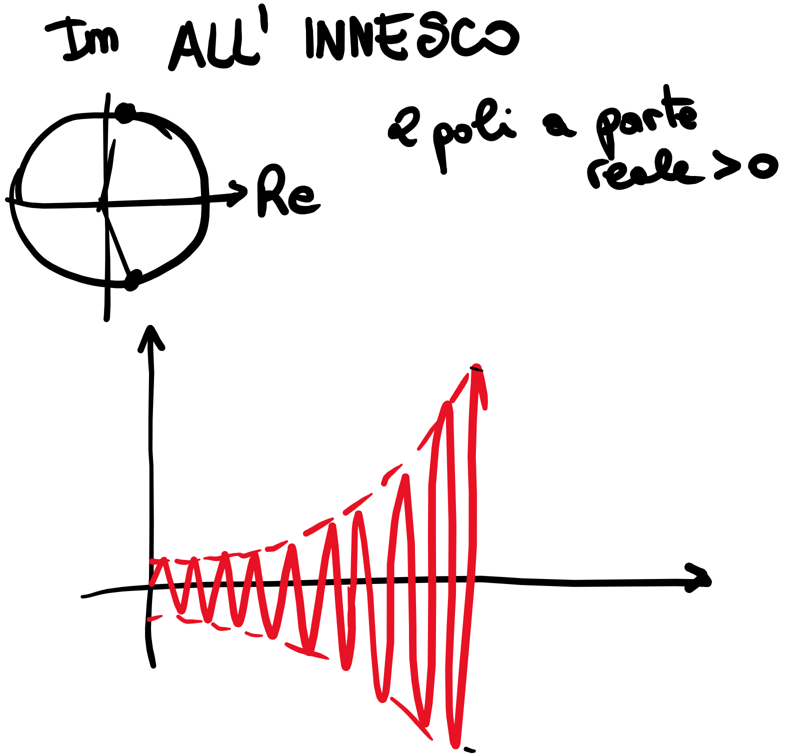
Oscillatori

OSCILLATORE: circuito in grado di fornire in uscita un SEGNALE PERIODICO a frequenza <u>PREFISSATA</u>.

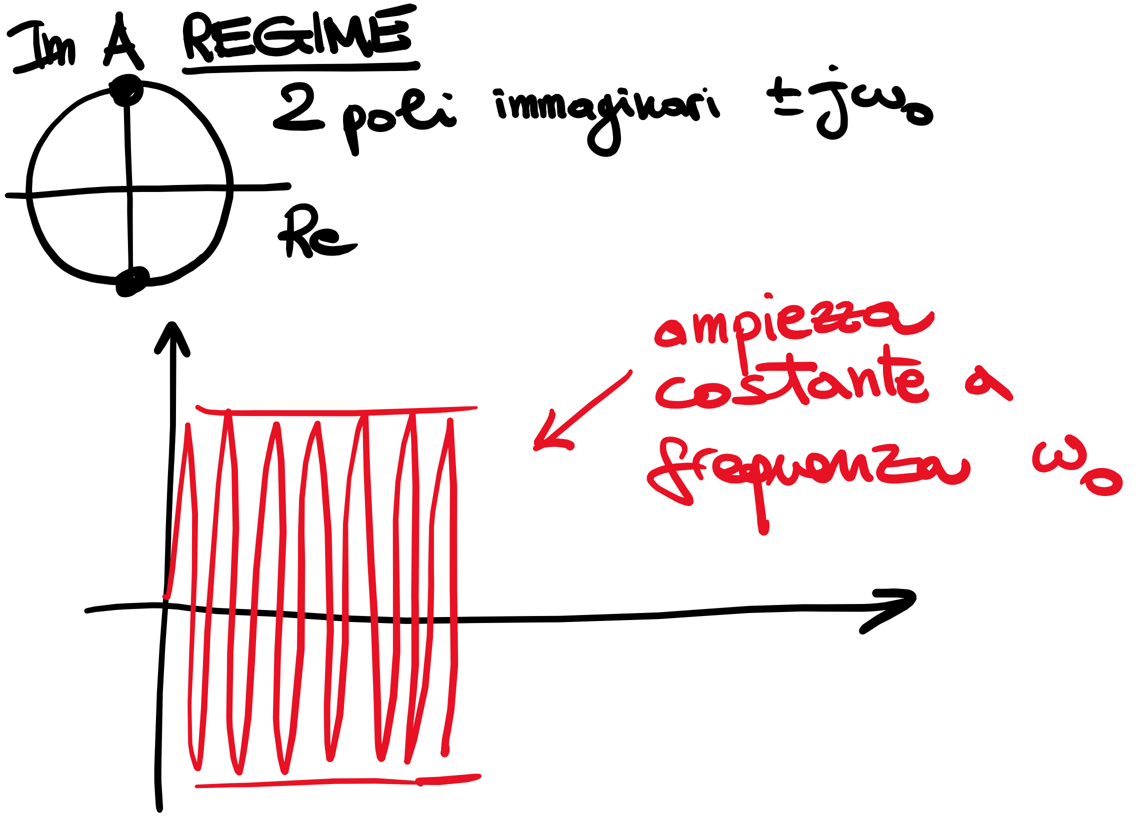
→ consideriamo gli oscillatori ottenuti da <u>SISTEMI LINEARI IN REAZIONE</u>

ALL' INNESCO



⇒

<u>A REGIME</u>



SISTEMA IN REAZIONE

$$A_F = \frac{A_e}{1-\beta A_e}$$

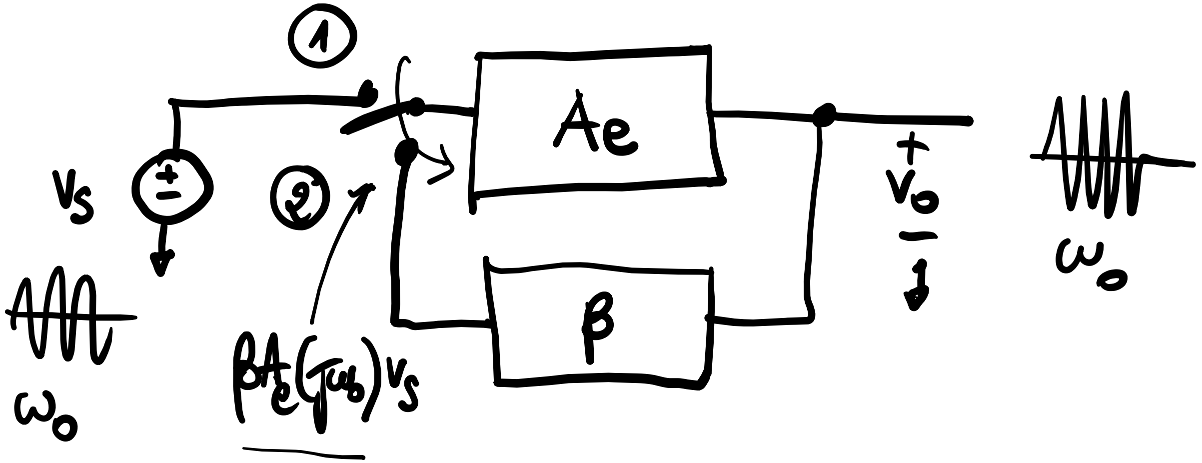
a REGIME
i poli di A_F sono $\pm j\omega_0$

$$1-\beta A_e(j\omega_0)=0 \Rightarrow \beta A_e(j\omega_0)=1$$

$$\Downarrow$$

CONDIZIONI DI BARKHAUSEN A REGIME

$$\boxed{\begin{aligned}|\beta A_e(j\omega_0)| &= 1\\ \angle \beta A_e(j\omega_0) &= 0\end{aligned}}$$



se $\beta A_e(j\omega_0)=1$
allora il segnale in 2 è uguale in fase al segnale in 1

