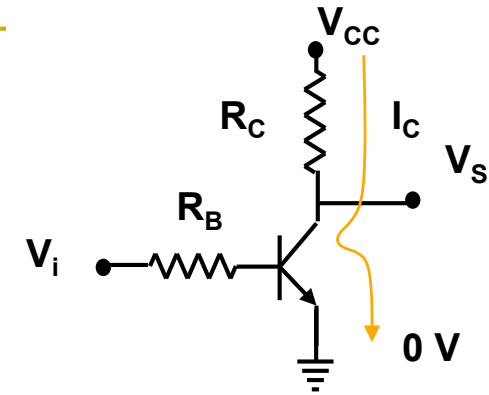


# TEMA 8: EL TRANSISTOR



## 8.4 El transistor como conmutador

### ■ Transistor NPN:

→  $V_S$  coincide con  $V_{CE}$ ;  $V_i$  determina  $V_{BE}$

#### □ En saturación:

- el transistor deja pasar corriente →  $I_C$  grande
- al ser  $I_C$  grande →  $R_C I_C$  grande
- →  $V_{CE}$  es pequeña → **cuando  $V_S \approx 0$  → CERO LÓGICO**

#### □ En corte:

- el transistor no deja pasar corriente →  $I_C$  pequeña
- al ser  $I_C$  pequeña →  $R_C I_C$  pequeña
- →  $V_{CE}$  es grande → **cuando  $V_S \approx V_{CC}$  → UNO LÓGICO**

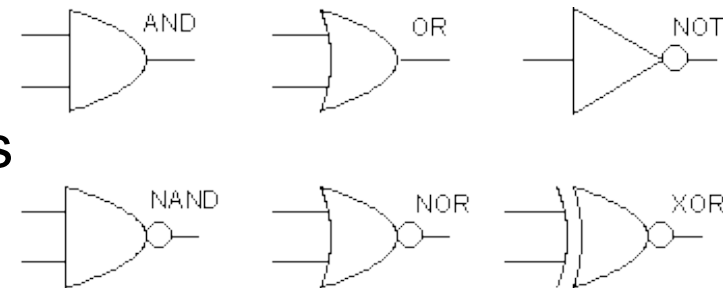
# TEMA 8: EL TRANSISTOR

## 8.5 Puertas lógicas

- Lógica de Boole: utiliza variables, preposiciones o conjuntos sólo con dos valores: verdadero o falso (1-0, on-off,  $V_S = V_i, 0$ )
- Operaciones lógicas:
  - Materializadas mediante circuitos electrónicos que admiten 2 estados

### PUERTAS LÓGICAS

- Puertas lógicas:
  - circuitos basados en transistores
  - constituyen la jerarquía inferior de los ordenadores



<http://www.electronicaestudio.com/simbologia.htm>

Fundamentos Físicos de la Informática  
Carmen Martínez Tomás y Nuria Garro  
Curs 2009-2010

# TEMA 8: EL TRANSISTOR

## Puerta NO

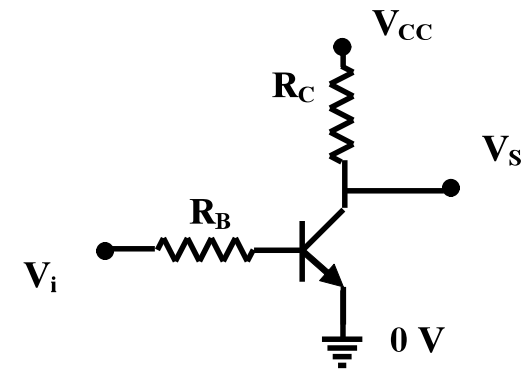
- Principio de funcionamiento:

- Si  $V_i \cong 0 \rightarrow I_B \cong 0$



(cero lógico)  $I_C = \beta I_B \cong 0$  (corte)

$V_S = V_{CC} - I_C R_C \cong V_{CC}$  (uno lógico)



# TEMA 8: EL TRANSISTOR

## Puerta NO

- Principio de funcionamiento:

- Si  $V_i \cong 0 \rightarrow I_B \cong 0$



(cero lógico)  $I_C = \beta I_B \cong 0$  (corte)

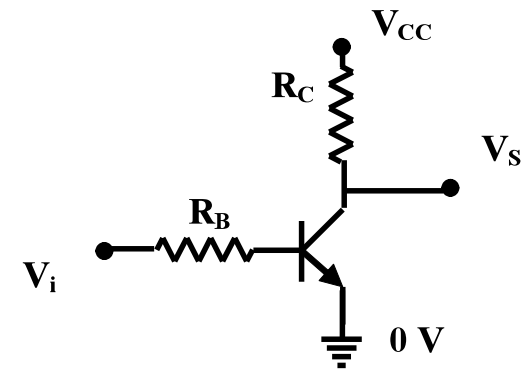
$$V_S = V_{CC} - I_C R_C \cong V_{CC} \text{ (uno lógico)}$$

- Si  $V_i = V_{CC} \rightarrow I_B$  es grande ( $I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$ )



(uno lógico)  $I_C = \beta I_B$  es grande (saturación)

$$V_S = V_{CC} - I_C R_C \cong 0 \text{ (cero lógico)}$$



# TEMA 8: EL TRANSISTOR

## Puerta NO

- Principio de funcionamiento:

- Si  $V_i \cong 0 \rightarrow I_B \cong 0$

↓

(cero lógico)  $I_C = \beta I_B \cong 0$  (corte)

↘

$$V_S = V_{CC} - I_C R_C \cong V_{CC} \text{ (uno lógico)}$$

- Si  $V_i = V_{CC} \rightarrow I_B$  es grande ( $I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$ )

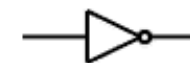
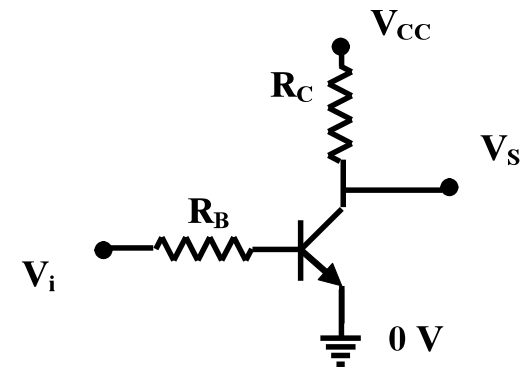
↓

(uno lógico)  $I_C = \beta I_B$  es grande (saturación)

