UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO DE JANEIRO

SISTEMAS LINEARES 1

# Trabalho Final

*Professor:* Natanael Nunes
*Período:* 2020.1
*Curso:* Engenharia Eletrônica

*Aluna:* Gabriela dos Santos
*DRE:* 118044310

26 de Fevereiro de 2021

# Conteúdo

# 1 Questão 1

## 1.1 Circuito 1

**Letra A**

O circuito 1 consiste em um RC ligado em série, uma boa aplicação comercial para este circuito é um filtro passa-baixa. O filtro passa-baixa permite que apenas frequências abaixo da frequência de corte sejam levadas ao amplificador.No caso em questão o filtro será utilizado para deixar passar apenas frequências abaixo de $\omega = 100rad/s$.

**Letra B**

R = 10 000 Ω

C = $10^{-6}F$

**Letra C**

De acordo com a lei de kirchoff das tensões a soma das tensões na malha devem ser iguais a zero. Deste modo, substituindo as tensões de cada componente temos:

V(t) = R $\cdot \frac{\partial q(t)}{\partial t} + q(t) \cdot \frac{1}{C}$

**Letra D**

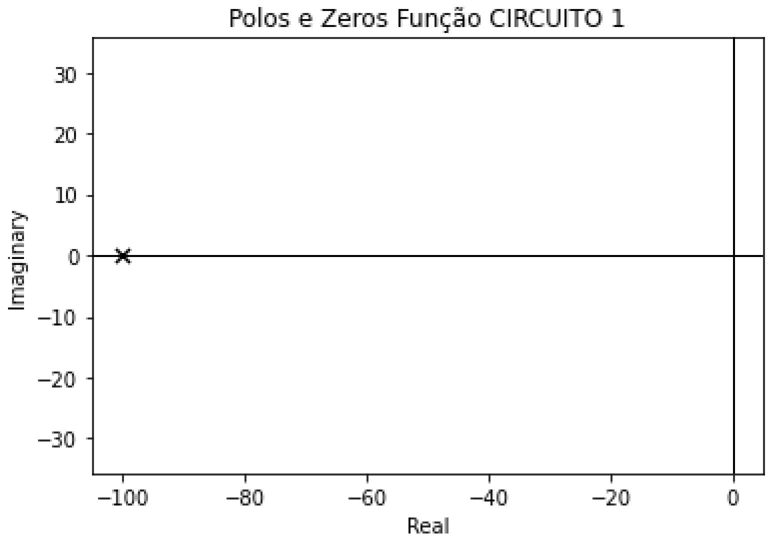
Para encontrar a função de transferência primeiro aplicamos a transformada de Laplace em todos os termos e então dividimos a função de saída pela entrada:

Q(s)V(s)$^{-1}$ = $RC^{-1} \cdot \frac{1}{s+RC^{-1}}$

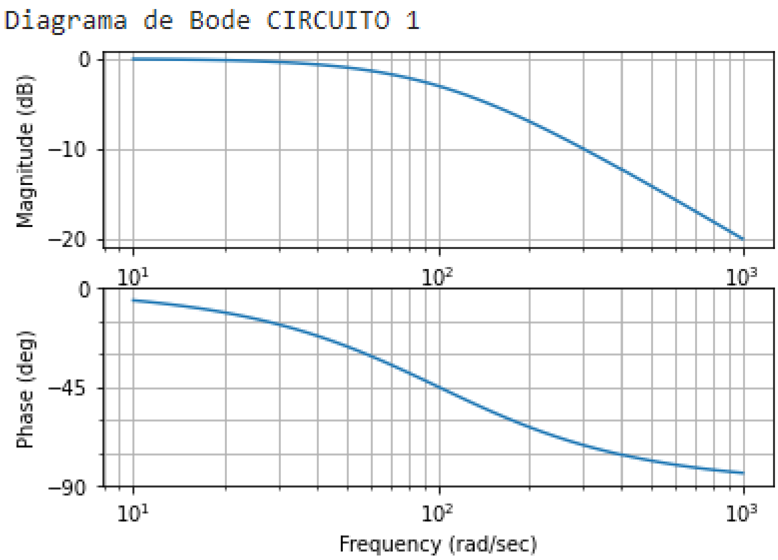
Substitiundo os valores temos:

Q(s)V(s)$^{-1}$ = $100 \cdot \frac{1}{s+100}$

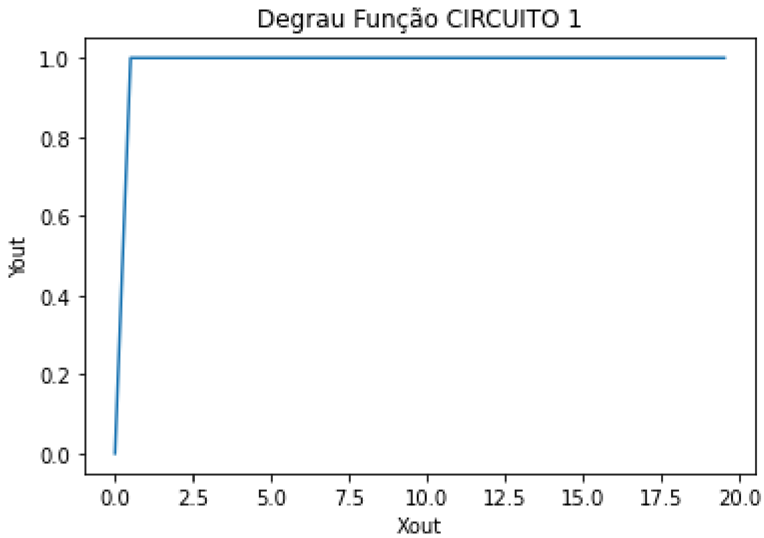
**Letra E**



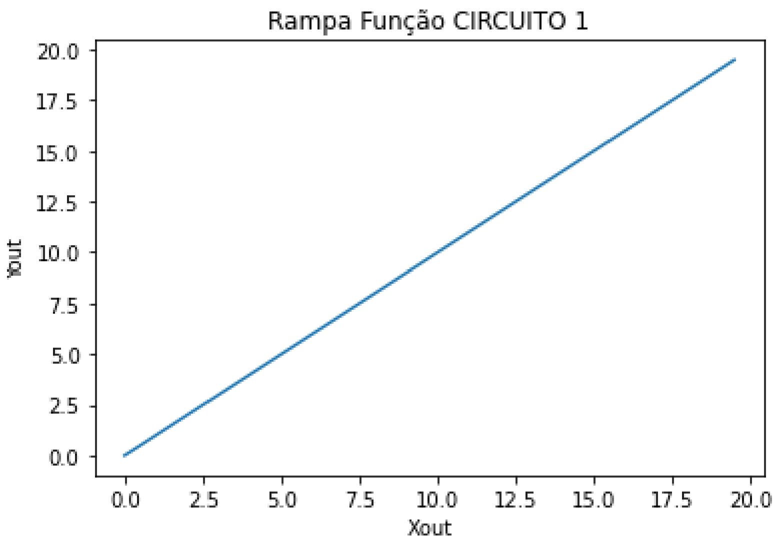

## Letra F



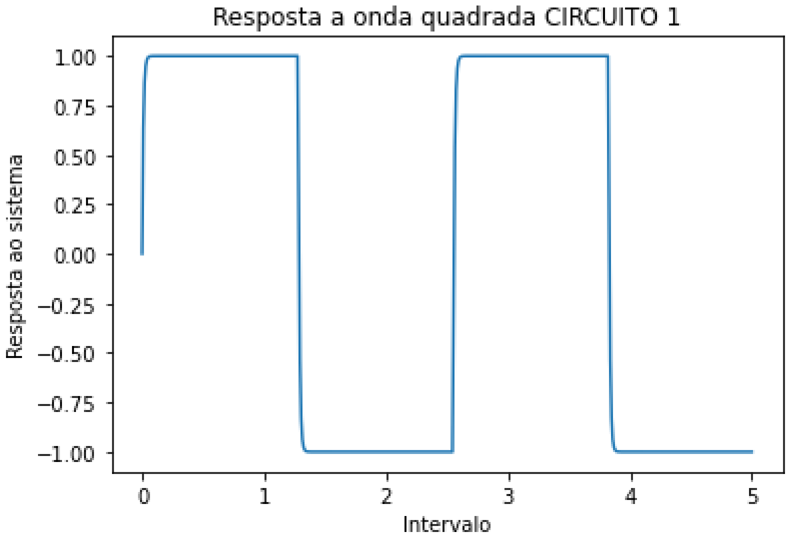

## Letra G



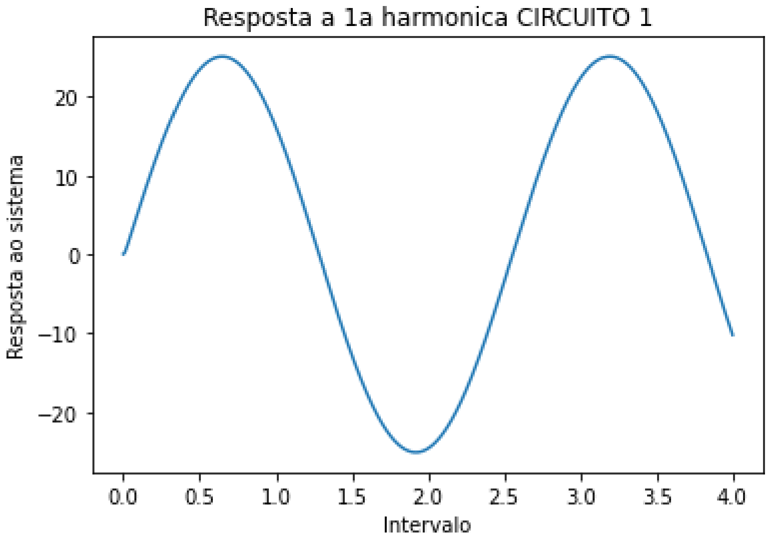

**Letra H**

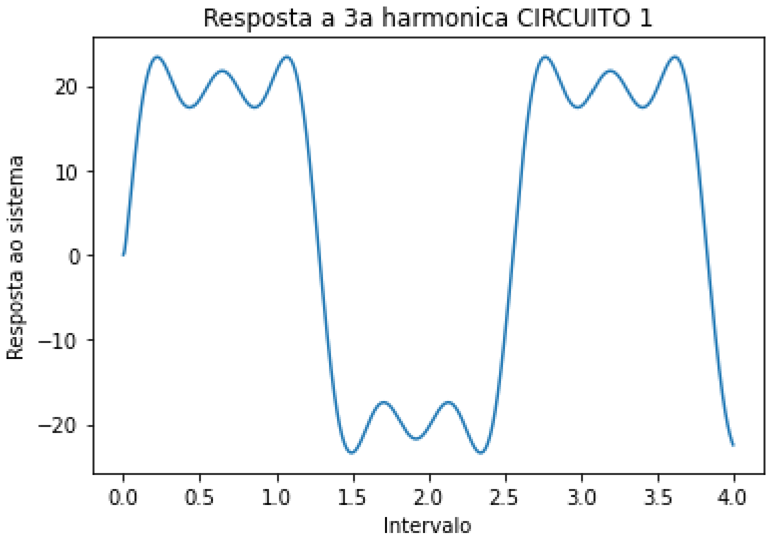


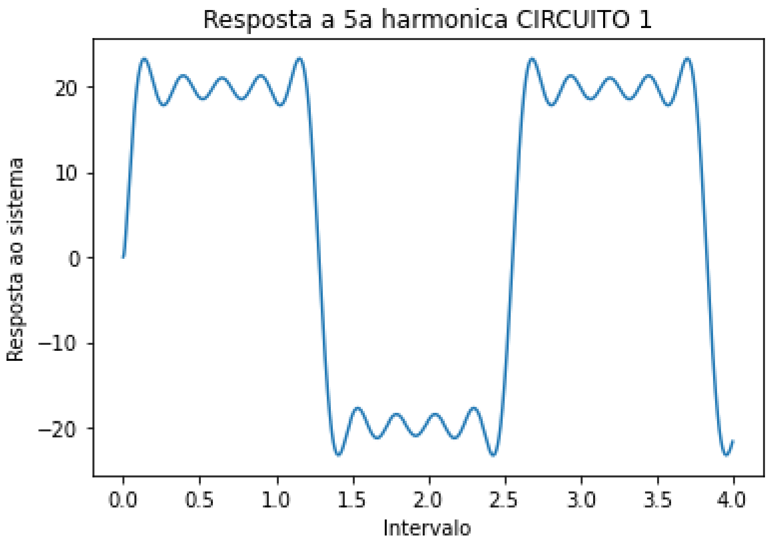

**Letra I**

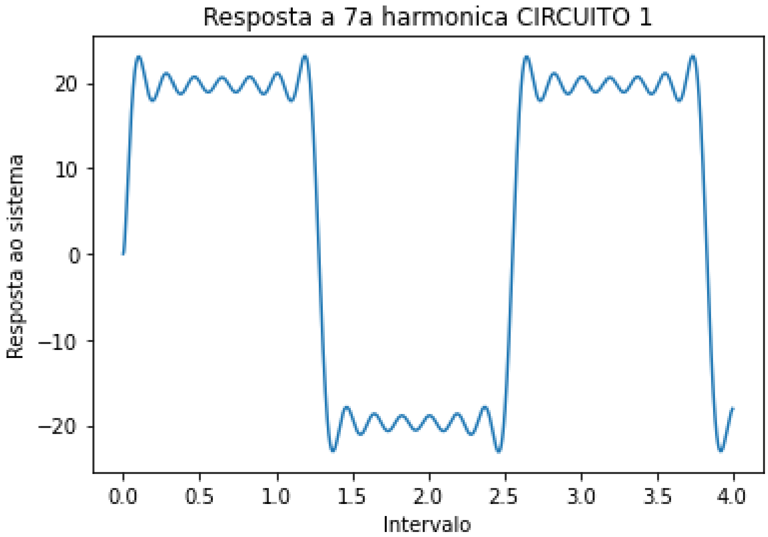

Resposta a onda quadrada CIRCUITO 1
Resposta ao sistema
Intervalo
1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
−0.25
−0.50
−0.75
−1.00
0
1
2
3
4
5

### Letra J,K,L e M


Resposta a 1a harmonica CIRCUITO 1
Resposta ao sistema
Intervalo
20
10
0
−10
−20
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0


Resposta a 3a harmonica CIRCUITO 1
Resposta ao sistema
Intervalo
20
10
0
−10
−20
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0


Resposta a 5a harmonica CIRCUITO 1
Resposta ao sistema
Intervalo
20
10
0
−10
−20
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0




## 1.2 Circuito 2

### Letra A

O circuito 2 consiste em um RL ligado em série, uma boa aplicação comercial para este circuito é a de filtro passa-alta. Analogamente ao filtro passa-baixa, o filtro passa-alta permite que apenas frequências acima da frequência de corte sejam passadas para a saída do sistema. No presente trabalho a frequência de corte foi de $\omega = 10^{-7} rad/s$.

### Letra B

R = 10 000Ω

L = $10^{-3}H$

### Letra C

Utilizando a lei de kirchoff das tensões e destrinchando as tensões de cada componente obtemos:

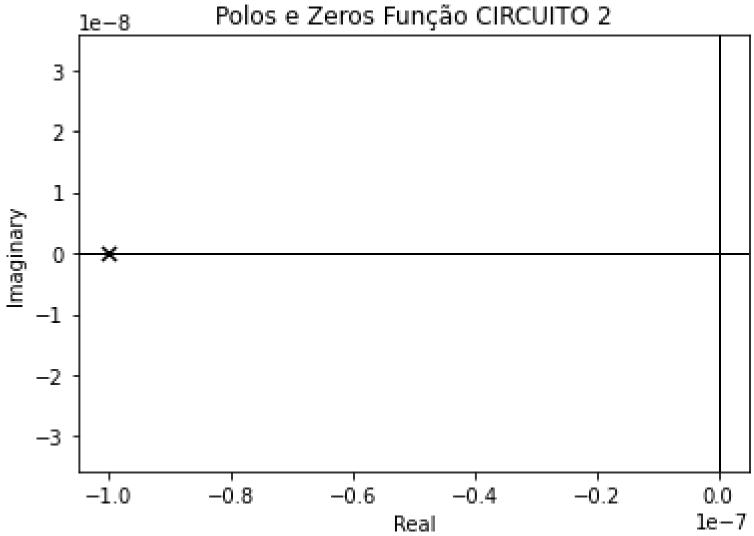
V(t) = Ri(t) + L$\cdot\frac{\partial i(t)}{\partial t}$

### Letra D

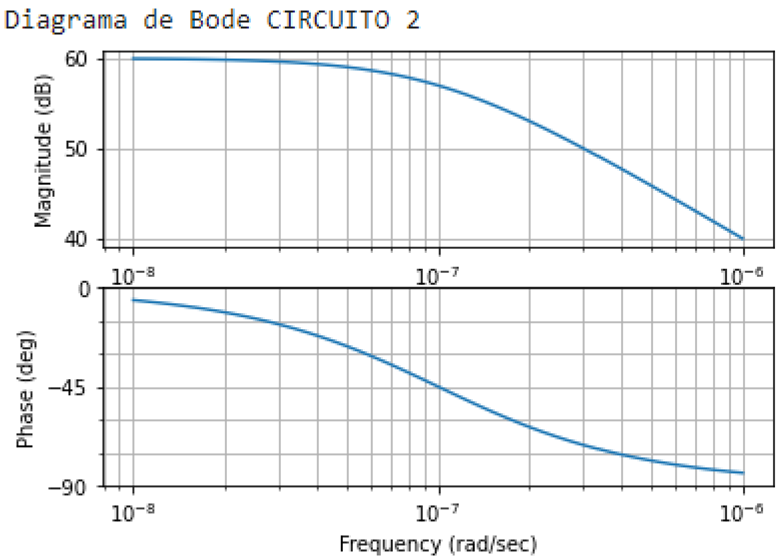
I(s)$\cdot V(s)^{-1} = \frac{1}{R+Ls}$

substituindo pelos valores dos componentes: I(s)$\cdot V(s)^{-1} = \frac{1}{10^4+10^{-3}s}$

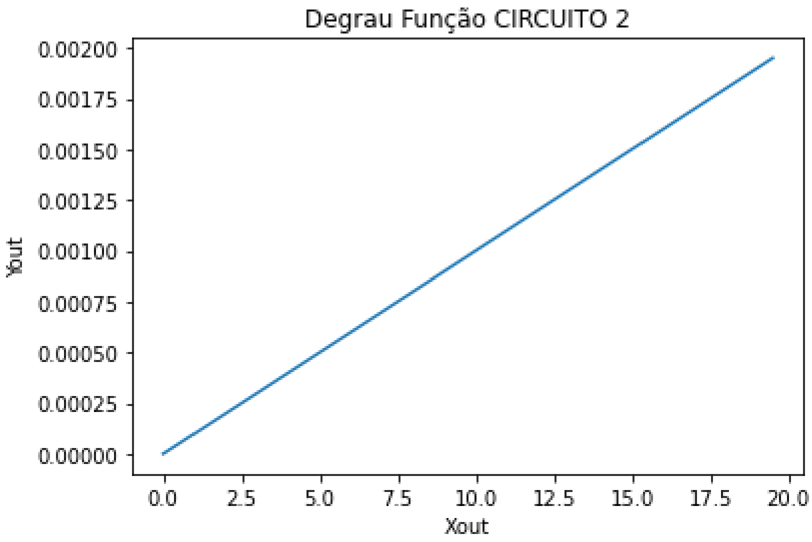
### Letra E



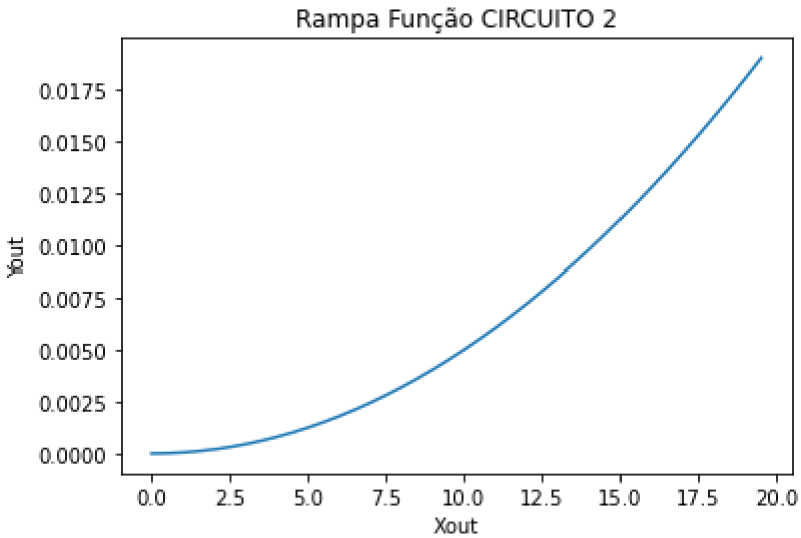

### Letra F



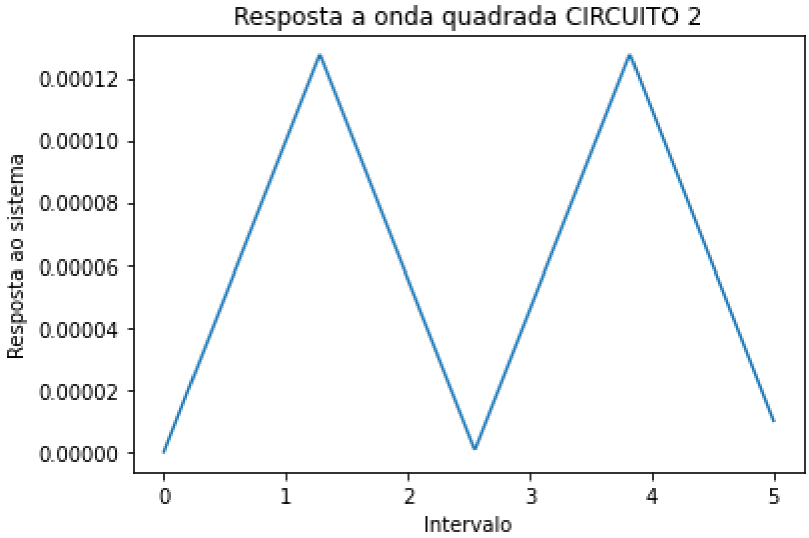

### Letra G



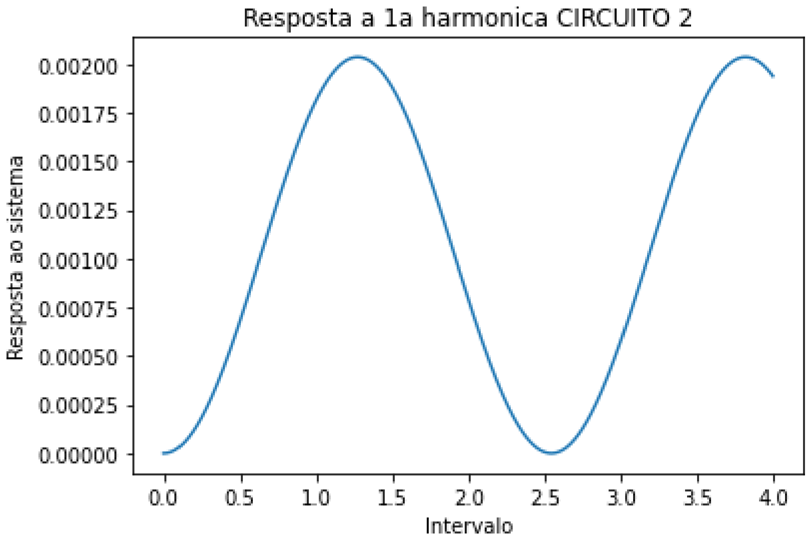

### Letra H

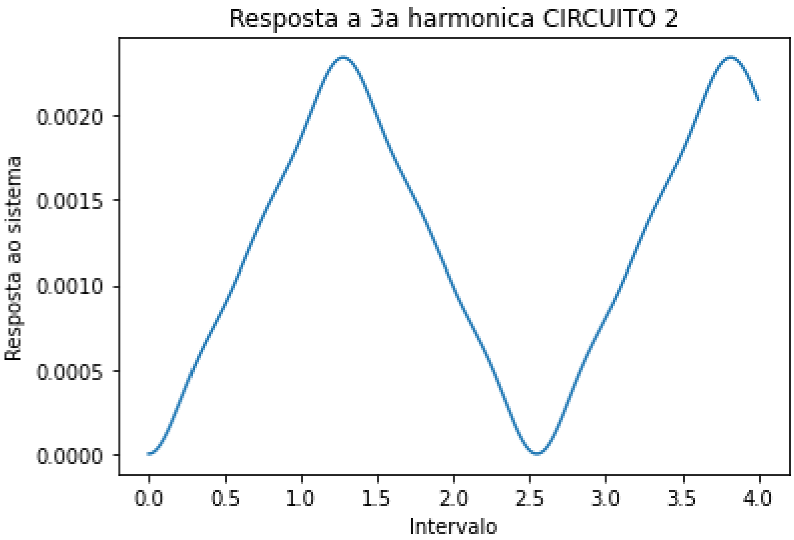


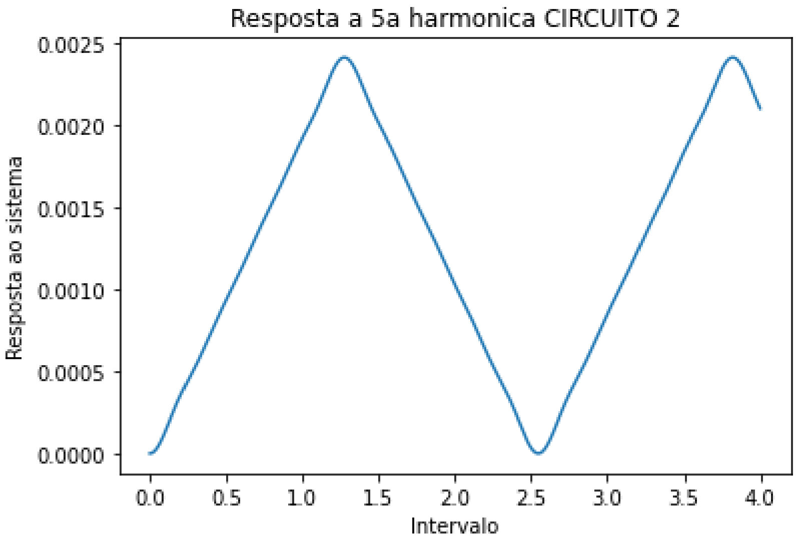

### Letra I

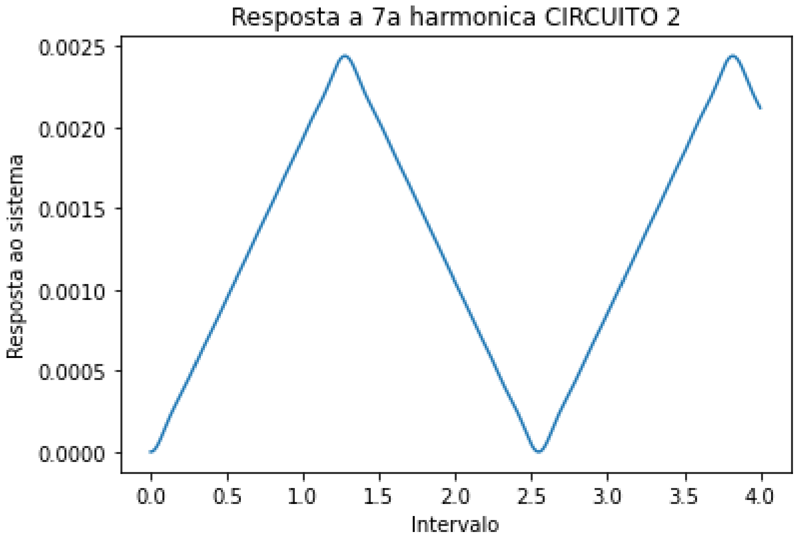

Resposta a onda quadrada CIRCUITO 2
Resposta ao sistema
Intervalo
0.00012
0.00010
0.00008
0.00006
0.00004
0.00002
0.00000
0
1
2
3
4
5

