



ECCI

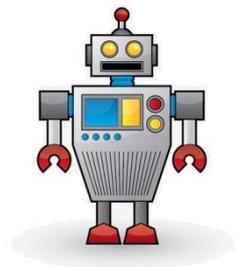
Escuela de  
Ciencias de la  
Computación e  
Informática

UCR

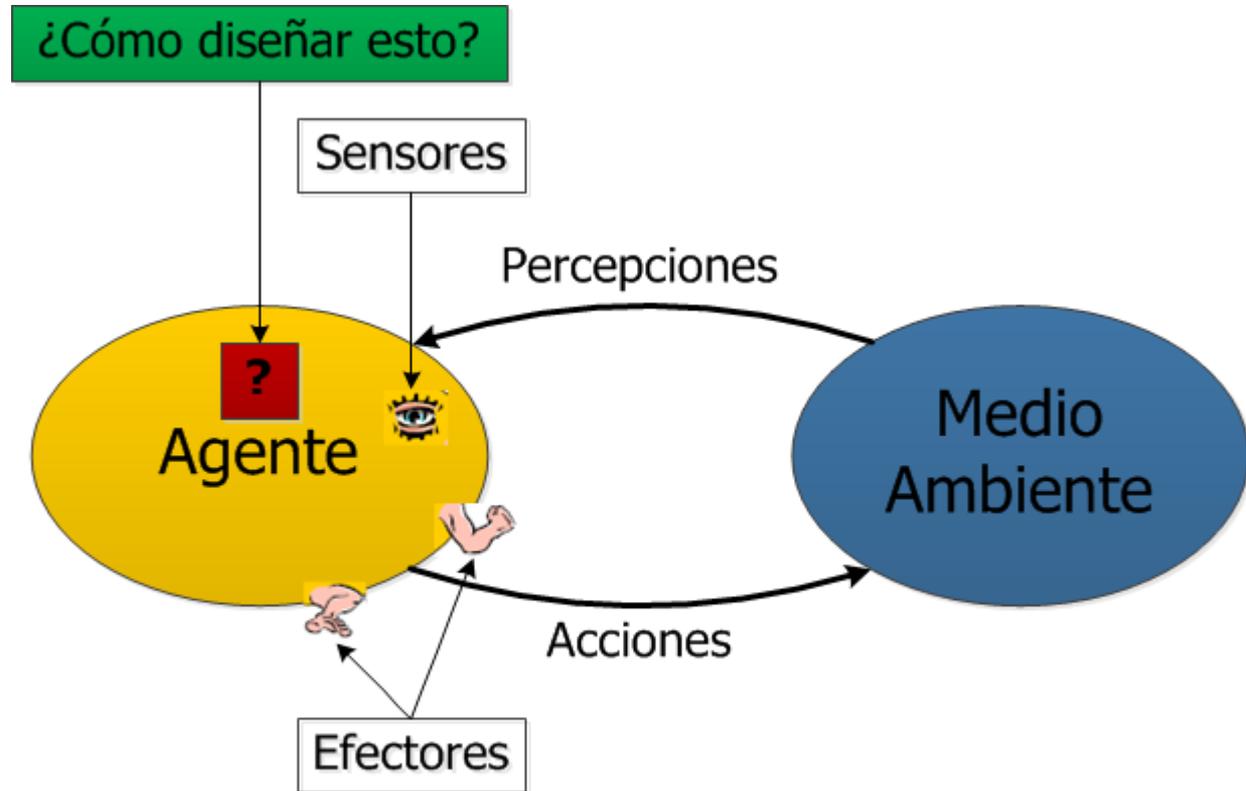
# Sensores y Percepción

**CI-0160 Robótica**

**Prof. Kryscia Ramírez Benavides**



# Un Agente

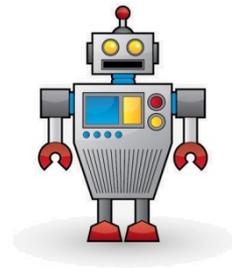


Los agentes son seres humanos, robots, soft-bots, termostatos, etc.

# Introducción



El desarrollo con éxito de la tarea de un robot depende absolutamente de que éste tenga información correcta y actualizada a un ritmo suficientemente rápido, de su propio estado y de la situación del entorno



# Percepción

# Percepción

## Componentes:

-  ¿Qué siente el robot?
-  ¿Cómo lo siente? (tipo de sensor)
-  ¿Cómo lo procesa? (procesamiento)
-  ¿Cómo lo utiliza?

