

SIMULACIÓ I ANÀLISI DE CIRCUITS MITJANÇANT PSPICE

Sessió 7 Aplicacions

Versió 2.0 - Febrer 2011

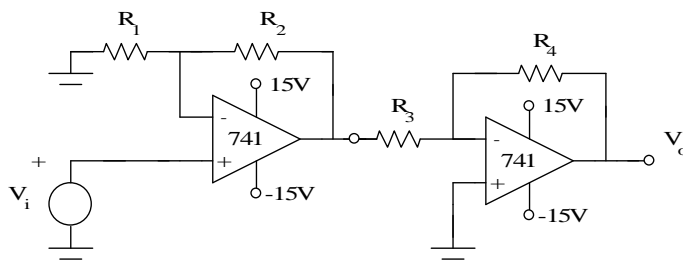
Juan A. Chávez, Santiago Silvestre, Antoni Turó

Introducció

En aquesta sessió es pretén utilitzar els coneixements adquirits en la simulació de diferents circuits.

Exercici 1. Limitacions en contínua de l'Amplificador Operacional.

En aquest exercici el circuit que es vol estudiar és el de la figura següent i té com a finalitat l'amplificació de senyals molt petits (de l'ordre d'1 mV). Per a les simulacions en aquest exercici utilitzeu l'AO 741.



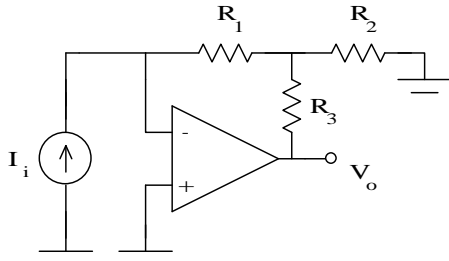
Simuleu els casos següents:

- Simuleu només la primera de les dues etapes (etapa no inversora) i feu que V_i sigui igual a 0 V. Un cop simulat aquest circuit, trobeu les corrents de polarització de l'AO a les seves dues entrades i quin és l'error de contínua a la sortida d'aquesta etapa. ($R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ i $R_2 = 1 \text{ M}\Omega$)
- Acabeu de muntar tot el circuit afegint-hi la segona etapa inversora (amb $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$ i $R_4 = 1 \text{ M}\Omega$). Trobeu la tensió a la sortida quan la tensió d'entrada V_i és d'1 mV i 1 kHz. Quin efecte es pot destacar en aquest senyal?
- Afegiu una resistència R_P de $10 \text{ k}\Omega$ en sèrie entre la font V_i i l'entrada no inversora del primer AO. Mireu que succeeix amb el senyal de sortida. A què és degut aquest efecte?

Exercici 2. Convertidors I-V i V-I.

I. Convertidor I-V de gran sensibilitat

Estudieu el convertidor I-V de gran sensibilitat de la figura.



$$R_1 = R_3 = 100 \text{ k}\Omega$$

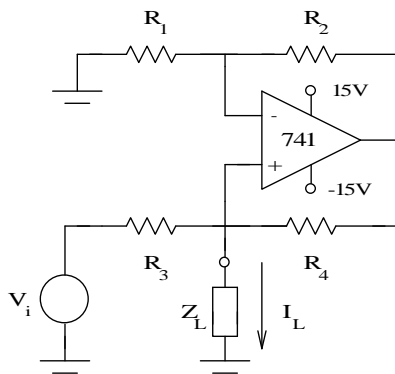
$$R_2 = 1 \text{ k}\Omega$$

Trobeu la sensibilitat del convertidor expressada en $V/\mu\text{A}$ analitzant les situacions següents:

- Tensió de sortida per a un corrent d'entrada sinusoidal de $1 \mu\text{A}$ i 1 kHz . A què és degut el desplaçament de contínua a la sortida?
- Afegint una resistència de $R_p = 100 \text{ k}\Omega$ en sèrie entre el terminal no inversor de l'AO i massa, què succeeix amb aquest desplaçament de la tensió de sortida?

