

## Otázka 22(42) Přístroje pro měření signálů, metody pro měření v časové a frekvenční doméně

Rozmanitost signálů v komunikační technice způsobuje, že rozdělení měřících metod není jednoduché a jednoznačné. Analogový signál například může mít též číslicovou reprezentaci a můžeme ho sledovat v časové nebo frekvenční oblasti (doméně). Setkáváme se se signály, které jsou měronosné nebo nesou informaci v komunikačním kanálu, na rozdíl od signálů, které ruší přenos a degradují vlastnosti signálů. Do této druhé skupiny můžeme zařadit průmyslové nebo atmosférické rušení, šum obvodů a komunikačního kanálu.

Měří se parametry: analogové- amplitudové a frekvenční modulace, šum a šumové číslo, fázový šum

digitální – modul. parametry, fázové nestability, chybovost, diagram oka

### Přístroje

**Osciloskopické** metody - osciloskop je přístroj, umožňující sledovat průběhy signálů v závislosti na čase, jsou 3 skupiny: analogové, digitální paměťové, vzorkovací

**Společné znaky:** *Vstupní obvody* - umožňují připojení pozorovaného (měřeného) signálu, volbu vstupního odporu ( $50\Omega$ , nebo  $\approx 1M\Omega$  a více), volbu signálu se stejnosměrnou složkou nebo střídavého signálu bez ss složky, možnost připojení kalibračního zdroje nebo uzemnění a pomocí kmitočtově kompenzovaných děličů zeslabení vstupního signálu.

*Vstupní zesilovače* - zesilují vstupní signál na požadovanou úroveň pro následující obvody, u analogových osciloskopů převádějí nesymetrický vstup na symetrický, který je požadován pro správnou funkci vychylování u klasické obrazovky. Jsou určující pro **šířku pásma** osciloskopu.

*Spouštěcí obvody* (synchronizace) - zajišťují rozběhnutí časové základny. Spouštění může být odvozeno od externího podnětu, od libovolně zvoleného bodu pozorovaného signálu v některém kanálu. Jde o to, aby spouštění bylo **časově vázáno na pozorovaný signál** co nejpřesněji.

*Zpoždovací obvody* - umožňují pozorovat **signál od počátku**. Okamžik rozběhu časové základny předchází o zvolený interval počátek pozorovaného průběhu.

*Časová základna* - vytváří **časové měřítko** na horizontální ose obrazovky (displeje). U analogových osciloskopů obvody časové základny generují lineárně narůstající napětí v závislosti na čase.

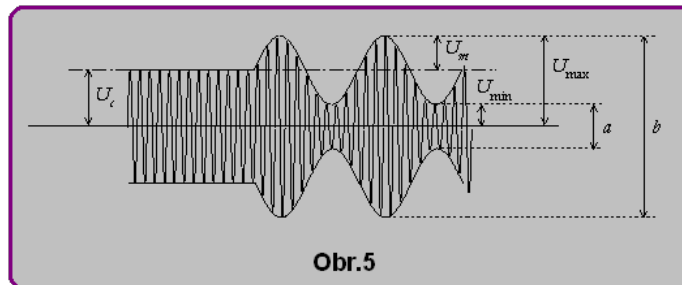
*Analogový:* dva a více kanálů - signál všech kanálů se přepíná na vertikálně vychylující systém obrazovky; lze využívat pro zobrazení v módu Y-t nebo po odpojení časové základny v módu X-Y; mezi průběhem signálu na vstupu a zobrazením není časové zpoždění

*Digitální:* vstupní a zobrazovací obvody analogově, zbytek zpracován digitálně (A/D, D/A) – vzorkování, číslice; časové zpoždění díky D zpracování

*Vzorkovací:* rozšíření frekv. pásma do GHz; rychlé vzorkovací diody – krátké čas. vzorky s amplitudou a čas. poloze časově roztaženy; možnost použít NF obvody

## Časová oblast

*Amplitudová modulace* (řízení amplitudy signálu druhým signálem) – X-Y, Y-t  
index  $m = (b-a)/(b+a)$  (obr. z Y-t)



