

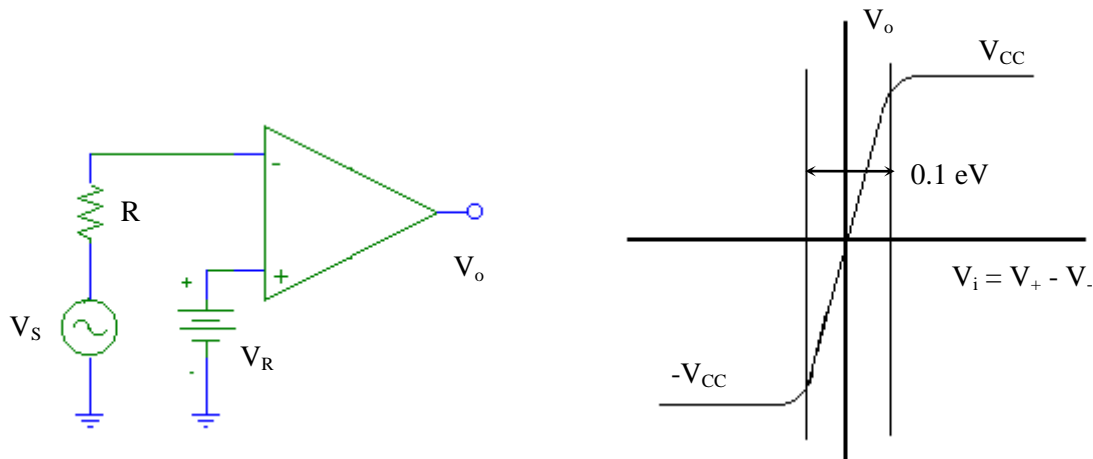
Pràctica 4 Comparadors

1. INTRODUCCIÓ

En aquesta pràctica utilitzarem l'amplificador operacional LM324N treballant com a comparador. Si introduïm dos senyals d'entrada en l'operacional, i el senyal introduït a l'entrada no inversora (+) és més gran que l'aplicat a l'entrada inversora (-), la sortida de l'operacional donarà un valor aproximadament igual a la tensió de polarització positiva de l'integrat (normalment +15 V). Si, a la inversa, la tensió a "+" és menor que a "-", la sortida serà nul·la, en el cas que l'integrat estigui polaritzat entre 0 i 15 V. Aquest funcionament ens permet comparar dos senyals de tensió, determinant si un senyal és més gran o més petit que un altre, establert com a referència.

2. TEORIA: COMPARADORS

Un comparador analògic té dues tensions d'entrada, V_i i V_2 i una sortida V_o . Normalment una de les entrades és una tensió de referència constant V_R , i l'altra és variable. Analitzem el següent circuit d'un amplificador operacional operant en llaç obert (sense realimentar), considerant la característica de transferència de l'amplificador:



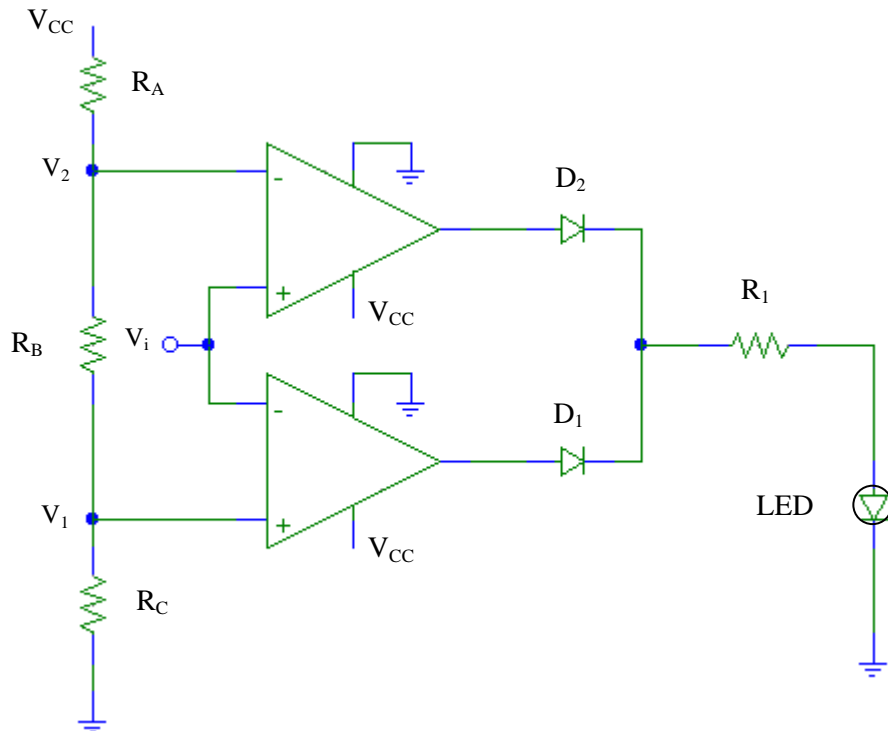
La regió lineal en llaç obert és $V_i < 0.1 \text{ mV}$ per a $A_C \sim 10^5$. Per tant,

