Índice

Tarea 1

1) ¿Qué es una señal desde un punto de vista matemático?

Una señal es una función dependiente de diversas variables que representa un fenómeno.

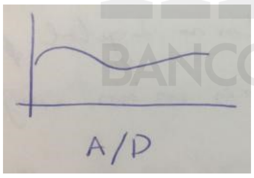
2) ¿Qué es un sistema?

Un sistema es un conjunto de componentes o bloques funcionales, que recibe una señal como entrada, la transforma y se obtiene una señal de salida en base a un objetivo.

3) i) ¿Qué caracteriza a una señal continua en el tiempo o en tiempo continuo? Pon un ejemplo

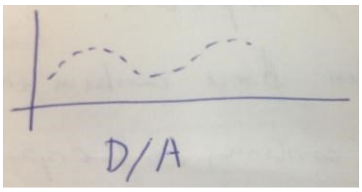
Señal continua en el tiempo es aquella cuya variable independiente "t" toma valores en el conjunto de los números reales, es decir, está definida en todo instante de tiempo. Por ejemplo: la temperatura.

y = T*x



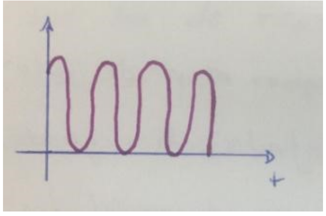
ii) ¿Qué caracteriza a una señal discreta en el tiempo o en tiempo discreto? Pon un ejemplo

Es aquella cuya variable independiente "n" toma valores en el conjunto finito y numerable. Señal definida solo en algunos puntos de la variable independiente. Por ejemplo: y = T*x



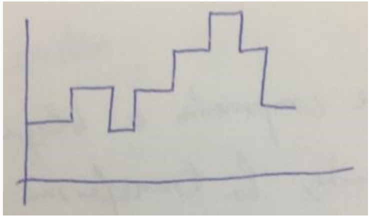
iii) ¿Qué caracteriza a una señal continua en amplitud?. Pon un ejemplo

Es aquella que trata valores de un conjunto infinito no numerable, es decir, para todos los valores entre dos puntos. Por ejemplo: la voz humana.



iv) ¿Qué caracteriza a una señal discreta en amplitud? Pon un ejemplo.

Es aquella que trata valores de un conjunto finito numerable, aunque puede cambiar y sólo se pueden tomar ciertos valores.



v) ¿Qué relación existe entre una señal discreta en amplitud y una señal digital?. ¿En la práctica, para qué se utilizan los términos 'discreto' y 'digital' cuando se habla de señales?

Una señal discreta en amplitud puede ser continua en el tiempo, mientras que la digital es discreta tanto en amplitud como en tiempo. Por ello en la práctica usamos el término 'discreto' para referirnos a señales discretas en el tiempo de un conjunto infinito pero numerable, dejando el término 'digital' para aquellas discretas que toman valores en un conjunto finito pero numerable.

vi) ¿Qué caracteriza a una señal binaria? ¿Qué relación existe entre una señal digital y una señal binaria?

Evoluciona tomando solamente dos valores.

La información se transmite utilizando un sistema de códigos binarios, y una señal binaria es un tipo de señal digital.

vii) ¿Existen señales binarias continuas en el tiempo?. ¿Existen señales digitales (no binarias) continuas en el tiempo?. En caso afirmativo pon ejemplos.

No, no existen señales binarias continuas en el tiempo. Por definición es un tipo de señal discreta en tiempo y amplitud.

Aunque físicamente no pueden darse cambios instantáneos, se pueden muestrear señales continuas en el tiempo, haciendo así que sean digitales.

Por ejemplo: el código Morse.

viii) ¿De qué tipo es la señal presente en la salida de un sample & hold?. ¿Y la señal presente en la salida de un convertidor D/A?. ¿De qué tipo son las señales representadas en la parte derecha?

Es una señal digital discreta en tiempo y continua en amplitud.

La seña presente en la salida de un convertidor D/A es analógica.

La señal gris es discreta. La señal roja es digital.

ix) ¿Crees que pueden existir físicamente señales discretas en el tiempo?... ¿seguro?

Pueden existir pero los cambios no son instantáneos, por lo que pueden ser imperceptibles.

x) ¿En tu opinión, hay alguna diferencia entre decir "puede tomar infinitos valores" y "puede tomar valores infinitos"?. En caso afirmativo dime cual.

Si, la primera afirmación quiere decir que el nº de valores en los que se puede muestrear una señal en infinito; la segunda, quiere decir que el valor que se muestrea puede tomar infinitos valores.

4) i) ¿Qué tarea realiza un convertidor A/D?

Transformar señales analógicas en señales digitales. Sigue 4 pasos:

- 1º --> Muestreo (sample)
- 2º --> Retención (hold)
- 3º --> Cuantificación
- 4º --> Codificación

ii) ¿Cuántas tensiones distintas pueden representar las salidas de un convertidor A/D de n bits?

Pueden representar entre 0 y 2^(n-1) tensiones diferentes.

iii) ¿Cuál es el valor más pequeño de la magnitud en la que debe incrementarse o reducirse el valor (vi) de la tensión de entrada de un convertidor A/D de n bits para que, con independencia del valor de vi, se produzca un cambio de valor en la salida del convertidor que representa el bit menos significativo?. ¿Cómo se define la resolución de un convertidor A/D de n bits?

La resolución "λ" del convertidor.

La resolución de un convertidor A/D se define como el valor mínimo en el que debe aumentar o disminuir la tensión de entrada para que se produzca un cambio en el valor de la salida, que representa el bit menos significativo.

- λ = (Vref+ - Vref-)/((2^n) - 1)

iv) Indica la expresión que proporciona el valor (D10) de la salida de un convertidor A/D de n bits en función de la tensión (vi) de entrada. (lee notas convertidor A-D en faitic)

D10 = (Vi - Vref-)/ λ

5) i) ¿Qué tarea realiza un convertidor D/A? Transformar señales digitales en señales analógicas.

ii) ¿Cuántas tensiones distintas pueden aparecer en la salida de un convertidor D/A de n bits?

Pueden aparecer hasta 2^n tensiones distintas.

iii) Indica una expresión que proporcione el cambio que experimenta la tensión de salida de un convertidor D/A de n bits ante un cambio de valor en la entrada que representa el bit menos significativo. ¿Cómo se define la resolución de un convertidor D/A de n bits?

La resolución "□" de un convertidor D/A se define como la variación que experimenta la tensión de salida ante el bit menos significativo, considerando el valor de entrada de V_{ref-} como 0.

$$\square = \frac{V_{ref+}}{2^n - 1}$$

iv) Indica la expresión que proporciona el valor de la tensión de salida (vo) de un convertidor D/A de n bits en función del valor (D10) que representan las señales binarias aplicadas a sus entradas.

$$\boldsymbol{V} = \lambda * \mathrm{D10} \Rightarrow D10 = \frac{V_0}{\square}$$

6) i) ¿Por qué se dice que el proceso de muestrear una señal conlleva un proceso de cuantificación y otro de codificación en un código binario? El proceso de muestreo conlleva:

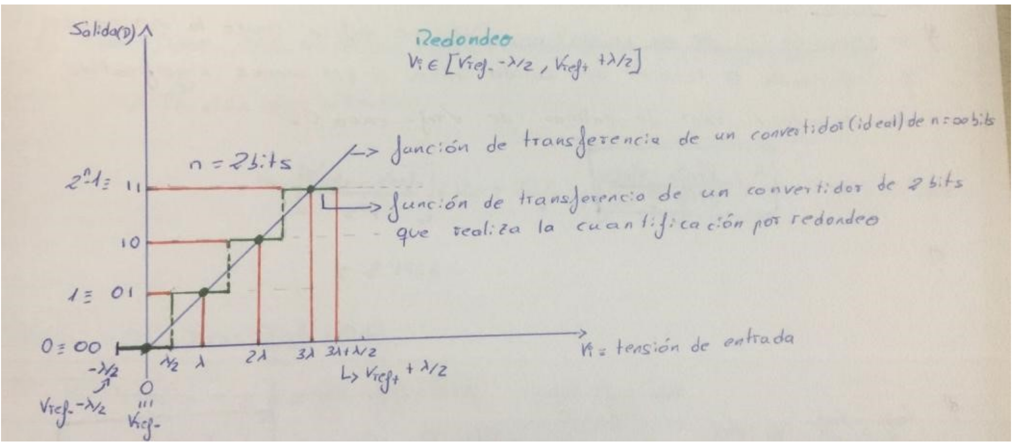
- Cuantificación: es el paso de los datos de un conjunto infinito numerable a uno finito numerable.
- Codificación: representar valores cuantificados en un código dado.

ii) ¿Por qué se habla de errores de cuantificación en relación a los convertidores A/D?

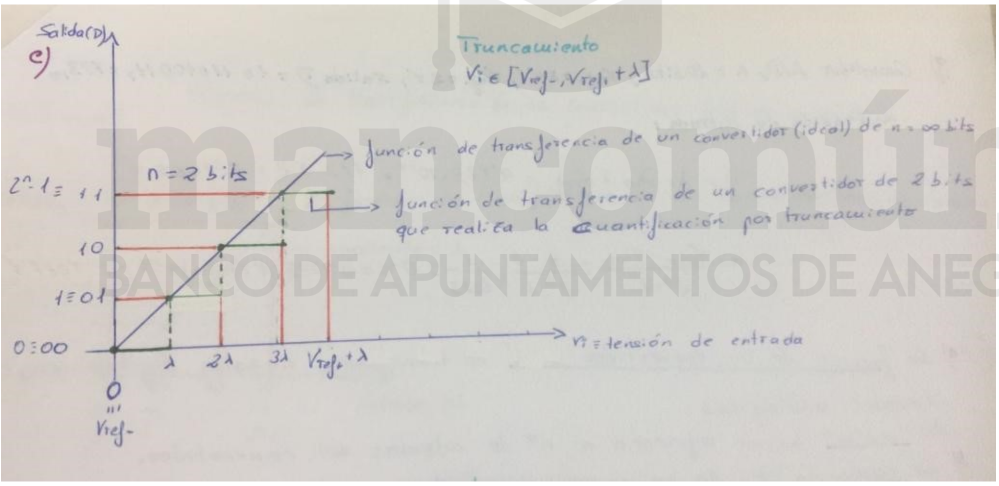
Porque la tensión de entrada puede tomar valores infinitos y en la salida del convertidor sólo se representan hasta $2^n - 1$.

iii) ¿Cuál es la diferencia entre una cuantificación por redondeo y una cuantificación por truncamiento?

Por redondeo se aproxima lo máximo posible al valor más cercano a la salida.



Por truncamiento se asigna como valor discreto el inmediatamente menor representable.



iv) ¿Qué dispositivo se utiliza para obtener muestras de una señal continua en el tiempo?

Se utiliza un sensor.

v) ¿Qué dispositivo se utiliza para generar una señal continua en el tiempo a partir de muestras procesadas?

Se utiliza un convertidor D/A.

vi) Indica los dispositivos que faltan en la siguiente figura.

Falta un convertidor A/D y un convertidor D/A.

7) Las salidas de un convertidor A/D de 8 bits están todas a 1 (lógico) cuando la tensión de entrada vale 2.5 voltios, siendo vref− = 0. Se pide:

i) La resolución del convertidor

$$\square = \frac{2.5}{2^8-1} = \mathbf{0.0098}$$

ii) El valor de las salidas correspondiente a una tensión de entrada de 2 voltios.

$$\boldsymbol{D10 = \frac{V_i - V_{ref-}}{\lambda} = \frac{2-0}{0.0098} = 204.8 \approx 205 = 100101_2 = 0xCD}$$

8) Dado un convertidor D/A de 8 bits, con una tensión de salida que puede variar entre 0 y 5 voltios, se pide:

i) Resolución del convertidor

$$\square = \frac{V_{OPS}}{2^n-1} = \frac{5}{2^8-1} = \mathbf{0.0196}$$

ii) Si en las entradas se aplica el valor 0xA7 y a continuación se le indica al convertidor que realice una conversión, ¿qué tensión presentará la salida una vez que finalice la conversión?

$$0xA7 = 10110111_2 = 167_{10}$$

$$V_0 = \square * D10 = 0.0196 * 167 = 3.274\ V$$

9) Dado un convertidor D/A de 8 bits, con una resolución de 20mV, se pide:

i) Valor máximo de la tensión de salida (voFS = vref+) [vref− = 0]

$$\square = \frac{V_{OPS}}{2^n-1} \Rightarrow \boldsymbol{V_{OPS} = \lambda * (2^n - 1) = 0.02 * (2^8 - 1) = 5.1\ V}$$

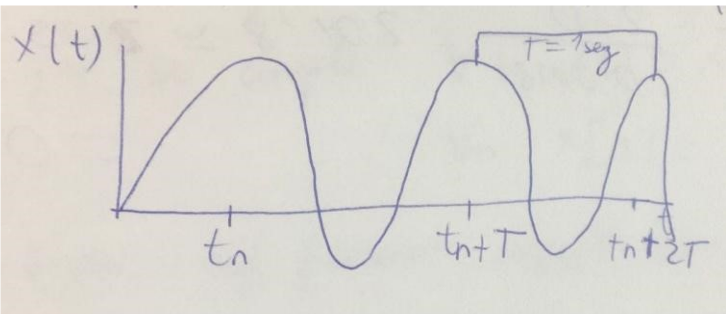
ii) El valor de la tensión de salida si en la entrada se aplican unas señales digitales (binarias) que representan el valor 11100111 2

Entrada --> $11100111_2 = 231$

$$V_0 = \square * D10 = 0.02 * 231 = 4.62\ V$$

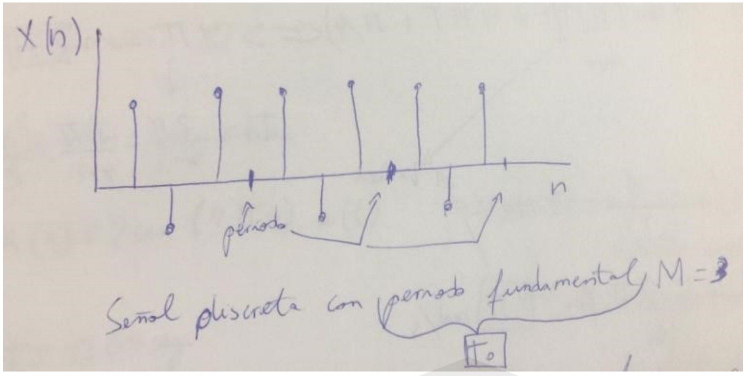
10) i) ¿Qué caracteriza a una señal periódica, en tiempo continuo? Representa 4 periodos de una señal periódica, que tenga un periodo T = 1 segundo.

Una señal periódica en tiempo continuo tiene un nº positivo T y se cumple que: $\forall t, x(t) = x(t \pm T)$



ii) ¿Qué caracteriza una señal periódica, en tiempo discreto?. Representa 3 periodos de una señal periódica que tenga un periodo T = 2 segundos.

x[n] $N \epsilon \mathbb{N} <=> \forall n \; x[n] = x[n \pm N]$



iii) ¿A qué se denomina periodo fundamental de una señal periódica?.

Llamamos período fundamental al mínimo valor para el que se cumple:

$$\forall t \; x(t) = x(t \pm T)$$
$$\forall n \; x[n] = x[n \pm N]$$

Esta definición funciona excepto cuando x(t) es una constante, en este caso no hay T_0 definido, ya que T es periódica para cualquier valor.

iv) ¿Qué relación hay entre el periodo fundamental de una señal y su frecuencia?.

La frecuencia está representada en Hz y el período fundamental en rad/seg.

$$f_0 = \frac{1}{T_0} \; Hz$$
$$\omega_0 = 2\pi f_0 \;\; rad/seg$$

11) Dada la señal x(t) = sen(4πt + π /4), se pide:

i) ¿Es periódica?. En caso afirmativo, ¿cuál es su frecuencia en hercios?. ¿Y en radianes/segundo? ¿Cuál es su periodo?.

Si, es senoide.

Es periódica <=> $\exists T > 0 / \forall t \in \mathbb{R} \ x(t) = x(t \pm T)$

$$4 * sen\left(4 * \pi * t + 4 * \pi * t + \frac{\pi}{4}\right) <=> 4 * \pi = m * 2 * \pi => m = 2 \epsilon \mathbb{N}$$

$$\downarrow$$

$$T_0 = \frac{2*\pi}{W_0} = \frac{2*\pi}{4*\pi} = \frac{1}{2}$$

$$f_0 = \frac{1}{T_0} = 2\ Hz$$

$$W_0 = 2 * \pi * f_0 = 4 * \pi \ \frac{rad}{s}$$

$$f_0 = \frac{W_0}{2*\pi} = \frac{4*\pi}{2*\pi} = 2\ Hz$$

ii) ¿En qué unidades se mide el periodo de una señal?

