



# Apunts

## Apunts d'electrònica analògica

### Tema 5. Aplicacions no lineals

Jordi Zaragoza Bertomeu, Néstor Berbel Artal

Assignatura: Electrònica analògica

Titulació: Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

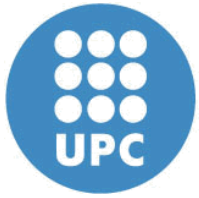
Curs: 3r

Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa (ESEIAAT)

Idioma: Català

2016





**Universitat Politècnica de Catalunya**  
**Departament d'Enginyeria Electrònica**



**Tema 5**

# **APLICACIONES NO LINEALES**

- Introducció
- Comparador de voltatge
- Trigger Schmitt
- .....

### **Bibliografia:**

- **Diseño con amplificadores operacionales y circuitos analógicos.**  
Sergio Franco. Ed. McGraw-Hill. Capítol: 9
- **Electrónica analógica Integrada.** Rafael Pindado. Capítol: 3
- **Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales.**  
James M. Fiore. Capítols: 7.
- **Principios de Electrónica.** Alvert Paul Malvino. Ed. McGraw-Hill.  
Capítols: 21 i 22

## □ Definició:

Un amplificador operacional amb realimentació positiva, o inclús sense cap realimentació, ocasiona que el dispositiu treballa en saturació. Aquest comportament biestable és altament no lineal i constitueix la base dels circuits no lineals:

- ✚ Comparadors de voltatge
- ✚ Trigger Schmitt

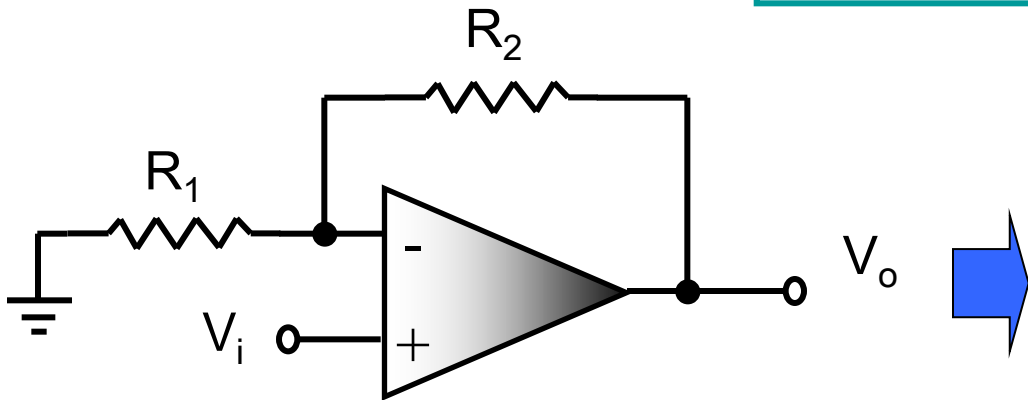
El comportament no lineal també s'aconsegueix amb circuits realimentats amb components no lineals (diodes i interruptors analògics).

- ✚ Rectificadors de precisió
- ✚ Detectors de pic
- ✚ Amplificadors de mostreig i retenció

Realimentació negativa = **Circuit lineal**

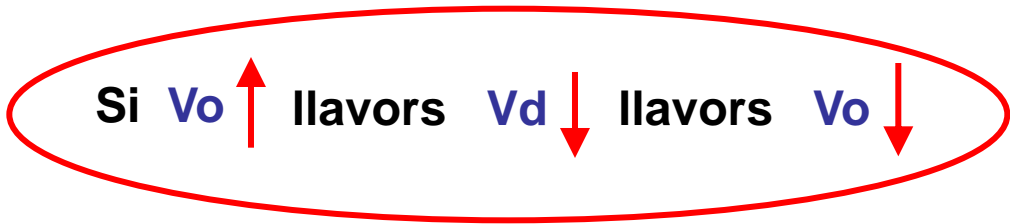
$$V_o = Ad(V(+)-V(-))$$

$$V_d = V(+)-V(-)$$



$$V_o = Ad\left(V_i - V_o \frac{R_1}{R_1 + R_2}\right)$$

Evolució de Vo en la sortida del Amp. Operacional:

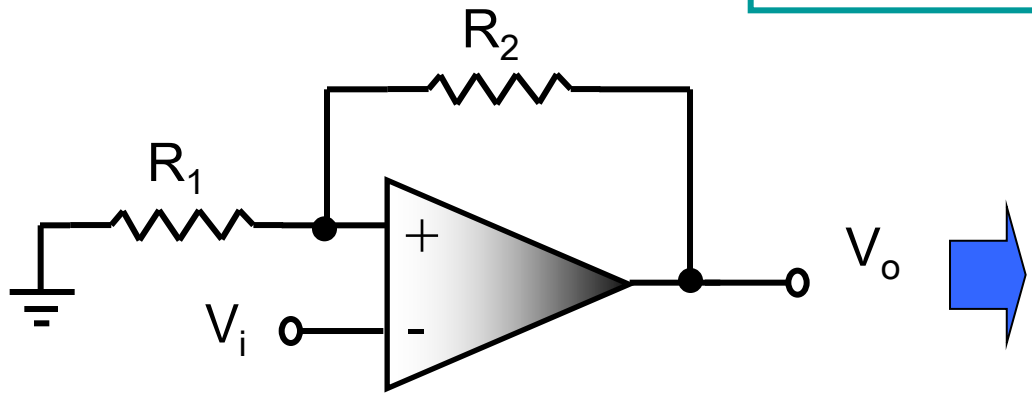


**S'autocompensa**

Realimentació positiva = **Circuit no lineal**

$$V_o = Ad(V(+)-V(-))$$

$$V_d = V(+)-V(-)$$



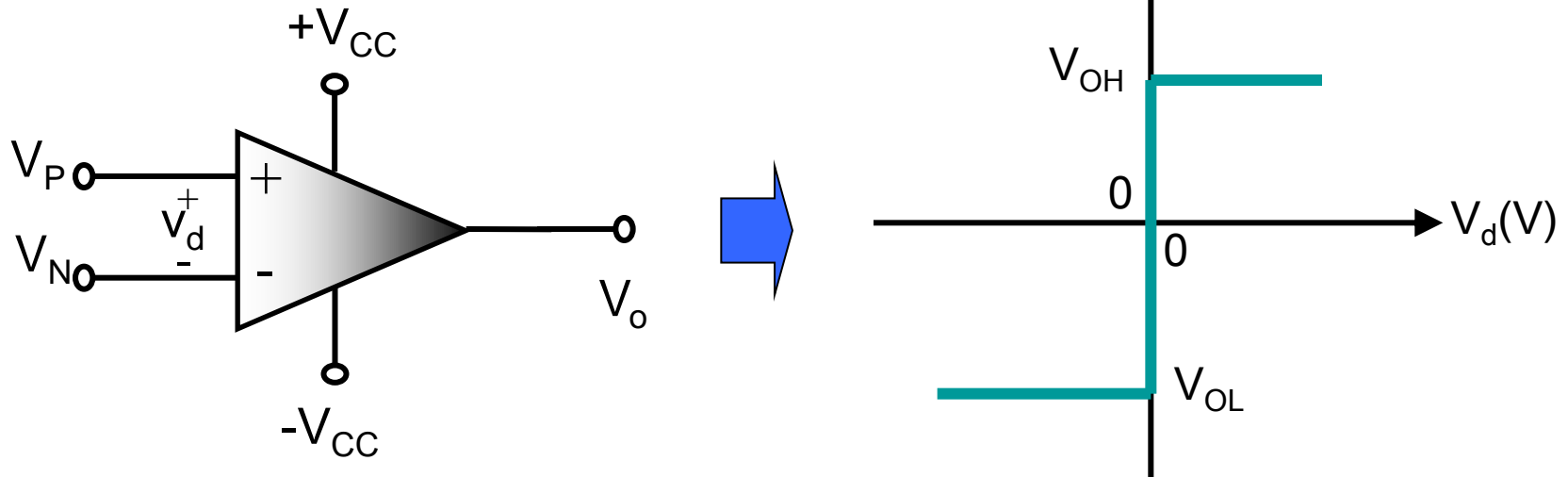
$$V_o = Ad\left(V_o \frac{R_1}{R_1 + R_2} - V_i\right)$$

Evolució de  $V_o$  en la sortida del Amp. Operacional:



## □ Comparador de voltatge:

La funció d'un comparador de voltatge consisteix en comparar el voltatge  $v_p = v(+)$  en la seva entrada positiva amb la  $v_N = v(-)$  la seva entrada negativa i obtenint en la sortida un voltatge baix  $V_{OL}$  un voltatge alt  $V_{OH}$ .

