

TÈCNIQUES ANALÒGIQUES

PRÀCTICA 1. CARACTERÍSTIQUES DE L'AMPLIFICADOR OPERACIONAL uA741

Objectius

En aquesta pràctica es realitzaran les mesures de diverses característiques de l'amplificador operacional uA741. L'alumne podrà comprovar com en el cas d'aquest tipus de mesures en molts de casos és necessari l'ús de muntatges específics i la realització de mesures indirectes. L'amplificador que s'emprarà serà el uA741, que al ser un dels integrats més emprats en circuits analògics, pràcticament cada fabricant disposa de la seva pròpia versió. El patillatge d'aquest encapsulat és el que es pot veure a la figura 1 i als fulls de característiques (*datasheet*) que podeu trobar a la pagina web de l'assignatura.

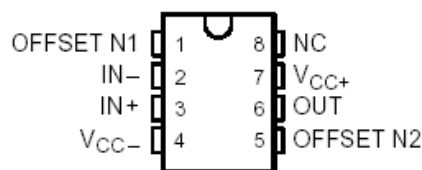


Fig. 1. Esquema del patillatge de l'amplificador uA741.

1.- Mesures de la tensió d'offset, corrent de polarització i corrent d'offset.

Per a realitzar aquestes mesures muntarà el circuit que apareix a la figura 2.

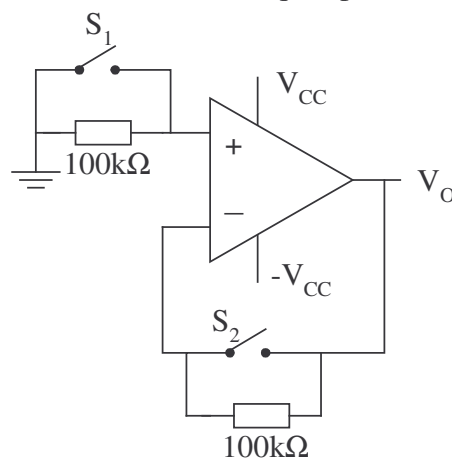


Figura 2. Muntatge per a mesurar tensió i corrent d'offset, i corrent de polarització.

1.1- Realitzau el muntatge del circuit de la figura anterior i mesurau V_o pels tres casos següents:

- a) S_1 i S_2 ON
- b) S_1 ON i S_2 OFF
- c) S_1 OFF i S_2 ON

1.2.- A continuació calculeu el valor de V_o per cada un dels casos anteriors. Comproveu com V_o depèn de V_{offset} en el cas a), de V_{offset} i de I_- en el cas b) i de V_{offset} i I_+ en el cas c).

Per tant de la primera mesura podeu extreure el valor de V_{offset} , i de les dues següents mesures, determinat ja V_{offset} , els valors de I_- i I_+ respectivament.

1.3.- Si es defineixen els corrents de polarització i d'offset respectivament com:

$$I_B = \frac{1}{2}(I_+ + I_-) \quad I_{\text{Offset}} = |I_+ - I_-|$$

determineu aquests valors a partir dels valors obtinguts a les mesures. Compareu els valors obtinguts amb els que proporciona el fabricant (veure fulls de característiques).

2.- Compensació interna de la tensió d'offset

En aquest apartat analitzarem l'efecte de l'offset en un circuit amplificador i la manera de realitzar la compensació interna d'aquest efecte.

2.1.- Per això muntarem en primer lloc un circuit amplificador inversor com el de la figura 3, i experimentarem l'efecte de l'offset a sobre de la sortida. Per això primer muntarem el circuit amb un guany de -100, i l'excitem amb una ona senoïdal de 100Hz de freqüència i amplitud tal que a la sortida tinguem un senyal d'aproximadament 400mV d'amplitud. Per això podeu emprar els botons d'atenuació que té el generador de funcions. Assegureu-vos que la tensió d'entrada no té offset. A continuació mesureu la sortida. Munteu el circuit de compensació de la figura 4 (b), i calibreu el potenciòmetre de manera que el senyal de sortida no tengui offset. Mesureu els valors de resistència del potenciòmetre.

