution BW)
 - nastaviteľný
 - rýchlosť merania („naladenia“)
 - rozlíšenie blízkych frekvencií
- pevný filter ľahšie realizovateľný
- nastavenie len zmenou frekvencie oscilátora



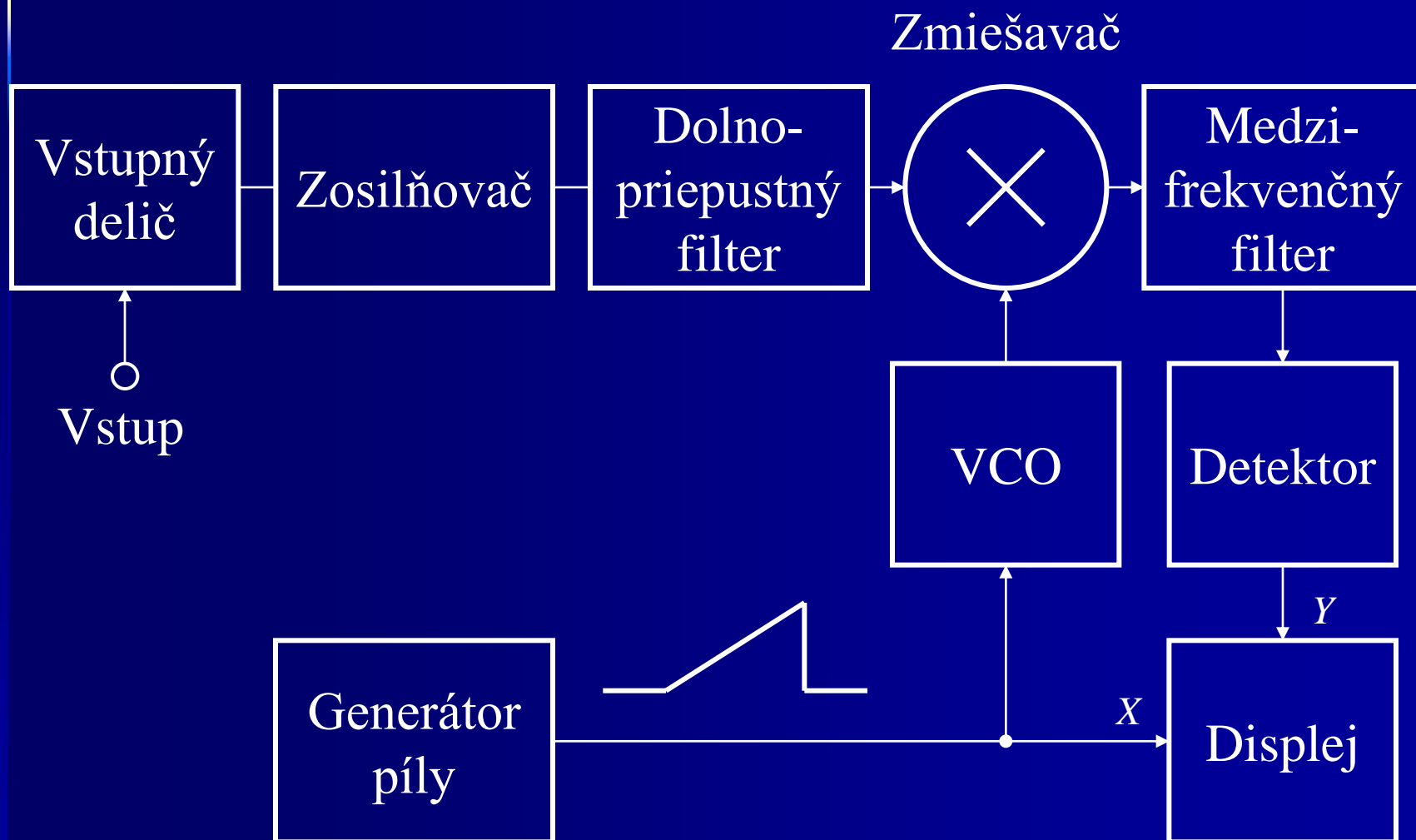
Spektrálny analyzátor

- „rozmietaný“ selektívny voltmeter
- automatické meranie v nastavenom frekvenčnom rozsahu
- zobrazenie celého spektra