### Letra J,K,L e M


Resposta a 1a harmonica CIRCUITO 2
Resposta ao sistema
Intervalo
0.00200
0.00175
0.00150
0.00125
0.00100
0.00075
0.00050
0.00025
0.00000
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0


Resposta a 3a harmonica CIRCUITO 2
Resposta ao sistema
0.0020
0.0015
0.0010
0.0005
0.0000
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
Intervalo


Resposta a 5a harmonica CIRCUITO 2
Resposta ao sistema
0.0025
0.0020
0.0015
0.0010
0.0005
0.0000
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
Intervalo




## 1.3 Circuito 3

### Letra A

O terceiro circuito consiste em um RC paralelo. Esse circuito pode exercer papel de filtro de corrente. No caso, a corrente que queremos filtar é aquela que tem até $\omega = 10^6 rad/s$.

### Letra B

R = $10^4 \Omega$

C = $10^{-6} F$

### Letra C

Utilizando a lei de kirchoff das correntes e substituindo pelas correntes de seus respectivos componentes temos:

i(t) = V(t)$\cdot \frac{1}{R} + C \cdot \frac{\partial V(t)}{\partial t}$

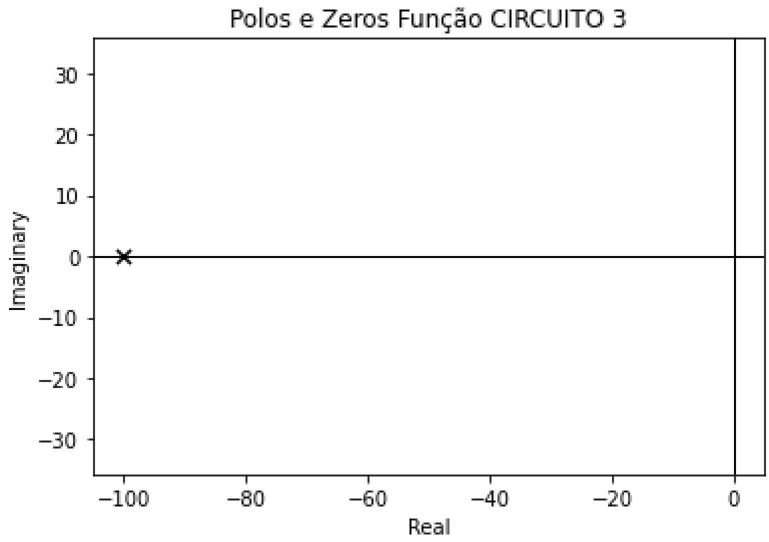
### Letra D

V(s)$\cdot I(s)^{-1} = C^{-1} \cdot \frac{1}{(RC)^{-1}+s}$

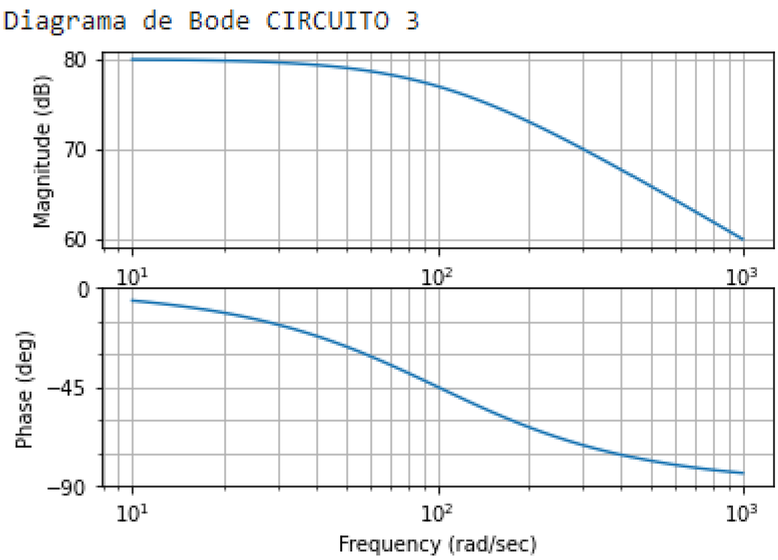
substituindo pelos componentes do circuito temos:

V(s)$\cdot I(s)^{-1} = 10^6 \cdot \frac{1}{10^2+s}$

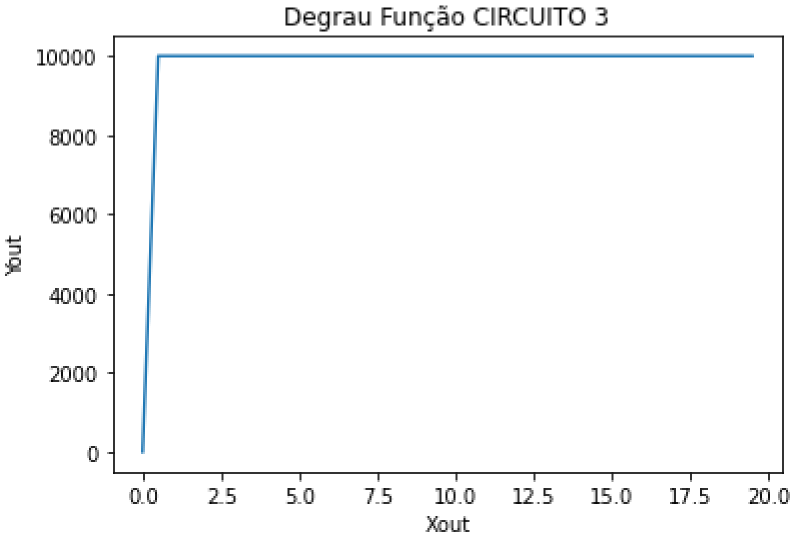
## Letra E



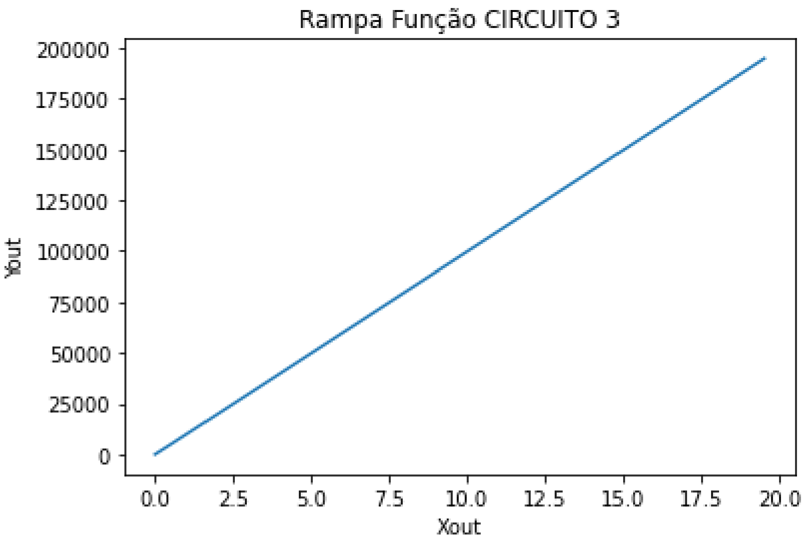

## Letra F



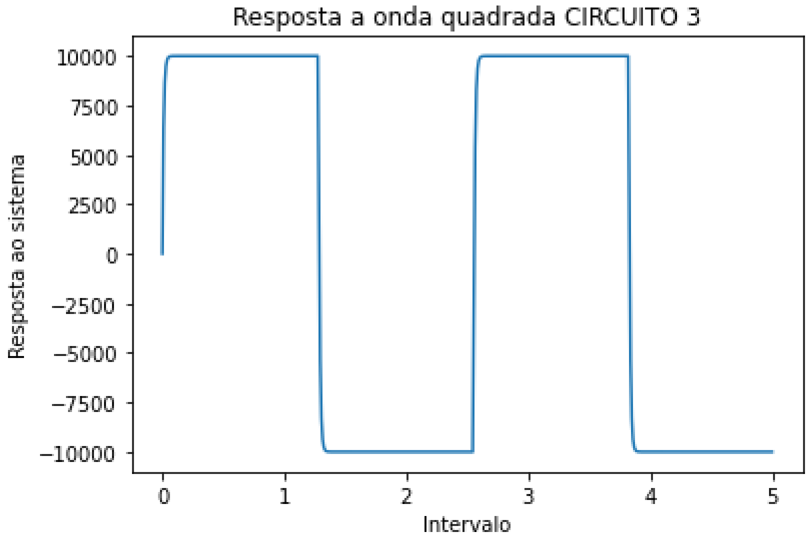

## Letra G



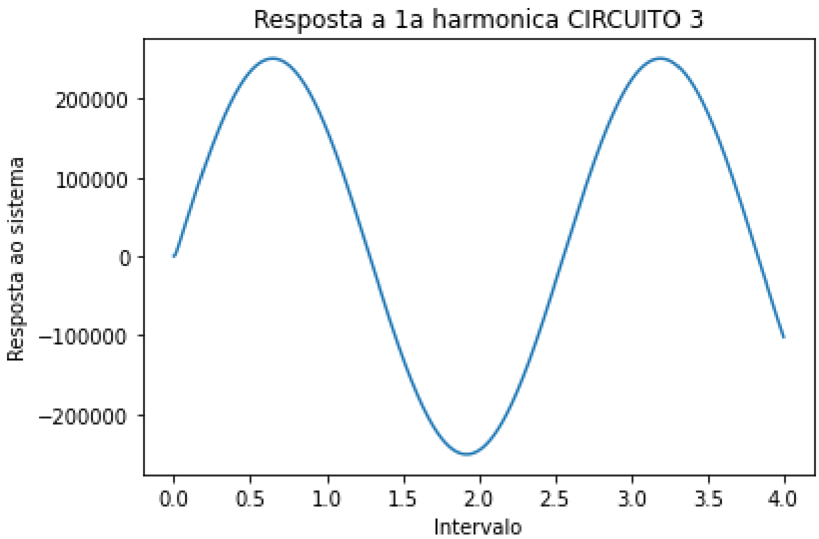

### Letra H

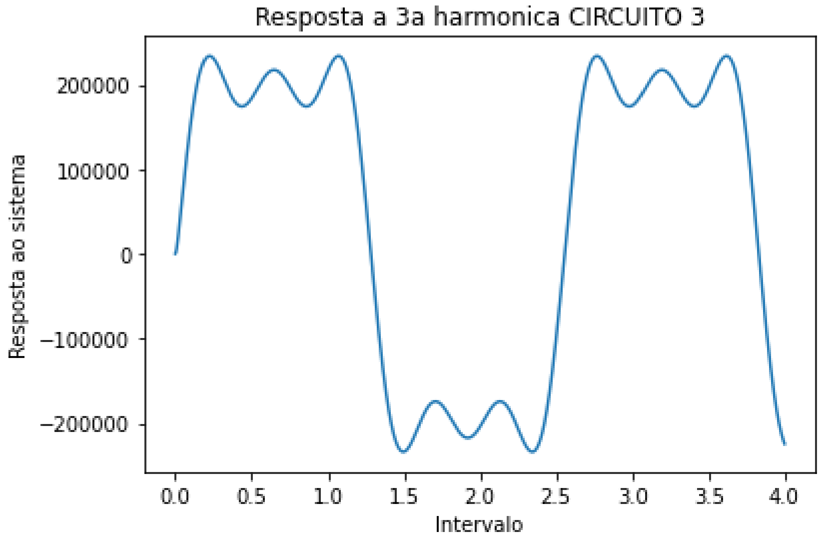


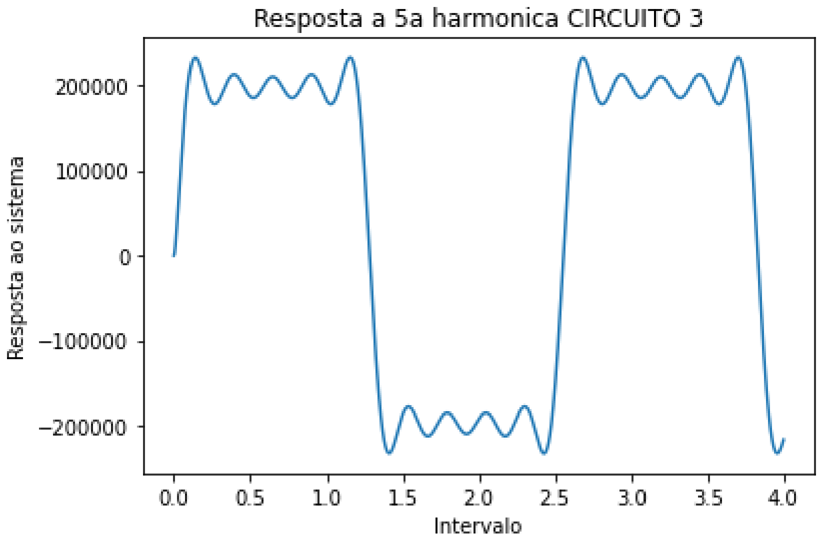

### Letra I

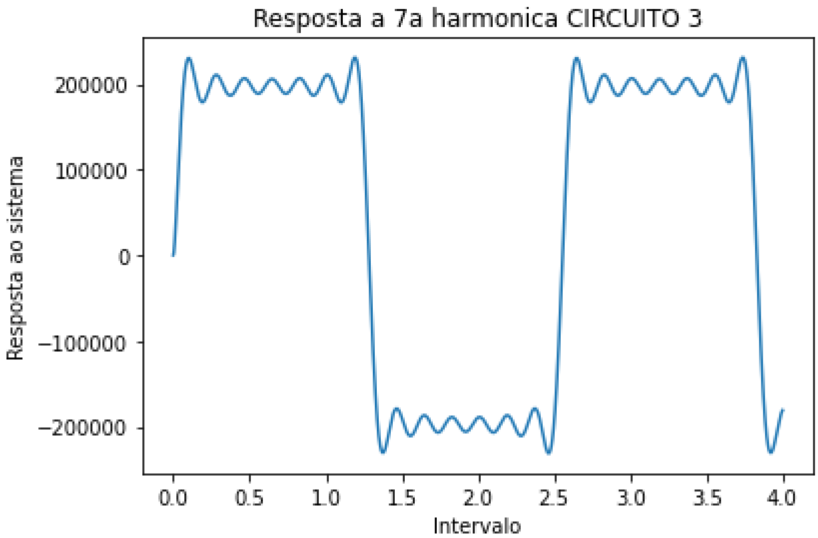

Resposta a onda quadrada CIRCUITO 3
10000
7500
5000
2500
0
−2500
−5000
−7500
−10000
Resposta ao sistema
0
1
2
3
4
5
Intervalo

## Letra J,K,L e M


Resposta a 1a harmonica CIRCUITO 3
200000
100000
0
−100000
−200000
Resposta ao sistema
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
Intervalo


Resposta a 3a harmonica CIRCUITO 3
200000
100000
0
−100000
−200000
Resposta ao sistema
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
Intervalo


Resposta a 5a harmonica CIRCUITO 3
200000
100000
0
−100000
−200000
Resposta ao sistema
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
Intervalo




## 1.4 Circuito 4

### Letra A

O circuito 4 consiste em um circuito RL paralelo. Assim como o paralelo de RC uma boa aplicação para o circuito RL é a filtragem de corrente. Nesse projeto queremos permitir passagem de corrente de ate $\omega = 0,7 rad/s$.

### Letra B

R = 10Ω

L = $10^{-3} H$

### Letra C

Analogamente ao RC paralelo ao aplicarmos a lei de kirfchoff da correntes temos:

$1 \cdot \frac{\partial i(t)}{\partial t} = R^{-1} \cdot \frac{\partial v(t)}{\partial t} + L^{-1} \cdot v(t)$

### Letra D

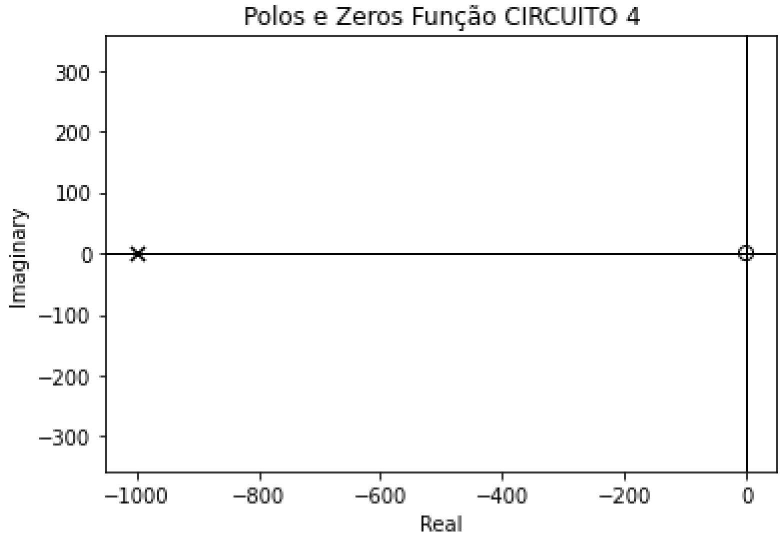
Aplicando a transformada de Laplace nos elementos e dividindo a saída pela entrada temos a função de transferência:

V(s)$\cdot I(s)^{-1} = Rs \cdot \frac{1}{s+RL^{-1}}$

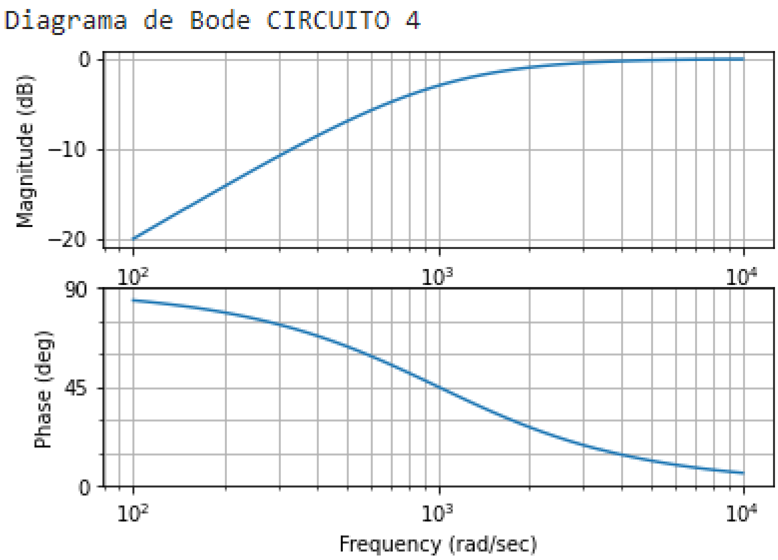
Substituindo os elementos:

$V(s) \cdot I(s)^{-1} = 10s \cdot \frac{1}{s+10^3}$

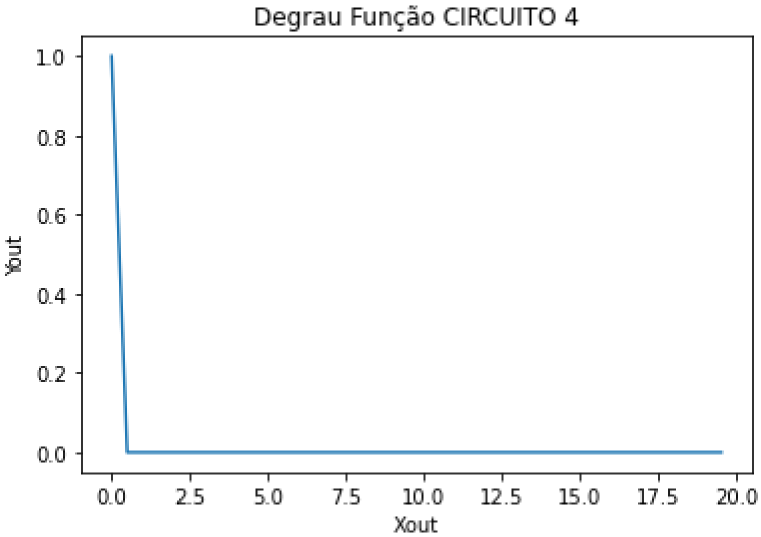
**Letra E**



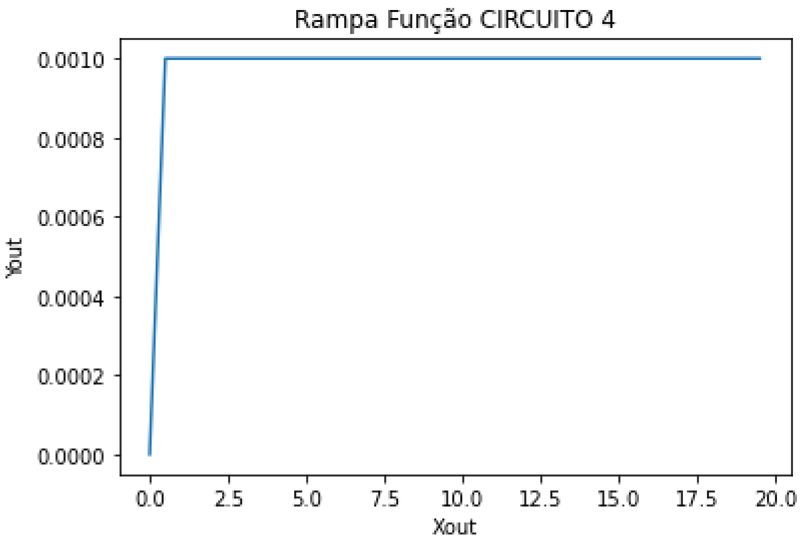

**Letra F**



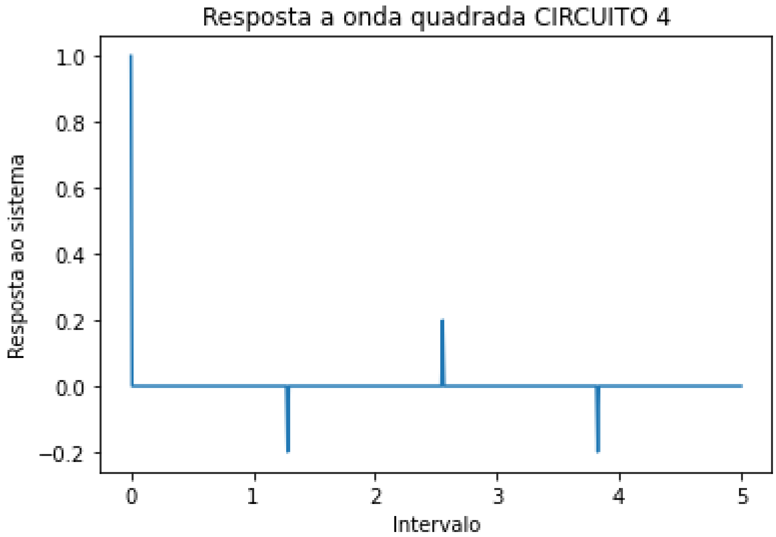
### Letra G



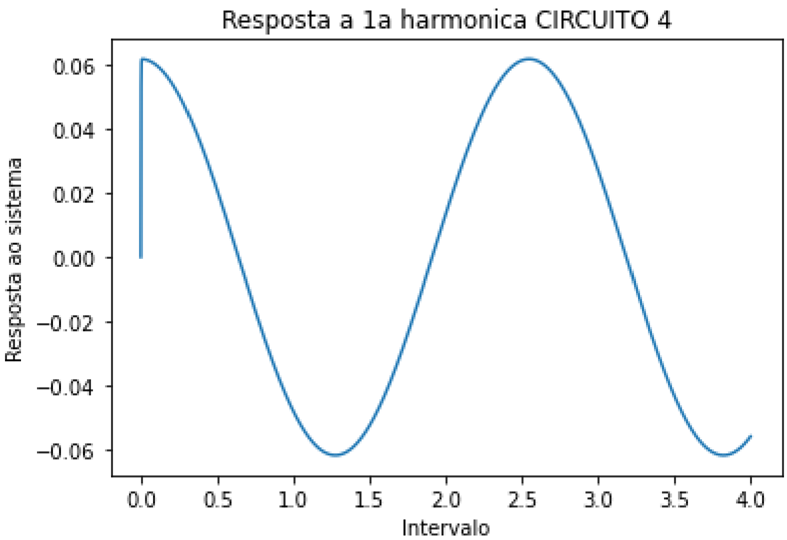

### Letra H

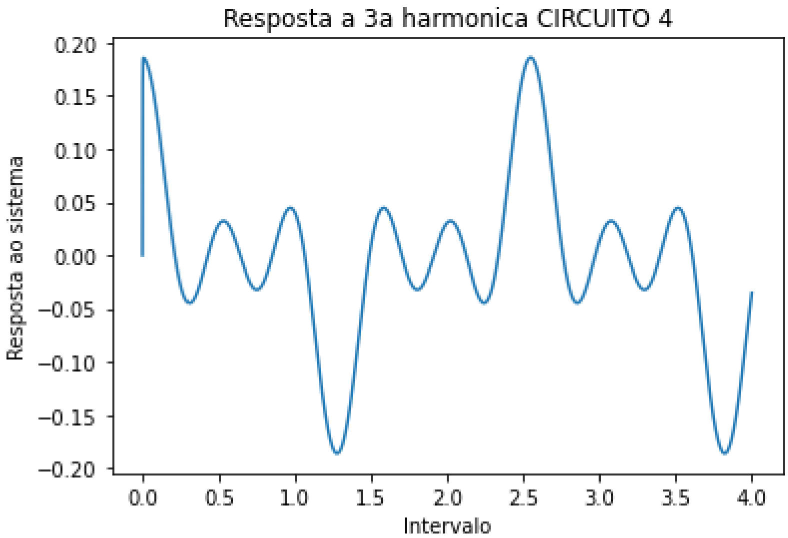


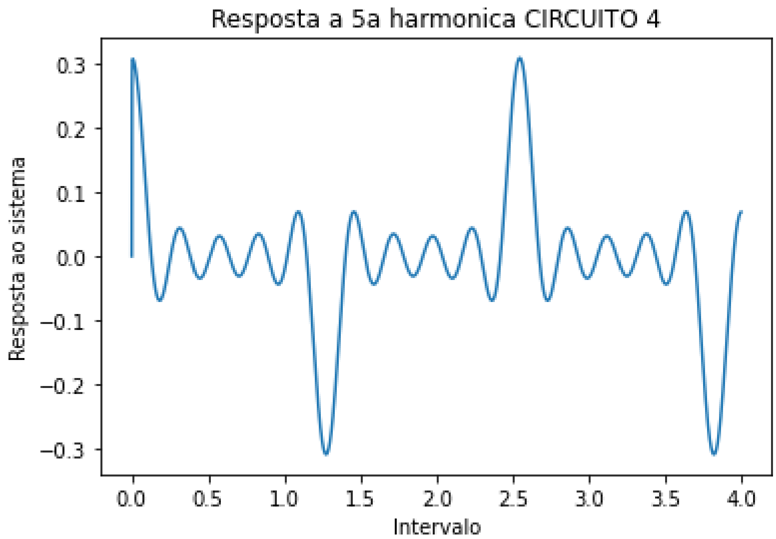

### Letra I

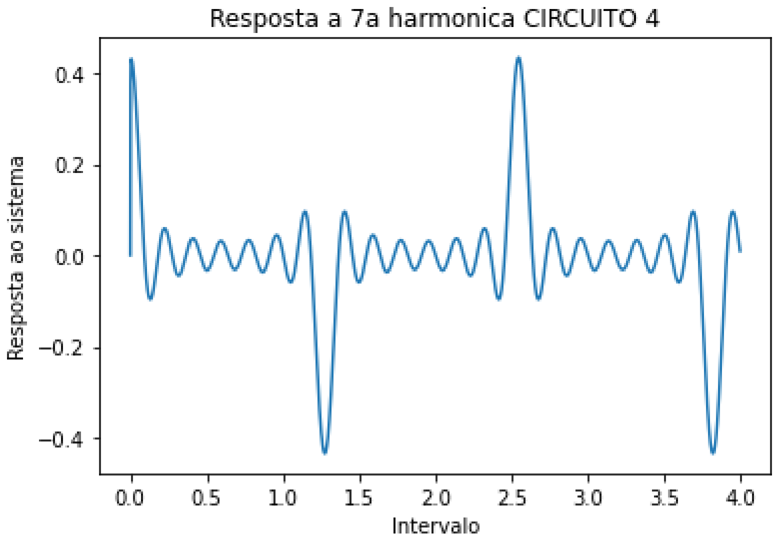

Resposta a onda quadrada CIRCUITO 4
Resposta ao sistema
Intervalo
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
−0.2
0
1
2
3
4
5

## Letra J,K,L e M


Resposta a 1a harmonica CIRCUITO 4
Resposta ao sistema
Intervalo
0.06
0.04
0.02
0.00
−0.02
−0.04
−0.06
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0


Resposta a 3a harmonica CIRCUITO 4
Resposta ao sistema
Intervalo
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
−0.05
−0.10
−0.15
−0.20
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0


Resposta a 5a harmonica CIRCUITO 4
Resposta ao sistema
Intervalo
0.3
0.2
0.1
0.0
−0.1
−0.2
−0.3
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0




## 1.5 Circuito 5

### Letra A

O circuito 5 consiste em um circuito RCL paralelo. Uma boa aplicação para este circuito é a de filtro passa-faixa. Esse filtro permiti a passagem de frequência de valores presentes em uma faixa determinada.

### Letra B

L = 1,5$\cdot 10^{-3} H$

R = 1$\Omega$

C = 1F

### Letra C

EDO do circuito aplicando lei de kirchoff das correntes:

$1 \cdot \frac{\partial i(t)}{\partial t} = R^{-1} \cdot \frac{\partial v(t)}{\partial t} + C \cdot \frac{\partial^2 v(t)}{\partial t^2} + L^{-1} \cdot v(t)$

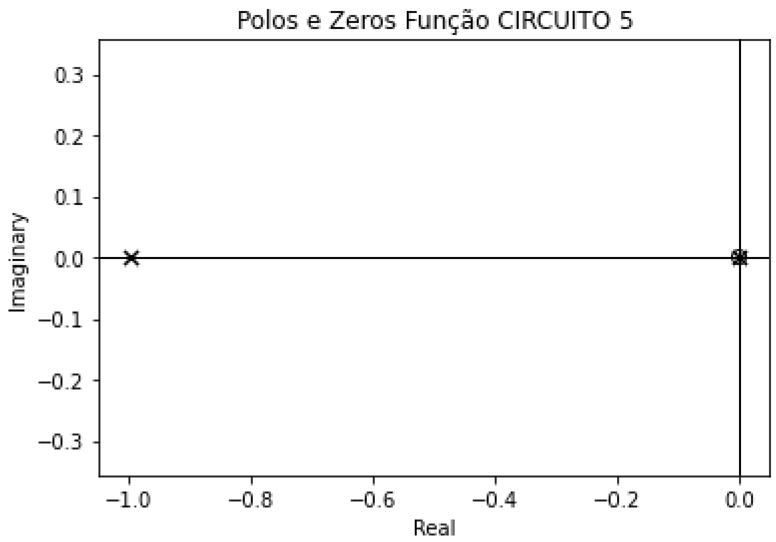
### Letra D

A função de transferência:

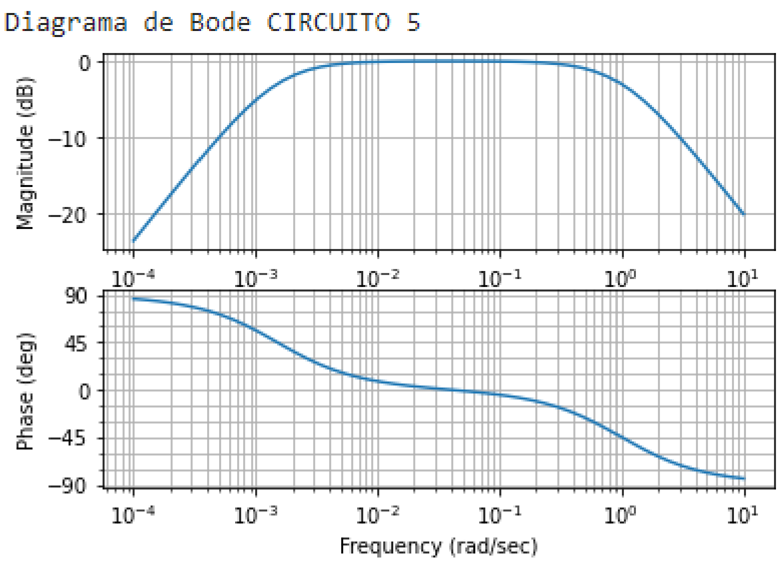
V(s)$\cdot I(s)^{-1} = C^{-1} \cdot \frac{s}{s^2 + s \cdot (CR)^{-1} + (CL)^{-1}}$

$V(s) \cdot I(s)^{-1} = 1 \cdot \frac{s}{s^2+s+1{,}5^{-3}}$

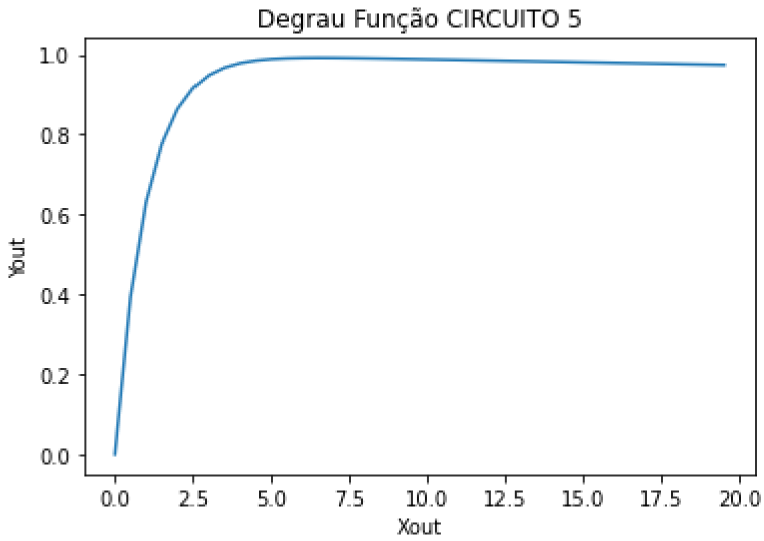
**Letra E**



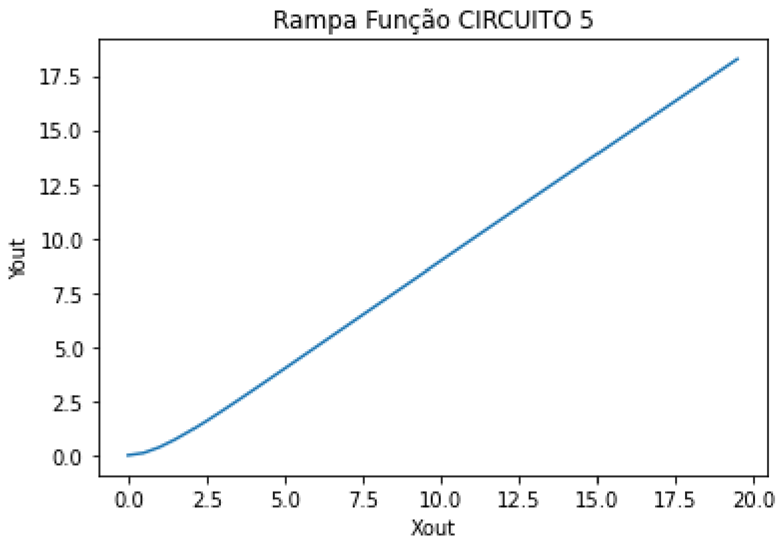

**Letra F**



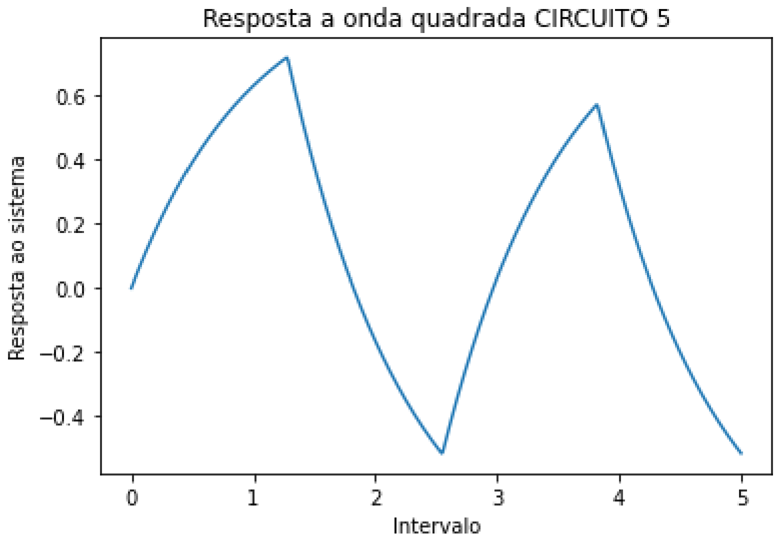
### Letra G



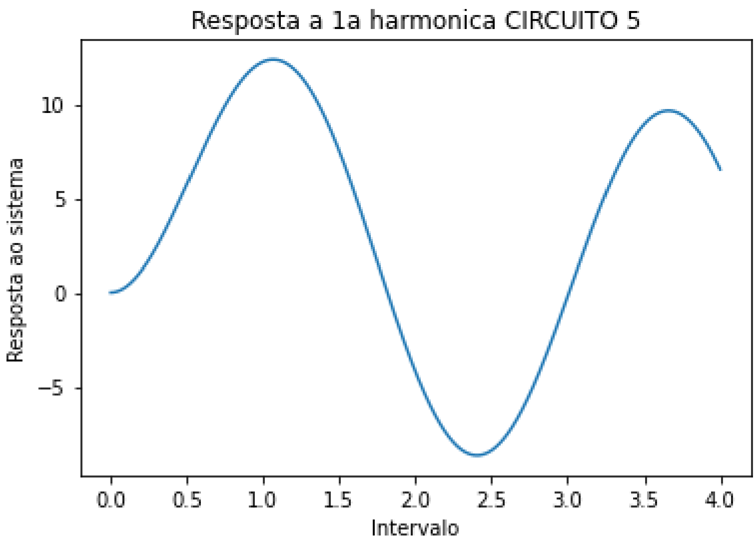

### Letra H

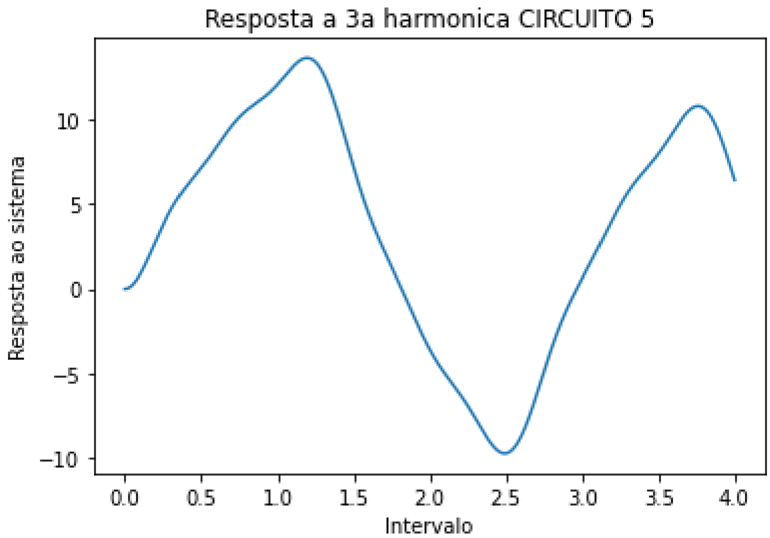


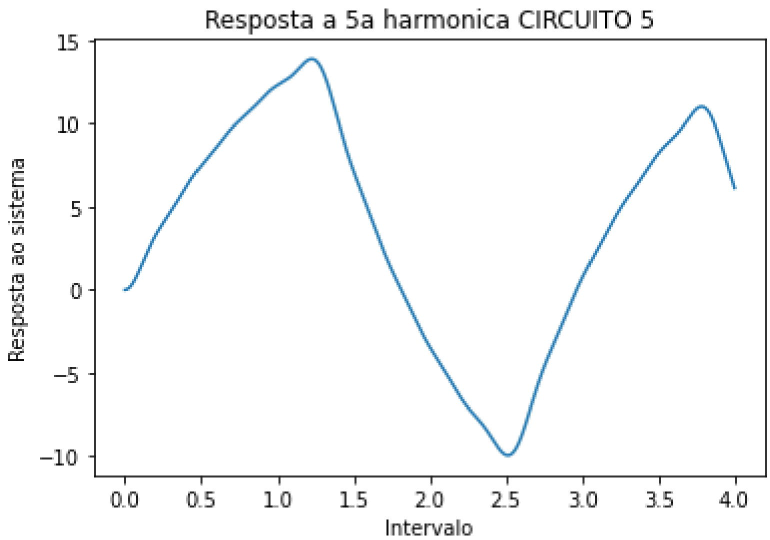

### Letra I

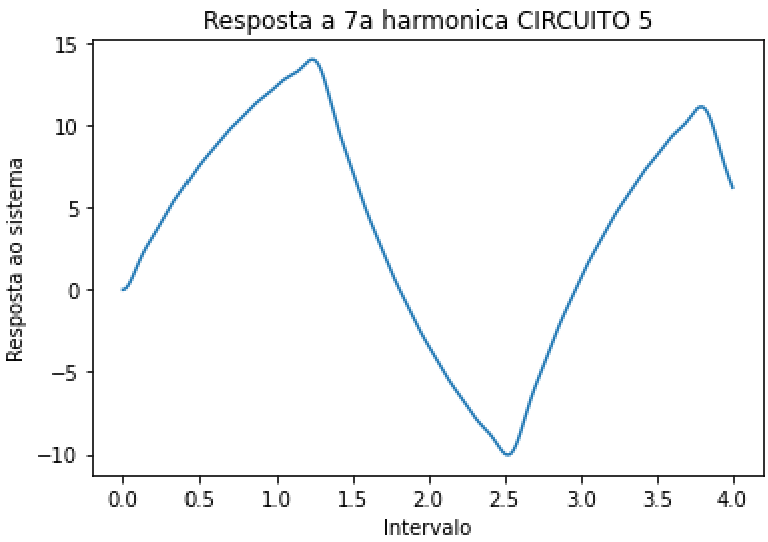

Resposta a onda quadrada CIRCUITO 5
Resposta ao sistema
Intervalo
0.6
0.4
0.2
0.0
−0.2
−0.4
0
1
2
3
4
5

### Letra J,K,L e M


Resposta a 1a harmonica CIRCUITO 5
Resposta ao sistema
Intervalo
10
5
0
−5
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0


Resposta a 3a harmonica CIRCUITO 5
Resposta ao sistema
Intervalo
10
5
0
−5
−10
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0


Resposta a 5a harmonica CIRCUITO 5
Resposta ao sistema
Intervalo
15
10
5
0
−5
−10
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0




## 1.6 Circuito 6

### Letra A

O circuito 6 consiste em um RCL em série. Assim como no circuito anterior uma boa aplicação comercial para este circuito é a do filtro paassa-faixa.

