Aula 6

Ana Gonçalves

Universidade Federal de Minas Gerais

I. Tutorial 6 - Letra a

Em sistemas realimentados, a entrada de um sistema depende da sua saída. No código abaixo usa-se o feedback() que retorna um objeto sys, nesse caso H, para a interconexão negativa de feedback dos modelos sys1, sys2, nesse caso A, B. Por isso, a linha 9 poderia ser escrita como H = A/(1 + A*B);

```
1  clear; clc; close all;
2
3  num1 = 1; den1 = [1 5];
4  A = tf(num1, den1);
5
6  num2 = 1; den2 = [1 3];
7  B = tf(num2, den2);
8
9  H = feedback(A,B);
10 figure(1);
11 subplot(1,2,1);
12 pzmap(H);
13
14 subplot(1,2,2);
15 step(H);
```

A saída gerada essa abaixo.

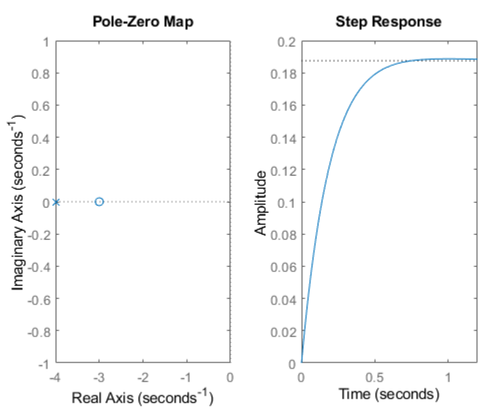


Figura 1: *Gráfico gerado*

O valor de A(s) = $\frac{1}{s+5}$ e B(s) = $\frac{1}{s+3}$. Assim, o valor de H(s) = $\frac{s+3}{s^2+8s+16}$

II. Tutorial 6 - Letra b

Se for incluído um valor K, representando uma ação de controle proporcional ao erro, ocorrerão algumas mudanças no código.

```
clear; clc; close all;

num1 = 1; den1 = [1 5];
A = tf(num1, den1);

num2 = 1; den2 = [1 3];
B = tf(num2, den2);

K = 20;

H = feedback(K*A,B);
figure(1);
subplot(1,2,1);
pzmap(H);

subplot(1,2,2);
step(H);
```

A saída gerada essa abaixo.

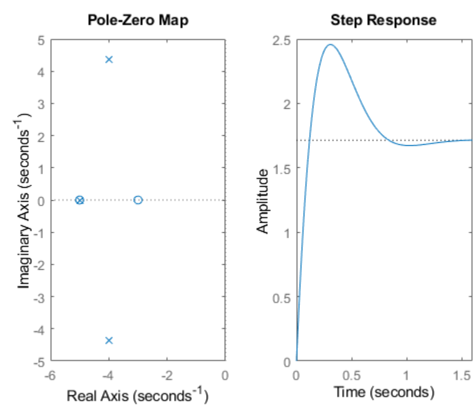


Figura 2: *Gráfico gerado*

O gráfico da resposta ao degrau tem um pico que não existia antes, devido ao K.

III. Tutorial 6 - letra c

Nessa letra usa-se o zpk(), usa-se essa função para criar modelos de zero-polo-ganho. Nesse caso, o valor de A(s) = $\frac{1}{s(s+1)(s+2)}$.

```
clear; clc; close all;

A = zpk([], [0 -1 -2], 1);
B = 1;

rlocus(A*B);
title('Lugar das raizes');
xlabel('\sigma (s^-1)');
ylabel('j\omega (s^-1)');
```

A saída gerada é essa abaixo.

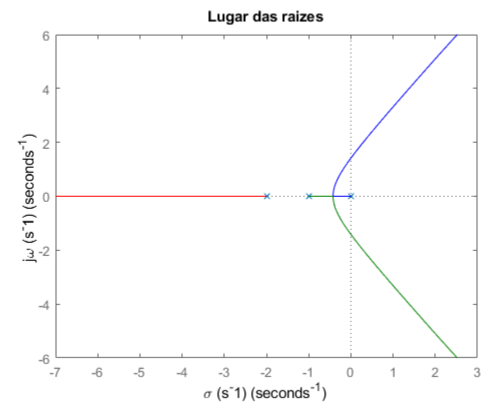


Figura 3: *Gráfico gerado*

IV. Tutorial 6 - Letra d

Em geral, o aumento de K torna o sistema mais oscilatório, podendo instabilizá-lo.

```
clear; clc; close all;

A = zpk([], [0 -1 -2], 1);
B = 1;

rlocus(A*B);
title('Lugar das raizes');
xlabel('\sigma (s^-1)');
ylabel('j\omega (s^-1)');
axis([-1.1 1 -0.5 0.5]);
```

