UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Telecomunicació
i Aeroespacial de Castelldefels

Circuits i Sistemes Lineals

Pràctica 1: Anàlisi de la resposta temporal d'un Sistema lineal

1. Introducció

L'objectiu d'aquesta pràctica és la caracterització d'un sistema a partir de l'anàlisi de la seva resposta a una entrada coneguda. Aquesta entrada serà un esgraó, que es pot obtenir a partir d'un senyal quadrat. Si el seu període es suficientment llarg per a que el transitori s'extingeixi, la resposta a l'esgraó s'obté de forma completa després de cada flanc. Al senyal de sortida es podrà distingir fàcilment els components de resposta forçada, en forma d'esgraó, i de resposta natural, la forma de la qual depèn de la funció de transferència del sistema.

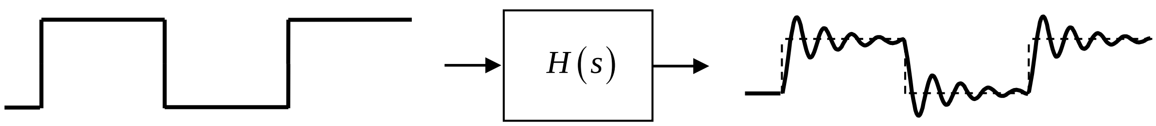

Fig. 1. Resposta a un senyal quadrat com a successió de respostes a l'esgraó.

2. Estudi previ

2.1. Obteniu la funció de transferència $H_1(s)$ del següent circuit si $\boldsymbol{R}$ **= 100 kΩ** i $\boldsymbol{C}$ **= 1 nF**. Indiqueu el valor del seu únic pol.

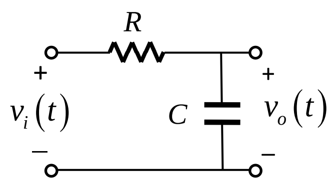

Fig. 2. Circuit de primer ordre.

2.2. Calculeu la resposta d'aquest circuit quan l'entrada és $v_i(t) = 2u(t)$. Identifiqueu els termes corresponents a les respostes natural (o lliure) i forçada.

2.3. Dibuixeu de forma aproximada les respostes forçada, natural i total (forçada + natural). Indiqueu la constant de temps del terme transitori exponencial.

2.4. Obtingueu la funció de transferència $H_2(s)$ del següent circuit si $\boldsymbol{L}$ **= 100 mH** i $\boldsymbol{C}$ **= 1 nF**. Expresseu el resultat en funció de R.

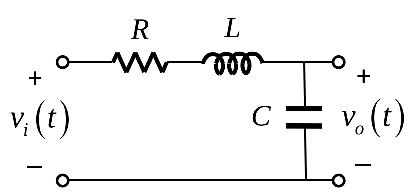

Fig. 3. Circuit de segon ordre.

2.5. Trobeu el marge de valors de R que fan que la resposta natural tingui forma de oscil·lació sinusoïdal esmorteïda.

2.6. Considereu ara una resistència ***R*=100Ω**. Trobeu la resposta del sistema a un esgraó d'amplitud 2 [$v_i(t) = 2u(t)$] i identifiqueu els termes corresponents a les respostes natural (o lliure) i forçada.

2.7. Dibuixeu de forma aproximada les respostes forçada, natural i total. Indiqueu la freqüència de l'oscil·lació i la constant de temps (de l'envolupant exponencial) del terme transitori.

2.8. Utilitzant el software **SciLab** (veure Annex I), obtingueu el diagrama de pols i zeros, la resposta a l'esgraó i la resposta impulsional del circuit de 2^{on} ordre de la Fig. 3 quan ***R*** és respectivament **0 Ω, 100 Ω**, **5 kΩ, 30 kΩ** i **100 kΩ**.

3. Realització pràctica

Material mínim necessari

- Una placa de connexions (tipus Proto-board).
- 2 cables coaxials amb connectors BNC-bananas.
- 1 cable coaxial amb connectors BNC-BNC
- 1 connector tipus "T"
- 1 potenciòmetre de 47 kΩ
- 1 resistència de 100 Ω
- 1 resistència de 10 kΩ
- 1 resistència de 100 kΩ
- 1 condensador de valor *C* = 1 nF
- 1 Bobina de valor *L* = 100 mH.
- Material auxiliar: Cable de connexions, "cocodrils", calibrador (tornavís petit), eina "pelacables".

