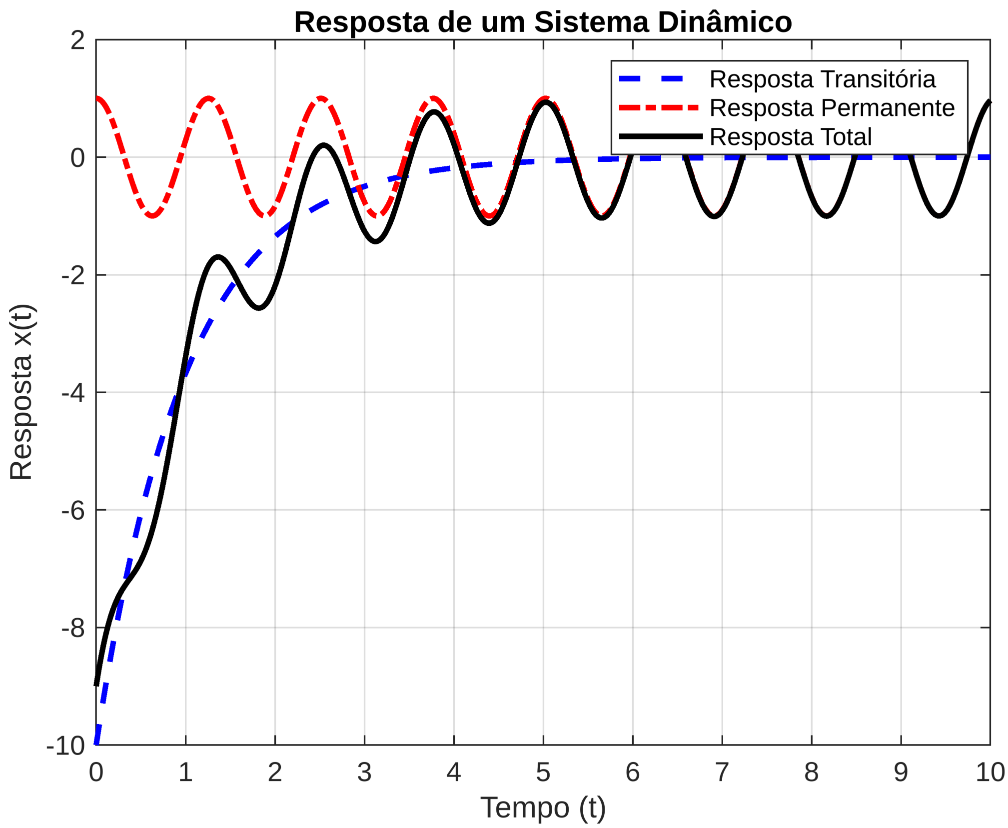
Tutorial 2 – Conceitos Básicos de Sistemas Lineares

1. Suponha que a resposta de um sistema dinâmico seja dado por: $x(t) = -10e^{(-t)} + \cos(5t)$, $t \geq 0$

   - Achar a resposta transitória e a resposta permanente.
   - Plotar a resposta transitória, a resposta permanente e a resposta do sistema em uma mesma figura usando Matlab.

```
t = linspace(0, 10, 1000);

x_trans = -10*exp(-t);


x_perm = cos(5*t);

x_total = x_trans + x_perm;

figure;
plot(t, x_trans, 'b--', 'LineWidth', 2);
hold on;
plot(t, x_perm, 'r-.', 'LineWidth', 2);
plot(t, x_total, 'k', 'LineWidth', 2);

legend('Resposta Transitória', 'Resposta Permanente', 'Resposta Total');
title('Resposta de um Sistema Dinâmico');
xlabel('Tempo (t)');
ylabel('Resposta x(t)');

grid on;
```



2. O modelo matemático de sistemas mecânicos com 1GDL com apenas uma massa m, uma mola k e um amortecedor c é dado pela EDOL