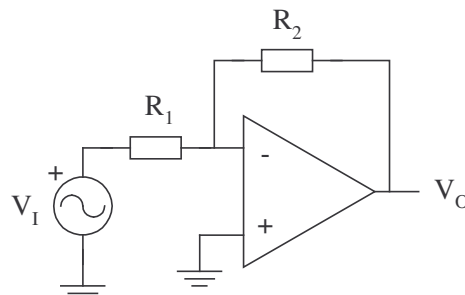


Figura 3. Amplificador inversor

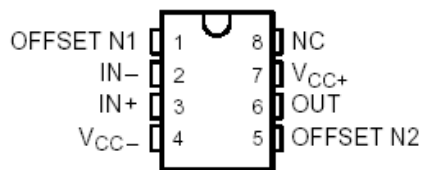


Fig. 4.(a) Esquema del patillatge del UA741

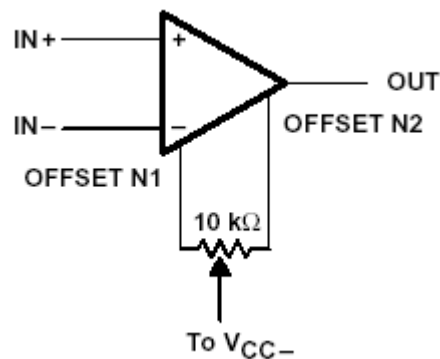


Fig. 4 (b) Esquema de compensació proposat per Texas Instruments al Datasheet

2.2.- A continuació, canviau la resistència R_2 a fi de tenir ara un guany de -10. Repetiu les mesures de l'apartat 2.1.

2.3.- Comentau els resultats.

3.- Mesura de I_{CC} (Corrent d'alimentació)

3.1.- Per a mesurar aquest paràmetre es realitzarà el muntatge de la figura 5, i es mesurarà amb el multímetre configurat com amperímetre el valor d'aquest corrent.

3.1.- Comparau el valor mesurat amb el que proporciona el fabricant (veure fulls de característiques).

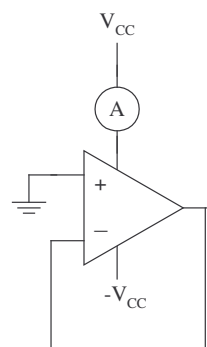


Fig.5. Circuit per mesurar el corrent d'alimentació.

4- Mesura de I_{Oshort} (Corrent de sortida en curtcircuit)

Per a mesurar ara aquest paràmetre es realitzarà el muntatge de la figura 6, i es mesurarà amb el multímetre configurat com amperímetre el valor d'aquest corrent, de la mateixa manera com es feia a l'apartat anterior.

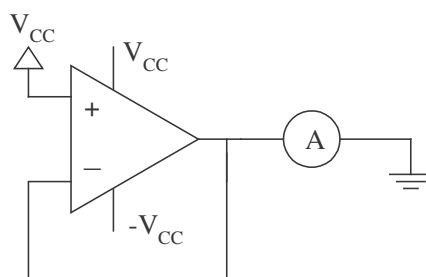


Fig.6. Circuit per mesurar el corrent de sortida en curtcircuit.

4.1.- Realitzau el muntatge del circuit de la figura 6 i determinau el corrent de sortida en curtcircuit comparant-lo amb el que proporciona el fabricant (veure fulls de característiques).

5.- Mesura de les tensions de sortida de nivell alt (V_{OH}) i de nivell baix (V_{OL})

Per a mesurar aquestes característiques es configura l'operacional en mode comparador, connectant una entrada a la tensió d'alimentació i l'altre a la tensió de referència (massa), de manera que l'amplificador proporcioni a la sortida els nivells alt i baix de tensió, depenent de quina sigui l'entrada a tensió major. La figura 7 representa els esquemes de muntatge per a la obtenció d'aquest paràmetre.

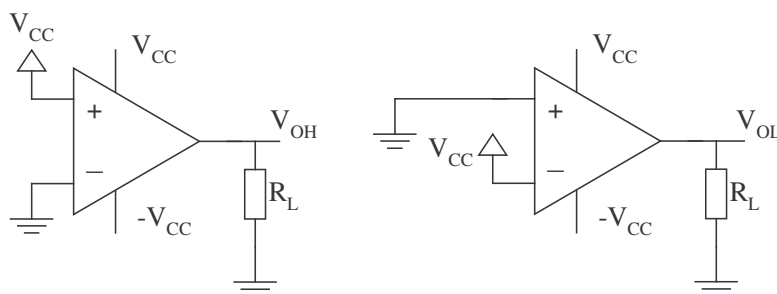


Figura 7. Esquemes de muntatge per a la mesura de V_{OH} i V_{OL} .