## Históricamente:

-  La percepción aislada.
-  La percepción como "rey".
-  La percepción como la reconstrucción.
-  Orígenes en la visión por ordenador (mayoría de datos complejos).

# Un Sistema



## Tenga en cuenta:

- La tarea que el robot tiene que realizar.
- Los mejores sensores para llevar a cabo la tarea.
- El mejor diseño mecánico que permitirá que el robot pueda obtener la información sensorial necesaria para realizar la tarea.
  - Por ejemplo, la forma del cuerpo de robot, la colocación de los sensores.

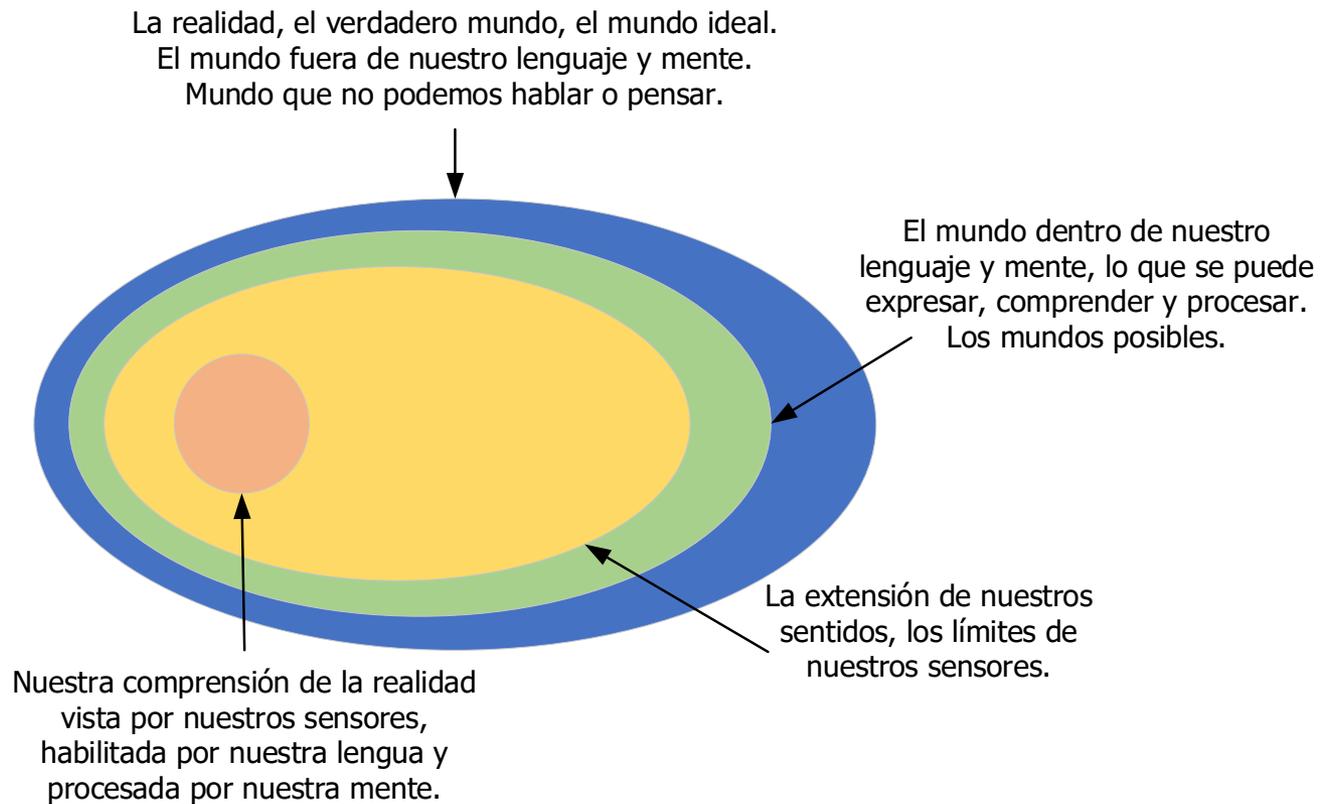
# Métodos Actuales

- 🤖 La percepción en el contexto de la acción y la tarea.
- 🤖 La percepción orientada a la acción.
- 🤖 La percepción basada en expectativa.
  - 🤖 Utilizar los conocimientos sobre el mundo como las limitaciones en la interpretación del sensor.
- 🤖 La percepción de foco de atención.
  - 🤖 Proporcionan restricciones sobre dónde buscar.
- 🤖 Clases de percepción.
  - 🤖 Partición del mundo en categorías útiles.

