

Föreläsning 13

Oscillatorer

Kapitel 8.1 – 8.2

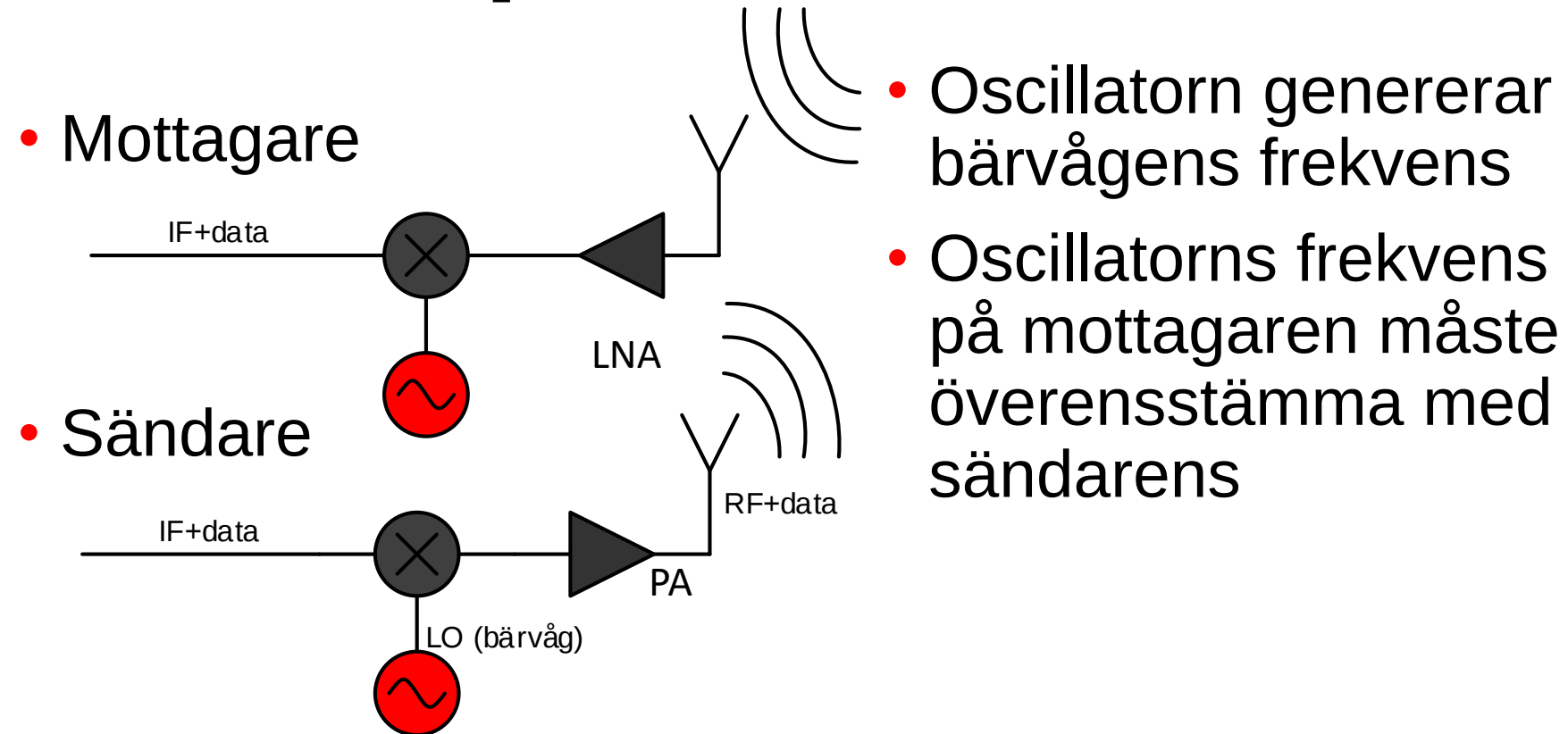
Senaste föreläsning

- Blandare (Mixer)
 - Utnyttja icke linjära karakteristiken i en komponent
 - Andra ordningens icke linjäritet skapar summa och skillnadsfrekvens
 - Spegelfrekvens
 - Konverteringsförluster/förstärkning
 - Diod- eller FET-blandare

Dagens föreläsning

- Signalgenerering
- Fasbrus
- Villkor för oscillation
- Oscillatordesign
 - Negativ resistansoscillator

Sändar-mottagare på blockrepresentation

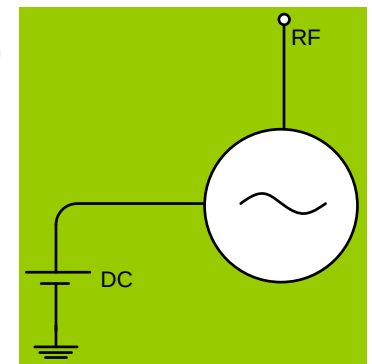


- Oscillatorn genererar bärvågens frekvens
- Oscillatorns frekvens på mottagaren måste överensstämma med sändarens

