

Francisco Edson Birimba Brito
Gisele Ribeiro Gomes
Gabriel Marques de Silva Abreu
Matheus Paolo dos Anjos Mourão
Paulo Chaves dos Santos Júnior

Relatório X

Rio Branco, Acre

2017

Francisco Edson Birimba Brito
Gisele Ribeiro Gomes
Gabriel Marques de Silva Abreu
Matheus Paolo dos Anjos Mourão
Paulo Chaves dos Santos Júnior

Relatório X

Relatório de Laboratório de Eletrônica I, entregue para a composição parcial da nota da N1. Orientador : Elmer Osman Hanco

Universidade Federal do Acre - UFAC
Bacharelado em Engenharia Elétrica
Laboratório de Eletrônica I

Rio Branco, Acre
2017

Resumo

A prática presente baseia-se na montagem dos circuitos com o transistor $2N3391$, sendo simulado com a utilização do software MULTISIM, aplicado um gerador de funções com uma tensão de $1,0mV$ e frequência $1kHz$ e com o ganho gerado, analisamos a relação com a frequência. Utilizando o *diagrama de Bode*, sendo uma forma de caracterizar sinais no domínio da frequência. E apresentação de conceitos de filtros, apresentando um exemplo prático desta aplicação.

Palavras-chaves: bode plots, frequência, amplificador

Abstract

The present practice is based on the assembly of the circuits with the transistor $2N3391$, being simulated using the software MULTISIM, a manager of functions with a voltage of $1,0mV$ and frequency $1kHz$ and with the gain generated, we analyzed the relationship with frequency. Using the Bode diagram, it is a way of characterizing signals in the frequency domain. And presentation of filter concepts, presenting a practical example of this application.

Keyword: bode plots, frequency, amplifier

Sumário

	Introdução	5
1	DESENVOLVIMENTO	6
1.1	Fundamentação Teórica	6
1.1.1	Resposta Frequência	6
1.1.2	Diagrama de Bode	7
1.1.3	Filtro Passa Baixa	8
1.1.4	Filtro Passa Alta	8
1.1.5	Filtro Passa Faixa	9
1.1.6	Filtro Rejeita Faixa	10
1.2	Procedimentos	11
1.2.1	Amplificador 1º estágio	11
1.2.2	Amplificador 2º estágio	12
1.2.3	Amplificador com dois estágios	13
1.2.4	Análise	13
1.3	Resultados	15
1.3.1	Amplificador 1º estágio	15
1.3.2	Amplificador 2º estágio	17
1.3.3	Amplificador com dois estágios	19
1.3.4	Análise	21
2	CONCLUSÃO	22
	REFERÊNCIAS	23

Introdução

Neste relatório temos como objetivo a familiarização a resposta em frequência e o uso do diagrama de bode, onde trabalhamos no 1° e 2° estágio e depois com os dois ao mesmo tempo do amplificador, sendo usado o transistor $2N3391$. Analisando o ganho do amplificador e depois relacionando com a frequência. Apresentando também conceitos de filtro passa baixa, passa alta, rejeita faixa e passa faixa.

1 Desenvolvimento

1.1 Fundamentação Teórica

1.1.1 Resposta Frequência

Os sistemas de controle industriais são muitas vezes projetados pelo uso de métodos de resposta em frequência. Muitas técnicas estão disponíveis tanto para o projeto quanto para análise de tais sistemas. O critério da estabilidade de *Nyquist*, a ser estudado mais adiante, nos permite investigar tanto a estabilidade absoluta quanto à estabilidade relativa de sistemas lineares de malha fechada a partir de um conhecimento de suas características de resposta em frequência em malha aberta. Ao usar este critério de estabilidade, não temos que determinar as raízes da equação característica. Esta é uma vantagem da técnica de resposta em frequência. Uma outra vantagem desta técnica é que os testes da resposta em frequência são, em geral, simples e podem ser feitos precisamente pelo uso de geradores de sinais senoidais prontamente disponíveis e de equipamentos de medida precisos. Muitas vezes as funções de transferência de componentes complicados podem ser determinadas experimentalmente pelos testes da resposta em frequência. Além disso, plantas com incertezas ou plantas que são deficientemente conhecidas podem ser manipuladas pelos métodos de resposta em frequência. Um sistema pode ser projetado pelo uso da técnica de resposta em frequência de tal forma que os efeitos de ruídos indesejáveis sejam desprezíveis. Finalmente, as análises e os projetos de resposta em frequência de um sistema de controle podem ser estendidos a certos sistemas de controle não lineares.

A resposta de frequência de um sistema é definida como a resposta de estado estacionário do sistema a um sinal senoidal de entrada. A senoide é um sinal de entrada peculiar, e o sinal de saída resultante em um sistema linear, bem como os sinais ao longo deste, é senoidal em regime permanente; difere da forma de onda do sinal de entrada somente no que diz respeito a amplitude e ângulo de fase.

As principais vantagens deste tipo de abordagem decorrem de:

1. Facilidade com que a resposta em frequência de um sistema pode ser obtida.
2. Possibilidade de determinar a função de transferência de determinados sistemas.
3. Possibilidade de analisar a estabilidade absoluta e relativa de um sistema, mesmo quando se desconhece a sua função de transferência em cadeia fechada.
4. Possibilidade de projetar um sistema de controle, ainda que se desconheça a função de transferência.

5. O projeto de sistemas de controlo no domínio da frequência permite ao projetista controlar a largura de banda e minimizar os efeitos do ruído a que o sistema está sujeito.
6. Existência de uma relação, no mínimo indireta, entre a resposta em frequência e a resposta transitória.

É importante notar que pelo facto de se analisar um sistema de controlo no domínio da frequência, não significa que alguma vez, este esteja sujeito a entradas sinusoidais.

Seguidamente apresentam-se duas das representações possíveis da resposta em frequência:

1. Diagrama de Bode.
2. Diagramas Polares.

1.1.2 Diagrama de Bode

Os diagramas de Bode (“Bode plots”) que levam este nome devido à Hendrik Wade Bode (1905-1982), um engenheiro americano que atuava principalmente nas áreas de eletrônica, telecomunicações e sistemas. Os diagramas de Bode (de módulo e de fase) são uma das formas de caracterizar sinais no domínio da frequência. Onde é composto por dois gráficos. O primeiro representa a curva do módulo de $G(j\omega)$ em decibéis ($20 \times \log|G(j\omega)|$) e o segundo representa a curva da fase. Sendo ambos função da frequência em escala logarítmica.

