



# Processament Digital del Senyal

## Prova Final. 14 de gener de 2019

Temps per a la resolució: 3 hores. Publicació de resultats: 31 de gener.

1. (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 la temperatura d'una màquina amb un cycle de treball de 4 minuts, un rang de temperatura de  $70^\circ\text{C}$  a  $125^\circ\text{C}$ , i una forma d'ona entre sinusoidal i triangular. Disposeu del convertidor A/D de l'Arduino UNO.

Feu una descripció detallada del sistema necessari per tal d'enregistrar la temperatura amb la màxima resolució i minimitzant el soroll, la pèrdua d'informació i els recursos consumits per l'Arduino. Podeu considerar l'ús de circuiteria analògica.

2. (5 punts) Un equip d'enginyers vol mesurar la velocitat de gir d'una roda vertical, com la d'una bicicleta, col·locant en el seu perímetre, a  $5 \text{ cm}$  de l'eix, un acceleròmetre analògic que mesura l'acceleració en la direcció del radi. La roda gira a  $50 \text{ rpm}$ , de manera que es pot ignorar l'acceleració centrífuga i considerar que només es mesura la component de l'acceleració de la gravetat. Fins ara l'equip d'enginyers ha estudiat el senyal entregat per l'acceleròmetre (el com no és important) i ha constatat que el senyal d'interès té un nombre d'harmònics tal que convé mostrejar a  $F_s = 11 \text{ Hz}$ , ha observat que apareix una interferència sinusoidal de  $50 \text{ Hz}$  i soroll blanc que han decidit filtrat amb un filtre passabaix d'ordre quatre amb freqüència de tall  $F_c = 550 \text{ Hz}$ . El senyal de l'acceleròmetre mostrat en aquestes condicions no reproduïx correctament el senyal d'interès, i a més presenta una relació senyal soroll molt baixa.

Comenteu detalladament quins inconvenients té el disseny i com els resoldríeu. En quants dB podríeu millorar la relació senyal soroll?

3. (5 punts) Considereu el sistema definit per  $H(z) = \frac{1-z^{-2}}{1+0.25z^{-1}}$ .
  - a) Calculeu la resposta  $h(n)$  a l'impuls  $\delta(n)$ .
  - b) Calculeu la resposta  $y_1(n)$  al graó  $u(n)$ .
  - c) Calculeu la resposta  $y_2(n)$  a la rampa  $nu(n)$ , amb transformada  $\frac{z^{-1}}{(1-z^{-1})^2}$ .
  - d) Calculeu els primers termes de la convolució entre  $h(n)$  i  $u(n)$  i comproveu que coincideixen amb  $y_1(n)$ .

4. (5 punts) Dissenyeu un filtre de banda eliminada normalitzat  $H_{BE}(z)$ , amb dos pols de modul  $0.9$ , que elimini la freqüència  $F_a = 3 \text{ kHz}$  d'un senyal amb una amplada de banda  $B = 12 \text{ kHz}$ . Escolliu una freqüència de mostreig  $F_s = 24 \text{ kHz}$ .

Considereu el senyal

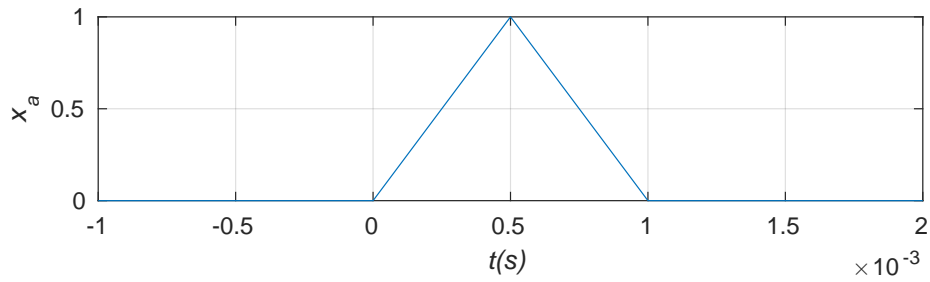
$$x_a(t) = (1 + 2 \cos(2\pi 2000t) + 3 \cos(2\pi 3000t) + 4 \cos(2\pi 6000t)) u(t)$$

mostrejat amb un convertidor A/D ideal, seguit del filtre  $H_{BE}(z)$  i finalment un convertidor D/A ideal per tal d'obtenir la sortida  $y_a(t)$ .