CONDIZIONI DI BARKHAUSEN ALL' INNESCO

$$|\beta A_e(j\omega_0)| > 1$$
$$\angle \beta A_e(j\omega_0) = 0$$

← Condizione NECESSARIA per l'innesco (NON è SUFFICIENTE)

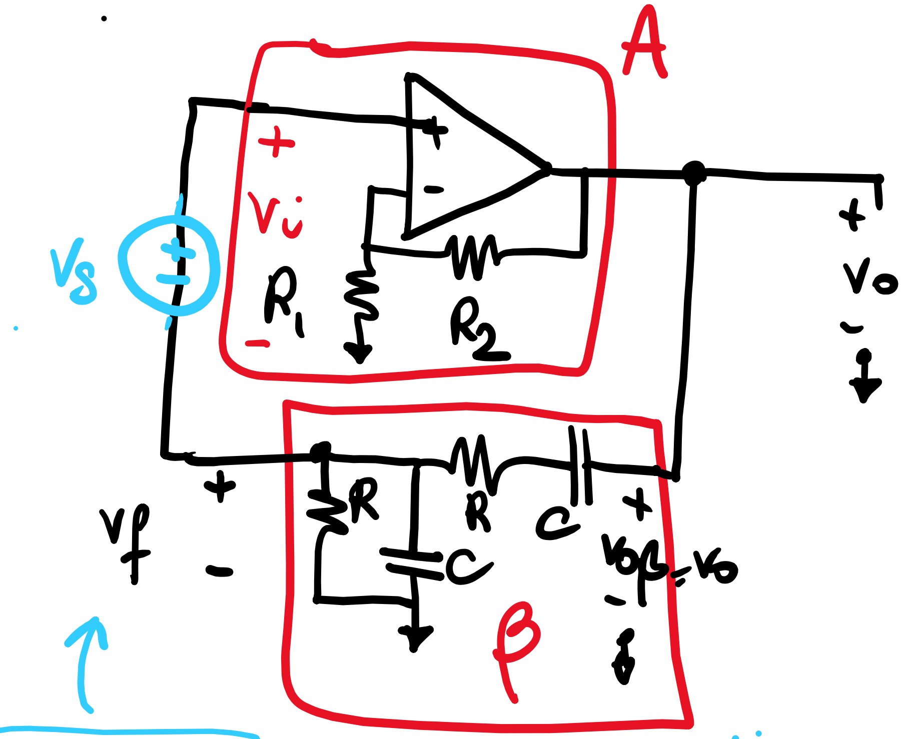
[es. se $\angle \beta A_e$ è monotona è anche SUFFICIENTE]

⇒ da capire → come si passa dall' innesco al regime (devono cambiare i poli)

→ come si innesca il sistema ?

⇒

Oscillatore a ponte di WIEN



$\boxed{V_i = V_s + V_f}$

inserzione di tensione

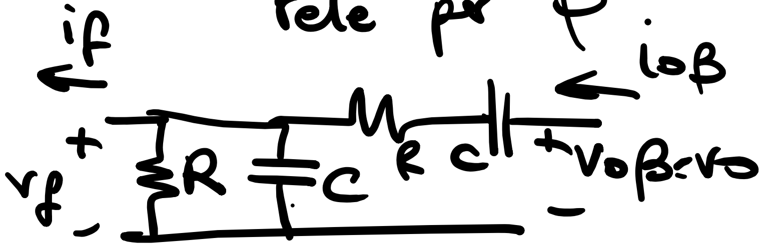
$x_{fi} = V_s$

Prelievo di tensione

$x_o = V_o$

$$A_e = \frac{V_o}{V_s}\Big|_{\beta=0} \qquad \beta = \frac{V_f}{V_o}\Big|_{i_f=0}$$

rete per β



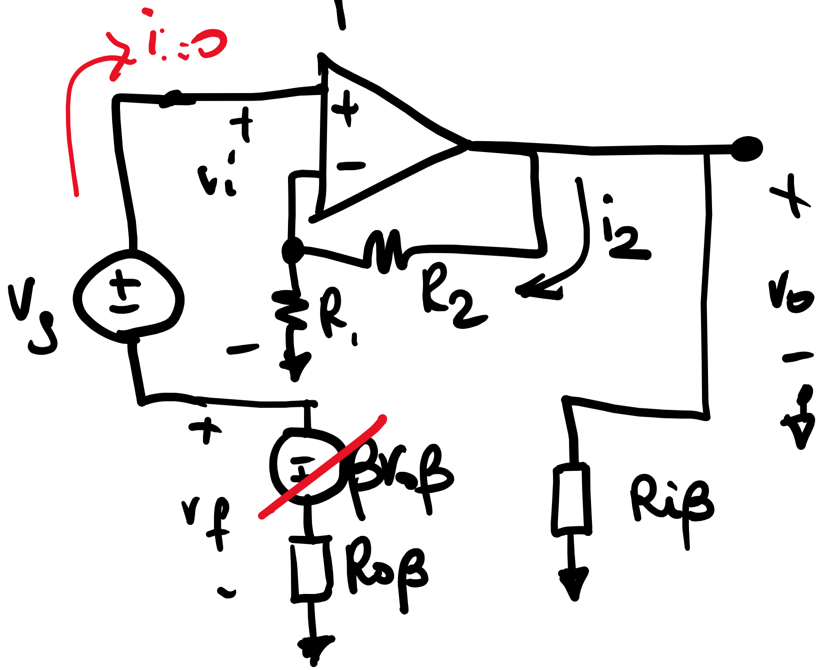
$$\begin{bmatrix} v_f \\ i_{o\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta & R_{o\beta} \\ \frac{1}{R_{i\beta}} & / \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{o\beta} \\ i_f \end{bmatrix}$$

$$\beta = \frac{V_f}{V_{o\beta}}\Big|_{i_f=0} = \frac{\left(R /\!/ \frac{1}{Cs}\right)}{\left(R /\!/ \frac{1}{Cs}\right) + \left[R + \frac{1}{Cs}\right]} = \frac{\frac{R}{RCs+1}}{\frac{R}{RCs+1} + R + \frac{1}{Cs}} =$$

$$= \frac{RCs}{RCs + RCs(RCs+1) + RCs+1} =$$

$$\beta = \frac{RCs}{R^2C^2s^2 + 3RCs + 1}$$

Rete per A_e



$$A_e = \left.\frac{v_o}{v_s}\right|_{\beta=0}$$

$v_i = v_s \rightarrow v_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_i$

$$\boxed{A_e = 1 + \frac{R_2}{R_1}}$$

(NB: STO TRASCURANDO IL POLO DELL'OPERAZIONALE)

