

Föreläsning 12

Blandare

Kapitel 7.1 – 7.3 i Pozar

Senaste föreläsningen

- Effektförstärkare
 - Ickelinjär förstärkare
 - S-parametrar är inte längre användbara
 - Olika klasser, A, B, C
 - Samt AB, D, E, F...
 - Design av effektförstärkare
 - Från load-pull välj Γ_L som ger önskad prestanda
 - Konjugatanpassa ingången

Mattias Thorsell

1



Mattias Thorsell

2



Dagens föreläsning

- Utnyttja att transistorn är icke-linjär
- Blandare (Mixer)
 - Uppkonverterande
 - Nedkonverterande
 - Spegelfrekvens

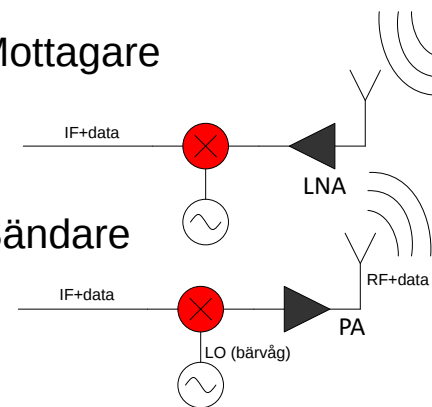
Mattias Thorsell

3



Sändar-mottagare på blockrepresentation

- Mottagare
- Sändare
- Förstärkare designas för att undvika intermodulation (icke-linjär karaktäristik)
- I blandare eftersträvas intermodulation
 - Kontrollerad intermodulation skapar summa och skillnadsfrekvenser



Mattias Thorsell

4



Mixer vs förstärkare

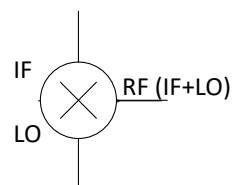
Förstärkare

- Låg effekt förstärks linjärt
- Sinus in sinus ut, ingen frekvenstranslation

$$P_{in} \rightarrow P_{ut} = GP_{in}$$

Mixer

- IF signal på ingången multipliceras med LO signal
- Hög LO effekt driver mixern in i det icke linjära området
- Skapar summa och skillnadsfrekvenser

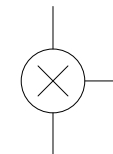


Mattias Thorsell

5

Ideal mixer

- En blandare (mixer) representeras av symbolen



- Illustrerande att utsignalen är produkten av insignalerna

$$\cos(\omega_1 t) \cos(\omega_2 t) = \frac{1}{2} \cos[(\omega_1 + \omega_2)t] + \cos[(\omega_1 - \omega_2)t] + \dots$$

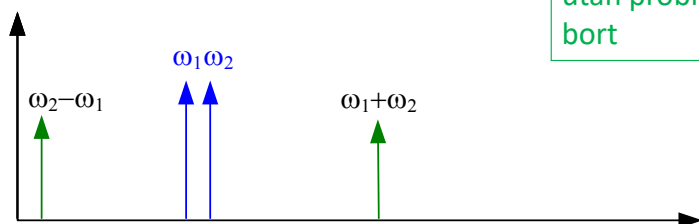
Mattias Thorsell

6

En ideal mixer

- Idealt så blandas frekvenserna ω_1 och ω_2 i en mixer enbart till endera av
 - skillnadsfrekvensen $\omega_1 - \omega_2$ (nedkonverterande mixer)
 - summafrequensen $\omega_1 + \omega_2$ (uppkonverterande mixer)

I tillämpningar ligger skillnads och summafrequenserna långt ifrån varandra och kan utan problem filtreras bort

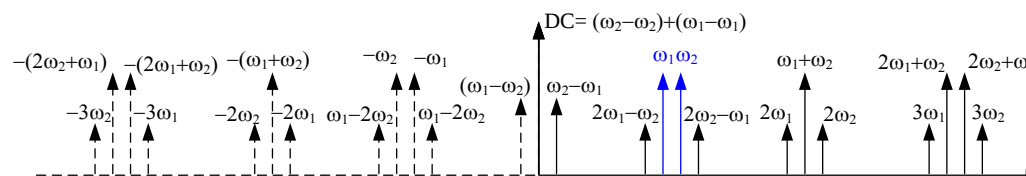


Mattias Thorsell

7

Intermodulationsdistorsion

- Om signalen $v_i = \cos \omega_1 t + \cos \omega_2 t$ skickas in i en icke linjär komponent med respons $v_o = a_0 + a_1 v_i + a_2 v_i^2 + a_3 v_i^3 + \dots$ erhålls följande spektra



Mattias Thorsell

8

Vilka icke linjäriteter är önskvärda?

