

Análise de desvios de amplificadores operacionais. Estabilidade e Compensação.

O projecto de circuitos com A.O. implica uma selecção criteriosa do A.O. de maneira a que os desvios em relação ao amp. ideal não comprometam o desempenho do circuito. Muitas vezes, mesmo depois de escolhido o A.O. mais adequado possível à aplicação em questão, é necessário efectuar compensações adicionais com vista à minimização do efeito dos desvios do A.O.

Os desvios mais influentes no desempenho de circuitos com amplificadores operacionais são os desvios D.C. (V_{io} , I_b , I_{io}) e a não idealidade da resposta em frequência do A.O.

Este trabalho tem como objectivos:

- a aferição dos níveis do desvio de tensão na entrada e das correntes de polarização na entrada do A.O.
- a análise da estabilidade de circuitos amplificadores com A.O.'s.
- a compensação da resposta em frequência.

NOTAS:

a) **Blindagem:**

Deve inserir-se o circuito montado na placa de montagem dentro de uma caixa metálica e referenciar o potencial da mesma à massa do circuito. Essa caixa servirá como gaiola de Faraday para o circuito, escoando para a massa o ruído electromagnético nela induzido, que doutra forma parasitaria o circuito.

b) **Desacoplamento do ruído da fonte de alimentação:**

Para evitar que o ruído da fonte de alimentação (componente alternada com uma frequência múltipla dos 50Hz) se propague através do circuito recorre-se a sua filtragem através dos condensadores C_1 e C_2 que terão um valor tal que, em conjunto com a impedância de saída da fonte (que poderá ser muito baixa), provoque uma baixa largura de banda para a componente alternada presente nas linhas de alimentação.

I

Para cada uma das montagens da figura meça a tensão de saída V_O . Com base nestes valores calcule os desvios de corrente e tensão na entrada (considere as restantes características do A.O. ideais).

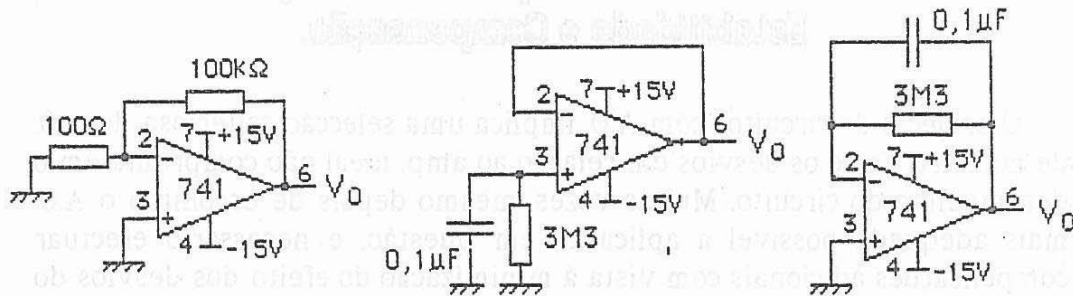
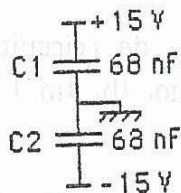


FIG.1



II

1. Monte o seguinte circuito:

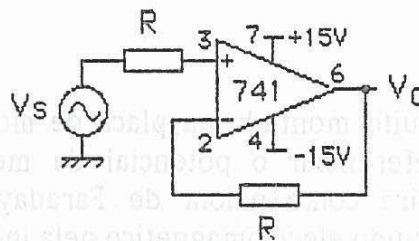


FIG.2

Ajuste a tensão V_S para uma amplitude de 300 mV e frequência 2kHz no modo de onda quadrada. Para os valores das resistências R assinalados meça a sobrelevação e o tempo de subida t_r .

R (kΩ) 0 10 100 1000

Sobrelevação (%)

f_{osc} (Hz)

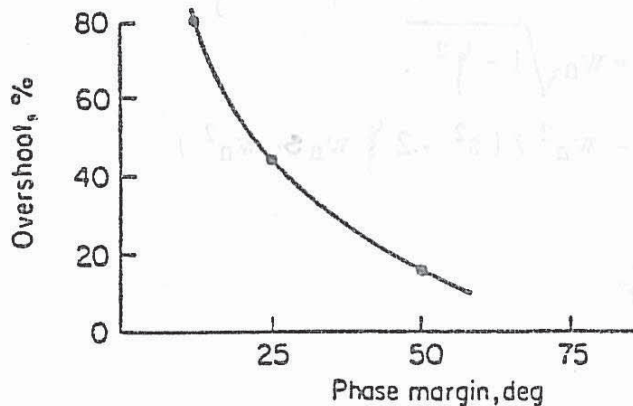
t_r (μs)

Com base nos valores observados para a sobrelevação determine a margem de fase para os casos assinalados usando o gráfico da figura. Determine também a frequência superior de corte para cada caso.

