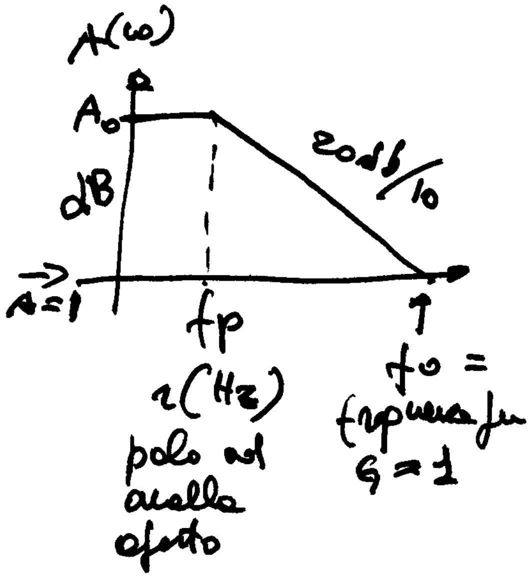
Complementi su operazionali.

- operazionale ideale $\Rightarrow$ stesso guadagno a tutte le frequenze

Andamento per Operazionale:

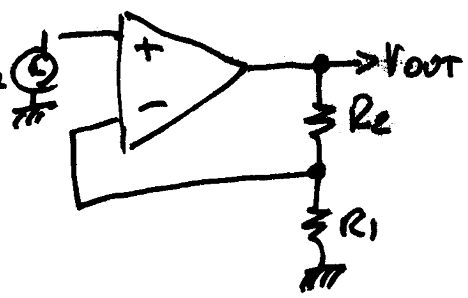
$$A(j\omega) = \frac{A_0}{1+j\frac{\omega}{\omega_p}} \equiv \frac{A_0}{1+j\frac{f}{f_p}}$$

open loop GAIN



- sembra andamento modesto
- ottima banda con feedback

In generale



$$V_{OUT} = A(j\omega)(v_+ - v_-) = A(j\omega)\cdot\left(V_{in} - V_{OUT}\frac{R_1}{R_1+R_2}\right)$$

$$V_{OUT} = \frac{A(j\omega)}{1+A(j\omega)\frac{R_1}{R_1+R_2}}\cdot V_{in} = \frac{A(j\omega)}{1+A(j\omega)\cdot\beta}$$

- mettendo $A(j\omega)$ con andamento da A_0

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A_0/(1+j\,\omega/\omega_p)}{1+A_0\beta/(1+j\frac{\omega}{\omega_p})} = \frac{A_0}{1+j\,\omega/\omega_p + A_0\beta}$$

GUADAGNO a loop chiuso

$$= \frac{A_0}{1+A_0\beta}\,\frac{1}{1+j\left[\omega/\omega_p(1+A_0\beta)\right]}$$

polo a $\omega_{fb} = \omega_p(1+A_0\beta)$ ← feedback per $\omega < \omega_{fb}$ $\qquad \frac{V_{OUT}}{V_{in}} = \frac{A_0}{1+A_0\beta}$