- Jämna ordningens icke linjäriteter kommer att ge upphov till summa och skillnadsfrekvenser

$$v_o = a_2 v_i^2 + a_4 v_i^4 + \dots$$
- Udda ordningens termer

$$v_o = a_1 v_i + a_3 v_i^3 + \dots$$

 ger inte önskvärd karaktäristik, de bör minimeras eftersom de ger upphov till tredje ordningens övertoner som blandas med intressanta signaler

Övning

- Tenta 2007, tal 5

Användbara formler

- Trigonometriska 1:an och dubbla vinkeln för cosinus ger oss

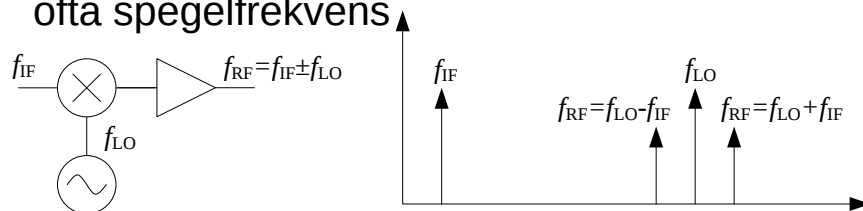
$$\left. \begin{aligned} \sin^2 \theta + \cos^2 \theta &= 1 \\ \cos^2 \theta - \sin^2 \theta &= \cos 2\theta \end{aligned} \right\} \cos^2 \theta = \frac{1 + \cos 2\theta}{2}$$

- Additionsformler för cosinus ger oss

$$\left. \begin{aligned} \cos(\theta_1 + \theta_2) &= \cos \theta_1 \cos \theta_2 - \sin \theta_1 \sin \theta_2 \\ \cos(\theta_1 - \theta_2) &= \cos \theta_1 \cos \theta_2 + \sin \theta_1 \sin \theta_2 \end{aligned} \right\} \cos \theta_1 \cos \theta_2 = \frac{1}{2} \cos(\theta_1 + \theta_2) + \frac{1}{2} \cos(\theta_1 - \theta_2)$$

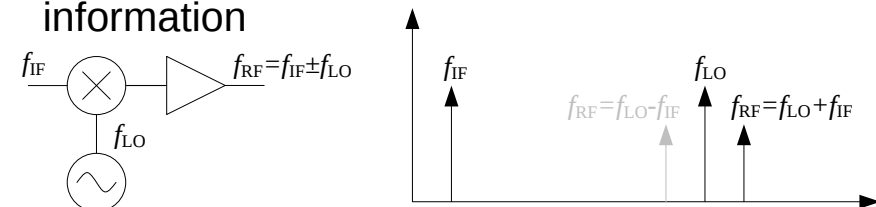
Nedkonverterande mixer

- Flyttar en RF frekvens (f_{RF}) ned till en IF frekvens (f_{IF}) genom multiplikation med en LO frekvens (f_{LO})
- Två frekvenser (sidband) runt LO frekvensen konverteras ned till f_{IF} respektive $-f_{IF}$
- De undre sidbandet som orsakar $-f_{IF}$ kallas ofta spegelfrekvens



Uppkonverterande mixer

- Flyttar en IF frekvens (f_{IF}) upp till en RF frekvens (f_{RF}) genom multiplikation med en LO frekvens (f_{LO})
- Två sidband symmetriskt placerade runt LO frekvensen
- Endera sidband kan användas för att bära information



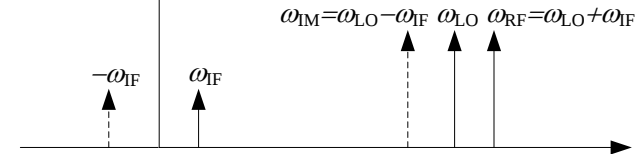
Verklig mixer

- I en verklig mixer fås alla intermodulationsprodukter
- Vissa är av större relevans än andra
- Frekvenser som måste beaktas
 - Spegelfrekvensen
 - LO läckage
 - RF läckage
 - Övertoner av tredje ordningen

Spegelfrekvens

- Betrakta mixerns överföringsfunktion och dess spektra
 $(K \cos \theta_{LO} \cos \theta_{RF})^2 =$

$$K^2 \left[\frac{1}{2} \cos 2\theta_{LO} + \frac{1}{2} \cos 2\theta_{RF} + \cos(\theta_{LO} + \theta_{RF}) + \cos(\theta_{LO} - \theta_{RF}) \right]$$



- Vid nedkonvertering så kommer både spegelfrekvensen ω_{IM} och RF frekvensen ω_{RF} konverteras till ω_{IF} (och $-\omega_{IF}$)
- Vid uppkonvertering så kan inte $-\omega_{IF}$ skiljas från ω_{IF}

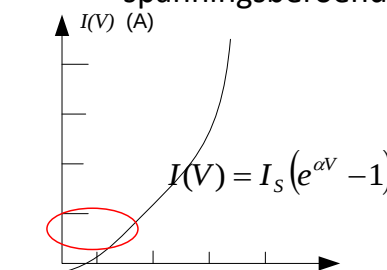
Spegelfrekvensens inverkan på kommunikation

- Information kan skickas i såväl ω_{IM} som ω_{RF}
- Enbart en, single-side band (SSB) mottagare
 - Spegelfrekvens måste undertryckas
- I båda, double sideband (DSB) mottagare
 - Dubbel bandbredd
 - Måste separera ω_{IM} och ω_{RF}
- Undertryckning av spegel samt separation av ω_{IM} och ω_{RF} kan åstadkommas med två mixer block arbetande 90° ur fas

