

PRÁTICA #4 – OSCILADORES SENOIDAIS EM PONTE DE WIEN

Obs: Pronuncia-se “ponte de Vin”. O nome vem do pesquisador alemão Max Karl Werner Wien (1866 - 1938), que estudou a ponte RC que realimenta o amplificador, que leva seu nome, ao redor de 1900.

I) Objetivos

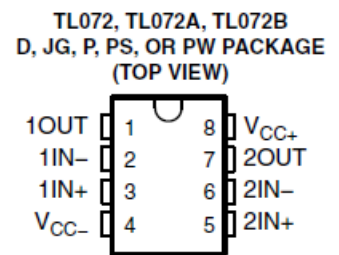
Estudar a realização e estabilização do funcionamento de osciladores senoidais do tipo ponte de Wien.

Estudar a utilização da estrutura do oscilador como amplificador seletivo de Q ajustável.

Projetar um oscilador com frequência variável.

II) Especificações

- Componentes: ampop (TL072), diodo de sinal (1N4148), ~~JFET (BF245B)~~
- Tensão de alimentação: $V_{CC} = \pm 10V$
- ~~Tensão de pico no JFET: $V_{GS} \leq 50mV$~~
- Frequência de oscilação: escolher entre 1kHz e 5kHz
- Amplitude de saída: $V_o \approx 6V$ de pico.



III) Teoria e projeto

a) Oscilador em ponte de Wien (Fig.1):

- Sem utilizar o circuito de controle de distorção e amplitude (R_x , D_1 e D_2), mostrar, para o circuito da Fig.1, que a frequência de oscilação e a condição (ganho necessário) para oscilação senoidal são obtidas, respectivamente, pelas expressões:

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

$$A_o = (1 + R_3/R_4) \equiv [1 + (C_1/C_2) + (R_2/R_1)]$$

- Escolher R_1 , R_2 , C_1 e C_2 para a frequência desejada.
- Escolher R_3 e R_x de modo a obter uma senóide pouco distorcida. Uma estimativa de R_x pode ser obtida fazendo $(1 + R_3/R_4)$ pouco maior que A_o (p.ex.: +3%), e $(1 + (R_3 // R_x)/R_4)$ pouco menor que A_o (p.ex.: -0,3%).
- Variar R_x para o ajuste da amplitude.

b) Oscilador em ponte de Wien invertida (Fig.2):

- Sem utilizar o circuito de controle de distorção e amplitude (R_5 , R_6 , D_1 e D_2), mostrar que o circuito Fig.2 também é um oscilador. Determinar a frequência e a condição de oscilação.
- Observar que este oscilador é obtido a partir do oscilador em ponte de Wien trocando-se as ligações que vão para terra com as que vão para o terminal de saída do amp-op. Explicar porquê é necessário inverter as entradas do ampop.
- Mantenha os mesmos valores de R_1 , R_2 , C_1 , C_2 , R_3 e R_4 , escolhidos para o oscilador em ponte de Wien.
- Calcular R_5 e R_6 para obter a amplitude desejada.

c) Amplificador seletivo de Q ajustável (Fig.3):

- Utilizar o circuito do oscilador em ponte de Wien invertida conforme indicado na Fig.3 e calcular a função de transferência V_o/V_a . **OBS.: desligar o circuito de controle de distorção e amplitude.**
- Estabelecer expressões para ω_o e Q, comparando o denominador da expressão encontrada com o denominador da forma padrão para um sistema de 2ª. ordem: $s^2 + (\omega_o/Q)s + \omega_o^2$.
- Mantenha os mesmos valores de R_1 , R_2 , C_1 , C_2 e R_4 escolhidos para o oscilador em ponte de Wien invertida.
- Escolher R_3 para obter fator de qualidade Q entre ~~8 e 12~~. 20 e 30

d) Oscilador com frequência ajustável (Fig.4):

- Mostrar que a frequência e a condição de oscilação do circuito da Fig. 4 são respectivamente:

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

$$A_o = \left(1 + \frac{R_5}{R_3} + \frac{R_4 R_5}{R_1 R_3}\right) \cdot k \equiv \left(1 + \frac{C_1}{C_2} + \frac{R_2}{R_1}\right),$$

onde: k é o ganho do circuito de controle de amplitude

- Observar que R_1 controla a frequência sem afetar a condição de oscilação.
- Escolher R_2 , C_1 , C_2 e a faixa de valores de R_1 de forma a que a frequência de oscilação possa ser ajustada entre 300 Hz e 3 kHz.
- Escolher R_3 , R_4 e R_5 de modo que A_o não varie muito com a variação de R_1 .
- Para o cálculo do circuito de controle de amplitude, ver procedimento na Memória de Cálculo e instrução para simulação auxiliar no item IV-d