Oscillatorn

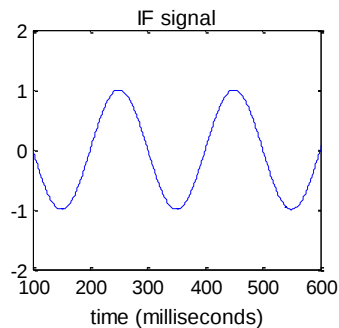
- En oscillator är en icke-stabil självsvängande förstärkare
- Oscillatorn är nödvändig för att generera bärvåg i sändaren samt en referens för nedblandning i mottagaren
- Spänningsstyrd oscillator -VCO efter engelskans voltage controlled oscillator

En oscillator konverterar en DC signal
Till en mikrovågssignal

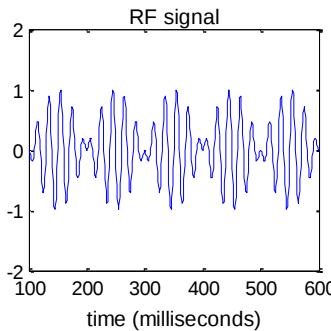
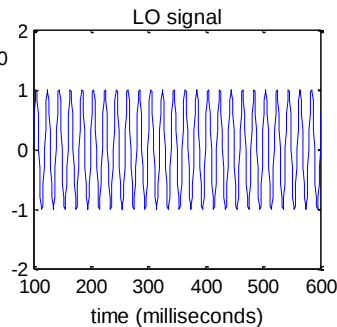
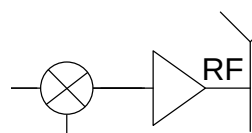


Varför behövs oscillatorer

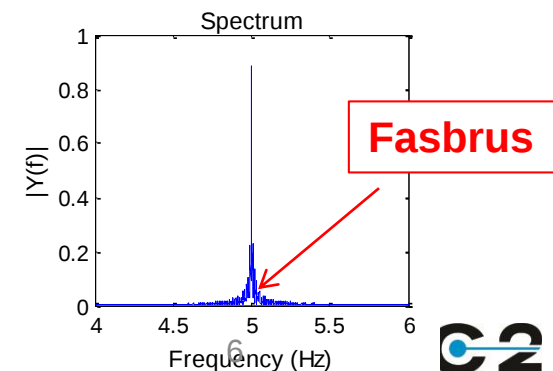
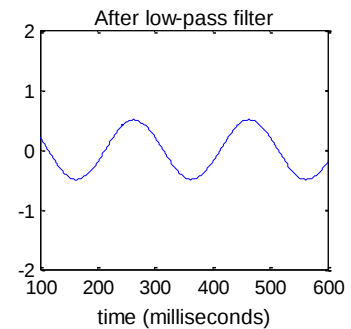
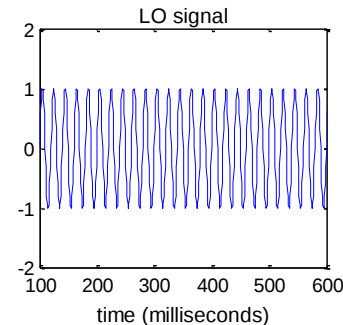
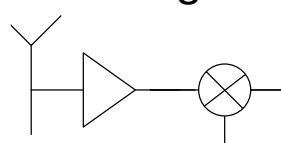
En IF signal



