



TRABALHO FINAL

Fundamentos de Telecomunicações



P. Viseu
Tecnologia e Gestão Lamego

Trabalho realizado por:
David Fonseca - 22655
Luís Lopes - 22654
João Monteiro - 22656

Índice

Índice de Figuras	2
Introdução	3
Ferramenta Multisim	4
Filtro Passa Banda RC	5
Teórica	5
Prática	5
Filtro Rejeita-Banda	8
Filtro Rejeita-Banda em Série	9
Teórica	9
Prática	10
Filtro Rejeita-Banda em Paralelo	13
Teórica	13
Prática	13
Conclusão	18

Índice de Figuras

Figura 1 - Multisim	4
Figura 2 - Filtro Passa Baixo RC.....	5
Figura 3 – Cálculos - Filtro Passa Banda RC	5
Figura 4 – Circuito - Filtro Passa Banda RC.....	6
Figura 5 - Frequência de Corte. Magnitude - Filtro Passa Banda RC.....	6
Figura 6 - Frequência de Corte. Fase - Filtro Passa Banda RC	7
Figura 7 - Filtro Rejeita-Banda em Série	9
Figura 8 - Banda larga e Frequência de corte	9
Figura 9 – Cálculos - Filtro Rejeita-Banda em Série.....	10
Figura 10 – Circuito - Filtro Rejeita-Banda em Série	10
Figura 11 - Valor de f_{c1} (Magnitude e Fase)	11
Figura 12 - Valor de f_{c2} (Magnitude e Fase	11
Figura 13 - Magnitude da Frequência de Ressonância	11
Figura 14 - Frequência do filtro Rejeita Banda Série em Fase	12
Figura 15 - Largura de banda filtro Rejeita Banda Série	12
Figura 16 - Cálculos efetuados das f_c 's	12
Figura 17 - Filtro Rejeita-Banda em Paralelo	13
Figura 18 - Cálculos.....	13
Figura 19 - Circuito	14
Figura 20 - Valor de f_{c1} (Magnitude e Fase)	14
Figura 21 - Valor de f_{c2} (Magnitude e Fase)	15
Figura 22 – Frequência de ressonância do filtro Rejeita Banda RLC Paralelo	15
Figura 23 - Frequência de ressonância do filtro Rejeita Banda RLC Paralelo da Fase	16
Figura 24 - Largura de banda filtro Rejeita Banda Paralelo	16
Figura 25 - Cálculos efetuados das f_c 's	17

Introdução

Neste estudo, abordaremos dois tipos de filtros: o filtro Rejeita Banda e o filtro Passa Baixo. O filtro Rejeita Banda é projetado para atenuar sinais que se encontram dentro de uma determinada faixa de frequências, enquanto o filtro Passa Baixo permite a transmissão de sinais com frequências abaixo de um limite predefinido.

O propósito deste trabalho é criar uma ferramenta capaz de calcular os valores dos componentes R (resistor), L (indutor) e C (condensador) em configurações de série e paralelo para esses dois tipos de filtros. Posteriormente, os resultados obtidos serão verificados utilizando o software *Multisim*, por meio da análise dos diagramas de Bode.

Ferramenta Multisim

O *Multisim* é um ambiente para simulação de circuitos eletrônicos, baseado no SPICE (*Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis*), um software aberto desenvolvido originalmente na década de 1970 na Universidade da Califórnia, Berkeley, que continua sendo a base de muitos simuladores comerciais até hoje.



Figura 1 - Multisim

Filtro Passa Banda RC

Teórica

O filtro Passa Banda RC é um circuito projetado para permitir a passagem de sinais dentro de uma faixa específica de frequências, atenuando os sinais que estão fora desse intervalo. Ele é composto por componentes resistivos (R) e condensadores (C) dispostos de forma a criar uma resposta de frequência seletiva. Este tipo de filtro é amplamente utilizado em sistemas de comunicação, processamento de sinais e instrumentos de medição.

