

Práctica IV: Respuesta en frecuencia de sistemas LTI

Señales y Sistemas, Grado en Ciencia de Datos - UV

Sandra Paniagua Sánchez y Gema Bravo Aguilera

2022-11-14

Contents

| | |
|---|-----------|
| Práctica IV: Respuesta en frecuencia de sistemas LTI | 2 |
| 1. Objetivos | 2 |
| 2. Prelaboratorio: | 2 |
| 2.1. Sistemas discretos | 2 |
| 3. Laboratorio | 39 |
| 3.1 Sistemas discretos | 39 |
| 3.1.1 Filtro peine | 39 |
| 3.1.2 Eliminación del ruido de red | 39 |

Práctica IV: Respuesta en frecuencia de sistemas LTI

1. Objetivos

En esta práctica se estudia la respuesta en frecuencia de los sistemas LTI (discretos, los continuos se muestran en un Anexo que no forma parte de la práctica). Veremos cómo la podemos utilizar para determinar la salida en el estado estacionario de un sistema dada una entrada. Se analizarán sistemas con una determinada función de transferencia y, por otra parte, se diseñarán sistemas para obtener una respuesta en frecuencia.

2. Prelaboratorio:

Explica la relación entre la transformada de Fourier y la transformada Z

La transformada Z es una generalización de la transformada de Fourier de t discreto. Puede hallarse evaluando la transformada Z $X(z) = e^{j\omega}$, o lo que es lo mismo, evaluando en el círculo unidad.

2.1. Sistemas discretos

En este apartado estudiaremos la relación que hay entre la posición de los polos y ceros de una transformada Z de un determinado sistema y su respuesta en frecuencia. Para ello consideraremos funciones de transferencia de la forma:

$$H_1(z) = 1 - 2 \cdot r \cdot \cos(w_0) \cdot z^{-1} + r^2 \cdot z^{-2}$$

$$H_2(z) = \frac{1}{H_1(z)}$$

¿Cómo se relacionan r y w_0 con los ceros y polos en el dominio de la transformada Z (zplane)? Determina la respuesta impulsional (`impz`) y la respuesta en frecuencia (`freqz`) para diferentes valores de r (mayores, cercanos y menores que la unidad) y w_0 . ¿Qué efectos tienen estos parámetros sobre la respuesta en frecuencia?

Paso 1 - Determinar los vectores de cada entrada:

Para H_1 : `num1 = c(1, -2 * r * cos(w0), r^2)` `den1 = c(1)`

Para H_2 : `num2 = c(1)` `den2 = c(1, -2 * r * cos(w0), r^2)`

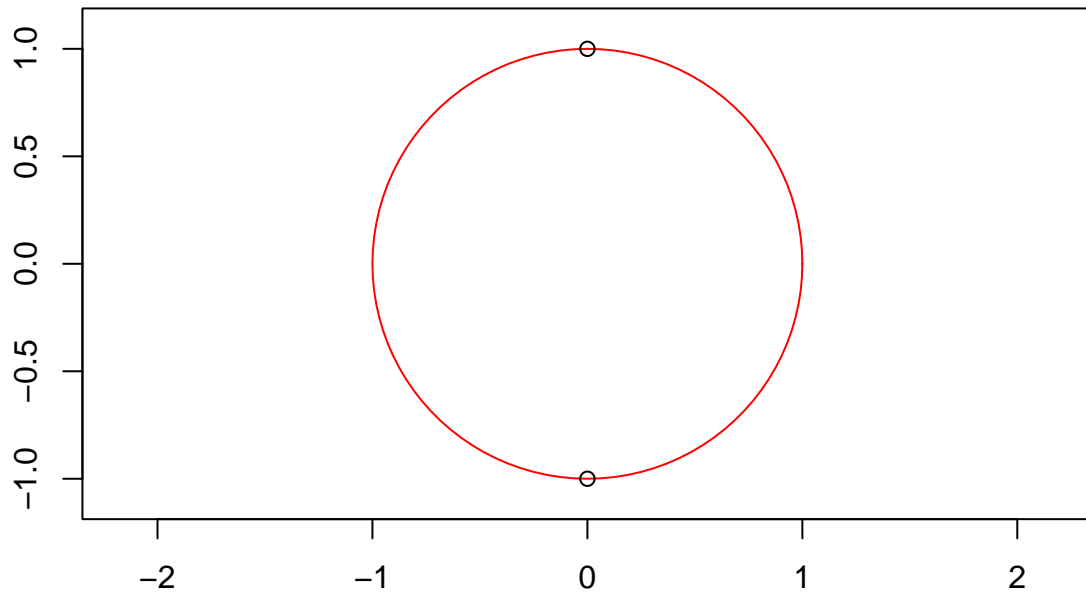
Y ahora le daremos valores a w_0 con un r fijo:

#Para H1:

```
r = 1
w0 = pi / 2

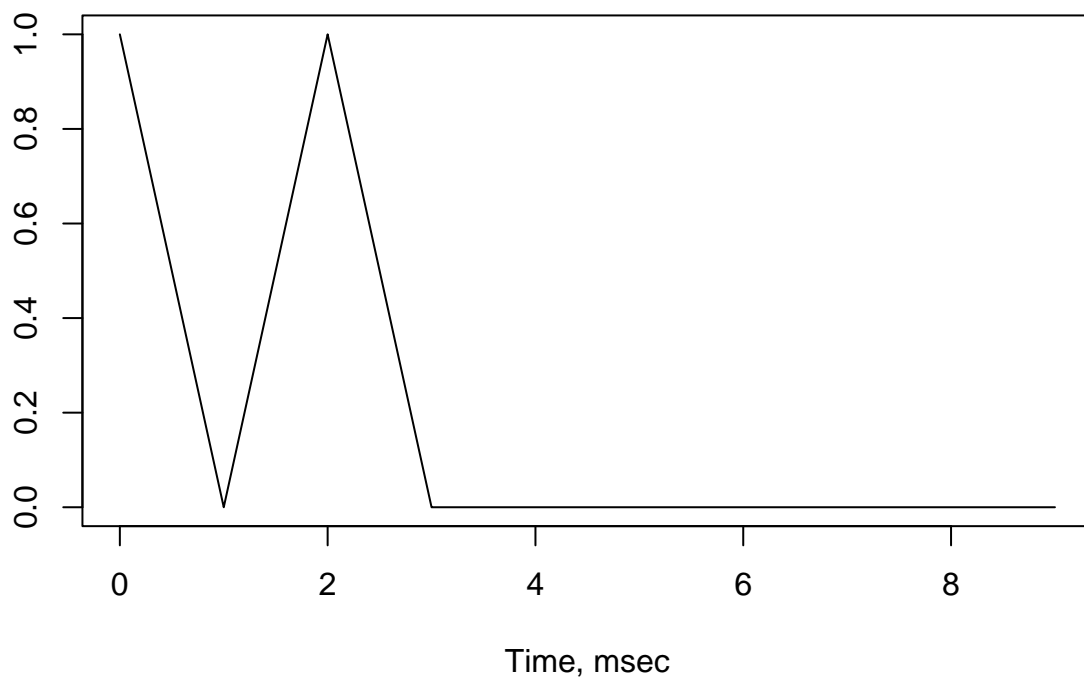
num = c(1, -2*r*cos(w0), r^2)
den = c(1)

zplane(num,den)
```

