

3 Relatório

3.1 Introdução

A resposta em frequência de um sistema linear é uma medida da extensão pela qual senóides de diferentes frequências são reproduzidas pelo sistema. Esta resposta em frequência, em um amplificador, é determinado pelos capacitores do circuito e as capacitâncias intrínsecas de cada dispositivo.

Deseja-se atuar em uma determinada faixa de frequências em que os efeitos dessas capacitâncias e capacitores sejam desprezíveis, o que nos dará um ganho constante. As frequências que estão nesta banda de passagem são chamadas de frequências médias e podem ser vistas entre ω_1 e ω_2 na Figura 2.

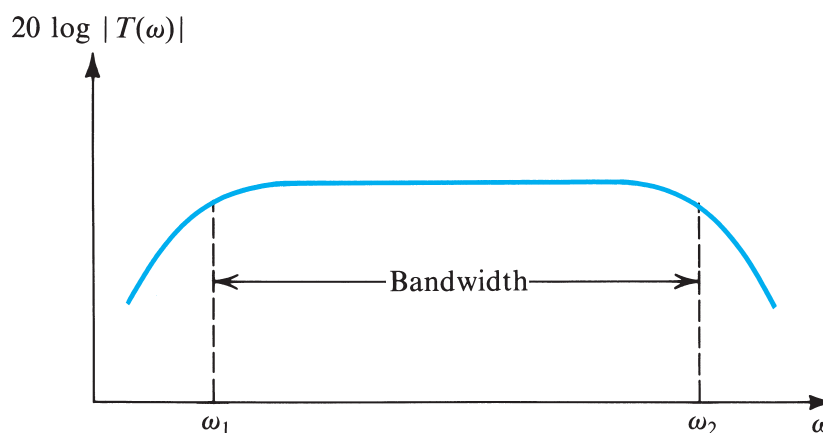


Figura 2: Diagrama típico para a magnitude de um amplificador, a frequência de corte inferior é indicada por ω_1 e a superior por ω_2 .

Esta queda no ganho em baixas frequências estão associadas aos capacitores de bypass e de acoplamento, e é interessante pois ganhos em sinais DC é uma característica indesejada para o amplificador. Já a queda do ganho em altas frequências está associada a capacitâncias parasitas dos componentes.

Utilizaremos nesta prática dois métodos para obter a resposta em frequência do amplificador com transistor bipolar de junção; reconstrução a partir de amostras e o teste da onda quadrada.

3.2 Análises

Para o primeiro experimento, montou-se o circuito da Figura 1, um amplificador de emissor comum. Aplicou-se um sinal senoidal e verificou-se que a saída não estava distorcida. Mediu-se o ganho do circuito fazendo um varredura no gerador de sinais em toda sua faixa de funcionamento.

A partir desta varredura obtiveram-se os dados dispostos na Tabela 1. Desta tabela, pode-se construir o gráfico da magnitude do ganho, em decibéis, pela frequência em Hertz. Tal gráfico pode ser visualizado na Figura 3.

Tabela 1: Amostras obtidas através da varredura de frequência.

Frequência (<i>Hz</i>)	Ganho (<i>dB</i>)
1	4.46
10	7.5
100	29.31
1k	36.32
10k	36.39
100k	36.29
1M	36.23
5M	33.19
10M	29.63

Para o segundo experimento, trocou-se a onda senoidal por uma onda quadrada em que a frequência fosse adequada para que pudessemos medir a frequência de corte superior e inferior. As Figuras 4-5 indicam as entradas e saídas para uma frequência baixa e alta respectivamente que apresentavam os formatos de onda adequados para a estimativa da frequência de corte inferior e superior.

Repetiu-se o procedimento anterior trocando o capacitor C_e por um capacitor de $4.7\mu F$, obtendo-se as Figuras 6-7.

