

Oscilador Senoidal

Teoria da oscilação senoidal

Para se construir um oscilador senoidal, precisamos de um amplificador com realimentação positiva. A ideia consiste em se usar o sinal de realimentação no lugar de um sinal de entrada. Se o ganho de malha e a fase estiverem corretos, haverá um sinal de saída, mesmo que não haja sinal externo na entrada. Um oscilador é um amplificador que foi modificado pela realimentação positiva para fornecer o seu próprio sinal de entrada. Um oscilador não cria energia; ele muda somente a energia cc da fonte de alimentação em energia ca.

Ganho e fase da malha

A figura 1 mostra uma fonte de tensão v_{entrada} alimentando os terminais de entrada de um amplificador. A tensão de saída amplificada é:

$$v_{\text{saída}} = A v_{\text{entrada}}$$

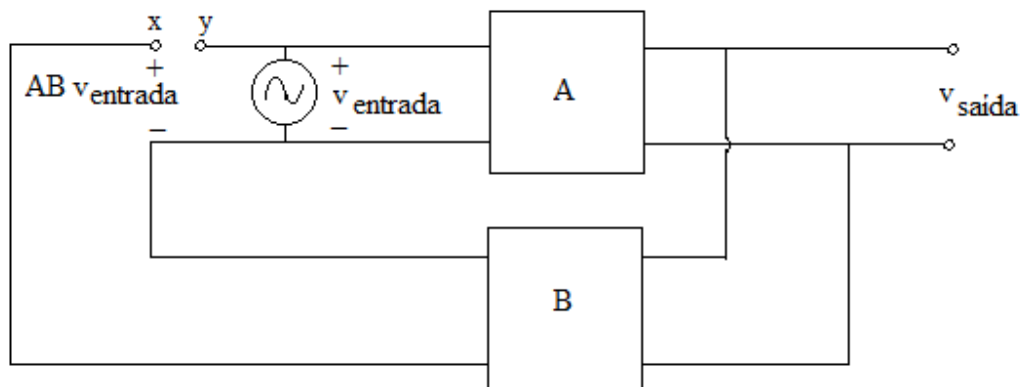


figura 1

Esta tensão alimenta a malha de realimentação que geralmente é um circuito ressonante. Por isso, obtemos realimentação máxima numa certa frequência. A tensão de realimentação que volta ao ponto x é dada por:

$$v_f = AB v_{\text{entrada}}$$

Se o desvio de fase através do amplificador e da malha de realimentação for 0° , então $AB v_{\text{entrada}}$ estará em fase com o sinal v_{entrada} que alimenta os terminais de entrada do amplificador.

Haverá oscilação se:

Inicialmente, o ganho de malha AB for maior que 1 na frequência na qual o desvio de fase do circuito for de 0° .

Depois de atingido o nível de saída desejado, AB precisa diminuir até 1 através de reduções ou de A ou de B .

Como já foi dito, num oscilador não há sinal externo v_{entrada} , então o diagrama de blocos mostrado na figura 1 transforma-se no diagrama de blocos mostrado na figura 2. Então a tensão de realimentação $AB v_{\text{entrada}}$ alimenta os terminais de entrada do amplificador como mostrado na figura 2. Se AB for menor que 1, $AB v_{\text{entrada}}$ será menor que v_{entrada} e o sinal de saída desaparecerá. Por outro lado, se AB for maior que 1, $AB v_{\text{entrada}}$ será maior que v_{entrada} e a tensão de saída crescerá. Se AB for igual a 1, então $AB v_{\text{entrada}}$ será igual a v_{entrada} e a saída será uma onda senoidal estável. Neste caso, o circuito fornece o seu próprio sinal de entrada e produz uma onda senoidal na saída.