# Percepción en la Naturaleza

- 🤖 Proporciona una solución inteligente para la percepción.
- 🤖 Evoluciona con sensores especiales, propiedades geométricas y mecánicas.
  - 🤖 Por ejemplo, los ojos facetados de las moscas.
  - 🤖 Sensores de luz polarizada de las aves.
  - 🤖 Sensores de línea horizonte de las pulgas.
  - 🤖 La forma de la oreja humana.
- 🤖 Maximizar las propiedades del sensor.
  - 🤖 Distancia y precisión.

# Percepción Humana



# Tipos de Percepción



## Propiocepción (sensores internos):

- Detección del estado interno.
- Por ejemplo: la tensión muscular, posición de las extremidades.
- Ejemplos: integración de ruta (estimación), balanceo.



## Exterocepción (sensores externos):

- Detección del estado externo.
- Por ejemplo: visión, audición, olfato.

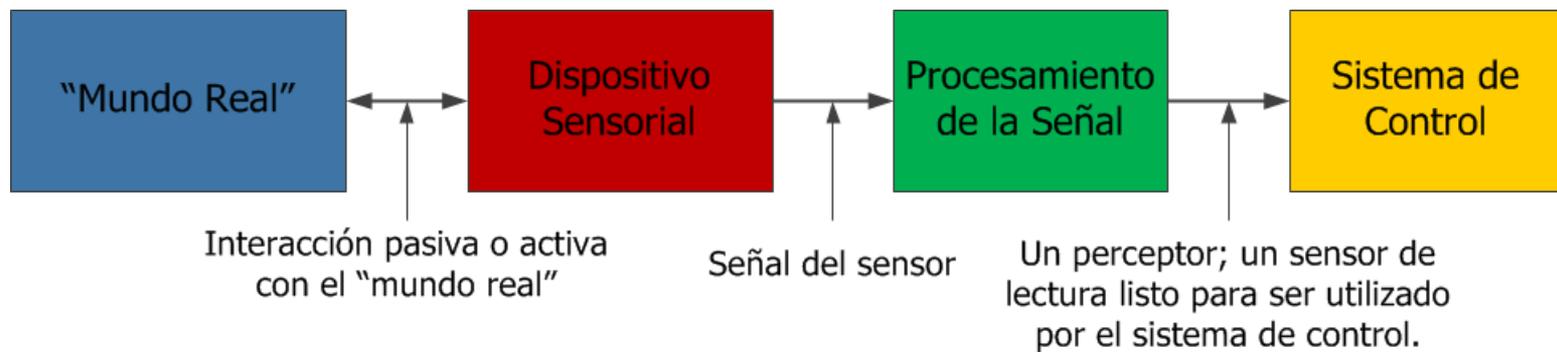
# Importancia

- 🤖 La importancia de los procesos de sensorización (percepción) en Robótica debiera ser obvia sin más que examinar el desarrollo de cualquier tarea mínimamente compleja.
  - 🤖 Sin sensores internos sería imposible establecer los lazos de realimentación (normalmente negativa) y que hacen posible el posicionado correcto.
  - 🤖 Sin sensores externos, cualquier evento inesperado bloquearía el robot, pudiendo dañarlo, y la imprecisión, siempre presente en las magnitudes que definen cualquier tarea (p. ej., las posiciones de las piezas) abortaría cualquier intento de ejecución fiable.

# ¿Cuándo las Percepciones van Mal?

-  **Ilusión:** percepción errónea de la entrada sensorial real.
  -  Ejemplo: Un truco de luz hace que dos personas de pie juntas parecen una persona con dos cabezas.
-  **Alucinación:** percepción sin entrada sensorial real.
  -  Ejemplo: Ver a una persona con dos cabezas, donde no hay nadie en absoluto debido a la embriaguez.
-  **Delirio:** creencia que está fuera de contacto con la realidad.
  -  Ejemplo: El pensamiento de ser una persona con dos cabezas.

# Máquina de Percepción



# Percibiendo

## ¿Qué se puede detectar?

-  Depende de los sensores del robot.
-  El robot existe en el espacio del sensor (es decir, todos los valores posibles de sus lecturas sensoriales, también llamado espacio de percepción).
-  Sensores robóticos son muy diferentes de sensores biológicos.

## ¿Qué se necesita para ser detectado?

-  Depende de la tarea del robot.