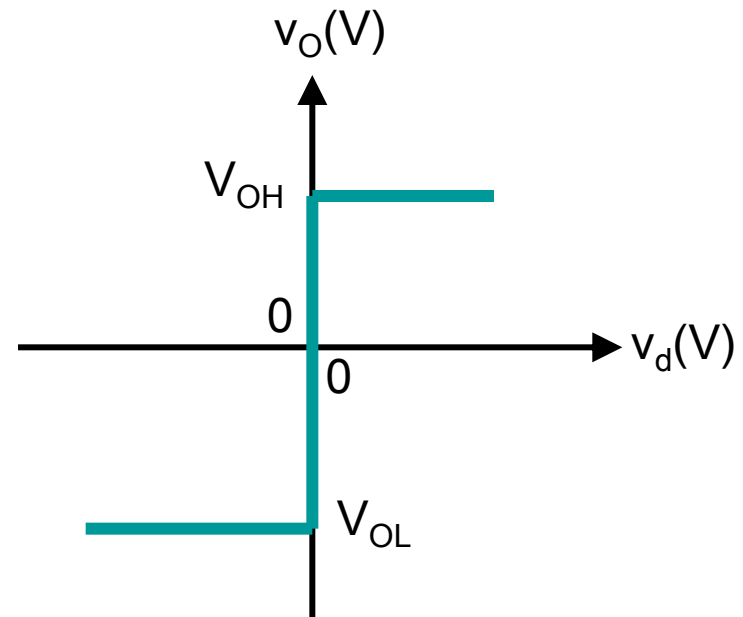


## □ Comparador de voltatge:

$V_P$  i  $V_N$  son variables analògiques i  $V_O$  es una variable binària que sols pot assumir un dels dos valors  $V_{OH}$  i  $V_{OL}$

$$V_O = V_{OH} \approx +V_{CC} \quad \text{para } V_P > V_N$$

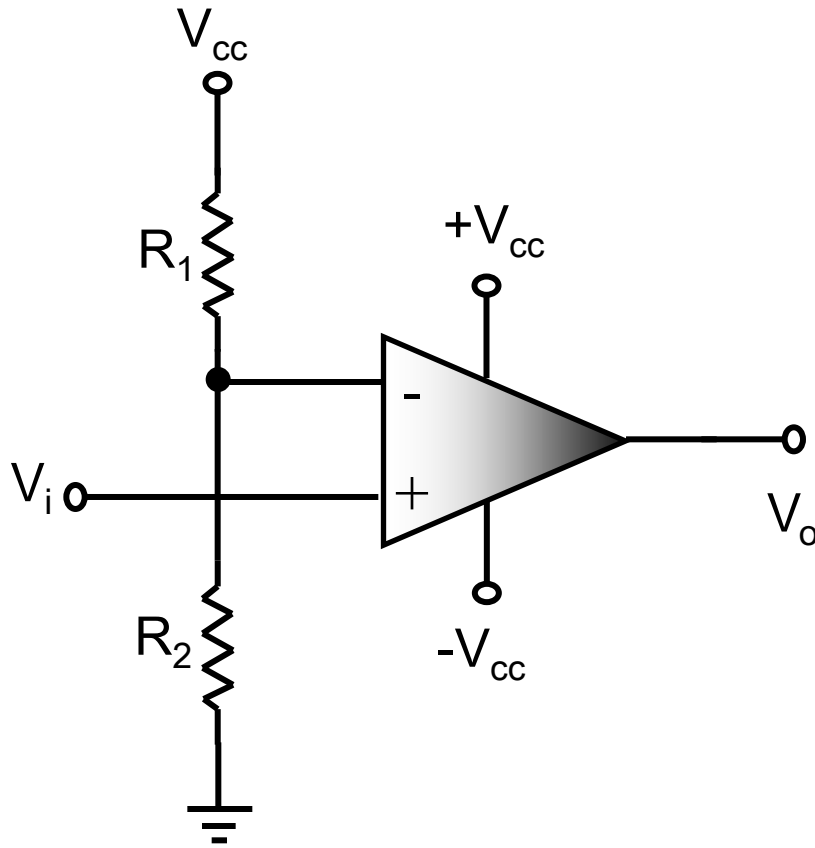
$$V_O = V_{OL} \approx -V_{CC} \quad \text{para } V_P < V_N$$





- **Aplicacions dels comparadors:**
  - **Detector de nivell bàsic amb indicador òptic**
  - **Control encès i apagat:**
    - **Temperatura**
    - **Pressió**
    - **Posició**
    - **Nivell de fluids**
    - **Intensitat de llum**

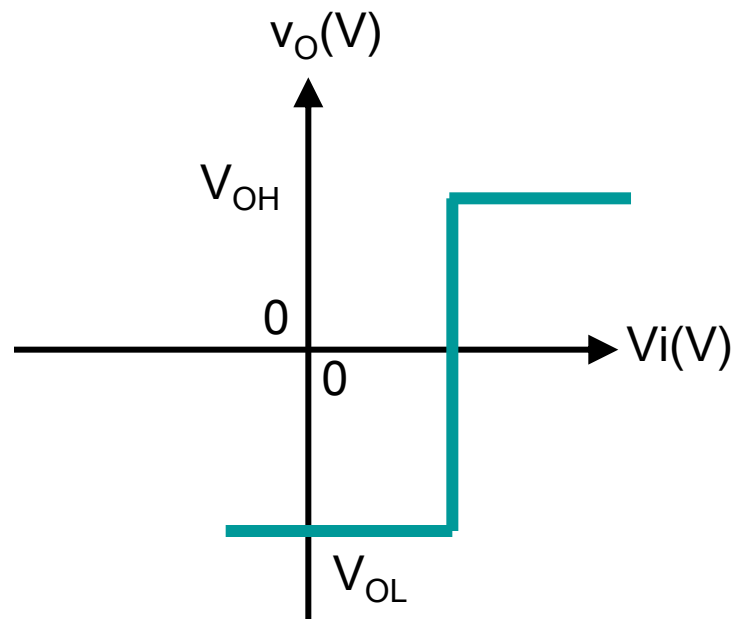
## □ Detector de nivell



$$V_{(-)} = V_{cc} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$
$$V_{(+)} = V_i$$

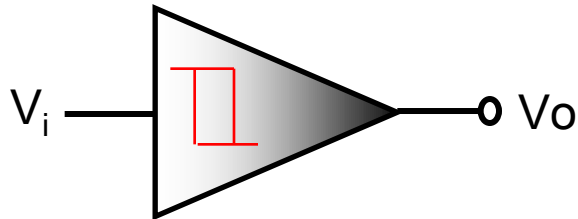
## □ Detector de nivell

$$V_i > V_{cc} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$
$$V_i < V_{cc} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



## □ Disparador trigger Schmitt (inversor):

El disparador Schmitt inversor es pot veure com un detector de límits, està controlat per la sortida. Com que la sortida té dos estats possibles, aquests límits també tenen dos valors possibles.