Spektrálny analyzátor





Spektrálny analyzátor

- funkčná časť analógová
- za detektorom môže byť AČP
 - možnosť číslicového zobrazenia a zapamätania
- frekvenčný rozsah (Range vs. Span)
- doba rozmietania (merania) – Sweep Time
- rýchlosť rozmietania – Sweep Rate [Hz/s]
 - previazané hodnoty



Spektrálny analyzátor

- obmedzenie rýchlosti rozmietania
 - ustálenie MF filtra
 - maximum úmerné kvadrátu šírky pásma MF filtra
 - nastavované automaticky prístrojom
- dynamický rozsah – šum a skreslenie
 - vplyv šírky pásma MF filtra



Spektrálny analyzátor

- Príklad presnosti odčítania frekvencie pri meraní
 - 2 GHz signál
 - 400 kHz rozsah merania (span)
 - 3 kHz RBW



Spektrálny analyzátor

- parametre prístroja
 - presnosť referenčného oscilátora
 $\pm 1,3 \cdot 10^{-7}$ / rok (3 zložky chyby)
 - chyba z rozsahu merania (span)
 $\pm 1 \cdot 10^{-2}$
 - chyba z RBW
 $\pm 15 \cdot 10^{-2}$
 - zvyšková chyba (residual error)
 ± 10 Hz



Spektrální analyzátor

- příklad výpočtu:

$$\pm (1,3 \cdot 10^{-7} \times 2 \cdot 10^9 + \\ + 1 \cdot 10^{-2} \times 4 \cdot 10^5 + \\ + 15 \cdot 10^{-2} \times 3 \cdot 10^3 + \\ + 10 \text{ Hz}) =$$