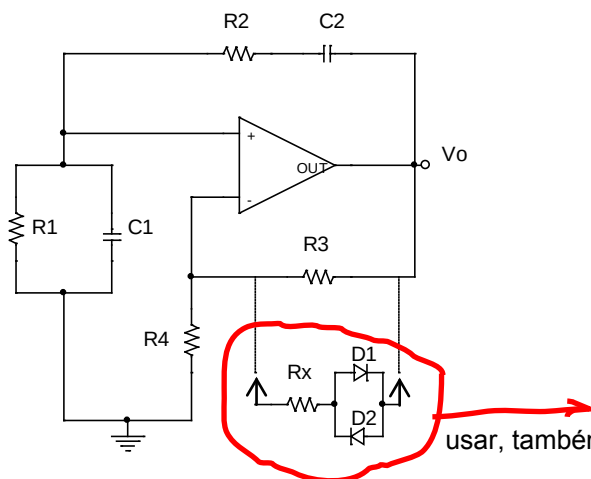


Fig.1: Oscilador em ponte de Wien

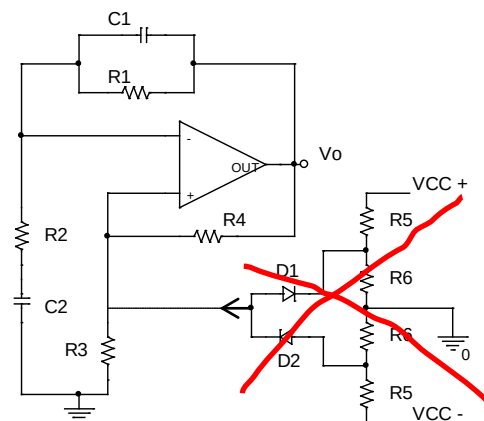


Fig.2: Oscilador em ponte de Wien invertida

PRÁTICA #4 - Oscilador em ponte de Wien com frequência variável

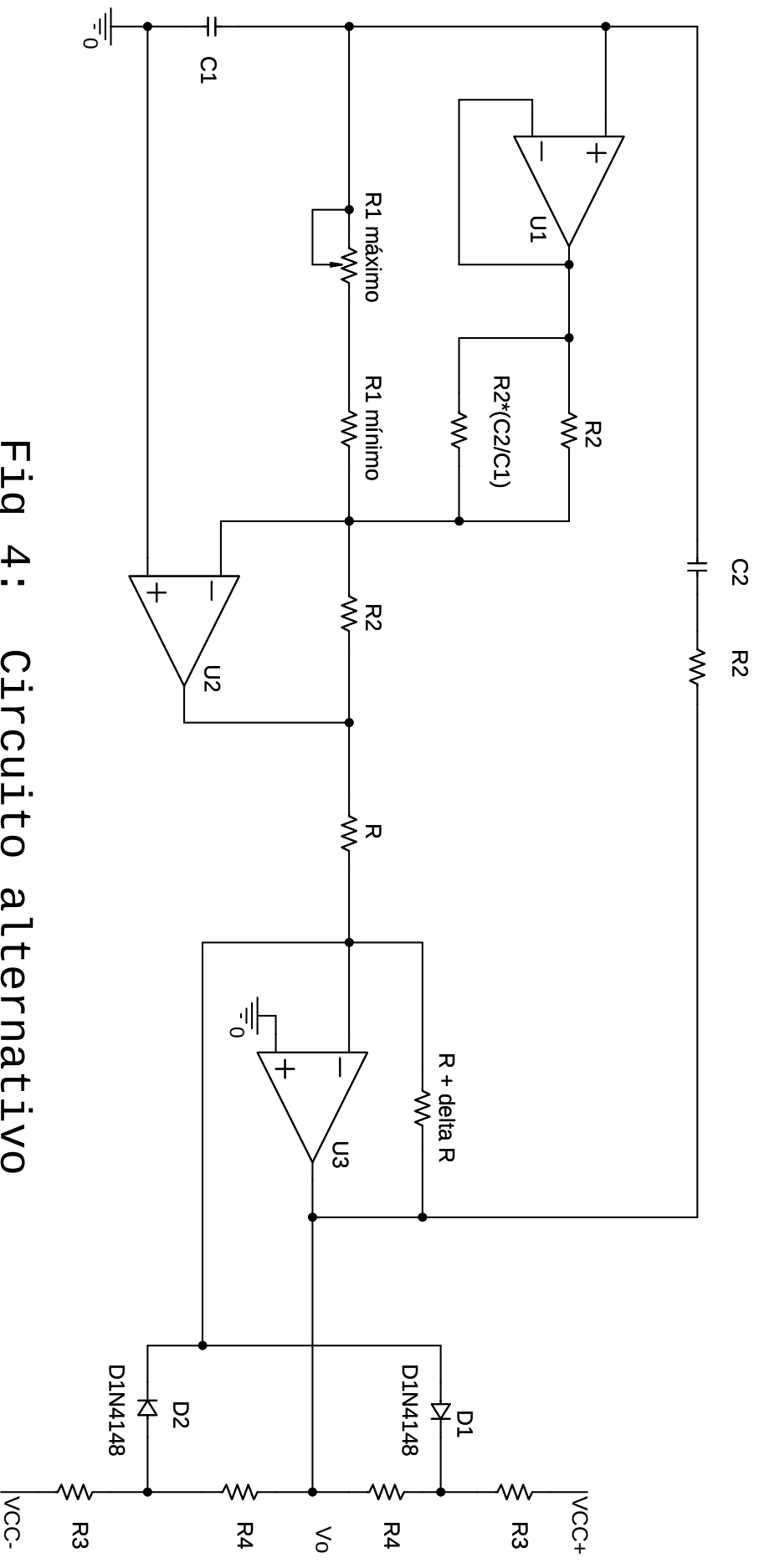


Fig 4: Circuito alternativo

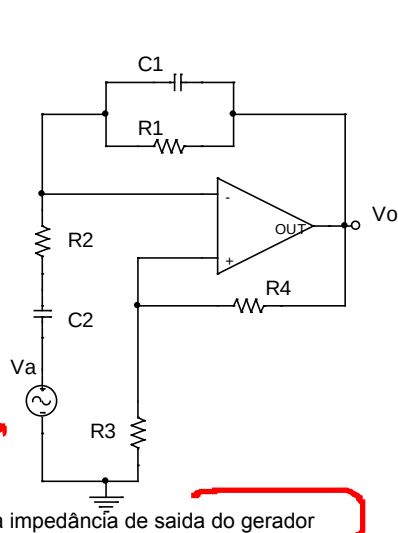


Fig.3: Amplificador seletivo de Q ajustável

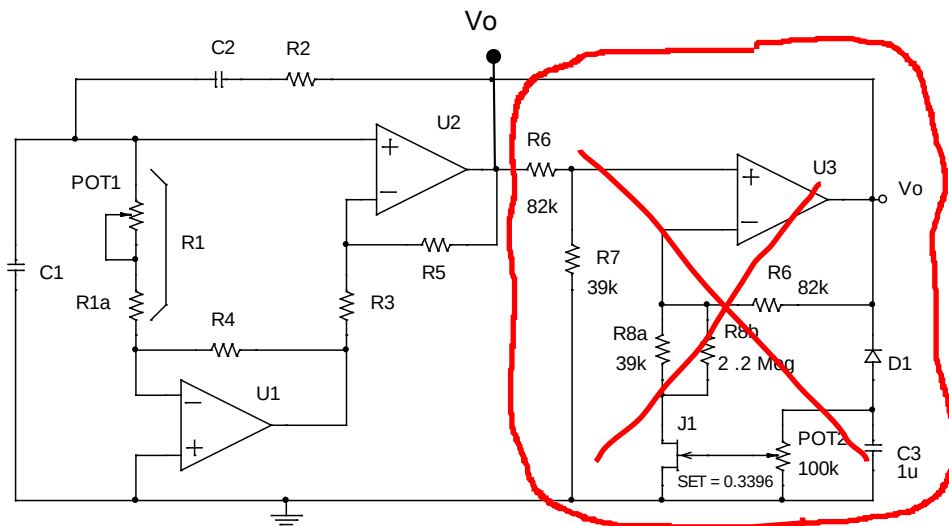


Fig. 4: Oscilador com frequência ajustável

IV) Simulações e Medidas

- Para acelerar as simulações dos osciladores deve-se acrescentar uma fonte de corrente IPULSE entre o terminal de terra e uma das entradas de um ampop. Esta fonte gera uma única perturbação inicial que acelera o processo de convergência do simulador.
- Sugestão de ajuste da fonte de corrente IPULSE : $i1=0$; $i2=1\text{mA}$; $TD=1\mu\text{s}$; $TR=3\text{ns}$; $TF=3\text{ns}$; $PW=1\mu$ e $PER=0$. O tempo de simulação deve ser ajustado em pelo menos 50ms e o $\text{step size} = 10\mu\text{s}$.
- O circuito de controle de distorção e amplitude deve ser ligado somente após ter certeza de que o circuito está oscilando corretamente (com distorção). Opcionalmente pode-se utilizar uma chave para ligar o circuito de controle depois de um tempo de simulação. Neste caso, o oscilador começa com distorção e, depois se ajusta para o valor desejado. O componente é `Sw_tClose/ANL_MISC` e deve ter seus parâmetros ajustados: $ROPEN=10\text{meg}$ e $TCLOSE=10\text{ms}$.