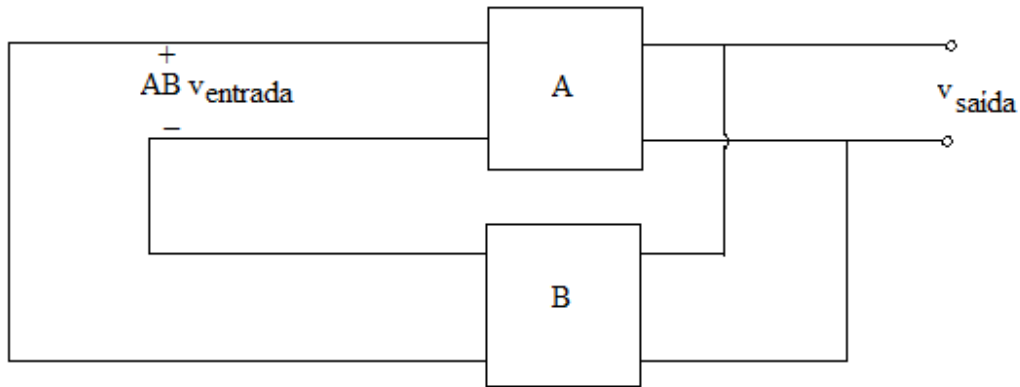


figura 2

Num oscilador senoidal o valor do ganho do circuito AB é maior que 1 logo que a alimentação é ligada. Uma pequena tensão de partida é aplicada aos terminais de entrada, e a tensão de saída cresce. Depois da tensão de saída atingir um nível desejado, o valor de AB automaticamente diminui até 1, e amplitude de saída permanece constante.

Tensão de entrada

A tensão de partida de um oscilador senoidal vem da tensão de ruído gerada pelos resistores do circuito. Logo que se liga o circuito os únicos sinais do sistema são as tensões de ruído geradas pelos resistores. Estes ruídos são amplificados e aparecem nos terminais de saída. O ruído amplificado alimenta o circuito de realimentação ressonante. Através do desenvolvimento dos elementos do projeto faz-se o desvio de fase ao longo do circuito igual a zero e o ganho de malha AB igual a 1. Desta forma se obtém oscilações somente numa frequência.

Qualquer resistor pode ser uma fonte de ruído por conter alguns elétrons livres. Devido à temperatura ambiente, estes elétrons livres deslocam-se aleatoriamente em diferentes direções e geram uma tensão de ruído através do resistor. O movimento é tão aleatório que gera frequências as mais variadas possíveis. Cada resistor se comporta como uma pequena fonte de tensão ca produzindo frequências variadas.

Em outras palavras, o ruído amplificado é filtrado de modo a haver somente uma componente senoidal com fase exatamente correta para a realimentação positiva. Quando o ganho de malha AB for maior que 1, as oscilações crescem nesta frequência. Depois que um nível adequado é atingido, AB diminui para 1, e obtemos um sinal de saída senoidal com uma amplitude constante.

O Oscilador a Ponte de Wien

O oscilador a ponte de Wien é o circuito oscilador padrão para frequências baixas a moderadas, na faixa de 5 Hz até cerca de 1 MHz. É quase sempre usado em geradores de áudio comerciais e é geralmente preferido em outras aplicações em baixas frequências.

Rede de avanço-atraso

O oscilador a ponte de Wien utiliza um circuito de realimentação chamado rede de avanço-atraso. Em frequências muito baixas, o capacitor em série aparece aberto para o sinal de entrada e, por isso, não há sinal de saída. Em frequências muito altas, o capacitor de derivação aparece como um curto circuito e não há sinal de saída. Entre estes extremos, a tensão de saída de rede de avanço-atraso atinge um valor máximo. A frequência para a qual a saída é maximizada é chamada frequência

ressonante f_r . Nesta frequência, a fração de realimentação atinge um valor máximo de $1/3$. A figura 3 mostra a rede de avanço-atraso usada no oscilador a ponte de Wien.

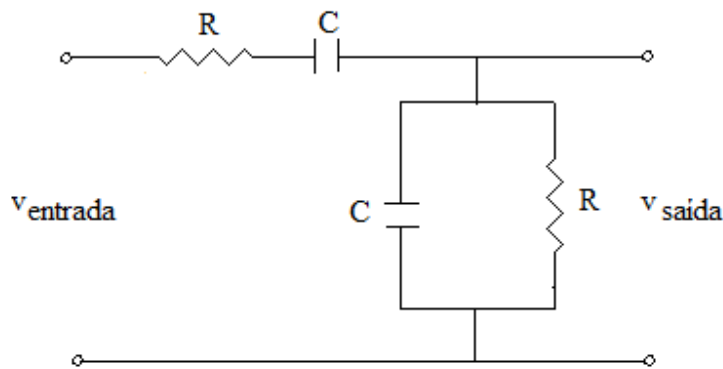


figura 3

Cálculo do ganho de tensão da rede de avanço-atraso

$$v_{saída} = [R \parallel (-jX_C)] / \{ R - jX_C + [R \parallel (-jX_C)] \} \times v_{entrada}$$

Antes do desenvolvimento é preciso lembrar que: $-j = 1/j$, $j^2 = -1$.

