

Lab. de Circuitos Eletrônicos Analógicos – Exp. 10

OSCILADOR A DESLOCAMENTO DE FASE

Vídeo-Aula de apoio:

https://www.youtube.com/watch?v=Ow1m Js-r_c

INTRODUÇÃO

Um fenômeno indesejado que pode ocorrer em amplificadores realimentados (mal projetados) é a oscilação. Esta instabilidade do circuito está relacionada com o deslocamento de fase acima de 180° que o sinal pode sofrer ao passar pela malha de uma sistema negativamente realimentado. Para tanto, figuras de mérito como margem de fase e margem de ganho devem ser analisadas ao aplicar-se realimentação a um sistema estável.

No entanto, esse fenômeno de instabilidade, proveniente de uma realimentação positiva, é utilizado no projeto de osciladores. Através da Figura 1, podemos fazer o seguinte raciocínio: em um instante t_0 aplicamos um determinado sinal sinusoidal à entrada do sistema. Este sinal será afetado por $H(s)$ e terá uma certa amplitude e fase. Se a amplitude na saída é mantida a mesma do sinal V_i aplicado em t_0 , e a fase for alterada de 360° , haverá sobreposição dos sinais V_i e V_o no instante t_1 . Se o sinal V_i for anulado depois disto, idealmente V_o seria mantido pela realimentação do sistema. A frequência na qual o sistema irá oscilar será aquela que resulta em uma defasagem de 0° ou 360° (ou múltiplos de 360°) em malha fechada. Para qualquer outra defasagem diferente de 360° , a soma de V_i e V_o , depois de um certo tempo, converge para zero mesmo com o ganho de malha aberta sendo maior que um. Deve-se ressaltar que não é necessário aplicar-se um sinal à entrada do circuito para iniciar a oscilação, pois o próprio ruído térmico dos componentes fornece a excitação.

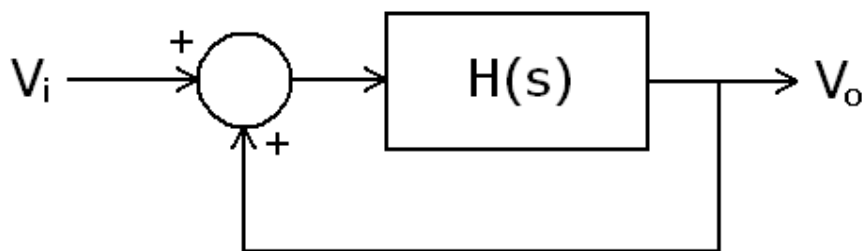


Figura 1 – Sistema com realimentação positiva

Na prática, $|H(s)|$ deve ser maior que 1 (sistema instável) para que a oscilação se inicie. No entanto, após algum tempo, a amplitude de oscilação saturaria no valor das fontes de alimentação, aproximadamente. No projeto de osciladores lineares, com saída senoidal, tal instabilidade é contornada pela não-linearidade da parte ativa do oscilador, a qual possui

uma função de transferência com ganho dependente da amplitude de oscilação. Assim, este decréscimo do ganho com a amplitude faz com que $|H(s)|$ possa também assumir valores inferiores a 1 (sistema estável). Assim, o ganho de malha deve variar dinamicamente entre valores maiores e menores que 1, originando uma oscilação senoidal, com amplitude praticamente constante.

As condições para oscilação sustentável: (Critério de Barkhausen):

- ganho de malha aberta igual a 1;
- deslocamento de fase dado por $H(s)$ igual à 0° ou 360°

Neste experimento será implementado um oscilador composto por três redes passa-baixas (parte passiva) que fornecerão parte da defasagem necessária, e um amplificador inversor a opamp (parte ativa) que fornecerá ganho e o restante da defasagem. O circuito a ser montado é mostrado na Figura 2.

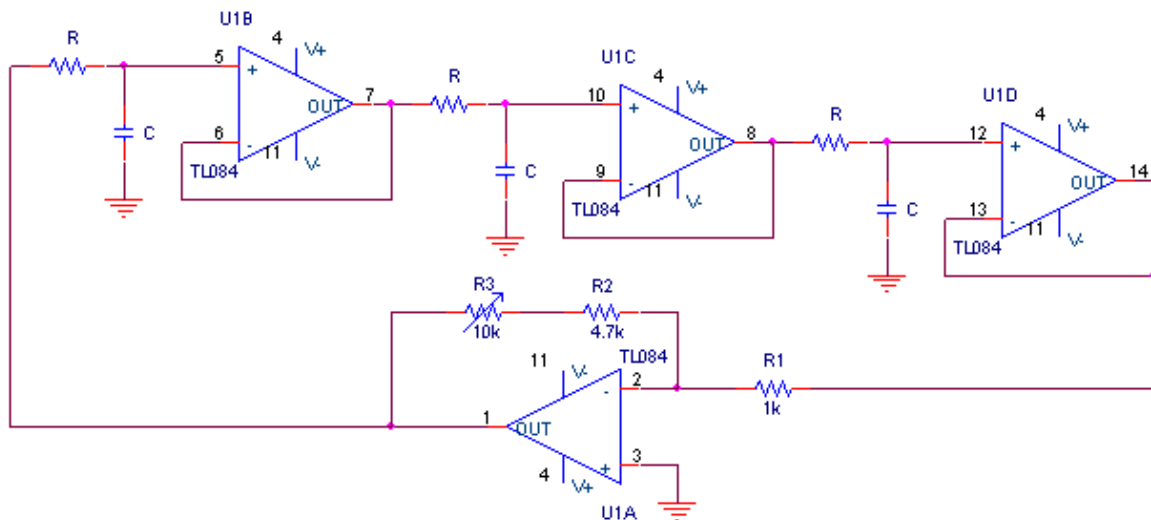


Figura 2 – Circuito oscilador implementado através de redes RC.