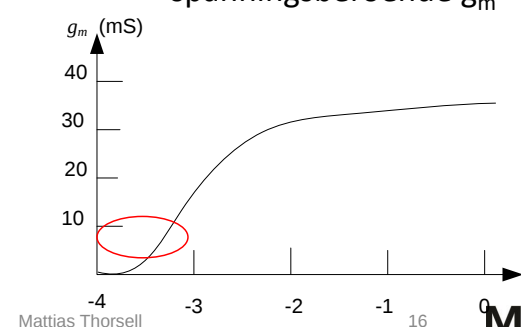
Diodmixrar och Transistormixrar

- Det icke linjära element som skapar summa och skillnadsfrekvenser kan realiseras antingen av en diod eller transistor

Diod har exponentiellt spänningsberoende



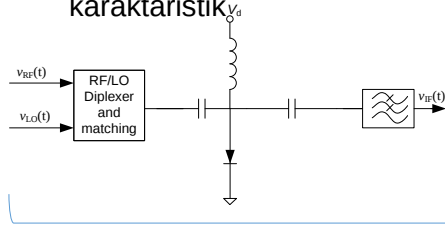
Transistor har spänningsberoende g_m



Diodmixrar och Transistormixrar

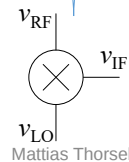
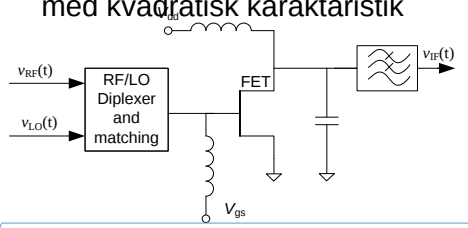
Diodmixer

- Diod biaserad i icke linjärt område med kvadratisk karaktäristik



Transistor mixer

- Transistor (oftast FET) biaserad i icke linjärt område med kvadratisk karaktäristik



Mattias Thorsell

17

Diod mixrar vs transistormixrar

- Diodmixrar har generellt lägre brusfaktor
 - Men även mer förluster
 - Minimering av totalt brus förutsätter låg brusfaktor i efterföljande förstärkare
- Transistormixrar
 - Lägre konverteringsförluster, eller rentav konverteringsförstärkning
 - Bättre linjäritet

Mattias Thorsell

18

Konverteringsförluster

- Förluster i frekvenstranformeringen

Nedkonverterare

Uppkonverterare

$$L_C = 10 \log_{10} \frac{\text{Tillgänglig g RF effekt}}{\text{Tillgänglig g IF effekt}}$$

$$L_C = 10 \log_{10} \frac{\text{Tillgänglig IF effekt}}{\text{Tillgänglig RF effekt}}$$

- Beror på

- delvis resistiva förluster inne i mixern
- framförallt hur mycket effekt som spillar över till andra frekvenser inkluderande dc och fundamentalerna f_1 och f_2
 - starkt varierande med LO effekt

Mattias Thorsell

19

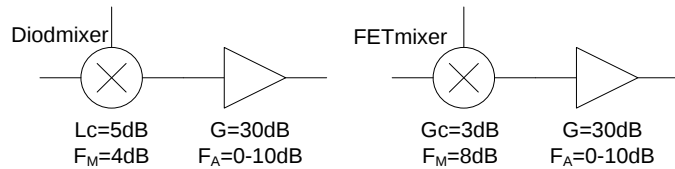
Brusfaktor

- Transistor eller diodmixer
 - Diodmixrar har generellt lägre brusfaktor
 - Men även högre konverteringsförluster, så de kräver en extra förstärkare vars brusfaktor måste begränsas
- Dubbel sidband mixer eller enkel-sidband mixer
 - SSB mixer har högre brus eftersom signalstyrka tappas till ett icke-utnyttjat sidband
- Precis som i förstärkare adderas brus från
 - aktiva element (diod, transistor)
 - termiskt brus (resistiv dämpning)

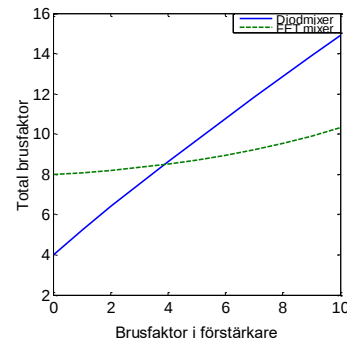
Mattias Thorsell

20

Uppgift 7.3 i Pozar



- Beräkna totala konverteringsförlusterna för
 - Diodmixer följt av förstärkare
 - FET mixer följt av förstärkare
- Jämför totala brusfaktorn som funktion av brusfaktor hos förstärkaren



Sammanfattning

- Blandare utnyttjar transistorns icke-linjära karakteristik
- Andra ordningens icke-linjäritet ger upphov till
 - Summa- och skillnadsfrekvens
 - Spegelfrekvenser
- Prestandakrav
 - Konverteringsförluster
 - LO-undertryckning
 - Spegelundertryckning
 - Brusfaktor