Radio
Sändare



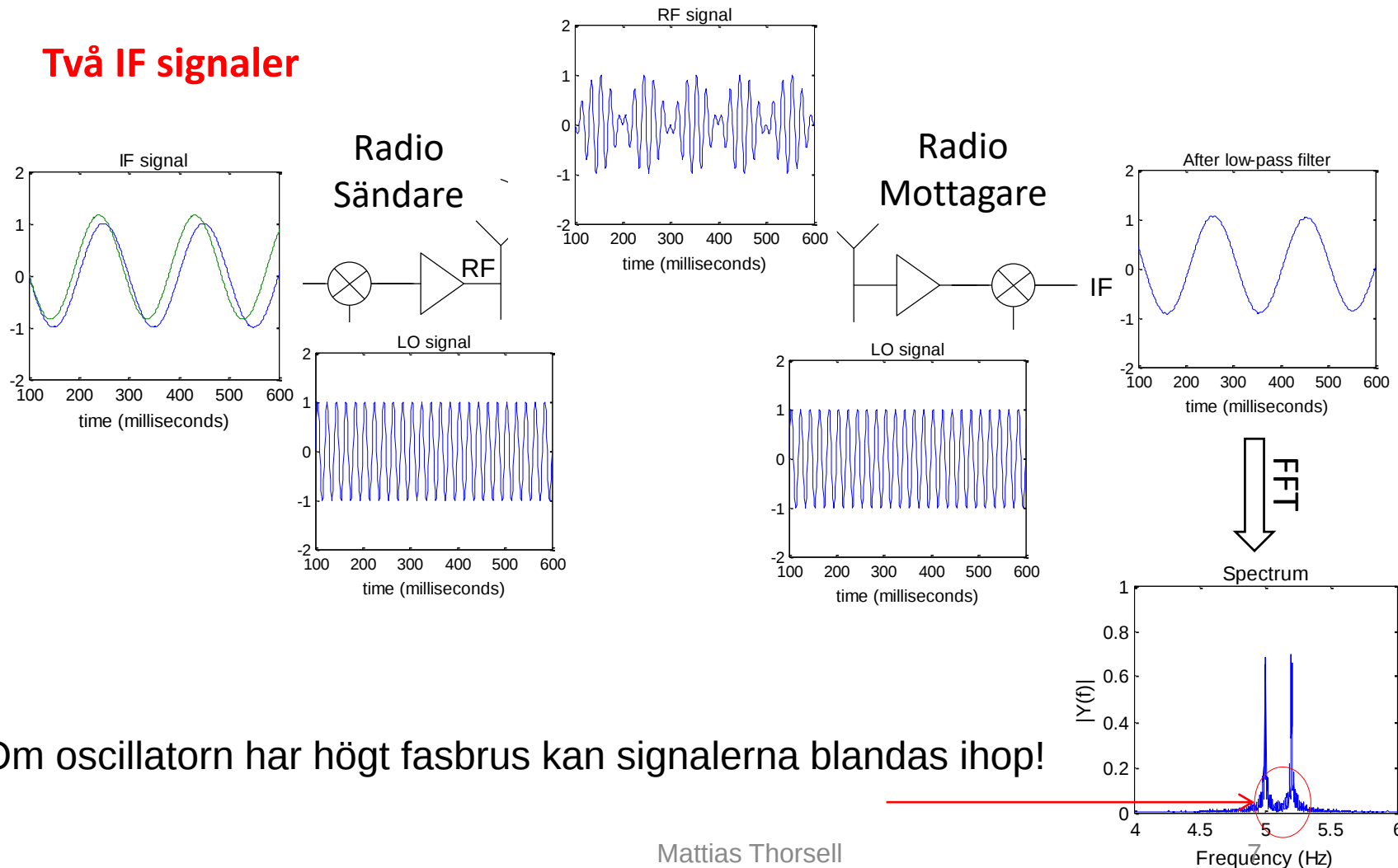
Radio
Mottagare



Så ser det ut med en modulerad IF signal
-Hur ser det ut med två modulerade IF signaler?

Krav på en oscillator

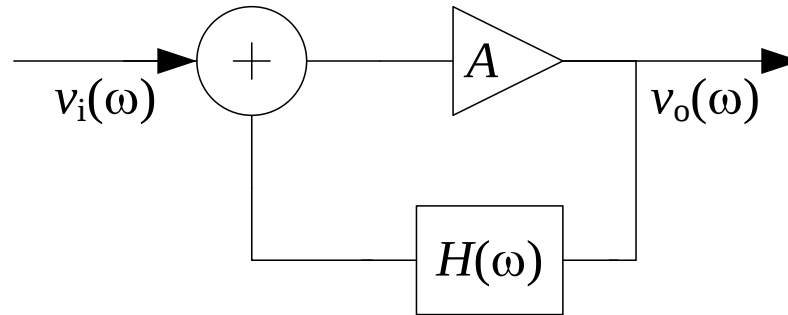
Två IF signaler



Om oscillatorn har högt fasbrus kan signalerna blandas ihop!

Modell av en oscillator

- Förstärkare med feed-back mellan utgång och ingång



- Överföringsfunktion

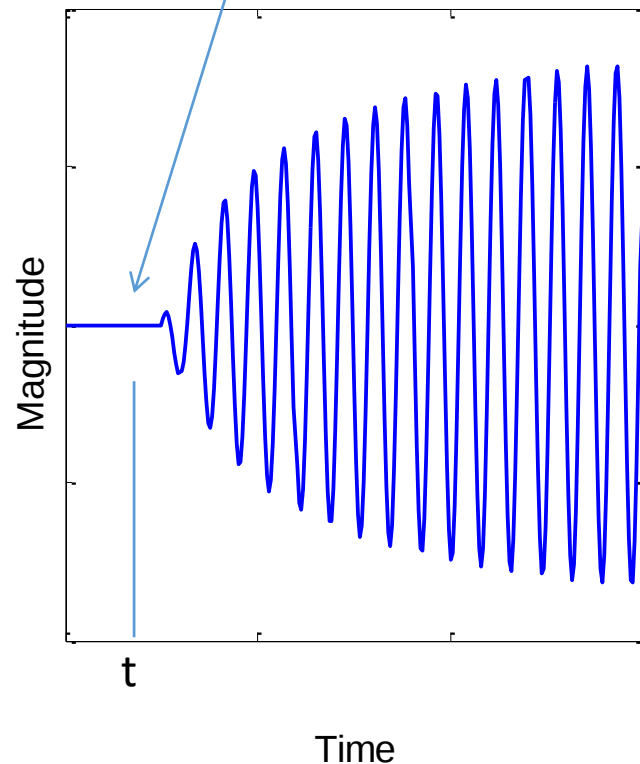
$$V_o(\omega) = \frac{A}{1 - AH(\omega)} V_i(\omega)$$