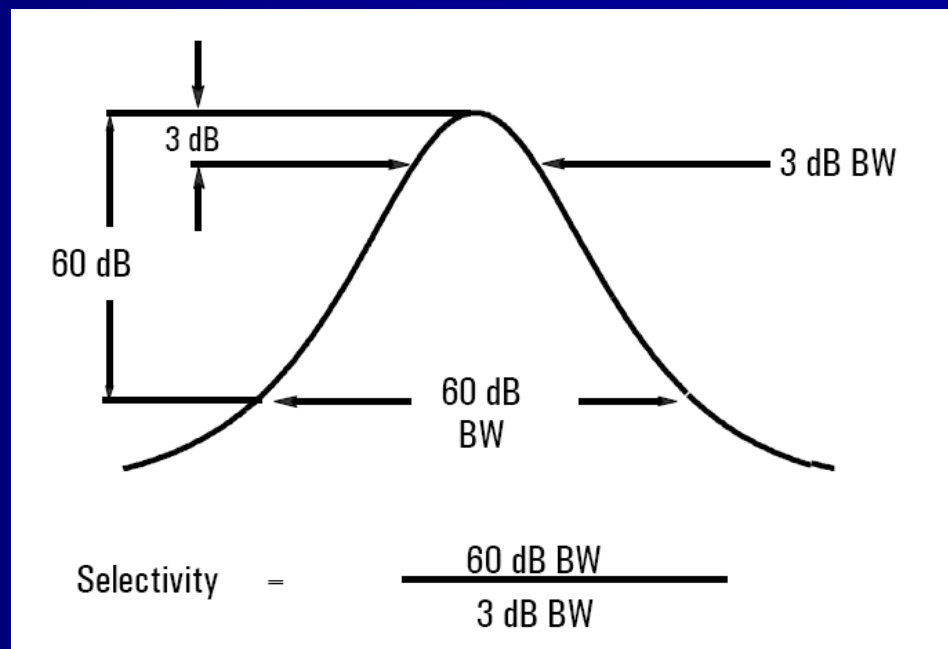
$$= 4720 \text{ Hz}$$



Spektrálny analyzátor

■ RBW a selektivita

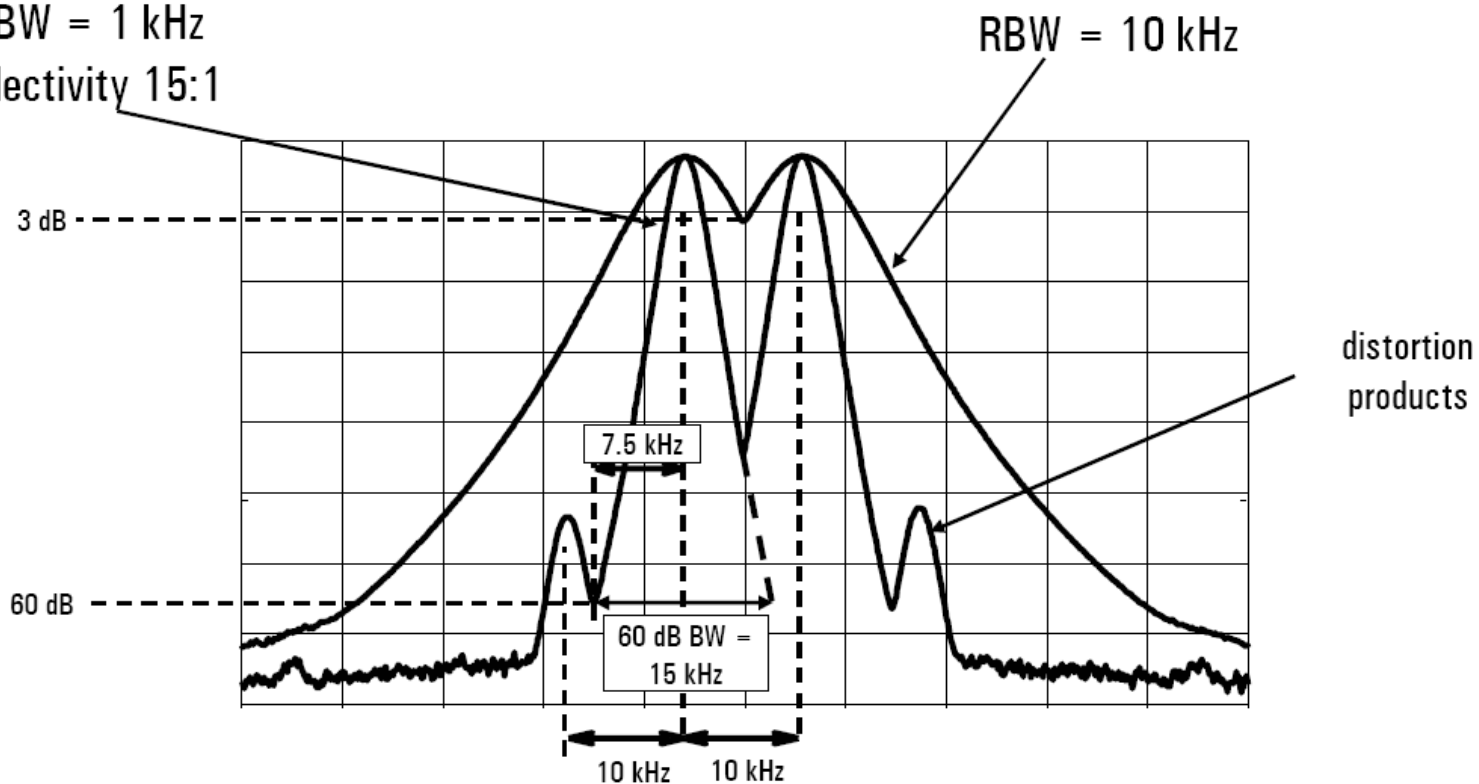
- 11 : 1 až 15 : 1 pri analógových MF filtroch
- 5 : 1 pri číslicových MF filtroch