En s.

iii) ¿Cuál es su valor de pico, su valor medio y su valor eficaz de x(t)?

Valor de pico = 4.

Valor medio

$$v.medio = \int_0^T x(t) * dt = \int_0^{0.5} 4 * sen(4 * \pi * T + \pi/4) * dt = 0$$

Valor eficaz

$$V.eficaz = \sqrt{\frac{1}{T} * \int_0^T x^2(t) * dt}$$

iv) Por cierto, ¿para qué tipo de señales está definido el concepto de valor medio? Indica la expresión matemática del valor medio de x(t).

El concepto de valor medio está definido para señales no periódicas. Es frecuente que en ellas el valor media sea 0.

$$v.medio = \frac{2*amplitud}{\pi}$$

v) Para qué tipo de señales está definido el concepto de valor eficaz? Indica la expresión matemática del valor eficaz de x(t).

Para señales senoidales periódicas.

$$v.eficaz = Pico * \sqrt{2}$$

12) Dada la señal x(t) = 2 sen (4 π t) **.** u (t) , siendo u(t) la función escalón unitario, se pide:

i) Indica los 5 primeros valores no nulos de la señal que proporciona un muestreador ideal al que en su entrada se le aplica la señal x(t), teniendo en cuenta que el periodo de muestreo es Ts = 0.05 seg.

$T_s = 0.05\ s \qquad t = n * T_s,\ n \epsilon \mathbb{N} = \{0,1,2,\dots\}$

$x(t) = 2 * sen(4 * \pi * t) = 2 * sen(4 * \pi * n * T_s) = \mathbf{2 * sen(0.2 * \pi * n)} = \boldsymbol{x[n]}$

n = 1 => $x[1] = x(0.05) = 2 * sen(0.2 * \pi * 1) = 0.02$ n = 2

=> $x[2] = x(0.1) = 2 * sen(0.4 * \pi) = 0.04$ n = 3 =>x

$[3] = x(0.15) = 2 * sen(0.6 * \pi) = 0.06$ n = 4 =>x

$[4] = x(0.2) = 2 * sen(0.8 * \pi) = 0.08$ n = 5 =>x

$[5] = x(0.25) = 2 * sen * \pi = 0.1$

ii) Indica la expresión matematica de la señal que proporciona el muestreador del apartado i)

TAREA 2

0) Si la señal de reloj de un PIC18F452 tiene una frecuencia de 8MHz, ignorando saltos y el tiempo de latencia inicial, ¿cuántas instrucciones ejecuta de media en un segundo dicho microcontrolador?

$$\frac{1}{0'5*10^{-6}} = \frac{1}{4*Tosc} = \frac{fosc\,(8Mhz)}{4} = 2*\ 10\text{^-}6 \qquad \text{Tosc}=\frac{1}{Tosc(8Mhz)}$$

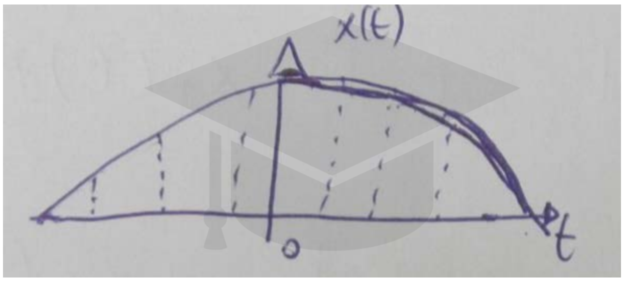
$$\frac{1INST}{0'5*10^{-6}} = \frac{\alpha INST}{1} \Rightarrow \alpha = 2*10\text{^}6$$

1) ¿Qué caracteriza a una señal par? ¿Y a una señal impar? Pon un ejemplo (dibujo) de cada tipo.

Una señal es par si es idéntica a su reflexión respecto del origen

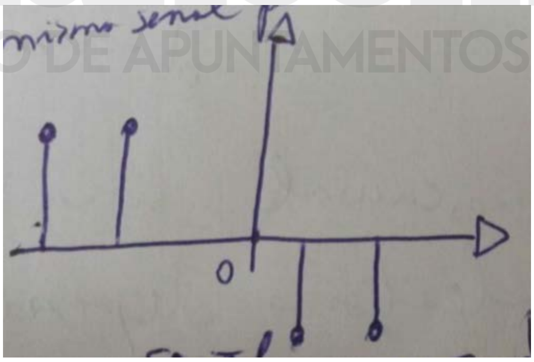
X(t) = X(t)

X[-n] = X[n]

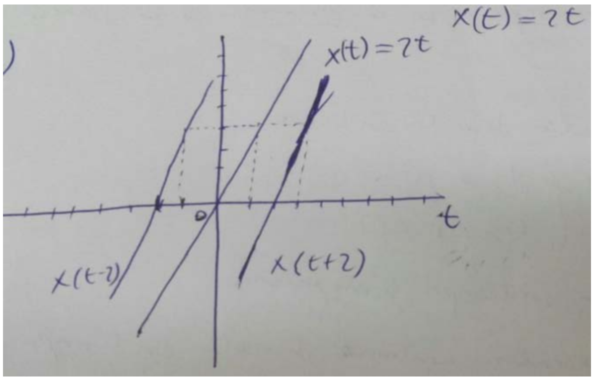


Una señal es impar si su reflexión es igual pero invertida. Además, una señal impar debe ser igual a 0 en el origen.

X(-t) = -X(t)



2) *i*) Representa el valor que toma una señal *x*(*t*) cualquiera durante un intervalo de tiempo dado. Sobre el mismo dibujo representa el valor de la señal *x*(*t*−2). ¿Qué relación existe entre las señales *x*(*t*) y *x*(*t*−2)?



***ii*) ¿Qué relación existe entre la señal $y(t)$ y la señal $y(t+1)$?. Representa durante un intervalo de tiempo dado una señal $y(t)$ cualquiera y sobre el mismo dibujo representa $y(t+3)$**

Gráfica de arriba

3) Escribe la fórmula de Euler para los números complejos. Representa dicha expresión en el plano complejo o de *Gauss*. Nota: tengo que advertirte que los matemáticos acostumbran a utilizar *i* para denotar $\sqrt{-1}$, mientras que los ingenieros electrónicos utilizamos *j*, con el fin de evitar la confusión con una corriente eléctrica (cuya intensidad solemos representar por *i*).

4) Demuestra la siguiente igualdad: e j t 4 + e j t7 = 2·e j112 t ·cos(3t / 2). Nota: es fácil si tienes en cuenta la fórmula de Euler para los números complejos.

5) *i*) Analiza la periodicidad de la función $x(t) = e^{jw_a t}$ $t\in\mathbb{R}$
***ii*) ¿Para qué valores de w_a es periódica la función $y(t)$ anterior?**

iii) **Analiza la periodicidad de la función $y[n] = e^{jw_d n}$ $n\in\mathbb{Z}$**

iv) **¿Para qué valores de w_d es periódica la función $y[n]$ anterior?**

v) **Determina el periodo fundamental de la función $y[n] = e^{j\frac{\pi}{8}n}$ $n\in\mathbb{Z}$**

vi) **¿Cuántos segundos dura 1 periodo (fundamental) de la señal y[n] anterior?. Supón un periodo de muestreo T_s.**

vii) **¿Qué relación existe entre $x[n] = e^{jw_d n}$ e $y[n] = e^{j(w_d \pm k2\pi)n}$ $k\in\mathbb{Z}$, $n\in\mathbb{Z}$?**

6) *i*) Define la función *impulso*, la función *delta de Dirac* y la *distribución de Dirac*. ¿Se trata de señales continuas o de señales discretas en el tiempo?

Función impulso o Delta de Dirac

$$f(t)=\begin{cases} 0 \ si\ x \neq 0 \\ \infty \text{ si } x = 0 \end{cases}$$

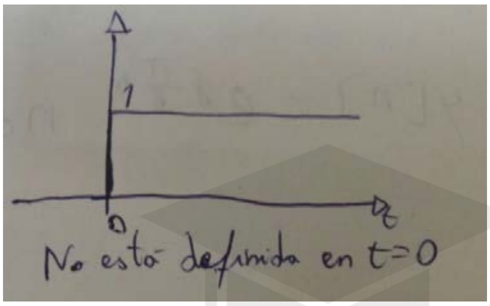
Continua

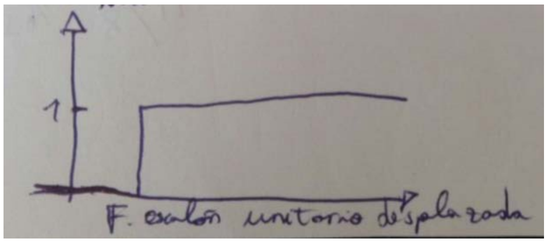
$$d(t)=\begin{cases} tiende\ a + \infty\ si\ t = 0 \\ 0 \text{ si } t \neq 0 \end{cases}$$

Definida a trozos o discontinua

***ii*) Define la función escalón unitario continua en el tiempo (≡ *función de Heaviside*). ¿Qué relación hay entre la función impulso unitario y la función escalón unitario?**

$$u(t)=\begin{cases} 1\ si\ t \geq 0 \\ 0 \text{ si } t < 0 \end{cases}$$





La función impulso es la derivada de las funciones escalón unitario.

***iii*) Define la función pulso discreta en el tiempo (≡ *delta de Kronecker*).**

$$f(t)=\begin{cases} 1\ si\ n = 0 \\ 0 \text{ si } n \neq 0 \end{cases}$$

***iv*) Define la función escalón unitario discreta en el tiempo. ¿Qué relación hay entre las funciones discretas pulso unitario y escalón unitario?**

$$u[n]=\begin{cases} 1\ si\ n \geq 0 \\ 0 \text{ si } n < 0 \end{cases}$$

La función pulso es la derivada de la función escalón.

7) ¿Qué caracteriza a un sistema lineal?. Intenta poner una definición que tu entiendas.

Un sistema lineal es aquel que obedece a las propiedades de escalado(homogeneidad) y de superposición (aditiva), manteniendo una relación entre las entradas y las salidas.

- Aditividad: entrada: x1(t) + x2(t) => salida: y1(t) + y2(t)
- Escalabilidad: entrada: α x1(t) => salida: α y1(t)
  α Es una constante

8) ¿Qué caracteriza a un sistema causal? Por cierto, en algunos libros también se habla de señales causa-les, ¿qué caracteriza a dichas señales?

Un sistema causal es aquel que sólo depende de los valores de entrada de ese instante de los pasados, nunca de valores futuros.

9) Explica de forma breve y sencilla qué caracteriza a un sistema invariante en el tiempo.

Un sistema invariante en el tiempo es aquel que, al sufrir un desplazamiento temporal en la entrada x(t+T), sufre el mismo desplazamiento temporal en la salida y(t+T).

10) *i*) ¿Cómo quedan configurados los terminales del puerto B de un microcontrolador como el que utilizas en las prácticas de HAE después de ejecutar la instrucción TRISB = 1;? ¿seguro?

TRISB = 1 = 00000001

RB7 = 0 RB6 = 0 RB5 = 0 RB4 = 0 RB3 = 0 RB2 = 0 RB1 = 0
RB0 = 1

***ii*) ¿Qué nivel lógico hay en el terminal RB0 después de que se ejecuten las siguientes instrucciones? ¿Por qué? ¿Y en RB1?**

TRISB = 0xB5; 101101**01** RB1 = salida(**0**) , RB0 = entrada (**1**)
PORTB = 0; 000000**0**0 RB1 = salida(**0**)

RB0 como es entrada no se sabe el nivel lógico
RB1 = 0 de nivel lógico

***iii*) Indica el tipo o tipos de variables más adecuados para guardar cada uno de los siguientes valores:**
***a*) 127**
***b*) 0**
***c*) –27**
***d*) +130**
***e*) –21583**
***f*) 51412**

Nota: supón que se escribe código para ser ejecutado en un PIC18F452 utilizando el compilador MikroC PRO y que durante la ejecución del código no se van a guardar valores distintos a los indicados.

***iv*) Indica los resultados de las siguientes operaciones en *C*:**

~ 0xB3 = ¿? **~ 0 = ¿?** **! 6 = ¿?**

! 0xB3 = ¿? **! 0 = ¿?** **0*x*40 << 2 = ¿?** **0*x*04 >> 3 = ¿?**

***v*) ¿Qué valor hay en el terminal RC5 después de ejecutar la instrucción PORTC = 1?**

11) *a*) Indica el rango de valores que se pueden guardar en cada una de las variables declaradas a continuación en *C* y cuantos bits se utilizan para guardar los valores en cada caso:

char *x*; 0 a 255

signed char *y*; -128 a 127

unsigned short *z*; 0 a 255

short *t*; -128 a 127

int *alfa*; -32768 a 32767

unsigned *beta*; 0 a 65535

b) **¿En tu opinión, la ejecución de las siguientes instrucciones presenta algún tipo de problema?. En caso afirmativo dime cuál y por qué.**

unsigned short int *alfa* = 250, *beta* = 2;

***alfa* = *alfa* + 10;** DESBORDAMIENTO

***beta* = *beta* − 5;** Resultado negativo aún siendo variable unsigned

¿Cuales son los valores de *alfa* y de *beta* después de ejecutar las instrucciones anteriores?

c) **Supón que estás escribiendo un programa para ser ejecutado en un "microcontrolador de 8 bits", que tiene un bus de 16 bits para acceder a la memoria de programa. A la hora de declarar una variable para que guarde valores enteros, ¿cuál es el tamaño (en bits) de la variable que conviene utilizar, <u>siempre que</u> <u>sea posible</u>?. ¿Por qué?.**

Conviene utilizar una variable de 8 bits ya que es lo máximo que se va a procesar

d) **Indica los valores de *alfa*, *beta*, *ganma* y *z* después de ejecutar las siguientes instrucciones:**

z = 0xA3; 10100011

***beta* = ~ *z* ;** ca1 = 10100011

***alfa* = !*beta*;** NOT de beta

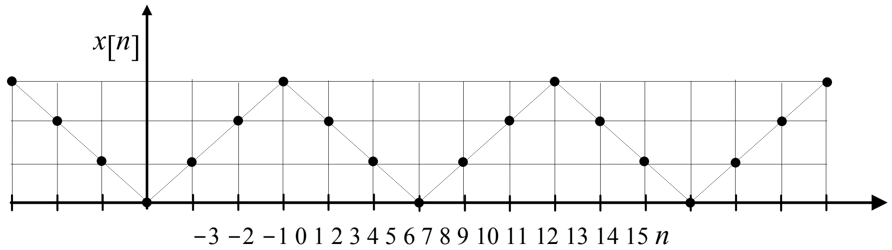
***ganma*=(z>>2);** 00101000 se desplaza dos posicione

ccm T2-2

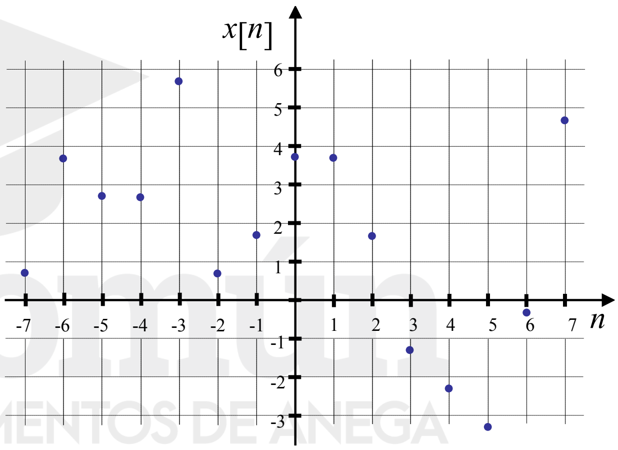
Tarea 3

correspondiente a las actividades no presenciales de la asignatura *Hardware de aplicación específica* (curso 2017-2018). Esta tarea debe ser entregada el miércoles, día 14 de marzo, en el aula 2.2, a las 11:00 horas o en el despacho 312, antes de las 20:00 horas.

1) Se muestrea una señal $x(t)$ con un periodo de muestreo T_s = 0.25 seg. obteniéndose la señal discreta $x[n]$ que se representa a continuación. Indica en que instantes de tiempo se han tomado las 7 primeras muestras que se indican en la figura. ¿Qué relación hay entre los valores de $x[n]$ y los valores de $x(t)$ en dichos instantes de tiempo?.



2) En la parte derecha se representa el valor de una señal discreta $x[n]$ durante un cierto intervalo de tiempo, generada al muestrear una señal continua (analógica) $x(t)$. Sabiendo que la señal $x(t)$ se ha muestreado con una frecuencia f_s = 2.5 Hz, se pide:



a) Indica el valor de $x[-6]$, $x[0]$ y $x[7]$.

x[-6]=4

x[0]=4

x[7]=5

b) Indica el valor de la señal $x[n]$ en t = 2.4 segundos y en t = −2 segundos. Indica la duración en segundos del intervalo de tiempo durante el que se representa el valor de la señal $x[n]$.