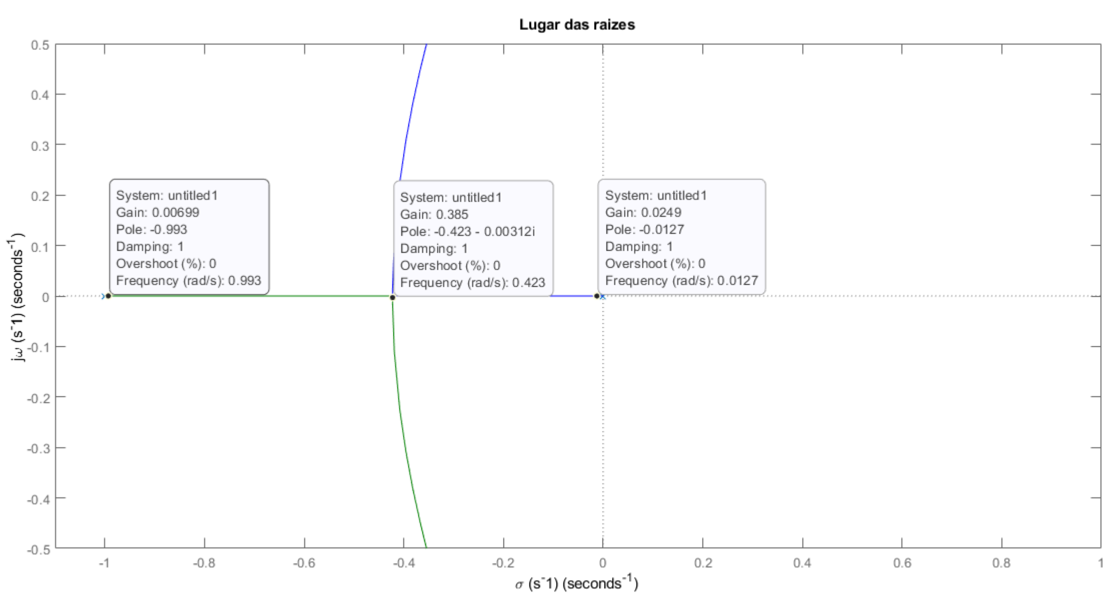
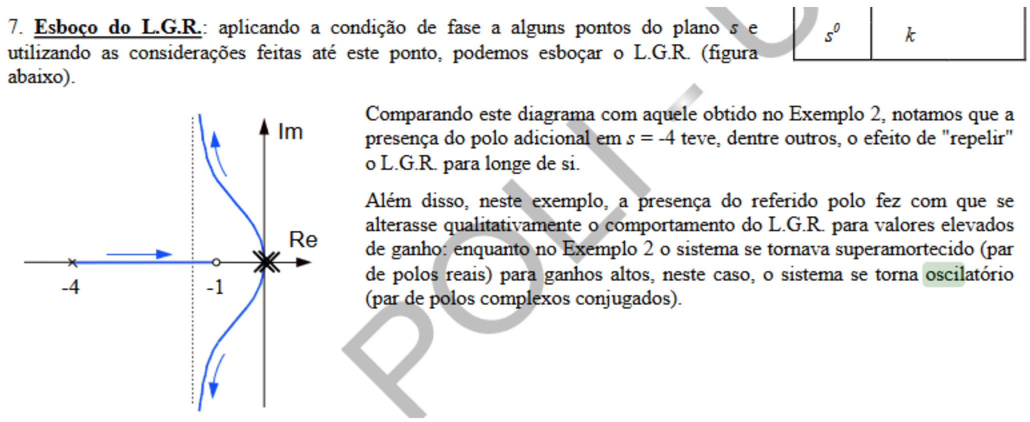


Figura 4: *Gráfico gerado*

V. Tutorial 6 - Letra e



7. **Esboço do L.G.R.**: aplicando a condição de fase a alguns pontos do plano s e utilizando as considerações feitas até este ponto, podemos esboçar o L.G.R. (figura abaixo).

s^0	k

Comparando este diagrama com aquele obtido no Exemplo 2, notamos que a presença do polo adicional em s = -4 teve, dentre outros, o efeito de "repelir" o L.G.R. para longe de si.

