

Tutorial QUCS reflexão de Impedância e Parâmetros S

1 Reflexão de Impedância

Com o QUCS temos a possibilidade de obter a reflexão de impedância Γ , conforme a fig. 1. Não visualizamos diretamente o Γ , mas para casos de uma porta única, o parâmetro S11 é igual ao Γ .

Para termos simulado o Γ ou S11, precisamos colocar um source do tipo **Power Source**, e associarmos ao projeto um tipo de simulação **S Parameter**, conforme 1. Na figura temos definida a visualização em decibels do S11, usando a equação $\text{dB}(S[1,1])$. Diferentemente dos parâmetros Z ou Y, de circuitos em baixa frequência, definidos em torno de terminações em aberto ou fechado, parâmetros S ou de espalhamento tem sua fundamentação sobre terminações que impeçam o retorno de ondas refletidas, no caso mais comum, resistores de 50 Ω .

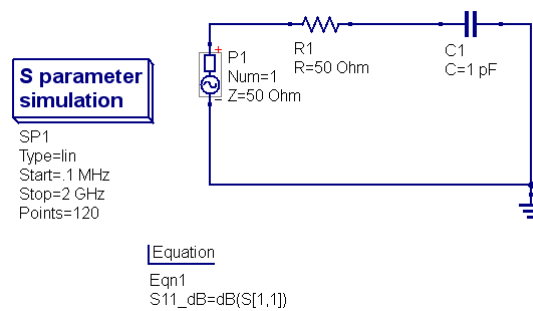


Figure 1: Modelo de simulação QUCS para parâmetro S.

Os típicos resultados são apresentados na fig. 2. Perceba que uma das apresentações é no formato de carta de Smith, que coloca no mesmo plot as informações de módulo e fase, juntamente com a variação em frequência. **Lembre também que o Γ é complexo, possui módulo e fase!**

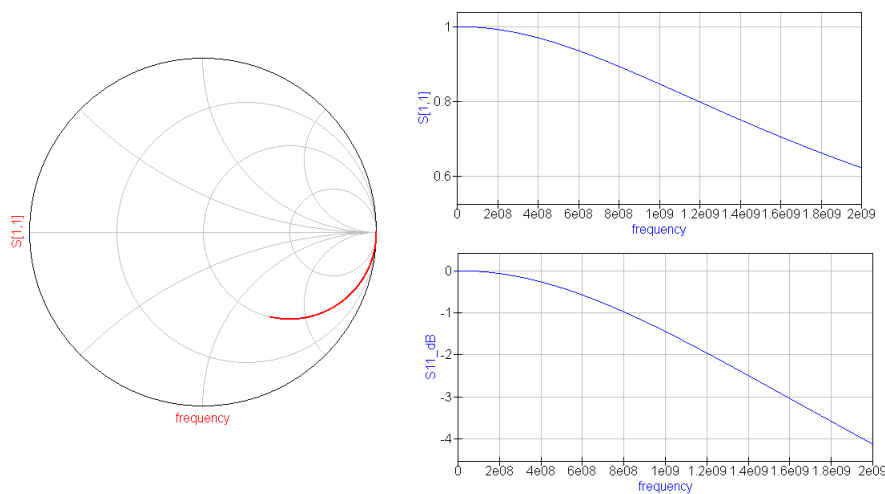


Figure 2: Resultados da simulação dos parâmetros S.

Realize as seguintes simulações no QUCS- use uma banda de frequência pequena, de maneira a visualizar um trecho não muito extenso na carta (por exemplo de 10 MHz a 20 MHz) quando quiser visualizar um "ponto" na carta. **Procure interpretar os resultados visualizados, entendendo o que está sendo apresentado como resultado.**

- Resistor de 50 Ω ligado no terra, i.e. fig. 1 mas sem o capacitor.
- Ligação direta com o terra, i.e. fig 1 sem ambos capacitor e resistor.
- Insira agora uma linha de transmissão ideal, terminada em um resistor, conforme a fig. 3. Teste resistores de 100, 50 e 20 Ω . O objeto coaxial representa uma linha de transmissão. De onde saíram os parâmetros da linha coaxial? Investigue em <https://www.pasternack.com/t-calculator-coax-cutoff.aspx>.

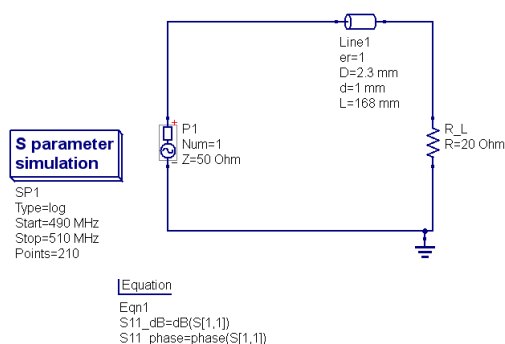


Figure 3: Simulação dos parâmetros S.