### Letra B

L = 1,5·$10^{-3}H$

R = 1Ω

C = 1F

### Letra C

Aplicando a lei de kirchoff das tensões temos a EDO:

$1 \cdot \frac{\partial v(t)}{\partial t} = L \cdot \frac{\partial^2 i(t)}{\partial t^2} + R \cdot \frac{\partial i(t)}{\partial t} + C^{-1} \cdot i(t)$

### Letra D

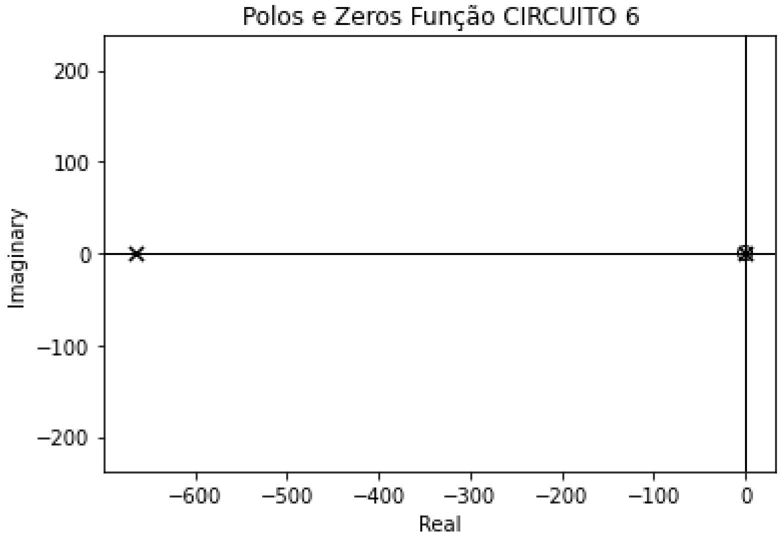
Aplicando a transformada de Laplace temos:

I(s)·$V(s)^{-1} = L^{-1} \cdot \frac{s}{s^2+R \cdot L^{-1}+C \cdot L^{-1}}$

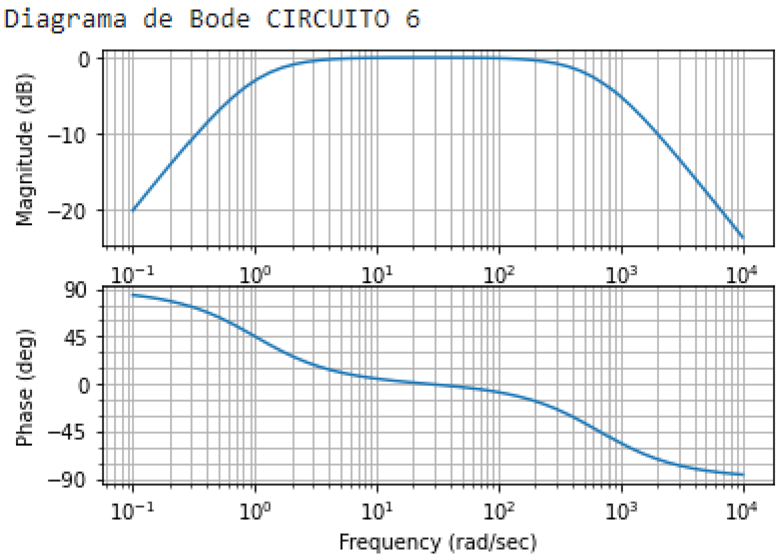
substituindo os valores:

I(s)$\cdot V(s)^{-1} = 1,5^{-3} \cdot \frac{s}{s^2+1,5\cdot10^3+1,5\cdot10^{-3}}$

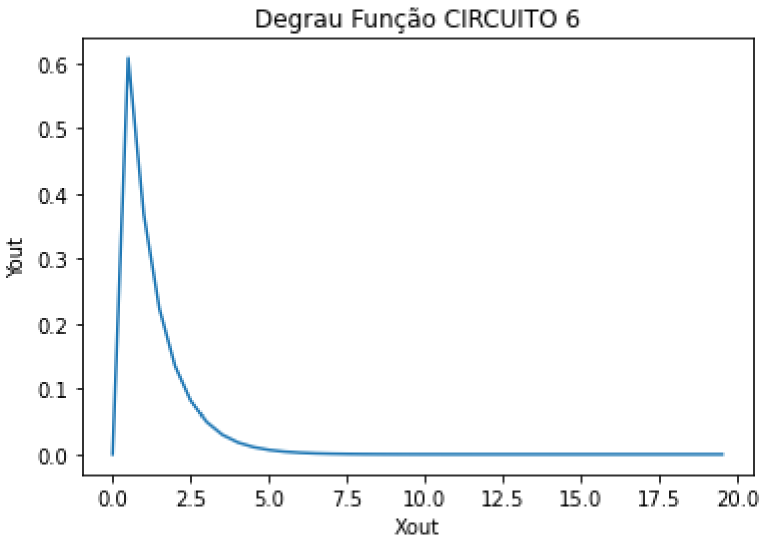
**Letra E**



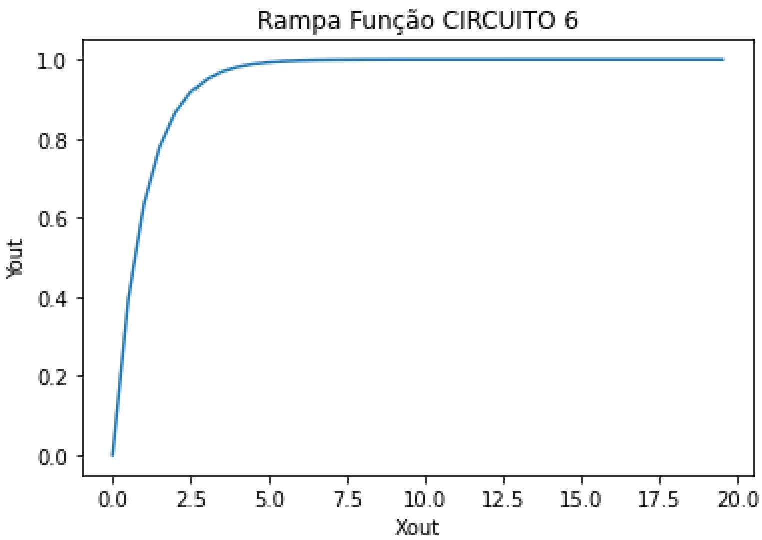

**Letra F**



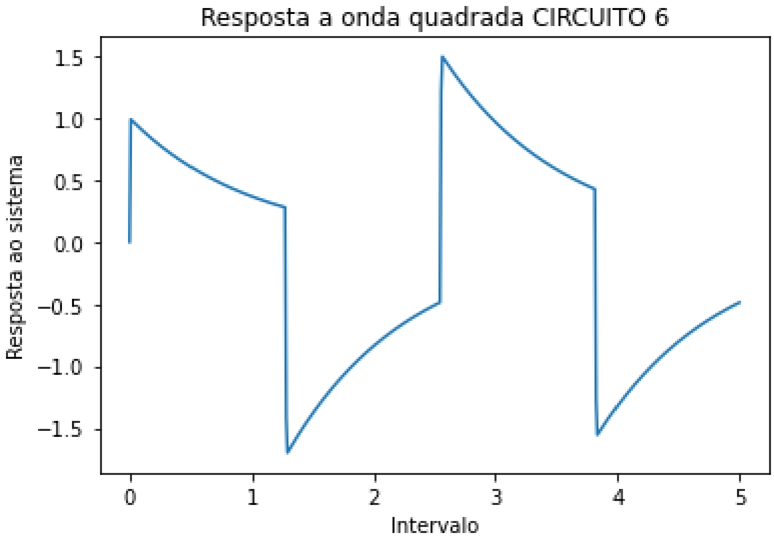
### Letra G



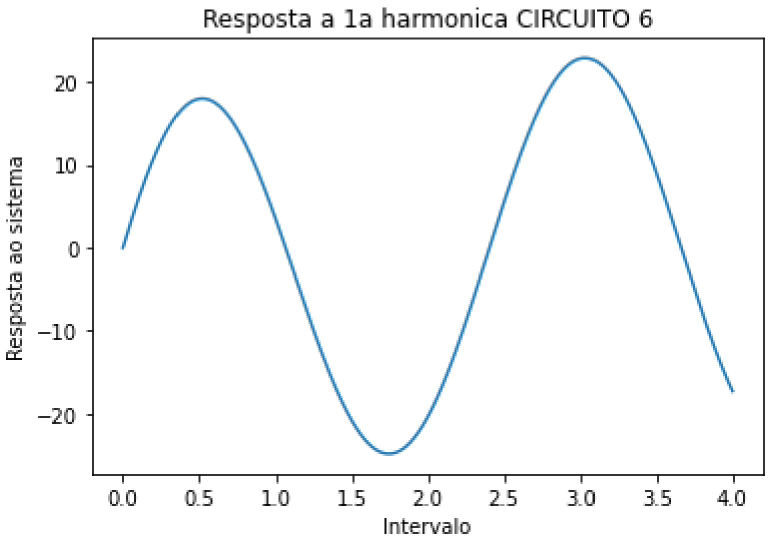

### Letra H

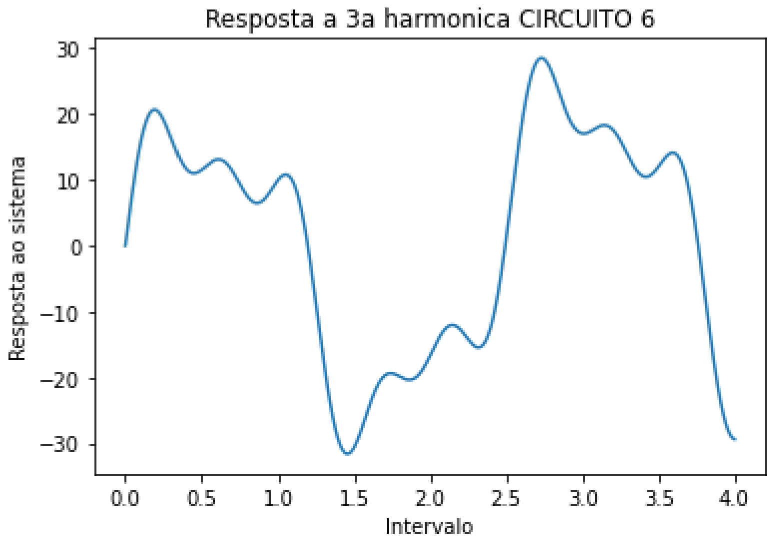


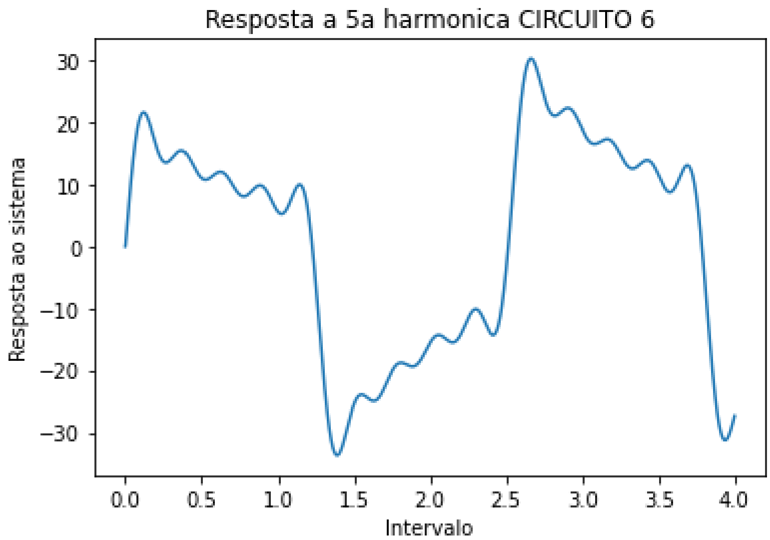

### Letra I

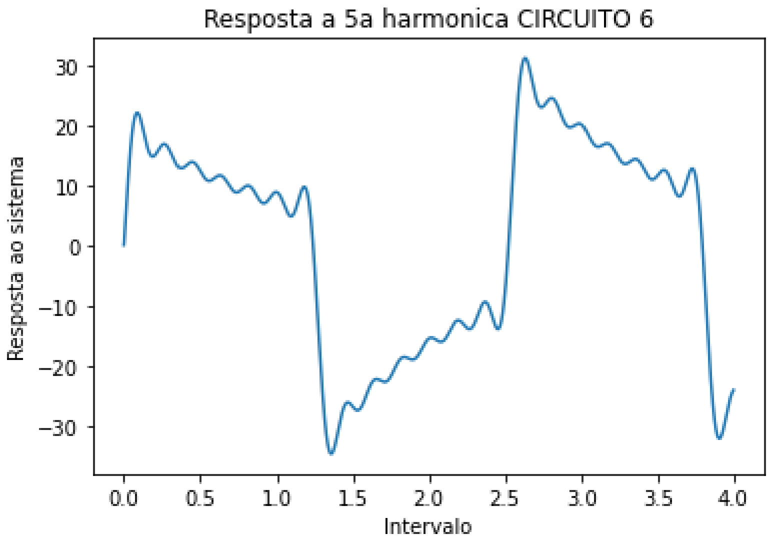

Resposta a onda quadrada CIRCUITO 6
Resposta ao sistema
Intervalo
1.5
1.0
0.5
0.0
−0.5
−1.0
−1.5
0
1
2
3
4
5

### Letra J,K,L e M


Resposta a 1a harmonica CIRCUITO 6
Resposta ao sistema
Intervalo
20
10
0
−10
−20
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0


Resposta a 3a harmonica CIRCUITO 6
Resposta ao sistema
Intervalo
30
20
10
0
−10
−20
−30
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0


Resposta a 5a harmonica CIRCUITO 6
Resposta ao sistema
Intervalo
30
20
10
0
−10
−20
−30
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0




# 2 Questão 2

Tendo por DRE = 118044310, os valores dos coeficientes do Diagrama de Blocos foram A = 8; B = 12; C = 4; e D = 5;

## 2.1 Letra A

A análise do Diagrama de Blocos nos retorna:

x'(t)=Ax(t)+Bu(t)

y(t)=Cx(t)+Du(t)

Ao utilizar a transformada de Laplace nas equações encontramos por

y(t) como Y(s) = CX(s)+DU(s)

x'(t) como sX(s) = AX(s)+BU(s).

Temos que sX(s)-AX(s)= BU(s) nos retorna X(s) = U(s)$\cdot\frac{B}{s-A}$

Com isso temos que Y(s) = CX(s)+DU(s) $\rightarrow Y(s) = U(s) \cdot \frac{CB}{s-A} + DU(s)$

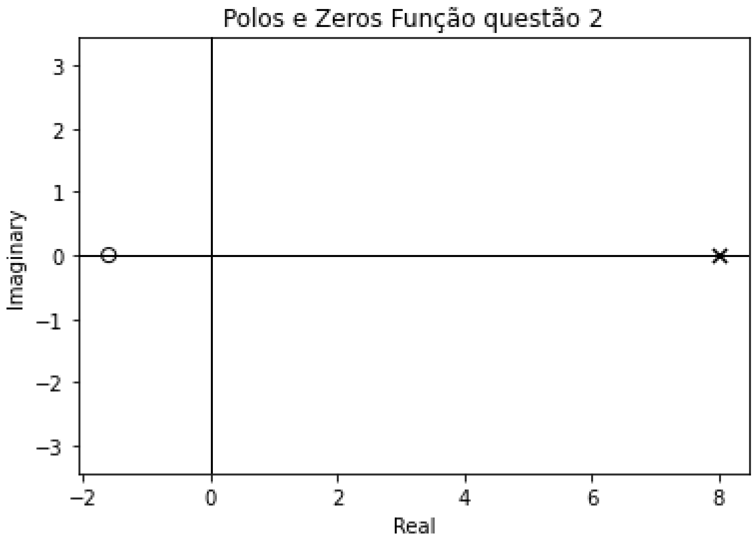
A função de transferência será Y(s)$\cdot\frac{1}{U(s)} = \frac{CB}{s-A} + D$

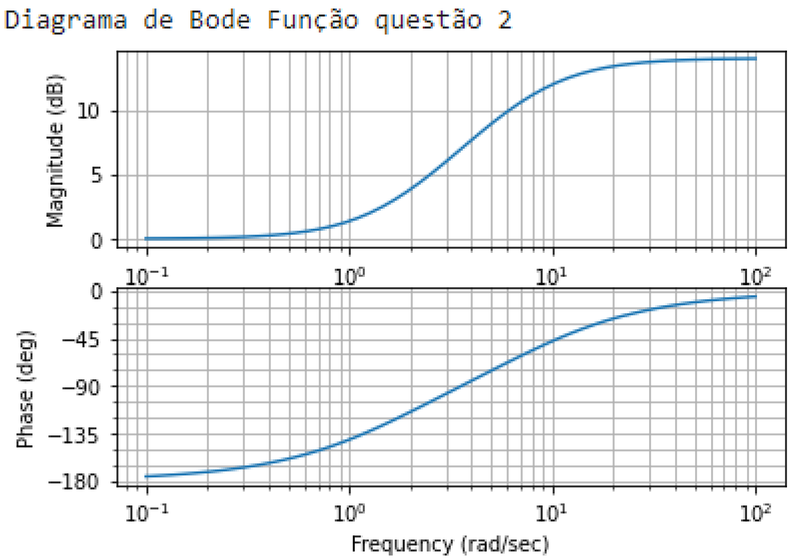
Substituindo os valores dos coficientes temos:

Y(s)$\cdot\frac{1}{U(s)} = (5s+8)\cdot\frac{1}{s-8}$

## 2.2 Letra B e C

Os diagramas de Polos e zeros e de Bode da função de transferência.



## 2.3 Letra D e E

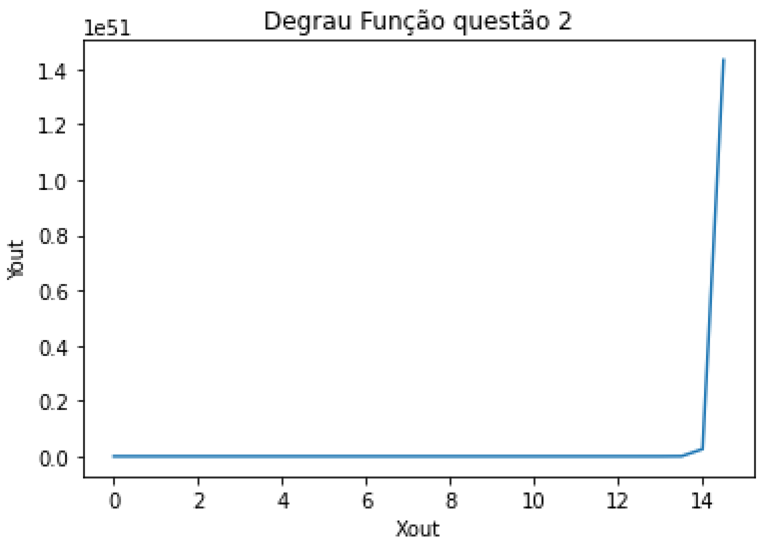
Substituindo os valores do diagrama de blocos nas equações encontradas no item acima temos:

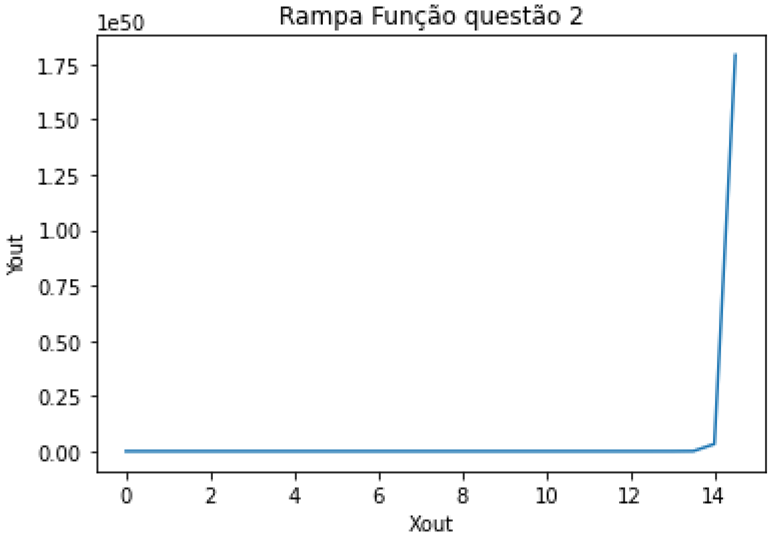
x'(t) = 8x(t)+12u(t)

y(t) = 4x(t)+ 5u(t)

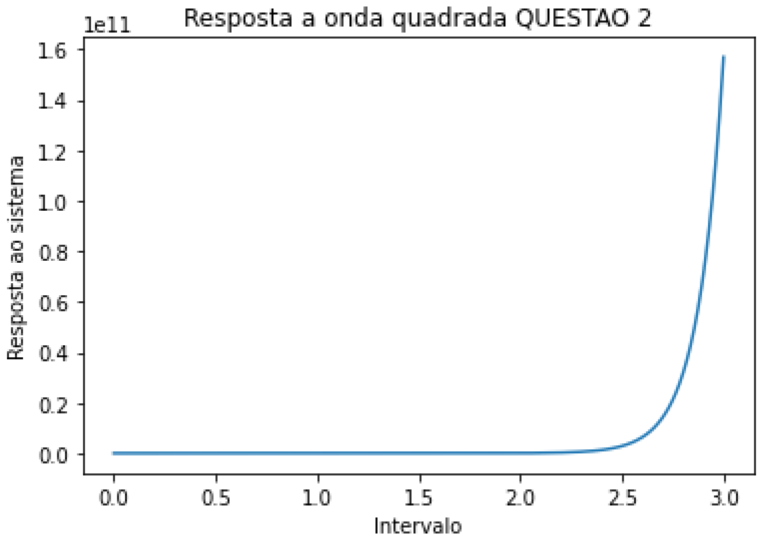
## 2.4 Letra F e G

As respostas ao Degrau unitário e a Rampa unitária são:

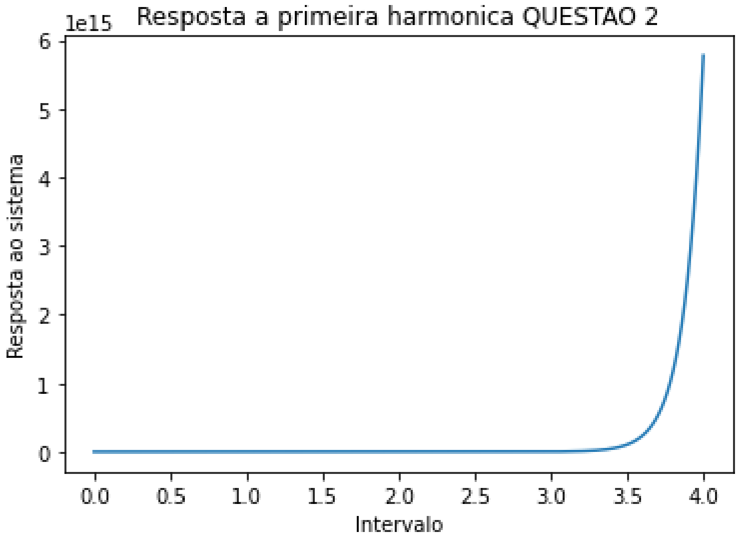


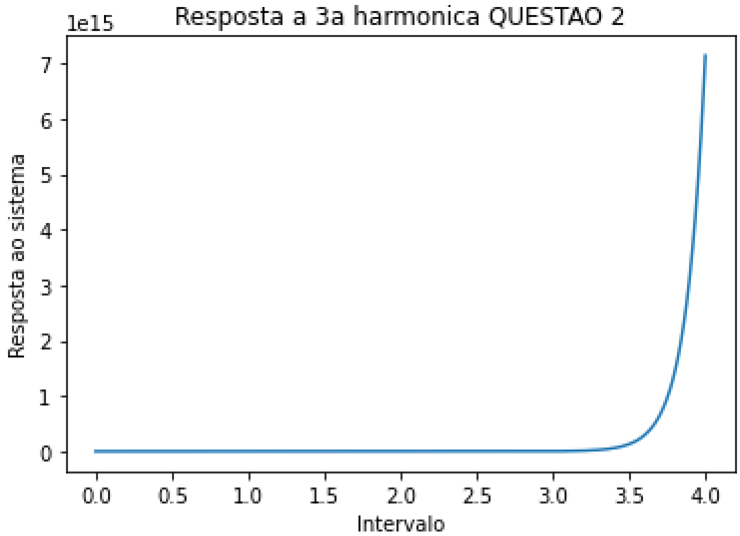

Rampa Função questão 2
1e50
1.75
1.50
1.25
1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
Yout
0
2
4
6
8
10
12
14
Xout

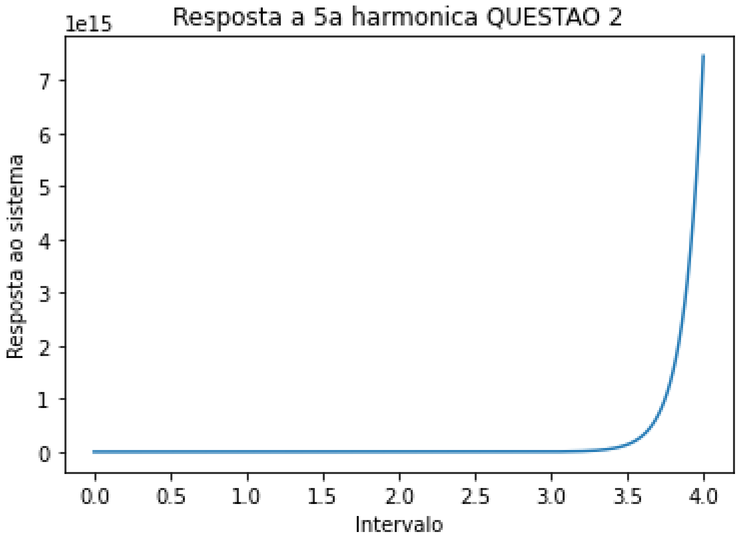
## 2.5 letra H

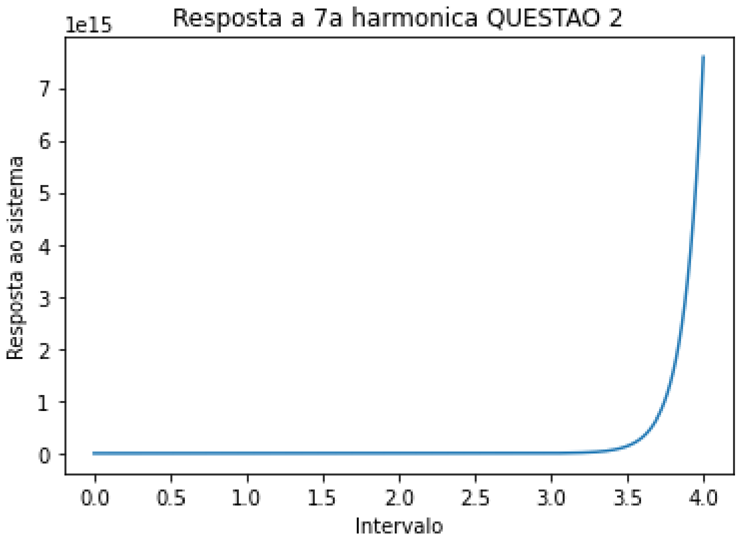

Resposta a onda quadrada QUESTAO 2
1e11
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
Resposta ao sistema
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
Intervalo

## 2.6 Letra I, J, K e L






# 3 Questão 3

Para encontrarmos a EDO de uma função de transferência sabemos que:

H(s) = Y(s)$\cdot\frac{1}{X(s)}$

## 3.1 Função 1

Para a função de transferência H(s) = (1+$\alpha s$) $\cdot$ $\frac{1}{s^2+2s+2}$

(1+$\alpha s$) $\cdot$ $\frac{1}{s^2+2s+2}$ $= Y(s) \cdot \frac{1}{X(s)}$

multiplicando os termos de maneira cruzada temos:

(s$^2$ $+ 2s + 2) \cdot Y(s) = (1 + \alpha s)X(s)$

Aplicando a transformada inversa de Laplace encontramos:

y"(t)+2y'(t)+2y(t)=$\alpha x'(t) + x(t)$

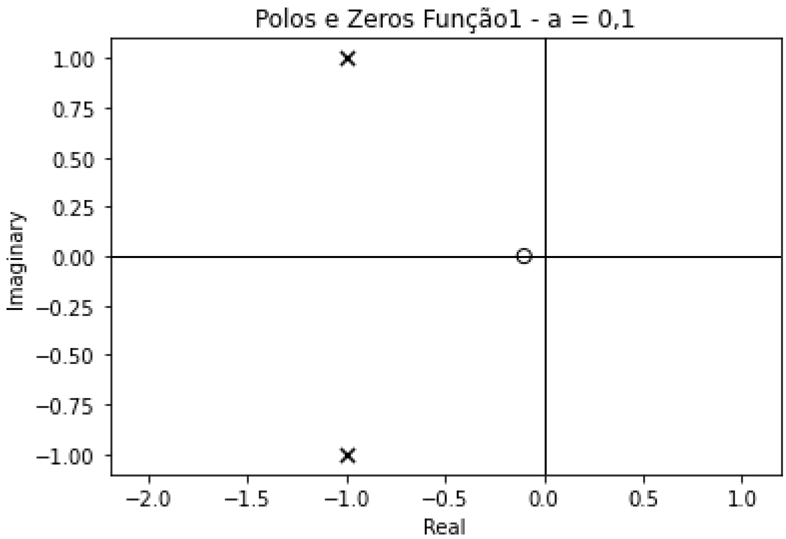
### 3.1.1 Para $\alpha = 0.1$

**Letra A:** EDO

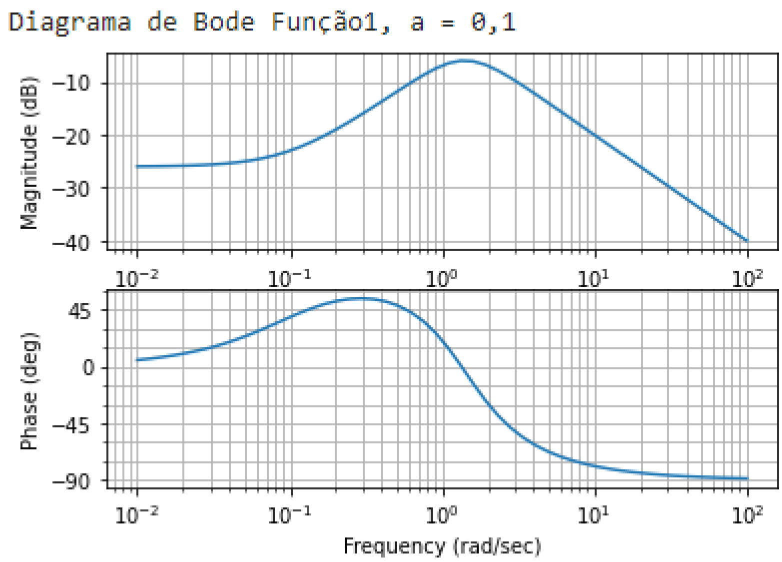
A função de transferência é H(s) = (1+0.1s)$\cdot\frac{1}{s^2+2s+2}$

y"(t)+2y'(t)+2y(t) = 0.1x'(t)+x(t)

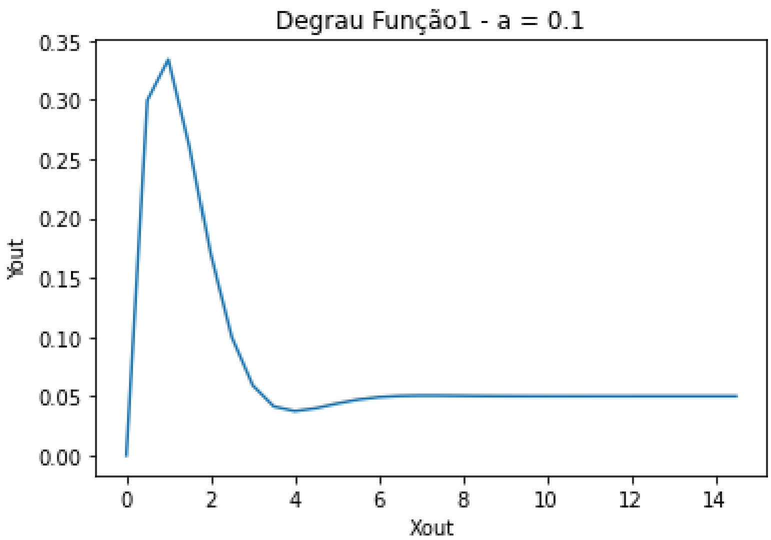
**Letra B:** Diagrama de Polos e zeros



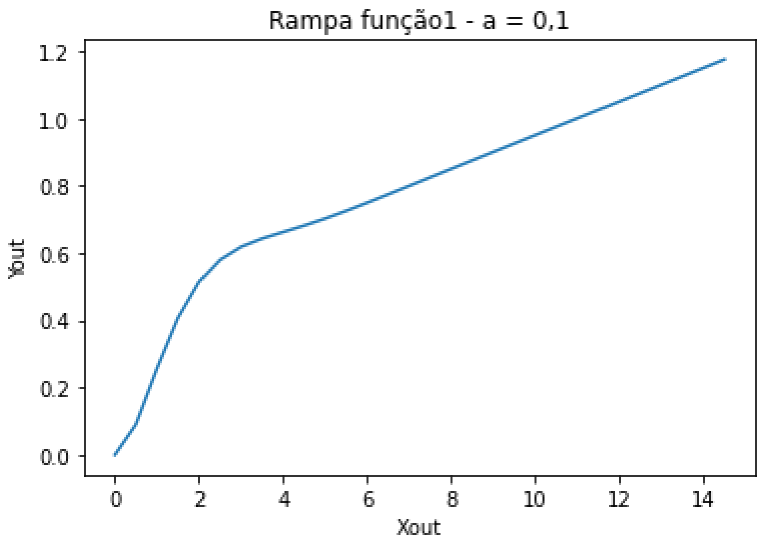

**Letra C:** Diagrama de Bode



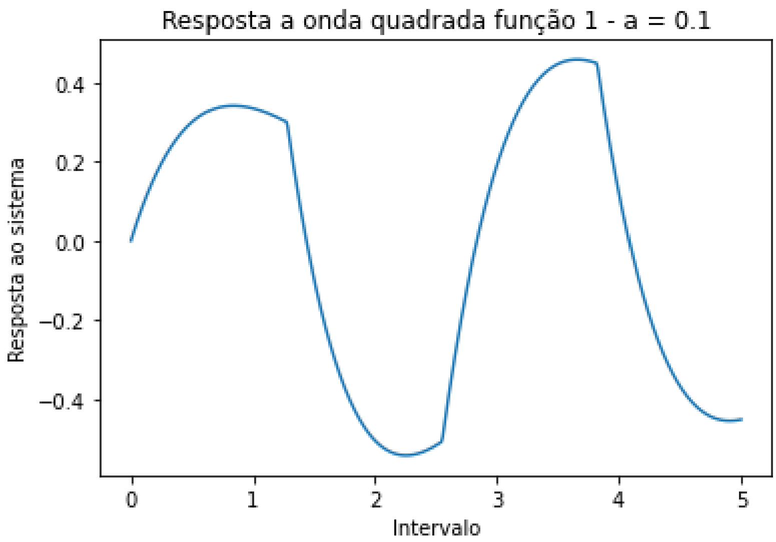

**Letra D:** Resposta ao degrau unitátio



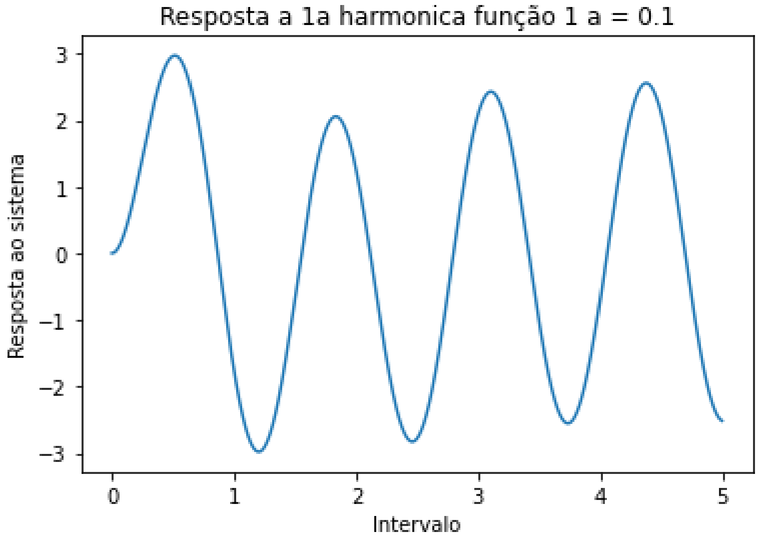

**Letra E:** Resposta a rampa unitária

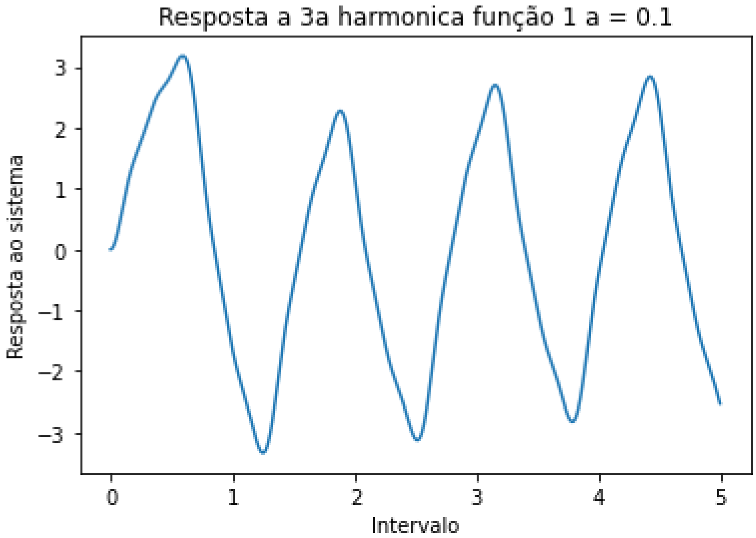


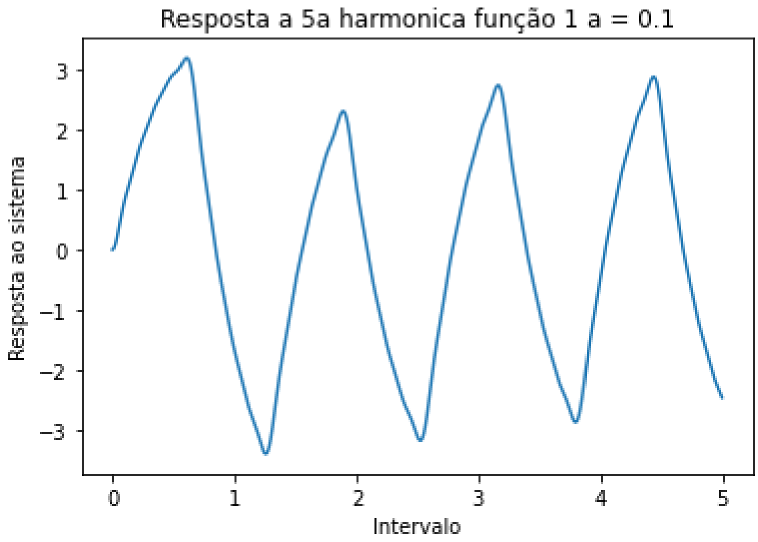

**Letra F:** Resposta a onda quadrada

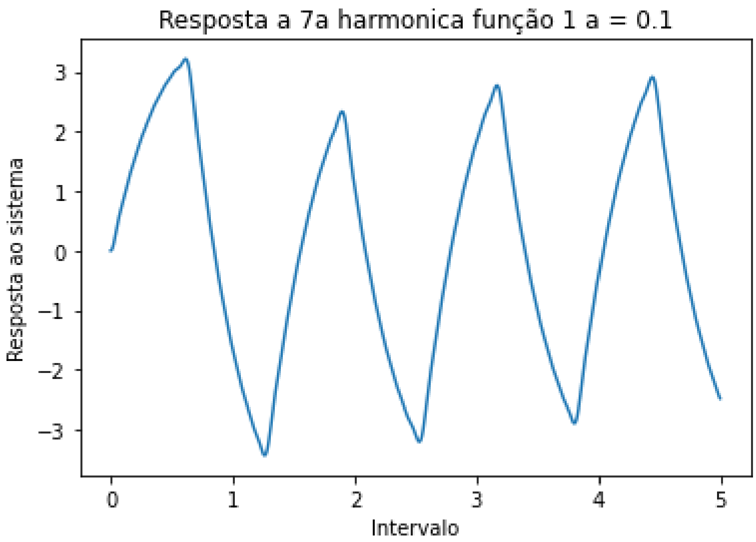



**Letra G, H, I e J:** Harmonicas


Resposta a 1a harmonica função 1 a = 0.1
Resposta ao sistema
Intervalo
3
2
1
0
−1
−2
−3
0
1
2
3
4
5


Resposta a 3a harmonica função 1 a = 0.1
Resposta ao sistema
Intervalo
3
2
1
0
−1
−2
−3
0
1
2
3
4
5



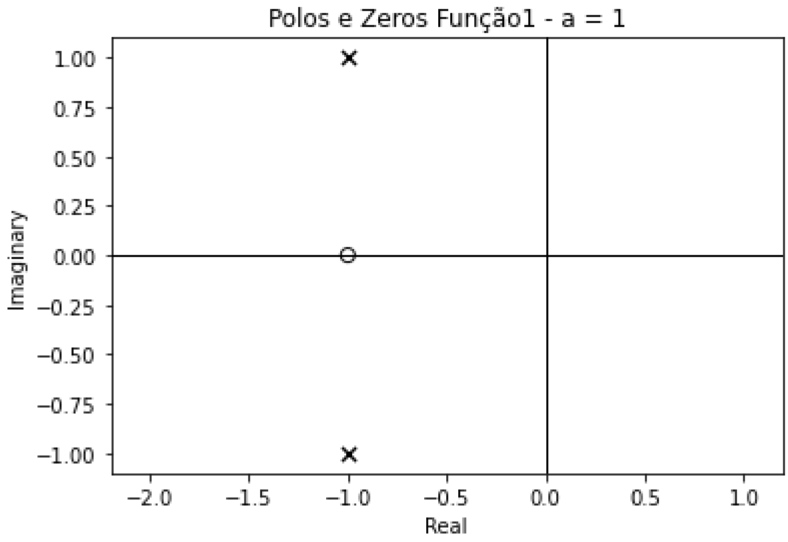




#### 3.1.2 Para $\alpha = 1$

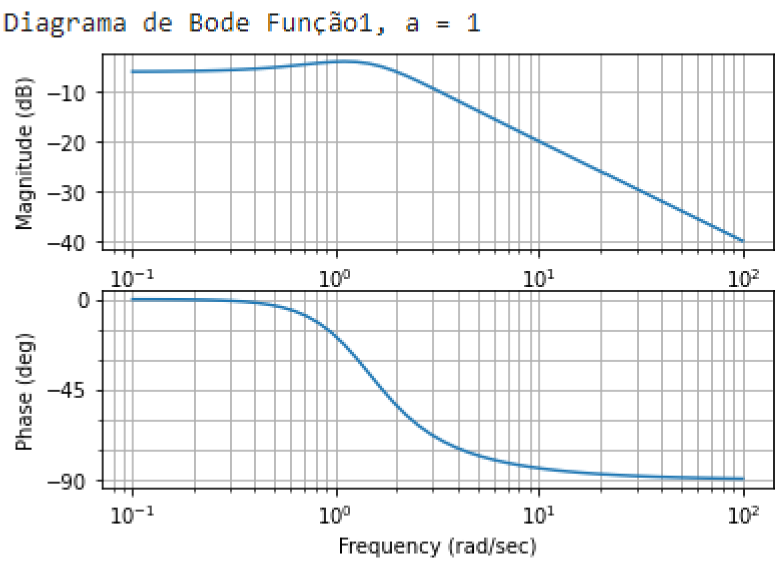
**Letra A:** EDO A função de transferência é H(s) = (1+1s)$\cdot\frac{1}{s^2+2s+2}$

y"(t)+2y'(t)+2y(t) = x'(t)+x(t)

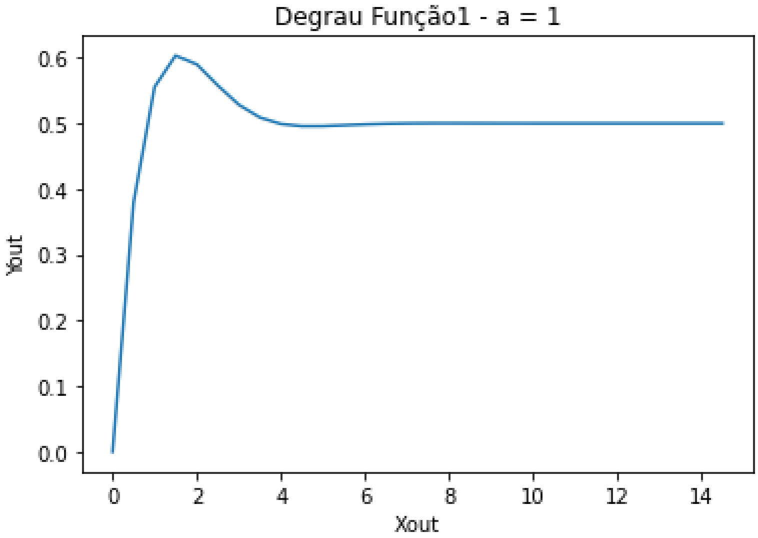
**Letra B:** Diagrama de Polos e zeros



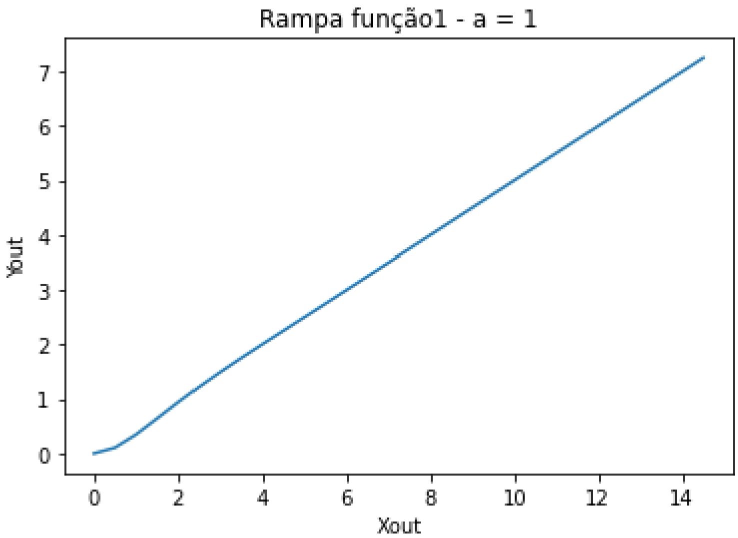

**Letra C:** Diagrama de Bode



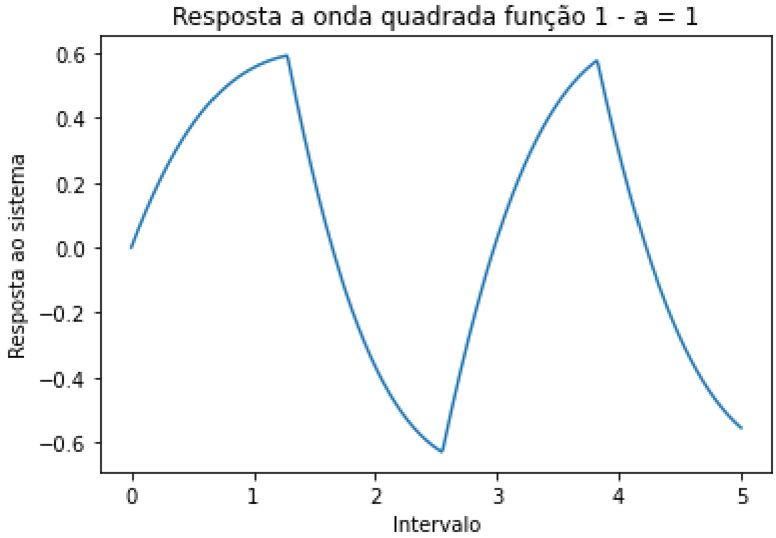

**Letra D:** Resposta ao degrau unitátio



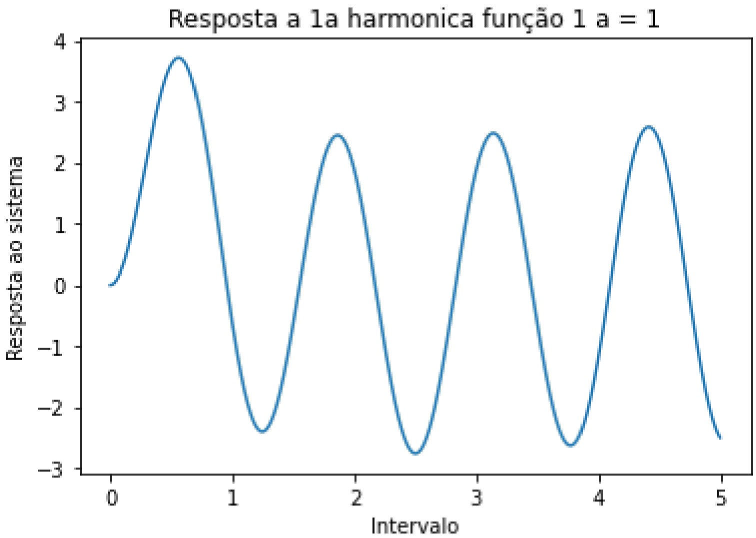

**Letra E:** Resposta a rampa unitária




**Letra F:** Resposta a onda quadrada

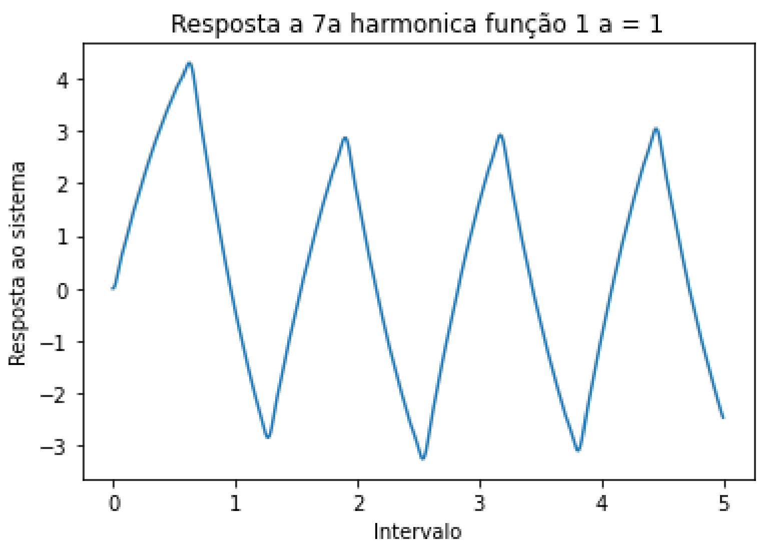



**Letra G, H, I e J:** Harmonicas




Resposta a 3a harmonica função 1 a = 1
Resposta ao sistema
Intervalo
4
3
2
1
0
−1
−2
−3
0
1
2
3
4
5


Resposta a 5a harmonica função 1 a = 1
Resposta ao sistema
Intervalo
4
3
2
1
0
−1
−2
−3
0
1
2
3
4
5

