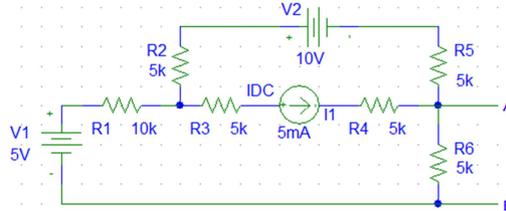


## Resolução Exame de CESDig 8 de Fevereiro de 2019

1. Considere o circuito da figura abaixo (as resistências estão expressas em quilo-ohm).



i) O problema resolve-se usando um dos métodos de análise de redes. A resolução fica simplificada usando o princípio da sobreposição: Considera-se uma fonte de cada vez, substituindo as fontes de tensão independentes pelas respectivas resistências internas (no caso de fontes de tensão ideais, estas são substituídas por um curto-circuito, c-c); as fontes de corrente independentes são substituídas pelas suas resistências internas (no caso das fontes de corrente serem ideais, estas são substituídas por um circuito aberto (c-a)). Neste circuito particular, quando se substitui a fonte de corrente ideal por um circuito aberto, ficamos com um circuito série contendo duas fontes de tensão. Assim, apenas temos de aplicar o princípio da sobreposição considerando primeiro o efeito da fonte de corrente (com as duas fontes de tensão substituídas por um c-c) e, depois, o efeito das duas fontes de tensão em simultâneo. No caso da fonte de corrente, determina-se a corrente que percorre R6 usando o conceito de divisor de corrente, e usa-se a lei de Ohm para obter a tensão AB; no caso das fontes de tensão, usa-se o conceito de divisor de tensão, obtendo-se a tensão aos terminais de R6 - ver circuitos abaixo/página seguinte. Ter presente que o problema apenas pede a tensão aos terminais AB.

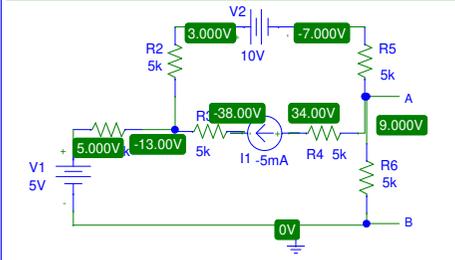
ii) Para responder a esta questão, apenas teríamos que saber que a corrente através de uma bobine não pode sofrer transições bruscas tensão aos (ver por exemplo páginas 152-153, ou pp. 164-170 de 04.0\_Analise\_de\_circuitos\_dinamicos\_CESDig\_1819\_vf.pdf). Antes de ligarmos a bobine, a corrente que a percorria era zero. Portanto imediatamente após a ligação a corrente também será zero (a bobine comporta-se como um c-a). Por consequência a corrente que percorre a resistência R6 não se altera. Portanto a tensão aos terminais AB não se altera, sendo o mesma que a obtida em i). No caso de terem usado o equivalente de Norton (1fc 4.5 mA // 2 kohm) dado como alternativa, a tensão seria 9 V.

iii) Após o regime transitório, a bobine comporta-se como um c-c, logo o ramo AB que incluía R6 comportar-se-á como um c-c. Para determinar a corrente teríamos que analisar o circuito inicial substituindo R6 por um c-c, ou então teríamos que determinar a resistência equivalente vista de AB (considerando R6 no circuito), e com o valor da tensão obtido em i, teríamos o equivalente de Thevenin. A corrente de c-c seria a corrente que percorreria a bobine. Ver página seguinte.

2

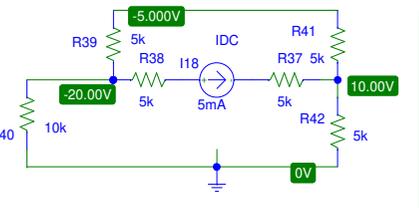
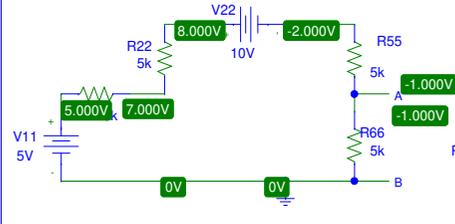
1

Considere o circuito da figura abaixo (as resistências estão expressas em quilo-ohm).



