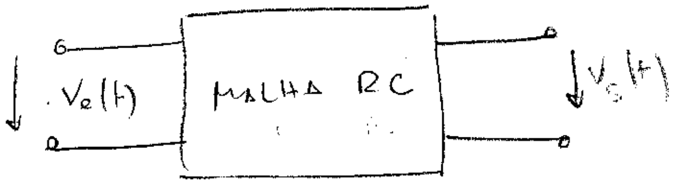
VAMOS ENTÃO APLICAR OS DIAGRAMAS DE ARGAND AO ESTUDO DA RESPOSTA EM FREQUÊNCIA DE UMA MALHA RC




MALHA RC NO SENTIDO DE PODER SER, O CIRCUITO RC MAS TAMBÉM O CR

OBJECTIVO: CHEGAR À FUNÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DO CIRCUITO

$$f(\omega) = \frac{V_s(t)}{V_e(t)} = \frac{|\vec{V_s}(t)|}{|\vec{V_e}(t)|}$$

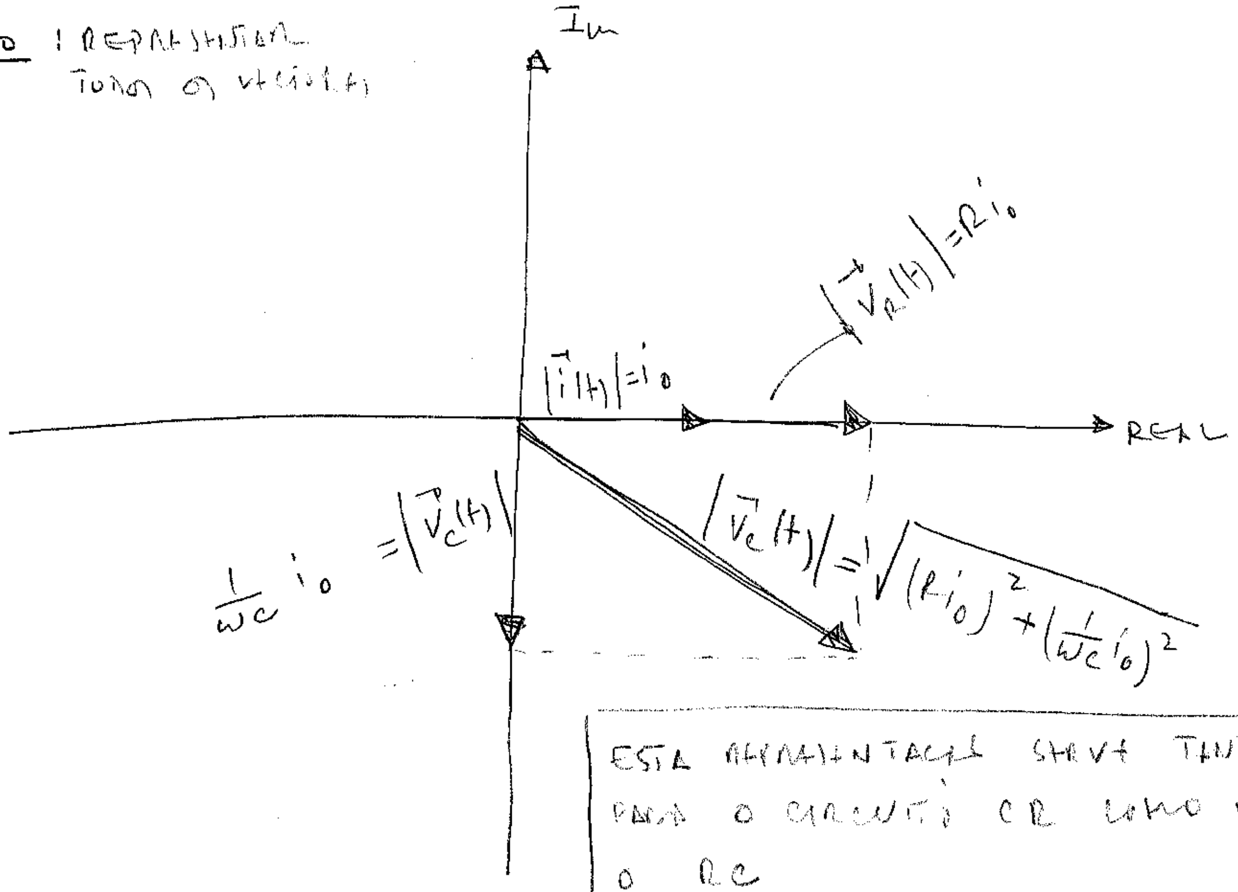
$\phi(\omega) \equiv$ DIFERENÇA DE FASE DA SAÍDA EM RELAÇÃO À ENTRADA.