- Villkor för oscillation

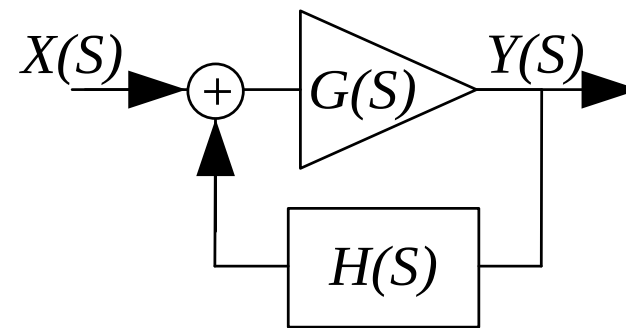
- Barkhaussens kriterium $1 - AH(\omega) = 0$

Oscillatorns transientsvar

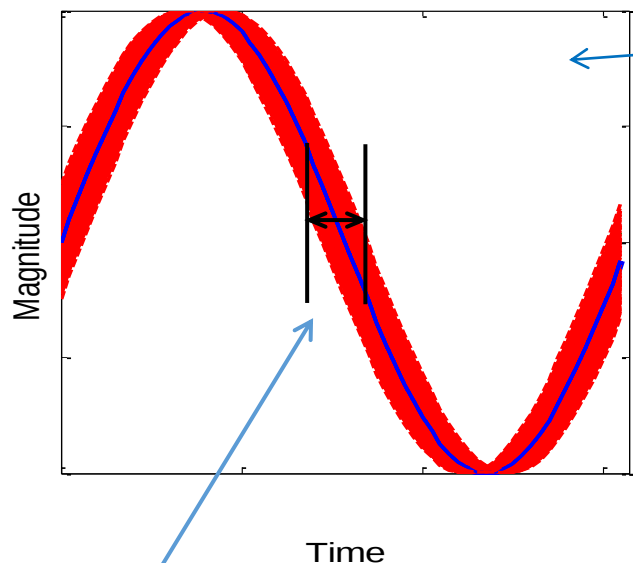
Brus utifrån startar oscillationen



- Amplituden ökar till mättnad
- Stabilt tillstånd uppnås
 - Små frekvens och amplitudvariationer
 - Frekvensvariationer kallas jitter eller fasbrus



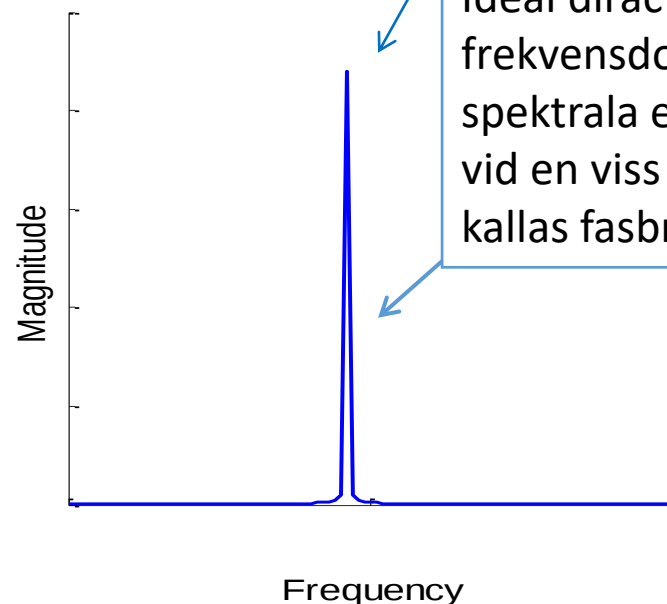
Frekvensstabilitet



En ren sinus blir otydlig och standardavvikelsen av nollgenomgångens kallas jitter

