

Representación numérica y gráfica de diferentes señales en Matlab

1. Objetivos

En esta práctica de laboratorio se busca desarrollar destrezas en la representación de señales por medio del software Matlab. A tal fin, se repasarán las principales funciones de utilidad para generar y representar funciones de diferente naturaleza: variable continua/-discreta, reales/complejas, etc.

! Si bien en este guión se omitirán los comandos relativos al etiquetado de los ejes, debe tener en cuenta que esos comandos (`xlabel`, `ylabel`, `title`, `axis`, etc.) han de usarse en cualquier documento formal (p. ej., un examen) por lo que se recomienda que los incorpore a sus representaciones.

2. Representación de señales de variable continua

2.1. Definición y representación básica de señales continuas

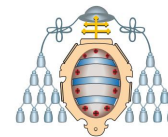
Como posiblemente conozca, Matlab permite la representación de señales de variable continua mediante el comando `plot` que toma como argumentos dos vectores x y f para ello. Estos vectores contienen un conjunto de valores que se corresponden con los puntos donde se evalúa la función y los valores de la función en dichos puntos.

En general, los valores del eje de abscisas se obtendrán mediante el comando `linspace`, por medio del cual se indican los puntos inicial y final donde se va a considerar la función. Además, se indicará el número de puntos

- TAREA
1. Dibuje la señal $f(x) = e^{-x}$ en el rango $[0, 2]$ usando 101 puntos.
 2. Repita la tarea anterior cambiando el rango a $[-10, 2]$. Observe como el rango de valores de la función ha crecido de manera exponencial.

2.2. Definición y representación de señales a trozos

Es habitual que una señal esté definida a trozos, de modo que se usen diferentes representaciones analíticas para diferentes intervalos. Para la definición de estas señales en Matlab existen varias estrategias. Una opción es ir seleccionando los índices para los que se quiere



dibujar mediante operaciones lógicas (menor o igual, mayor o igual, etc.), las cuales se realizan elemento a elemento. A continuación se muestra un ejemplo en el que se dibuja la siguiente señal:

$$f(x) = \begin{cases} 3 & x < -2 \\ \sin x & -2 \leq x < 1 \\ -\sin x & x \geq 1 \end{cases}$$

```
1 x = linspace (-3, 3, 101 );
2 f = zeros ( 1 ,101) ; %Inicializa la función a cero
3 f ( x< - 2) = 3;
4
5 ind = (x>= -2 & x <1);
6 f ( ind ) = sin ( x(ind) );
7
8 ind = (x>=1);
9 f ( ind) = -sin ( x(ind) );
10
11 plot(x,f)
```

TAREA

1. Para entender el procedimiento anterior, dibuje el vector de índices $\text{ind} = (x \geq -2 \ \& \ x < 1)$. Observe que dicho vector está compuesto por valores lógicos, pues proviene de operaciones lógicas.
2. Dibuje la señal $f(x) = \Pi\left(\frac{x-3}{2}\right) + \Pi(x-3)$. La función pulso se define como: $\Pi\left(\frac{x}{\Delta}\right) = \begin{cases} 1 & |x| < \frac{\Delta}{2} \\ 0 & |x| > \frac{\Delta}{2} \end{cases}$.
3. Dibuje la señal $f(x)$ en el intervalo $[-3, 3]$ usando 51 puntos, con

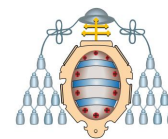
$$f(x) = \begin{cases} |x| & x \neq 0 \\ 3 & x = 0 \end{cases}$$

¿Se corresponde la representación que hace Matlab con la representación real?

2.3. Definición y representación de señales periódicas

Al igual que en los casos anteriores, existen múltiples estrategias para el dibujo de señales periódicas. Si la señal se puede formular de manera analítica, p. ej., $f_0(x) = \cos x$, entonces todas las estrategias vistas hasta ahora serían válidas.

Si por el contrario viene definida por sus valores en un intervalo, el cual abarque al menos un periodo fundamental, entonces su definición y representación en Matlab requiere de más elaboración. Por ejemplo, si lo que se desea es dibujar un número entero de periodos, una estrategia sencilla y eficaz es construir la señal repitiendo un periodo de la señal mediante el comando `repmat(f, 1, N)` donde f es la señal definida en un periodo, la cual se asume que está definida mediante un vector fila, y N es el número de intervalos considerado. Es



importante observar que la última muestra de cada periodo debe ser descartada para evitar que se solape con la primera muestra del siguiente intervalo.