II. Convertidor V-I (Font de Howland)

Estudieu el convertidor V-I de la figura.



$$R_1 = R_3 = 10 \text{ k}\Omega$$

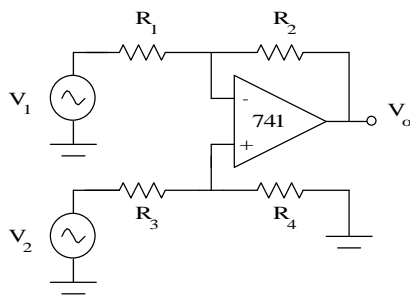
$$R_2 = R_4 = 1 \text{ k}\Omega$$

Trobeu la sensibilitat del circuit (en mA/V) analitzant les situacions següents (agafeu una tensió d'entrada sinusoidal de 10 V i 1 kHz):

- Corrent de sortida per a una càrrega resistiva de $R_L = 1 \text{ k}\Omega$
- Corrent de sortida per a una càrrega capacitiva de $C_L = 100 \text{ nF}$
- Corrent de sortida per a una càrrega inductiva de $L_L = 1 \mu\text{H}$

Exercici 3. Amplificador diferencial amb un AO

En aquest exercici heu d'estudiar un amplificador diferencial com el de la figura:



$$R_1 = R_3 = 100 \, \Omega$$

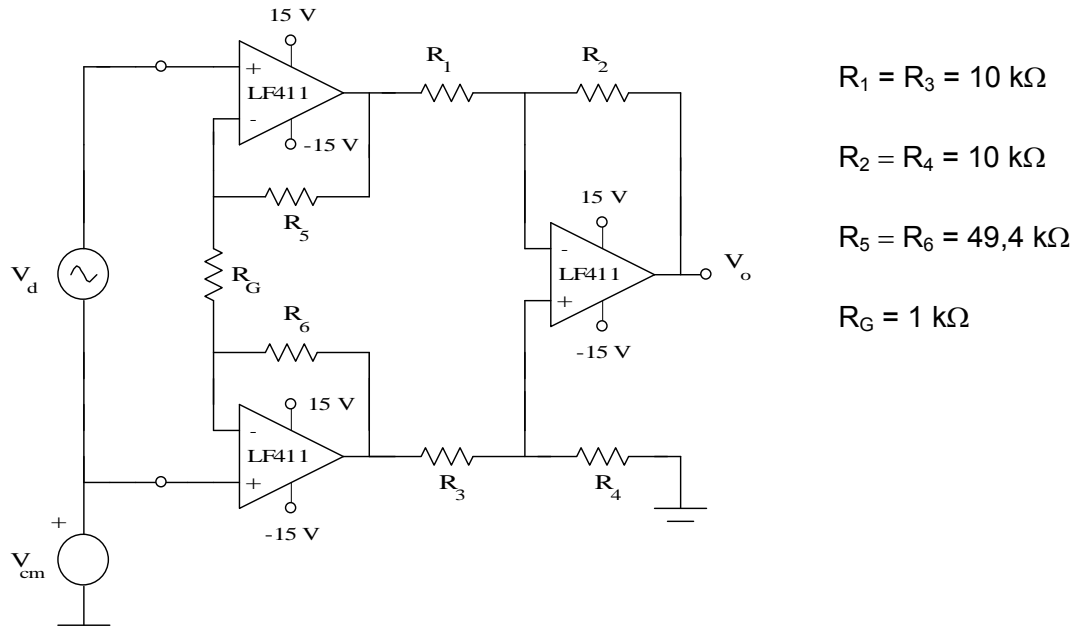
$$R_2 = R_4 = 100 \, \text{k}\Omega$$

Trobeu la tensió de sortida de l'amplificador diferencial per a les situacions següents:

- Les dues tensions d'entrada tenen una freqüència de 10 Hz i V_1 té una amplitud de 1 mV i V_2 de 2 mV. Quin és el guany diferencial de l'amplificador?
- Les dues tensions d'entrada V_1 i V_2 són iguals i tenen una amplitud de 10 V i una freqüència de 10 Hz. A partir del valor de la tensió de sortida, quin és el guany en mode comú i quin és el CMRR de l'amplificador diferencial i per tant de l'AO utilitzat?
- Les mateixes tensions d'entrada que en el cas anterior, però amb resistències amb tolerància del 5% (el cas pitjor a estudiar és $R_1 = 105 \, \Omega$, $R_2 = 95 \, \text{k}\Omega$, $R_3 = 95 \, \Omega$ i $R_4 = 105 \, \text{k}\Omega$). Quin és el guany en mode comú i el CMRR de l'amplificador diferencial en aquest cas? Compareu-lo amb l'expressió obtinguda amb l'anàlisi del circuit.