VERIFICHIAMO IL CRITERIO DI BARKHAUSEN ALL'INNESCO

$$\underline{\angle \beta A_e(j\omega_0) = 0}$$

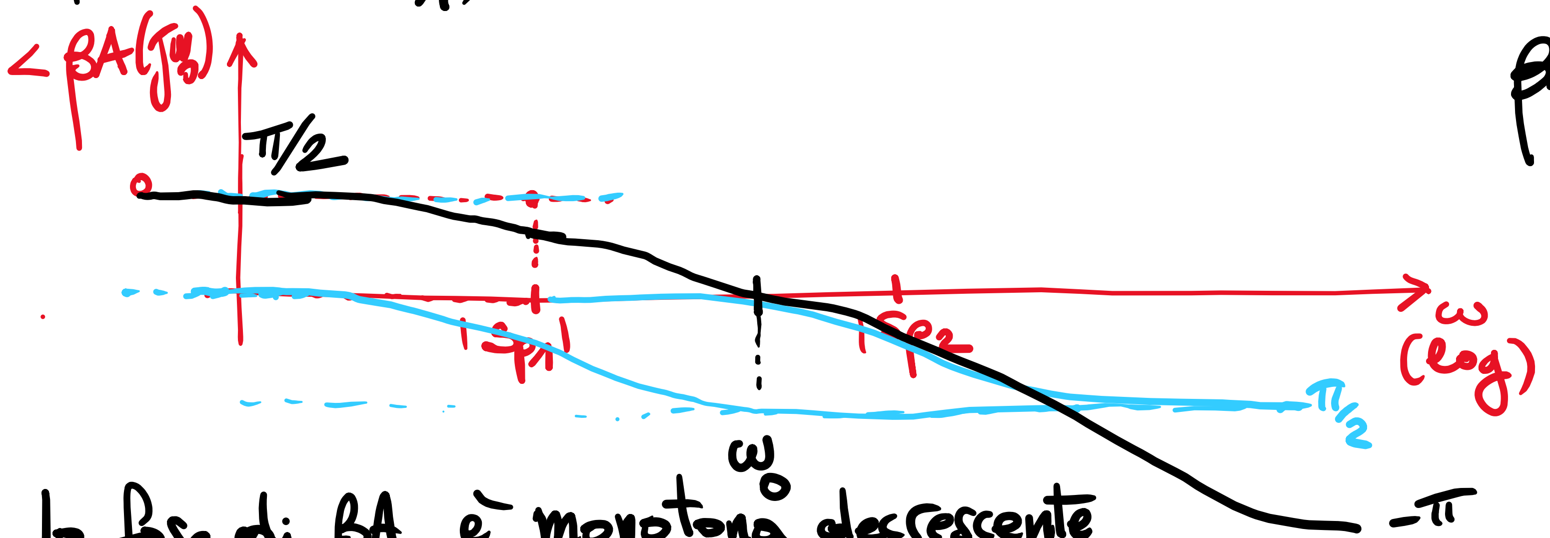
$$\beta A_e(s) = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{RCs}{R^2C^2s^2 + 3RCs + 1}$$

uno zero nell'origine

2 poli REALI NEGATIVI

$$\beta A_e(j\omega) = \left[1 + \frac{R_2}{R_1}\right] \cdot \frac{RCj\omega}{R^2C^2(j\omega)^2 + 3jRCs + 1}$$

$$\angle \beta A_e(j\omega) = \angle \overset{=0}{\left[1 + \frac{R_2}{R_1}\right]} + \angle \overset{\pi/2}{\underline{RCj\omega}} - \angle \left[\left(R^2C^2(j\omega)^2 + 3jRC\omega + 1\right)\right]$$



la fase di βA_e è monotona decrescente all'aumentare di ω, quindi esiste solo un valore ω_0 tale che $\underline{\underline{\angle \beta A_e(j\omega_0) = 0}}$

Affinché $\underline{\angle \beta A_e = 0}$ la parte reale del denominatore di βA_e si deve annullare

$$-R^2C^2\omega_0^2 + 1 = 0 \qquad \boxed{\omega_0 = \frac{1}{RC}} \leftarrow 1$$

$$\beta A_e(j\omega_0) = \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\frac{\cancel{RCj\omega_0}}{3\cancel{RCj\omega_0}} = \underline{\frac{1}{3}\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)}$$

$$|\beta A_e(j\omega_0)| > 1 \implies \boxed{\frac{R_2}{R_1} > 2} \leftarrow 2$$

CRITERIO DI BARKHAUSEN A REGIME

$$\angle \beta A_e(j\omega_0) = 0 \implies \omega_0 = \frac{1}{RC}$$

$$|\beta A_e(j\omega_0)| = 1 \implies \boxed{\frac{R_2}{R_1} = 2}$$

REGOLAZIONE DELL'AMPIEZZA A REGIME

ES. 1 USIAMO PER R_2 un **NTC** [Negative Temperature Coefficient]

$$R(T) = R_2(T_0)\left(1 + \underset{\substack{<0 \\ \text{Temperature coefficient}}}{TC}\,(T - T_0)\right)$$

Potenza dissipata in R_2 è $\underline{P_2 = R_2 i_2^2} = R_2 \dfrac{v_o^2}{(R_1+R_2)^2}$

se $R_2 \uparrow$ allora $P_2 \downarrow$

poli a parte reale >0

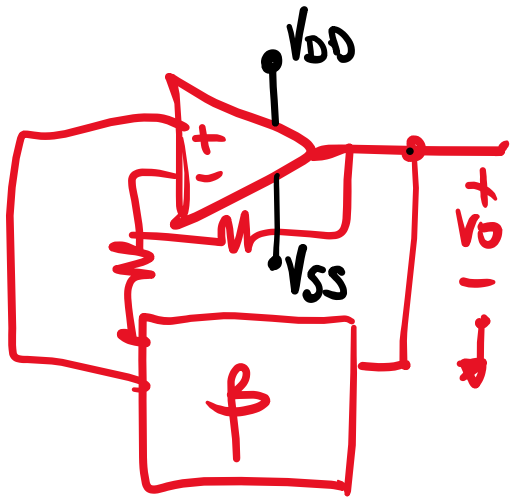
$\boxed{\text{se } v_o \uparrow} \rightarrow \boxed{P_2 \uparrow} \rightarrow \boxed{T \uparrow} \rightarrow \boxed{R_2 \downarrow} \rightarrow \boxed{\beta A_e \downarrow} \xrightarrow{\text{finché i poli non vanno a parte reale negativa}} \boxed{v_o \downarrow}$