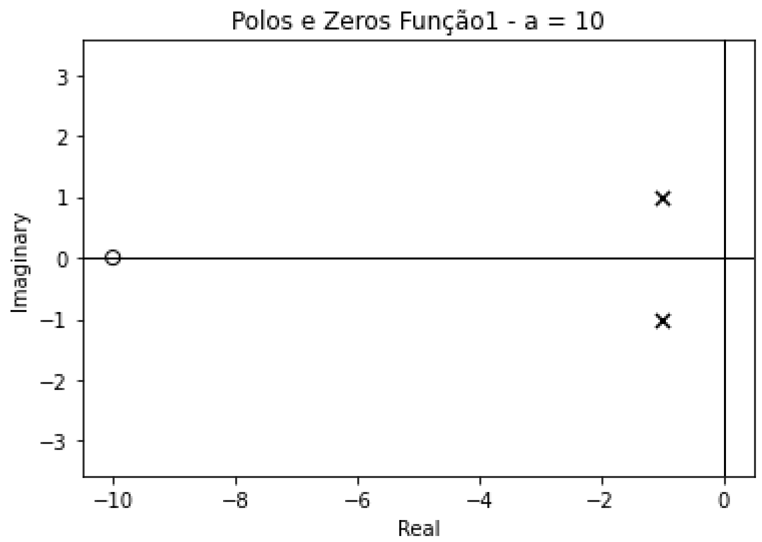



### 3.1.3 Para $\alpha = 10$

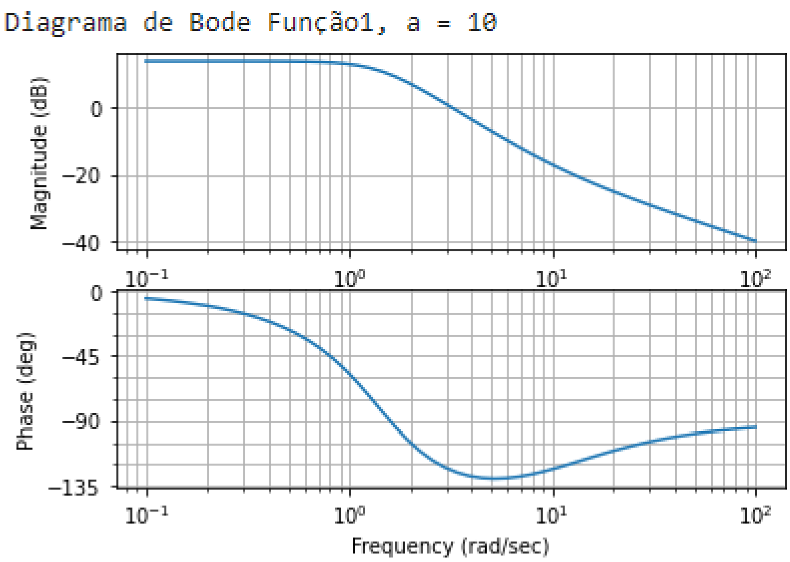
**Letra A:** EDO A função de transferência é H(s) = (1+10s)$\cdot\frac{1}{s^2+2s+2}$

y"(t)+2y'(t)+2y(t) = 10x'(t)+x(t)

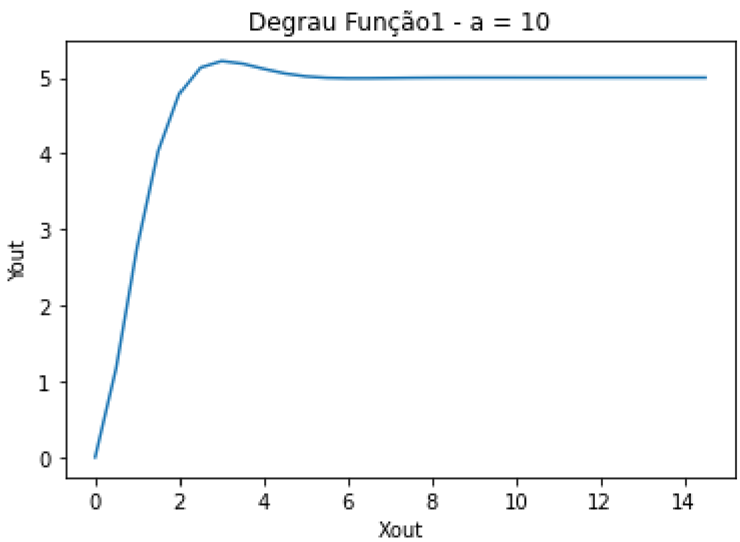
**Letra B:** Diagrama de Polos e zeros



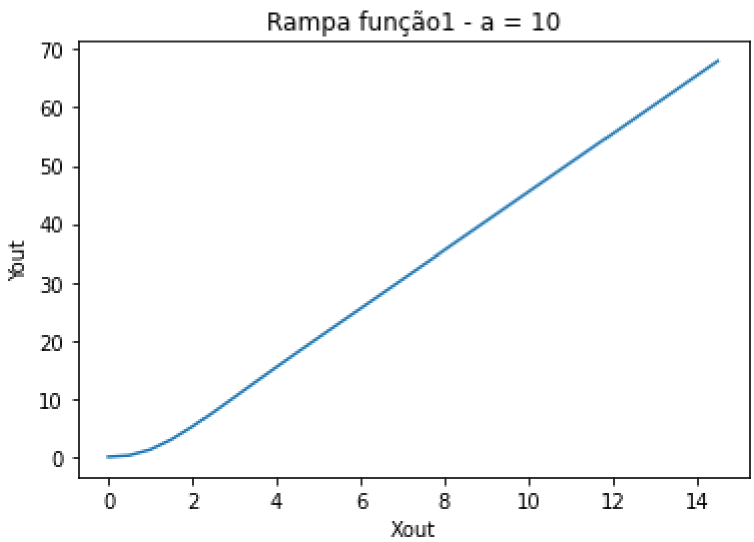
**Letra C:** Diagrama de Bode




**Letra D:** Resposta ao degrau unitátio

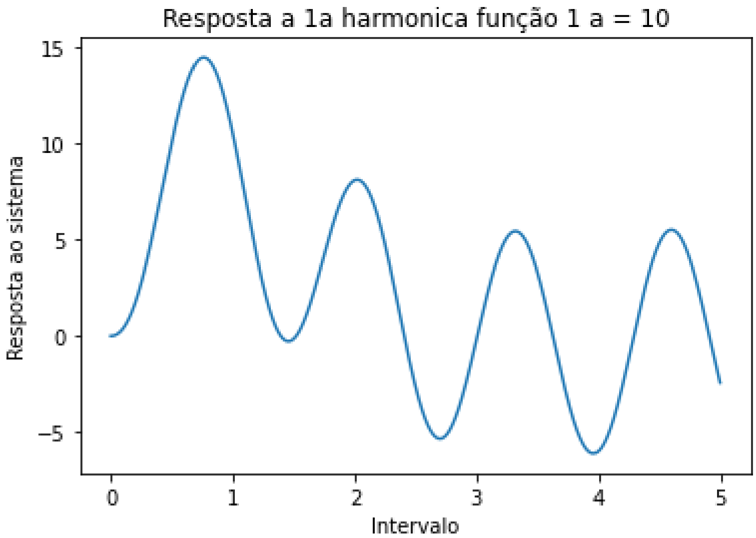


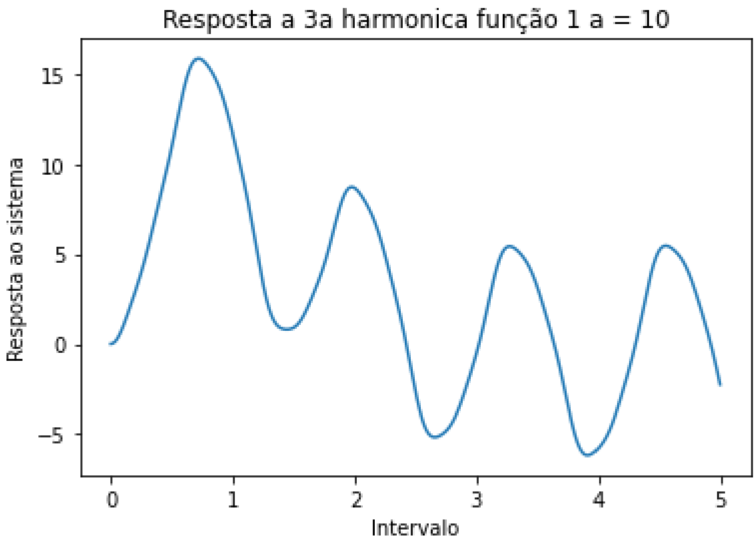
**Letra E:** Resposta a rampa unitária

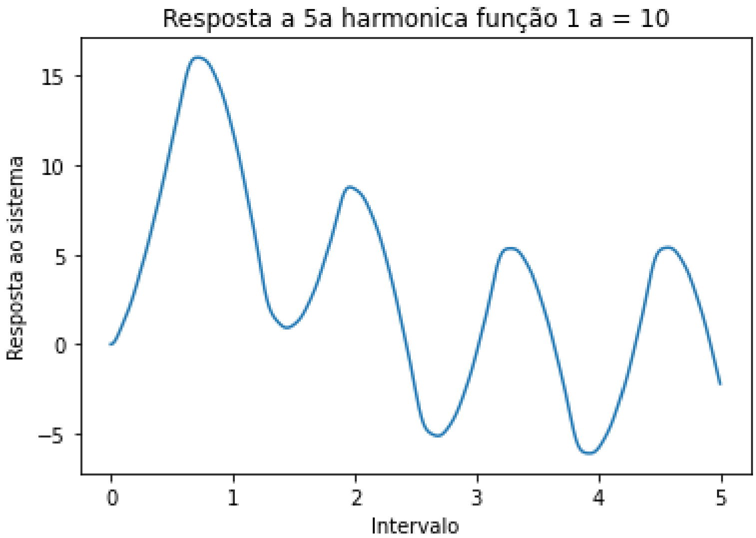


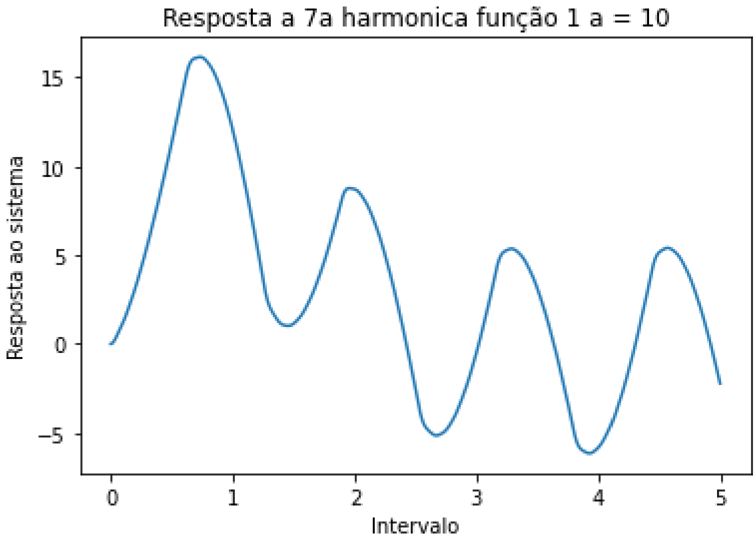

**Letra F:** Resposta a onda quadrada


**Letra G, H, I e J:** Harmonicas


Resposta a 1a harmonica função 1 a = 10
Resposta ao sistema
Intervalo
15
10
5
0
−5
0
1
2
3
4
5


Resposta a 3a harmonica função 1 a = 10
Resposta ao sistema
Intervalo
15
10
5
0
−5
0
1
2
3
4
5



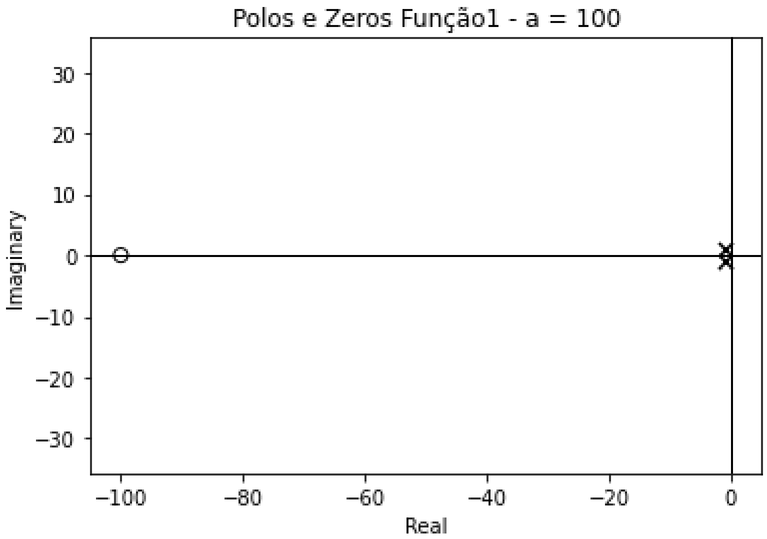




### 3.1.4 Para $\alpha = 100$

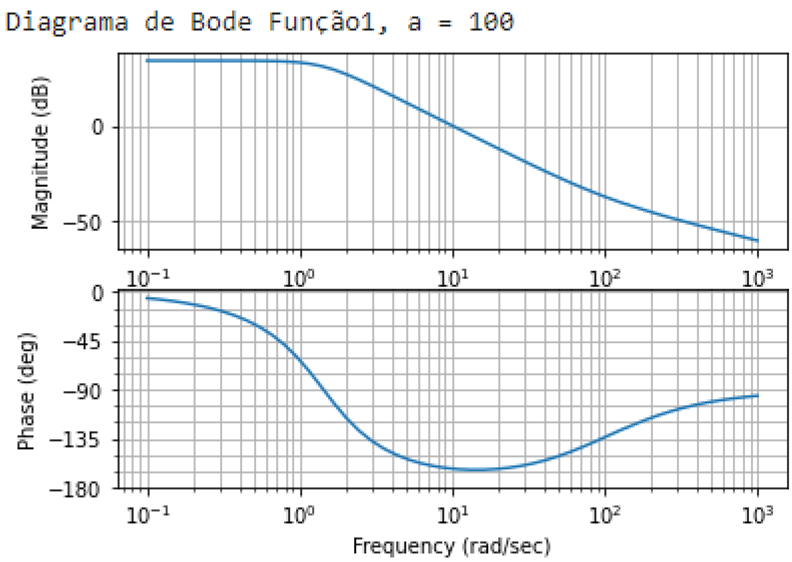
**Letra A:** EDO A função de transferência é H(s) = (1+100s)$\cdot\frac{1}{s^2+2s+2}$

y"(t)+2y'(t)+2y(t) = 100x'(t)+x(t)

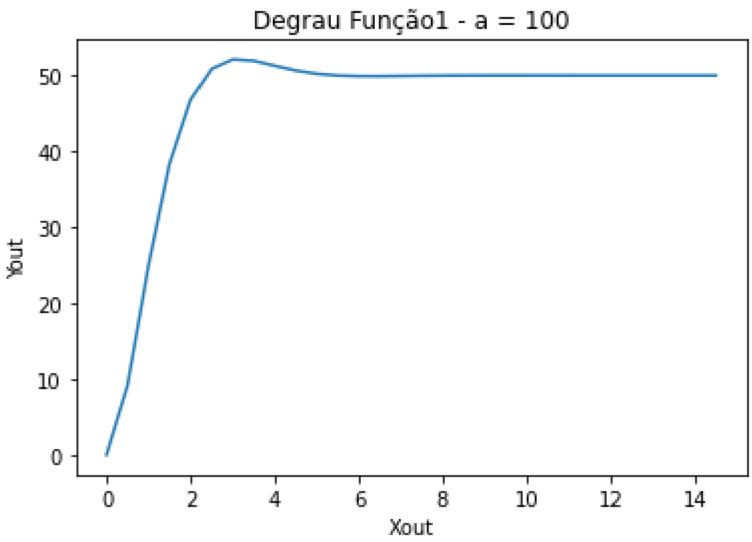
**Letra B:** Diagrama de Polos e zeros



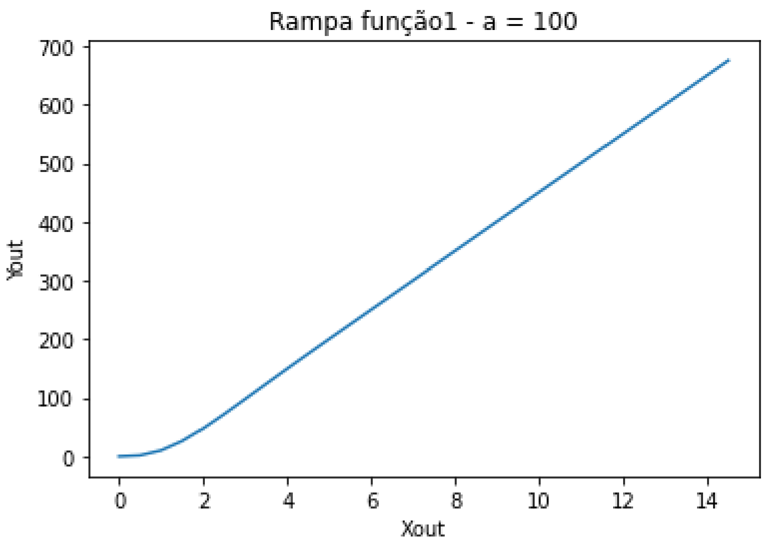

**Letra C:** Diagrama de Bode



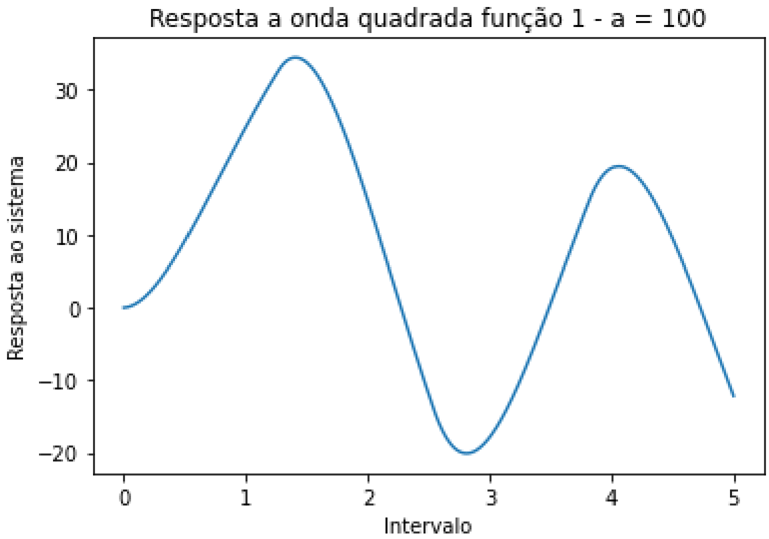

**Letra D:** Resposta ao degrau unitátio



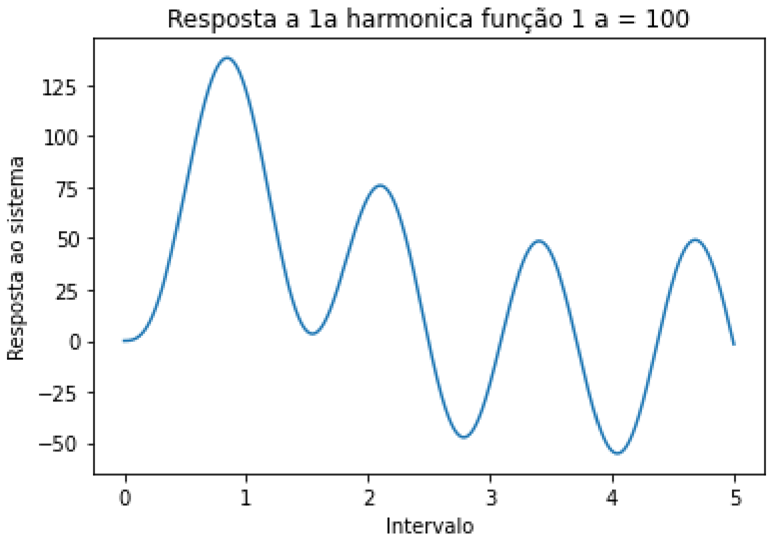

**Letra E:** Resposta a rampa unitária

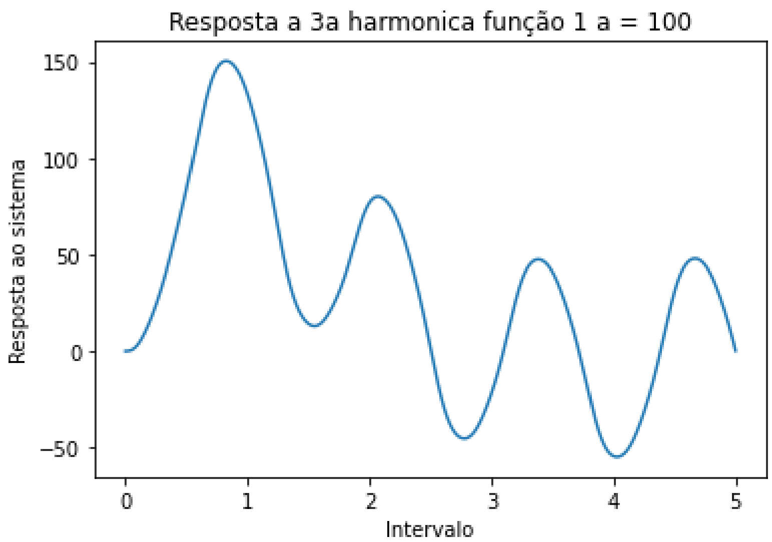


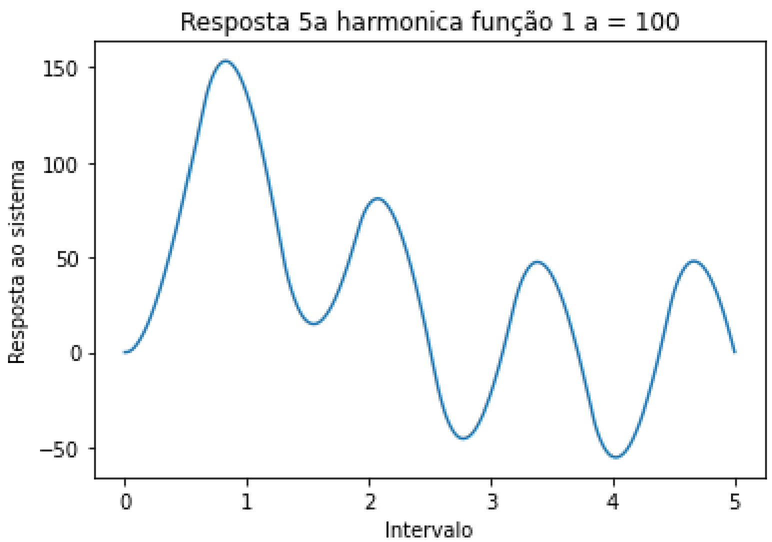

**Letra F:** Resposta a onda quadrada

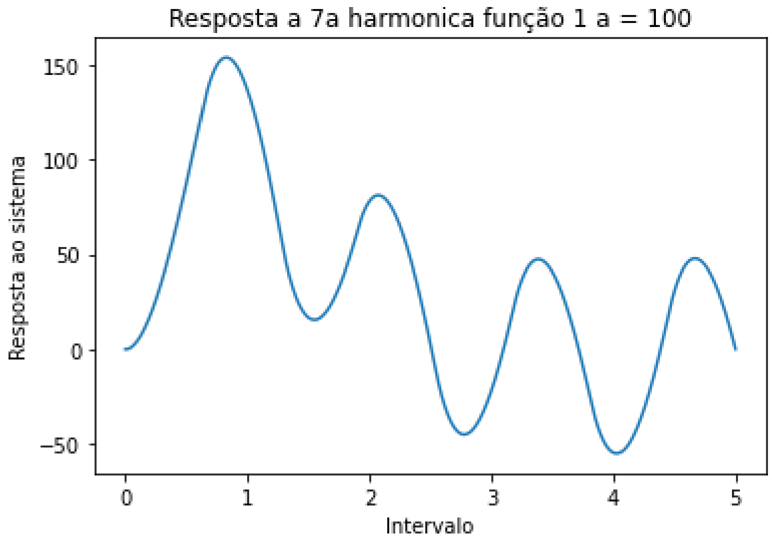



**Letra G, H, I e J:** Harmonicas




Resposta a 3a harmonica função 1 a = 100
Resposta ao sistema
Intervalo
150
100
50
0
−50
0
1
2
3
4
5


Resposta 5a harmonica função 1 a = 100
Resposta ao sistema
Intervalo
150
100
50
0
−50
0
1
2
3
4
5




## 3.2 Função 2

A segunda função de transferência é H(s) = (s+$10^4$) $\cdot \frac{1}{s^2+20\beta s+100}$

Analogamente a função 1 a EDO da função 2 será:

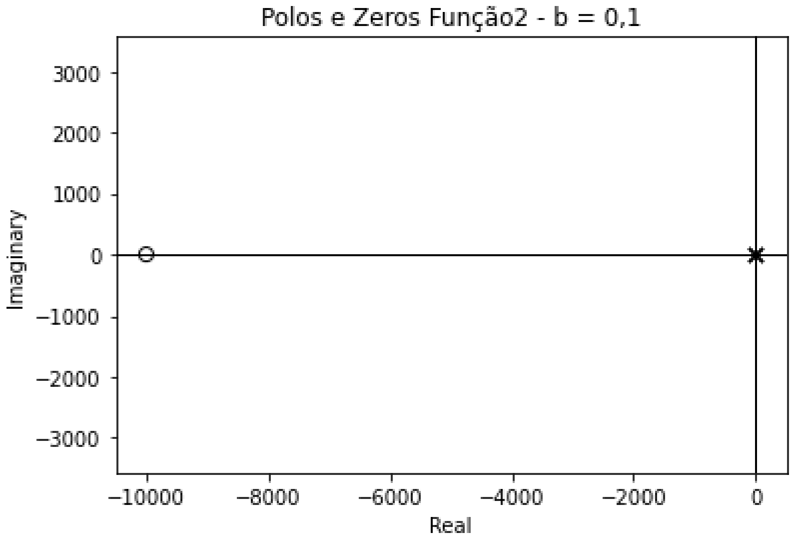
y"(t)+20$\beta y'(t) + 100y(t) = x'(t) + 10^4 x(t)$

