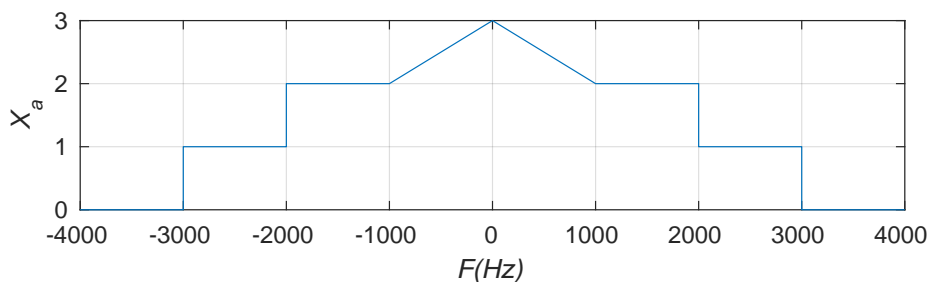


# Processament Digital del Senyal

## Prova Final. 15 de gener de 2018

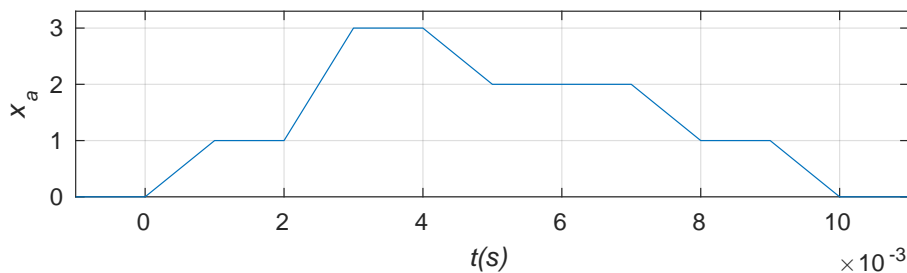
Temps per a la resolució: 3 hores. Publicació de resultats: 30 de gener.

- (5 punts) Disposeu d'un sensor de temperatura amb una sensibilitat de  $10\text{mV}/^\circ\text{C}$  i una tensió de sortida de  $0\text{V}$  a  $0^\circ\text{C}$  (<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>). Voleu mesurar un rang de temperatura de  $0$  a  $100^\circ\text{C}$ . Useu 8 bits del convertidor A/D de l'Arduino UNO, amb una tensió de referència de  $3.3\text{V}$ .
  - Quina serà la resolució en temperatura que tindreu?
  - Com ho faríeu per tenir una resolució d'exactament  $1^\circ\text{C}$ ?
- (6 punts) Considereu el sistema definit per
 
$$y(n) = 0.3y(n-1) + 0.1y(n-2) + x(n) - 3.5x(n-1) + 1.5x(n-2).$$
 Estudieu la seva estabilitat. Implementeu el sistema, usant la forma directa I o II, minimitzant el hardware necessari.
- (7 punts) Considereu el sistema definit per  $H(z) = \frac{1-3z^{-1}}{1-0.5z^{-1}}$ .
  - Calculeu la resposta  $h(n)$  a l'impuls  $\delta(n)$ .
  - Calculeu la resposta  $y(n)$  al graó  $u(n)$ .
  - Representeu  $h(n)$  i  $y(n)$  per  $0 \leq n \leq 3$ .
- (6 punts) Considereu un senyal  $x_a(t)$  amb la transformada de Fourier  $X_a(F)$



Mostrejant el senyal  $x_a(t)$  a una freqüència de mostreig  $F_s = 4\text{kHz}$  obteniu el senyal  $x(n)$ .

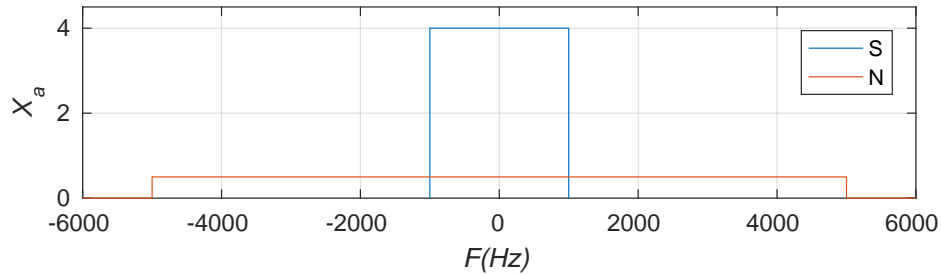
- Quina serà la transformada de Fourier contínua del senyal  $x(n)$ ?
  - Quin és el tros de l'espectre que està lliure d'*aliasing*?
5. (6 punts) El següent senyal  $x_a(t)$



és mostrejat a  $F_s$  durant un temps  $t_{obs}$  per obtenir el senyal  $x(n)$ . Feu un esborrany de la seva DFT donant el màxim d'informació possible per als següents valors d' $F_s$  i  $t_{obs}$ .

- a)  $F_s = 1$  kHz i  $t_{obs} = 10$  ms.
- b)  $F_s = 1$  kHz i  $t_{obs} = 100$  ms.
- c)  $F_s = 10$  kHz i  $t_{obs} = 10$  ms.