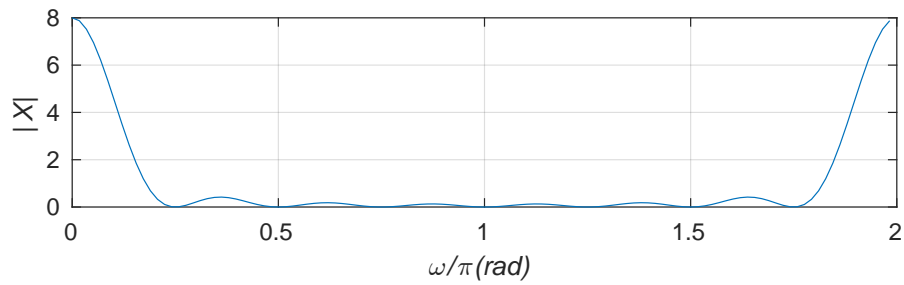
Quin seria el senyal  $y_a(t)$  en RPS si es mostra a  $F_{s1} = 24 \text{ kHz}$  ?

Quin seria el senyal  $y_a(t)$  en RPS si es mostra a  $F_{s1} = 48 \text{ kHz}$  ?

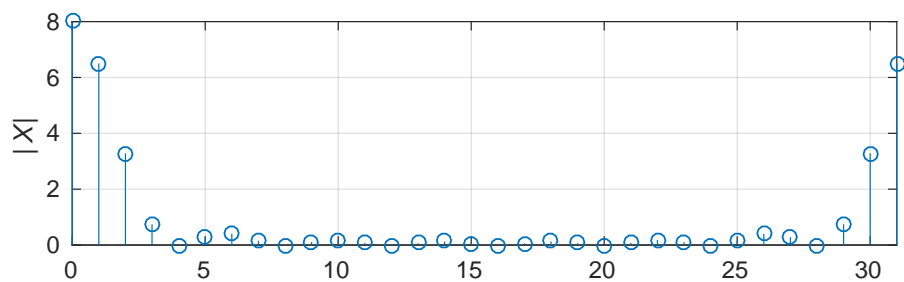
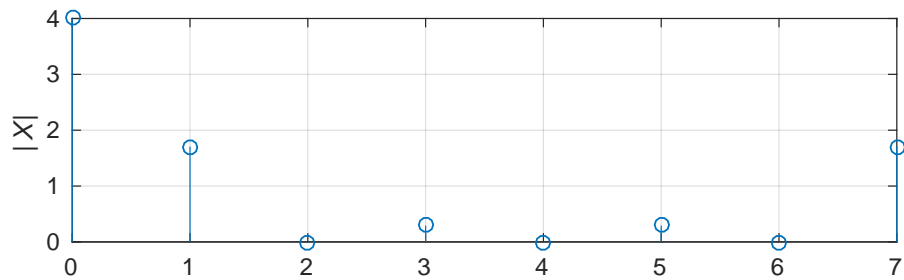
5. (5 punts) El següent senyal  $x_a(t)$



mostrejat a  $F_s = 16$  kHz dóna lloc al senyal  $x(n)$  amb una transformada de Fourier  $X(\omega)$  periòdica de període  $2\pi$  amb el següent mòdul.



a) Quina freqüència de mostreig  $F_s$  i durant quant temps  $t_{obs}$  s'ha mostrejat el senyal  $x_a(t)$  per obtenir el senyal  $x(n)$  que dóna lloc a cadascuna de les següents DFT  $X(n)$ . Justifiqueu la resposta.



- b) Quina seria la sèrie de Fourier del senyal  $x_1(n)$  obtingut a partir del senyal  $x_a(t)$  repetit cada 1 ms i mostrejat a  $F_s = 16$  kHz durant 1 ms?
- c) Quina seria la sèrie de Fourier del senyal  $x_2(n)$  obtingut a partir del senyal  $x_a(t)$  repetit cada 2 ms i mostrejat a  $F_s = 16$  kHz durant 2 ms?