↘

$$V_S = V_{CC} - I_C R_C \cong 0 \text{ (cero lógico)}$$

- Por tanto, la **TABLA DE VERDAD** será:



$V_i$	$V_S$
0	1
1	0

# TEMA 8: EL TRANSISTOR

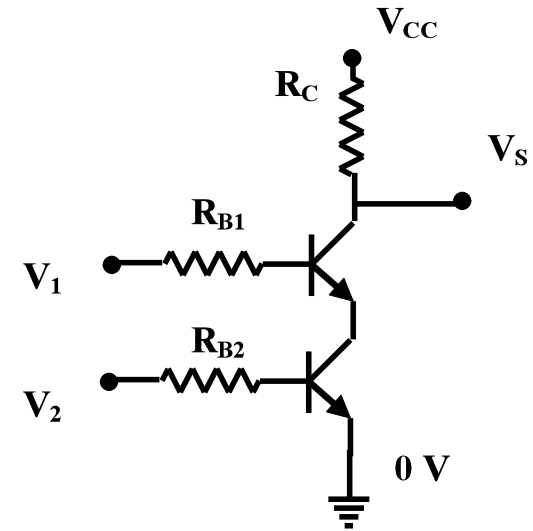
## Puerta NAND

- Principio de funcionamiento:

○ Si  $V_1 = V_2 \cong 0 \rightarrow I_{B1} = I_{B2} \cong 0$

$I_C \cong 0$  (corte)

$V_S \cong V_{CC}$  (uno lógico)



# TEMA 8: EL TRANSISTOR

## Puerta NAND

- Principio de funcionamiento:

○ Si  $V_1 = V_2 \cong 0 \rightarrow I_{B1} = I_{B2} \cong 0$

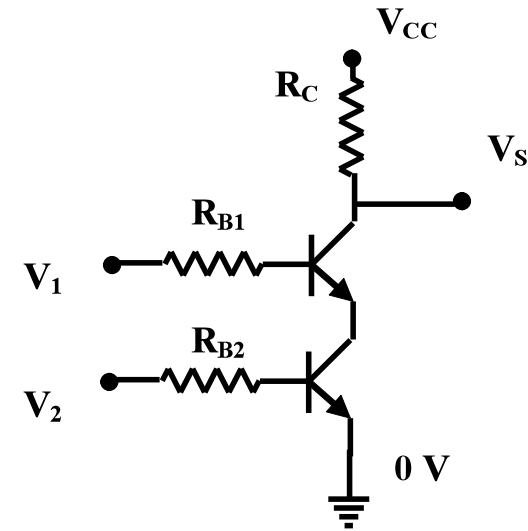
$I_C \cong 0$  (corte)

$V_S \cong V_{CC}$  (uno lógico)

○ Si  $V_1 \cong 0$   
 $V_2 = V_{CC}$  }  $\rightarrow$  un transistor conduce y  
el otro está en corte (no  
deja pasar corriente)

ó

$V_1 = V_{CC}$   
 $V_2 \cong 0$  }  $I_C \cong 0$   
 $V_S \cong V_{CC}$  (uno lógico)



# TEMA 8: EL TRANSISTOR

## Puerta NAND

- Principio de funcionamiento:

- Si  $V_1 = V_2 \cong 0 \rightarrow I_{B1} = I_{B2} \cong 0$

$$I_C \cong 0 \text{ (corte)}$$

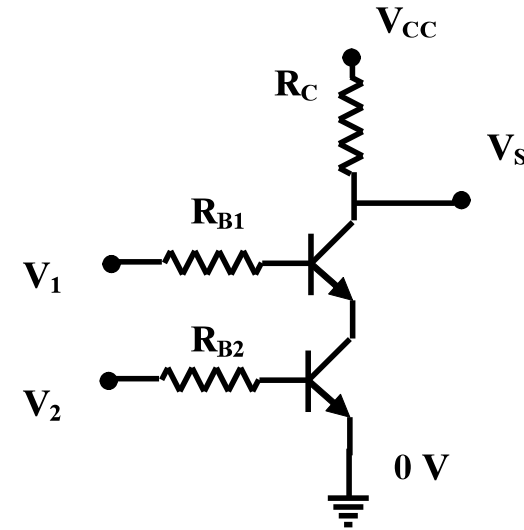
$$V_S \cong V_{CC} \text{ (uno lógico)}$$

- Si  $V_1 \cong 0$   
 $V_2 = V_{CC}$  }  $\rightarrow$  un transistor conduce y  
el otro está en corte (no  
deja pasar corriente)

- $V_1 = V_{CC}$   
 $V_2 \cong 0$  }  $I_C \cong 0$

$$V_S \cong V_{CC} \text{ (uno lógico)}$$

- Si  $V_1 = V_2 = V_{CC} \rightarrow I_{B1} \neq 0, I_{B2} \neq 0, I_C \neq 0 \rightarrow V_S \cong 0 \text{ (cero lógico)}$





# TEMA 8: EL TRANSISTOR

## Puerta NAND

- Principio de funcionamiento:

○ Si  $V_1 = V_2 \cong 0 \rightarrow I_{B1} = I_{B2} \cong 0$

$I_C \cong 0$  (corte)

$V_S \cong V_{CC}$  (uno lógico)

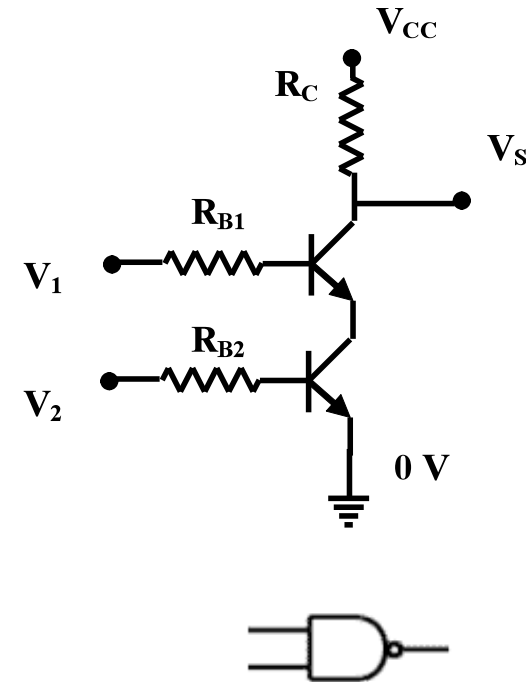
○ Si  $V_1 \cong 0$   
 $V_2 = V_{CC}$  }  $\rightarrow$  un transistor conduce y  
 el otro está en corte (no  
 deja pasar corriente)

