



**INSTITUTO
FEDERAL**

Santa Catarina

Câmpus
São José

Oscilador TBJ Colpitts

Projeto Final de Eletrônica II

Gabriel Luiz Espindola Pedro

Arthur Cadore Matuella Barcella

16 de novembro de 2022

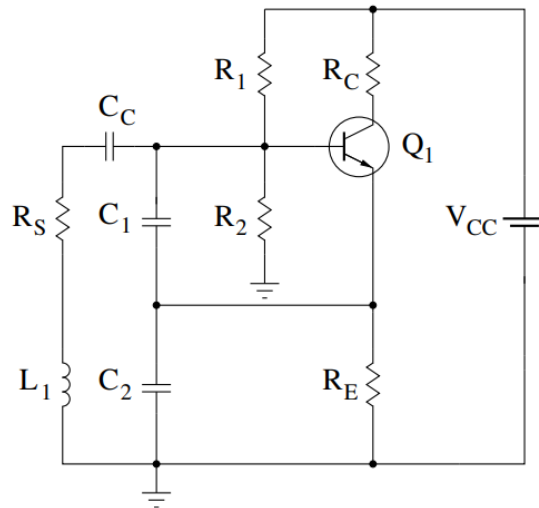


Figura 1: Diagrama para o circuito oscilador Colpitts

Na Figura acima, visualiza-se um oscilador Colpitts em configuração coletor comum. O capacitor C_C serve para realizar um desacoplamento em nível CC. Considere um transistor 2N2222 e suponha $\beta \approx 200$.

Para esse circuito, caso o indutor tenha uma resistência de perdas R_s (modelo em série, a frequência de oscilação vale:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_T}} \quad (1)$$

em que:

$$C_T = \frac{C_{1,eq}C_2}{C_{1,eq} + C_2} \quad (2)$$

$$C_{1,eq} = \frac{C_1}{1 + \frac{R_s}{r_\pi}} \approx C_1 \quad (3)$$

Por sua vez, a condição de ganho para esse oscilador é dada por:

$$R_s r_\pi - \frac{\beta}{\omega_0^2 C_1 C_2} + \frac{L_1}{C_1} = 0 \quad (4)$$

Usualmente, a terceira parcela dessa equação é muito menor do que a segunda, portanto, para que o circuito comece a oscilar, requer-se que:

$$\frac{g_m}{\omega_0^2 C_1 C_2} > R_s \Rightarrow g_m > \omega_0^2 R_s C_1 C_2 \quad (5)$$

- (a) [3 pontos] Projete o circuito para que a frequência de operação f_0 seja igual a 1,4MHz. Considere um indutor com fator de qualidade (sem carga) dado por $Q_u = 65$.

Para dar início ao projeto, arbitramos um valor de $22\mu\text{H}$ para o indutor, desta maneira podemos calcular a resistência interna do capacitor levando em consideração o fator de qualidade e frequência de oscilação dados pelo enunciado ($Q_u = 65$):

$$X_L = 2\pi f_0 L = 2\pi \cdot 1,4 \cdot 10^6 \cdot 22 \cdot 10^{-6} = 193,52\Omega \quad (6)$$

$$Q_u = \frac{X_L}{R_s} \Rightarrow R_s = \frac{X_L}{Q_u} = \frac{193,52}{65} = 2,9773\Omega \quad (7)$$

Com objetivo de simplificação, definimos $C_1 = C_1 \Rightarrow C_T = \frac{C_1}{2}$ e utilizamos a equação 1 para chegar ao valor de C_T

$$C_T = \frac{1}{\omega_0^2 L} = \frac{1}{(2\pi \cdot 1,4 \cdot 10^6)^2 \cdot 22 \cdot 10^{-6}} = 1,7023nF \Rightarrow C_1 = C_T \cdot 2 = 1,1749nF \quad (8)$$

Para atribuir um valor comercial aos capacitores usados, possibilitando a montagem, realizamos o arredondamento do valor de C_1 para 1,2nF

Portanto para garantir a oscilação utilizamos a equação 5:

$$g_m > 2\pi \cdot 1,4 \cdot 10^6 \cdot 2,9773 \cdot (1,2 \cdot 10^{-9})^2 = 33.174mS \quad (9)$$

- (b) [3 pontos] Suponha $V_{cc} = 15V$ e dimensione o circuito de polarização CC. Procure minimizar o consumo elétrico.

