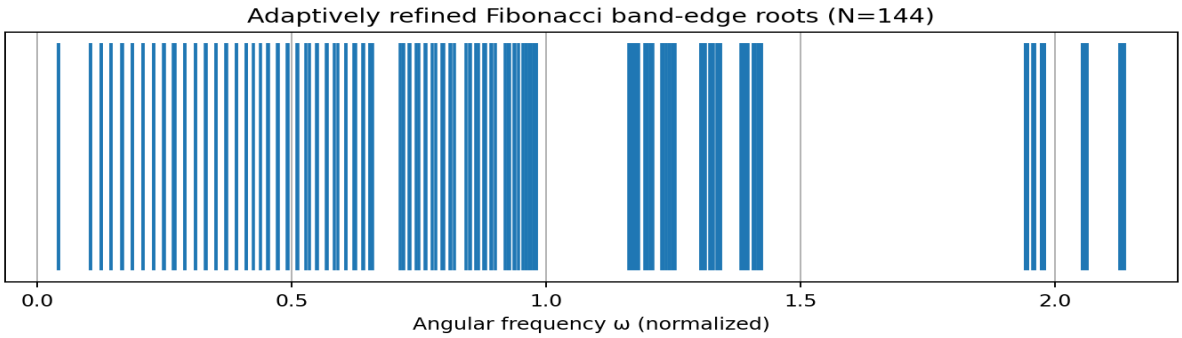
FQM v2.1 — Relatório de Simulações Avançadas | Etapa 2

Extensão independente do modelo LC do manuscrito, com refinamento adaptativo de bordas e componentes parasitas.

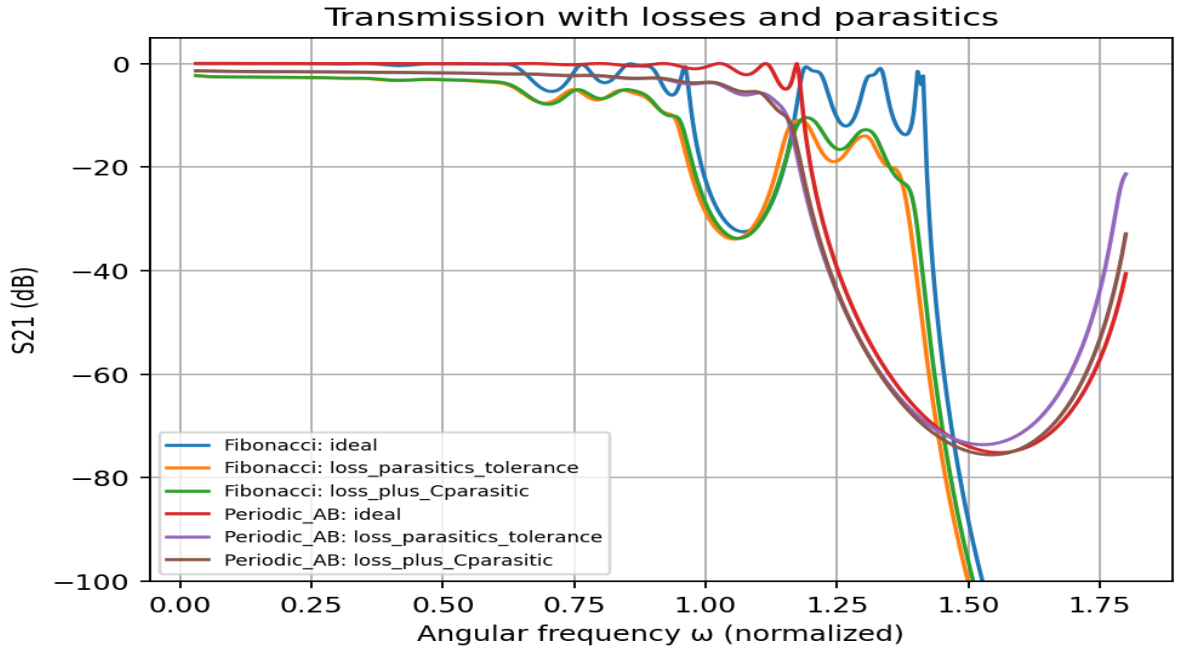
1. Refinamento adaptativo do espectro

Para o aproximante Fibonacci N=144, a função de traço do produto de matrizes foi calculada sem reescala artificial. As transições |Tr(M)|=2 foram refinadas com busca de raízes. Resultado: 217 raízes no intervalo $\omega \in [0{,}002; 2{,}2]$, 108 intervalos permitidos e medida permitida de 37,493%. O controle periódico AB apresentou 3 raízes, 2 bandas e medida 70,503%. A contagem adaptativa é mais robusta que a máscara de grade uniforme, mas ainda depende da cobertura do intervalo e do tratamento numérico de produtos grandes.



2. Modelo com parasitas

A célula T foi estendida para incluir resistência série do indutor (Q_L=60), ESR do capacitor (Q_C=200) e capacitância parasita em paralelo (C_p/C=2%). Também foi executada uma realização com tolerâncias independentes de ±5% em L e C. Os parâmetros são normalizados e não substituem fichas técnicas ou extração de parasitas de componentes reais.



Topologia	Cenário	Fração < −10 dB	S21 mínimo (dB)
Fibonacci	ideal	37.1%	-139.2
Fibonacci	inductor_loss	42.3%	-139.5
Fibonacci	loss_parasitics_tolerance	48.7%	-139.6
Fibonacci	loss_plus_Cparasitic	49.3%	-139.8
Periodic_AB	ideal	34.7%	-75.2
Periodic_AB	inductor_loss	35.1%	-75.4
Periodic_AB	loss_parasitics_tolerance	36.5%	-73.6
Periodic_AB	loss_plus_Cparasitic	36.7%	-75.6

3. Interpretação e limitações

No modelo nominal, perdas e capacitância parasita alteram a fração da faixa com transmissão inferior a −10 dB. O efeito é mais pronunciado na cadeia Fibonacci, mas isso indica sensibilidade espectral, não vantagem universal. Ainda faltam parâmetros extraídos de componentes reais, validação ngspice independente deste novo modelo, análise 2D/3D com geometria eletromagnética explícita e ampliação DMRG. Não foram simulados dados reais de GRB nem propriedades do vácuo.