- ve frekv. oblasti – spektrum, poměr spektrálních čas  $\rightarrow m = 2 A_c/A_s$
- metoda voltmetru – viz napětí na obr. 5
- metoda středního výkonu:  $P_{avg} = P_c(1+(m^2)/2)$ , málo citlivá, měření modulačních charakteristik vysílačů, wattmetry s termosenzorem,
- metoda obálkového výkonu: citlivější, wattmetry s diodovým detektorem, měří se špičkový výkon

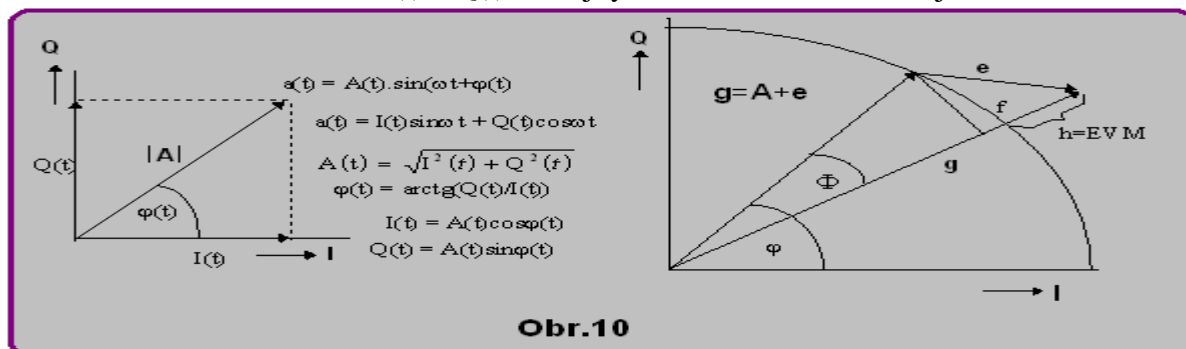
*Frekvenční modulace* (řízení frekvence signálu velikostí f druhého signálu):

- pomocí frekvenčního zdvihu  $\Delta f$  (velič., závisí na amplitudě modulačního sig, stejná pro různé f a stejné amplitudy), měří se nepřímo pomocí  $\beta$  indexu frekv. modulace

$$\beta = \frac{k\omega_c}{\omega_m} = \frac{\Delta f}{f_m}$$

- Besselovy nuly - při určitých hodnotách indexu  $\beta$ , a tudíž při určitých hodnotách modulačního napětí, je ve spektru frekvenčně modulovaného signálu amplituda spektrální složky nosné frekvence rovna nule. Amplituda nosné vlny v závislosti na indexu modulace je určena Besselovou funkcí nultého řádu. Nevýhodou schopnost měřit index modulace  $\beta$  pouze v těchto diskrétních nulových bodech.

*Měření digitálních modulačních veličin:* parametry ASK, PSK, PSK modulací, vektorové IQ modulátory, libovolný vf signál o konstantní úhlové frekvenci  $\omega_c$  a o libovolně časově proměnné fázi  $\varphi(t)$  i amplitudě  $A(t)$  je možné zobrazit v komplexní rovině jako vektor složený ze dvou kvadraturních složek  $I(t)$  a  $Q(t)$  se stejnými frekvencemi a se vzájemnou fází  $90^\circ$



Tok dat ovlivněn různými vlivy (fáz. neklid obvodů, modulační chyba,...) $\rightarrow$  shluky bodů v diagramech, pokud bod v určité oblasti dle počtu stavů modulace, je to ok, jinak detekována chyba

## Frekvenční oblast

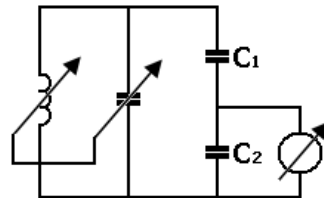
Levné přístroje s horní frekvencí několik GHz měří neznámou frekvenci buď přímo a nebo přes předděličku se známým dělicím poměrem. Čítače pro vyšší pásma mají na vstupu speciální superheterodynní obvody (superhet). Zvláštní pozici v oboru měření frekvence mají spektrální analyzátoři, které nebývají tak přesné, ale naměří signály s více spektr. složkami.