O Diagrama de Bode é usado em circuitos elétricos, filtros e sistemas de controle. Ele permite extrair muitas informações importantes para o conhecimento das características dos sistemas. As principais vantagens da representação em diagrama de Bode são as seguintes:

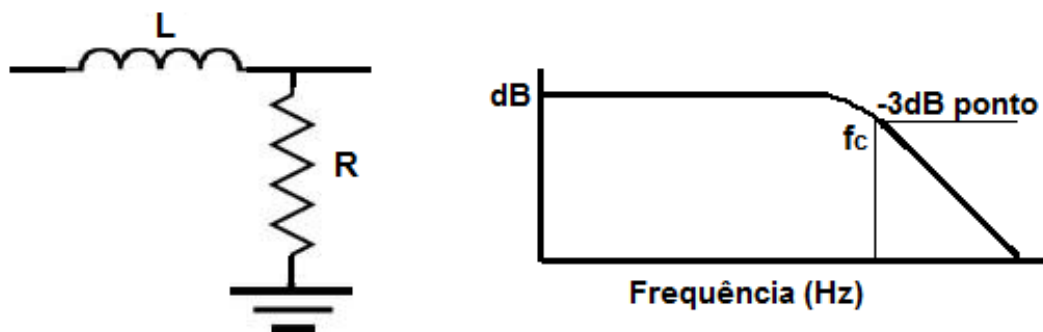
1. Uma vez que a amplitude de $G(j\omega)$ é expressa em decibéis (dB), produtos e divisões de factores elementares $G(j\omega)$ transformam-se em adições e subtrações de ganhos, respectivamente. As fases são igualmente adicionadas ou subtraídas.
2. As curvas do ganho de $G(j\omega)$ podem ser aproximadas por segmentos de recta, o que permite um esboço rápido e simples, sem o recurso a cálculos muito complicados.
3. O facto da frequência estar representada numa escala logarítmica permite uma análise das características da resposta em frequência, tanto nas altas como nas baixas frequências.

1.1.3 Filtro Passa Baixa

O filtro passa-baixa é caracteriza um circuito eletrônico que permite a passagem de baixas frequências e atenua (ou reduz) a amplitude das frequências maiores que a frequência de corte, na figura, representada por “ f_c ”. A quantidade de atenuação para cada frequência varia de filtro para filtro dependendo do objetivo desejado.

Um dos usos do filtro passa baixa é em transmissores de rádio, que utilizam tais circuitos eletrônicos para filtrar as emissões harmônicas que podem causar interferência com outras comunicações.

Figura 1 – Diagrama Filtro Passa Baixa



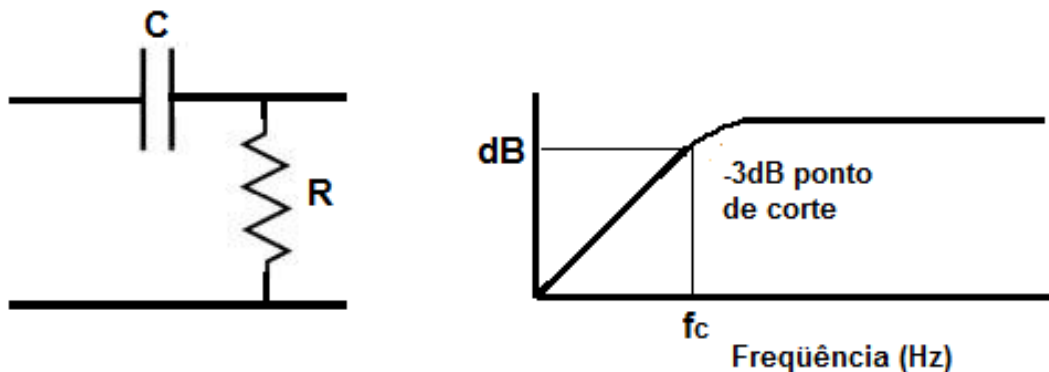
Fonte: Produzido pelos autores

1.1.4 Filtro Passa Alta

O filtro passa alta é um filtro que permite a passagem das frequências altas, e atenua (ou reduz) a amplitude das frequências abaixo de frequência de corte (f_c). O filtro passa alta possui um princípio de funcionamento oposto ao do filtro passa baixa.

Esse filtro é muito utilizado para bloquear as frequências baixas não desejadas em um sinal complexo enquanto permite a passagem das frequências mais altas.

Figura 2 – Diagrama Filtro Passa Alta



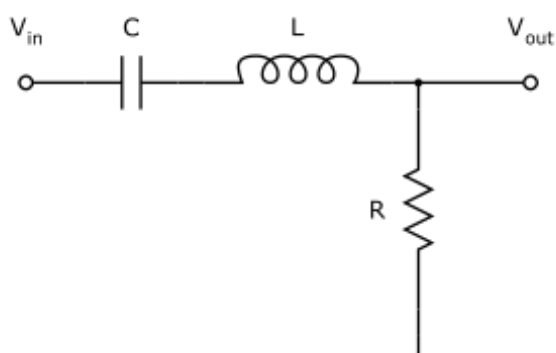
Fonte: Produzido pelos autores

1.1.5 Filtro Passa Faixa

O filtro passa faixa (ou passa-banda) é um circuito elétrico que permite a passagem das frequências de uma certa faixa e rejeita (atenua) as frequências fora dessa faixa.