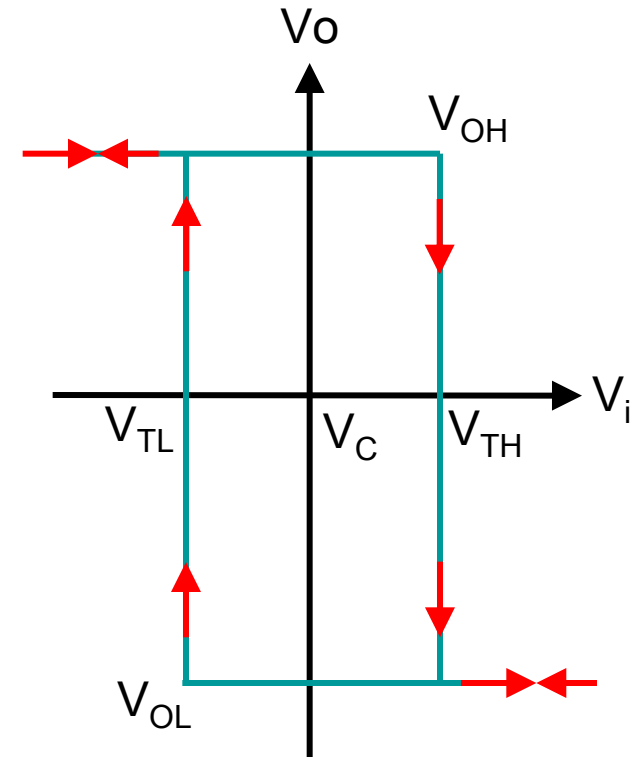


$V_{TH}$  = temps alt

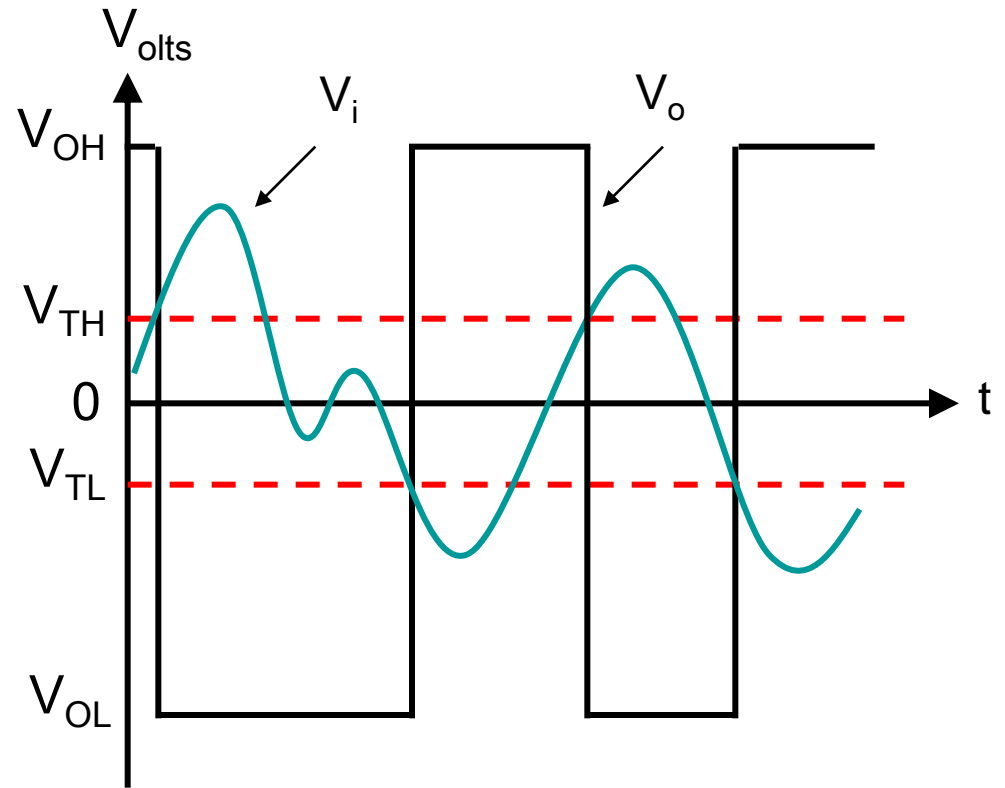
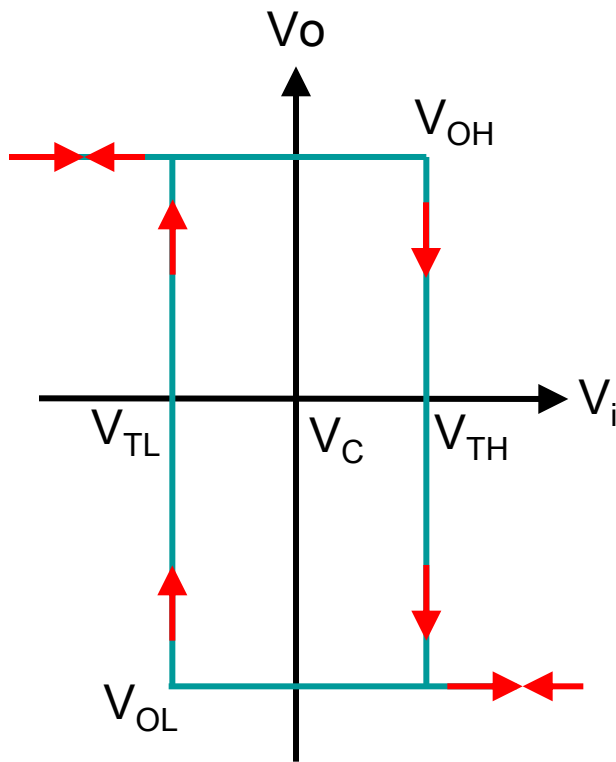
$V_{TL}$  = temps baix

$V_H$  = amplitud dels límits =  $V_{TH} - V_{TL}$

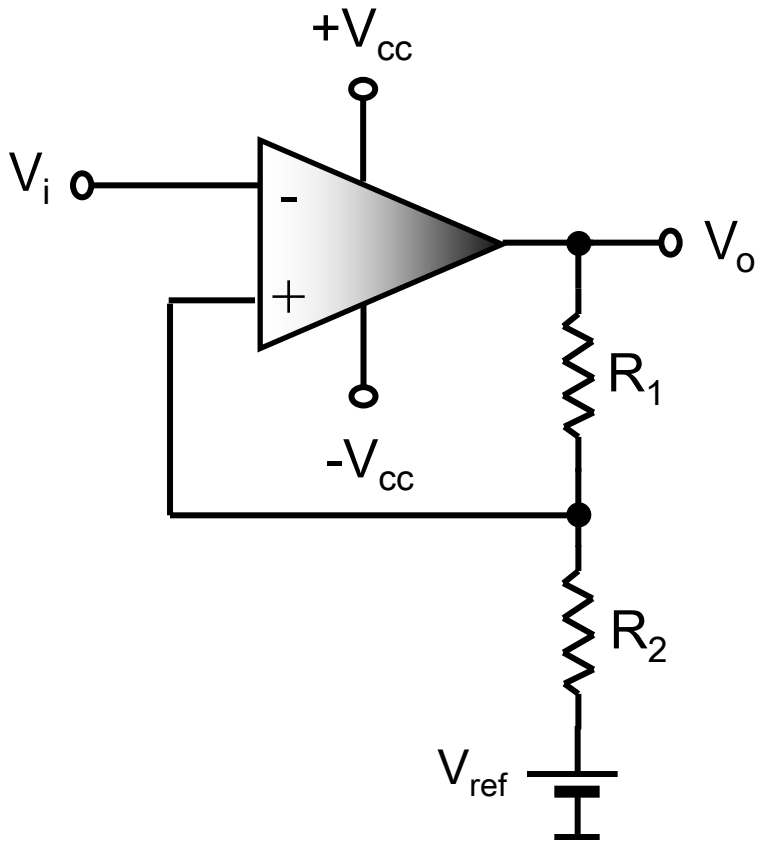
$V_C$  = tensió centre



- Disparador trigger Schmitt (inversor):



- Disparador trigger Schmitt (inversor):