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f(t)$$

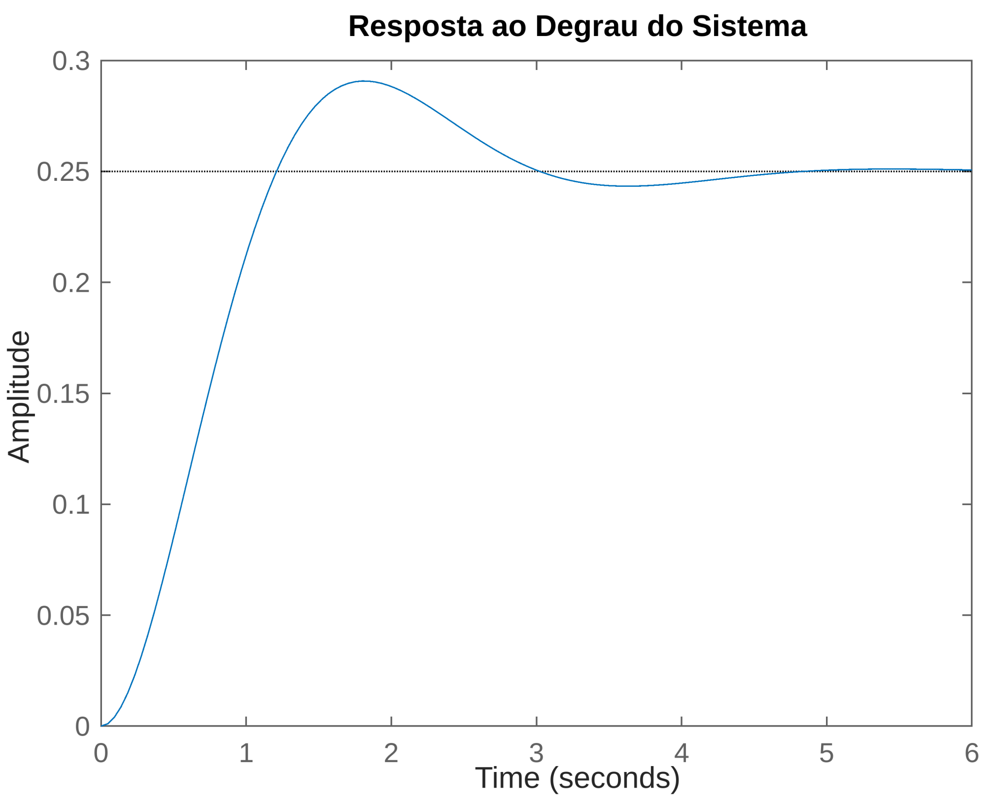
sendo x(t) a resposta no tempo e f(t) a excitação.

- Calcular a função de transferência do sistema.
- Mostrá-la de forma simbólica usando Matlab. Nota: usar o comando pretty.
- Aplicar uma excitação do tipo degrau unitário e apresentar a resposta x(t) de forma gráfica. Assumir os seguintes parâmetros do sistema: m = 1kg, c = 2N.s/m e k = 4N/m.

```
m = 1;
c = 2;
k = 4;

% função de transferência H(s) = X(s)/Y(s)
num = 1;
den = [m c k];

H = tf(num, den)
```

```
H =

        1
  -------------
  s^2 + 2 s + 4

Continuous-time transfer function.
Model Properties
```

```
figure;
step(H);
title('Resposta ao Degrau do Sistema');
```



Nota: Simular usando o comando step do Matlab.

3. O modelo matemático do sistema mecânico da Figura 18 á dado por

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = c\dot{y} + ky$$

sendo x(t) o deslocamento da massa ao longo do tempo e y(t) é a excitação do tipo deslocamento da base.

- Calcular a função de transferência do sistema.