R (k Ω) 0 10 100 1000

MF (°)

f_H (kHz)
 pelo t_r
 onda sinusoidal



Nota: Este gráfico só é exacto para um sistema que apresente dois pólos dominantes em malha fechada e suficientemente afastados; por outras palavras, para sobrelevações dentro da curva apresentada.

O tempo de subida da resposta de um sistema a uma onda quadrada está relacionado com a frequência superior de corte através da expressão $t_r = 0.35/f_H$. No entanto tal só é exacto se esse sistema for um "passa baixo" com um só pólo. Se o sistema tiver mais do que um pólo, como é o caso deste, a aplicação desta fórmula acarreta um erro que é tanto menor quanto mais se puder considerar que o sistema apresenta um polo dominante. Para sistemas realimentados é necessário ter em atenção que os polos em malha aberta se deslocam quando se fecha a malha, podendo acontecer que passemos de uma situação de pólo dominante em malha aberta para uma situação de dois polos conjugados dominantes.

- Comente os resultados obtidos.

- Compare o valor medido para a frequência da pseudo-oscilação com o valor que se poderia obter através do gráfico em malha aberta dado pelo fabricante. Tire conclusões quanto à localização do pólo responsável por essa pseudo-oscilação e desenhe o novo diagrama de Bode do amplificador.

- Como explica, com base na observação do ganho em anel do circuito, o aumento da instabilidade com o aumento da resistência que faz a realimentação?

NOTA:

$$\text{sobreelevação} = \exp(-\pi \sqrt{1 - \zeta^2})$$

$$\omega_{osc} = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}$$

$$G(s) = \omega_n^2 / (s^2 + 2\zeta \omega_n s + \omega_n^2)$$

2. "Slew Rate"

Quando se aplica uma onda quadrada a um circuito com um A.O. ha que ter em atenção a máxima taxa de variação ("slew rate") da tensão de saída do A.O. fornecida pelo fabricante geralmente em V/ μ s. Isto reflecte-se na prática de maneira a que quando o degrau de na entrada do circuito é demasiado alto, a resposta do circuito á transição é imposta pelo "slew rate" e não pela constante de tempo do circuito para pequenos sinais (tempo de subida).

Atraves da montagem realizada em 1. com R=0 meça a taxa de variação da tensão na saída com:

a) $V_s = 300$ mV (onda quadrada)

b) $V_s = 3$ V (onda quadrada)

Que conclusão pode tirar ?

3. Altere a montagem efectuada de modo a obter o seguinte circuito:

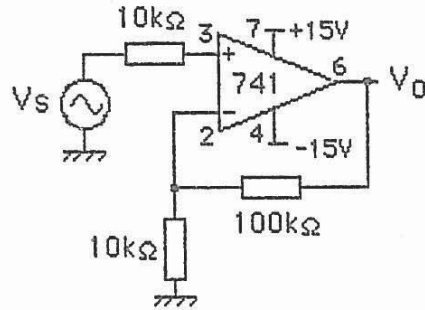


FIG.4

Ajuste V_s para uma frequência de 2kHz e de modo a ter na saída uma amplitude de 1.5V (onda quadrada).

- Meça a sobrelevação e determine a margem de fase.
- Justifique o decrescimento da frequência superior de corte e o desaparecimento da sobrelevação em relação ao medido no circuito de 1 com $R=10k\Omega$.

4. Acrescente ao circuito anterior uma capacidade na saída de 68nF. Observe que de novo que volta a existir sobrelevação e determine a margem de fase.

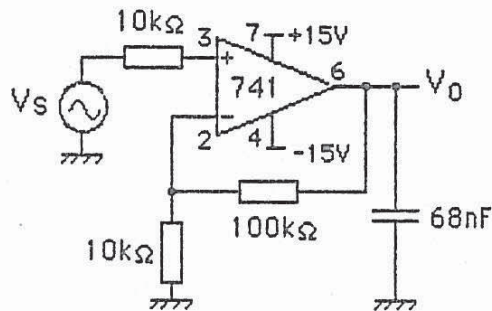


FIG.5

Introduza um condensador de 47pF em paralelo com a resistência de 100kΩ e meça novamente a sobrelevação e determine a nova margem de fase. Meça a frequência superior de corte do amplificador compensado.

- Compare-a com a obtida no ponto anterior. Justifique.
- Diga que tipo de compensação foi usada. Justifique teoricamente o valor do condensador utilizado.