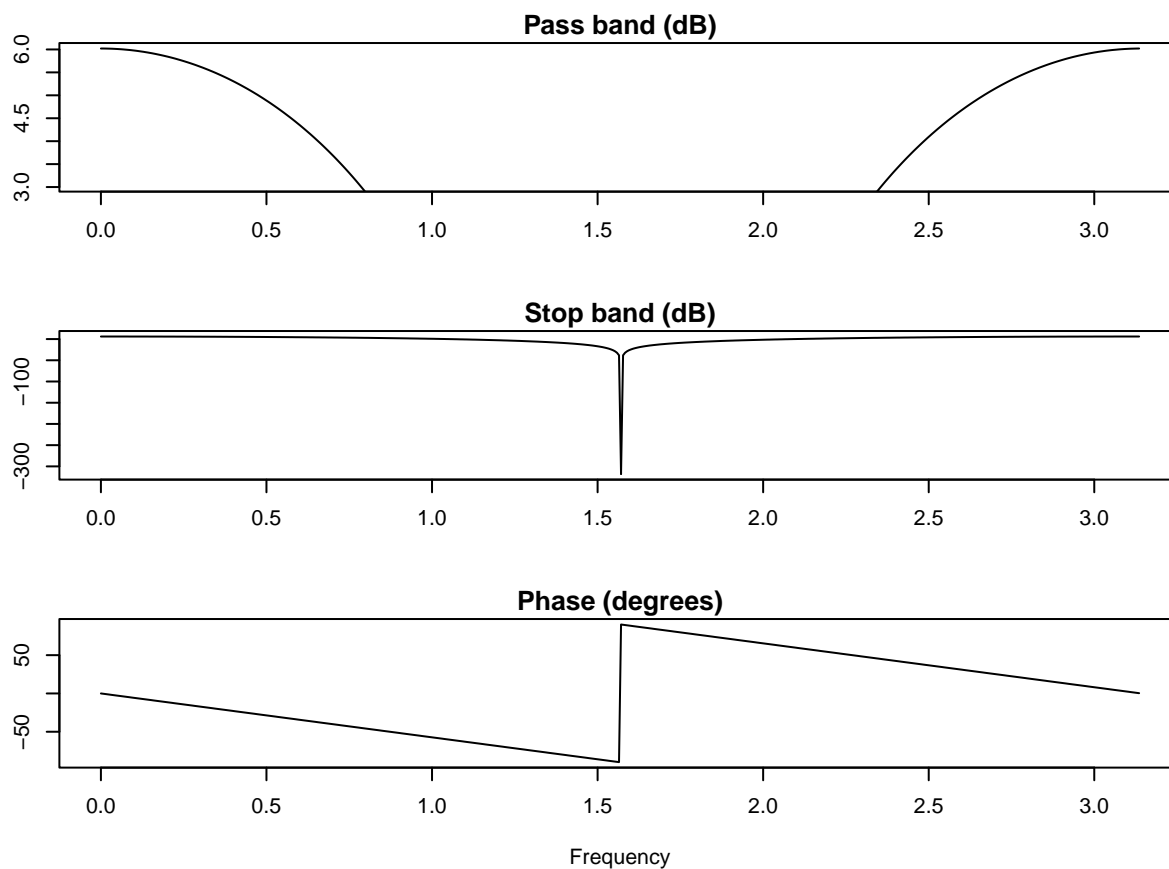


```
impz(num,den, 10)
```

Impulse response



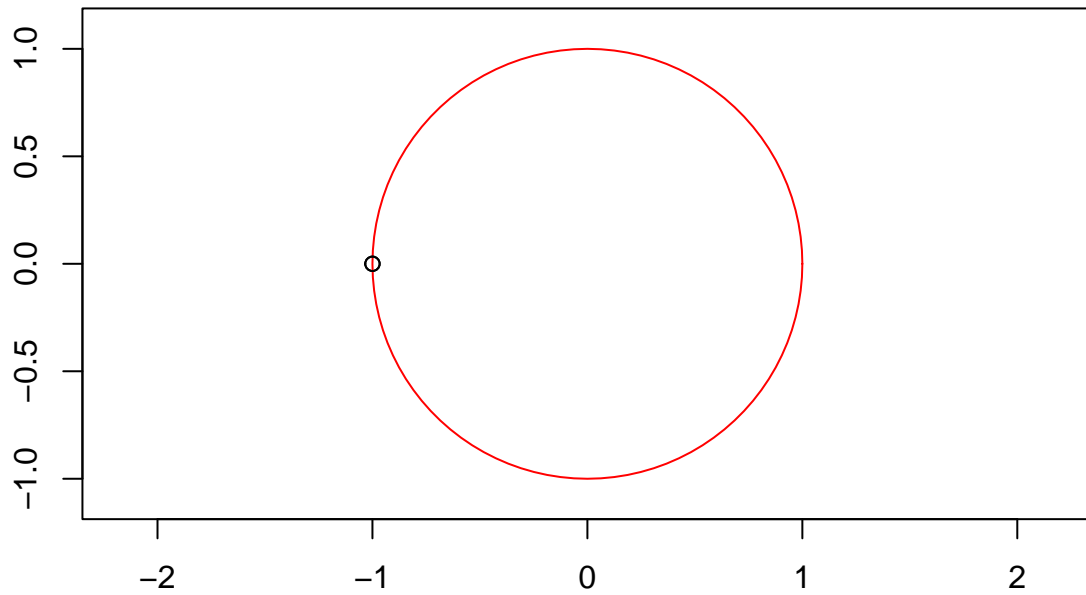
```
freqz(num,den)
```



```
r = 1
w0 = pi

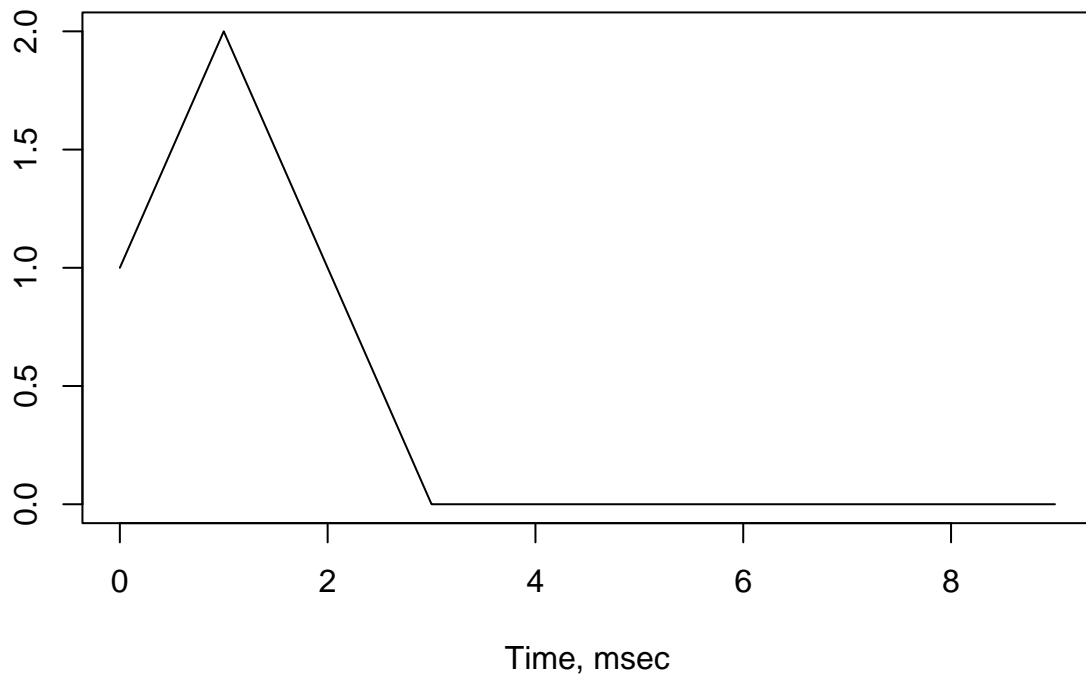
num = c(1, -2*r*cos(w0), r^2)
den = c(1)

zplane(num,den)
```

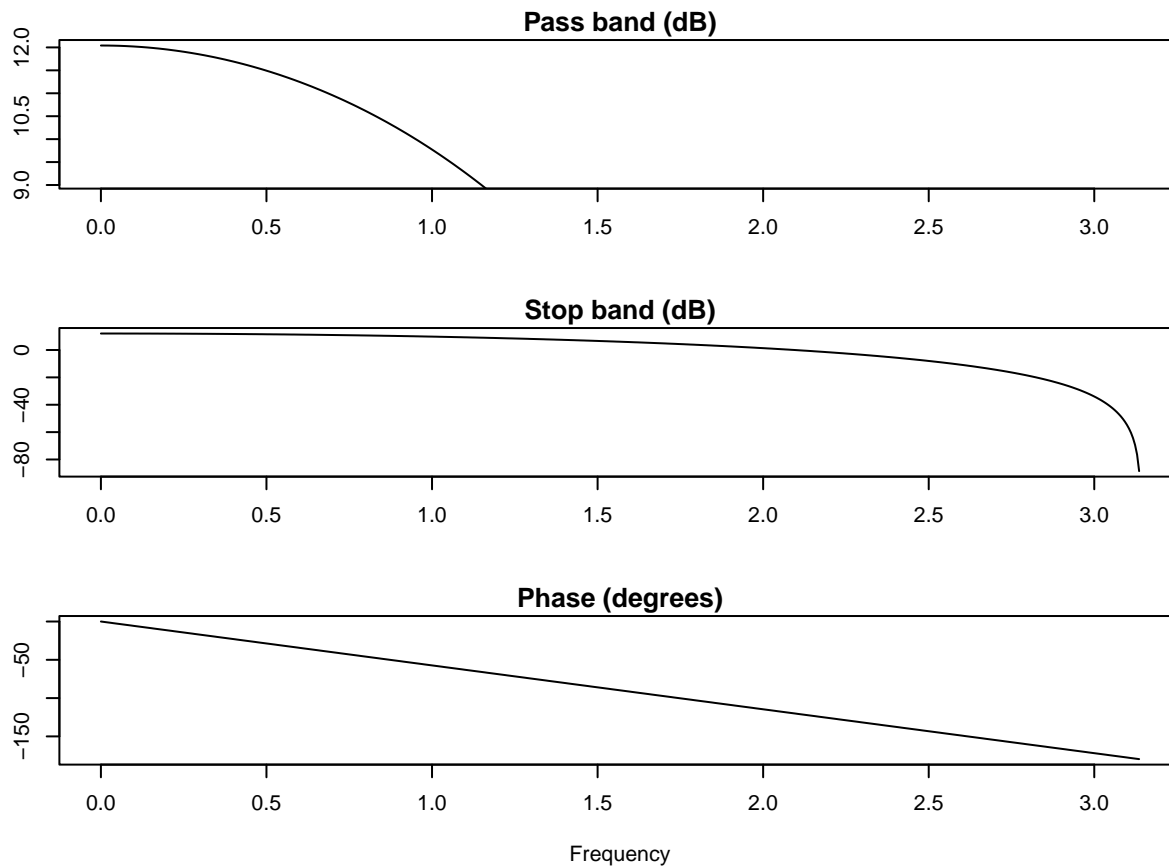


```
impz(num,den, 10)
```

Impulse response



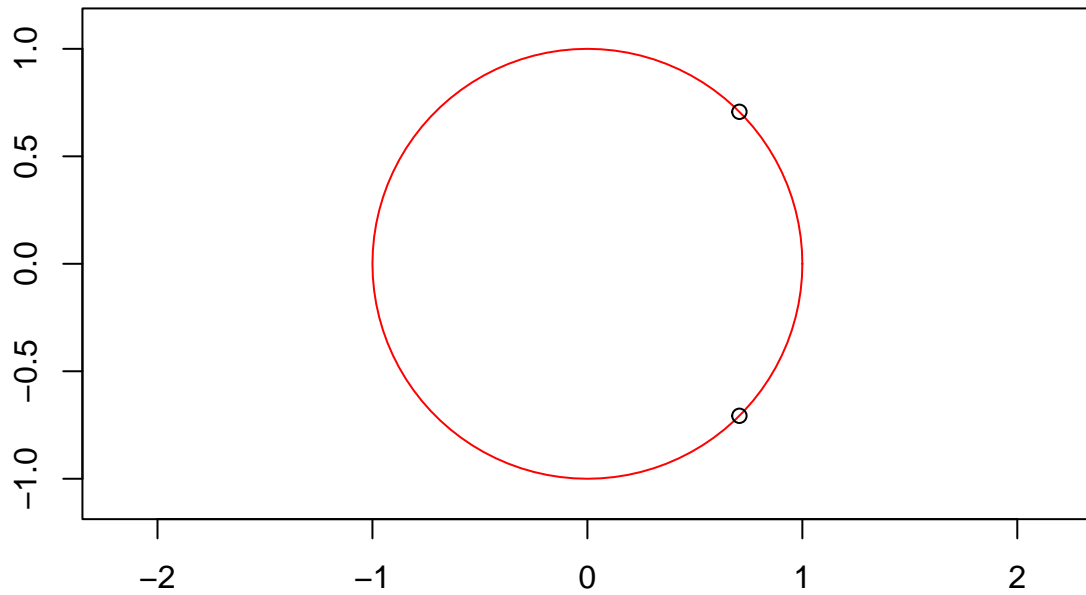
```
freqz(num,den)
```



```
r = 1
w0 = pi /4

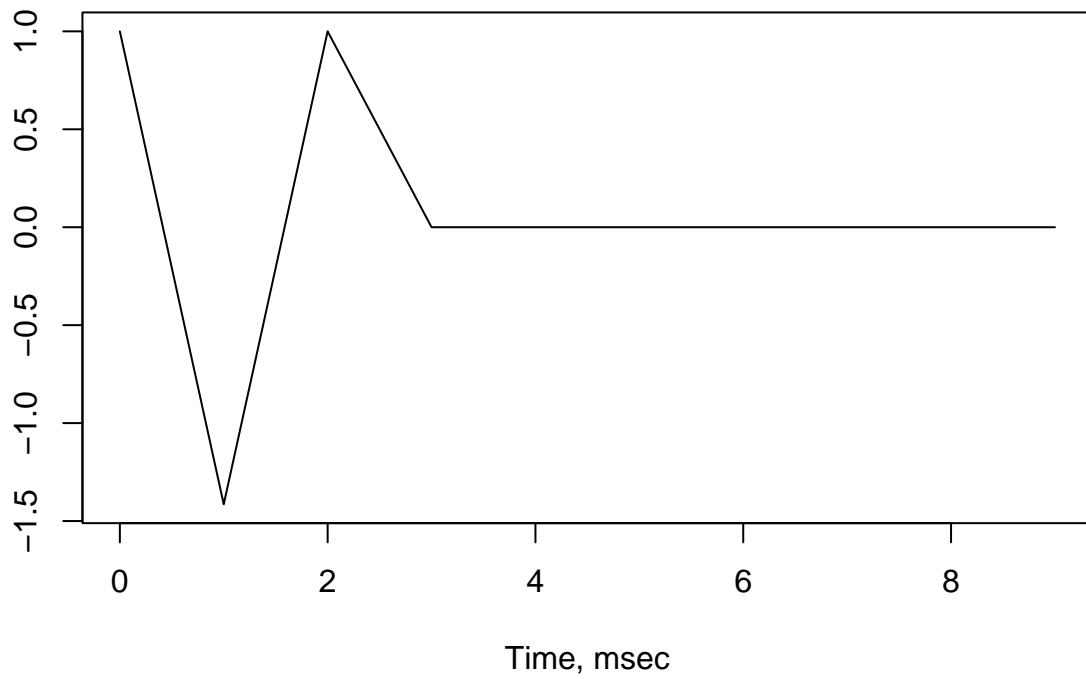
num = c(1, -2*r*cos(w0), r^2)
den = c(1)

zplane(num,den)
```

