

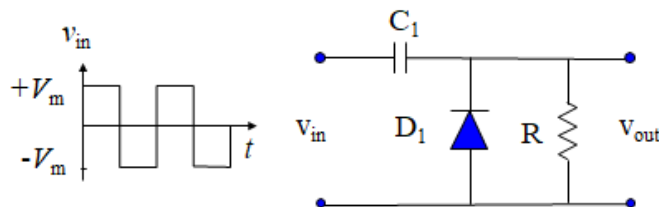
**Teórico-prática n.º 9**  
**Regime transitório em circuitos RC, RL, e RLC.**  
**[Regime transitório]**

1. Considere o circuito de carga de um condensador de  $100 \mu\text{F}$ , formado por uma fonte de tensão contínua de f.e.m.  $30 \text{ V}$ , e uma resistência de  $2 \text{ k}\Omega$ . O terminal positivo da fonte está ligado ao terminal da resistência através de um interruptor. Represente o diagrama do circuito. a) Determine a constante de tempo do circuito; b) Estime a queda de tensão no condensador nos instantes de tempo correspondentes a  $1, 2, 3, 5$  e  $10$  constantes de tempo após se fechar o interruptor. c) Represente graficamente a tensão aos terminais do condensador em função do tempo. d) Tendo presente a representação anterior e a expressão matemática que permite calcular a tensão aos terminais do condensador, esboce graficamente a corrente através do condensador em função do tempo. e) Se após  $7$  constantes de tempo curto-circuitarmos a fonte de tensão, quanto tempo leva o condensador a descarregar?

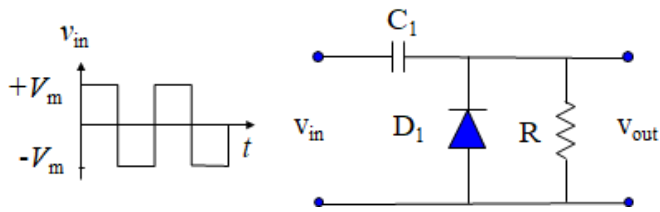
R:  $0,2 \text{ s}$ ;  $18,96 \text{ V}$ ;  $25,94 \text{ V}$ ;  $28,5 \text{ V}$ ,  $29,97 \text{ V}$ ;  $29,98$ ;  $\sim 5RC \text{ s}$ .

2. Um condensador de  $10 \mu\text{F}$  apresenta aos seus terminais a d.d.p. de  $5 \text{ V}$ . Se se ligar uma fonte de tensão de f.e.m.  $20 \text{ V}$  e resistência interna  $4 \text{ k}\Omega$  às suas armaduras, qual será a d.d.p. aos terminais do condensador um minuto após ligarmos a fonte? R:  $20 \text{ V}$ .
3. Liga-se, através de um interruptor, uma bateria, com f.e.m.  $12 \text{ V}$ , a uma bobine de coeficiente de autoindução de  $3 \text{ H}$  e resistência interna  $6 \Omega$ . Calcule: a) a constante de tempo do circuito; b) A corrente no circuito e a tensão aos terminais da bobine,  $0,2 \text{ s}$  após se fechar o interruptor. c) A tensão aos terminais da bobine e corrente no circuito decorrido um minuto. R:  $0,5 \text{ s}$ ;  $0,66 \text{ A}$ ;  $2 \text{ A}$ .

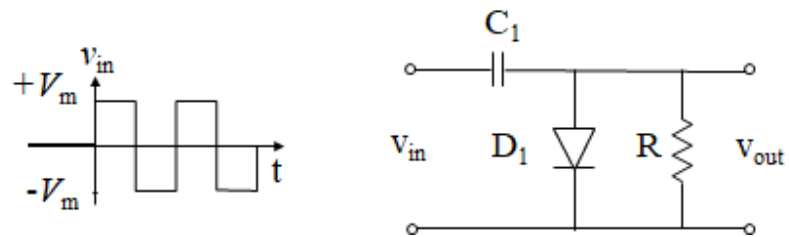
4. Esboce a forma de onda aos terminais de  $R$  em resposta ao estímulo representado pela tensão  $V_{in}$  indicada, e descreva sucintamente o funcionamento do circuito.