$T_s = 1/f_s = 1/2{,}5 = 0{,}4$

$t = n * T_s \Rightarrow n = t/T_s = 2{,}4/0{,}4 = 6$ x[6] = 0

$t = n * T_s \Rightarrow n = t/T_s = -2/0{,}4 = -5$ x[-5]=3

c) ¿Sabrías decirme ahora el valor de $x[n]$ en t = 1.7 segundos?, ¿seguro?. En el caso de que no puedas indicarme el valor de x dime por qué. Si puedes, indica el valor de $x[n]$ en n = 2.5

$t = n * T_s \Rightarrow n = t/T_s = 1{,}7/0{,}4 = 4{,}25$ x[4,25] = No se puede porque no está definido. Se toman valores cada 0,4s

En 2,5 tampoco está definido.

d) Indica el valor de x(t) en t = 1.2 segundos (no, no es una errata…fíjate bien)

$t = n * T_s \Rightarrow n = t/T_s = 1{,}2/0{,}4 = 3$ x[3] = -1

e) Representa la señal $x[n+2]$ (considera que $x[n]$ vale cero fuera del intervalo de tiempo representado). ¿Qué relación existe entre las señales $x[n]$ y $x[n+2]$?

Misma gráfica desplazada. **<u>Sumar desplaza izquierda. Restar desplaza derecha.</u>**

f) Representa la señal $x[n-3]$ (considera que $x[n]$ vale cero fuera del intervalo de tiempo representado). ¿Qué relación existe entre las señales $x[n]$ y $x[n-3]$?

Misma gráfica desplazada.

g) ¿La señal $x[n]$ es causal?. ¿Por que?

No es causal porque no cumple que **para todo n menor que 0 x[n]=0.**

h) ¿Qué representa n?. ¿Y el valor de $x[n]$?

N = nº de muestras x[n] = valor para ese nº de muestra.

3) *a*) ¿Por qué en los libros sobre teoría de señal se le da tanta importancia a la *respuesta a un impulso unitario* $h(t)$, cuando se trata con sistemas *lineales*, *continuos* e *invariantes en el tiempo* (LCIT)?.

En sistemas reales no es posible generar impulsos perfectos para aplicar como prueba en ninguna entrada, por lo que se usan aproximaciones de pulsos.

b) ¿Por qué se caracteriza la respuesta a un impulso unitario $h(t)$ de un sistema causal, *lineal*, *continuo* e *invariante en el tiempo* (LCIT)?

La respuesta a un impulso unitario será útil porque nos permite calcular la respuesta de un sistema(salida) a parte de cualquier entrada arbotraria.

c) Indica la expresión que proporciona el valor de la salida $y(t)$ de un sistema causal, LCIT, en función de su respuesta a un impulso unitario $h(t)$, para una señal de entrada $x(t)$ que es nula para $t < 0$ (≡ señal de entrada causal). Supón que el sistema no tiene energía almacenada en $t = 0^{-}$.

Y(t) = h(t) * x(t) = $\int_{-\infty}^{\infty} x(\lambda) * h(t-\lambda)\, d\lambda$

d) ¿Por qué resulta tan útil conocer la *respuesta a un pulso unitario* $h([n]$ de un sistema *lineal*, *discreto* e *invariante en el tiempo* (LDIT) cuando se trata de implementar dicho sistema con un DSP o una FPGA?.

Podemos calcular la respuesta y[n] a cualquier entrada que sea una señal discreta x[n] si conocemos la respuesta h[n] a un impulso arbitrario.

Y[n] = h[n] * x[n] => $\sum_{\lambda=-\infty}^{\lambda=+\infty} h[n-\lambda] * x[\lambda] = \sum_{\lambda=-\infty}^{\lambda=+\infty} x[n-\lambda] * h[\lambda]$

e) ¿Por qué se caracteriza la respuesta $h([n]$ a un pulso unitario de un sistema causal, *lineal*, *discreto* e *invariante en el tiempo* (LDIT)?

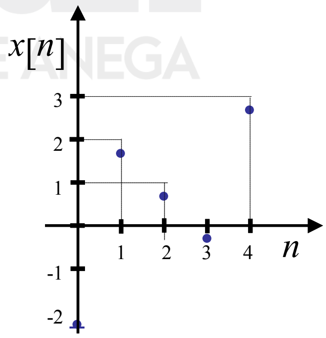
f) Indica la expresión que proporciona el valor de la salida de un sistema LDIT causal en función de su respuesta a un pulso unitario $h([n]$, para una señal de entrada $x[n]$ que es nula para $n < 0$.

$\sum_{\lambda=0}^{\lambda=n} x[n-\lambda] * h[\lambda]$

ccm T3.1

4) Determina los 5 primeros valores de la respuesta (salida) $y[n]$ de un sistema lineal, discreto e invariante en el tiempo ante la señal de entrada $x[n]$ representada en la parte derecha, sabiendo que se trata de un sistema causal y que su respuesta $h[n]$ a un pulso unitario cumple lo siguiente:

$h[0] = 1,\ h[1] = -2,\ h[2] = 3,\ h[3] = -1,\ h[4] = 2$ y que $h[n > 4] = 0$.



Nota 1: indica los cálculos que tendría que hacer un DSP o una FPGA para determinar cada uno de los 5 valores pedidos de $y[n]$.

Y[0] => x[0] * h [0] = -2 * 1 = -2

Y[1] => x[0] * h [1] + x[1] * h[0] = 6

Y[2] => x[0] * h [2] + x[1] * h[1] + x[2] * h[0] = 9

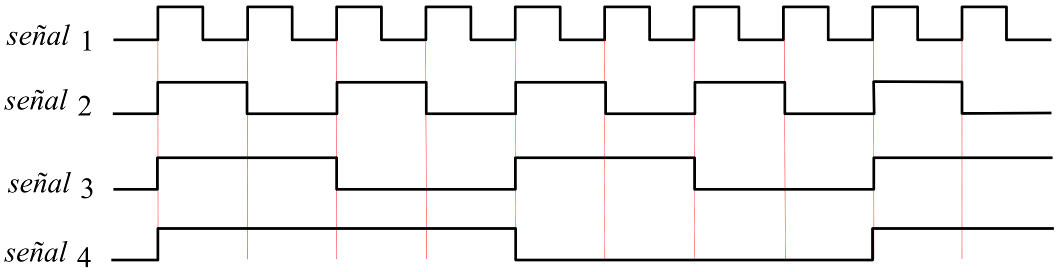
Y[3] => x[0] * h [3] + x[1] * h[2] + x[2] * h[1] + x[3] * h[0] = 6

Y[4] => x[0] * h [4] + x[1] * h[3] + x[2] * h[2] + x[3] * h[1] + x[4] * h[0] = 0

5) *a*) ¿Las señales $x(t) = sen\ (wt)$ e $y(t) = \cos(wt)$ son realmente dos señales distintas o sólo se trata de una misma señal desfasada (retrasada/adelantada) en el tiempo?. En el caso de que sean una misma señal indica el desfase entre ellas. [Nota: $sen(\alpha+\pi/2)=cos\ (\alpha)$]

$cos\ (\alpha) = sen(\alpha+\pi/2)$

b) Indica la frecuencia y el periodo de las *señales* 2, 3 y 4 representadas en el siguiente cronograma, teniendo en cuenta que el periodo de la *señal* 1 es igual a T_1,



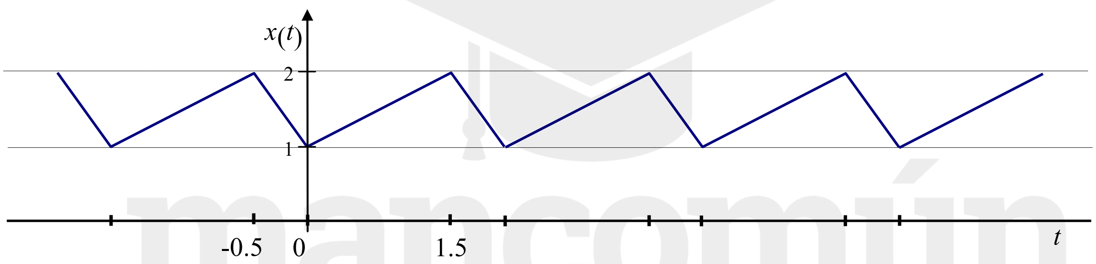
$f_1 = 1/T_1$ T_1

$f_2 = 1/T_1 * 2$ $T_2 = T_1 * 2$

$f_3 = 1/T_1 * 4$ $T_3 = T_1 * 4$

$f_4 = 1/T_1 * 8$ $T_4 = T_1 * 8$

c) Indica la *frecuencia*, el *periodo* y el *valor medio* de una señal $x(t)$, de la que a continuación se representan 5 periodos [Nota: si lo piensas un poco te darás cuenta de que no es necesario resolver ninguna integral para calcular en valor medio de $x(t)$]



T = 2 f = 1/T => f = 1/2 = 0,5

6) ¿Por qué se caracteriza una función periódica $f(t)$ en tiempo continuo que cumpla las condiciones de *Dirichlet*?

1) La señal debe ser totalmente integrable
2) Debe tener un número finito de discontinuidades
3) Debe tener un número finito de máximos y mínimos

7) *a*) Toda función periódica, continua en el tiempo, que cumpla las condiciones de *Dirichlet* se puede representar como ¿…? [la respuesta tiene que ver con *Jean Baptiste Fourier* (1768-1830)]

Toda función periódica continua en el tiempo que cumpla las condiciones anteriores podría representarse como una serie de Fourier.

b) Indica la expresión exponencial compleja del desarrollo en serie de Fourier de una función periódica.

$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n \, e^{s w_0 n t}$ n perteneciente a Z $w_0 = 2\pi/T$

c) Indica dos expresiones trigonométricas distintas (pero equivalentes) del desarrollo en serie de Fourier de una función periódica.

8) Determinar el desarrollo en *serie de Fourier* de una función periódica $f(t)$, caracterizada porque 1 periodo T de la misma está definido por,

$$f(t) = \begin{cases} A & \text{para } -\frac{T}{4} < t < \frac{T}{4} \\ 0 & \text{para } \frac{T}{4} < t < \frac{3T}{4} \end{cases}$$

Nota: tal vez te interese fijarte en que la función $f(t)$ y la función coseno tienen simetría par.

ccm T3.2

9) Representa el *espectro de amplitud* y el *espectro de fase* de la siguiente señal:

$x(t) = 0.5\cos(t) + \cos(4t + \pi/3) + 0.2\cos(8t + \pi/2)$

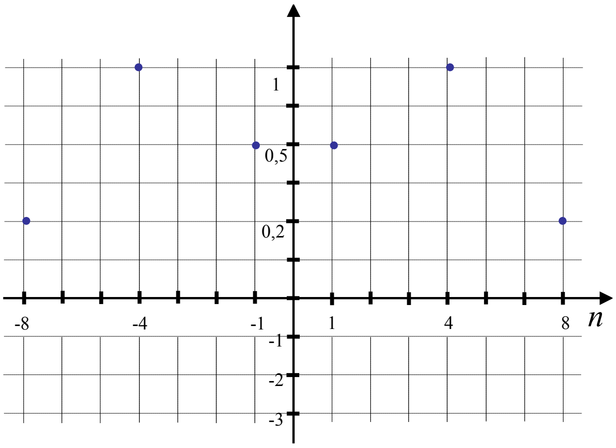
a) Sin considerar frecuencias negativas

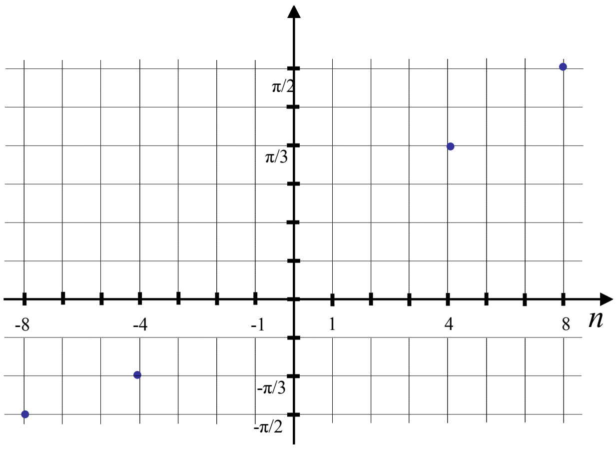
b) Considerando frecuencias negativas [piensa en cómo sería la forma compleja del desarrollo en serie de *Fourier* de $x(t)$ en relación a la expresión trigonométrica que te he dado]

10) Representa los espectros de amplitud y de fase de la función $f(t)$ definida en el ejercicio 8).

Nota 1: con que representes el módulo y la fase de los 4 primeros armónicos <u>no nulos</u> es suficiente.

Nota 2: en muchos libros, los espectros de amplitud y de fase se definen en relación a los coeficientes de la forma compleja del desarrollo en serie de Fourier. Como puedes comprobar, dichos espectros están definidos tanto para frecuencias positivas como para frecuencias <u>negativas</u>. Se puede demostrar que, en este caso, los *espectros de amplitud* tienen simetría *par* y que los *espectros de fase* tienen simetría *impar*. Ahora bien, debes tener presente que en el mundo real <u>no existen</u> señales que tengan una frecuencia negativa. ¡Las frecuencias negativas sólo existen a nivel matemático!. Por otra parte, en el campo de la Electrónica los espectros de amplitud y de fase se acostumbran a definir con respecto a los coeficientes de la expresión trigonométrica del desarrollo en serie de *Fourier* (supongo que es debido a que trabajamos con analizadores de redes… unos cacharros que se usan con redes que no tienen nada que ver con las 'redes' que manejáis vosotros). En este caso, tanto los espectros de amplitud como de fase sólo están definidos para frecuencias positivas (esas que sí existen y que se pueden medir con un analizador de espectro ≡ una de las funcionalidades típicas de un analizador de redes).





Espectro de amplitud

Espectro de Fase

$$X(t) = A1 * \cos(w_0 t + \varphi_1) + A2 * \cos(w_0 t + \varphi_1) + \ldots$$

Amp frec. fase

11) *a*) ¿En qué consiste el fenómeno de *Gibbs*?

Cuando una función tiene una discontinuidad de salto en un punto su serie de Fourier se comporta de forma especial. Lo llamamos fenómeno de Gibbs.

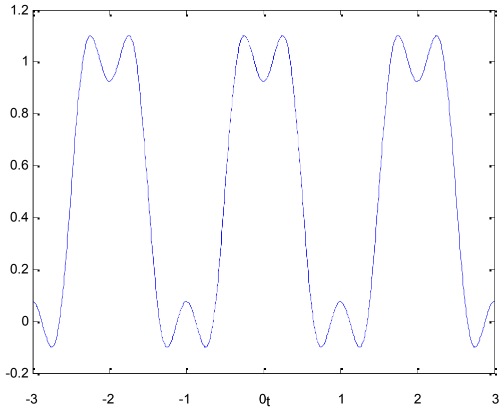
b) Si se ejecuta el siguiente código en *Matlab* para *n* = 3, 10, 100 y 500 se obtienen las figuras indicadas más abajo. Explica a qué se deben las diferencias entre las 4 figuras y por qué no se representa una señal pulsante 'perfecta'. (Nota: la tarjeta gráfica del PC en el que se han generado las figuras tiene una resolución finita… teóricamente la figura para *n* = 500 debería corresponder a una señal periódica)

"N" representa el número de términos "armónicos" añadidos. Cuanto mayor es, más se acerca a la señal binaria, pero nunca llega a serlo.