- i) (2 valores) Determine a diferença de potencial entre os terminais A e B.
  - ii) (1 valor) Liga-se uma bobine, cuja indutância é 10 mH, aos terminais A e B. Determine a tensão AB e a corrente que percorre a bobine, imediatamente após a ligação? \*
  - iii) (1 valor) Calcule a corrente que percorre a bobine, após o regime transitório? \*
- \* Se não tiver respondido à alínea anterior considere que o circuito visto de AB é equivalente a uma fonte de corrente de 4.5 mA em paralelo com uma resistência de 2 k?

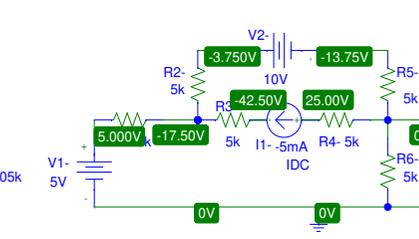
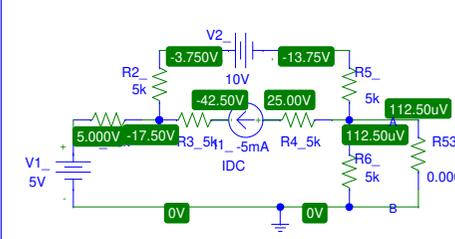
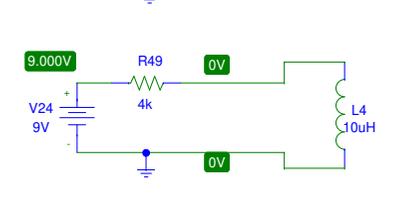
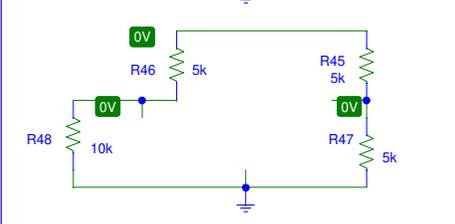
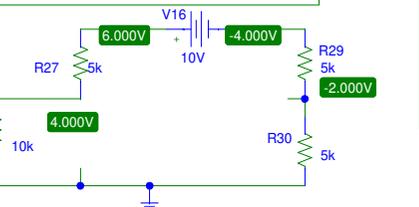
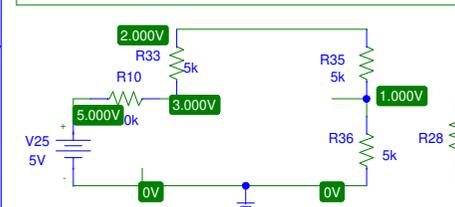
i) O problema resolve-se usando um dos métodos de análise de redes. A resolução fica simplificada usando o princípio da sobreposição: Considera-se uma fonte de cada vez, substituindo as fontes de tensão independentes pelas respectivas resistências internas (no caso das fontes de tensão ideais, estas são substituídas por um curto-circuito, c-c); as fontes de corrente independentes são substituídas pelas suas resistências internas (no caso das fontes de corrente serem ideais, estas são substituídas por um circuito aberto (c-a)). Neste circuito particular, quando se substitui a fonte de corrente ideal por um circuito aberto, ficamos com um circuito série contendo duas fontes de tensão. Assim, apenas temos de aplicar o princípio da sobreposição considerando o circuito contendo apenas fonte de corrente (com as duas fontes de tensão substituídas por um c-c) e o circuito contendo as duas fontes de tensão em simultâneo. Ver circuitos abaixo.