### **Měření frekvence:**

- 1) pasivní měření
- 2) elektronické měření (metoda nulového zázneje, frekvenční čítače, SpA)

### **Pasivní měření frekvence**

- LC vlnoměr (do 100 MHz) - přiblížení ke kmitajícímu obvodu, LC se přeladuje a při rezonanci se odečte z indikátoru výchylka
- v jednotkách GHz vlnoměry s koax rezonátory navázané na koax vedení a detek. smyčka



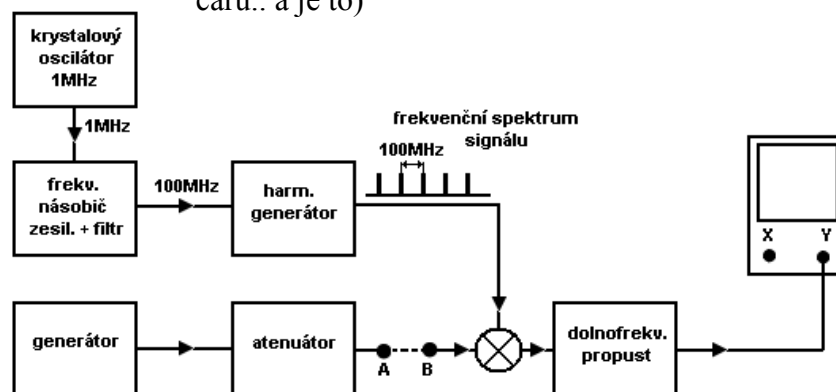
Princip LC vlnoměru

- jednotky až desítky GHz lze užít měrné vedení (zkrat + rozměry vlnovodu + vzdálenost mezi minimy PSV => vlnová délka)

### **Elektronické měření**

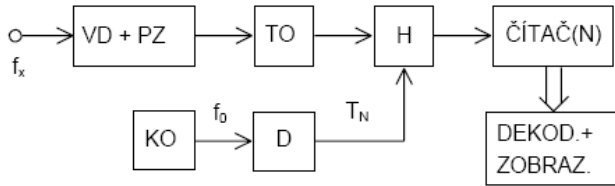
(bez mech. ladění rezonančních obvodů, referenční signál z OSC, přesné a rychlé)

- **Metoda nulového zázneje** – proměřuje pásmo a přesně určí vybrané frekvence vzdálené od sebe o stejný krok
  - vhodné pro kalibraci přesaditelných generátorů
  - 100MHz periodický signál úzkých pulsů ( ve spektru stovky čar vzdálených od sebe 100MHz)
  - skrze směšovač spolu s měřeným kmitočtem => na Y leze rozdíl (při nulovém rozdílu přejde sinusovka na vodorovnou čáru.. a je to)



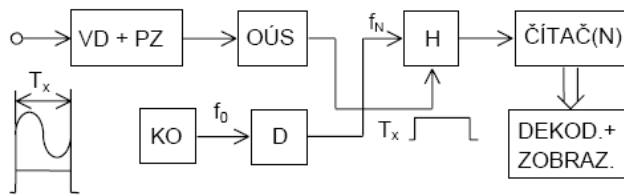
- **Frekvenční čítače** – tvarovací obvod (úzké pulsy) + registr otevřený po dobu T čítající pulsy
  - pro frekvence vyšší jak 100MHz (GHz) nutno užít předděličky, pro desítky GHz superhet