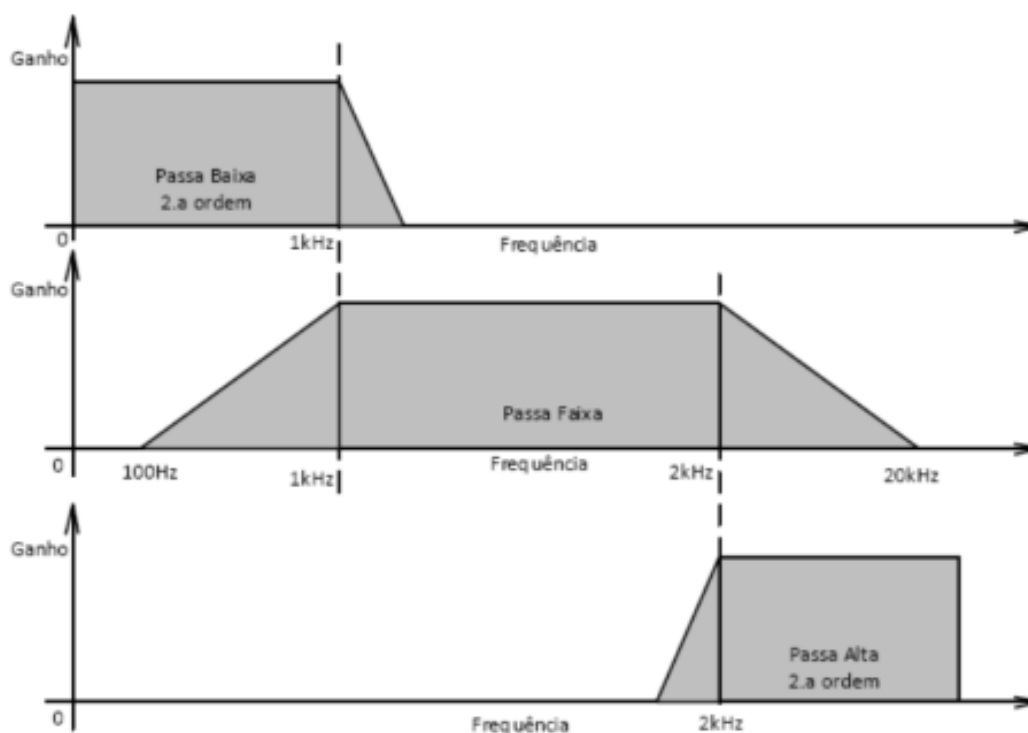
Um filtro passa-faixa analógico é o circuito RLC (um circuito resistor-indutor-capacitor). Tais filtros também podem ser obtidos através da combinação entre um filtro passa-baixas e um filtro passa-altas.

Figura 3 – Circuito Passa Faixa



Fonte: Produzido pelos autores

Figura 4 – Diagrama Passa Faixa

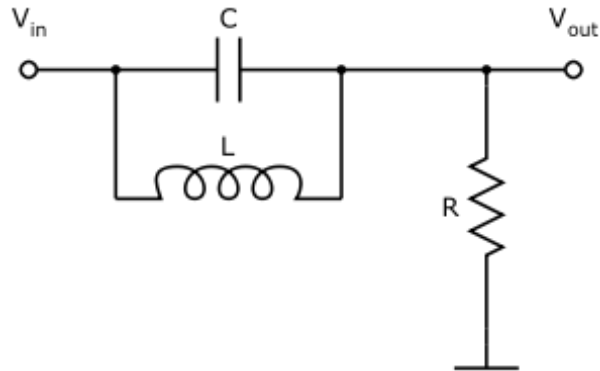


Fonte: Produzido pelos autores

1.1.6 Filtro Rejeita Faixa

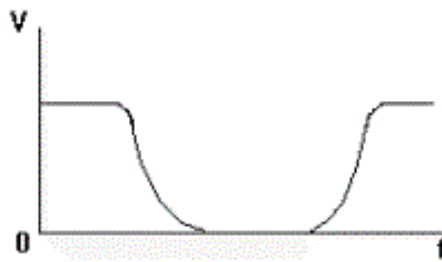
O filtro rejeita faixa ou filtro de rejeição de banda é um filtro que permite a passagem da maioria das frequências inalteradas, porém atenua aquelas que estejam em uma faixa determinada pelo filtro. O princípio de funcionamento é o oposto do filtro passa-faixa.

