

1. Pesquisa sobre o divisor de potência

Divisor de potência resistiva

Eles são extremamente banda larga e é o único tipo que opera dc em diante. sua capacidade de manipulação de energia é baixa. para aplicações onde a perda de inserção e o isolamento são fatores importantes, os divisores de potência resistivos não são adequados porque apresentam alta perda e isolamento deficiente. eles também são amplamente escolhidos por sua simplicidade. Perda: 6dB.

Divisor de potência wilkinson

O isolamento porta a porta de alta saída. Alto grau de isolamento, baixa perda e custo-benefício. algumas de suas desvantagens são que oferece largura de banda limitada e o tamanho pode ser enorme para alguns aplicativos.

Figura 1. Diagrama do divisor Wilkinson.



2. Especificações do Projeto

O desempenho de do dispositivo é encontrado observando suas características, abaixo estão suas propriedades mais importantes:

- Casamento de cada porta (S11, S22e S33).
- Perda de inserção (S12 e S13).
- Isolamento entre as portas de saída (S23).
- Limitações físicas e em sua manufatura.
- Porta de entrada (S1), saída 1 (S2) e saída 2 (S4).

Idealmente a potência que entrar pela porta de entrada será distribuída igualmente pelas portas de saída, logo cada saída receberá metade da potência **S12 ideal = S13 ideal = -3dB**, neste contexto não haverá acoplamento parasita **S23, S11, S22, S33 e S44 nulas** entre as portas. Já a diferença de comprimento entre as portas de saída faz com que idealmente a fase seja **(S12) - (S13) = 180 graus**.

Já na prática é esperado que **S12 e S13 sejam < -3dB** e a fase entre as portas seja **ligeiramente diferente de 180 graus** visto que o comprimento entre elas não é simétrico. Além disso, é esperado um acoplamento parasita entre as portas de saída S23, porém será admitido um valor **< -20dB** como aceitável. Com isso, foi possível desenvolver a tabela de especificações abaixo, onde utilizei o mesmo substrato das outras atividades e a frequência de sistemas de GPS 2,4GHz:

Frequência de operação	Substrato	ϵ_r	H (mm)	t (um)	σ_{gold}	$\tan(\delta)$
2.5 GHz	Cu	2,6	1,016	18	$4.1 \cdot 10^7$	0,0013

A parte crítica deste projeto é calcular os dois trechos do divisor para ele ter uma impedância característica de $\sqrt{2} \cdot Z_0$, onde Z_0 é a impedância das portas ($Z_0 = 50 \Omega$). Portanto, cada trecho circular deverá ter resistência igual a $\sqrt{2} \cdot 50 \approx 70.71\Omega$ com 90 graus. Já para as portas de entrada e de saída será utilizado uma dimensão para uma impedância de 50Ω e 30 graus. As figuras 2 e 3 apresentam os valores encontrados para os dois trechos.

Figura 2. Dimensões dos terminais.

Component
Type: MLIN ID: MLIN: MLIN_DEFAULT

Substrate Parameters
ID: MSUB_DEFAULT
Er: 2.600 N/A
Mur: 1.000 N/A
H: 1.016 mm
Hu: 3.9e+34 mil
T: 18.000 um
Cond: 4.1e7 N/A

Physical
W: 2.783980 mm
L: 7.089230 mm

Synthesize Analyze

Electrical
Z0: 50.000 Ohm
F Fff: 30.000 deg

Calculated Results
K_Eff = 2.156
A_DB = 0.005
SkinDepth = 1.604

Figura 3. Dimensões do trecho paralelo.

Component
Type: MLIN ID: MLIN: MLIN_DEFAULT

Substrate Parameters
ID: MSUB_DEFAULT
H: 1.016 mm
Hu: 3.9e+34 mil
T: 18.000 um
Cond: 4.1e7 N/A
TanD: 0.001 N/A
Rough: 0.000 in