Spektrálny analyzátor

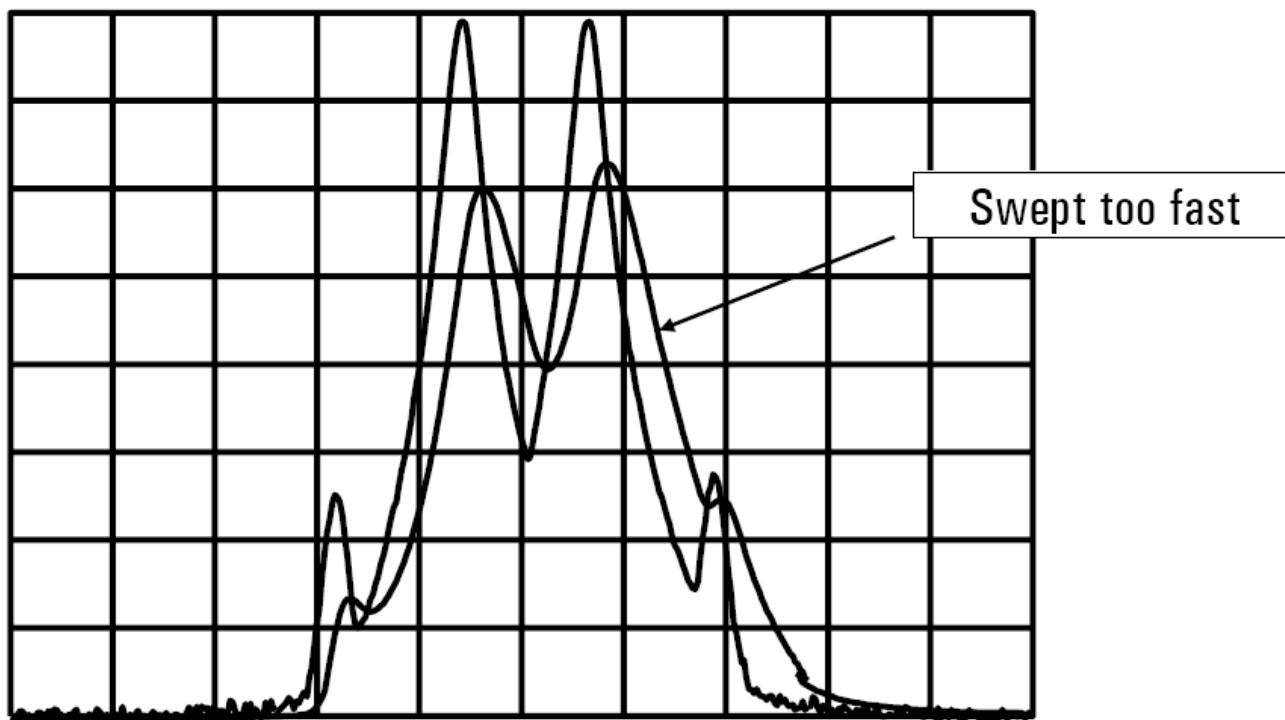
RBW = 1 kHz
Selectivity 15:1





Spektrális analízátor

Resolution: RBW Determines Measurement Time

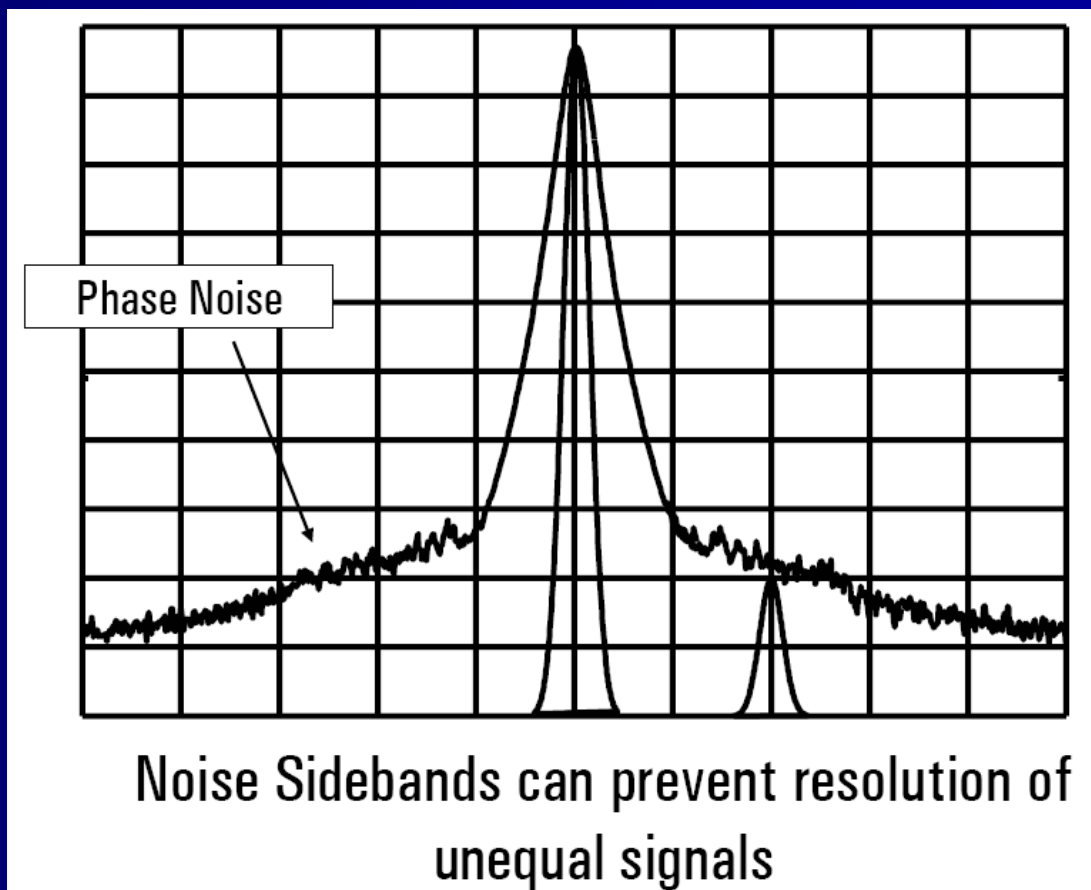


