

Sessió 3

Caracterització d'un circuit RC amb NI Elvis

1. INTRODUCCIÓ

Com es va veure a la sessió anterior és fonamental conèixer el nostre analit o element a detectar i/o quantificar. Existeixen diversos models elèctrics que simulen el comportament d'un element biològic, el model que utilitzarem en aquestes pràctiques és el circuit de Randles, que estudia la interacció elèctrode-electròlit. El primer pas és estudiar la caracterització la cel·la electroquímica.

En la sessió anterior es va estudiar el comportament d'una cel·la electroquímica amb el programa de simulació LTSpice. En aquesta sessió es pretén aprofundir més en la caracterització de circuits fent l'anàlisi d'un circuit RC amb l'eina de simulació ELVISmx (software) juntament amb el sistema de prototipatge MyDaq (hardware).

Els filtres RC són circuits lineals i passius que ens permeten obtenir únicament una banda de freqüències desitjada. Un circuit amb comportament lineal implica que per a un voltatge d'entrada sinusoïdal amb una freqüència f , hi haurà un voltatge de sortida sinusoïdal amb la mateixa freqüència f . Per altra banda, un circuit passiu només requereix components electrònics passius, com són resistències i condensadors.

En funció de la resposta en freqüència del filtre podem distingir 4 tipus de filtre:

- **Filtre passa baixos:** Manté el senyal a freqüències menors que la freqüència de tall, mentre que atenua el senyal per a freqüències més grans a la de tall.
- **Filtre passa alts:** Manté el senyal de les freqüències per sobre de la freqüència de tall, mentre que atenua les que estiguin per sota.
- **Filtre passa banda:** Per aquest filtre existeixen 2 freqüències de tall, una superior i una altra inferior. Només permet el pas de la banda de freqüències entre les esmentades.
- **Filtre elimina banda:** De la mateixa manera, existeixen 2 freqüències de tall. Per contra, atenua el senyal que es troba entre aquestes freqüències.

D'altra banda, es defineix com a freqüència de tall aquella freqüència per a la qual el guany en voltatge del filtre cau d'1 a 0.707 (expressat en decibels, es diria que el guany o atenuació per a aquesta freqüència és de 3 dB partint del guany inicial de 0 dB). També es pot definir com la freqüència a la qual la potència del circuit cau a la meitat.

És important destacar que es parla d'atenuació, pel fet que aquests filtres no són ideals. Per exemple, per a un filtre passa baixos, el cas ideal seria que les freqüències superiors a la freqüència de tall siguin totalment eliminades.

Tal com es va veure a teoria, aplicant la llei d'Ohm al voltatge d'entrada i sortida, s'obté que la freqüència de tall per a un filtre RC segueix la següent expressió matemàtica:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (1)$$

D'altra banda, és important saber que els filtres no només afecten l'amplitud del senyal, sinó també a la seva fase. El desfasament entre la tensió d'entrada i de sortida, dependrà també dels components passius.

Podem extrapolar la definició prèvia de freqüència de tall a termes de fase. Es pot definir la freqüència de tall com la freqüència en la qual el desfasament entre el senyal d'entrada i sortida és de 45°.

Ara bé, com es representa el guany en amplitud i fase per a un determinat circuit? Mitjançant el **diagrama de Bode**. Aquest representa el mòdul (en dB, escala logarítmica) i la fase del senyal en funció de la freqüència, constituint una eina fonamental per a l'anàlisi de circuits en electrònica.

Per a això, es farà servir l'eina de ELVISmx (software) juntament amb el MyDaq (hardware), tots dos de National Instruments. La combinació d'ambdós elements permet dur a terme un ampli ventall de tasques. MyDaq pot realitzar la funció de multímetre digital, generador de funcions, oscil·loscopi, analitzador de Bode, analitzador de senyals dinàmiques, entre d'altres. Com a tal, en aquesta pràctica únicament es farà servir la funció de multímetre i analitzador de Bode.