Exercici 4. Amplificador d'instrumentació amb 3 AO's

En aquest exercici heu d'estudiar un amplificador d'instrumentació com el de la figura següent format per tres AOs **LF411** que trobareu en la llibreria **EVAL**.



Simuleu les situacions següents:

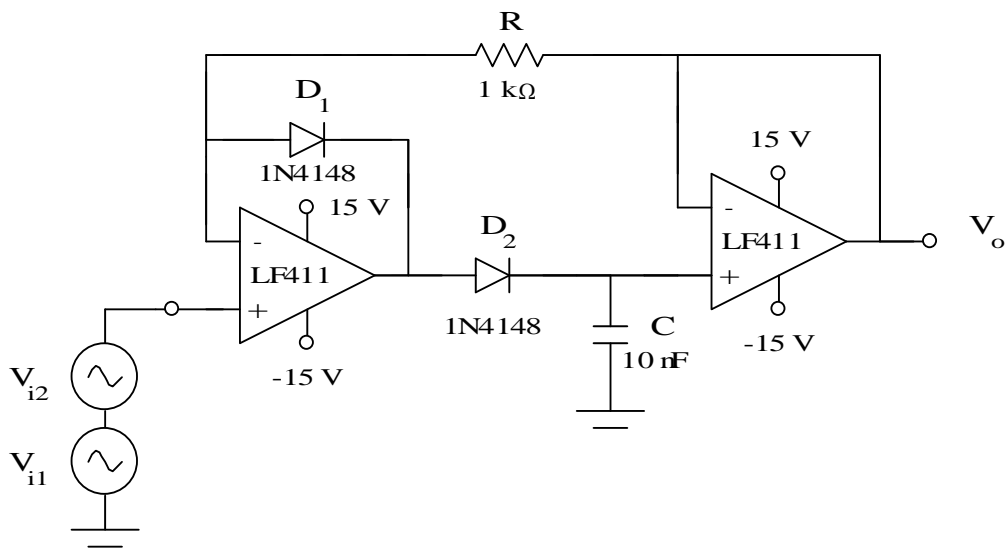
- La tensió diferencial d'entrada V_d és d'una freqüència de 1 kHz i una amplitud de 10 mV i la tensió en mode comú V_{cm} és nul·la. Quin és el guany diferencial de l'amplificador d'instrumentació?
- La tensió diferencial d'entrada V_d és zero i la tensió en mode comú V_{cm} és una tensió contínua de 10 V. Quin és el guany en mode comú de l'amplificador d'instrumentació? Quin és el seu CMRR?
- Resposta freqüencial del guany en mode diferencial de l'amplificador d'instrumentació entre 1 Hz i 10 MHz.

Exercici 5. Detector de pic

La funció d'un detector de pic és capturar el valor de pic del senyal d'entrada. El que es fa es capturar el valor màxim de l'entrada fins que es produeix un altre màxim.

Simuleu el circuit de la figura següent quan a l'entrada hi tenim la superposició de dos senyals sinusoidals V_{i1} i V_{i2} (dos fonts de tensió connectades en sèrie). La primera amb una freqüència de 1 kHz i una amplitud de 2 V i la segona amb una freqüència de 50 Hz i una amplitud de 1 V. Per a les simulacions en aquest exercici utilitzeu l'AO LF411 (**model LF411** de la llibreria **EVAl**) i el diode 1N4148 (**model D1N4148** de la mateixa llibreria).