Por otro lado, de cara a obtener los valores de x , se deben realizar algunos cálculos a mano dependiendo del periodo de la señal a partir del cual está definida. Para ello, puede calcular con facilidad el primer y último punto del intervalo en el que se quiere definir la función y el número total de puntos como NM , siendo M el número de puntos por intervalo que se quiere dibujar.

TAREA

1. Dibuje la señal $f_0(x)$, en el intervalo $[-2,5, 2,5]$, definida como $f_0(x) = |x|$ en el periodo fundamental $x \in [-\frac{1}{2}, \frac{1}{2})$
2. Dibuje la señal $f_0(x)$ en el intervalo $[-10, 10]$, la cual está definida como $f_0(x) = e^{-x}$ en el periodo fundamental $x \in [-1, 4)$.

En caso de no querer definir la función en un número entero de periodos, puede construir la función para un intervalo de mayor tamaño, compuesto por un número entero de periodos, para después truncar los respectivos vectores f y x .

OPCIONAL

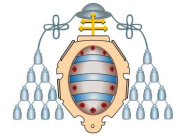
1. Dibuje la señal $f_0(x)$ en el intervalo $[-8, 6]$, la cual está definida como $f_0(x) = e^{-x}$ en el periodo fundamental $x \in [-1, 4)$.

2.4. Representación de señales complejas

Hasta ahora hemos considerado señales de valor real, las cuales tienen una representación directa. La definición de señales de valor complejo en Matlab no supone ninguna diferencia con respecto a la definición de las señales reales, más allá de que las funciones serán complejas. Sin embargo, para la representación se puede optar por varios formatos:

- Parte real e imaginaria: se puede representar la parte real o imaginaria de la función compleja f , utilizando dos gráficas diferentes (en dos figuras diferentes o en la misma figura mediante el uso de `subplot`) o bien la misma gráfica (comando `hold on`). La parte real e imaginaria se obtienen mediante los comandos `real` e `imag`.
- Amplitud y fase: este tipo de representación es el más habitual en ingeniería. En este caso, no suele utilizarse la misma gráfica para representar juntas la amplitud y la fase puesto que su escala es habitualmente muy diferente¹. La amplitud y la fase se obtienen mediante los comandos `abs` y `angle`. Observe que este último comando devuelve el valor en radianes y que, en general, se debe convertir a grados para su representación.
- Plano complejo: otra representación habitual en ingeniería es el uso del plano complejo, en el cual se usa como abscisas la parte real de la función y como ordenadas la parte imaginaria de la función. En estos casos, suele ser recomendable el uso del comando `axis equal` para evitar deformaciones en la representación.

¹El lector interesado puede consultar el comando `plotyy` que permite disociar el eje y para dos gráficas.



Dada la señal $f(x) = e^{(j\pi-2)x}$:

TAREA

1. Dibuje la señal en parte real e imaginaria en el intervalo $[0, 3]$.
2. Dibuje la señal en amplitud y fase en el intervalo $[0, 3]$. ¿Qué ocurre si en lugar del comando `angle` se utiliza el comando `phase`?
3. Dibuje la señal en el plano complejo en el intervalo $[0, 3]$. Observe como en dicha gráfica no es posible determinar a qué valor de x corresponde cada punto, salvo que se use algún tipo de señalización adicional.

2.5. Otras operaciones con señales

Puesto que Matlab trabaja con vectores que contienen valores de funciones, no es posible realizar de manera directa operaciones de reflexión o escalado ya que estas pueden requerir evaluar la función en posiciones donde no se ha evaluado. En estos casos, la única opción es reevaluar la función a partir de su definición.

Dada la señal $f(x) = e^{-x} \sin x$, dibuje las siguientes señales en el intervalo $[-2, 2]$

TAREA

1. $g(x) = f(-x)$
2. $g(x) = f(2x)$
3. $g(x) = f(3 - 2x)$

3. Representación de señales de variable discreta

La definición de señales de variable discreta $x(n)$ se realiza siguiendo las mismas bases que anteriormente, aunque el vector de valores de la variable independiente se generará como $n=N1:N2$, siendo $N1$ y $N2$ los extremos del intervalo que se considera.

Respecto a la representación, también se siguen las mismas bases descritas anteriormente aunque en general se prefiere la estética que da el comando `stem` frente a la estética que da el comando `plot` con sus valores por defecto.

Represente las siguientes señales en el intervalo $[-4, 4]$:

TAREA

1. $x(n) = e^{-n} \sin(\pi n)$
2.
$$x(n) = \begin{cases} 2 & n \leq -2 \\ 3 & -2 < n \leq 0 \\ |n-2| & n > 0 \end{cases}$$
3. $x(n) = e^{-j3n}$