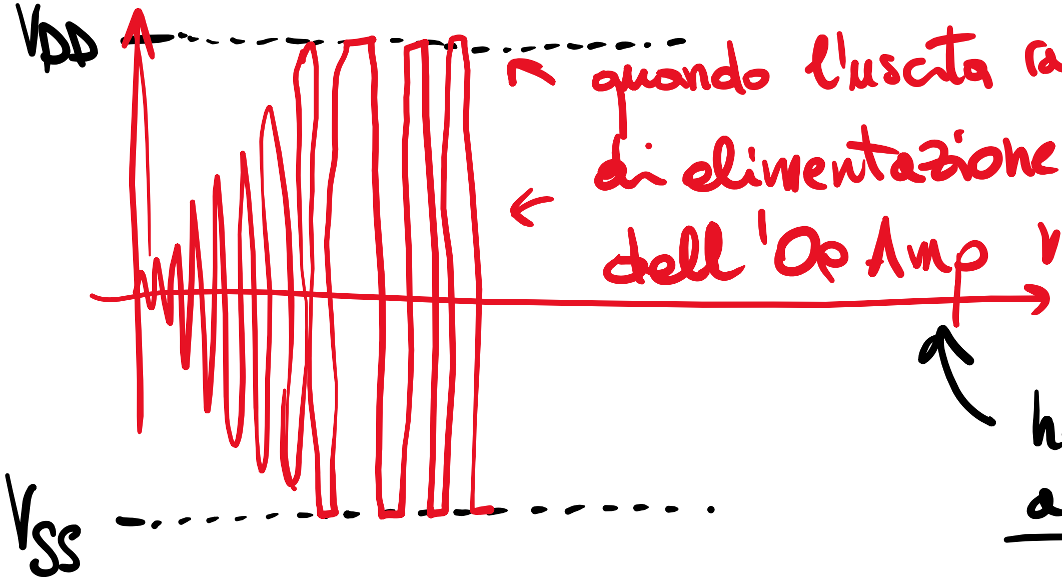
se poli a parte reale <0

$v_o \downarrow \rightarrow P_2 \downarrow \rightarrow T \downarrow \rightarrow R_2 \uparrow \rightarrow \beta A_e \uparrow \rightarrow \boxed{v_o \uparrow}$

alternativa scegliamo per R_1 un PTC ($TC > 0$)

1) NON USO NESSUN MECCANISMO DI REGOLAZIONE

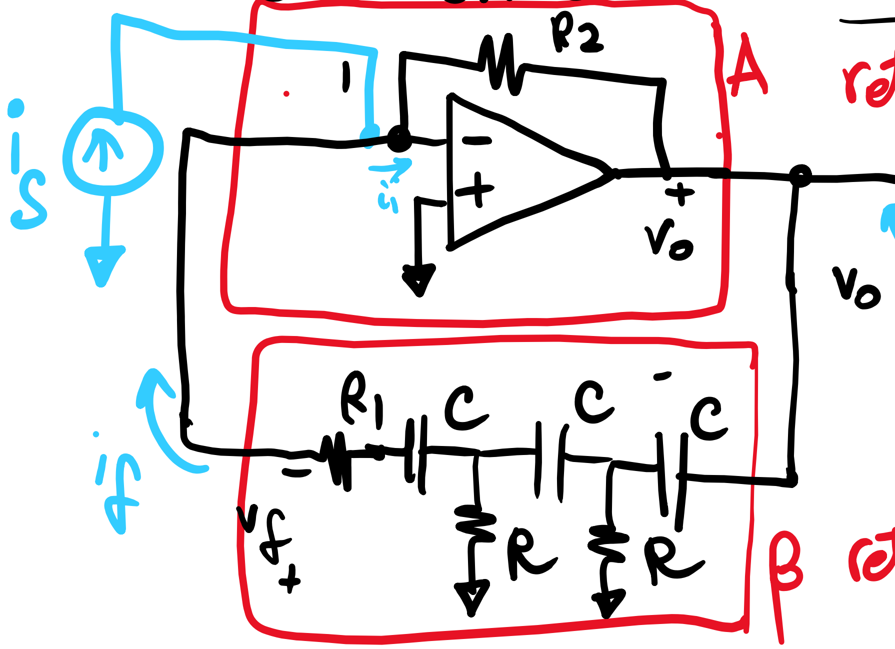




quando l'uscita raggiunge la tensione di alimentazione superiore e inferiore dell'Op Amp viene TAGLIATA

ho una distorsione armonica in uscita

OSCILLATORE A RETE DI SFASAMENTO



A rete di amplificazione

$$A_e = \frac{v_o}{i_s}\Big|_{\beta=0}$$

$$\beta = \frac{i_f}{v_{o\beta}}\Big|_{v_f=0}$$

prelievo di tensione

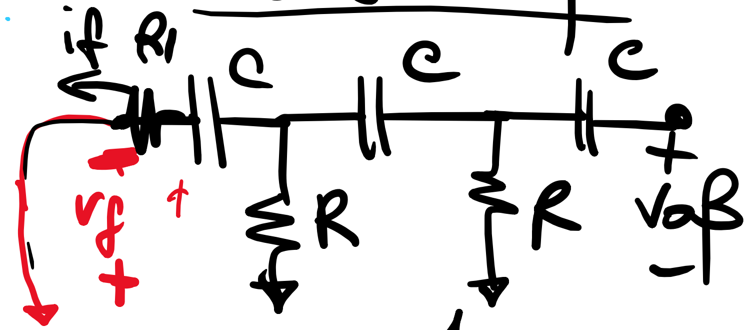
β rete di reazione

$$\boxed{i_i = i_s + i_f}$$

perché il circuito del β ha solo R e C

3 poli reali
―――――――
3 zeri nell'origine

calcolo del β

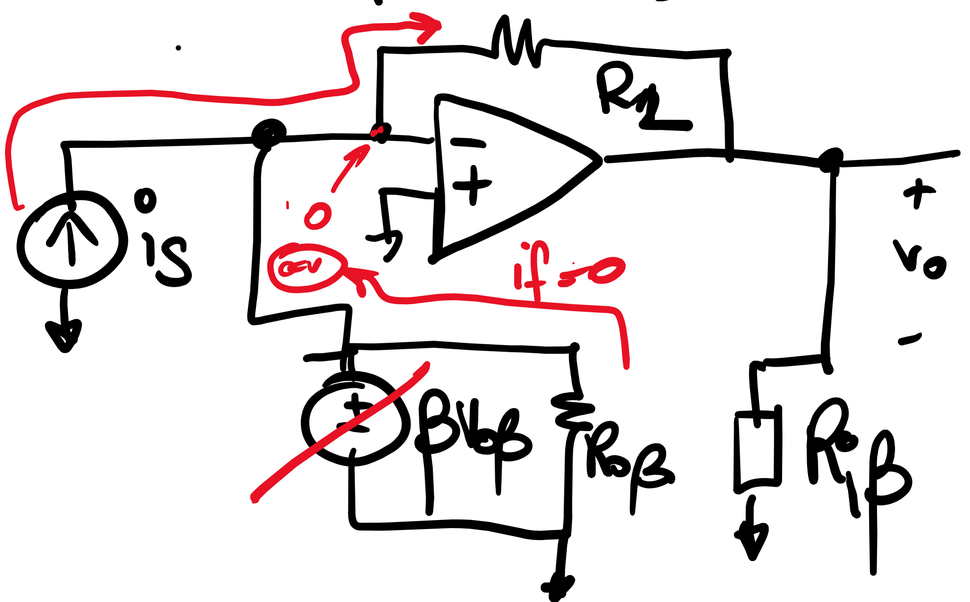


$$\begin{bmatrix} i_f \\ i_{o\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta & \frac{1}{R_{o\beta}} \\ \frac{1}{R_{i\beta}} & / \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{o\beta} \\ v_f \end{bmatrix}$$

$$\beta = \frac{i_f}{v_{o\beta}}\Big|_{v_f=0}$$

$$\lim_{\omega \to \infty} \beta = \frac{1}{R_1} \underline{> 0} \quad \text{fase } \varnothing$$