1º PASSO: ESCOLHER O INSTANTE DE TEMPO DA REPRESENTAÇÃO DE ARGAND

VOU ESCOLHER $i(t) = 0$ (MAS POSSO ESCOLHER OUTRO QUALQUER!)

$$\boxed{i(t) = i_0 \operatorname{sen}(\omega t)}$$

2º PASSO: REPRESENTAR TODOS OS VECTORES



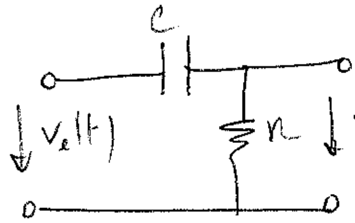

ESTA REPRESENTAÇÃO SERVE TANTO PARA O CIRCUITO CR COMO PARA O RC

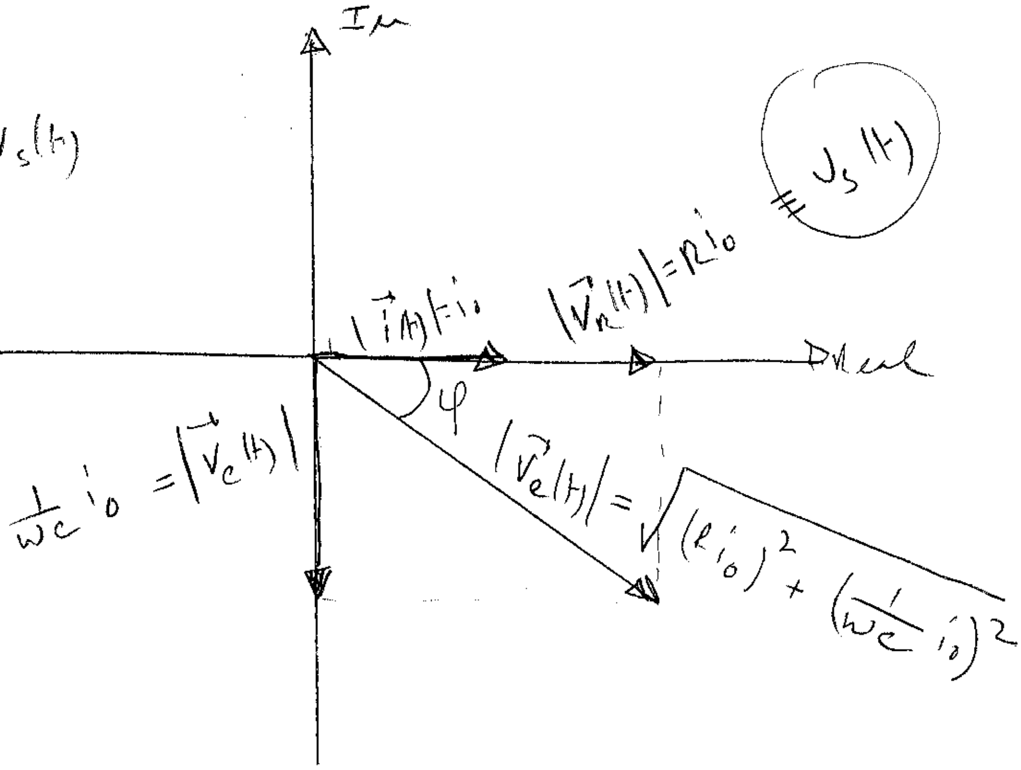
## 3º PASSO: IDENTIFICAR $V_s(t)$

CIRCUITO CR $\Rightarrow$ $V_s(t) = V_R(t)$

" RC $\Rightarrow$ $V_s(t) = V_C(t)$

**COMEÇAMOS PELO CIRCUITO CR**




ENTÃO:

$$f(w) = \frac{|\vec{V_s}(t)|}{|\vec{V_e}(t)|} = \frac{|\vec{V_R}(t)|}{|\vec{V_e}(t)|} = \frac{R i_0}{\sqrt{(R i_0)^2 + \left(\frac{1}{wC} i_0\right)^2}} =$$

$$= \frac{R \cancel{i_0}}{\cancel{i_0}\sqrt{R^2 + (1/wC)^2}} = \frac{\cancel{R}}{\cancel{R}\sqrt{1 + (1/wRC)^2}} =$$

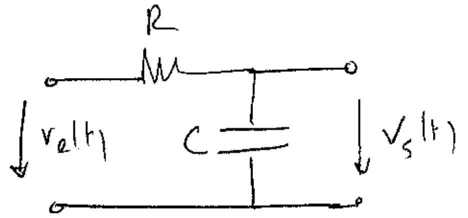
$$= \frac{1}{\sqrt{1 + (1/wRC)^2}}$$

$$\Phi(w) = +\varphi = tg^{-1}\left(\frac{\cancel{i_0}/wC}{R\cancel{i_0}}\right) = tg^{-1}\left(\frac{1}{wRC}\right)$$

