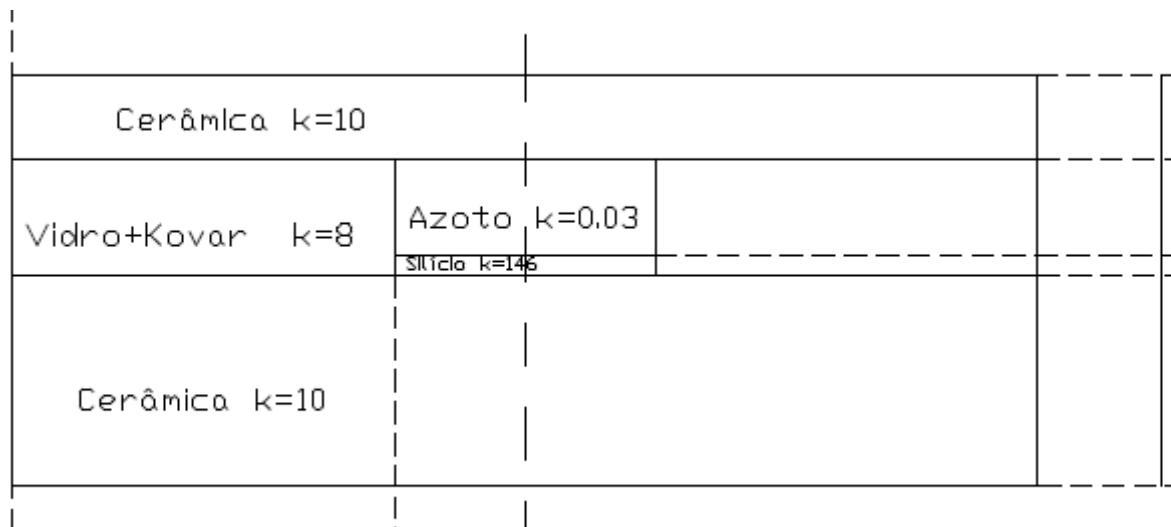


### Exercício 3 – Componente eletrônico detalhado

Considere o circuito integrado mostrado pela figura abaixo. Calcular a distribuição de temperaturas para o componente em função da velocidade do ar em escoamento forçado.

O componente tem 8 pernas de cobre com as seguintes características: diâmetro das pernas  $d_{perna} = 1,0 \text{ mm}$ ; comprimento das pernas  $L_{perna} = 15 \text{ mm}$ . A condutividade térmica do cobre é  $K_{co} = 350 \text{ W/mK}$ . A temperatura do ar é de  $21 \text{ }^\circ\text{C}$ . O componente dissipa  $Q = 2,0 \text{ W}$  e está montado sobre uma placa à temperatura  $T_p = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ . O coeficiente de transferência de calor por convecção com o ar é  $h = 80 \text{ W/m}^2\text{K}$ . A placa tem largura de  $30 \text{ cm}$ . O componente é quadrado.





