

1. (1) O que entende por Eletrónica de Potência?

R: É o ramo da eletrotecnia / eletrónica onde se estudam dispositivos e circuitos de comando e controlo de circuitos de potência (dezenas a milhares de watt), utilizando componentes e circuitos que consomem potências reduzidas e absorvem correntes de baixo valor.

2. (1) Explique o princípio de funcionamento do SCR.

R: Ao aplicar-se uma tensão positiva entre o ânodo (A) e o cátodo (K), o componente conduz a corrente, no sentido de A para K), mas apenas desde que se aplique um impulso positivo de corrente (IG) no seu terminal de porta, com um determinado valor mínimo, que é dependente do valor de VAK.

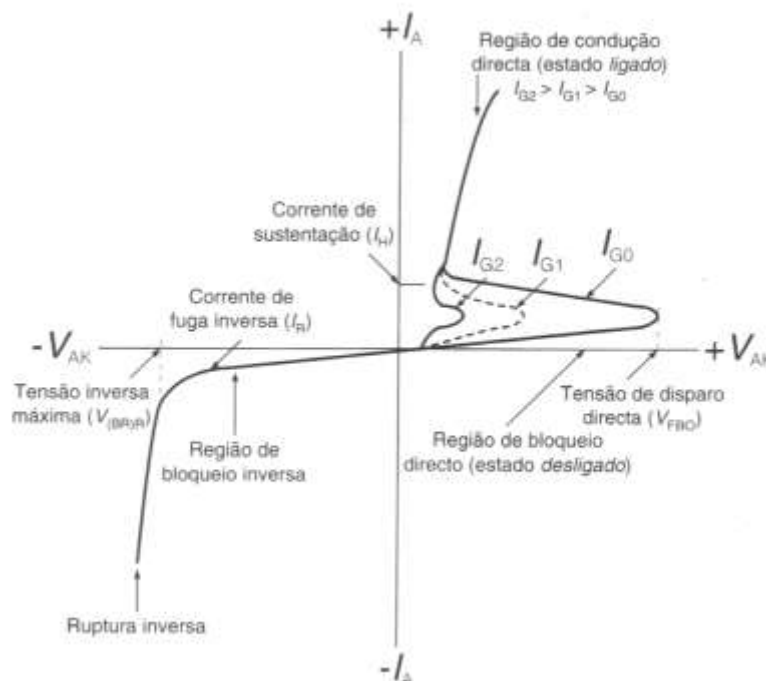
3. (1) Explique as diferenças de comportamento do SCR em corrente contínua e em corrente alternada.

R: Em corrente contínua, o SCR, depois de passar a conduzir só deixa de o fazer se se lhe retirar a alimentação ou ela baixar tanto que faça a corrente descer abaixo de um determinado valor característico do SCR (IH).

4. (1) O que entende por Corrente de Manutenção I_H do SCR?

R: Corrente de manutenção (IH) (Holding Current) – Corrente IAK que, com o SCR em condução, se descer abaixo deste valor o SCR desliga, isto é, deixa de conduzir;

5. (2) Interprete o funcionamento do SCR, através da análise da respetiva curva característica.



Curva característica do SCR.

R: Com $V_{AK} > 0$, quanto maior for este valor menor será o valor de IG necessário para pôr o SCR a conduzir.

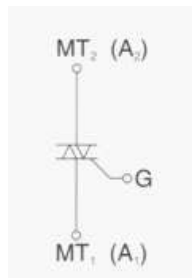
Ele deixará de conduzir quando a corrente entre A e K descer abaixo do IH desse SCR.

Na zona inversa, $V_{AK} < 0$ há uma corrente de fuga mínima, mas quando essa tensão V_{AK} atinge um valor (em módulo) maior que a tensão de ruptura (V_{BR}), o SCR entra em condução inversa, e a corrente que o percorre sobe até valores que põe em perigo a sua integridade. Devemos ter o cuidado de evitar esta situação.

6. (1) Qual a diferença essencial, em termos de funcionamento, entre o TRIAC e o SCR?

O SCR só pode conduzir num sentido, sendo posto em condução quando se aplica à porta um impulso de corrente (direta) com o valor suficiente, desde que $V_A > V_K$. Já o TRIAC pode conduzir nos dois sentidos: um de forma descrita atrás para o SCR (se $V_{A2} > V_{A1}$) e também no sentido contrário se se lhe aplicar na porta um impulso negativo de corrente de valor suficiente e com $V_{A1} > V_{A2}$, neste caso.

