

Questão	1	2	3	4	5	6	7	8 a)	8 b)	8 c)	9 a)	9 b)	9 c)
Cotação	1	1	1	1	1	1	1	3	2	2	2	2	2
RESPOSTA													
Classificação													

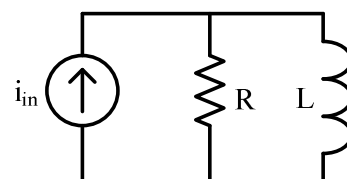
**Das respostas às perguntas 1 a 7 (inclusive) apenas serão cotadas as assinaladas na tabela acima e a cada resposta errada desconta-se 25 % da respectiva cotação.**

**1. Um amplificador operacional (ampop) é caracterizado por ter:**

- a) Resistência de saída muito baixa e ganho de tensão muito baixo.
- b) Resistência de entrada muito elevada e resistência de saída muito baixa.
- c) Resistência de entrada muito baixa e ganho de tensão muito elevado.
- d) Nenhuma das respostas anteriores.

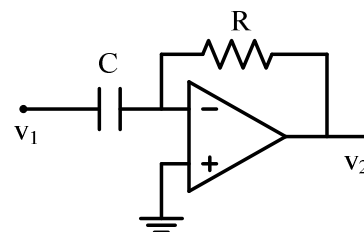
**2. Para o circuito da figura escolha a afirmação verdadeira quando o sinal de entrada é sinusoidal e se considera como sinal de saída a corrente na bobine:**

- a) A resposta em frequência é do tipo passa-banda de ganho  $R/L$ .
- b) A resposta em frequência é do tipo passa-baixo de ganho unitário.
- c) A resposta em frequência é do tipo passa-alto de ganho  $L/R$ .
- d) Nenhuma das respostas anteriores.



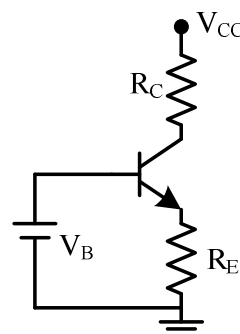
**3. Para o circuito da figura escolha a afirmação verdadeira, admitindo que o amplificador operacional (ampop) é ideal e está alimentado com  $\pm 15V$ ,  $R=10k\Omega$  e  $C=10nF$ :**

- a) Qualquer que seja o sinal de entrada, o ampop nunca satura porque o condensador bloqueia a componente DC.
- b) O sinal de saída é proporcional ao integral do sinal de entrada.
- c) O sinal de saída é proporcional à derivada do sinal de entrada.
- d) Nenhuma das respostas anteriores.



**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.

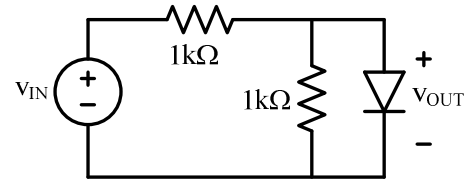


$$\begin{aligned}\beta &= 290 \\ V_{BEon} &= 0,6V \\ V_{CEsat} &= 0,1V\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{CC} &= 10V \\ R_C &= 4,7k\Omega \\ R_E &= 3,9k\Omega\end{aligned}$$

5. Para o circuito da figura escolha a afirmação verdadeira, considerando o díodo caracterizado por  $V_{D0}=0,6\text{ V}$  e um sinal de entrada sinusoidal de amplitude 6 V:

- a) O circuito é um retificador de meia-onda positivo.
- b) O díodo conduz para  $v_{IN} > 0,6\text{ V}$ .
- c) O circuito não permite limitar a tensão na saída.
- d) Nenhuma das respostas anteriores.

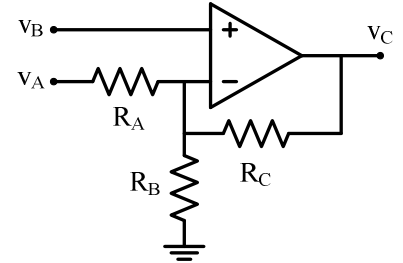


6. Para o circuito da figura escolha a afirmação verdadeira, admitindo que o amplificador operacional (ampop) é ideal e não está saturado:

a)  $v_C = -\frac{R_C}{R_A} v_A + \left(1 + \frac{R_C}{R_A // R_B}\right) v_B$       b)  $v_C = -\frac{R_C}{R_A // R_B} v_A$  se  $v_B = 0$

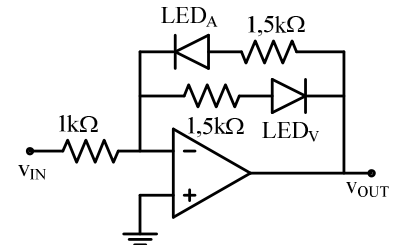
c)  $v_C = \left(1 + \frac{R_A // R_B}{R_C}\right) v_B$  se  $v_A = 0$

- d) Nenhuma das respostas anteriores.