ó

$V_1 = V_{CC}$  }  $I_C \cong 0$

$V_2 \cong 0$  }  $V_S \cong V_{CC}$  (uno lógico)

○ Si  $V_1 = V_2 = V_{CC} \rightarrow I_{B1} \neq 0, I_{B2} \neq 0, I_C \neq 0 \rightarrow V_S \cong 0$  (cero lógico)



Por tanto, la **TABLA DE VERDAD** será:

$V_1$	$V_2$	$V_S$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

# TEMA 8: EL TRANSISTOR

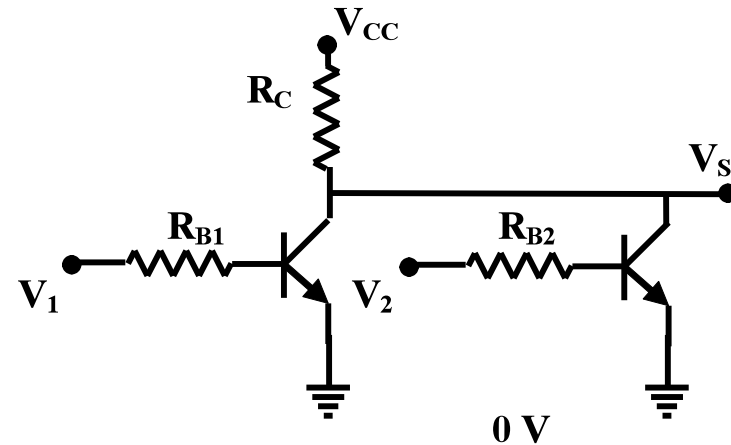
## Puerta NOR

- Principio de funcionamiento:

Si  $V_1 = V_2 \cong 0 \rightarrow I_{B1} = I_{B2} \cong 0$

$V_1 = V_2 \cong 0$

$I_C \cong 0$  (corte)  
 $V_S \cong V_{CC}$  (uno lógico)



# TEMA 8: EL TRANSISTOR

## Puerta NOR

- Principio de funcionamiento:

Si  $V_1 = V_2 \cong 0 \rightarrow I_{B1} = I_{B2} \cong 0$

$V_1 = V_2 \cong 0$

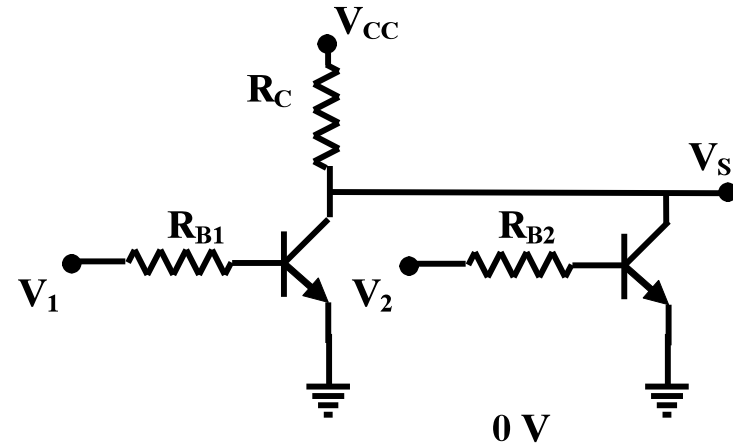
$I_C \cong 0$  (corte)

$V_S \cong V_{CC}$  (uno lógico)

Si  $V_1 = 0$  }  $\rightarrow$  un transistor conduce y  
 $V_2 = V_{CC}$  } el otro está en corte;

ó

$V_1 = V_{CC}$  }  $\rightarrow$  el que conduce hace que  
 $V_2 = 0$  }  $V_S = 0$  (cero lógico)



# TEMA 8: EL TRANSISTOR

## Puerta NOR

- Principio de funcionamiento:

Si  $V_1 = V_2 \cong 0 \rightarrow I_{B1} = I_{B2} \cong 0$

$V_1 = V_2 \cong 0$

$I_C \cong 0$  (corte)

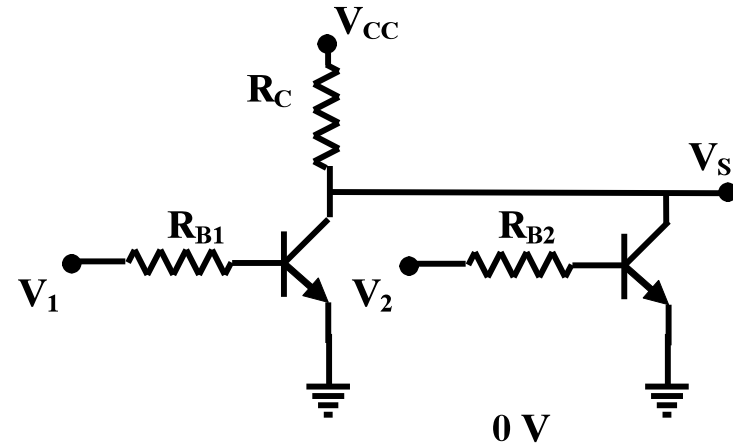
$V_S \cong V_{CC}$  (uno lógico)

Si  $V_1 = 0$  }  $\rightarrow$  un transistor conduce y  
 $V_2 = V_{CC}$  } el otro está en corte;

ó

$V_1 = V_{CC}$  }  $\rightarrow$  el que conduce hace que  
 $V_2 = 0$  }  $V_S = 0$  (cero lógico)

Si  $V_1 = V_2 = V_{CC} \rightarrow I_{B1} \neq 0, I_{B2} \neq 0, I_C \neq 0 \rightarrow V_S = 0$  (cero lógico)



# TEMA 8: EL TRANSISTOR

## Puerta NOR

- Principio de funcionamiento:

Si  $V_1 = V_2 \cong 0 \rightarrow I_{B1} = I_{B2} \cong 0$

$V_1 = V_2 \cong 0$

$I_C \cong 0$  (corte)

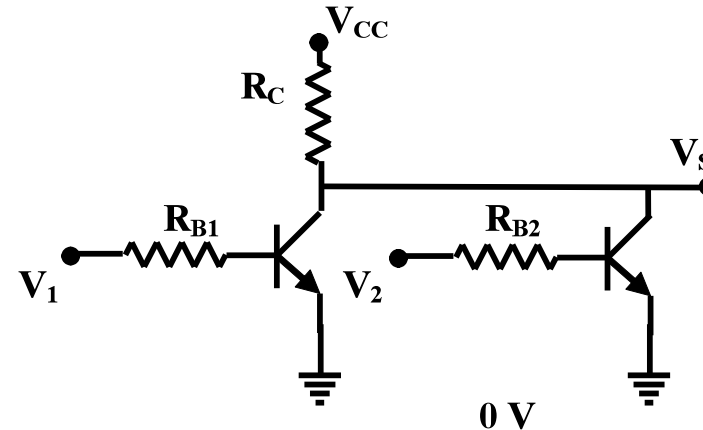
$V_S \cong V_{CC}$  (uno lógico)

