

Polarização de transistores bipolares com divisor resistivo na base

Existem diversas formas de se polarizar um circuito com transistores. Uma das formas mais eficientes é com divisor de polarização resistivo na base. Este tipo de polarização elimina problemas causados pelas diferenças de beta do transistores. Isto tipo de polarização é chamada de classe A pois amplifica todo o sinal alternado injetado em sua entrada, porém tem um consumo de corrente constante.

É interessante que, ao polarizamos um transistor , desta forma utilizemos certas considerações:

$$V_{ce} = 1 / 2 V_{cc}.$$

I_c = Valor definido pelo projetista.

$I_c = I_e$ para $H_{fe} =$ ou $>$ que 100.

$$G = R_c / R_e.$$

$$I_r = I_{rb1} = I_b \times 10.$$

$$I_{rb2} = I_r - I_{rb1}.$$

$$I_b = I_c / B.$$

$$V_{re} = 1 / 10 \times V_{cc}.$$

Onde: $H_{fe} = B =$ beta do transistor.

G = ganho do circuito.

I_c = corrente de coletor.

I_b = corrente de base.

I_e = corrente de emissor.

I_r = corrente do divisor resistivo de tensão da base (é formada por I_{rb1} que será igual a I_r e I_{rb2} que será $= I_r - I_b$).

V_{ce} = tensão de alimentação.

R_c = resistor de coletor.

R_e = resistor de emissor.

Estas considerações se aplicam há circuitos com divisores resistivos na base, e servem para facilitar os cálculos. Visam, de uma forma fácil, polarizar transistores sem entrar na zona de corte ou saturação.

Para cálculos mais apurados devemos levar em conta outras considerações, ou, por exemplo, calcular usar os parâmetros H .

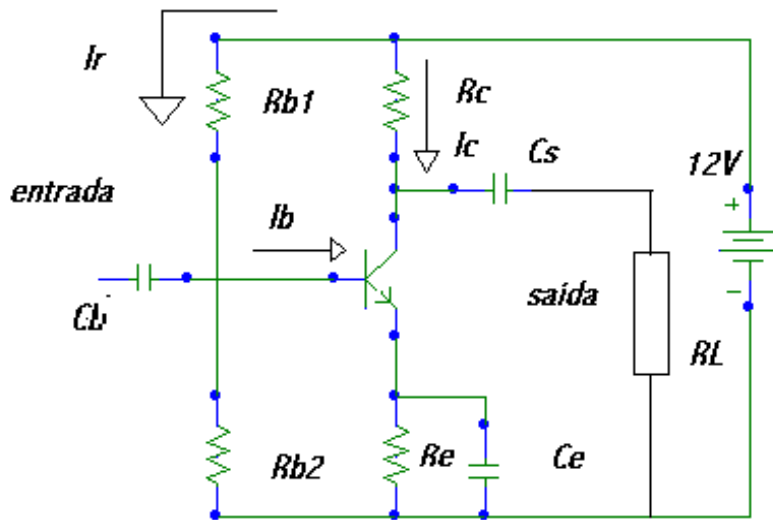


Figura 1.

$$R_c = \frac{V_{cc} - (V_{ce} - V_{re})}{I_c}$$

$$P_{rc} = \frac{(V_{rc})^2}{R_c}$$

$$R_e = V_{re} / I_c \quad \rightarrow \text{para } B = \text{ou } > 100.$$

$$P_{re} = (V_{re})^2 / R_e$$

$$I_r = \frac{I_c \times 10}{B}$$

$$I_b = I_c / B$$

$$R_{b1} = \frac{V_{cc} - (V_{be} + V_{re})}{I_r}$$

$$P_{rb1} = (V_{rb1})^2 / R_{b1}$$

$$R_{b2} = \frac{V_{cc} - V_{rb1}}{I_r}$$

$$I_r - I_b \rightarrow \text{Onde } R_{b2} = \frac{V_{be} + V_{re}}{I_r - I_b}$$

$$P_{rb2} = (V_{rb2})^2 / R_{b2}$$

Os capacitores podem ser dimensionados da seguinte forma:

$$C_e = 1 / 6,28 \times f \times X_{Cce} \rightarrow \text{onde: } X_{Cce} = R_e / 10$$

f = mínima frequência a ser amplificada.