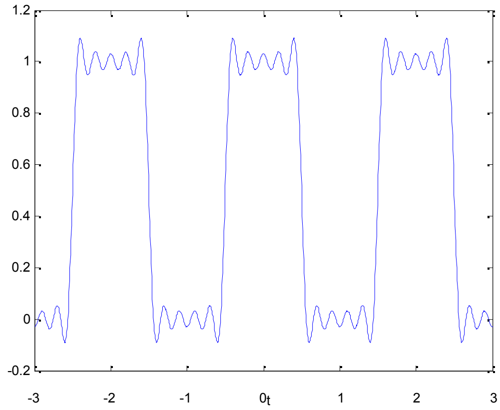
```
clear all;
hold off;

t = -3:6/1000:3;
n = input('Número de armónicos:
'); c0 = 0.5; w0 = pi;
xn = c0*ones(1,length(t));
for k = 1:2:n  % los armónicos pares son
nulos      theta = ((-1)^((k-1)/2)-1)*pi/2;
xn = xn + 2/k/pi*cos(k*w0*t+theta); end
plot(t,xn); xlabel('t');
```

Nota: saber en qué consiste y a qué se debe el fenómeno de *Gibbs* permite comprender, por ejemplo, por qué se usan ventanas (*windows*) en los filtros discretos de tipo FIR (*finite impulse response*).

n = 3

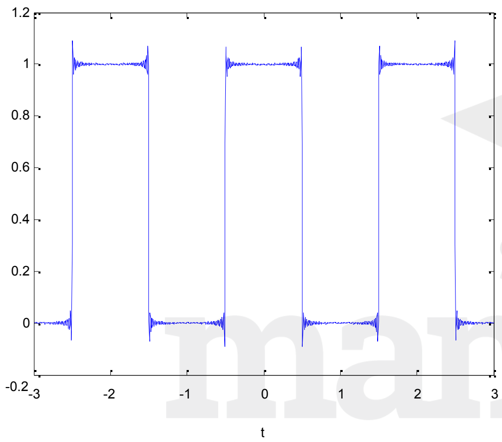


n = 10

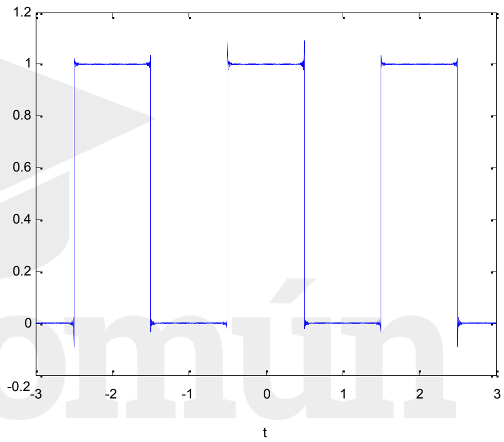


*ccm T*3.3

n = 100



n = 500



12) Si a la entrada de un sistema SISO (*single input*, *single output*) *lineal*, *continuo* e *invariante* en el tiempo se le aplica una señal de frecuencia w_o, ¿qué se puede decir acerca de la frecuencia de la señal de salida, una vez que alcanza el régimen permanente? (no es necesario que demuestres nada)

Dado un sistema de este tipo no podemos saber qué tipo de señal habrá en la salida dado que una entrada, su amplitud y desplazamiento pueden variar, pero sí podemos decir que su frecuencia será la misma.

13) Las siguientes preguntas están relacionadas con las cuestiones anteriores, aunque no te lo parezca…

a) ¿Cómo se define un *bel* (fórmula)?. ¿Para qué se utiliza?

$B = \log_{10}(Ps/Pe)$

Ps = potencia salida Pe = potencia entrada

b) ¿Cómo se define un *decibel* cuando se habla de *potencias*, de *tensiones* y de *corrientes* (fórmulas)?.

Potencias : dBw $dB = 10 \log_{10}(Ps/Pe)$

Tensiones : dBv $dB = 20 \log_{10}(Vs/Ve)$

Corrientes : dBa $dB = 20 \log_{10}(Is/Ie)$

c) ¿Cómo se define un dB_m (fórmula)?, ¿y un $dB_{\mu v}$ (fórmula)?. ¿Para qué valen?

dBm = 10 $\log_{10}$ P/ 1mW

⇨ 10^{-3}W

dBμv : nivel de voltios en dBs en relación a un nivel de referencia de un nanovatio

= 20 $\log_{10}$(V/1μv)

⇨ 10^{-6} V

14) ¿Por qué se caracteriza un sistema recursivo? ¿Y un sistema no recursivo?.

Un sistema recursivo es aquel que depende de entradas y salidas anteriores.
Un sistema no recursivo es aquel de depende únicamente de entradas anteriores.

15) ¿Crees que es posible construir un sistema 'no causal'?. ¿Por qué?

No es posible porque físicamente no se pueden crear sistemas que dependan de valores futuros.

ccm T3.4

Tarea 4

correspondiente a las actividades no presenciales de la asignatura *Hardware de aplicación específica* (curso 2017-2018). Esta tarea debe ser entregada el miércoles, día 4 de abril, en el aula 2.2, a las 11:00 horas o en el despacho 312, antes de las 20:00 horas.

1) En una tarea previa deberías haber visto que la respuesta (salida) $y(t)$ de un sistema lineal, continuo e invariante en el tiempo (LCIT) ante una entrada $x(t)$ <u>cualquiera</u> cumple lo siguiente:

$$x(t) \longrightarrow \boxed{\begin{array}{c} LCIT \\ h(t) \end{array}} \longrightarrow y(t)$$

$$y(t) = h(t)*x(t) = x(t)*h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\lambda)\cdot x(t-\lambda)\cdot d\lambda = \int_{-\infty}^{\infty} x(\lambda)\cdot h(t-\lambda)\cdot d\lambda \qquad (1)$$

siendo $h(t)$ la respuesta (salida) del sistema a una entrada igual a un impulso unitario (*delta de Dirac*).

H1: Se supone que el sistema no tiene almacenada energía antes de que se aplique la señal $x(t)$ a su entrada

H2: La respuesta $h(t)$ del sistema a un impulso unitario es absolutamente integrable. Es decir, se cumple que:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \left|h(t)\right|\cdot dt < \infty$$

Aunque el objetivo de este ejercicio es determinar la respuesta (salida) de un sistema LCIT correspondiente a una entrada senoidal $x(t) = A\cos(w_0 t+\theta)$, <u>como paso previo</u>, a continuación se va a determinar la respuesta $y_c(t)$ del sistema correspondiente a una entrada exponencial compleja: $x_c(t) = Ae^{j(w_0 t+\vartheta)}$. De acuerdo con (1), se cumple lo siguiente:

$$y_c(t)=h(t)*x_c(t)=\int_{-\infty}^{\infty} h(\lambda)\cdot A\cdot e^{j[w_0(t-\lambda)+\vartheta]}\cdot d\lambda=\left[\int_{-\infty}^{\infty} h(\lambda)\cdot e^{-jw_0\lambda}\cdot d\lambda\right]\cdot A\cdot e^{j[w_0t+\vartheta]}=\left[\int_{-\infty}^{\infty} h(\lambda)\cdot e^{-jw_0\lambda}\cdot d\lambda\right]\cdot x_c(t)=$$

$=H(w_0)\cdot x_c(t)$, siendo $H(w_0)=H(w)\big|_{w=w_0}$ con $H(w)=\int_{-\infty}^{\infty} h(\lambda)\cdot e^{-jw\lambda}\cdot d\lambda \equiv$ *transformada de Fourier* de la respuesta del sistema a un impulso unitario [$h(t)$] o, lo que es lo mismo, $H(w) \equiv H(jw)$ es la *respuesta en frecuencia del sistema*.

Del resultado anterior se deduce que la respuesta de un sistema LCIT a una exponencial compleja de frecuencia w_0 es otra exponencial compleja <u>de la misma frecuencia</u>, modificada en su módulo y en su fase por el valor del módulo y de la fase, respectivamente, de la transformada de *Fourier* $H(w)$ de la respuesta del sistema a un impulso unitario para $w = w_0$. Es decir,

para una entrada $x_c(t) = A e^{j(w_0 t+\vartheta)}$ la salida es: $y_c(t) = |H(w_0)| \cdot A\, e^{j[w_0 t+\vartheta+\angle H(w_0)]}$ siendo $H(w_0) = |H(w_0)|\, e^{j\angle H(w_0)}$.

Si aplicamos la fórmula de *Euler* para los números complejos a la expresión de $x_c(t)$ se obtiene lo siguiente:

$$x_c(t) = A\cdot e^{j(w_0 t+\vartheta)} = A\cos(w_0 t+\vartheta) + jA\,\mathrm{sen}(w_0 t+\vartheta) = x(t) + jA\,\mathrm{sen}(w_0 t+\vartheta)$$

El valor de $y_c(t)$ se puede expresar a partir de (1) y del valor anterior de $x_c(t)$, de la siguiente manera:

$$y_c(t) = h(t) * x_c(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\lambda)\cdot\left[x(t-\lambda) + jA\,\mathrm{sen}(w_0(t-\lambda)+\vartheta)\right]\cdot d\lambda$$

teniendo en cuenta que el sistema es lineal,

$$y_c(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\lambda)\cdot\left[x(t-\lambda) + jA\,\mathrm{sen}(w_0(t-\lambda)+\vartheta)\right]\cdot d\lambda = \int_{-\infty}^{\infty} h(\lambda)\cdot x(t-\lambda)\cdot d\lambda + j\cdot\int_{-\infty}^{\infty} h(\lambda)\cdot A\,\mathrm{sen}(w_0(t-\lambda)+\vartheta)\cdot d\lambda =$$

$$= y(t) + j\cdot\int_{-\infty}^{\infty} h(\lambda)\cdot A\,\mathrm{sen}[w_0(t-\lambda)+\vartheta]\cdot d\lambda$$

Del resultado anterior se deduce que la respuesta $y(t)$ de un sistema LCIT ante una entrada senoidal $x(t) = A\cos(w_0 t+\vartheta)$ cumple lo siguiente:

$$y(t) = \mathrm{Re}[y_c(t)] = \mathrm{Re}[H(w_0)\cdot x_c(t)] = \mathrm{Re}\left[|H(w_0)|\cdot A\, e^{j[w_0 t+\vartheta+\angle H(w_0)]}\right] = |H(w_0)|\cdot A\cos[w_0 t+\vartheta+\angle H(w_0)]$$

El resultado anterior demuestra que la respuesta de un sistema LCIT ante una entrada senoidal (seno ó coseno) de frecuencia w_0 es otra señal senoidal (del mismo tipo) que tiene la misma frecuencia (w_0), que está modificada en su amplitud por el valor del módulo de la respuesta en frecuencia del sistema $|H(w=w_0)|$ y en su fase por la fase de la respuesta en frecuencia del sistema $\angle H(w=w_0)$

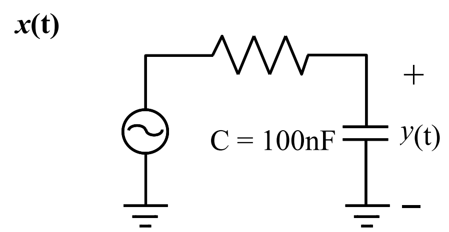
Nota: Dado un sistema LCIT con una *respuesta en frecuencia $H(w)$* (≡ *transformada de Fourier* de la respuesta del sistema a un impulso unitario), se cumple que:

- ② **$|H(w)|$ es una función de la frecuencia w que se denomina *magnitud de la respuesta en frecuencia del sistema***
- ② **$\angle H(w)$ es una función de la frecuencia w que se denominada *fase de la respuesta en frecuencia del sistema***

R = 10kΩ

Se puede demostrar que la respuesta en frecuencia $H(w)$ del sistema representado en la parte derecha [entrada x(t), salida y(t)] cumple lo siguiente:

$$H(w) = \frac{y(w)}{x(w)} = \frac{1}{1 + jwCR}$$



Si se ejecuta el siguiente código en Matlab, en la pantalla aparecerán representadas las funciones $|H(w)|$ y $H(w)$ en dos intervalos de frecuencias distintos (las curvas las puedes ver en la siguiente página):

```
R=10e3;
C=100e-9;
f=0:0.1:5;%se representan las curvas en el rango 0-
5Hz w=2*pi*f; H=1./(1+j*w*C*R); magH = abs(H);
angH = 180*angle(H)/pi; %la fase se representa en grados
subplot(211), plot(f,magH); %la frecuencia está en Hercios
grid;
ylabel('Módulo de la respuesta en frecuencia');
xlabel('frecuencia en Hz');
subplot(212), plot(f,angH);
grid;
ylabel('Fase de la respuesta en frecuencia (en grados)');
xlabel('frecuencia en Hz');

pause; % hay que pulsar una tecla para que se ejecuten las siguientes líneas de código

f=0:50:5000; %se representan las curvas en el rango 0-
5000Hz w=2*pi*f; H=1./(1+j*w*C*R); magH = abs(H);
angH = 180*angle(H)/pi; % la fase se representa en grados
subplot(211), plot(f,magH);  % la frecuencia está en Hercios
grid;
ylabel('Módulo de la respuesta en frecuencia');
xlabel('frecuencia en Hz');
subplot(212), plot(f,angH);
grid;
ylabel('Fase de la respuesta en frecuencia (en grados)');
xlabel('frecuencia en Hz');
```


Con la ayuda de los resultados obtenidos en los párrafos anteriores, en relación al circuito indicado en la parte superior, tienes que determinar lo siguiente:

a) **Expresión de la salida y_1(t) correspondiente a una entrada $x_1(t) = 2\cdot\cos(t + \pi/6)$.**

b) **Expresión de la salida y_2(t) correspondiente a una entrada $x_2(t) = 4\cdot\text{sen}(10^7\cdot t + \pi/2)$.**

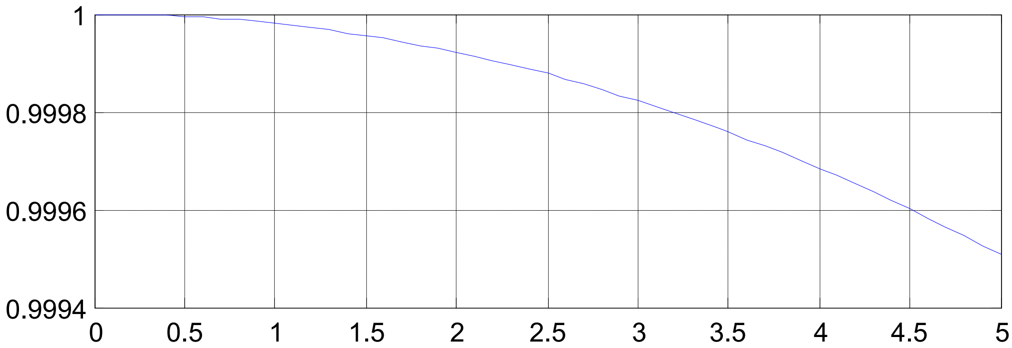
c) **¿Qué frecuencia tiene la señal de entrada x_1(t)?. ¿Y la salida y_1(t)?**

d) **¿Qué frecuencia tiene la señal de entrada x_2(t)?. ¿Y la salida y_2(t)?**

e) **¿Qué relación hay entre la salida y_1(t) y la entrada x_1(t)?. ¿Y entre la salida y_2(t) y la entrada x_2(t)?**

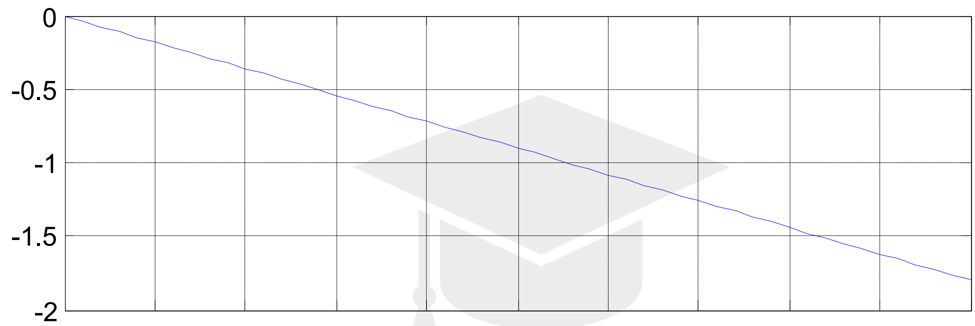
f) **Expresión de la salida $y_3(t)$ correspondiente a una entrada $x_3(t) = 5$. ¿Cuál es la frecuencia de $y_3(t)$?**

Módulo de la respuesta en frecuencia en el intervalo 0 – 5Hz



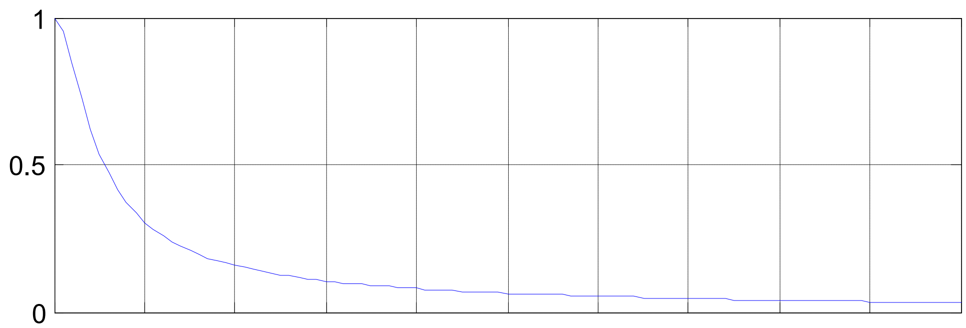
frecuencia en Hz

Fase de la respuesta en frecuencia (en grados)



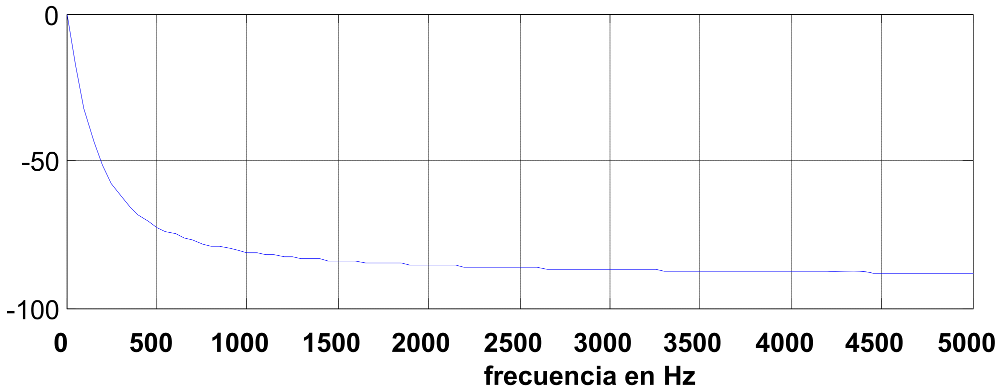
0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 frecuencia en Hz

Módulo de la respuesta en frecuencia en el intervalo 0 – 5000Hz



0 500 1000 1500 2000 2500 3000 3500 4000 4500 5000 frecuencia en Hz

Fase (en grados) de la respuesta en frecuencia en el intervalo 0 – 5000Hz



2) Calcula la respuesta del circuito del ejercicio de la página 4.2 a una entrada $x(t) = \text{sen}(10^3 t) + \cos(10^6 t)$. Nota: el circuito representado en la página 4.2 es lineal, continuo e invariante en el tiempo.

