



**ESCOLA POLITÉCNICA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**
Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos
PSI - EPUSP

PSI 3031 - LABORATÓRIO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

GUIA DE EXPERIMENTOS

EXPERIÊNCIA 05 – CIRCUITO COM AMPLIFICADOR OPERACIONAL

PROFS ELISABETE GALEAZZO E LEOPODO YSHIOKA

1º quadrimestre de **2018**

Objetivos: *Entender o funcionamento de um amplificador operacional a partir da caracterização de um circuito amplificador.*

MATERIAL NECESSÁRIO PARA EXECUÇÃO DA EXPERIÊNCIA:

- 1 multímetro digital portátil (TX3 -TEKTRONIX);
- 1 fonte de tensão contínua, modelo E3631A Power Supply, AGILENT;
- 1 gerador de funções modelo 33500B da AGILENT;
- 1 osciloscópio digital;
- 1 protoboard;
- 1 cabo blindado com terminais BNC e jacaré-jacaré;
- 1 amplificador operacional 741-C;
- 2 resistores de 10 k Ω e 1 resistor de 100 k Ω ;
- Cabos, conectores diversos e fiozinhos flexíveis para conexão de componentes no protoboard.

INTRODUÇÃO

De maneira bem simplificada, um amplificador operacional é um circuito integrado que se aproxima de um gerador de tensão vinculado controlado por tensão, com o ganho *em malha aberta* bem elevado – da ordem de 10^4 a 10^6 .

(**Nota:** para o amplificador operacional 741, que será utilizado nesta experiência, o ganho elevado em malha aberta é limitado para uma faixa de frequências de uma ou algumas centenas de hertz (vide especificações no datasheet do componente)).

A impedância de entrada (Z_{in}) do amplificador operacional também é bastante alta, e a de saída razoavelmente baixa.

Vamos verificar esses fatos experimentalmente, **montando** um circuito com amplificador operacional.

Ganho do Circuito Amplificador Inversor e do Amplificador Operacional em Malha Aberta

Nesta experiência vamos montar um circuito amplificador na configuração inversora, e a partir dele vamos determinar:

- ganho do amplificador operacional (Amp. Op.) em malha aberta;
- ganho do circuito amplificador.

Nota:

- O ganho do Amp. Op. é dado por: $G_1 = \frac{v_2}{v_p - v_n}$

- O ganho do circuito amplificador inversor é dado por: $G_2 = \frac{v_2}{e_g}$

PARTE PRÁTICA

1. DETERMINAÇÃO DOS GANHOS G_1 E G_2 NA FREQUÊNCIA DE 100 Hz

O circuito amplificador inversor ilustrado na Figura 1 possui resistores com valores nominais iguais a:

$R_1 = R_2 = 10 \text{ k}\Omega$, e $R_F = 100 \text{ k}\Omega$.

1.1 Meça os valores dos resistores.

1.2 Monte o circuito, não se esquecendo das alimentações do amplificador operacional! Consulte especificação.

Obs: Tenha atenção à montagem para evitar a queima do Amp. Op..

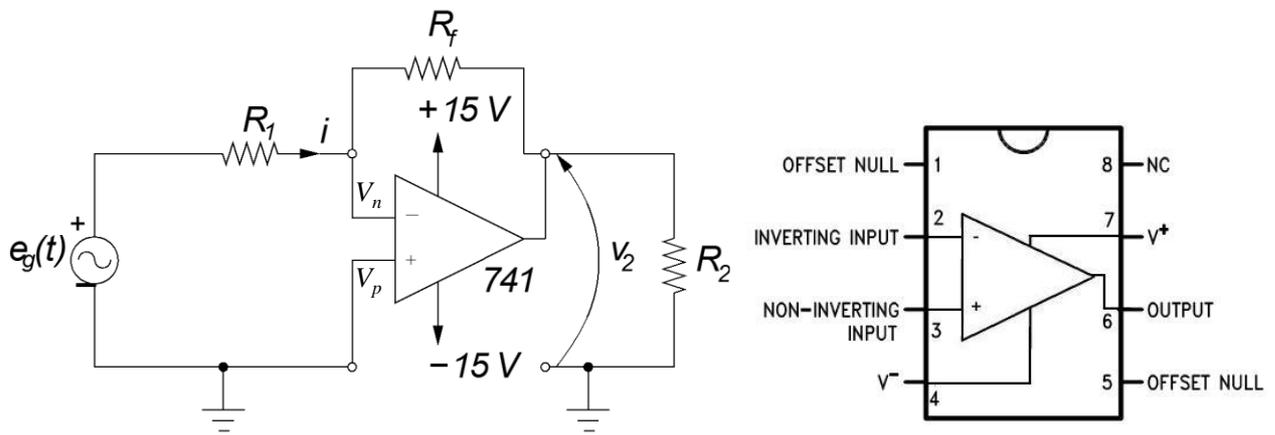


Figura 1: Circuito amplificador inversor com operacional e pinagem do 741.