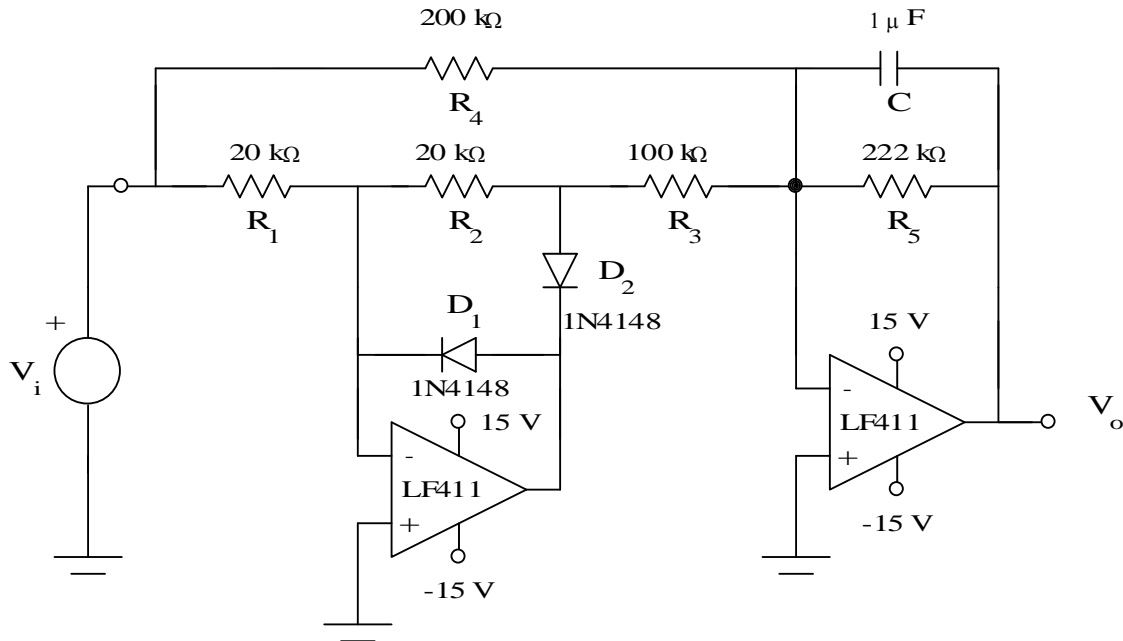
Visualitzeu el senyal d'entrada (a l'entrada no inversora del primer AO) i el senyal de sortida durant 50 ms.



Exercici 6. Convertidor AC-DC

Volem analitzar aplicació dels rectificadors d'ona completa, la conversió AC-DC que consisteix en la generació d'un voltatge constant proporcional a l'amplitud d'una onda AC.

En aquest apartat heu de simular el circuit que es presenta en la figura següent:

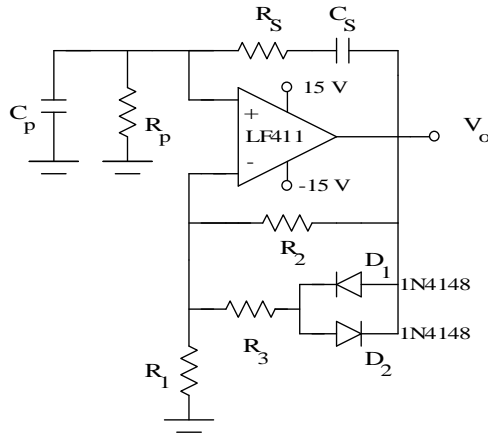


- Simuleu aquest circuit sense el condensador C i trobeu la seva característica entrada-sortida.
- Afegiu el condensador C de $1 \mu\text{F}$ i trobeu la sortida per a un senyal sinusoidal de 10 V i 1 kHz. A què correspon el valor de la tensió de sortida? Nota: la simulació ha de durar al menys 2 s per permetre que la sortida hagi assolit el seu valor.

Exercici 7. Oscil·ladors sinusoidals

I. Oscil·lador en pont de Wien

En aquest apartat heu de simular el circuit següent:



$$R_S = R_P = 15,8 \text{ k}\Omega$$

$$C_S = C_P = 1 \text{ nF}$$

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 22 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = 100 \text{ k}\Omega$$