3) Analiza el siguiente desarrollo e indica si hay algún error en el mismo y dónde está dicho error (o errores)

Teniendo en cuenta que la salida y(t) de un sistema LCIT cumple que:

$$y(t) = h(t) * x(t) = x(t) * h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\lambda)\cdot x(t-\lambda)\cdot d\lambda = \int_{-\infty}^{\infty} x(\lambda)\cdot h(t-\lambda)\cdot d\lambda$$

la transformada de Fourier de la salida y(t) cumple lo siguiente: $F\{y(t)\} = F\{h(t) * x(t)\}$

siendo: $F\{y(t)\} = Y(w)$

$$F\{h(t) * x(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty}\left[\int_{-\infty}^{\infty} x(\lambda)\cdot h(t-\lambda)\cdot d\lambda\right]\cdot e^{-jwt}dt = \int_{-\infty}^{\infty} x(\lambda)\cdot\left[\int_{-\infty}^{\infty} h(t-\lambda)\cdot e^{-jwt}dt\right]\cdot d\lambda$$ **→ realizando el cambio de variable: $t-\lambda=\mu$ esta expresión se puede escribir de la siguiente forma:**

$$\int_{-\infty}^{\infty} x(\lambda)\cdot\left[\int_{-\infty}^{\infty} h(\mu)\cdot e^{-jw(\mu+\lambda)}d\mu\right]\cdot d\lambda = \left[\int_{-\infty}^{\infty} x(\lambda)\cdot e^{-jw\lambda}d\lambda\right]\cdot\left[\int_{-\infty}^{\infty} h(\mu)\cdot e^{-jw\mu}d\mu\right] = H(w)\cdot X(w)$$

siendo $H(w)$ la transformada de Fourier de la respuesta h(t) del sistema a un impulso unitario y $X(w)$ la transformada de Fourier de la señal de entada x(t). De acuerdo con esto, se cumple que:

$$y(t) = h(t) * x(t) \Leftrightarrow Y(w) = H(w)\cdot X(w)$$

***Pregunta*: ¿Si el resultado anterior fuese cierto, se podría afirmar que una operación de convolución, en el dominio del tiempo, se corresponde con un producto en el dominio de la frecuencia?. ¿Qué crees que es más fácil de calcular, una operación de convolución en el dominio del tiempo o un producto en el dominio de la frecuencia?**

No hay errores, el desarrollo es correcto. Una operación de convolución en el dominio del tiempo se corresponde con un producto en el dominio de la función. A su vez una operación de convolución en el dominio de la función se corresponde a un producto en el dominio del tiempo.

Es más simple hacer un producto en el dominio de la función.

4) En el ejercicio 1 se demostró que dado un sistema LCIT con una respuesta en frecuencia $H(w)$, la salida co-

rrespondiente a una entrada senoidal $x(t)=A\cos(w_0 t+\vartheta)$ es igual a $y(t)=|H(w_0)|\cdot A\cos[w_0 t+\vartheta+\angle H(w_0)]$. A partir

de este resultado,

debería resultar evidente que con un sistema que tenga una respuesta en frecuencia $H(w)$ adecuada, se puede lograr, <u>por ejemplo</u>, que:

- **una señal senoidal en la entrada no dé lugar a una señal senoidal en la salida, si el valor del módulo de la respuesta en frecuencia del sistema vale 0 a la frecuencia de la senoide de entrada. (Nota: en Ingeniería también se considera como 0 un valor '<u>próximo</u>' a 0…. no olvides la "*Regla de oro de la Ingeniería*")**

- **una señal senoidal en la entrada dé lugar a una señal senoidal en la salida igual a la señal de entrada, si la respuesta en frecuencia del sistema presenta una amplitud igual a 1 y, por ejemplo, una fase igual a 0 a la frecuencia de la senoide aplicada a la entrada.**

a) **¿Qué relación habrá entre las señales de salida y de entrada del sistema si su respuesta en frecuencia presenta una amplitud igual a 1 y una fase igual a $-\varphi$ radianes a la frecuencia de la senoide de entrada?.**

Es la misma señal desplazada.

El proceso de '*impedir el paso*' de señales senoidales del tipo $x(t)=A\cos(wt+\vartheta)$, cuya frecuencia w pertenezca a un determinado intervalo (o intervalos) de frecuencias, y el de '*permitir el paso*' de señales senoidales, sin atenuarlas o atenuándolas muy poco, cuyas frecuencias no pertenezcan a dicho intervalo (o intervalos) de frecuencias se conoce como *filtrado*. Los sistemas que presentan esta característica se denominan *filtros*.

Un *filtro ideal* es un sistema que se caracteriza por lo siguiente:

_ el módulo de su respuesta en frecuencia es igual a 1 para un determinado intervalo (o intervalos) de frecuencias denominado *banda de paso*, e igual a 0 para el resto de frecuencias (denominado banda prohibida).

_ la fase de su respuesta en frecuencia varía linealmente con la frecuencia, al menos, en el intervalo (o intervalos) de frecuencias en los que el módulo presenta un valor igual a 1.

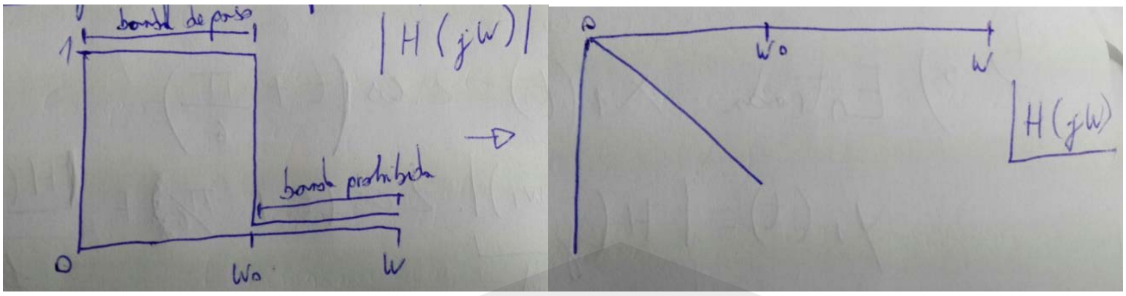
Dicho de otra forma, un filtro ideal "*no permite el paso*" de señales senoidales del tipo $x(t)=A\cdot\cos(wt+\vartheta)$, con w perteneciente al intervalo (o intervalos) de frecuencias en el que su módulo vale 0 y "*permite el paso*" de señales senoidales (sin atenuarlas, pero pudiendo introducir un retardo) cuyas

frecuencias pertenezcan al intervalo (o intervalos) de frecuencias en el que el módulo de su respuesta en frecuencia vale 1 (o un valor próximo).

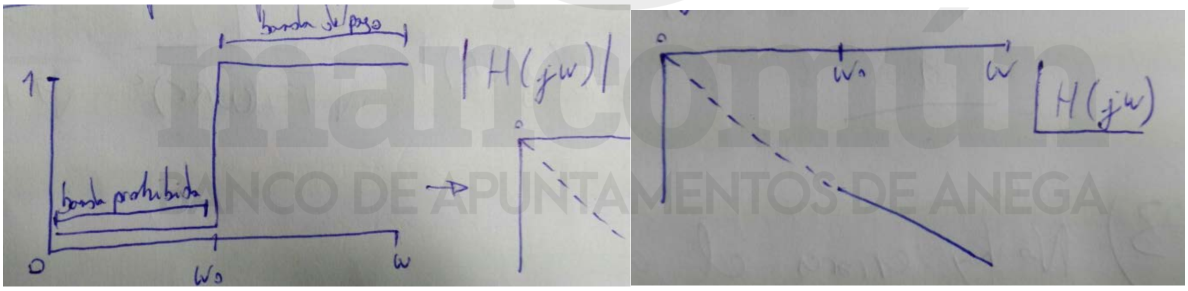
De acuerdo con los párrafos anteriores, se pide:

b) **Indica los tipos de filtros básicos que hay en relación al rango de frecuencias que permiten/impiden pasar (sólo hay 4 tipos básicos). Representa la magnitud y la fase de la respuesta en frecuencia de cada tipo de filtro (ideal). Indica el valor o por qué se caracteriza la respuesta en frecuencia de cada tipo.**

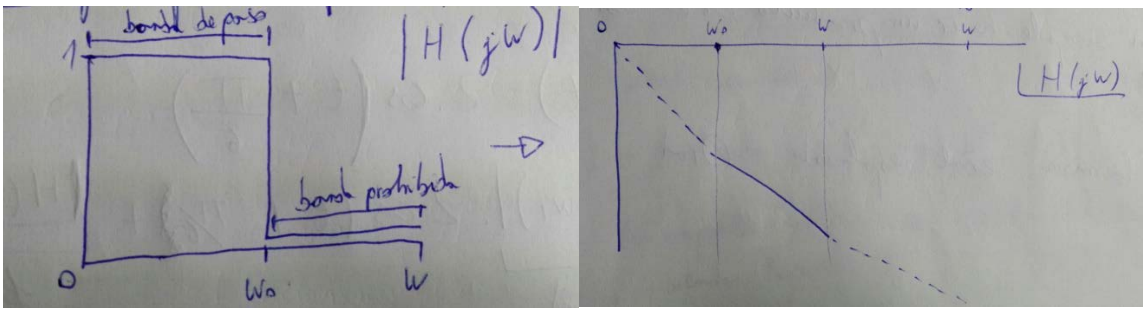
PASO BAJO: permite pasar frecuencias bajas.



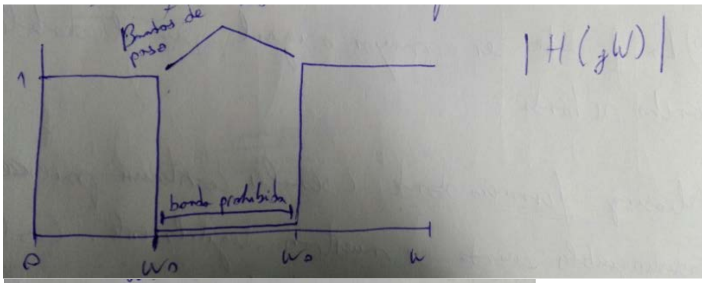
PASO ALTO: permite pasar frecuencias altas.

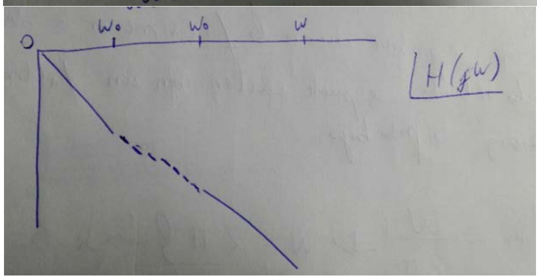


PASO BANDA: permite pasar frecuencias entre valores.



PASO BANDA PROHIBIDA: permite pasar todas las frecuencias menos las que están entre dos puntos.





c) **¿Qué es la *banda de paso* de un filtro?**

BANDA DE PASO: conjunto de funciones que pueden atravesar el filtro sin distorsión de amplitud y fase.

d) **¿Qué es la *banda prohibida* de un filtro?**

BANDA PROHIBIDA: conjunto de funciones que no pueden atravesar el filtro

5) *a*) Si la respuesta en frecuencia *H*(*w*) de un filtro cumple lo siguiente:

$\angle H(w) = -wt_d$, **siendo t_d una constante positiva, no nula y $w \in$**

$|H(w)| = 1$ ***para todo*** $w \in$

¿qué relación hay entre una señal senoidal aplicada en la entrada del filtro y la señal presente en su salida?

Nota: se supone que al resolver la tarea 1 quedó claro que dada una señal $z(t)$, la señal $z(t-t_0)$ toma los mismos valores que $z(t)$ pero con un retraso en el tiempo de t_0 segundos ($t\in$ y t_0 cte.)

Es la misma desplazada. La relación entre la señal senoidal.

b) **¿Qué característica debe presentar la respuesta en frecuencia de un filtro para que no presente *distorsión de fase* en la banda de paso?.**

La fase debe variar linealmente (retardo de grupo constante).

***c)* ¿Crees que será un 'problema' el que un filtro presente distorsión de fase en la banda prohibida?. ¿Por qué?.**

No importa ya que el filtro no dejará pasar las funciones, siendo señal 0.

6) *a*) Calcula la señal *y*(t) que aparece en la salida de un sistema LCIT, cuya respuesta en frecuencia se caracteriza por lo siguiente:

$|H(w)| = 1$ *para todo* $w \in$

$\angle H(w) = -w t_d$, **siendo t_d una constante positiva, no nula y $w \in$**

ante una entrada $x(t) = A_0 \cdot \cos(w_0 t + \vartheta_0) + A_1 \cdot sen(w_1 t + \vartheta_1)$

***b*) Calcula la salida de un sistema cuya respuesta en frecuencia cumple lo siguiente:**

$|H(w)| = 1$ *para todo* $w \in$

$\angle H(w) = -k$, **siendo k una constante positiva, no nula y $w \in$**

ante una entrada $x(t) = A_0 \cdot \cos(w_0 t + \vartheta_0) + A_1 \cdot sen(w_1 t + \vartheta_1)$

7) Representa el módulo y la fase de un sistema LCIT caracterizado por la siguiente respuesta en frecuencia (t_d es un número real, positivo):

$$H(w) = \begin{cases} e^{-jwt_d} & -B \le w \le B \\ 0 & w < -B,\ w > B \end{cases}$$

8) *a*) ¿En qué unidades se mide el ancho de banda de una señal?

En Hz

***b)* ¿Qué condición debe cumplir la frecuencia (o el periodo) con la que se muestrea una señal en relación a su ancho de banda *B*, para que se pueda recuperar la señal muestreada a partir de las muestras, utilizando un filtro paso bajo ideal?**

La función debe ser mayor o igual que el doble del ancho de banda.

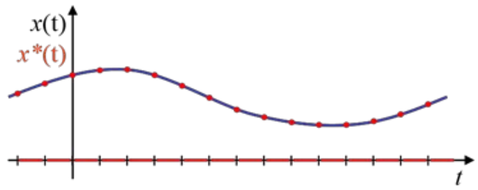
***c)* ¿En qué consiste el fenómeno de *aliasing* y cómo se puede evitar?**

(las pistas están en la página siguiente)

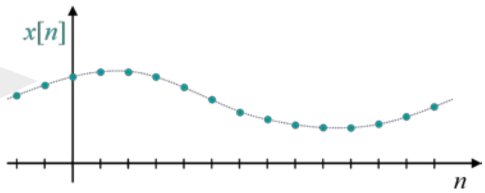
ALIASING: fenómeno donde 2 señales continuas parece indistinguibles cuando se muestran digitalmente. Este fenómeno se produce cuando la función es menor a dos veces el ancho de banda. Se puede evitar con un filtro antialiasing de paso bajo.