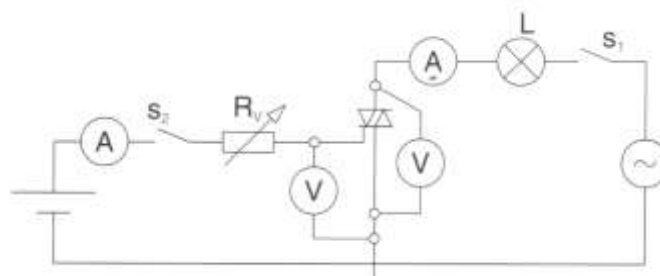
7. (1) Considere a figura seguinte:



Indique o sentido da corrente para o caso de ser aplicado à porta um impulso quando a tensão em MT_2 é maior que em MT_1 .

R: De A_2 / MT_2 para A_1 / MT_1 , se $V_{A2} > V_{A1}$

8. Considere o circuito seguinte com os interruptores S_1 e S_2 fechados:



a) (1) Explique como se faz o arranque do TRIAC do circuito.

R: Diminui-se o valor de R_v , que é uma Resistência variável, aumentando assim a corrente no circuito de comando (malha da esquerda). Quando essa corrente atinge o valor de I_G característico do TRIAC, essa corrente, aplicada na porta, provoca o disparo do TRIAC, isto é, o seu início de condução, neste caso de cima para baixo.

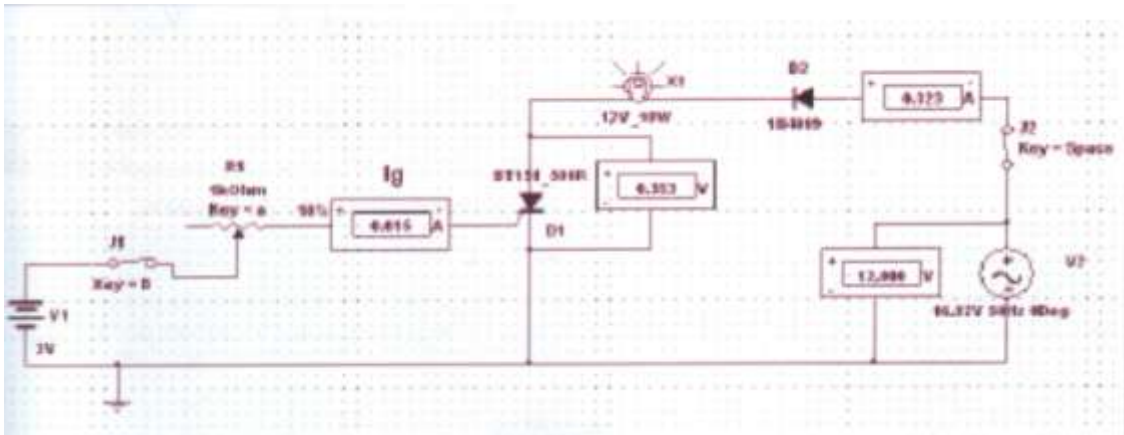
b) (1) Qual a tensão entre os ânodos do TRIAC quando este se encontra bloqueado?

R: Supondo S_1 fechado, é igual ao valor da tensão da fonte de alimentação do circuito de potência (malha da direita), neste caso a fonte alternada da direita.

c) (1) Qual a tensão entre os ânodos do TRIAC quando este se encontra em condução?

R: 1 a 2V conforme o modelo e os valores de tensão e corrente no circuito.

9. (2) Explique como se processa o disparo do SCR no caso do circuito de alimentação da porta do SCR com corrente contínua, no caso de o SCR ser alimentado em corrente alternada.



Com os dois interruptores fechados, vamos diminuindo o valor da Resistência variável R1 até que a corrente que circula nessa malha, e que é a corrente de porta, I_G , atinja um valor tal que faça disparar (entrar em condução) o SCR. De notar que o valor dessa corrente de disparo é um valor característico de cada modelo de SCR. Uma vez o SCR em condução, ao contrário do caso anterior, este desligará no início de cada semi-onda negativa da fonte de alimentação do circuito de potência, uma vez que neste caso a corrente no circuito de potência desce abaixo de I_H . Se não alterarmos o valor da Resistência variável R1 do circuito de comando, o SCR arrancará de novo aquando do início do segundo semiciclo positivo, e assim sucessivamente, isto é, a lâmpada piscará.

10. (1) No caso anterior, se baixar a frequência de alimentação da carga, quais vão ser as implicações?

A lâmpada piscará a uma “velocidade” menor.

11.a) (1) Ainda no caso da montagem anterior, em que usamos um SCR BT151, considere que, em determinado ensaio, o SCR disparou quando ajustámos o potenciômetro para o valor de 300Ω e que a fonte contínua do circuito de alimentação da porta é uma pilha de $9V$.