2. OBJECTIUS

- Estudiar el comportament del filtre RC en funció dels components emprats.
- Aprendre a dissenyar filtres RC.
- Familiaritzar-se amb el diagrama de Bode; reconèixer els seus elements bàsics.
- Conèixer i utilitzar algunes prestacions del NI MyDaq.

3. MATERIAL NECESSARI

- NI MyDAQ
 - o Connector USB.
 - o Bananes vermella i negra.
- Placa de proves.
- Resistència de 1 kΩ.
- Capacitat de 0.1μF.
- Conjunt de cables pont.
- Software NI ELVISmx.

4. ACTIVITAT PRÈVIA

En aquesta sessió, utilitzareu una placa de proves com a primer pas per a realitzar la caracterització d'un circuit.

Com a exercici previ abans d'anar al laboratori heu de llegir el document anomenat Instrumentació de laboratori disponible al Campus Virtual amb l'objectiu

de familiaritzar-vos amb aquestes eines fonamentals en la vostra tasca a l'assignatura.

Llegiu aquest guió així com el document d'Instrumentació de laboratori i realitzeu de forma individual el test disponible a la sessió corresponent del Campus Virtual.

5. TREBALL DE LABORATORI

A) Multímetre

A.1) Mesurar resistències

Com s'ha parlat anteriorment, l'objectiu d'aquesta pràctica és caracteritzar una sèrie de filtres. Per a això, és necessari utilitzar resistències i/o condensadors de diferents valors. La funció de multímetre de MyDaq és útil per assegurar-se que el valor de la resistència triada. Desafortunadament, MyDaq no compta amb la funció de capacímetre, de manera que únicament es mesuraran resistències, encara que és possible obtenir el seu valor experimentalment a partir del valor de la resistència i la freqüència de tall. Es començarà per la resistència de $1k\Omega$.

1. Connecta el dispositiu MyDaq a l'ordinador mitjançant el cable USB.
2. Obre el NI ELVISmx Instrument Launcher. S'obrirà una finestra com la mostrada a continuació.



Figura 1. Menú del NI ELVISmx Instrument Launcher.

3. Selecciona l'opció de multímetre digital (DMM). S'obrirà una finestra com la mostrada a continuació:

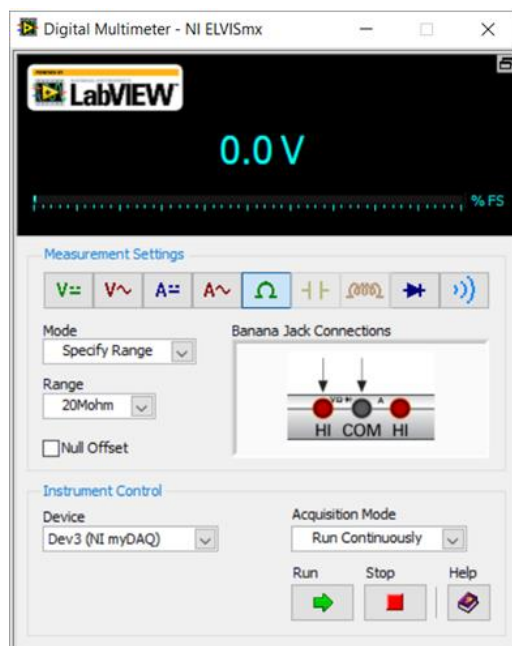


Figura 2. Menú del Multímetre Digital (DMM).

4. A continuació s'indica pas a pas com configurar els paràmetres del multímetre.
 - Comença seleccionant la magnitud que vols mesurar. Podràs distingir-la fàcilment pel seu símbol. Com podem veure a la Figura 2, el mateix programa indica com hem de connectar la banana vermella i negra al MyDAQ per realitzar la mesura.
 - En *Mode*, selecciona automàtic i en *Range*, selecciona un rang de mesures coherent amb la resistència a mesurar, de manera que també puguis veure el seu error. També pots seleccionar el mode *Auto*.
 - En *Device*, assegurat que el dispositiu NI MyDAQ estigui seleccionat.
 - En *Acquisition Mode*, selecciona *Run continuously*.
 - Un cop configurat, prem *Run* per activar el dispositiu.
5. Realitza la mesura i anota el valor obtingut. Recorda que per mesurar resistències han d'estar aïllades, no s'ha d'aplicar tensió ni corrent.