$$V_{(-)} = V_i$$
$$V_{(+)} = \frac{V_o R_2 + V_{ref} R_1}{R_1 + R_2}$$

□ **Disparador trigger Schmitt (inversor):**

$$\frac{V_o R_2 + V_{ref} R_1}{R_1 + R_2} > V_i \quad V_o = +V_{cc}$$



$$\frac{V_{cc} R_2 + V_{ref} R_1}{R_1 + R_2} > V_i$$

$$\frac{V_o R_2 + V_{ref} R_1}{R_1 + R_2} < V_i \quad V_o = -V_{cc}$$



$$\frac{-V_{cc} R_2 + V_{ref} R_1}{R_1 + R_2} < V_i$$

$$\text{Si } R_1 = R_2$$

$$V_o = +V_{cc} \quad \text{para } \frac{V_{cc} + V_{ref}}{2} > V_i$$

$$V_o = -V_{cc} \quad \text{para } \frac{V_{ref} - V_{cc}}{2} < V_i$$



□ **Exemple:**

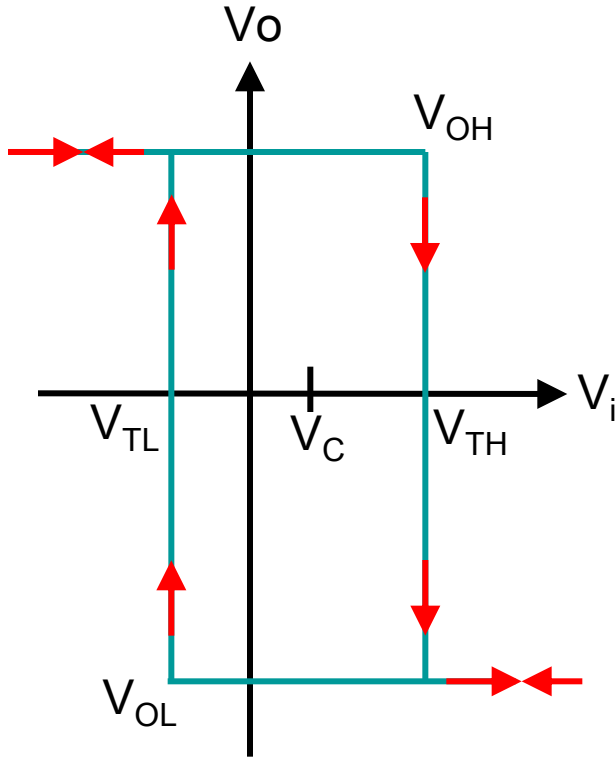
$V_{ref} = 5V$

$V_o = V_{cc}$  per

$10 > V_i$

$V_o = -V_{cc}$  per

$-5 < V_i$



$$V_{TH} = \frac{V_{cc} R_2 + V_{ref} R_1}{R_1 + R_2}$$

$$V_{TL} = \frac{V_{ref} R_1 - V_{cc} R_2}{R_1 + R_2}$$

Si  $R_1 \neq R_2$

$$V_c = \text{Punt central} = \frac{V_{TH} + V_{TL}}{2} = \quad = \quad V$$

$$V_H = V_{TH} - V_{TL} = \quad = \quad V$$

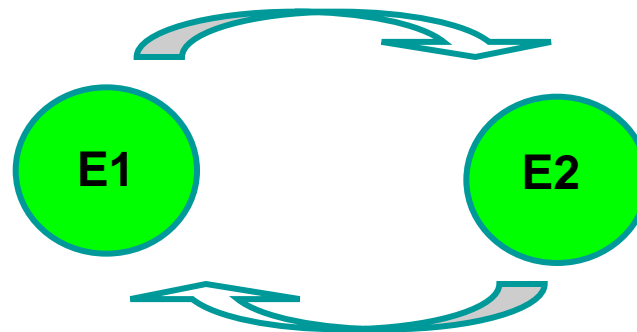


## □ Conclusions

1. Si  $V_{ref} = 0$  simètric respecte l'origen
2. Si  $V_{ref}$  es (-) el punt centre es desplaça a l'esquerra
3. Si  $V_{ref}$  es (+) el punt centre es desplaça a la dreta

El comparador trigger és un circuit Biestable.

Aquest té dos estats estables  $V_o = V_{cc}$  i  $V_o = -V_{cc}$



## □ Exercici

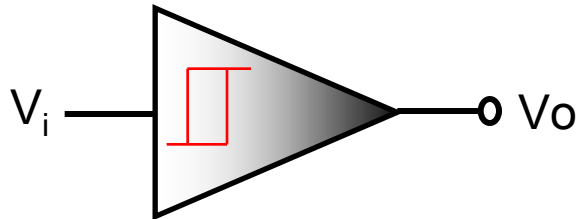
Ens hem comprat uns peixos tropicals, en la tenda de mascotes ens han recomanat que la temperatura ideal per a l'espècie que tenim és de  $22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Hem comprat un sensor de temperatura que ens dóna  $50\text{mV}/^{\circ}\text{C}$  i una resistència calefactora de  $150\text{ W}$  a  $48\text{ VDC}$ .

- a) Dissenyar un circuit que sigui capaç de controlar la temperatura de la peixera.
- b) Donar els valors dels components.
- c) Dissenyar un circuit que engegui un led d'alarma quan la temperatura superi els  $25^{\circ}\text{C}$

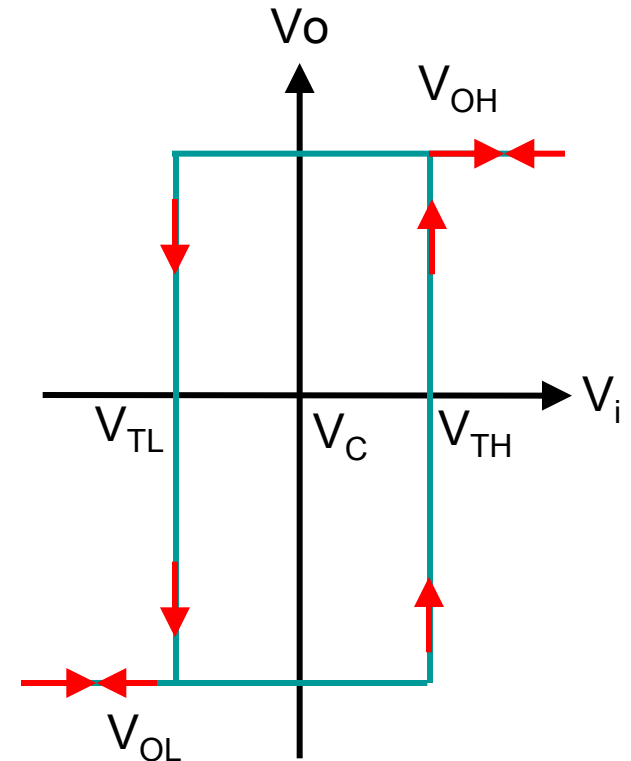
NOTA: suposar que la saturació dels operacionals és de  $\pm 15$

## □ Disparador trigger Schmitt (no inversor):

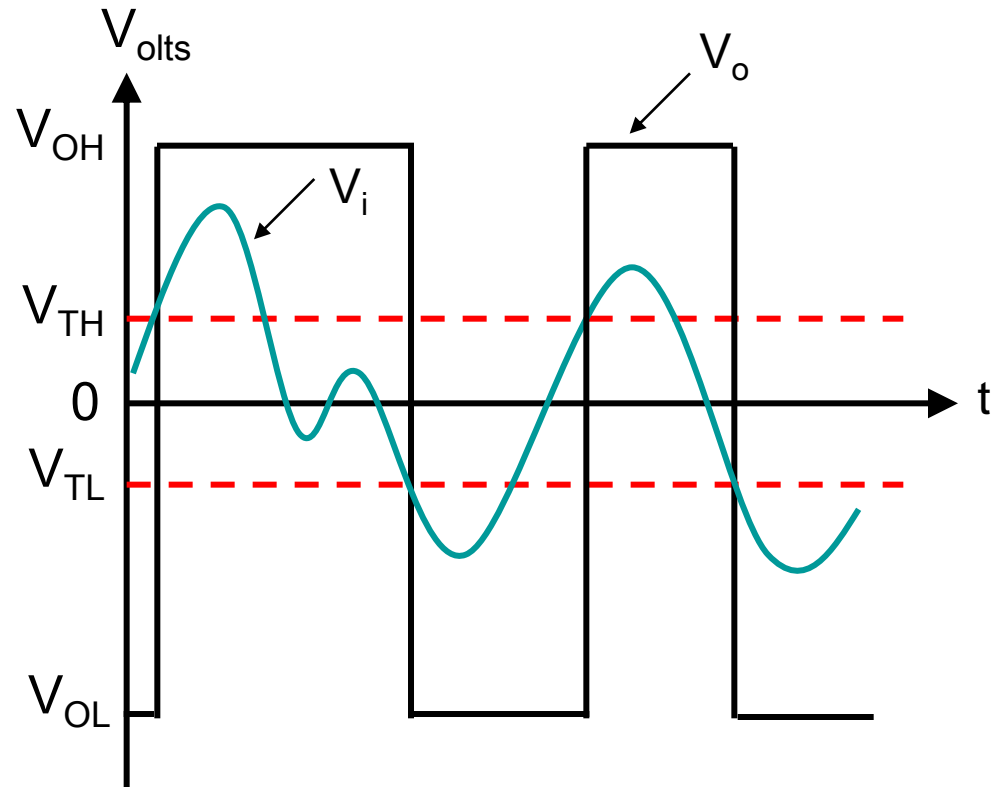
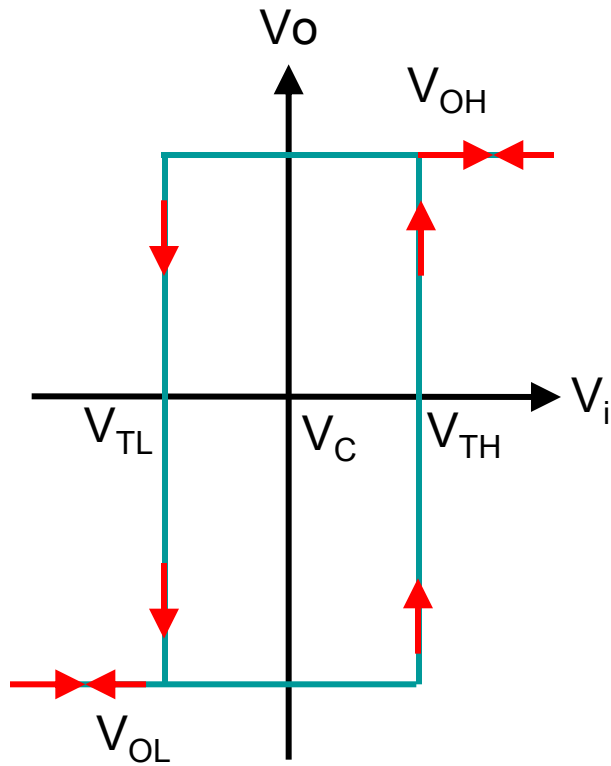
El disparador Schmitt no inversor pot veure com un detector de límits , està controlat per la sortida. Com que la sortida té dos estats possibles, aquests límits també tenen dos valors possibles.