Pista 1: Se puede demostrar que la señal $x^*(t)$, continua en el $x(t)$ $x^*(t)$ tiempo, presente en la salida de un muestreador ideal cumple lo $X(jw)$ T_s $X^*(jw)$ siguiente:

$X(s)$ $X^*(s)$



$$x^*(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(nT_s)\,\delta(t-nT_s) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]\,\delta(t-nT_s)$$

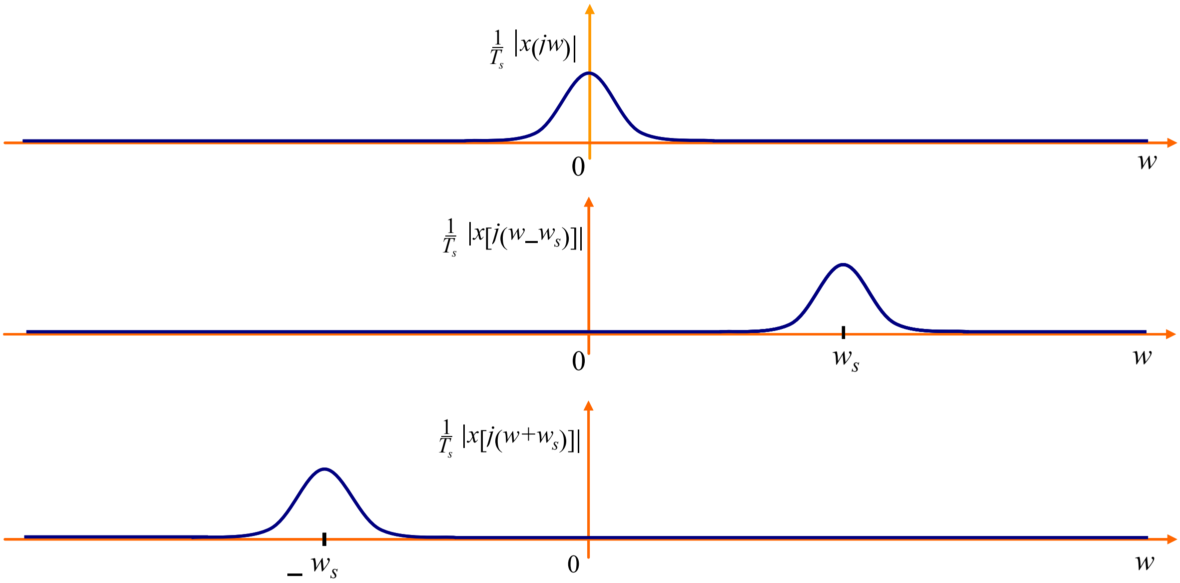


$$X^*(jw) = X^*(w) = F[x^*(t)] = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{1}{T_s} X[j(w - n w_s)] =$$

$$= \frac{1}{T_s} X[j(w)] + \frac{1}{T_s} X[j(w - w_s)] + \frac{1}{T_s} X[j(w + w_s)] +$$

$$+ \frac{1}{T_s} X[j(w - 2w_s)] + \frac{1}{T_s} X[j(w + 2w_s)] +$$

$$+ \frac{1}{T_s} X[j(w - 3w_s)] + \frac{1}{T_s} X[j(w + 3w_s)] + \cdots$$



sien
do:

· x(t) la señal presente en la entrada del muestreador

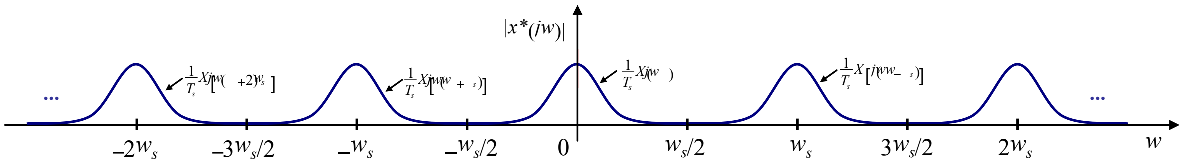
· x^*(t) es una señal utilizada como aproximación <u>en el dominio del tiempo continuo</u> de una señal discreta en el tiempo x[nT$_s$] ≡ x[n] (en este caso, la existente en la salida de un muestreador)

· $X(jw)$ es la transformada de *Fourier* de x(t)

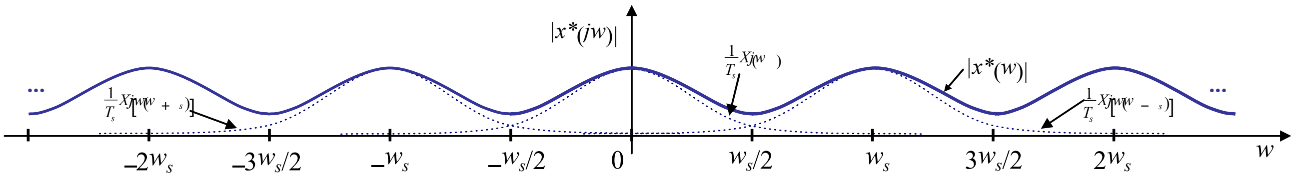
· $X^*(jw)$ es la transformada de *Fourier* de x^*(t)

· $w_s = 2\pi f_s = 2\pi/T_s$ es la frecuencia de muestreo en *radianes/seg*. y T_s es el periodo de muestreo (en *segundos*)

Pista 2: Si la frecuencia de muestreo w_s es mayor que el doble del *ancho de banda* de la señal x(t) presente en la entrada del muestreador, entonces la representación del *espectro de amplitud* de la señal presente en la salida de un muestreador tiene, en general, una forma similar a la indicada a continuación.



Pista 3: Si la frecuencia de muestreo w_s no es mayor que el doble del *ancho de banda* de la señal x(t) presente en la entrada del muestreador, entonces la representación del espectro de amplitud de la señal presente en la salida de un muestreador tiene, en general, una forma similar a la indicada a continuación



Dato 1: se puede demostrar que toda señal de *duración finita* en el tiempo tiene un *ancho de banda infinito*.
Dado que todas las señales con las que se trabaja en Ingeniería son de duración finita, se puede afirmar que todas las señales reales tienen un ancho de banda infinito. De acuerdo con esto, si se muestrea una señal $x(t)$ de duración finita en el tiempo, no importa lo pequeño sea el periodo de muestreo, las réplicas de $X(jw)/T_s$ que presenta la respuesta en frecuencia de la señal existente en la salida del muestreador se solaparán.

Dato 2: la '*regla de oro de la Ingeniería*' dice lo siguiente: "*Una magnitud B es despreciable frente a una magnitud A, siempre que se cumpla que B < A*/10"

9) Aunque una señal de audio puede tener (y normalmente tiene) componentes en frecuencia con una amplitud no despreciable por encima de los 4kHz, las personas entendemos la reproducción de una señal de audio que ha sido filtrada para limitar su ancho de banda a 4kHz. Asumiendo una señal de audio con un ancho de banda de
4kHz, se pide:

***a)* ¿Cuál es el valor mínimo de la frecuencia (en radianes/segundo) con el que se puede muestrear dicha señal de audio, para que la señal presente en la salida del muestreador no presente *aliasing*?**

$$f(Hz) = \frac{W}{2\pi} \Rightarrow W = 2\pi f \Rightarrow \text{si } B=4KHz \Rightarrow f = 8KHz = 8000Hz$$

***b)* ¿Cuál es el tiempo máximo que puede transcurrir entre la toma de 2 muestras consecutivas?**

.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{8000} = 0{,}000125 = 125\mu s$$

Notas: _ La transformada de Laplace es otra transformación extraordinariamente útil a la hora de tratar con sistemas lineales, continuos en el tiempo. La existencia de la *transformada de Laplace* 'tiene sentido' una vez conocida la *transformada de Fourier*, debido a que hay muchas señales para las que su transformada de Fourier no converge (no existe), pero sí lo hace su transformada de Laplace. Por otra parte, la transformada de Laplace permite analizar la estabilidad de sistemas LCIT y proporciona herramientas e información que pueden aplicarse a casos en los que no se puede utilizar la *transformada de Fourier*.

_ La *transformada Z* es una transformación desarrollada especialmente para transformar señales, sistemas, modelos, etc. en tiempo discreto a un dominio donde su análisis resulta mucho más sencillo. En el caso de señales/sistemas en tiempo discreto, la *transformada Z* juega un papel 'similar' o 'equivalente' al que desempeña la transformada de Laplace en el caso de señales/sistemas en tiempo continuo. De la misma forma que existen ciertas relaciones entre las transformadas de Laplace y de Fourier cuando se trata con señales/sistemas en tiempo continuo, también existe un número importante

de relaciones entre la *transformada Z* y la *transformada de Fourier* cuando se trata con señales/sistemas en tiempo discreto.

_ Una transformación matemática es una 'herramienta' que permite trasladar una señal, un sistema, un modelo, etc. que originalmente se encuentra definido en un dominio dado a otro dominio diferente. Hay características o propiedades de una señal, de un sistema, de un modelo, etc. que son difíciles de ver, medir, detectar o resolver en un dominio dado, pero que en otro dominio pueden ser vistas, medidas o detectadas fácilmente (o por lo menos mucho más fácilmente). La *transformada de Fourier* constituye una transformación del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia.

TAREA 5

2) Las cuatro últimas instrucciones en la función *main*() de cierto código son:

```
 …
 ADCON0.B2 = 1;
 Lcd_Init();
while(1)
   asm nop; }
```

Sabiendo que el tiempo que tarda el módulo A/D en realizar una conversión es menor que el tiempo que tarda la CPU del microcontrolador en ejecutar la función Lcd_Init(), ¿en tu opinión puede haber algún problema a la hora de representar el resultado de la conversión A/D en un LCD <u>tan pronto como finalice la conversión</u>?. En caso afirmativo dime por qué.

Realiza conversiones más rápido de lo que las muestra, por lo que para un momento dado no nos está mostrando el valor actual.

3) Con la ayuda del archivo denominado *GPUs.pdf* que está en *faitic*, en la carpeta "Documentación", responde a las siguientes cuestiones de forma <u>clara</u> y <u>concisa</u>.

i) **¿Qué indica el acrónimo GPU?**

Unidad de procesamiento gráfico.

ii) **¿Qué es una GPU?**

La GPU es un procesador optimizado para gráficos 2D y 3D, vídeo, computación visual y visualización.

iii) ***a*) En su concepción más básica (original), ¿para qué sirve una GPU?**

Procesa imágenes y vídeos, gráficos en 2D y 3D que posibilitan el desarrollo de sistemas operativos basados en ventanas.

***b*) Desde hace tiempo las GPUs también se utilizan para….¿?.**

Ahora la GPU es una arquitectura unificada de gráficos y computación que puede utilizarse para procesador gráfico, sistema paralelo escalable y proporciona una interacción visual en tiempo real con objetos compuestos de gráficos, vídeos e imágenes. También se utiliza para computación matemática.

iv) **¿A que se denomina 'sistema heterogéneo'?**

Un sistema heterogéneo es un sistema que combina diferentes clases de procesadores.

v) **Modelos de procesamiento gráfico**

Modelo circulante, OpenGL y DirectX.

vi) **¿Qué es OpenGL?**

OpenGL es un estándar libre para programación de gráficos 3D.

vii) **¿Qué es DirectX?**

DirectX es un conjunto de interfaces de programación multimedia de Microsoft.

viii) **¿Qué indica el acrónimo API?**

Interfaces de programación de aplicaciones.

ix) **¿A qué hace referencia el término *computación visual*?**

Computación visual hace referencia a la mezcla de procesamiento gráfico y computación que le permite interactuar visualmente con los objetos computados vía gráficos, imágenes y vídeo.

x) **En relación a las operaciones aritméticas, ¿en qué destacan las GPUs?**

Las GPUs destacan en su velocidad de cálculo.

xi) **¿Qué indica el acrónimo CUDA?... ¿qué es CUDA?**

Compute Unified Device Architecture. CUDA es un modelo de programación escalable basado en C y C++ y una plataforma de programación paralela para CPUs y GPUs multinúcleo.

xii) **¿Qué característica debe cumplir una aplicación no gráfica para que pueda ejecutarse en una GPU con un alto rendimiento?**

La característica que debe cumplir es tener un gran paralelismo de datos.

xiii) **Indica al menos 4 aplicaciones de las GPUs**

Procesamiento de imágenes, vídeo, etc.

xiv) **¿Por qué hay diferentes GPUs a la venta?**

Porque cada aplicación es necesario unos requisitos específicos distintos a los de otra GPU.

xv) **Indica las principales APIs gráficas estándar que existen**

DirectX y OpenGL

xvi) **Indica al menos 3 interfaces de programación de GPUs que se centren en la computación con paralelismo de datos. ¿Estas interfaces también permiten la ejecución de aplicaciones gráficas o sólo se utilizan en aplicaciones no gráficas?**

CUDA, Brooks, CAL. Permite la ejecución de aplicaciones gráficas y no gráficas de altas prestaciones.

xvii) **Indica varias aplicaciones cuya ejecución en GPUs se haya visto posibilitada desde que existen entornos de programación como CUDA.**

Procesamiento de datos sísmicos, química computacional, álgebra lineal, etc.

xviii) **¿En qué formato de representación realizan la mayor parte de los cálculos las GPUs?. ¿Tiene algo que ver dicho formato con alguno de los que se ven en *Sistemas Digitales… una asignatura de primero*?**

Los cálculos se realizan en aritmética de punto flotante.

xix) **¿Para qué utilizan algunas GPUs el formato en coma flotante denominado de "*precisión mitad*"?**

Para tener almacenamiento y movimiento de datos eficiente, manteniendo al mismo tiempo un alto rango dinámico.

xx) **Indica las operaciones en punto flotante más habituales que tienen implementadas las GPUs a nivel hardware.**

Suma, multiplicación, multiplicación/suma, etc. Cálculo de mínimo/máximo, computación, conversión de formatos de números enteros/punto flotante.

xxi) **¿Se puede ejecutar en una GPU cualquier programa que se pueda ejecutar en una CPU?**

Sí.

xxii) **¿Se puede ejecutar <u>eficientemente</u> en una GPU un programa/aplicación que no tenga un alto grado de paralelismo?.**

No.

Tarea 6

correspondiente a las actividades no presenciales de la asignatura *Hardware de aplicación específica* (curso 2017-2018). Las respuestas a las cuestiones que aquí se plantean deben ser entregadas, como muy tarde, el miércoles día 2 de mayo de 2018, en el aula 2.2, a las 11:00 horas o en el despacho 312, antes de las 20:00 horas.

0) Lee el pdf publicado en faitic denominado Notas VHDL alumnos resumidas.

1) Consiste en realizar el proyecto cuyo enunciado está publicado en faitic. Debes entregar los códigos impresos en papel. El funcionamiento con hardware se verificará en el laboratorio de Electrónica.

2) Con la ayuda del pdf denominado "Sobre DSPs tarea 6" que está publicado en faitic, responde a las siguientes cuestiones:

a) Indica de forma breve los criterios de selección de un microcontroladorCriterios de seleccion de un microcontrolador.