Figura 5 – Circuito Rejeita Faixa



Fonte: Produzido pelos autores

Figura 6 – Diagrama Rejeita Faixa

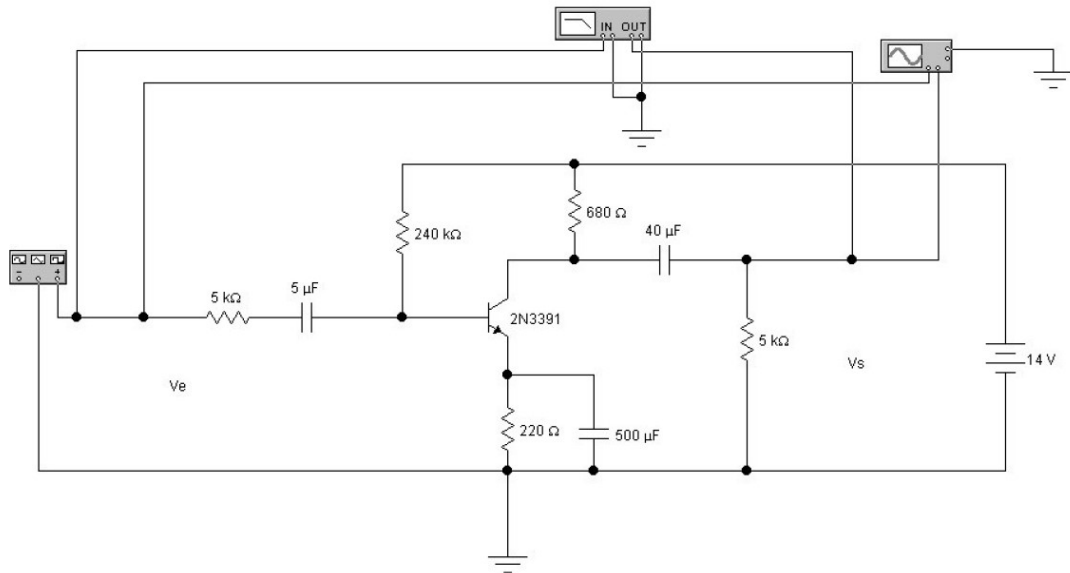


Fonte: Produzido pelos autores

1.2 Procedimentos

1.2.1 Amplificador 1º estágio

Figura 7 – Circuito elétrico do 1º estágio do amplificador

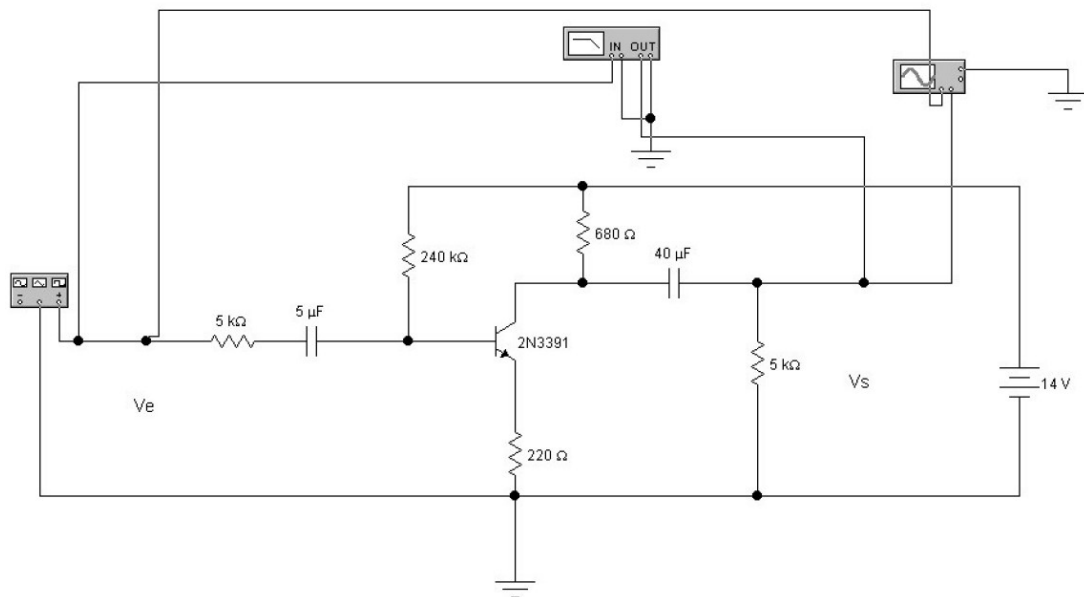


Fonte: Produzido pelos autores

1. Dado o circuito da figura 7, aplicar o gerador de funções com uma tensão $1,0mV$ e frequência de $1kHz$;
2. Medir o ganho com o osciloscópio. Para tanto medir a tensão de saída V_s e de entrada V_e .
3. Usar o Bode Plotter (amplitude) e medir as frequências de corte e o ganho da banda passante em dB $A\ db = 20 \log(V_s/V_e)$;
4. Usar o Bode Plotter (fase) e medir os ângulos nas frequências importantes; Anotar todos os dados obtidos na tabela 1.

1.2.2 Amplificador 2º estágio

Figura 8 – Circuito elétrico do 2º estágio do amplificador

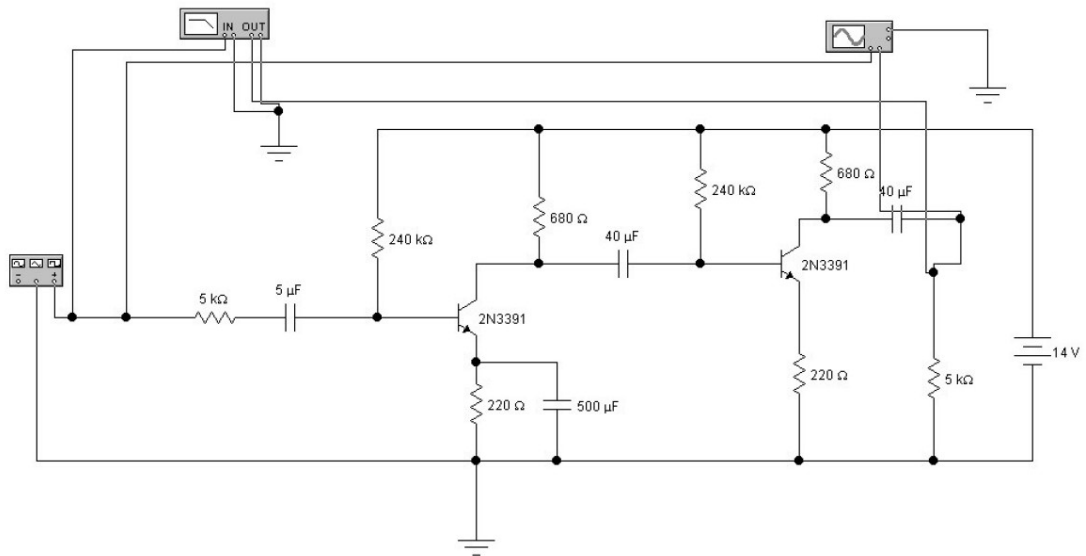


Fonte: Produzido pelos autores

1. Dado o circuito figura 8, aplicar o gerador de funções com uma tensão $1,0mV$ e frequência de $1kHz$;
2. Medir o ganho com o osciloscópio. Para tanto medir a tensão de saída V_s e de entrada V_e .
3. Usar o Bode Plotter (amplitude) e medir as frequências de corte e o ganho da banda passante em dB ;
4. Usar o Bode Plotter (fase) e medir os ângulos nas frequências importantes; Anotar todos os dados obtidos na tabela 1.

1.2.3 Amplificador com dois estágios

Figura 9 – Circuito elétrico do amplificador com dois estágios



Fonte: Produzido pelos autores

1. Dado o circuito figura 9, aplicar o gerador de funções com uma tensão $1,0mV$ e frequência de $1kHz$;
2. Medir o ganho com o osciloscópio. Para tanto medir a tensão de saída V_s e de entrada V_e .
3. Usar o Bode Plotter (amplitude) e medir as frequências de corte e o ganho da banda passante em dB ;

1.2.4 Analise

1. Analise os resultados apontados na Tabela 5 e explique:
 - a) Por que a frequência de corte inferior (fr_1) para o circuito da figura 7 é maior que para o circuito da figura 8?
 - b) Por que o ganho, para a faixa de frequência médias, do circuito da figura 7 é bem maior do que o circuito da figura 8?