**režim přímého měření kmitočtu**



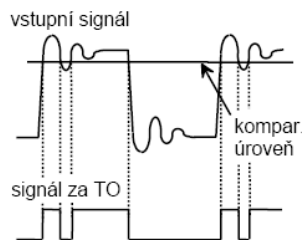
$$f_x = \frac{N}{T_N}$$

**režim měření doby periody**



$$T_x = \frac{N}{f_N}$$

**Vznik falešného údaje při měření čítačem**

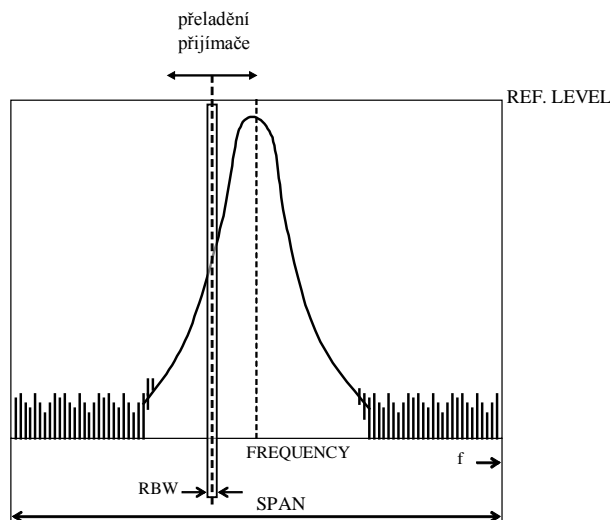


Nevhodně nastavená úroveň spouštění může u signálů se zákmity vést k hrubým chybám měření.

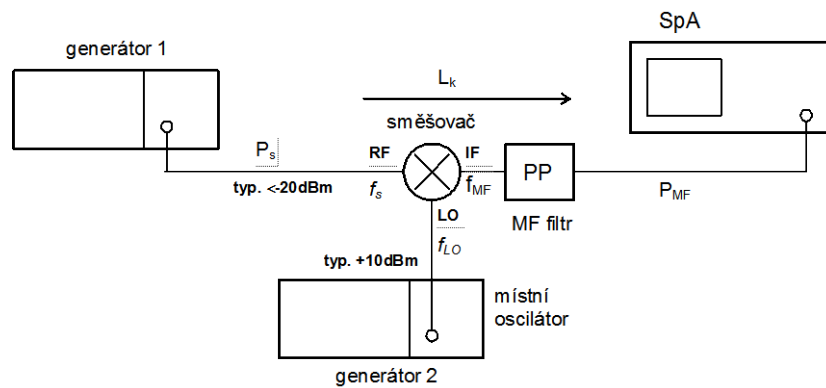
V tomto případě určujeme orientačně frekvenci osciloskopem a čítačem měření zpřesníme.

- **Spektrální analyzátor** - principiálně je spektrální analyzátor velmi citlivý široce přeladitelný přijímač s definovanou šířkou pásma RBW
  - přijímač přejíždí měřené frekvenční pásmo a v každém frekvenčním bodu změří přijatý výkon.

Princip měření



Základem obvodů superhet je směšovač, místní oscilátor a mezifrekvenční (MF) filtr.



Princip superhet - přeladitelný místní oscilátor (LO) budí relativně vysokým výkonem (+10dBm) LO vstup směšovače => aktivní prvky (diody, tranzistory) ve směšovači v nelineárním režimu

- vlivem nelineárních procesů dochází ve směšovači ke vzniku signálů s novými frekvencemi, obecně  $\pm n \cdot f_s \pm m \cdot f_{LO}$ , kde  $f_s$  je frekvence vstupního signálu přijímače a  $f_{LO}$  je výstupní frekvence místního oscilátoru.
- zapojený mezifrekvenční filtr typu pásmová propust (PP) vybírá z výstupního spektra směšovače obvykle 1 požadovanou složku, a to nejčastěji:

$$f_{MF} = f_{s1} - f_{LO} \text{ z toho je } f_{s1} = f_{MF} + f_{LO}$$

$$f_{MF} = f_{LO} - f_{s2} \text{ z toho je } f_{s2} = f_{LO} - f_{MF}$$

- výběr se provádí přeladěním místního oscilátoru tak, že je požadovaný vstupní radiový kanál konvertován směšovačem do pevného mezifrekvenčního filtru se střední frekvencí  $f_{MF}$  a šířkou pásma  $B$ , která se právě rovná šířce modulace.

Nevýhoda = konverze ze základního a zrcadlového pásma pro případ příjmu VKV FM

