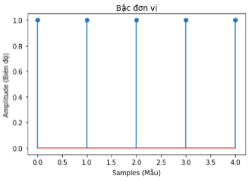
1. Tạo xung lực đơn vị dn (Một xung lực đơn vị u[n] có chiều dài N được tạo bằng câu lệnh: un = signal.unit_impulse(N). Đoạn chương trình sau tạo ra một xung lực đơn vị có số mẫu là 8)

```
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy import signal
import numpy as np
un = signal.unit_impulse(8)          #Hàm unit_impulse được lấy từ thư viện signal → 8 mẫu 0 đến 7
un2 = signal.unit_impulse(8,2)       # xung lực 8 đơn vị delay 2 mẫu
plt.stem(un)                         #vẽ rời rạc
n = np.arange (5)                    # tạo 1 mảng 5 phần tử 0 →4
x = np.ones(n,x)                      # tạo một mảng 5 phần tử có giá trị 1
plt.stem(n,x)
```

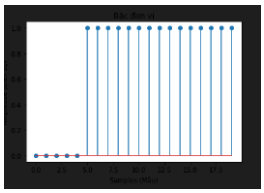


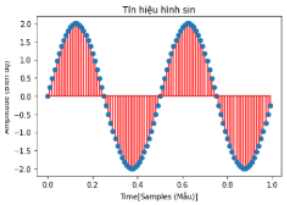
```
x = np.concatenate([np.zeros(5), np.ones(15)] )   #Viết chương trình tạo ra bậc đơn vị chiều dài 20, delay 5 mẫu u(n-5)
n = np.arange(0,20)
plt.stem(n,x)

t = np.linspace(0, 1, 500, endpoint=False)        #Tạo 1 dải tuyến tính từ 0 -> 1, số mẫu là 500, không lấy mẫu cuối cùng
s = signal.square(2 * np.pi * 5 * t, duty = 0.5)  #Tạo sóng vuông tần số 5Hz, với tần số lấy mẫu là 500Hz
plt.plot(t, s)
plt.ylim(-2, 2)                                   #Giới hạn trục y từ -2 đến 2

fs = 100                                          # Tốc độ lấy mẫu (Hz)
f = 2                                             # Tần số của tín hiệu
N = 100                                           # Số mẫu
n = np.arange(N)/fs                               #Tạo ra 100 mẫu với chu kỳ lấy mẫu là Ts = 1/fs
y = 2*np.sin(2*np.pi*f * n)                       #Tính biên độ của sóng sin
plt.stem(n,y, 'r' )

t = 4
fs = 100
n = np.linspace(0, t, fs*t, endpoint=False)
```





Đáp ứng xung dùng lfilter()

```
n = np.arange(10)
x = [1.5, -4, 6, 2.5, -3, 0, 0, 0, 0, 0]
b = [1.2, -0.85, 1] #Các hệ số của x
a = [ 1] #Các hệ số của y, lưu ý đến dấu của các hệ số
'''
a, b là hệ số của phương trình vào ra:
a[0]*y[n] = b[0]*x[n] + b[1]*x[n-1] + ... + b[M]*x[n-M]
          - a[1]*y[n-1] - ... - a[N]*y[n-N]
Hoặc viết dưới dạng hàm chuyển biến đổi z: b là các hệ số của tử số, a là các hệ số của mẫu số
              -1              -M
     b[0] + b[1]z  + ... + b[M] z
Y(z) = --------------------------------- X(z)
              -1              -N
     a[0] + a[1]z  + ... + a[N] z
'''
y = signal.lfilter(b, a, x)
######## NGƯỢC LẠI VỚI lfilter () dùng convolve()
n = np.arange(10)
x = [1.5, -4, 6, 2.5, -3, 0, 0, 0, 0, 0]
h = [ 1.2, -0.85, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
y = signal.convolve(x, h, mode='full')
y = y[:10]y
print(y)                                          # Xem kết quả
```

LỌC FIR

Signal.firwin (BacLoc, TanSoCatChuanHoa, **window**=DangCuaSoBoLoc**)**

Wc = fc/nyquistRate (fc là tần số cắt)

VD1: Thiết kế và vẽ đáp ứng tần số của bộ lọc FIR với các yêu cầu sau Lọc thấp qua N = 65, fc = 15KHz, cửa sổ hann, Biết: fs = 44.1KHz

```
nSamples=400                          #số mẫu
sampleRate = 44100                    #fs tần số lấy mẫu
nyquistRate = fs/2                    #tần số nyquist
fc =15000                             #tần số cắt
wC = fc/nyquistRate
b=signal.firwin(65,wC,window="hann")  #thấp qua        → b=signal.firwin(65,wC,window="hamming",pass_zero=False)  #cao qua cửa sổ hamming
w,H=signal.freqz(b,1,worN=1024)
plt.plot((w/np.pi)*nyquistRate,abs(H),linewidth=2)    #vẽ đáp ứng tần số của bộ lọc
plt.title('Đáp ứng tần số')
plt.xlabel('Tần số (Hz)')
plt.ylabel('Biên độ')
```

