

Relatório 1: Filtros

F429 - G.5 2º semestre 2015

Prof. Lázaro Padilha

Pedro Bacchi Finkler

*Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação,
Campinas, SP*

26 de outubro de 2016

Resumo

O Experimento 1: Filtros, trabalha o estudo de filtros ressonantes. Através da montagem de circuitos com componentes ressonantes, como capacitores e indutores, é possível montar os circuitos chamados Passa Alta, Passa Baixas e Passa Banda a fim de estudá-los e compreendê-los.

Sumário

1	Introdução	2
2	Objetivos	2
3	Metodologia	3
3.1	Filtros RC passa-alta e passa-baixa	3
3.2	Filtros ressonantes	4
4	Resultados	5
4.1	Filtro RC passa-alta e passa-baixa	5
4.2	Filtros Ressonantes	7
5	Análise de Dados	7
6	Discussão	8
6.1	Filtros RC passa-alta e passa-baixa	8
6.2	Filtros Ressonantes	9
7	ê são	10
8	Instrumentos utilizados	10
9	Propagação de erros	10
9.1	Medidas de tensão	10
9.2	Resistência interna do gerador	11

1 Introdução

Neste experimento, estudamos o comportamento dos filtros RC passa alta, passa baixa (parte A) e ressonantes (parte B). Para isso, na primeira parte do experimento, montamos circuitos contendo um resistor e um capacitor, de forma que pudemos analisar a amplitude e a fase da corrente ou carga elétrica, em relação a tensão de excitação do circuito. Após isso, na segunda parte, montamos circuitos contendo um capacitor, um indutor e um resistor, de forma que pudemos avaliar o fenômeno da ressonância.

2 Objetivos

Este experimento foi dividido em duas partes (a e b).

A primeira parte (parte a) tem como objetivos estudar melhor o comportamento dos instrumentos usados no laboratório, como o gerador de função usado, determinando o valor de sua resistência interna através de um circuito divisor de tensão. Depois, com a montagem de filtros RC, determinar a resposta em frequência da amplitude e fase, para passa altas e passa baixas, e descrever o comportamento desses filtros através de diagramas de Bode (gráficos de transmitância e fase em escala logaritimica).

A segunda parte do experimento (Parte b) trata do estudo de circuitos Passa-Banda e circuitos Ressonantes a fim de determinar a resposta em frequência, amplitude e fase desses circuitos. Além

disso, busca descrever o comportamento desses circuitos através do diagrama de Bode e gráficos de transmitância.

3 Metodologia

Para a realização do experimento foram utilizados um gerador de função, com o intuito de alimentar os circuitos e regular fatores como a forma de onda, frequência e amplitude da tensão de entrada; um osciloscópio, que permitia visualizar e obter dados dos circuitos montados; uma placa *Protoboard* foi utilizada afim de montar os circuitos; e os componentes eletrônicos (Resistores de resistência variável, capacitores e indutores).

Para auxiliar na coleta de dados de forma mais eficiente, o osciloscópio e o gerador de função foram conectados a um computador, e ligados ao *MatLAB*.

3.1 Filtros RC passa-alta e passa-baixa

Na parte A, o primeiro circuito montado na fig. 1 tinha o intuito de encontrar o valor da resistência interna do gerador de função que alimentava o circuito.

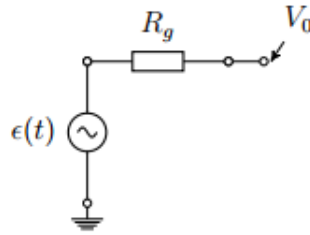


Figura 1: Divisor de tensão utilizado para medir a resistência interna do gerador R_g . (V_0, V) representam as amplitudes das ondas senoidais medidas no osciloscópio.

O gerador de função foi ligado gerando uma onda senoidal em uma frequência aproximada de 100Hz e uma amplitude *Pico-a-pico* de 1V. Depois, com o uso do osciloscópio (com suas escalas devidamente ajustadas) foi medida a Amplitude *Pico-a-Pico* da onda observada.

