

Tema 14: Introducción a los sistemas electrónicos

Fundamentos Físicos y Electrónicos de la Informática

Introducción

En este tema

- ▶ Tendremos una primera aproximación a un sistema electrónico,
- ▶ Veremos las funciones en un sistema electrónico. La implementación de muchas de estas funciones se puede lograr usando diodos, transistores...
- ▶ Veremos como se puede incorporar información del mundo exterior al sistema electrónico mediante sensores
- ▶ Estudiaremos como construir un sensor de luz usando un divisor de tensión.
- ▶ Estudiaremos como el sistema interactúa con el mundo exterior mediando los actuadores
- ▶ Veremos algunos tipos de sensores y actuadores

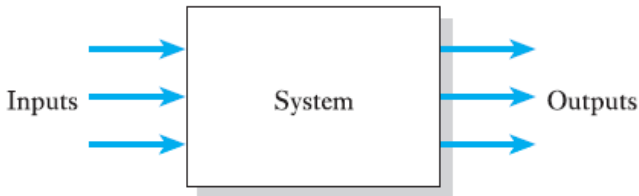
Introducción

Sistema

cualquier volumen cerrado en el que las entradas y salidas son conocidos

Entradas/salidas (inputs/outputs)

variación de una magnitud física que porta información



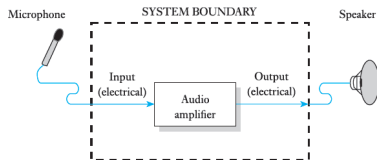
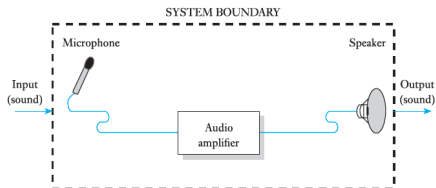
Sistema electrónico

sistema que genera o manipula energía eléctrica

Introducción

El tipo de entrada o salida dependerá, en general, de como delimitemos nuestro sistema.

- Si consideramos todo el sistema de sonido, la entrada sería variaciones de presión.
- Pero si sólo consideramos el amplificador, la entrada sería una señal eléctrica del micrófono.



Introducción

- Un sistema electrónico puede ser complejo
- Para su estudio es progresivamente dividido en sistemas más simples, resultando en una serie de módulos que son más fáciles de manejar.

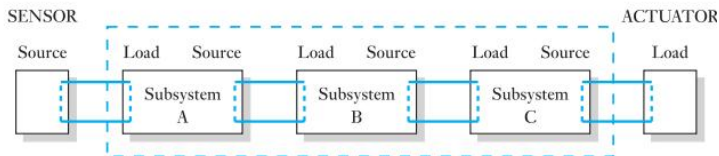


Diagrama de bloques

Forma de representar un sistema complejo en un conjunto de módulos más simples. Cuando la energía (información) va de un componente a otro, al primero se refiere como **fuentes** (source) y al segundo como **carga** (load).

Funciones de los sistemas electrónicos

Las funciones principales de un sistema electrónico en ingeniería son

- **Medición**

Sensores

Acondicionamiento de señal

- **Procesamiento**

- **Actuación**

Actuadores

Drivers

- **Alimentación**

Funciones de los sistemas electrónicos

Medición

Incorporar información relevante del exterior a nuestro sistema.

- ▶ Un **sensor** es un elemento que genera fluctuaciones eléctricas producida por la variación de alguna magnitud física.
- ▶ Estas variaciones se conocen como **señal eléctrica**.
- ▶ Las señales eléctricas portan pues información.
- ▶ **Un sensor convierte variaciones de una magnitud física en señales eléctricas que se pueden usar como entrada en los sistemas electrónicos.**

*Ejemplo: Micrófono: Variaciones de presión;
Célula fotovoltaica: Cambios de luz.*

Funciones de los sistemas electrónicos

- Dentro de la Medición también puede haber un proceso de acondicionamiento de señal

Acondicionadores de señal

Cambian alguna característica de la señal de entrada

- La señal de salida de un sensor, puede requerir ser alterada de una forma adecuada para ser procesada adecuadamente.

Ej. Amplificar, quitar interferencias, convertir señal análoga en digital, convertir voltaje en corriente, ...