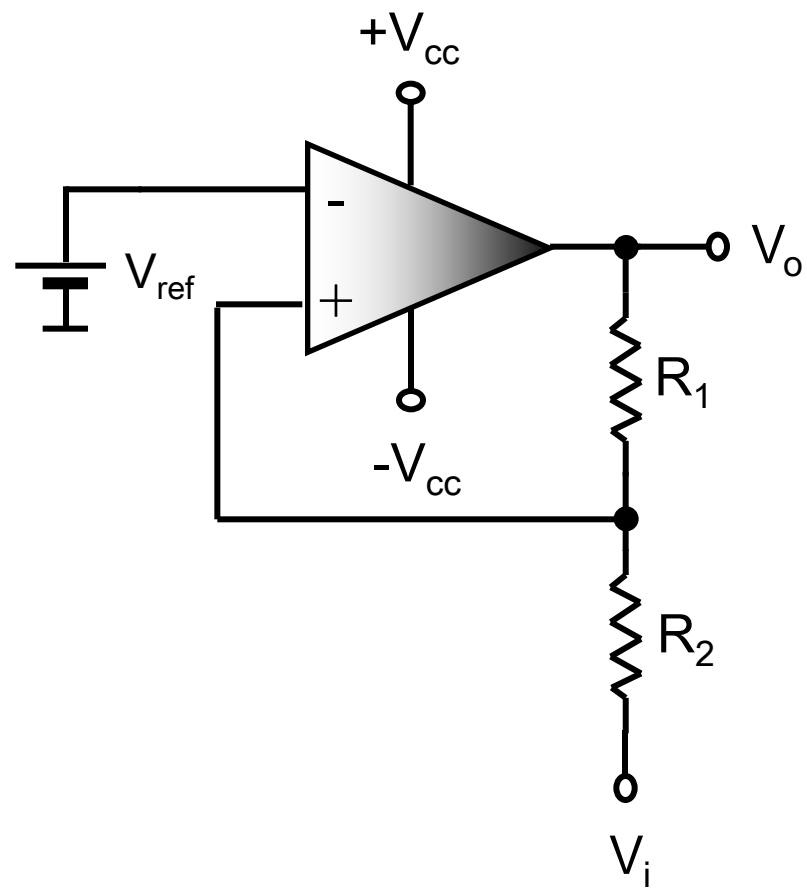
$V_{TH}$  = temps en estat alt  
 $V_{TL}$  = temps en estat baix  
 $V_H$  = amplitud entre límits =  $V_{TH} - V_{TL}$   
 $V_C$  = tensió centre



- Disparador trigger Schmitt (no inversor):



- **Disparador trigger Schmitt (no inversor):**



$$V_{(-)} = V_{ref}$$

$$V_{(+)} = \frac{V_o R_2 + V_i R_1}{R_1 + R_2}$$

**Exercici:** buscar les expressions matemàtiques de la  $V_{TH}$  i  $V_C$  d'aquest circuit.

- ❑ Oscil·ladors controlats per tensió
- ❑ Resolució d'exercicis d'aplicació
- ❑ Oscil·ladors sinusoidals
- ❑ Generadors de forma d'ona

### **Bibliografia:**

[B4] James M. Fiore, "Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales", Ed. Thomson. Capítol: 9.

[B4] Rafael Pindado, "Electrónica analógica Integrada", Ed. Marcombo. Capítol: 3

[C4] Alvert Paul Malvino, "Principios de Electrónica", Ed. McGraw-Hill. Capítol: 23

[C4] Norbet R. Malik, "Circuitos Electrónicos", Prentice Hall. Capítol: 14

## □ Generador de senyals amb el LM555

El circuit integrat 555 és un dispositiu altament estable utilitzat per a la generació de senyals de polsos.

La presentació DIP de 8 pins es la més comú. També està disponible l'encapsulat de muntatge superficial, amb la referència LM555CM.



Dip 8 pins

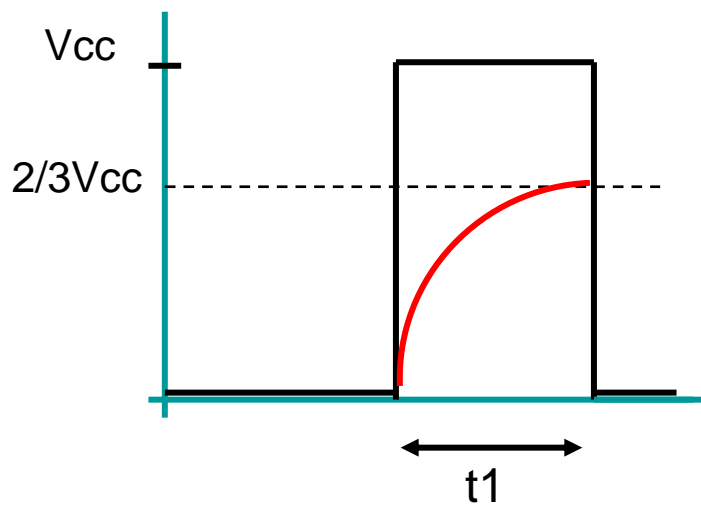


SMD

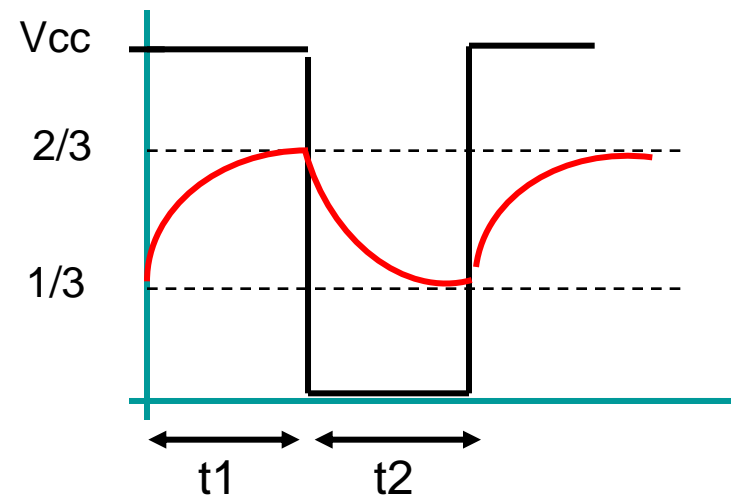
En aquesta secció de la lliçó estudiarem els dos modes bàsics de funcionament: el astable o rellotge i el monoestable o temporitzador.

## □ Funcionament del LM555

### Aplicació monoestable (temporitzador)



### Aplicació astable (oscil.lador)





## □ Generador de senyals amb el LM555

**Pin 1.- Massa (GND).**

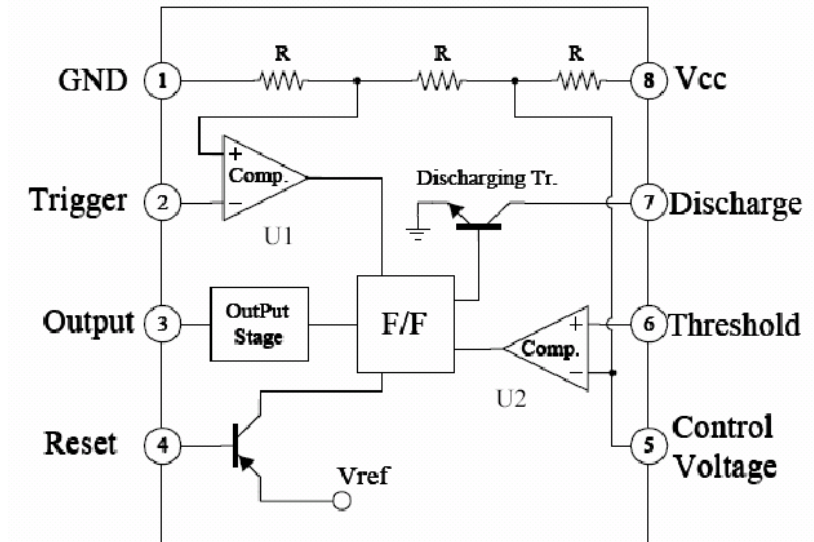
**Pin 2.- Entrada d'activació (Trigger).**