Physical
W: 1.517410 mm
L: 21.716700 mm

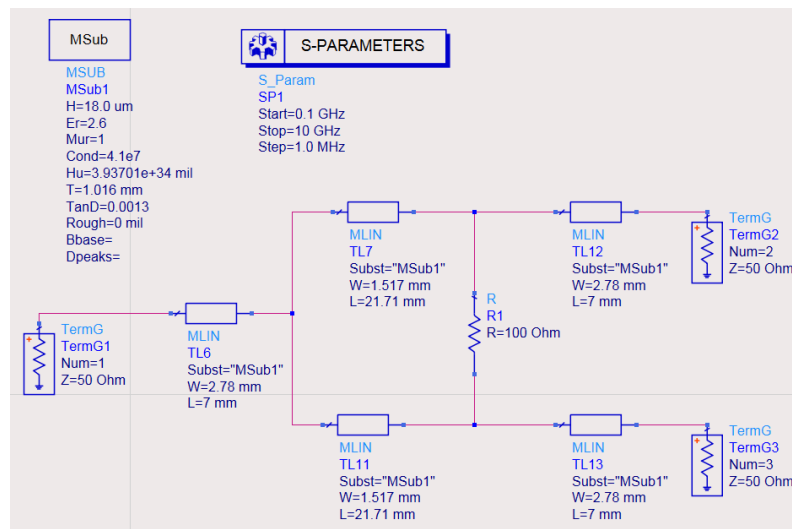
Synthesize Analyze

Electrical
Z0: 71.700 Ohm
F Fff: 90.000 deg

Calculated Results
K_Eff = 2.067
A_DB = 0.019
SkinDepth = 1.604

Depois foi projetado o divisor de Wilkinson no Schematics do ADS para simular todas as suas dimensões ilustrado na figura 4. Foi utilizado um resistor de $2 * Z_0 = 2 * 50 = 100 \Omega$.

Figura 4. Circuito no Schematics.



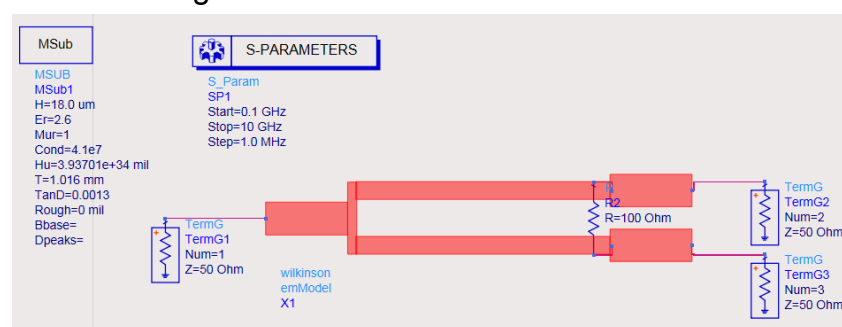
Foi gerado automaticamente o divisor de Wilkinson no Momentum ilustrado na figura 5. Um parâmetro importante neste projeto é a distância que separa as duas portas de saída, eles não podem ficar próximos devido a interferências indutivas entre as portas.

Figura 5. Circuito no Momentum.



Por último, para simular o circuito gerado no Momentum com um resistor foi realizado o circuito no emModel para o Schematics no qual está ilustrado na figura 6 já com o resistor de 100 Ω .

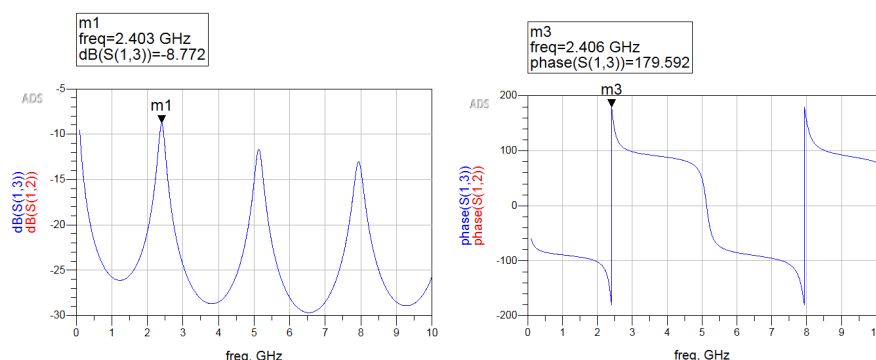
Figura 6. Circuito no emModel.



3. Análise e Resultados

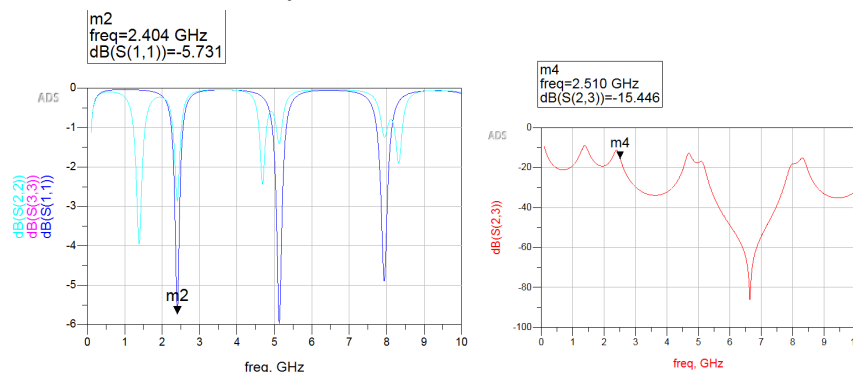
Realizando a simulação é possível visualizar na figura 7 que a perda de inserção entre as portas de entrada e saída (S12 e S13) ficou em -8,772 dB em 2,4 GHz, o valor ideal seria -3 dB (metade da potência de entrada para cada saída), porém o valor encontrado está dentro da tolerância. Além disso, a diferença de fase entre os sinais S12 e S13 foi de 179,59° (180°) como o esperado anteriormente.

