

Necesidad y aplicaciones de los sistemas automáticos de control

La implantación y el desarrollo de los sistemas de regulación están presentes en infinidad de sectores, en el ámbito doméstico, en los procesos industriales, en el desarrollo tecnológico y científicos, provocando avances significativos en todos los campos.

En la producción industrial su utilización permite:

- Aumentar la calidad y la cantidad del producto fabricado.
- Mejorar los sistemas de seguridad del proceso industrial.
- Ejecutar operaciones cuya realización sería impensable con la única participación del hombre.
- Reducir enormemente los costes productivos.

Dentro de los avances científicos que el uso de estos sistemas ha posibilitado tenemos un ejemplo claro en el desarrollo del campo de las misiones espaciales, que son realizadas de modo automático y en las que la presencia humana es anecdótica.

En el desarrollo tecnológico, abarca desde el control de robots, como la regulación centralizada del tráfico en un aeropuerto, sistemas de ayuda al conductor de un vehículo,...

En el ámbito doméstico, todo lo que tiene que ver con la domótica que provoca una habitabilidad más confortable.

1. Conceptos

A lo largo del tema utilizaremos una serie de conceptos que es necesario conocer:

- **Variable del sistema:** Toda magnitud física susceptible de ser sometida a vigilancia y control que define el comportamiento de un sistema (velocidad, temperatura, posición,...).
- **Entrada:** Excitación que se aplica a un sistema de control desde un elemento externo, al objeto de generar una respuesta.
- **Salida:** Respuesta proporcionada por el sistema de control al estímulo de la entrada.
- **Perturbación:** Señal no deseada que modifica adversamente de modo imprevisto el funcionamiento del sistema, pueden ser internas o externas al propio sistema.
- **Planta:** Sistema sobre el que deseamos realizar el control.
- **Sistema:** Conjunto de dispositivos que actúan interrelacionados para realizar el control. Los sistemas de control reciben la información facilitada por los sensores y, tras ser procesada, se utiliza para controlar los actuadores.
- **Entrada de mando:** Señal externa al sistema que condiciona su funcionamiento.
- **Señal de referencia:** Señal de entrada que utilizamos para calibrar al sistema.
- **Señal de error:** Señal obtenida en la salida del comparador entre la señal de referencia y la señal realimentada.
- **Señal activa:** cuando la señal de error resultante del comparador está muy atenuada, es necesario amplificarla para convertirla en una señal capaz de activar los distintos componentes del sistema.
- **Unidad de control:** Controla la salida en función de una señal activa.
- **Unidad de realimentación:** Conjunto de dispositivos que captan la variable controlada, la acondicionan y llevan al comparador.
- **Transductor:** Elemento que transforma una magnitud física en otra interpretable por el sistema.

Dependiendo de la naturaleza de los procesos, los sistemas de control pueden ser:

● **Sistemas naturales:** Por ejemplo el control de la temperatura del cuerpo humano, por medio de la transpiración. La entrada del sistema es la temperatura habitual de la piel, y la salida, su temperatura actual. Si existe una señal de error, se pone en funcionamiento el proceso de activar la sudoración para que, por evaporación, se produzca un enfriamiento de la piel, cuando comienza a descender la temperatura la señal de error se atenúa lo que provoca la disminución de la secreción de sudor.



Imagen en [INTEF](#). Licencia [CC](#)

● **Sistemas realizados por el hombre:** Por ejemplo el control de la temperatura de una habitación por medio de un termostato. La entrada del sistema es la temperatura de referencia considerada

confortable, que se introduce en el termostato (comparador), la salida del sistema es la temperatura de una habitación. Si en la salida del comparador se tiene una señal de error, ésta activará los dispositivos pertinentes para poner en funcionamiento los medios adecuados para corregir ese error, que continuarán actuando mientras persista la señal de error.

● **Sistemas mixtos:** Es el caso del control de la dirección de un automóvil. La entrada sería la dirección de la carretera, y la salida la dirección del automóvil. Por medio del cerebro, los ojos, las manos....., y también el vehículo, el conductor gobierna y corrige la salida para ajustarla a la entrada.

Comprueba lo aprendido

Selecciona la opción correcta en cada uno de los casos:

La señal que se utiliza como referencia para calibrar el sistema se llama señal de calibración

Sugerencia

Verdadero Falso

Falso
Señal de referencia

El sudor es un sistema de control realizado por el hombre

Sugerencia

Verdadero Falso

Falso
Es natural

Los elementos que toman el valor de una magnitud y lo transforman en un nuevo valor de una nueva magnitud, proporcional al primer valor se llaman transductores

Sugerencia

Verdadero Falso

Verdadero
Estamos fijando la entrada de mando.

Cuando fijamos la temperatura de la calefacción de nuestra casa a través del termostato, estamos introduciendo en el sistema la señal activa.

Sugerencia

Verdadero Falso

Falso

TIPOS DE SEÑALES

La comprensión de los sistema de control hace necesaria la introducción de una nueva definición, el cocepto de **señal**:

Importante

Señal: Variación en el tiempo de una magnitud física, que permite transmitir información.

Las señales pueden ser de dos tipos:

- **Analógicas:** Pueden adquirir infinitos valores (el conjunto de números reales) en cualquier intervalo continuo de tiempo. La variación de la señal constituye una gráfica continua.
- **Digitales:** Pueden adquirir únicamente valores concretos, es decir, no varían a lo largo de un cierto intervalo de tiempo. La variación de la señal constituye una gráfica discontinua Por ejemplo, el estado de un interruptor sólo puede tener dos valores (0 abierto, 1 cerrado) y en general pueden estar representadas por cualquier elemento

dual: encendido/apagado, conduce/no conduce, conectado/desconectado, nivel alto/nivel bajo...

A cada valor de una señal digital se le llama **bit** resultando ser esta la unidad mínima de información.

Cualquier sistema de regulación y control basado en un microprocesador va a ser incapaz de interpretar señales analógicas, ya que sólo utiliza señales digitales.

Esto hace que sea necesario necesario traducir, o transformar en señales binarias las señales analógicas.

Este proceso recibe el nombre de **digitalización** o **conversión** de señales analógicas a digitales y se realiza a través de sistemas llamados conversores Analógicos Digitales (ADC Analog-to-Digital Converter).

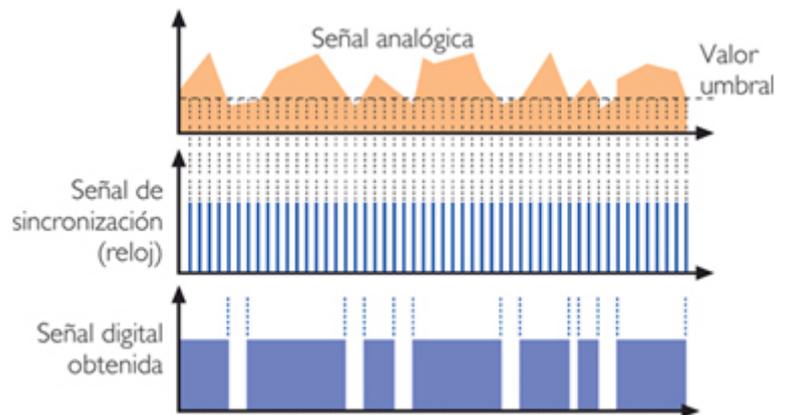


Imagen de elaboración propia

Importante

Conversor Analógico Digital (ADC Analog-to-Digital Converter)

Sistema que lleva a cabo el proceso de conversión de una señal analógica en digital. El objeto de este procedimiento es por un lado facilitar el procesamiento de las señales y por otro hacerlas más inmunes a las interferencias.

Para realizar esta función, el conversor ADC tiene que ejecutar los siguientes procesos:

1. **Muestreo** de la señal analógica.
2. **Cuantización** de la propia señal.
3. **Codificación** del resultado en código binario.

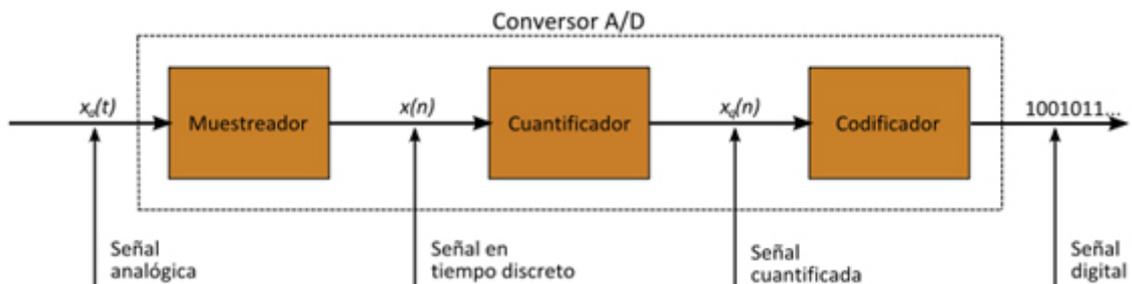


Imagen de elaboración propia

Muestreo, (sampling)

Consiste en tomar diferentes muestras del valor de la señal (tensión, presión,...), la frecuencia con que se realiza el muestreo, se denomina razón o tasa, cuanto mayor sea la frecuencia de muestreo, más fidelidad tendrá la señal digital obtenida.

En el proceso de muestreo se asignan valores numéricos que equivalen al valor de la señal en distintos instantes de tiempo, para así poder realizar a posteriori el proceso de cuantización.

Cuantización, (quantization)

Los valores continuos de la señal se convierten en valores discretos que corresponden a los diferentes niveles de valor (voltaje) que contiene la señal analógica original, lo que permite medirlos y asignarles sus correspondientes valores en el sistema numérico decimal, antes de ser convertidos al sistema binario.

Codificación

Los valores así obtenidos de la señal, son representados por códigos previamente establecidos, por lo general la señal digital es codificada en cualquiera de los distintos códigos binarios.

Así pues los conversores A/D y D/A, son circuitos electrónicos, cuyo objetivo es convertir una señal de entrada analógica en su versión digital, utilizando para ello valores discretos en el tiempo.

Existe un gran número de circuitos conversores A/D y D/A, que han ido surgiendo para subsanar deficiencias de conversores anteriores.



Observa el siguiente ejemplo gráfico. En él se parte de una señal analógica y a través de los tres procesos estudiados se obtiene una digital. Se han ido siguiendo los distintos pasos para convertir una señal eléctrica (tensión) analógica en otra digital codificada en binario natural (BCN).

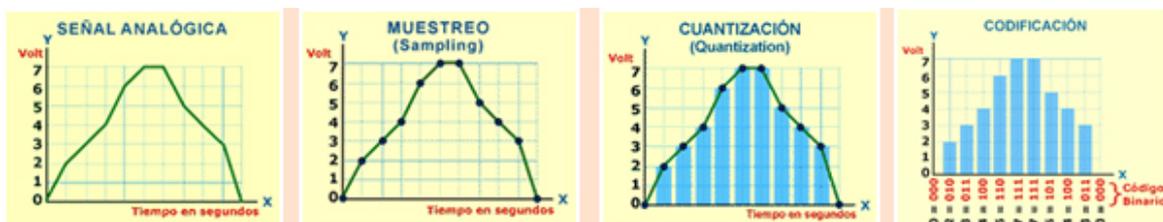


Imagen de elaboración propia

Ventajas de la señal digital

La utilización de señales digitales frente a las analógicas ofrece múltiples ventajas. Entre ellas podemos destacar:

- Si una señal digital sufre perturbaciones leves, se puede reconstruir y amplificar por medio de un sistema regenerador de señales.
- Existen códigos binarios que son capaces de detectar e incluso corregir si se ha producido algún error en la captación y transmisión de información digitalizada.
- Facilitan enormemente el proceso de procesamiento de las señales.
- Puede ser reproducida un elevado número de veces (infinitas veces) sin perder calidad en el proceso.
- Existe la posibilidad de aplicar técnicas de compresión de datos, sin pérdida de información de modo mucho más eficiente que con las señales analógicas.

