

Problema resolt del tema 7: Processat analògic del senyal. AO**PR_T7:**

Tenim un micròfon que pretén mesurar el so dels ocells a la naturalesa. Aquest sensor ens dona a la sortida senyals elèctrics sinusoidals (corresponents als sons; realment és una suma d'aquests senyals sinusoidals), en un rang màxim de 0V fins a +5 mV.

- a) Dissenyeu una etapa de processat del senyal de sortida del sensor, de forma que tinguem senyals elèctrics en el rang de -5V fins a 5V.
- b) Ens hem adonat que el que mesurem conté un alt nivell de soroll ambient. La raó és que els senyals corresponents als ocells són molt petits en comparació amb l'ambient. Una forma de reduir aquest soroll consisteix en restringir el rang de freqüències a les freqüències esperades pel cant del ocells. Aquest rang l'hem fixat entre 0 Hz i 20 kHz. Dissenyeu un filtre que elimini les freqüències no corresponents a aquest rang i que mantingui el mateix rang de tensió de l'apartat a).
- c) Hi ha un ocell (l'*electronicus informaticus*) molt perillós que emet un so molt característic. Conté un component de senyal sinusoidal amb una freqüència de 5.6 kHz. De les mesures amb el sistema anterior, hem vist que l'amplitud d'aquest senyal sol ser entre 0.1V i 0.5V. Penseu en un sistema d'alarma que avisés quan el nostre aparell ha captat aquest so tant característic.

Resolució:

- a) **Dissenyeu una etapa de processat del senyal de sortida del sensor, de forma que tinguem senyals elèctrics en el rang de -5V fins a 5V.**

El primer que hem de fer és trobar les operacions matemàtiques que ens passin el rang de 0 – 5 mV, al rang de -5V - +5V. Veiem que una multiplicació únicament no és suficient. Però és evident que amb una multiplicació i una resta seran suficients.

La multiplicació ha de portar la diferència del primer rang (és a dir $5\text{mV} - 0\text{V} = 5\text{ mV}$) a la diferència del segon rang (és a dir $+5\text{V} - (-5\text{V}) = 10\text{V}$). Per tant, això serà una factor 2000:

$$\text{factor d'amplificació} = \frac{10\text{V}}{5\text{mV}} = 2000$$

Ara només hem de portar els valors obtinguts amb aquesta amplificació al rang -5V fins a 5V. Veiem que multiplicar per 2000 el primer rang obtindríem el rang: 0V fins a 10V. Per tant, per obtenir el rang desitjat només hem de restar 5V. Hi ha altres opcions. Per exemple, primer podem amplificar per -2000, i com a segona etapa hauríem de sumar 5V.

En definitiva, necessitem una etapa d'amplificació seguida d'una altre etapa de resta. Això es pot aconseguir de diverses formes. Nosaltres farem la segona d'aquestes implementacions. Primer agafarem dos amplificadors inversor per obtenir una amplificació total de +2000. (Agafem dos amplificadors per què si agaféssim només un, la relació de les resistències de l'amplificador seria massa alta, i això sol portar problemes). Per exemple, podem utilitzar guanys de 50 i 40 pels dos amplificadors (guany total = $(-50) \cdot (-40) = 2000$). Per aquest amplificador, això vol dir agafar:

$$\text{Amplificador 1: } \frac{R_2}{R_1} = 50$$

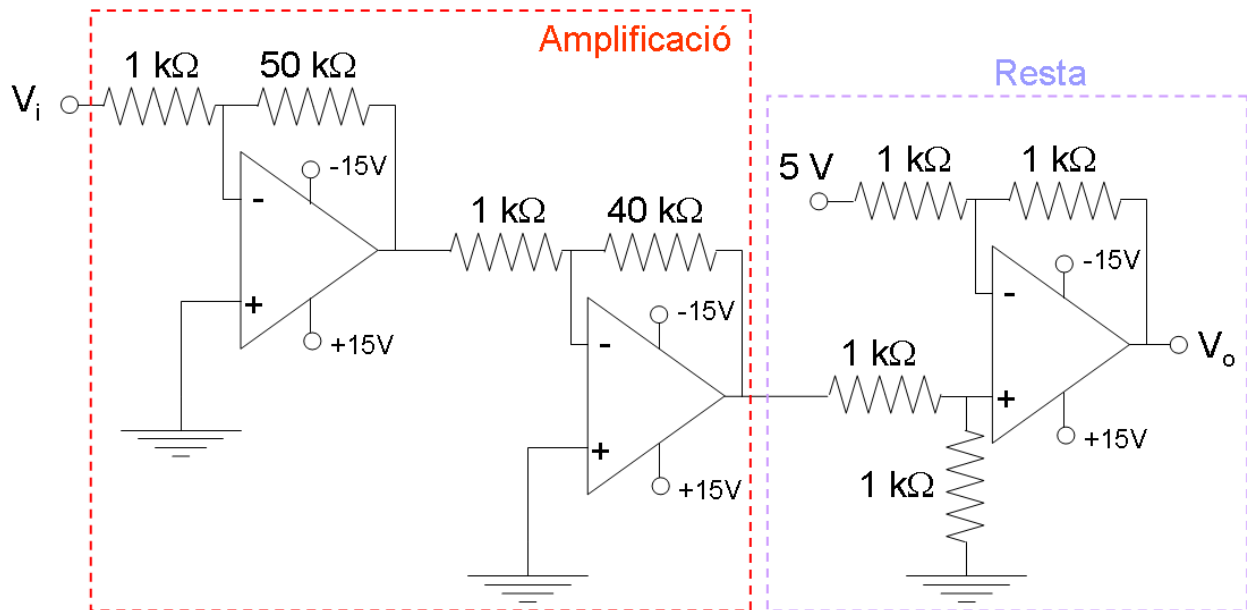
$$\text{Amplificador 2: } \frac{R_4}{R_3} = 40$$

Per exemple, podem agafar $R_1 = R_3 = 1\text{ k}\Omega$, $R_2 = 50\text{ k}\Omega$ i $R_4 = 40\text{ k}\Omega$.

Respecte l'alimentació dels amplificadors, ens hem de fixar que a la sortida del segon amplificador podrem tenir valors de fins 10V. Per tant, l'alimentació ha de ser com a mínim de 10V. Per curar-nos en salut, agafarem una alimentació de 15V.

Ara només manca l'etapa de resta. I per això agafem el bloc de processament analògic corresponent. Agafarem totes les resistències iguals (per exemple $1\text{ k}\Omega$) i posarem com a font de tensió per la resta una tensió de 5V.

Resumint, el circuit de processat analògic del senyal quedarà com:



- b) Ens hem adonat que el que mesurem conté un alt nivell de soroll ambiental. La raó és que els senyals corresponents als ocells són molt petits en comparació amb l'ambient. Una forma de reduir aquest soroll consisteix en restringir el rang de freqüències a les freqüències esperades pel cant del ocells. Aquest rang l'hem fixat entre 0 Hz i 20 kHz. Dissenyu un filtre que elimini les freqüències no corresponents a aquest rang i que mantingui el mateix rang de tensió de l'apartat a).

Clarament hem de aplicar un filtre passa-baixos, de tal forma que a la sortida només pugui haver contribució del senyals sinusoidals amb freqüències baixes (de 0 fins a 20 kHz), i eliminem a la sortida qualsevol component sinusoidal de freqüència major. Encara que, a més, es podria aplicar un guany d'amplitud, ens demanen en aquest apartat que es mantingui el mateix rang de tensió. Per tant, agafarem R_2 molt menor que R_1 .

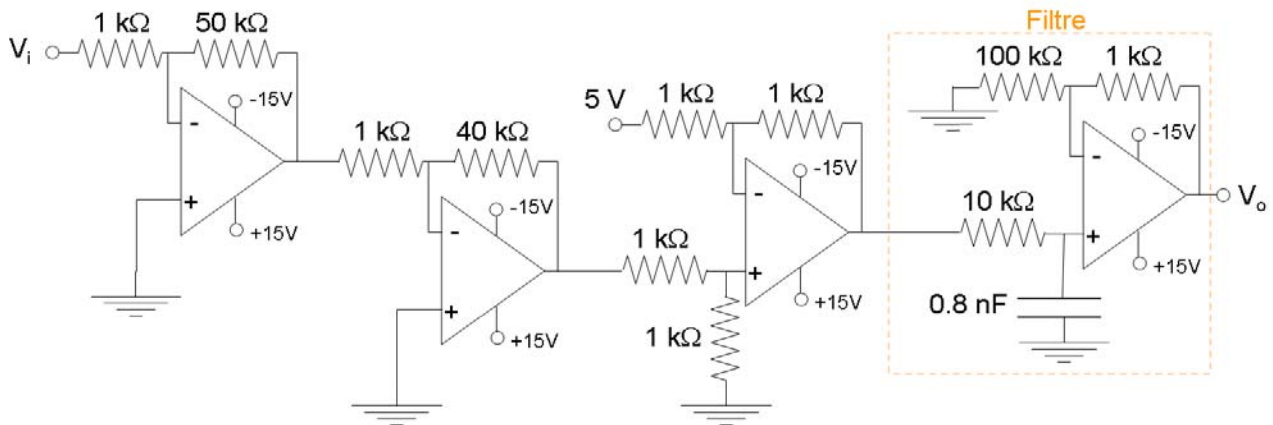
Per tant, el més senzill consistiria en agafar un filtre passa-baixos de primer ordre (ja vist a classe) i amb guany 1. Agafem la cel·la de Sallen & Key corresponent. L'agafarem de tal forma que la freqüència de tall estigui als 20 kHz. Per tant:

$$\omega_c = 2 \cdot \pi \cdot f_c = 125.66 \text{ krad/s} = \frac{1}{R \cdot C}$$

Per tant, si agafem una resistència de 10kΩ, necessitarem una capacitat de:

$$C = \frac{1}{R \cdot 125.66 \text{ krad/s}} \cong 0.8 \text{ nF}$$

Per tant, el circuit total ens quedaria ara com:



- c) **Hi ha un ocell (l'electronicus informaticus) molt perillós que emet un so molt característic. Conté un component de senyal sinusoidal amb una freqüència de 5.6 kHz. De les mesures amb el sistema anterior, hem vist que l'amplitud d'aquest senyal sol ser entre 0.1V i 0.5V. Penseu en un sistema d'alarma que avisés quan el nostre aparell ha captat aquest so tant característic.**

Com sempre, poden haver moltes formes de realitzar aquest sistema. Nosaltres farem una d'aquestes possibilitats.

En primer lloc, sembla lògic haver d'obtenir, d'alguna forma, només el senyal sinusoidal a la freqüència de 5.6 kHz. Encara que és molt difícil agafar només aquesta sinusoidal, una forma de fer-ho es aplicar un filtre passa-banda que, encara que agafi una sèrie de freqüències (no una sola), és una operació similar. Això s'aconsegueix fàcilment amb la combinació en sèrie enter un filtre passa-alts i un altre passa-baixos. Nosaltres farem la solució més senzilla d'agafar cel·les de Sallen & Key d'ordre 1 (tot i que per millorar el sistema hauríem d'agafar ordres majors).

Per no complicar massa la solució, agafarem les freqüències de tall dels dos filtres a la mateixa freqüència de 5.6 kHz. Per la freqüència de tall, el guany es redueix per $1/2^{0.5}$. Per tant, després de travessar els dos filtres, l'amplitud per aquesta freqüència es reduirà en un factor $(1/2^{0.5}) \cdot (1/2^{0.5}) = 0.5$. Si agafem una resistència de 1 kΩ, el valor de C serà per tots dos casos:

$$w_c = 2 \cdot \pi \cdot f_c = \frac{1}{R \cdot C} \Rightarrow C = \frac{1}{R \cdot 2 \cdot \pi \cdot 5.6 \cdot 10^3} = 28.4 \text{ nF}$$

Podem fer ús també de l'amplificació de les cel·les per tal d'obtenir un senyal més gran que el real. Com que el màxim esperat es de 0.5 V, podem fer, per exemple, que s'amplifiqui un factor 9, fins a un màxim de 4.5 d'amplitud. I afegint un factor addicional per compensar els 0.5 anteriors, farem una multiplicació total de $9 \cdot 2 = 18$. Farem una etapa amb guany 6 i altre amb 3.

Una vegada tenim una sortida amb la sinusoidal desitjada, el que podem fer ara és utilitzar el sistema d'alarma senzill (utilitzant un comparador amb un AO) que s'ha vist a una de les pràctiques (utilitzant leds). Però per això, primer hem d'obtenir un senyal continu a partir d'aquest sinusoidal. I això ho podem fer amb els rectificadores fets amb díodes.

La tensió d'alarma la podem calcular com el valor d'amplitud mínim del senyal, multiplicat per tots els guanys. És a dir: $0.1 \text{ V} \cdot 0.5 \cdot 18 = 0.9 \text{ V}$

Per tant, el sistema total podria quedar tal com això:

