

Koncepce přijímačů a vysílačů

Kurz operátorů

Radioklub OK2KOJ při VUT v Brně

2016/2017

zdroj: prezentace z předmětu BRPV
autor: prof. Ing. Aleš Prokeš, Ph.D.

Rozdělení rádiových přijímačů

Podle typu zapojení

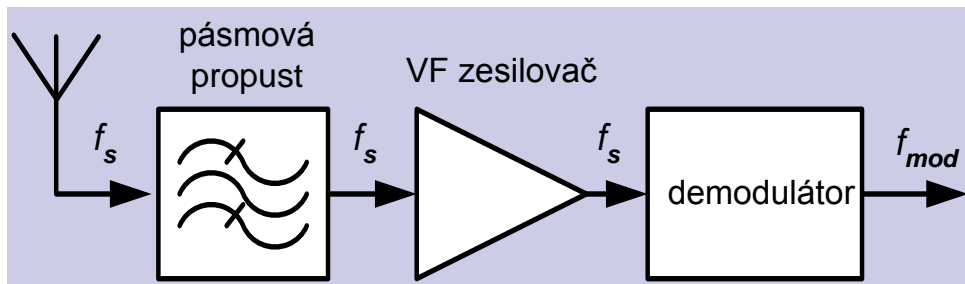
- Přímozesilující (audion, reflexní přijímač, superreakční přijímač)
- Superheterodyn (s jedním směřováním, s dvojím směřováním)
- Homodyn

Podle míry digitalizace

- Plně analogový přijímač
- Přijímač s číslicovým zpracováním v základním pásmu
- Přijímač s číslicovým zpracováním v mezifrekvenčním pásmu
- Přijímač s číslicovým zpracováním ve vysokofrekvenčním pásmu (softwarové rádio)

Rozdělení rádiových přijímačů

Přímozesilující přijímač



Audion

Superregenerační, superreakční přijímač

Vlastnosti

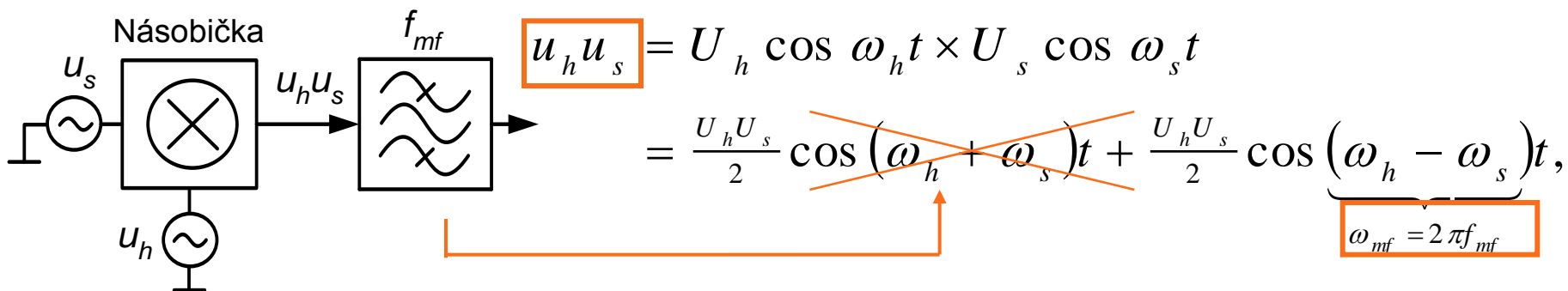
- Spolu s přeladováním přijímače se mění šířka pásma a citlivost.
- Náchylnost vícestupňových přijímačů k nestabilitě
- + Jednoduchost.

Rozdělení rádiových přijímačů

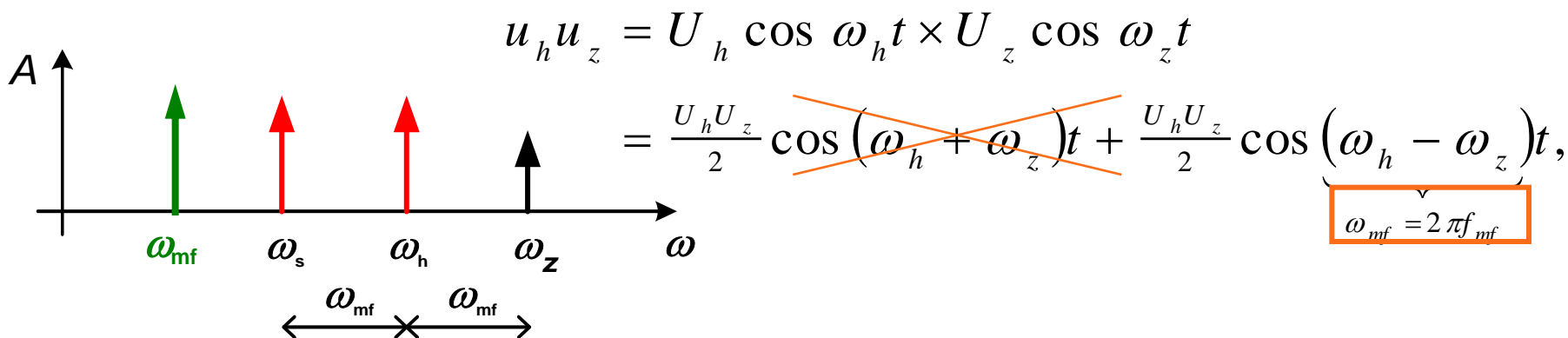
Superheterodyn s jedním směřováním

Využívá kladných vlastností přímo zesilujícího přijímače, který následuje za měničem kmitočtu - směšovačem.

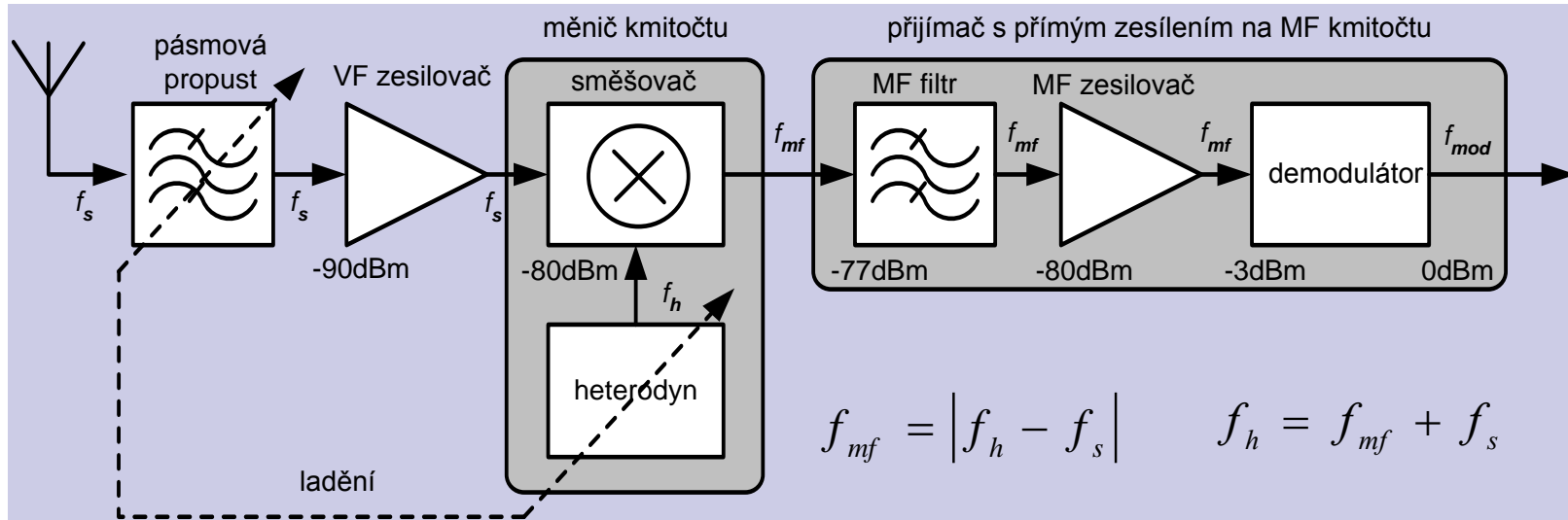
Multiplikativní směšovač



Zrcadlový kmitočt



Rozdělení rádiových přijímačů



Vlastnosti

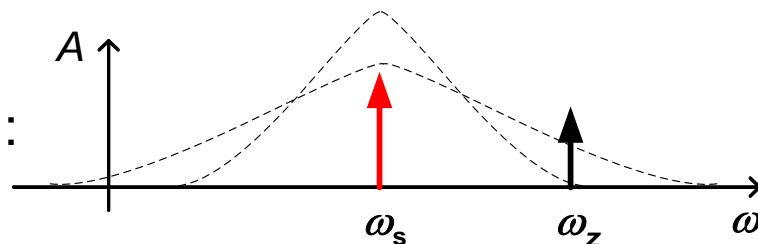
- + Nezávislost šířky pásma a zesílení.
- + Vysoká selektivita.
- Náchylnost na rušení signály pracujícími na MF a zrcadlovém kmitočtu.
- Souběh ladění oscilátoru a vstupních obvodů.

Metody potlačení signálů na zrcadlovém kmitočtu

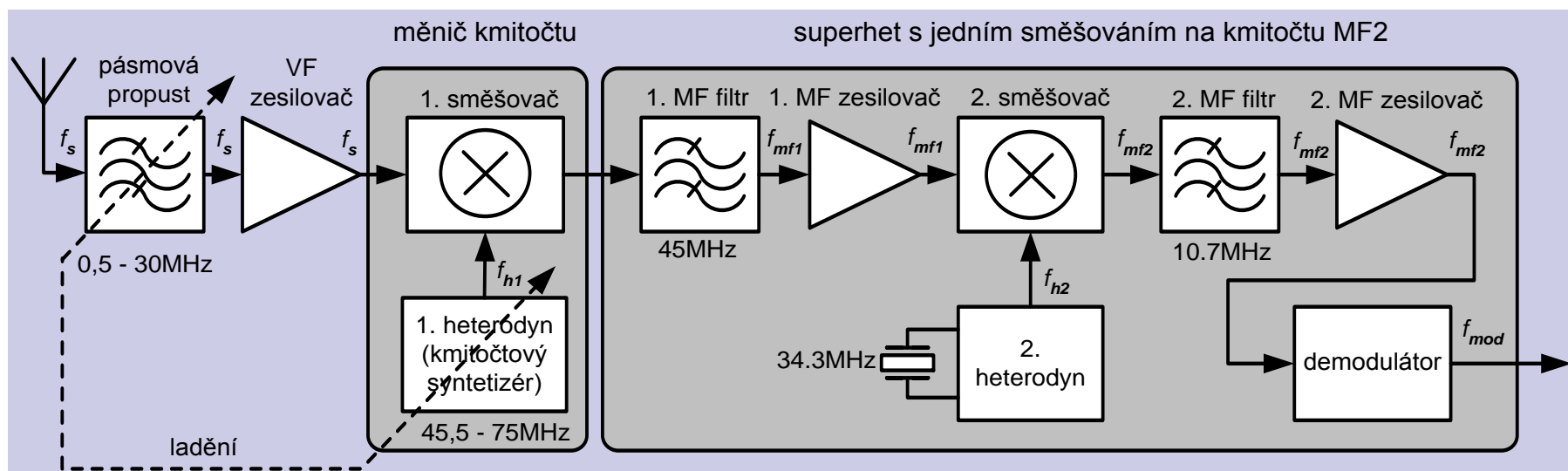
- Volba vysokého MF kmitočtu (problém s blízkou selektivitou).
- Vysoce selektivní vstupní pásmová propust.
- Použití speciálního směšovače **IRM** (*Image Reject Mixer*).
- Volba nulového MF kmitočtu (Homodyn).

Rozdělení rádiových přijímačů

Vliv selektivity vstupní pásmové propusti
na potlačení signálu na zrcadlovém kmitočtu:



Superheterodyn s dvojným směšováním

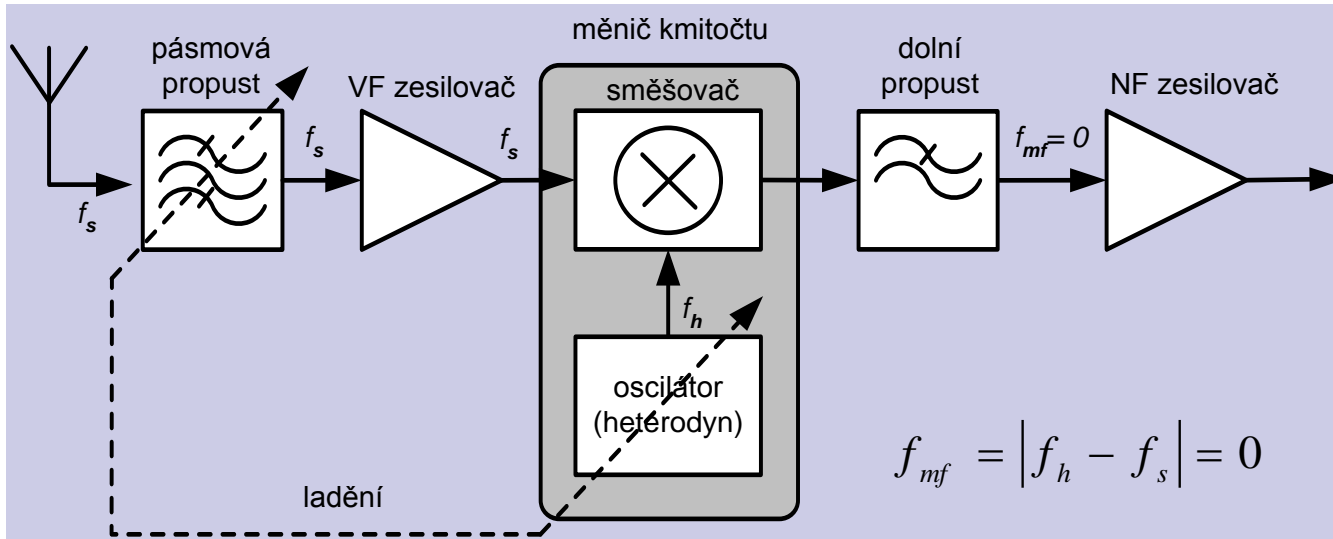


Vlastnosti

- + Potlačení příjmu na zrcadlovém kmitočtu.
- + Vysoká selektivita.
- + Nezávislost šířky pásma a zesílení.
- Velká složitost, souběh ladění.

Rozdělení rádiových přijímačů

Homodyn



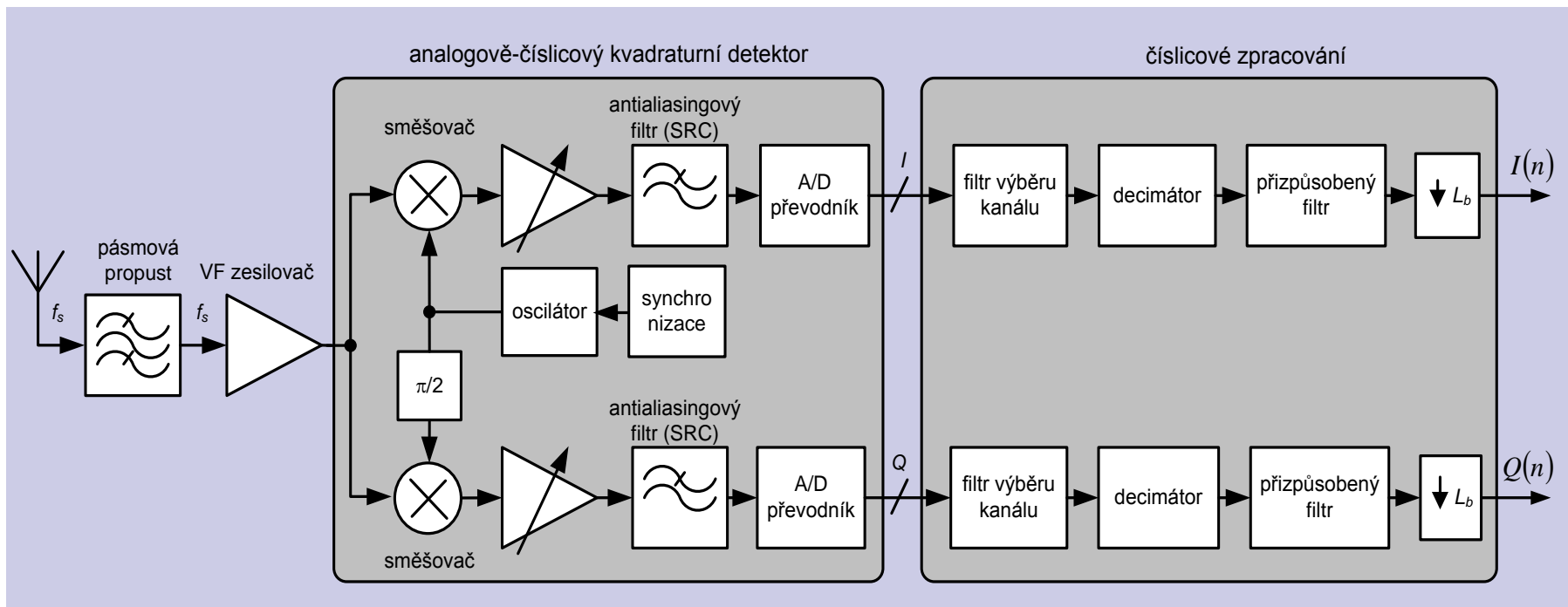
Vlastnosti

- + Potlačení příjmu na zrcadlovém kmitočtu.
- Zpětné vyzařování oscilátoru.
- Problém s nelinearitami 2. řádu (při integraci přijímače).
- Problém s DC ofsetem v podetekční části (při integraci přijímače).
- Rušení šumem $1/f$.
- Nutnost synchronní demodulace AM.
- Vysoký zisk v podetekční části (problém se stabilitou a DC ofsetem).

Rozdělení rádiových přijímačů

Přijímače s číslicovým zpracováním v základním pásmu

Modifikace homodynu pro digitální modulace



- Každý symbol je reprezentován několika vzorky (jeden symbol – několik převodů).
- Lze zpracovávat pásmo obsahující několik kanálů.

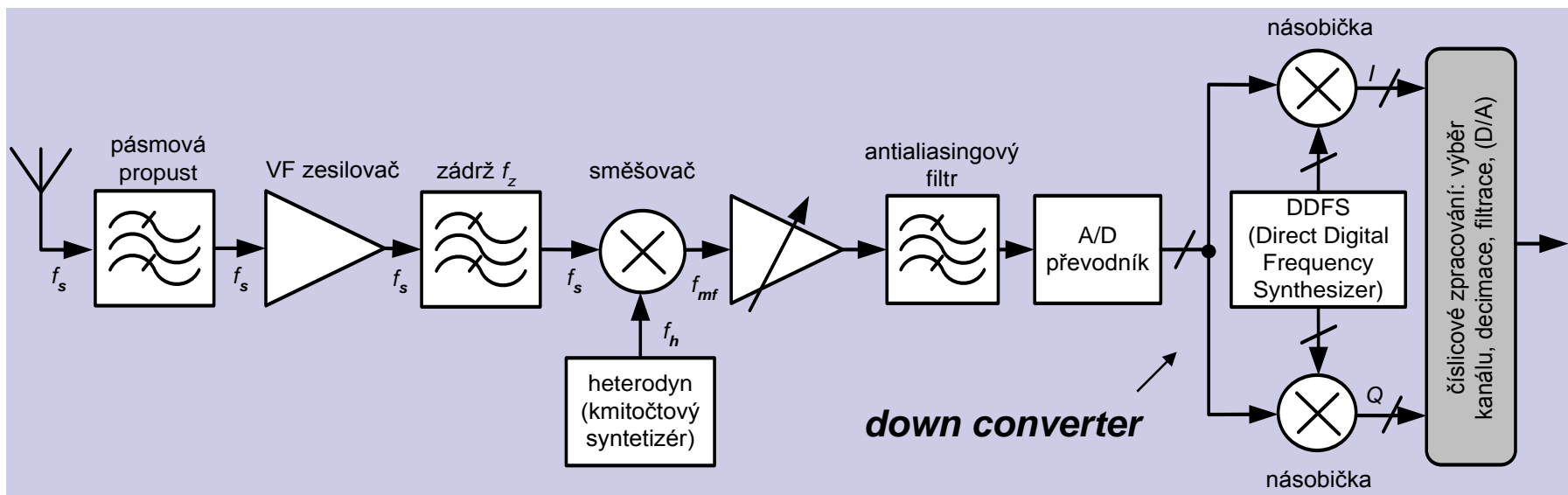
Rozdělení rádiových přijímačů

Modifikace superheterodynu pro digitální modulace

Stejné zapojení jako v případě analogových přijímačů, jen se použije analogově číslicový kvadrurní detektor.

Přijímače s číslicovým zpracováním v MF pásmu

Modifikace superheterodynu pro digitální modulace

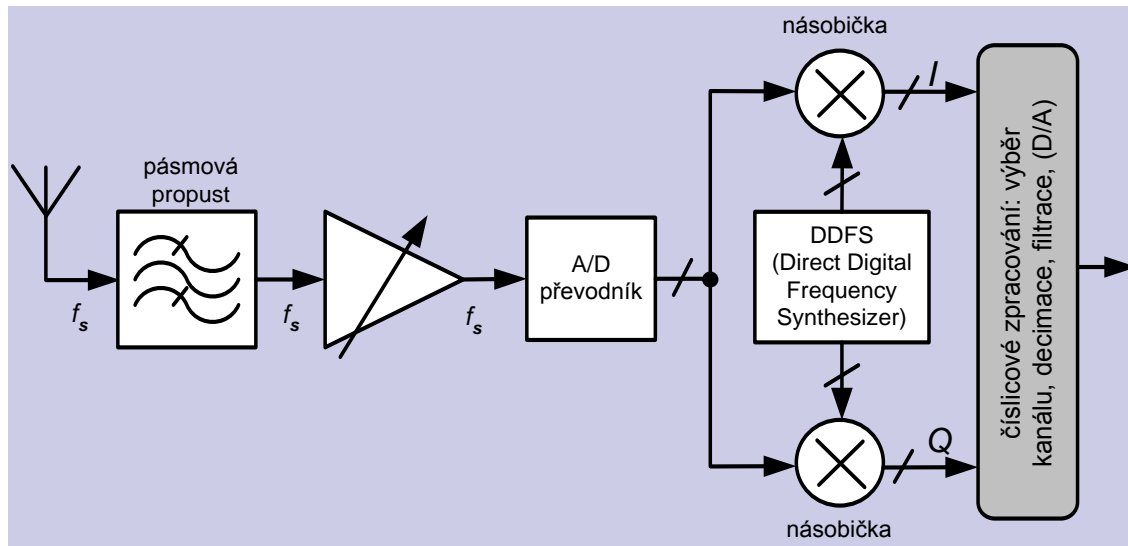


DDFS: (*Digital Direct Frequency Synthesis*) digitální přímá kmitočtová syntéza.

Rozdělení rádiových přijímačů

Přijímače s číslicovým zpracováním ve VF pásmu

Modifikace superheterodynu/homodynu pro digitální modulace



Vlastnosti

- + Možnost integrace podstatné části přijímače.
- + Výhody číslicového zpracování signálů.
- Velké nároky na dynamiku a rychlost A/D převodníku.

Obvodové řešení rádiových přijímačů

Kmitočtové syntezátory

zařízení generující harmonické signály s diskrétními kmitočty, které jsou odvozeny z jednoho nebo několika oscilátorů s požadovanou kmitočtovou stabilitou (10^{-5} až 10^{-13})

Parametry

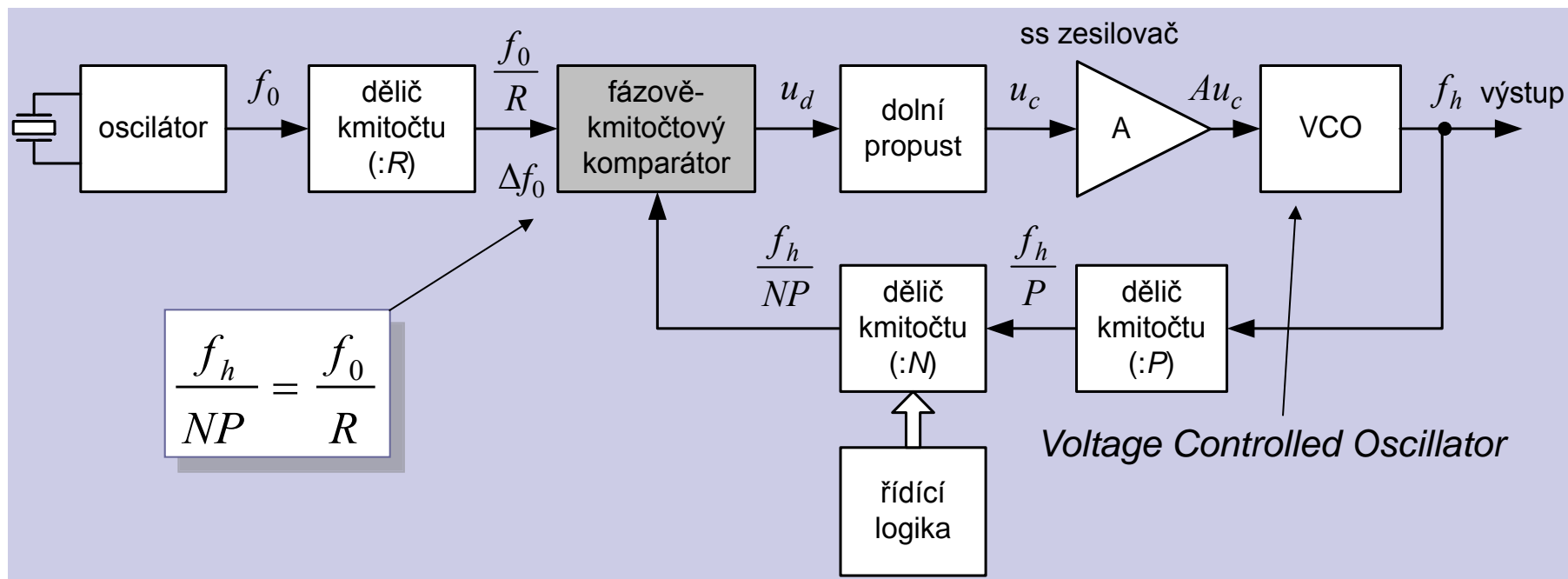
- Rozsah pracovních frekvencí +
- Krok diskrétních kmitočtů -
- Relativní dlouhodobá nestabilita kmitočtu +
- Činitel potlačení nežádoucích signálů $D = 10 \cdot \log(P_{prac}/P_{než})$
- Doba přeladění z jedné pracovní frekvence na druhou -

Základní dělení syntezátorů

- nekoherentní
- koherentní

Obvodové řešení rádiových přijímačů

Koherentní kmitočtové syntezátory se smyčkou PLL (*Phase Locked Loop*)



$$f_h = \frac{f_0}{R} NP = \Delta f_h N$$

krok ladění: $\Delta f_h = f_0 P/R$

Obvodové řešení rádiových přijímačů

Smyčka PLL je schopná synchronní činnosti v úzkém rozmezí kmitočtů (asi 10 až 15 % kmitočtu f_h).

Řešení požadavku velkého přeladění:

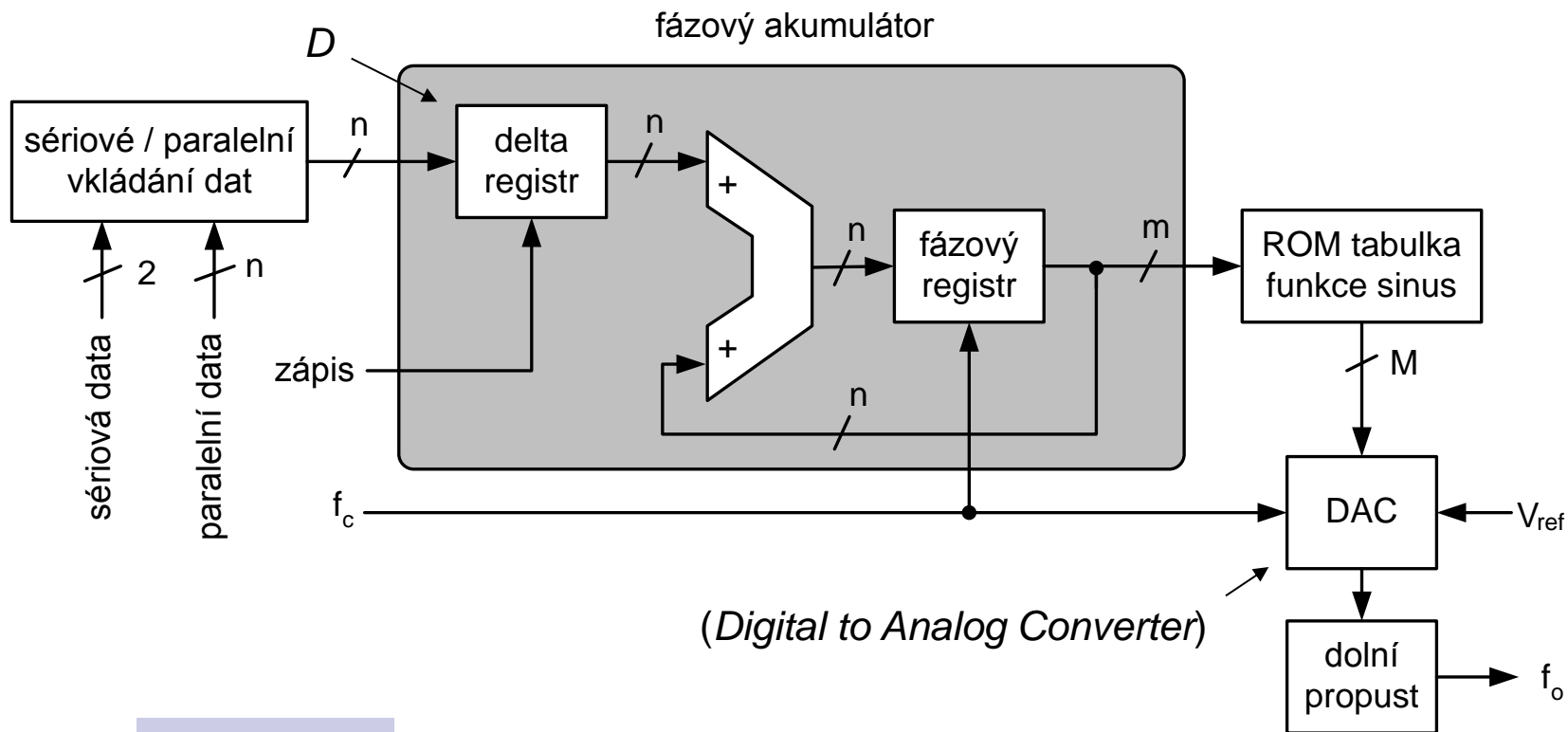
- volba vysokého mezifrekvenčního kmitočtu $f_{mf} \gg f_s$
- doplnění základní smyčky s malým krokem smyčkou pro hrubé přeladování

Řešení požadavku rychlého ustálení

- syntezátor se dvěma PLL

Obvodové řešení rádiových přijímačů

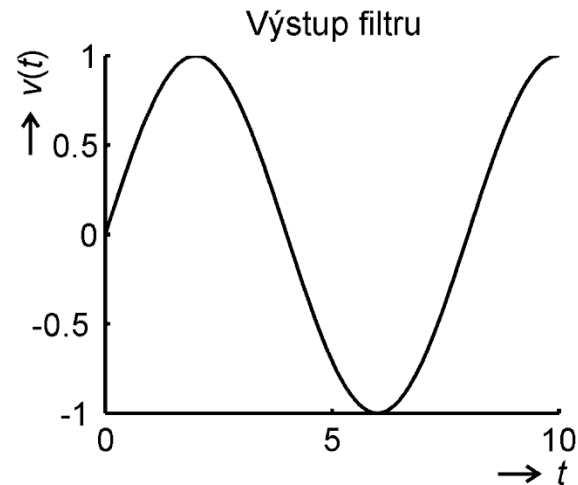
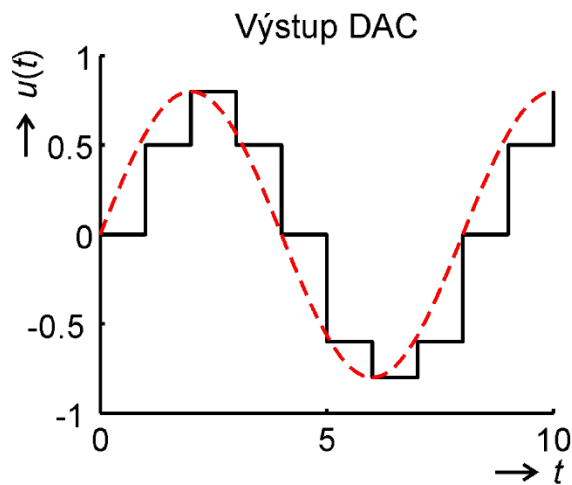
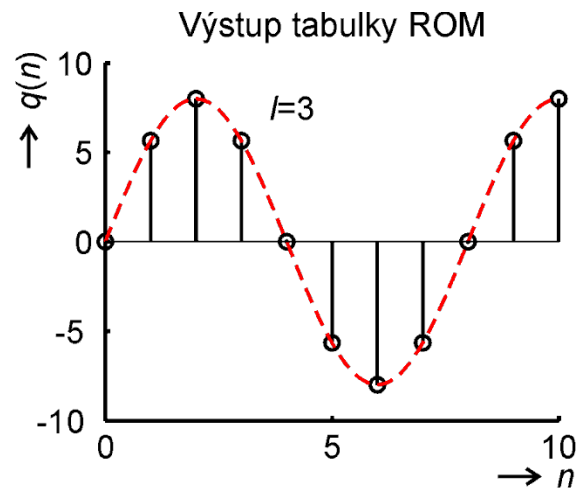
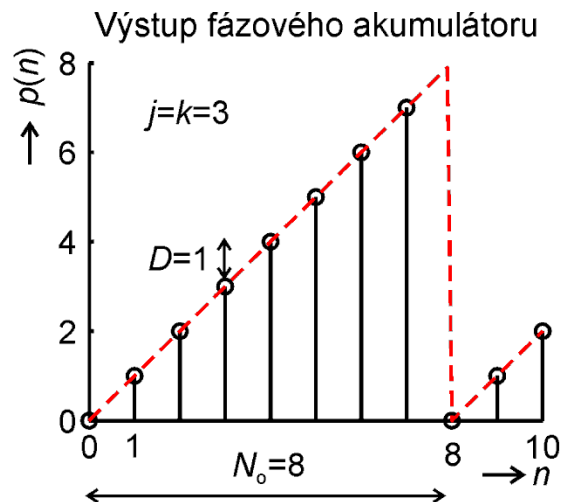
Syntezátory s přímou číslicovou syntézou (DDFS) (Direct Digital Frequency Synthesis)



$$f_o = \frac{Df_c}{2^n}$$

Obvodové řešení rádiových přijímačů

Časové průběhy v důležitých bodech

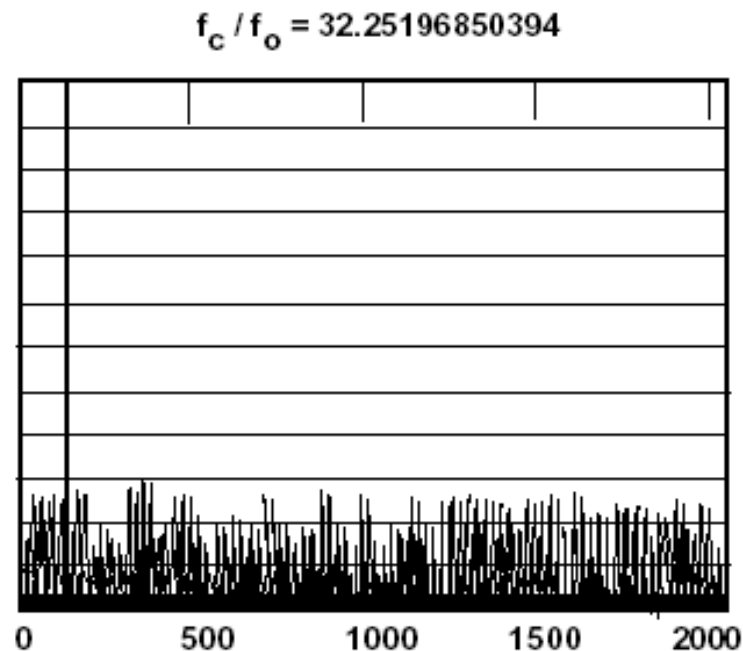
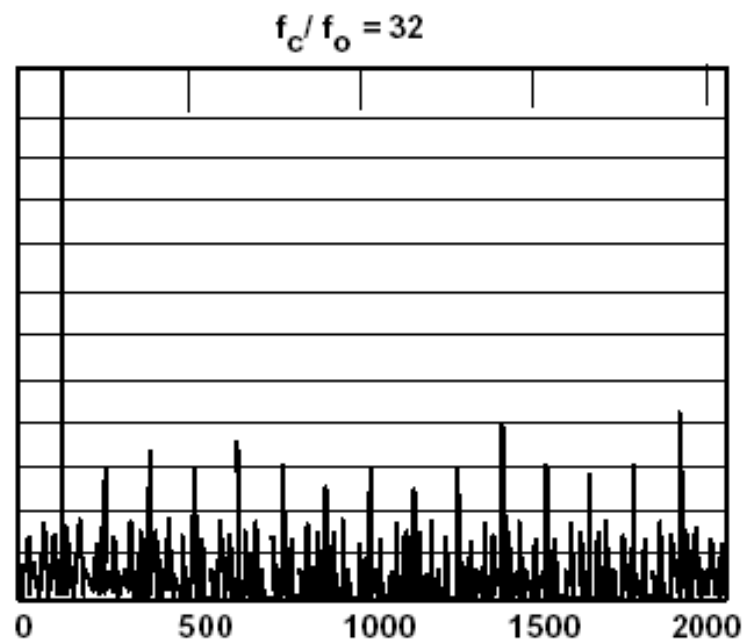