- ii) Para responder a esta questão, apenas teríamos que saber que a corrente através de uma bobine não pode sofrer transições bruscas tensão aos (ver por exemplo páginas 152-153, ou pp. 164-170 de D4.0 *Análise de circuitos dinâmicos, CESDig\_1819\_vf.pdf*). Antes de ligarmos a bobine, a corrente que a percorria era zero. Portanto imediatamente após a ligação a corrente também será zero (a bobine comporta-se como um c-a). Por consequência a corrente que percorre a resistência R6 não se altera. Portanto a tensão aos terminais AB não se altera, sendo o mesma que a obtida em i). No caso de terem usado o equivalente de Norton (I<sub>sc</sub> 4.5 mA // 2 kohm) dado como alternativa, a tensão seria 9 V.
- iii) Após o regime transitório, a bobine comporta-se como um c-c, logo o ramo AB que incluía R6 comportar-se-á como um c-c. Para determinar a corrente teríamos que analisar o circuito inicial substituindo R6 por um c-c, ou então teríamos que determinar a resistência equivalente vista de AB (considerando R6 no circuito), R<sub>TH</sub>=4 kohm, e com o valor da tensão obtido em i), teríamos o equivalente de Thevenin. O corrente de c-c seria a corrente que percorreria a bobine. Ver circuitos abaixo.

$I = 9V / 4kohm = 2.25 mA$

Se considerarmos as fontes de tensão em separado obtém o mesmo resultado ...



B

B

A

A

2

1

# Resolução Exame de CESDig 8 de Fevereiro de 2019

Considere o circuito da figura abaixo (as resistências estão expressas em quilo-ohm).

i) (2 valores) Determine a diferença de potencial entre os terminais A e B.  
 ii) (1 valor) Liga-se uma bobine, cuja indutância é 10 mH, aos terminais A e B. Determine a tensão AB e a corrente que percorre a bobine, imediatamente após a ligação? \*  
 iii) (1 valor) Calcule a corrente que percorre a bobine, após o regime transitório?  
 \*Se não tiver respondido à alínea anterior considere que o circuito visto de AB é equivalente a uma fonte de corrente de 4.5 mA em paralelo com uma resistência de 2 k $\Omega$ .

ii) O problema resolve-se usando um dos métodos de análise de redes. A resolução fica simplificada usando o princípio da sobreposição. Considera-se uma fonte de cada vez, substituindo as fontes de tensão independentes pelas respectivas resistências internas (no caso de fontes de tensão ideais, estas são substituídas por um curto-circuito, c-c), as fontes de corrente independentes são substituídas pelas suas resistências internas (no caso das fontes de corrente serem ideais, estas são substituídas por um circuito aberto (c-a)). Neste circuito particular, quando se substitui a fonte de corrente ideal por um circuito aberto, ficamos com um circuito série contendo duas fontes de tensão. Assim, apenas temos de aplicar o princípio da sobreposição considerando o circuito contendo apenas fonte de corrente (com as duas fontes de tensão substituídas por um c-c) e o circuito contendo as duas fontes de tensão em simultâneo. Ver circuitos abaixo. Ter presente que o problema apenas pede a tensão aos terminais AB.

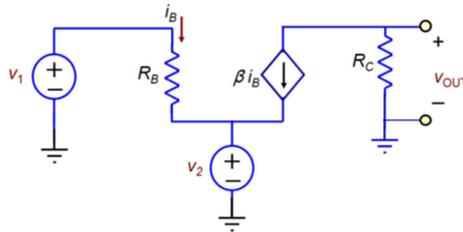
iii) Para responder a esta questão, apenas teríamos que saber que a corrente através de uma bobine não pode sofrer transições bruscas tensão aos (ver por exemplo páginas 152-153, ou pp. 164-170 de O4.0 "Análise de circuitos dinâmicos CESDig\_1819\_v1.pdf). Antes de ligarmos a bobine, a corrente que a percorria era zero. Portanto imediatamente após a ligação a corrente também será zero (a bobine comporta-se como um c-c). Por consequência a corrente que percorre a resistência R6 não se altera. Portanto a tensão aos terminais AB não se altera, sendo a mesma que a obtida em i). No caso de terem usado o equivalente de Norton (I<sub>N</sub>: 4.5 mA // 2 k $\Omega$ ) dado como alternativa, a tensão seria 0 V.

ii) Após o regime transitório, a bobine comporta-se como um c-c, logo o ramo AB que incluía R6 comportar-se-a como um c-c. Para determinar a corrente teríamos que analisar o circuito inicial substituindo R6 por um c-c, e então teríamos que determinar a resistência equivalente vista de AB (considerando R6 no circuito), R<sub>TH</sub>=4 k $\Omega$ , e com o valor da tensão obtido em i), teríamos o equivalente de Thevenin. O corrente de c-c seria a corrente que percorreria a bobine. Ver circuitos abaixo.