Além disso, neste exemplo, a presença do referido polo fez com que se alterasse qualitativamente o comportamento do L.G.R. para valores elevados de ganho: enquanto no Exemplo 2 o sistema se tornava superamortecido (par de polos reais) para ganhos altos, neste caso, o sistema se torna oscilatório (par de polos complexos conjugados).

Figura 5: *Teoria*

Usando a figura acima como base teórica, sabe-se que o sistema se torna instável com K com valores acima de 6,02 e frequências a partir de 1,42 rad/s.

VI. Tutorial 6 - Letra f

Cada buffer representado na figure implementa um filtro passa-baixa, cuja função de transferência é dada por T(s) = $\frac{1}{1+R}$. Sabe-se que $V_c = V_0 \frac{Z_c}{R+Z_c}$, $Z_c = \frac{1}{C_s}$. Assim, $\frac{V_c}{V_0} = \frac{1}{1+RCs}$. Como a figura contem 3 circuitos integrados apenas coloca esse valor ao cubo. Assim,

$$B(s) = (\frac{1}{1+RCs})^3$$

VII. Tutorial 6 - Letra g

```
clear; clc; close all;

R = 10E3;
C = 10E-9;
A = 1;

w0 = 1/(R*C);
f0 = w0/(2*pi);

Num = 1;
Den = [R*C 1];

H1 = tf(Num,Den);
B = H1^3;

figure(1);
rlocus(A*B);
title('Lugar das raizes');
xlabel('\sigma (s^-1)');
ylabel('j\omega (s^-1)');
ylim([-1.1*w0 1.1*w0]);
```

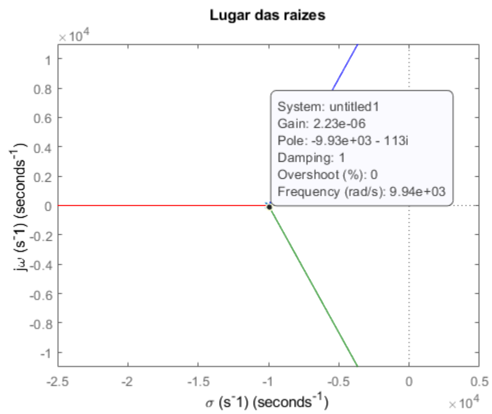


Figura 6: *Gráfico gerado*

VIII. Tutorial 6 - Letra h

Observa-se o gráfico da letra anterior. O valor da frequência é 9.99 * 10^3 rad/s e o ganho K para que o sistema continue oscilatório é de K = 4,62 * e^{-9}

IX. Tutorial 6 - Letra i

lsim() plota o tempo de resposta simulado do modelo de sistema dinâmico (nesse caso H) do histórico de entrada (r,t). O vetor r especifica as amostras de tempo da simulação. Para sistemas com entrada única, o sinal de entrada t é um vetor de mesmo tamanho de r. Para múltiplas entradas, r é uma array com tantas linhas quanto amostras de tempo (tamanho de r) e tantas colunas quanto de entradas de H.

```
clear; clc; close all;

R = 10E3;
C = 100E-9;
A = 1;

Num = 1;
Den = [R*C 1];
H1 = tf(Num,Den);
B = H1^3;

K = 20;
H = feedback(K*A,B);

step = 1E-3/10;
t = 0:step:50e-3;

r = zeros(size(t));
r(1) = 0.01;

v0 = lsim(H, r, t);

plot(t, v0);
xlabel('tempo (s)'); ylabel('magnitude (V)');
```

Quando K<8, a saída tende à zero quando o tempo tende ao infinito (converge). Em contra partida, quando K>= 8, o sistema apresenta saída contínua com apenas uma resposta impulsiva mesmo sem que sua entrada também o seja.