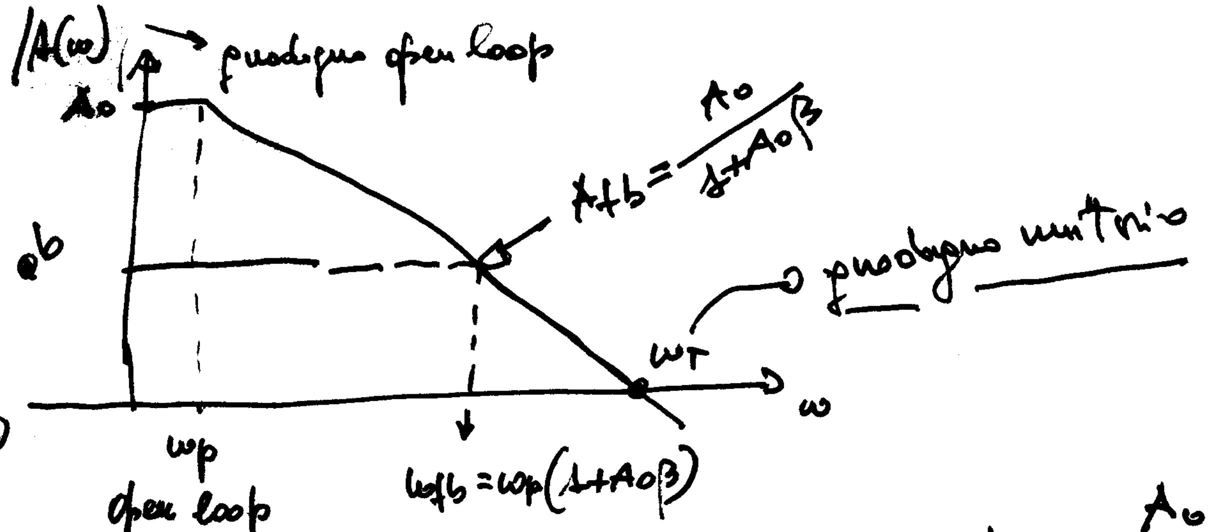
a grandi A_0 (loop forte) $= \frac{A_0}{A_0\beta} = \frac{1}{\beta} = \frac{R_2+R_1}{R}$

per amplificatore non invertente.

Allora: $\frac{\omega_{fb}}{1+A_0\beta} = \omega_p$

$\times A_0$

$= \frac{A_0}{1+A_0\beta}\,\omega_{fb} = A_0 \cdot \omega_p$



$\leftarrow$ da $\frac{A_0}{1+j\frac{\omega}{\omega_p}} = A(j\omega)$

per $A(j\omega) = 1 \Rightarrow \omega_T = A_0\omega_p$

per $\omega > \omega_p$

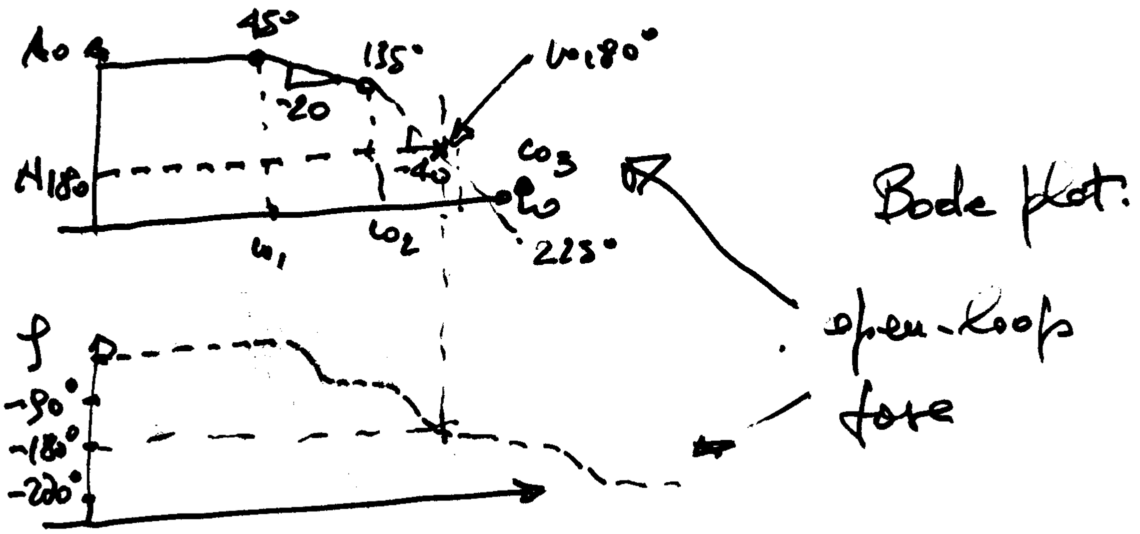
$A(j\omega) = \frac{A_0 \cdot \omega_p}{j\omega}$

$A(j\omega) = \frac{\omega_t}{j\omega} \rightarrow$

Stabilità di feedback.