5. Esboce a forma de onda aos terminais de  $R$  em resposta ao estímulo representado pela tensão  $V_{in}$  indicada, e descreva sucintamente o funcionamento do circuito.



6. Represente a forma de onda aos terminais de R em resposta ao sinal representado pela tensão  $V_{in}$  indicada, e descreva sucintamente a operação do circuito.



### Soluções

**Soluções:**

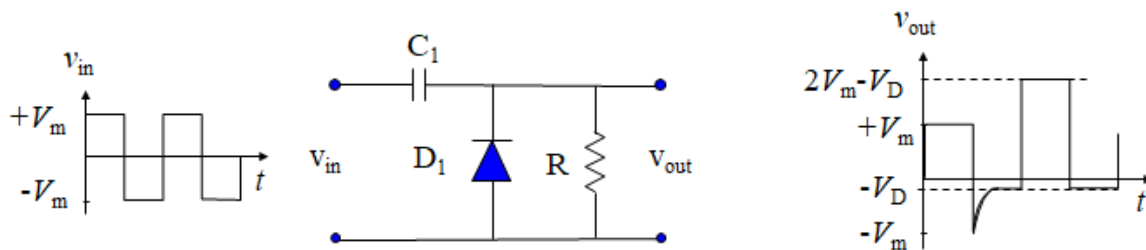
4 – a)  $V_1 = 0 \text{ V}$ ;  $I_1 = 0,5 \text{ mA}$ ;  $V_2 = 5 \text{ V}$ ;  $I_2 = 0,23 \text{ mA}$ ;  $V_3 = 4 \text{ V}$ ;  $I_3 = 0,1 \text{ mA}$ ;  $V_4 = 2 \text{ V}$ ;  $I_4 = 0,25 \text{ mA}$ .

b)  $V_1 = 0,7 \text{ V}$ ;  $I_1 = 0,43 \text{ mA}$ ;  $V_2 = 4,3 \text{ V}$ ;  $I_2 = 0,2 \text{ mA}$ ;  $V_3 = 3,4 \text{ V}$ ;  $I_3 = 0,09 \text{ mA}$ ;  $V_4 = 2 \text{ V}$ ;  $I_4 = 0,18 \text{ mA}$ .

5 –  $V_1 = 5,78 \text{ V}$ ;  $I_1 = 0,27 \text{ mA}$ ;  $V_2 = 7,14 \text{ V}$ ;  $I_2 = 0,28 \text{ mA}$ .

6 – a)  $v_{in} = 2,1 \text{ V}$ ; b)  $v_{in} = 2,3 \text{ mA}$ ;  $v_{out} = 0,78 \text{ mV}$ .

**Solução 4:**



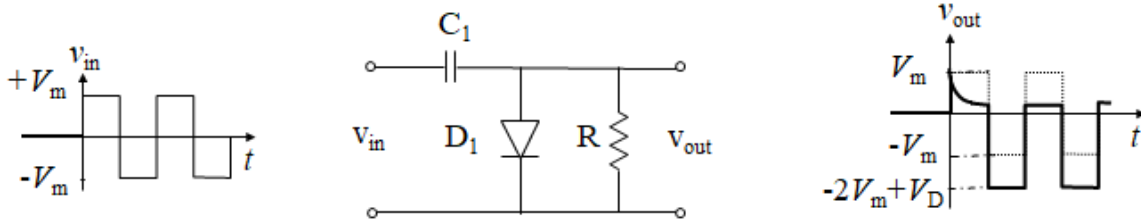
**Funcionamento do circuito:**

Quando a tensão de entrada passa de zero a  $+V_m$ , a tensão no cátodo do díodo, sobe de zero para  $+V_m$ , porque a tensão no condensador não pode variar instantaneamente, fazendo com que a subida de tensão na armadura esquerda ocorra também na armadura direita. Assim, estando a armadura direita ao potencial  $+V_m$ , o díodo não conduz, e a tensão na saída é igual à tensão da entrada.