El único inconveniente que supone su utilización se encuentra en el hecho de que se hace necesaria la utilización de un conversor A/D previa y una decodificación posterior en el momento de la recepción de la señal.

2. Diagramas de bloques

Los sistemas de control van a estar formados por un conjunto de elementos interrelacionados, capaces de realizar una operación predeterminada.

La representación de estos sistemas se realiza por medio de los llamados diagramas de bloques. Los diagramas de bloques están formados por cajas (cajas negras), que contienen el nombre, la descripción del elemento o la operación matemática que se ejecuta sobre la entrada para obtener la salida.

Este sistema ofrece una representación simplificada de las relaciones entre la entrada y la salida de los sistemas físicos.

El diagrama de bloques más sencillo es el **bloque simple**, que consta de una sola entrada y de una sola salida.

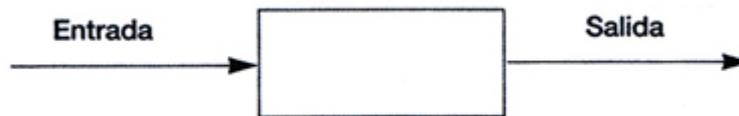


Imagen de elaboración propia

Cada bloque es una representación gráfica de la relación causa-efecto existente entre la entrada y la salida de un sistema físico.

La relación entre los distintos bloques que constituyen un sistema se representa mediante flechas que indican el sentido de flujo de la información.

Estos diagramas permiten efectuar operaciones de adición y de sustracción, representadas mediante un círculo, cuya salida es la suma algebraica de las entradas teniendo en cuenta sus signos correspondientes. La relación entre la salida y la entrada es la representada en la figura:

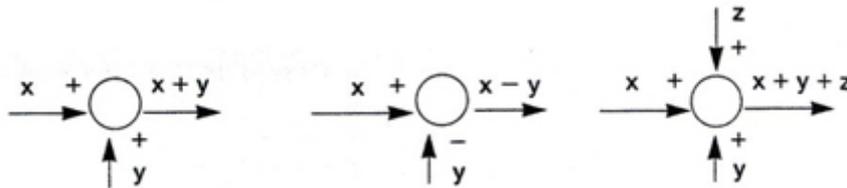


Imagen de elaboración propia

De forma similar es posible indicar la amplificación de una señal:

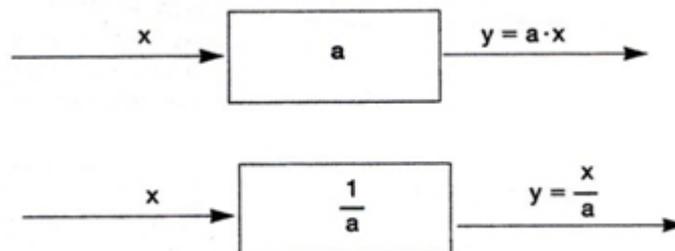


Imagen de elaboración propia

3. Tipos de sistemas de control

Los sistemas de regulación y control se clasifican en dos tipos:

- **Sistemas de control en lazo abierto.**
- **Sistemas de control en lazo cerrado.**

Veamos cada uno de ellos por separado:



Sistema de control en lazo o bucle abierto:

En ellos la señal de salida no influye sobre la señal de entrada.

La exactitud de estos sistemas depende de su programación previa. Es preciso se prever las relaciones que deben darse entre los diferentes componentes del sistema, a fin de tratar de conseguir que la salida alcance el valor deseado con la exactitud prevista.

El diagrama de bloque de un sistema en lazo abierto es:



Imagen de elaboración propia

Estos sistemas se controlan directamente, o por medio de un **transductor** y un **actuador**. En este segundo caso el diagrama de bloques típico será:

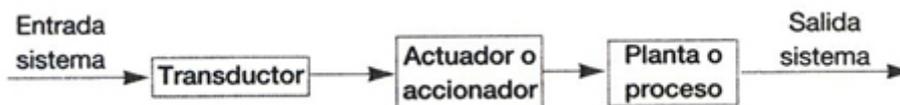


Imagen de elaboración propia

La función del **transductor** es modificar o adaptar la señal de entrada, para que pueda ser procesada convenientemente por los elementos que constituyen el sistema de control.

Un ejemplo de este tipo de sistemas es el proceso de lavado realizado por una lavadora automática. La señal de salida (blancura de la ropa) no influye en la entrada. La temperatura del agua, si incluye proceso de prelavado y lavado tienen una trascendencia importante, si está bien programada, cada proceso tendrá la duración adecuada para conseguir alcanzar el objetivo final, que será obtener la limpieza prevista.

Otro ejemplo de sistema en lazo abierto sería el alumbrado público controlado por interruptor horario. El encendido o apagado no depende de la luz presente, sino de los tiempos prefijados de antemano por el interruptor horario.

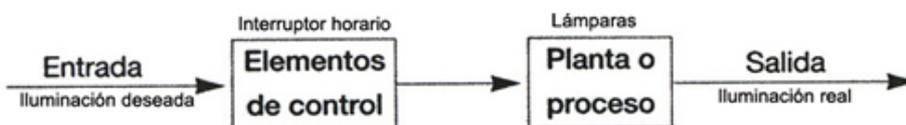


Imagen de elaboración propia



Imagen en [Wikimedia](#).

Dominio público

Una característica importante de los sistemas de lazo abierto es que dependen de la variable tiempo y la salida es independiente de la entrada.

Los sistemas en bucle abierto tienen el inconveniente de ser muy sensibles a las perturbaciones. Así por ejemplo en una sala cuya temperatura se controle mediante un sistema en lazo abierto, si circunstancialmente se quedase una ventana abierta (perturbación), el sistema no sería capaz de adaptarse a esta nueva situación y no se alcanzaría la temperatura deseada.

Importante

Sistemas de control en lazo cerrado:

En ellos, la señal de salida influye en la entrada. Esto se consigue mediante un proceso de realimentación (feedback).

La realimentación es la propiedad de un sistema en lazo cerrado por la cual la salida (o cualquier otra variable controlada) es comparada con la entrada del sistema, de forma que el proceso de control depende de ambas.

En estos sistemas un transductor mide en cada instante el valor de la señal de salida y proporciona un valor proporcional a dicha señal.

Este valor relacionado con la señal de salida, se realimenta al sistema, de forma que ésta influye directamente sobre el proceso de control.

El diagrama de bloques correspondiente a un sistema de control en lazo cerrado es:

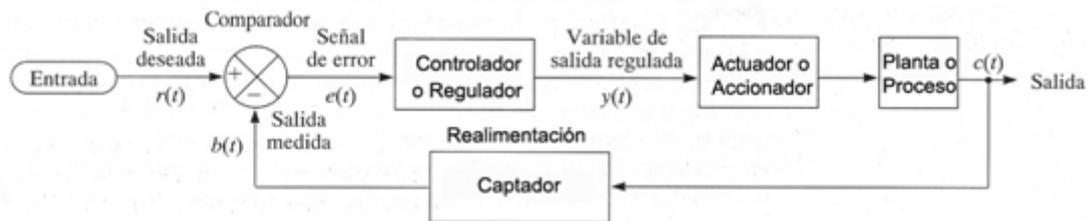


Imagen de elaboración propia

En él, la salida es realimentada hacia la entrada; ambas se comparan, y la diferencia que existe entre la entrada, que es la señal de referencia o consigna (señal de mando), y el valor de la salida (señal realimentada) es la señal de error.

Si la señal de error fuese nula, entonces la salida tendría exactamente el valor previsto.

De no ser nula, ésta ataca al controlador o regulador, donde es convenientemente amplificada si fuera necesario, convirtiéndose en la señal activa, capaz de activar al actuador, para que la salida alcance el valor previsto.

La señal de error, o diferencia entre los valores de la entrada y de la salida, actúa sobre los elementos de control tratando de reducir el error a cero y llevar la salida a su valor correcto. Se intenta que el sistema siga siempre a la señal de consigna.

Un ejemplo de este tipo de control sería el sistema de control de temperatura de una habitación. El transductor sería un dial con el que seleccionamos el grado de calentamiento deseado, el actuador será una caldera y el captador sería un termómetro. Éste último actúa como sensor midiendo la temperatura de la habitación, para que pueda ser comparada con la de referencia, si la temperatura no fuese directamente comparable, por medio de un transductor se convertiría en otra magnitud más manipulable.

El controlador es el componente que determina el comportamiento sistema, por lo que se debe diseñar con gran precisión. Es el cerebro del bucle de control.

Mientras que la variable controlada tenga el valor previsto, el regulador no actuará sobre el actuador, en el momento que la variable de salida se aleja del prefijado, surge la señal de error, que ataca al regulador modificando su señal, ordenando al actuador que actúe sobre la planta o proceso, en el sentido de anular la señal de error, un termostato realizaría esta función.

Los sistemas en lazo cerrado son prácticamente insensibles a las perturbaciones, ya que cualquier modificación de las condiciones del sistema que afecten a la salida, serán inmediatamente rectificadas por efecto de la realimentación, con lo que las perturbaciones se compensan, y la salida resulta independiente de éstas.

Los sistemas en lazo cerrado presentan las siguientes **ventajas** frente a los de lazo abierto.

- Más exactos en la obtención de los valores requeridos para la variable controlada.
- Menos sensibles a las perturbaciones.
- Menos sensibles a cambios en las características de los componentes.

Aunque tienen las siguientes **desventajas**:

- Son significativamente más inestables.
- Son más caros.
- Al ser más complejos son más propensos a tener averías, y presentan mayor dificultad en su mantenimiento.

4. Función de transferencia

En ocasiones para conocer la respuesta de un sistema en función del tiempo, se aplican en la entrada del elemento señales conocidas y se evalúan la respuesta que aparece en su salida. De este modo se obtiene la llamada respuesta transitoria. En general se introduce por la entrada del sistema una señal en forma de escalón.

Sin embargo es mucho más operativo estudiar matemáticamente la respuesta del sistema mediante la llamada función de transferencia.

Por medio de la función de transferencia se puede conocer:

- La respuesta del sistema ante una señal de entrada determinada.
- La estabilidad del sistema (si la respuesta del sistema se va a mantener dentro de unos límites determinados).
- Qué parámetros se pueden aplicar al sistema para que éste permanezca estable.

Importante

Se define **función de transferencia $G(s)$** de un sistema como el cociente entre la transformada de Laplace de la señal de salida y la transformada de Laplace de señal de entrada, suponiendo las condiciones iniciales nulas.

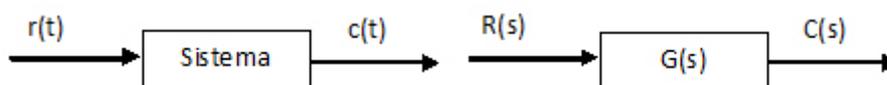


Imagen de elaboración propia

Matemáticamente se representará:

$$G(s) = \frac{Lc(t)}{Lr(t)} = \frac{C(s)}{R(s)}$$

Características de la función de transferencia:

La función de transferencia es una propiedad del sistema y depende de las propiedades físicas de los componentes del sistema, es por tanto independiente de las entradas aplicadas.

