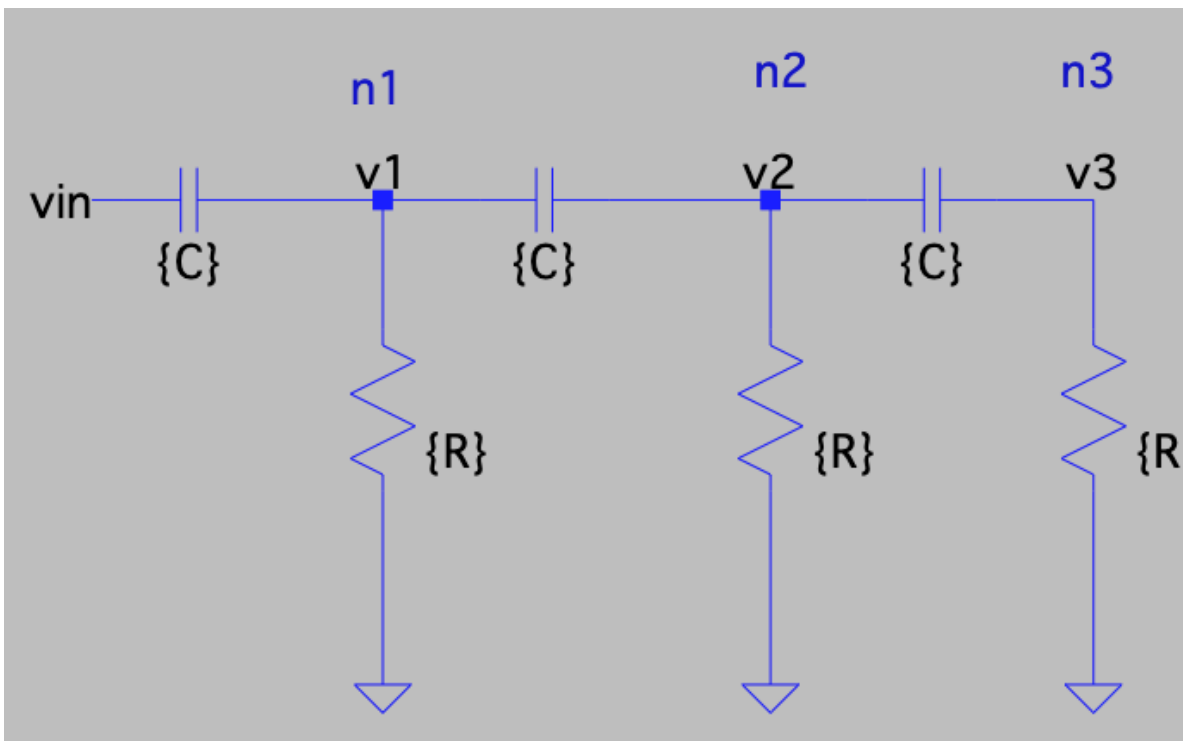
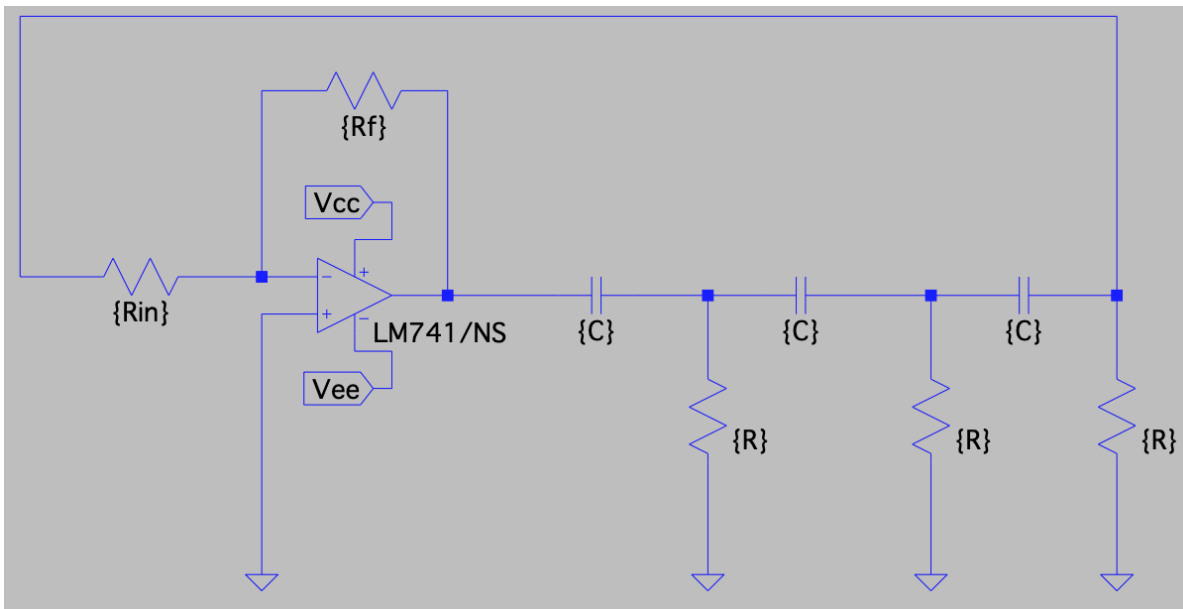


```
clear; clc; clearvars;
syms vin v1 v2 v3 s c r n1 n2 n3 w H f positive
```