En general, los factores de decision estan relacionados con la capacidad de almacenamiento, capacidad funcional (nº de temporizadores, nº de puertos E/S, nº de canales A/D y D/A, etc) y conectividad (capacidad de comunicacion). No obstante deben tenerse presente otros factores como el consumo, el tamaño, tipo de encapsulado, herramientas de desarrollo, disponibilidad de utilidades software, herramientas de depuracion, soporte tecnico del fabricante

Los factores mas importantes en la seleccion de un microcontrolador son: Ancho de banda, memoria, convertidores A/D y D/A, temporizadores y contadores, temporizador watchdog, sistema de interrupciones, comunicacion, puertos de entrada/salida, unidades de generacion de señales especiales, herramientas de desarrollo y consumo de energia.

b) Indica las diferencias básicas entre un microcontrolador y un DSP

El DSP esta especialmente acondicionado para realizar operaciones y repartirlas sistematicamente de forma eficiente, generalmente utilizando un solo ciclo de reloj. Comparado con un microprocesador generico o con un microcontrolador, el DSP presenta unas diferencias relacionadas basicamente con su capacidad numerica de computacion. Los micoprocesadores tienen un caracter mas universal, no estan pensados para ninguna aplicacion especifica, y menos para el procesamiento numerico intensivo. Los microcontroladores estan dirigidos al control. Ambos requieren varios ciclos de reloj para completar el tipo de operacion que se mencionan y pueda resultar muy costosos en tiempo, sobre todo cuando el proceso se hace muy repetitivo, algo habitual en los algoritmos de procesamiento digital de señal. El DSP posee unidades funcionando muy potentes (ALV, multiplicador, registros, deplazadores de bits, procesadores de E/S, puertos de alta velocidad, etc) explotandose al maximo el paralelismo entre ellos. Tambien dispone de recursos hardware para gestion de estructuras de datos y de control cuyo objetivo es reducir el tiempo de ejecucion de algoritmos criticos. En los microprocesadores y microcontroladores se recurre al software para implementar estas tareas, o simplemente, no dispone de estos recursos. A las capacidades de calculo del DSP debe añadirse ademas de su capacidad para realizar tranferencias eficientes de datos procedentes del exterior, en general, disponiendo de puertos de alta velocidad y procesadores especializados en transferencia de E/S de tipo DMA (Direct Memory Access).

c) Indica las aplicaciones habituales de los DSPs

Son muy variadas: procesamiento de señales de audio (compresion de audio, filtrado, TV digital), procesamiento de habla (reconocimiento de voz, compresion de voz), comunicaciones (telefonos moviles, modems, GPS), multimedia (compresion de video, imagen digital), control industrial (cancelacion de ruido, control de motores, fuentes de alimentacion). Tambien tienen diversas aplicaciones en el campo de la instrumentacion.

d) Se quiere implementar un filtro digital, paso banda, utilizando un DSP. Si la frecuencia de muestreo de la señal continua a filtrar es de 100kHz, ¿de cuánto tiempo dispone el DSP para ejecutar el algoritmo que procesa las muestras de la señal de entrada?. Nota: considera que el tiempo que

tarda el convertidor A/D en realizar una conversión más el tiempo que tarda el DSP en enviar un valor al convertidor D/A para que lo convierta en una tensión es igual a 1,5·10-6 seg.
e) ¿Qué operación aritmética puede realizar la unidad aritmético-lógica de un DSP de forma mucho más rápida que la ALU de un microcontrolador (típicamente en 1 ciclo de reloj)?
f) ¿Cómo influye la longitud de palabra (tamaño del bus de datos) en la precisión de los cálculos tanto de un microcontrolador como de un DSP.
g) Si se pretende procesar digitalmente una señal analógica utilizando convertidores AD y DA de 24 bits, ¿de cuántos bits debería ser el DSP a utilizar?
3) Escribe el código en C correspondiente al apartado d) de la práctica 6 que aparece en la versión actualizada del enunciado de las prácticas que está publicado en faitic.
4) Lee el pdf publicado en faitic denominado: 3_Clase_diseño_filtros_digitales.pdf y después responde a las siguientes cuestiones:
a) Sabiendo que la frecuencia digital de una señal discreta cumple lo siguiente: 17 51 df = , ¿cuál es su periodo?. ¿Seguro?
b) Se pretende diseñar un filtro digital, paso alto, de tipo Butterworth, de modo que una vez implementado presente las siguientes características:

αPASS = −3dB (atenuación máxima en la banda de paso)
αSTOP = −50dB (atenuación mínima en la banda prohibida)
fcorte = fpass = 10kHz (frecuencia de corte del filtro digital ≡ delimita la banda de paso)
fstop = 5kHz (frecuencia que delimita la banda prohibida del filtro digital a diseñar)
fs = 80kHz (frecuencia de muestreo)

Si el procedimiento de diseño del filtro consiste en discretizar un filtro analógico utilizando la transformada de Tustin, ¿qué características debe tener el filtro analógico a discretizar?... ¿qué frecuencia de corte deberá tener el filtro analógico?, ¿qué valor debe tener la frecuencia que delimita la banda prohibida del filtro analógico?.... (Consejo: lee las páginas 43 a 66 del pdf publicado en faitic denominado 3_Clase_diseño_filtros_digitales)
c) Discretiza la siguiente función de transferencia $H(s) = \frac{10}{s+10}$ usando la transformada de Tustin, teniendo en cuenta que el periodo de muestreo es igual a Ts = 0.01 seg. (Puedes consultar el pdf publicado en faitic denominado 3_Clase_diseño_filtros_digitales)

Importante: A las actividades individuales del martes día 15 de mayo de 2018 y del martes 19 de junio de 2018 sólo se puede llevar una calculadora sencilla y un par de bolígrafos. Lo que descarta teléfonos móviles, apuntes, tablets, etc. No es necesario que memorices ningún dato que venga en las hojas de datos del microcontrolador PIC18F452, ni ninguna función de librería del compilador MikroC PRO. Durante la prueba se te facilitará cualquier dato que necesites a este respecto. Queda terminantemente prohibido tener a la vista un teléfono móvil durante la realización de las pruebas.

EXAMEN MAYO 2017

1) **¿Que caracteriza una función continua en el tiempo o en tiempo continuo? Pon un ejemplo.**

   Es aquella cuya variable independiente "t" toma valores en el conjunto de números reales (esta definida en todo instante de tiempo).

2) **¿Que caracteriza una función discreta en el tiempo o en tiempo discreto? Pon un ejemplo.**

   Aquella cuya variable independiente "n" toma valores en el conjunto infinito y numerable. La señal solo esta definida en algunos puntos de la variable independiente.

3) **Sabiendo que una magnitud es una propiedad fisica que puede ser medida, explica por qué se caracteriza una magnitud digital, una magnitud binaria y una magnitud continua.**

   Una magnitud digital es aquella que tiene un numero finito de valores.
   Una magnitud binaria es un tipo de señal digital que puede tomar dos valores.
   Una magnitud continua trata valores de un conjunto infinito no numerable (para todos los valores entre dos puntos)

   Una señal discreta en amplitud infinitos valores pero numerables

4) .

   a. **Explica la función que realiza un convertidor A/D de n bits. ¿A qué se referencia con "n bits"?**

      Convierte una señal analógica a digital. Consta de 4 pasos:
      Muestreo (sample), Retencion (hold), Cuantificacion y Codificacion.
      Con "n bits" se indica el número de salidas

   b. **¿Cómo se define la resolución de un convertidor AD? Supón que las tensiones de referencia son VRef+ y VRef-.**

      El valor minimo que debe aumentar o disminuir la tension para producir un cambio en en valor de salida (que representa el bit menos significativo).
      $\lambda = (Vref+ - Vref-)/((2^n) - 1)$

   c. **Indica la relacion matematica existente entre el valor presente en la entrada de un convertidor AD cuando realiza una conversion y el valor que representan sus salidas. Supon que las tensionses de referencia son VRef+ y VRef-. ¿Que representan las tensiones de referencia de un convertidor AD?**

      Representan las tensiones maxima y minima que puede representar.

      $D10 = (Vi - Vref-)/ \lambda$

   d. **¿Por que se dice que los convertidores AD cometen errores de cuantificacion? ¿Cual es el mayor error que puede cometer un convertidor AD de n bits que realiza una cuantificacion por truncamiento, al efectuar una conversion?**

      Porque la tension de entrada puede tomar valores infinitos y en la salida del convertidor solo se representan hasta 2^n-1.

El error seria la diferencia entre lo que quieres representar y el valor inmediatamente menor reprensentable.

e. **Dado un convertidor AD de 10 bits, caracterizado porque VRef+=4.5V y VRef-=1.5V, ¿cual es la tension de entradad correspondiente a una salida D=1101001101_2= 845**

λ= (4.5-1.5)/(2^{10}-1)= 3/1023= 0.0029

V_0= (D10 * λ) + Vref- = (845 * 0.0029) + 1.5- = 2.4505 + 1.5 = 3.9505V

5) .

a. **Explica la funcion que realiza un convertidor DA de n bits. ¿A que se referencia con "n bits"?**

Convierte una señal digital a analogica.
Con "n bits" se indica el número de entradas

b. **¿Como se define la resolucion d eun convertidor DA? Supon que las tensiones de referencia son VRef+ y VRef-.**

Es la variacion que experimenta la tension de salida ante el bit menos significativo.

λ = (Vref+ - Vref-)/((2^n) - 1)

c. **Indica la relacion matematica existente entre el valor presente en la entrada de un convertidor AD cuando realiza una conversion y el valor que representan sus salidas. Supon que las tensionses de referencia son VRef+ y VRef-. ¿Que representan las tensiones de referencia de un convertidor DA?**

Representan las tensiones maxima y minima que puede representar.

D10 = (V_0 - Vref-)/ λ

d. **Dado un convertidor DA de 10 bits, caracterizado porque VRef+=4.5V y VRef-=1.5V, ¿cual es la tensión de entrada correspondiente a una salida D=1101001101_2= 845**

λ= (4.5-1.5)/(210-1)= 3/1023= 0.0029

V0= (D10 * λ) + Vref- = (845 * 0.0029) + 1.5- = 2.4505 + 1.5 = 3.9505V

6) **En t=0 se comienza a muestrear una señal x(t) = 5 sen(6πt) con una frecuencia de muestreo f=100Hz**

a. **Indica el valor de las 4 primeras muestras tomadas.**

PONER CALCULADORA EN RADIANES

T = 1/f = 1/100 = 0.01

n=1 => x(0.01) = 5 sen(6*π*0.01) = 0.936

n=2=> x(0.02) = 5 sen(6*π*0.02) = 1.840

n=3 => x(0.03) = 5 sen(6*π*0.03) = 2.679

n=4 => x(0.04) = 5 sen(6*π*0.04) = 3.422

b. Indica la funcion matematica en tiempo discreto que proporciona los valores de las muestras tomadas en funcion del numero de muestra

$x[n] = x (n T_s) = 5$ sen $(6\pi\, n\, T_s)$

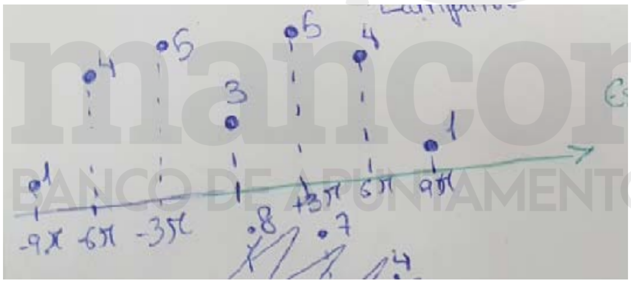
c. ¿Cual es el valor minimo de la frecuencia con la que se puede muestrear la señal x(t) para que la señal en tiempo discreto generada no presente aliasing?

La frecuencia debe ser igual o superior al doble del ancho de banda f >= 2 * fA

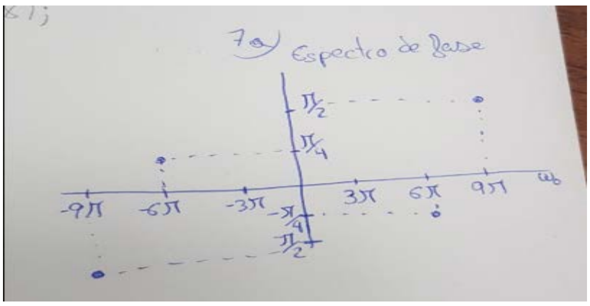
fA = 6π/ 2π = 3Hz

f <= 2*3 → f <= 6Hz.

d. Representa los espectros de amplitud y de fase de una señal x(t) cuyo desarrollo en serie de Fourier cumple lo siguiente: x(t)= 3 + 5 sen(3πt) + 4 sen(6πt – π/4) + sen(9πt + π/2)



Espectro de amplitud



Espectro de fase

e. ¿Cual es el armonico fundamental de x(t)?

W_0=3π (es la frecuencia mas baja)

f. ¿Cual es la frecuencia en Hz y en rad/s de x(t)?

w = 3π rads/seg

$f = (3\pi / 2\pi) = 1'5Hz$

g. ¿Cual es el ancho de banda de x(t)?

Sería el componente más alto

7) .

a. ¿Que hay que utilizar, a nivel matematico, para determinar el contenido en frecuencia de una funcion periodica que cumple las condiciones de Dirichlet?

- La señal debe ser totalmente integrable
- Debe tener un numer finito de discontinuidades
- Debe tener un numero finito de maximos y minimos

TAREA 3 EJERCICIOS 6 Y 7

b. ¿Que hay que utilizar, a nivel matematico, para determinar el contenido en frecuencia de una funcion periodica?

Si cumple con lo anterior se puede representar como una serie de Fourier.

$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n \, e^{s w_0 n t}$ n perteneciente a Z $w_0 = 2\pi/T$10

Si es no periódica, se puede representar como una transformada de Fourier:

$$X(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j\omega t} dt = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j2\pi f t} dt = X(f)$$

8) En la parte derecha se representan algunos valores de una señal discreta x[n] que se han obtenido muestreando una señal continua x(t). El periodo de muestreo fue T_s= 0.2s. Se pide:

F = 1/T = 1/0.2 = 5Hz

a. Indica los valores de x[-6], x[2] y x[5].

x[-6] = 6

x[2] = -3

x[5] = 3

b. Indica el valor de la señal x(t) en t=1.2s y t =-1s. Indica la duración en segundos del intervalo de tiempo correspondiente a la representación de la señal x[n] en la parte derecha.

- $T = n * T_s \Rightarrow n = t/T_s = 1.2/0.2 = 6$

x[6] = 3

- $T = n * T_s => n = t/T_s =-1/0.2 = -5$

  x[-5] = 5

t=nTs
t = -7 (1/2.5)
fs= 2.5 → T=1/2.5

Tarea 3 Ejercicio 2 b)

c. ¿Cual es el valor de x(t) en t=1.3s?

T = n * Ts => n = t/Ts =1.3/0.2 = 6.5

x[6.5] = No se puede porque no esta definido

d. Representa la señal x[n+1] (considera que x[n] vale cero fuera del intervalo de tiempo representado). ¿Que relacion existe entre las señales x[n] y x[n+1]?

Es la misma gráfica pero desplazada a la izquierda.

e. ¿Que representa n? ¿Que representa el valor de x[n] para cada valor de n?

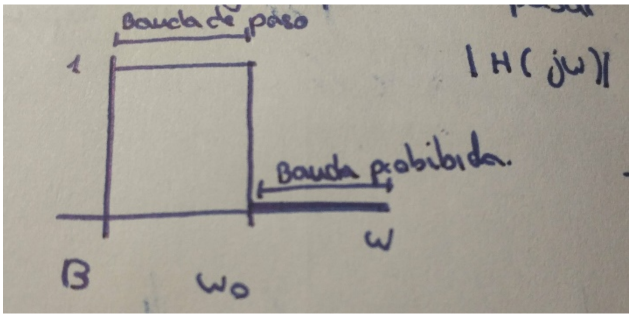
N = nº de muestras

x[n] = valor para ese nº de muestra

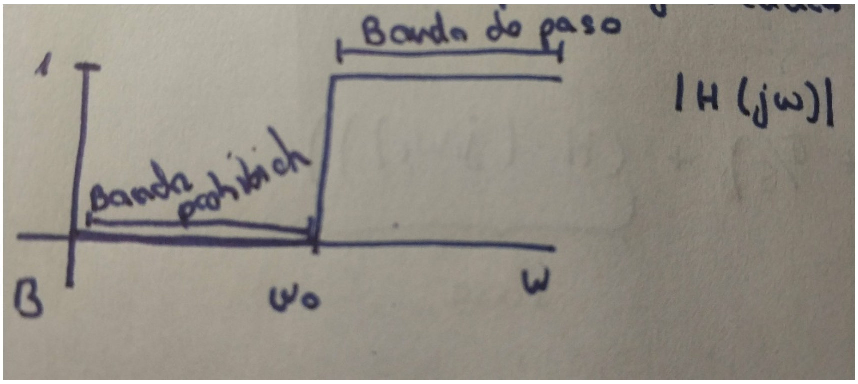
9) .

a. Indica los tipos básicos de filtros que hay. Representa la curva de modulos y la curva de angulos de la respuesta en frecuencia ideal de cada uno de ellos.