Quando a tensão  $v_{in}$  diminui de  $+V_m$  para  $-V_m$ , pelas razões já expostas, a tensão no cátodo do díodo passa para  $-V_m$ . Agora, o díodo está polarizado diretamente e se  $-V_m$  for inferior a  $-V_D$ , o díodo entra em condução, permitindo que o condensador carregue, com a constante de tempo  $t=R_D C$ . (onde  $R_D$  representa a resistência do díodo em condução), que é, em geral, muito pequena quando comparada com o período do sinal de entrada. A tensão no condensador será  $V_C=V_m-V_D$ , em que a armadura da direita está a um potencial superior à da esquerda, igual a  $-V_D$  (o potencial na armadura da esquerda é  $-V_m$ ).

Quando o sinal de entrada, passa de  $-V_m$  para  $+V_m$ , o potencial na armadura da esquerda sobe  $2V_m$ , e como a ddp aos terminais do condensador não pode variar instantaneamente, a tensão na armadura da direita sobe de  $-V_D$  para  $2V_m-V_D$ , o que polariza inversamente o díodo. A tensão de saída mantém-se igual a  $2V_m-V_D$  até que a tensão de entrada comute novamente para  $-V_m$ , o que faz com a tensão no cátodo do díodo desça para  $-V_D (= 2V_m-V_D-2V_m)$ , mantendo-se em  $-V_D$ , até que a tensão de entrada comute novamente.

**Solução 6:**



**Funcionamento do circuito (diodo ideal):**

Quando a tensão de entrada passa de zero a  $+V_m$ , a tensão na armadura direita do C passa também de zero para  $+V_m$ , porque a tensão aos terminais do C não pode variar instantaneamente. Então, a tensão no cátodo do diódo (D) sobe de zero para  $+V_m$ . Se  $V_m$  for maior que  $V_D$ , o diódo entra em condução, carregando o C com a constante de tempo  $t=r_D C \ll T/2$  (onde  $r_D$  representa a resistência do diódo em condução).

Uma vez em condução o D assegura que a tensão na saída é igual a  $V_D=0,7$  V, enquanto o D conduzir. A tensão no condensador será  $V_C=V_m-V_D$ , em que a armadura da direita está a  $V_D=0,7$  V e a da esquerda, que está a  $+V_m$ .

Quando a tensão  $v_{in}$  decresce de  $+V_m$  para  $-V_m$ , a tensão na armadura da direita sofre a mesma variação de tensão que a esquerda ( $-2V_m$ ), passando de  $+V_D$  para  $-2V_m+V_D$ . O diódo fica polarizado inversamente, impedindo que o condensador descarregue com a constante de tempo  $t=r_D C \ll T/2$ . O C praticamente não descarrega através da R porque  $t=RC \gg T/2$ .

Quando o sinal de entrada passa de  $-V_m$  para  $+V_m$ , o potencial na armadura da esquerda do C sobe  $2V_m$  e, como a ddp aos seus terminais não pode variar instantaneamente, a tensão na armadura da direita sobe  $-2V_m+V_D$  para  $+V_D$ , o que polariza diretamente o D. Agora a tensão de saída é igual a  $V_D$ , até que a tensão de entrada comute novamente para  $-V_m$ , o que faz com a tensão no cátodo do diódo desça para  $-2V_m+V_D$ , mantendo-se em  $-2V_m+V_D$ , até que a tensão de entrada comute novamente e assim sucessivamente (ver figura).