Os resultados típicos estão apresentados na fig. 4.

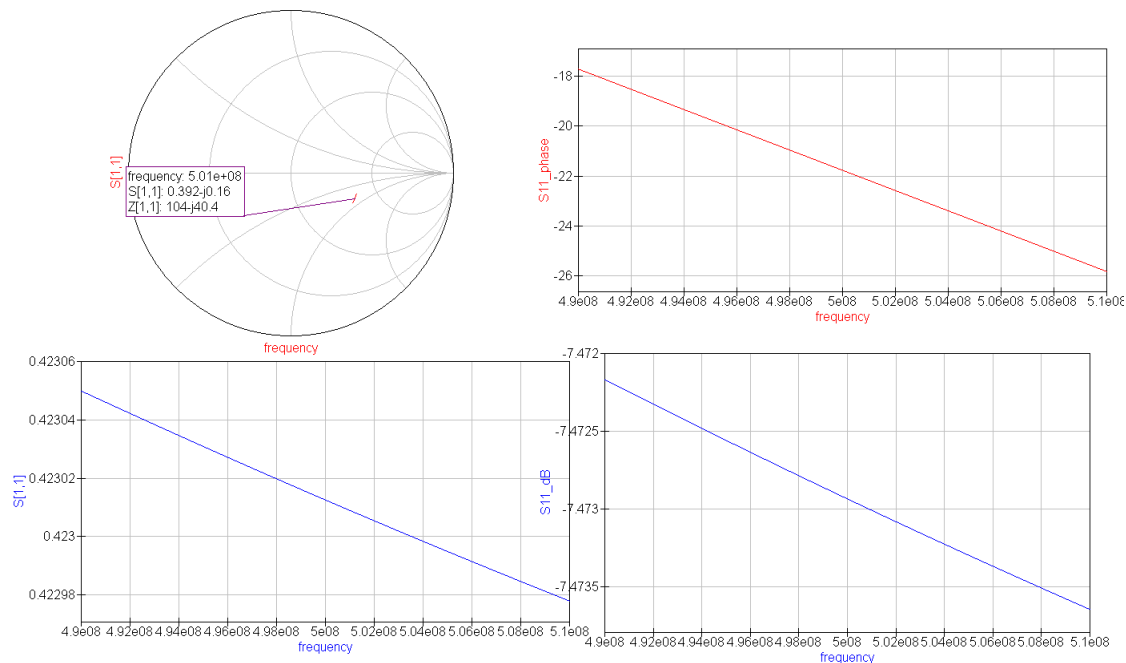


Figure 4: Resultados da simulação dos parâmetros S.

- Trocando a ordem do resistor pela linha de transmissão temos uma mudança nos resultados de Γ ou S11? Por que?

- Modifique o circuito para ser conforme a fig. 5. Aumente a frequência até que o curto seja posicionado na posição de circuito aberto, nos resultados. Como se explica isso de acordo com a teoria das linhas de transmissão? Calcule o tamanho elétrico da linha onde isso ocorre - o curto vira aberto e vice versa.

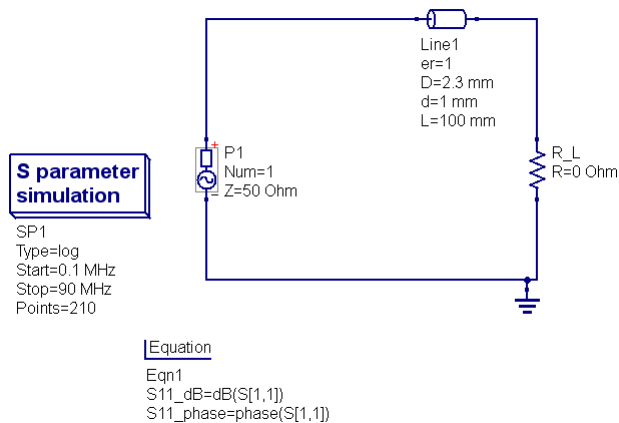


Figure 5: Investigação do efeito do comprimento da linha.

- Substitua a linha de transmissão por um circuito RC série, conforme a fig. 6. Identifique na Carta de Smith e nas respostas cartesianas o Γ em frequências baixas (próximas de DC) e ao aumentarmos a frequência. Como explicar o que está acontecendo? Se o capacitor possui a mesma capacitância por que o Γ muda com frequência?