A.2) Mesurar voltatges

1. Selecciona el mesurador de voltatge o voltímetre.

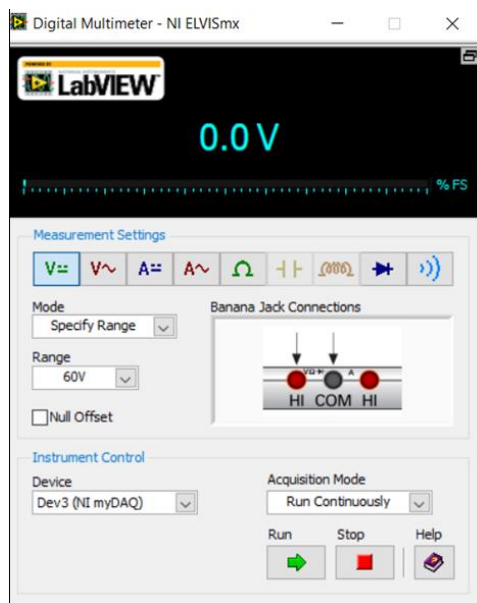


Figura 3. Menú del Multímetre Digital (DMM). Mesurador de voltatge seleccionat.

2. Munta el circuit un divisor de tensió amb dues resistències iguals de $1\text{k}\Omega$. Abans de muntar el circuit mesura el valor real d'aquestes resistències. *Calcula també la tensió de sortida, així com el corrent que circula pel divisor.*
En aquest cas es farà servir la font de tensió DC de +15V del MyDAQ, usant com a referència AGND.

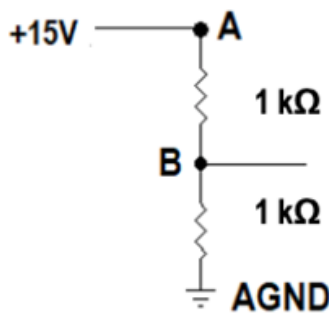


Figura 4. Circuit emprat per mesurar el voltatge.

3. Configura els paràmetres del multímetre:
 - En el cas que no estigués seleccionada, fes clic a la pestanya de voltatge en DC. El mateix programa ens indica com hem de connectar la banana vermella i negra al MyDAQ per realitzar la mesura.
 - Selecciona *Specify Range* i estableix un rang de voltatges coherent amb la mesura. Per l'exemple mostrat, es van especificar 20V.
 - En *Device*, assegura't que el dispositiu NI MyDAQ estigui seleccionat.
 - En *Acquisition Mode*, selecciona *Run continuously*.
 - Un cop configurat, prem *Run* per activar el dispositiu.

4. Realitza la mesura de la tensió d'entrada i de sortida. Recorda que per mesurar tensions s'han de col·locar les sondes en paral·lel, es a dir una sonda al punt de mesura i l'altra a GND.

A.3) Mesurar corrents

A diferència de voltímetre, a l'hora de mesurar corrents l'amperímetre **ha de formar part del circuit**, com si fos un element més. Per això, tal com es mostra a continuació, es connectarà l'amperímetre en sèrie amb la primera resistència (banana vermella al port de + 15V, banana negra a la pota de la primera resistència). El valor de les resistències és el mateix emprat en la mesura de voltatge, $1\text{k}\Omega$.

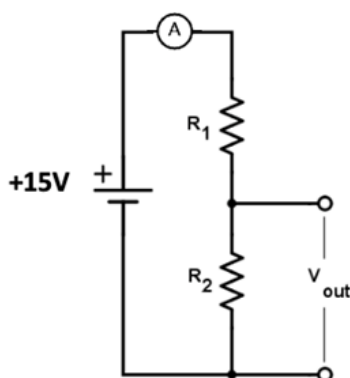


Figura 5. Circuit emprat per mesurar el corrent.

