

# Criar Novo Template

---

Para criar um novo ficheiro para analisar a física de “frequency domain”, temos de seleccionar:

1. New Template;
2. EMC/EMI;
3. Radiated Emissions;
4. Digital Signals;
5. PCB;
6. Frequency Domain;
7. Freq Min: 1MHz, Freq Max: 10MHz;

Agora o template vai lá ficar guardado e podemos reutilizar quando quisermos.

# Importar Geometrias

---

1. Arrastar o ficheiro zip lá para dentro. Ou então, clica “import” e seleciona o que queres.
2. Clicando em “stackup”, podes ver a layer stack e alterar thicknesses. Se queres que o cobre fique encostado ao 0.0, define isso no bottom solder.
3. Clicando em specials > geometry/healing, e põe o check mark em “heal short segments” e “heal silver gaps”.
4. Depois, é só clicar “finish import”. Está feito.
5. Na navigation tree, eliminar substracts, PEC sheets e lumped elements.
6. Na navigation tree, nas nets, seleciona todas as que NÃO são coils e clica no “+” para passarem a 1 objeto. Os que ficaram dentro dum grupo, deixa estar, aos antigos, elimina.
7. Clica em cada coil da navigation tree (uma de cada vez) e clica “+” para juntar as layers.

# Geometria e Materiais

---

1. Home > History List (lá vemos a história e, tendo começado do 0, só aparece o template).
2. Simulation > Background > Apply in all directions: define o tamanho da airbox.
3. Simulation > Boundaries > Apply in all directions > open. *Atenção: existe a opção "open" e a "open (add space)", a que queremos é a primeira.*
4. Modeling > Brick. Clica no esc. No material, é copper (annealed). Assim, temos o target, onde colocamos o seu tamanho (centrado em 0.0) como:
  - $Z_{min} = -\text{airgap-thickness}$
  - $Z_{max} = \text{airgap}$
  - $Y_{min} = \text{height}/2$
  - $Y_{max} = \text{height}/2$
  - $X_{min} = -\text{width}/2$
  - $X_{max} = \text{width}/2$

# Mesh

---

1. Groups > Mesh Groups > New Mesh Group. Coils, com max step size 0.5. E targets, com max step size 1.
2. Global Properties: cells per max model background = 3. Em specials, smooth mesh = 1.5, normal tolerance = 22.5, model prep 1e-6, retira self intersection, põe optimize for planar structures.
3. Na navigation tree, mover o target para dentro do seu mesh group. Same thing with coils. Quanto a ground planes (agrupaste num passo atrás), move para o mesh group dos targets.
4. Home > Mesh View > Update.

# Definir os Ports para as Coils

---

1. Antes de definir as ports, pode ser útil dar extrude aos terminais. Para isso, seleciona 3 pontos (clicando no “s” e dando double click). Cria um brick, esc,  $Z_{min} = 0.01$  ou  $Z_{max} = 0.01$  (com o material correto). *Btw, não percas tempo a fazer isto vezes sem conta – se possível, transform > copy. Para saber quanto mover, selecionar 2 pontos (o CST calcula a distância). Clica “clear picks” sempre que quiseres dar clear aos pontos selecionados.*
2. Para unir estes extrudes às coils? Seleciona a coil e depois dá hover aos sólidos na navigation tree até encontrares o correto a ser highlighted. Depois, “+”. Faz isso para todas as coils.
3. Clica “s”, seleciona as edges nos terminals. Simulation > Discrete Port. *Faz isto sempre da direita para a esquerda (e define a TX como 1ª port), apenas para ter uma convenção...*
4. Se precisares de mais ports, elimina os que tens na navigation tree. Na tua history-list, podes selecionar o que queres dar hide e clica F7 para atualizar.

# Preparar Simulação

---

1. Na navigation tree, selecionar o target. Modeling > Transform > Translate. X=stroke. E é aqui também que definimos a posição inicial.
2. Simulation > Parameter Sweep > New sequence. E também new par.
3. Simulation > Setup Solver. Excitation > All Ports. Freq Samples > Single > 1 Sample > 4MHz.
4. Selecionar a opção "keep all" (o default que está lá é "keep none").
5. Adaptative tetrahedral mesh refinement > min=2, max=5. Vai refinando a mesh.
6. Em **specials**, teremos de definir umas coisas. Solver type = direct. Accuracy = 1e-5. Solver order = 2nd (good accuracy). Open boundaries = solver default.
7. Dar check às opções: **low freq stabilization, use accelerated recalculation, calculate material power loss, allow discrete face port solver, allow broad reducer order model for ports.**

# Para Guardar Resultados

---

1. Post-Processing > Result templates > Misc > Save export Folder during sweep.
2. Post-Processing > Result templates > General 1D > ASCII Export (**tem de estar em 1º lugar**).
3. Check de option **check dir. structure...**

Mas primeiro, tenho de criar a pasta 1D Results\S-Parameters. Para isso, corre uma simulação simples de um só port (não, não podes criar manualmente, não vai funcionar, idk why).