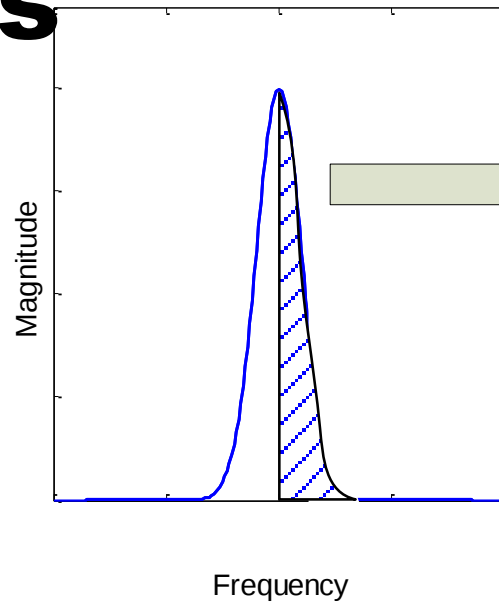
$$X_{in}(I_0, j\omega_0) + X_L(j\omega_0) = 0$$

Frekvensstabiliteten hos en oscillator uttryckas i tiddomän som jitter, eller i frekvensdomän som fasbrus



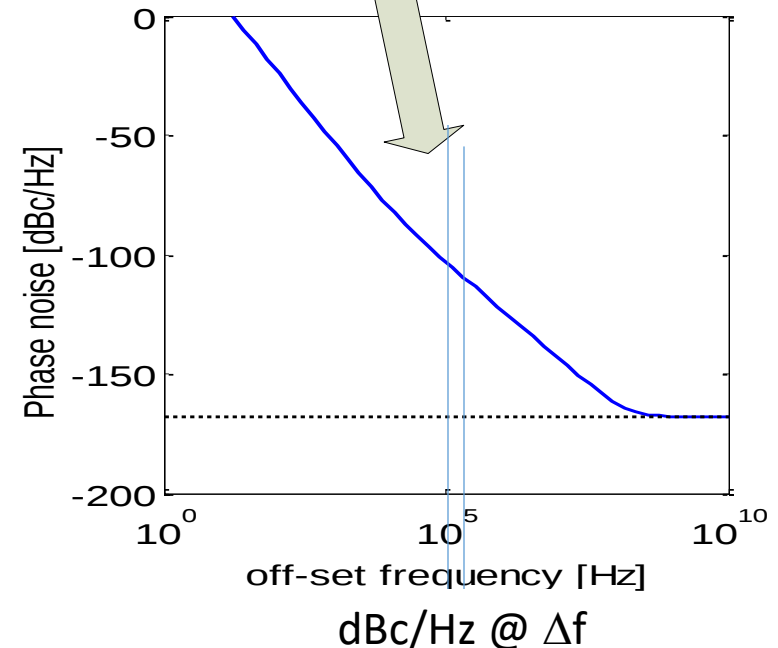
Ideal dirac är breddad i frekvensdomän, och den spektrala effekttätheten vid en viss off-set frekvens kallas fasbrus

Fasbrus



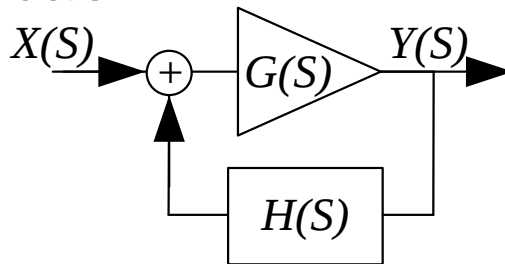
Fasbrus presenteras generellt som ena sidbandets spektrala effekt densitet normaliserat till totala effekten i bärvågen (dBc/Hz @ Δf) (plottas normalt i log-skala)

Fasbruset (breddningen av linjebredden) är till stor del på grund av förluster i resonatorn, alltså Q-faktor



Oscillatorer

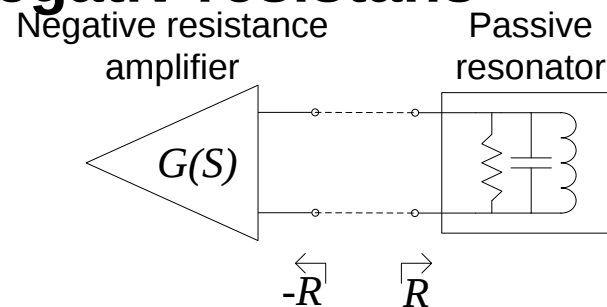
Feed-back



$$Y(S) = X(S) \frac{G(S)}{1 - G(S)H(S)}$$

- Positiv feedback förstärkare med oändlig förstärkning
- **$1 - G(s)H(s) = 0$** (1)
- Om (1) är uppfylld vid en viss frekvens så kan oscillation spontant uppstå