- Possibili oscillazioni

- Sappiamo che ogni polo genera uno sfasamento di 90° rispetto al segnale di ingresso. Un circuito con 3 poli ha uno sfasamento che può essere 180° fra il 2° e 3° polo. Tale sfasamento può far diventare un feedback negativo → positivo.



$$A(j\omega)\Big|_{\omega=180°} = -A_{180} \quad \Rightarrow \times -1$$

$$A_{fb} = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A(j\omega)}{1+A(j\omega)\cdot\beta}$$

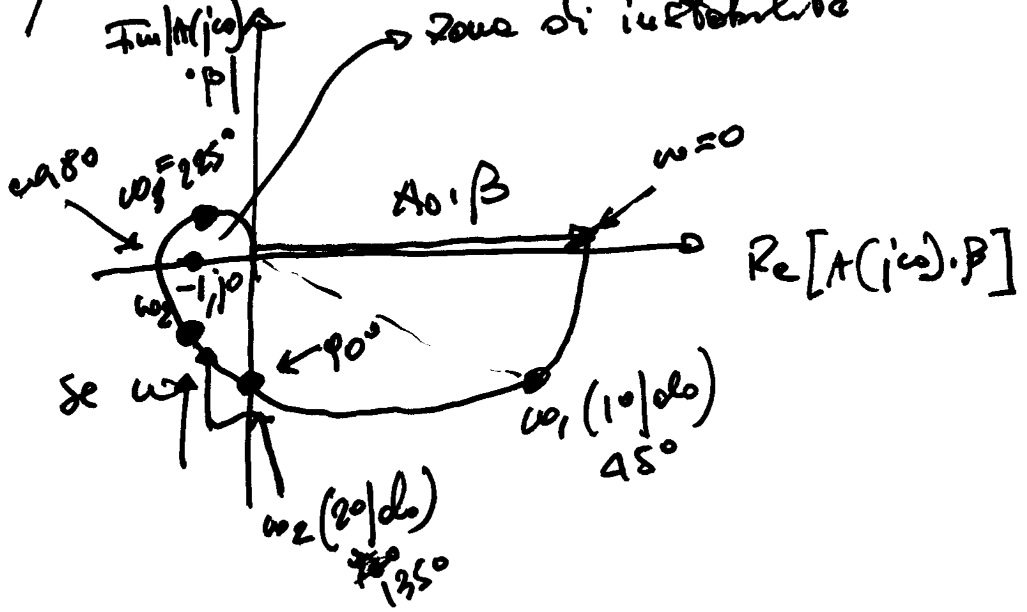
se V_{in} = sinusoide con $f = f_{180°}$ $\Rightarrow A_{fb} = \dfrac{-A_{180}}{1-A_{180}\cdot\beta}$

se $A_{180}\cdot\beta = 1$ ⇒ denominatore → 0 ⇒ $A_{fb} = \infty$
⇒ oscillazioni.

anche in assenza di segnale → si autosostiene.

Si calcola conoscendo $A(j\omega)$ e β.
↳ data sheet.

Nyquist plot.



a 180° $\Rightarrow Im[A(j\omega)\cdot\beta] = 0 \Rightarrow Re[A(j\omega)\cdot\beta] < 1$