Si  $V_1 = 0$  }  $\rightarrow$  un transistor conduce y  
 $V_2 = V_{CC}$  } el otro está en corte;

ó

$V_1 = V_{CC}$  }  $\rightarrow$  el que conduce hace que  
 $V_2 = 0$  }  $V_S = 0$  (cero lógico)

Si  $V_1 = V_2 = V_{CC} \rightarrow I_{B1} \neq 0, I_{B2} \neq 0, I_C \neq 0 \rightarrow V_S = 0$  (cero lógico)



$V_1$	$V_2$	$V_S$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

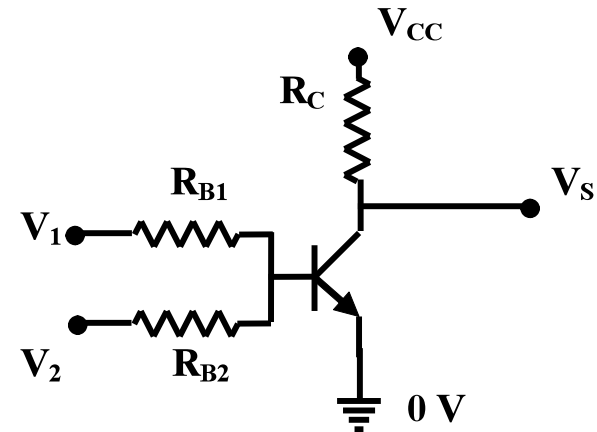
Por tanto, la **TABLA DE VERDAD** será:

# TEMA 8: EL TRANSISTOR

## Otra Puerta NOR

- Principio de funcionamiento:

- Si  $V_1 = V_2 \cong 0 \rightarrow I_B \cong 0$   
 $I_C \cong 0$  (corte)  
 $V_S \cong V_{CC}$  (uno lógico)



# TEMA 8: EL TRANSISTOR

## Otra Puerta NOR

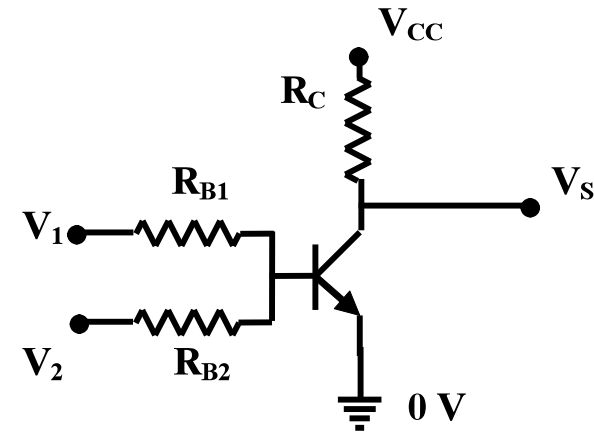
- Principio de funcionamiento:

- Si  $V_1 = V_2 \cong 0 \rightarrow I_B \cong 0$   
 $I_C \cong 0$  (corte)  
 $V_S \cong V_{CC}$  (uno lógico)

- Si  $V_1 = 0$   
 $V_2 = V_{CC}$  }  $\rightarrow I_{B1} \cong 0$  y  $I_{B2} \neq 0$   
el transistor conduce ( $I_C = \beta I_{B2}$ )

- Si  $V_1 = V_{CC}$   
 $V_2 = 0$  }  $\rightarrow I_{B1} \neq 0$  y  $I_{B2} \cong 0$   
el transistor conduce ( $I_C = \beta I_{B1}$ )

$\rightarrow$  en ambos casos:  $V_S = 0$  (cero lógico)



# TEMA 8: EL TRANSISTOR

## Otra Puerta NOR

- Principio de funcionamiento:

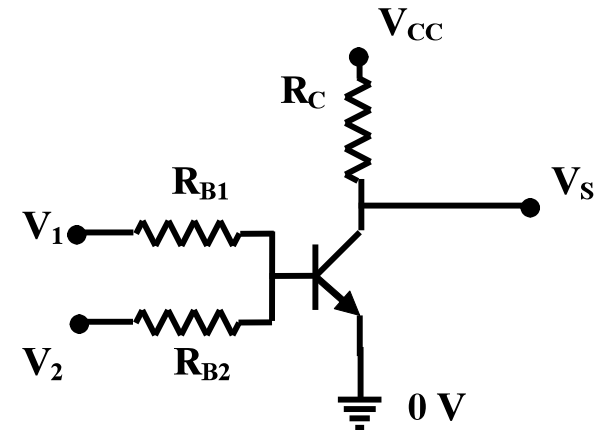
- Si  $V_1 = V_2 \cong 0 \rightarrow I_B \cong 0$   
 $I_C \cong 0$  (corte)  
 $V_S \cong V_{CC}$  (uno lógico)

- Si  $V_1 = 0$   
 $V_2 = V_{CC}$  }  $\rightarrow I_{B1} \cong 0$  y  $I_{B2} \neq 0$   
el transistor conduce ( $I_C = \beta I_{B2}$ )

- Si  $V_1 = V_{CC}$   
 $V_2 = 0$  }  $\rightarrow I_{B1} \neq 0$  y  $I_{B2} \cong 0$   
el transistor conduce ( $I_C = \beta I_{B1}$ )

$\rightarrow$  en ambos casos:  $V_S = 0$  (cero lógico)

- Si  $V_1 = V_2 = V_{CC}$   $I_{B1} \neq 0, I_{B2} \neq 0, I_C \neq 0 \rightarrow V_S = 0$  (cero lógico)