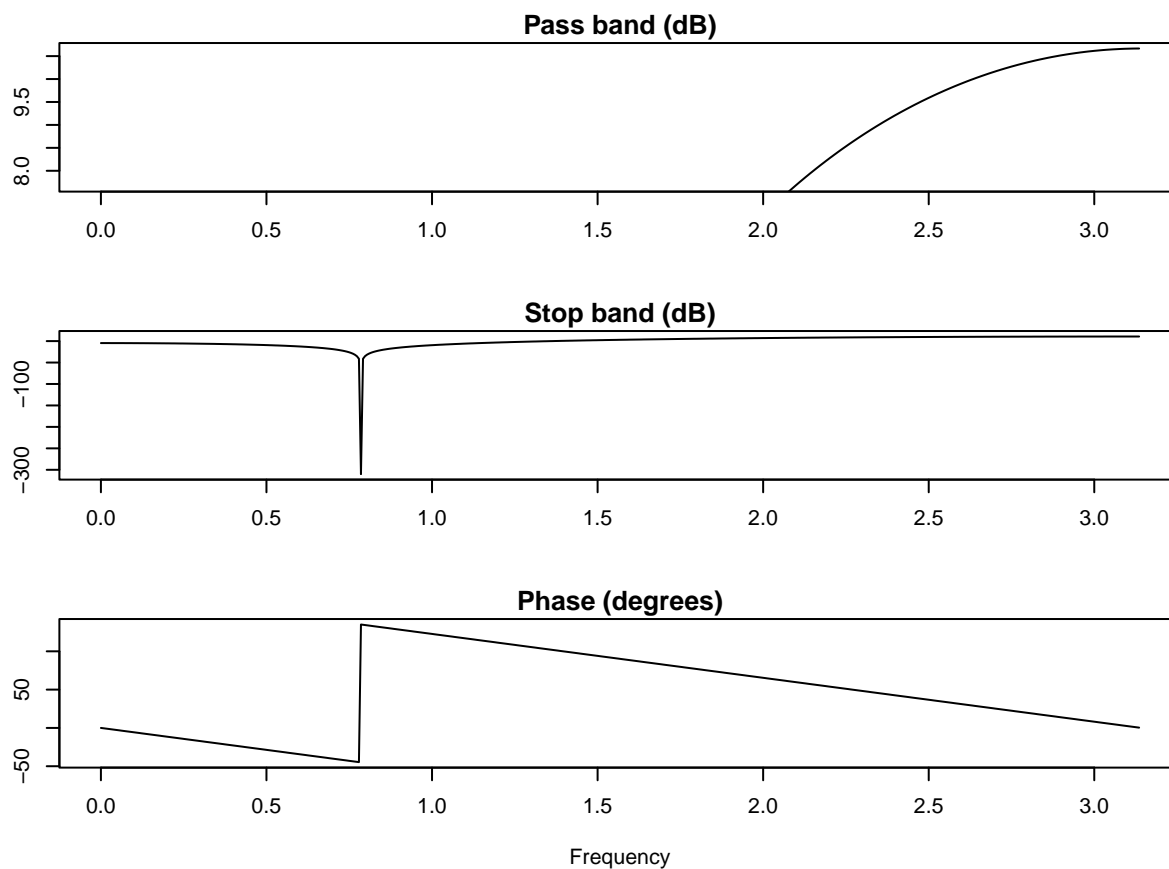



```
impz(num,den, 10)
```

Impulse response



```
freqz(num,den)
```

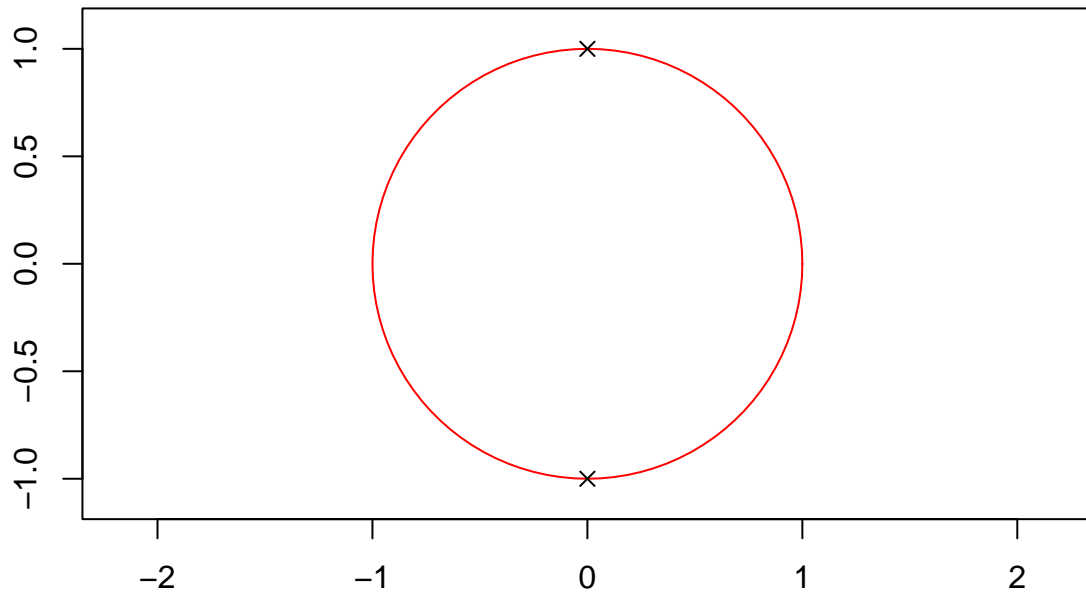


#Para H2:

```
r = 1
w0 = pi / 2

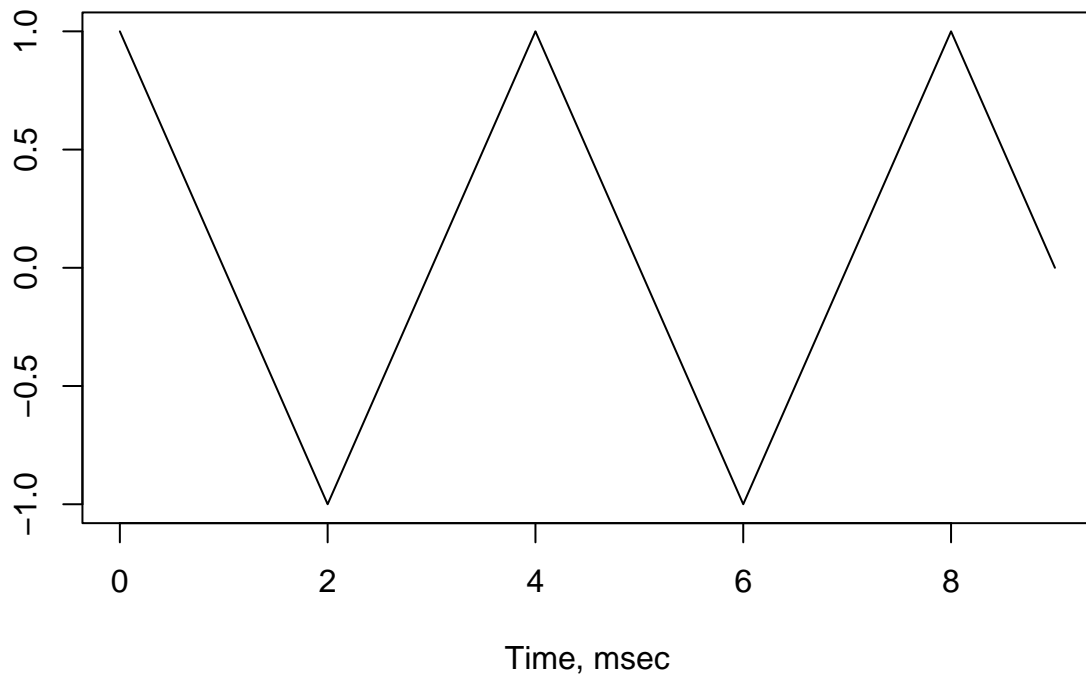
num = c(1)
den = c(1, -2*r*cos(w0), r^2)

zplane(num,den)
```

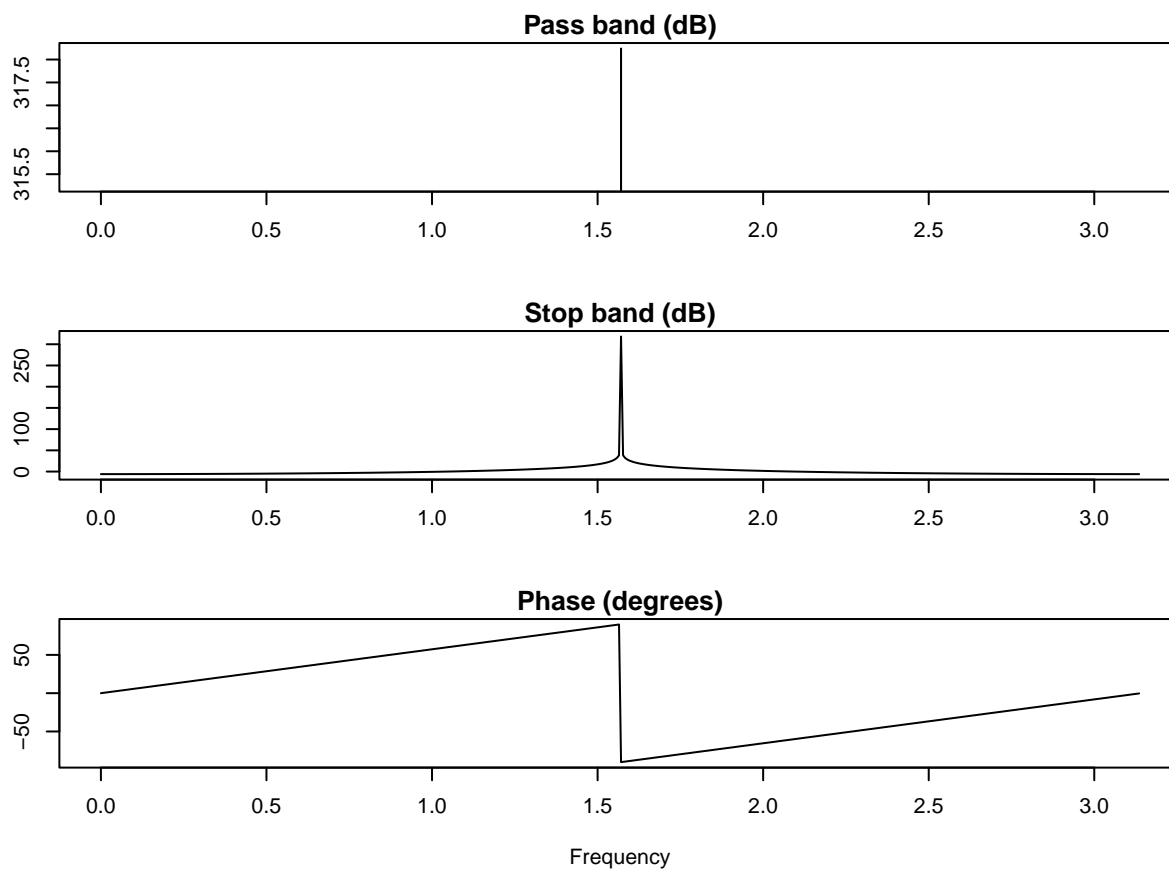


```
impz(num,den, 10)
```

Impulse response



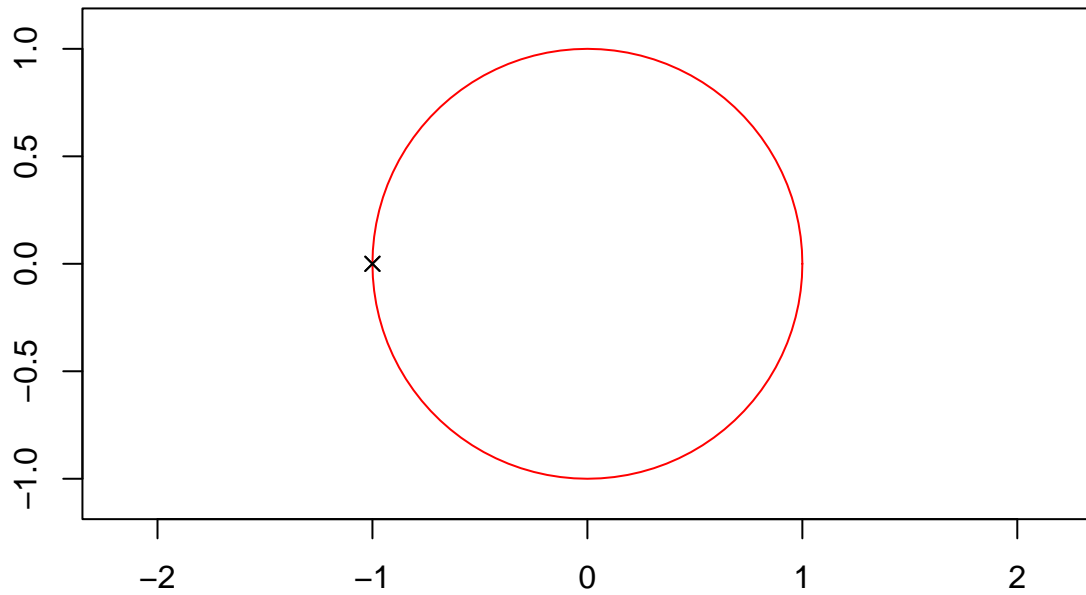
```
freqz(num,den)
```



```
r = 1
w0 = pi

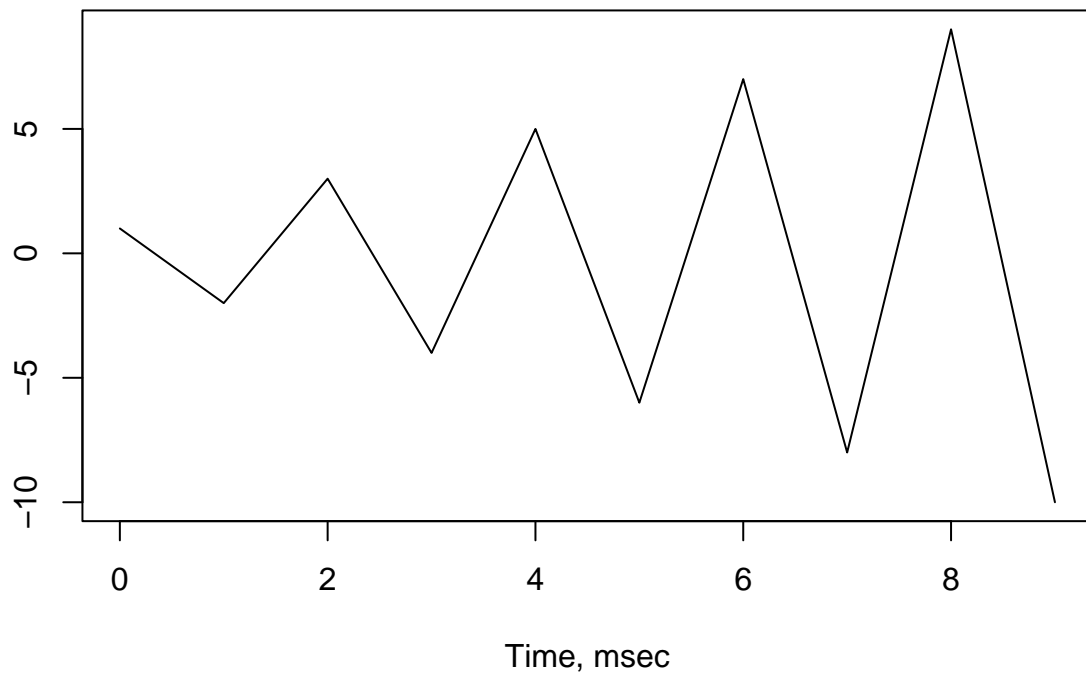
num = c(1)
den = c(1, -2*r*cos(w0), r^2)

zplane(num,den)
```