Semplice modo per calcolare la stabilità

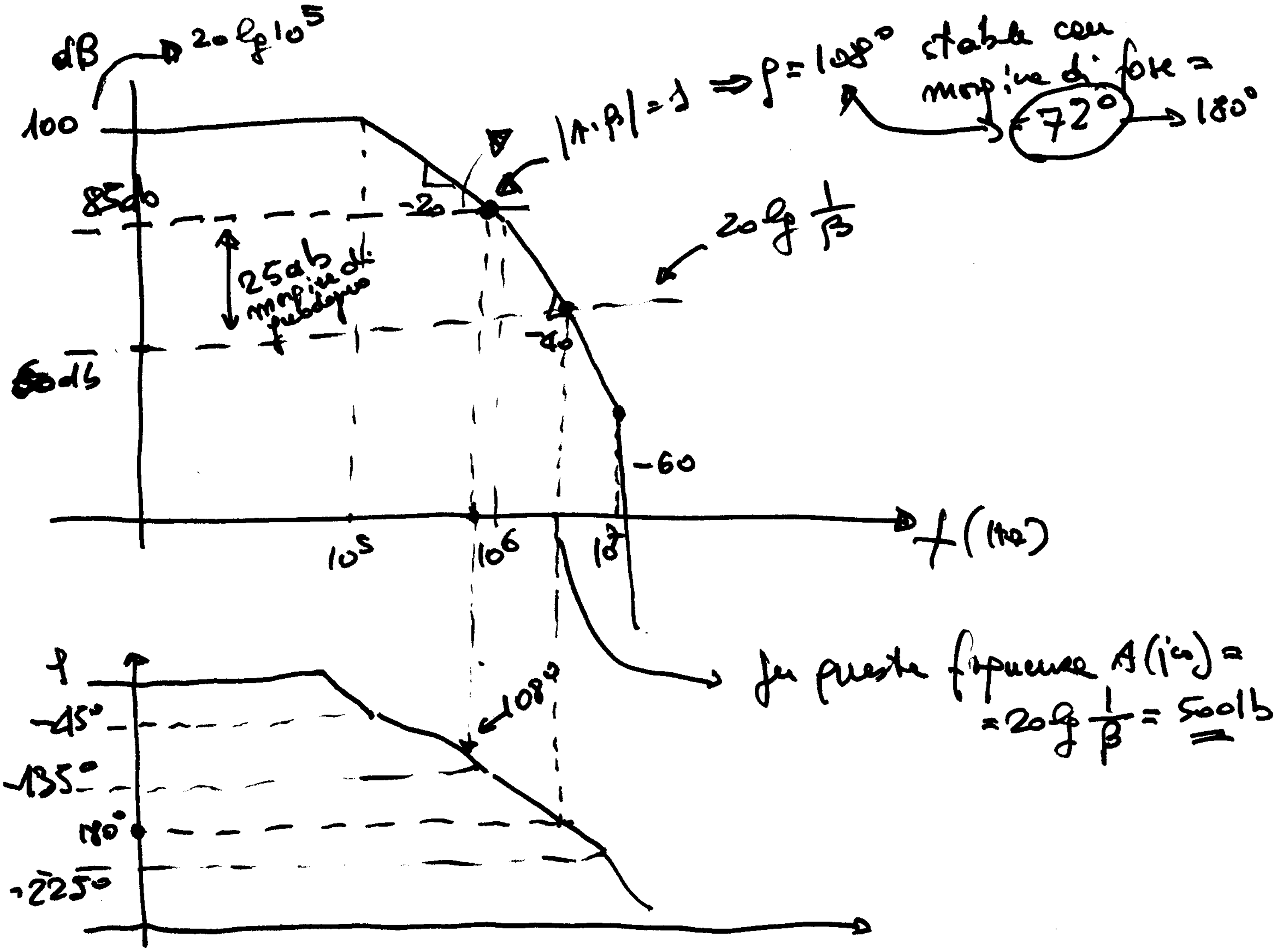
- Studiare $A\cdot\beta$

↳ $20\log|A\cdot\beta| = 20\log|A(j\omega)| - 20\log\frac{1}{\beta}$

$\Rightarrow$ graficare $20\log|A(j\omega)|$ e $20\log\frac{1}{\beta}$

Esempio supponiamo $A(j\omega)$ con 3 poli.