1. Munta el circuit.
2. Configura els paràmetres del multímetre:
 - En el cas que no estigüés seleccionada, fes clic a la pestanya de l'amperímetre en DC. El propi programa ens indica com hem de connectar la banana vermella i negra al MyDaq per realitzar la mesura.
 - Selecciona Specify Range i estableix un rang de voltatges coherent amb la mesura.
 - En Device, assegura't que el dispositiu NI MyDaq estigui seleccionat.
 - En Acquisition Mode, selecciona Run Continuously.
 - Un cop configurat, prem Run per activar el dispositiu.
3. Realitza la mesura del corrent.

B) Generador de funcions i oscil·loscopi

L'objectiu d'aquest apartat és generar una sèrie de senyals de la mateixa amplitud i diferent freqüència i aplicar-los a filtre passa baixos mitjançant el Generador de Funcions (FGEN) que inclou el software ELVISmx, per a posteriorment mesurar el senyal de sortida del filtre amb l'oscil·loscopi (Scope) del mateix software. Es compararan el senyal d'entrada amb el de sortida per observar el comportament del filtre per a diferents freqüències.

Primer de tot, munta el circuit de la Figura 6. Fixat bé en les connexions d'entrada i de sortida.

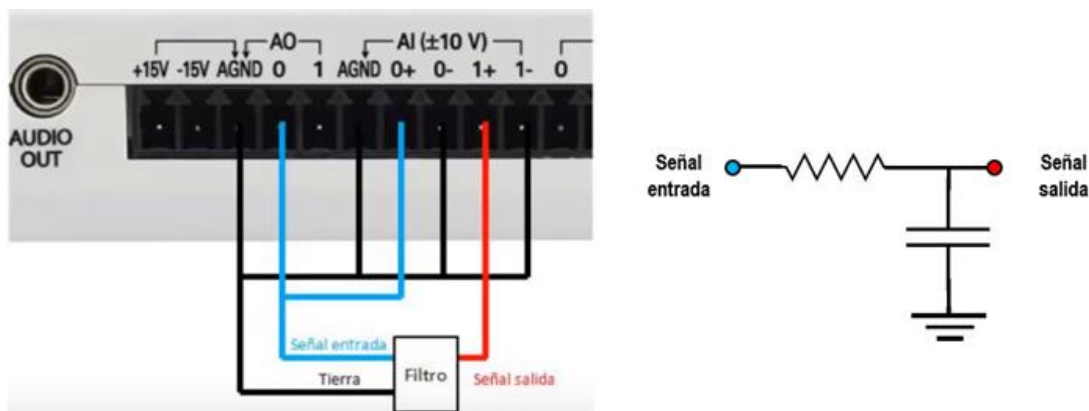


Figura 6. A la esquerra, connexions entre el filtre i la MyDaq. A la dreta, el filtre.

Obre el NI ELVISmx Instrument Launcher i selecciona l'opció generador de funcions (FGEN). Un cop dins del generador de funcions del ELVISmx, podrem veure una interfície com la de la Figura 7.

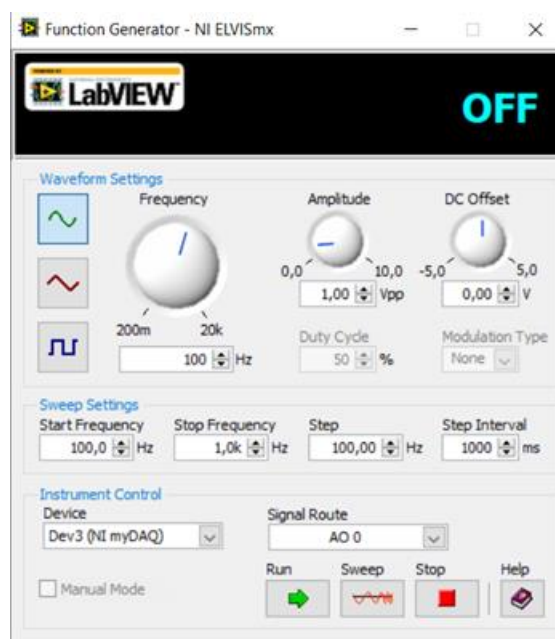


Figura 7. Interfície gràfica del Generador de Funcions de ELVISmx.