PRÉ-RELATÓRIO

- 1) Determine os valores de R e C para que o atraso de fase de cada rede RC seja 60° na frequência de 5 kHz. (fixe o valor de $R=5K\Omega$ e determine o capacitor C)
- 2) Encontre o ganho que deve ser dado pelo amplificador inversor para que seja satisfeita a primeira condição de Barkhausen (oscilação sustentável).
- 3) O circuito da Figura 3 é utilizado para controlar a amplitude à saída do amplificador operacional, tornando a oscilação praticamente senoidal. O ganho V_o/V_i é dependente da amplitude do sinal, como ilustrado na Figura 4. Como valores de ganho máximo e mínimo, imponha, respectivamente, um valor de 5% acima e abaixo daquele encontrado no item 2).

Admitindo tensão de condução dos diodos $V_D = 0.6V$, determine os valores dos resistores para se impor uma amplitude de oscilação constante de $2.0V$. Considere alimentação de $+5V/-5V$ e imponha $R1 = 1K\Omega$.

Para o projeto do limitador, assuma que no ponto de comutação, a queda de tensão sobre o diodo é $0.6V$, mas a corrente através dele ainda seja zero).

$$R_F = R_{F1} + R_{pot}$$

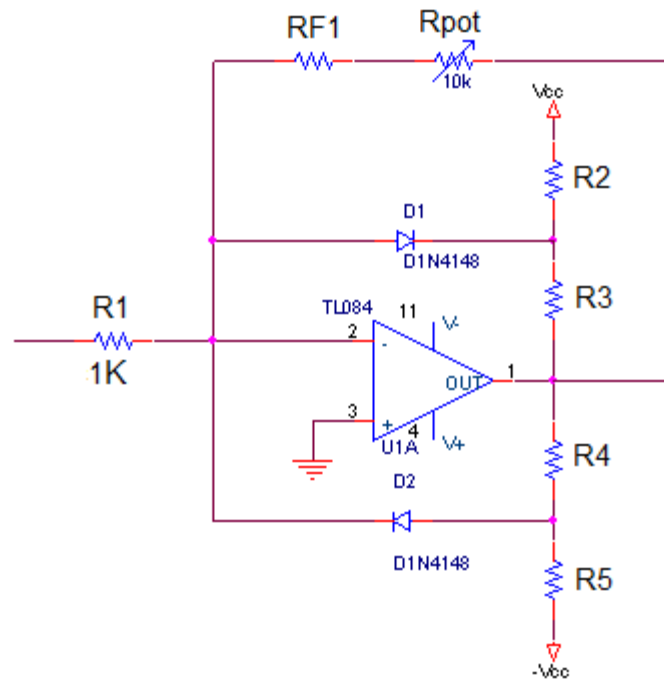


Figura 3 – Esquema do circuito limitador.

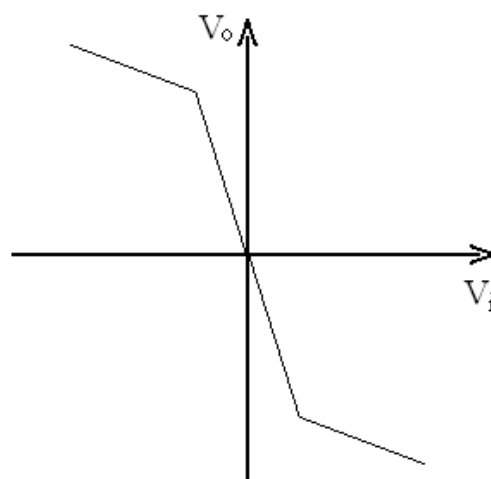


Figura 4 – Função de transferência do amplificador com limitador.

PARTE EXPERIMENTAL:

1) Monte as três redes de atraso de fase (filtro passa-baixas RC) intercaladas por buffers e trace o diagrama de bode do sistema preenchendo a tabela abaixo, e verifique a frequência em que o atraso de fase é igual a 180 graus. A partir dos dados levantados, faça os diagramas de Bode de ganho e fase. Caso as medidas se tornem imprecisas com o aumento da frequência, aumente o nível do sinal à entrada.

Freq. (Hz)	Vi (vpp)	Vo (vpp)	Δt (ms)	$ H(j\omega_o) $	Fase (graus)
0.5k					
1k					
2k					
4k					
6k					
8k					
10k					
20k					
30k					
50k					
100k					

2) Monte o circuito da Figura 2 em malha aberta, sem a conexão da saída do amplificador inversor com a rede RC. Aplique um sinal senoidal de 5 kHz no resistor de entrada. Meça a defasagem entre as saídas de cada amplificador operacional e a amplitude. Compare com os valores calculados. Documente as formas de onda.

3) Feche a malha de realimentação e ligue a alimentação do circuito. Através do potenciômetro Rpot verifique qual o ganho mínimo do amplificador inversor necessário para iniciar a oscilação do circuito. Documente as formas de onda.

4) Justifique o fato da saída permanecer aproximadamente senoidal, mesmo na ausência do circuito limitador.

5) Implemente o circuito da Figura 3 para limitação do ganho do amp. inversor e verifique o sinal na saída do operacional, analisando a frequência e amplitude estável de oscilação. Analise e documente o espectro de frequências da oscilação, calculando o THD.