**Penalty For Sweeping Too Fast
Is An Uncalibrated Display**



Spektrálny analyzátor

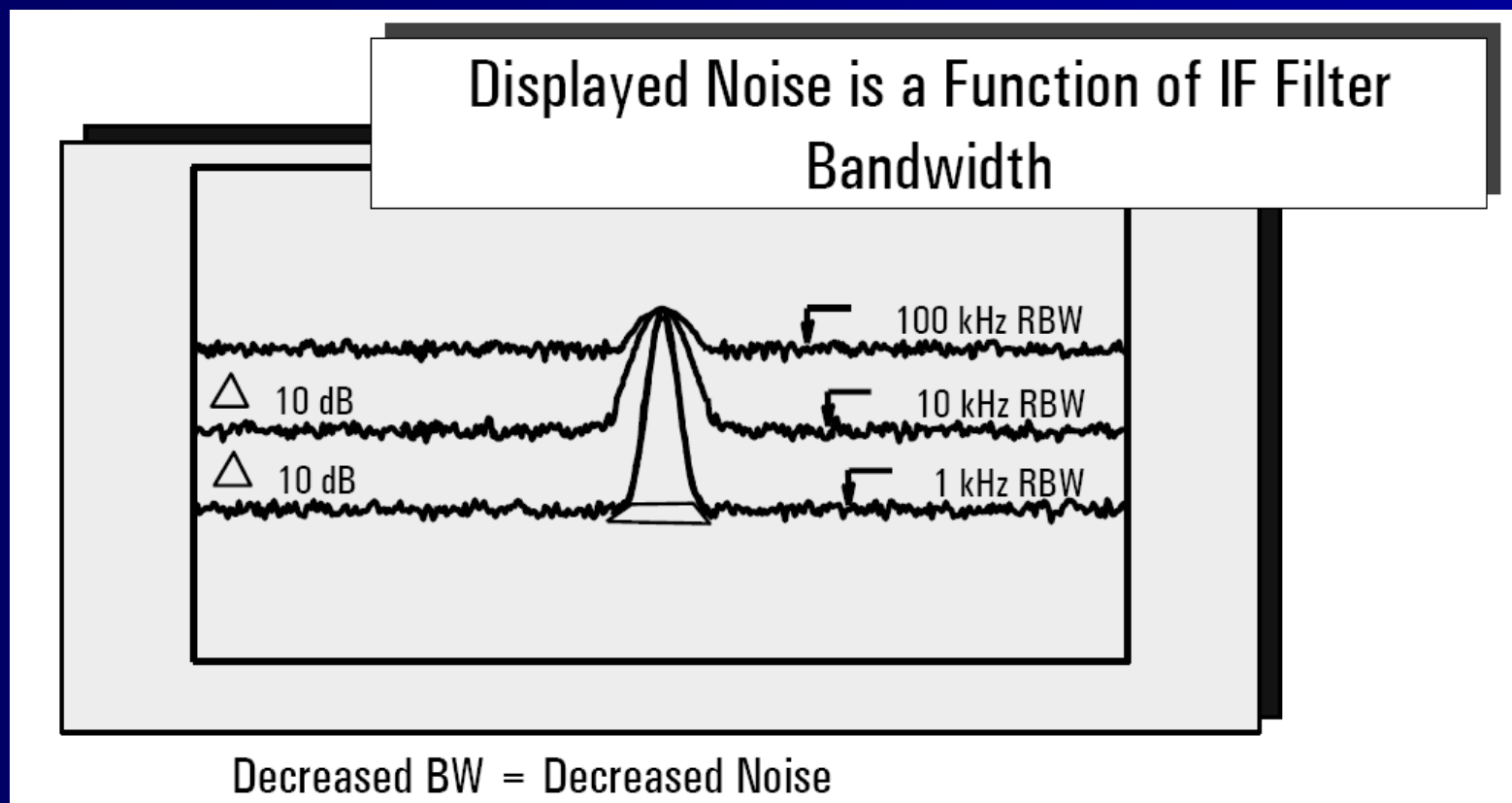
- Šumové postranné pásma alebo fázový šum (nestabilita LO)





