



E.U.I.T.I.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

DPTO. ELECTRÓNICA, AUTOMÁTICA E INFORMÁTICA INDUSTRIAL

# INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA

## TRANSPARENCIAS TEMA 5: Otros Sensores

1

### *Otros Sensores. Objetivos*

- Conocer sensores de temperatura y radiación basados en uniones PN.
- Indicar el principio de funcionamiento de los sensores para la medida de temperatura.
- Describir el funcionamiento de fotodiodos y fototransistores.

## **Otros Sensores. Introducción**

- No es posible referirse aquí a todos los “otros sensores” que han quedado fuera de temas anteriores, dada la cantidad y variedad existente.
- Nos centraremos en un tipo concreto no visto y familiar para los que estudian la electrónica: los sensores basados en uniones semiconductoras.

## **Otros Sensores**

1. Termómetros basados en uniones semiconductoras.
2. Fotodiodos.
3. Fototransistores.

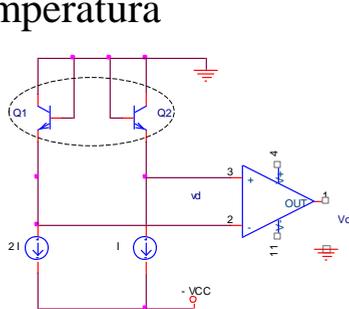
## Sensores basados en uniones PN

### Termómetros.

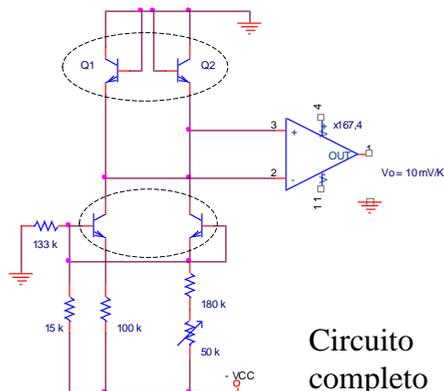
- La característica directa de un diodo depende de la temperatura, por lo que puede utilizarse como sensor.
- La dependencia no es lineal ni repetitiva.
- Podemos entonces usar un transistor. Su  $V_{BE}$  depende de la temperatura y de la corriente de colector.
- Lo habitual es usar dos transistores cuyas densidades de corriente de colector tengan una relación constante.

## Sensores basados en uniones PN

### Termómetros. Par diferencial como sensor de temperatura



Esquema de principio



Circuito completo

## Sensores basados en uniones PN

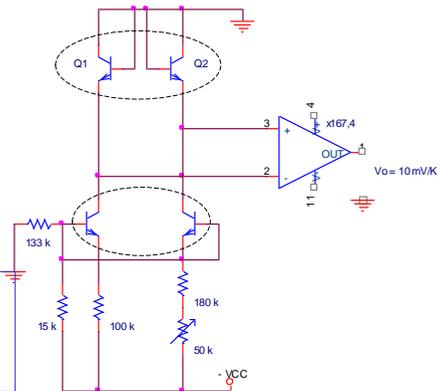
Termómetros. Par diferencial como sensor de temperatura

$$v_d = v_{BE1} - v_{BE2} = \frac{KT}{q} \ln \frac{I_{C1}}{I_{S1}} - \frac{KT}{q} \ln \frac{I_{C2}}{I_{S2}}$$

$$\text{Si } I_{S1} = I_{S2} \rightarrow v_d = \frac{KT}{q} \ln \frac{I_{C1}}{I_{C2}}$$

$$\text{Para } I_{C1} = 2I_{C2} : \frac{v_d}{T} = 59,73 \frac{\mu V}{K}$$

$$\text{Con } G = 167,4 \rightarrow v_0 = 10 \text{ mV/K}$$



7

## Sensores basados en uniones PN

Termómetros.

- Otro método es usar dos transistores cuyas áreas de emisor sean distintas, pero con la misma corriente de colector.
- Se construye así un conversor temperatura – corriente.
- En el ejemplo, Q2 son 8 transistores en paralelo, iguales entre sí y a Q1. La densidad de corriente de emisor de Q1 es 8 veces mayor que en Q2.