7. Escolha a afirmação verdadeira sabendo que os LEDs verde e amarelo são caracterizados por  $V_{D0}=1,5\text{V}$  e que o amplificador operacional (ampop) é ideal e está alimentado com  $\pm 15\text{V}$ :

- a) Para  $V_{IN}=+6\text{V}$  o LED amarelo acende e  $V_{OUT}=-10,5\text{V}$
- b) Para  $V_{IN}=-6\text{V}$  o LED amarelo acende e  $V_{OUT}=-1,5\text{V}$
- c) Para  $V_{IN}=+6\text{V}$  o LED verde acende e  $V_{OUT}=-10,5\text{V}$
- d) Nenhuma das respostas anteriores.



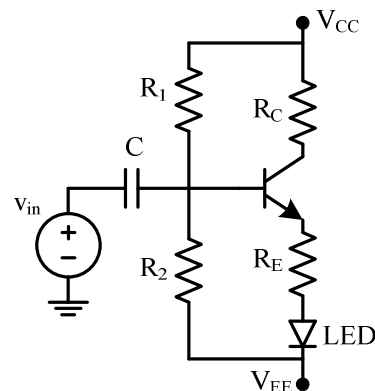
**NAS RESPOSTAS ÀS PERGUNTAS 8 E 9 JUSTIFIQUE SEMPRE OS SEUS RACIOCÍNIOS.**

8. Considere o circuito da figura a funcionar à temperatura ambiente ( $V_T=25\text{mV}$ ).

- a) Determine o PFR calculando  $V_C$ ,  $V_B$ ,  $V_E$ ,  $I_C$ ,  $I_E$ ,  $I_1$  e  $I_2$  e diga em que região de funcionamento está o transistor.

- b) Calcule os parâmetros incrementais do transistor e apresente o esquema incremental do circuito, admitindo que o condensador e o LED se comportam como curto-circuitos.

- c) Considere um sinal de entrada sinusoidal de 1kHz com 10mV de amplitude e faça o gráfico dos sinais na base e no colector do transistor, tal como os veria no osciloscópio em modo AC. Qual é o ganho de tensão?



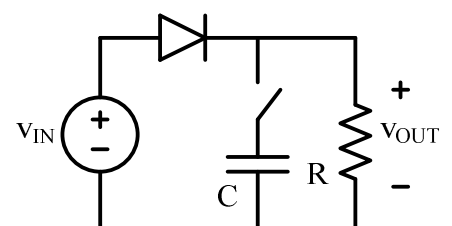
$\beta=280$   
 $V_{BEon}=0,6\text{V}$   
 $V_{CEsat}=0,1\text{V}$   
 $V_{D0}=2\text{V}$   
 $V_{CC}=+10\text{V}$   
 $V_{EE}=-10\text{V}$   
 $R_1=5,6\text{k}\Omega$   
 $R_2=4,7\text{k}\Omega$   
 $R_C=4,3\text{k}\Omega$   
 $R_E=3,3\text{k}\Omega$

9. Considere o circuito da figura com  $R=22\text{k}\Omega$  e  $C=68\text{nF}$ , o díodo caracterizado pelo modelo de díodo ideal e um sinal de entrada sinusoidal de 500Hz e 7V de amplitude.

- a) Para o interruptor aberto, explique o modo de funcionamento do circuito e desenhe as formas de onda dos sinais de entrada e de saída.

- b) Repita a alínea anterior para o interruptor fechado.

- c) Proponha um circuito de um filtro passa-baixo que permita diminuir significativamente a ondulação presente no sinal de saída.



## SOLUÇÃO ABREVIADA

(não inclui gráficos nem circuitos que devem ser incluídos em algumas das respostas)

1-7

bbccdac

8a) Cálculo admitindo TJB na z.a.d. e que são válidas as aproximações:  $I_1 \approx I_2 \gg I_B$  e  $I_C \approx I_E \gg I_B$

$$I_1 = I_2 = 1,94 \text{ mA}$$

$$V_B = -0,86 \text{ V}$$

$$V_E = -1,46 \text{ V}$$

$$I_E = 1,98 \text{ mA}$$

$$I_B = 7 \mu\text{A}$$

$$I_C = 1,98 \text{ mA}$$

$$V_C = 1,49 \text{ V}$$

$$V_{CE} = 2,95 \text{ V}$$

8b)  $g_m = 79 \text{ mS}$        $r_\pi = 3,5 \text{ k}\Omega$       desenhar modelo incremental do circuito

8c) circuito amplificador inversor       $A_v = -R_C/R_E = -1,3$

$$v_b(t) = 10 \cos(2\pi \times 1000 \times t) \text{ mV} \quad v_c(t) = -13 \cos(2\pi \times 1000 \times t) \text{ mV}$$

9a) retificador de 1/2-onda positivo (explicar + desenhar formas de onda)

9b) detector de picos positivos (explicar + desenhar formas de onda)

Na descarga:  $\tau \approx 1,5 \text{ ms} = 3T/4$  (63% da variação) e  $5\tau$  (100% da variação)

9c) Há várias soluções possíveis. Uma solução simples é considerar um circuito seguidor (para não haver efeito de carga) seguido de um filtro passa-baixo RC. A alimentação do ampop tem de permitir a amplitude do sinal de entrada. Escolher de R e C do filtro por forma a que frequência de corte seja inferior a fin.