Voltando a simulations > setup solver, ao clicar “start”, vai correr a simulação, mas não é isto que vamos usar. Usaremos o cluster. Para isso, temos 1º de guardar em flie > project > archive e mover para o cluster, onde lá faremos o resto.

Na navigation tree, em "1D Results", vamos encontrar os nossos s-parameters como resultados.

# S-Parameters

Tal como COMSOL ou qualquer outro software de simulação, esta breve introdução a CST só te vai permitir fazer o básico. Principalmente no que toma a mesh, esta pode ser estudada e otimizada ainda de muitas formas, tem isso em mente.

Quanto aos resultados, algo importante é que o CST não te dá a voltagem diretamente, dá sim os s-parameters.

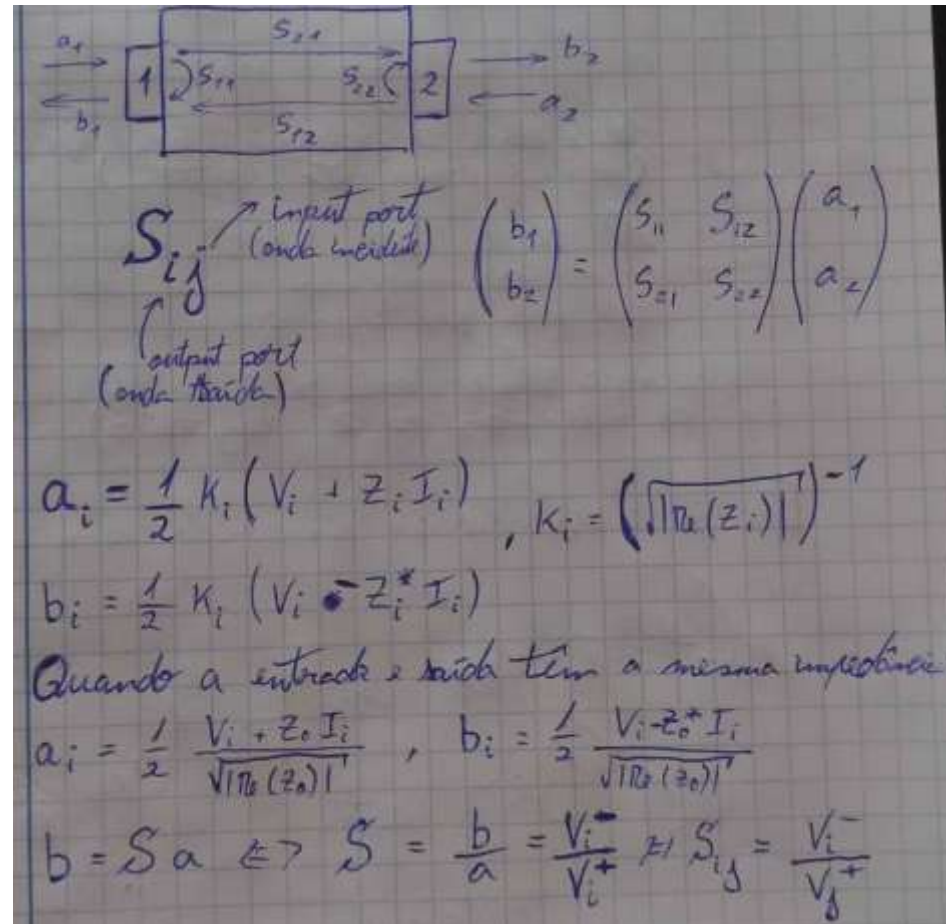


Diagram of a two-port network with incident waves  $a_1, a_2$  and reflected waves  $b_1, b_2$ . The S-matrix is defined as:

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix}$$

Where  $S_{ij}$  is the wave at output port  $j$  when input port  $i$  has a unit incident wave.

Equations for  $a_i$  and  $b_i$  in terms of voltage  $V_i$ , impedance  $Z_i$ , and a normalization factor  $K_i$ :

$$a_i = \frac{1}{2} K_i (V_i + Z_i I_i), \quad K_i = \left( \sqrt{|R_0(Z_i)|} \right)^{-1}$$

$$b_i = \frac{1}{2} K_i (V_i - Z_i^* I_i)$$

Quando a entrada e saída têm a mesma impedância:

$$a_i = \frac{1}{2} \frac{V_i + Z_0 I_i}{\sqrt{|R_0(Z_0)|}}, \quad b_i = \frac{1}{2} \frac{V_i - Z_0^* I_i}{\sqrt{|R_0(Z_0)|}}$$

Relationship between  $b$  and  $a$ :

$$b = S a \Rightarrow S = \frac{b}{a} = \frac{V_i^-}{V_i^+} \neq S_{ij} = \frac{V_i^-}{V_j^+}$$



# Mais Umas Tips

É verdade que debes sempre investigar novas coisas de CST para ir aprendendo. No entanto, deixarei aqui umas duas tips extra.

A primeira é que podes tu mesmo criar curvas analíticas, selecionando modeling > curves > analytical curves. Depois, também é possível dar espessura e assim para tornar num objeto.

A segunda é para dividir objetos a meio, que podes ver pela imagem à direita.