8

## Sensores basados en uniones PN

- Termómetros. Convertidor temperatura-corriente

$$I_{C1} = I_{C2} = \frac{I_T}{2}$$

$$V_T = V_{BE1} - V_{BE2} = \frac{kT}{q} \ln \frac{I_{C1}}{I_2} =$$

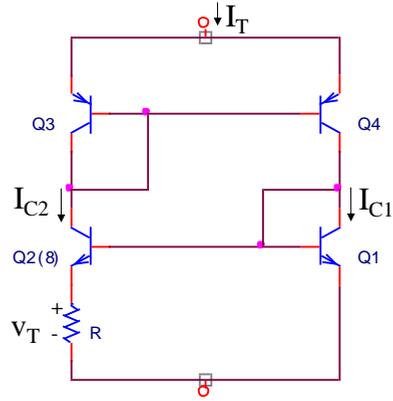
$$= \frac{kT}{q} \ln 8 = 179 T \quad \mu V$$

La corriente de entrada vale:

$$I_T = 2 I_{C2} = \frac{2V_T}{R}$$

Si  $R$  es  $358 \Omega$ :

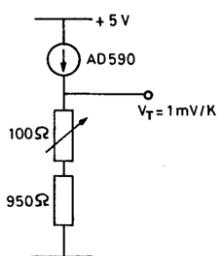
$$\frac{I_T}{T} = 1 \mu A / K$$



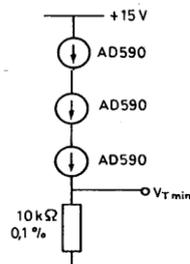
9

## Sensores basados en uniones PN

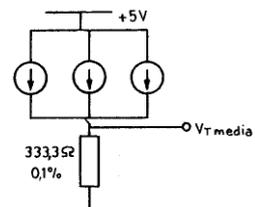
- Termómetros. Convertidores temperatura-corriente en varias configuraciones



Termómetro  
en tensión



Temperatura  
mínima



Temperatura  
media

10

## Sensores basados en uniones PN

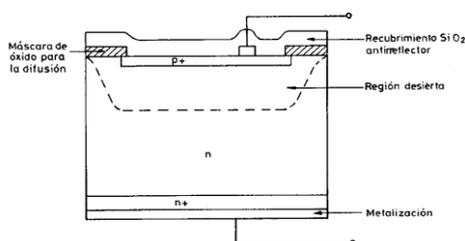
### Fotodiodos

- El efecto fotoeléctrico interno produce en una unión PN un cambio de potencial de contacto o de corriente de cortocircuito en función de la radiación.
- Lo hemos utilizado en sensores generadores.
- Un fotodiodo se basa en el mismo principio, pero a éstos se les aplica una tensión de polarización.
- Conseguimos así respuestas más rápidas.

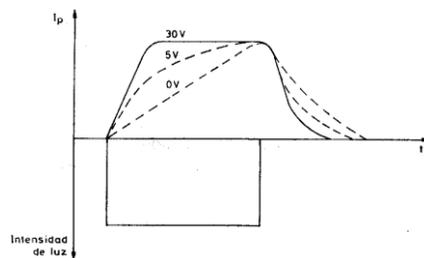
11

## Sensores basados en uniones PN

- Fotodiodos



Estructura de un fotodiodo

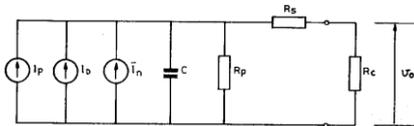


Respuesta a un escalón

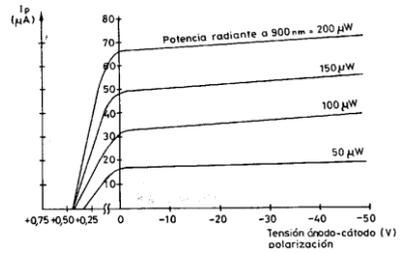
12

## Sensores basados en uniones PN

- Fotodiodos



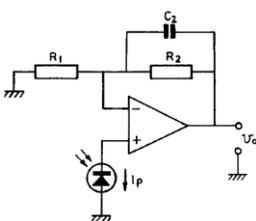
Circuito equivalente



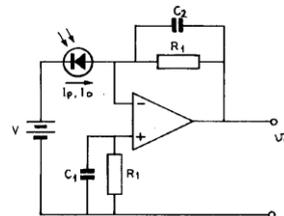
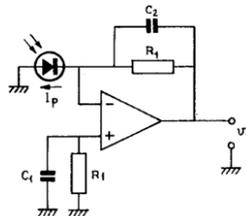
Curva de un diodo p-i-n

## Sensores basados en uniones PN

- Fotodiodos. Circuitos



Sin polarización



Con polarización  
inversa