Tabela 1 – Valores obtidos dos circuitos

		Circuito 1	Circuito 2	Circuito 3
Osciloscópio	$V_e (V_{pp})$			
	$V_s (V_{pp})$			
	$A_V (V_s/V_e)$			
Bode Plotter	A_V em frequências médias (dB)			
	frequência 1 a ($-3dB$)			
	frequência 2 a ($-3dB$)			

Fonte: Produzido pelos autores

1.3 Resultados

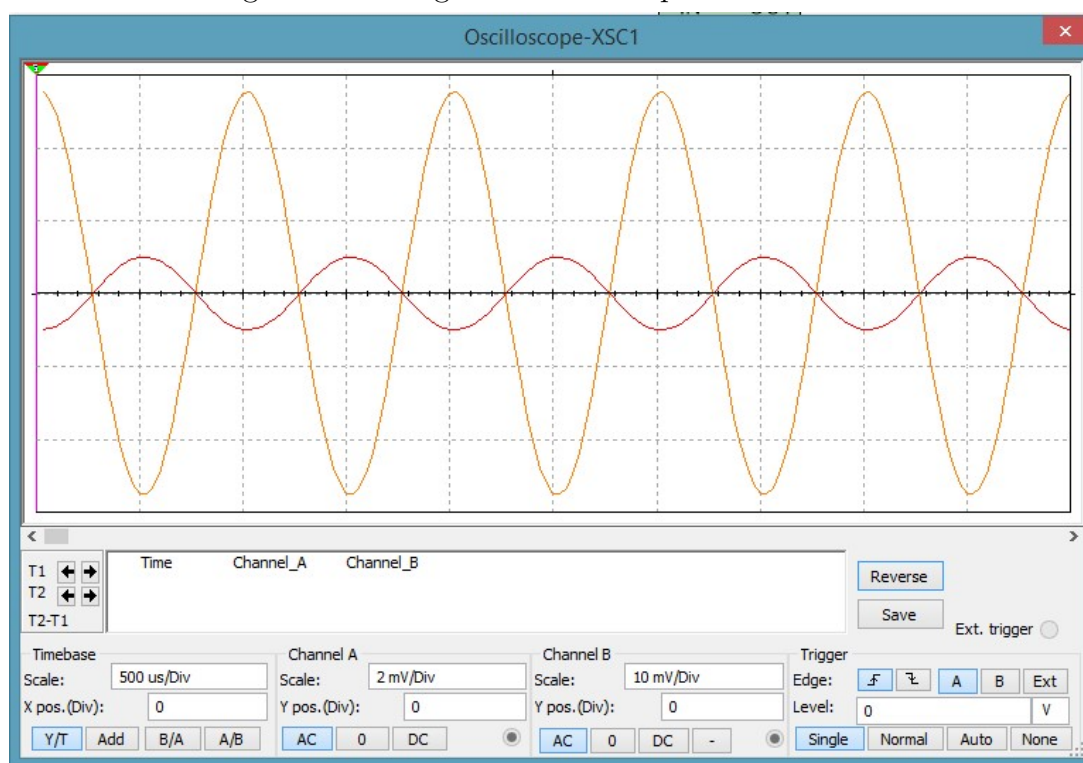
1.3.1 Amplificador 1º estágio

Temos a seguinte montagem do circuito da figura 7 com a utilização do MULTISIM:

— ADD a imagem - Simulação_Circuito1.png —

Com a utilização do Osciloscópio do simulador, conseguimos obter a forma de onda da entrada e da saída, que para uma melhor visualização deixando as duas formas de onda com escalas diferentes.

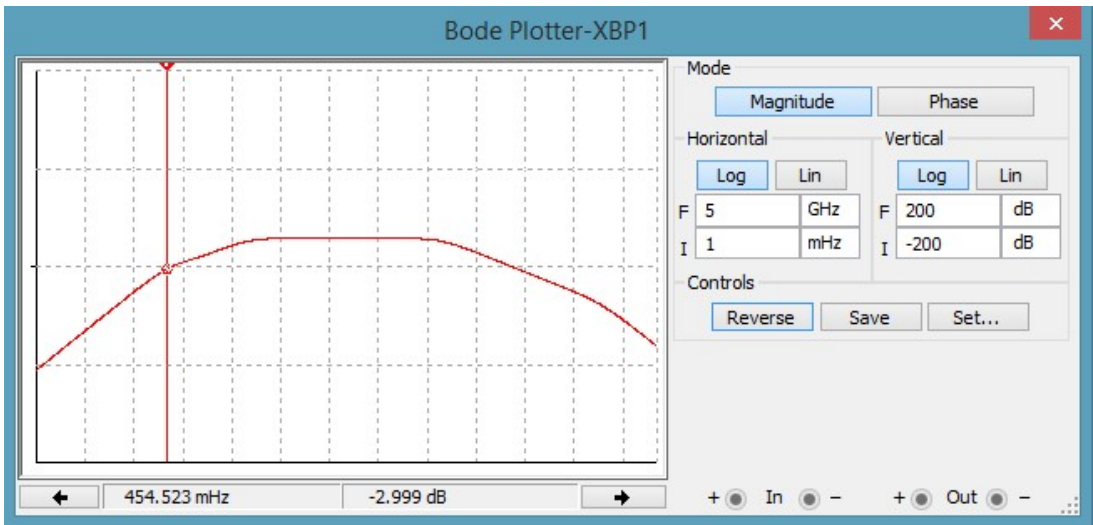
Figura 10 – Imagem do osciloscópio do Circuito 7



Fonte: Produzido pelos autores

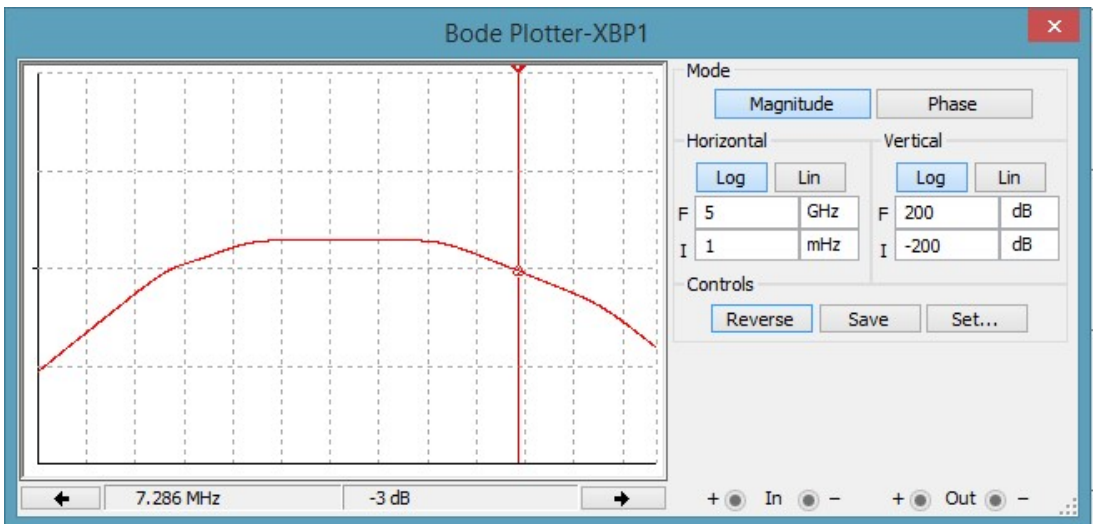
Usando o Bode Plotter, conseguimos analisar o gráfico do ganho em relação a frequência do circuito.