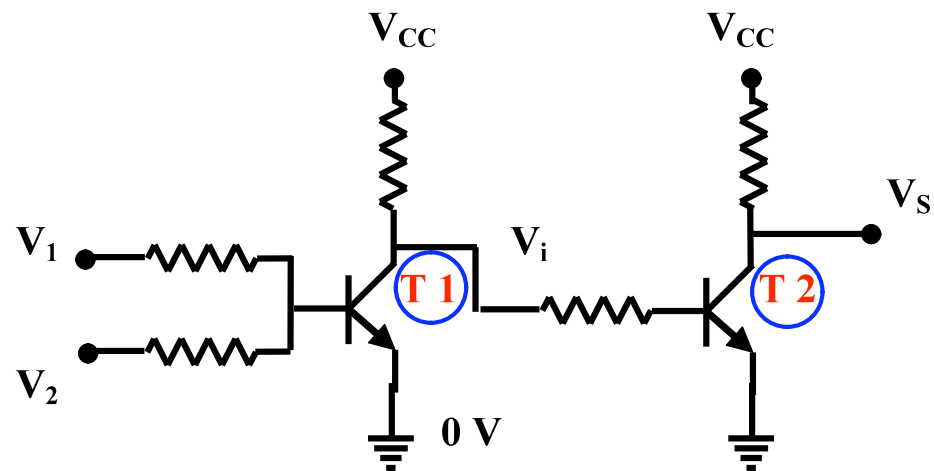




# TEMA 8: EL TRANSISTOR

## Puerta OR

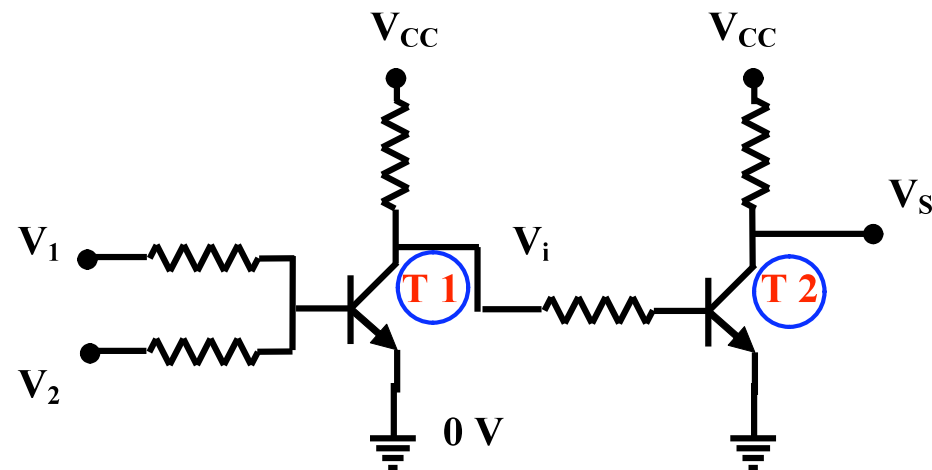
- Principio de funcionamiento:
  - Se trata de dos puertas en cascada, una de ellas NOR y la otra NO



# TEMA 8: EL TRANSISTOR

## Puerta OR

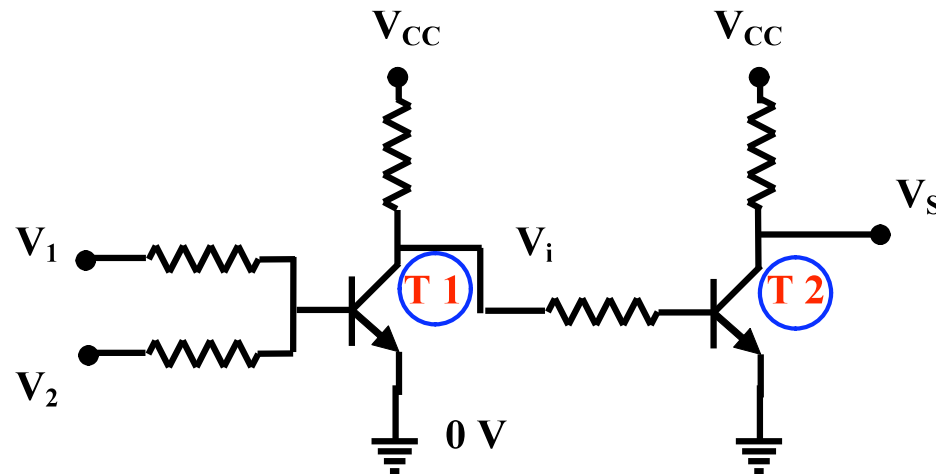
- Principio de funcionamiento:
  - Se trata de dos puertas en cascada, una de ellas NOR y la otra NO
  - Si  $V_1$  ó  $V_2$  ó las dos son  $\cong V_{CC}$ 
    - **T1 SI conduce**
    - $V_i \cong 0$
    - **T2 NO conduce**
    - $V_S \cong V_{CC}$  (uno lógico)



# TEMA 8: EL TRANSISTOR

## Puerta OR

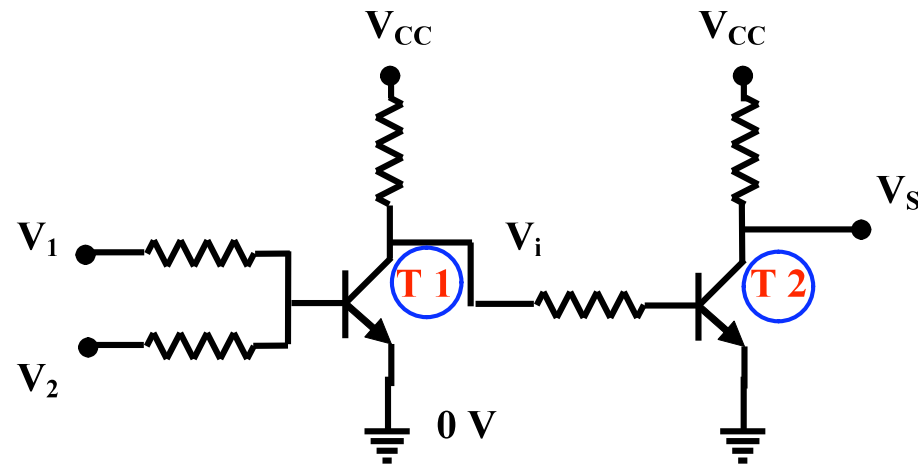
- Principio de funcionamiento:
  - Se trata de dos puertas en cascada, una de ellas NOR y la otra NO
  - Si  $V_1$  ó  $V_2$  ó las dos son  $\cong V_{CC}$ 
    - **T1 SI conduce**
    - $V_i \cong 0$
    - **T2 NO conduce**
    - $V_S \cong V_{CC}$  (uno lógico)
  - Si  $V_1$  y  $V_2$  son  $\cong 0$ 
    - **T1 NO conduce**
    - $V_i \cong V_{CC}$
    - **T2 SI conduce**
    - $V_S \cong 0$  (cero lógico)