a) Oscilador em ponte de Wien (Fig.1):

- Simular e medir a frequência de oscilação e amplitude do sinal de saída.

b) Oscilador em ponte de Wien invertida (Fig.2):

- Simular e medir a frequência de oscilação e amplitude do sinal de saída.

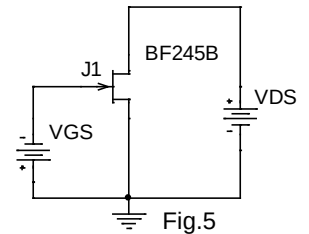
c) Amplificador seletivo de Q ajustável (Fig.3):

- Simular fazendo a resposta em frequência (AC Sweep/Noise) do circuito com os valores de R_3 e R_4 escolhidos para obter o fator de qualidade Q entre ~~8 e 12~~ ^{20 e 30}. Medir o fator de qualidade do circuito, definido como : $Q = \omega_o / BW$, onde ω_o é a frequência de ressonância (máximo de amplitude) e BW é a largura de banda onde a amplitude cai 3.0103 dB em relação ao máximo obtido em ω_o .
- Simular fazendo a resposta no tempo (Time Domain - Transient) do circuito com os mesmos valores de R_3 e R_4 escolhidos. Aplicar um degrau de 1V de amplitude e medir o fator de qualidade do circuito pelo método apresentado no anexo 1.

- Variar o Q do circuito, alterando o valor de R_3 . Repetir as medidas pelos dois métodos.
- Comparar as medidas pelos dois métodos. Que método é mais preciso?

d) Oscilador com frequência ajustável (Fig.4):

- Simulação auxiliar para o projeto do circuito de controle de amplitude e distorção (Fig.5):