- La función de transferencia viene dada como el cociente de dos polinomios en la variable compleja s de Laplace, uno, $N(s)$ (numerador) y otro $D(s)$ (denominador).
- El grado del denominador de la función de transferencia es el orden del sistema.
- El polinomio del denominador, $D(s)$, se llama ecuación característica del sistema.
- Distintos sistemas pueden compartir la misma función de transferencia, por lo que ésta no proporciona información acerca de la estructura interna del mismo.
- Conocida la función de transferencia de un sistema se puede estudiar la salida del mismo para distintos tipos de entradas. La función de transferencia es muy útil para, una vez calculada la transformada de Laplace de la entrada, conocer de forma inmediata la transformada de Laplace de la salida. Calculando la transformada inversa se obtiene la respuesta en el tiempo del sistema ante esa entrada determinada.
- El polinomio del denominador de la función de transferencia, $D(s)$, se llama función característica, ya que determina, por medio de los valores de sus coeficientes, las características físicas de los elementos que componen el sistema.
- La función característica igualada a cero se conoce como ecuación característica del sistema:

$$a_n \cdot s^n + a_{n-1} \cdot s^{n-1} + a_{n-2} \cdot s^{n-2} + \dots + a_1 \cdot s + a_0 = 0$$

Las raíces de la ecuación característica se denominan polos del sistema. Las raíces del numerador $N(s)$ reciben el nombre de ceros del sistema.

5. Operaciones básicas con diagramas de bloques

Tal y como hemos explicado anteriormente, cualquier sistema de regulación y control puede representarse por medio de un diagrama de bloques. En él se reproducirá la forma en la que están relacionadas las salidas en función de las entradas de todos los elementos que constituyen el sistema.

De cara a facilitar la comprensión de los procesos de control, es muy conveniente realizar la simplificación y reducción de estos diagramas.

En este apartado estudiaremos una serie de pautas de actuación para operar con estos diagramas de bloques y conseguir simplificarlos y reducirlos a otros equivalentes más operativos y más sencillos de manejar.

Comparadores o detectores de error

Son sumadores, se representan como se indica en la figura, realizan la función de efectuar sumas algebraicas, respetando el signo de las variables que entran en ellos.

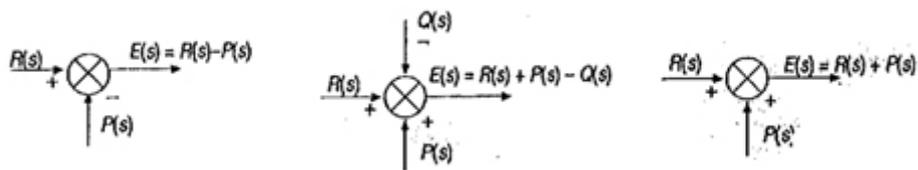


Imagen de elaboración propia

Combinación entre líneas de actuación

La interacción entre los distintos tipos de bloques se representa mediante líneas de actuación en las que las flechas indican el sentido del flujo de información.

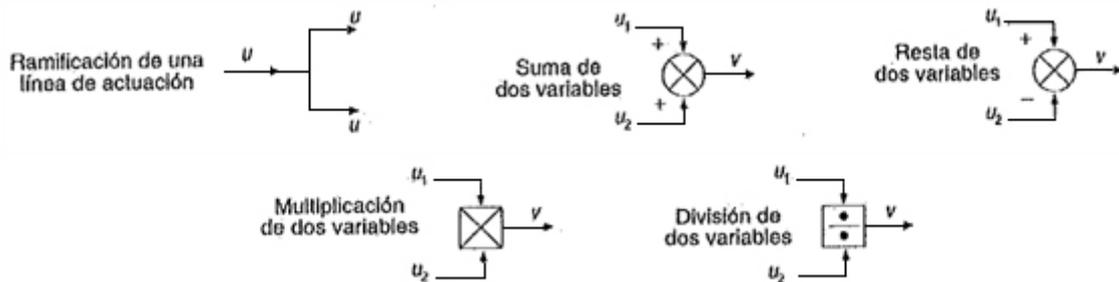


Imagen de elaboración propia

Partiendo de estos conceptos básicos es posible realizar las siguientes **combinaciones básicas de bloques**:

● Conexión serie

En este tipo de conexión la salida de un bloque constituye la entrada del siguiente:

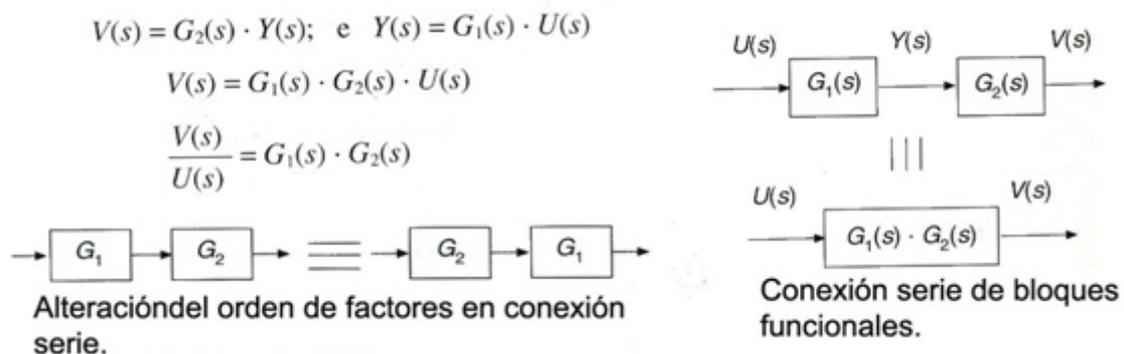
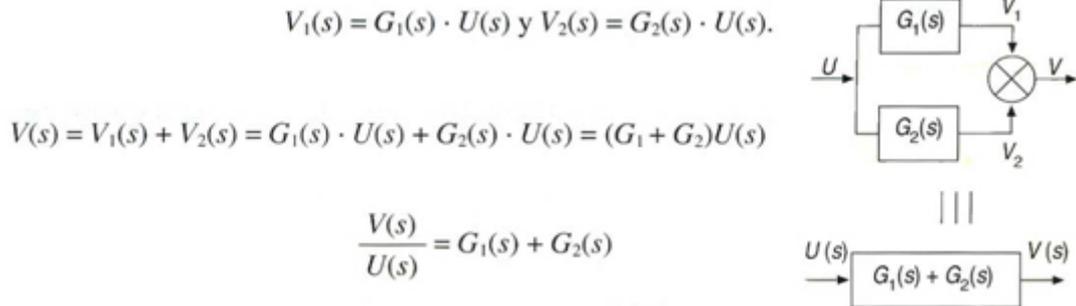


Imagen de elaboración propia

● **Conexión paralelo**

Según se representa en la figura, en este caso se debe disponer de un sumador en la salida:



Conexión paralelo de bloques funcionales

Imagen de elaboración propia

● **Conexión en anillo con realimentación directa:**

Corresponde a un diagrama como el representado en la figura.

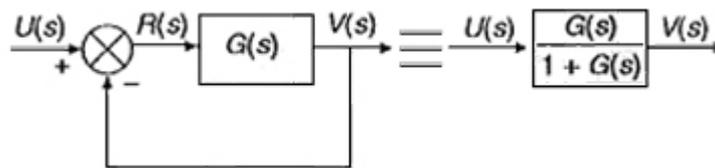


Imagen de elaboración propia

En el comparador tenemos:

$$R(s) = U(s) - V(s)$$

Por otro lado en el bloque;

$$V(s) = G(s) \cdot R(s)$$

Sutituyendo R(s) queda:

$$V(s) = G(s) [U(s) - V(s)]$$

$$V(s) = G(s) \cdot U(s) - G(s) \cdot V(s)$$

$$V(s) + G(s) \cdot V(s) = G(s) \cdot U(s)$$

$$V(s) [1 + G(s)] = G(s) \cdot U(s)$$

Y así obtenemos la expresión:

$$\frac{V(s)}{U(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)}$$

● **Conexión en anillo con realimentación a través de un segundo elemento:**

Cuando en el bucle de realimentación existe un bloque, como el representado en la figura. El controlador derivativo se opone a desviaciones de la señal de entrada, con una respuesta que es proporcional a la rapidez con que se producen éstas.

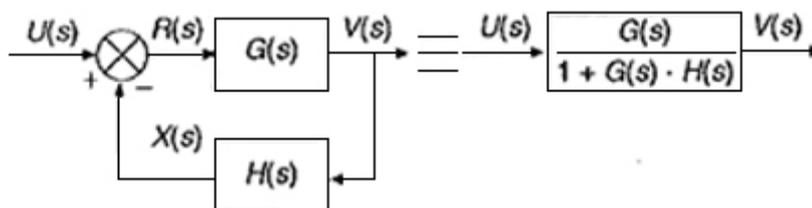


Imagen de elaboración propia

Donde las funciones de cada elemento son:

$R(s) = U(s) - X(s)$	$X(s) = H(s) \cdot V(s)$	$V(s) = G(s) \cdot R(s)$
----------------------	--------------------------	--------------------------

Primero sustituimos en R(s):

$$V(s) = G(s) [U(s) - X(s)] = G(s) \cdot U(s) - G(s) \cdot X(s)$$

Luego cambiamos X(s) por su valor y nos queda:

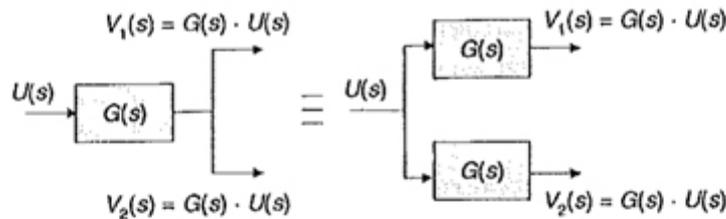
$$V(s) = G(s) \cdot U(s) - G(s) \cdot H(s) \cdot V(s)$$

Agrupando y despejando obtenemos la función de transferencia:

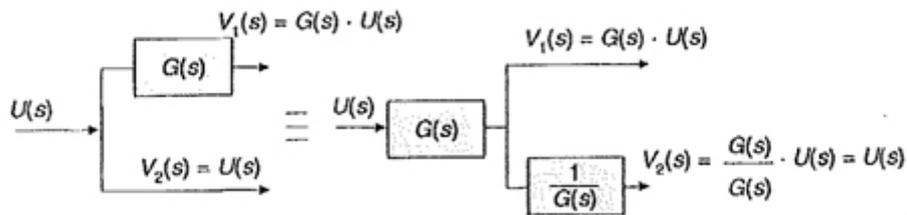
$$\frac{V(s)}{U(s)} = \frac{G(s)}{1 + H(s) \cdot G(s)}$$

● **Transposición de ramificaciones y nudos:**

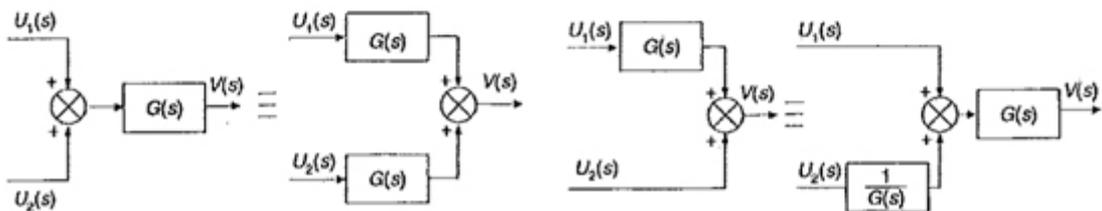
Se recurre a estas técnicas de transposición para facilitar la reducción y simplificación de diagramas de bloques. A continuación se muestran los casos más importantes:



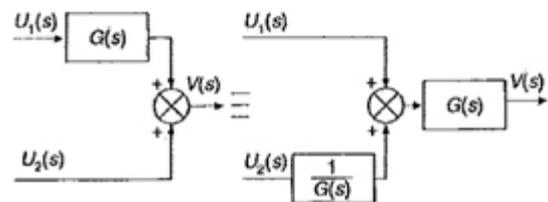
Transposición de un punto de bifurcación



Transposición de un punto de bifurcación



Transposición de un punto de suma



Transposición de un punto de suma

Imagen de elaboración propia

6. Ejemplos de simplificación de diagramas de bloques

En este apartado y a modo de ejemplo vamos a realizar la simplificación de dos tipos de modelos de diagramas de bloques. En primer lugar estudiaremos un caso en el que hay lazos pero no se producen cruces entre ellos, en el segundo caso veremos un tipo más complejo en el cual uno de los lazos se cruza con otro.