Podemos selecionar o ponto de operação do transistor 2N2222 para $V_{ce} = 8V$ e $I_c = 10mA$, utilizando V_{cc} dado pelo enunciado, validamos o ponto de operação avaliando se a equação supre o valor de transcondutância requerido anteriormente:

$$g_m = \frac{I_c}{V_T} = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 10^{-3}} = 400mS \quad (10)$$

Como calculado acima, comparando com a equação 9, verificamos que a transcondutância atende ao requisito para oscilação. Desta forma calculamos os valores para os resistores:

$$R_E = \frac{V_{cc} - V_{ce}}{I_c} = \frac{15 - 8}{10 \cdot 10^{-3}} = 700\Omega \quad (11)$$

Com o objetivo de diminuir a influência da capacitância parasita C_{bc} adicionamos um R_c de 100 Ohms

$$I_b = \frac{I_c}{\beta} = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{200} = 50\mu A \quad (12)$$

Considerando que o transistor está operando em sua região ativa direta, podemos considerar $I_{R_1} \approx I_{R_2} = 10I_b = 500\mu A$, com este valor em mãos podemos realizar o cálculo o dimensionamento dos resistores do nosso circuito:

$$R_1 = \frac{V_{cc} - (V_e + V_{be})}{I_{R_1}} = \frac{15 - (7 + 0,7)}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 14,6k\Omega \quad (13)$$

$$R_2 = \frac{V_{ce} + V_{be}}{I_{R_1}} = \frac{7 + 0,7}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 15,4k\Omega \quad (14)$$

(c) [2 pontos] Observe o sinal de saída nos domínios do tempo e da frequência.