Negativ resistans



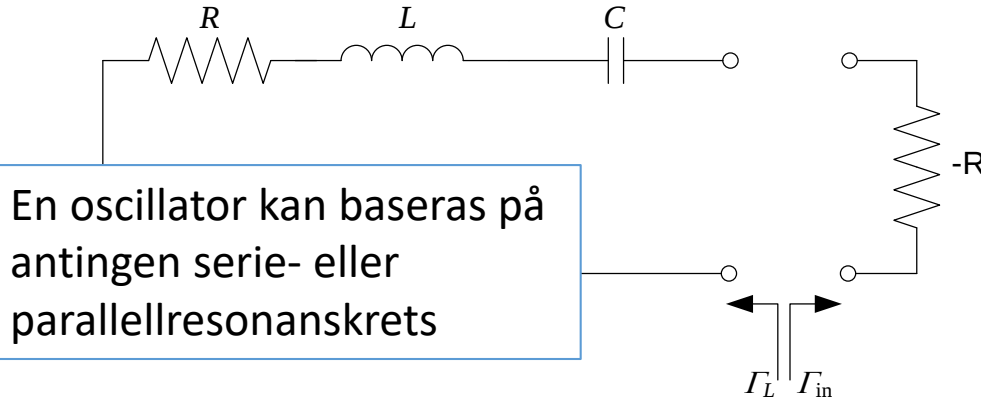
$$X_{in}(I_0, j\omega_0) + X_L(j\omega_0) = 0$$

$$R_{in}(I_0, j\omega_0) + R_L = 0$$

- En passiv resonator sätter frekvensen
- Aktiv krets (reflektions förstärkare/negativ resistans) injicerar energi för att kompensera förluster

Negativ-resistans oscillatorer vid steady-state oscillation

- Reflektionsförstärkaren kompenserar för förlusterna (R) i en passiv resonator

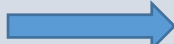


Den negativa resistansen neutraliserar dämpningen i resonatorn så att oscillation kan uppstå vid

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Förluster kan anges i form av "quality (Q) factor" som kan uttryckas i R

$$Q = \omega \frac{\text{stored energy}}{\text{dissipated power}} \quad Q = \omega_0 CR = \frac{R}{\omega_0 L}$$

Högt Q innebär små förluster
 lågbrusig oscillator

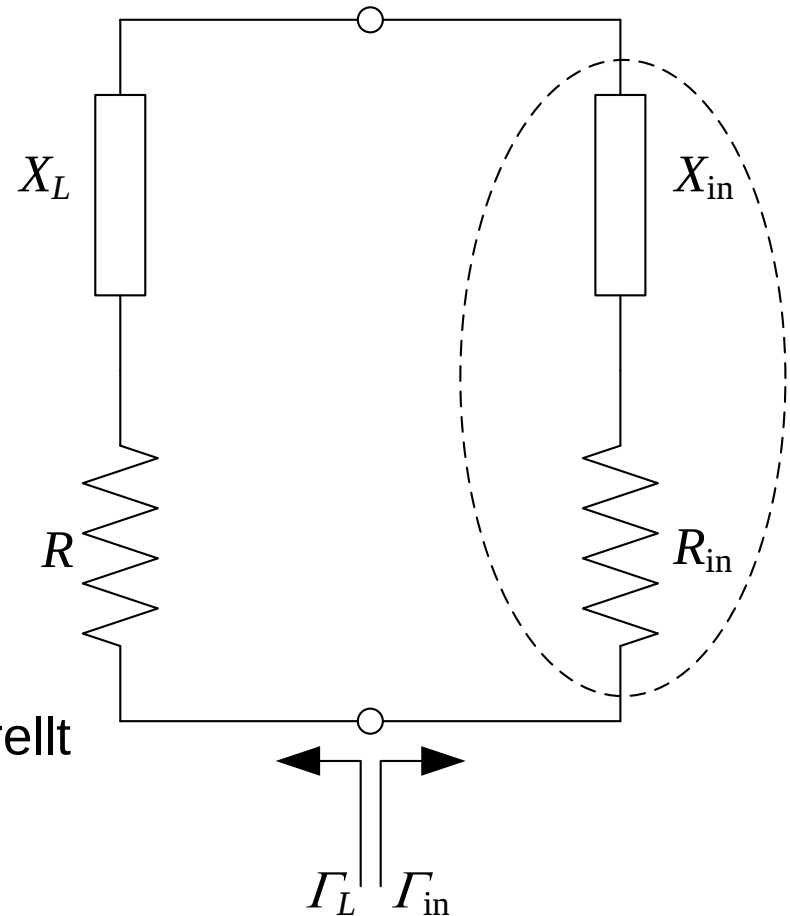
Negativ resistans oscillator

- Vilkoret för oscillation kan skrivas:

$$\left\{ \begin{array}{l} (Z_L + Z_{in})I = 0, \\ I \neq 0 \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} R_L + R_{in} = 0 \\ X_L + X_{in} = 0 \end{array} \right.$$

Detta gäller för steady-state oscillation
För att oscillation skall starta krävs generellt
 $R_{in} < -R_L$