- Nas definições de simulação, selecionar: análise do tipo "DC Sweep" e as duas opções:
 - opção: "Primary Sweep" / variável de varredura: "Voltage source" (VGS) / tipo de varredura: "linear" indicando valor inicial (0)/ final (2.2) / incremento (0.01).
 - opção: "Parametric Sweep" / variável de varredura: "Voltage source" (VDS) / tipo de varredura: "Value list" indicando os valores: (-50mV +50mV).
- Plotar $V(VDS:+) / I(J1:d)$.
- Pela estimativa de R_{DS} necessário, é possível estimar a tensão V_{GS} correspondente e, consequentemente, estimar a tensão de saída (ver orientação na memória de cálculo). Simular e medir a frequência de oscilação e amplitude do sinal de saída para os valores, mínimo e máximo, de R_1 . Variar a tensão de gate (V_{GS}) de J_1 e observar o que ocorre com a tensão de saída.



prática # 4 (Osciladores senoidais)**GRUPO:****Data:** _____**MEMÓRIA DE CÁLCULO****1) Especificações:**

- Alimentação

$$V_{CC} = \text{_____} V$$

- Tensão de pico no JFET

$$V_{GS} \leq \text{_____} mV_{pico}$$

- Frequência de oscilação

$$\text{_____} kHz \leq f_o \leq \text{_____} kHz$$

- Excursão de sinal na saída

$$V_o \geq \text{_____} V_{pico}$$

Oscilador em ponte de Wien (Fig.1):**2) Escolha R_1 , R_2 , C_1 e C_2 para a frequência desejada**Calcular o valor do produto $R_1 R_2 C_1 C_2$ para obter a frequência desejada.