# TEMA 8: EL TRANSISTOR

## Puerta OR

- Principio de funcionamiento:
  - Se trata de dos puertas en cascada, una de ellas NOR y la otra NO
  - Si  $V_1$  ó  $V_2$  ó las dos son  $\cong V_{CC}$ 
    - **T1 SI conduce**
    - $V_i \cong 0$
    - **T2 NO conduce**
    - $V_S \cong V_{CC}$  (uno lógico)
  - Si  $V_1$  y  $V_2$  son  $\cong 0$ 
    - **T1 NO conduce**
    - $V_i \cong V_{CC}$
    - **T2 SI conduce**
    - $V_S \cong 0$  (cero lógico)

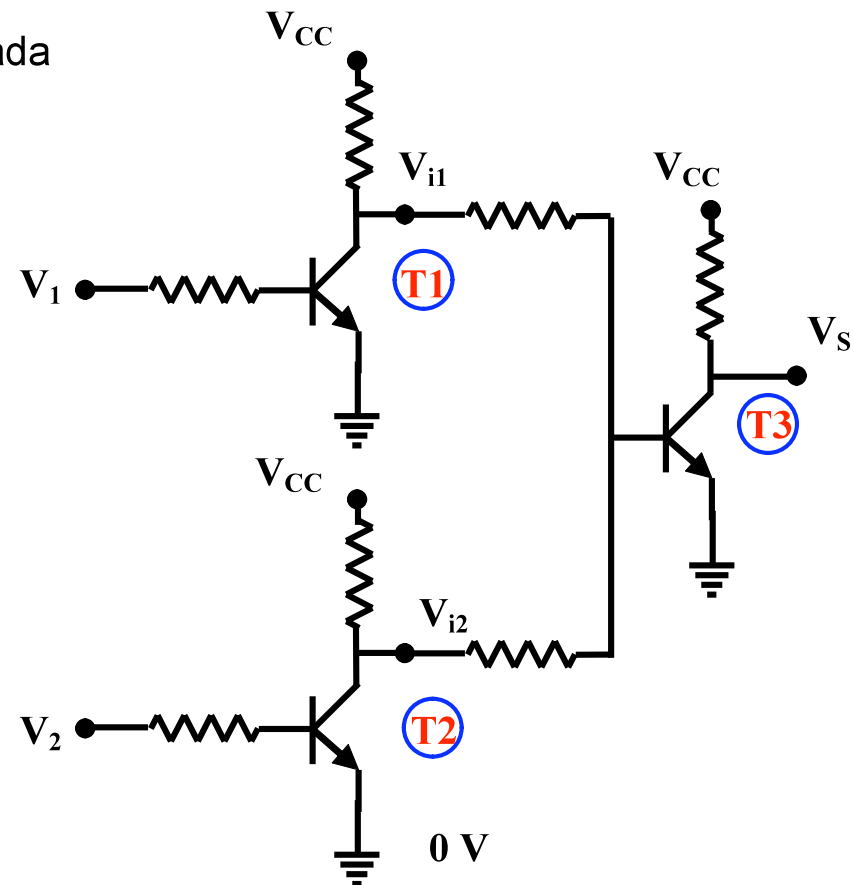


$V_1$	$V_2$	$V_S$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

# TEMA 8: EL TRANSISTOR

## Puerta AND

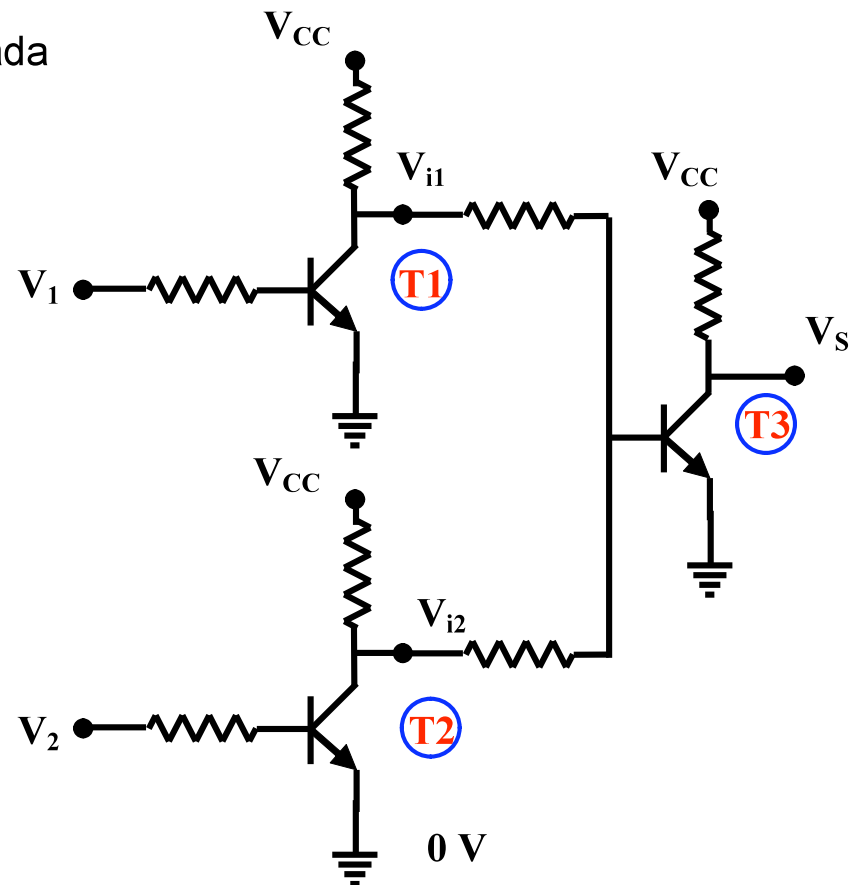
- Principio de funcionamiento:
  - Se trata de dos puertas NO conectadas a cada una de las entrada de una puerta NOR