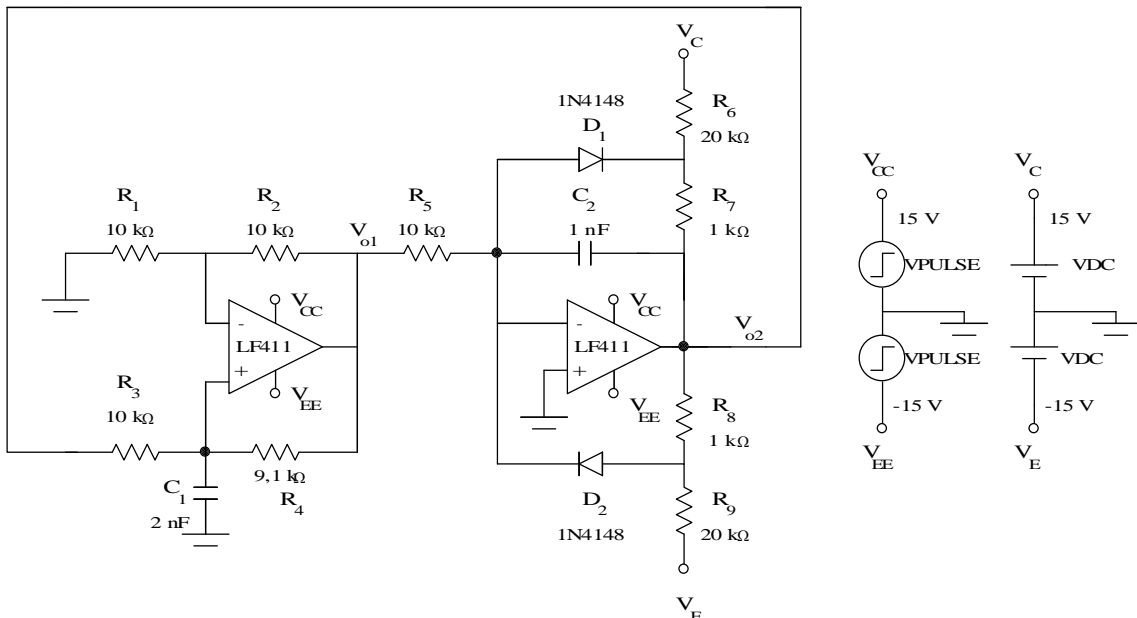
- c) Simuleu aquest circuit durant 3 ms i visualitzeu la tensió de sortida V_o . Quina és la seva amplitud? Quan triga en establitzar-se aquesta sortida?

NOTA: Per a que el circuit arrenqui cal alimentar l'AO amb un esglaió de tensió (això es pot fer amb una font de tensió tipus PULSE d'un període molt gran, per exemple 10 s).

- d) Feu una FFT d'aquest senyal (heu de polsar el botó marcat FFT) per obtenir la seva representació en el domini de la freqüència. Quina és la seva freqüència?

II. Oscil·lador en quadratura

El següent circuit que heu de simular es presenta a continuació:



- a) Simuleu aquest circuit durant 3 ms i visualitzeu les tensions de sortida V_{o1} i V_{o2} . Quina és la seva amplitud? Quin es el desfasament entre ambdues sortides?

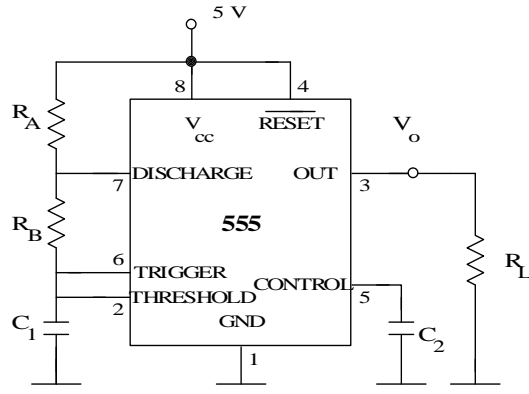
NOTA: Cal alimentar els dos AO amb un esglaió de tensió. En canvi la xarxa de resistències cal alimentar-la amb dues fonts de contínua.

- b) Feu una FFT d'aquest senyal (heu de polsar el botó marcat FFT) per obtenir la seva representació en el domini de la freqüència. Quina és la seva freqüència?