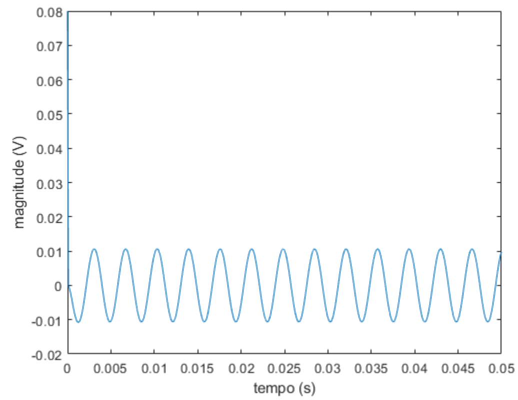


Figura 7: *Gráfico gerado*

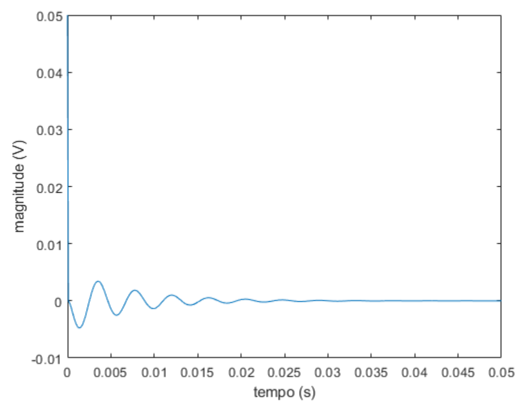


Figura 8: *Gráfico gerado*

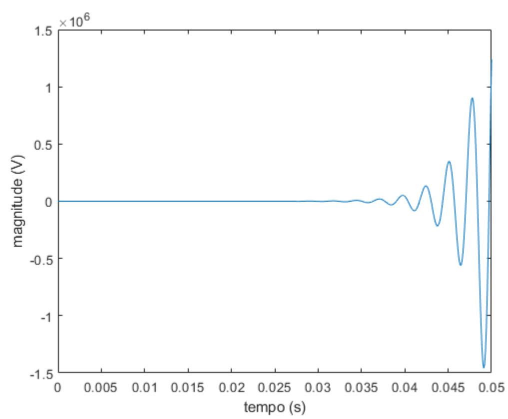


Figura 9: *Gráfico gerado*

X. Tutorial 6 - Letra j

O ganho de tensão que é obtido através da relação entre a tensão de saída pela tensão de entrada.
Este modelo de operação é denominado operação em malha fechada. Pois o ganho do operacional é obtido pelo projetista.
Apresenta como desvantagem uma instabilidade ao circuito. Aplicado em circuitos osciladores.
Neste modo de operação o amplificador operacional não trabalha como amplificador de sinais, pois sua resposta não é linear.