# Definición de Estado

- 🤖 Una descripción suficiente del sistema.
  - 🤖 Observable.
    - 🐞 El robot conoce su estado todo el tiempo.
  - 🤖 Oculto / inaccesible / no observable.
    - 🐞 El robot no conoce su estado.
  - 🤖 Parcialmente observable.
    - 🐞 El robot sabe una parte de su estado.
  - 🤖 Discreto (por ejemplo, arriba, abajo, azul, rojo) o continuo (por ejemplo, 3.765 mph).

# Espacio de Estado

 Todos los estados que un sistema puede tener.

 **Estado Externo.** Estado del mundo, se percibe por medio de los sensores del robot.

 - Por ejemplo, noche/día, lluvia/sol, etc.

 **Estado Interior.** Estado del robot.

 - Por ejemplo, feliz/triste, quieto/en movimiento, velocidad de carga de la batería, etc.

 - Puede ser detectado (por ejemplo, la velocidad).

 - Se puede almacenar/recordar (por ejemplo, alegre/triste).

 **El estado del robot es una combinación de su estado externo e interno.**

# Modelos/Estados Internos

- 🤖 El estado interno se puede utilizar para recordar la información sobre el mundo, por ejemplo,
  - 🤖 Recuerde los caminos hacia el objetivo, los mapas, los amigos o los enemigos, etc.
- 🤖 Esto se conoce como una representación interna o un modelo interno.
- 🤖 Las representaciones y los modelos tienen una influencia directa en la complejidad del controlador.

# Sentidos y Órganos Humanos

-  Visión: ojos (óptica, luz).
-  Audición: orejas (acústica, sonido).
-  Tacto: piel (mecánica, calor).
-  Olfato: nariz (la química en fase vapor).
-  Gusto: lengua (la química en fase líquida).
-  Sexto sentido (propiocepción): ángulos de las articulaciones.

# Un Órgano ↔ Un Sentido

 No necesariamente:

 Balance: oídos

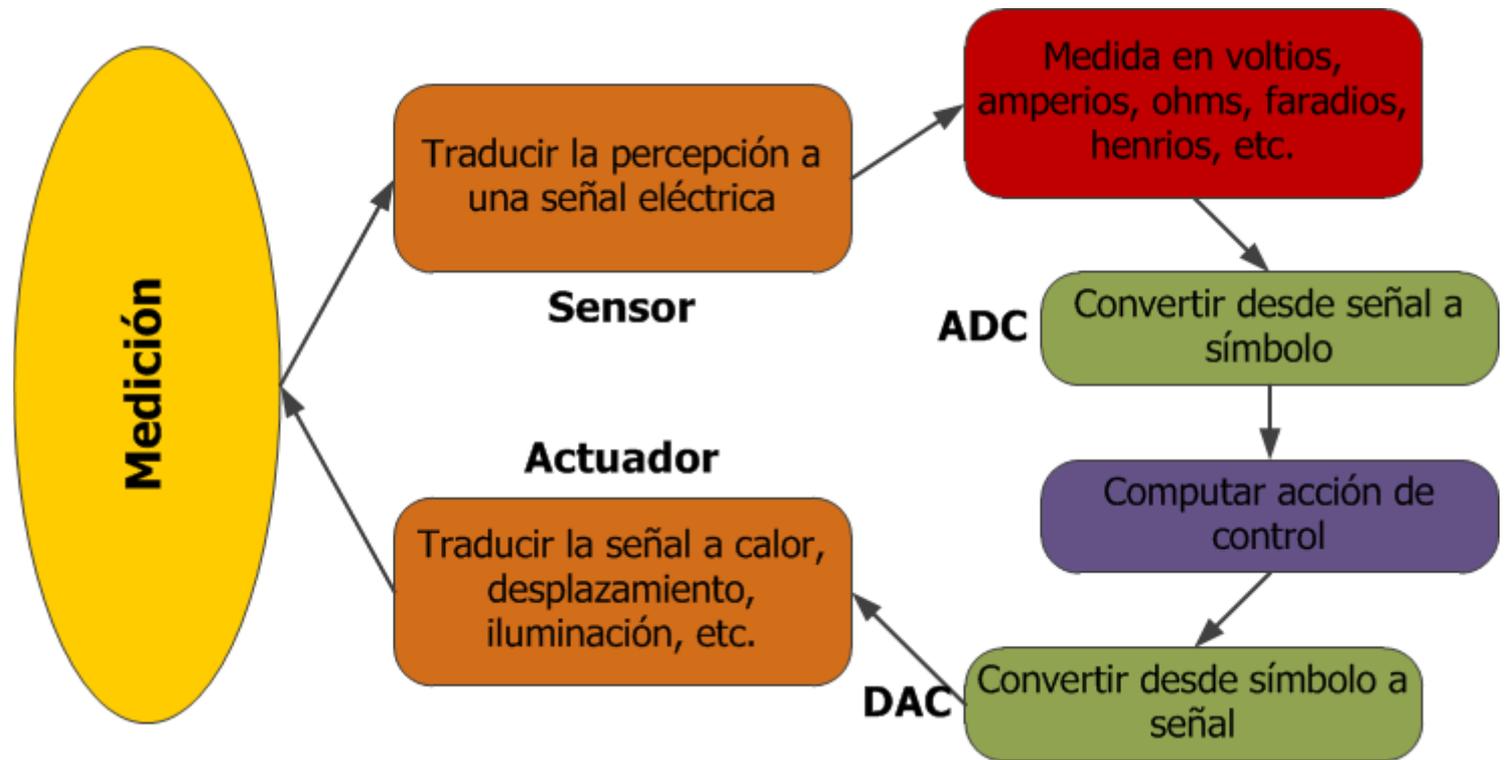
 Gusto: lengua

 Temperatura: piel

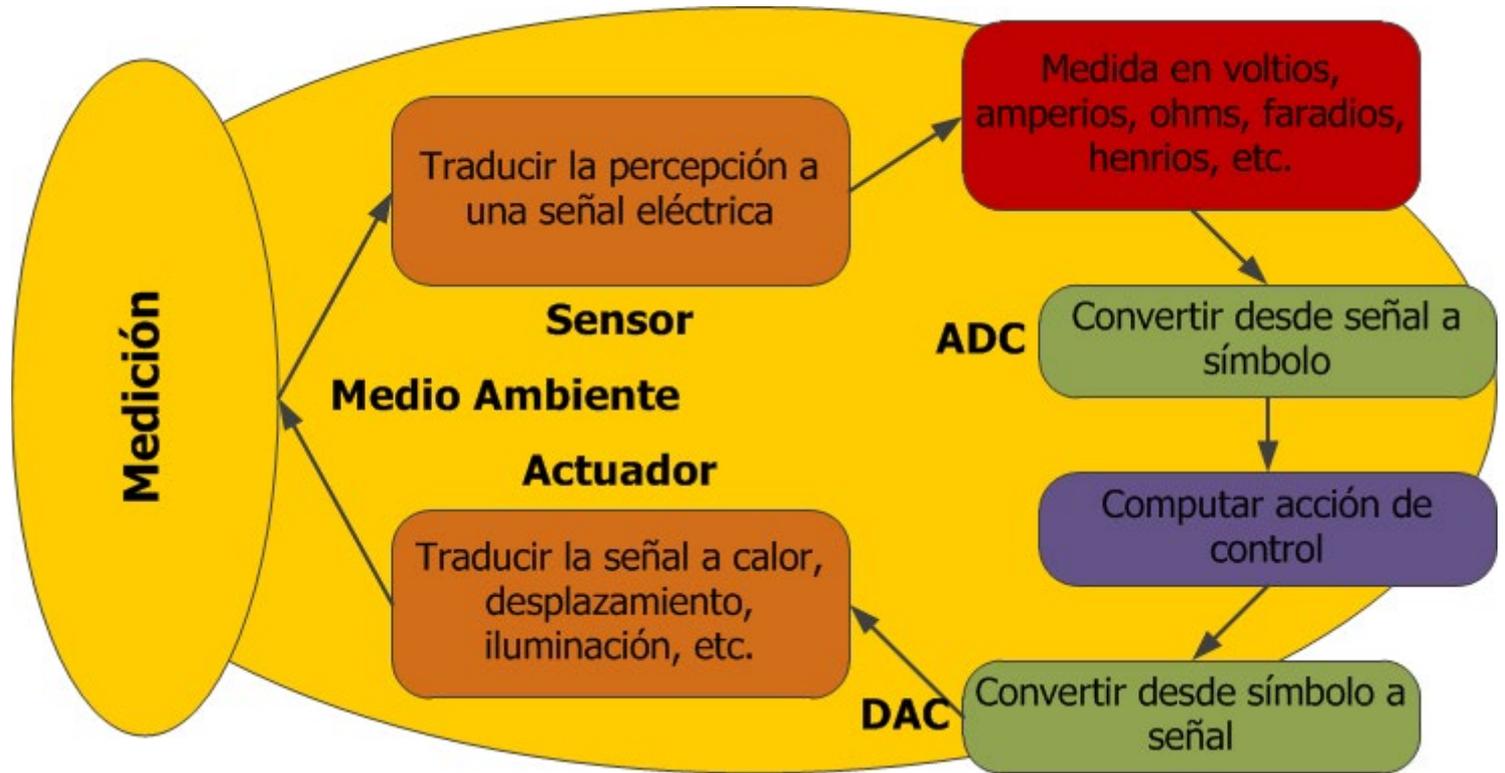
 Sensor de la fusión:

 La medición contradictoria que creemos que pertenecen a lo mismo mensurando causar estrés emocional y físico, por ejemplo, la enfermedad VR.