Funciones de los sistemas electrónicos

Procesamiento

Circuitos que manipulan/analizan/almacenan la información recibida y determina las acciones necesarias para cumplir los objetivos especificados.

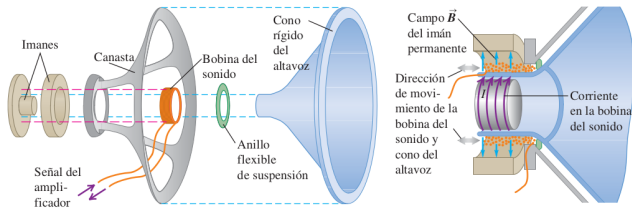
- Módulo eléctricos que operan a partir de las señales de entrada para determinar la acción a realizar.

Funciones de los sistemas electrónicos

Actuación

Generan un cambio en una magnitud física a partir de una señal eléctrica (procesada). El actuador toma una señal eléctrica de entrada y genera un cambio en una magnitud física como salida

Ej. Altavoz, señal eléctrica en sonido (variaciones de presión)



Otros módulos electrónicos: alimentación

Circuitos que adecuan la energía eléctrica para los restantes componentes electrónicos.

Señales analógicas y digitales

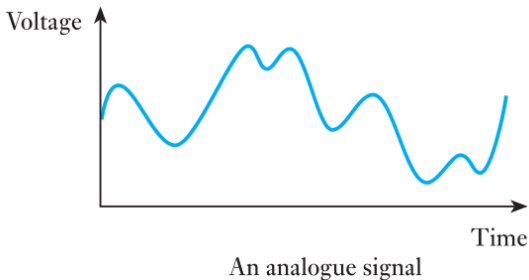
- Las variaciones eléctricas de un sensor portan información de alguna magnitud física que varía.
- Atendiendo a su naturaleza, las cantidades físicas se pueden clasificar como
 - ▶ Aquellas que varían continuamente (ej. temperatura, humedad, ...)
 - ▶ Aquellas que varían de forma discontinua o discreta (ej. población)

Señales analógicas y digitales

- Las señales eléctrica también pueden ser continuas (analógicas) o discretas (digitales).

Señales Analógicas

Toman un margen continuo de valores del amplitud, esto es, puede tomar típicamente cualquier valor del intervalo

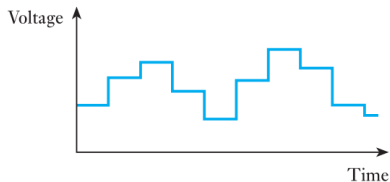


Señales analógicas y digitales

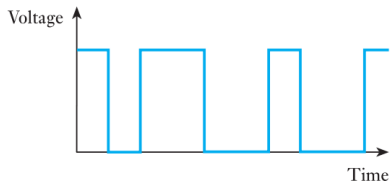
Señales Digitales

Toman un número discreto de valores (número finito de amplitudes).

- Sólo son posibles algunos valores del intervalo (son discontinuas o discretas)
- Si sólo existen 2 valores, se habla de señal binaria



(b) A multi-valued digital signal



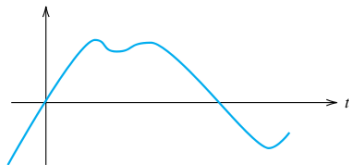
(c) A binary signal

Señales analógicas y digitales

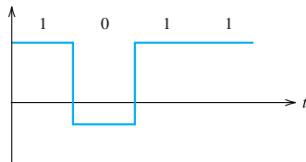
Ventajas circuitos digitales sobre analógicos

Menor sensibilidad al ruido eléctrico y a la distorsión

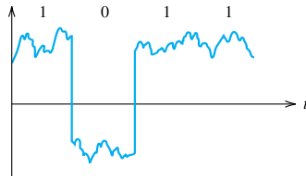
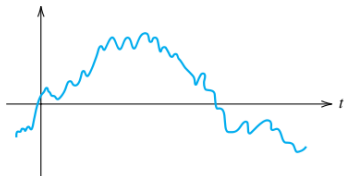
- Ruido: Perturbación no deseada añadida a la señal de entrada
- El ruido tiende a acumularse en las señales analógicas