Determine o valor da corrente de gate (I_G) necessária ao disparo nestas circunstâncias, considerando $V_{GT} = 1V$.

$$I_G = V_1 / R_1 = 4,5 / 220 = 20 \text{ mA}$$

11.b) (1) Se aumentarmos o valor de I_G (explique como podemos fazer isso), diga, justificando, o que vai acontecer aos valores eficazes da corrente na lâmpada (I_L), tensão na lâmpada (U_L), corrente no SCR (I_{AK}), tensão no SCR (U_{AK}).

Diminuindo o valor de R1 (que é uma resistência variável):

I_L vai aumentar pois o tiristor dispara mais cedo no início de cada semiciclo positivo; idem para U_L pela lei de ohm (pois a lâmpada é um componente linear/resistivo); U_{AK} desce pois, pela lei

das malhas UAK = U2 – UL; IAK aumenta pois, arrancando o tiristor mais cedo na onda, conduz durante mais tempo..

12.a) (3) Para o circuito dado na figura abaixo, sabendo que $V_G = 2V$; $R_G = 1500\Omega$, $I_G = 25mA$ e o valor eficaz da Tensão da Rede é de 24 V, complete a tabela:

α (°)	V_{rede} (V)	R_X (Ω)
10		
60		
90		

6.a) Para o circuito dado na figura abaixo, sabendo que $V_G = 2,3V$; $R_G = 1250\Omega$, $I_G = 18mA$ e $V_{rede} = 110 \times \sqrt{2} \times \text{sen } \alpha$ (V) , complete a tabela:

α (°)	V_{rede} (V)	R_X (Ω)
15	40,26	1913
45	110	5428
75	150,26	7458

Resposta

$$R_X = \frac{V_{rede} \cdot R_G - V_G \cdot R_G}{V_G + R_G \cdot I_G}$$

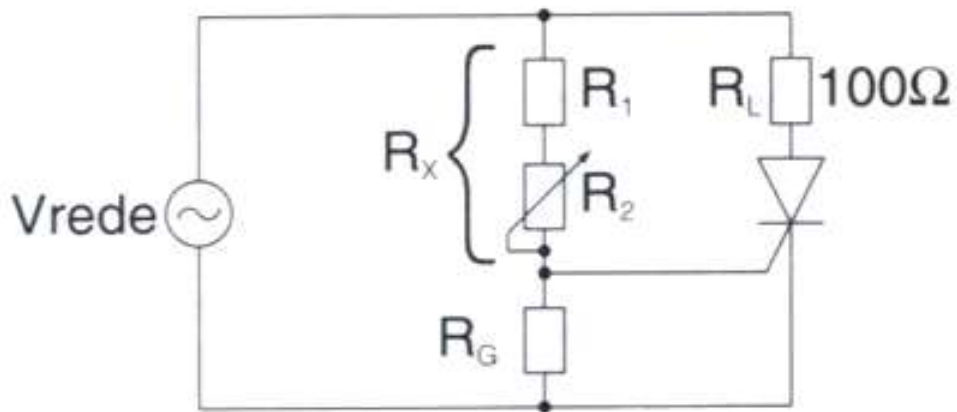
$$\rightarrow 15^\circ \rightarrow R_x = [(110 \times \sqrt{2} \times \text{sen } 15 \times 1250) - (2,3 \times 1250)] / (2,3 + 1250 \times 0,018) = (50328 - 2875) / 24,8 = 1913 \Omega$$

$$\rightarrow 45^\circ \rightarrow R_x = [(110 \times \sqrt{2} \times \text{sen } 45 \times 1250) - (2,3 \times 1250)] / (2,3 + 1250 \times 0,018) = (137500 - 2875) / 24,8 = 5428 \Omega$$

$$\rightarrow 75^\circ \rightarrow R_x = [(110 \times \sqrt{2} \times \text{sen } 75 \times 1250) - (2,3 \times 1250)] / (2,3 + 1250 \times 0,018) = (187828 - 2875) / 24,8 = 7458 \Omega$$

12.b) (1) Com base nos valores da tabela, escolha um par de valores para R_1 e R_2 , que lhe permitam implementar o circuito na prática.

Com os valores obtidos, escolhemos para R_1 (fixo) o valor de 1500 Ω - menor que $R_{X\min}$ e para R_2 (variável) o valor de 10 k - maior que $R_{X\max}$.



Formulário:
$$R_X = \frac{V_{rede} \cdot R_G - V_G \cdot R_G}{V_G + R_G \cdot I_G}$$