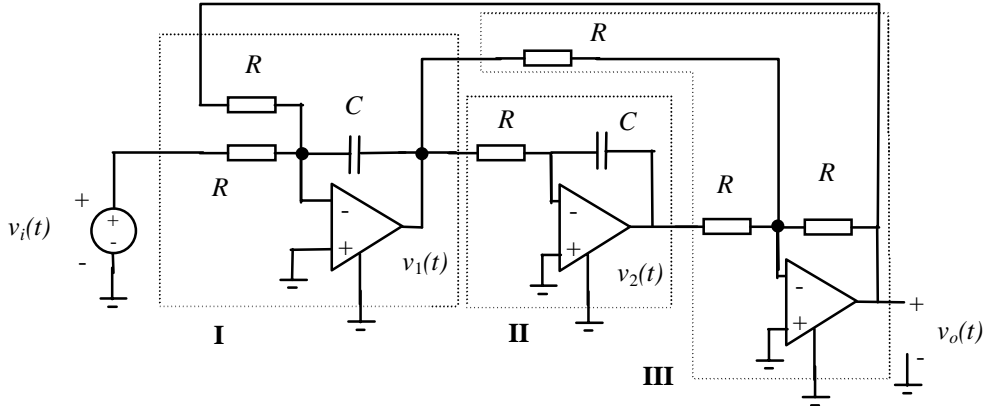


Solução do exercício 2 - Capítulo 6

a) Para facilitar o equacionamento, o circuito será subdividido em três subcircuitos conforme mostrado na figura abaixo. Definiu-se ainda o sinal $v_2(t)$.



Para os subcircuitos tem-se:

- subcircuito I:

$$\dot{v}_1(t) = -\frac{1}{RC}v_o(t) - \frac{1}{RC}v_i(t).$$

- subcircuito II:

$$\dot{v}_2(t) = -\frac{1}{RC}v_1(t).$$

- subcircuito III:

$$v_o(t) = -v_2(t) - v_1(t).$$

Uma equação de estado nas variáveis v_1 e v_o pode ser obtida combinando-se as equações acima.

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_o(t) \\ \dot{v}_1(t) \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} v_o(t) \\ v_1(t) \end{bmatrix} + B v_i(t) \quad \text{com} \quad A = \begin{bmatrix} \frac{1}{RC} & \frac{1}{RC} \\ -\frac{1}{RC} & 0 \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad B = \begin{bmatrix} \frac{1}{RC} \\ -\frac{1}{RC} \end{bmatrix}$$

b) Para $v_i \equiv 0$ o ponto de equilíbrio será solução de

$$A \begin{bmatrix} v_o(t) \\ v_1(t) \end{bmatrix} = 0.$$

A solução única será a origem, pois $\det(A) \neq 0$.

c) A estabilidade do ponto de equilíbrio é definida pelos autovalores da matriz A. Estes são as raízes de:

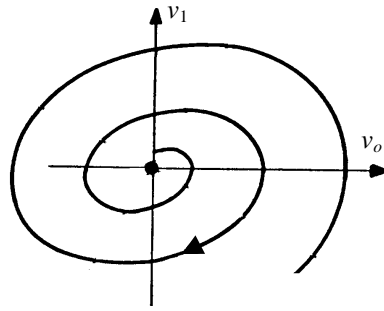
$$|\lambda I - A| = \begin{vmatrix} \lambda - \frac{1}{RC} & -\frac{1}{RC} \\ \frac{1}{RC} & \lambda \end{vmatrix} = 0 \quad \text{onde} \quad \tau = 1/RC.$$

Portanto

$$\lambda_{1,2} = \frac{1}{2} \left(\tau \pm \sqrt{-3\tau^2} \right).$$

Como a parte real de ambas as raízes será positiva, o ponto de equilíbrio será instável.

d) O ponto de equilíbrio é um foco instável, pois as raízes determinadas no item anterior formam um par complexo conjugado e estão no semi plano complexo direito. As trajetórias no plano $v_1 \times v_o$ serão portanto espirais divergentes. O sentido será o horário, pois pela equação de estado $v_o(t) > 0 \Rightarrow \dot{v}_1(t) < 0$.



e) A afirmação está incorreta, pois o ponto de equilíbrio do circuito é instável. Sem providências adicionais, este circuito irá saturar, saindo da região de operação linear.