

EDA/CAD PARA NANO ELECTRÓNICA

2020/2021

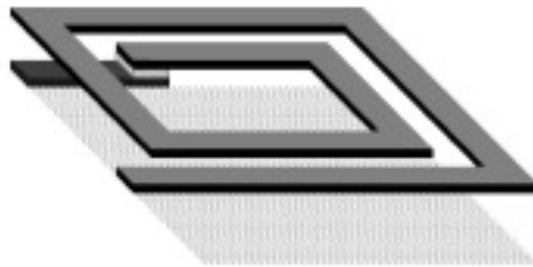
Aula 07

M. Helena Fino

EDA/CAD Para Nanoelectrónica

□ Bobines Integradas-Introdução

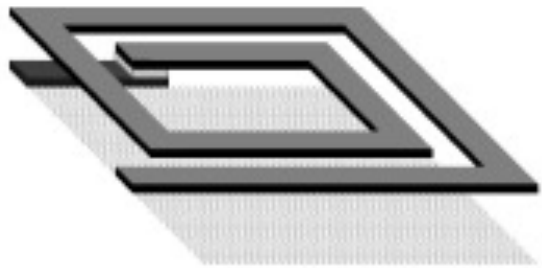
- As bobines integradas são realizadas com fitas metálicas numa estrutura concêntrica podendo ser, geralmente, de forma quadrada, hexagonal , octogonal ou circular.
- Normalmente são implementadas na camada superior de metal da tecnologia CMOs, sendo utilizada a camada imediatamente inferior para a implementação do outro terminal de saída.



EDA/CAD Para Nanoelectrónica

□ Bobines Integradas-Introdução

- As bobines integradas são realizadas com fitas metálicas numa estrutura concêntrica podendo ser, geralmente, de forma quadrada, hexagonal, octogonal ou circular.



Para além da indutância resultante do enrolamento, existem fenómenos não ideais que têm de ser considerados:

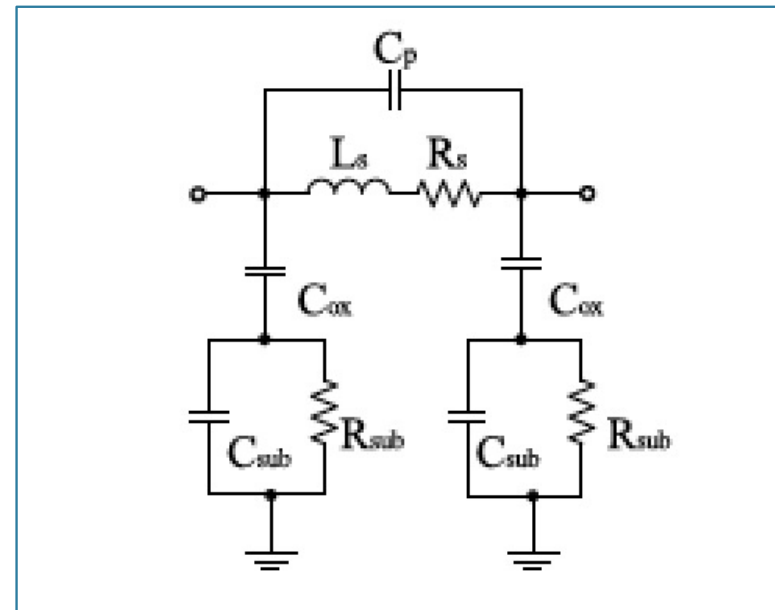
- Resistência da fita metálica
- Capacidades entre fitas paralelas
- Capacidade entre a fita de cima e a fita de saída
- Capacidade através do óxido
- Capacidades e resistência do substrato

EDA/CAD Para Nanoelectrónica

□ Bobines Integradas – Pi – Model

O comportamento das bobines integradas das depende de:

- Parâmetros tecnológicos
-
- Parâmetros geométricos
 - Diâmetro interno, D_{in}
 - Diâmetro externo, D_{out}
 - Forma poligonal, $lados = 4, 6, 8, ..$
 - Largura da fita de metal, w
 - Espaço entre fitas, s
 - Número de voltas, n