Definindo os nos

$$n1 = (v1 - vin)/(1/(s*c)) + v1/r + (v1-v2)/(1/(s*c)) == 0$$

n1 =

$$\frac{v_1}{r} + c s (v_1 - v_2) + c s (v_1 - v_{in}) = 0$$

$$n2 = (v2 - v1) / (1 / (s * c)) + v2 / r + (v2 - v3) / (1 / (s * c)) == 0$$

$$n2 =$$

$$\frac{v_2}{r} - c s (v_1 - v_2) + c s (v_2 - v_3) = 0$$

$$n3 = (v3 - v2) / (1 / (s * c)) + v3 / r == 0$$

$$n3 =$$

$$\frac{v_3}{r} - c s (v_2 - v_3) = 0$$

Isolando v2 a partir do no 3

$$v2 = \text{solve}(n3, v2)$$

$$v2 =$$

$$\frac{\frac{v_3}{r} + c s v_3}{c s}$$

Substituindo v2 no no 2

$$n2 = \text{subs}(n2)$$

$$n2 =$$

$$\frac{\frac{v_3}{r} + c s v_3}{c r s} - c s \left(v_3 - \frac{\frac{v_3}{r} + c s v_3}{c s} \right) - c s \left(v_1 - \frac{\frac{v_3}{r} + c s v_3}{c s} \right) = 0$$

Substituindo v2 no no 1

$$n1 = \text{subs}(n1)$$

$$n1 =$$

$$\frac{v_1}{r} + c s \left(v_1 - \frac{\frac{v_3}{r} + c s v_3}{c s} \right) + c s (v_1 - v_{in}) = 0$$

Isolando v1 no no 2

$$v1 = \text{solve}(n2, v1)$$

v1 =

$$\frac{v_3 c^2 r^2 s^2 + 3 v_3 c r s + v_3}{c^2 r^2 s^2}$$

Aplicando v1 no no 1

```
n1 = subs(n1)
```

n1 =

$$\frac{v_3 c^2 r^2 s^2 + 3 v_3 c r s + v_3}{c^2 r^3 s^2} - c s (\text{vin} - \sigma_1) - c s \left(\frac{\frac{v_3}{r} + c s v_3}{c s} - \sigma_1 \right) = 0$$

where

$$\sigma_1 = \frac{v_3 c^2 r^2 s^2 + 3 v_3 c r s + v_3}{c^2 r^2 s^2}$$

Isolando vin

```
vin = solve(n1, vin)
```

vin =

$$\frac{v_3 c^3 r^3 s^3 + 6 v_3 c^2 r^2 s^2 + 5 v_3 c r s + v_3}{c^3 r^3 s^3}$$

```
H = simplify(v3/vin)
```

H =

$$\frac{c^3 r^3 s^3}{c^3 r^3 s^3 + 6 c^2 r^2 s^2 + 5 c r s + 1}$$

Fazendo s=jw

```
s = 1i*w;  
H = subs(H)
```

H =

$$-\frac{c^3 r^3 w^3 i}{-c^3 r^3 w^3 i - 6 c^2 r^2 w^2 + 5 c r w i + 1}$$

Como o objetivo ao final 'e defasar 360 graus e 180 por definicao serao defasados pelo ampop, resta encontrarmos uma forma de fazer isso com essa funcao de transferencia. Caso igualamos a parte real do denominador a zero, a funcao de transferencia ter'a o angulo desejado de 180 graus.

Para tanto precisamos separar o denominador do numerador de H

```
[numH, denH] = numden(H);
```

Feito isso, substituímos os termos do denominador que são imaginários por zero

```
denHreal = subs(denH, 1i, 0);
```

Para atualizar a definição de H com essa consideração removemos o termo real do denominador pois este agora vale zero

```
denH = denH - denHreal;
```

Agora, atualizamos H temos

```
H = numH/denH
```

$$H = -\frac{c^3 r^3 w^3 i}{5 c r w i - c^3 r^3 w^3 i}$$

Igualando o termo real a zero temos

```
denHreal = denHreal == 0
```

$$\text{denHreal} = 6 c^2 r^2 w^2 - 1 = 0$$

Extraindo w da igualdade passamos a ter:

```
w = solve(denHreal, w);  
w = simplify(w)
```

$$w = \frac{\sqrt{6}}{6 c r}$$

Como w pode ser escrito em função da frequência f em Hertz, é interessante também definirmos a frequência dessa forma. Então:

```
f = w/(2*pi)
```

$$f = \frac{\sqrt{6}}{12 c r \pi}$$

Tendo em vista que o simplificação feito pelo programa não mostra a frequência na forma mais simplificada, uma simplificação manual desse resultado tanto para f quanto para w daria

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{6}cr} \quad \text{e tambem} \quad w = \frac{1}{\sqrt{6}cr}$$

Agora, para demonstrar o ganho substituímos a frequência encontrada na equação. Dessa forma:

$$A = \text{subs}(H)$$

$$A =$$

$$-\frac{1}{29}$$