$$C_b = 1 / 6,28 \times f \times X_{Ccb} \rightarrow \text{onde: } X_{Ccb} = \frac{R_{b1} // R_{b2} // R_{be}}{10}$$

$$R_{be} \approx V_{be} / I_b$$

f = frequência mínima de operação.

$$C_s = 1 / 6,28 \times f \times X_{Ccs} \rightarrow \text{onde: } X_{Ccs} = R_L / 10$$

f = frequência mínima de operação.

Exemplo:

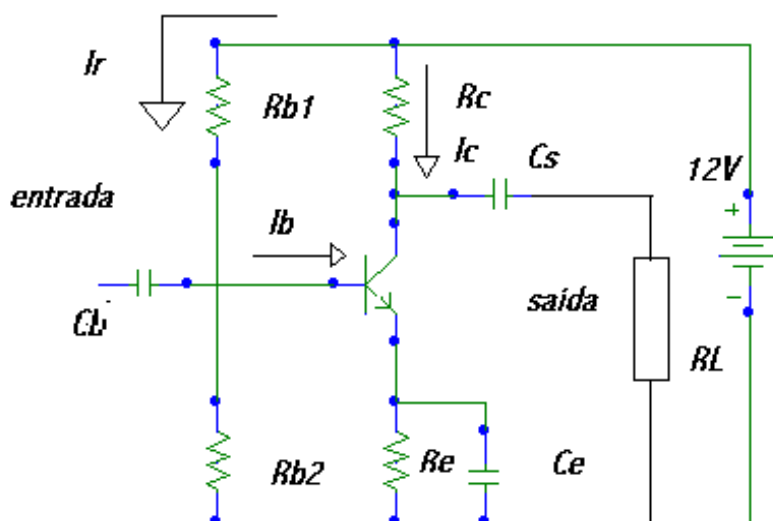


Figura 2.

A função dos capacitores C_b e C_s é de fazer desacoplamento de DC, para que os níveis de DC dos outros estágios ligados a este não venham prejudicar o funcionamento do mesmo e vice-versa. O valor deles deve ser calculado levando em consideração a impedância de entrada e saída do circuito.

O capacitor C_e faz com que o circuito tenha a maior amplificação do sinal AC que será injetado na base do transistor.

$$V_{cc} = 12 \text{ volts.}$$

$$\beta = 200.$$

$$f_{\text{mínima de operação}} = 1 \text{ KHz.}$$

$$R_L = 4K7.$$

$$\text{Transistor} = BC337.$$

Cálculos:

$$R_c = \frac{V_{cc} - (V_{ce} + V_{re})}{I_c}$$

$$R_c = \frac{12 - (6 + 1,2)}{100\text{mA}} \rightarrow \text{adotado } I_c = 100\text{mA.}$$

$$R_c = 48 \text{ Ohms.}$$

$$P_{rc} = (V_{rc})^2 / R_c \rightarrow V_{rc} = V_{cc} - (V_{ce} + V_{re}) = 12 - (6 + 1,2) = 4,8 \text{ Volts.}$$

$$P_{rc} = 0,48 \text{ Watts.}$$

$$R_e = 1,2 / 100\text{mA}$$

$$R_e = 12 \text{ Ohms.}$$

$$P_{re} = (V_{re})^2 / R_e \rightarrow V_{re} = V_{cc} / 10 = 1,2 \text{ Volts.}$$

$$P_{re} = 0,3 \text{ Watts.}$$

$$G = R_c / R_e = 48 / 12 = 4.$$

$$R_{b1} = \frac{12 - (0,7 + 1,2)}{I_b}$$

$$I_r \rightarrow I_r = I_{rb1} = \frac{100\text{mA} \times 10}{200} = 5\text{mA}.$$