Rete per A_e



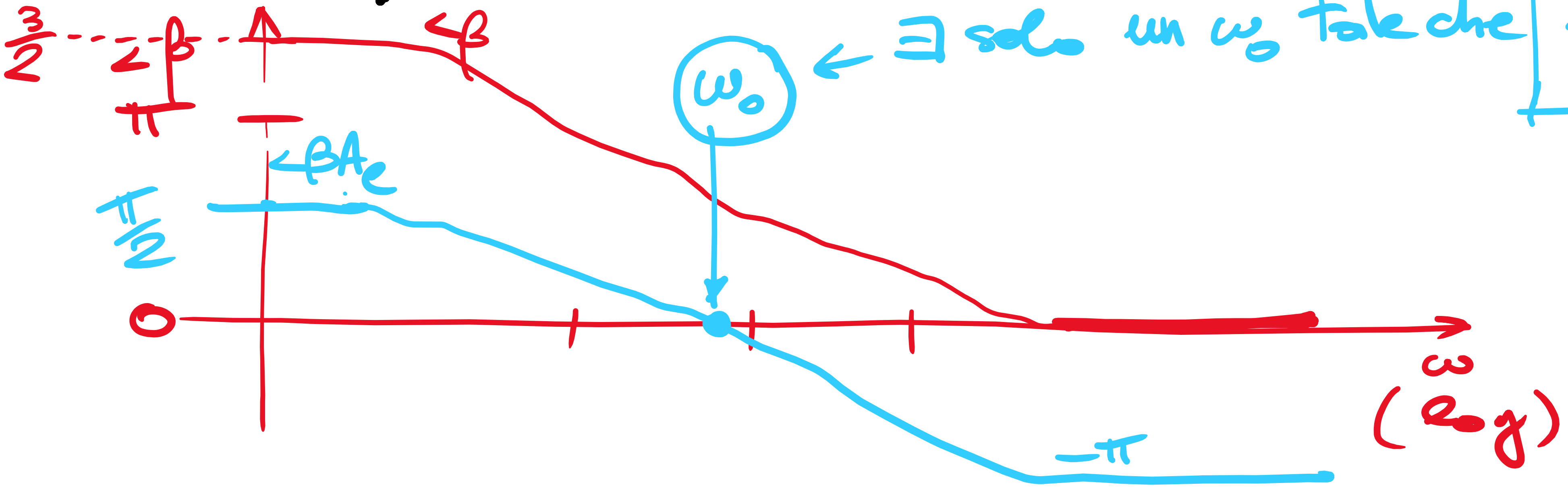
$$A_e = \frac{v_o}{i_s}\Big|_{\beta=0} = -R_2 \quad <0$$