● Lazos sin cruces:

El diagrama de bloques en este caso será del tipo:

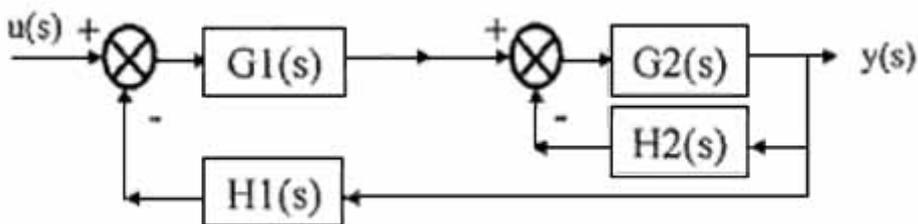


Imagen de elaboración propia

Se resuelven en primer lugar los lazos más internos, teniendo en cuenta las pautas estudiadas anteriormente:

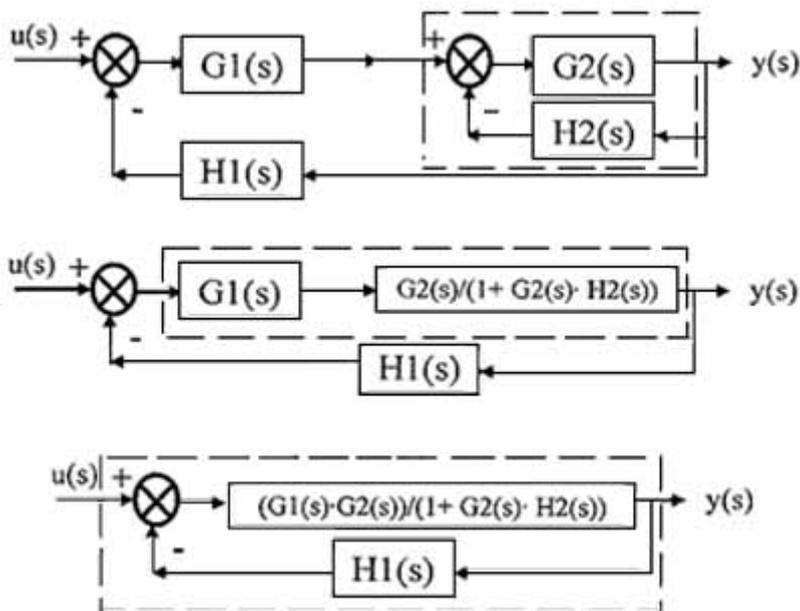


Imagen de elaboración propia

Con lo que se obtiene como función de transferencia total:

$$y(s) = \frac{\frac{G1(s) \cdot G2(s)}{1 + G2(s) \cdot H2(s)}}{1 + H1(s) \cdot \frac{G1(s) \cdot G2(s)}{1 + G2(s) \cdot H2(s)}} u(s) \Rightarrow \boxed{y(s) = \frac{G1(s) \cdot G2(s)}{1 + G2(s) \cdot H2(s) + G2(s) \cdot H1(s) \cdot H2(s)} u(s)}$$

● Lazos que se cruzan:

El diagrama de bloques en este caso será:

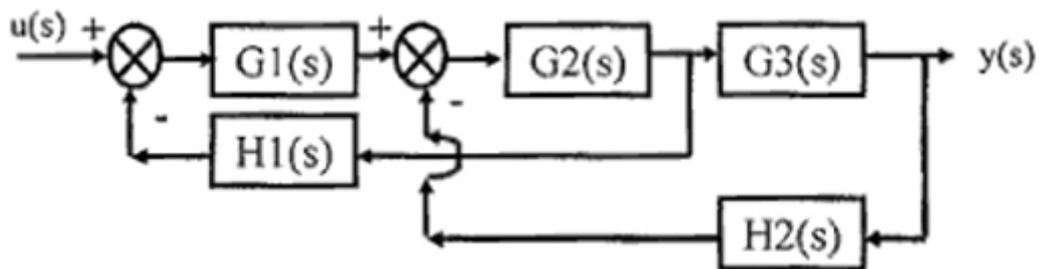


Imagen de elaboración propia

En primer lugar se deshacen los cruces aplicando la transposición de bifurcaciones y nudos, y a continuación se continúa simplificando como en el caso anterior:

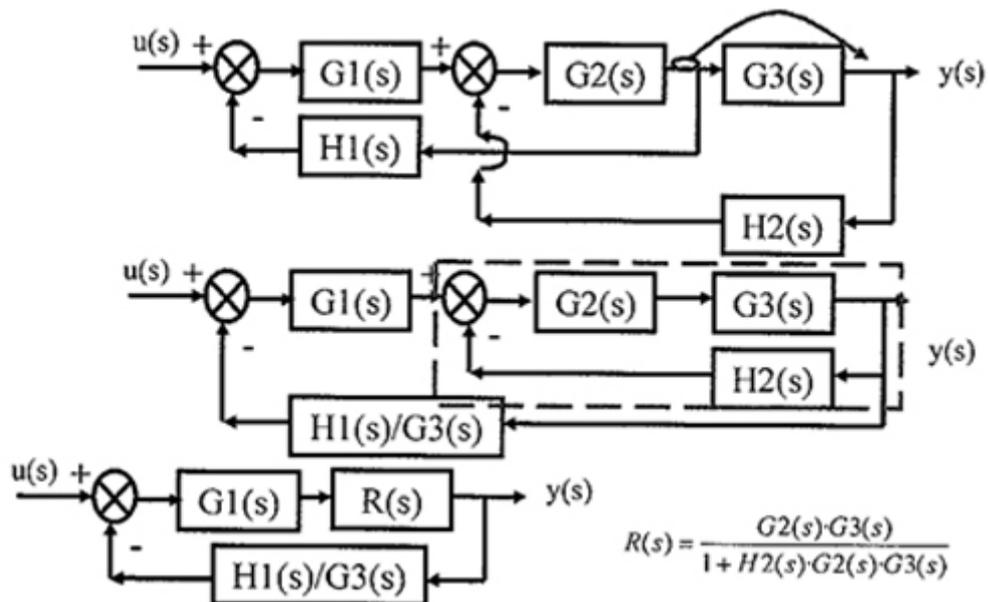


Imagen de elaboración propia

Con lo que se obtiene como función de transferencia total:

$$y(s) = \frac{G1(s) \cdot G2(s) \cdot G3(s)}{1 + H2(s) \cdot G2(s) \cdot G3(s) + H1(s) \cdot G1(s) \cdot G2(s)} u(s)$$

7. Clasificación de transductores

Importante

- **Sensor:** Componente del sistema que está en contacto directo con la magnitud que se quiere evaluar. El sensor recibe la magnitud física y se la hace llegar al transductor.
- **Transductor:** Componente del sistema que toma el valor de la magnitud medida por el sensor y la traduce o adapta a un valor de otra magnitud más operativa y que va a ser el que utilice el sistema. Es decir, convierte el valor de una magnitud física no interpretable por el sistema, a otro valor en otra magnitud que sí es interpretable.
- **Captador:** Dispositivo que capta o recoge una determinada variable del sistema, que generalmente luego es empleada como realimentación.

En general, el transductor transforma la señal captada por el sensor en otra de tipo eléctrico. El transductor suele incluir al sensor como un componente interno.

Los transductores pueden ser:

- Activos: Generan por sí mismos una señal eléctrica.
- Pasivos: no generan por sí mismos una señal eléctrica.

Estos elementos se suelen encontrar en los bucles de realimentación de los sistemas en lazo cerrado. Constan de un sensor que capta información de la variable de salida, la adapta, convirtiéndola en señal eléctrica generalmente, para llevarla a un comparador que generará la señal de error.

Existe una cierta ambigüedad para diferenciar un sensor y un captador.

Existen múltiples tipos de transductores. A lo largo de este punto vamos a realizar una clasificación de los mismos atendiendo a la propiedad física que toman como valor de entrada. Así tenemos:

Magnitud física de entrada	Tipos
Posición, proximidad o presencia	<ul style="list-style-type: none">● Finales de carrera mecánicos (posición).● Detectores de proximidad.<ul style="list-style-type: none">● Inductivos:<ul style="list-style-type: none">● Sensibles a materiales ferromagnéticos:● Sensibles a materiales metálicos.● Capacitivos.● Ópticos:<ul style="list-style-type: none">● Directos.● Con fibras ópticas acopladas.
Desplazamiento o movimiento.	<ul style="list-style-type: none">● Medida de grandes distancias.● Medida de distancias cortas.● Pequeños desplazamientos.<ul style="list-style-type: none">● Resistivos.● Inductivos.● Capacitivos.● Medidores de ángulos.<ul style="list-style-type: none">● Resistivos.● Inductivos.● Capacitivos● Encoders: incrementales y absolutos.

<p>Velocidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Tacómetros: <ul style="list-style-type: none"> ● Eléctricos: Dinamos tacométricas y Alternadores tacométricos. ● Mecánicos.
<p>Presión y/o Fuerza.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Mecánicos. <ul style="list-style-type: none"> ● Directos: Tubos en U. ● Indirectos; Tubos Bourdon. Diafragmas y Fuelles. ● Electromecánicos. <ul style="list-style-type: none"> ● Galgas extensiométricas. ● Piezoeléctricos. ● Resistivos. ● Capacitivos.
<p>Temperatura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Termoresistencias. ● Termistores: NTC y PTC. ● Termopares. ● Pirómetros de radiación.
<p>Luz.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Fotorresistencias o LDR. ● Fotodiodos. ● Fototransistores.