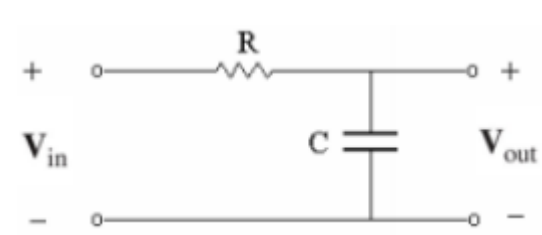


Figura 2 - Filtro Passa Baixo RC

Prática

INPUTS:

Valor de C(F):	1,50E-12
Valor de R(Ω):	700
Valor de Vin(V):	30

OUTPUTS:

152,000,000 Hz = 152 MHz	
FC(hz)	1,52E+08

$f_c = \frac{1}{2\pi\tau}$

Figura 3 – Cálculos - Filtro Passa Banda RC

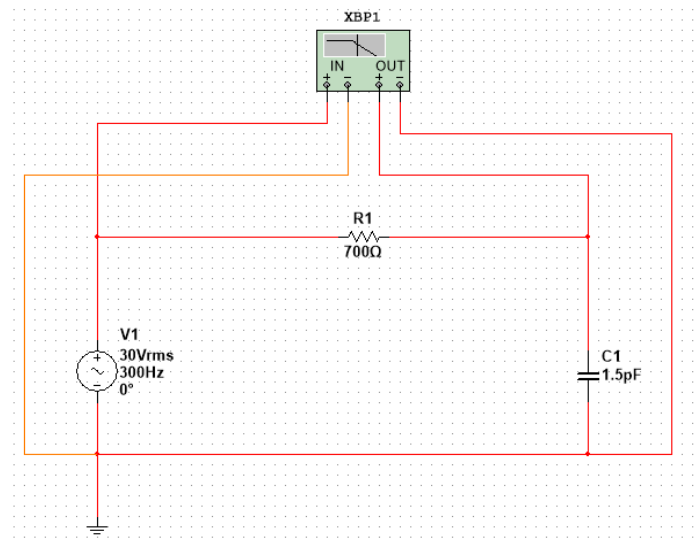


Figura 4 – Circuito - Filtro Passa Banda RC

Escolhemos um filtro passa-baixo com a finalidade de apenas deixar passar sinais com frequência abaixo da frequência de corte. Este filtro está destinado a trabalhar com 700 ohm e com uma tensão de 30 V, tendo o Condensador o valor de 1.5pF.

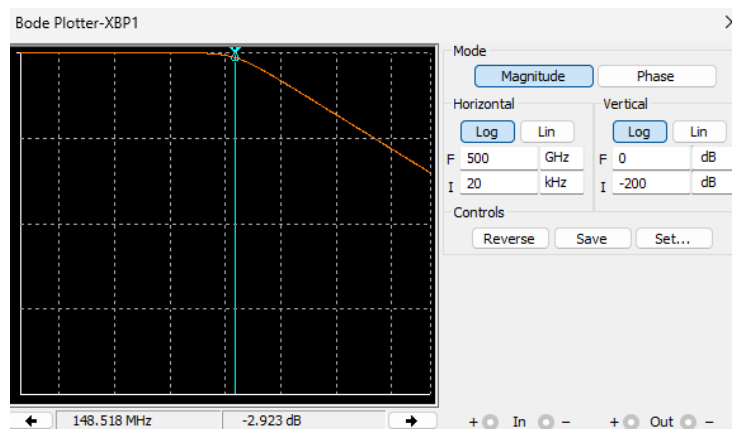


Figura 5 - Frequência de Corte. Magnitude - Filtro Passa Banda RC

Na figura 4 temos um diagrama de Bode, o ponto marcado é a frequência de corte que corresponde a 148.518MHz correspondente aos -2.923dB .

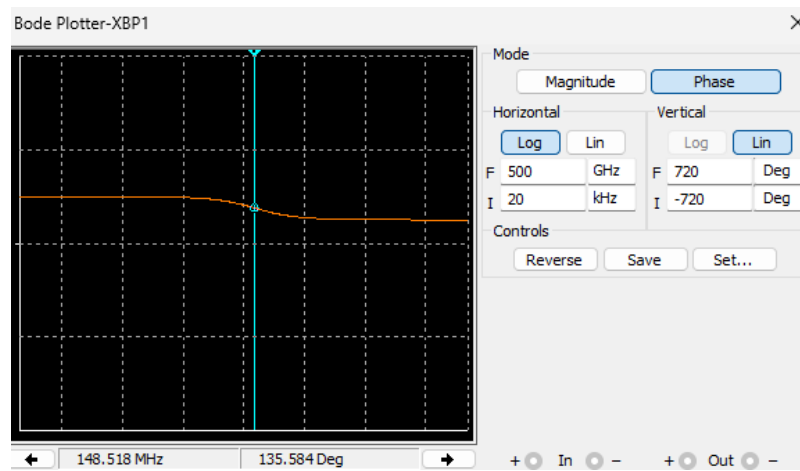


Figura 6 - Frequência de Corte. Fase - Filtro Passa Banda RC

Na Figura 5 temos a resposta em fase do filtro, é o valor que corresponde aos 135.584 graus como será suposto o seu angulo de fase.