### Propriedades

$$T_{ar} = 21 \text{ {oC}}$$

$$T_p = 40 \text{ {oC}}$$

$$k_{co} = 350 \text{ {W/mK}}$$

$$k_{ce} = 10 \text{ {W/mK}}$$

$$k_{vk} = 8 \text{ {W/mK}}$$

$$k_{az} = 0.03 \text{ {W/mK}}$$

$$k_{si} = 146 \text{ {W/mK}}$$

$$L_{perna} = 0.015 \text{ {m}}$$

$$L_{pl} = 0,30 \text{ {m}}$$

$$D_p = 0,001 \text{ {m}}$$

$$Q = 2 \text{ {W}}$$

$$h = 80 \text{ {W/m}^2\text{K}}$$

$$N_{perna} = 8$$

### Dimensões do Chip

$$m_1 = 0,006075 \text{ {m}}$$

$$m_2 = 0,0034 \text{ {m}}$$

$$m_3 = 0,0008 \text{ {m}}$$

$$m_4 = 0,0002 \text{ {m}}$$

$$m_5 = 0,0008 \text{ {m}}$$

$$m_6 = 0,0008 \text{ {m}}$$

$$m_{chip} = 0,01895 \text{ {m}}$$

### Definição das Áreas

$$A_1 = m_1 * m_{chip} / 2$$

$$A_2 = m_2 * m_{chip} / 2$$

$$A_3 = m_3 * m_{chip} / 2$$

$$A_4 = m_4 * m_{chip} / 2$$

$$A_5 = m_5 * m_{chip} / 2$$

$$A_6 = m_6 * m_{chip} / 2$$

$$A_{perna} = 3,14 * (D_{perna})^2 / 4$$

$$A_s = A_p = (m_1 + m_2) \cdot m_{\text{chip}} / 2$$

#### Definição das Distâncias

$$L_{12} = L_{21} = (m_1/2) + (m_2/2)$$

$$L_{34} = L_{43} = L_{56} = L_{65} = L_{78} = L_{87} = L_{12}$$

$$L_{13} = L_{31} = L_{24} = L_{42} = (m_3/2) + (m_4/2)$$

$$L_{35} = L_{53} = L_{46} = L_{64} = (m_4/2) + (m_5/2)$$

$$L_{57} = L_{75} = L_{68} = L_{86} = (m_5/2) + (m_6/2)$$

$$L_{1j} = L_{2j} = m_3/2$$

$$L_{3j} = L_{4j} = m_4/2$$

$$L_{5j} = L_{6j} = m_5/2$$

$$L_{7j} = L_{8j} = m_6/2$$

$$L_{3i} = L_{5i} = m_1/2$$

$$L_{4i} = L_{6i} = m_2/2$$

$$L_{1s} = L_{2s} = L_{1j}$$

$$L_{7p} = L_{8p} = L_{7j}$$

#### Definição dos Gs

$$G_{12} = G_{21} = k_{ce} \cdot A_3 / L_{12}$$

$$G_{13} = G_{31} = (G_{1j} \cdot G_{3j}) / (G_{1j} + G_{3j})$$

$$G_{1j} = k_{ce} \cdot A_1 / L_{1j}$$

$$G_{3j} = k_v \cdot A_1 / L_{3j}$$

$$G_{24} = G_{42} = (G_{2j} \cdot G_{4j}) / (G_{2j} + G_{4j})$$

$$G_{2j} = k_{ce} \cdot A_2 / L_{2j}$$

$$G_{4j} = k_{az} \cdot A_2 / L_{4j}$$

$$G_{34} = G_{43} = (G_{3i} \cdot G_{4i}) / (G_{3i} + G_{4i})$$

$$G_{3i} = k_v \cdot A_4 / L_{3i}$$

$$G_{4i} = k_{az} \cdot A_4 / L_{4i}$$

$$G_{56} = G_{65} = (G_{5i} \cdot G_{6i}) / (G_{5i} + G_{6i})$$

$$G_{5i} = k_v \cdot A_5 / L_{5i}$$

$$G_{6i} = k_{si} \cdot A_5 / L_{6i}$$

$$G35 = kv * A1 / L35$$

$$G46 = G64 = (G4j * G6j) / (G4j + G6j)$$

$$G4j = kaz * A2 / L4j$$

$$G4i = ksi * A2 / L6j$$

$$G57 = G75 = (G5j * G7j) / (G5j + G7j)$$

$$G5j = kv * A1 / L5j$$

$$G7i = kce * A1 / L7j$$

$$G78 = kce * A6 / L78$$

$$G68 = G86 = (G6j * G8j) / (G6j + G8j)$$

$$G6j = ksi * A2 / L6j$$

$$G8j = kce * A2 / L8j$$

$$G7p = kce * A1 / L7p$$

$$G8p = kce * A2 / L8p$$

$$G6perna = kco * Aperna / (4 * Lperna)$$

$$G1s = kce * A1 / L1s$$

$$G2s = kce * A2 / L2s$$

$$Gsar = h * As$$

#### Equações de energia para regime permanente

{Nó s}

$$0 = Gs1 * (T1 - Ts) + Gs2 * (T2 - Ts) + Gsar * (Tar - Ts)$$

{Nó 1}

$$0 = G12 * (T2 - T1) + G13 * (T3 - T1) + G1s * (Ts - T1)$$

{Nó 2}

$$0 = G21 * (T1 - T2) + G24 * (T4 - T2) + G2s * (Ts - T2)$$

{Nó 3}

$$0 = G31 * (T1 - T3) + G35 * (T5 - T3) + G34 * (T4 - T3)$$

{Nó 4}

$$0 = G42 * (T2 - T4) + G43 * (T3 - T4) + G46 * (T6 - T4)$$

{Nó 5}

$$0 = G53 * (T3 - T5) + G57 * (T7 - T5) + G56 * (T6 - T5)$$

{Nó 6}

$$0 = G_{64}*(T_4-T_6) + G_{65}*(T_5-T_6) + G_{68}*(T_8-T_6) + G_{6p}*(T_p-T_6) + Q/4$$

{Nó 7}

$$0 = G_{75}*(T_5-T_7) + G_{78}*(T_8-T_7) + G_{7p}*(T_p-T_7)$$

{Nó 8}

$$0 = G_{86}*(T_6-T_8) + G_{87}*(T_7-T_8) + G_{8p}*(T_p-T_8)$$

Como sugestão, faça uma análise paramétrica, variando o coeficiente de película  $h$  e comparando as temperaturas obtidas:  $h_1 = 80$  ( $W/m^2K$ ),  $h_2 = 240$  ( $W/m^2K$ ) e  $h_3 = 800$  ( $W/m^2K$ ).