Depois, um resistor de $R = 50 \Omega$ foi ligado ao circuito, e com o uso do osciloscópio novamente, a Amplitude *Pico-a-Pico* da onda observada foi medida. (Para garantir o valor da resistência utilizada, ele foi medido com o auxílio de um multímetro na função de ohmímetro). Com esses valores é possível calcular o valor de R_g .

Depois, o circuito da fig. 2 foi montado. O valor de resistência utilizado foi de $R = 150 \Omega$ e o gerador de função foi ligado no modo de onda senoidal.

Depois foi utilizado o *MatLAB* com um script fornecido, que fazia a aquisição dos valores de diferença de fase entre a tensão direta na fonte e a tensão no circuito medida no Resistor do Circuito *Passa-alta*.

O mesmo processo foi feito para o Circuito da fig. 3, do *Passa-baixa*, e os valores obtidos através do *MatLAB*.

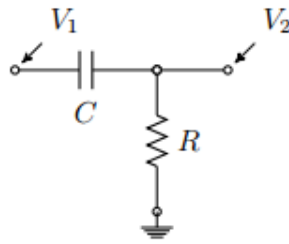


Figura 2: Circuito do Filtro Passa Alta.

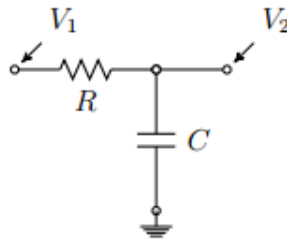


Figura 3: Circuito do Filtro Passa Baixa

3.2 Filtros ressonantes

Na parte B, o circuito da fig. 4 foi estudado de forma a determinar sua frequência de ressonância. O circuito montado inicialmente foi o da fig. 4 Para isso, foi utilizado resistores de $R = 1k\Omega$ e de $R = 150\Omega$.

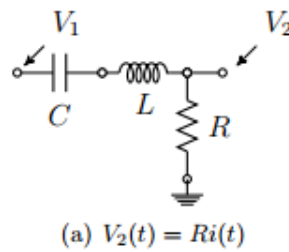


Figura 4: Circuito Ressonante RLC onde $V_2(t) = Ri(t)$

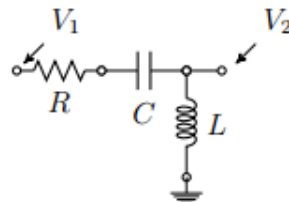


Figura 5: Circuito Ressonante RLC onde $V_2(t) = L di/dt$

Tabela 1: Tabela das equações utilizadas

$R_g = R(x1)$	Equação 1
$f_0 = 1/(LC)^{1/2}$	Equação 2

Após a frequência de ressonância ter sido estimada a partir dos valores nominais de capacitância e indutância, o gerador de funções foi ajustado para a frequência de ressonância, e o osciloscópio ajustado para o modo XY (Mostrando as figuras de Lissajous) utilizando-se primeiro o Resistor de 100Ω . E depois mantendo-se os mesmos valores na fonte de tensão, trocar o resistor para o de $R = 150 \Omega$, e depois refinar os valores de tensão aplicados a fim de obter uma reta no gráfico XY do osciloscópio.

Agora, mantendo-se o circuito da fig. 4, e com o auxílio do *MatLAB*, foi feita uma varredura do comportamento do circuito medindo a diferença de fase entre a tensão de entrada, e a tensão que passava pelo circuito.

Depois, os mesmos passos de estimar a frequência, obter as figuras de Lissajous e fazer a varredura com o auxílio do *MatLAB* feitos com a fig. 4, foram feitos com o circuito ressonante da fig. 5.