Per ara no ens interessa l'opció d'escombrat de freqüència (*Sweep Settings*), de manera que únicament ens centrarem en les opcions d'ona (*Waveform Settings*). Aquestes opcions ens permeten:

- Ajustar la freqüència del senyal d'entrada entre els 200mHz als 20kHz.
- Establir l'amplitud del senyal entre 0 i 10V (pic-pic).
- Modificar la forma de l'ona.

Abans de generar el senyal, comproven que el port de sortida del senyal sigui A0 (Output del MyDaq). Un cop fetes aquestes comprovacions, seleccionar *Run* per generar

el senyal d'entrada al filtre. Per poder mesurar el senyal de sortida, requerirem l'oscil·loscopi (*Scope*), el qual pot ser obert mentre el senyal està sent generat.

L'oscil·loscopi ens permetrà observar el senyal d'entrada i de sortida del filtre, comparant la resposta del filtre en funció de la freqüència utilitzada.

Selecciona l'opció *Scope* al menú de ELVISmx. Podreu veure la següent interfície gràfica:

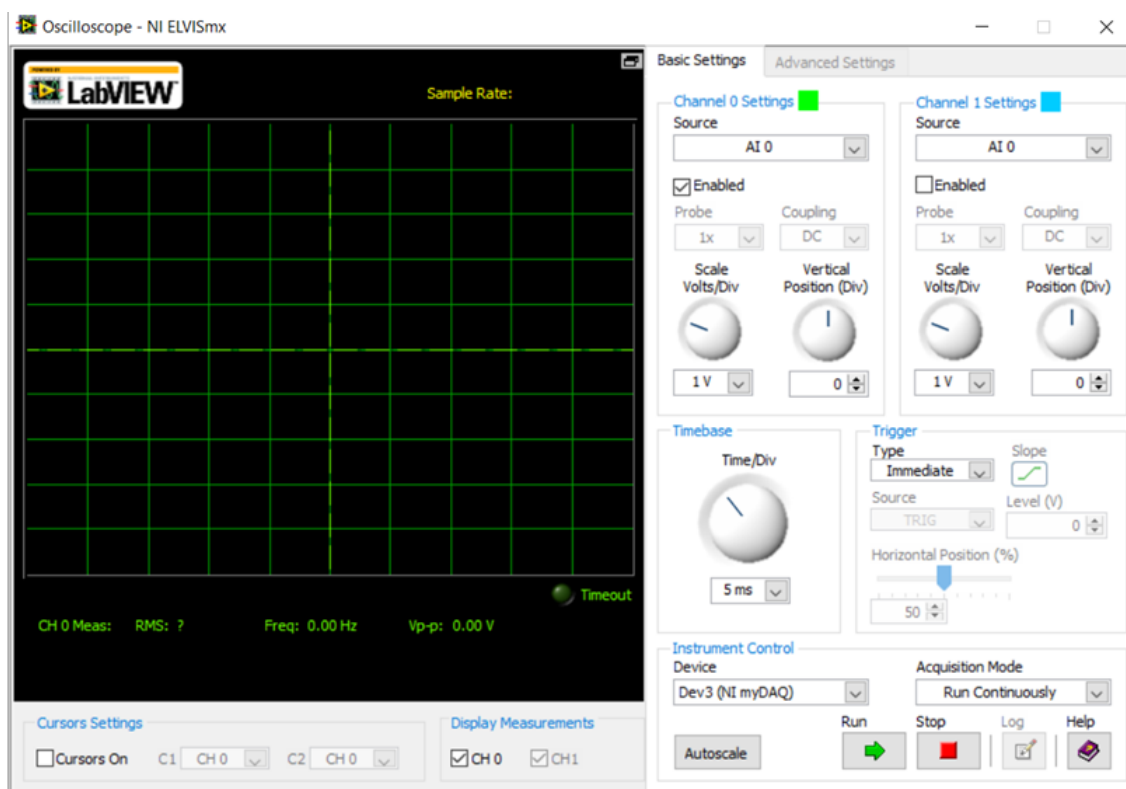


Figura 8. Interfície gràfica de l'oscil·loscopi.