Figura 7 - Perda de inserção nas portas de entrada e saída - Schematics.



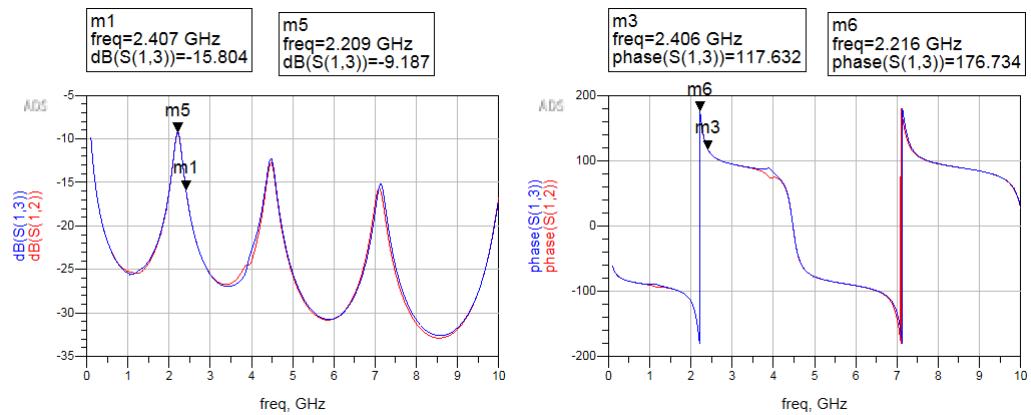
Já na figura 8 é possível ver que o casamento entre as portas dos sinais S11, S22, S33 > -20dB em 2,4 GHz, logo o circuito apresentou um casamento muito ruim, isto pode justificar a pequena perda de inserção. Ocorreu o isolamento entre as portas de saída S23 como o esperado teoricamente.

Figura 8 - Casamento de cada porta e isolamento entre saídas - Schematics.



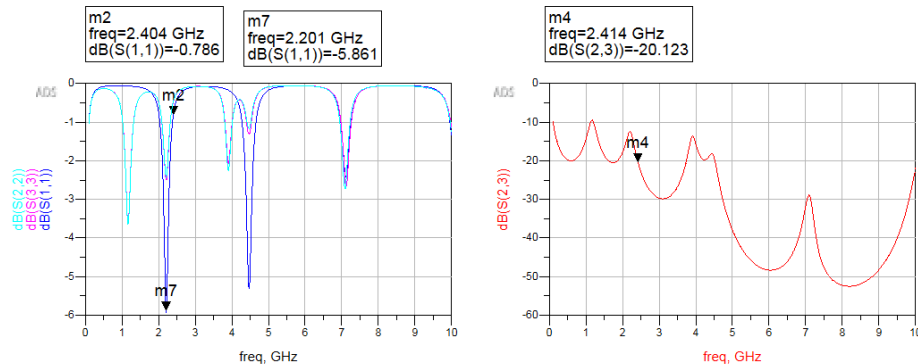
Já os resultados das simulações do circuito usando emModel estão ilustrados nas figuras 9 e 10. Pode-se visualizar que a perda de inserção entre as portas de entrada e saída (S12 e S13) ficou em -15,8 dB em 2,4 GHz e -9,1 em 2,2 GHz, logo o circuito distorceu a frequência de corte em 0,2 GHz. Isto pode ter ocorrido devido a distorções geométricas no circuito do Momentum, porém o valor encontrado está dentro da tolerância. Além disso, a diferença de fase entre os sinais S12 e S13 em 2,2 GHz foi de 179,59° (180°) como o esperado anteriormente.

Figura 9 - Perda de inserção nas portas de entrada e saída - emModel.



O casamento entre as portas dos sinais S11, S22, S33 apresentou comportamento próximo do Schematics e do esperado teoricamente, porém o circuito continua com frequência de operação em 2,2 GHz. Dessa maneira, o circuito apresentou um casamento muito ruim como anteriormente e ocorreu o isolamento entre as portas de saída S23 como o esperado teoricamente (< -20 dB).

Figura 10 - Casamento de cada porta e isolamento entre saídas - emModel.



Com isso é possível afirmar que o projeto do emModel apresentou distorções geométricas na montagem do circuito, o que causou uma mudança da frequência de operação para 2,2 GHz. Porém, as características do dispositivo foram de acordo com o esperado. Portanto, é possível afirmar que o substrato foi ideal para o desafio proposto e as dimensões encontradas para o sistema são facilmente manufaturadas na realidade.