$$[R \parallel (-jX_C)] = (-jRX_C) / (R - jX_C)$$

$$\{ R - jX_C + [R \parallel (-jX_C)] \} = [R - jX_C + (-jRX_C) / (R - jX_C)] = [R^2 - (X_C)^2 - (j3RX_C)] / (R - jX_C)$$

$$v_{saída} = [(-jRX_C) / (R - jX_C)] / \{ [R^2 - (X_C)^2 - (j3RX_C)] / (R - jX_C) \} \times v_{entrada}$$

$$v_{saída} = (-jRX_C) / [R^2 - (X_C)^2 - (j3RX_C)] \quad \text{Dividir ambos os lados por } -jRX_C$$

$$v_{saída} = 1 / [(jR / X_C) - (jX_C / R) + 3] \times v_{entrada}$$

$$v_{saída} = 1 / \{ 3 + j[(R / X_C) - (X_C / R)] \} \times v_{entrada}$$

$$B = |v_{saída} / v_{entrada}| = 1 / \sqrt{9 + [(R / X_C) - (X_C / R)]^2}$$

$$\Phi = \arctan [(R / X_C) - (X_C / R)] / 3$$

O valor máximo da fração de realimentação B acontece na frequência ressonante f_r . Esta relação é mostrada na figura 4. Na frequência ressonante a fração de realimentação atinge um valor máximo de $1/3$.

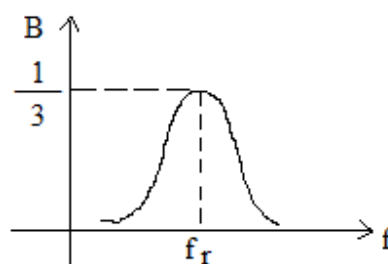


figura 4

A figura 5 mostra o ângulo de fase da tensão de saída com relação à tensão de entrada. Em frequências muito baixas, o ângulo de fase é positivo, e o circuito se comporta como uma rede de avanço. Por outro lado, em frequências muito altas, o ângulo de fase é negativo, e o circuito se comporta como uma rede de atraso. Entre essas frequências, há uma frequência ressonante f_r para a qual o desvio de fase é igual a 0° .

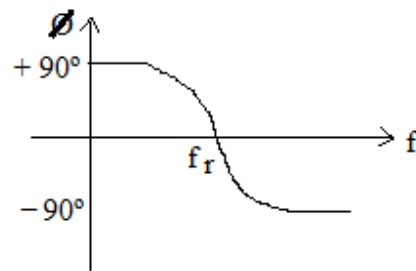


figura 5

A expressão da fração de realimentação tem um máximo quando $X_C = R$. Para esta condição, $B = 1/3$ e $\Phi = 0^\circ$. Este resultado representa a frequência ressonante da rede de avanço-atraso. Como $X_C = R$, podemos escrever:

$$f_r = 1 / (2 \pi RC)$$

Como funciona o oscilador a ponte de Wien

A figura 6 mostra um circuito que representa um oscilador a ponte de Wien. Ele utiliza realimentações positiva e negativa. A realimentação positiva ajuda as oscilações a aumentarem quando a alimentação é ligada. Depois do sinal de saída atingir o nível desejado, a realimentação negativa reduz o ganho da malha fechada a 1. A realimentação positiva se dá através da rede de avanço-atraso para a entrada não inversora; a realimentação negativa se dá através do divisor de tensão para a entrada inversora.

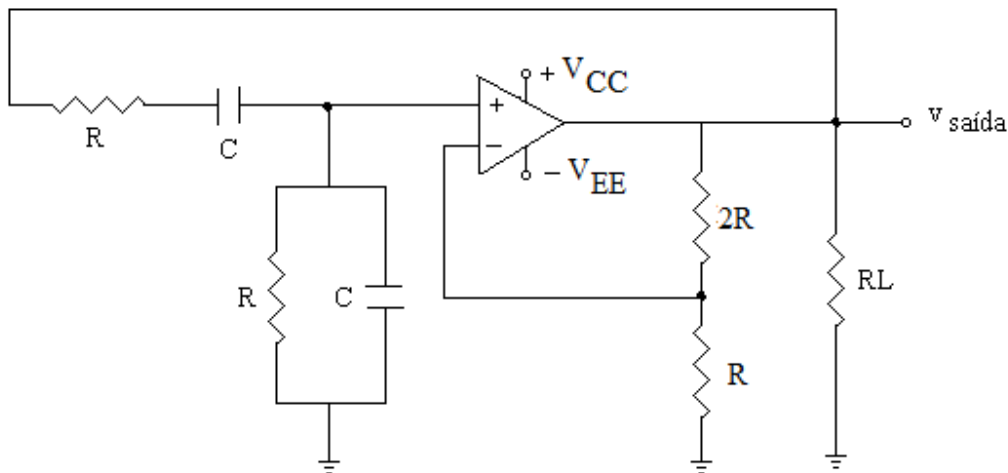


figura 6