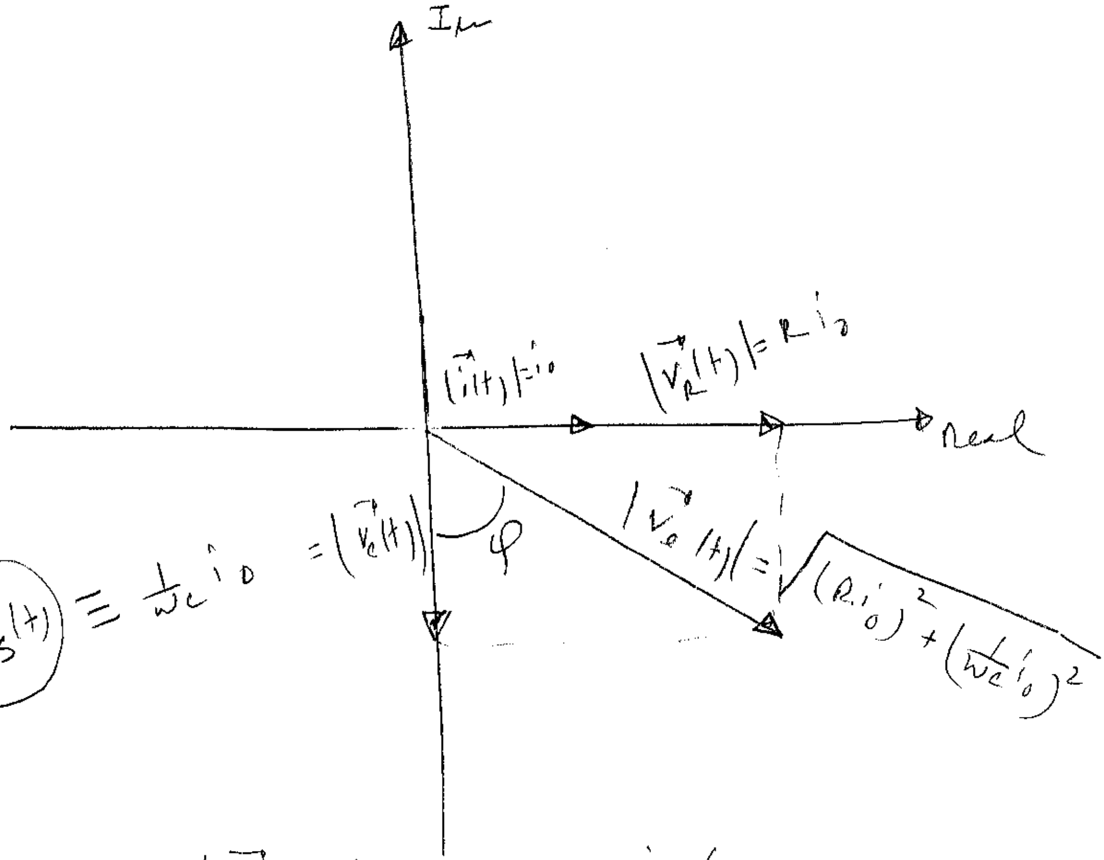
(ÂNGULO DA SAÍDA EM RELAÇÃO À ENTRADA)

PORQUE SAÍDA ESTÁ <u>ADIANTADA</u> EM REL. À ENT.

QUAL É A DIFERENÇA NO CIRCUITO RC?




AGORA: $V_s(t) = V_c(t)$




$$f(w) = \frac{|\vec{V}_s(t)|}{|\vec{V}_e(t)|} = \frac{|\vec{V}_c(t)|}{|\vec{V}_e(t)|} = \frac{i_0/wC}{\sqrt{(R i_0)^2 + (i_0/wC)^2}} =$$

$$= \frac{\cancel{i_0/wC}}{\cancel{i_0/wC}\sqrt{(wCR)^2 + 1}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (wRC)^2}}$$

$$\phi(w) = -\varphi = -\,tg^{-1}\left(\frac{R\cancel{i_0}}{1/wC\,\cancel{i_0}}\right) = -\,tg^{-1}(wRC)$$

PORQUE A SAÍDA ESTÁ ATRASADA EM RELAÇÃO À ENTRADA

RESUMINDO:

CIRCUITO RC

$$\begin{cases} f(w) = \dfrac{1}{\sqrt{1+(wRC)^2}} \\ \phi(w) = -tg^{-1}(wRC) \end{cases}$$

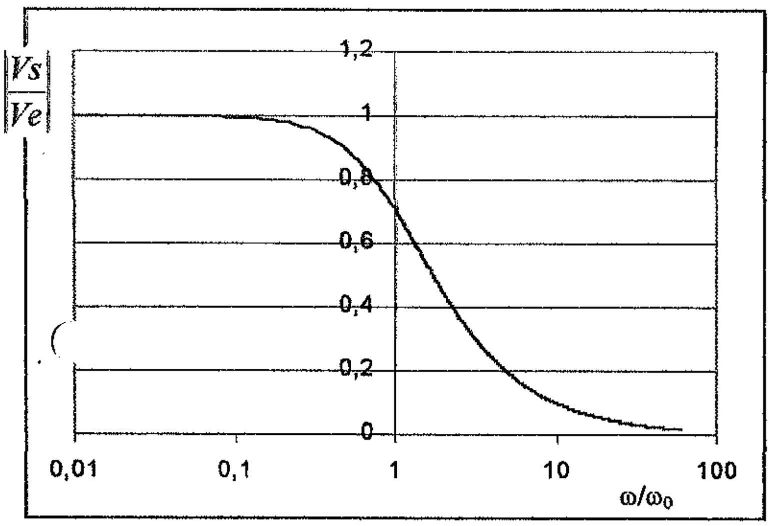
CIRCUITO CR

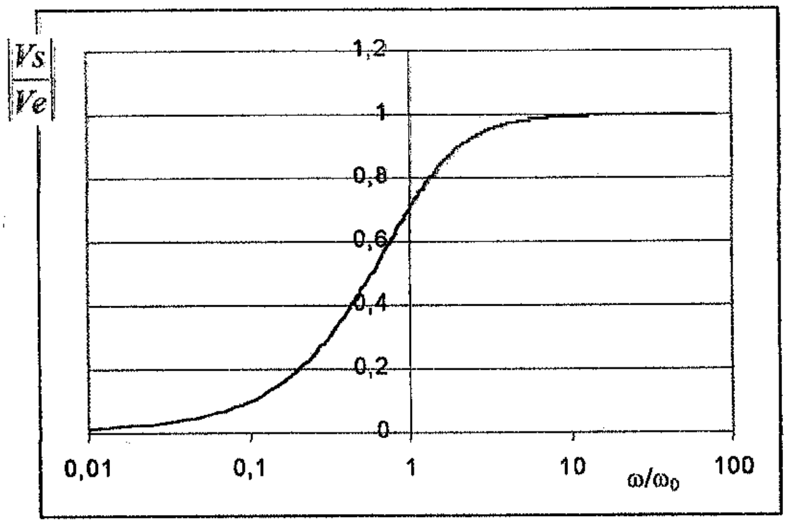
$$f(w) = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{1}{wRC}\right)^2}}$$

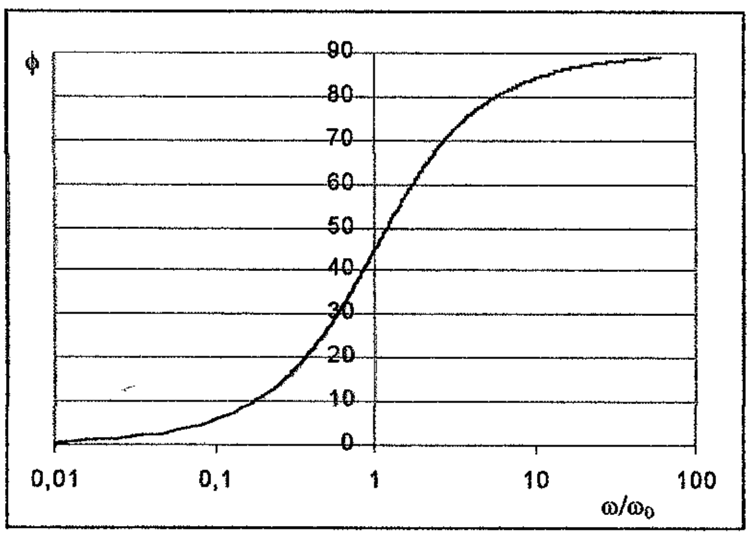
$$\phi(w) = tg^{-1}\left(\frac{1}{wRC}\right)$$

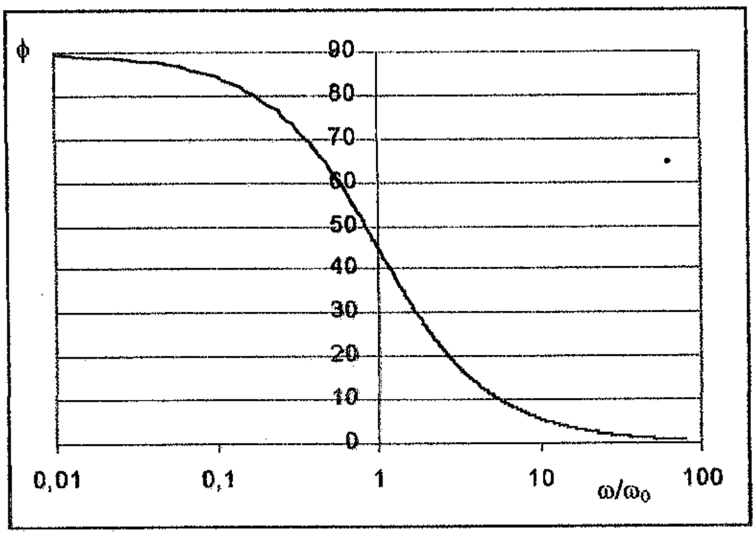
# CIRCUITO RC

# CIRCUITO CR



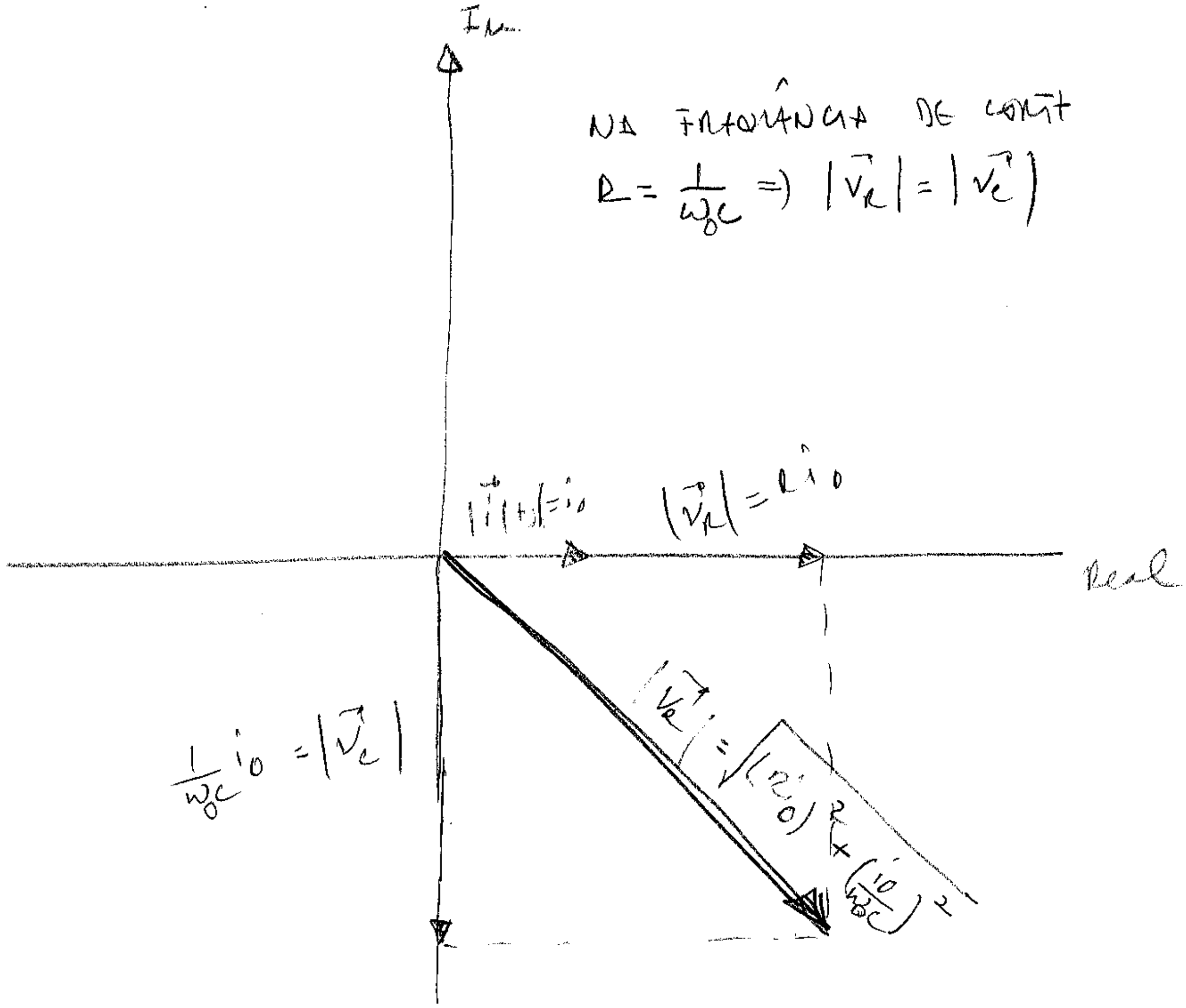



SE REPARARAM NA ESCALA ANTERIOR O QUE LÁ ESTÁ É $\omega/\omega_0$, E

$$\omega_0 = \frac{1}{RC} \equiv \text{FREQUÊNCIA DE CORTE DO FILTRO}$$

ESTA É A FREQUÊNCIA À QUAL A FUNÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DO FILTRO VALE $1/\sqrt{2}$.

O QUE QUER ISTO DIZER?




COMO $|\vec{V}_R| = |\vec{V}_C| = i_0 \alpha$ (COM $\alpha = R = \frac{1}{\omega_0 C}$)

$$f(\omega_0) = \frac{|\vec{V}_S|}{|\vec{V}_e|} = \frac{i_0 \alpha}{\sqrt{\alpha^2 i_0^2 + \alpha^2 i_0^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad ; \quad |\phi(\omega_0)| = 45^0$$

REPARAR QUE:

$$\vec{V}_e(t) = \vec{V}_R(t) + \vec{V}_C(t)$$

MAS

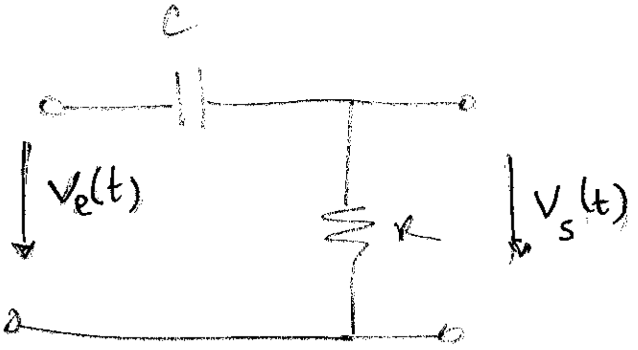
$$V_e(t) = V_R(t) + V_C(t) \quad \underline{\text{MAS}} \quad (V_e)_{PICO} \neq (V_R)_{PICO} + (V_C)_{PICO}$$

<u>EXERCÍCIOS:</u> ① CALCULAR A FREQUÊNCIA DE CORTE DE UM FILTRO <u>CR</u> ( $R = 10\,k\Omega$ ; $C = 10\,nF$ )

$$\omega_0 = \frac{1}{RC} = \frac{1}{10\times10^3\times10\times10^{-9}} = 10^4\ rad\,s^{-1}$$

$$\left( f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} \simeq 1\,600\ Hz \right)$$

② CALCULAR A FUNÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DO FILTRO E A DIFERENÇA DE FASE DA SAÍDA RELATIVAMENTE À ENTRADA PARA UMA FREQUÊNCIA DE 3 kHz, ATRAVÉS DE UM DIAGRAMA DE ARGAND <u>PARA O INSTANTE $t = T/4$</u>



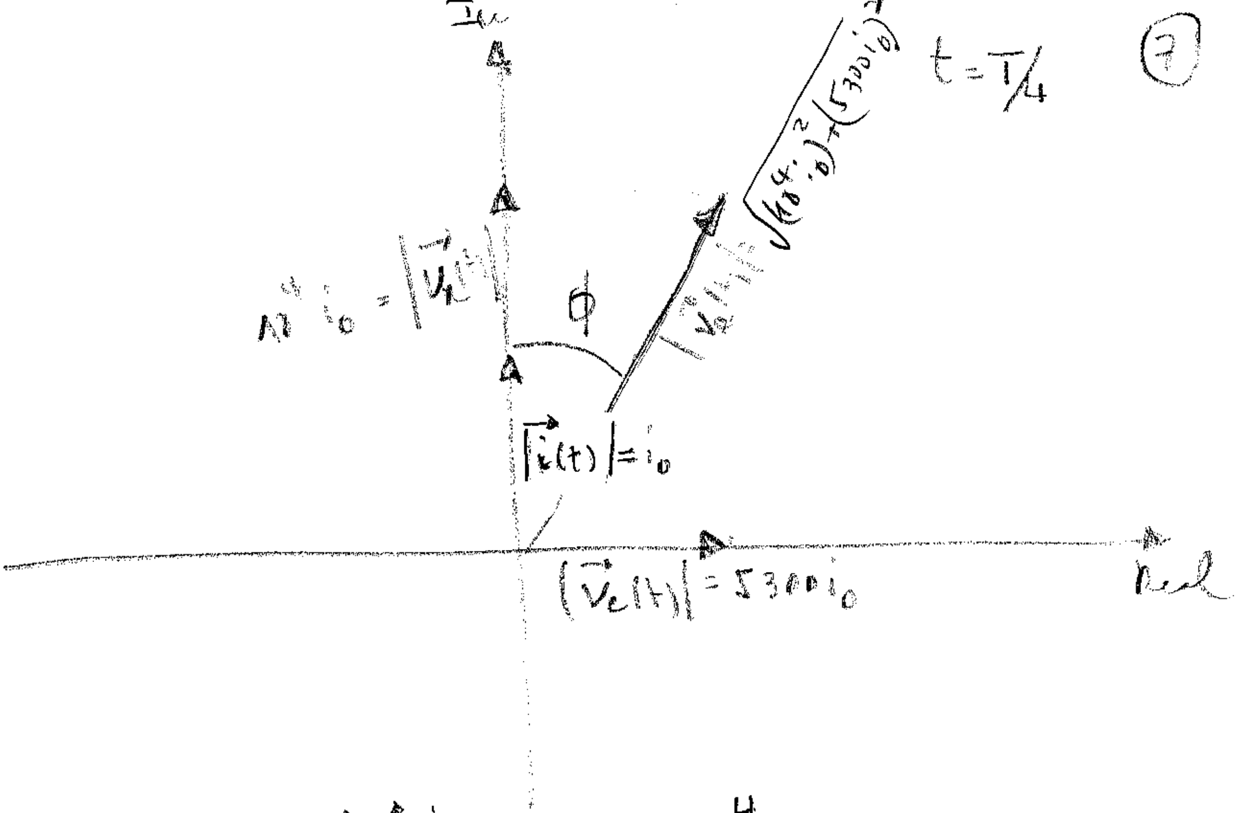

$$X_R = R = 10\,k\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi\times3\times10^3\times10\times10^{-9}}$$

$$\simeq 5\,300\ \Omega$$

$\downarrow$

SABENDO QUE ESTAMOS ACIMA DA FREQUÊNCIA DE CORTE ESTE VALOR É RAZOÁVEL?




$$f(\omega) = \frac{|\vec{V}_S(t)|}{|\vec{V}_e(t)|} = \frac{|\vec{V}_R(t)|}{|\vec{V}_e(t)|} = \frac{10^4 i_0}{\sqrt{(10^4 i_0)^2 + (5300 i_0)^2}} =$$

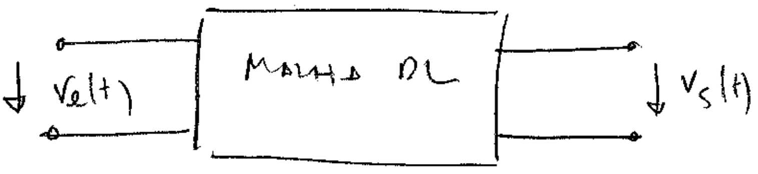
$$= \frac{10^4}{\sqrt{(10^4)^2 + (5300)^2}} \simeq 0.88$$

É RAZOÁVEL?
$(\omega/\omega_0 \simeq 1.9)$

$$\phi(\omega) = + \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{5300\, \cancel{i_0}}{10^4\, \cancel{i_0}}\right) \simeq 30^0$$

É RAZOÁVEL?

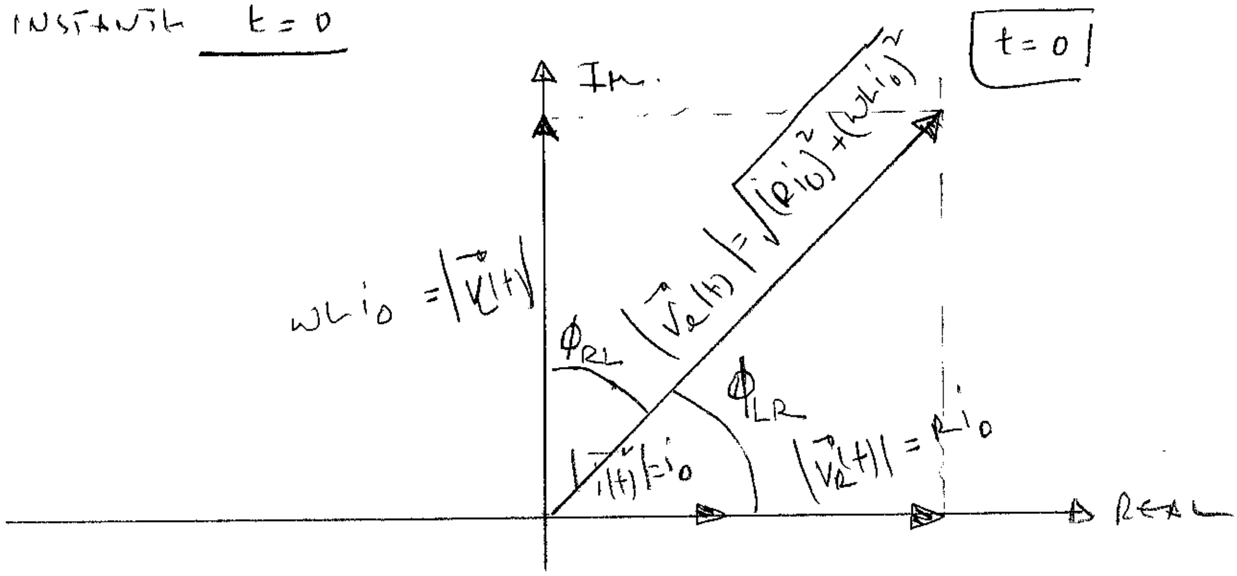
VAMOS AGORA APLICAR OS DIAGRAMAS DE ARGAND AO ESTUDO DA RESPOSTA EM FREQUÊNCIA DE UMA MALHA RL




PRETENDEMOS MAIS UMA VEZ CHEGAR A:

$$\begin{cases} f(w) = \dfrac{V_s(t)}{V_e(t)} = \dfrac{|\vec{V}_s(t)|}{|\vec{V}_e(t)|} \\ \phi(w) \equiv \text{DIF. FASE DA SAÍDA RELATIV. À ENTRADA} \end{cases}$$

VAMOS FAZER A REPRESENTAÇÃO DO DIAGRAMA DE ARGAND NO INSTANTE $\underline{t=0}$




CIRCUITO RL

$$f(w) = \frac{|\vec{V}_L(t)|}{|\vec{V}_e(t)|} = \frac{wLi_0}{\sqrt{(Ri_0)^2 + (wLi_0)^2}} =$$

$$= \frac{wLi_0}{wLi_0\sqrt{1 + (R/wL)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (R/wL)^2}}$$

$$\phi(w) = \phi_{RL} = + tg^{-1}\left(\frac{Ri_0}{wLi_0}\right) = tg^{-1}\left(\frac{R}{wL}\right)$$

CIRCUITO LR

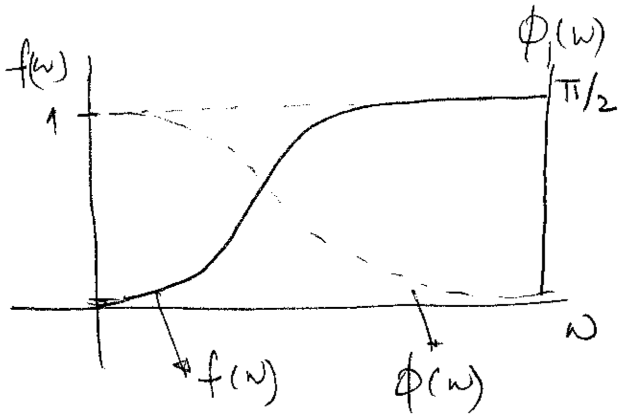
$$f(w) = \frac{|\vec{V}_R(t)|}{|\vec{V}_e(t)|} = \frac{Ri_0}{\sqrt{(Ri_0)^2 + (wLi_0)^2}} =$$

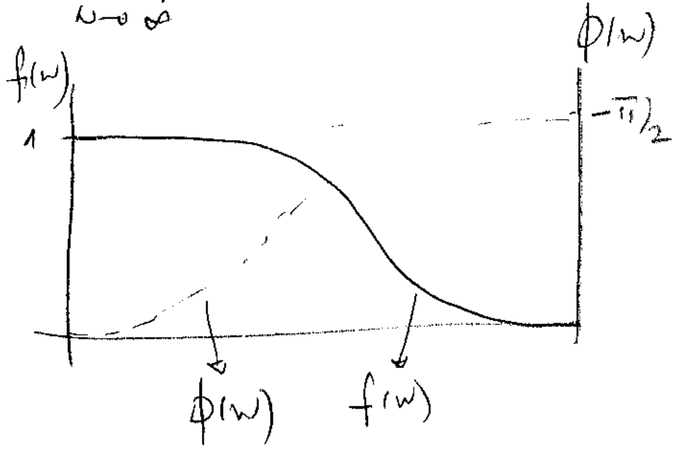
$$= \frac{Ri_0}{Ri_0\sqrt{1 + (wL/R)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (wL/R)^2}}$$

$$\phi(w) = \phi_{LR} = - tg^{-1}\left(\frac{wLi_0}{Ri_0}\right) = - tg^{-1}\left(\frac{wL}{R}\right)$$

VEMOS ASSIM QUE:

| CIRCUITO RL | CIRCUITO LR |
|---|---|
| $\begin{cases}\lim_{\omega\to 0} f(\omega) = 0\\ \lim_{\omega\to 0}\phi(\omega) = +\pi/2\end{cases}$ | $\begin{cases}\lim_{\omega\to 0} f(\omega) = 1\\ \lim_{\omega\to 0}\phi(\omega) = 0\end{cases}$ |
| $\begin{cases}\lim_{\omega\to\infty} f(\omega) = 1\\ \lim_{\omega\to\infty}\phi(\omega) = 0\end{cases}$ | $\begin{cases}\lim_{\omega\to\infty} f(\omega) = 0\\ \lim_{\omega\to\infty}\phi(\omega) = -\pi/2\end{cases}$ |




| | |
|---|---|
| FILTRO PASSA-ALTO | FILTRO PASSA-BAIXO |

$$\boxed{\omega_0 = R/L}$$

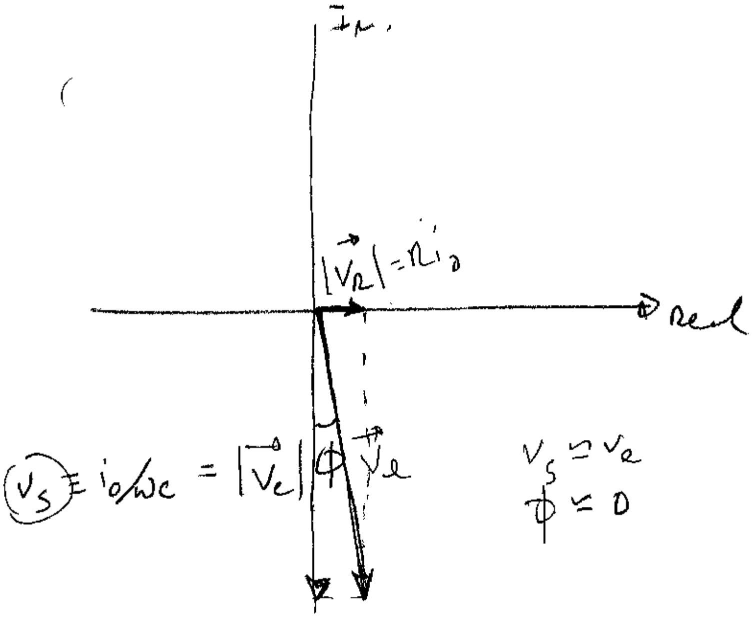
VAMOS AGORA TENTAR ENTENDER COMO FICAM OS DIAGRAMAS DE ARGAND DOS FILTROS NOS DOIS LIMITES

$\omega \ll \omega_0$ e $\omega \gg \omega_0$

$\boxed{\omega \ll \omega_0}$

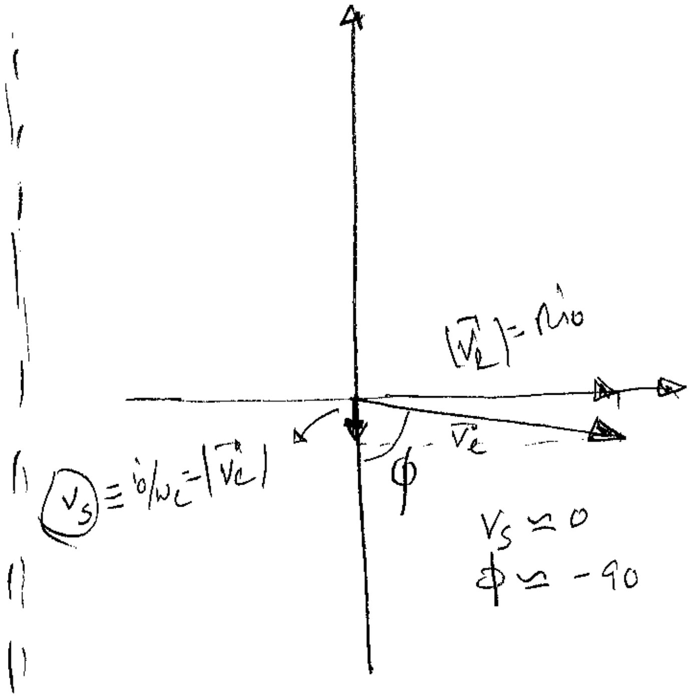
CIRCUITO RC

SE $\omega \ll \omega_0 \Rightarrow \boxed{X_C \gg X_R}$




$\boxed{\omega \gg \omega_0}$

$\omega \gg \omega_0 \Rightarrow \boxed{X_C \ll X_R}$




CIRCUITO CR