Spektrálny analyzátor

- Šum spektrálneho analyzátoru (Noise floor)

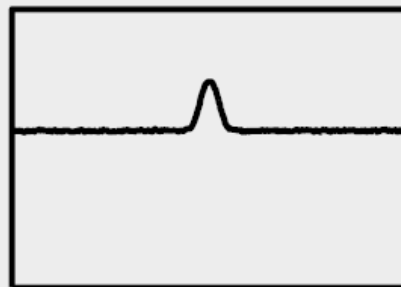
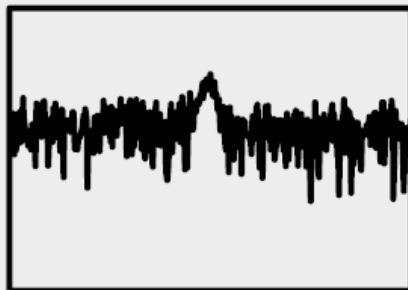




Spektrálny analyzátor

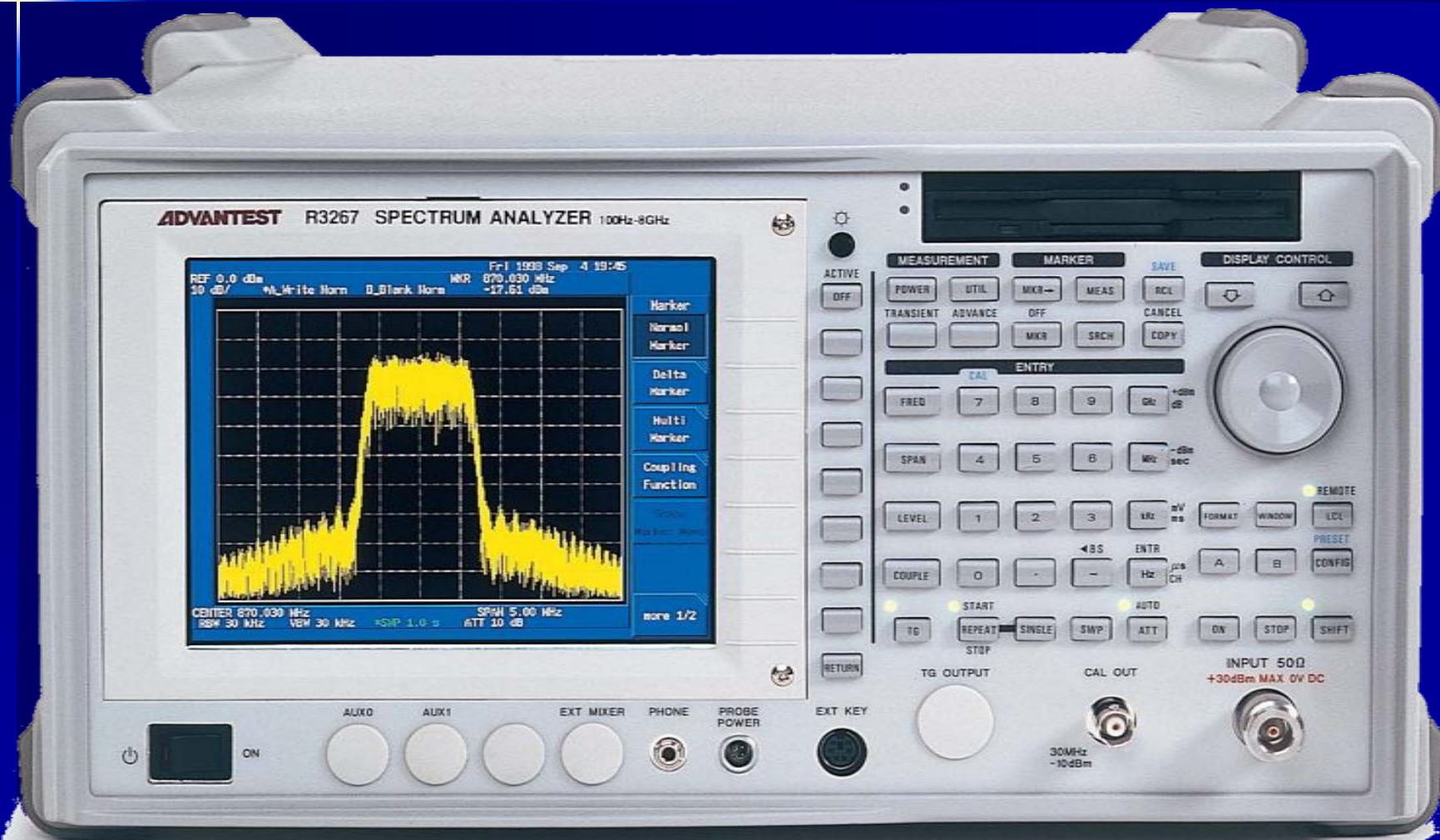
- Video filter

Video BW Smooths Noise for Easier Identification of Low Level Signals





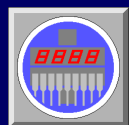
Spektrálny analyzátor





Spektrálny analyzátor

- tracking generator
 - zdroj sínusového signálu s frekvenciou sledujúcou frekvenciu, ktorú spektrálny analyzátor práve meria
 - meranie frekvenčných charakteristík elektronických obvodov
- meranie skreslenia – definície !
- ďalšie „fičúrie“ ako číslicový osciloskop
 - kurzory, porovnanie, limity, ...



