

Aula Prática P7

MATÉRIA: análise de circuitos com transístores bipolares.

AULA PRÁTICA: serão resolvidos alguns dos problemas ou algumas alíneas dos problemas aqui propostos; os restantes problemas e/ou alíneas são deixados como exercício para trabalho autónomo (as soluções estão no final).

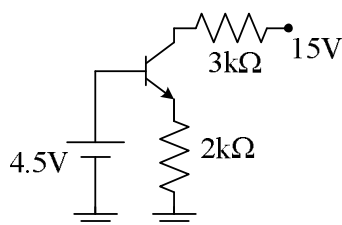
AULA ONLINE: o acesso à sessão zoom é enviado por email para os alunos inscritos em cada horário das aulas práticas. A validação é feita através das credenciais oficiais no domínio do Técnico. O endereço para envio do email é o que está registado no fenix.

O QUE É PRECISO: acesso simultâneo ao enunciado e ao conteúdo da sessão zoom (2 monitores e écran estendido, enunciado em papel, etc.), lápis e papel para notas (ou equivalente digital) e máquina de calcular.

Problema 1

Admita os sentidos convencionais para as correntes no transístor e escolha a afirmação correcta.

- O transístor está na zona activa, $I_C \approx 2mA$ e $I_B \approx 5\mu A$.
- O transístor está cortado e $I_B = I_C = I_E = 0A$.
- O transístor está saturado, $V_{CE} = 0.1V$ e $I_E = -2mA$.
- Nenhuma das respostas anteriores.

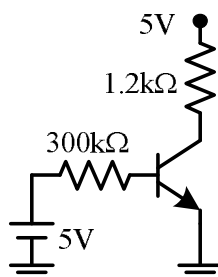


$$\begin{aligned}\beta &= 400 \\ V_{BEon} &= 0.5V \\ V_{CEsat} &= 0.1V \\ V_T &= 25mV\end{aligned}$$

Problema 2

Para o circuito da figura escolha a afirmação verdadeira.

- $I_C = \beta I_B$ e $I_C > 0$.
- $I_C < \beta I_B$.
- $I_C > \beta I_B$.
- Nenhuma das respostas anteriores.

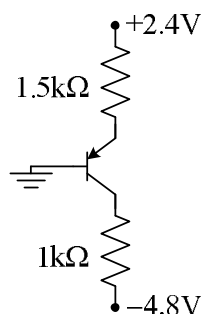


$$\begin{cases} \beta = 300 \\ V_{BEon} = 0.6V \\ V_{CEsat} = 0.2V \end{cases}$$

Problema 3

Escolha a afirmação verdadeira para o circuito da figura.

- O transístor é do tipo PNP e está cortado porque a corrente de base é nula, $I_B = 0A$.
- O transístor está saturado e a tensão no colector é $V_C = 0.4V$.
- O transístor está na zona activa directa e a tensão no colector é $V_C = -3.65V$.
- Nenhuma das respostas anteriores.



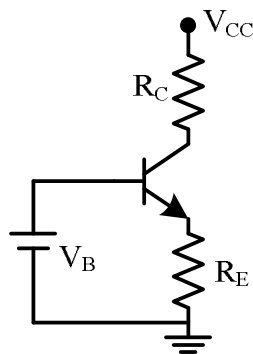
$$\begin{aligned}\beta &= 23 \\ V_{EBon} &= 0.6V \\ V_{ECsat} &= 0.2V \\ V_T &= 25mV\end{aligned}$$

Aula Prática P7

Problema 4

Para o circuito da figura escolha a afirmação verdadeira.

- a) Para $V_B=0.5V$ o transístor está na zona activa directa.
- b) Para $V_B=3V$ o transístor está cortado.
- c) Para $V_B=5.5V$ o transístor está na zona de saturação.
- d) Nenhuma das respostas anteriores.