Filtro Rejeita-Banda

O filtro Rejeita-Banda é um circuito projetado para atenuar ou bloquear sinais dentro de uma faixa específica de frequências, permitindo a passagem de sinais com frequências acima e abaixo dessa faixa. Este tipo de filtro é amplamente utilizado em aplicações onde é necessário eliminar interferências indesejadas em uma banda estreita, como em sistemas de comunicação e processamento de áudio.

Idealmente, para sinais com frequências situadas na faixa intermediária, ou seja, entre a frequência de corte inferior e a frequência de corte superior do filtro, o ganho é zero. Isso implica que esses sinais são completamente atenuados, resultando numa amplitude de saída igual a zero. Por outro lado, para sinais com frequências inferiores à frequência de corte inferior ou superiores à frequência de corte superior, o filtro apresenta um ganho unitário, permitindo a passagem desses sinais sem atenuação.

Filtro Rejeita-Banda em Série

Teórica

Neste tipo de filtro, o circuito utiliza um **indutor (L)** e um **condensador (C)** conectados em série. Forma um **circuito ressonante em série**, que apresenta uma impedância mínima na frequência de ressonância (f_0). Quando um sinal com frequência igual a f_0 atravessa o circuito, ele é desviado, sendo atenuado devido à baixa impedância oferecida por essa configuração.

Por outro lado, para frequências fora da faixa rejeitada, a impedância do circuito aumenta, permitindo que os sinais sejam transmitidos sem atenuação significativa.

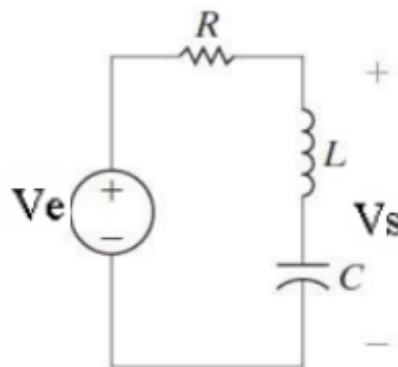


Figura 7 - Filtro Rejeita-Banda em Série

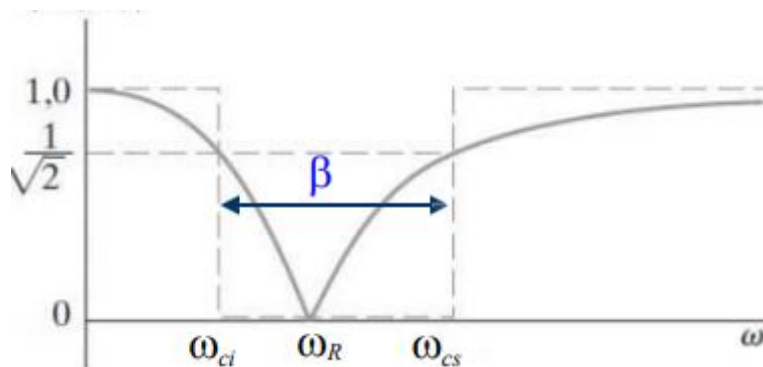


Figura 8 - Banda larga e Frequência de corte

β – Largura da Banda, sendo definida como o tamanho da faixa de frequência onde o filtro atua. Pode ser determinada usando a frequência de corte superior e subtrair a frequência de corte inferior.

Prática

INPUTS:

Inserir Valor de C(F):	1,00E-04
Inserir Valor de R(Ω):	700
Inserir Valor de L(H):	0,5

OUTPUTS:

Wc1(rad/s)	14,14
Wc2(rad/s)	1414,14
FC1(hz)	2,25
FC2(hz)	225,07

B(Largura de Banda)hz	222,82
F(Ressonancia)	22,51

$$\omega_{c1} = -\frac{R}{2L} + \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 + \frac{1}{LC}}$$

$$\omega_{c2} = -\frac{R}{2L} + \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 + \frac{1}{LC}}$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