5.1.- Realitzau el muntatge del circuit de la figura 7 i mesurau els valors V_{OH} i V_{OL} per a valors de R_L de 220 Ω , 1k Ω , 2.2k Ω i 10k Ω . Comentau els resultats.

6.- Mesura del guany en contínua (A_0)

La mesura directa del guany en contínua d'un amplificador operacional no és una tasca senzilla. Un dels principals problemes és que els guanys normals d'aquests circuits són alts i per tant és necessari l'ús de senyals d'entrada d'amplitud molt baixa (de l'ordre de microvolts) per a no saturar l'amplificador. Així caldria l'ús d'atenuadors d'entrada (divisors de tensió per exemple) amb valors d'atenuació determinats amb bastant precisió. Un segon aspecte que també complica la mesura és que l'offset de l'amplificador, en llaç obert ens podria emmascarar el resultat o fins i tot saturar l'amplificador, de manera que s'hauria de compensar amb gran precisió l'offset abans de realitzar la mesura. L'offset a més és molt variable amb temperatura.

Per això distints fabricants d'amplificador proposen distints esquemes de mesura per a la mesura de l'offset. En aquesta pràctica considerarem l'esquema de la figura 8 proposat per Texas Instruments.

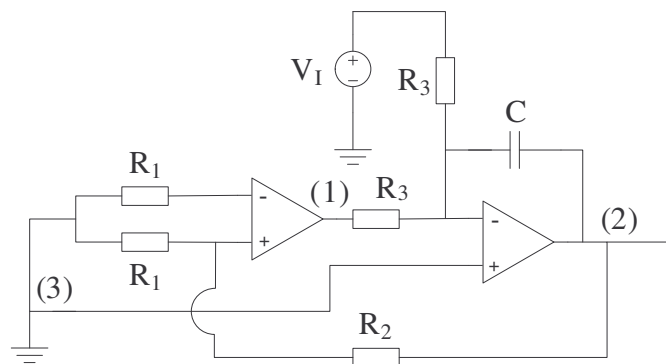


Fig. 8. Esquema per a la mesura de l'offset d'un amplificador.

Volem mesurar el guany en contínua de l'amplificador llur sortida és (1). L'amplificador amb sortida (2) realitza la funció de autocompensar l'offset de l'amplificador (1).

6.1.- Considerant el circuit de la figura 8, demostra que el guany en contínua de l'amplificador (1) ve determinat per:

$$G = -\left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right) \frac{\Delta V_I}{\Delta V_2}$$

On V_2 és la tensió de sortida (2) de l'amplificador.

Com es veu, el guany depèn d'increments de V_I dividit per increments de V_2 , el que implicaria fer dues mesures amb dues tensions d'entrada diferents per a calcular les diferències de tensions i el quocient d'aquestes diferències. El que fareu vosaltres serà excitar V_I amb una tensió sinusoidal de baixa freqüència (5 Hz) i mesurar l'amplitud de les tensions, de manera que així ja ens evitarem el fer dues mesures.

6.2.- Així muntau el circuit considerant R_3 resistències de $100\text{k}\Omega$, R_1 resistències de 100Ω , R_2 una resistència de $100\text{k}\Omega$, i C un condensador de 10nF .

6.3.- Excitau el circuit amb un senyal sinusoidal de 10V d'amplitud i freqüència 5 Hz. Mesurau les resistències i l'amplitud del senyal V_2 . Determinau el valor del guany en continua.

Opcional. 6.3.- Amb el model de UA741 que trobareu a la plana web de l'assignatura, realitzau una simulació amb el UA741 per a determinar el guany en contínua (un estudi AC per exemple), i després simulau el circuit proposat en aquest apartat per veure que efectivament la mesura realitzada és correcta.

7.- Mesura del producte guany-ampla de banda (GBP)

Per a determinar el producte guany-ampla de banda o GBP (també definit com f_T) emprarem un amplificador inversor amb $R_2=10k\Omega$ i $R_1=1k\Omega$, tal com es mostra a la figura 9.

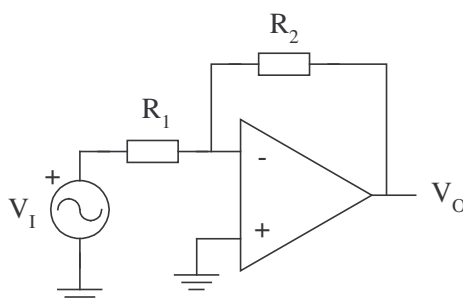


Fig. 9. Amplificador inversor.