6. (6 punts) Considereu  $x_a(t)$ , un senyal amb soroll, amb la transformada de Fourier  $X_a(F)$

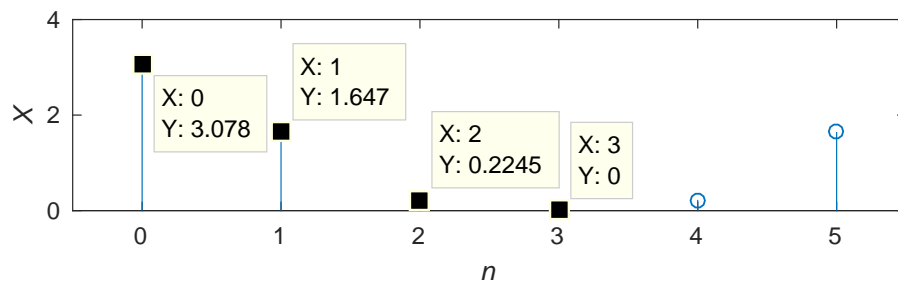


on el senyal  $S$  té un nivell de 4 entre  $-1$  kHz i  $1$  kHz i el soroll  $N$  té un nivell de 0.5 entre  $-5$  kHz i  $5$  kHz.

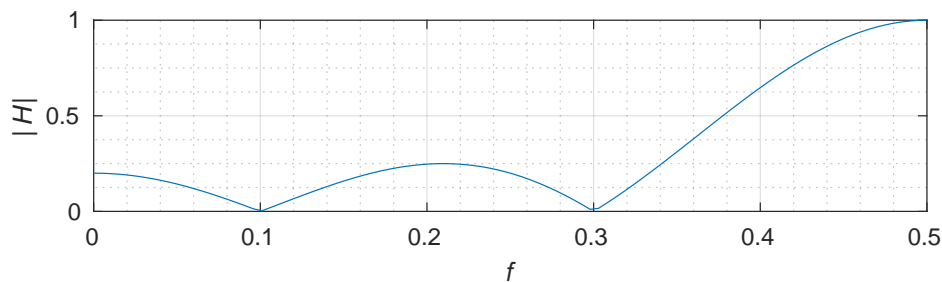
L'objectiu és comparar la relació senyal soroll  $SNR_{dB}$  del senyal  $x_a(t)$  amb la  $SNR_{dB}$  del senyal  $x(n)$ , que és el senyal  $x_a(t)$  mostrejat a la freqüència  $F_s$ . Calculeu la  $SNR_{dB}$

- a) d' $x_a(t)$ .
- b) d' $x(n)$  mostrejat a  $F_s = 20$  kHz.
- c) d' $x(n)$  mostrejat a  $F_s = 2$  kHz.

7. (4 punts) Considereu un senyal  $x(n)$  amb la següent DFT  $X(n)$ .



El senyal  $x(n)$  constitueix l'entrada del filtre  $H(z)$  amb la següent resposta en freqüència.



y el senyal  $y(n)$  és la sortida d'aquest filtre. Quina serà la DFT del senyal  $y(n)$ ?

8. (5 punts) Dissenyeu un filtre banda-eliminada  $H_{BE}(z)$  que elimini la freqüència  $F_a = 3$  kHz d'un senyal amb una amplada de banda  $B = 12$  kHz. Escolliu una freqüència de mostreig  $F_s = 24$  kHz. Representeu gràficament la resposta en freqüència del filtre calculant amb exactitud el seu valor a intervals de 3 kHz.
9. (4 punts) Considereu el senyal
 
$$x_a(t) = (1 + 2 \cos(2\pi 3000t) + 3 \cos(2\pi 6000t) + 4 \cos(2\pi 12000t))u(t)$$
 mostrejat usant  $F_s = 24$  kHz amb un convertidor A/D ideal, seguit del filtre  $H_{BE}(z)$  de l'exercici anterior i finalment un convertidor D/A ideal per tal d'obtenir la sortida  $y_a(t)$ . Quin seria el senyal  $y_a(t)$  en RPS?
10. (6 punts) Considereu un senyal analògic  $x_a(t)$  amb una amplada de banda  $B = 9$  kHz que ha patit una modulació d'amplitud en banda lateral superior (AM-USB) amb una portadora  $F_c = 120$  kHz. Considereu la desmodulació directa d'aquest senyal usant submostratge.
  - a) Determineu totes les possibles freqüències de mostreig  $F_s$  que podríeu usar.
  - b) Considereu la implementació de la conversió directa amb un microcontrolador (ATmega328P de l'Arduino Uno) que mostreja cada cop que s'activa la interrupció del TMR0 (8bits). Si el microcontrolador usa  $F_{clk} = 16$  MHz, amb quins valors configurariéu (si es possible) el TMR0 per a cadascuna de les  $F_s$  anteriors?
  - c) De totes les  $F_s$  anteriors quina/quines usaríeu si existís un senyal interferent a  $F_i = 15$  kHz?