**Pin 3.- Sortida (Output).**

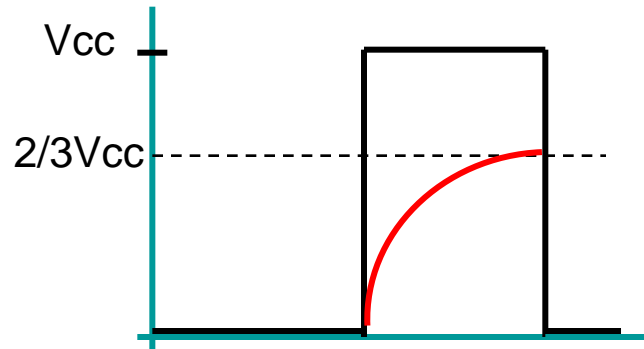
**Pin 4.- Reset**

**Pin 5.- Tensió de Control (Control Voltage).**



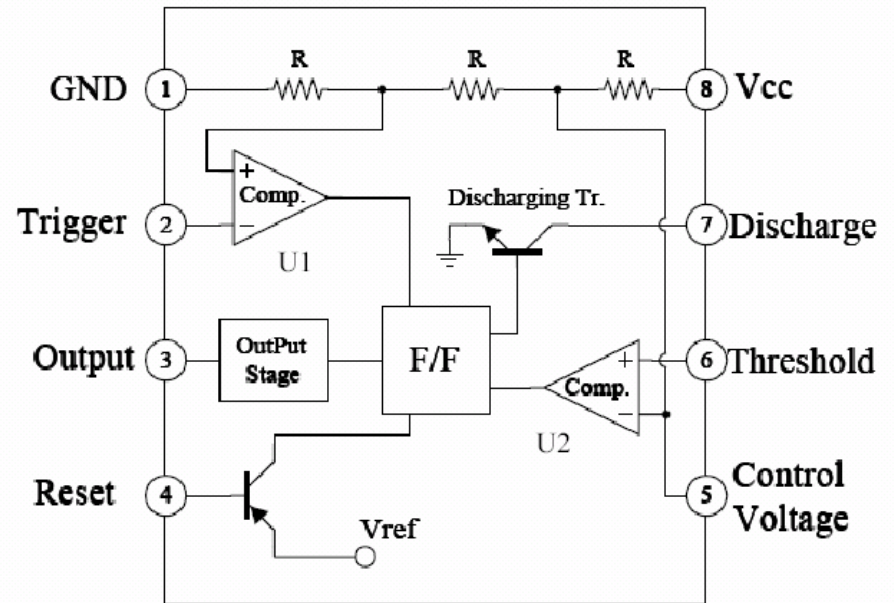
## □ Generador de senyals amb el LM555

**Pin 6.- Límit (Threshold).**

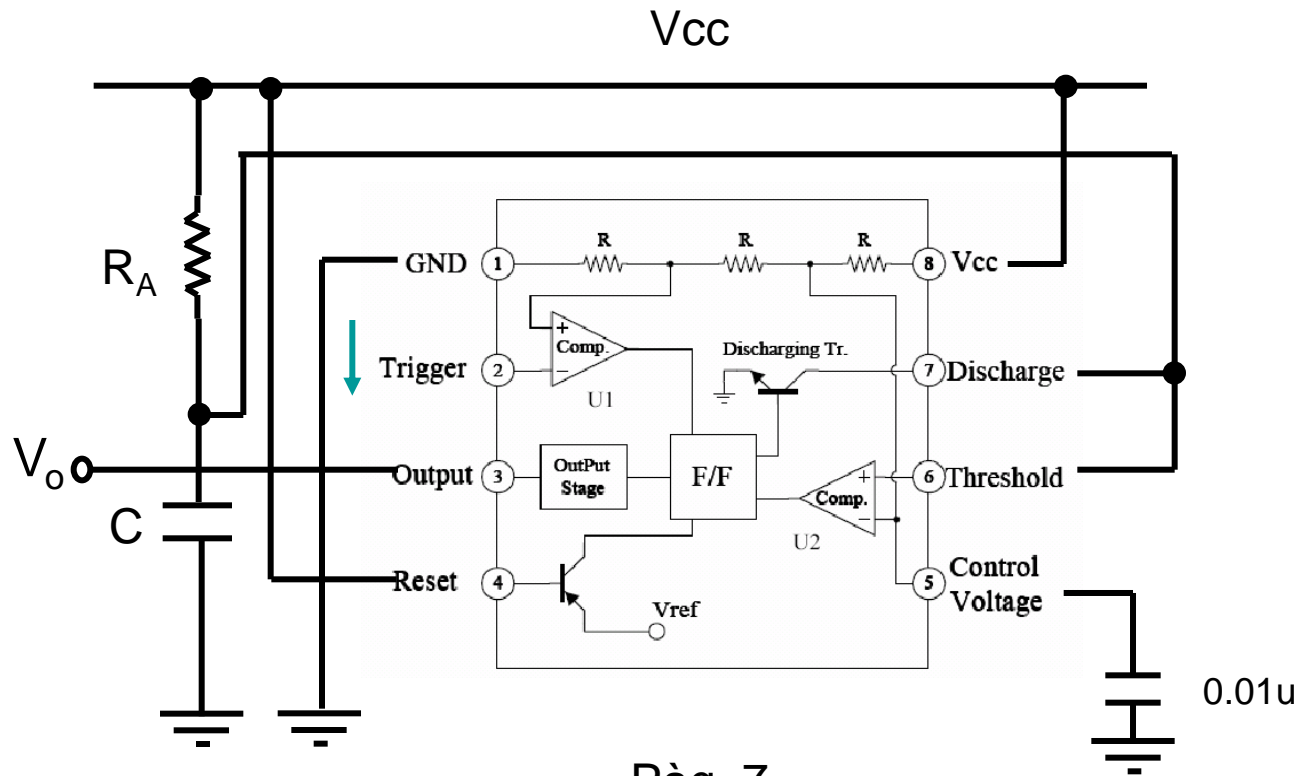


**Pin 7.- Descàrrega (Discharge).**

**Pin 8.- Alimentació (V+ o Vcc).**



□ Aplicació com a monoestable (temporitzador)