A continuació procedirem de la següent manera.

7.1.- Mesurarem la sortida quan l'entrada és un senyal de continua de 100mV. A partir del valor mesurat determinarem el guany en continua.

7.2.- Excitarem el circuit amb un senyal sinusoidal d'amplitud 100mV (baixa amplitud) i anirem variant la freqüència del senyal fins que determinem experimentalment la freqüència a la qual el guany ha caigut 3dB respecte del valor del guany en continua determinat abans. El producte d'aquesta freqüència per el guany en continua serà el GBP (o f_T).

En totes les mesures cal comprovar que el senyal de sortida no presenta distorsió deguda a limitacions del *Slew-rate*. És per això que es demana que l'amplitud del senyal d'entrada sigui baixa.

7.3.- Aquestes definicions i mesures suposen un model d'operacional amb resposta freqüencial determinada per un pol dominant. Demostrau que si consideram aquesta hipòtesi de model d'operacional amb un pol dominant aleshores el mètode de mesura de f_T és correcte.

8.- Mesures del *Slew-rate* i temps de pujada

Per mesurar, tant el *Slew-rate* com el temps de pujada es considera el circuit de la figura 10, que no és més que un amplificador operacional configurat com a seguidor i carregat amb una resistència i un condensador en paral·lel. La figura 11 ens ajudarà a aclarir el concepte de *Slew-rate*. A l'esmentada figura es poden veure l'entrada al circuit (un esglaó de 10V d'amplitud) i la sortida del mateix circuit, que segueix l'esglaó. Es defineix *Slew-rate*(+), al pendent del senyal

de sortida quan realitza la transició de nivell baix a nivell alt. Aquesta magnitud es mesurarà en unitats de tensió dividit per temps (V/s) (normalment s'expressa en V/ μ s). De la mateixa es defineix *Slew-rate(-)* al pendent del senyal de sortida quan la transició ara és en sentit contrari.

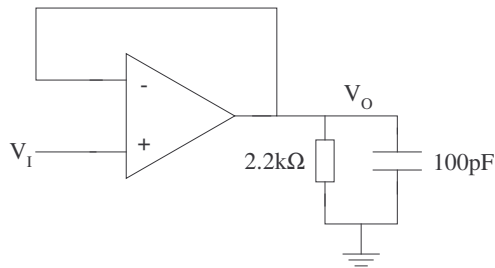


Fig. 10. Esquema per a la mesura de *Slew-rate* i *rise time*

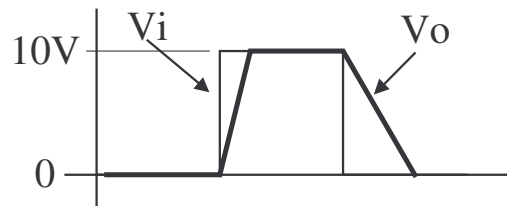


Figura 11. Senyals d'entrada i sortida

8.1.- Realitzau el muntatge del circuit de la figura 10, exciteu-lo amb una entrada esglaó de 10V d'amplitud i determinau el *Slew-rate(+)* i el *Slew-rate(-)*. Compareu amb els valors proporcionats pel fabricant (veure fulls de característiques).

La figura 12, mostra com es defineix el temps de pujada o *rise time* d'un amplificador operacional.

8.2.- Seguint la definició mostrada a la figura 12, determinau aquesta característica i compareu amb els valors proporcionats pel fabricant (veure fulls de característiques). A la figura 12 es considera un esglaó d'amplitud 100mV. De fet s'hauria d'emprar una entrada de 20mV (segons ho fa el fabricant), però degut a limitacions bé de l'oscil·loscopi, bé del generador de senyals, emprem una amplitud de 100mV aproximadament.

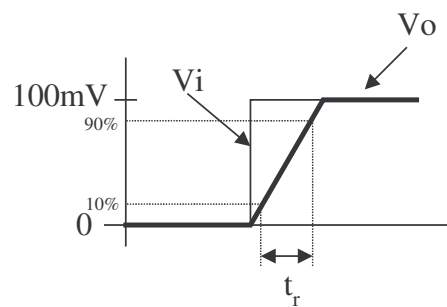


Figura 12. Definició de *rise time* (t_r).