Observação com relação à alimentação +V_{cc} e -V_{cc}:

Você deverá utilizar a fonte de tensão simétrica Agilent E3631A, programando-a para fornecer as tensões DC necessárias.

Note que as tensões +V_{cc} e -V_{cc} da fonte são dadas em relação ao seu terminal comum (COM).

Neste experimento o terminal COM deve ser conectado ao terra do circuito.

Chame o professor assim que terminar a montagem SEM LIGAR NENHUM EQUIPAMENTO.

Na sequência, execute os itens abaixo:

1.3 Determinação da excursão máxima da tensão de saída (v_2):

Adote inicialmente a frequência de **100 Hz** para e_g (sinal senoidal).

Avalie a máxima tensão que poderá ser aplicada em $e_g(t)$, considerando que um circuito amplificador não pode produzir uma tensão v_2 maior do que a alimentação do amplificador operacional.

Nota: para isso, varie a tensão de entrada e observe até que valor é possível obter excursão máxima de v_2 sem distorção (ou seja, saturação do sinal). Visualize os sinais de entrada ($e_g(t)$) e de saída do circuito ($v_2(t)$) no osciloscópio com as pontas de prova.

Feito isso, ajuste a tensão pico a pico de $e_g(t)$ para valor um pouco abaixo dessa tensão máxima.

1.4 Obtenção dos ganhos do circuito:

Faça as medidas necessárias para calcular G_1 e G_2 , preenchendo os dados na Tabela 1 do relatório. A defasagem entre os sinais de entrada ($e_g(t)$) e de saída ($v_2(t)$) também deverá ser observada.

Siga os passos a seguir para efetuar as medições solicitadas com sucesso:

- i)** O valor de $(v_p - v_n)$ deverá ser tomado no osciloscópio utilizando-se (**somente neste caso**) um cabo blindado específico com terminações BNC – jacarés, como indicado na Figura 2. Com ele será possível

minimizar efeitos de interferência eletromagnética e possibilitará realizar medições de tensão da ordem de milivolts neste equipamento. **Não** utilize fios adicionais para conectar os terminais jacarés do cabo blindado aos terminais v_n e v_p do AmpOp. Faça os ajustes necessários para utilizar o cabo coaxial no osciloscópio. As demais tensões do circuito deverão ser tomadas com as pontas de prova.

- ii) Use o recurso “Acquire – Media” para minimizar ruídos de alta frequência nas medidas.
- iii) O sincronismo do sinal deve ser efetuado através do sinal externo, visto que os sinais indicados nos canais do osciloscópio podem conter um sinal com amplitude muito pequena ou instável.



Figura 2 – Cabo coaxial com terminais BNC - jacarés.

Obs: o contato da malha externa do cabo blindado é efetuado pelo jacaré preto.

- 1.5 Faça uma análise dos resultados obtidos e responda: os valores de G_1 , G_2 e da defasagem obtidos experimentalmente foram os esperados teoricamente? Justifique sua resposta.

2. RESPOSTA EM FREQUÊNCIA

Nesta parte da experiência será avaliada a resposta em frequência do circuito amplificador e do amplificador operacional, utilizando-se a mesma montagem do item anterior.

- 2.1 Levante a resposta em frequência do circuito, avaliando-se tanto o comportamento de G_1 (V/V) quanto de G_2 (V/V). Preencha a Tabela 2 do relatório com as frequências indicadas e apresente os dados experimentais graficamente.

OBS: caso haja necessidade, com o aumento da frequência diminua o sinal de entrada do circuito $e_g(t)$, para evitar distorção do sinal de saída.

- 2.2 Determine a frequência de corte do circuito (indique-a no gráfico também) e discuta o efeito da frequência sobre os ganhos medidos.

- 2.3 Obtenha, através do gráfico, a taxa de variação do ganho do AmpOp em malha aberta. Comente sobre o resultado obtido, comparando o resultado experimental com o indicado na Figura 7 do datasheet do componente (ou o gráfico similar indicado na Introdução Teórica).

Obs: taxa de variação do ganho em malha aberta: $(\Delta G_1)_{dB}$ por década de frequência.