### 3.2.1 Para $\beta = 0.1$

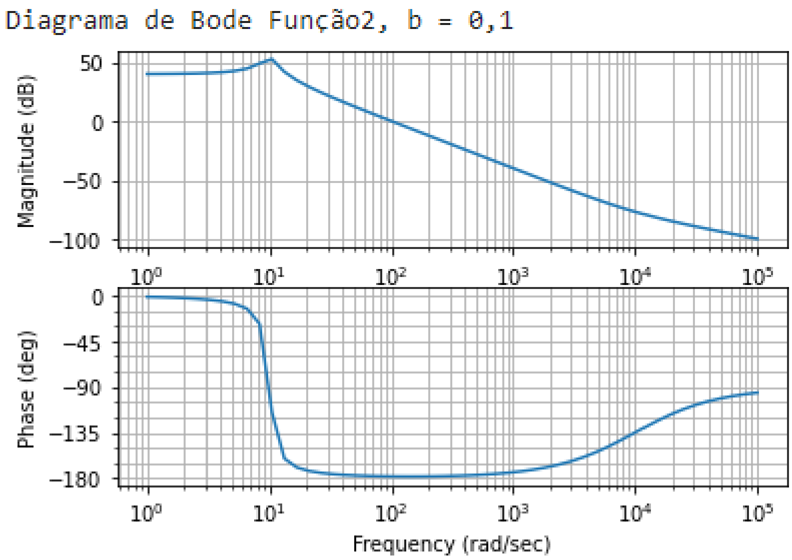
**Letra A:** EDO
A função de transferência é H(s) = (s+$10^4$) $\cdot \frac{1}{s^2+2s+100}$

y"(t)+2y'(t)+100y(t) = x'(t)+$10^4 x(t)$

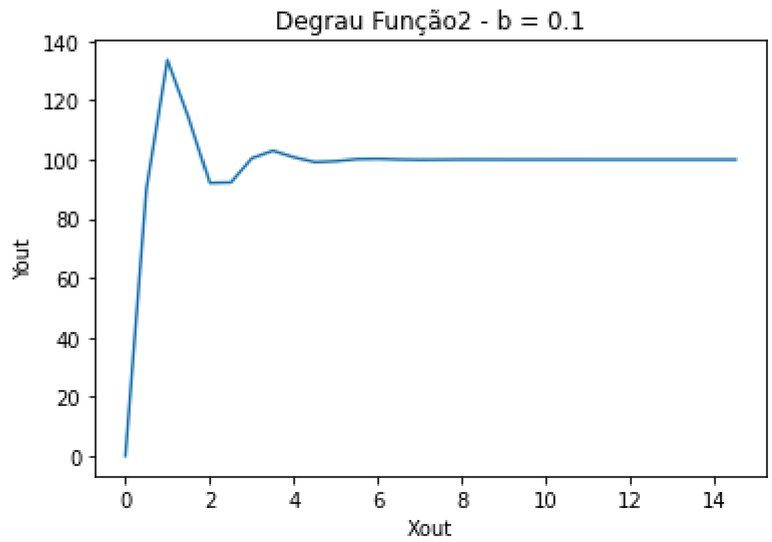
**Letra B:** Diagrama de Polos e zeros



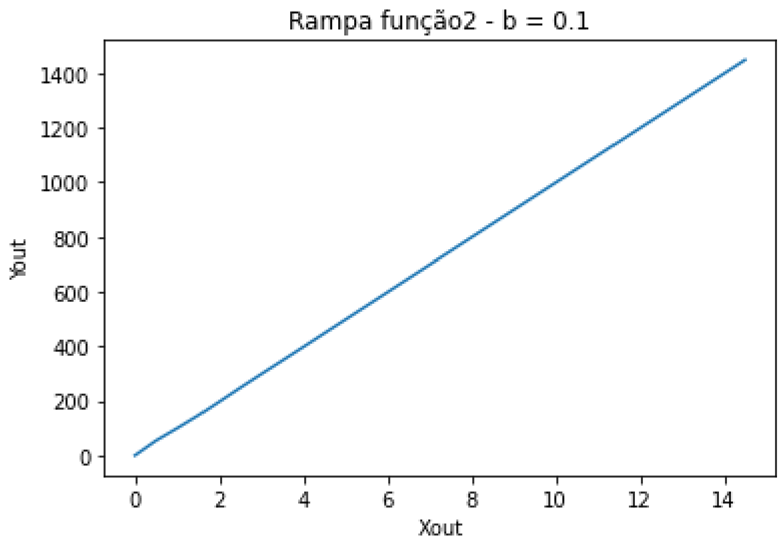

**Letra C:** Diagrama de Bode




**Letra D:** Resposta ao degrau unitátio

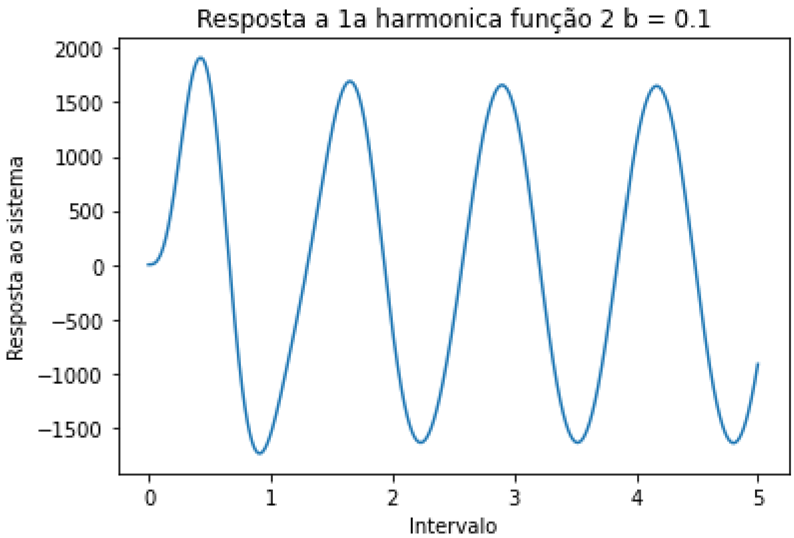


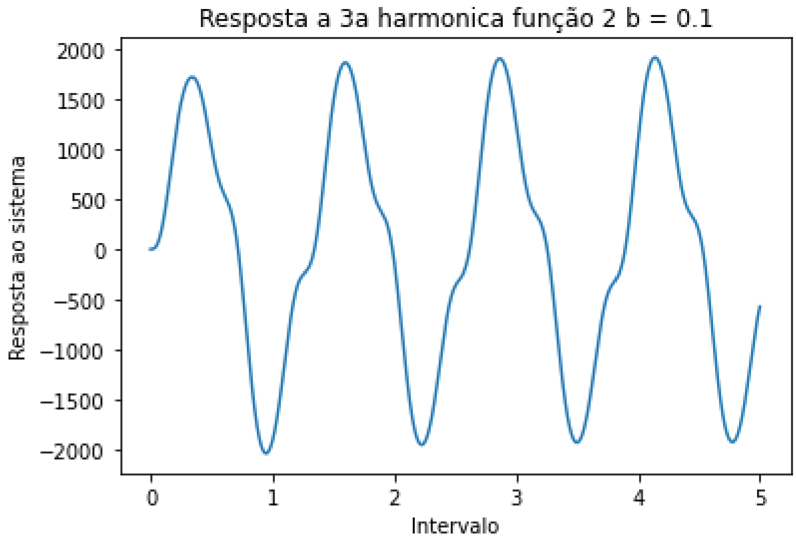

**Letra E:** Resposta a rampa unitária

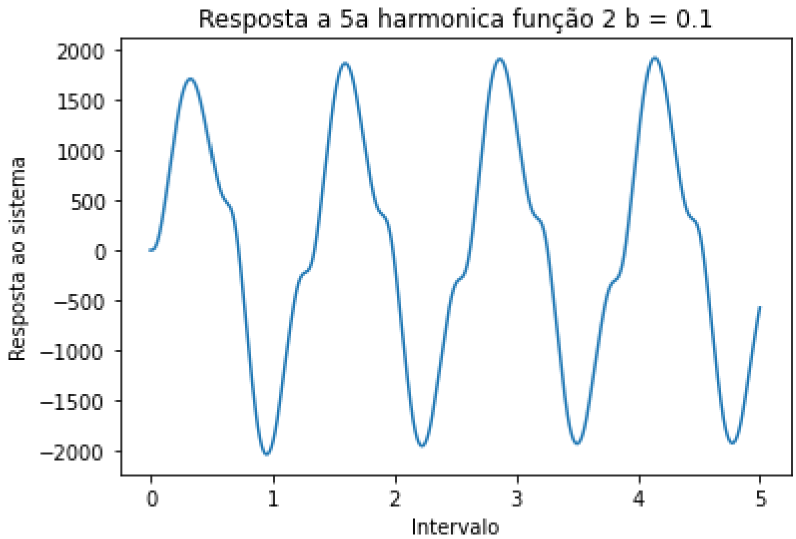


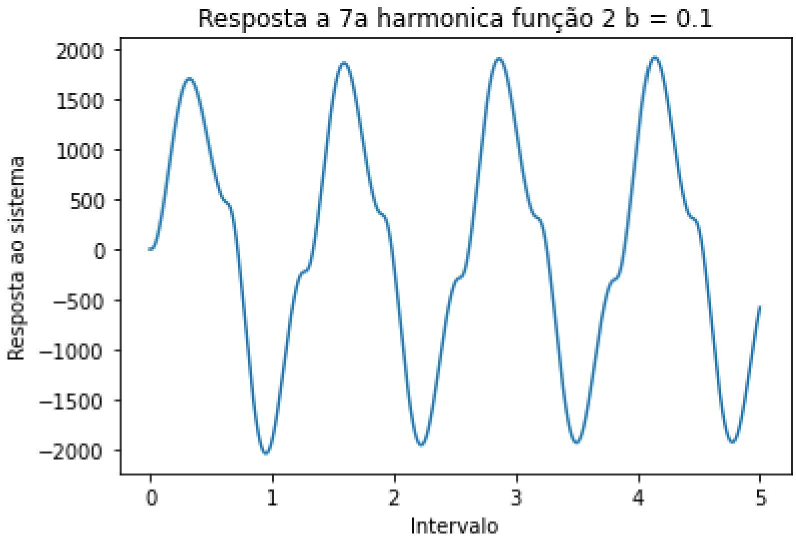

**Letra F:** Resposta a onda quadrada


**Letra G, H, I e J:** Harmonicas




Resposta a 3a harmonica função 2 b = 0.1
Resposta ao sistema
2000
1500
1000
500
0
−500
−1000
−1500
−2000
0
1
2
3
4
5
Intervalo


Resposta a 5a harmonica função 2 b = 0.1
Resposta ao sistema
2000
1500
1000
500
0
−500
−1000
−1500
−2000
0
1
2
3
4
5
Intervalo

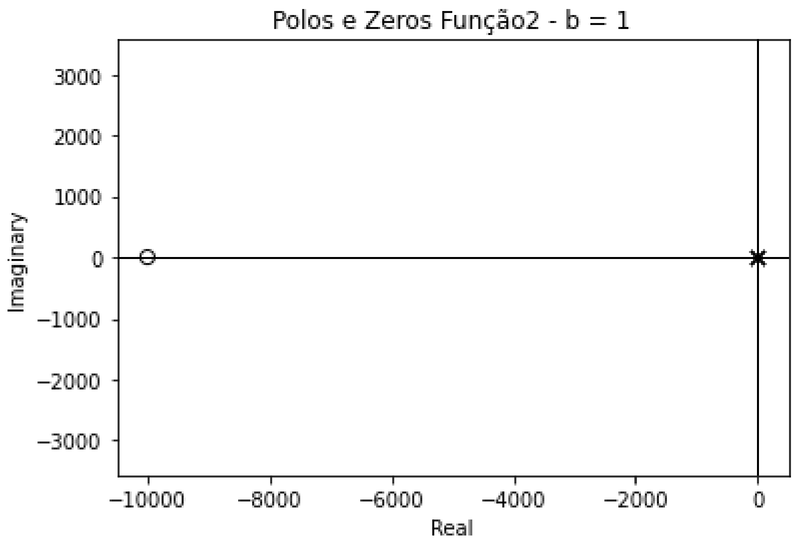



### 3.2.2 Para $\beta = 1$

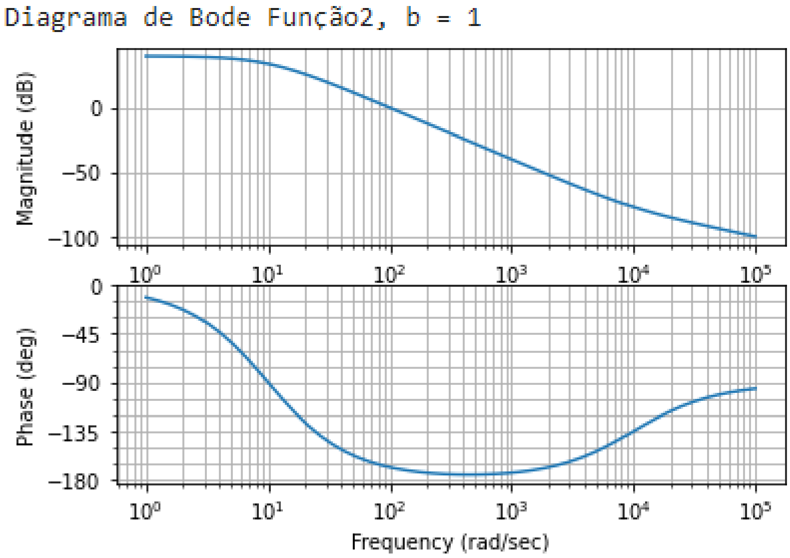
**Letra A:** EDO A função de transferência é H(s) = (s+$10^4$) $\cdot \frac{1}{s^2+20s+100}$

y”(t)+20y’(t)+100y(t) = x’(t)+$10^4 x(t)$

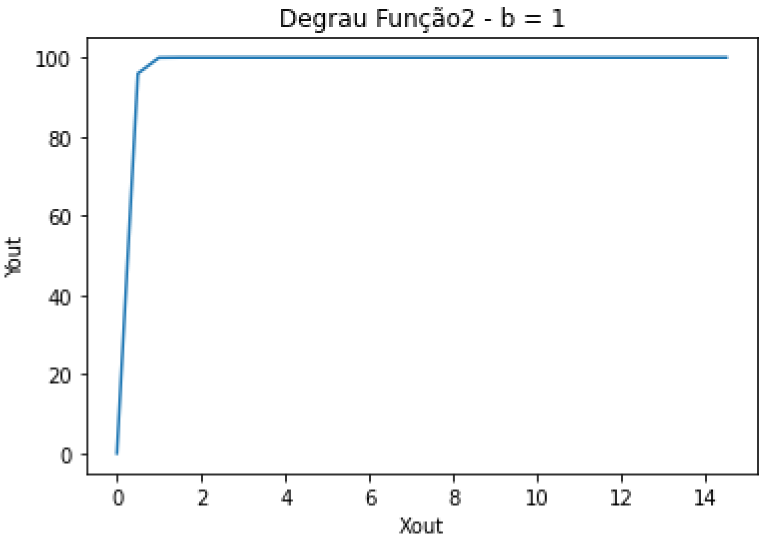
**Letra B:** Diagrama de Polos e zeros



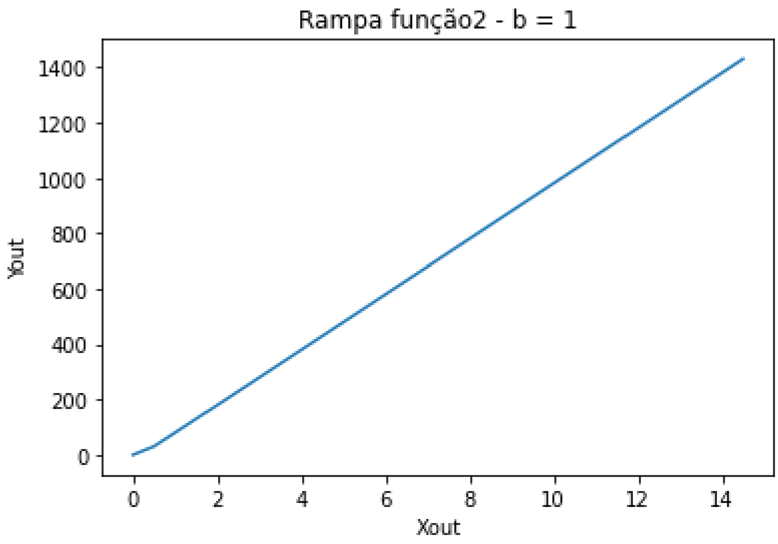
**Letra C:** Diagrama de Bode




**Letra D:** Resposta ao degrau unitátio

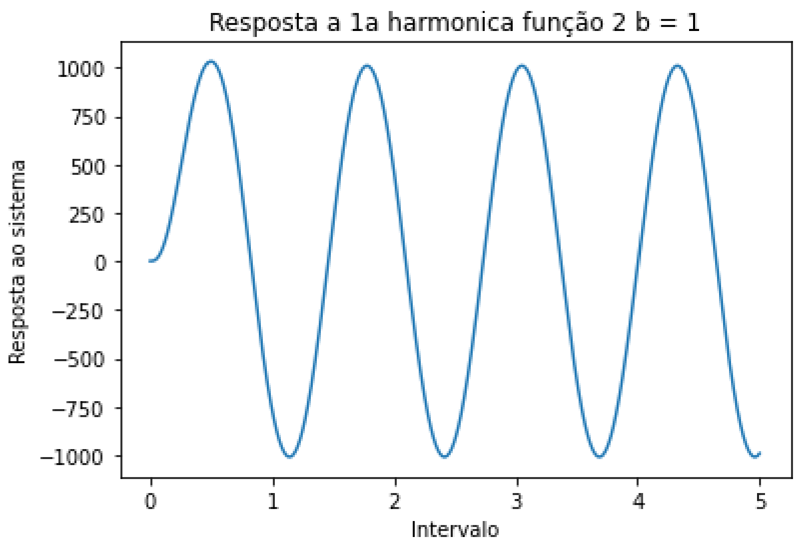


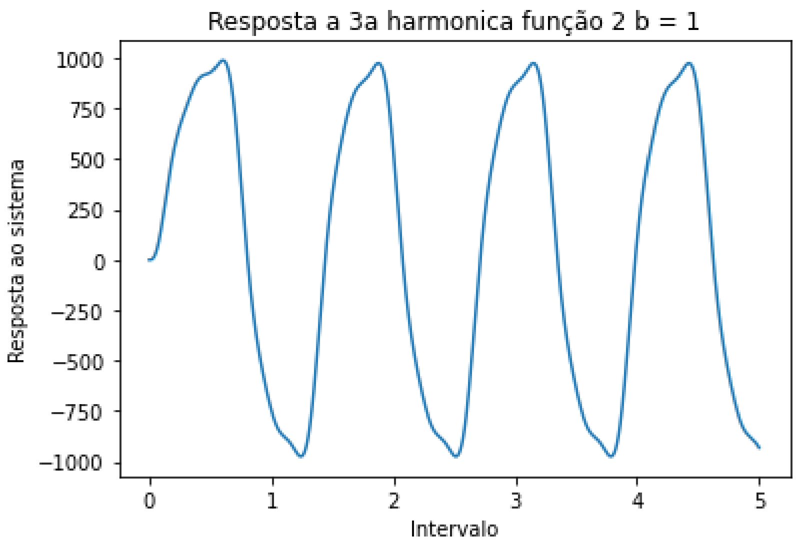
**Letra E:** Resposta a rampa unitária

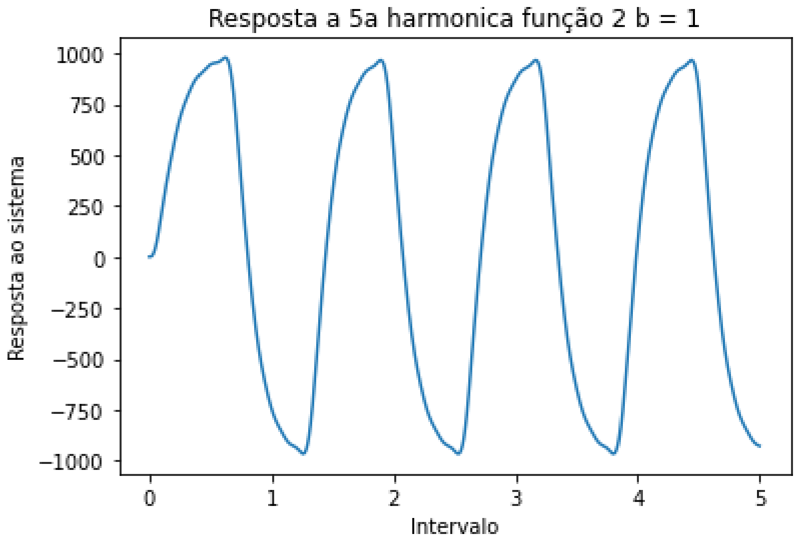


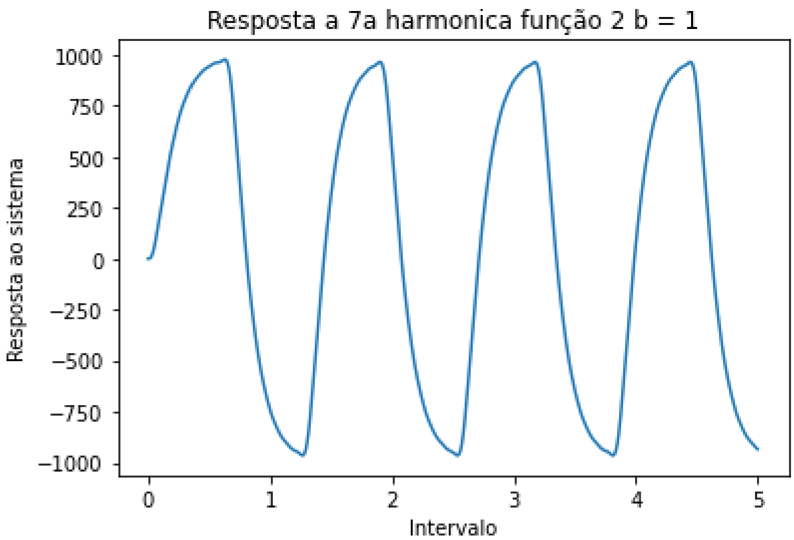

**Letra F:** Resposta a onda quadrada


**Letra G, H, I e J:** Harmonicas


Resposta a 1a harmonica função 2 b = 1
Resposta ao sistema
Intervalo
1000
750
500
250
0
−250
−500
−750
−1000
0
1
2
3
4
5


Resposta a 3a harmonica função 2 b = 1
Resposta ao sistema
Intervalo
1000
750
500
250
0
−250
−500
−750
−1000
0
1
2
3
4
5