$$V_S - V_R > 10^{-4} \text{ V} \approx 0, \quad V_i < 0 \Rightarrow V_o \approx -V_{CC}, \text{ saturat.}$$

$$V_S - V_R < 10^{-4} \text{ V} \approx 0, \quad V_i > 0 \Rightarrow V_o \approx +V_{CC}, \text{ saturat.}$$

Així tenim un senyal positiu o negatiu constant, sempre que V_S sigui més gran o més petit que V_R . La regió ambigua sol ser de l'ordre dels $15 \text{ } \mu\text{V}$ i el temps de resposta (o temps necessari per que canviï l'estat) de $20 - 200 \text{ ns}$.

Analitzem ara aquest altre circuit:



Hem polaritzat els integrats amb una de les potes a terra i $V_{CC} = 15 \text{ V}$. Com que tenim dos operacionals, tenim dos comparadors i comparem V_i amb V_1 i V_2 :

$$V_i - V_2 > 0 \Rightarrow V_{op1} \approx 15 \text{ V}$$

$$V_i - V_2 < 0 \Rightarrow V_{op1} \approx 0 \text{ V}$$

$$V_1 - V_i > 0 \Rightarrow V_{op2} \approx 15 \text{ V}$$

$$V_1 - V_i < 0 \Rightarrow V_{op2} \approx 0 \text{ V}$$

En el nostre cas, pels càlculs prendrem com a tensions de referència $V_1 = 7 \text{ V}$ i $V_2 = 12 \text{ V}$. Per tant, entre 7 i 12 V tindrem la sortida dels dos operacionals a 0, no circularà corrent pels díodes i el LED estarà apagat. Per la resta de valors de V_i , volem que el LED s'il·lumini. Per tant imposarem que hi circuli una intensitat de 5mA, que provocarà una caiguda d'uns 1.5 V (V_D). Als díodes D_1 i D_2 en directa hi cauran uns 0.8V. Calcularem les resistències del divisor de tensió per tenir a V_1 i a V_2 les tensions desitjades i per que hi circuli un corrent de 1mA:

$$R_A = \frac{V_{CC} - V_2}{i} = \frac{15 - 12}{1\text{mA}} = 3\text{k}\Omega$$

$$R_B = \frac{V_2 - V_1}{i} = \frac{12 - 7}{1\text{mA}} = 5\text{k}\Omega$$

$$R_C = \frac{V_1 - 0}{i} = \frac{7 - 0}{1\text{mA}} = 7\text{k}\Omega$$

Amb les sortides al nivell alt (15 V) el díode corresponent estarà en directe:

$$0.8 \text{ V (Díode)} + 1.5 \text{ V (LED)} = 2.3 \text{ V}$$

La caiguda a la resistència ha de ser: $15 - 2.3 \text{ V} = 12.7 \text{ V}$

Si per polaritzar el LED necessitem 5 mA, la resistència serà:

$$R_1 = \frac{12.7V}{5mA} = 2.54 k\Omega$$

Paper dels díodes: Impedir que quan un dels díodes condueixi el corrent arribi a l'altre amplificador operacional, gràcies a que l'altre està polaritzat en inversa.

3. OBJECTIUS

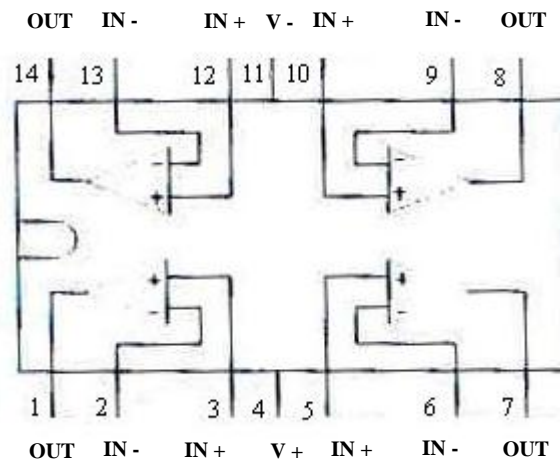
Un cop finalitzada la pràctica l'estudiant serà capaç de:

- Dissenyar i construir circuits comparadors.
- Fer una anàlisi teòrica de circuits comparadors.