Exercici 8. Generadors d'ona quadrada i triangular

I.- Astable realitzat amb un Timer 555

En aquest apartat heu d'estudiar el funcionament del Timer 555 (model 555D de la llibreria EVAL) com a astable:



$$R_L = 100 \text{ k}\Omega$$

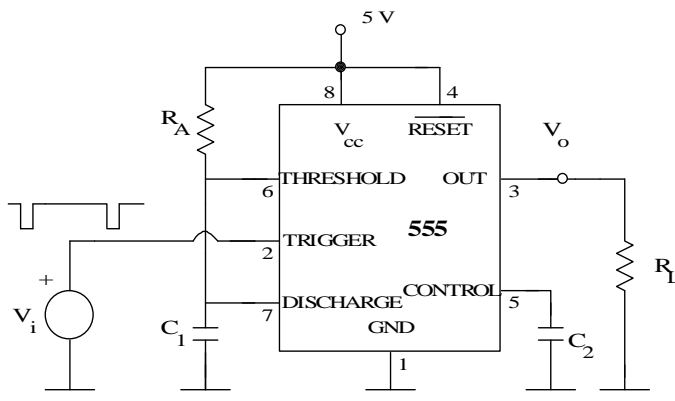
$$C_1 = 360 \text{ pF}$$

$$C_2 = 10 \text{ nF}$$

Calculeu els valors de R_A i R_B per a que V_o tingui una freqüència de 100 kHz i un cicle de treball del 75%. Visualitzeu el senyal de sortida i l'evolució de la tensió en el condensador durant 100 μs comprovant que es compleixen les especificacions donades.

II.- Monostable realitzat amb un Timer 555

En aquest apartat heu d'estudiar el funcionament del Timer 555 com a monostable:



$$R_L = 100 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = 220 \text{ nF}$$

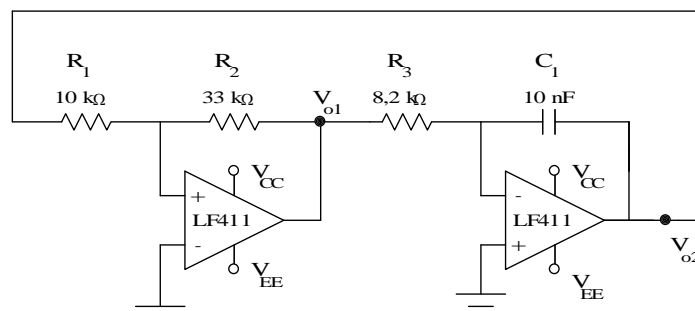
$$C_2 = 10 \text{ nF}$$

$$R_A = 18 \text{ k}\Omega$$

Simuleu aquest circuit quan V_i és un senyal compost per polsos negatius de 5 V a 0 V i d'una durada de 1 ms que es repeteixen cada 10 ms. Visualitzeu alhora el senyal d'entrada, la tensió en el condensador C_1 i el senyal de sortida durant 20 ms.

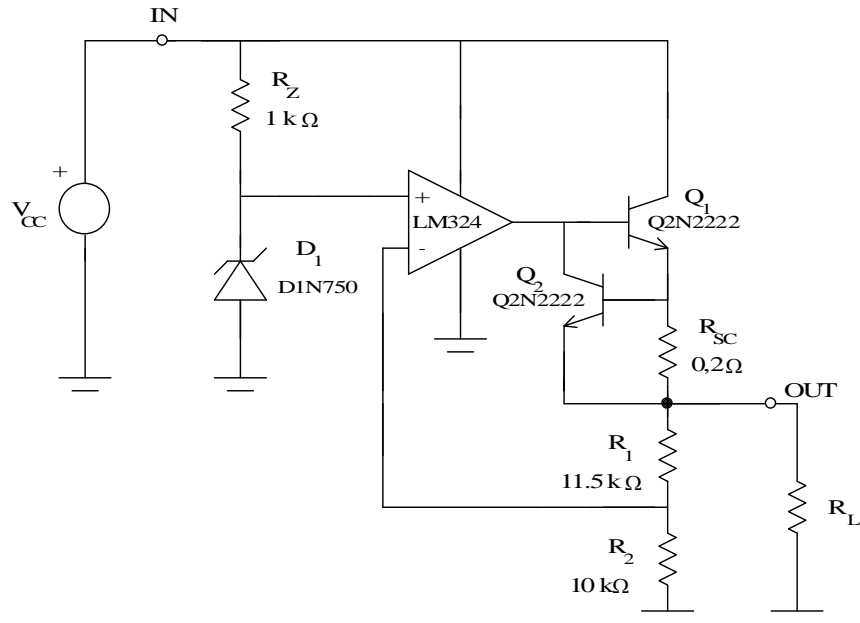
III.- Generador d'ona quadrada-triangular

Simuleu el següent circuit i visualitzeu els senyals de sortida V_{o1} i V_{o2} . Quina és la freqüència de l'oscil·lador? Quina és l'amplitud del senyal triangular?