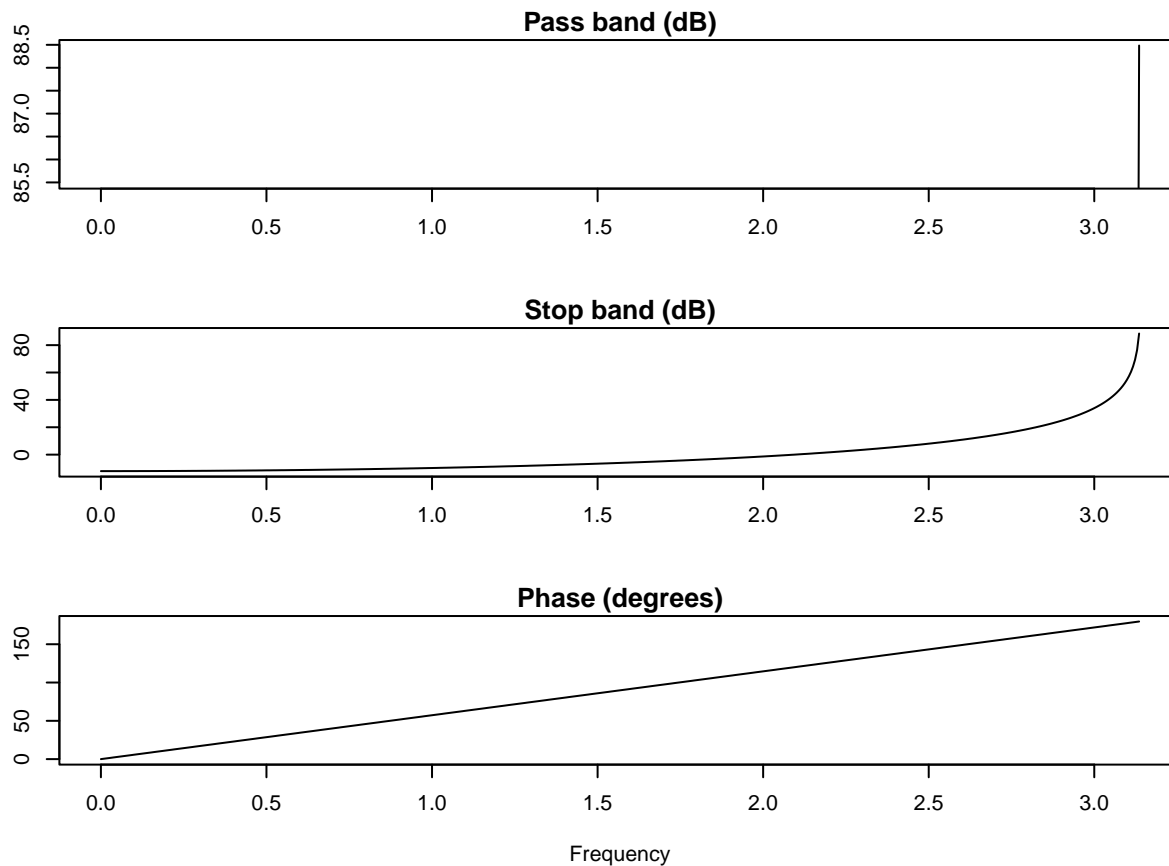


```
impz(num,den, 10)
```

Impulse response



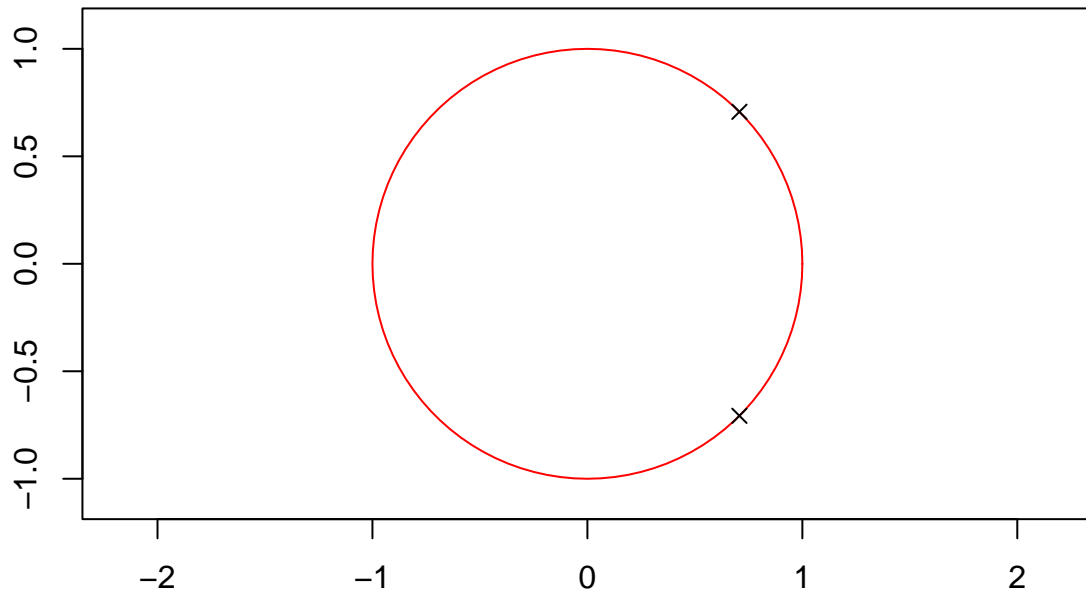
```
freqz(num,den)
```

```
r = 1
w0 = pi / 4

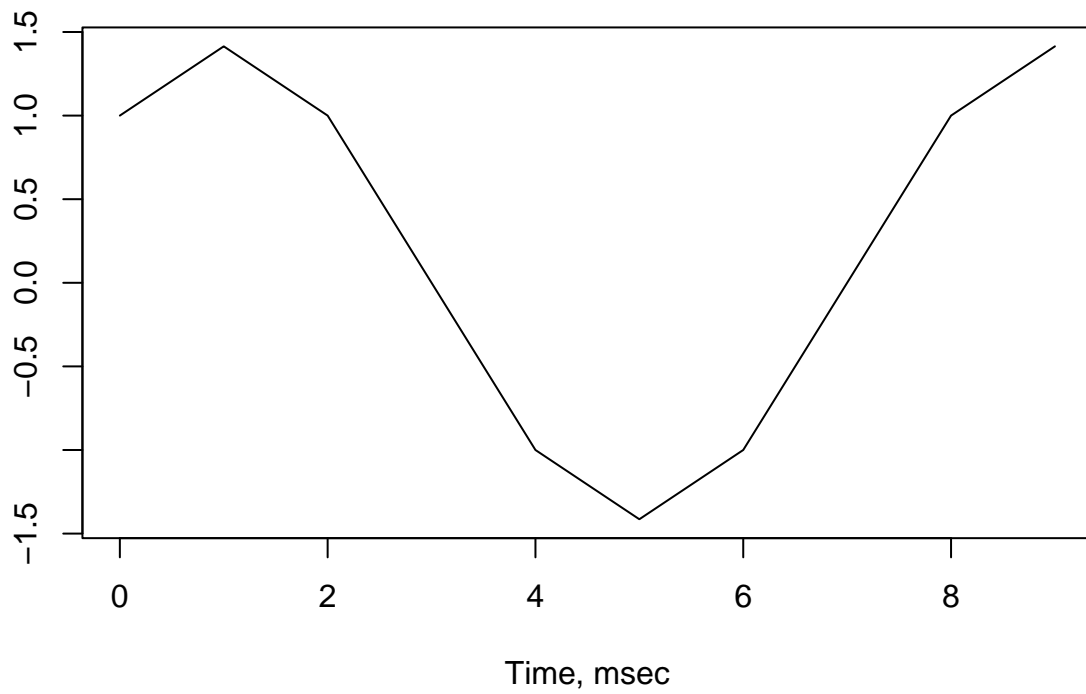
num = c(1)
den = c(1, -2*r*cos(w0), r^2)

zplane(num,den)
```

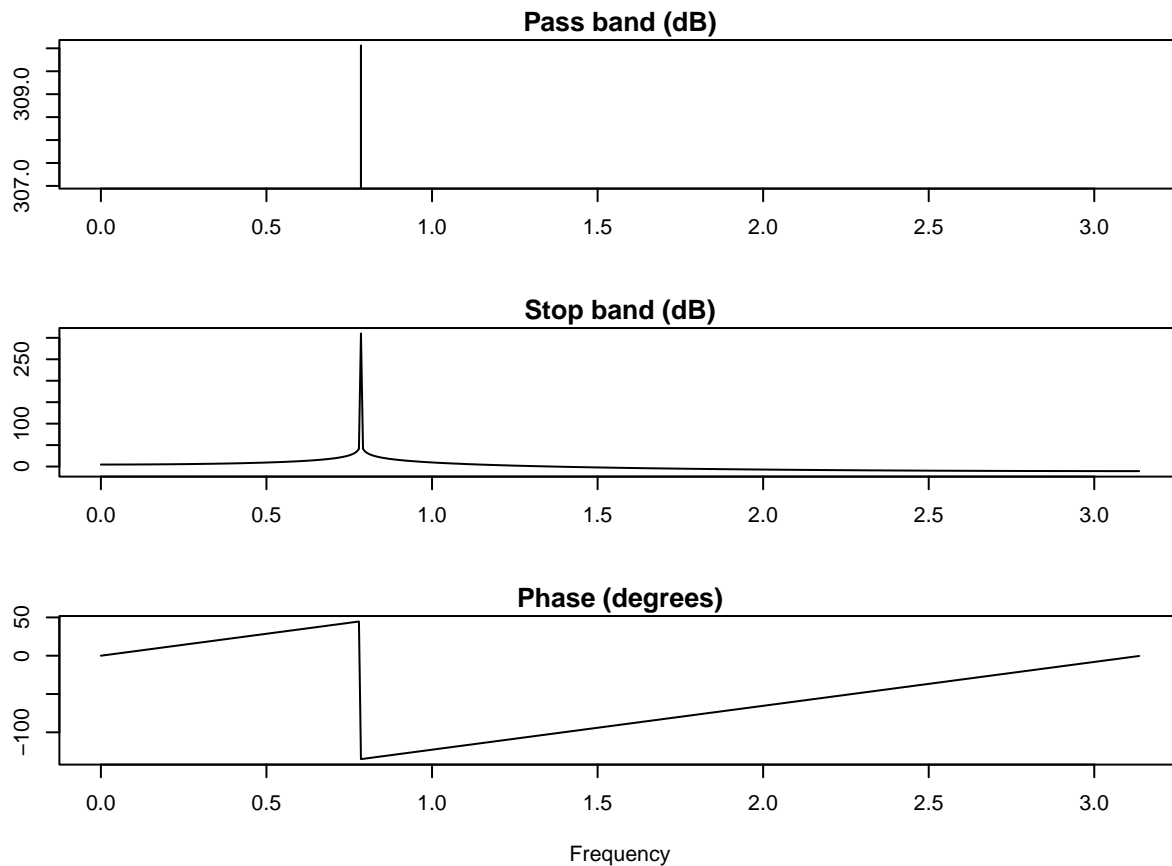


```
impz(num,den, 10)
```

Impulse response



```
freqz(num,den)
```



Y ahora le daremos valores a r con un w_0 fijo:

#Para $H1$:

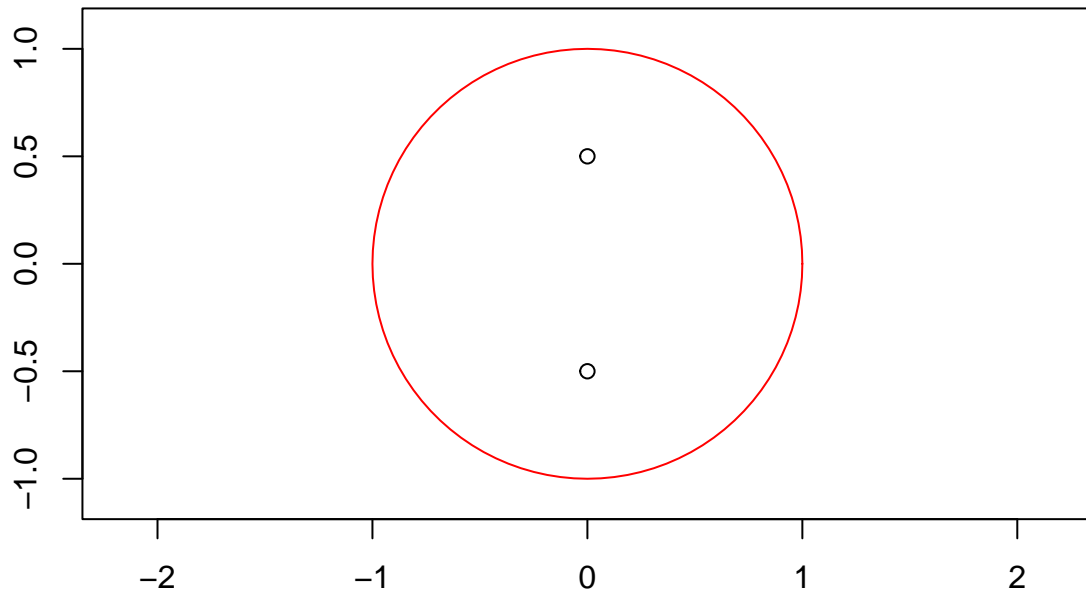
```
r = 0.5
```

```
w0 = pi / 2
```

```
num = c(1, -2*r*cos(w0), r^2)
```

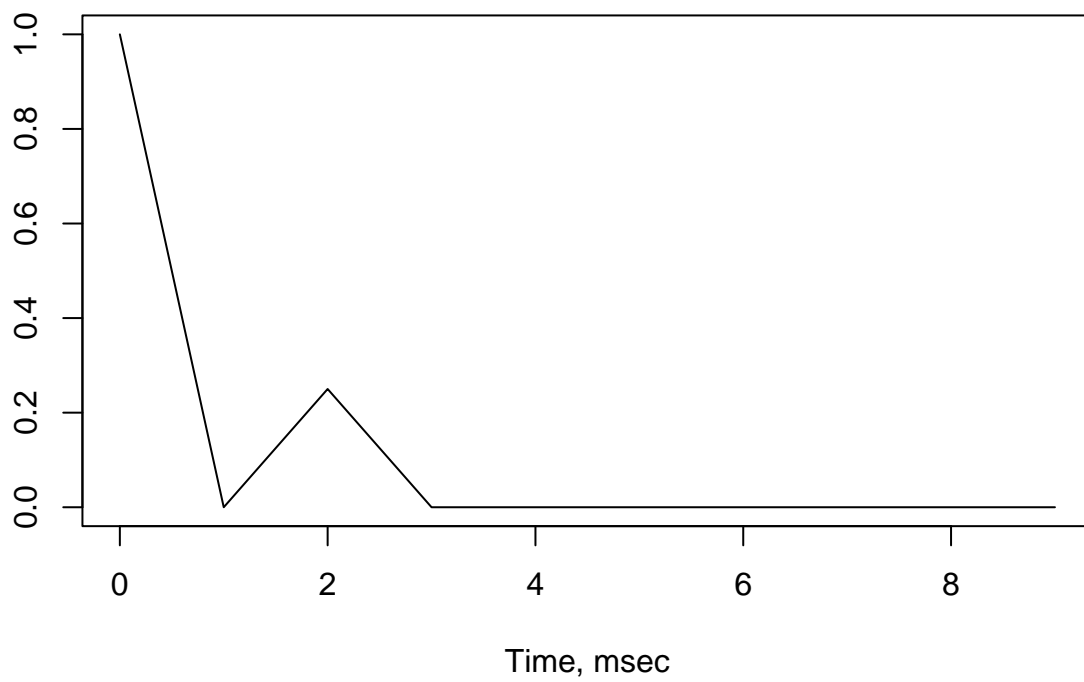
```
den = c(1)
```

```
zplane(num,den)
```

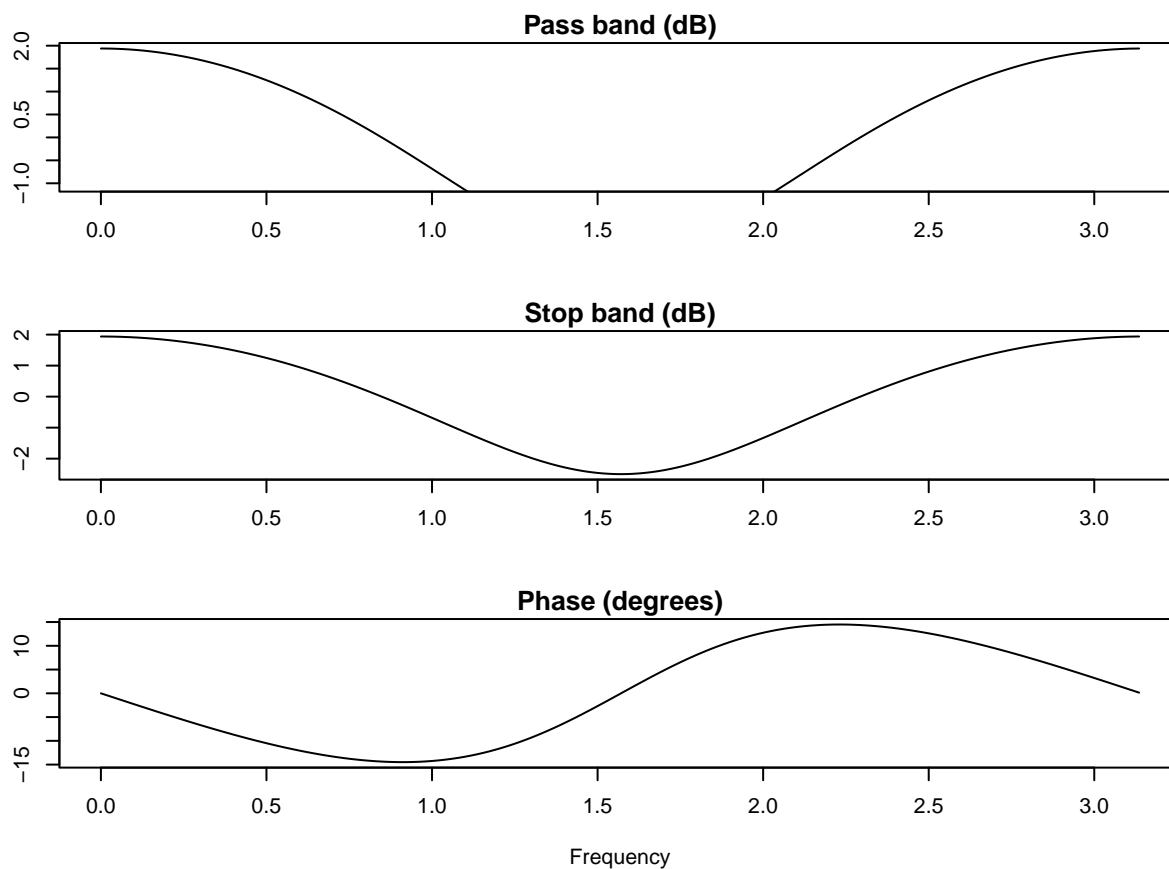


```
impz(num,den, 10)
```

Impulse response



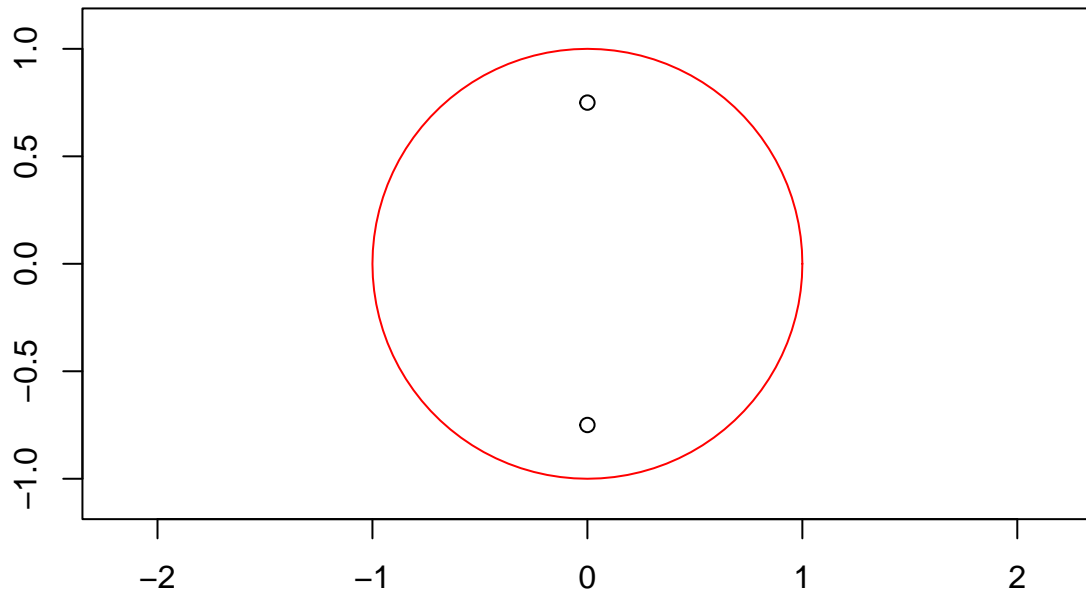
```
freqz(num,den)
```



```
r = 0.75
w0 = pi/2

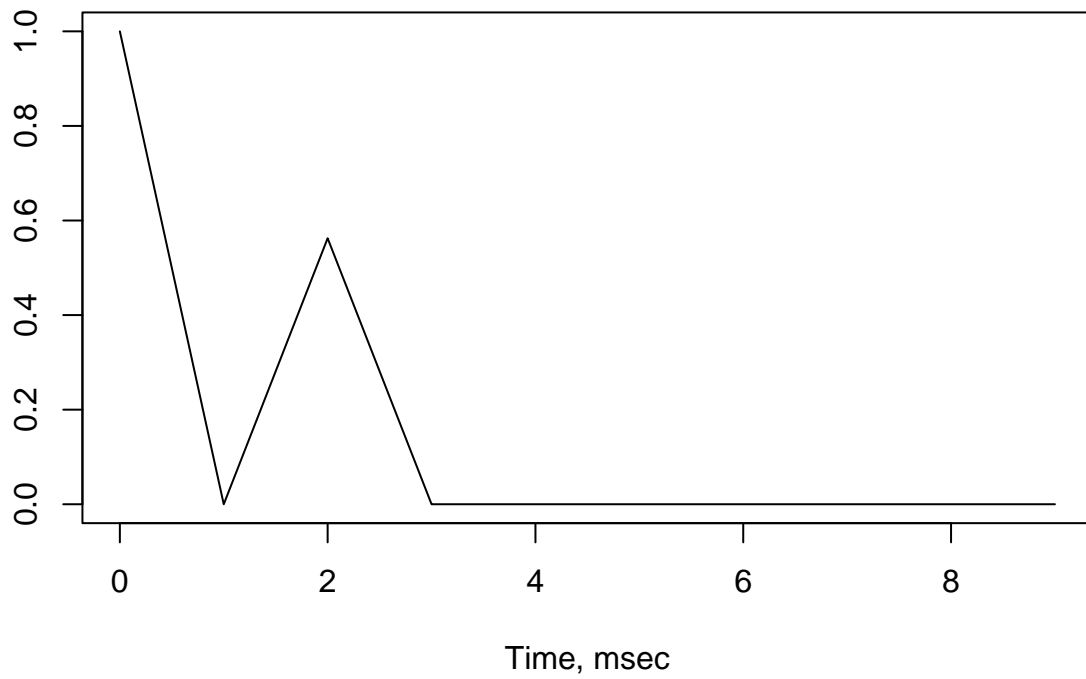
num = c(1, -2*r*cos(w0), r^2)
den = c(1)

zplane(num,den)
```