Instruments disponibles

- Generador de funcions.
- Oscil·loscopi.
- Multímetre (téster).

1ª Part: Circuit de primer ordre

3.1. **Munteu el circuit** de la Fig. 2 a la placa proto-board, amb ***R* = 100 kΩ** i ***C* = 1 nF**.

3.2. Realitzeu les connexions de la Fig. 4. **Feu una fotografia** del muntatge (*Imatge 1*).

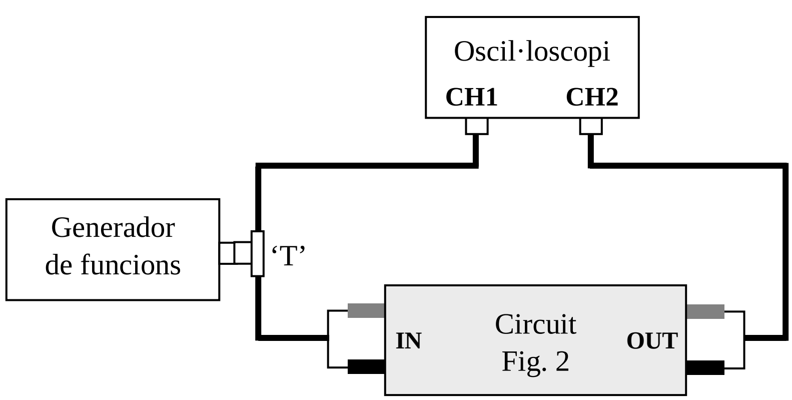

Fig. 4. Muntatge de laboratori.

Aquest muntatge permet visualitzar els senyals a l'entrada i a la sortida del circuit assajat en els dos canals de l'oscil·loscopi.

3.3. Activeu el canal 1 de l'oscil·loscopi i ajusteu el generador de funcions per a que a la seva sortida hi hagi un senyal quadrat, sense component continua, de **2V** d'amplitud i de freqüència igual a **200 Hz**.

3.4. Activeu ara el canal 2 de l'oscil·loscopi per visualitzar la resposta del circuit. Mesureu de forma aproximada la **constant de temps** del transitori (τ) [Veure Fig. 5 i Fig. 6]. **Obtingueu una imatge** de la pantalla de l'oscil·loscopi durant la mesura (*Imatge 2*).

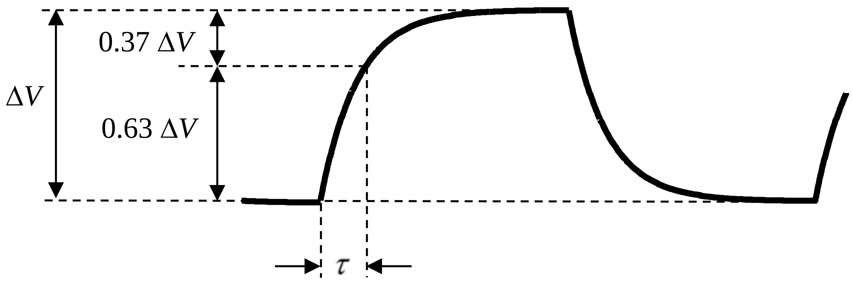

Fig. 5. Mesura de la constant de temps (1).

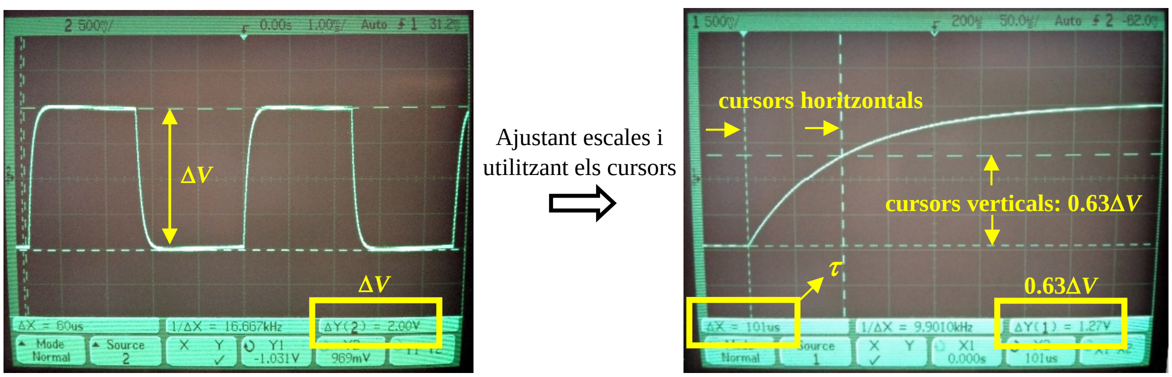

Fig. 6. Mesura de la constant de temps (2).