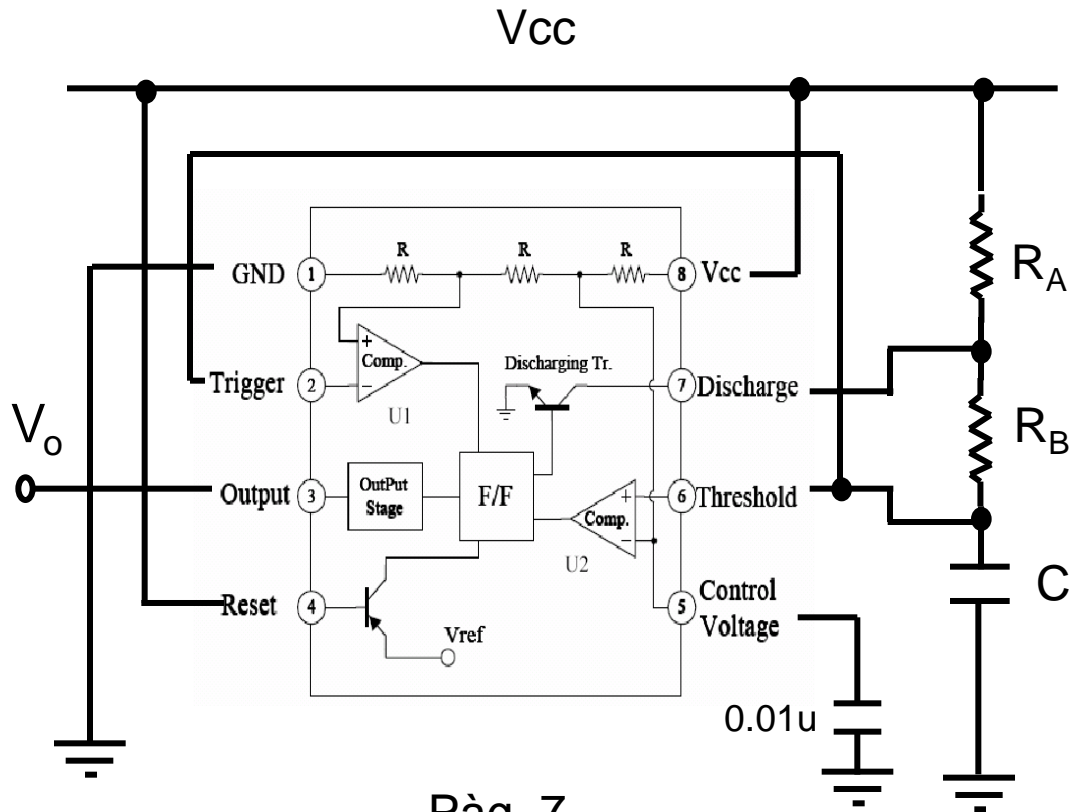


$$t = 1.1R_A C$$

Pàg. 7



## □ Aplicació com a astable oscil·lador



$$t1 = 0.693(R_A + R_B)C$$

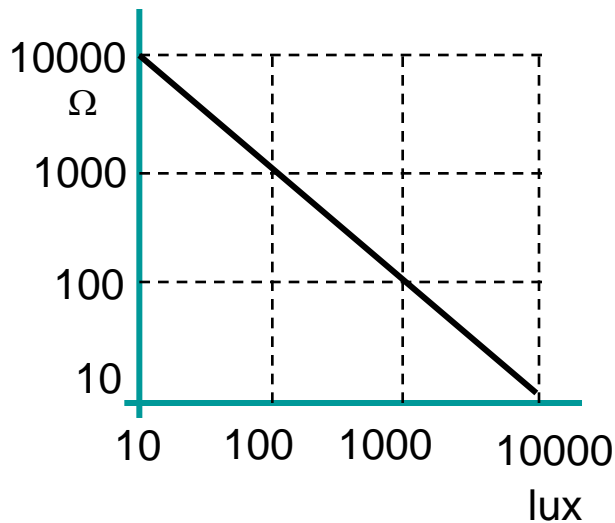
$$t2 = 0.693(R_B)C$$

Pàg. 7

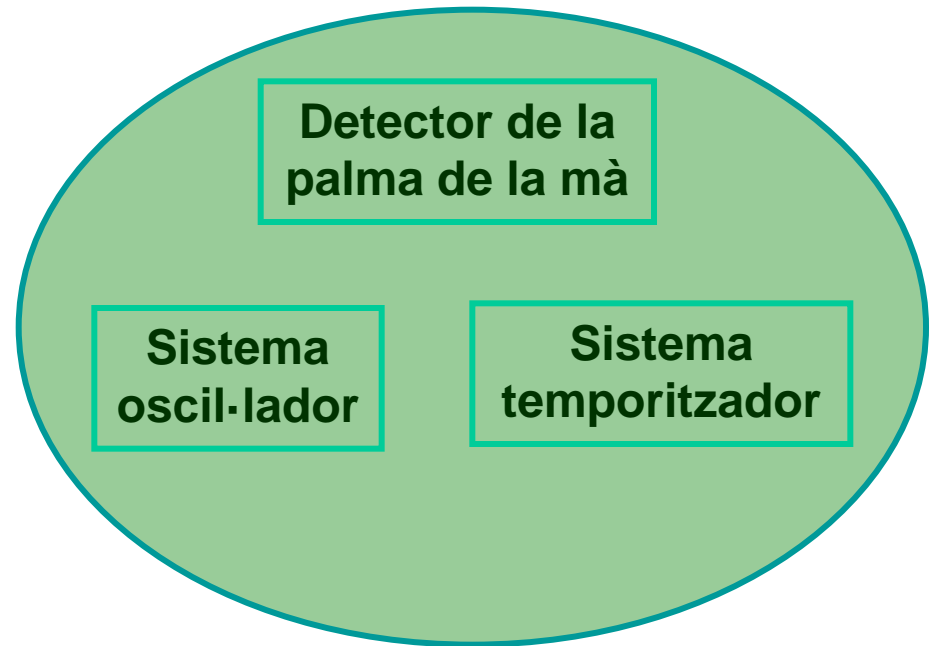


## □ Exercici d'aplicació

Es disposa d'una resistència LDR, aquesta varia el seu valor òhmic a raó de la gràfica mostrada a continuació. Es pretén dissenyar un sistema que en sobrepassar el palmell de la mà per sobre d'aquesta resistència, sigui encès i apagat un led amb un període de 0,5 segons i que aquesta oscil·lació es pari després de 10 segons.

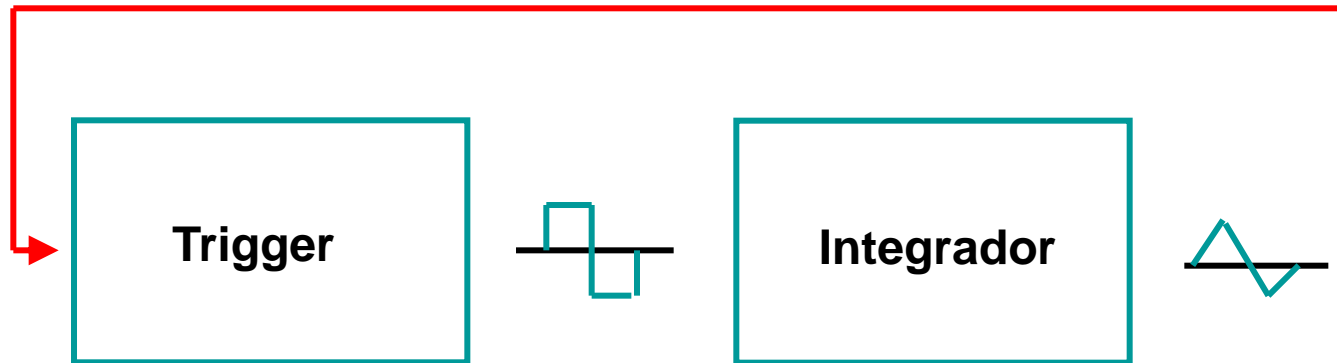


Nota: considera 1000 lux en el disseny ● pràc. ●

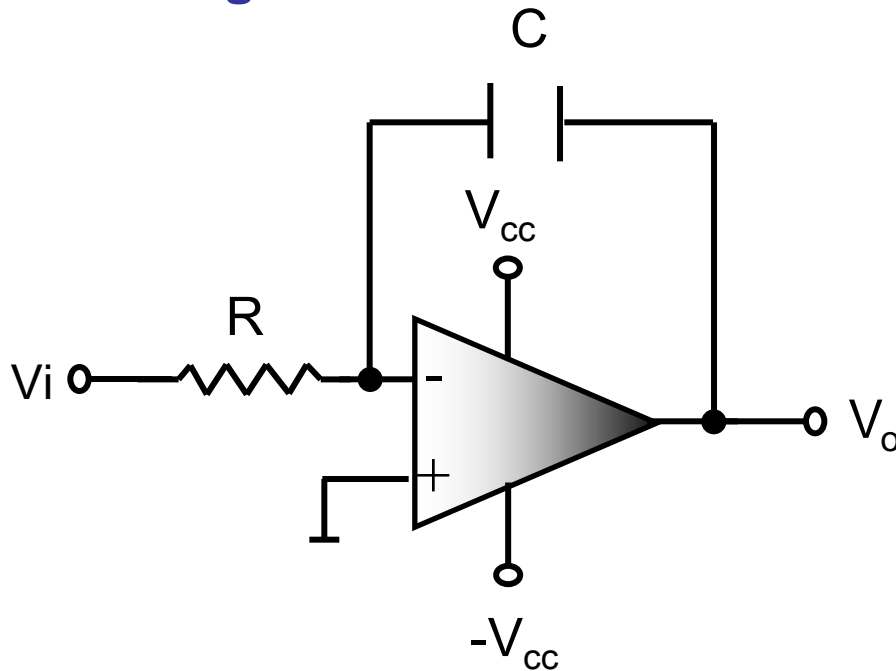


## □ Generador d'ona triangular

Les ones triangulars es generen mitjançant la càrrega i descàrrega d'un condensador amb una corrent constant.