Seleccioneu que el senyal d'entrada del filtre sigui AI0 i el de sortida AI1. També hem de comprovar que tots dos estiguin activats (Enabled). Quan veiem el senyal, podem establir-la i la seva posició vertical acord als nostres interessos amb el botó *Vertical Position*.

A més, podem ajustar l'escala de temps (Time/Div) i d'amplitud (Scale Volts/Div) per veure el senyal correctament. Finalment seleccionar Run.

Un cop explicat el funcionament bàsic del generador de funcions i l'oscil·loscopi de ELVISmx, veurem com es comporta aquest filtre per diferents freqüències.

Cal mantenir obertes les dues finestres (FGEN i Scope) per poder realitzar l'exercici.

Ens dirigirem al generador de funcions i establim un voltatge de 5Vpp, amb una freqüència inicial de 100Hz. Fem clic a *Run*. Ara ens dirigirem a l'oscil·loscopi, on realitzarem les configuracions esmentades anteriorment, i seleccionarem **Run**.

Com podem observar, el senyal de sortida és pràcticament idèntic a la d'entrada, perquè el filtre encara no té influència.

Un detall interessant és que podem anar modificant el valor de les freqüències sense necessitat d'aturar i tornar a activar l'oscil·loscopi: únicament n'hi ha prou amb modificar aquests valors des del generador de funcions i prémer **Run** (en el mateix generador de funcions).

Feu el mateix procediment per a 500Hz, 1kHz, 2kHz i 20KHz. Què observeu a mesura que augmenteu la freqüència del senyal?

C) Diagrama de Bode

Ara passarem a realitzar l'estudi del filtre. S'estudiaran dos tipus de filtres: el filtre passa-baixos i el filtre passa-alts.

1. Construeix el circuit d'un filtre passa-baixos, tal i com es mostrava a la Figura 6.
2. Connecta la targeta d'adquisició MyDaq a la placa de proves. Heu de realitzar les mateixes connexions entre el filtre i la MyDaq, que en l'apartat anterior, mostrades en la Figura 6.

Com podem veure, **l'entrada del circuit** ha d'estar connectada a un **output analògic** (ex. AO.0), i la **sortida del circuit** a un **input analògic** (AI.1+). L'output analògic és una sortida de la MyDaq, per on es generarà el senyal sinusoidal, mentre que l'input analògic és una entrada de la MyDaq que permet que el senyal de sortida del circuit sigui mesurat amb el fi de determinar el guany (V_{out} / V_{in}).

Per mesurar el guany també és necessària capturar el senyal d'entrada V_{in} . Per aquest motiu, **l'entrada del circuit** també ha d'estar connectada a un **input analògic** (ex. AI.0+) perquè pugui ser mesurada pel MyDaq.

3. Un cop realitzades totes les connexions indicades, dirigir-se al menú de NI ELVISmx (Figura 1) i obrir Bode. Una finestra com la mostrada a continuació s'obrirà.



Figura 9. Interfície gràfica del Bode Analyzer.

- Introduir un rang de freqüències a analitzar coherent amb a la freqüència de tall teòrica.
- Establir escala logarítmica i **Autoscale**.
- Comprovar que el dispositiu seleccionat sigui el NI MyDAQ.
- Seleccionar **Run** per iniciar l'analitzador de Bode.

Un cop realitzat el diagrama de Bode, activa i utilitza els cursors en l'apartat de **Cursor Settings** per la freqüència de tall. Pots modificar el nombre de passos en **Steps** per poder tenir més punts de referència.

4. Amb els mateixos components (resistència i condensador) fes un filtre passa-alts i obté el Diagrama de Bode.