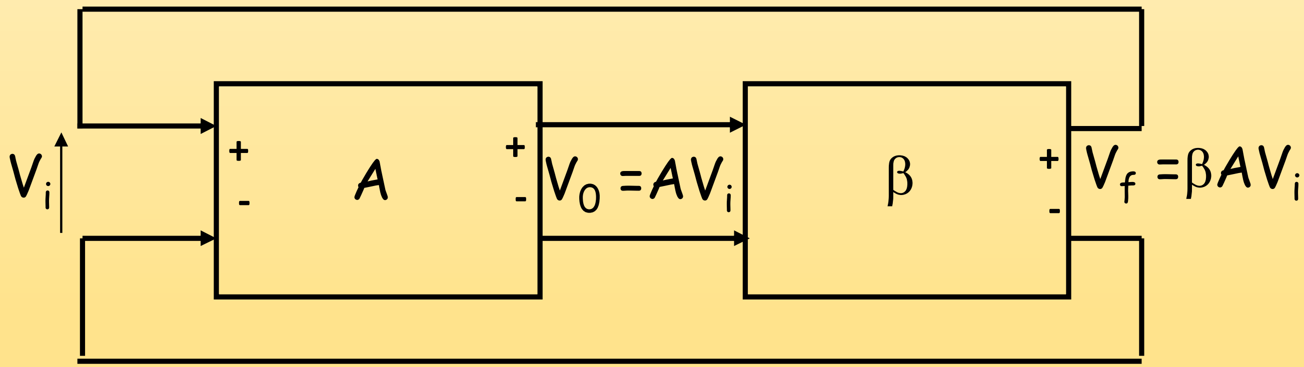
Introdução: Os osciladores são circuitos que geram tipos de formas de ondas em determinada amplitude e frequência. Se a forma de onda de saída é uma onda senoidal, o oscilador é chamado de "oscilador senoidal" e se a forma de onda na saída é quadrada, então o oscilador é de ondas quadradas. Quando o o produto ganho pela taxa de realimentação é maior do que 1 ($A\beta > 1$) e que a fase é de 180° o circuito é um oscilador.

TIPOS DE OSCILADORES

Alguns osciladores serão estudados, onde determinamos a sua função de transferência. Os osciladores aqui estudados serão: por deslocamento de fase, ponte de Wien, Colpitts e Hartley. Outros osciladores não harmônicos são astável, oscilador de relaxação entre outros.

CRITÉRIO DE BARKHAUSEN

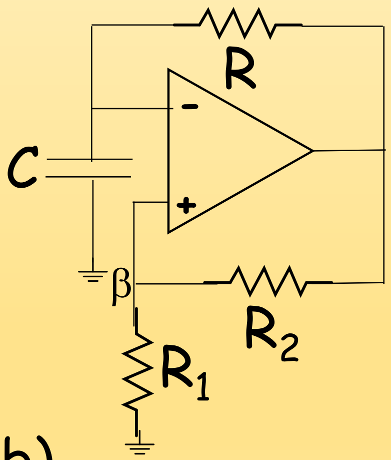
O diagrama a seguir mostra como uma realimentação positiva tem efeito sobre o amplificador. Considere o circuito a seguir onde A é o amplificador e β a taxa de realimentação do circuito e βA é o ganho de malha.



MULTIVIBRADOR ASTÁVEL

Para o multivibrador Astável, pede-se:

a) A expressão de saída da frequência e período do multivibrador astável
b) O valor da taxa de realimentação beta.
c) O gráfico da forma de onda no capacitor C.
d) O gráfico da saída do circuito.



a) A expressão do circuito será:

$V^{+} = V_{MAX} - (V_{MAX} - (-\beta V_{MAX})e^{-T1/RC}$, quando $V^{+} = \beta V_{MAX}$, então:

$\beta V_{MAX} = V_{MAX} - (V_{MAX} - (-\beta V_{MAX})e^{-T1/RC}) \therefore$ Simplificando, temos:

$\beta = 1 - (1 + \beta)e^{-T1/RC} \Rightarrow \beta - 1 = -(1 + \beta)e^{-T1/RC}\ (1 - \beta)$

$= (1 + \beta)e^{-T1/RC} \Rightarrow e^{T1/RC} = (1 + \beta)/(1 - \beta) \therefore T1 = RC \ln (1 + \beta)/(1 - \beta)$

$T_1 = RC \ln (1 + 2R_1/R_2)$.

b)

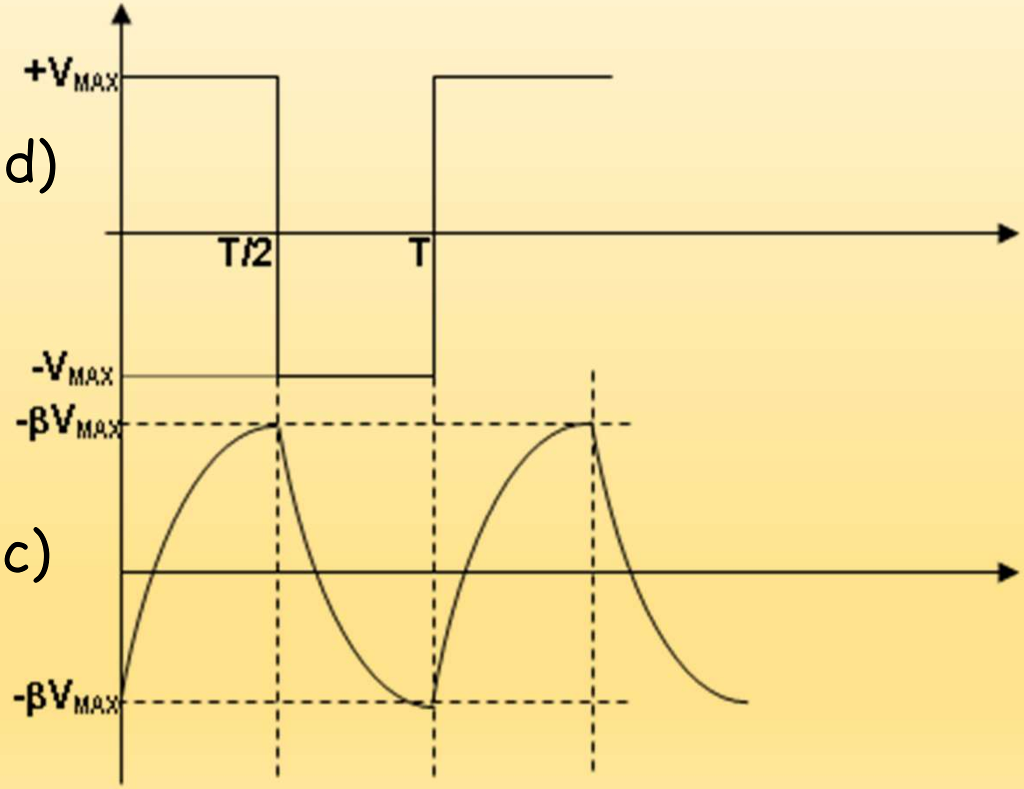
$$\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

O período total será: $T = 2T1 = 2RC \ln(1+\beta)/(1 - \beta)$ e $F = 1/T$.

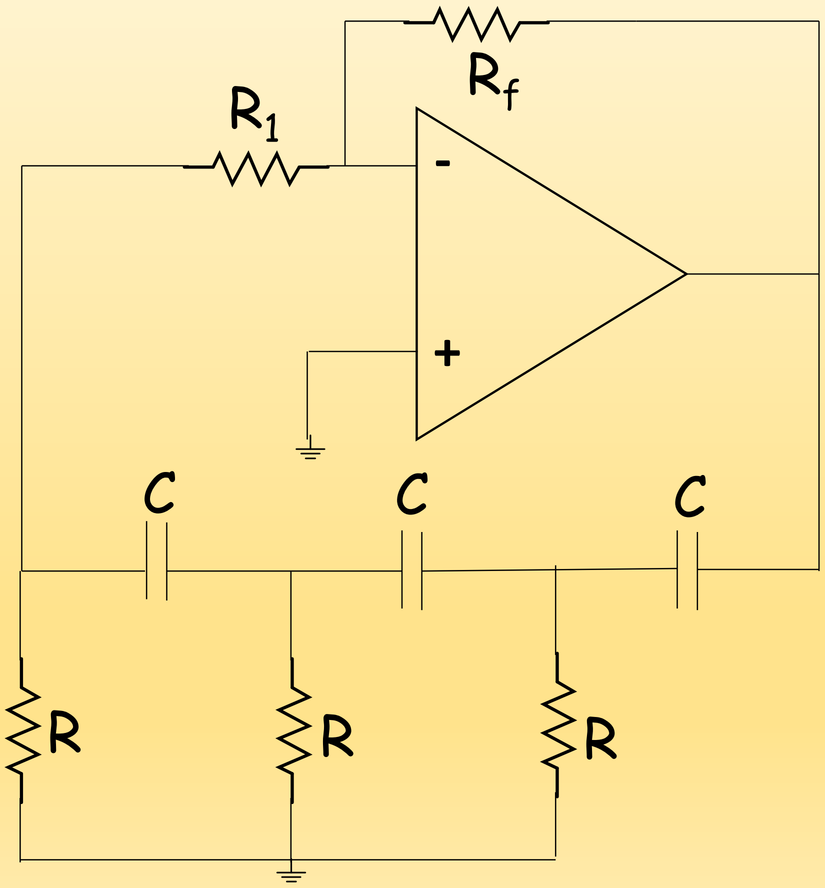
Continuação da solução do problema.

d)

c)



2. Oscilador por deslocamento da fase



$$\frac{V^+}{V_0} = \frac{1}{R^3 - 3jX_CR^2 - X_C^2R - jX_CR^2 - 3X_C^2R + jX_C^3 - RX_C^2 - 2jX_CR^2}$$

Daí, temos:

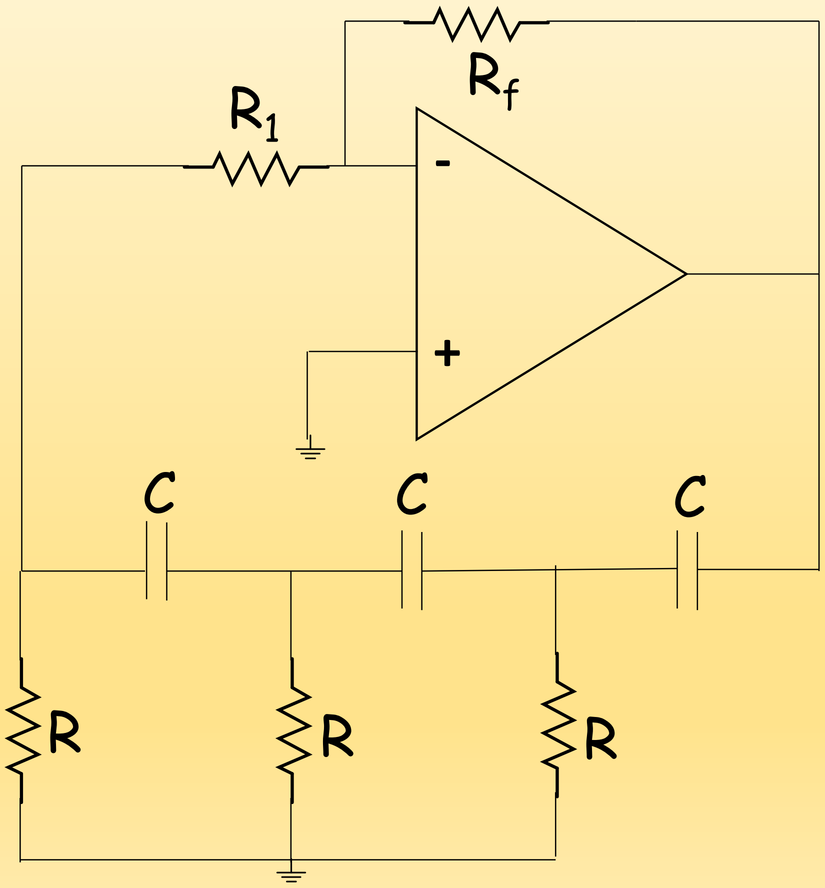
$$\beta = \frac{R^3}{(R^3 - 5RX_C^2) + j(X_C^3 - 6R^2X_C)}$$

Como o amplificador desloca a fase em 180° a malha RC deve deslocar 180°, daí o número β será real e não imaginário. A parte imaginária do denominador deverá ser igual a 0. Fazendo-se a parte imaginária igual a zero, temos:

$X_C^3 - 6R^2X_C = 0 \therefore X_C^2 = 6R^2$, como $X_C = 1/\omega C$.

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{6}\,RC}\ \text{rad/s.} \quad \text{e} \quad f = \frac{1}{2\prod\sqrt{6}\,RC}\ \text{Hz.}$$

2. Oscilador por deslocamento da fase



Para que o valor de R_1 não influencie na malha RC uma vez que se encontra em paralelo com o resistor R (R_1 ligado em ponto de terra virtual), deve-se fazer $R_1 >> R$, tal que $R_1 // R \cong R$.

Retornando a equação de β, o valor do ganho, será:

$$|\beta| = \frac{R^3}{R^3 - 5R.6R^2} = \frac{R^3}{-30R^3} = \frac{-1}{29}$$

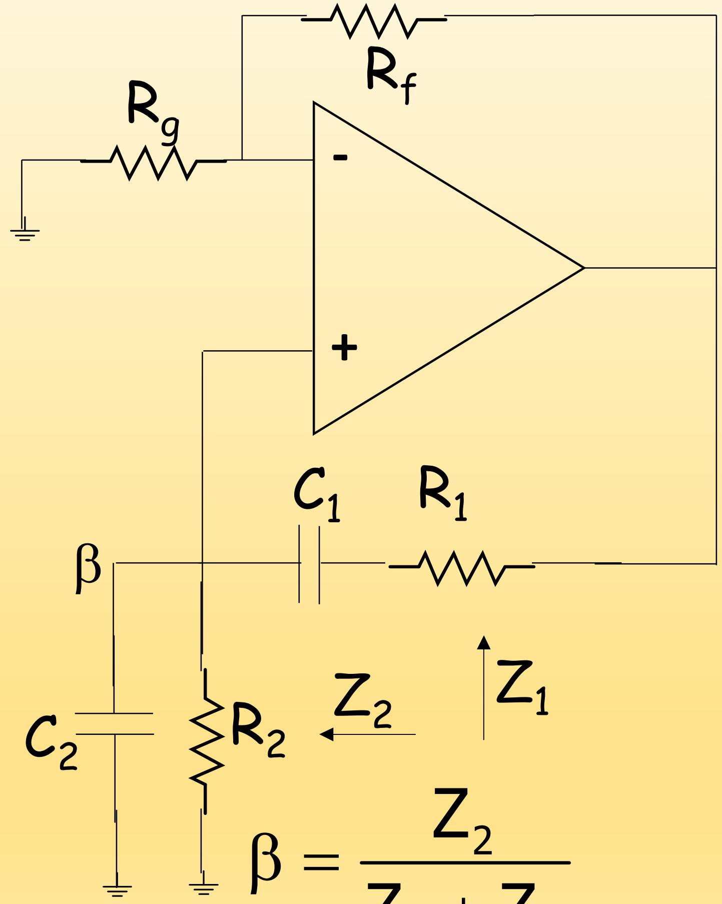
. O produto $A\beta > 1$, daí

O ganho $A = -\dfrac{R_f}{R_1} = -29$

Para oscilar o circuito deve ter um ganho de 29 vezes.

3 - Oscilador com Ponte de Wien

A configuração deste oscilador usa realimentação positiva pois ingressa na entrada não inversora do amplificador. Desta forma, o bloco impedância Z, forma um divisor de tensão o qual determina a taxa de realimentação β. O deslocamento de fase deve 0° para que o circuito produza uma oscilação na saída. O ganho de malha deve ser igual a 11. Como o amplificador e a impedância giram 0° no total, então a taxa de realimentação β deve ser um número puramente real. Daí a parte imaginária deve ser igual a 0, na frequência de oscilação.



$$\beta = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

Continuação:

A impedância $Z_1 = R_1 - jX_{C1}$ e $Z_2 = R_2 // 1/sC_2 = R_2 // -jX_{C2}$, onde:

$$Z_2 = \frac{-j\,R_2X_{C2}}{R_2 - j\,X_{C2}}$$

A taxa β de realimentação do circuito, será:

$$\beta = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{-j\,R_2X_{C2} / (R_2 - jX_{C2})}{R_1 - jX_{C1} - jR_2X_{C2} / (R_2 - jX_{C2})}$$

$$\beta = \frac{R_2X_{C2}}{(R_1X_{C2} + R_2X_{C1} + R_2X_{C2}) + j(R_1R_2 - X_{C1}X_{C2})}$$

Continuação:

$$\beta = \frac{R_2X_{C2}}{(R_1X_{C2} + R_2X_{C1} + R_2X_{C2}) + j(R_1R_2 - X_{C1}X_{C2})}$$

Fazendo a parte imaginária igual a 0: $R_1R_2 - X_{C1}X_{C2} = 0$, como $X_C = 1/wC$, temos:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{R_1R_2C_1C_2}} \text{rad/s}$$

Fazendo-se $R_1 = R_2 = R$ e $C_1 = C_2 = C$, temos:

$$\omega = \frac{1}{RC} \text{rad/s} \qquad f = \frac{1}{2\pi RC} \text{Hz}$$

Cálculo da taxa de realimentação:

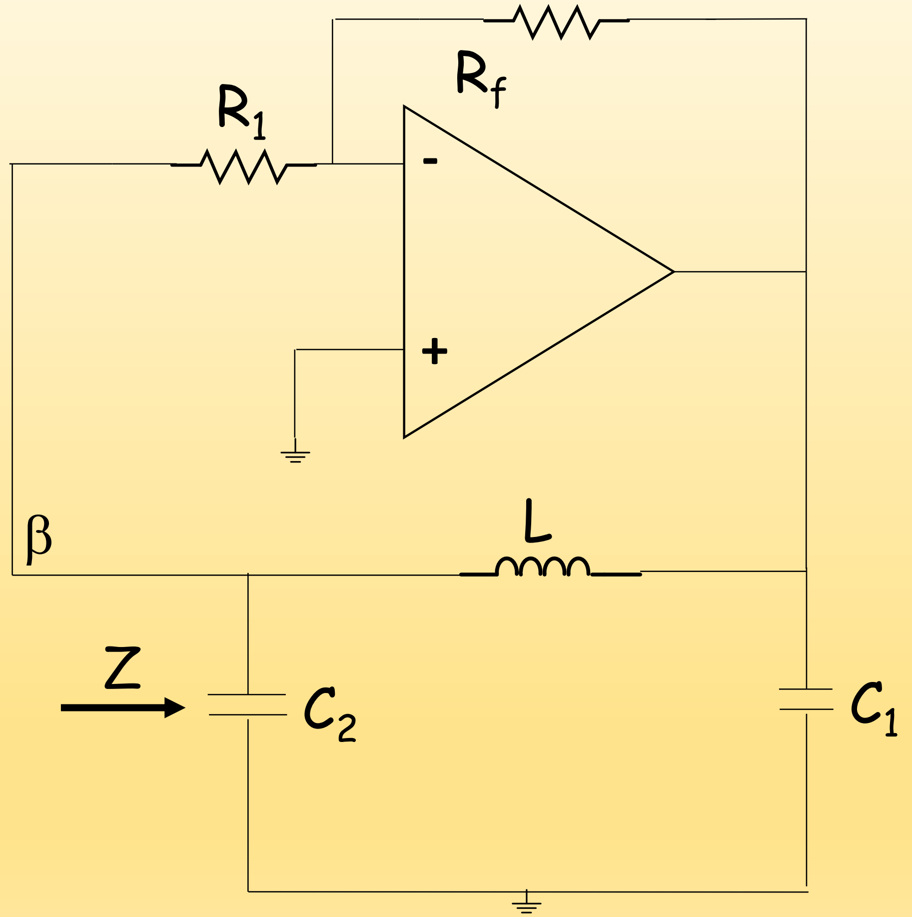
$$\beta = \frac{R^2}{3R^2 + j0} = \frac{1}{3}$$

O ganho do amplificador não inversor é:

$A = 1 + R_f / R_g$, o produto $A\beta > 1$
temos, $1 + R_f / R_g = 3$, $R_f > 2R_g$

4 – Oscilador Colpítts

No oscilador Colpitts, a impedância no circuito de realimentação é uma malha LC, ressonante. Como o circuito amplificador é um inversor, a malha ressonante deve ter um deslocamento de fase de 180°.Nesta frequência a impedância é um número real. Assim a impedância vista da saída para a entrada do amplificador será:

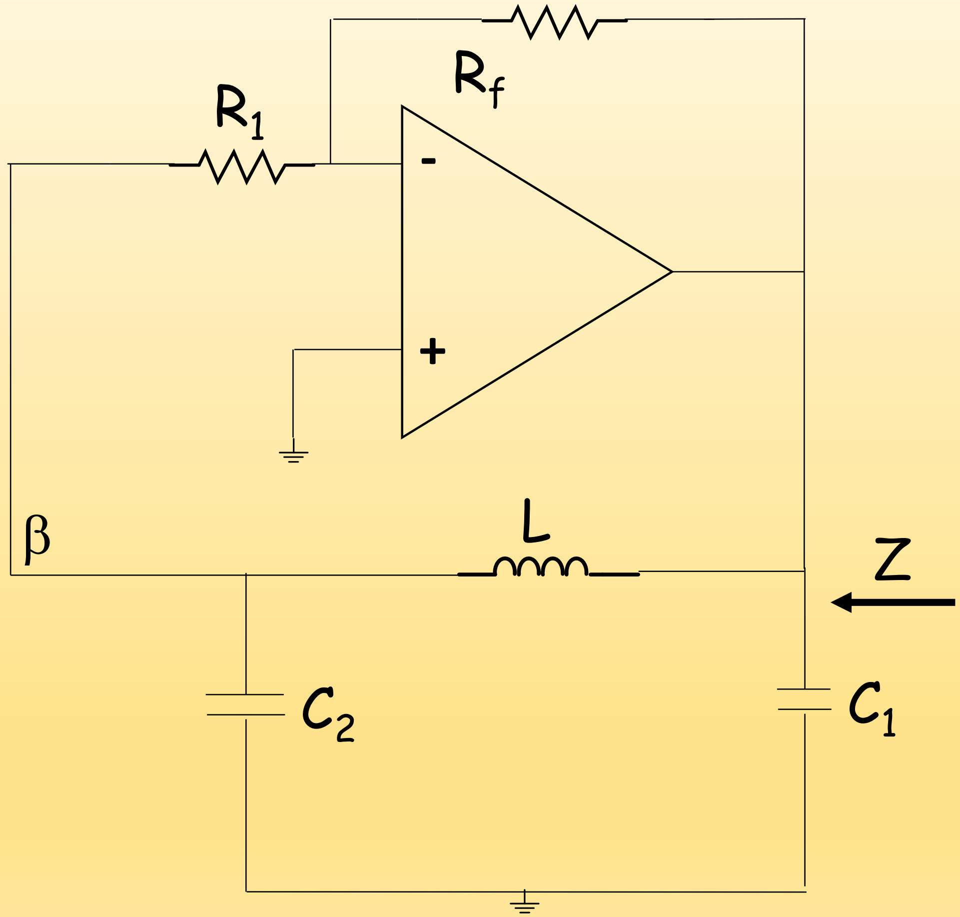


A impedância Z é calculada da forma:

$$Z = \frac{(-jX_{C1})(JX_L - jX_{C2})}{-jX_{C1} + jX_L - jX_{C2}} = \frac{X_L X_{C1} - X_{C1}X_{C2}}{j(X_L - X_{C1} - X_{C2})}$$

4 – Oscilador Colpítts

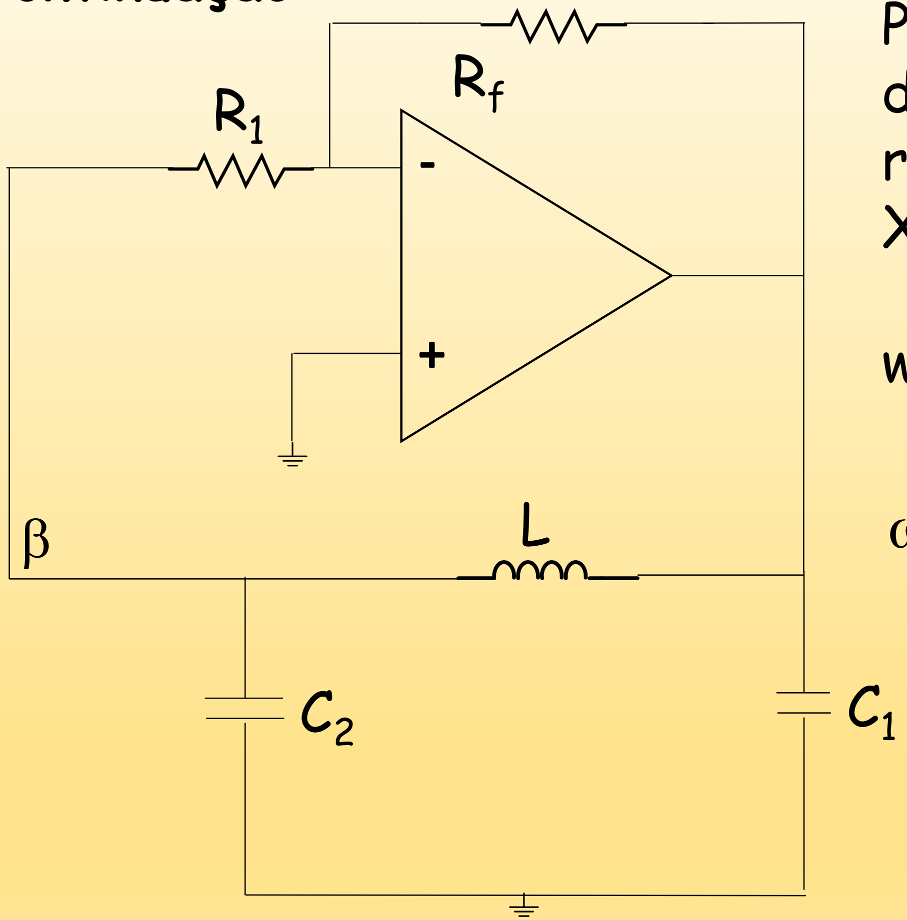
No oscilador Colpitts, a impedância no circuito de realimentação é uma malha LC, ressonante. Como o circuito amplificador é um inversor, a malha ressonante deve ter um deslocamento de fase de 180°.Nesta frequência a impedância é um número real. Assim a impedância vista da saída para a entrada do amplificador será:



A impedância Z é calculada da forma:

$$Z = \frac{(-jX_{C1})(JX_L - jX_{C2})}{- jX_{C1} + jX_L - jX_{C2}} = \frac{X_L X_{C1} - X_{C1}X_{C2}}{j(X_L - X_{C1} - X_{C2})}$$

Continuação:



Para Z seja um número real a parte imaginária deve ser igual a 0. Portanto na frequência de ressonância, temos:

$X_L - X_{C1} - X_{C2} = 0 \Rightarrow \quad X_L = X_{C1} + X_{C2}$ (I)

$wL = 1/wC_1 + 1/wC_2 \qquad C_T = \dfrac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC_T}}\,\text{rad/s} \qquad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}}\,\text{Hz}$$

A taxa de realimentação β, será:

$$\beta = \frac{-jXC_2}{jX_L - jXC_2} = \frac{-XC_2}{XC_1 + XC_2 - XC_2} = -\frac{XC_2}{XC_1} = -\frac{C_1}{C_2}$$

O ganho será: $A.\beta > 1 \Rightarrow R_f/R_1 > C_2/C_1$

5 – Oscilador Hartley

No oscilador Hartley, a impedância no circuito de realimentação é uma malha LC, ressonante. Como o circuito amplificador é um inversor, a malha ressonante deve ter um deslocamento de fase de 180°.Nesta frequência a impedância é um número real. Assim a impedância vista da saída para a entrada do amplificador será Z:

a) Calcular a impedância Z.
b) Mostrar a relação do ganho e da realimentação do oscilador.
c) Qual o ganho do circuito para obter a oscilação?