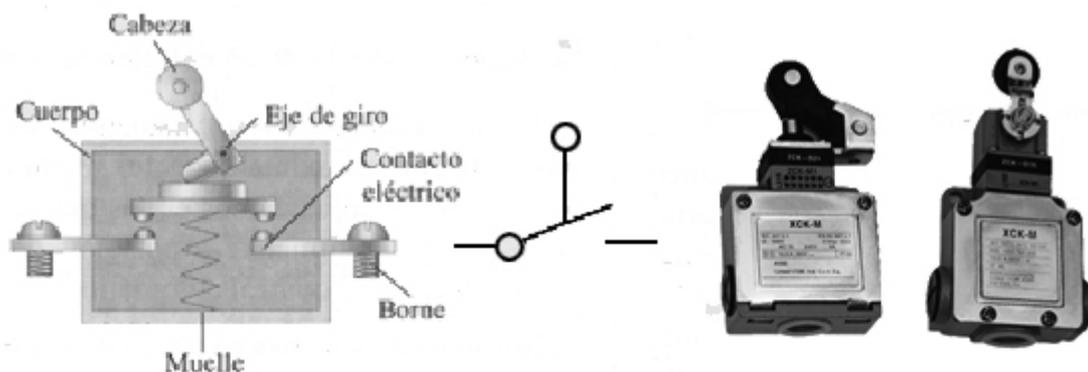
7.1. Posición, proximidad o presencia

Distinguiremos entre los finales de carrera mecánicos y los de proximidad:

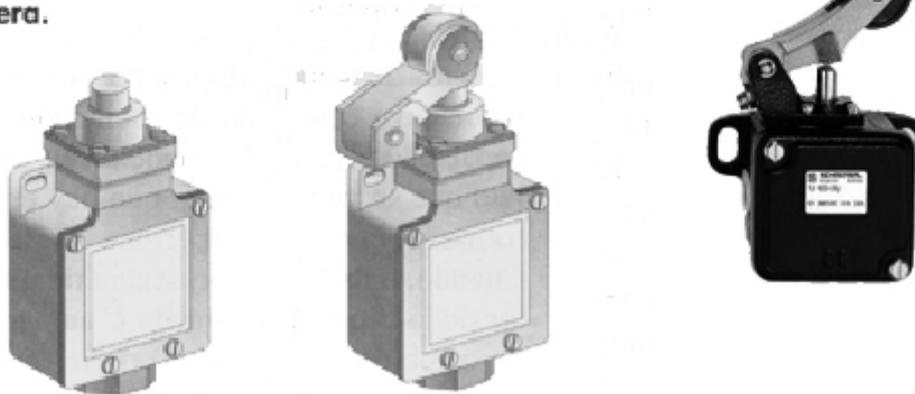
Importante

Finales de carrera mecánicos:

Interruptores que sirven para determinar la posición de un objeto o de una pieza móvil; cuando alcanza el extremo de su carrera (el final de surecorrido), actúan sobre una palanca, émbolo o varilla, modificando la posición de unos contactos.



Estructura y símbolo eléctrico de un final de carrera.



Elaboración propia

Importante

Detectores de proximidad:

Cualquier dispositivo que reacciona en función de la posición de un objeto en la zona de influencia del mismo, sin que haya ningún tipo de contacto físico entre ellos.

Estos elementos se clasifican en función del sistema detector que utilicen:

● **Detectores de proximidad inductivos**

Utilizan un **campo magnético** como fenómeno físico para reaccionar ante al objeto que se desea detectar. A su vez se clasifican según los distintos tipos de materiales ante los que reaccionan, puede haber:

● **Sensibles a materiales férricos**

Este tipo de detectores reacciona ante la presencia de materiales **ferromagnéticos**. El campo magnético generado por el propio detector se modifica por la presencia del material ferromagnético.

Son idóneos cuando se producen muchas actuaciones o cuando las condiciones ambientales desaconsejan la utilización de contactos mecánicos (polvo, humedad, ...)

No se pueden usar en zonas con presencia de campos. Son económicos y robustos.

● **Sensibles a materiales metálicos.**

En este caso el detector reacciona ante cualquier material capaz de provocar pérdidas por corrientes parásitas de **Foucault**.

● **Detectores de proximidad capacitivos**

Utilizan un campo eléctrico como fenómeno físico que reacciona ante el objeto que se desea detectar, al aproximarse éste provoca el que aumente la capacidad del **condensador** constituido por sus terminales.

Se usan para detectar la posición de líquidos (conductores o no), sustancias en polvo o en grano (arena, cereales,...), objetos metálicos.

● **Detectores de proximidad ópticos**

Los hay para distancias grandes y pequeñas, por eso a veces sólo se les denomina detectores ópticos o fotocélulas.

Como emisor de luz emplean diodos LED. La luz infrarroja es menos sensible a las interferencias producidas por la luz ambiental, presentan distinta sensibilidad según el color y el brillo de los objetos, constan de un emisor y un receptor.

Se usan con cualquier tipo de objetos, sólidos o líquidos.

Presentan distintos tipos de montaje: barrera, réflex y reflexión directa

Reemplazan a los detectores capacitivos e inductivos cuando se deseen controlar distancias de detección mayores.

Para grandes distancias se emplean las células fotoeléctricas o fotocélulas, que permiten detectar cualquier tipo de objetos, o personas (paquetes, cajas, botellas, piezas de máquinas, nivel de líquidos y sólidos, paso o movimiento de personas o de vehículos,...

Las células fotoeléctricas pueden ser:

- Barrera: Compuesta por un emisor y un receptor uno frente a otro, detectan el paso de objetos o personas. Tienen un alcance de hasta 200m.
- Reflexión: El emisor y el receptor van montados sobre el mismo elemento, detectando el paso de cualquier objeto entre ellos. Tienen un alcance de hasta 10 m.
- Reflexión directa: El emisor y el receptor se montan sobre el mismo elemento, detecta el paso de cualquier objeto próximo a ella.

7.2. Desplazamiento o movimiento

Este tipo de transductores suelen utilizarse para medir longitudes, desplazamientos y ángulos. Existen varios tipos:

● Transductores de desplazamiento para medida de grandes distancias

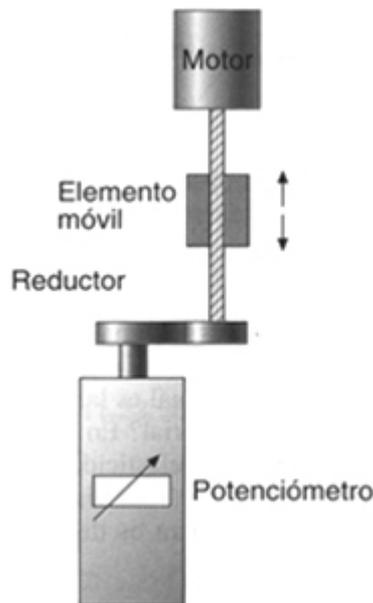
Se basan en la utilización del radar. Sistemas que detectan, la presencia y la distancia a la que se encuentran objetos por medio de ondas electromagnéticas que se ven perturbadas por la presencia de objetos que interceptan en su propagación. Puede llegar a tener un alcance de varios kilómetros

Para distancias inferiores a 100m se emplean ondas de ultrasonidos con una frecuencia de 40 Hz, con una velocidad de propagación mucho más reducida (350 m/s en el aire, 1500 m/s en el agua y 4000 m/s en metales). Son empleadas en el control de nivel de llenado de depósitos y tolvas, control de alturas,...

El sonar utilizado por los barcos, para control de fondos y objetos móviles, emplea un sistema parecido a este.

● Transductores de desplazamiento para medidas de distancias cortas

Se utilizan para situaciones con distancias reducidas (de hasta algún metro). Se usa un potenciómetro acoplado a un eje roscado, el giro del eje fija la posición del elemento móvil, cuya posición se desea conocer.



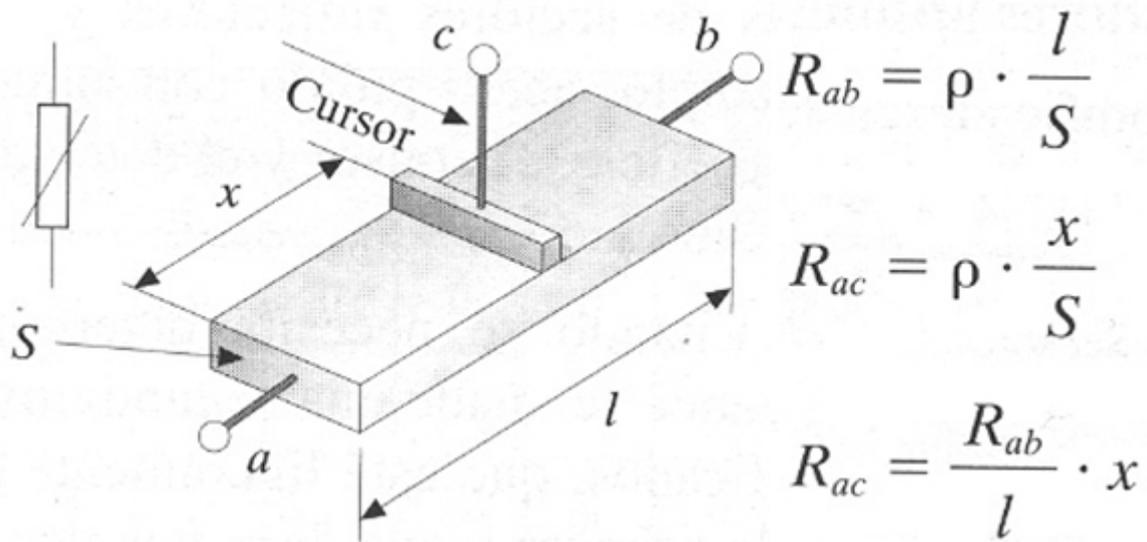
Elaboración propia

● Transductores de desplazamiento para pequeños desplazamientos

A su vez pueden ser:

● **Resistivos:**

Utilizan bandas extensiométricas que modifican su resistencia al ser deformadas. También se emplean [potenciómetros](#) sobre los que se desplaza un cursor, pueden ser lineales o circulares y así miden distancias lineales entre algún milímetro y decenas de centímetros, o bien giros de entre 10° y alguna vuelta.



Elaboración propia

● **Inductivos:**

Se emplean bobinas planas de paso idéntico, pueden medir desplazamientos lineales y angulares.

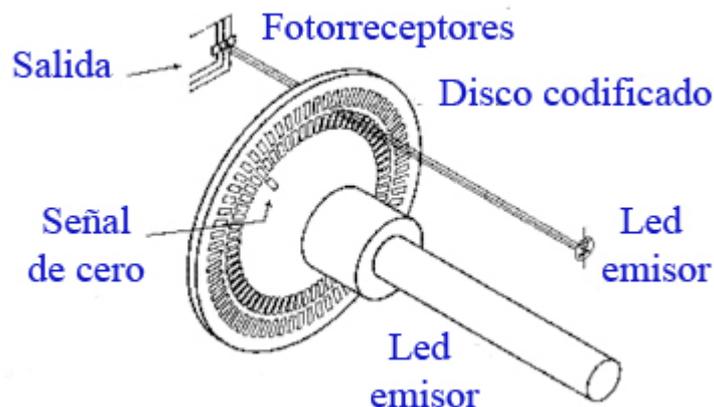
● **Capacitivos:**

Se basan en la variación en la capacidad de un condensador al modificar la distancia entre las placas. Tienen un alcance de hasta algún metro, son poco exactos, pueden medir ángulos.

● **Medidores de ángulos**

Su uso más habitual es determinar la posición del eje de un motor.

Se basan en efectos resistivo, inductivo y capacitivo. Aunque los más empleados son los **encoders**, que son discos con perforaciones codificadas que permiten digitalizar la posición angular que se desea conocer.