(a) Señal analógica



(b) Señal digital



Señales analógicas y digitales

Algunas ventajas circuitos digitales sobre analógicos

- ▶ Como son menos sensibles al ruido, son más precisos
- ▶ Posibilidad de implementar funciones matemáticas, lógicas y de almacenamiento de gran complejidad.
- ▶ Aunque tienen más componentes, los circuitos digitales son más baratos que los analógico (técnicas circuitos integrados)

Algunas desventajas circuitos digitales sobre analógicos

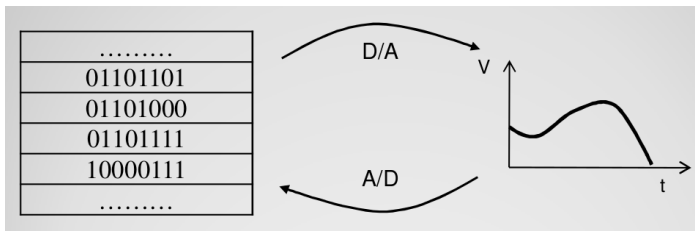
- ▶ Los sistemas analógicos requieren menos componentes que los sistemas digitales
- ▶ Los circuitos analógicos son más rápidos
- ▶ Los circuitos analógicos funcionan mejor a amplitudes bajas o frecuencias altas

Señales analógicas y digitales

El uso de un determinado tipo de señal hace generalmente más eficiente una función de un sistema electrónico, por ejemplo

- ▶ **Acondicionamiento de señal:** Analógico
- ▶ **Procesamiento:** Digital
- ▶ **Alimentación:** Analógico

Se hacen necesarios circuitos de conversión A/D y D/A



Introducción

Transductor

Dispositivo que convierte una magnitud física determinada en magnitud física diferente, esto es, convierte un tipo de energía en otro.

Ej: un termómetro de mercurio

Sensor

Dispositivo que produce fluctuaciones eléctricas (señal eléctrica) producida por la variación de alguna magnitud física.

Ej: un micrófono

Actuador

Dispositivo que toma una señal eléctrica de entrada y genera un cambio en una magnitud física como salida.

Ej: un altavoz

Sensores v Actuadores son pues 2 tipos de Transductores

Introducción

En general casi cualquier propiedad de un material que varíe en respuesta a una excitación puede ser usada para producir un sensor.

Propiedades

- ▶ Resistivas
- ▶ Inductivas
- ▶ Capacitivas
- ▶ Piezoeléctricas
- ▶ Fotoeléctricas
- ▶ Elásticas
- ▶ Térmicas

Son usada para desarrollar sensores de Temperatura, Humedad, Presión, Posición, Movimiento, Caudal, Luz, Imagen, Corriente, Conductividad, Resistividad, Biométricos, Acústicos, Imagen, Aceleración, Velocidad, Inclinación, Químicos ...

Sensores

Características Estáticas de los Transductores (Sensores)

Error

Diferencia entre el valor de una magnitud medida por el sensor y el valor real. Los hay aleatorios (efecto del azar) y sistemáticos (se producen de igual modo en todas las mediciones).

Rango

Intervalo de los valores que puede medir. El rango define los límites superior e inferior entre los cuales puede realizarse la medida. No respetar el rango de medida de un transductor o un instrumento puede ocasionar en error grave en el sistema

Resolución

Menor cambio en la variable medida que es capaz de detectar. Es frecuentemente expresado como un porcentaje del rango del dispositivo. (Ej. 0.1% de toda la escala \equiv una milésima del rango).

Sensores

Exactitud (Accuracy)

Máximo error esperado de la medida respecto al valor verdadero. Representa la capacidad de un instrumento de dar medidas que se aproximen al verdadero valor de la magnitud medida. Puede ser expresado como un valor absoluto o un porcentaje del rango del sistema. *(Ej. La exactitud de un sensor de velocidad puede ser expresada como ± 1 km/h o como $\pm 0.5\%$ del rango.)*

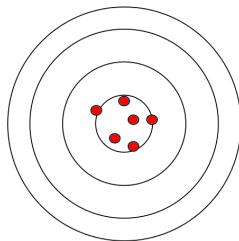
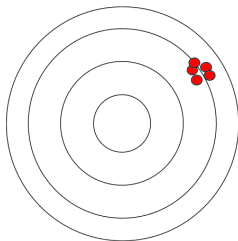
Precisión (Fidelidad)

Máxima dispersión esperada para varias medidas del mismo valor de entrada. Capacidad de un instrumento de dar el mismo valor de la magnitud medida al realizar la medición varias veces en las mismas condiciones.