Spektrálny analyzátor do 3 GHz



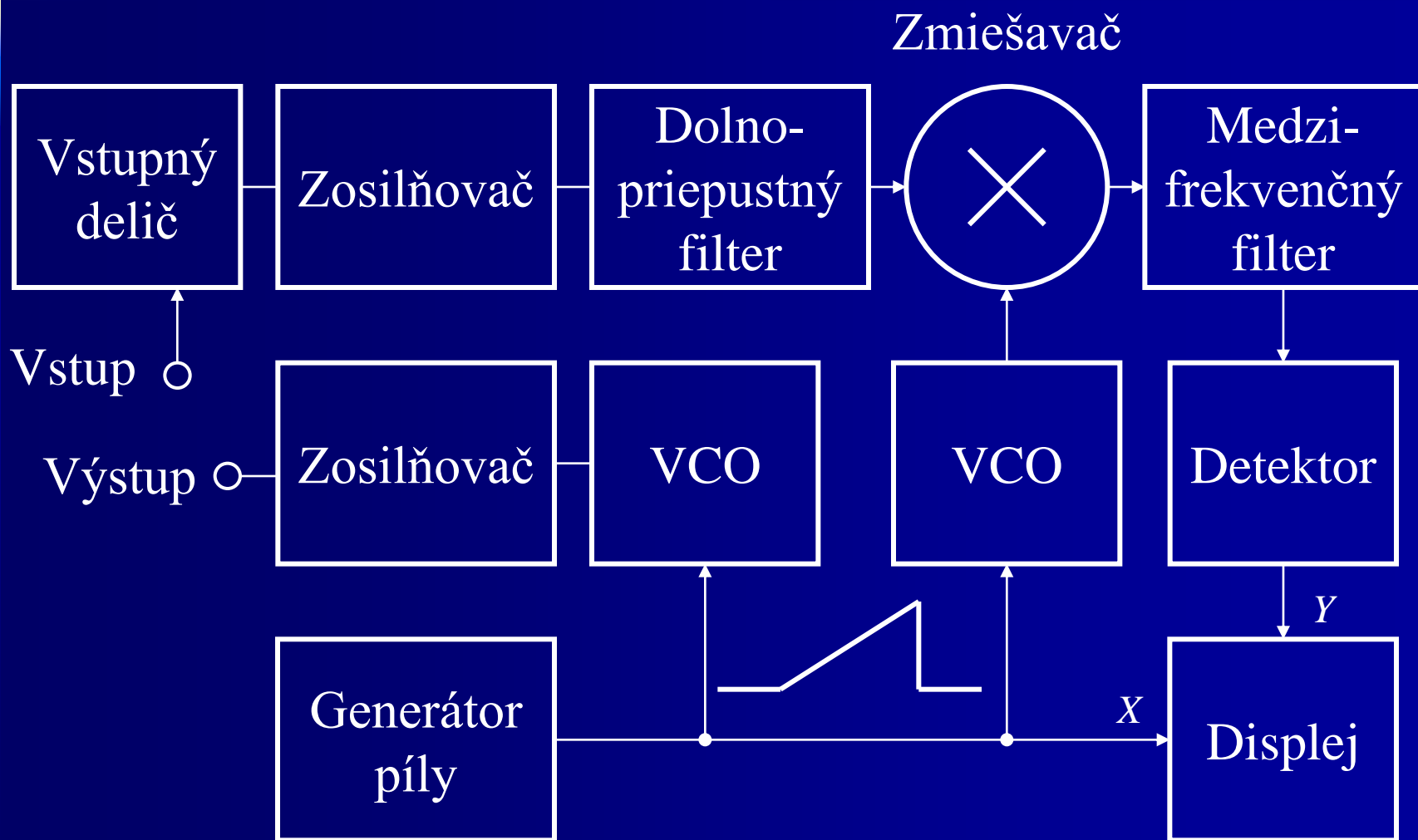


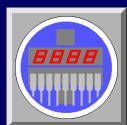
Network Analyzer

- Obvodový analyzátor
- meranie frekvenčných charakteristík elektronických obvodov
- v podstate spektrálny analyzátor s tracking generátorom