# TEMA 8: EL TRANSISTOR

## Puerta AND

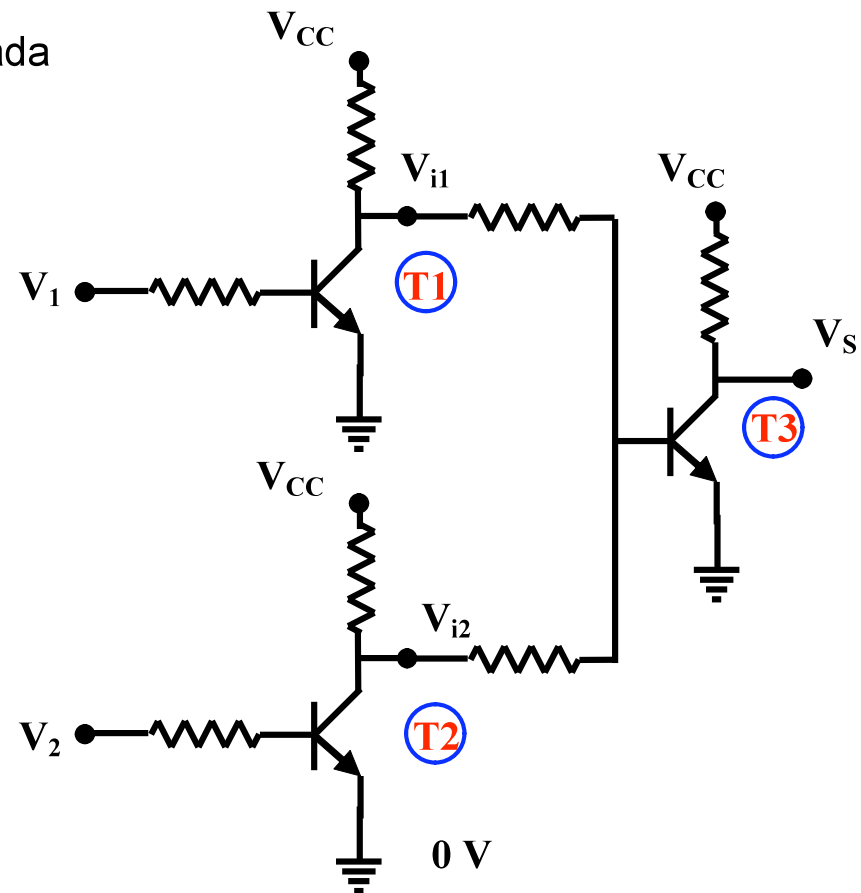
- Principio de funcionamiento:
  - Se trata de dos puertas NO conectadas a cada una de las entrada de una puerta NOR
  - Si  $V_1$  ó  $V_2$  ó las dos son  $\cong 0$ 
    - **T1 ó T2 ó los dos NO conducen**
    - $V_{i1}$  ó  $V_{i2}$  ó los dos son  $\cong V_{CC}$
    - **T3 SI conduce**
    - $V_S \cong 0$  (cero lógico)



# TEMA 8: EL TRANSISTOR

## Puerta AND

- Principio de funcionamiento:
  - Se trata de dos puertas NO conectadas a cada una de las entrada de una puerta NOR
  - Si  $V_1$  ó  $V_2$  ó las dos son  $\cong 0$ 
    - **T1 ó T2 ó los dos NO conducen**
    - $V_{i1}$  ó  $V_{i2}$  ó los dos son  $\cong V_{CC}$
    - **T3 SI conduce**
    - $V_S \cong 0$  (cero lógico)
  - Si  $V_1$  y  $V_2$  son  $\cong V_{CC}$ 
    - **T1 y T2 SI conducen**
    - $V_{i1}$  y  $V_{i2}$  son  $\cong 0$
    - **T3 NO conduce**
    - $V_S \cong V_{CC}$  (uno lógico)



# TEMA 8: EL TRANSISTOR

## Puerta AND

- Principio de funcionamiento:

- Se trata de dos puertas NO conectadas a cada una de las entrada de una puerta NOR

- Si  $V_1$  ó  $V_2$  ó las dos son  $\cong 0$

- **T1 ó T2 ó los dos NO conducen**

- $V_{i1}$  ó  $V_{i2}$  ó los dos son  $\cong V_{CC}$

- **T3 SI conduce**

- $V_S \cong 0$  (cero lógico)

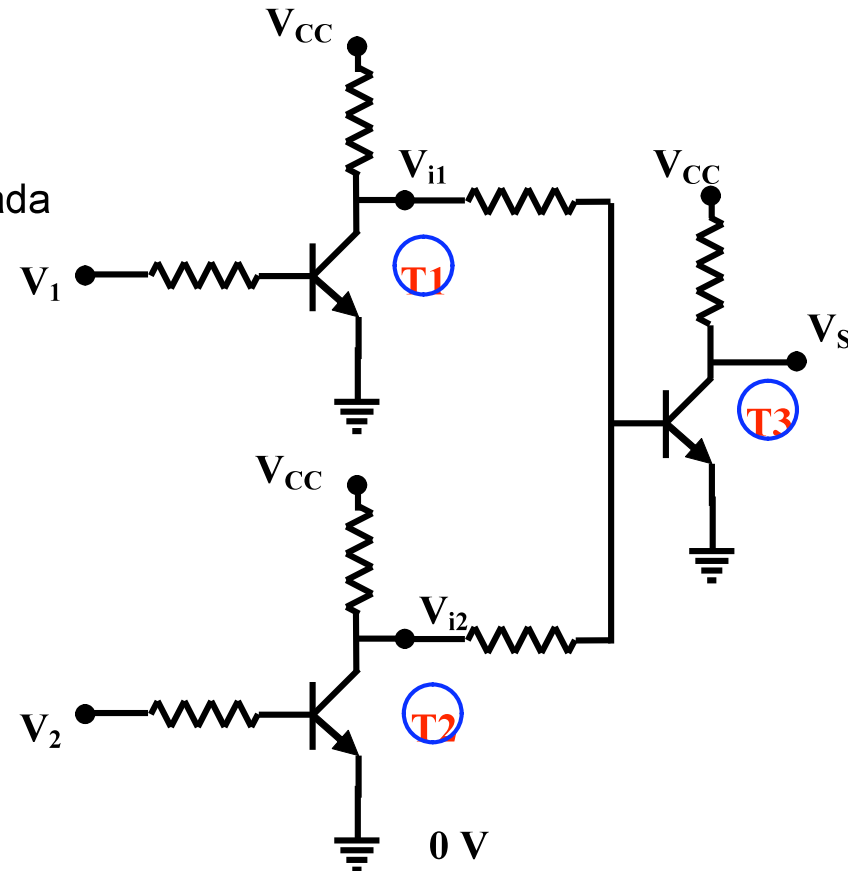
- Si  $V_1$  y  $V_2$  son  $\cong V_{CC}$

- **T1 y T2 SI conducen**

- $V_{i1}$  y  $V_{i2}$  son  $\cong 0$

- **T3 NO conduce**

- $V_S \cong V_{CC}$  (uno lógico)