# *Sense-Think-Act Loop*



# *Sense-Think-Act Loop (cont.)*



# Medio Ambiente

- 🤖 La naturaleza confunde la medición con:
  - 🤖 Temperatura.
  - 🤖 Cuantificación.
- 🤖 El hombre confunde la medición con:
  - 🤖 Señales de interferencia.
  - 🤖 Ingeniería y limitaciones materiales.

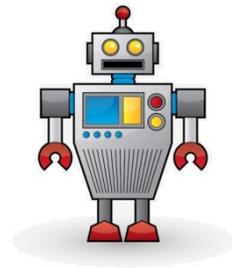
# Ruido

- 🤖 Orígenes: fenómenos naturales + menos que ingeniería ideal.
- 🤖 Consecuencias: precisión limitada y precisión de las mediciones.
- 🤖 Mejorías: la ciencia, el arte, la experiencia, el engaño.

# ¿Por qué es duro en la Robótica?

## Básico del sensor:

-  Los sensores son limitados, inexactos, ruidosos.
-  Los efectores son limitados.
-  Estado (interno y externo, pero sobre todo externo) del robot es parcialmente observable, en el mejor de los casos.
-  El medio ambiente es a menudo dinámico (cambia con el tiempo).
-  El medio ambiente está lleno de información potencialmente necesaria.
-  El medio ambiente es ruidoso.



# Sensores

# Sensores

- 🤖 El sistema perceptivo de un robot.
- 🤖 Dispositivos físicos que miden cantidades físicas y las convierten en señales eléctricas.
- 🤖 La función descriptiva es una señal eléctrica que es una aproximación en crudo de la realidad física.
  - 🤖 Rango: intervalo fijo de salida.
  - 🤖 Sensibilidad: cómo mapear el cambio en la entrada a los cambios en la producción.
    - 🦋 Logarítmica, lineal.
  - 🤖 Velocidad: intervalo de tiempo entre la lectura de entrada y salida de la producción.
  - 🤖 Estabilidad: cuán vulnerable es al ruido.

# Estructura de un Sensor

 **Controlador del transductor.** Es el elemento interfaz entre el usuario del sensor y el transductor.

 Por ejemplo, hay circuitos controladores que indican cuándo y cómo se debe hacer una medida.

 **Transductor.** Convierte las variaciones de una magnitud física en variaciones de una magnitud eléctrica (señal).

 **Acondicionamiento de la señal.** Si existe, realiza la función de modificar la señal entregada por el transductor para obtener una señal adecuada (amplificación, linealización, etc.).

 Con el avance de la electrónica digital, cada vez los circuitos acondicionadores son más sencillos.

# Propiedades de los Sensores

- 🤖 Velocidad de operación
- 🤖 Costo
- 🤖 Tasa de error
- 🤖 Robustez, resolución y sensibilidad
- 🤖 Requerimientos computacionales
- 🤖 Potencia, peso y tamaño
- 🤖 Linealidad
- 🤖 Histéresis
- 🤖 Repetitividad
- 🤖 Ruido
- 🤖 Función a la que se destina

# Magnitudes Físicas de los Sensores

-  Luz (con su gama de espectro: visible, infrarroja, ultravioleta)
-  Sonido y ultrasonido
-  Gravedad (inclinación, posición)
-  Temperatura
-  Humedad
-  Presión y/o fuerza
-  Velocidad
-  Magnetismo
-  Ubicación
-  Proximidad
-  Distancia

# Fusión de Sensores

- 🤖 La combinación de múltiples sensores para obtener una mejor información sobre el mundo.
- 🤖 Múltiples canales de sensores, una señal abstracta.
  - 🤖 No es simple - no sólo se puede calcular un promedio.
  - 🤖 Sensores diferentes dan tipos de señales diferentes.
- 🤖 La precisión, complejidad de la información.
  - 🤖 Requiere asimilar y procesar la información de una manera inteligente y útil, en tiempo real.
- 🤖 Por ejemplo, cerebro humano.