Obvodové řešení rádiových přijímačů

SFDR je určen vlivem tří základních jevů v DAC:

- Vzájemnou korelací vstupního a výstupního kmitočtu DDFS.
- Integrální a diferenciální nelinearitou převodníku.
- Úrovní zákmitů (glitch) způsobenou přechodem z jedné úrovně na jinou.

Vliv vzájemné korelace vstupního a výstupního kmitočtu



Dithering: narušení periodicity kvantovacího šumu

Rozdělení rádiových vysílačů

Podle typu zapojení

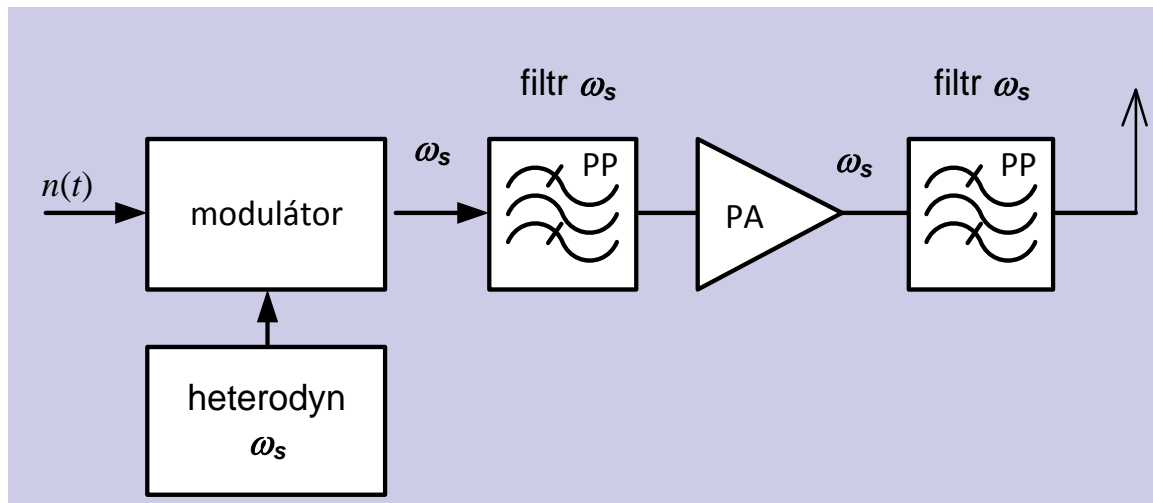
- Pracující na kmitočtu nosné
- Se směšováním kmitočtů (s jedním směšováním, s dvojnásobným směšováním...)
- S násobením kmitočtu

Podle míry digitalizace

- Plně analogový vysílač
- Vysílač s číslicovým zpracováním v základním pásmu
- Vysílač s číslicovým zpracováním v mezifrekvenčním pásmu
- Vysílač s číslicovým zpracováním ve vysokofrekvenčním pásmu

Rozdělení rádiových vysílačů

Vysílač pracující na kmitočtu nosné

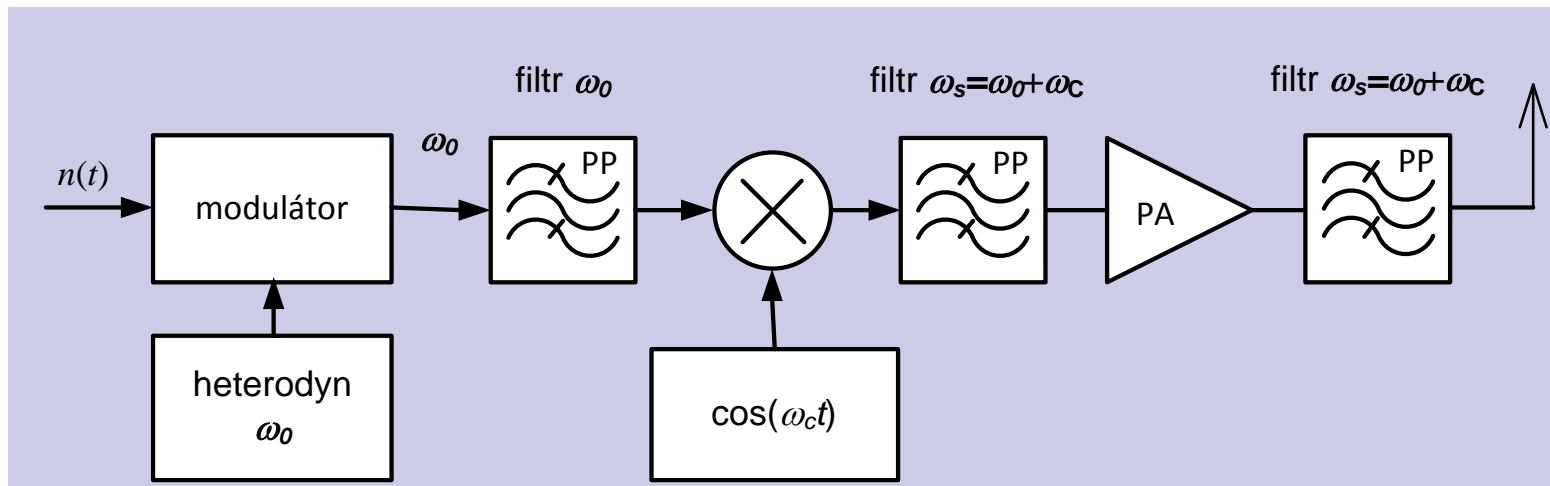


Vlastnosti

- + Jednoduché zapojení.
- Modulátor musí pracovat na vysokém kmitočtu.