$I = 9V / 4k\Omega = 2.25\text{ mA}$

Se considerarmos as fontes de tensão em separado obtém o mesmo resultado ...

## 2. Considere o circuito da figura seguinte. Calcule a tensão de saída Vout.



Considerando o circuito acima, verifica-se que a corrente que percorre R<sub>B</sub> é obtida aplicando a lei de Ohm. A tensão no terminal da esquerda de R<sub>B</sub> é V<sub>1</sub> e a tensão no terminal da direita de R<sub>B</sub> é V<sub>2</sub>. Da lei de Ohm pode concluir-se que  $i_B = (V_1 - V_2) / R_B$ .  $V_{out} = -\beta i_B R_C$ , obtendo-se  $V_{out} = (\beta R_C / R_B)(V_2 - V_1)$ .

Outra resolução alternativa seria aplicar o princípio da sobreposição- ver figuras abaixo.

**Princípio da sobreposição com fontes dependentes**

**Strategy:**  
 Do *not* set dependent source to zero  
 Set  $v_2$  to zero; find component  $V_{OUT1}$   
 Set  $v_1$  to zero; find component  $V_{OUT2}$   
 Superimpose  $V_{OUT1}$  and  $V_{OUT2}$   
 Dependent source will contribute to  $V_{OUT1}$  and  $V_{OUT2}$

© CESDig & Cileiro 2018/19 - Elect. Fundamentals Floyd & Buchla © Pearson Education. © Trustees of Boston University 26-10-2018 | 113

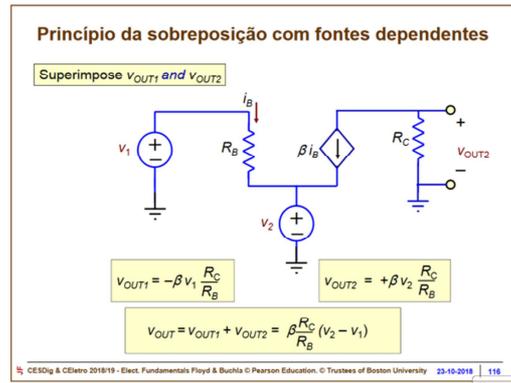
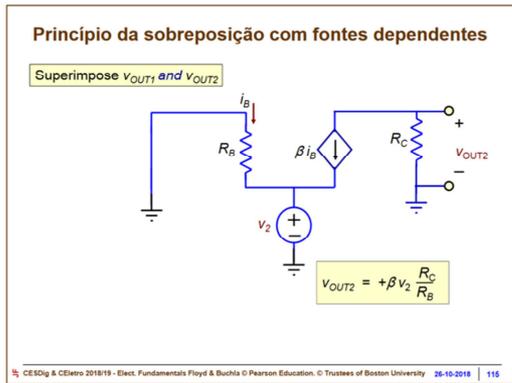
**Princípio da sobreposição com fontes dependentes**

Set  $v_2$  to "zero"; find component  $V_{OUT1}$

$i_B = \frac{V_1}{R_B}$

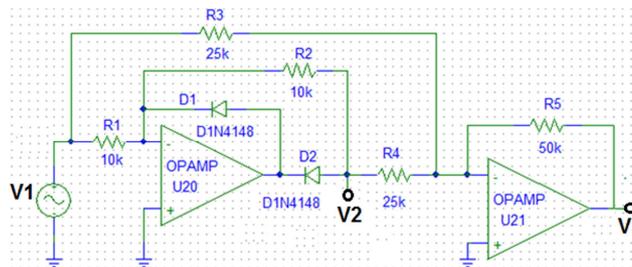
$V_{OUT1} = -\beta i_B R_C = -\beta V_1 \frac{R_C}{R_B}$

© CESDig & Cileiro 2018/19 - Elect. Fundamentals Floyd & Buchla © Pearson Education. © Trustees of Boston University 26-10-2018 | 113