As expressões de V_{1pp} e V_{2pp} deduzidas são:

$$V_{1pp}(\omega) = e(\omega) * (R + Z_c) / (R_g + R + Z_c)$$

$$V_{2pp}(\omega) = e(\omega) * Z_c / (R_g + R + Z_c)$$

4 Resultados

4.1 Filtro RC passa-alta e passa-baixa

A partir das varreduras da parte A do experimento, obtemos os gráficos da fig. 6

Para a tensão pico-a-pico da fonte: $V_{opp} = (1.02 \pm 0.01)V$

Tensão pico-a-pico para determinar R_g : $V_{pp} = (508 \pm 1)mV$

Resistência interna da fonte: $R = (50.1 \pm 0.1)\Omega$

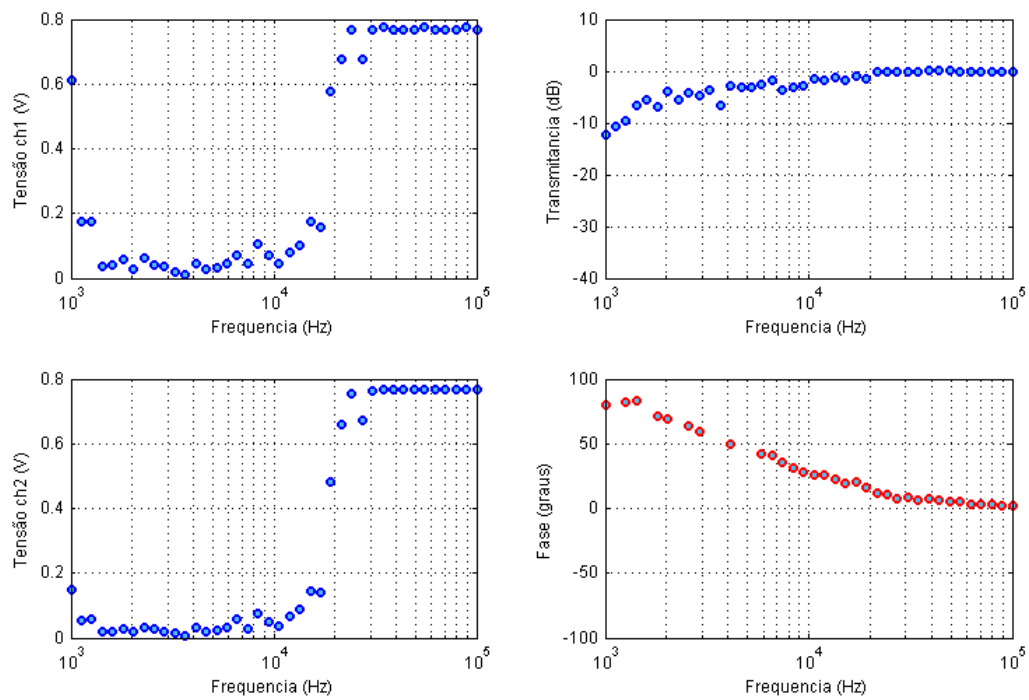


Figura 6: Graficos gerados da Varredura realizada através do *MatLAB* de tensão (Volts), transmittância e diferença de fase, em função da frequência (Hz) da fonte de entrada para o circuito da fig. 2 da parte 1 do experimento. Filtro Pass-alta

Agora, a partir dos dados obtidos da varredura para o circuito fig. 3, obtemos o comportamento observado nos gráficos da fig. 7