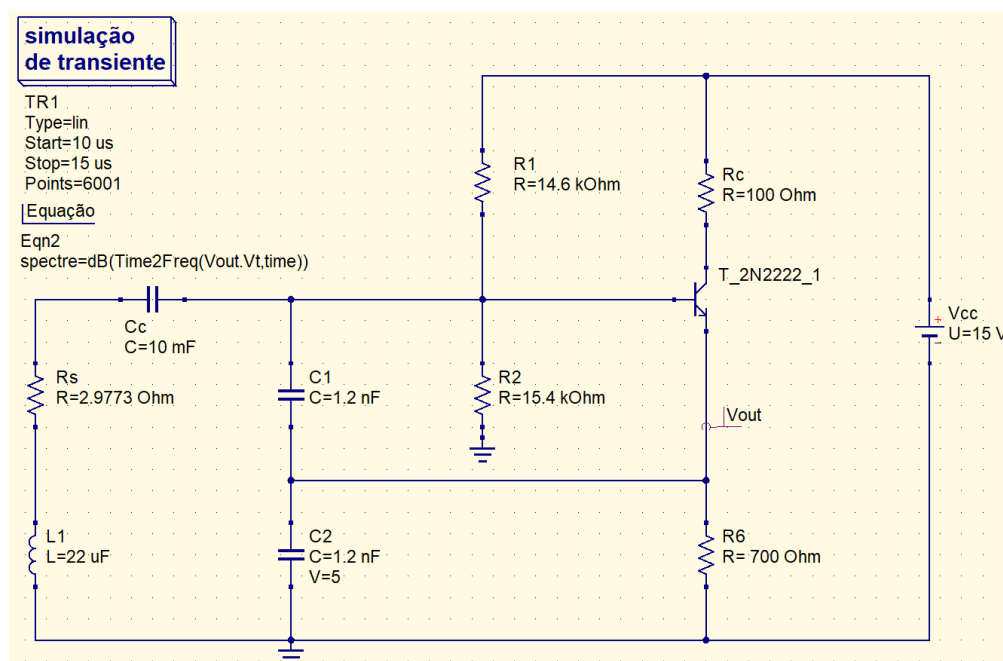


Figura 2: Circuito no simulador QUCS

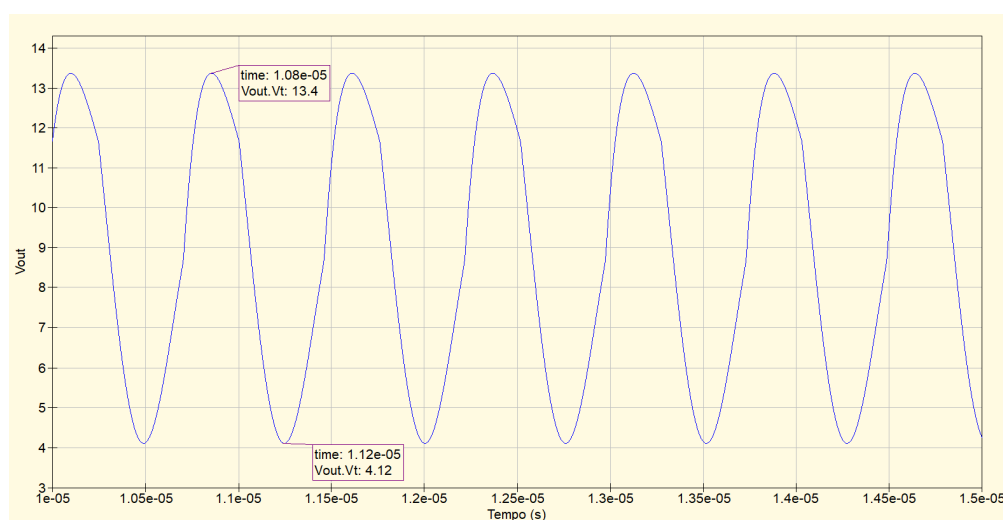


Figura 3: Gráfico da tensão pelo tempo

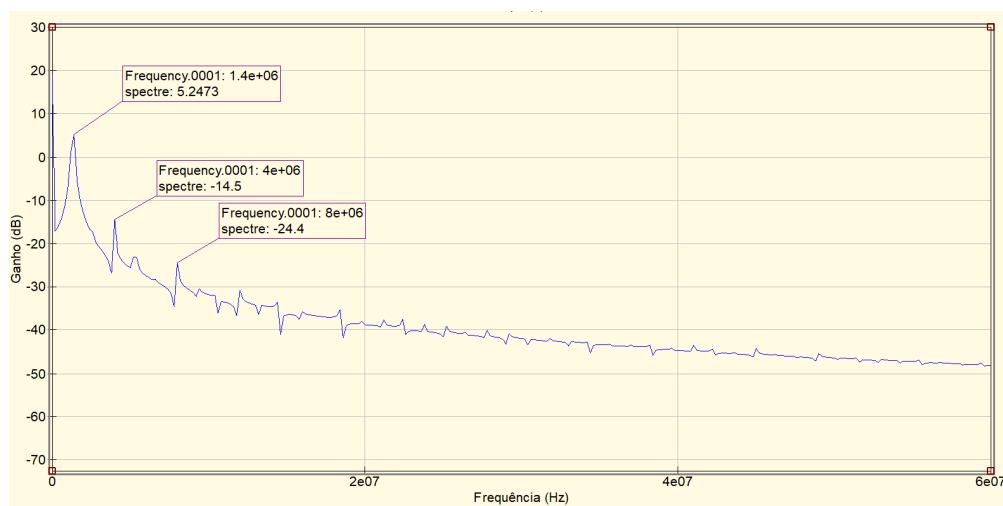


Figura 4: Gráfico de ganho em dB pela frequência

(d) [2 pontos] Verifique o ponto quiescente do transistor.

Para determinar o ponto quiescente, devemos obter os valores de V_{BE} , V_{CE} e I_C . O valor de I_C já foi previamente definido através do cálculo de resistores para atingir a RAD do transistor. O valor de I_C calculado é de 10mA.

Para determinar o valor de V_{CE} , basta realizarmos análise nodal no circuito, sabemos que o valor de $V_{CE} + V_E + V_C = V_{CC}$. O valor de $V_{CC} = 15V$, o valor de V_C pode ser calculado através de:

$$I_C = \frac{V_C}{R_C} \Rightarrow V_C = I_C \cdot R_C \Rightarrow V_C = 10mA \cdot 100\Omega = 1V \quad (15)$$

Assumindo que $I_C \approx I_E = 10mA$, podemos realizar o valor de V_E pode ser calculado da seguinte forma:

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} \Rightarrow V_E = I_E \cdot R_E \Rightarrow V_E = 10mA \cdot 700\Omega = 7V \quad (16)$$

Com os valores de V_C , V_E e V_{CC} , podemos calcular o valor de V_{CE} através de:

$$V_{CE} + V_E + V_C = V_{CC} \Rightarrow V_{CE} = -V_E - V_C + V_{CC} \quad (17)$$

$$V_{CE} = -7 - 1 + 15 = 8V \quad (18)$$

O valor de V_{BE} pode ser determinado através da propriedade física aplicada no transistor TBJ de acordo com o regime de operação do transistor. Como o transistor está operando em RAD, podemos utilizar a aproximação já conhecida para o componente, portanto: $V_{BE} = 0.7V$

(e) [2 pontos] Implemente o seu projeto em uma bancada de laboratório e compare os resultados empíricos com os dados de simulação. **Montagem apresentada em sala de aula!**

Referências

GONZALEZ, G. *Artech House Microwave Library*. [S.l.]: Artech House, 2006.