$$v_o = -R_2 i_s$$

$$\angle\beta A_e = \angle\beta + \angle A_e$$

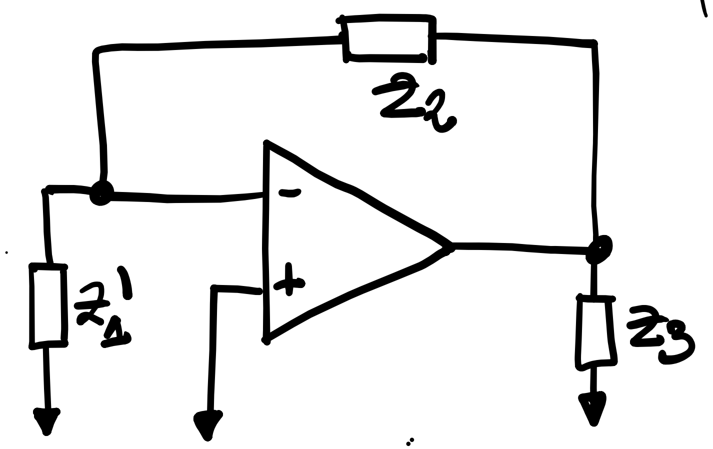
$$\angle A_e = -\pi$$

$\exists$ solo un ω_0 tale che $\boxed{\angle\beta A_e = 0}$



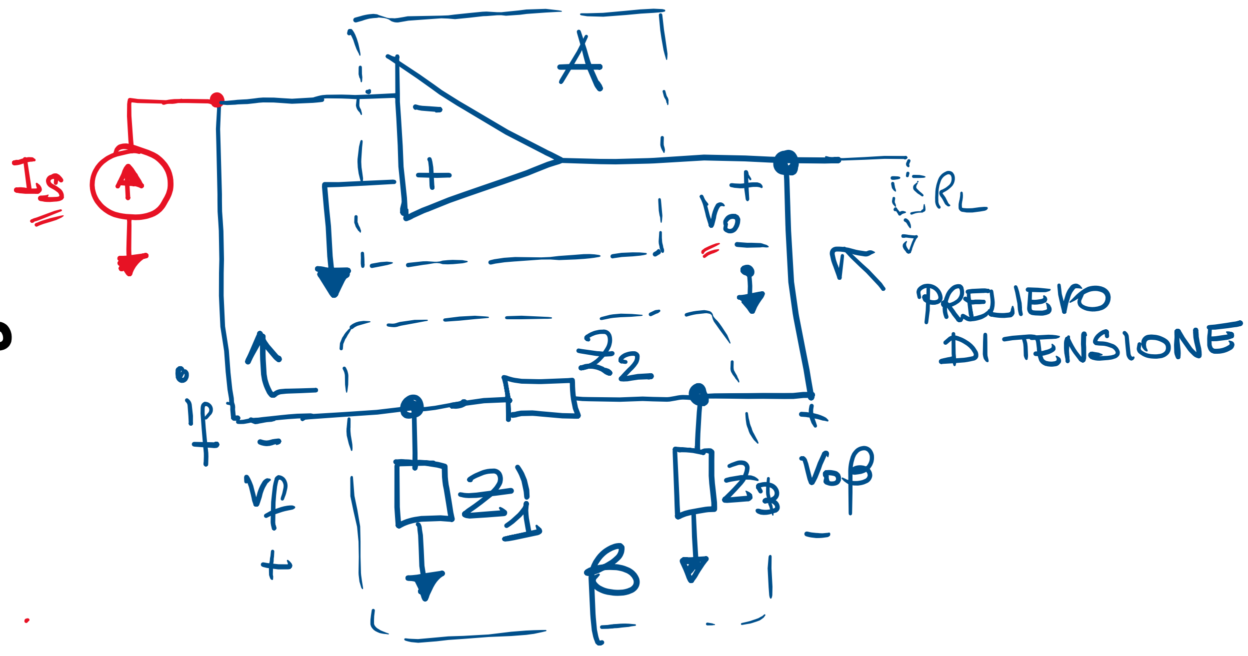
Oscillatori a tre punti

z_1', z_2, z_3 sono impedenze reattive [solo componente immaginaria della z



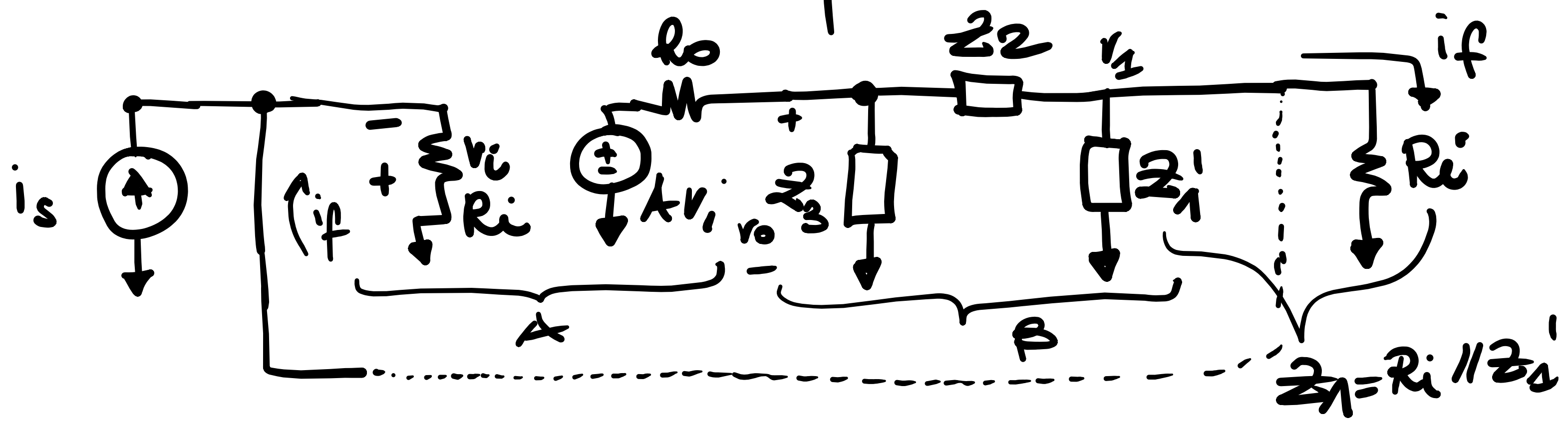
Amplificatore Invertente

disegnamolo come un sistema



$$A_F = \frac{v_o}{i_s} \rightarrow A_e = \left.\frac{v_o}{i_s}\right|_{\beta=0} \qquad \beta = \left.\frac{i_f}{v_{o\beta}}\right|_{v_f=0}$$

Calcolo diretto di βA_e



$$\beta A_e = \frac{i_f}{i_s}$$

$$v_i = -R_i\, i_s$$

$$v_o = A v_i \frac{Z_3 // [Z_2 + Z_1]}{Z_3 // (Z_2 + Z_1) + R_o}$$

$$v_1 = v_o \cdot \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

$$i_f = \frac{v_1}{R_i}$$

$$\beta A_e = \frac{i_f}{i_s} = \frac{1}{\cancel{R_i}} \cdot \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} \cdot A \frac{Z_3 // [Z_2 + Z_1]}{Z_3 // [Z_2 + Z_1] + R_o} \, (-\cancel{R_i})$$

$$= -A \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} \cdot \frac{Z_3 (Z_2 + Z_1) / (Z_3 + Z_2 + Z_1)}{Z_3 (Z_2 + Z_1) / (Z_3 + Z_2 + Z_1) + R_o}$$

$$\beta A_e = -A \frac{Z_1}{Z_1+Z_2} \frac{Z_3(Z_2+Z_1)}{Z_3(Z_2+Z_1)+R_o(Z_1+Z_2+Z_3)}$$

$Z_1 = jX_1$
$Z_2 = jX_2$
$Z_3 = jX_3$

$$\beta A_e = \cancel{-}A \frac{X_1}{\cancel{X_1+X_2}} \frac{\cancel{-}X_3\cancel{(X_2+X_1)}}{-X_3(X_2+X_1)+jR_o(X_1+X_2+X_3)}$$

$$\beta A_e = \frac{A X_1 X_3}{-X_3(X_2+X_1)+jR_o(X_1+X_2+X_3)}$$

CRITERIO DI BARKHAUSEN SULLA FASE

$\underline{\angle \beta A_e(j\omega_0) = 0}$ $\Rightarrow$ la parte immaginaria del denominatore deve essere nulla $\Rightarrow$ $\boxed{X_1+X_2+X_3=0}$

deve esistere ω_0 : $X_1(\omega_0)+X_2(\omega_0)+X_3(\omega_0)=0$

$$\beta A_e(\omega_0) = \frac{A X_1(\omega_0)\,\cancel{X_3(\omega_0)}}{-\cancel{X_3(\omega_0)}\,[\underbrace{X_1(\omega_0)+X_2(\omega_0)}_{=\,-X_3(\omega_0)}]} = \boxed{\frac{A X_1(\omega_0)}{X_3(\omega_0)}}$$

ALL' INNESCO

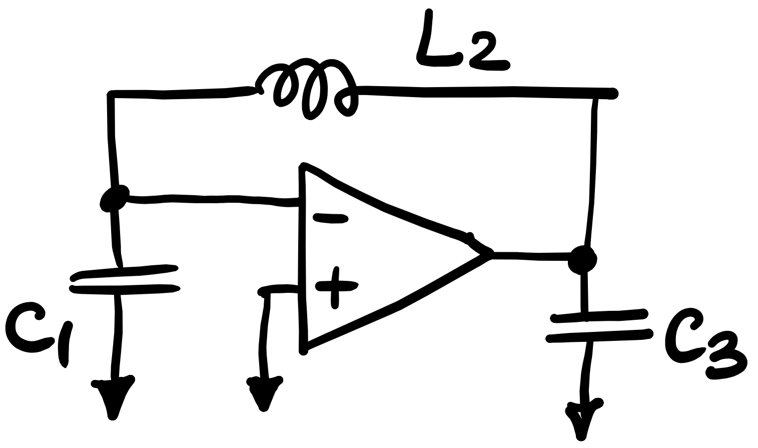
$\underline{\angle \beta A_e(\omega_0) = 0}$ $\rightarrow$ $X_1(\omega_0)$ e $X_3(\omega_0)$ devono essere concordi (di segno)

[$X_2(\omega_0)$ deve essere di segno opposto]

$$|\beta A_e(\omega_0)| > 1 \rightarrow \frac{A X_1(\omega_0)}{X_3(\omega_0)} > 1$$

A REGIME : Come sopra ma $|\beta A_e(\omega_0)| = 1 \Rightarrow \dfrac{A X_1(\omega_0)}{X_2(\omega_0)} = 1$