- Mostrá-la de forma simbólica usando Matlab.

```
m = 1;
c = 2;
k = 4;

% função de transferência H(s) = F(s)/X(s)
num2 = [c k];
den2 = [m c k];

H2 = tf(num2, den2)
```

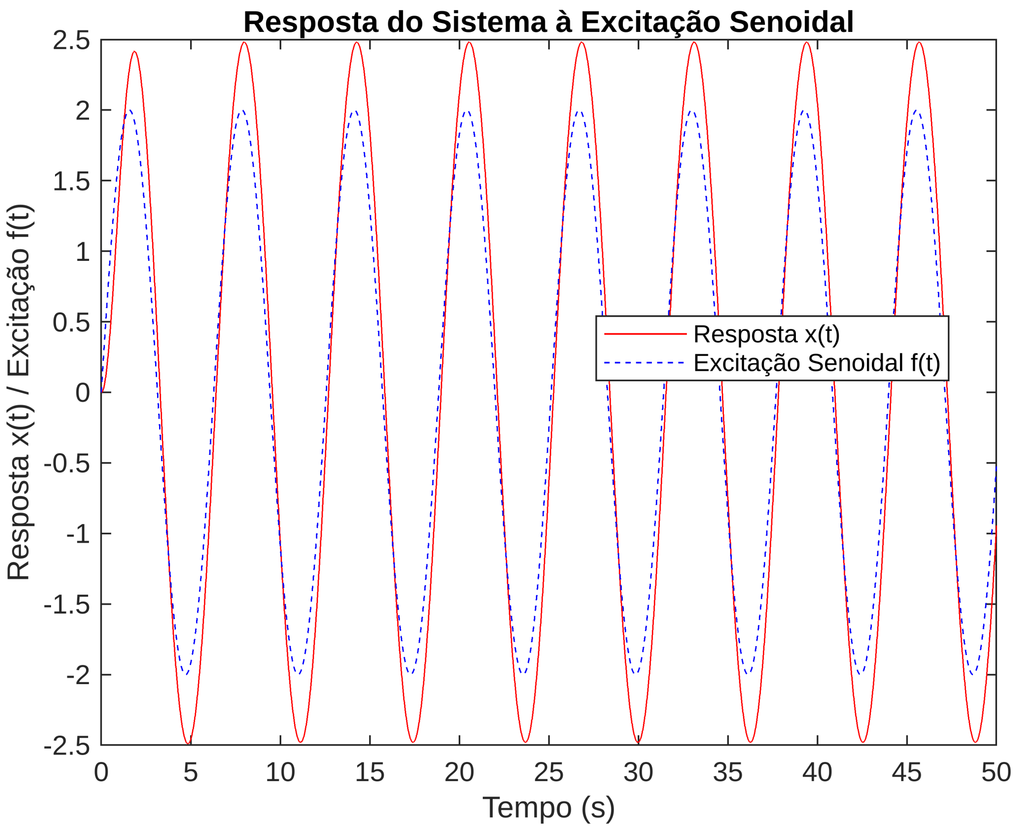
```
H2 =

     2 s + 4
  -------------
  s^2 + 2 s + 4

Continuous-time transfer function.
Model Properties
```

- Aplicar ao sistema uma excitação senoidal com amplitude 2 e frequência 1rad/s.

- Apresentar a resposta x(t) de forma gráfica. Assumir os seguintes parâmetros do sistema: m = 1kg, c = 2N.s/m e k = 4N/m.

- Calcular a resposta temporal x(t) para a entrada do item anterior.

```
t = 0:0.01:50;
f = 2 * sin(1 * t);

[y, t] = lsim(H2, f, t);

figure;
plot(t, y, 'r-');
hold on;
plot(t, f, 'b--');
hold off;
title('Resposta do Sistema à Excitação Senoidal');
xlabel('Tempo (s)');
ylabel('Resposta x(t) / Excitação f(t)');
legend('Resposta x(t)', 'Excitação Senoidal f(t)', 'Location', 'Best');
```