Figura 11 – Bode Plotter do Circuito 7



Fonte: Produzido pelos autores

Figura 12 – Bode Plotter do Circuito 7



Fonte: Produzido pelos autores

Com as informações encontradas, obtemos a seguintes informações:

Tabela 2 – Valores obtidos do circuito 7

		Circuito 1
Osciloscópio	$V_e (V_{pp})$	$2mV$
	$V_s (V_{pp})$	$55,1mV$
	$A_V (V_s/V_e)$	$27,55$
Bode Plotter	A_V em frequências médias (dB)	$28,8dB$
	frequência 1 a (-3dB)	$454,523mHz$
	frequência 2 a (-3dB)	$7,286MHz$

Fonte: Produzido pelos autores

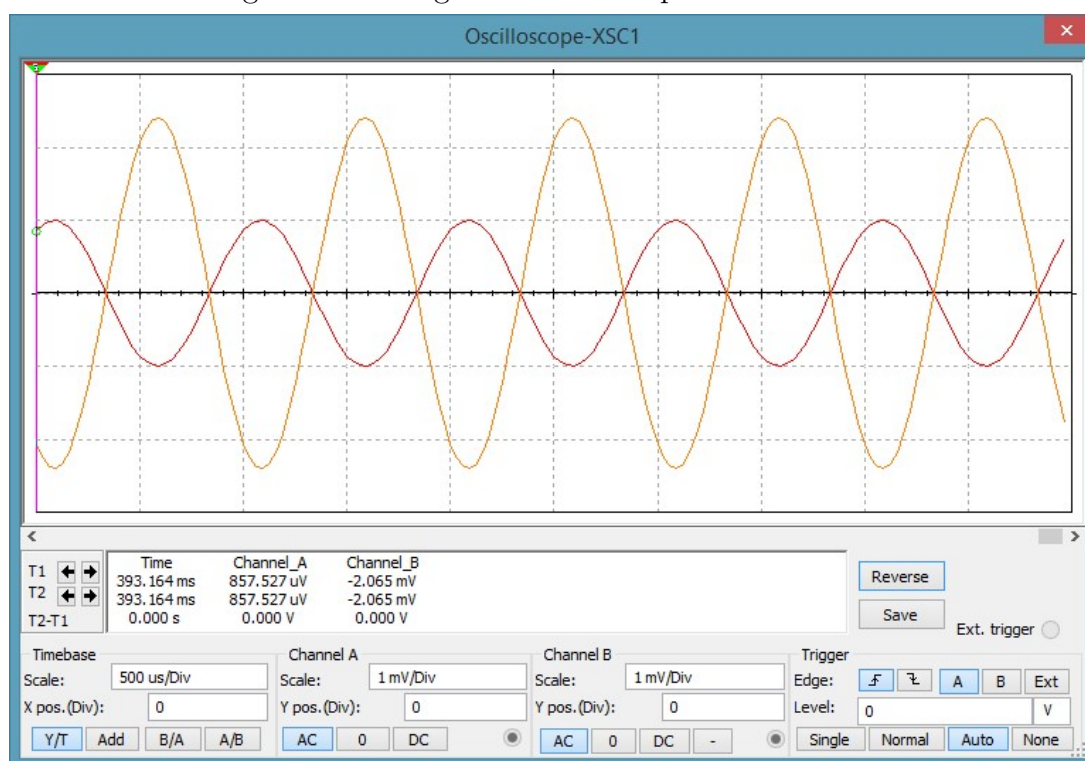
1.3.2 Amplificador 2º estágio

Temos a seguinte montagem do circuito da figura 8 com a utilização do MULTISIM:

— ADD a imagem - Simulação_Circuito2.png —

Com a utilização do Osciloscópio do simulador, conseguimos obter a forma de onda da entrada e da saída, que para uma melhor visualização deixando as duas formas de onda com escalas diferentes.

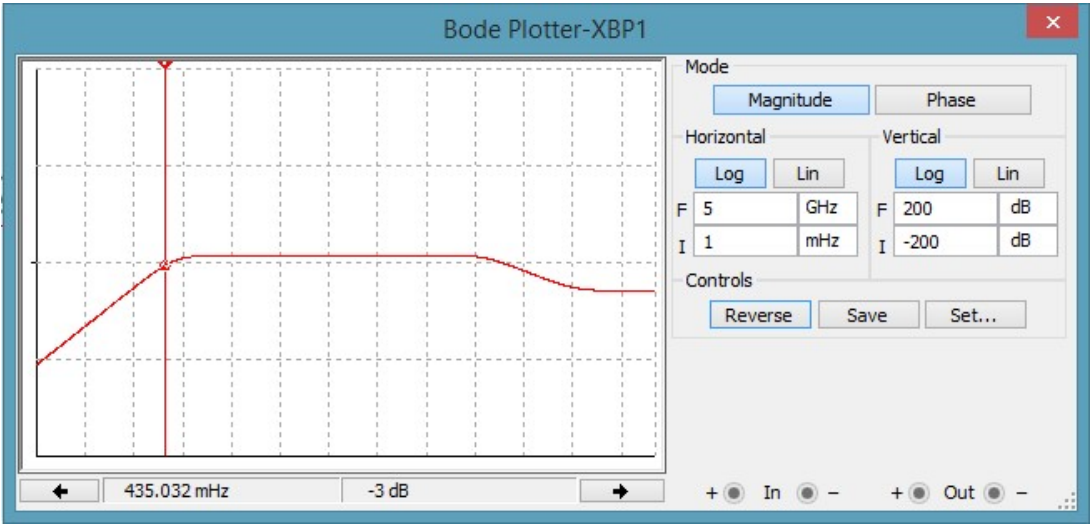
Figura 13 – Imagem do osciloscópio do Circuito 8