EDA/CAD Para Nanoelectrónica

□ Bobines Integradas – Pi – Model

Determinação do valor da indutância série , L_s

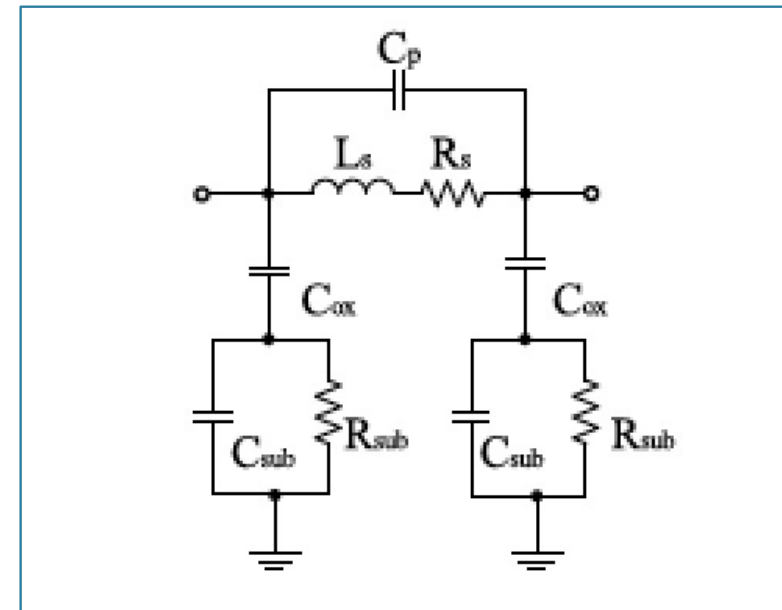
$$L_s = \frac{n^2 d_{avg} k_1 \mu_0}{(1 + k_2 \rho_x)}.$$

Com

$$\rho_x = \frac{(d_{out} - d_{in})}{(d_{out} + d_{in})}. \quad d_{avg} = 0.5(d_{out} + d_{in}).$$

$$d_{out} = d_{in} + 2nw + 2(n-1)s.$$

Formato	K1	K2
Quadrada	2.34	2.75
Hexagonal	2.33	3.82
Octogonal	2.25	3.55



EDA/CAD Para Nanoelectrónica

□ Bobines Integradas – Pi – Model

Determinação do valor da Resistência série , R_s

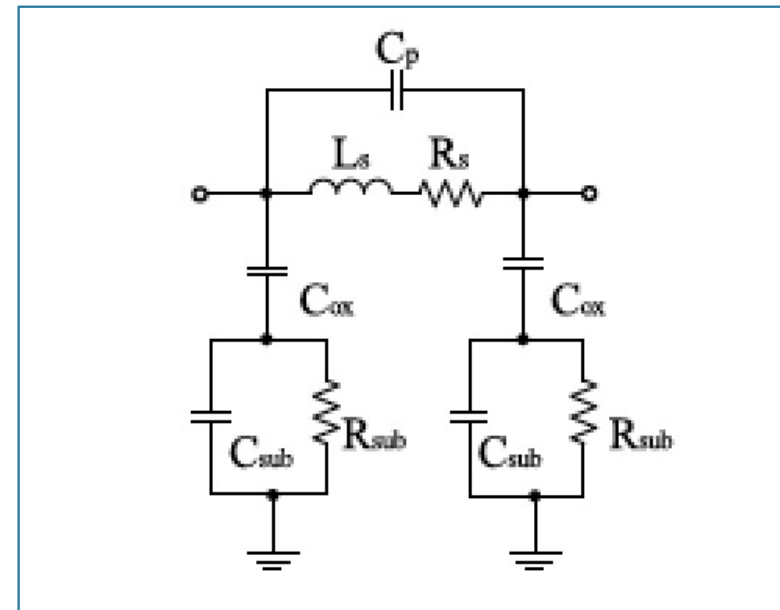
$$R_s = \frac{l \cdot \rho}{w \cdot \delta \cdot t_{eff}}.$$

Com

$$t_{eff} = (1 - e^{-l/\delta}). \quad \delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi f \mu}}.$$

Sendo l o comprimento da fita que pode ser calculado com:

$$l = N_{side} d_{avg} n \tan(\pi / N_{side}).$$



EDA/CAD Para Nanoelectrónica

□ Bobines Integradas – Pi – Model

Determinação dos valores das Capacidades

$$C_p = n_c w^2 \frac{\epsilon_{ox}}{t_{oxM1-M2}}$$

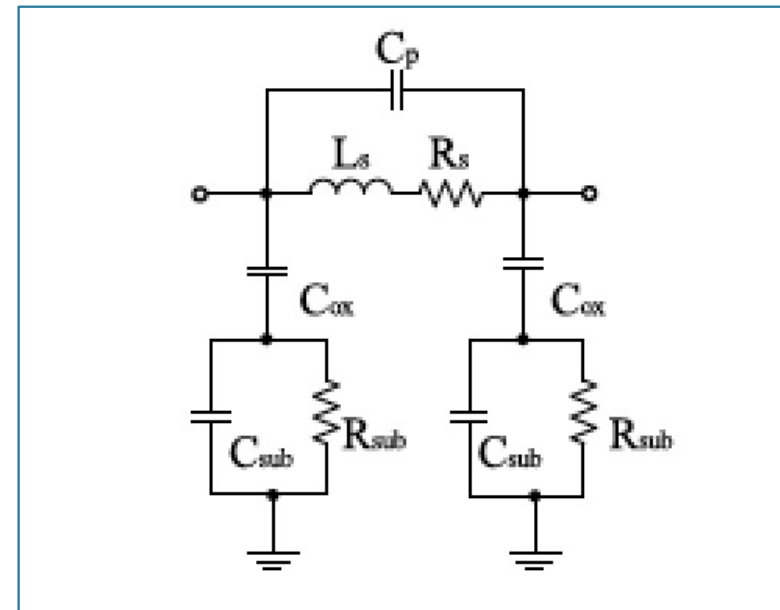
em que n_c é o numero de sobreposições metálicas , i.e., número de voltas-1, e $t_{oxM1-M2}$ é a espessura do óxido entre os dois níveis de metal.