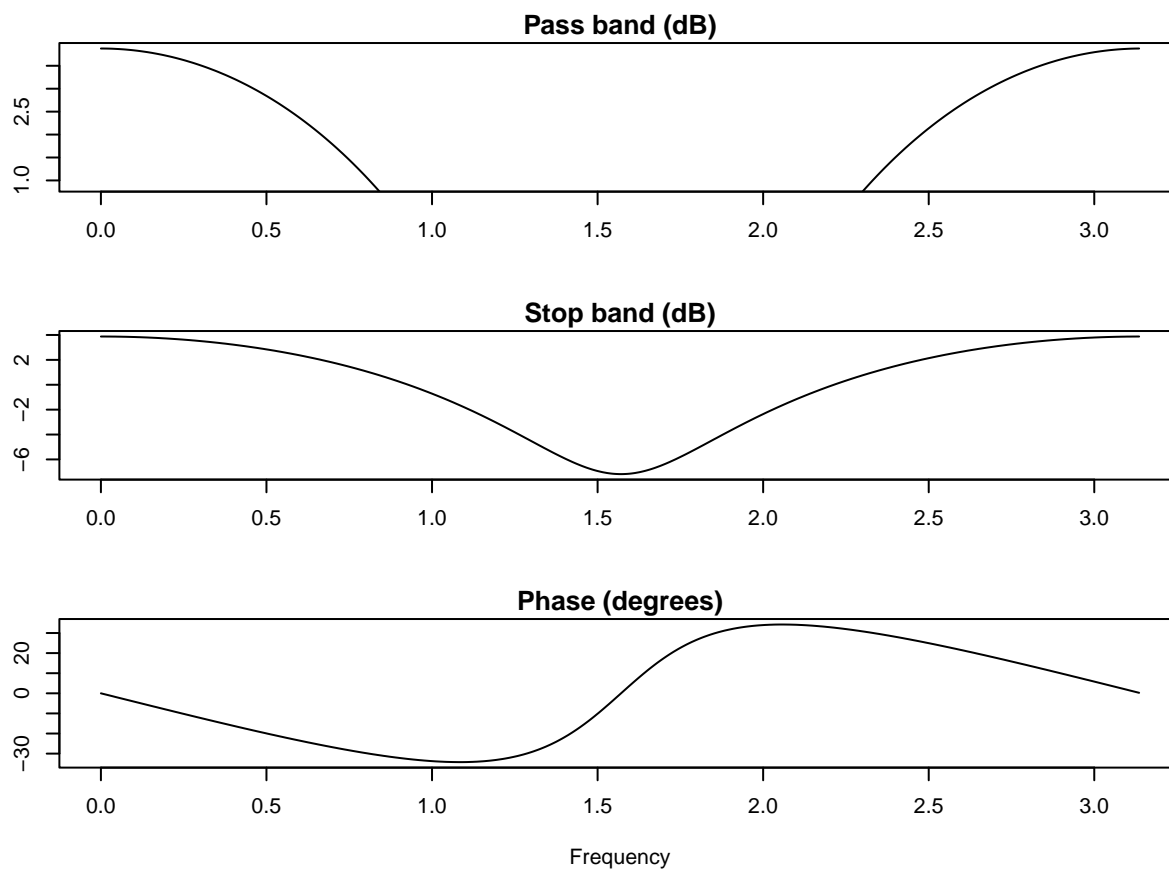


```
impz(num,den, 10)
```


Impulse response



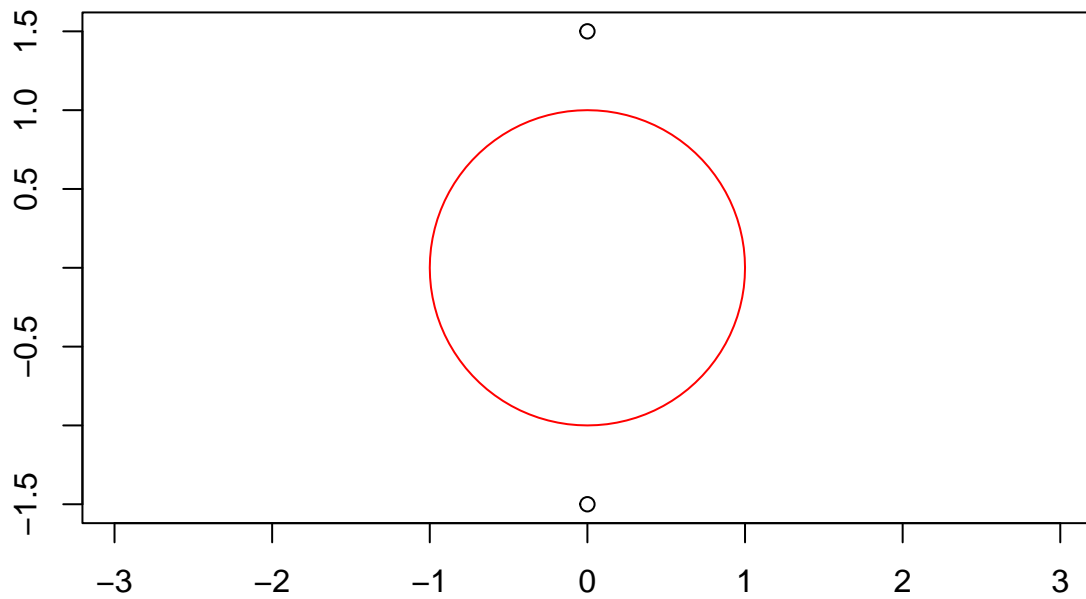
```
freqz(num,den)
```



```
r = 1.5
w0 = pi / 2

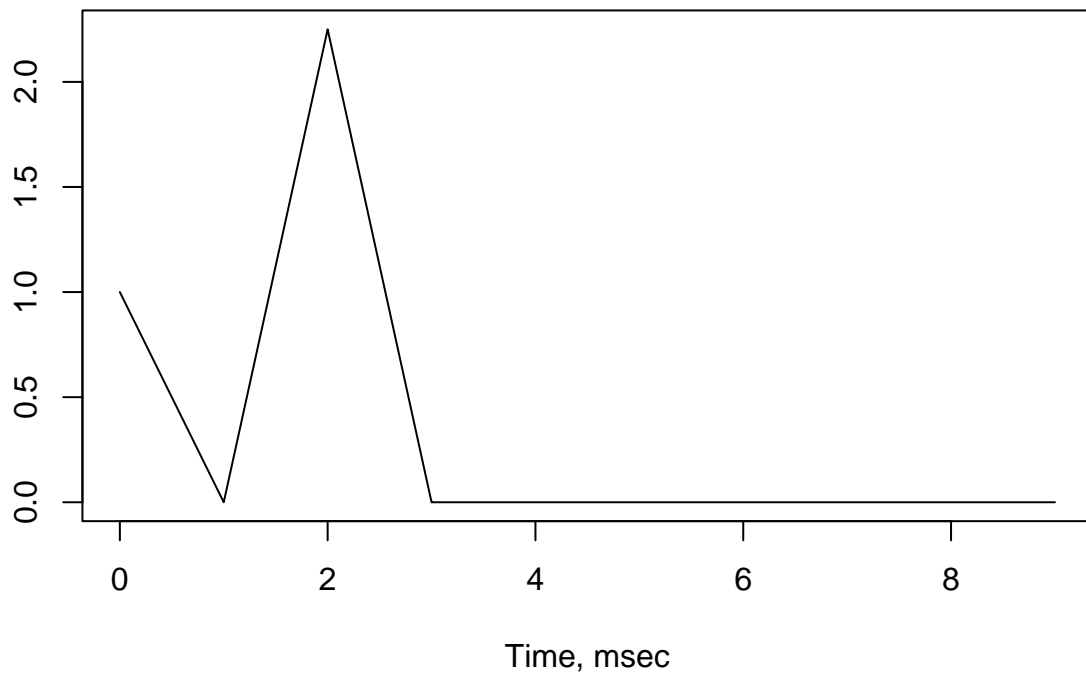
num = c(1, -2*r*cos(w0), r^2)
den = c(1)

zplane(num,den)
```