4. Calcular a Transformada de Laplace do sinal mostrado na Figura 19.

Sugestão: Usar a definição de Transformada de Laplace e usar integração por partes.

```
syms t s

r(t) = 2*t;
lp = laplace(r, t, s)
```

lp =

$$\frac{2}{s^2}$$

5. Calcular a Transformada de Laplace do pulso triangular da Figura 20 e simulá-lo usando Matlab.

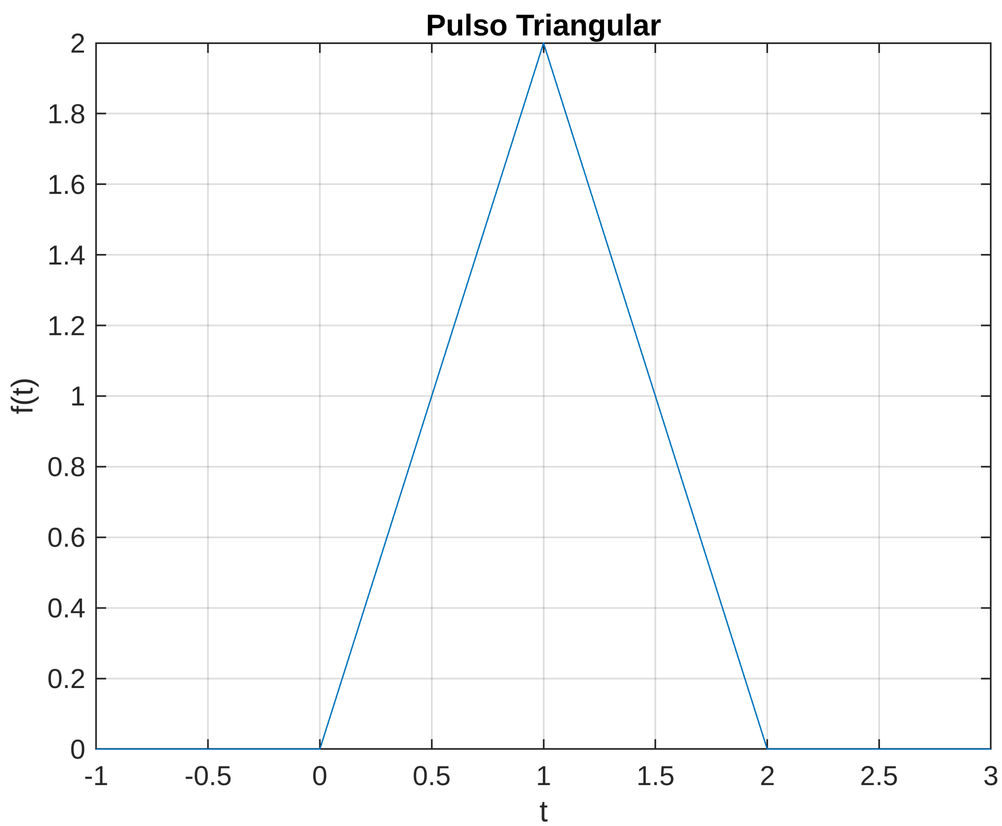
```
clear
syms t s

tri1(t) = 2*t*heaviside(t) - 2*t*heaviside(t-1);
tri2(t) = 2*(2-t)*heaviside(t-1) - 2*(2-t)*heaviside(t-2);

f(t) = tri1(t) + tri2(t);
```

```
% Laplace
L_tri1 = laplace(tri1, t, s);
L_tri2 = laplace(tri2, t, s);
L_tri = L_tri1 + L_tri2
```

L_tri =

$$\frac{2\,e^{-2\,s}}{s^2} - \frac{2\,e^{-s}}{s^2} - \frac{2\,e^{-s}}{s} + \frac{2}{s^2} + \frac{2\,e^{-s}\,(s-1)}{s^2}$$

```
% Simulacao
fplot(f, [-1, 3]);
xlabel('t');
ylabel('f(t)');
title('Pulso Triangular');
grid on;
```