Referencia

$$\beta = f_{c2} - f_{c1}$$

$$f_R = \sqrt{f_{c1}f_{c2}}$$

Figura 9 – Cálculos - Filtro Rejeita-Banda em Série

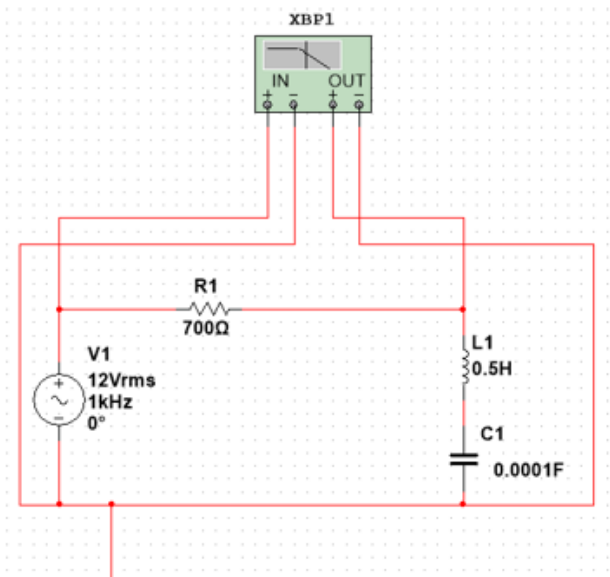


Figura 10 – Circuito - Filtro Rejeita-Banda em Série

Neste caso em específico, R_1 é igual a 700 ohm, L_1 é igual a 0,5H e C_1 é igual a 0.0001F e 12 V com 1Khz. Esses valores determinam a faixa de frequências que será rejeitada pelo filtro. A resistência (R_1) tem a função de limitar a corrente elétrica no circuito, a indutância (L_1) tem a função de armazenar energia em um campo magnético e a capacitância (C_1) tem a função de armazenar energia num campo elétrico.

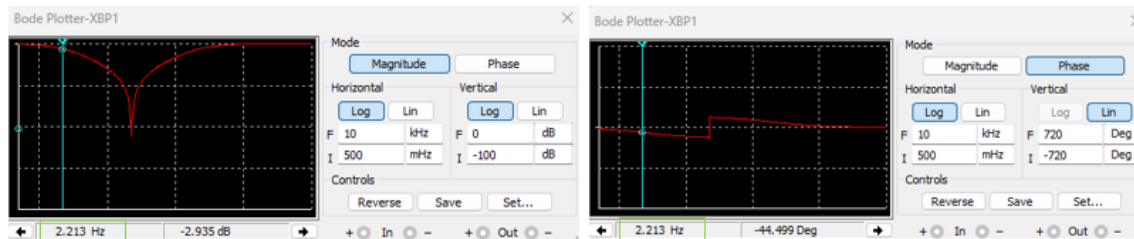


Figura 11 - Valor de f_{c1} (Magnitude e Fase)

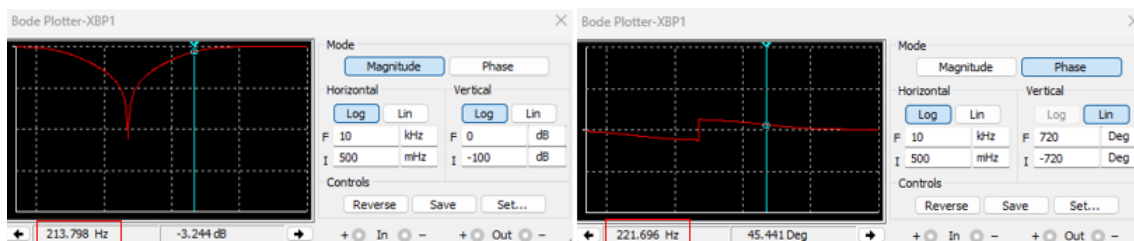


Figura 12 - Valor de f_{c2} (Magnitude e Fase)