$$A = \frac{10^5}{(1+j\,f/10^5)(1+j\,f/10^6)(1+j\,f/10^7)}$$

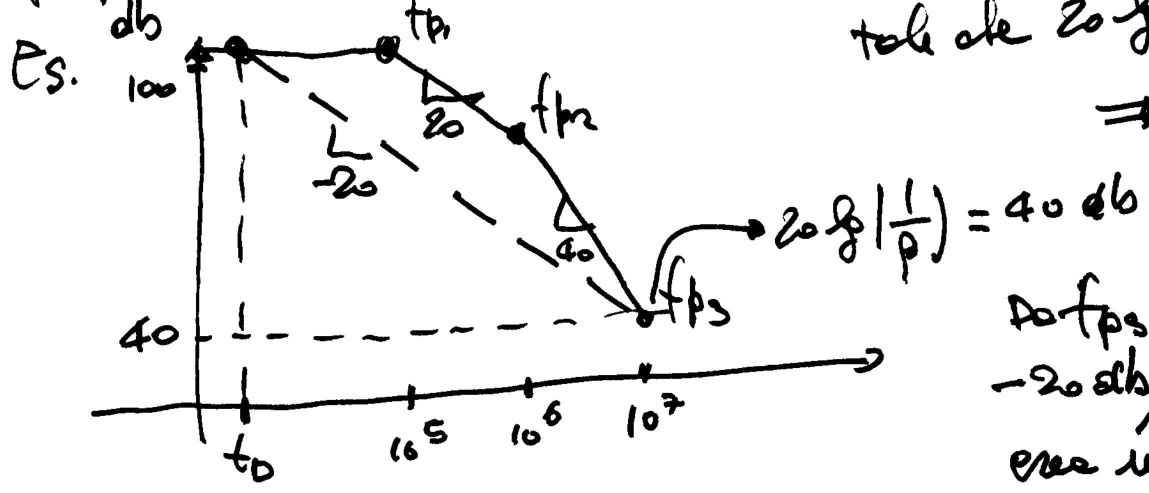


Criterio di stabilità: linea $20 \lg\left(\frac{1}{\beta}\right)$ intercetta $20 \lg|A|$ in un punto che cade con $-20db/10$

Compensazione.

- Introdurre un nuovo polo a sufficiente bassa frequenza per garantire sempre una caduta di $20db/10$.

Es.



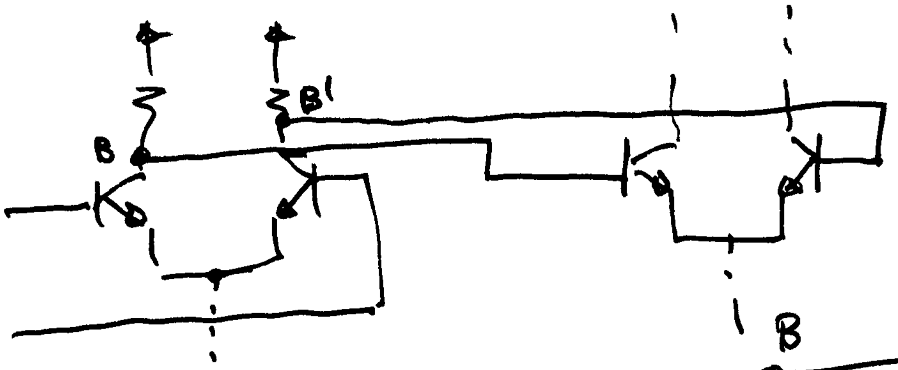
tale che $20 \lg\left(\frac{1}{\beta}\right) = 40db$
$\Rightarrow \beta = 10^{-2}$

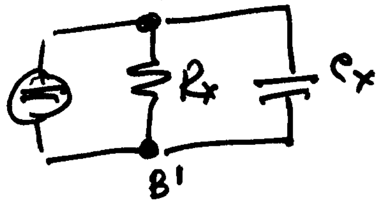
Da f_{p3} indietro con $-20db/10$ si crea un polo f_0

⇒ sfasamento a 40 db = 200° ⇒ oscillazione.

⇒ con nuovo polo f_b sfasamento = 135°

⇒ mettere capacità aggiuntiva





$$f_{p1} = \frac{1}{2\pi C_x R_x}$$

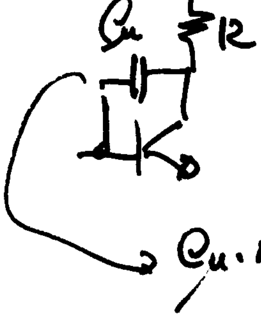
↓

aggiunta di un polo

$$f_D = \frac{1}{2\pi (C_x + C_e)\cdot R_x}$$

capacità aggiuntiva

Compensazione di Miller



→ $C_M \cdot A$

provoca effetto abbassamento in frequenza del polo, piccola capacità alta integrazione.