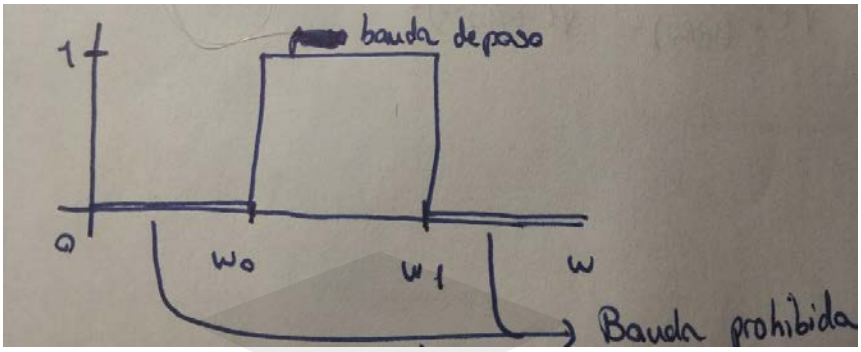
Paso bajo: permite pasar frecuencias bajas



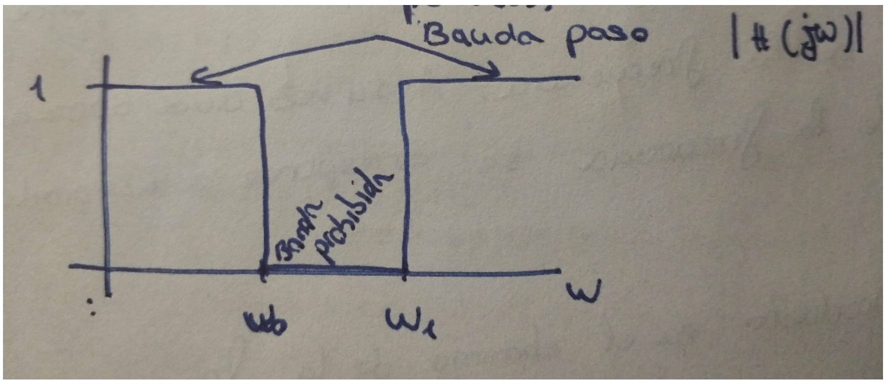
Paso alto: permite pasar frecuencias altas

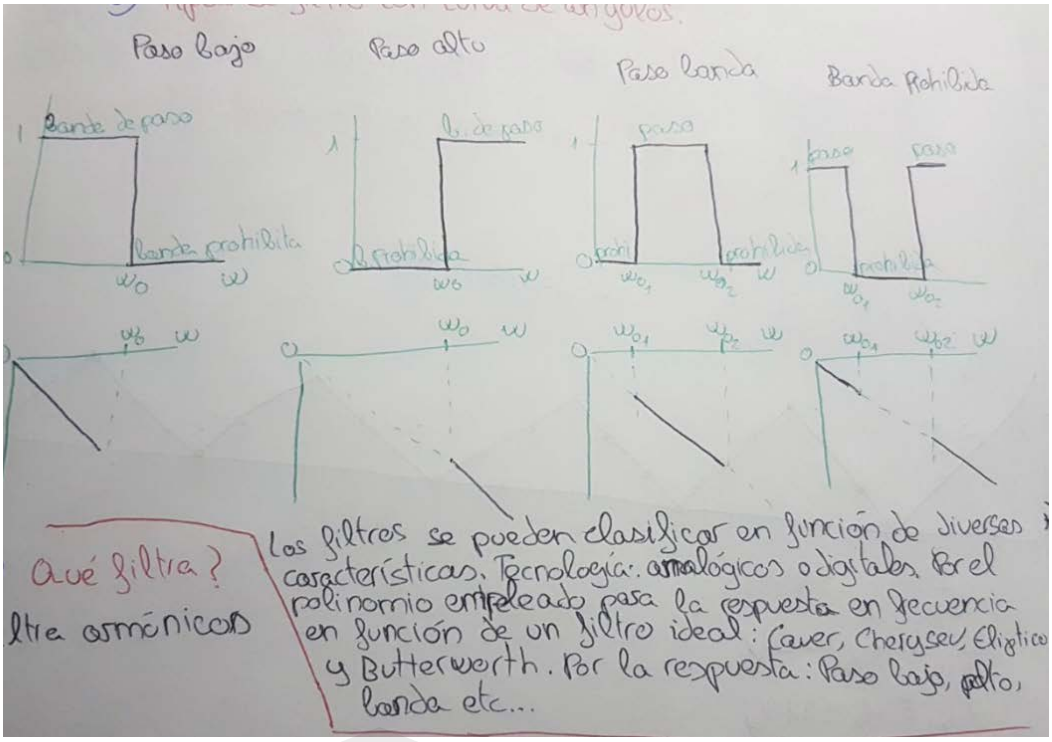


Paso banda: permite pasar frecuencias entre dos valores



Paso banda prohibida: permite pasar todas las frecuencias menos las que estan entre dos puntos





b. ¿A nivel matematico, que es lo que filtra un filtro....qué es lo que no deja pasar?

Filtra frecuencias. No deja pasar las frecuencias que sobrepasan unos valores definidos.

c. ¿Por que se caracteriza la respuesta en frecuencia de un filtro ideal**? Indica que caracteriza a la banda de paso y a la banda prohibida de un filtro ideal.**

En la banda prohibida solamente filtramos entre 2 frecuencias (w0 y w1), el resto pasan el filtro.

En la banda de paso solamente pasan los valores de frecuencia que se encuentran dentro de un intervalo(w0,w1), el resto se obvian.

La mayor diferencia entre un filtro ideal y uno real es que la banda de transición no es nula, siempre va a ser >0.

10) .

a. ¿Como se define el ancho de banda de una señal x(t) continua en el tiempo?

Es el doble de la frecuencia.

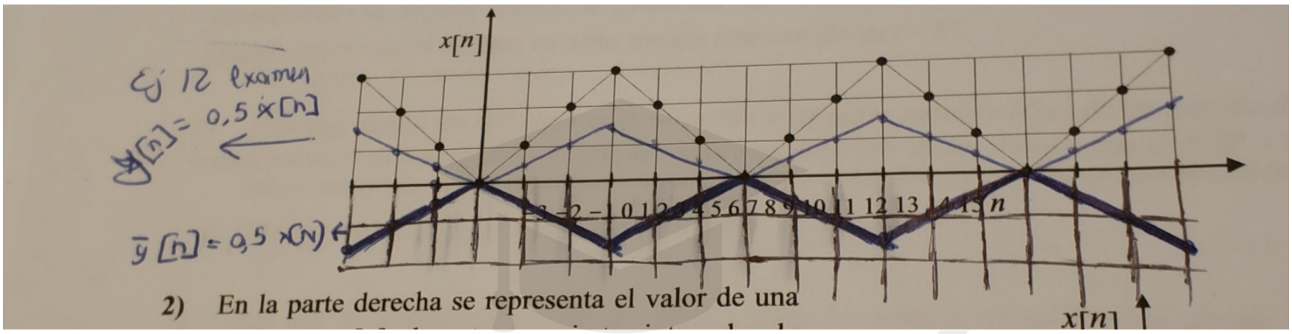
b. ¿Que valor tiene el ancho de banda de una señal de duracion finita en el tiempo?

Si viene determinado por las frecuencias comprendidas entre f1 y f2, el ancho de banda sería f2.

c. **Si se quierer muestrear una señal que tiene un ancho de banda B rad/seg, ¿cual es el valor minimo de la frecuencia con la que se debe muestrear dicha señal si se quiere evitar que se produzca aliasing?**

Fs >= 2*Ancho de banda

11) El procesador de señales digitales indicado en la parte derecha ejecuta la ecuacion en diferencias: y[n] = 0.5 * x[n]. Teniendo en cuenta que la señal de entrada x(t) es la que se indica en la parte derecha, siendo T_s el periodo de muestreo, representa sobre el cronograma de x(t) la señal $\overline{y}$ (t). Supon que la resolucion es lo suficientemente buena como para que el error de cuantificacion sea despreciable y que el tiempo que se tarda en realizar una conversion AD, en ejecutar la ecuacion en diferencias y en realizar una conversion DA son despreciables frente a la duracion de un periodo de muestreo



12) .

a. **¿Que es una GPU? ¿Para que se utilizaban originalmente las GPUs y para que se utilizan tambien las GPUs desde hace decadas?**

Es un procesador optimizado para graficos 2D y 3D, video, computacion visual y visualizacion.

En su concepcion original se usaban para procesar imagenes y videos, graficos en 2D y 3D que posibilitaban el desarrollo de sistemas operativos basados en ventanas,

Ahora la GPU es una arquitectura unificada de graficos y computacion que puede utilizarse para procesador grafico, sistema paralelo escalable y proporciona una interaccion visual en tiempo real con objetos compuestos de graficos, videos e imagenes. Tambien se utiliza para computacion matematica.

b. **¿Que caracteristicas debe cumplir una aplicacion para que se pueda ejecutar en una GPU con un alto rendimiento?**

Tiene que ser una aplicación muy paralelizable, con un grado de paralelismo alto para que sea eficiente ejecutarla.

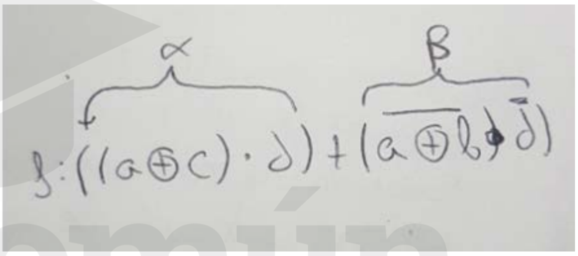
13) .

a. **¿Para que se utilizan las entidades en vhdl? ¿Para que se utilizan las arquitecturas en vhdl?**

En una entidad se declaran los terminales de entrada y salida de un circuito así como los tipos de datos que pasan por dichos terminales.

b. Escribe un codigo VHDL (entidad y arquitectura) que describa el comportamiento del circuito indicado en la parte derecha.

```
ENTITY EXAMEN IS{

PORT(a,b,c,d : in STD_LOGIC;

    F: out stat_logic;

} end EXAMEN

ARCHITECTURE EXAM IS

ALFA, BETA : STD_LOGIC;

BEGIN

ALFA ← (a xor c) and d;

BETA ← (a xor b) and (not d);

f ← ALFA OR BETA;

END EXAM
```



14) ¿Cual es el error maximo (en valor absoluto) que se puede cometer al realizar una temporizacion con en Timer 0? Indica el valor de dicho error en funcion de la frecuencia de reloj (fosc) del microcontrolador.

El error máximo que se puede dar en un timer es el periodo del timer es el periodo del timer

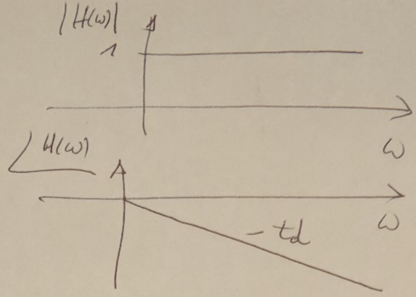
[T = 4 * (1/Fosc) * pre = (4*pre)/Fosc

Fosc = frecuencia micro

15) Indica la expresion de y(t) en el sistema de la parte derecha, sabiendo que su respuesta en frecuencia se caracteriza porque $|H(w)| = 3.5$ y $\underline{H(w)} = -wt_d$, siendo t_d una constante positiva (no nula), wER y que $x(t) = A*\cos(w_s t + \theta_i)$

$$x(t) \longrightarrow \boxed{\overset{H(\omega)}{\text{LCIT}}} \longrightarrow y(t)$$

$$x(t) = V \operatorname{sen}(\omega_1 t)$$



$$|H(\omega)| = 1 \quad \forall \omega \in \mathbb{R}$$

$$\angle H(\omega) = -\omega t_d \quad \forall \omega \in \mathbb{R}$$

$$y(t) = \overset{1}{|H(\omega_1)|} \cdot V \cdot \operatorname{sen}\left(\omega_1 t + \angle H(\omega_1)\right)$$

$$x(t) = A_0 \cos(\omega_0 t + \theta_0) + A_1 \operatorname{sen}(\omega_1 t + \theta_1)$$

$$x_0(t) = A_0 \cos(\omega_0 t + \theta_0)$$

$$y_0(t) = |H(\omega_0)|\, A_0 \cos\left(\omega_0 t + \theta_0 + \angle H(\omega_0)\right)$$

$$y(t) = \overbrace{|H(\omega_0)|}^{=1} A_0 \cos\left(\omega_0 t + \theta_0 + \overbrace{\angle H(\omega_0)}^{=-\omega_0 t_d}\right) + \overbrace{|H(\omega_1)|}^{=1} A_1 \operatorname{sen}\left(\omega_1 t + \theta_1 + \overbrace{\angle H(\omega_1)}^{=-\omega_1 t_d}\right) =$$

$$= A_0 \cos\left[\omega_0 (t - t_d) + \theta_0\right] + A_1 \operatorname{sen}\left[\omega_1 (t - t_d) + \theta_1\right] =$$

$$= x(t - t_d)$$

16) .

a. **¿Por que se caracteriza la respuesta en frecuencia de un sistema lineal, continuo e invariante en el tiempo (LCIT) que no introduce distorsion armonica de fase?**

$$Y(\omega) = H(\omega)\cdot X(\omega) \rightarrow \begin{cases} |H(\omega)|\cdot|X(\omega)| \\ \angle H(\omega) + \angle X(\omega) \end{cases}$$

(La que multiplica)

b. **¿Que caracteriza a un filtro de Bessel? Indica una aplicacion practica de los filtros de Bessel.**

No trata de minimizar el ancho de banda de transición, sino que su objetivo es conseguir una fase lineal con la frecuencia en la banda de paso. Deja de tener una fase lineal con la frecuencia al discretizarla.

c. **¿Por que se caracteriza la respuesta en frecuencia de un sistema LCIT que no introduce distorsion armonica de amplitud?**

$$Y(\omega) = H(\omega)\cdot X(\omega) \rightarrow \begin{cases} |H(\omega)|\cdot|X(\omega)| \\ \angle H(\omega) + \angle X(\omega) \end{cases}$$

(La que suma)

17)

a. **¿Que operacion aritmetica puede realizar la unidad aritmetico-logica de un DSP de forma mucho mas rapida que la ALU de un microcontrolador (tipicamente en 1 ciclo de reloj)?**

Todas las operaciones matemáticas complejas que se puedan realizar a través de operaciones sencillas. Por ejemplo: multiplicar a través de sumas.

b. **¿Como influye en la longitud de palabra (tamaño del bus de datos) en la precision de los calculos realizados tanto por un microcontrolador como por un DSP?**

Cuantos más bits más precisos son los resultados. El número idóneo dependerá del número de bits de la entrada.

EJERCICIO 19

```
// Lcd pinout settings
sbit LCD_RS at RD2_bit;
sbit LCD_EN at RD3_bit;
sbit LCD_D7 at RD7_bit;
sbit LCD_D6 at RD6_bit;
sbit LCD_D5 at RD5_bit;
sbit LCD_D4 at RD4_bit;
// Pin direction
sbit LCD_RS_Direction at TRISD2_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISD3_bit;
```

```
sbit LCD_D7_Direction at TRISD7_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISD6_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISD5_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISD4_bit;


char flag=0;
float x = 0; // variable de 16 bits
char txt[10];

void interrupt() // rutina de servicio de la interrupción (MikroC)
{
if(INTCON.INT0IF ==1){
if(flag==1){
  x = TMR0L;
  x = x + (TMR0H << 8)* (1/93750);
  FloatToStr(x,txt);
  Lcd_out(1,1,txt);
  flag=0;
}
if(flag==0){
  T0CON=0x84;
  TMR0H =0;
  TMR0L=0;
  flag=1;
}
 INTCON.INT0IF = 0; // se borra el flag de la interrupción INT0
}
if( INTCON.TMR0IF == 1){
   T0CON=0x84;
  TMR0H =0;
  TMR0L=0;
  INTCON.TMR0IF =0;

}
}



void main()
{
    TRISB.B0 = 1; //se configura RB0 como entrada
    RBPU_bit=0;
    Lcd_Init();

    INTCON.TMR0IF = 0; // se pone el flag a 0
    INTCON.TMR0IE = 1; // se habilita la interrupción del Timer 0


    INTCON2.INTEDG0 = 1; //la interrupción la provoca un flanco de subida
(x=1)/ bajada (x=0)
    INTCON.INT0IF = 0; // se pone el flag de la interrupción INT0 a 0
    INTCON.INT0IE = 1; // se habilita la interrupción INT0

    INTCON.GIE = 1; // se habilitan las interrupciones en general

 while(1){

}
}
```

EJERCICIO 20

```
unsigned int aux=0;
char txt[14];
float alfa,cos,angulo,angulofinal;
char x=0;

//Configuracio�n del LCD
sbit LCD_RS at RD2_bit;
sbit LCD_EN at RD3_bit;
sbit LCD_D7 at RD7_bit;
sbit LCD_D5 at RD5_bit;
sbit LCD_D6 at RD6_bit;
sbit LCD_D4 at RD4_bit;

sbit LCD_RS_Direction at TRISD2_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISD3_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISD7_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISD5_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISD6_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISD4_bit;

//Configuramos la interrupci�n
void interrupt()
{
        if(INTCON.TMR0IF)//Comprueba el flag de interrupci�n del timer est�
ejecutada(Por eso se iguala a 1)
        {
                INTCON.TMR0IF = 0;//Deshabilita el flag interrupci�n
                TMR0L = 9286;//baja
                  TMR0H = (9286>>8);//Parte alta
                ADCON0.b2 = 1;//Activa conversi�n(de anal�gico a digital)
        }

        if(PIR1.ADIF){
                aux=ADRESL;
                aux=aux+(ADRESH <<8);
                alfa= aux*((2.83*(10^-4));
                cos = (aux- 1.48)/(0.29);
                angulo = acos(cos);
                angulofinal = angulo*(180/3.14);
                floatToStr(angulofinal,txt);//Convertir para que se muestre
en LCD
                Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
                LCD_out(1,1,txt);//Lo muestra
                PIR.ADIF=0;
        }

}

void main() {
                   TRISE.B1=1;//Se activa como entrada el bit 1 del E
```

```
     ADCON1=0xC0;//Registro ADCON
     ADCON0=0x71;//Registro ADCON
     LCD_init();//Inicia el LCD
     T0CON=0x85;//Configurar timer0
     INTCON.TMR0IF = 0;//Deshabilita el flag interrupci�n
     INTCON.TMR0IE = 1;//Habilita la interrupci�n.
     PIR1.ADIF = 0;//Deshabilito el flag de la conversi�n
     PIE1.ADIE = 1;//Habilito la conversi�n
    ADRESL=0;
    ADRESH=0;
     INTCON.PEIE = 1;//Es de tipo core
     INTCON.GIE = 1;//Se habilita las interrupciones


     while(1);

}
```