La precisión es una medida de la falta de errores aleatorios, y por tanto, aparatos con alta precisión producirán lecturas similares, con poca variación.

Sensores

Cuestión: ¿Cuál de estos sistemas sería preciso?, ¿y cuál exacto?





Cuestión: El promediado de varias medidas y la calibración son dos métodos para paliar algunas deficiencias de los sensores. ¿Qué características de un sensor mejora cada uno de ellos?


Sensores


Características de los sensores

Exactitud vs precisión

Alta exactitud
Alta precisión

Bajo error sistemático y aleatorio

Alta exactitud
Baja precisión

Elevado error aleatorio

Baja exactitud
Alta precisión

Elevado error sistemático

Baja exactitud
Baja precisión

Elevado error sistemático y aleatorio

Sensores

Repetibilidad (Reapeatibility)

Es el mismo concepto que la fidelidad, salvo que nos referimos a repetibilidad cuando las medidas se realizan en un corto espacio de tiempo. $Repetibilidad = \sqrt{\frac{s_i - \bar{s}}{N}}$

Linealidad

Indica en que medida la variación de la salida es proporcional a la de entrada. Se puede medir la no linealidad de un sistema como la máxima desviación de la medidas respecto de la linea recta ideal.

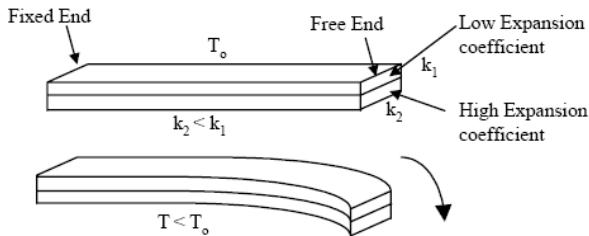
Sensibilidad

Medida del cambio producido en la salida para un cambio en la entrada (*Ej. Un sensor de temperatura dado tiene una sensibilidad de 10 mV/°C.*)

Sensores de temperatura

Termostato

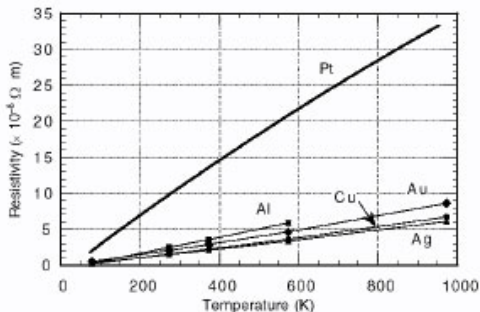
- ▶ Salida binaria indicando si la T está por encima debajo de cierto umbral.
- ▶ Frecuentemente se basan en una lámina bimetálica (2 láminas de metal con diferente coeficiente de dilatación, que cuando se calientan se dilatan forma distinta provocando deformación.)



Sensores de temperatura

PRT (Platinum Resistance Thermometer)

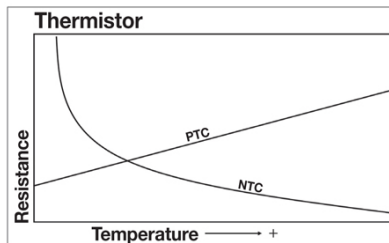
- ▶ La resistencia eléctrica de los metales depende de T
- ▶ Muy lineales: $R(T) = R_0(1 + \alpha\Delta T)$
- ▶ Poco sensibles, ej. $R(0^\circ\text{C}) = 100\Omega$, $R_{PRT}(100^\circ\text{C}) = 140\Omega$



Sensores de temperatura

Termistores

- ▶ Se basan en la variación de la resistencia de un semiconductor con la temperatura
- ▶ NTC (PTC): Negative (Positive) Temperature Coefficient thermistor
- ▶ Sensibles, ej. $R(T = 0^{\circ}\text{C}) = 5\text{k}\Omega$, $R(T = 100^{\circ}\text{C}) = 100\Omega$
- ▶ No lineales, $R(T) = R_0 e^{B(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0})}$



Sensores de temperatura

- Algunos tipos de sensores

PRT



NTC



Termopar



Sensores de temperatura

Cuestión 3: Un sensor de temperatura tipo PRT (muy lineal) tiene una resistencia de $100\ \Omega$ para una temperatura de 0°C (lo que se conoce como "una PT100"). Si su coeficiente de temperatura (o sensibilidad) es $\alpha = 0,385\ \Omega/^{\circ}\text{C}$, ¿cuál será su resistencia a 50°C ?

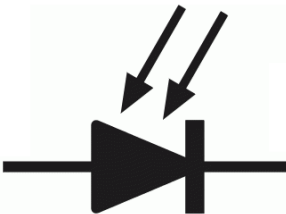
$$R = 119.25\ \Omega$$

Cuestión 4: Demostrar que se puede aumentar la linealidad de un termistor añadiendo una resistencia en paralelo.

Sensores de luz

Fotodiodos

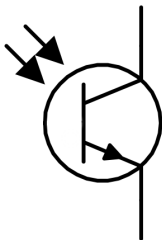
- ▶ Al aumentar la cantidad de luz incidente se incrementa la circulación de corriente inversa. Cuando no hay luz se comportan como un diodo normal.
- ▶ Fotovoltaicos, generan electricidad cuando son iluminados.
- ▶ Baja sensibilidad.
- ▶ No lineales.



Sensores de luz

Fototransistor

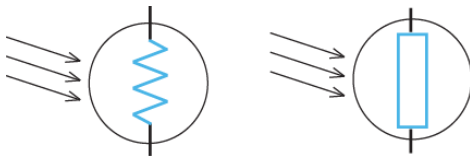
- ▶ Funcionan de manera similar a la de un transistor normal. La luz incide sobre la base, generando portadores en ella.
- ▶ Alta sensibilidad
- ▶ No lineales.



Sensores de luz

LDR (light-dependent resistor)

- ▶ Resistencia dependiente de la luz. También llamada fotorresistencia o fotorresistor. Cambios de intensidad luminosa generan cambios en su resistencia.
- ▶ El funcionamiento de la LDR se basa en el efecto fotoeléctrico. Posee muy pocos electrones libres en condiciones de oscuridad (resistencia muy alta), pero que al ser iluminada se generan portadores de carga libres, disminuyendo la resistencia.
- ▶ No lineal: $R_{LDR} = Ke^{-\alpha}$, K, α dependen del material.
Para 100 Lux (habitación bien iluminada) $\rightarrow R_{LDR} \approx 1\text{k}\Omega$. Para iluminación bajo un sol brillante (800 Lux) $\rightarrow R_{LDR} \approx 10\ \Omega$



- Algunos tipos de sensores

Fotodiodos



Fototransistores



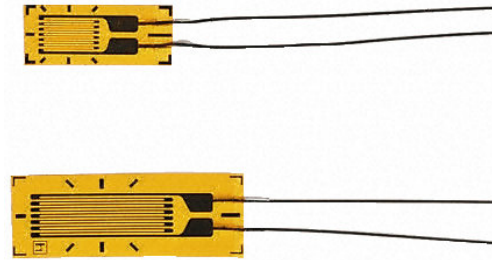
LDR



Sensores de deformación (fuerza)

Galga extensiométrica

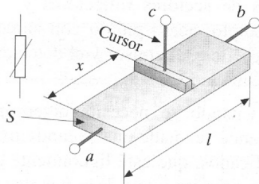
- ▶ Variación de la resistencia de un conductor o semiconductor cuando es sometido a un esfuerzo mecánico (efecto piezoresistivo)
- ▶ Por ejemplo en un conductor $\rightarrow R = \rho \frac{l}{A}$
- ▶ Miden en una sola dirección



Sensores de Desplazamiento

Potenciómetro

- ▶ Consiste en un resistor variable
- ▶ Ampliamente usados (controles en radios, TV's ...)
- ▶ Admiten movimientos lineales y circulares.



$$R_{ab} = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

$$R_{ac} = \rho \cdot \frac{x}{S}$$

$$R_{ac} = \frac{R_{ab}}{l} \cdot x$$



Sensores de Desplazamiento

Interruptores

- ▶ Sensores binarios
- ▶ Sufre rebotes

Optointerruptores

- ▶ Consiste de un sensor de luz (ej. fototransistor) y una fuente de luz (ej. LED) incluidos en un mismo dispositivo
- ▶ Sin rebote