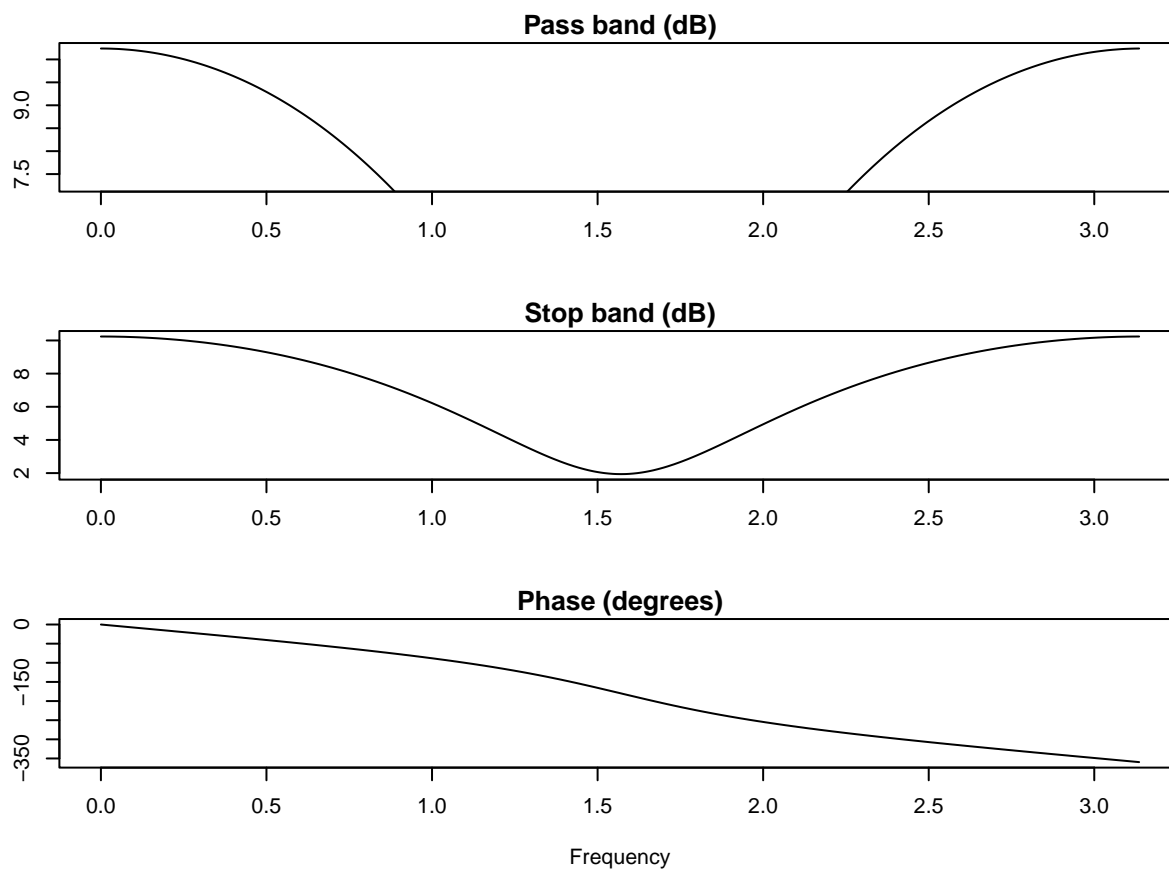


```
impz(num,den, 10)
```

Impulse response

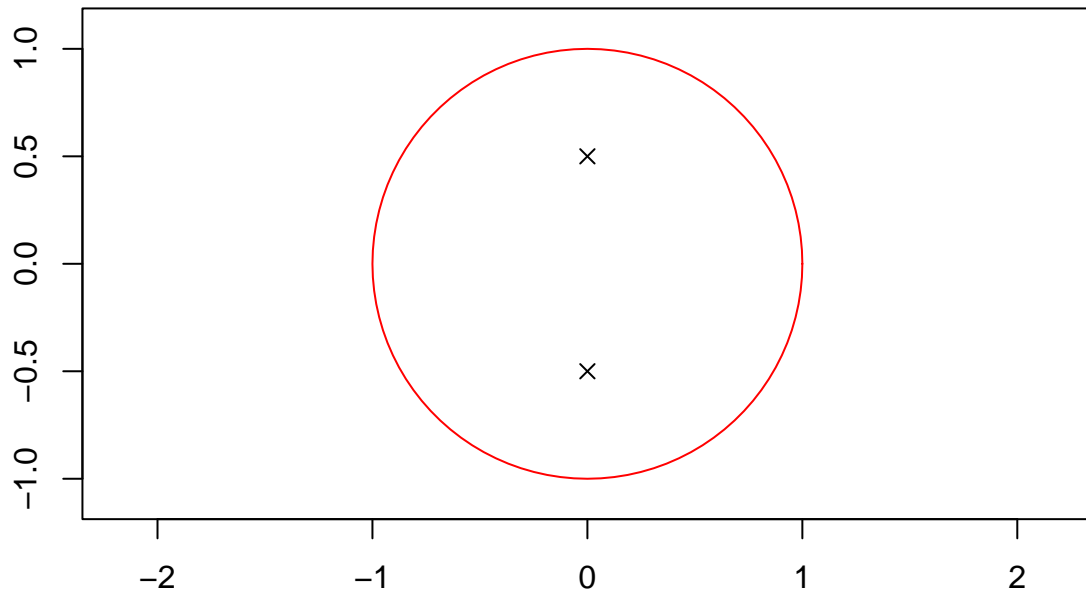


```
freqz(num,den)
```



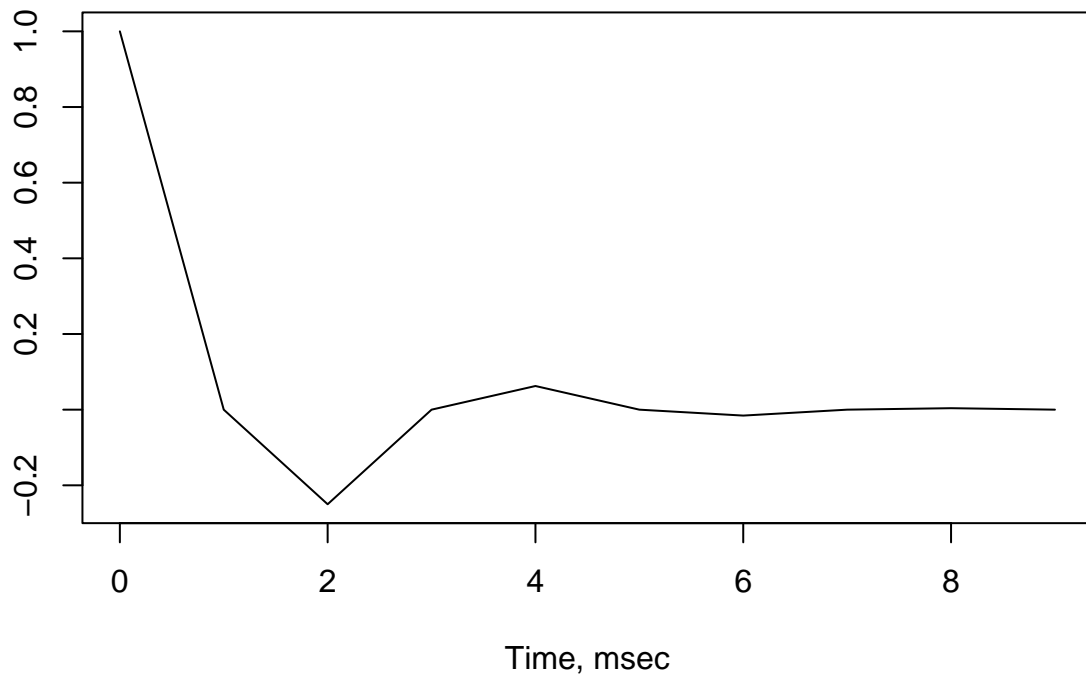
#Para H2:

```
r = 0.5  
w0 = pi /2  
  
num = c(1)  
den = c(1, -2*r*cos(w0), r^2)  
  
zplane(num,den)
```

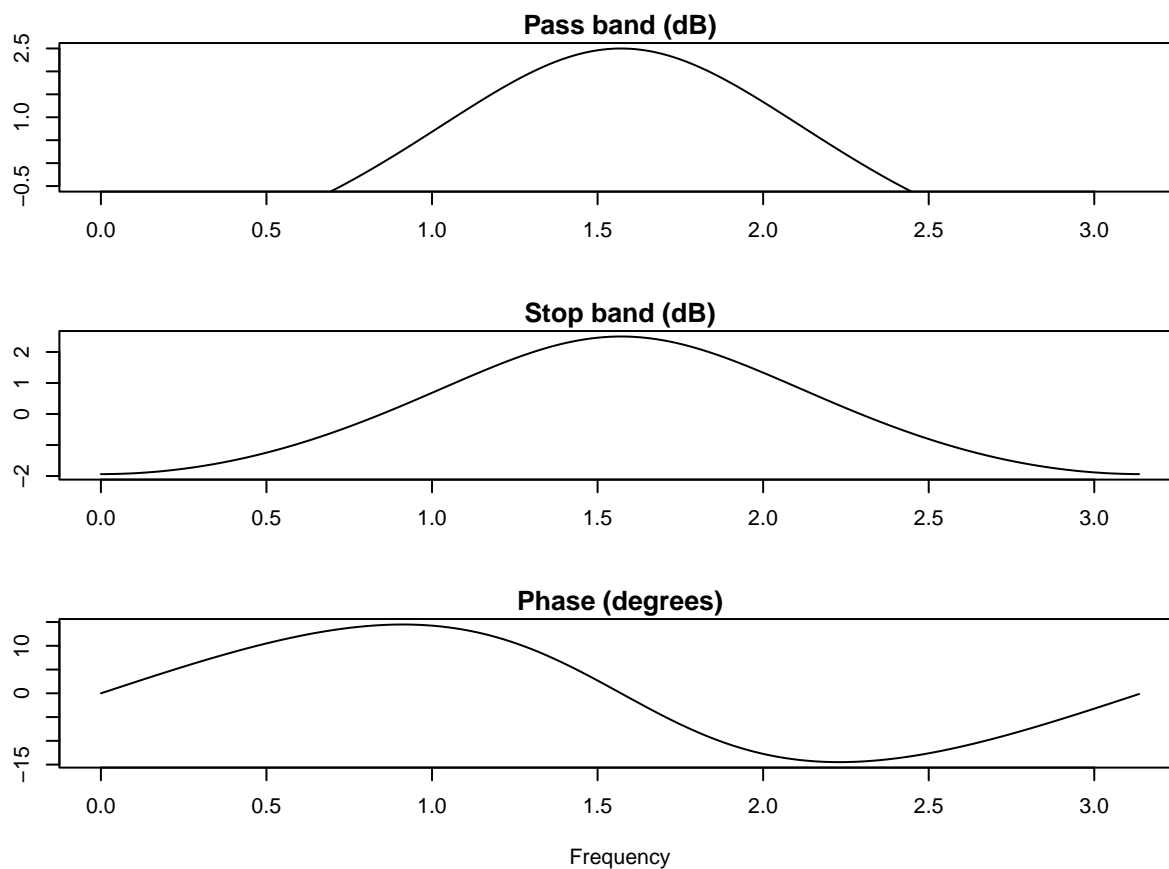


```
impz(num,den, 10)
```

Impulse response



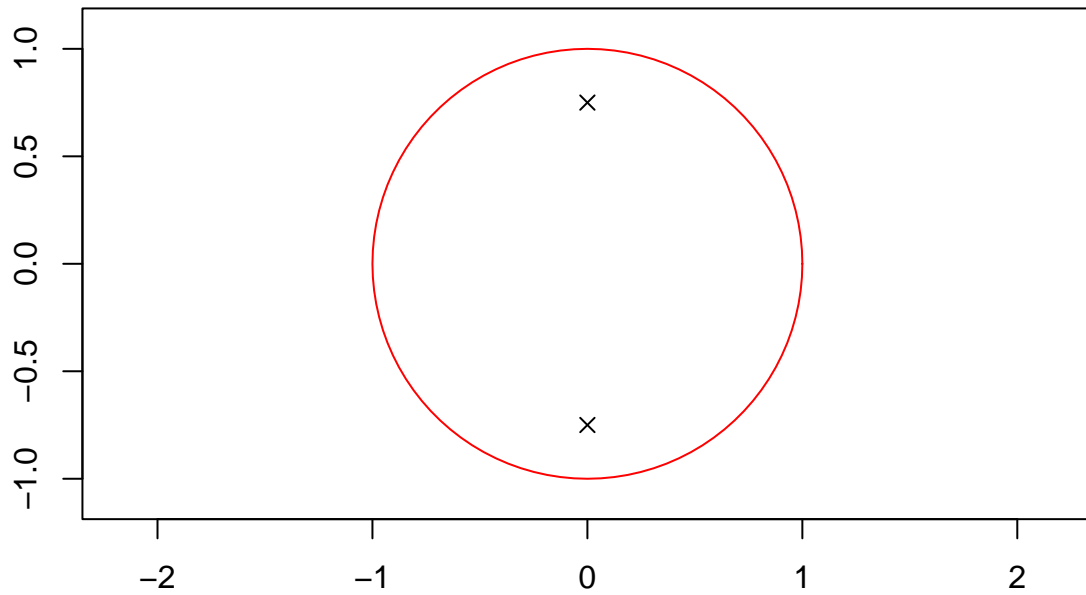
```
freqz(num,den)
```



```
r = 0.75
w0 = pi/2

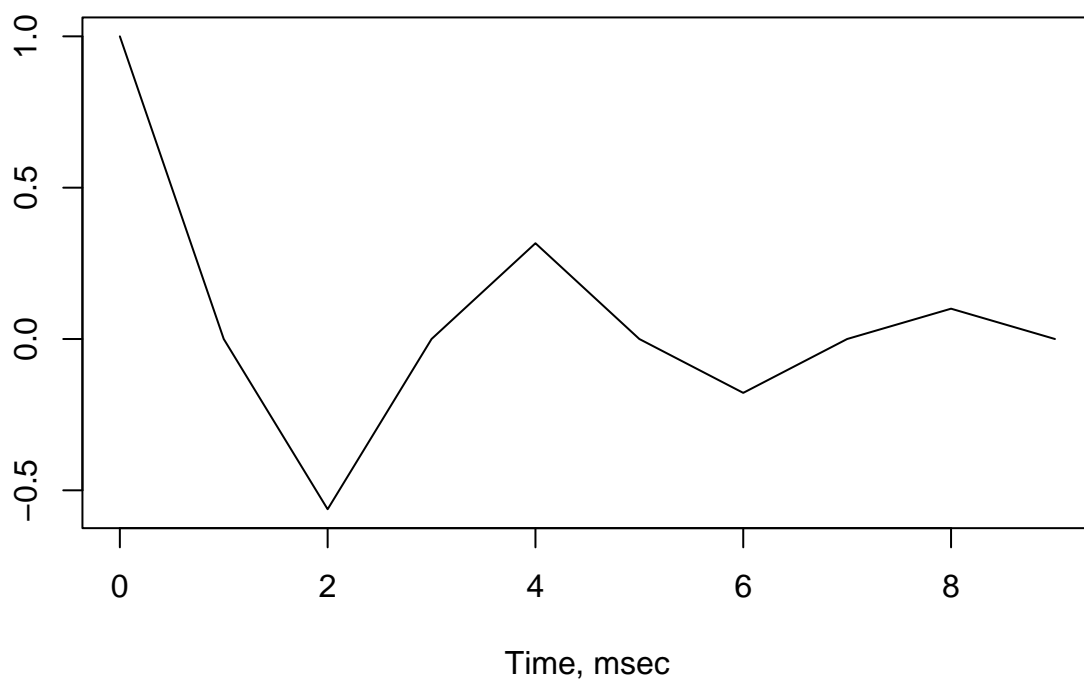
num = c(1)
den = c(1, -2*r*cos(w0), r^2)

zplane(num,den)
```