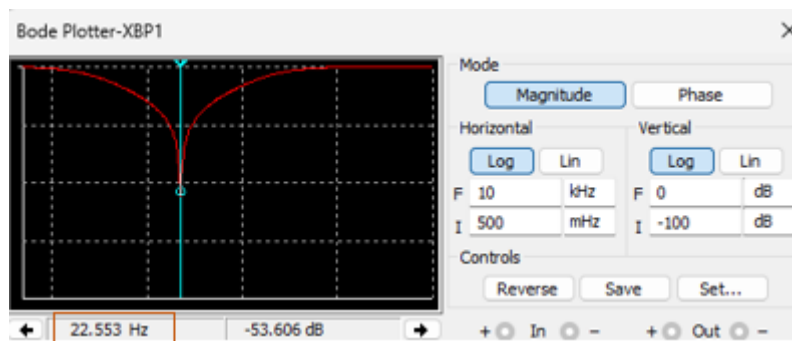


Figura 13 - Magnitude da Frequência de Ressonância

A figura 13 mostra a resposta do filtro em um diagrama de Bode. O ponto marcado como 22.553 Hz no eixo horizontal indica a frequência de ressonância, sendo esta a frequência que este circuito irá rejeitar.

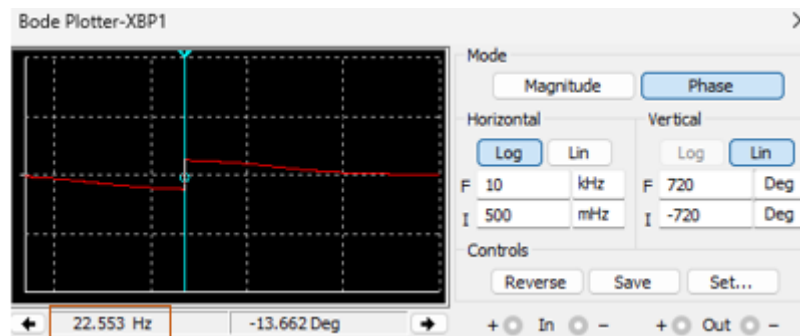


Figura 14 - Frequência do filtro Rejeita Banda Série em Fase

A figura 14 mostra a resposta em fase do filtro. A fase é a diferença de fase entre o sinal de entrada e o sinal de saída e é medida em graus. Como podemos verificar a fase onde existe o corte é aos -13.662 graus. O ponto marcado como 22.553 Hz no eixo horizontal indica a frequência onde a fase é aproximadamente -13.662 graus.

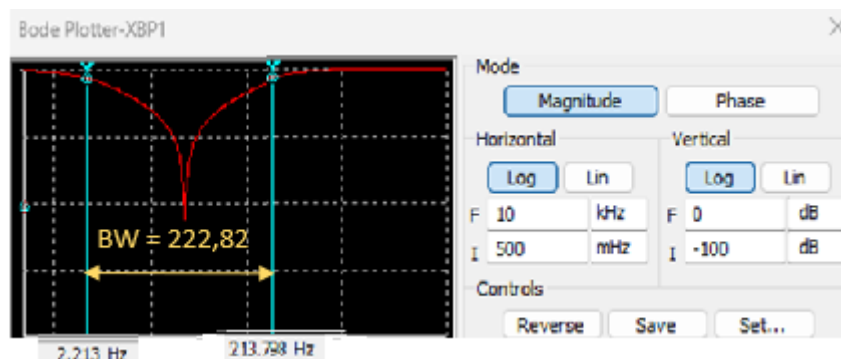


Figura 15 - Largura de banda filtro Rejeita Banda Série

Na figura 15, podemos observar a largura de banda do filtro, sendo igual a $222,82$ Hz.

Segundo as figuras 11 e 12, as frequências de corte 1 e 2 estão dentro do valor esperado pelos nossos cálculos.

OUTPUTS:

Wc1(rad/s)	14,14
Wc2(rad/s)	1414,14
FC1(hz)	2,25
FC2(hz)	225,07

B(Largura de Banda)hz	222,82
F(Ressonancia)	22,51

Figura 16 - Cálculos efetuados das f_c 's

Filtro Rejeita-Banda em Paralelo

Teórica

No filtro Rejeita-Banda em paralelo, o **indutor** (L) e o **condensador** (C) são conectados em paralelo, formando um **circuito ressonante paralelo**. Esse arranjo possui uma impedância muito alta na frequência de ressonância (f0), o que impede a passagem de sinais com essa frequência.

Fora dessa faixa rejeitada, o circuito apresenta baixa impedância, permitindo a passagem dos sinais. Assim, as frequências inferiores e superiores à banda rejeitada não sofrem atenuação significativa.