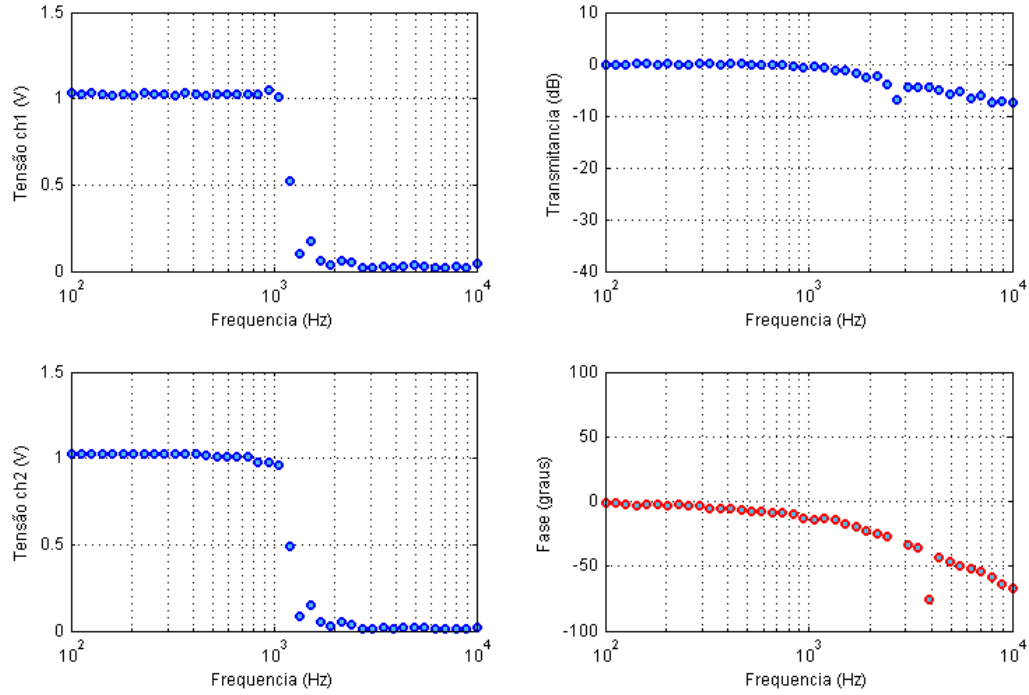


Figura 7: Gráficos gerados da Varredura realizada através do *MatLAB* de tensão (Volts), transmittância e diferença de fase, em função da frequência (Hz) da fonte de entrada para o circuito da fig. 3 da parte 1 do experimento. Filtro Passa-baixa

4.2 Filtros Ressonantes

Através da varredura feita com o auxílio do *MatLAB*, para o circuito ??, podemos montar os gráficos da ??

E com os dados obtidos através da varredura do circuito ?? na parte b do experimento, podemos montar os gráficos de comportamento da ??.

5 Análise de Dados

Com base nos resultados obtidos e aplicando a equação 1, podemos calcular $R_g \pm \Delta R_g$:

$$V_{opp} * R / (R + R_g) = V_{pp} \Rightarrow R_g = (V_{opp} * R - V_{pp} * R) / V_{pp} = (V_{opp} - V_{pp}) * R / V_{pp}$$

$$\Delta R_g^2 = (R / V_{pp})^2 * \Delta V_{opp}^2 + ((-R * V_{pp} - (V_{opp} - V_{pp})) * R / V_{pp}^2)^2 * \Delta V_{pp}^2 + ((V_{opp} - V_{pp}) / V_{pp})^2 * \Delta R^2$$

$$\Rightarrow (R_g \pm \Delta R_g) = (50 \pm 1) \Omega$$

A partir das informações e dados coletados, podemos gerar um gráfico de T_{db} e δ_ψ