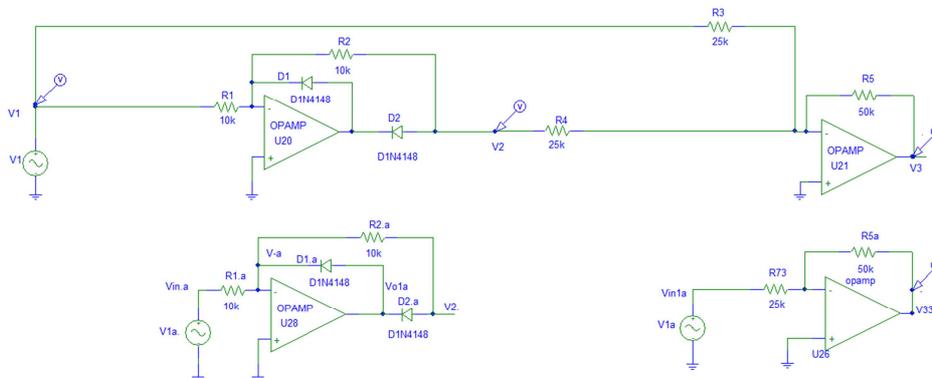


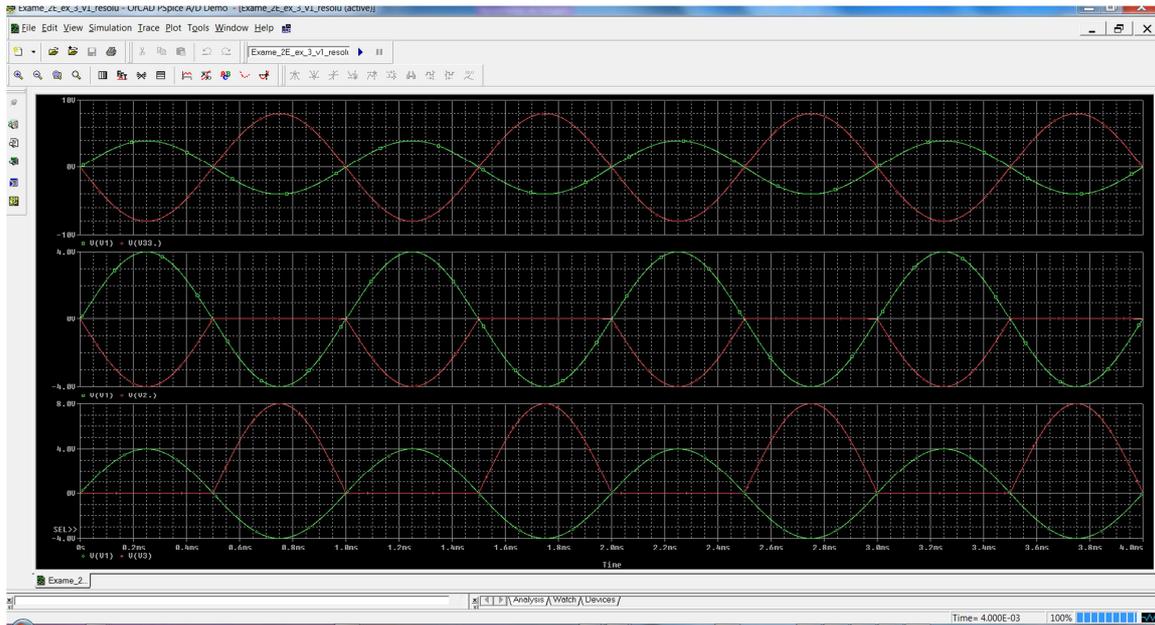
3. Considere o circuito da figura que se segue (as resistências estão expressas em quilo-ohm).

- (2 valores) Explique o funcionamento do circuito, identificando o papel dos díodos e as funções dos amplificadores operacionais.
- (2 valores) Represente graficamente com algum rigor os pares de sinais  $V_1$  e  $V_2$ , e  $V_1$  e  $V_3$ , em função do tempo, assumindo que  $V_1$  é um sinal sinusoidal com 4 V de amplitude, frequência 1 kHz, centrado em 0 V, indicando as variáveis representadas nos eixos das coordenadas e as respectivas unidades. Faça representações separadas para cada um dos pares  $V_1$ - $V_2$  e  $V_1$ - $V_3$ .