Tumregel: Designa för $R_{in} = -3R_L$



Start-upp för oscillator

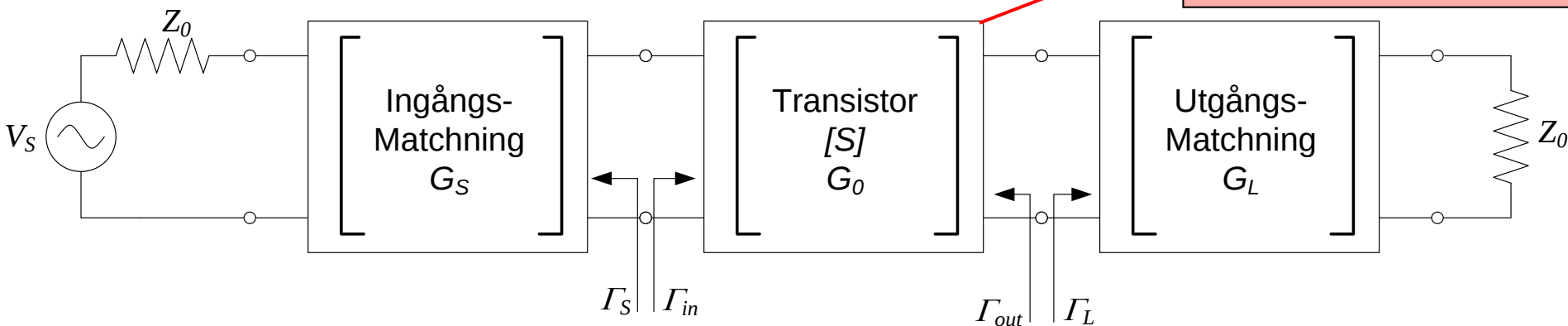
- Initialt $R_{in}(I, j\omega) + R_L < 0$
 - Extern störning startar oscillatorn vid frekvens som uppfyller $X_{in}(I, j\omega) + X_L(j\omega) = 0$
- När strömmen ökar i kretsen så minskar $R_{in}(I, j\omega)$ till dess $R_{in}(I_0, j\omega_0) + R_L = 0$
 - Då fås steady-state oscillation vid frekvens som uppfyller

$$X_{in}(I_0, j\omega_0) + X_L(j\omega_0) = 0$$
 - Frekvensen vid start upp skiljer sig i regel från frekvensen vid steady-state pga strömberoende X_{in}

$$X_{in}(I, j\omega) \neq X_{in}(I_0, j\omega_0)$$

En förstärkare, återblick

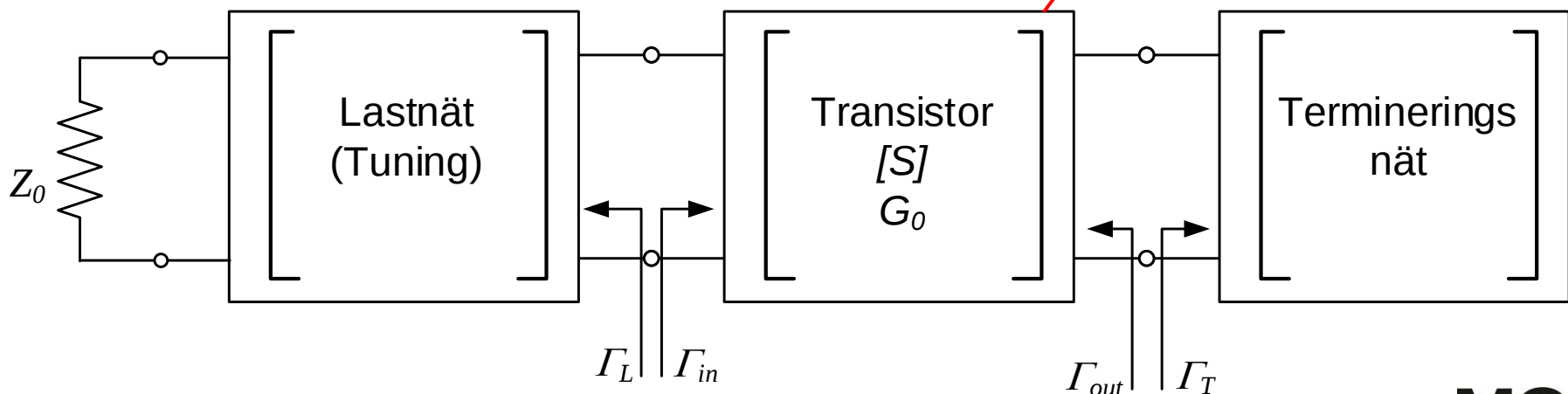
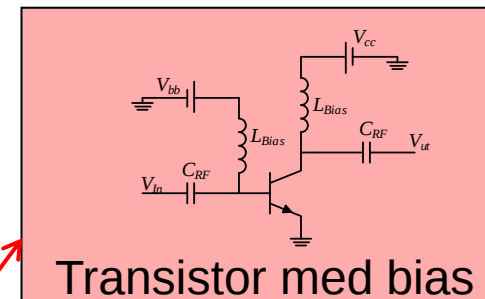
- En förstärkare består av
 - Stabil transistor med biaseringsnät
 - Matchningsnät för ingång och utgång
- Förstärker en signal



$$G_T = \frac{P_L}{P_{avs}} = \frac{(1 - |\Gamma_S|^2)}{|1 - \Gamma_S \Gamma_{in}|^2} |S_{21}|^2 \frac{(1 - |\Gamma_L|^2)}{|1 - S_{22} \Gamma_L|^2} = G_S G_0 G_L$$