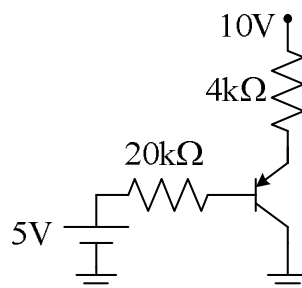
$$\begin{aligned}\beta &= 290 \\ V_{BEon} &= 0.6V \\ V_{CEsat} &= 0.1V \\ V_{CC} &= 10V \\ R_C &= 4.7k\Omega \\ R_E &= 3.9k\Omega\end{aligned}$$

Problema 5

Escolha a afirmação verdadeira acerca do transístor.

- a) O transístor bipolar é do tipo npn e está cortado.
- b) O transístor é do tipo pnp, está na zona activa e $V_E = 6V$.
- c) O transístor é do tipo pnp, está saturado e $V_E = 0.1V$.
- d) Nenhuma das respostas anteriores.

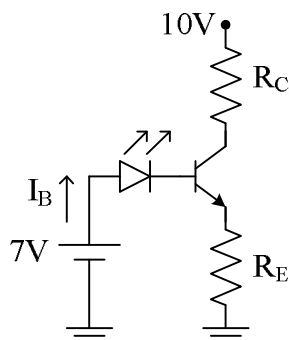
$$\begin{aligned}\beta &= 39 \\ V_{EBon} &= 0.5V \\ V_{ECsat} &= 0.1V\end{aligned}$$



Problema 6

Escolha a afirmação correcta para o circuito da figura considerando para o LED (díodo emissor de luz) um modelo com fonte de tensão V_{D0} .

- a) O transístor está cortado e o LED conduz.
- b) Tendo-se medido $I_B = 4\mu A$, pode concluir-se que o LED conduz e o transístor está saturado.
- c) Tendo-se medido $I_B = 2\mu A$, pode dizer-se que o transístor está na zona activa directa e o LED não conduz (está apagado).
- d) Nenhuma das respostas anteriores.



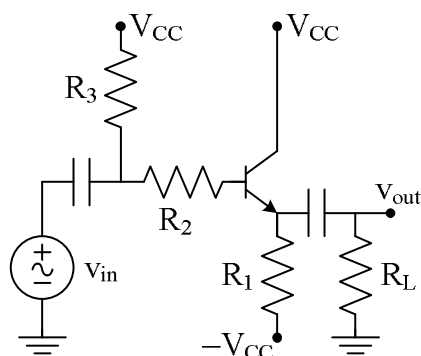
$$\begin{aligned}R_C &= R_E = 4.9k\Omega \\ V_{D0} &= 1.5V \\ \beta &= 500 \\ \begin{cases} V_{BEon} = 0.6V \\ V_{CEsat} = 0.22V \end{cases}\end{aligned}$$

Aula Prática P7

Problema 7

Considere o circuito amplificador da figura e admita que os condensadores se comportam como curto-circuitos na gama de frequências de interesse do sinal de entrada.

- Determine o ponto de funcionamento em repouso (PFR) apresentando os valores de I_C e de V_E .
- Apresente o esquema incremental que permite calcular o ganho de tensão, $G_v = v_{out}/v_{in}$ (identifique v_{in} e v_{out} de forma clara).
- Calcule o ganho de tensão, G_v , quando a resistência de carga é $R_L = 12k\Omega$.

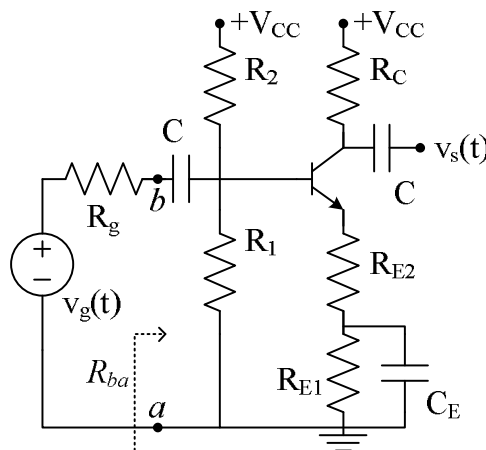


$$\begin{aligned} V_{CC} &= 6V \\ R_1 &= 1.2k\Omega \\ R_2 &= 62k\Omega \\ R_3 &= 510k\Omega \\ \beta &= 237 \\ V_{BEon} &= 0.71V \\ V_{CEsat} &= 0.26V \\ V_T &= 27mV \end{aligned}$$

Problema 8

No circuito amplificador da figura, para as frequências de interesse do sinal do gerador sinusoidal incremental, os condensadores comportam-se como curto-circuitos e R_g é de valor desprezável.