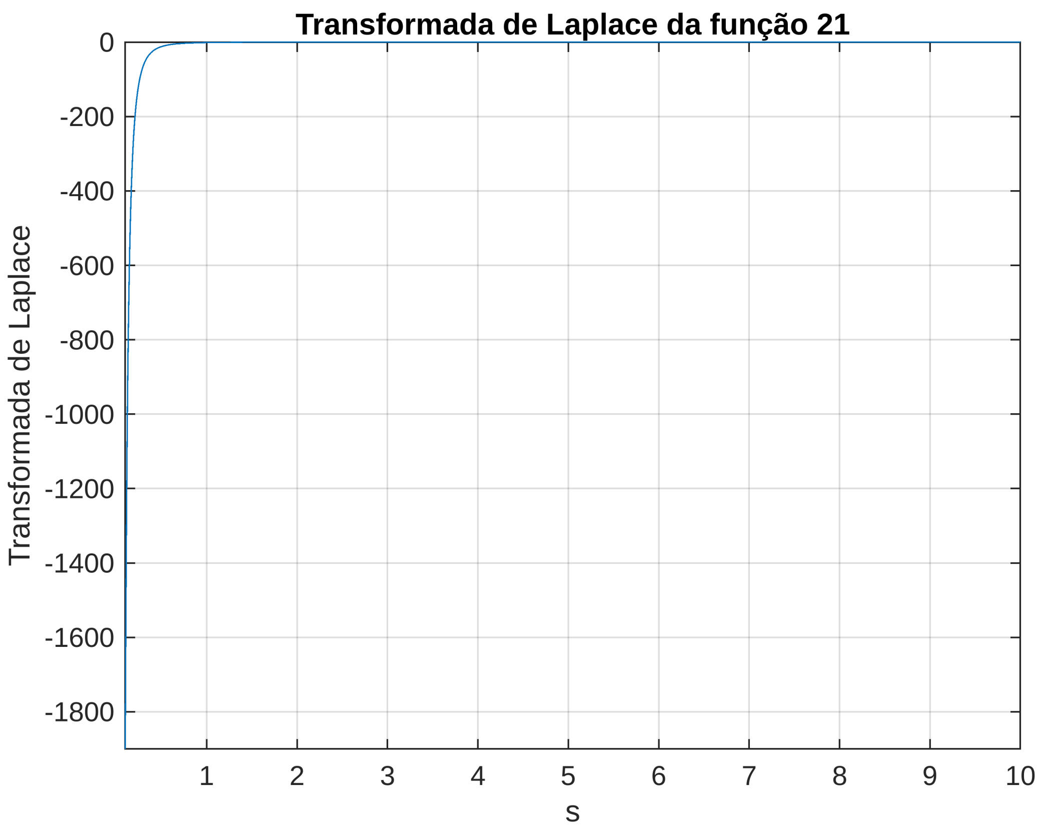
6. Dada a Figura 21, encontrar a Transformada de Laplace da função e reproduzi-la em MatLab.

```
syms s

lpy = -2/s^3 + 1/s^2
```

lpy =

$$\frac{1}{s^2} - \frac{2}{s^3}$$

```
sRange = [0.1, 10];

fplot(lpy, sRange)

xlabel('s')
ylabel('Transformada de Laplace')
title('Transformada de Laplace da função 21')
grid on
```



7. Na Figura 22 são apresentados alguns forçamentos que podem ser obtidos a partir de combinações de outros forçamentos.

Com base na Figura 22, gerar o pulso trapezoidal conforme ilustrado na Figura 23 utilizando o MatLab, onde F0 = 10N , t1 = 1s, t2 = 2s, t3 = 2s.

```
subida = 1;
constante = 1;
altura = 10;
descida = 1;
```

```
t = -2:0.01:4;

pulse = zeros(size(t));
pulse(t >= 0 & t < subida) = altura * t(t >= 0 & t < subida) / subida;
pulse(t >= subida & t < subida + constante) = altura;
pulse(t >= subida + constante & t < subida + constante + descida) = altura *
(1 - (t(t >= subida + constante & t < subida + constante + descida) - subida
- constante) / descida);

plot(t, pulse, 'b', 'LineWidth', 2)
xlabel('Tempo (s)')
ylabel('Amplitude')
title('Pulso Trapezoidal')
grid on
```