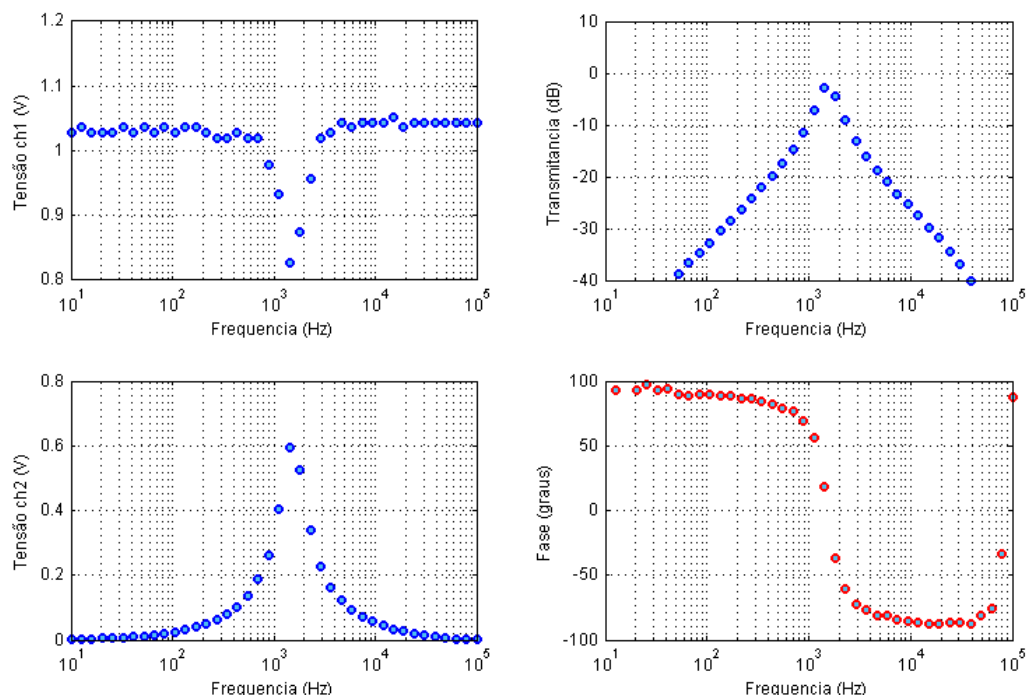


Figura 8: Gráficos gerados da Varredura realizada através do *MatLAB* de tensão (Volts), transmitância(dB) e diferença de fase em função da frequência (Hz). Filtro passa-banda.

Através das assíntotas medidas do gráfico, é possível estimar a frequência de corte para os circuitos. Para o circuito passa-baixa está aproximadamente em 1250Hz e para o passa-alta, 11800Hz.

Aparentemente, não tem nada muito discrepante em relação à literatura conhecida e o experimento realizado para essa parte.

Com o circuito ressonante RLC, a partir das figuras de Lissajous observadas no osciloscópio, foi possível encontrar um valor mais real para a indutância do capacitor utilizado. O valor nominal da indutância era de $(47.91 \pm 0.01)\text{mH}$ e a partir dos dados do experimento foi possível encontrar um valor de $(49.34 \pm 0.07)\text{mH}$.

6 Discussão

6.1 Filtros RC passa-alta e passa-baixa

Os filtros feitos com circuitos RC podem ter comportamentos distintos. Dentre os circuitos estudados tem-se o comportamento de passa-alta e passa-baixa.

O experimento permitiu compreender que o circuito passa alta, até um limiar chamado de frequência de corte, não permite a passagem de corrente, e após esse limiar ele passa e transmite o sinal integralmente como se não houvesse filtro.

Já o circuito passa baixa tem um comportamento contrário e análogo ao passa alta. Ele conduz até um limiar e depois disso ele deixa de transmitir o sinal.