3.5. Substituïu al circuit de la Fig. 2 la resistència R = 100 kΩ per un altra de valor <u>**R = 10 kΩ**</u>. Observeu els canvis observats en la resposta obtinguda.

2ª Part: Circuit de segon ordre

3.6. **Munteu** ara **el circuit** de la Fig. 3 a la placa proto-board, amb **L = 100 mH**, **C = 1 nF**. En el lloc de la resistència ***R***, connecteu el **potenciòmetre de 47 kΩ** (Es tracta d'una resistència variable entre 0 i 47 kΩ).

3.7. Utilitzeu el calibrador per a ajustar el valor de la resistència variable del potenciòmetre. Feu un recorregut complet i observeu cóm canvia la forma de la resposta.

3.8. Substituïu el potenciòmetre per una resistència de valor **R = 100 Ω**. <u>Obtingueu una imatge</u> de la pantalla de l'oscil·loscopi (*Imatge 3*).

3.9. Mesureu de forma aproximada la freqüència de la oscil·lació (f_{osc}) i la constant de temps de l'envolupant esmorteïda (τ) (Figs. 7 i 8).

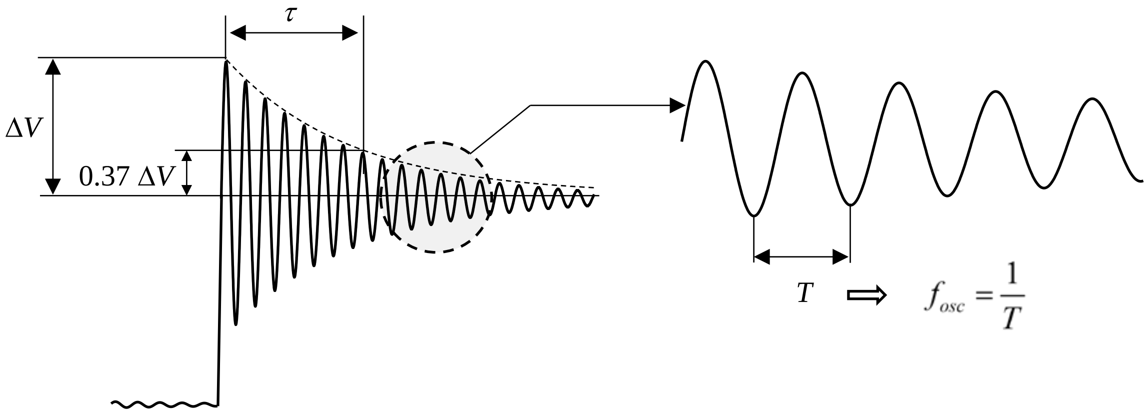

Fig. 7. Mesura de la constant de temps i la freqüència de l'oscil·lació esmorteïda (1)

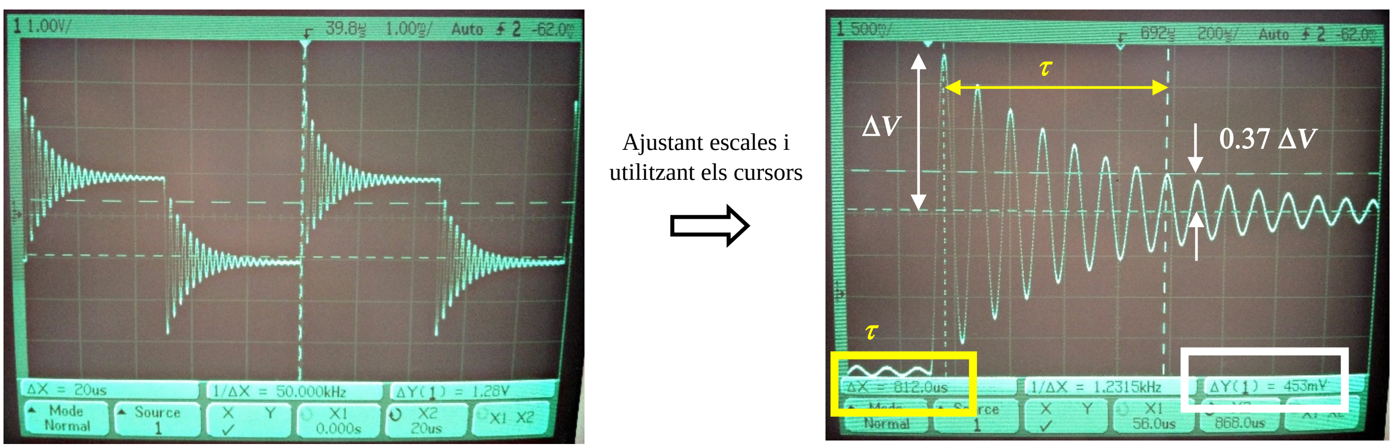

Fig. 8. Mesura de la constant de temps i la freqüència de l'oscil·lació esmorteïda (2)

4. <u>Càlculs i questions</u>

4.1. Deduïu a partir de la mesura de la constant de temps al circuit de primer ordre (apartat 3.4) el valor de l'únic pol de la funció de transferència del circuit. Compareu aquest valor amb l'obtingut teòricament (apartat 2.1).

4.2. Expliqueu els canvis observats en la resposta quan heu canviat la resistència al circuit de primer ordre (apartat 3.5).

4.3. Compareu els valors mesurats de la constant de temps i de la freqüència d'oscil·lació al circuit de segon ordre (aparat 3.9) amb els calculats teòricament a l'estudi previ (apartat 2.7).

4.4. Obtingueu a partir d'aquestes mesures els pols de la funció de transferència del circuit mesurat. Escriviu en forma polinòmica el denominador de la funció de transferència corresponent.

4.5. Calculeu el coeficient d'esmorteïment (ξ) i la pulsació natural no esmorteïda del sistema (ω_0).

Annex I: Rutina SCILAB per generar gràfics de les respostes del circuit 2

SCILAB© és un software de codi obert i lliure distribució per càlcul numèric que us permetrà obtenir i representar, a partit de una funció de transferència, les respostes impulsional i a l'esgraó del circuit de 2^{on} ordre (Fig. 3), així com el diagrama de pols i zeros.

L'enllaç de descarrega del programa scilab és el següent: https://www.scilab.org/download/. També el podeu trobar, encara que probablement no actualitzat a la última versió, a Atenea (carpeta 'Pràctiques').

Una vegada instal·lat, escriureu un arxiu de text amb el següent codi i l'executareu, obtenint les respostes i el diagrama de pols i zeros corresponents. Tant la funció de transferència del sistema, com l'interval temporal de representació de les respostes i el valor dels elements estan descrites al codi i es poden modificar reescrivint la informació.

```
// Programa para el estudio de la respuesta temporal de un circuito a partir de su función de transferencia [H(s)]

// En SCILAB no es necesario declarar las variables.
// Podemos asignarles directamente un valor
R=100;  // Valor de los elementos
L=100e-3;
C=1e-9;

// Definimos la función de red
s=poly(0,'s');                    //Definimos el polinomio s
numerador=1/(L*C);
denominador=s**2+R/L*s +1/(L*C); // ** indica elevado
H=numerador/denominador;    // Introducimos la función de red

// Definimos el sistema lineal que trabaja en tiempo continuo (analógico)
// y cuya función de red es H

y=syslin('c',H);

// Definimos el vector de tiempo en el que simularemos el sistema.
t=1e-6:1e-6:2e-3; // En este caso las respuestas se mostrarán entre 1 µs y 2 ms en intervalos de 1 µs.

// Obtenemos la respuesta al escalón y la respuesta impulsional
z1=csim('step',t,y);
z2=csim('impuls',t,y);

// Representamos gráficamente las respuestas
scf(0);xset("window",0);//xselect();    // Creamos una ventana de gráficos
plot2d([t',t'],[z1',0*t'])                // Dibujamos la respuesta z1
scf(1);xset("window",1);//xselect();    // Creamos otra ventana de gráficos
plot2d([t',t'],[z2',0*t'])                // Dibujamos la respuesta z2

// Representamos el diagrama de polos y ceros del sistema lineal y
scf(2);xset("window",2);//xselect();    // Creamos una tercera ventana
plzr(y);                          // Diagrama de polos y ceros de y.
```