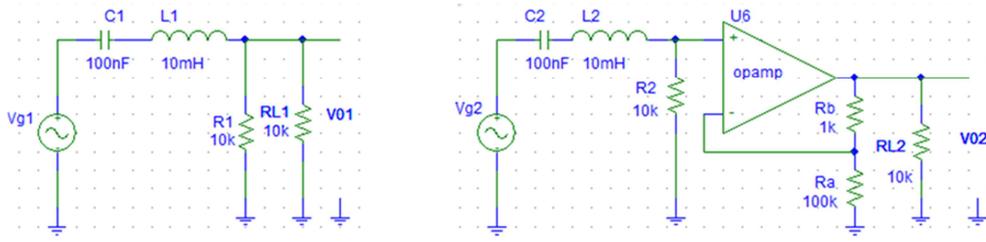
Resolução: ver figuras abaixo e a resolução do problema 14 da ficha TP n.º7 (TP\_07\_CE-CESDig\_2018\_v2\_com\_solucoes.pdf). O papel dos amplificadores e dos díodos está descrito na resolução do problema. Ter em atenção que os “sentidos” dos díodos estão invertidos, quando se compara o problema com o exercício 14.





O primeiro gráfico representa os sinais de entrada e de saída se considerássemos apenas a malha de realimentação por R3 e R5. O gráfico do meio mostra o sinal de entrada e o sinal no nó V2 (ação do rectificador de precisão). Na última janela estão representados o sinal de entrada e o sinal de saída (V3).

4. Considere os circuitos da figura abaixo. Assuma que todos os componentes são ideais.
- (2 valores) Calcule as funções de transferência de ambos os circuitos para  $RL_{1,2}=R_{1,2}$ , e esboce, com algum rigor, as respetivas magnitudes e fases em função da frequência angular.
  - (1 valor) Indique, fundamentando a resposta, qual dos circuitos é mais insensível ao valor da resistência de carga  $RL$ .
  - (1 valor) Pretende-se obter um circuito cuja magnitude da função de transferência (FT) na região transparente (região na qual a magnitude da FT é igual ou superior a 70% do seu valor máximo) seja 20 dB. Redimensione o circuito que considere ser capaz de realizar a função, sem, contudo, alterar frequência característica do circuito.



**Resolução:**

O circuito da esquerda é um circuito RLC série.

$$V_{O1}/V_{g1} = R_1 // R_{L1} / (R_1 // R_{L1} + j\omega L - j1/\omega C) = R_1 // R_{L1} x / (R_1 // R_{L1} - j(\omega L - 1/\omega C)) / [(R_1 // R_{L1})^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2]$$

A resposta deste filtro depende de RL. Ver pro exemplo o valor da frequência de corte para o caso de RL finito e de RL infinito.

Fazendo a análise da magnitude da função de transferência ou considerando o comportamento de cada um dos componentes para  $\omega \rightarrow 0$ ,  $\omega = \omega_r$ , e  $\omega \rightarrow \infty$ , verifica-se que se trata de um circuito passa-banda ... e que a diferença de fase passa de  $+90^\circ$  para  $-90^\circ$ .

O circuito da direita é a versão “ativa” do mesmo filtro. A função de transferência é idêntica à anterior a menos do ganho da montagem amplificadora (montagem não inversora, com ganho  $1 + R_b/R_a$ , que no caso é praticamente igual a 1:  $1 + 1/100$ ). A função de transferência do circuito da direita não depende de RL porque a separa o “filtro RLC” e a carga temos uma montagem não inversora, que isola o “filtro” da carga, uma vez que tem uma  $R_{in}$  muito muito ...  $\infty$  ... e uma resistência de saída muito pequena (zero). Por isso a resposta do filtro é (teoricamente) sempre a mesma qualquer que seja RL. Na prática será diferente como verão em EAD.