Fonte: Produzido pelos autores

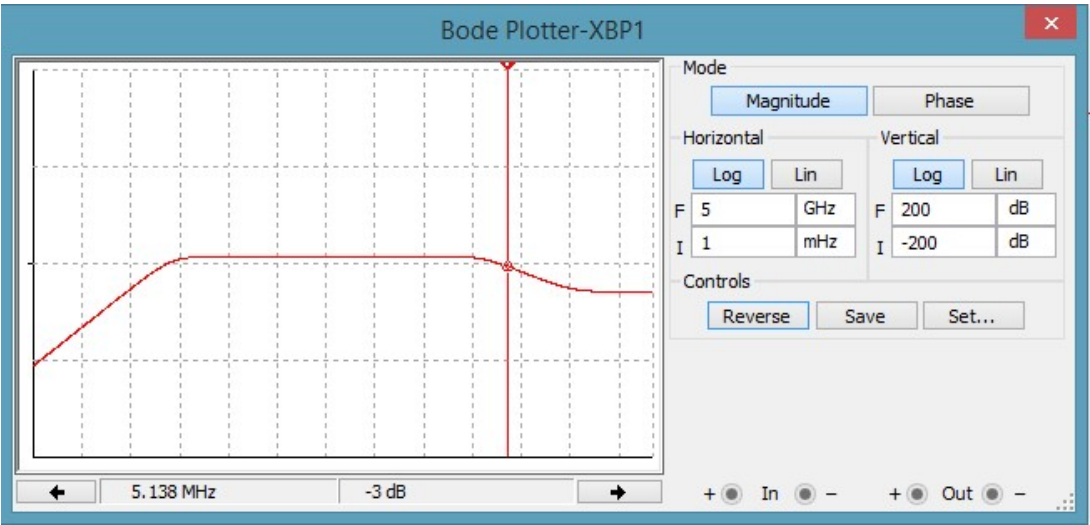
Usando o Bode Plotter, conseguimos analisar o gráfico do ganho em relação a frequência do circuito.

Figura 14 – Bode Plotter do Circuito 8



Fonte: Produzido pelos autores

Figura 15 – Bode Plotter do Circuito 8



Fonte: Produzido pelos autores

Com as informações encontradas, obtemos a seguintes informações:

Tabela 3 – Valores obtidos do circuito 8

		Circuito 2
Osciloscópio	$V_e (V_{pp})$	$2mV$
	$V_s (V_{pp})$	$4,81mV$
	$A_V (V_s/V_e)$	$2,405$
Bode Plotter	A_V em frequências médias (dB)	$7,62dB$
	frequência 1 a (-3dB)	$435,032mHz$
	frequência 2 a (-3dB)	$5,138MHz$

Fonte: Produzido pelos autores

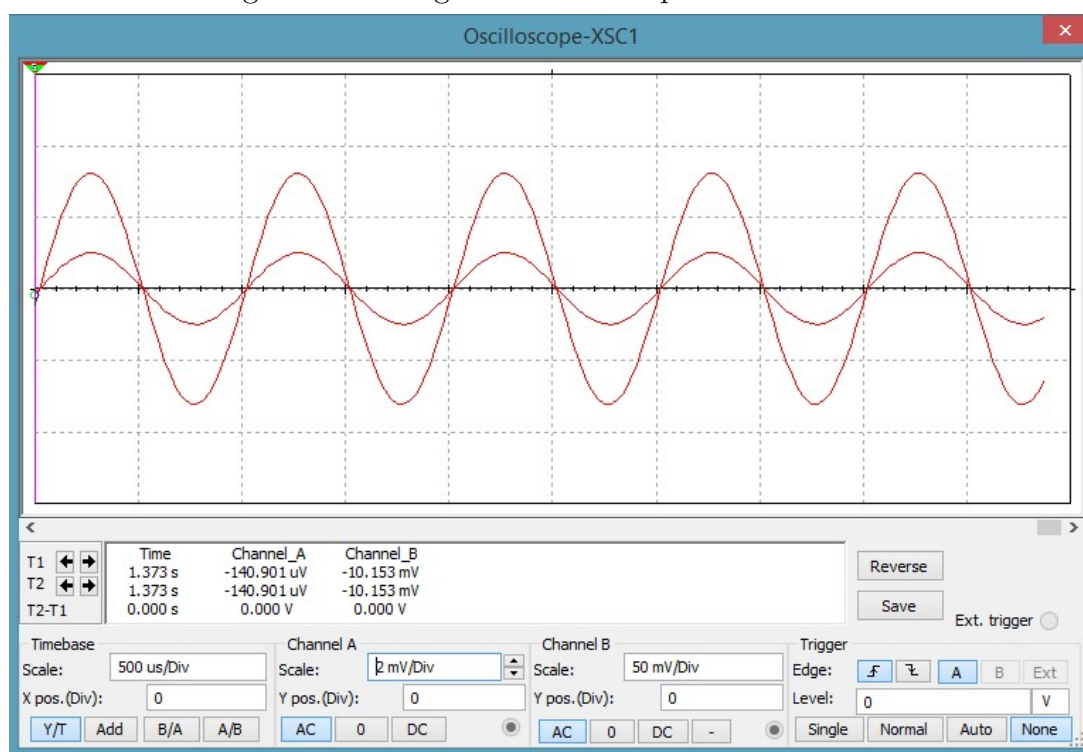
1.3.3 Amplificador com dois estágios

Temos a seguinte montagem do circuito da figura 9 com a utilização do MULTISIM:

— ADD a imagem - Simulação_Circuito3.png —

Com a utilização do Osciloscópio do simulador, conseguimos obter a forma de onda da entrada e da saída, que para uma melhor visualização deixando as duas formas de onda com escalas diferentes.