# Procesamiento y Complejidad

 Procesamiento simple de sensor simple.

 Simple reacción.

 Por ejemplo, un simple interruptor:

 On

 Off

 Procesamiento complejo de sensor complejo, permite una reacción más compleja (aunque no es necesaria).

 Por ejemplo, la visión de computador con una cámara.

# Propiedades del Procesamiento

- 🤖 Los sensores no proporcionan el estado, proporcionan señales.
- 🤖 El procesamiento de señales convierte a estado.
- 🤖 El procesamiento puede requerir un cómputo extenso.
- 🤖 El procesamiento involucra varias áreas:
  - 🤖 Electrónica.
  - 🤖 Procesamiento de la señal.
  - 🤖 Computación.

# Componentes del Procesamiento

## Electrónica:

-  Medir la tensión que pasa por un circuito en un interruptor.

## Procesamiento de señales:

-  Reconocer la voz, separarla del ruido.

## Computación:

-  Detección de bordes de los objetos en una imagen, seguido por el reconocimiento de objetos.

# Requerimientos del Procesamiento

- 🤖 Capacidades de procesamiento analógico o digital (por ejemplo, un ordenador).
- 🤖 Cables para conectar todo.
- 🤖 Electrónica para la interfaz con la computadora.
- 🤖 Las baterías para proporcionar energía.

# Tipos de Sensores

## Propiedades físicas y tipos de sensores:

➤ contact	→	bump, switch
➤ distance	→	ultrasound, radar, infrared (IR)
➤ light level	→	photo cells, cameras
➤ sound level		microphones
➤ strain	→	strain gauges
➤ rotation	→	encoders
➤ magnetism		compasses
➤ smell	→	chemical
➤ temperature	→	thermal, infrared
➤ inclination	→	inclinometers, gyroscopes
➤ pressure	→	pressure gauges
➤ altitude	→	altimeters

# Tipos de Sensores (cont.)

## Sensores internos:

-  Conocimiento del estado del propio robot.
-  Conocer la posición, la velocidad y la aceleración de las articulaciones (una representación digital de estas magnitudes), para que el robot siga una determinada trayectoria y alcance la posición final deseada en el instante requerido, y con la mínima o ninguna sobre-oscilación.

## Sensores externos:

-  Conocimiento del entorno que rodea al robot.
-  En la mayoría de las tareas es necesario conocer datos del mundo que rodea al robot, como distancias a objetos (o contacto con ellos), fuerza ejercida por la mano en las operaciones de prensión, o ejercida por objetos externos (su peso), etc.
  -  Este tipo de conocimiento se puede adquirir con dispositivos muy diferentes, desde los más simples (micro-interruptores) a los más complejos (cámaras de TV).

# Tipos de Sensores (cont.)

## Sensores pasivos:

-  El estímulo proviene del medio ambiente (es decir, la propiedad física es la que se mide).

## Sensores activos:

-  Provee sus propios estímulos / señales y usa su interacción con el medio ambiente como la propiedad que se mide.
-  Por lo general requieren más energía.

# Sensores Internos

## Sensores de posición

-  Analógicos: potenciómetros, resolver, sincro, LVDT, Inductosyn.
-  Digitales: encoders (absolutos e incrementales).

## Sensores de velocidad

-  Analógicos: dinamos tacométricas (tacómetros)
-  Digitales: medición de la velocidad con un encoder

## Sensores de gravedad (inclinación, posición)

-  Acelerómetros
-  Inclinómetros (pendulares)
-  Giroscopios

# Sensores Externos

- 🤖 Sensores de temperatura y humedad
- 🤖 Sensores de luz
- 🤖 Sensores de sonidos
- 🤖 Sensores de proximidad
  - 🤖 De contacto
  - 🤖 Sin contacto
- 🤖 Sensores de tacto
- 🤖 Sensores de presión y fuerza
- 🤖 Sensores de navegación
  - 🤖 Giroscopios
  - 🤖 Compas
  - 🤖 GPS
- 🤖 Sensores de visión

# Tipos de Sensores

## Sensores de temperatura

-  [Termistores](#)
-  [RTDs \(Termorresistencias\)](#)
-  [Termopares, Termocuplas](#)
-  [Diodos](#)
-  [Circuitos integrados](#)
-  [Pirosensores \(a distancia\)](#)

## Sensores de humedad

-  [Sensores capacitivos](#)
-  [Sensores resistivos](#)
-  [Módulos integrados](#)