$$f_o = \text{_____} Hz$$

$$R_1 R_2 C_1 C_2 = \text{_____} s^2$$

Escolher valores comerciais de capacitores de poliéster para C_1 e C_2 (verificar no laboratório os valores disponíveis).

$$C_1 = \text{_____} nF$$

$$C_2 = \text{_____} nF$$

Escolher valores comerciais para R_1 e R_2 .

$$R_1 = \text{_____} k\Omega$$

$$R_2 = \text{_____} k\Omega$$

Cálculo da frequência com os valores escolhidos

$$f_o = \text{_____} kHz$$

3) Cálculo de R_3 , R_4 e R_x

Calcular o ganho necessário para oscilar (condição de oscilação).

$$A_o = \quad V/V$$

Calcular a relação entre R_3 e R_4 e escolher valor comercial para R_4 .

$$R_3/R_4 =$$

$$R_4 = \quad k\Omega$$

Escolher R_3 e R_x . Uma estimativa de R_x pode ser obtida fazendo $(1 + R_3/R_4)$ pouco maior que A_o (p.ex.: +3%), e $(1 + (R_3 // R_x)/R_4)$ pouco menor que A_o (p.ex.: -0,3%).

$$R_3 = \quad k\Omega$$

$$R_x = \quad k\Omega$$

Oscilador em ponte de Wien invertida (Fig.2):**4) Cálculo de R_5 e R_6**

Calcular R_5 e R_6 para obter a amplitude desejada. Escolher valores comerciais.

$$R_5 = \quad k\Omega$$

$$R_6 = \quad k\Omega$$

Estimar a amplitude do sinal de saída.

$$V_o = \quad V_{pico}$$

Amplificador seletivo de Q ajustável (Fig.3):**5) Cálculo de R_3**

20 e 30

Escolher R_3 para obter fator de qualidade Q entre ~~8 e 12~~. Escolher valor comercial.

$$R_3 = \quad k\Omega$$

Oscilador com frequência ajustável (Fig.4):

Calcular o valor do produto $R_1 R_2 C_1 C_2$ para obter a frequência mínima desejada.

$$f_{\min} = \quad \text{Hz}$$

$$R_1 R_2 C_1 C_2 = \quad s^2$$

Escolher valores comerciais de capacitores de poliéster para C_1 e C_2 (verificar no laboratório os valores disponíveis).

$$C_1 = \quad nF$$

$$C_2 = \quad nF$$

Escolher $R_{1\max}$ e $R_{1\min}$.

A frequência deve variar pelo menos uma década e R_1 é o único responsável por esta variação. Portanto, sabe-se pela expressão da frequência que $R_{1\max} > 100R_{1\min}$.

Escolher valor comercial para R_2 e determinar $R_{1\max}$.

$$R_2 = \quad k\Omega$$

$$R_{1\max} = \quad k\Omega$$

Escolher valor comercial para $R_{1a} < R_{1\max}/100$.

$$R_{1a} = \quad k\Omega$$

Cálculo das frequências, máxima e mínima, com os valores escolhidos

$$f_{\min} = \quad \text{Hz}$$

$$f_{\max} = \quad \text{kHz}$$

6) Estimativa do ganho e amplitude de saída do circuito de controle de amplitude

Escrever a expressão do ganho do circuito de controle de amplitude em função de R_{DS}

Estimar o valor de R_{DS} que limita a amplitude do oscilador

$$R_{DS} = k\Omega$$

Estimar o valor de V_{GS} que ajusta R_{DS} no valor desejado (ver instruções para simulação auxiliar na seção IV-d)

$$V_{GS} = V$$

Estimar o valor de V_o que produz o valor de V_{GS} desejado.

$$V_o = V_{pico}$$

Verificar se a tensão AC em VDS atende ao especificado

$$V_{DS} = V_{pico}$$

Osciladores Senoidais

Parâmetros do circuito	Unid	Projetado	Simulado	Medido	OBS
Oscilador em ponte de Wien (Fig.1)					
Frequência de oscilação	Hz				
Rx	k Ω				
Amplitude na saída (Vop)	V				
Oscilador em ponte de Wien invertida (Fig.2)					
Frequência de oscilação	Hz				
Amplitude na saída (Vop)	V				
Amplificador seletivo com Q ajustável (Fig.3)					
Frequência central (fo)	Hz				
Freq. de corte inferior (f _L)	Hz				
Freq. de corte superior (f _H)	Hz				
Fator Q (método 1)					
Fator Q (método2)					
Oscilador com frequência ajustável (Fig.4)					
Frequência (R1 mínimo)	Hz				
Amplitude (R1 mínimo)	V				
Frequência (R1 máximo)	Hz				
Amplitude (R1 máximo)	V				

Comentários / Conclusão

Se o amplificador seletivo da Fig.3 for ajustado com $Q=20$, o que se espera para a saída do amplificador se for aplicada uma onda quadrada de frequência $f_0/3$?