$$C_{ox} = 0.5 l w \frac{\epsilon_{ox}}{t_{ox}}$$

$$C_{sub} = 0.5 l w \frac{\epsilon_{sub}}{t_{sub}}$$

Finalmente:

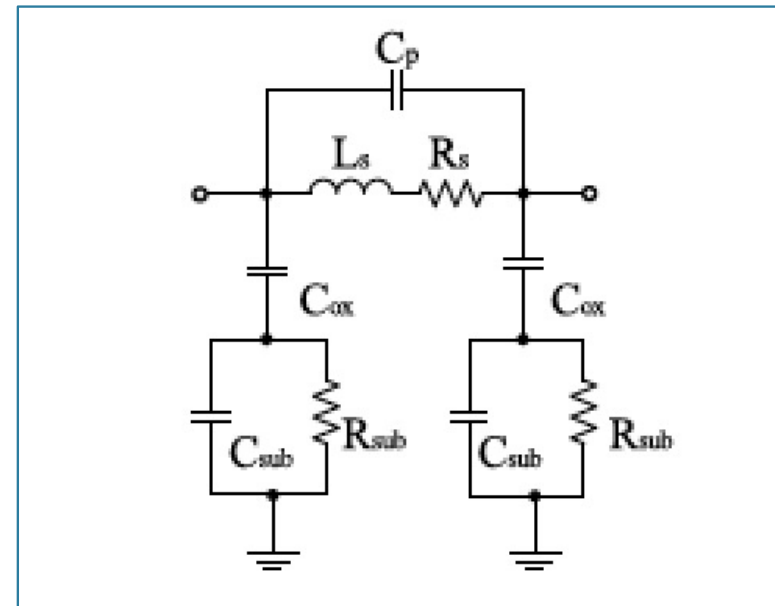
$$R_{sub} = 2 t_{sub} \frac{\text{Sub_resistiv}}{l w}$$



EDA/CAD Para Nanoelectrónica

□ Exercício 1

- Implemente as funções em Python para avaliar cada um dos valores dos parâmetros em função dos parâmetros geométricos.
 - Considerar:
 - $W = 10\text{e-}6$, $D_{\text{out}} = 340\text{e-}6$
 - $S = 5\text{e-}6$, n° de voltas- 3
 - Quadrada, hexagonal e octagonal
 - Implemente função para fazer o gráfico da resposta em frequência (amplitude e fase)
 - Implemente funções para determinação de indutância e fator de qualidade da bobine



EDA/CAD Para Nanoelectrónica

□ Parâmetros Tecnológicos

- $\mu_R = 1;$
- $\mu = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot \mu_R;$
- $\epsilon_0 = 8.854187817 \cdot 10^{-12};$ % F/m
- %Layer Oxide (Metal)
- $t = 2.8 \cdot 10^{-6};$ % Metal thickness (m)
- $R_{sheet} = 10 \cdot 10^{-3};$ % Sheet Resistance [Ohm/square] ($= R_o/t$)
- $R_o = R_{sheet} \cdot t;$ % Metal Resistance [Ohm.m]
- $t_{oxide} = 5.42 \cdot 10^{-6};$ % Dielectric (Oxide) Thickness (from metal to substrate)
- $t_{M_underpass} = 0.4 \cdot 10^{-6};$
- $t_{oxide_Munderpass} = t_{oxide} - t_{M_underpass} - 4.76 \cdot 10^{-6};$
- $\epsilon_{ox} = 4;$ % Oxide ϵ_r
- $\epsilon_{ox} = \epsilon_0 \cdot \epsilon_{ox};$ % Oxide permittivity %Substrate
- $\epsilon_{sub} = 11.9;$ % substrate ϵ_r
- $\epsilon_{sub} = \epsilon_0 \cdot \epsilon_{sub};$ % substrate permittivity
- $t_{sub} = 700 \cdot 10^{-6};$ % substrate thickness
- $Sub_resistiv = 2800;$ % 28 ohm-cm ou 2800 Ohm-m