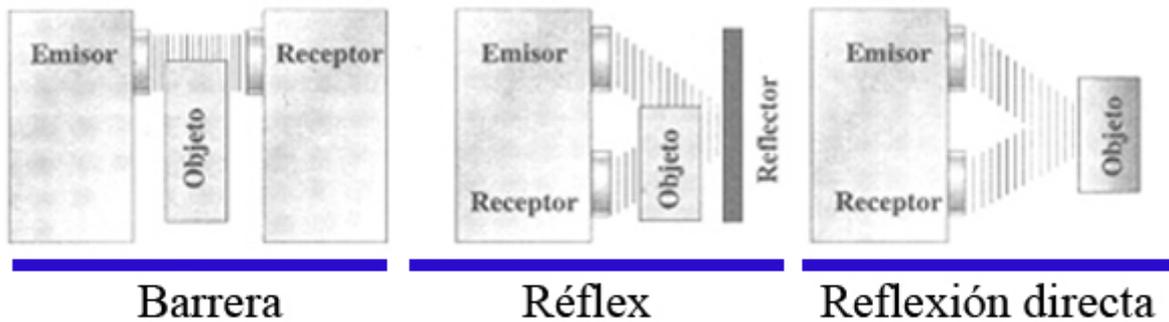
Elaboración propia

El sistema está formado por un disco acoplado al eje del rotor de un motor, del que queremos conocer su posición. Sobre la superficie del existe una serie de muescas perforadas donde va grabada la información digital que nos permite conocer su posición, a cada posición angular le corresponde una muesca diferente.

Pueden ser de dos tipos:

- **Encoders incrementales:** Informan de la posición relativa respecto a una anterior, son empleados para la medición de velocidades angulares.
- **Encoders absolutos:** Informan de una posición concreta, por lo que necesitan un código binario.

Los encoders son muy utilizados para controlar el posicionamiento de máquinas-herramientas, de cabezales de discos magnéticos, en robótica,...



Tipos de células fotoeléctricas

Elaboración propia

Curiosidad

Detector de proximidad inductivo

El siguiente video muestra una maqueta simula el funcionamiento de un detector de minas (metálicas). El sistema utiliza un detector de proximidad inductivo de tal forma que en la proximidad de un metal se abre el circuito eléctrico y el LED deja de parpadear.

sensor de proximidad inductivo (Campo minado)



Vídeo de Josue Pérez alojado en [Youtube](#)

7.3. Velocidad

Importante

Para la determinación de la velocidad de un elemento se pueden utilizar dos tipos de sistemas:

- Tacómetros. Estos a su vez pueden ser eléctricos o mecánicos
- Dispositivos basados en impulsos y sistemas ópticos

● Tacómetros eléctricos

Los más importantes son:

● **Dinamos tacométricas**

Proporcionan una señal de corriente continua, cuya tensión es directamente proporcional a la velocidad de rotación. Se pueden medir velocidades del orden de 10000 rpm.

● **Alternadores tacométricos**

Generan una señal alterna senoidal cuya frecuencia y amplitud dependen de la velocidad de giro del eje. Miden velocidades mayores que las anteriores.

● Tacómetros mecánicos

Entre ellos destacan:

● **Contador de revoluciones**

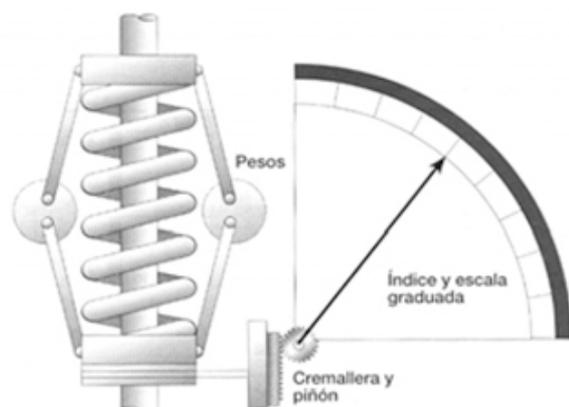
Es el tipo más elemental. Consiste en un tornillo sinfín que se acopla al eje cuya velocidad se desea conocer. El sinfín hace girar a dos ruletas concéntricas calibradas, por medio de unos engranajes, cada división de la ruleta exterior supone una vuelta del eje giratorio y cada división de la ruleta interior corresponde con una vuelta de la ruleta exterior.

● **Tacómetro centrífugo**

Provisto de dos esferas, que debido a la fuerza centrífuga, tratan de alejarse del eje tanto más cuanto mayor sea la velocidad de giro, comprimiendo un resorte que arrastra a una aguja que se desplaza sobre una escala que marca la velocidad de rotación angular.



Contador de revoluciones



Tacómetro centrífugo

● **Medidores de velocidad por impulsos y sistemas ópticos**

Si tenemos un eje en el cual hacemos una muesca capaz de ser detectada por un detector inductivo de proximidad o mediante un sistema óptico, también podemos medir la velocidad conociendo el número de veces que la muesca pasa por delante del detector.

7.4. Presión

Importante

Reciben la señal en forma de lectura de Presión en un punto del sistema. Existen distintos tipos en función del sistema utilizado para convertir esa señal en una lectura interpretable por el sistema de control.

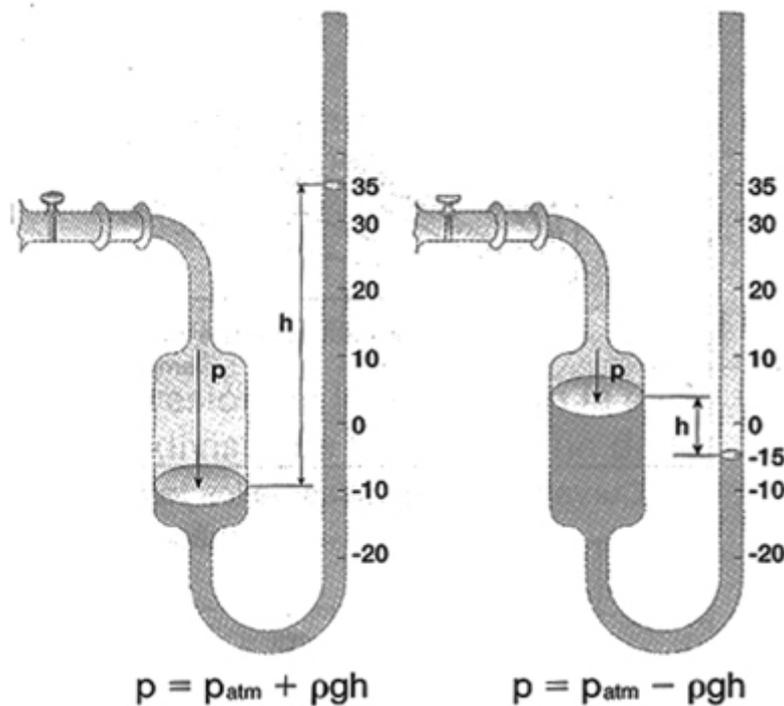
● Transductores de presión mecánicos

A su vez se diferencian dos categorías en función de que tome la medida de la presión de manera directa o indirecta.

● De manera directa:

Se realiza la comparación de la presión con la presión ejercida por un líquido de densidad y altura conocidas. El caso más utilizado es el **manómetro de tubo en U**. Este sistema se utiliza para medir presiones cercanas a la atmosférica. Consta de un tubo en forma de U (en la actualidad se ha prohibido el uso de mercurio) con una de las ramas abiertas. Sobre la segunda rama se aplica la presión a medir. Como la presión es distinta en las dos ramas hay un desplazamiento del fluido, de forma que la presión p a medir es:

$$P = P_{atm} + d \cdot g \cdot h$$

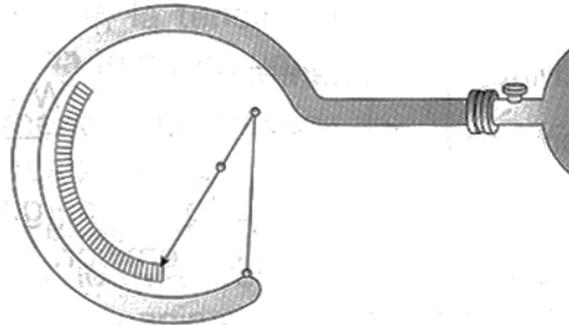


Elaboración propia

● De manera indirecta:

En ellos la presión se determina en función de la deformación experimentada por diversos elementos elásticos que constituyen el transductor, los más importantes son:

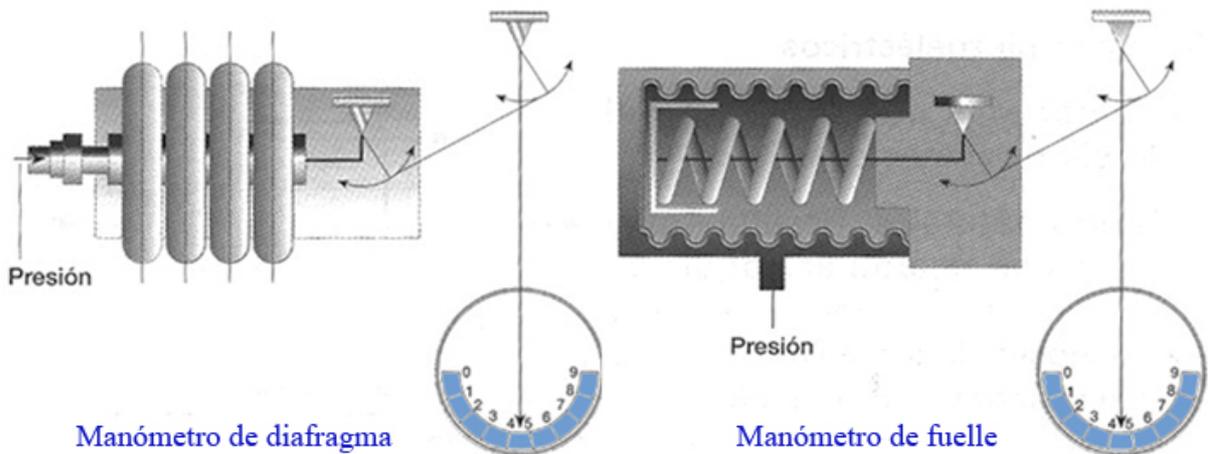
Tubo Bourdon: Tubo curvado constituyendo un anillo casi perfecto. Al aplicar presión al fluido contenido en su interior, el tubo tiende a enderezarse, transmitiendo este movimiento a una aguja que se desplaza sobre una escala graduada. Cuando se necesita una medida de presión más amplia y precisa el tubo de Bourdon se arrolla en forma de espiral y en hélice, lo que provoca un movimiento más amplio de la aguja sobre la escala graduada.



Elaboración propia

Diafragma: Consiste en varios diafragmas circulares unidos entre sí por sus bordes, de modo que al soportar una presión, cada diafragma se deforma y la acumulación de todas estas deformaciones se amplifican a través de un sistema de palancas encadenadas, y son transmitidas a una aguja que se desplaza sobre una escala graduada.

Fuelle: Es parecido al anterior, consta de un fuelle, que se dilata o comprime en función de la presión que soporta, trasladando esta deformación a una aguja.