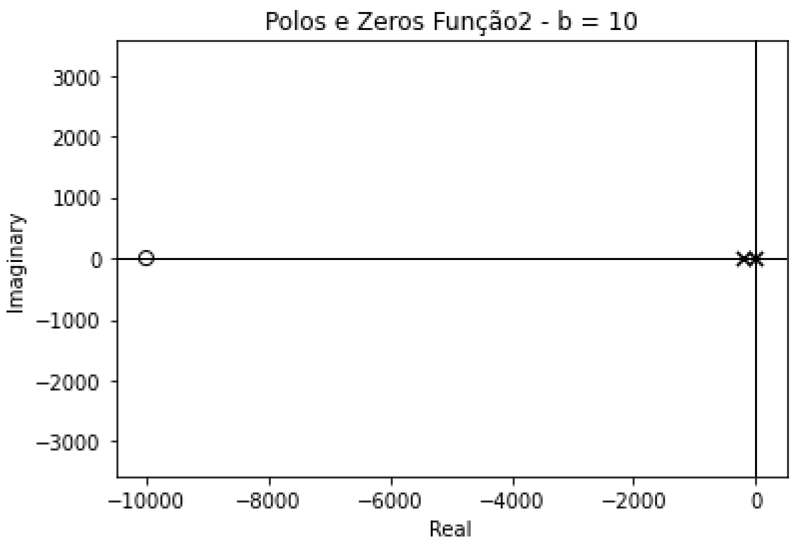




### 3.2.3 Para $\beta = 10$

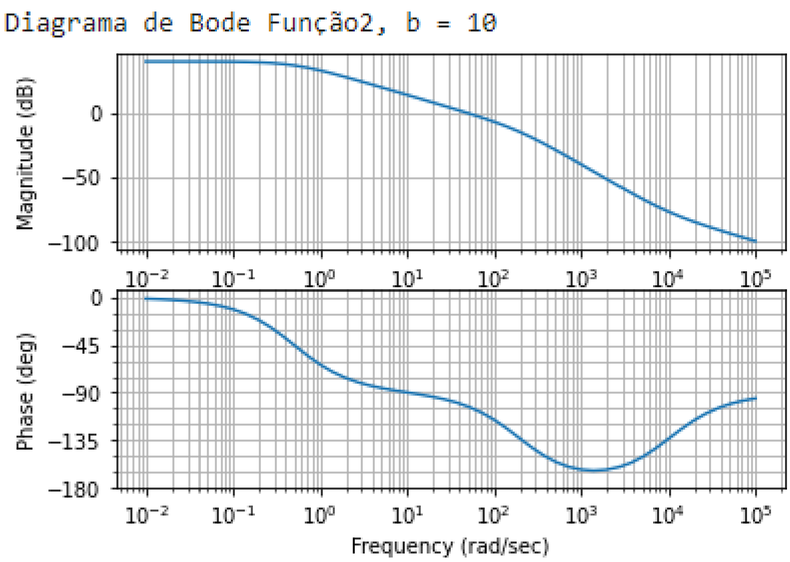
**Letra A:** EDO A função de transferência é H(s) = (s+$10^4$) $\cdot \frac{1}{s^2+200s+100}$

y"(t)+200y'(t)+100y(t) = x'(t)+$10^4 x(t)$

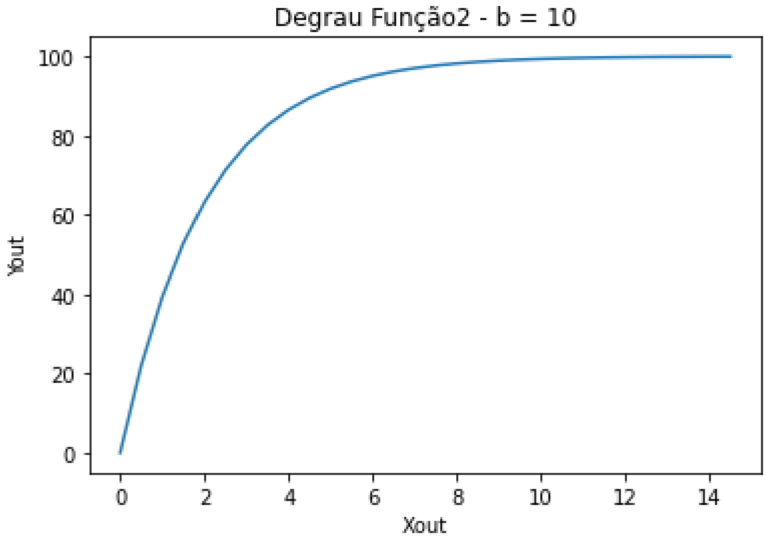
**Letra B:** Diagrama de Polos e zeros



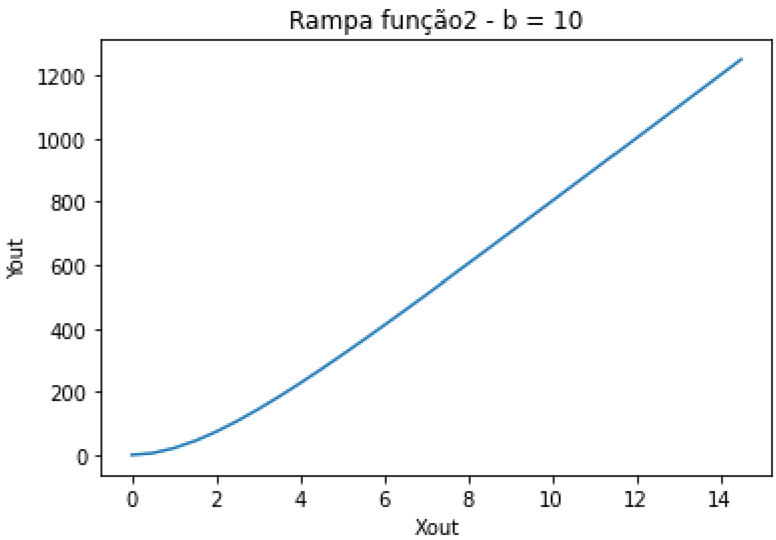

**Letra C:** Diagrama de Bode



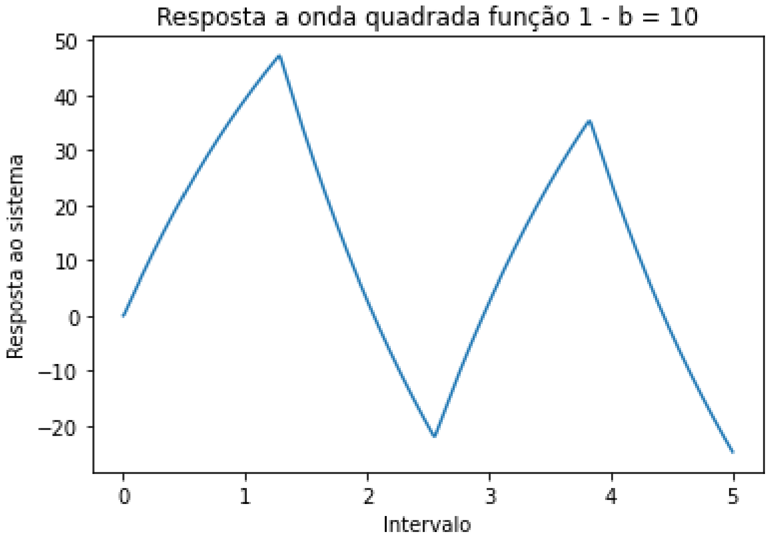

**Letra D:** Resposta ao degrau unitátio



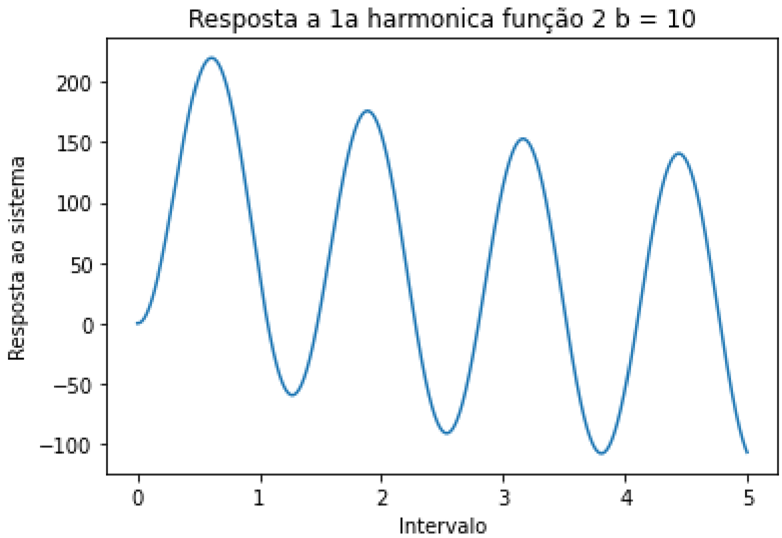

**Letra E:** Resposta a rampa unitária

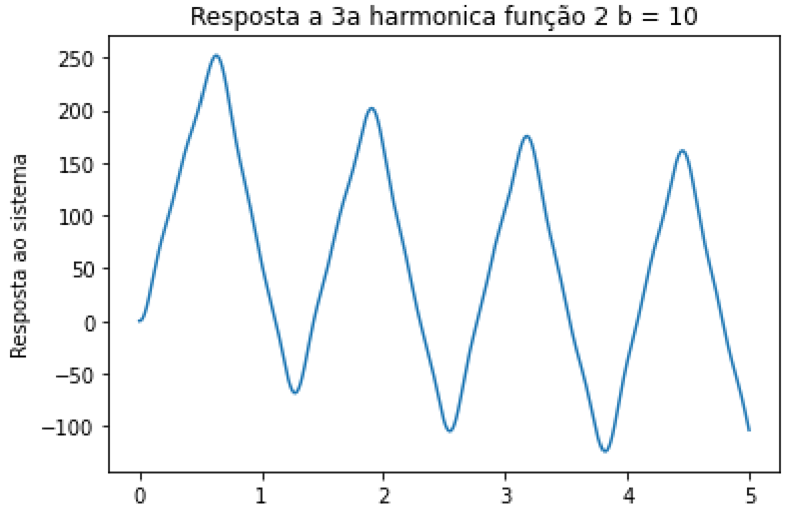


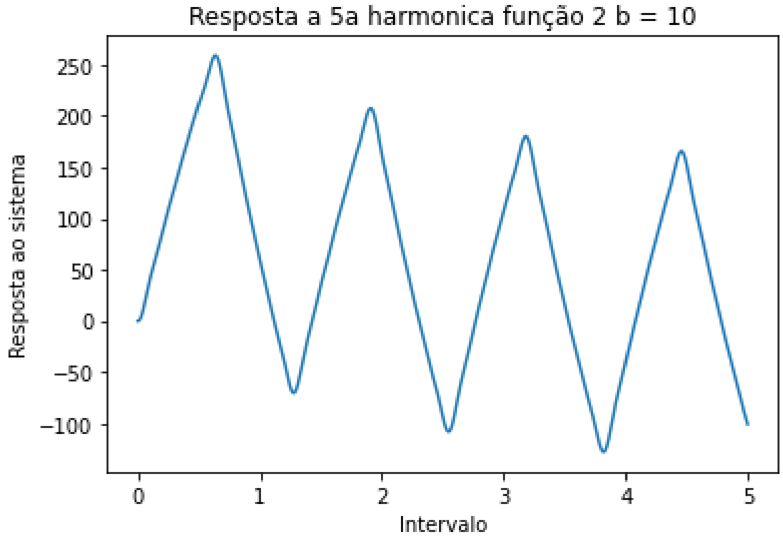

**Letra F:** Resposta a onda quadrada

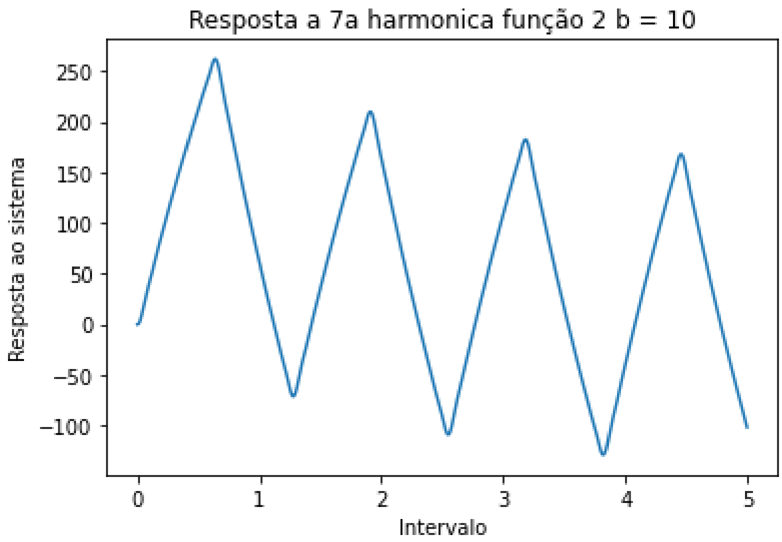



**Letra G, H, I e J:** Harmonicas




Resposta a 3a harmonica função 2 b = 10
Resposta ao sistema
250
200
150
100
50
0
−50
−100
0
1
2
3
4
5


Resposta a 5a harmonica função 2 b = 10
Resposta ao sistema
250
200
150
100
50
0
−50
−100
0
1
2
3
4
5
Intervalo

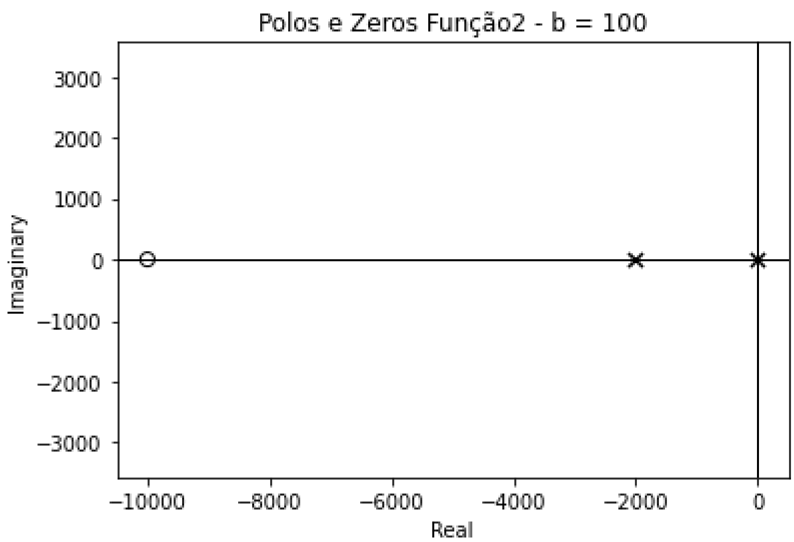



### 3.2.4 Para $\beta = 100$

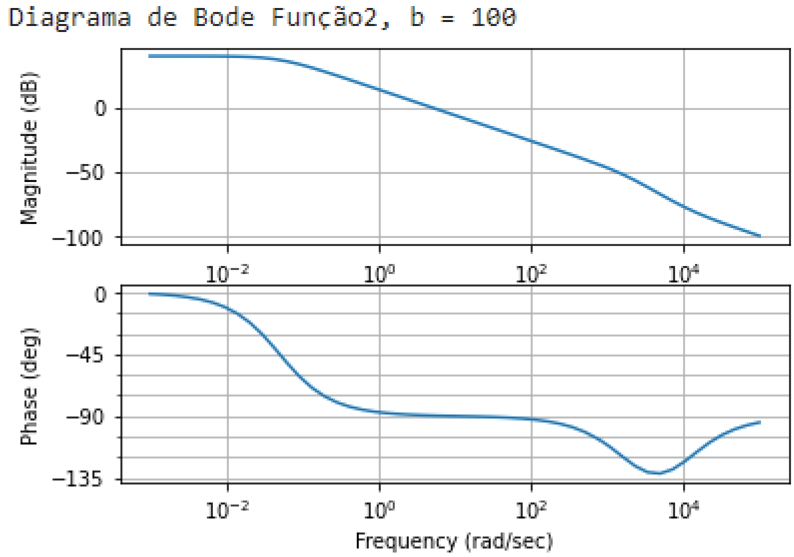
**Letra A:** EDO A função de transferência é H(s) = (s+$10^4$) $\cdot \frac{1}{s^2+2000s+100}$

y"(t)+2000y'(t)+100y(t) = x'(t)+$10^4 x(t)$

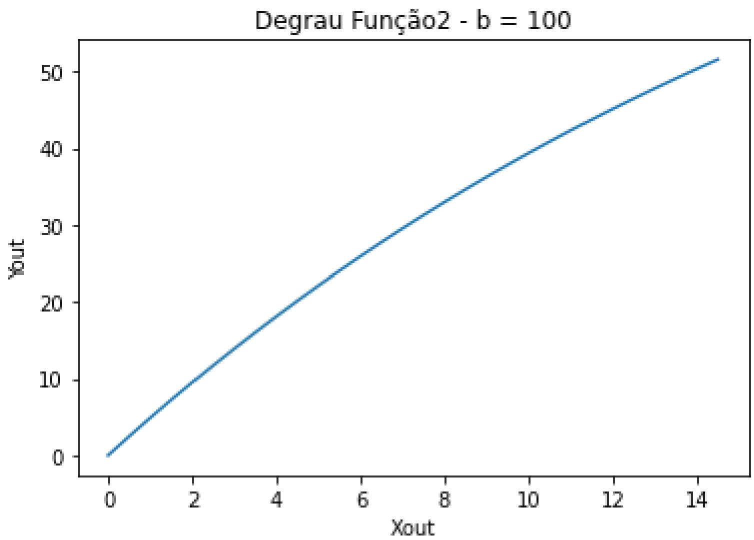
**Letra B:** Diagrama de Polos e zeros



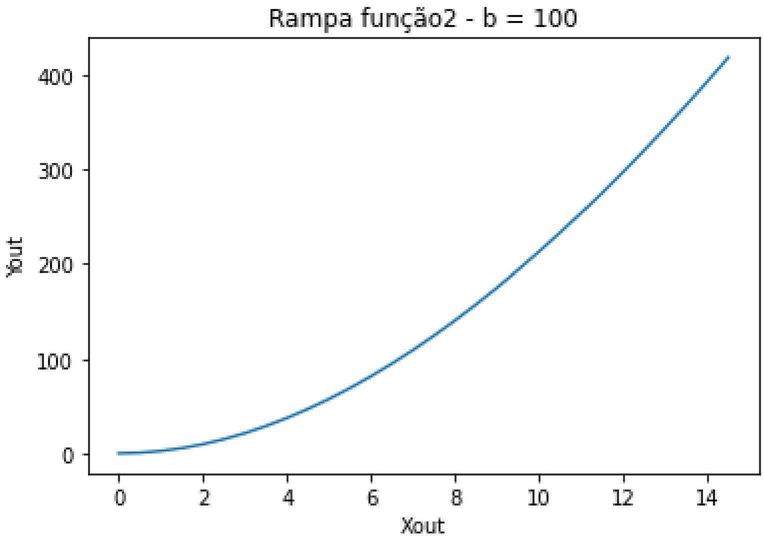
**Letra C:** Diagrama de Bode



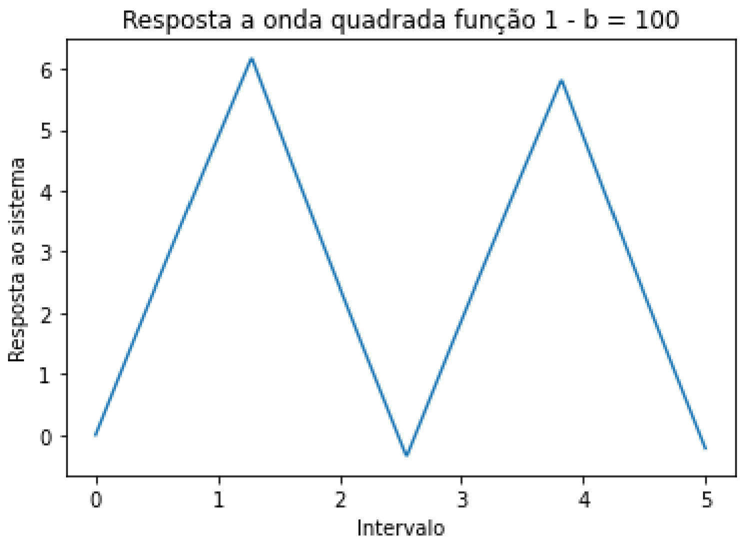

**Letra D:** Resposta ao degrau unitátio



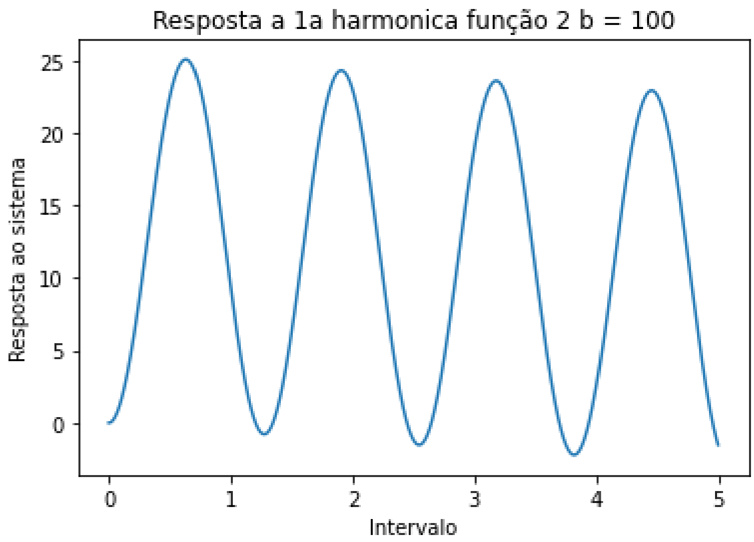

**Letra E:** Resposta a rampa unitária

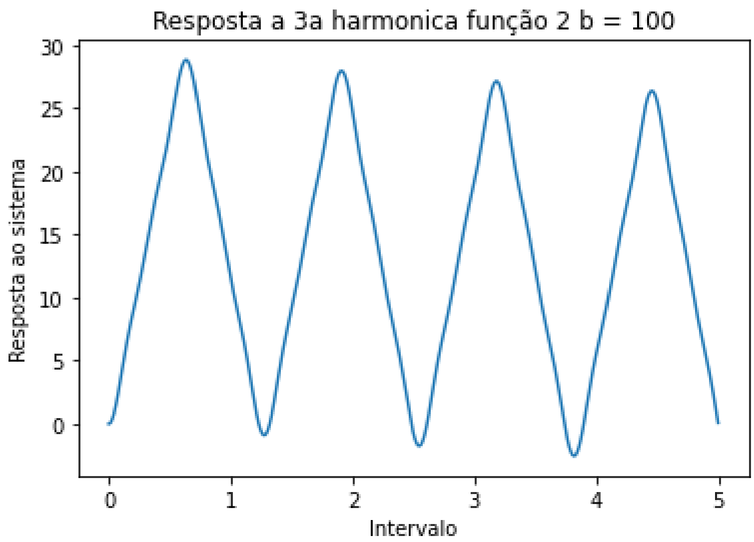


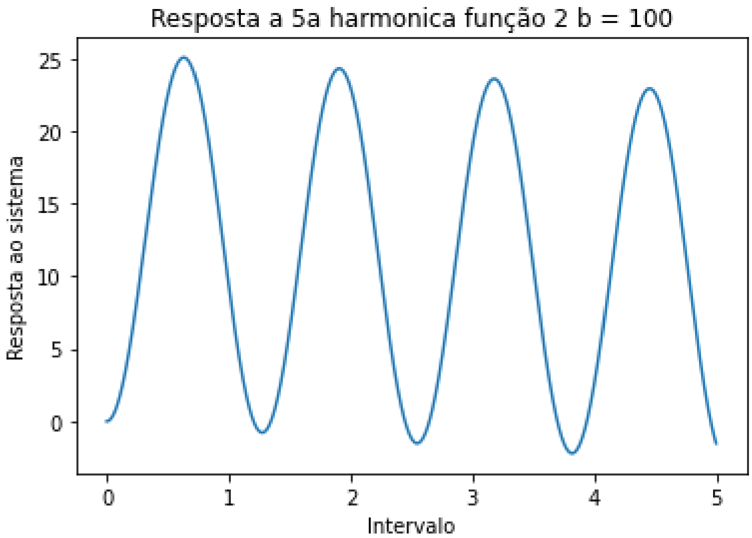

**Letra F:** Resposta a onda quadrada

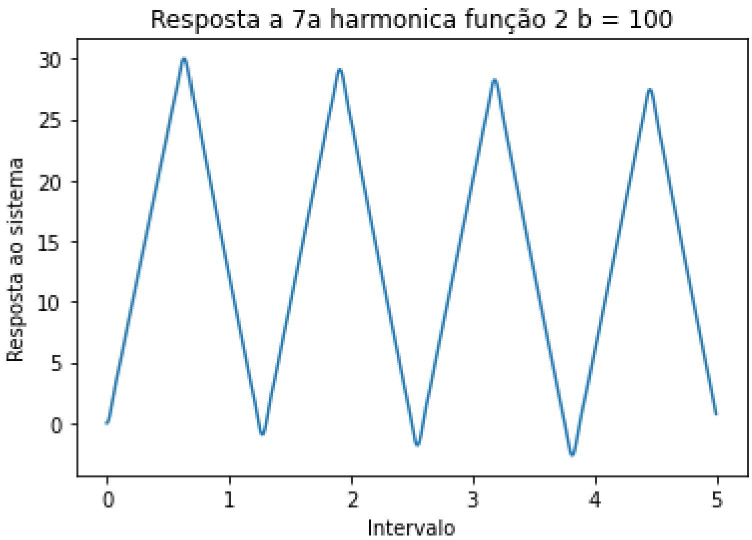



**Letra G, H, I e J:** Harmonicas


Resposta a 1a harmonica função 2 b = 100
Resposta ao sistema
Intervalo


Resposta a 3a harmonica função 2 b = 100
Resposta ao sistema
Intervalo


Resposta a 5a harmonica função 2 b = 100
Resposta ao sistema
Intervalo
25
20
15
10
5
0
0
1
2
3
4
5


Resposta a 7a harmonica função 2 b = 100
Resposta ao sistema
Intervalo
30
25
20
15
10
5
0
0
1
2
3
4
5