VD2: Thiết kế và vẽ đáp ứng tần số của bộ lọc FIR với các yêu cầu sau Lọc dải qua N = 23, trong khoảng tần số 4khz→8khz, Biết: fs = 44.1KHz

```
fs = 44100
nyquistRate = fs/2
f1 = 4000
f2= 8000
w1 = f1/nyquistRate
w2 = f2/nyquistRate
wC = [w1 ,w2 ]
b=signal.firwin(23,wC,pass_zero=False) # lọc dải qa   → b=signal.firwin(23,wC) #lọc dải chặn
w, H = signal.freqz(b,1,worN=1024)
plt.plot((w/np.pi)*nyquistRate,abs(H))
plt.title('Đáp ứng tần số')
plt.xlabel('Tần số (Hz)')
plt.ylabel('Biên độ')
```

VD3: Cho tín hiệu X ||a) Thực hiện mạch lọc loại bỏ tín hiệu 0.5Hz và 2.5Hz || b) Thực hiện mạch lọc chỉ giữ lại tần số 15.3Hz (dùng dải qua)

```
a)      sampleRate = 100 #Tần số lấy mẫu
nSamples = 400   #Số mẫu
t = np.arange(nSamples)/sampleRate     #miền thời gian
x = np.cos(2*np.pi*0.5*t) + 0.2*np.sin(2*np.pi*2.5*t+0.1) + np.sin(2*np.pi*15.3*t) + 0.1*np.sin(2*np.pi*18.7*t + 0.1) + 0.1*np.sin(2*np.pi*23.45*t+.8)
#Viết tiếp chương trình ở đây
w, X = signal.freqz(x, 1, worN=1024)
fc=10              #loại bỏ nên dùng cao qua tần số cắt 10 để bỏ 0.5 và 2.5
N=39
```

```
wC=fc/50          # w = fc/nyquistRate
nyquistRate = sampleRate/2
b = signal.firwin(N, wc, pass_zero=False)
w, H = signal.freqz(b, 1, worN=1024)
y = signal.lfilter(b, 1, x)
w, Y = signal.freqz(y, 1, worN=1024)

plt.subplot(2,1,1)
plt.plot(w/np.pi*nyquistRate, abs(H), linewidth=2)
plt.title('Đáp ứng tần số')
plt.xlabel('Tần số (Hz)')
plt.ylabel('Biên độ')

plt.subplot(2,1,2)
plt.plot((w/np.pi)*nyquistRate, abs(X),'b')          # tín hiệu trc khi qua lọc theo miền tần số >< plt.plot(t,x) # theo miền thời gian
plt.plot((w/np.pi)*nyquistRate, abs(Y),'r')          #tín hiệu sau khi qua lọc theo miền tần số >< plt.plot(t,y) # theo miền thời gian
plt.title('phổ biên độ')
plt.xlabel('tần số')
plt.ylabel('Biên độ')
plt.subplots_adjust(top=1.5, hspace=0.5)
```

LỌC IIR

b, a = iirfilter(N, Wn, rp=None, rs=None, btype='band', analog=False, ftype='butter', output='ba')

rp: Độ dợn sóng tối đa dải qua (dB) (Đối với lọc Chebyshev và elliptic) || **rs**: Độ dợn sóng tối thiểu ở dải chặn (dB) (Đối với lọc Chebyshev và elliptic)

Butterworth : 'butter'>> * **Chebyshev** I : 'cheby1'>> * **Chebyshev II** : 'cheby2'>> * **Cauer/elliptic**: 'ellip'>> * **Bessel/Thomson**: 'bessel'

**VD1: Thiết kế và vẽ đáp ứng tần số của mạch lọc IIR Butterworth thấp qua với các thông số sau:
Tần số cắt 8KHz, Bậc lọc N = 4. Biết: fs = 44.1KHz**

```
fc = 8000
N = 4
fs = 44100                    # tần số lấy mẫu
nyquistRate = fs/2
wC = fc/nyquistRate
b,a = signal.iirfilter(N,wC,rs = 60, btype="lowpass",analog=False,ftype="butter")        # cao qua: 'highpass'     #dải qua: 'band'          #dải chặn: 'stop'
w,H = signal.freqz(b,a,worN=512)
plt.plot((w/np.pi)*nyquistRate,abs(H))                # nếu theo rad/sample thì 20*np.log10(abs(H))
plt.title('Dap ung tan so')
plt.xlabel('TanSo Hz')
plt.ylabel('BienDo')
## lưu ý : TH tần số lớn → đồ thị hiện đoạn cắt ko rõ thì dùng plt.xlim(0,soGanTanSoCat) để hiển thị
Vấn đề subplot: dùng plt.subplots_adjust(top=1.5, hspace=0.5)
```