# Tipos de Sensores

## Sensores de luz

### Elementos sensibles

-  [LDRs o Fotorresistores](#) (resistores variables por la incidencia de la luz)
-  [Fotoceldas o celdas fotovoltaicas](#)
-  [Fotodiodos](#)
-  [Fototransistores](#)
-  [CCD](#)
-  [Cámaras de vídeo](#)

### Módulos integrados

-  [Reflectivo](#)
-  [De ranura](#)

## Sensores de sonido

### Elementos sensibles

-  [Micrófonos](#)
-  [Captadores piezoeléctricos](#)

### Módulos integrados

-  [Rangers \(medidores de distancia\) ultrasónicos](#)

# Tipos de Sensores

- 🤖 Sensores de proximidad
  - 🤖 [Sensores capacitivos](#)
  - 🤖 [Sensores inductivos](#)
- 🤖 Sensores para medición de distancia Módulos integrados
  - 🤖 [Medidores de distancia ultrasónicos](#)
  - 🤖 [Medidores de distancia por haz infrarrojo](#)
- 🤖 Sensores de presión y fuerza
  - 🤖 Elementos sensibles
    - 🦋 [Microinterruptores](#)
    - 🦋 [Sensores de presión](#)
    - 🦋 [Sensores de fuerza](#)
  - 🤖 Sensores
    - 🦋 [Sensores de contacto](#) (sandwich, bigotes, antenas)
    - 🦋 [Piel robótica](#)

# Tipos de Sensores

## Sensores de ubicación geográfica

-  [GPS](#)
-  [Receptores de radiobalizas](#)

## Sensores de velocidad

-  [Tacómetros](#)
-  [Codificadores \(encoders\)](#)

## Sensores de gravedad (posición)

-  [Acelerómetros, sensores de vibración](#)
-  [Sensores pendulares \(Inclinómetros\)](#)
-  [Contactos de mercurio](#)
-  [Giróscopos](#)

## Sensores de magnetismo

-  [Efecto Hall](#)
-  [Brújulas electrónicas](#)
-  [Interruptores magnéticos](#)

# Smart Sensor

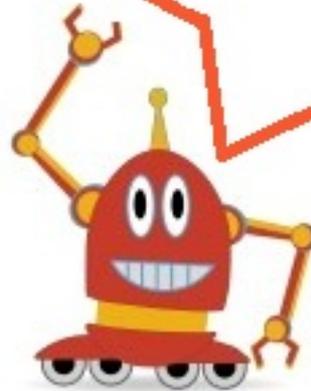
- 
- Existen otros sensores que no solo producen la magnitud de lo que se está midiendo, sino que también procesan la información y son llamados ***Smart Sensors***.
- 🤖 Poseen comunicación bidireccional.
  - 🤖 Pre-procesar los valores medidos.
  - 🤖 Notificar las medidas con señales digitales y protocolos de comunicación.
  - 🤖 Toma de decisiones en base a las condiciones registradas de forma separada al microcontrolador.
  - 🤖 Recordar la calibración o la configuración de sus parámetros. Autocalibración en algunos.
  - 🤖 Filtros, reducción de información en general. Compensación de no linealidades.
  - 🤖 Funciones de multisensorial, tomando diferentes señales, para hacer un balance de la magnitud medida.

# Referencias Bibliográficas

-  Bagnall, Brian. "Intelligence Unleashed: Creating LEGO NXT Robots with Java". Variant Press. Septiembre, 2011.
-  Fu, K.S.; González, R.C. y Lee, C.S.G. "Robotics: Control, Sensing, Vision, and Intelligence". McGraw-Hill. 1987.
-  Mataric, Maja. "The Robotics Primer". MIT Press. 2007.
-  Murphy, R. "An Introduction to AI Robotics". MIT Press. 2000.
-  Carletti, Eduardo J. Sensores - Conceptos generales. URL: [http://robots-argentina.com.ar/Sensores\\_general.htm](http://robots-argentina.com.ar/Sensores_general.htm)



**¿Preguntas?**



**¡Gracias!**



Dra. Kryscia Daviana Ramírez Benavides  
Profesora e Investigadora  
Universidad de Costa Rica  
Escuela de Ciencias de la Computación e Informática

Sitio Web: <http://www.kramirez.net/>  
E-Mail: [kryscia.ramirez@ucr.ac.cr](mailto:kryscia.ramirez@ucr.ac.cr)  
[kryscia.ramirez@eccu.ucr.ac.cr](mailto:kryscia.ramirez@eccu.ucr.ac.cr)

Redes Sociales:

