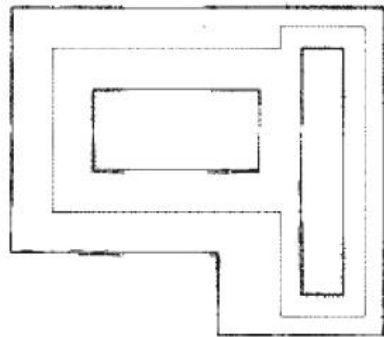




# TECNOLOGÍA Y ARQUITECTURA ROBÓTICA

# Sesión 4

- **Odometría**
- **Sensores externos (I)**



(a) Exact map



(c) Mapping using odometric estimates

# Odometría

- Es el estudio de la estimación de la posición de vehículos con ruedas durante la navegación.
- Consiste en el cálculo de ecuaciones geométricas a partir de la información suministrada por los encoders.
- Tiene la ventaja que no requiere de sensores externos y es capaz de dar al robot una estimación de su posición.
- La desventaja es que el error de la posición crece exponencialmente a menos que se use una referencia externa (balizas, por ejemplo) periódicamente.



# Odometría

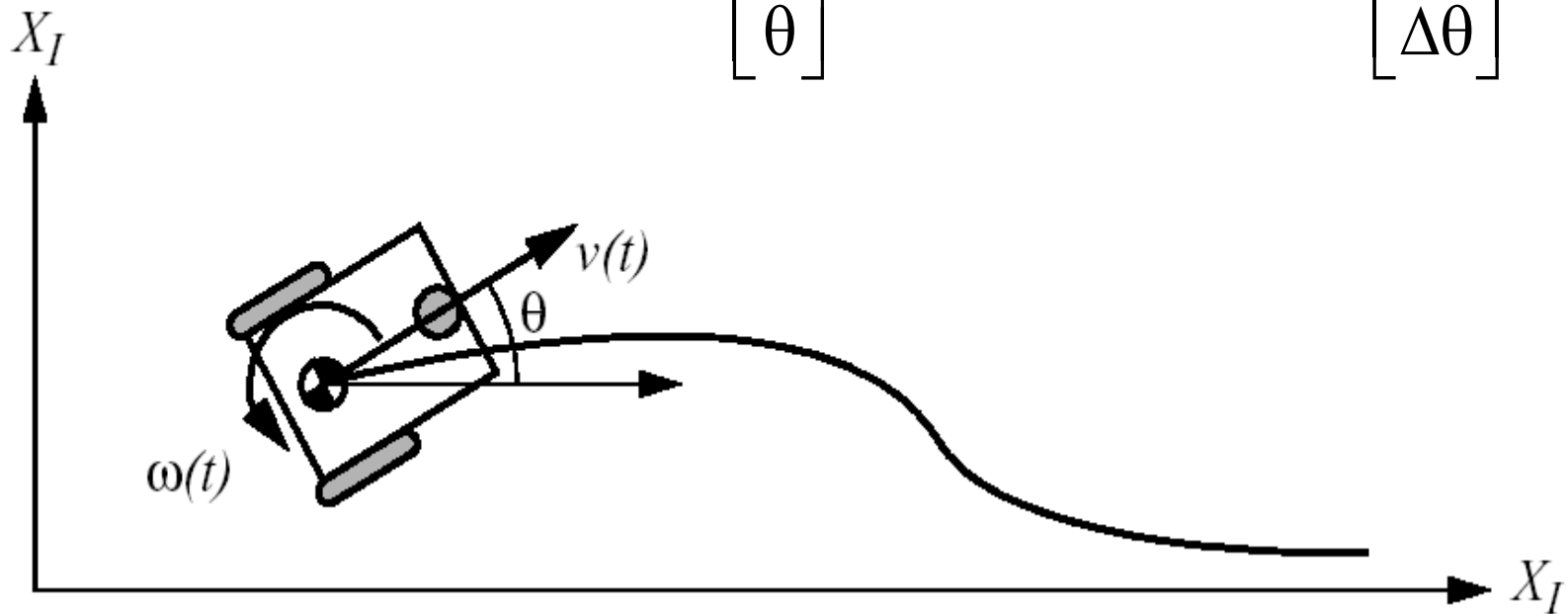
- En algunos casos sin otras referencias externas, la odometría es la única información de navegación disponible para un robot.
- Se basa en la suposición de que las revoluciones de las ruedas se puede traducir en desplazamiento lineal con relación al suelo.
- Las posiciones estimadas a partir de la odometría no tienen nada que ver con la localización del robot con respecto al entorno, ya que son relativas al punto de inicio.



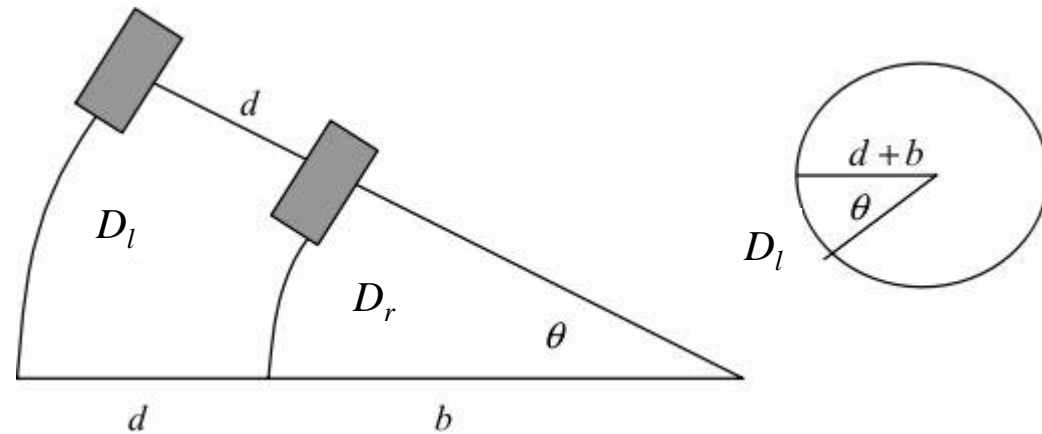
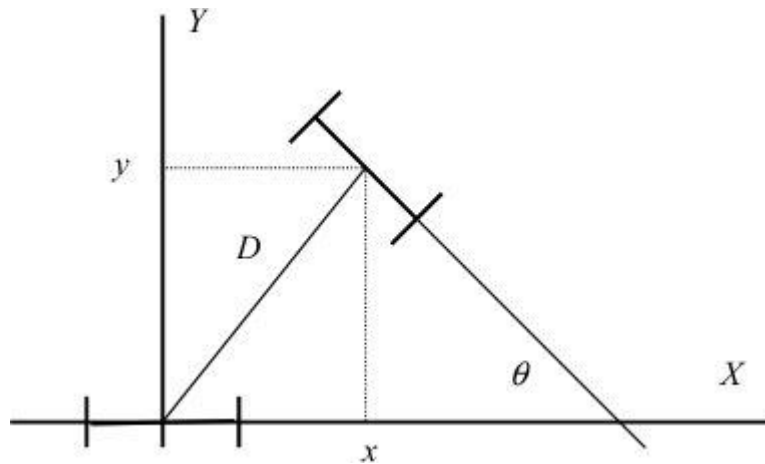
# El robot diferencial

$$p = \begin{bmatrix} x \\ y \\ \theta \end{bmatrix}$$

$$p' = p + \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta \theta \end{bmatrix}$$



# Estimación de la posición



□ Supongamos:

- $D_l$  es el desplazamiento de la rueda izquierda
- $D_r$  es el desplazamiento de la rueda derecha

# Estimación de la posición

- **Paso 1:** Calcular la distancia recorrida por cada una de las ruedas,  $(D_l, D_r)$ , teniendo en cuenta la información de los encoders de cada motor.
- **Paso 2.** El desplazamiento lineal realizado por el punto que se encuentra justo en medio del eje es:

$$D_c = (D_l + D_r)/2$$

# Estimación de la posición

- ▣ **Paso 3.** Cuando las ruedas del robot giran a diferentes velocidades, hacen que el robot gire, el valor del ángulo (en radianes) de giro es:

$$D_{\theta} = (D_r - D_l)/d$$

- **Paso 4.** Se conoce la situación del instante actual,  $t$ , y partir de esta se ha de determinar la posición en el instante siguiente,  $t+1$ :

$$\theta_{t+1} = \theta_t + D_{\theta}$$

$$x_{t+1} = x_t + D_c * \cos(\theta_{t+1})$$

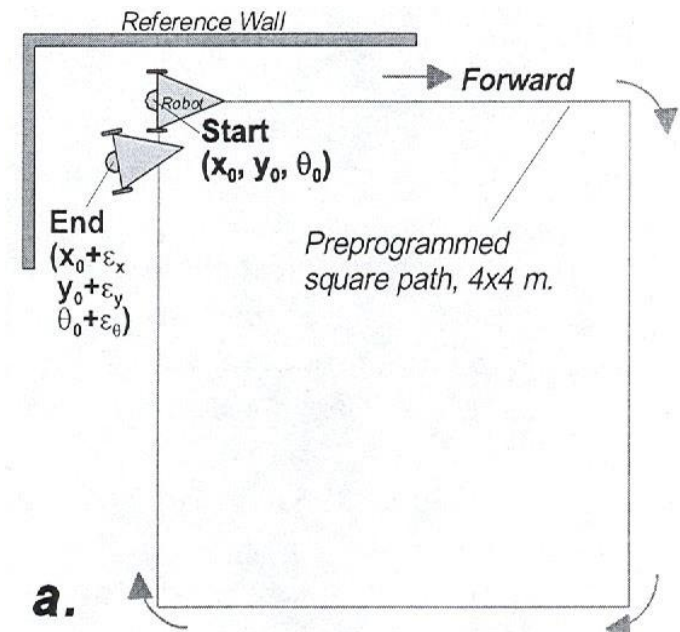
$$y_{t+1} = y_t + D_c * \text{sen}(\theta_{t+1})$$





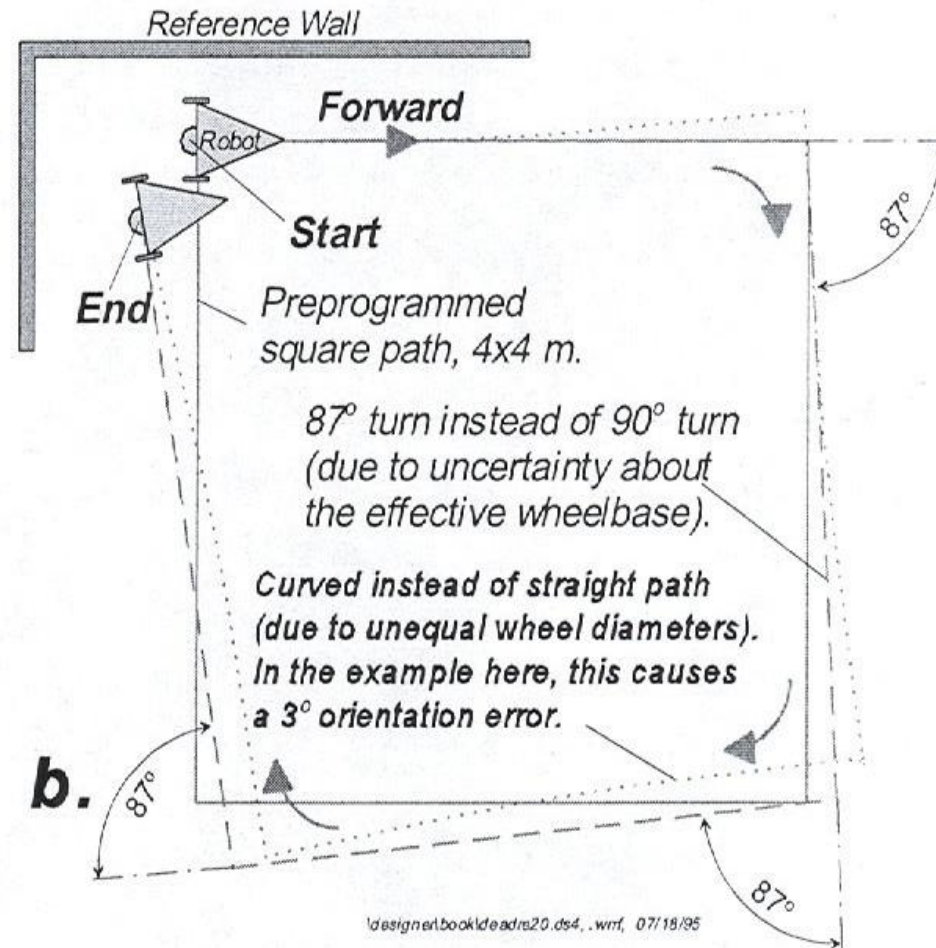
# Errores en odometría

- Dos principales fuentes de error:
  - ▣ Los diámetros de las ruedas no son iguales
  - ▣ Incertidumbre en el tamaño de la base del robot
- Por ejemplo:
  - ▣ Robot empieza en  $(x_0, y_0, \theta_0)$
- Se mueve en un cuadrado y no llega al mismo sitio

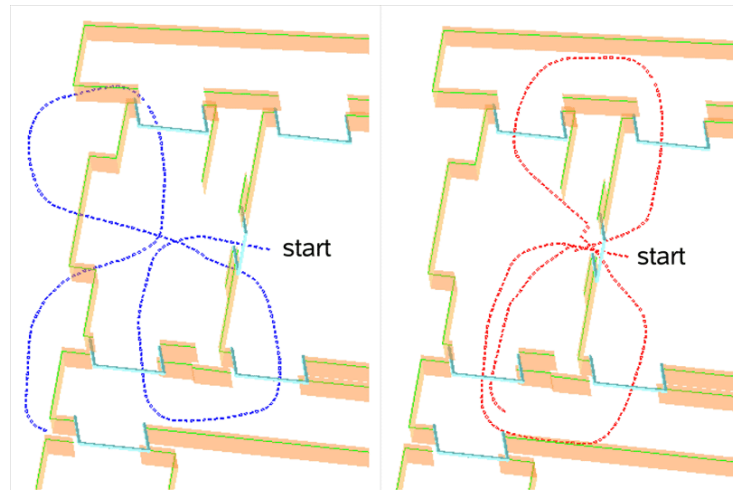
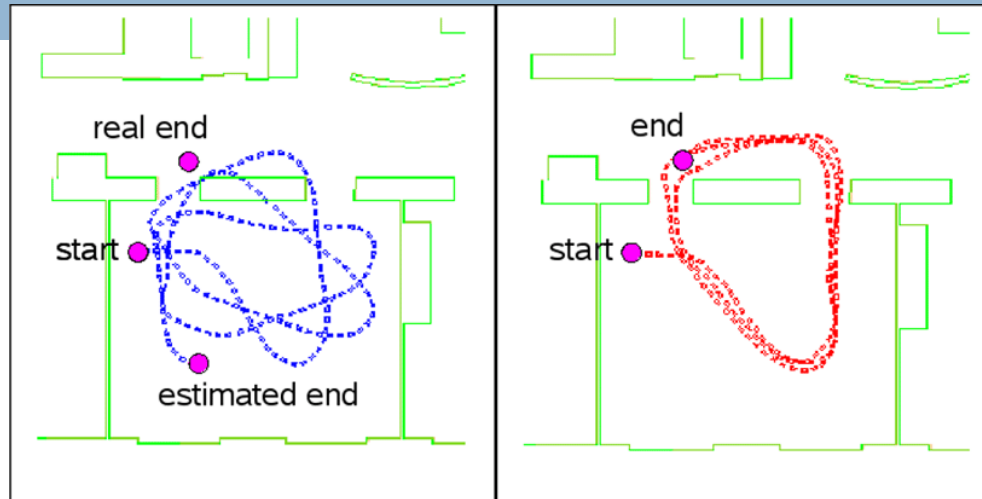


# Errores en odometría

- No es posible determinar si los diámetros diferentes o la incertidumbre sobre la base son la fuente de error.
- No es posible saber si un error compensa al otro.



# Errores en odometría



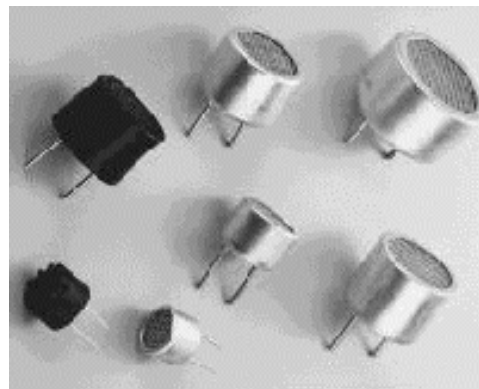
# Materiales complementarios odometría

- ❑ <https://www.youtube.com/watch?v=oeTxklWdd9I>
- ❑ <https://www.youtube.com/watch?v=Po1evB7CNiw>
- ❑ <https://www.youtube.com/watch?v=eQ9E0Zvp9jw>
- ❑ <https://es.coursera.org/lecture/mobile-robot/odometry-L4gPH>
- ❑ <http://www.hmc.edu/lair/ARW/ARW-Lecture01-Odometry.pdf>
- ❑ <https://www.cs.cmu.edu/afs/cs.cmu.edu/academic/class/16311/www/s19/labs/lab03/>



# Sensores externos

- Estos sensores dan información acerca del estado del mundo que rodea al robot, es decir, monitorizan dinámicamente la relación de un robot con su entorno, y el desarrollo de la ejecución de una tarea.
- Idealmente, deben alterar lo menos posible el entorno que monitoricen.



# Sensores de proximidad

- Señalan la distancia entre el punto del robot, y otros objetos. Pueden ser de contacto, o sin contacto físico.
- La primera clase de sensores responde al contacto físico y suelen servir como indicadores de algún evento.
- Los sensores sin contacto se basan en la respuesta de un detector a las variaciones en la radiación electromagnética o acústica.
- Los ejemplos más destacados de los sensores sin contacto miden el alcance, la proximidad y las propiedades visuales de un objeto.

# Sensores de contacto

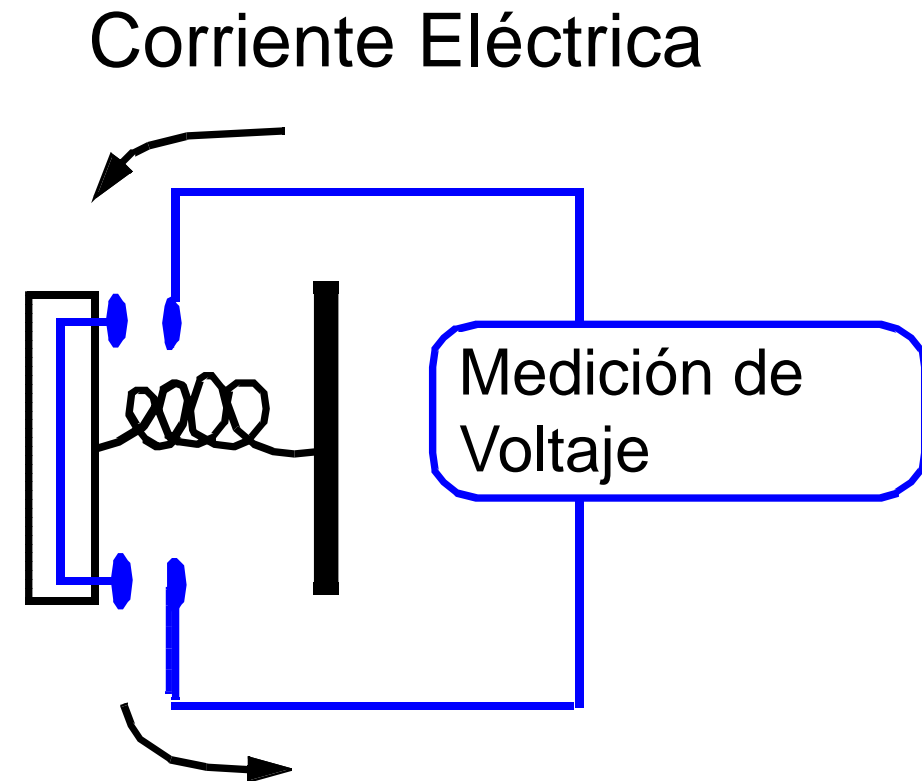
- Son simples interruptores colocados en lugares concretos del robot donde se piense que puede existir un choque.
- Posibles usos:
  - ▣ Detectar el contacto entre el robot y objetos externos, como paredes.
  - ▣ Detectar el contacto con partes de movimiento interno del robot (como en un brazo robótico).
  - ▣ Elemento de Entrada – pulsador o control “remoto”.

# Sensores de contacto



Un interruptor simple

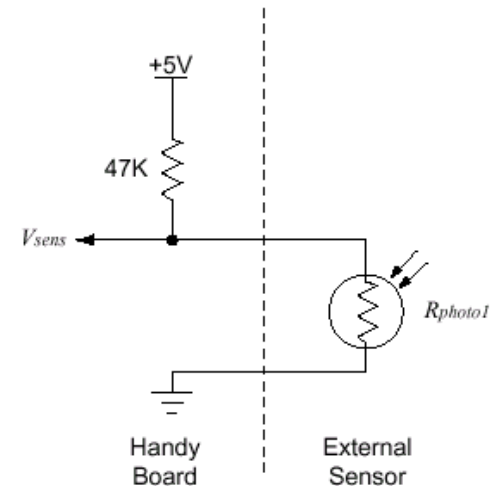
fuerza  
→





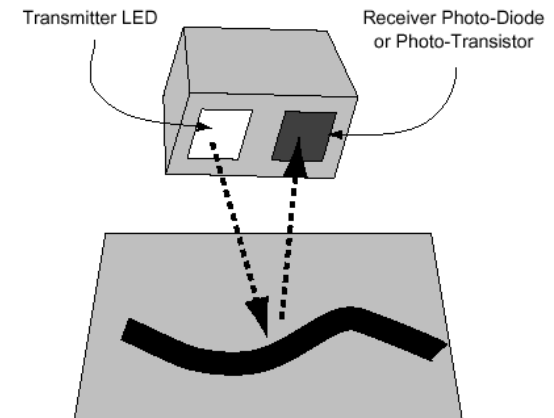
# Sensores de luz

- Los sensores de luz miden la cantidad de luz que impacta en una fotocélula (normalmente, una fotoresistencia).
- La sensibilidad a la luz se refleja en cambios en el valor de la resistencia.
  - ▣ Bajo cuando hay iluminación:  $V_{sens}$  mide casi 0V
  - ▣ Alto cuando hay oscuridad  $V_{sens}$  mide casi 5V
- Es decir, los sensores de luz suelen ser sensores de “oscuridad”
- Pueden invertir la salida para que “bajo” signifique oscuro y “alto” signifique claro.



# Sensores de luz

- Muchos de estos sensores constan, entre otras cosas, de una fuente de luz (normalmente un LED) y un receptor (fotodiodo o fototransistor), que medirá la intensidad de luz recibida.
- Dos posibilidades, dependiendo de las posiciones de emisor y receptor:
  - ▣ **Sensores de reflexión:** el emisor y el detector están uno al lado del otro; la luz se refleja del objeto hacia el detector.
  - ▣ **Sensores de ruptura de haz:** El emisor y el detector están uno enfrente del otro; se detecta un objeto si la luz emitida entre ambos se interrumpe.



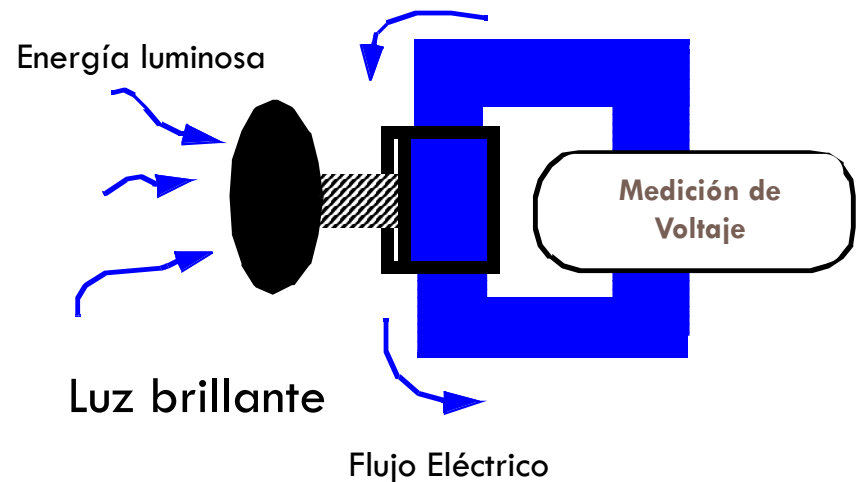
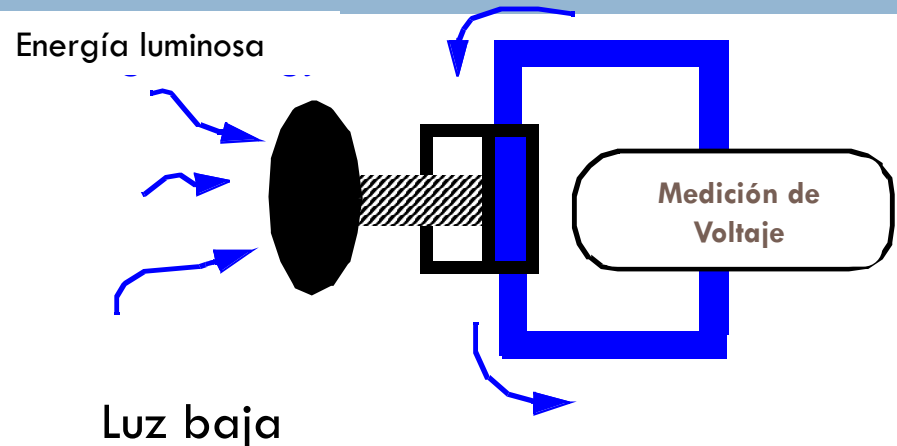
# Sensores de luz



Fototransistor

Dentro del sensor de luz hay un **fototransistor**.

El fototransistor actúa como una válvula para la electricidad. Cuanta más energía luminosa percibe, más electricidad fluye.



# Sensores de color LEGO

- Se usa para la detección de objetos, seguir líneas, clasificar objetos, etc.
- Permite distinguir hasta 7 colores, así como la intensidad de la luz.
- Cuando se mide la intensidad de la luz reflejada por una superficie, se ha de tener en cuenta que colores claros (blanco, amarillo) reflejan mayor cantidad de luz (80-90%).
- Colores oscuros (negro, azul) reflejan menor cantidad de luz (10 -20%).



# Sensores de reflexión

- Se usan en numerosas aplicaciones:
  - ▣ Detectar la presencia de un objeto
  - ▣ Detectar la distancia a un objeto
  - ▣ Detectar alguna característica de una superficie (pared o líneas para seguimiento)
- La reflexión depende del color y de la textura de la superficie.
  - ▣ Las superficies con colores claros reflejan mejor
  - ▣ Una superficie negra mate puede no reflejar en absoluto la luz
  - ▣ Objetos claros lejanos aparentan estar más cerca que objetos oscuros cercanos.
- La luz ambiental interfiere en la medida del sensor
  - ▣ ¿Cómo distingue un robot entre una mayor reflexión de un objeto y un incremento en la luminosidad del entorno del robot?

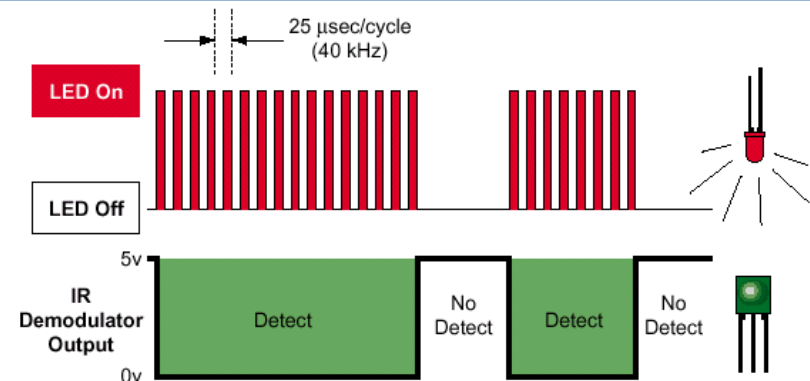


# Sensores infrarrojos

- La luz IR trabaja a una frecuencia diferente que la luz ambiental
- Los sensores IR se usan de la misma manera que los sensores de luz visible, pero son más robustos
- El sensor mide la cantidad de iluminación global
  - ▣ luz ambiental y la que genera la fuente de luz
- Manera robusta de usar los sensores IR:
  - ▣ Modulación/demodulación: apagar y encender rápidamente la fuente de luz

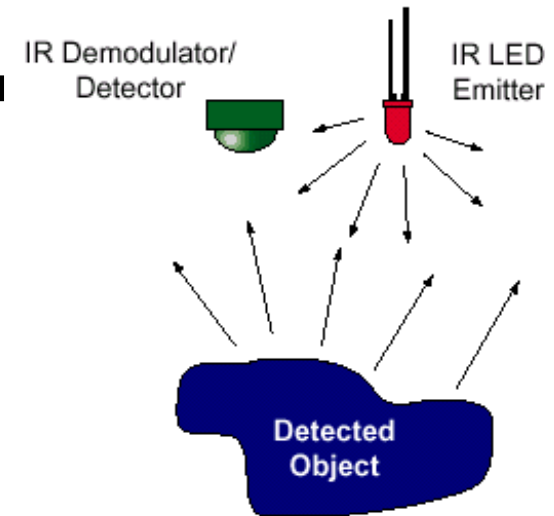
# Modulación/demodulación

- Los infrarrojos modulados se suelen usar con frecuencia en comunicaciones
- La modulación se realiza mediante una fuente de luz intermitente a una determinada frecuencia
- La señal se detecta por un demodulador sintonizado a esa misma frecuencia
  - Los flashes de luz se pueden detectar aunque sean débiles



# Sensores de proximidad con IR

- Es una aplicación perfecta para los sensores IR con modulación/demodulación
- La luz del emisor se refleja en el detector desde un objeto cercano, indicando si un objeto está presente
  - ▣ El emisor y el detector LED apuntan en la misma dirección
- La luz modulada es mucho menos sensible a cambios en el entorno:
  - ▣ la luz ambiental
  - ▣ la reflexión en diferentes objetos





# En Lego...



- ❑ Puede detectar la luz infrarroja reflejada por los objetos.
- ❑ Utiliza la luz reflejada por un objeto para calcular la distancia entre el sensor y el objeto.
- ❑ Informa la distancia mediante valores entre 0 (muy cerca) y 100 (muy lejos).
- ❑ El sensor puede detectar objetos que se encuentran a una distancia de hasta 70 cm, según el tamaño y la forma del objeto.