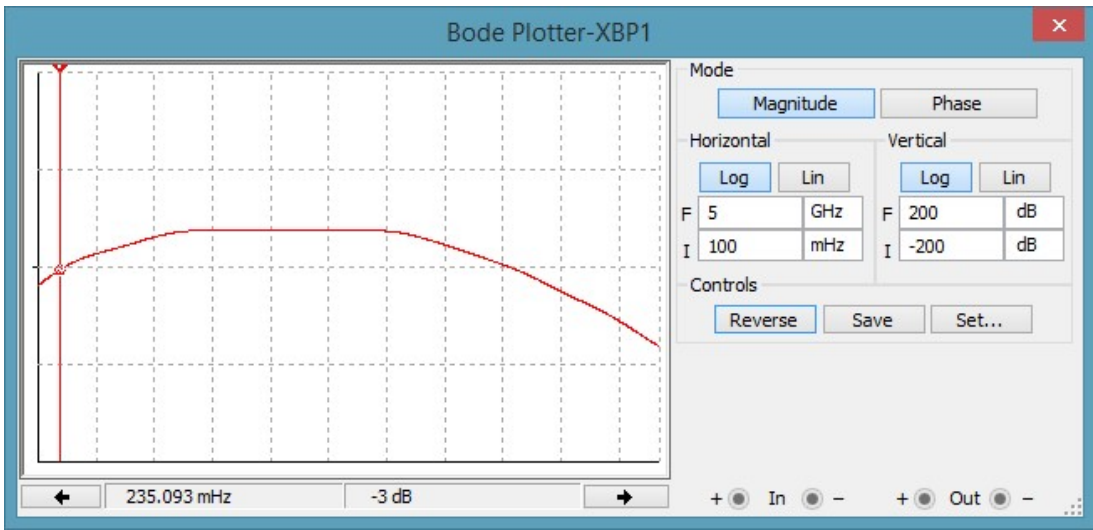
Figura 16 – Imagem do osciloscópio do Circuito 9



Fonte: Produzido pelos autores

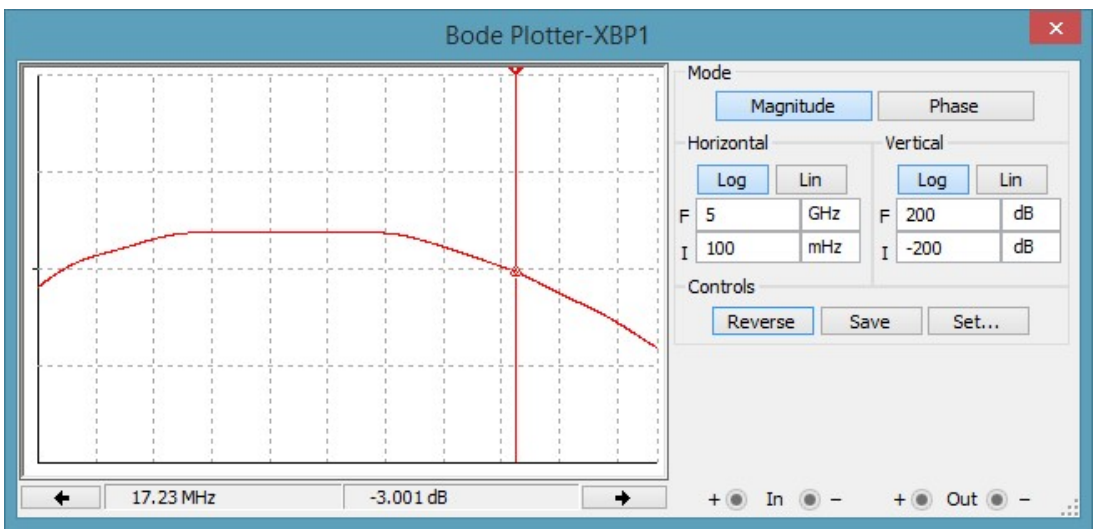
Usando o Bode Plotter, conseguimos analisar o gráfico do ganho em relação a frequência do circuito.

Figura 17 – Bode Plotter do Circuito 9



Fonte: Produzido pelos autores

Figura 18 – Bode Plotter do Circuito 9



Fonte: Produzido pelos autores

Com as informações encontradas, obtemos a seguintes informações:

Tabela 4 – Valores obtidos do circuito 9

		Circuito 3
Osciloscópio	$V_e (V_{pp})$	$2mV$
	$V_s (V_{pp})$	$162mV$
	$A_V (V_s/V_e)$	81
Bode Plotter	A_V em frequências médias (dB)	38, 17dB
	frequência 1 a (-3dB)	235, 093mHz
	frequência 2 a (-3dB)	17, 23MHz

Fonte: Produzido pelos autores

1.3.4 Análise

Para facilitar a análise, juntamos as informações obtidas de cada circuito numa tabela só.

Tabela 5 – Valores obtidos dos circuitos

		Circuito 1	Circuito 2	Circuito 3
Osciloscópio	$V_e (V_{pp})$	$2mV$	$2mV$	$2mV$
	$V_s (V_{pp})$	$55,1mV$	$4,81mV$	$162mV$
	$A_V (V_s/V_e)$	$27,55$	$2,405$	81
Bode Plotter	A_V em frequências médias	$28,8dB$	$7,62dB$	$38,17dB$
	frequência 1 a $(-3dB)$	$454,523mHz$	$435,032mHz$	$235,093mHz$
	frequência 2 a $(-3dB)$	$7,286MHz$	$5,138MHz$	$17,23MHz$

Fonte: Produzido pelos autores

1. Analise os resultados apontados na Tabela 5 e explique:

- a) Por que a frequência de corte inferior (fr_1) para o circuito da figura 7 é maior que para o circuito da figura 8?

A diferença do circuito da figura 7 para a figura 8 é que possui um capacitor de $500\mu F$ na saída do emissor, fazendo assim um filtro de passa baixa, aumentando a frequência de corte do circuito da figura 7.

- b) Por que o ganho, para a faixa de frequência médias, do circuito da figura 7 é bem maior do que o circuito da figura 8?

Com capacitor adicionado da figura 7 na saída do emissor, temos que quando o transistor está trabalhando em corrente alternada, por ser de alta frequência em CA, temos que o capacitor se assemelha a um curto circuito, fazendo com que o R_E que não interfira no circuito, havendo assim uma impedância de entrada menor, onde a corrente de entrada (I_B) é maior, fazendo com que a impedância de saída seja maior. Já na figura 8 sem o capacitor no emissor, faz com que em CA o circuito tenha uma impedância de entrada muito maior, por causa do aparecimento do R_E , fazendo com que tenha uma corrente de entrada menor (I_B), onde influencia na impedância de saída, fazendo com que fique menor. Consequentemente o ganho do circuito da figura 7 é bem maior do que o circuito da figura 8

2 Conclusão

Esse experimento foi realizado por meio do software Multisim, não houveram dificuldades na montagem do circuito, visto que o software é de fácil utilização.

A obtenção de dados foi realizada usando o osciloscópio e bode plotter, também pertencentes ao multisim. Os circuitos simulados foram, amplificador 1° estágio, 2° estágio e o amplificador de 2 estágios. As questões teóricas envolvidas no processo possibilitaram um melhor entendimento do conteúdo tratado.

Os resultados obtidos com esse experimento foram satisfatórios.

Referências