Sensores de Desplazamiento

Interruptores



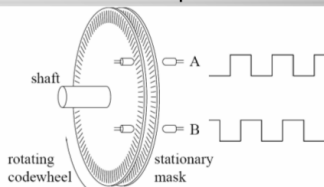
Potenciómetro



Incremental



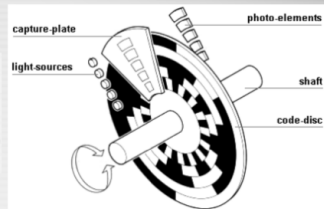
Codificadores de posición



Opto-interruptores

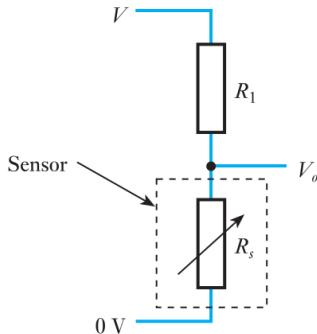


Absoluto



Circuitos Adaptadores (*Sensor interfacing*)

- Algunos sensores producen una señal eléctrica directamente relacionada con la magnitud física que miden, otros sin embargo, necesitan de un transductor más circuitería adicional para generar dicha señal.
- Por ejemplo, muchos sensores representan el cambio de una magnitud física cambiando su resistencia (ej. PRT, LDR)
- Una manera de introducir un cambio de resistencia en voltaje es introduciendo el sensor en un divisor de tensión

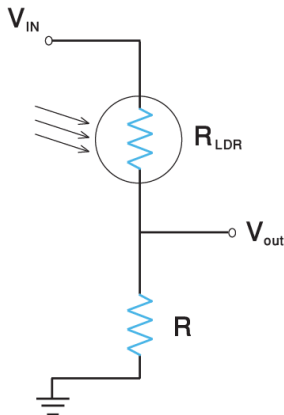


Circuitos Adaptadores (*Sensor interfacing*)

Podemos convertir el cambio de resistencia en la LDR a un cambio de voltaje, incluyendo a la LDR en un divisor de tensión

$$V_{out} = V_{IN} \frac{R}{R + R_{LDR}}$$

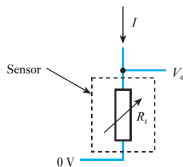
- Donde podemos ver que el voltaje de salida, V_{out} depende del valor que tome la resistencia de la LDR.
- Así para mucha intensidad luminosa el valor de R_{LDR} disminuirá, aumentando V_{out}
- V_{out} es la señal que porta la información de la cantidad de luz que hay.



Circuitos Adaptadores (*Sensor interfacing*)

Cuestión 5: Otra forma de sensor que produce un voltaje de salida que varía linealmente con la variación de la resistencia, consiste en hacer pasar una corriente constante a través de la resistencia variable de la LDR (R_S). Considere un PRT que tiene una resistencia de 100Ω para una temperatura de 0°C con una sensibilidad de $\alpha = 0,385\Omega/^\circ\text{C}$. Si tal dispositivo es conectado a una fuente de corriente constante de 10 mA , ¿cuál sería el voltaje de salida a 0° ? ¿Cuál sería la sensibilidad de este dispositivo (en $\text{V}/^\circ\text{C}$) a temperaturas mayores de 0°C ?

Sol. $V_O = 1\text{ V}$; $3.85\text{ mV}/^\circ\text{C}$.



Actuadores

- Los sistemas interactúan con el exterior mediante los actuadores, que toman una señal eléctrica como entrada y generan un cambio en una magnitud física exterior.

De calor

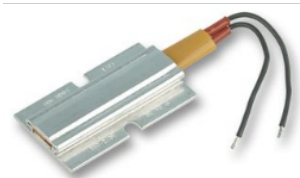
- ▶ Calefactor resistivo

Luz

- ▶ Lámparas convencionales
- ▶ LED

Actuadores

Calefactor resistivo



LEDs



Actuadores

Fuerza, desplazamiento

- ▶ Solenoide
- ▶ Motores (AC,DC, paso a paso)

Actuadores

Solenoide



DC



Motores



AC

Motor paso a paso