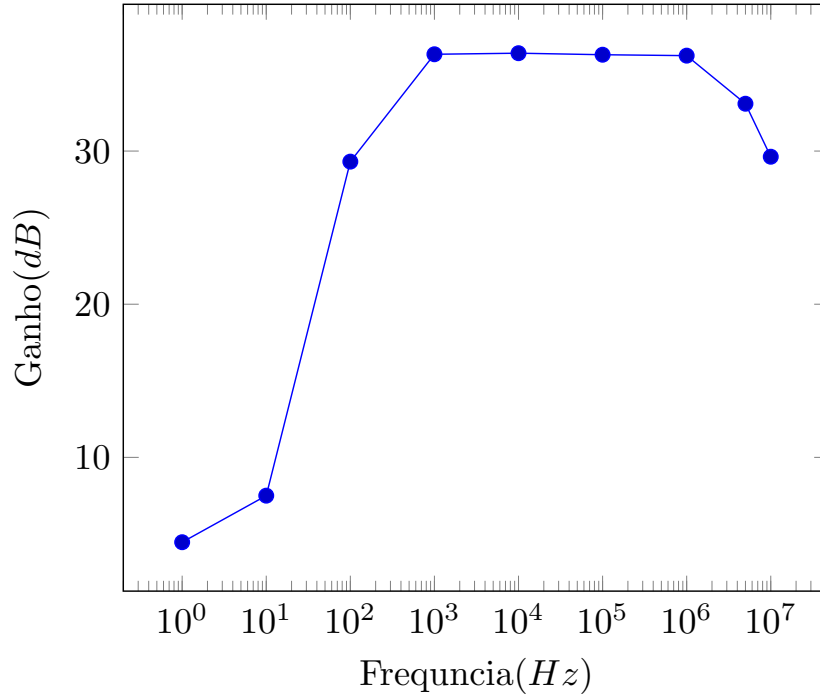


Figura 3: Resposta em frequência do circuito amplificador emissor comum.

3.3 Discussões

Podemos então analisar a Figura 2 que foi gerada a partir da Tabela 1 referente ao experimento 1. Nela podemos encontrar valores 3dB abaixo do ganho fornecido pelo circuito na banda de passagem em frequências acima e abaixo desta banda. Definiu-se então através deste gráfico, construído a partir de interpolação de dados amostrados, as seguintes frequências de corte:

$$f_{ci} = 425\text{Hz} \quad (1)$$

$$f_{cs} = 5\text{MHz} \quad (2)$$

No segundo experimento medimos a inclinação na saída para uma entrada com amplitude e com frequência convenientes. Calculou-se então o valor teórico, segundo o método da onda quadrada, para a frequência de corte inferior:

$$D = \frac{V_1 - V_2}{V_1} = \frac{1240.25\text{mV} - 840.51\text{mV}}{1240.25\text{mV}} = 0.323 \quad (3)$$

$$f_{ci} = \frac{D \times f_Q}{\pi} = \frac{0.323 \times 2.03\text{kHz}}{\pi} = 208\text{Hz} \quad (4)$$

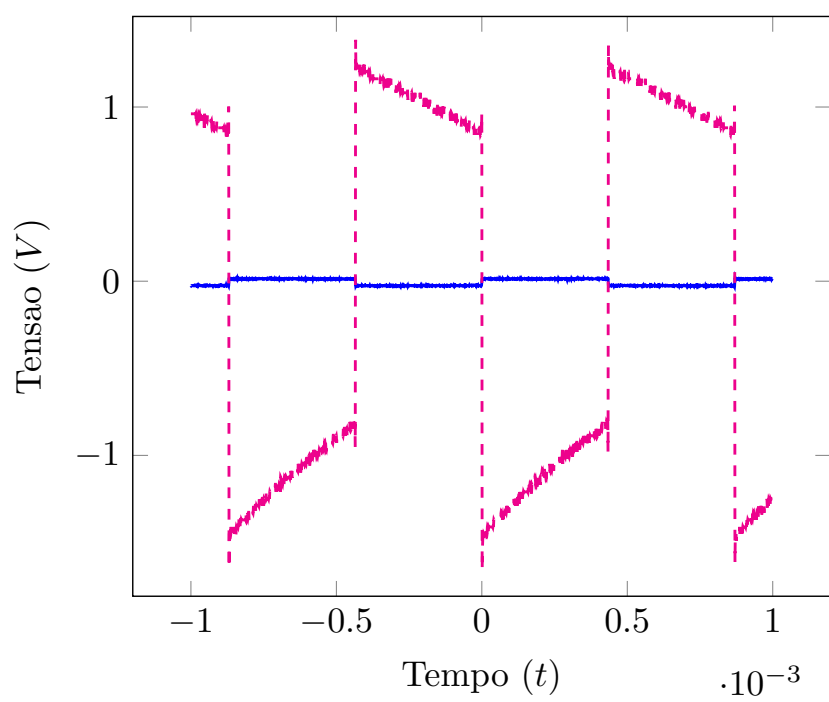


Figura 4: Resposta do circuito com capacitor $220\mu F$ para uma onda quadrada (frequência conveniente baixa). Entrada em azul, saída em magenta.

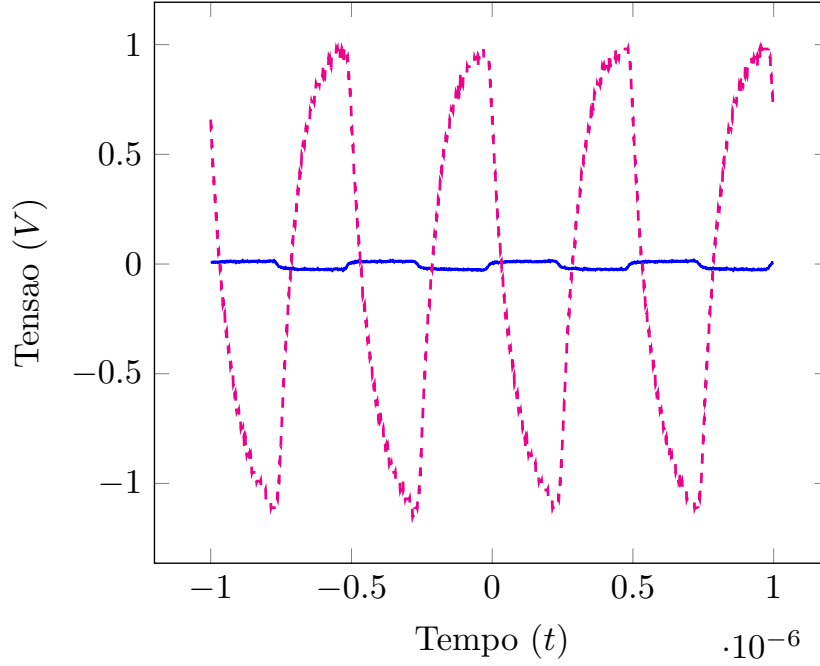


Figura 5: Resposta do circuito com capacitor $220\mu F$ para uma onda quadrada (frequência conveniente alta). Entrada em azul, saída em magenta.

Para encontrar o valor da frequência de corte superior, mediu-se em uma frequência conveniente, o tempo de subida necessário para que o valor vá de 10 a 90% do valor final. Assim, calculamos a frequência de corte superior teórica:

$$t_r = T_2 - T_1 = 511ns - 407ns = 104ns \quad (5)$$

$$f_{cs} = \frac{0.35}{t_r} = 3.36MHz \quad (6)$$

Percebe-se aqui que apesar dos resultados teóricos (método da onda quadrada) e experimentais (método da varredura) apresentarem resultados de mesma ordem de grandeza, ambos resultados estão de certa forma distantes. Podemos alegar que isto se deve a imprecisão de ambos os métodos que são apenas aproximações e que este erro foi agravado pela falta de um maior conjunto de dados no método experimental, dado que quanto mais dados amostrados, mais fidedigno é o resultado.

Em seguida, repetiu-se o método da onda quadrada para o mesmo circuito da Figura 1, apenas com o capacitor C_e trocado por um de $4.7\mu F$. Desta

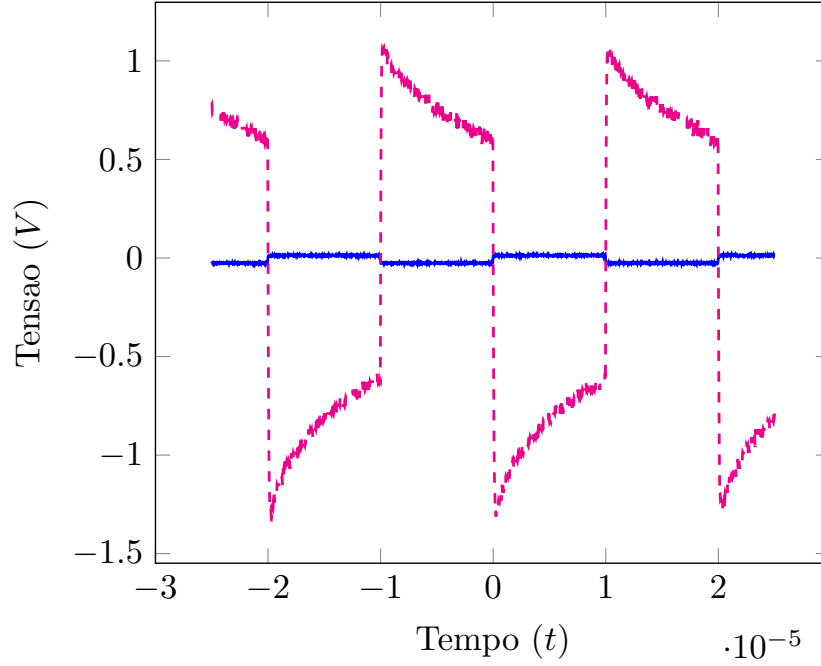


Figura 6: Resposta do circuito com capacitor $4.7\mu F$ para uma onda quadrada (frequência conveniente baixa). Entrada em azul, saída em magenta.