4. MATERIAL NECESSARI

- 1 amplificador operacional LM324N
- 2 díodes
- 3 leds vermells
- Resistències amb els següents valors:
 $R = 2.54 k\Omega, 2.7 k\Omega$ (tres), $3.3 k\Omega$ (dos), $4.3 k\Omega, 5 k\Omega$ i $6.8 k\Omega$.

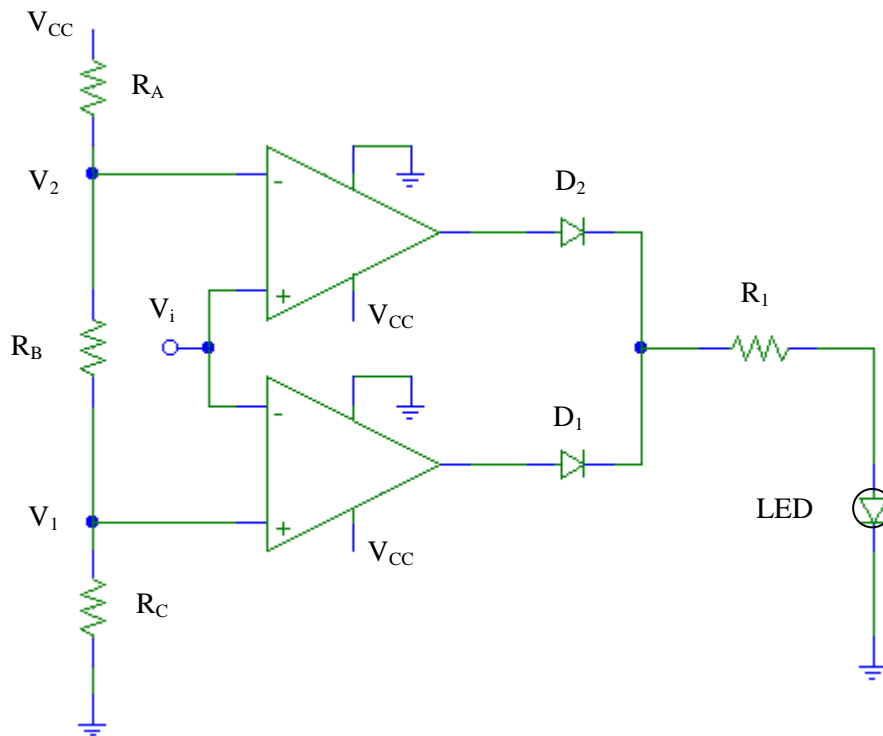
L'esquema de l'amplificador operacional LM324N és el següent:



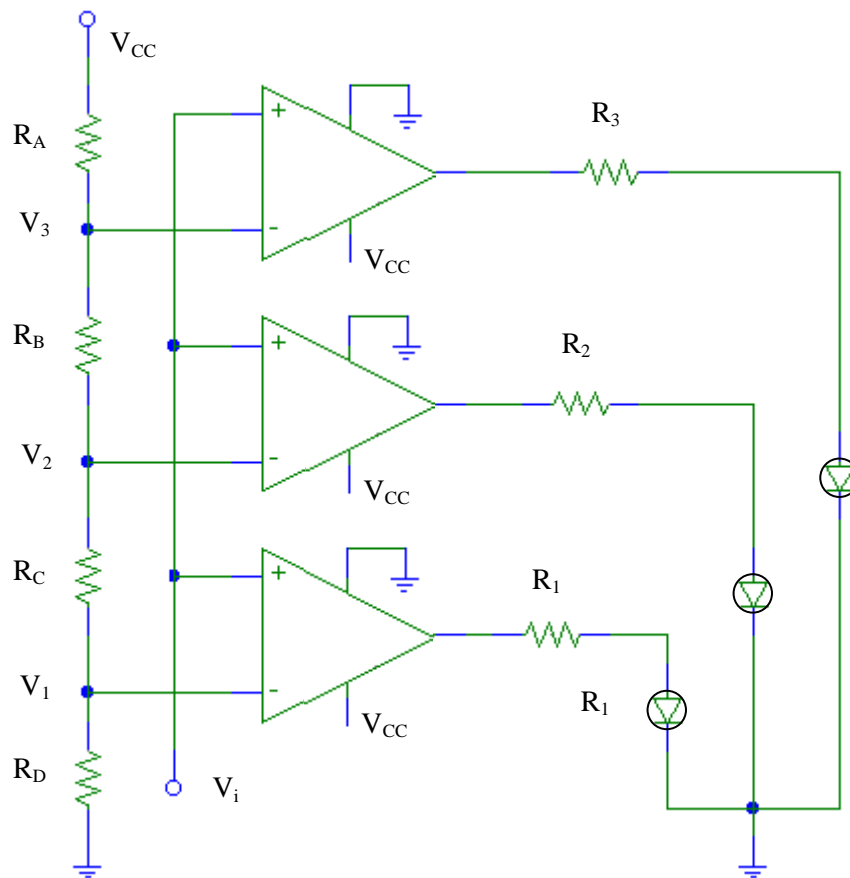
5. REALITZACIÓ PRÀCTICA.

En aquesta pràctica muntarem dos circuits. El primer ens permetrà detectar si un senyal que introduïm es troba dins un cert interval de tensions, i el segon permet detectar el nivell d'aquest senyal comparant-lo amb unes certes tensions de referència.

A. Circuit 1:



- 1) Imposant que la intensitat que ha de passar pel divisor de tensió sigui igual a 1 mA, i tenint en compte els valors calculats a la part teòrica de R_A , R_B i R_C , per tal que les tensions V_1 i V_2 siguin de 7 i 12 V, respectivament. Torneu a calcular els valors de V_1 i V_2 tenint en compte les resistències experimentals utilitzades.
- 2) Munteu el circuit 1, i polaritzeu l'operacional entre 0 i 15 V. Verifiqueu el seu correcte funcionament introduint una tensió V_i que variarà entre 0 i 15 V. Quan s'encén el LED? Per què?

B. Circuit 2:


- 3) Demostreu que $R_A = 3 \text{ K}\Omega$, $R_B = 4 \text{ K}\Omega$, $R_C = 3 \text{ K}\Omega$, i $R_D = 5 \text{ K}\Omega$ si $V_1 = 5 \text{ V}$, $V_2 = 8 \text{ V}$ i $V_3 = 12 \text{ V}$, i si la intensitat que circula pel divisor és de 1 mA . Torneu a calcular V_1 , V_2 i V_3 amb els valors de resistències disponibles al laboratori.
- 4) Calculeu R_1 , R_2 i R_3 per tal que, quan la sortida dels operacionals sigui $+V_{CC}$, la intensitat que passa pels LED's sigui de 5 mA i la caiguda de tensió de 1.5 V .
- 5) Munteu el circuit 2, i polaritzeu l'operacional entre 0 i 15 V . Aneu variant V_i entre 0 i 15 V . Expliqueu què passa i per què.

6. INFORME DE LA PRÀCTICA

A l'informe de la pràctica es demanen les mateixes consideracions que a la pràctica 1.

A. Circuit 1

- a) (2 punts) Imposant que la intensitat que ha de passar pel divisor de tensió sigui igual a 1 mA, i tenint en compte els valors calculats a la part teòrica de R_A , R_B i R_C , per tal que les tensions V_1 i V_2 siguin de 7 i 12 V, respectivament. Torneu a calcular els valors de V_1 i V_2 tenint en compte les resistències experimentals utilitzades.
- b) (2 punts) Verifiquen el correcte funcionament del circuit 1 introduint una tensió V_i que variarà entre 0 i 15 V. Quan s'encén el LED? Per què?.

B. Circuit 2

- c) (2 punts) Demostreu que $R_A = 3 \text{ K}\Omega$, $R_B = 4 \text{ K}\Omega$, $R_C = 3 \text{ K}\Omega$, i $R_D = 5 \text{ K}\Omega$ si $V_1 = 5 \text{ V}$, $V_2 = 8 \text{ V}$ i $V_3 = 12 \text{ V}$, i si la intensitat que circula pel divisor és de 1 mA. Torneu a calcular V_1 , V_2 i V_3 amb els valors de resistències disponibles al laboratori.
- d) (2 punts) Calculeu R_1 , R_2 i R_3 per tal que, quan la sortida dels operacionals sigui $+V_{CC}$, la intensitat que passa pels LED's sigui de 5 mA i la caiguda de tensió de 1.5 V.
- e) (2 punts) Aneu variant la V_i entre 0 i 15V. Expliqueu què passa i per què.