Manómetro de diafragma

Manómetro de fuelle

Elaboración propia

● **Transductores de presión electromecánicos.**

Utilizan un elemento mecánico elástico del tipo de los comentados en el anterior apartado (Bourdon, espiral, fuelle,...) asociado a un transductor eléctrico que genera la señal eléctrica proporcional a la presión soportada. Existen cuatro grupos principales.

● **Galgas extensiométricas**

Se basan en la modificación de longitud y diámetro (por lo tanto de resistencia) que sufre un conductor al soportar sollicitaciones mecánicas como consecuencia de una presión (efecto piezoresistivo). Se emplea un puente de Wheatstone, para medir el incremento de resistencia eléctrica de las galgas.

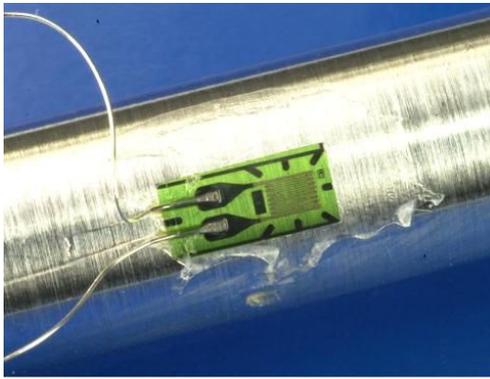
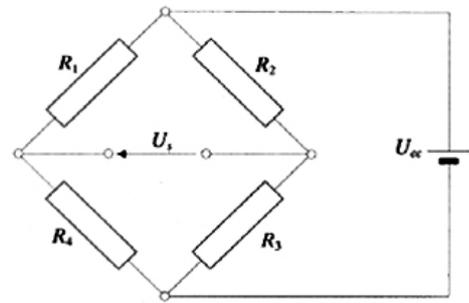


Imagen en arqhys.com. Permitida cita por declaración en [web](#)



Esquema de un puente de Wheatstone.

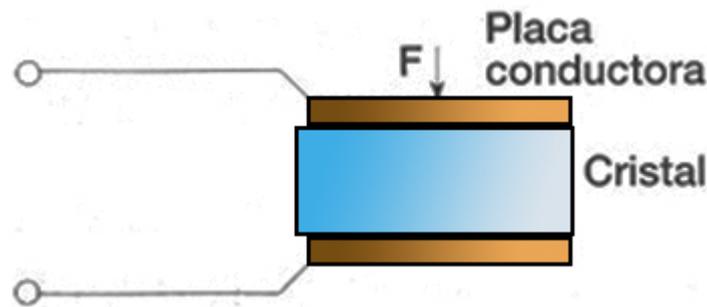
$$U_s = U_{cc} \left(\frac{R_4}{R_1 + R_4} - \frac{R_3}{R_2 + R_3} \right)$$

Elaboración propia

Cuando el puente está en equilibrio ($U_s=0$), se cumple que $R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$

● Transductores piezoeléctricos

El efecto piezoeléctrico consiste en la acumulación de cargas eléctricas en zonas de una lámina cristalina de ciertos materiales, a causa de soportar de una presión mecánica. El cristal se sitúa entre dos láminas de materiales metálicos idóneos que recogen las cargas eléctricas, permitiendo medir las modificaciones de presión.



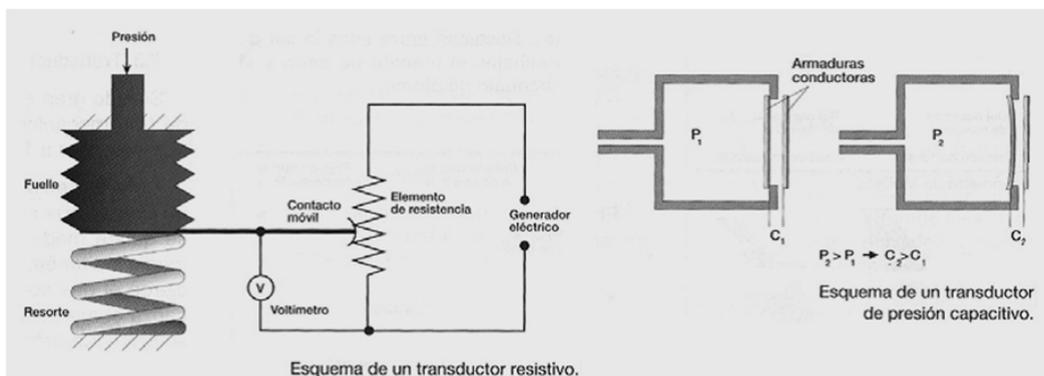
Elaboración propia

● Resistivos

La presión provoca el desplazamiento de un cursor sobre una resistencia, actuando como un potenciómetro que modifica su valor proporcionalmente a la presión soportada

● Capacitivos

Se ejerce presión sobre un diafragma metálico que resulta ser una placa de un condensador, modificando la separación entre el diafragma y la otra placa, provocando variaciones de capacidad proporcionales a la presión aplicada.



Elaboración propia

7.5. Temperatura

Importante

En estos sistemas las variaciones en la temperatura medida en un punto del sistema a través de los sensores producen variaciones en la respuesta eléctrica del mismo. Esta variación en una magnitud eléctrica es fácilmente interpretable por los sistemas de control.

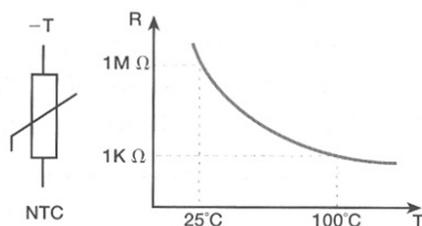
La temperatura es una de las magnitudes físicas que más afecta a los sistemas de regulación y control y que por lo tanto es preciso controlar con mayor grado de exactitud. Los transductores de temperatura más importantes son.

● **Termorresistencias**

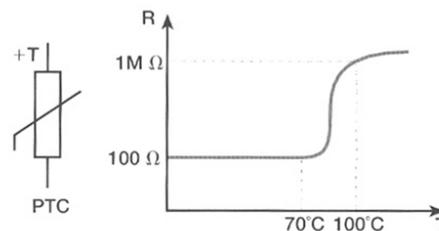
Su funcionamiento se basa en la variación de la resistencia eléctrica de un semiconductor en función de la temperatura. Se suelen llamar sondas termométricas o termistores. Las variaciones de resistencia que sufren se suelen medir con un puente de Wheatstone. Según les afecte la temperatura los termistores pueden ser:

- **Termistores NTC**, de coeficiente de temperatura negativo, la resistencia disminuye al aumentar la temperatura y viceversa.
- **Termistores PTC**, de coeficiente de temperatura positivo, la resistencia aumenta o disminuye al aumentar o disminuir respectivamente la temperatura.

Se utilizan para medir la temperatura en motores eléctricos, el interior de hornos,...



Símbolo y curva característica de la NTC.



Curva característica de la PTC.

Elaboración propia

● **Termopares**

Su funcionamiento se basa en la fuerza electromotriz generada en la zona de unión de dos metales distintos (efecto Seebeck). Cuando la unión se calienta se genera una diferencia de potencial entre los extremos libres. Los termopares más utilizados son:

- Cobre-Constantan (-200 a 260 °C). Resistentes a la corrosión y se pueden utilizar tanto en atmósferas oxidantes o reductoras.
- Hierro-Constantan(300 a 750 °C). Se emplea en atmósferas pobres de oxígeno.
- Cromo-Alumel (500-100 °C). Se emplea en atmósferas oxidantes.

● **Pirómetros de radiación**

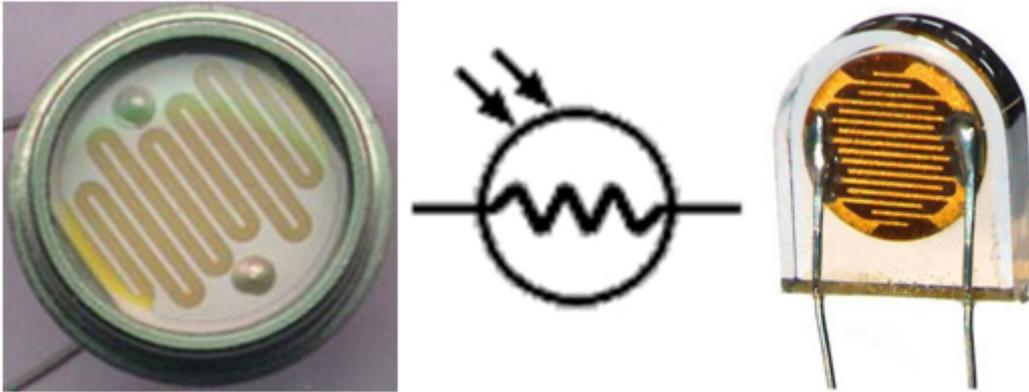
Su funcionamiento se basa en la capacidad que tienen los cuerpos de emitir energía radiante en función de la cuarta potencia de su temperatura absoluta. Los pirómetros de radiación permiten medir la temperatura de un cuerpo a cierta distancia, en función de la radiación que emite.

7.6. Luz

Existen tres tipos.

- **LDR**

En estos sistemas el valor de su resistencia varía en función de la luz que inciden sobre ellas. La resistencia disminuye al aumentar la luz o viceversa. Tienen una gran inercia a la respuesta.



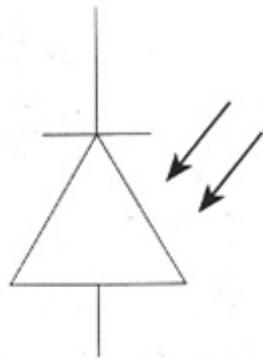
Imágenes en [INTEF](#). Licencia [CC](#)

- **Fotodiodos**

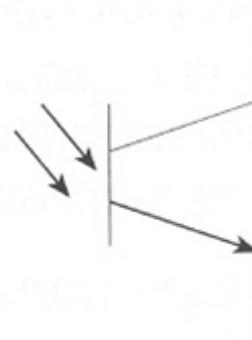
En ellos al incrementar la cantidad de luz que incidente, aumenta la circulación de corriente en sentido inverso. Cuando no incide luz sobre él, su comportamiento es el de un diodo convencional.

- **Fototransistores**

Funcionan de un modo parecido a un transistor normal, con la diferencia que la corriente que se inyecta por la base del transistor es suministrada por la luz.



Símbolo de un fotodiodo.



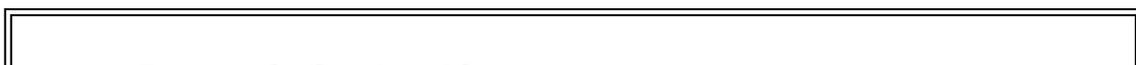
Símbolo de un fototransistor.

Elaboración propia

Curiosidad

En el siguiente video puedes ver como se utiliza un sensor de luminisidad LDR. Cuando la resistencia está iluminada gira el motor. Si se reduce la luminisidad el motor para y se enciende una bombilla.

También se incluye el simulador del circuito para Crocodile.



Sensor de iluminación

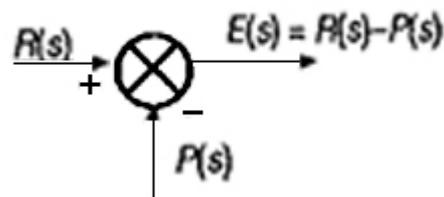


Vídeo de J. Terán alojado en [Youtube](#)

8. Comparadores y detectores de error

Importante

Este tipo de elemento compara el valor de la variable controlada y el valor de consigna, emitiendo una señal de error que indica la diferencia entre el valor obtenido a la salida y el valor requerido.