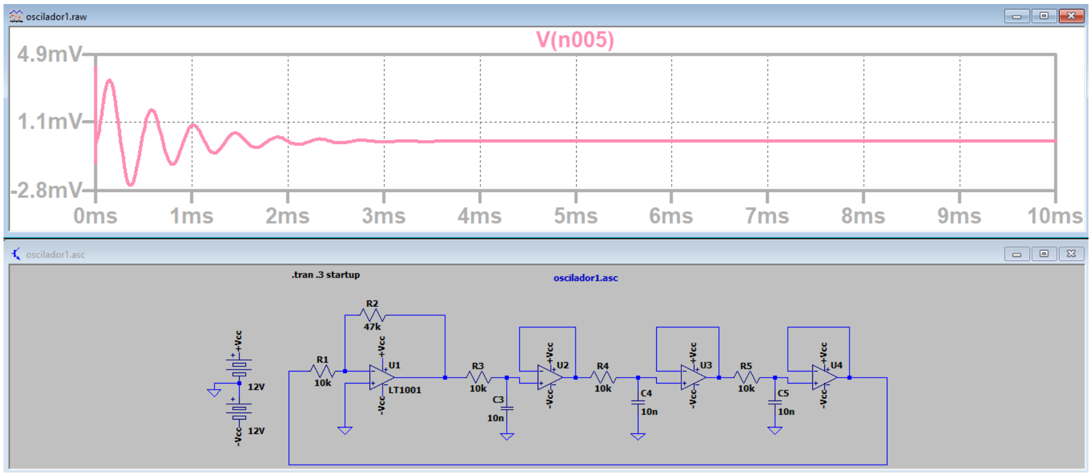


Figura 10: *Gráfico gerado*

XI. Tutorial 6 - Letra k

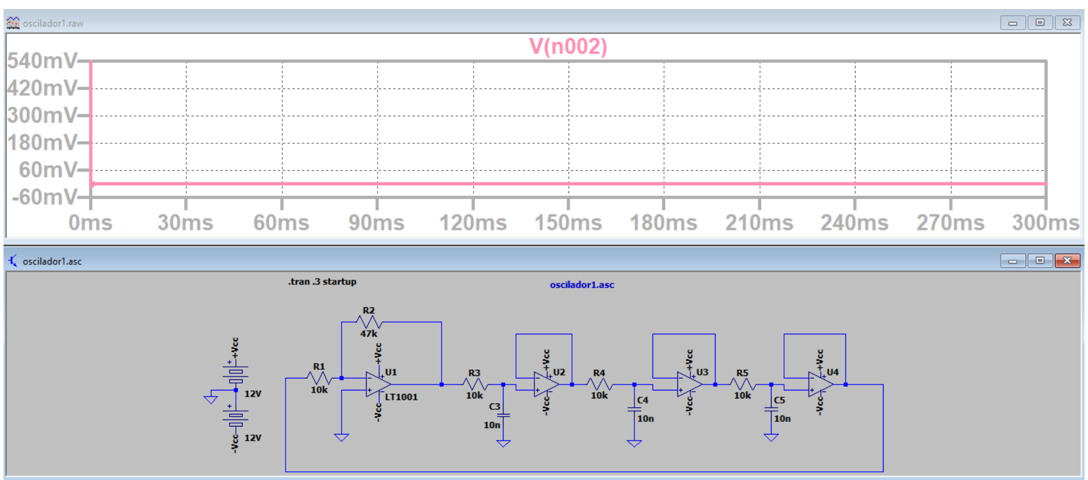


Figura 11: *Gráfico gerado*

XII. Tutorial 6 - Letra l

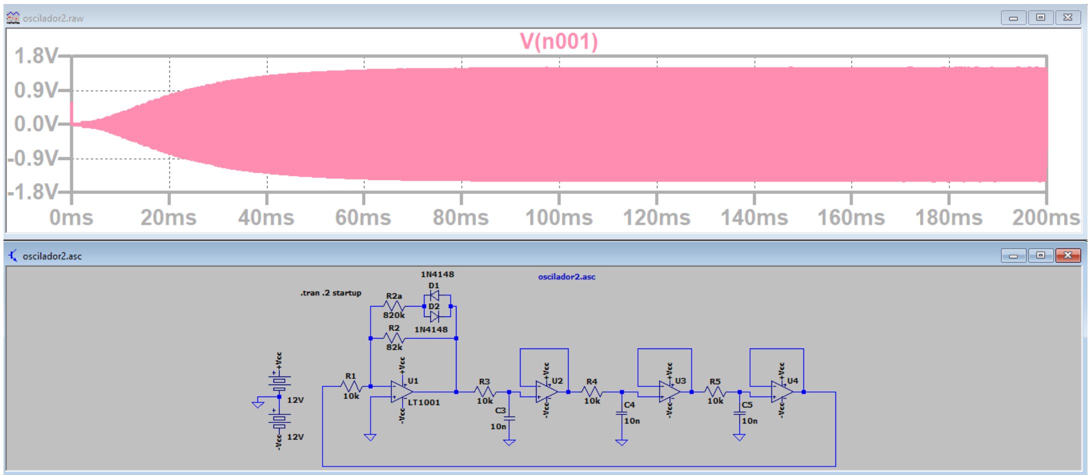


Figura 12: *Gráfico gerado*

XIII. Tutorial 6 - Letra m

Aumento na tensão reversa atingirá um ponto de ruptura, chamado tensão de ruptura do diodo. Para diodos retificadores a tensão de ruptura é geralmente maior do que 50 V.
Atingida a tensão de ruptura, o diodo pode conduzir intensamente.