Rozdělení rádiových vysílačů

Vysílač se směřováním kmitočtu



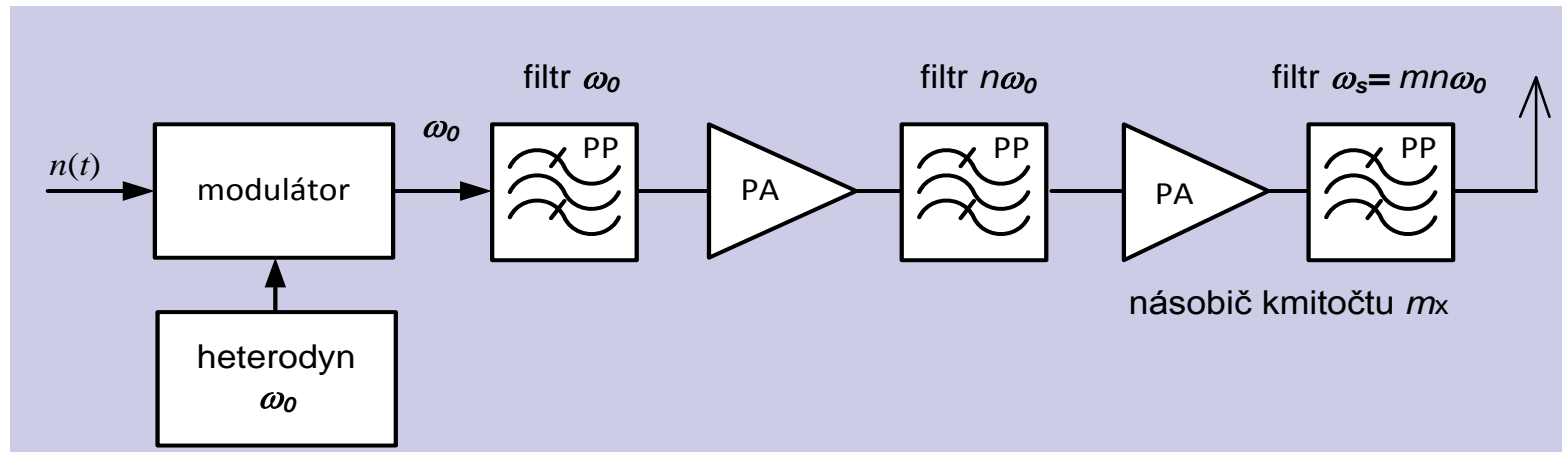
$$\cos \omega_0 \cos \omega_c = \frac{1}{2} \underbrace{\cos(\omega_0 + \omega_c)}_{\omega_s} + \frac{1}{2} \cancel{\cos(\omega_0 - \omega_c)}$$

Vlastnosti

- Složitější zapojení.
- + Modulátor pracuje na nízkém kmitočtu (dobrá linearita).

Rozdělení rádiových vysílačů

Vysílač s násobením kmitočtu v nelineárních obvodech

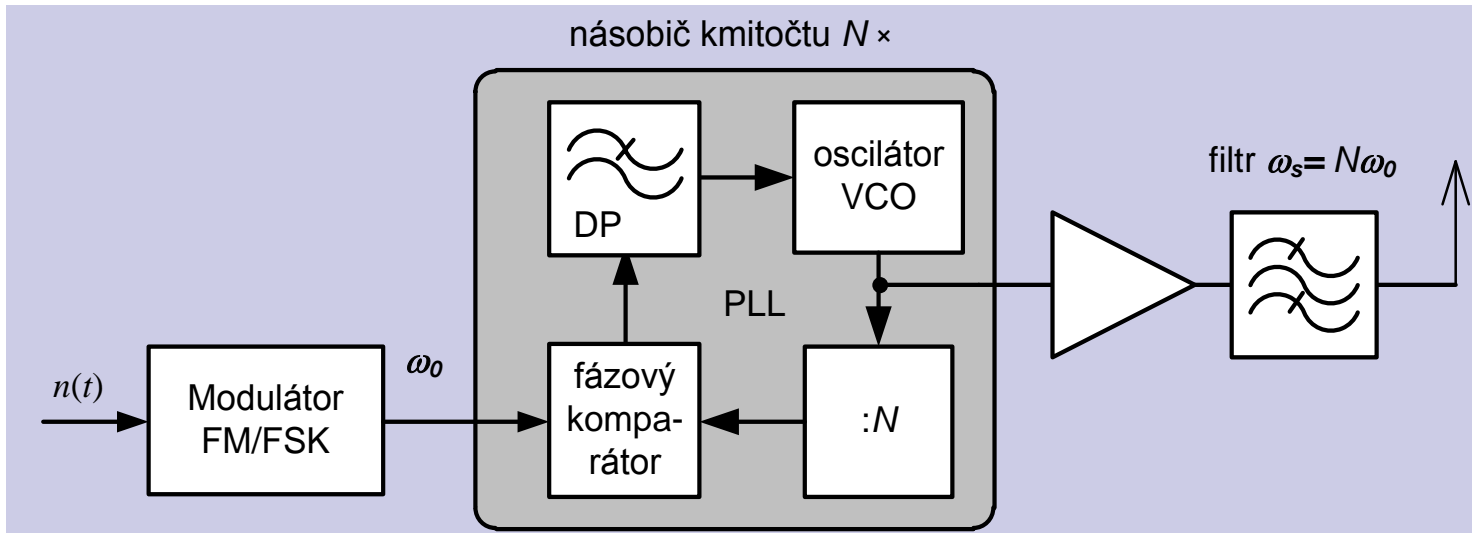


Vlastnosti

- Společně s kmitočtem nosné se násobí i šířka pásma ale také např. fázový šum oscilátoru.
- Složitější zapojení (potřeba kvalitních filtrů).
- + Modulátor pracuje na nízkém kmitočtu (dobrá linearita).
- + Lze použít zesilovačů s vysokou účinností (třída C)