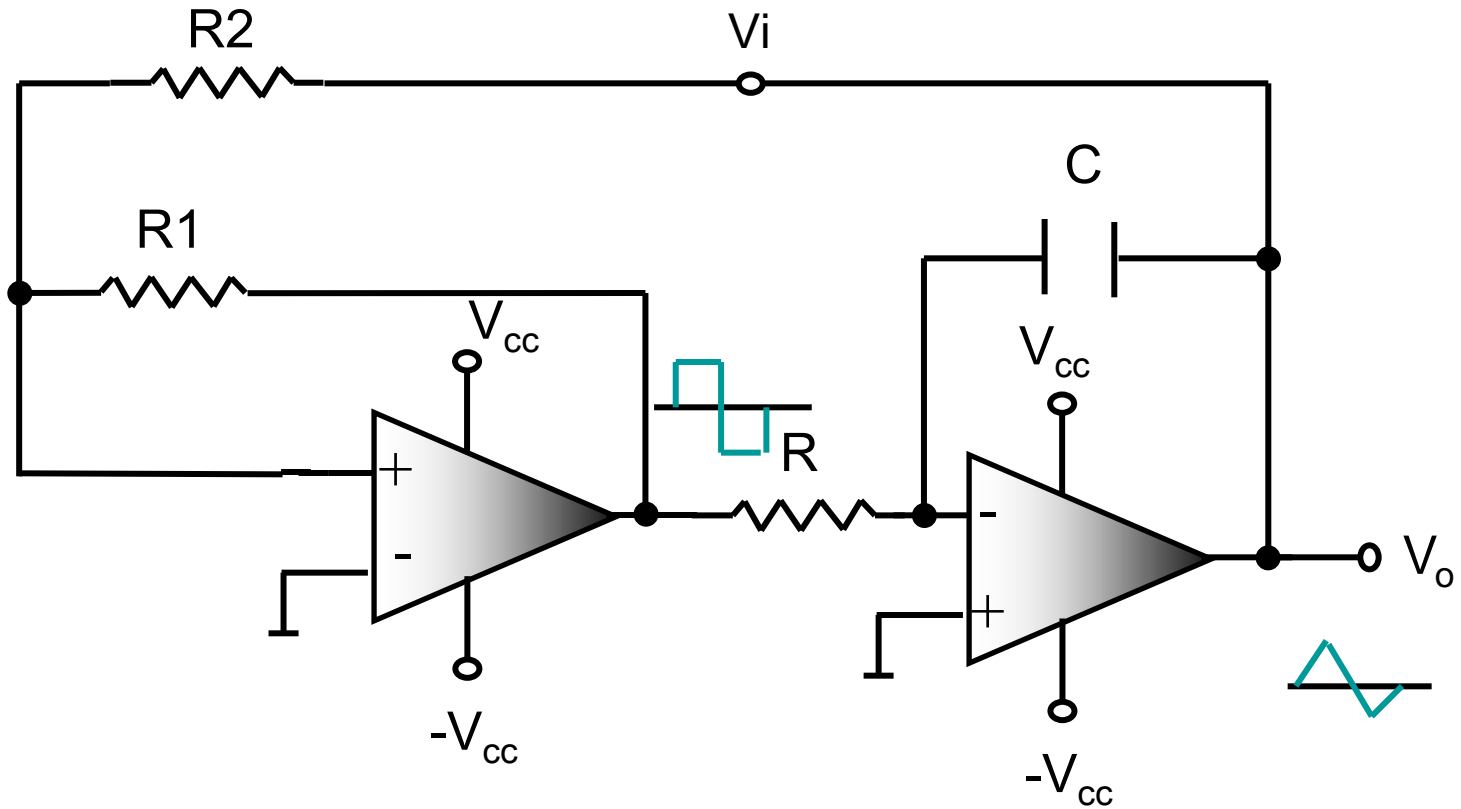
□ Integrador



$$V_o(t) = -\frac{1}{RC} \int V_i dt$$

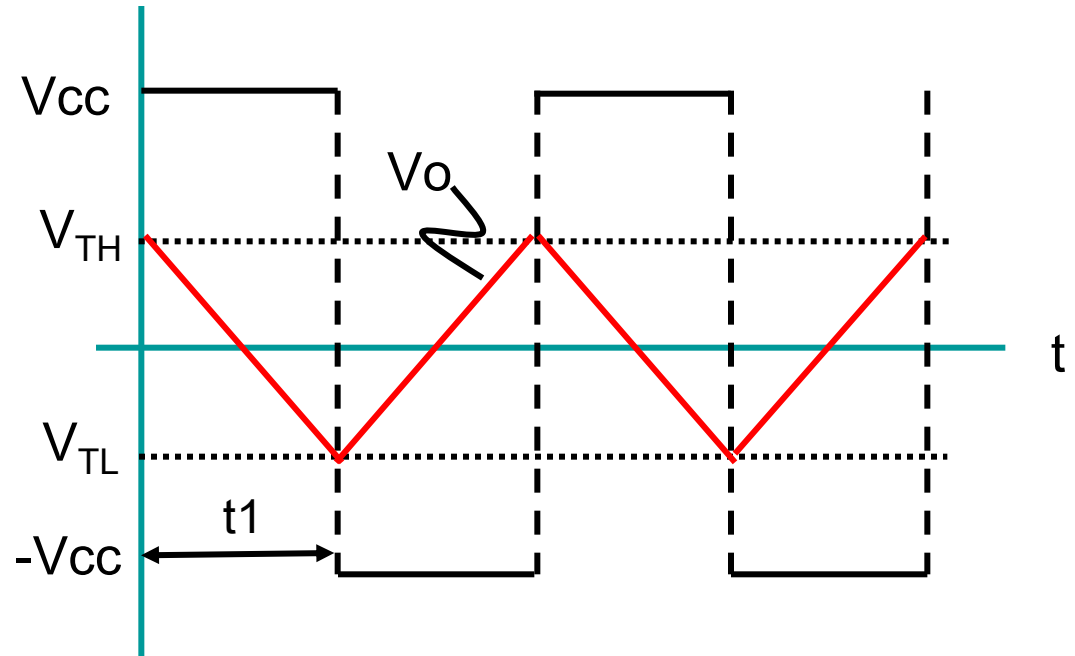
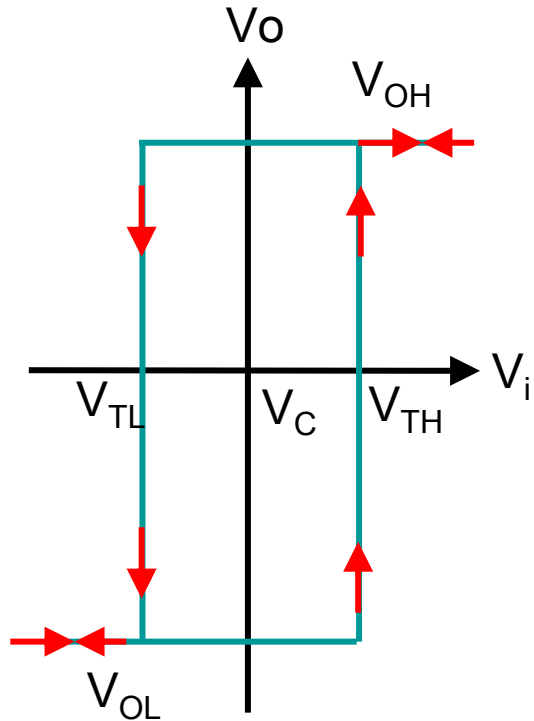
$\text{Si } V_i = V_{cc}$ $V_o = -\frac{V_{cc}}{RC} t$	$\text{Si } V_i = -V_{cc}$ $V_o = \frac{V_{cc}}{RC} t$
--	--

□ Generador d'ona triangular

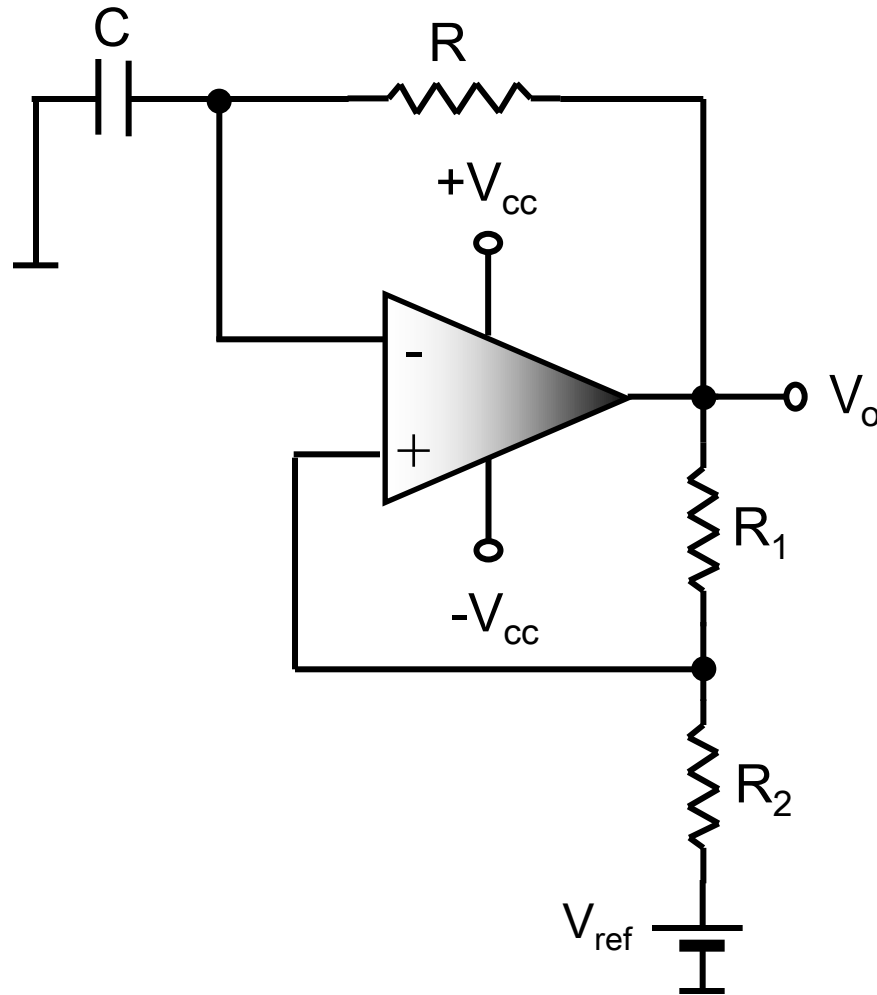




## □ Generador d'ona triangular



## □ Oscil·lador (circuit astable)



**Exercici:** buscar les expressions matemàtiques del temps de càrrega i descàrrega d'aquest circuit.

Modificar el circuit per tal que el temps de càrrega i descàrrega siguin diferents.

□ Oscil·lador (circuit astable)