Oscillatore di Colpitts



$\boxed{X_1, X_3}$	C	X_2	L
	≤ 0	≥ 0	

$$\boxed{X_1+X_2+X_3=0}$$

$$-\frac{1}{\omega C_1}+\omega L_2-\frac{1}{\omega C_3}=0$$

$$\Rightarrow \frac{-C_3+\omega^2 L_2 C_1 C_3-C_1}{\omega C_1 C_3}=0$$

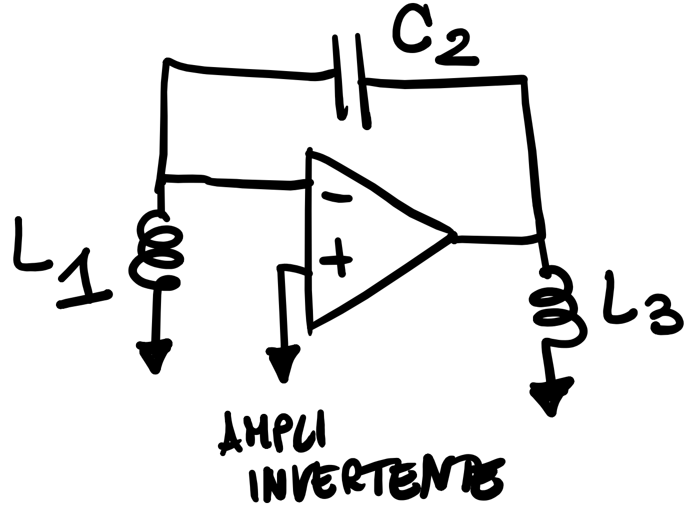
$$\omega_0=\sqrt{\frac{C_1+C_3}{L_2 C_1 C_3}}$$ ← EVENTUALE PULSAZIONE DELL'OSCILLAZIONE

Condizione sul modulo:

$\beta A_e(\omega_0)>1$ all'innesco $\rightarrow A\frac{X_1}{X_3}>1 \rightarrow A\frac{\cancel{\omega_0} C_3}{\cancel{\omega_0} C_1}>1 \rightarrow$

ALL'INNESCO $\boxed{A\frac{C_3}{C_1}>1}$ A REGIME $\boxed{A\frac{C_3}{C_1}=1}$

Oscillatore di Hartley



X_1, X_3 L $\underline{\underline{>0}}$

X_2 C <0

$$\boxed{X_1+X_2+X_3=0} \quad \text{per } \omega=\omega_0$$

$$\omega L_1 - \frac{1}{\omega C_2} + \omega L_3 = 0 \rightarrow \frac{-1+\omega^2 C_2(L_1+L_3)}{\omega C_2} = 0$$

$$\boxed{\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{C_2(L_1+L_3)}}}$$

ESISTE SOLO UNA PULSAZIONE A CUI SI PUÒ INNESCARE L'OSCILLAZIONE

Condizione sull'ampiezza

$\beta A_2(\omega_0) > 1$ all'innesco

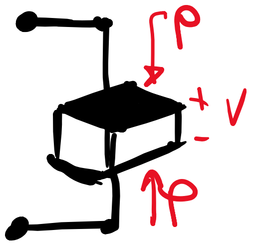
$= 1$ a regime

$$\Rightarrow \frac{A\cancel{\omega_0}L_1}{\cancel{\omega_0}L_3} = \frac{AL_1}{L_3} > 1 \text{ all'innesco}$$

$$= 0 \text{ a regime}$$

Oscillatori al quarzo

↳ usano cristalli di quarzo → MINERALE IN FORMA CRISTALLINA
SiO_2



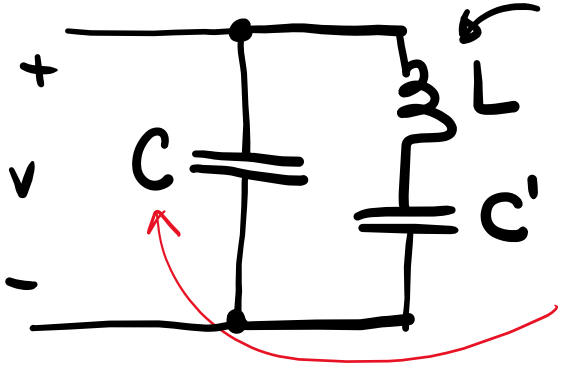
CONDENSATORE →

MATERIALE
PIEZOELETTRICO

PRESSIONE ⟷ DIFFERENZA DI POTENZIALE

Accumula energia sia sotto forma di energia ELETTROSTATICA
sia sotto forma di energia ELASTICA.

CIRCUITO EQUIVALENTE DEL QUARZO

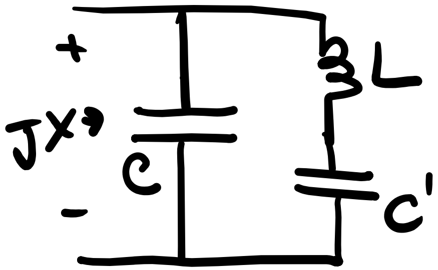


← tiene conto della risonanza del quarzo.

← $C' \ll C$

capacità dielettrica

UTILIZZIAMO IL QUARZO AL POSTO DELL' ~~INDUTTANZA~~ IN UN OSCILLATORE A 3 PUNTI



IMPEDENZA DEL CRISTALLO DI QUARZO

$$jX = \frac{1}{j\omega C} \parallel \left[j\omega L + \frac{1}{j\omega C'} \right] = \frac{1}{j\omega C} \parallel \left[\frac{1-\omega^2 LC'}{j\omega C'} \right]$$

$$jX = \frac{\frac{1}{j\omega C} \cdot \left[\frac{1-\omega^2 LC'}{j\omega C'} \right]}{\frac{1}{j\omega C} + \frac{1-\omega^2 LC'}{j\omega C'}} =$$