Rozdělení rádiových vysílačů

FM vysílač s násobením kmitočtu v PLL



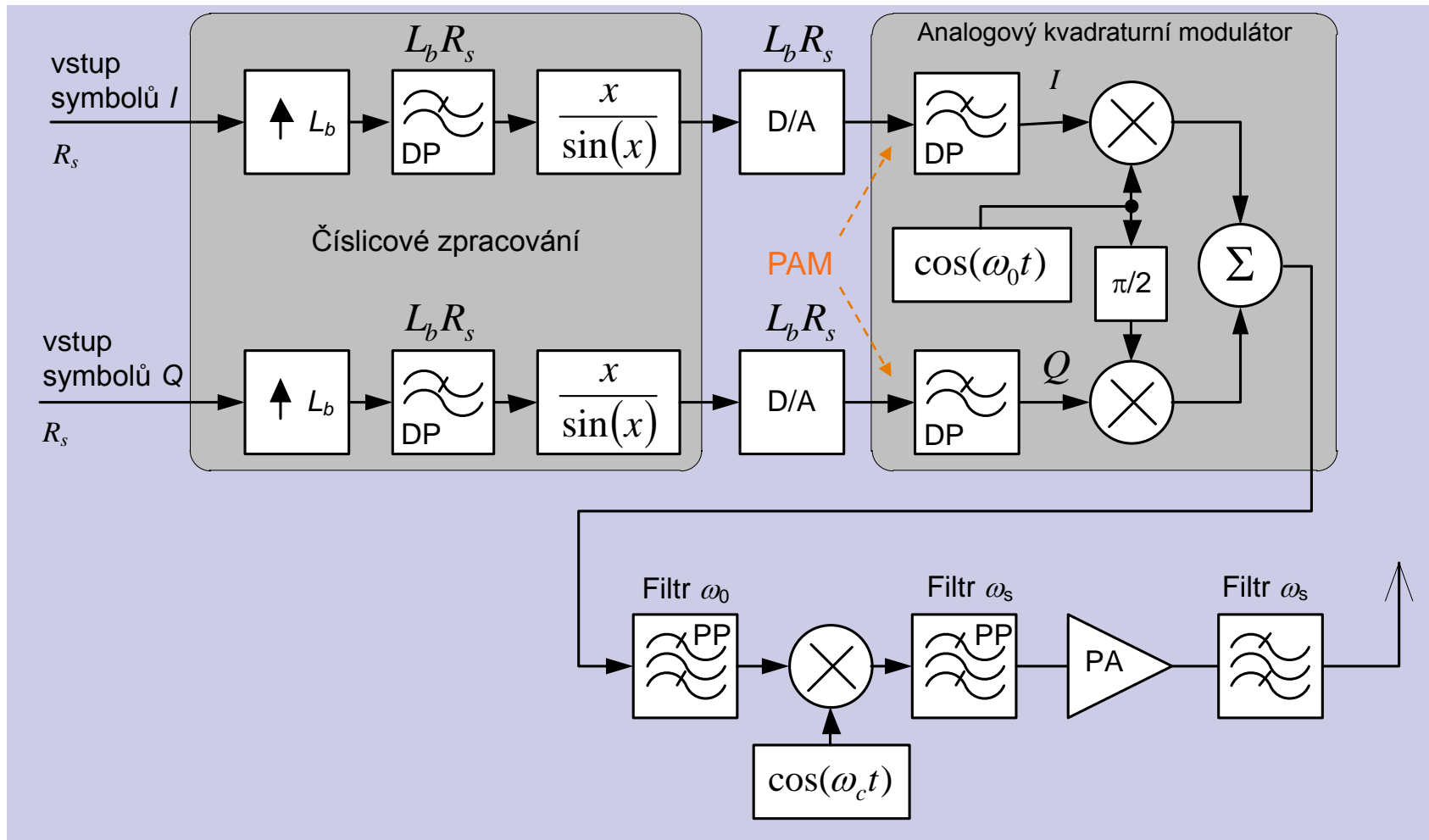
Vlastnosti

- Společně s kmitočtem nosné se násobí i šířka pásma.
- Složitější zapojení (potřeba PLL).
- + Modulátor pracuje na nízkém kmitočtu (dobrá linearita).

Rozdělení rádiových vysílačů

Vysílače s číslicovým zpracováním v základním pásmu

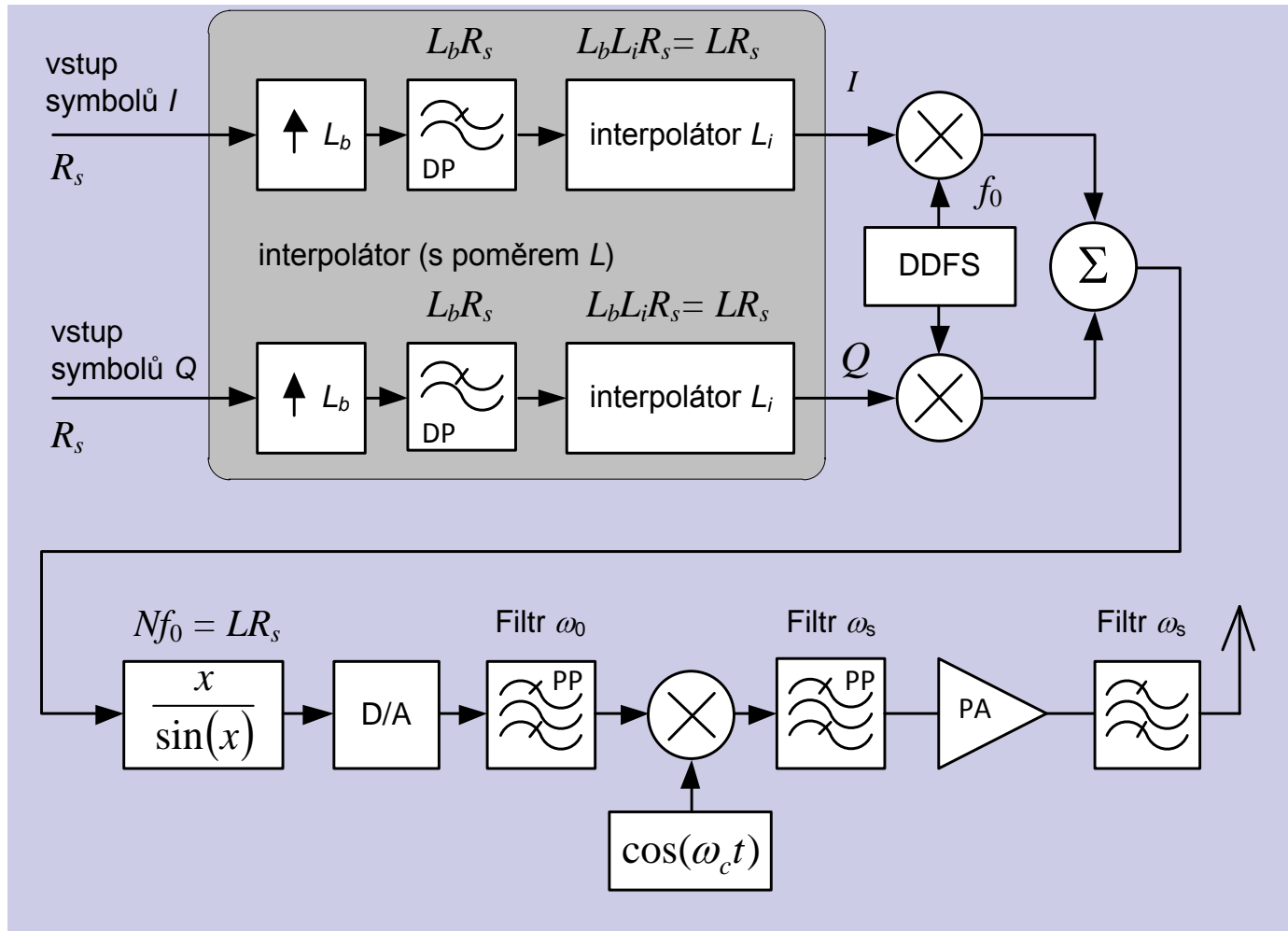
Modifikace vysílače se směřováním kmitočtu pro digitální modulace



Rozdělení rádiových vysílačů

Vysílače s číslicovým zpracováním v MF pásmu

Modifikace vysílače se směřováním kmitočtu pro digitální modulace



Př.:

Kmitočet DDFS:

$f_0 = 200$ MHz,

Počet vzorku na periodu nosné:

$N = 5$,

Symbol. rychlost:

$R_s = 2$ Msymb/s,

⇒

Celkový
interpolační
poměr:

$L = Nf_0/R_s =$

$= 500$

Obvodové řešení rádiových vysílačů

Pracovní třída, pracovní režim

Pracovní třída

je definována polovičním úhlem otevření Θ výstupního proudu

- A: $\Theta = 180^\circ$,
- AB: $90^\circ < \Theta < 180^\circ$,
- B: $\Theta = 90^\circ$,
- C: $\Theta < 90^\circ$

Pracovní režim

Je dán veličinami: $u_{vst}(t)$, $u_{výst}(t)$, $i_{vst}(t)$, $i_{výst}(t)$ a jejich harmonickými složkami. Pro výpočet proudů nesetřvačného SG stačí znát **statické charakteristiky**: $i_{vst}(u_{vst}, u_{výst})$, $i_{výst}(u_{vst}, u_{výst})$.

Převodní charakteristiky:

závislost $i_{výst}(u_{vst})$ pro konstantní $u_{výst}$

Obvodové řešení rádiových vysílačů