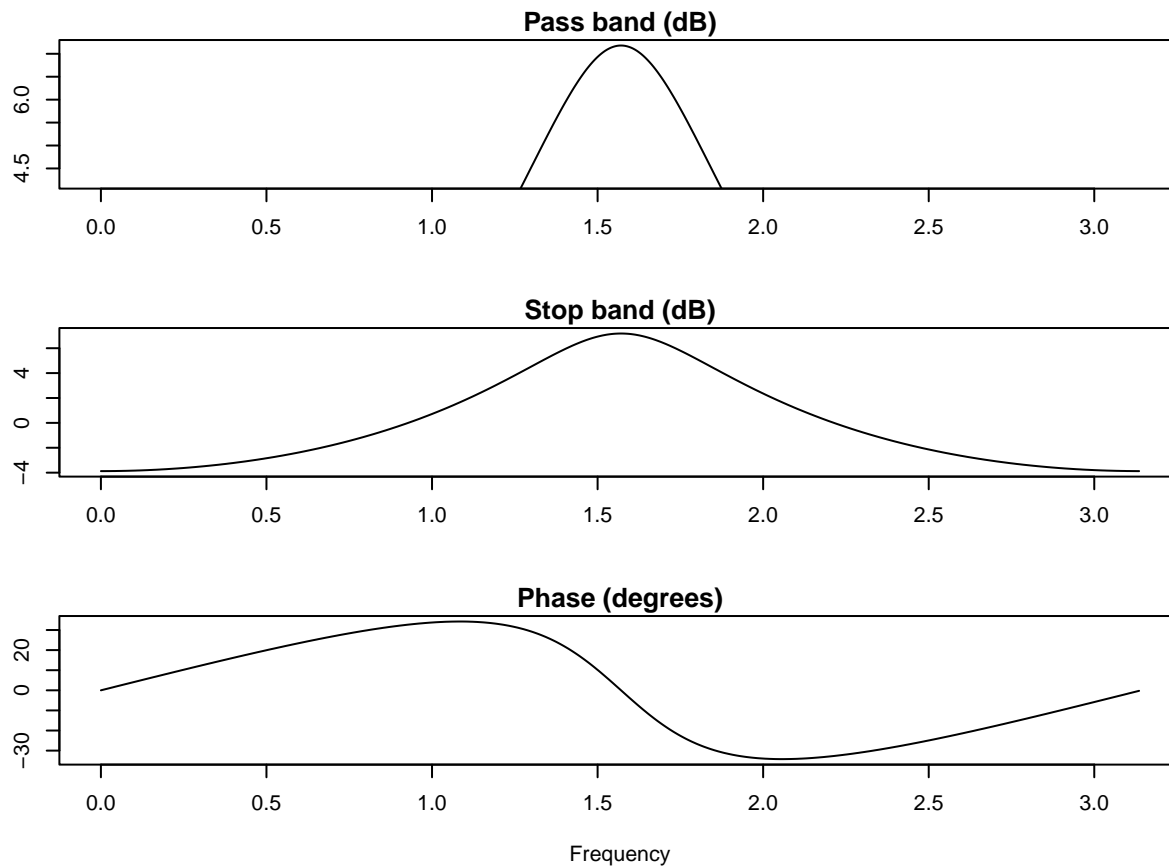



```
impz(num,den, 10)
```

Impulse response



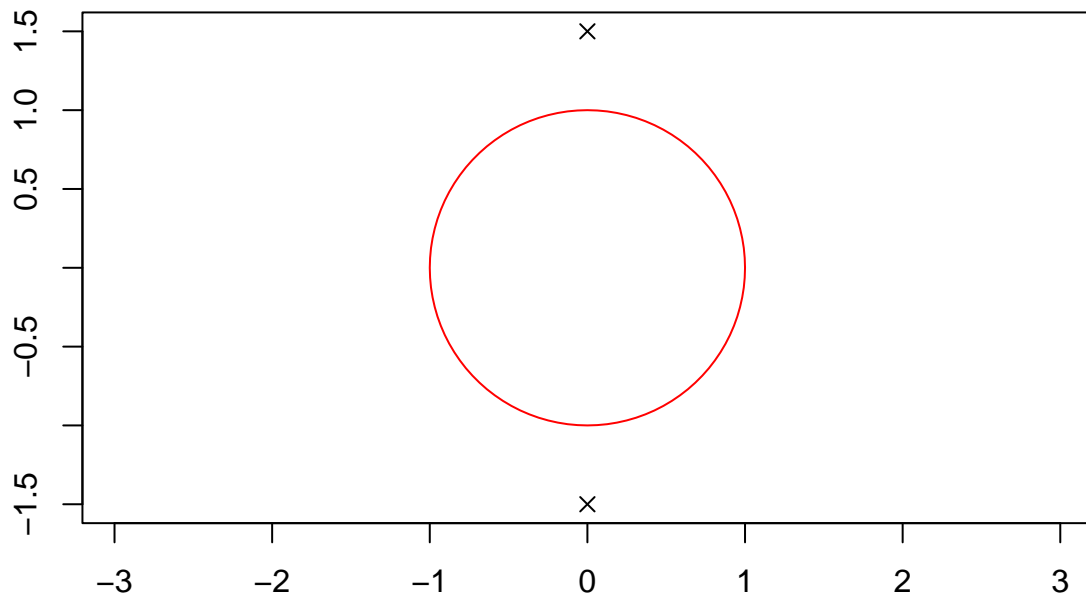
```
freqz(num,den)
```



```
r = 1.5
w0 = pi / 2

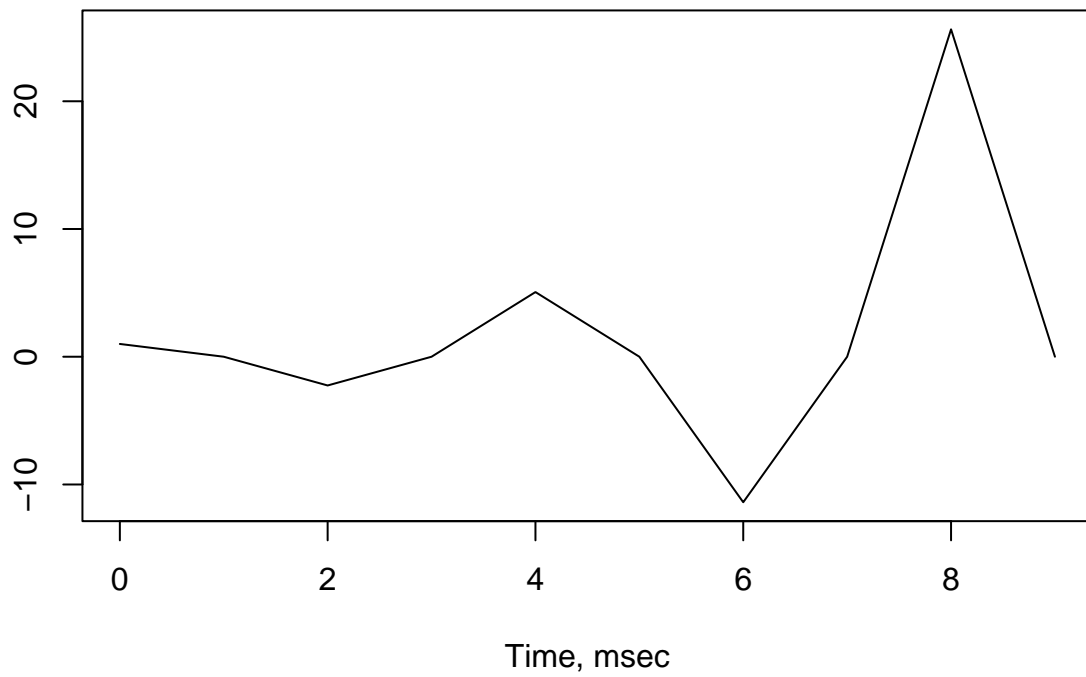
num = c(1)
den = c(1, -2*r*cos(w0), r^2)

zplane(num,den)
```

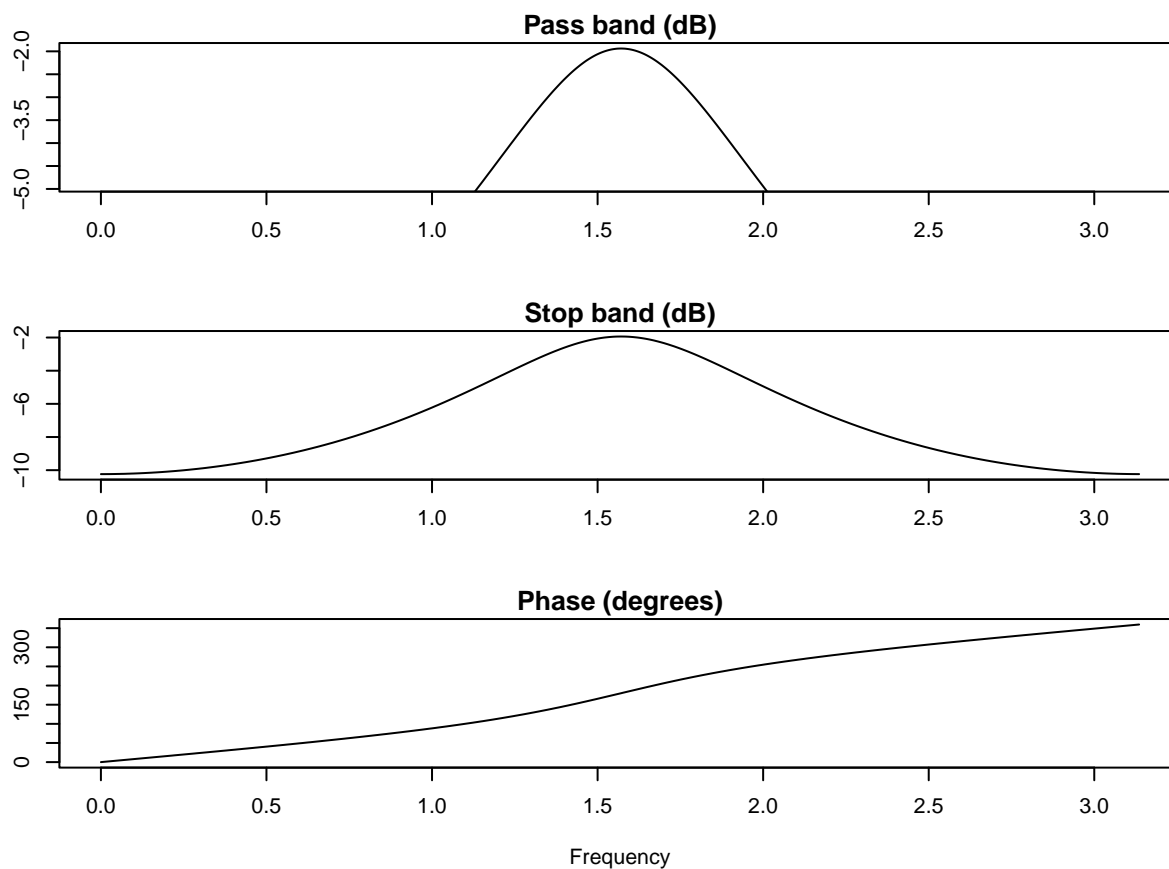


```
impz(num,den, 10)
```

Impulse response



```
freqz(num,den)
```



SOLUCIÓN:

r y w_0 se relacionan de tal manera que ambos determinan la posición de los ceros y los polos

r es la distancia al origen del plano complejo (módulo)

w_0 determina el ángulo en el que se disponen

3. Laboratorio

3.1 Sistemas discretos

3.1.1 Filtro peine

Un sistema digital muy empleado como filtro paso-bajo es lo que se conoce como promediador. La ecuación en diferencias de este filtro es:

$$y(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x(n-k)$$

Determina la respuesta impulsional y la respuesta en frecuencia del sistema para diferentes N (2,4 y 9). Calcula los polos y ceros de $H(z)$, ¿qué tienen de especial? ¿Qué ocurre en los ceros de $H(z)$?

3.1.2 Eliminación del ruido de red

A continuación, se implementará una aplicación práctica en Ingeniería Biomédica, la eliminación del ruido de red en un electrocardiograma (ECG). Para ello utiliza el fichero `ecg.mat` que contiene un ECG contaminado por ruido de 50 Hz. Diseña un sistema digital para eliminar dicha interferencia mediante un análisis de polos/zeros de la Transformada Z (el ECG se ha adquirido con una frecuencia de muestreo de ECG de 1000 Hz). Implementa diferentes alternativas para eliminar este ruido.

En este ECG aparece otra interferencia importante que es una variación de la línea basal que aparece en bajas frecuencias. Para eliminarla, usa el sistema definido por $H(z) = \frac{1-z^{-1}}{1-\mu z^{-1}}$.

1. Compruébalo con la instrucción filter (considera $\mu = 0.9$).
2. Determina la respuesta en frecuencia del sistema y razona lo obtenido.
3. ¿Qué controla el parámetro μ ?

Mediante el uso de la aplicación de: <http://www.micromodeler.com/dsp/> visualiza los filtros que has utilizado en la práctica