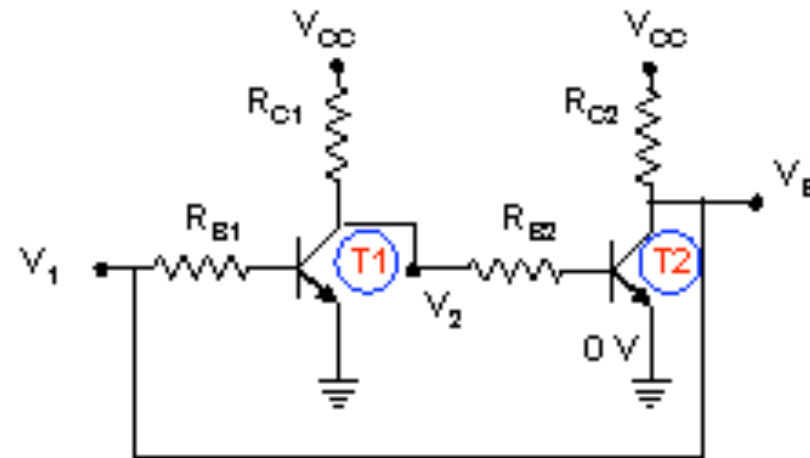
$V_1$	$V_2$	$V_S$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



# TEMA 8: EL TRANSISTOR

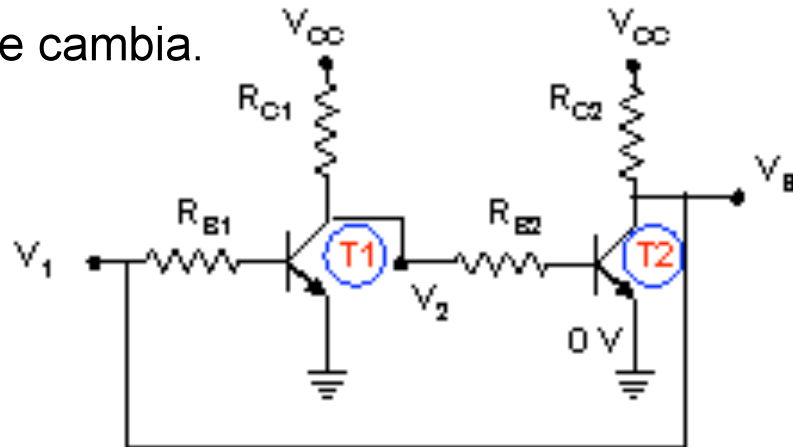
## El circuito biestable

- Sólo dos posiciones estables (estados) : ó **0**, ó **1** → **bit**
- Estado: si  $V_S \cong 0 \rightarrow$  cero lógico  
si  $V_S \cong V_{CC} \rightarrow$  uno lógico
- Cambio de estado → cambio en la entrada:
  - de **0** a **1** →  $V_i \cong V_{CC}$
  - de **1** a **0** →  $V_i \cong 0$
- Está formado por dos puertas NO en serie, con la salida realimentando la entrada



# TEMA 8: EL TRANSISTOR

- Principio de funcionamiento:
  - Si  $V_1 \cong 0$  (cero lógico)
    - **T1 NO conduce**
    - $V_2 \cong V_{CC}$
    - **T2 SI conduce**
    - $V_S \cong 0$  (cero lógico)
    - debido a la **realimentación**, la entrada se mantiene en  $V_1 \cong 0$ , hasta que se cambia.



# TEMA 8: EL TRANSISTOR

- Principio de funcionamiento:

- Si  $V_1 \cong 0$  (cero lógico)

- **T1 NO conduce**

- $V_2 \cong V_{CC}$

- **T2 SI conduce**

- $V_S \cong 0$  (cero lógico)

- debido a la **realimentación**, la entrada se mantiene en  $V_1 \cong 0$ , hasta que se cambia.

- Si  $V_1 \cong V_{CC}$  (uno lógico)

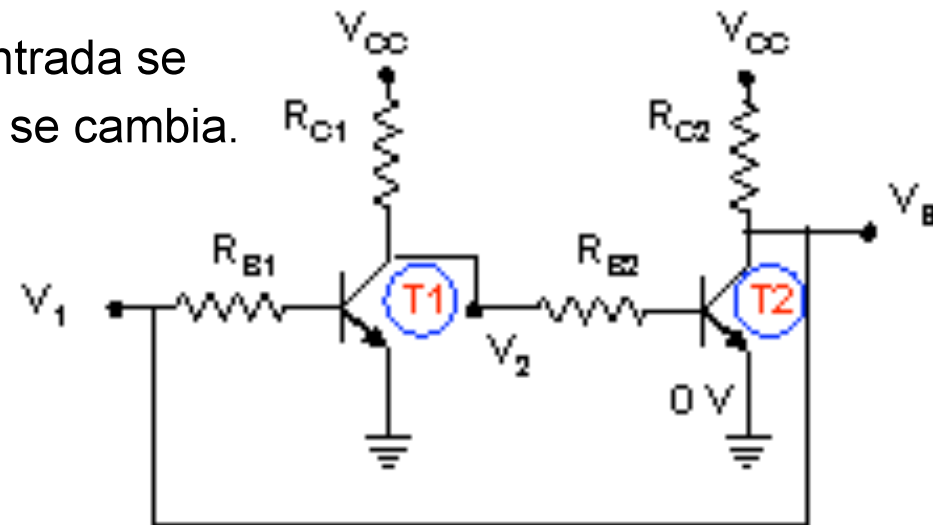
- **T1 SI conduce**

- $V_2 \cong 0$

- **T2 NO conduce**

- $V_S \cong V_{CC}$  (uno lógico)

- debido a la **realimentación**, la entrada se mantiene en  $V_1 \cong V_{CC}$ , hasta que se cambia



# TEMA 8: EL TRANSISTOR

- Principio de funcionamiento:

- Si  $V_1 \cong 0$  (cero lógico)

- **T1 NO conduce**

- $V_2 \cong V_{CC}$

- **T2 SI conduce**

- $V_S \cong 0$  (cero lógico)

- debido a la **realimentación**, la entrada se mantiene en  $V_1 \cong 0$ , hasta que se cambia.

- Si  $V_1 \cong V_{CC}$  (uno lógico)

- **T1 SI conduce**

- $V_2 \cong 0$

- **T2 NO conduce**

- $V_S \cong V_{CC}$  (uno lógico)

- debido a la **realimentación**, la entrada se mantiene en  $V_1 \cong V_{CC}$ , hasta que se cambia

$V_I$	$V_S$
0	0
1	1