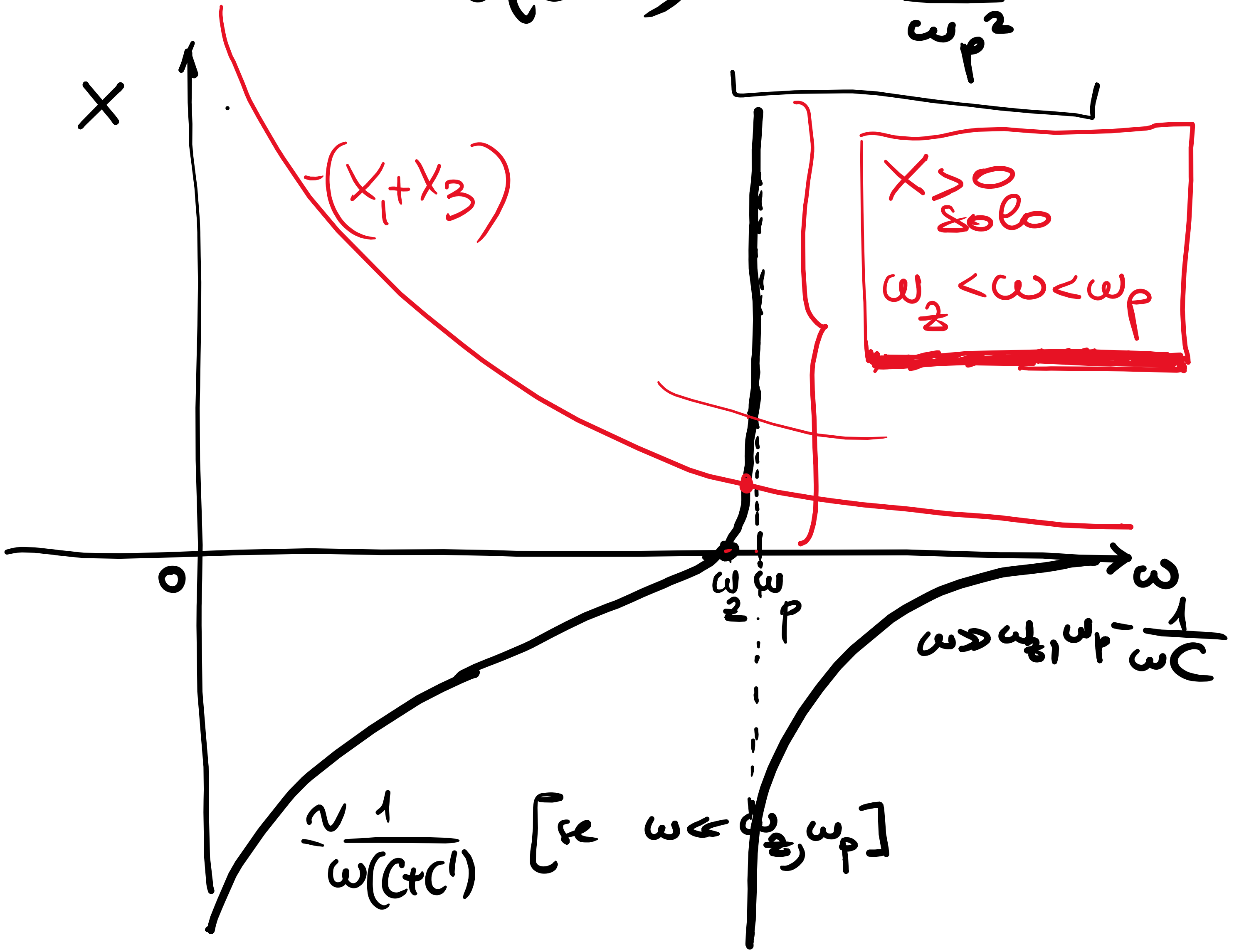
$$= \frac{1-\omega^2 LC'}{j\omega C' + j\omega C\,(1-\omega^2 LC')} =$$

$$jX = \frac{1}{j\omega (C+C')} \cdot \frac{1-\omega^2 LC'}{1-\omega^2 \frac{LCC'}{C+C'}} .$$

$LC' = \frac{1}{\omega_z^2}$

$\frac{LCC'}{C+C'} = \frac{1}{\omega_p^2}$

$$X = -\frac{1}{\omega(C+C')}\underbrace{\frac{1-\frac{\omega^2}{\omega_z^2}}{1-\frac{\omega^2}{\omega_p^2}}}$$



$\boxed{X>0 \text{ solo } \omega_z<\omega<\omega_p}$

1 polo nell'origine

2 zeri immaginari $\pm j\omega_z$

2 poli immaginari $\pm j\omega_p$

$\omega_z = \frac{1}{\sqrt{LC'}}$ $\quad \omega_p = \sqrt{\frac{C+C'}{LCC'}}$

$\omega_p = \underbrace{\frac{1}{\sqrt{LC'}}}_{\omega_z} \cdot \underbrace{\sqrt{\frac{C+C'}{C}}}_{>1}$

$\omega_p \gtrsim \omega_z$

se $\boxed{X_1+X_2+X_3=0}$

Hp X_1 e X_3 C $\quad X_1+X_3 = -\frac{1}{\omega C_1} - \frac{1}{\omega C_2}$

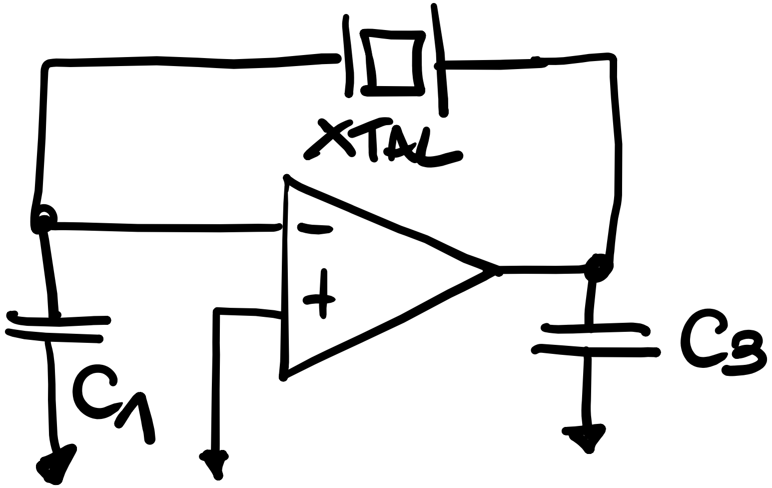
X_2 L → quarzo

$X_2 = -(X_1+X_3) = \frac{1}{\omega}\left[\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}\right]$

Oscillatori al quarzo. esempio

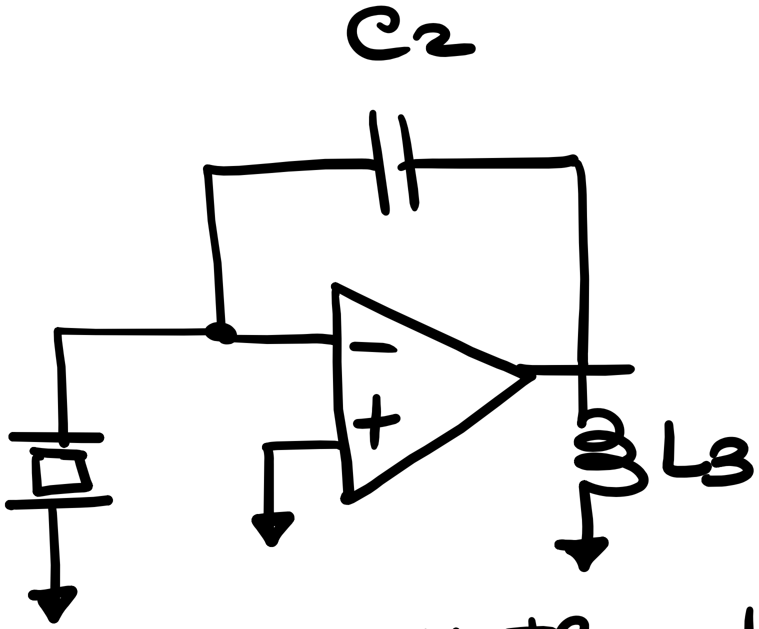
 XTAL

simbolo del cristallo di quarzo



Oscillatore di Colpitts al quarzo

$$X_{TAL}(\omega) = +\frac{1}{\omega}\left[\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}\right]$$



Oscillatore di Hartley al quarzo

$$X_{TAL}(\omega) = -\omega L_3 + \frac{1}{\omega C_2}$$