merajúci amplitúdovú aj fázovú frekvenčnú charakteristiku

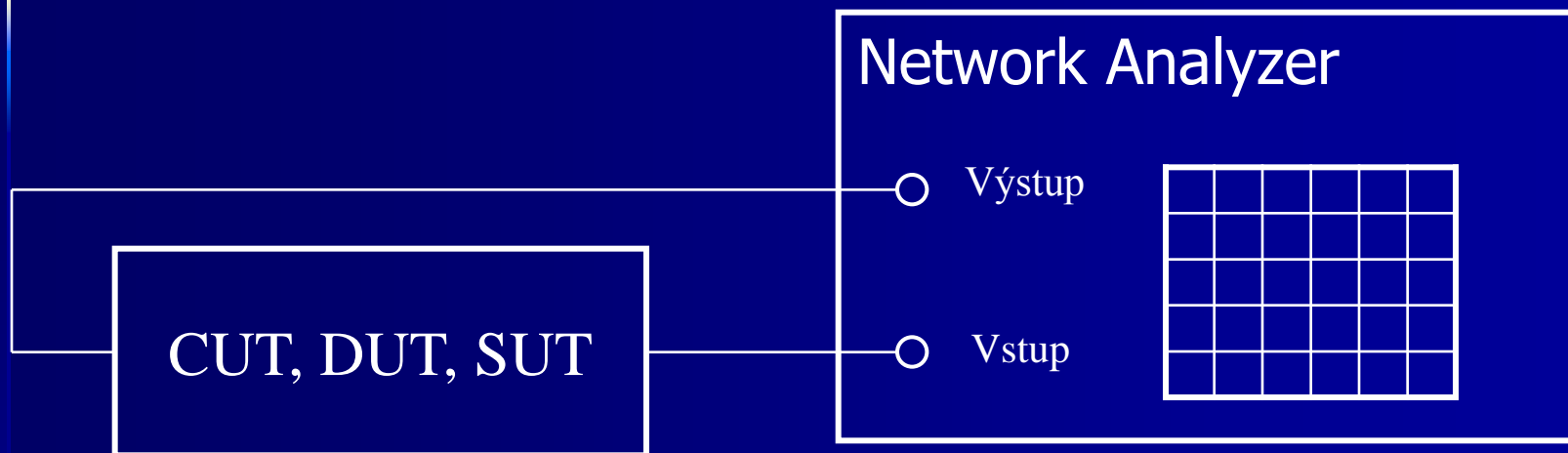


Network Analyzer





Network Analyzer



- špeciálne zobrazenia – Smithov diagram
- dvojkanálová verzia
- menšie požiadavky na zrkadlový filter



Network Analyzer