forma repetimos o equacionamento acima:

$$D = \frac{V_1 - V_2}{V_1} = \frac{1060mV - 578mV}{1060mV} = 0.455 \quad (7)$$

$$f_{ci} = \frac{D \times f_Q}{\pi} = \frac{0.455 \times 101kHz}{\pi} = 45.955kHz \quad (8)$$

$$t_r = T_2 - T_1 = 756ns - 632ns = 124ns \quad (9)$$

$$f_{cs} = \frac{0.35}{t_r} = 2.82MHz \quad (10)$$

Desta forma, podemos perceber que a banda de passagem do circuito tem dependência direta com o valor de C_e . Presume-se que quanto menor for o valor de C_e , menor a banda de passagem de um circuito amplificador.

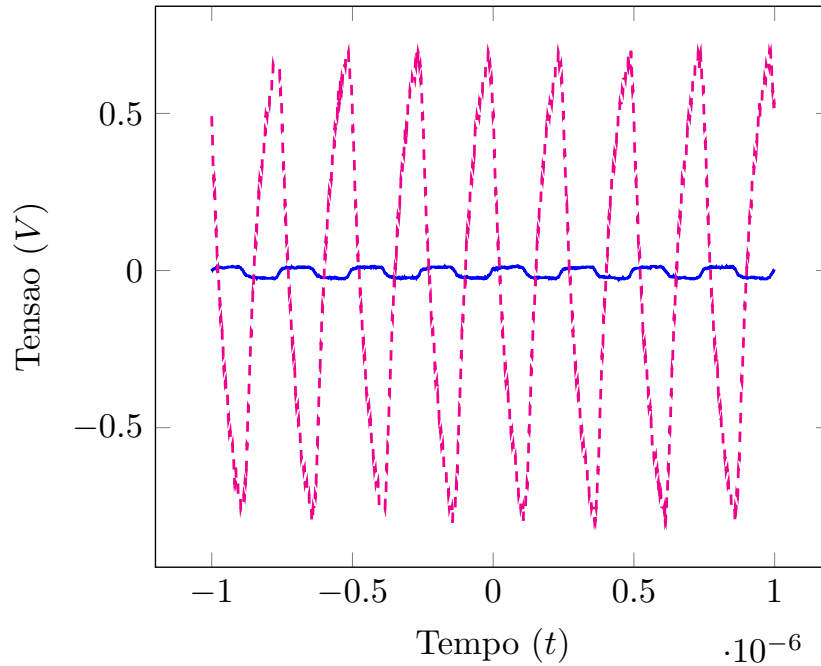


Figura 7: Resposta do circuito com capacitor $4.7\mu F$ para uma onda quadrada (frequência conveniente alta). Entrada em azul, saída em magenta.

3.4 Conclusão

Nesta prática estudou-se a resposta em frequência em amplificadores constituídos de transistores bipolares de junção na configuração emissor comum.

Para estimarmos as frequências de corte superior e inferior, utilizou-se dois métodos, o método da varredura e o método da onda quadrada. Ao utilizarmos o método da varredura, amostramos diversos ganhos em frequências diferentes e traçamos um gráfico em que pode-se estimar as frequências de corte superior e inferior.

No método da onda quadrada, encontramos frequências que eram convenientes para que a saída da onda estivesse adequada para aplicar o método e aplicamos equações que teorizavam os valores da frequência de corte inferior e frequência de corte superior.

Percebeu-se então que os valores de ambos métodos diferiam razoavelmente. Supomos que esta diferença se dava pela não exatidão de ambos os métodos e que esta fora agravada pela falta de um conjunto de dados maior no método da varredura.

Ao aplicarmos o método da onda quadrada para um capacitor diferente, também pode-se perceber que o valor da capacitância de bypass, C_e , é re-

lacionada a largura da banda de passagem do circuito, e que quando menor este valor, mais estreita será esta banda, concluindo assim nosso estudo sobre respostas em frequências.