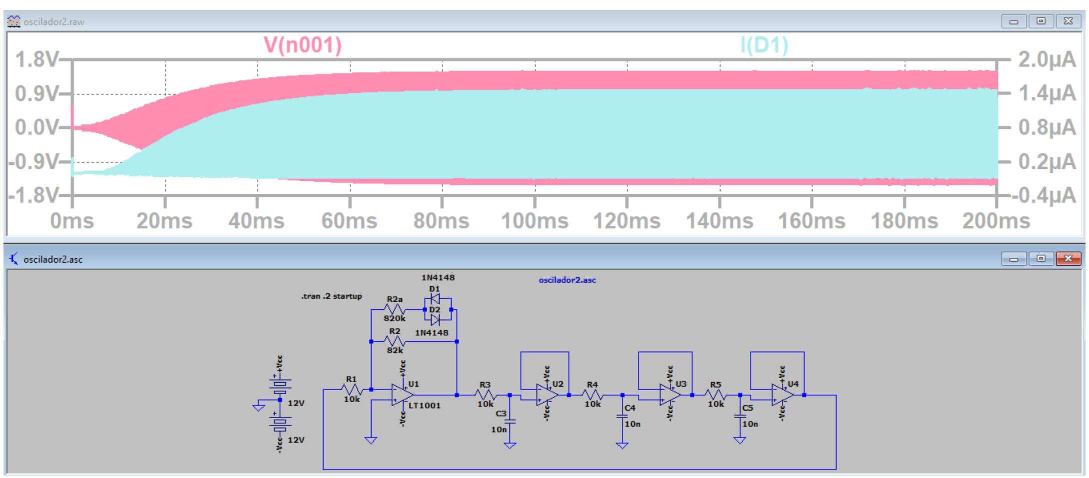


Figura 13: *Gráfico gerado*

XIV. Tutorial 6 - Letra n

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{820} + \frac{1}{82} \longrightarrow \frac{11}{820}$$

Assim tem-se que R = 74,5 * $10^3\Omega$ então K = -7,45

XV. Tutorial 6 - Letra o

Na figura abaixo, usa-se os cursores.

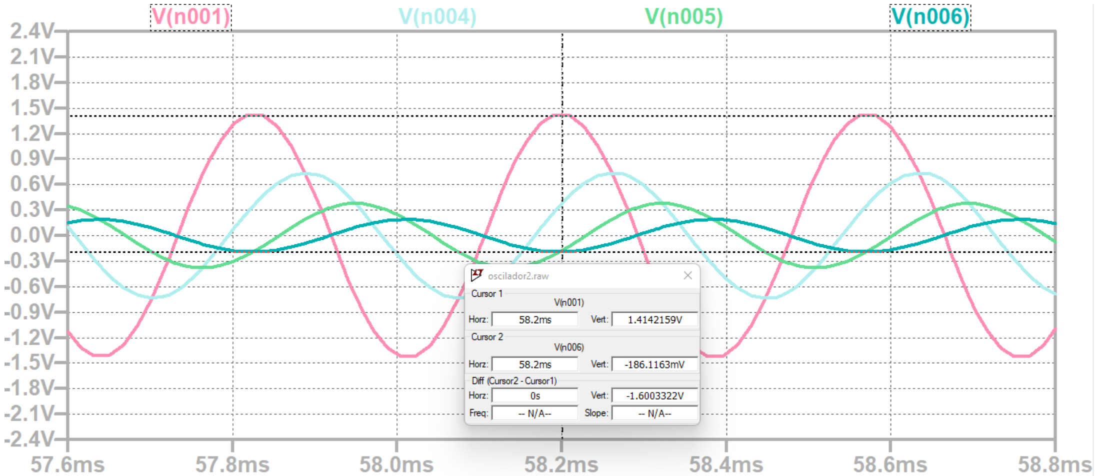


Figura 14: *Gráfico gerado*

Observando o gráfico, em termos de pontos do eixo x, a defasagem entre as senoides vale (58.2 - 58.075) = 0.125, que é igual ao valor 1/8. O período vale (58.2 - 57.82) = 0.38, aproximadamente. Caso quisermos exprimir em graus apenas fazer a regra de três

$$\frac{0.125}{0.38} = \frac{x}{360} \longrightarrow x = 118,42$$

Em radianos

$$\frac{0.125}{0.38} = \frac{x}{2\pi} \longrightarrow x = 2.067rad$$

XVI. Bibliografia

Diodos
Amplificador Operacional
Help do Matlab
Osciladores Senoidais
Osciladores Senoidais
AOP
Osciladores em Realimentação
DETERMINAÇÃO DA DEFASAGEM ENTRE SINAIS: COMPARAÇÃO E ANÁLISE DE MÉTODOS PRÁTICOS VARIADOS