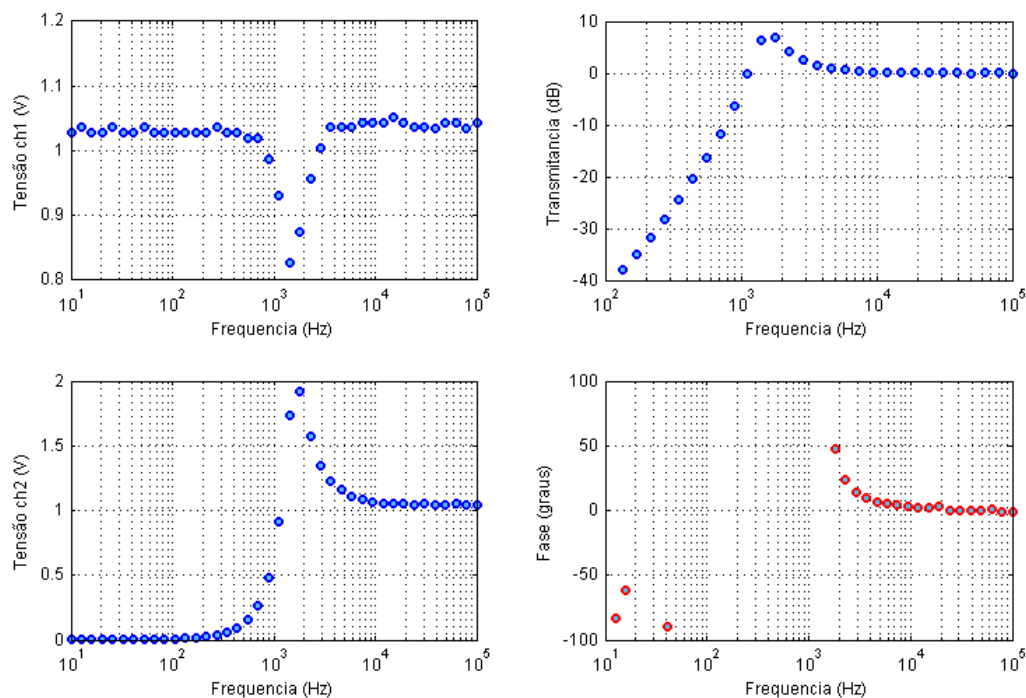


Figura 9: Graficos gerados da Varredura realizada através do *MatLAB* de tensão (Volts), transmittância(dB) e diferença de fase em função da frequência (Hz)

Podemos associar os dois circuitos, passa-alte e passa-baixa, de modo que ou ele bloqueie uma banda (intervalo) de frequência, ou que ele permita a transmissão do sinal em uma banda específica. Embora esses circuitos sejam simples eles são de grande aplicabilidade em tratamento de radiofrequências, sinais e na indústrias em geral.

6.2 Filtros Ressonantes

O circuito Passa banda, funciona basicamente com a junção de um circuito passa-alte e passa-baixa, baseado em um circuito RLC.

Esse tipo de circuito tem uma frequência de ressonância, onde a resposta do capacitor anula a impedância do indutor, assim a impedância do circuito passa a ser puramente resistiva, anulando quaisquer diferenças de fase com a fonte.

Ao compararmos os valores das frequências de ressonância f_0 medidas usando os resistores de $1k\Omega$ e 150Ω , pode-se notar que eram divergentes. Isso se deve ao fato de que, ao utilizarmos um resistor de resistência maior, as variações de tensão provocam variações de corrente relativamente pequenas, mais difíceis de serem medidas. Logo, a medida do resistor maior é mais grosseira, tendo maior erro.