A magnitude da função de transferência do circuito da esquerda toma o valor máximo igual a 1 na zona de transparência do filtro. No circuito da direita o valor máximo da magnitude da função de transferência é definido pelo ganho da montagem amplificadora,  $1 + R_b/R_a$ .

Um ganho de 20 dB corresponde a um ganho de 10, sendo, portanto, necessário que  $R_b = 9R_a$ .

Ganho em dB =  $20 \log_{10}$  (magnitude da função de transferência).

5. (a) (1 valor) Converta os seguintes números binários/decimais/hexadecimais:

**i)**  $7E_{16} \rightarrow (\dots)_{10}$ ;    **ii)**  $1967_{10} \rightarrow (\dots)_2$ ;    **iii)**  $1110111.0110_2 \rightarrow (\dots)_{10}$ ;

(b) (1 valor) Indique quais as diferenças básicas entre um circuito combinacional e um circuito sequencial? Para cada um dos dois tipos de circuito, indique uma função que possa ser realizada esse circuito.

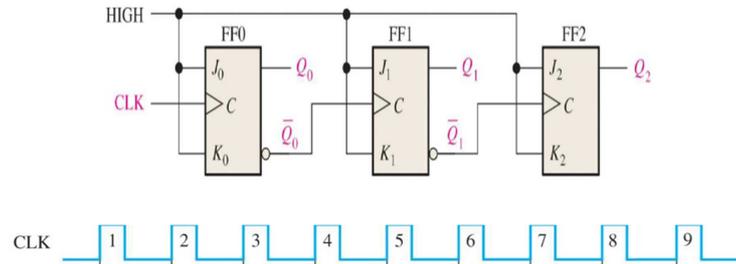
Ver slide 190

[http://webpages.ciencias.ulisboa.pt/%7Ejmfigueiredo/aulas/09.0\\_SD\\_T\\_CESDig\\_2018\\_2019.pdf](http://webpages.ciencias.ulisboa.pt/%7Ejmfigueiredo/aulas/09.0_SD_T_CESDig_2018_2019.pdf)

(c) Considere o circuito da figura abaixo, construído com búsculas do tipo J-K, no modo “Toggle” (todas as entradas J e K estão em nível 1) disparadas pelo flanco ascendente.

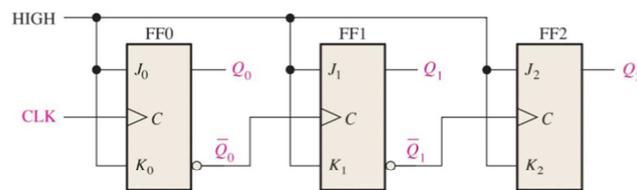
i) (1 valor) Explique o funcionamento do circuito, identificando a função realizada.

ii) (1 valor) Represente no correspondente diagrama temporal a evolução dos valores de  $Q_0$ ,  $Q_1$ , e  $Q_2$ , em resposta ao sinal de relógio, partindo do estado  $Q_2Q_1Q_0=000$ .



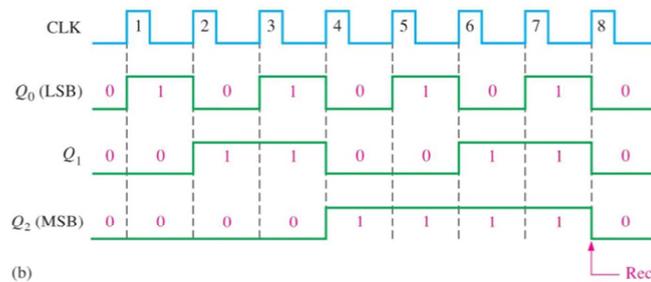
Resolução: ver slide 218 (começar no 215, para rever).

### Contador assíncrono de 3 bits A 3-bit Asynchronous Counter



(a)

flip-flops T ( $Q_{n+1} = T \cdot \overline{Q_n} + \overline{T} \cdot Q_n$ ).



As saídas  $Q_0$ ,  $Q_1$  e  $Q_2$  indicam o número de pulsos de relógio recebidos:  $Q_2Q_1Q_0$ .