Exercici 9. Regulador de tensió lineal

En aquest exercici heu d'estudiar el funcionament d'un regulador de tensió lineal realitzat amb elements discrets (els models dels dispositius actius els podeu trobar en la llibreria [EVAL](#)) tal com es mostra en la figura següent.



Considerant que la tensió V_{cc} que cal regular és de 15 V de contínua amb un arrissat de 1 V i de 50 Hz. Estudieu els casos següents amb l'ajuda del simulador PSPICE:

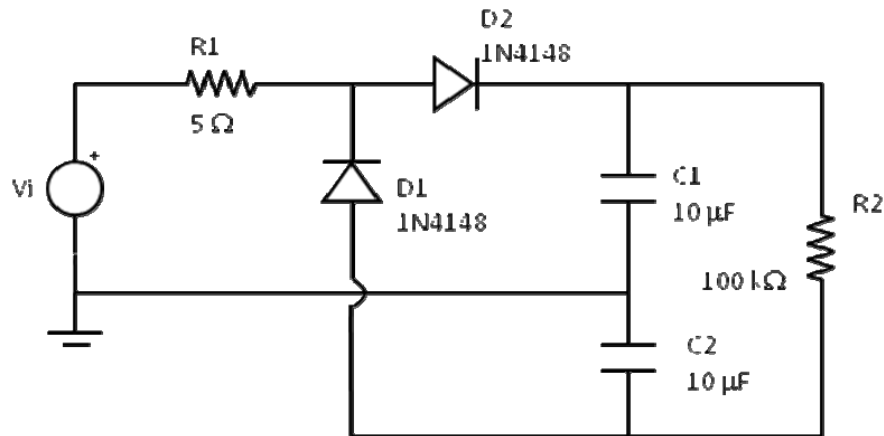
- a) Amb una resistència de càrrega $R_L = 100 \Omega$, trobeu la tensió a la sortida i compareu-la amb la tensió sense regular. Calculeu la regulació de línia del regulador definida com

$$\text{Regulació Línia (\%)} = \frac{\Delta V_o}{\Delta V_{cc}} \cdot 100$$

- b) Amb $R_L = 100 \Omega$, visualitzeu el corrent d'entrada i el corrent de sortida del regulador. Quin és el corrent consumit pel circuit regulador?
- c) Visualitzeu la potència subministrada a l'entrada ($-V_{cc} \cdot I_{cc}$), la potència donada a la sortida ($V_o \cdot I_o$). Quin és el rendiment del regulador? Visualitzeu també la potència dissipada en el transistor Q_1 ($I_C \cdot V_{CE}$) i comproveu que és en aquest dispositiu on es dissipa la major part de potència.
- d) Substituïu la resistència R_L per un valor de 10Ω i compareu la tensió a la sortida amb la dels apartats anteriors. Quin és el corrent màxim de sortida al que està limitat el circuit?

Exercici 10. Circuit doblador de tensió

El circuit de la figura següent es fa servir per rectificar el senyal V_i i a la vegada obtenir a la sortida, resistència R_2 , una tensió de pic doble de la tensió de pic de V_i .



Es demana:

- Simuleu el circuit proposat excitant-lo amb un senyal sinusoidal de 50Hz i 50V d'amplitud.
- Representeu la tensió a tots els components del circuit durant els primers 100 ms.
- Quina és l'amplitud de pic del senyal de sortida? Quin és l'arribat del senyal?
- Representeu la potència dissipada en tots els components. Quina serà la potència màxima que haurà d'aguantar cada component?
- Feu un escombrat de R_1 entre 1 i 20 Ω . Representa les gràfiques anteriors i discuteix els resultats.