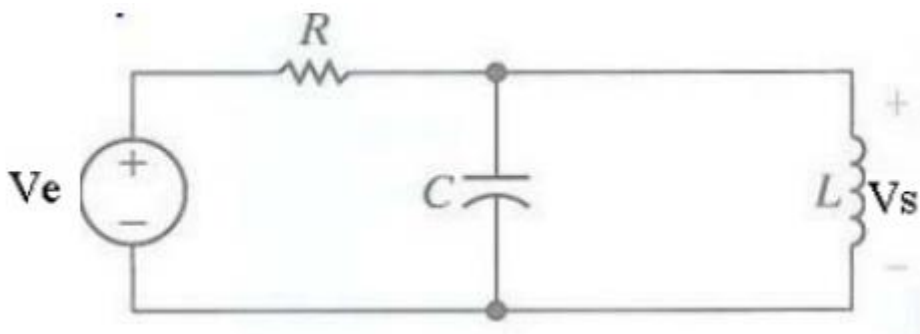


Figura 17 - Filtro Rejeita-Banda em Paralelo

Prática

INPUTS:

Inserir Valor de C(F):	1,00E-04
Inserir Valor de R(Ω):	100
Inserir Valor de L(H):	0,3

OUTPUTS:

Wc1(rad/s)	80,54
Wc2(rad/s)	413,87
FC1(hz)	12,82
FC2(hz)	65,87

B(Largura de Banda)	53,05
F(Ressonancia)	29,06

$$\omega_{c1} = -\frac{R}{2L} + \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 + \frac{1}{LC}}$$
$$\omega_{c2} = -\frac{R}{2L} + \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 + \frac{1}{LC}}$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

Referencia

$$B = f_{c2} - f_{c1}$$

$$f_R = \sqrt{f_{c1} f_{c2}}$$

Figura 18 - Cálculos

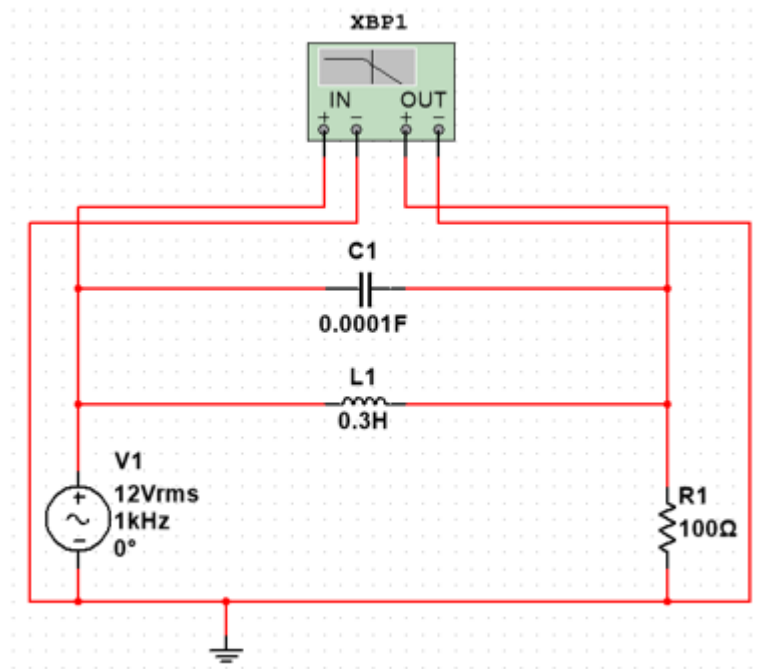


Figura 19 - Circuito

Este filtro tem como objetivo rejeitar uma faixa de frequências específicas, permitindo que outras frequências passem. Ele é projetado para operar com uma impedância de entrada constante de 100 ohms e uma tensão de entrada de 12 V. O indutor L1 e o condensador C1 são os componentes responsáveis pela rejeição de frequências indesejadas. O valor desses componentes afeta diretamente a faixa de frequências rejeitadas pelo filtro. Como podemos então verificar o indutor e o condensador juntos apresentarão alta reatância e ambos tenderão a comportarem-se como um circuito aberto.