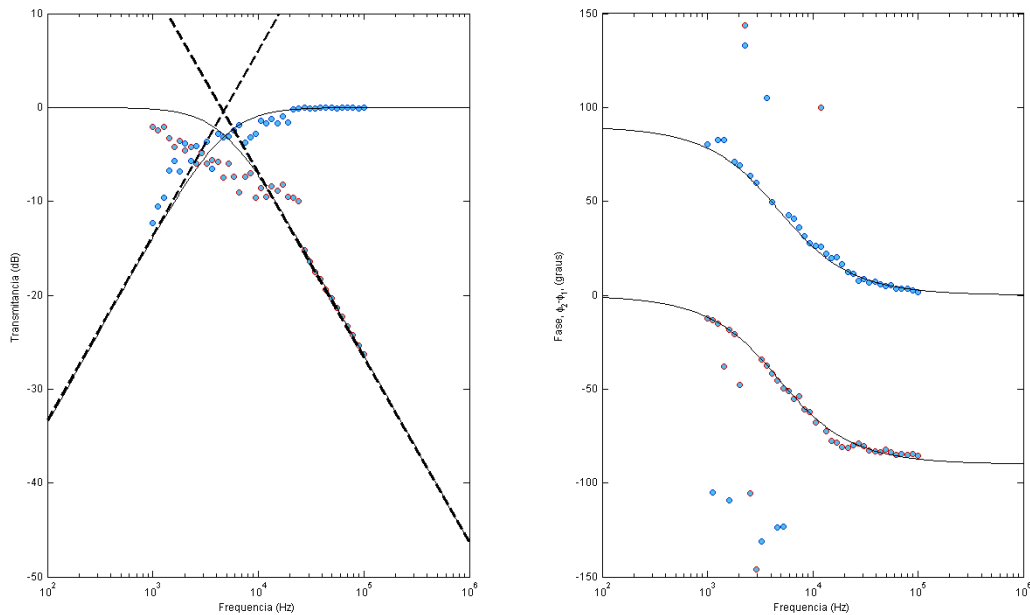


Figura 10: Diagrama de Bode para a parte 1 do experimento

7 êsão

Através do experimento realizado, foi possível averiguar o comportamento dos circuitos RC passa-alta e passa-baixa. A resistência interna do gerador de função foi encontrada como sendo de $(50 \pm 1)\Omega$, dentro do valor marcado no equipamento de 50Ω . Depois no caso dos circuitos RLC ressonantes, também foi possível compreender o fenômeno da passagem de banda e da frequência de ressonância. A frequência de ressonância é próxima da faixa de 1550Hz, para ambos os circuitos RLC montados.

8 Instrumentos utilizados

Os instrumentos utilizados neste experimento foram,

- Osciloscópio Tektronix 10002B
- Gerador de funções arbitrárias BK Instruments 4052
- Multímetro HX Digital

9 Propagação de erros

9.1 Medidas de tensão

As medidas de tensão foram realizadas utilizando os recursos de medidas automáticas do osciloscópio. Os erros associados às medidas de tensão pico-a-pico do osciloscópio, são pequenos. Segundo

o manual do instrumento, a imprecisão da medida de diferença de tensão deve ser calculada como

$$\Delta V_{pp} = \pm 3\% \text{ do valor de leitura} + 5\% \text{ da escala vertical (V/div)}. \quad (1)$$

Nos pontos de menor transmitância mostrados na ?? ($T_{dB} \approx -40$ dB), a menor tensão medida foi $V_{2pp} \approx 10$ mV. Em uma escala de 2 mV/div, o erro da medida seria $\Delta V_{2pp} \approx 0.4$ mV.

9.2 Resistência interna do gerador

O erro da resistência interna do gerador foi calculado com base na expressão $R_g = R(V_{1pp}/V_{0pp} - 1)$, sendo V_{1pp} , V_{0pp} as tensões pico-a-pico medidas pelo osciloscópio com o circuito aberto e com um resistor com resistência $R = (148 \pm 5) \Omega$. Portanto o erro associado à resistência interna é dado por,

$$\Delta R_g/R_g = \sqrt{(\Delta R/R)^2 + (\Delta V_{1pp}/V_{1pp})^2 + (\Delta V_{0pp}/V_{0pp})^2}. \quad (2)$$

O erro da resistência ΔR foi calculado seguindo o manual do instrumento, $\pm 1\%$ do valor de leitura + 1 dígito. Os erros associados às medidas de tensão pico-a-pico do osciloscópio, apresentadas na ??, são desprezíveis. Segundo o manual do instrumento a imprecisão da medida de diferença de tensão deve ser calculada como $\pm 3\%$ do valor de leitura + 5% da escala vertical (V/div). Portanto, mesmo nos pontos com transmitância mais baixa ($T_{dB} \approx -40$ dB), a menor tensão medida foi $V_{2pp} \approx \max(V_{2pp})/100 = 10$ mV. Em uma escala de 2 mV/div, o erro da medida seria $\Delta V_{2pp} \approx 0.4$ mV.

Referências

- [1] Gustavo Wiederhecker e colaboradores, *Roteiros de F429 - Corrente alternada e óptica*. Compilado em 29 de agosto de 2016.
- [2] <http://www.tablesgenerator.com>