$$R_{b1} = \frac{12 - 1,9}{5\text{mA}}$$

$$R_{b1} = 2020 \text{ Ohms}.$$

$$P_{rb1} = (V_{rb1})^2 / R_{b1} \rightarrow V_{rb1} = V_{cc} - (V_{be} + V_{Re}) = 10,1 \text{ Volts}.$$

$$P_{rb1} = 0,05 \text{ Watts}.$$

$$R_{b2} = 1,9 / 5\text{mA} - 500\text{uA} \rightarrow I_b = 100\text{mA} / 200 = 500\text{uA}.$$

$$R_{b2} = 1,9 / 4,5\text{mA}$$

$$R_{b2} = 422 \text{ Ohms}.$$

$$P_{rb2} = (V_{rb2})^2 / R_{b2} \rightarrow V_{rb2} = V_{cc} - V_{rb1} = 1,9 \text{ Volts}.$$

$$P_{rb2} = 0,009 \text{ Watts}.$$

Cálculo dos capacitores:

$$C_e = 1 / 6,28 \times 1000\text{Hz} \times X_{Cce}$$

$$X_{Cce} = 12 / 10 = 1,2 \text{ Ohms}.$$

$$C_e = 132\text{uF}.$$

$$C_b = 1 / 6,28 \times 1000\text{Hz} \times X_{Ccb}$$

$$X_{Ccb} = \frac{2020 // 422 // R_{be}}{10} \quad \text{onde: } R_{be} \approx 0,7 / 500\text{uA} = 1400 \text{ Ohms}.$$

$$C_b = 1 / 6,28 \times 1000\text{Hz} \times X_{Ccb} \rightarrow X_{Ccb} = \frac{2020 // 422 // 1400}{10} = 27,9 \text{ Ohms}.$$

$$C_b = 5,7\text{uF}.$$

$C_s = 1 / 6,28 \times 1000\text{Hz} \times 470 \text{ Ohms} \rightarrow X_{Ccs} = R_L / 10 = 4700 / 10 = 470 \text{ Ohms}.$

$C_s = 338\text{nF}.$

Na prática temos de aproximar os valores calculados:

Exemplos:

$R_c = 48 \text{ Ohms calculado} \rightarrow \text{Valor comercial} = 47 \text{ Ohms} \times 1 \text{ W}.$

$R_e = 12 \text{ Ohms calculado} \rightarrow \text{Valor comercial} = 12 \text{ Ohms} \times \frac{1}{2} \text{ W}.$

$R_{b1} = 2020 \text{ Ohms calculado} \rightarrow \text{Valor comercial} = 2000 \text{ Ohms} \frac{1}{8} \text{ W}.$

$R_{b2} = 422 \text{ Ohms calculado} \rightarrow \text{Valor comercial} = 390 \text{ Ohms} \frac{1}{8} \text{ W}.$

Os capacitores podem ser arredondados para mais. Pois desta forma oferecerão uma X_c menor ainda para os sinais alternados a serem amplificados.

$C_e = 132\mu\text{F calculado} \rightarrow \text{Valor comercial} = 150\mu\text{F} \times 25\text{V}.$

$C_b = 5,7\mu\text{F calculado} \rightarrow \text{Valor comercial} = 10\mu\text{F} \times 25\text{V}.$

$C_s = 338\text{nF calculado} \rightarrow \text{Valor comercial} = 470\text{nF} \times 250\text{V}.$

Este circuito é um pré-amplificador, portanto deve ser usado para amplificar pequenos sinais, na ordem de algumas dezenas ou centenas de milivolts.

Caso um sinal muito grande seja aplicado a sua entrada acontecerão distorções na amplificação deste sinal.

lbertini.ops@zaz.com.br

<http://www.geocities.com/bertini.geo/download.html>

Obrigado amigos pela colaboração.

The End.