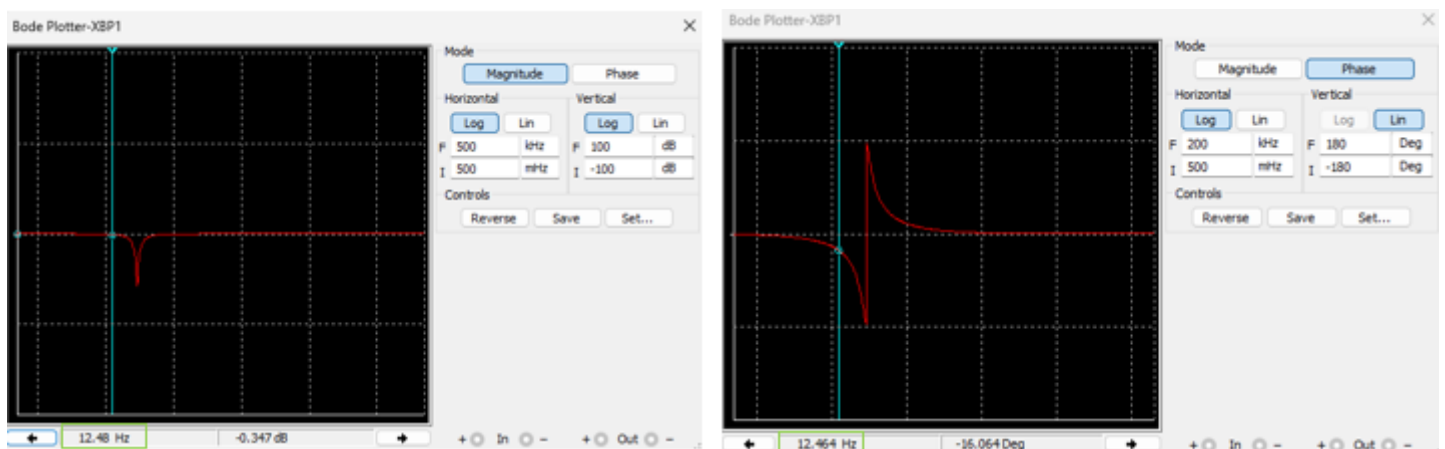


Figura 20 - Valor de f_{c1} (Magnitude e Fase)

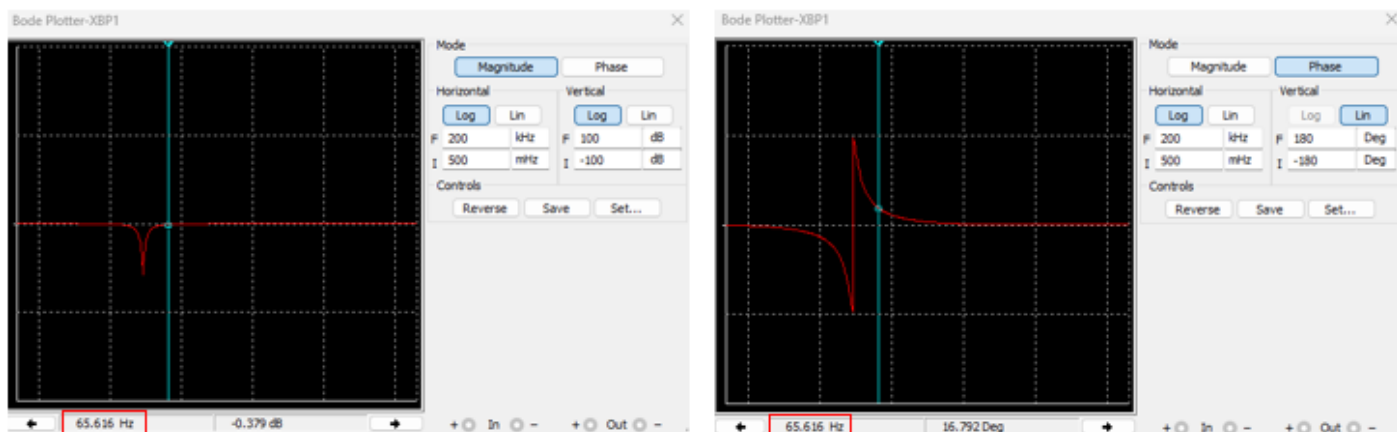


Figura 21 - Valor de f_{c2} (Magnitude e Fase)

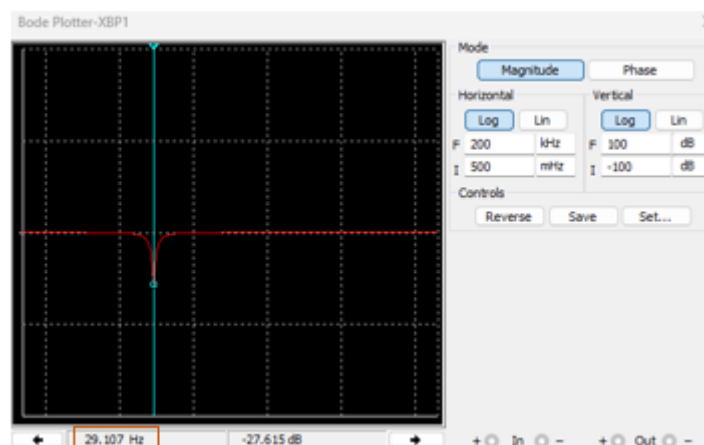


Figura 22 – Frequência de ressonância do filtro Rejeita Banda RLC Paralelo

A figura 22 mostra a resposta do filtro em um diagrama de Bode. O ponto marcado como 29.107 Hz no eixo horizontal indica a frequência de ressonância, sendo esta a frequência que este circuito irá rejeitar

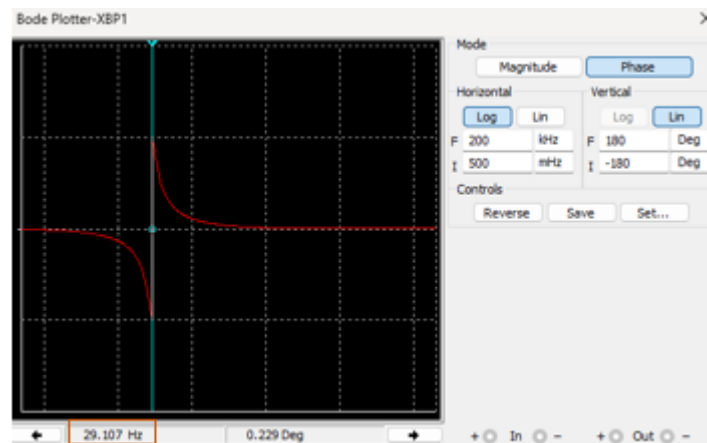


Figura 23 - Frequência de ressonância do filtro Rejeita Banda RLC Paralelo da Fase

Na figura 23 mostra a resposta em fase do filtro. A fase é a diferença de fase entre o sinal de entrada e o sinal de saída e é medida em graus. Como podemos verificar a fase onde existe o corte é aos 0.229 graus. O ponto marcado como 29.107 Hz no eixo horizontal indica a frequência onde a fase é aproximadamente 0.229 graus.



Figura 24 - Largura de banda filtro Rejeita Banda Paralelo

Na figura 24, podemos observar a largura de banda do filtro, sendo igual a 53,05 Hz.

Segundo as figuras 20 e 21, as frequências de corte 1 e 2 estão dentro do valor esperado pelos nossos cálculos.

OUTPUTS:

Wc1(rad/s)	80,54
Wc2(rad/s)	413,87
FC1(hz)	12,82
FC2(hz)	65,87

B(Largura de Banda)	53,05
F(Ressonancia)	29,06

Figura 25 - Cálculos efetuados das fc's

Conclusão

Este relatório apresentou uma análise detalhada de dois tipos fundamentais de filtros eletrônicos: o filtro Rejeita-Banda e o filtro Passa-Baixo. Por meio do desenvolvimento de uma ferramenta para calcular os componentes R, L e C em configurações de série e paralelo, foi possível aprofundar o entendimento sobre as características e aplicações práticas desses filtros.

A validação dos cálculos realizada no software *Multisim*, utilizando os diagramas de Bode, confirmou a precisão e a eficácia dos métodos desenvolvidos. Esse processo permitiu avaliar o desempenho dos filtros e ajustar os parâmetros de forma confiável.

A implementação bem-sucedida dos circuitos evidencia a versatilidade e relevância dos filtros eletrônicos em aplicações práticas. O filtro Rejeita-Banda demonstrou ser eficiente na atenuação de sinais dentro de uma faixa específica de frequências, enquanto o filtro Passa-Baixo provou ser eficaz na transmissão de sinais com frequências abaixo de um determinado valor. Esses filtros possuem potencial de aplicação em diversos contextos, como sistemas de comunicação, processamento de sinais e dispositivos de medição.

Este estudo contribuiu significativamente para o entendimento do funcionamento e do projeto de filtros eletrônicos, destacando a importância de ferramentas de cálculo precisas e da validação experimental para garantir a confiabilidade dos resultados.