Descreva o funcionamento do circuito limitador de amplitude do oscilador da Fig.4.

Anexo 1

Método para medida do fator Q baseado na resposta ao degrau

Considerando as amplitudes e os tempos do primeiro e do enésimo (N) pico (positivo ou negativo) da resposta ao degrau, de um sistema de 2ª ordem, temos:

$$|V_1| = e^{-\frac{\omega_o t_1}{2Q}} \quad t_1 = \frac{\pi}{\omega_o \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}} \quad |V_N| = e^{-\frac{\omega_o t_N}{2Q}} \quad t_N = \frac{N\pi}{\omega_o \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}}$$

Fazendo a relação entre as amplitudes dos picos, vem:

$$\frac{|V_1|}{|V_N|} = e^{-\frac{\omega_o}{2Q}(t_1 - t_N)} = e^{-\frac{\omega_o}{2Q} \left(\frac{(1-N)\pi}{\omega_o \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}} \right)} = e^{\frac{(N-1)\pi}{\sqrt{4Q^2 - 1}}}$$

Explicitando para Q, obtemos:

$$\ln \frac{|V_1|}{|V_N|} = \frac{(N-1)\pi}{\sqrt{4Q^2 - 1}} \Rightarrow 4Q^2 - 1 = \left(\frac{(N-1)\pi}{\ln(|V_1|/|V_N|)} \right)^2 \Rightarrow \boxed{Q = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{(N-1)\pi}{\ln(|V_1|/|V_N|)} \right)^2 + 1}}$$

Considerando que a resposta ao degrau só começa a apresentar picos visíveis para $Q > 2$, podemos considerar $4Q^2 \gg 1$ e fazer a aproximação:

$$\ln \frac{|V_1|}{|V_N|} = \frac{(N-1)\pi}{2Q} \Rightarrow \boxed{Q = \frac{(N-1)\pi}{2 \ln(|V_1|/|V_N|)}}$$

Assim, para:

$$\ln \frac{|V_1|}{|V_N|} = \begin{cases} \frac{\pi}{2} \Rightarrow |V_N| \cong \frac{1}{5}|V_1| \Rightarrow \boxed{Q = N-1} \\ \pi \Rightarrow |V_N| \cong \frac{1}{23}|V_1| \Rightarrow \boxed{Q = \frac{N-1}{2}} \end{cases}$$

onde N é o número de picos positivos e negativos com amplitude maior ou igual ao valor de $|V_N|$ adotado.

Procedimento de medida:

- 1- Medir a amplitude do primeiro pulso $(|V_1|)$;
- 2- Adotar um valor para $|V_N|$. Por exemplo : $|V_N| = \frac{1}{5}|V_1|$;
- 3- Contar o número (N) de picos positivos e negativos com amplitudes maiores do que $|V_N|$;
- 4- O fator de qualidade Q do circuito será igual ao número de picos menos um, ou seja,
 $Q = (N - 1)$.

OBS.: se no item 2 for adotado $|V_N| = \frac{1}{23}|V_1|$, o valor do fator Q do circuito será igual à metade

do número de picos contados menos um, ou seja, $Q = \frac{(N - 1)}{2}$.

Histórico das revisões:

ACMQ – 2/5/2001 JBM – abr/2005 JBM –set/2005

(v4) 01/05/2011

Alterado o nome do pesquisador alemão de Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz Wien (1864 - 1928) para Max Karl Werner Wien (1866 - 1938). Fonte wikipedia

Acrescentada a memória de cálculo e retirado o roteiro

Acrescentada a numeração de página.

Alteração na pergunta (conclusão)

Colocação de cabeçalho somente na 1ª página da memória de cálculo

2017 - passou a ser designada aula pratica #5

2018- passou a ser designada pratica#4 06/05/2018