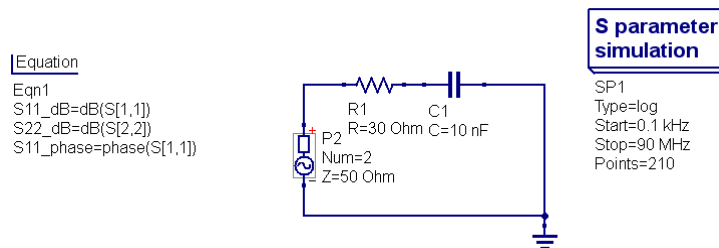


Figure 6: Investigação do efeito de RC série.

2 Resposta ressoadores

Ressoadores RLC são analisados em teoria de circuitos, e modelam inclusive estruturas ressonantes mais sofisticadas, tais como cavidades de micro-ondas, antenas etc. Monte o circuito conforme a fig. 7. Confira os resultados e verifique se estão consistentes com a teoria. Verifique na página http://www.calctool.org/CALC/eng/electronics/RLC_circuit de onde vieram os valores dos componentes. Lembre que para circuitos LC:

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

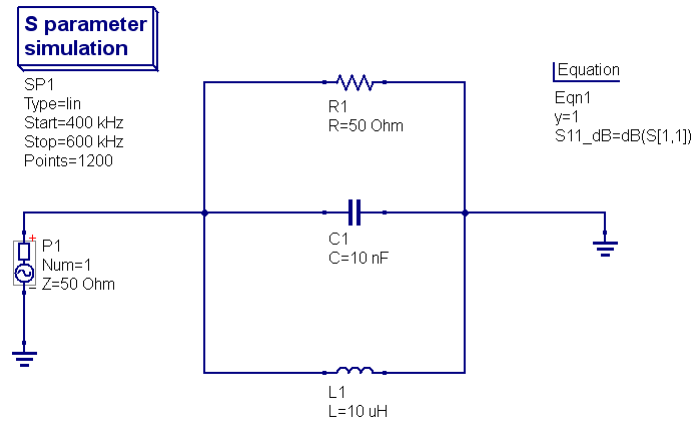


Figure 7: RLC paralelo.

- Compare os resultados do circuito RLC paralelo com o série. Qual a diferença? Insira uma equação do tipo $\text{phase}(S[1,1])$ e $\text{phase}(S[2,2])$ no QUCS, para analisar o resultado.
- Antes da ressonância f_{res} , temos comportamento indutivo ou capacitivo nos circuitos? Como saber?
- Sabemos que

$$\Gamma = S11 = \frac{Z_L - Z_o}{Z_L + Z_o} \quad (2)$$

Implemente no QUCS para os casos série e paralelo uma fórmula matemática onde tenhamos a partir do Γ obtenhamos a impedância de entrada dos dois circuitos. Isso ajudará a visualizar o comportamento indutivo/capacitivo antes e depois da ressonância, do item anterior. Use a função **real** e **imag** para decompor a impedância complexa do sistema.

3 Resposta transitória de linhas de transmissão

Se colocarmos um pulso em uma linha de transmissão teremos a denominada resposta transitória. Não muito necessário em RF e micro-ondas, o tema possui importância em EMC e integridades de sinais, por exemplo no tráfego de um pulso digital em uma placa de circuito impresso. Monte no QUCS o circuito conforme a fig. 8.

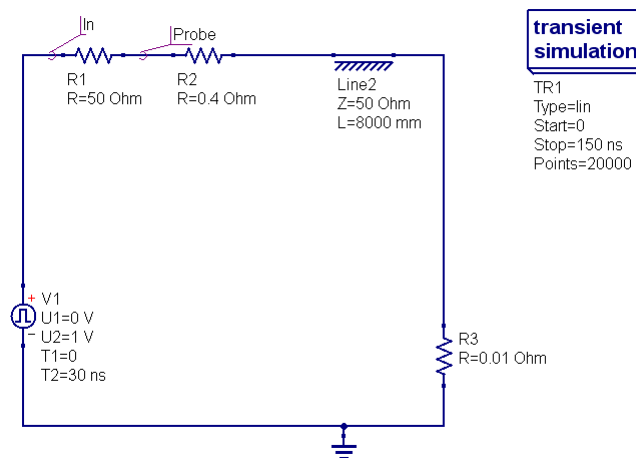


Figure 8: Resposta transitória a um pulso - carga em curto.

- Verifique a resposta temporal do ponto Probe e In, para as cargas R3 na figura como curto (0.03Ω) e aberto ($1e7 \Omega$). Analise os resultados e associe as formas de onda visualizadas com o conceito da reflexão de impedância Γ .