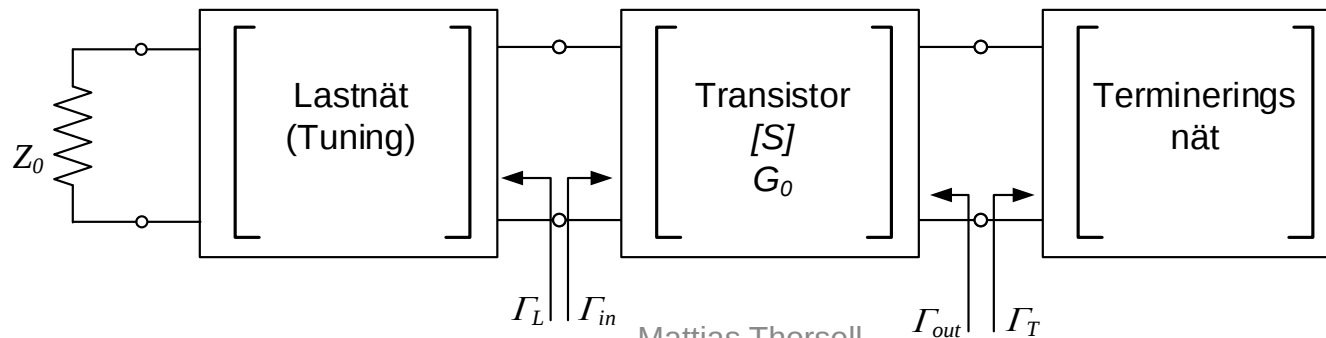
Negativ resistans oscillator

- En oscillator består av
 - Transistor med biaseringsnät
 - Termineringsnät på utgång (ingång)
 - Lastnät på ingång (utgång)
- Genererar en signal



Design av oscillator

- Terminera transistorns utgång (ingång) med en last som gör att den blir instabil
- Realdelen av ingångsimpedansen blir då negativ,
- På ingången designas sedan ett frekvensväljande nät (resonator) som sätter oscillationsfrekvensen



Oscillationsvillkor

- Vid steady-state oscillation gäller

$$\Gamma_L = \frac{Z_L - Z_C}{Z_L + Z_C} = \{Z_L = -Z_{in}\} = \frac{-Z_{in} - Z_C}{-Z_{in} + Z_C} = \frac{Z_{in} + Z_C}{Z_{in} - Z_C} = \frac{1}{\Gamma_{in}}$$

$$\Rightarrow \Gamma_L \Gamma_{in} = 1$$

$$\Gamma_{in} = S_{11} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_T}{1 - S_{22}\Gamma_T} = \frac{S_{11} - \Delta\Gamma_T}{1 - S_{22}\Gamma_T}$$

- På samma sätt

$$\Gamma_T = \frac{1 - S_{11}\Gamma_L}{S_{22} - \Delta\Gamma_L}$$

$$\Gamma_{out} = S_{22} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_L}{1 - S_{11}\Gamma_L} = \frac{S_{22} - \Delta\Gamma_L}{1 - S_{11}\Gamma_L}$$

$$\Gamma_{out}\Gamma_T = 1$$

Oscillator design

- Börja med att hitta en instabil utgångsterminering Γ_T för transistorn
 - Alternativ ingångsterminering
- Beräkna ingångsimpedansen Z_{in}
 - Alternativt utgångsimpedans Z_{ut}
- Välj en lastimpedans Z_L för ingången så att oscillationsvilkoret uppfylls
 - Alternativt utgången

$$R_L = -R_{in}/3$$

$$X_L = -X_{in}$$

Övning

- Designa en Oscillator vid 1 GHz
 - Använd ATF-55143
- S-parametrar vid $V_{DS} = 2V$, $I_{DS} = 10mA$

$$S = \begin{bmatrix} 0.82 \angle -58^\circ & 0.04 \angle 57^\circ \\ 10.56 \angle 128^\circ & 0.62 \angle -38^\circ \end{bmatrix}$$

Sammanfattning

- Oscillator är en självsvängande förstärkare
- Används för LO generering i sändare/mottagare
- Fasbrus
- Oscillationsvillkor

$$X_{in}(I_0, j\omega_0) + X_L(j\omega_0) = 0$$

$$R_{in}(I_0, j\omega_0) + R_L = 0$$