- Determine o ponto de funcionamento em repouso do transistor. Apresente os valores de I_C , I_B , V_C e V_E .
- Apresente o esquema incremental completo, identificando os sinais de entrada e de saída, $v_g(t)$ e $v_s(t)$, e os valores dos componentes.
- Calcule a resistência incremental de entrada, R_{ba} , vista pelo gerador sinusoidal (para a direita dos nós ba).
- Quando se retira o condensador C_E do circuito, o ganho incremental de tensão, $|v_s/v_g|$, varia?



$$\begin{aligned} V_{CC} &= 15V \\ R_1 &= 22k\Omega \\ R_2 &= 25k\Omega \\ R_C &= 1.5k\Omega \\ R_{E1} &= 1.1k\Omega \\ R_{E2} &= 1k\Omega \\ \beta &= 250 \\ V_{BEon} &= 0.7V \\ V_{CEsat} &= 0.3V \\ V_T &= 25mV \end{aligned}$$

Aula Prática P7

Soluções

Problema 1

a) O transistor está na zona activa, $I_C \approx 2mA$ e $I_B \approx 5\mu A$.

Problema 2

b) $I_C < \beta I_B$

Problema 3

c) O transistor está na zona activa directa e a tensão no colector é $V_C = -3.65V$.

Problema 4

c) Para $V_B=5.5V$ o transistor está na zona de saturação.

Problema 5

b) O transistor é do tipo pnp, está na zona activa e $V_E = 6V$.

Problema 6

b) Tendo-se medido $I_B = 4\mu A$, pode concluir-se que o LED conduz e o transistor está saturado.

Problema 7

a) zona activa directa:

$$I_B = \frac{2V_{CC} - V_{BEon}}{R_2 + R_3 + (\beta + 1)R_1} = 13.16\mu A \quad I_C = 3.12mA \quad V_E = -V_{CC} + R_1 I_E = -2.24V \quad V_{CE} = 8.24V \gg V_{CEsat}$$

b) $r_\pi = 2.05k\Omega$

$$c) \quad G_v = \frac{(\beta + 1)(R_1 // R_L)}{R_2 + r_\pi + (\beta + 1)(R_1 // R_L)} = 0.802$$

Problema 8

a) Cálculos aproximados: $I_1 \approx I_2 \gg I_B$

$$I_1 \approx I_2 = 319\mu A \quad V_B = 7.02V \quad V_E = 6.32V \quad I_E = 3.01mA \quad I_C = 3.0mA \quad V_C = 10.5V \quad I_B = 12\mu A$$

Cálculos exactos:

$$I_B = 11.7\mu A \quad V_B = 6.88V \quad V_E = 6.18V \quad I_E = 2.94mA \quad I_C = 2.93mA \quad V_C = 10.6V$$

$$I_2 = 324.6\mu A \quad I_1 = 312.9\mu A$$

b) $r_\pi = 2131\Omega \approx 2.1k\Omega$

$$c) \quad R_{ba} = R_1 // R_2 // [r_\pi + (\beta + 1)R_{E2}] = 11185\Omega \approx 11.2k\Omega$$

$$d) \quad \text{Cálculo aproximado do ganho: } \frac{v_s}{v_g} \approx -\frac{R_C}{R_{E2}} = -1.5 \quad \frac{v_s}{v_g} \approx -\frac{R_C}{R_{E1} + R_{E2}} = -0.71$$

Aula Prática P7

Cálculo exacto: $\frac{v_s}{v_g} = -\frac{\beta R_C}{r_\pi + (\beta + 1)R_{E2}} = -1.48$ $\frac{v_s}{v_g} = -\frac{\beta R_C}{r_\pi + (\beta + 1)(R_{E1} + R_{E2})} = -0.71$

\Rightarrow o módulo do ganho passa para cerca de metade se o condensador for retirado do circuito