Elaboración propia

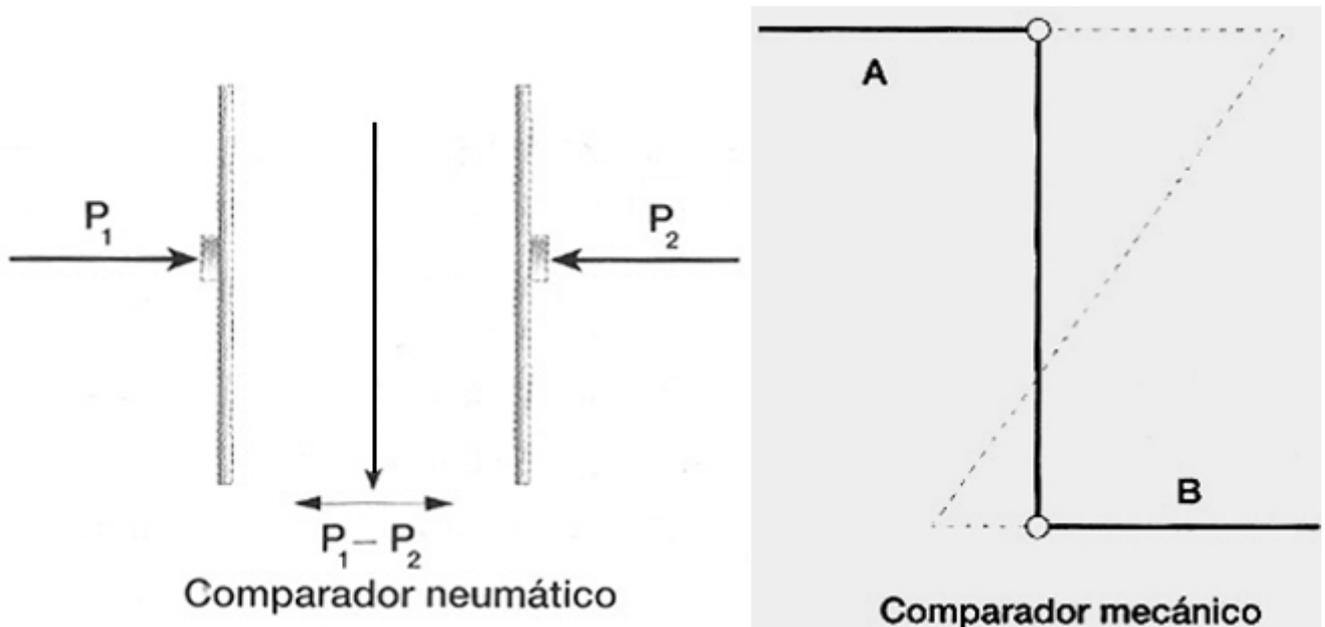
Esta respuesta se puede obtener por diferentes procedimientos.

● Neumáticos

La diferencia de dos señales neumáticas se determina por la presión de ambas, utilizando un fuelle, mientras las presiones son iguales el fuelle no se desvía de su posición central.

● Mecánicos

Se utilizan dos barras desplazables axialmente en función del empuje que soportan, una de ellas determina el punto de consigna. Cuando los esfuerzos son idénticos, la barra central se mantiene perpendicular a las barras A y B.



Elaboración propia

● Eléctricos

Se utiliza un puente de potenciómetros. La señal de error se obtiene, en este caso como una diferencia de potencial entre dos cursores, de dos potenciómetros independientemente de que estos sean lineales

9. Actuadores o elementos finales

Son los dispositivos de control de una válvula, compuerta, circuito,...entre ellos están los interruptores, las bobinas, los relés, los SCR, que son capaces de seguir a una señal eléctrica o neumática procedente del controlador.

Pueden emplearse servomotores de válvula o de pistón, gobernados por la presión del aire o de cualquier otro fluido.

También son utilizados servomotores de c.c. y de c.a., presentando un mejor rendimiento los de c.c.

Los amplificadores más usados son de tipo eléctrico (relés), electrónico (amplificadores operacionales, transistores), neumáticos o hidráulicos.

Los dispositivos finales de control más habituales son: cilindros neumáticos e hidráulicos, motores de c.c., motores de c.a. y motores paso a paso.

o circulares.

- **Electrónicos**

También pueden utilizarse dispositivos electrónicos de detección (amplificadores operacionales).



El siguiente video muestra de forma detallada el funcionamiento de un circuito que funciona como comparador. El el se comparan dos voltajes de entrada y en función de su relación la salida es positiva o negativa.



Vídeo de Jesús R.Mona alojado en [Youtube](#)

Mapa Conceptual

[Mapa conceptual](#) (pdf - 326293 B).

TI_U4_T1_mapa_conceptual.pdf

1 / 1

Fuentes para el profesorado

Descargar [CMAP](#).

Resumen

Diapositiva 1

1 / 2

Ejercicios resueltos

Ejercicio resuelto

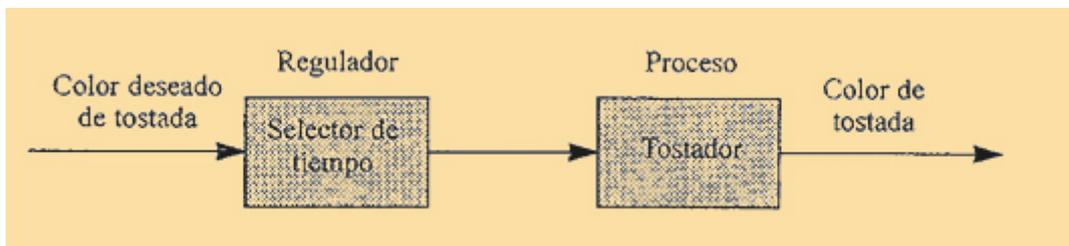
Explicar como funciona un tostador de pan desde el punto de vista de su sistema de control, y dibujar su diagrama de bloques.

Mostrar retroalimentación

Es un sistema en bucle abierto, controlado por medio de un elemento que controla el tiempo de funcionamiento. Es posible modificar la cantidad de calor aportada por una resistencia eléctrica, según se va actuando sobre una ruleta selectora que varía el tiempo de funcionamiento del elemento de caldeo.

El individuo que realiza la acción selecciona la posición del selector, según su deseo o experiencia.

Estos sistemas en lazo abierto no son capaces de adaptarse a las posibles modificaciones de las condiciones del proceso, ni a las posibles perturbaciones externas que se puedan presentar.



Ejercicio resuelto

Identificar cada uno de los distintos elementos que constituyen un sistema de control en bucle cerrado, que forman el sistema físico que resulta cuando una persona trata de coger un objeto. Dibujar el diagrama de bloques correspondiente. Identifica cada uno de los bloques del sistema y explicar los elementos que lo constituyen.

Mostrar retroalimentación

El diagrama de bloques será:





La señal de entrada será la posición del objeto.

La señal de salida es la posición de la mano.

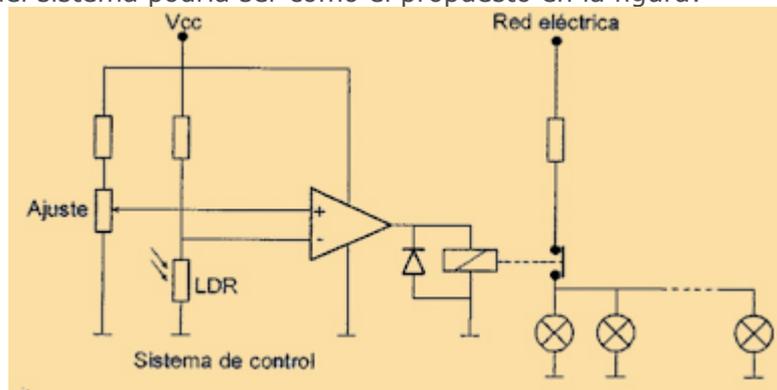
El detector de la señal de salida serán los ojos, que continuamente toman datos de la posición de la mano y la transmiten al cerebro, que actúa de comparador y controlador, emite una señal de error y da órdenes a los actuadores, brazos y manos para que se redirijan hacia la posición del objeto y lo cojan.

Proponga un sistema de regulación que de forma automática encienda y apague el alumbrado público en función de la iluminación existente. Dibujar el diagrama de bloques del sistema explicando la función de los elementos que lo constituyen.

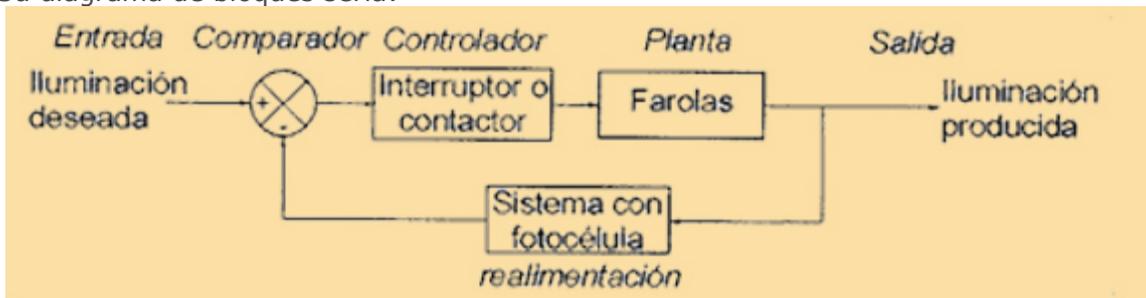
Explicar si se trata de un control en lazo abierto o cerrado.

Mostrar retroalimentación

El esquema del sistema podría ser como el propuesto en la figura:



Su diagrama de bloques sería:



- La señal de entrada será el valor de consigna del nivel de iluminación al que queremos que entre en funcionamiento el sistema de alumbrado, y que seleccionaremos mediante un potenciómetro que podremos regular, para poder seleccionar diversos valores de consigna.

- La señal de salida será la iluminación producida.

- El sensor que capta el nivel de iluminación será una resistencia especial LDR, que modifica el valor de resistencia en función de la incidencia de luz sobre ella. Ambas señales las llevaremos a un amplificador operacional (AO), en el que comparamos las señales en sus entradas, si es mayor la señal de referencia ofrecerá una señal de error que convenientemente amplificamos, por un transistor, o como en este caso por un relé o contactor, actuará sobre el encendido del alumbrado público.

Se trata de un sistema de control en bucle cerrado, ya que continuamente está

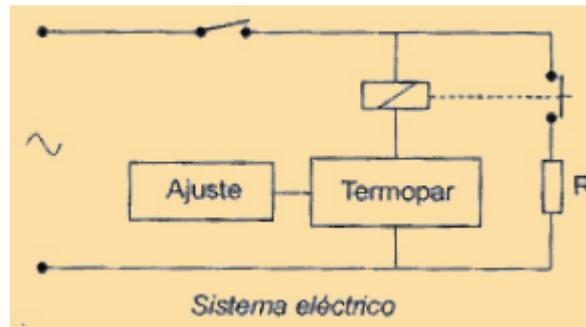
comparando la iluminación ambiental con la señal de consigna.

Indica el montaje eléctrico que realizaría para gobernar la temperatura de un horno, de forma que en condiciones de trabajo debe estar a 200°C, manteniendo este valor con una precisión de +10°C.

Dibuja el diagrama de bloques correspondiente a este sistema.

Mostrar retroalimentación

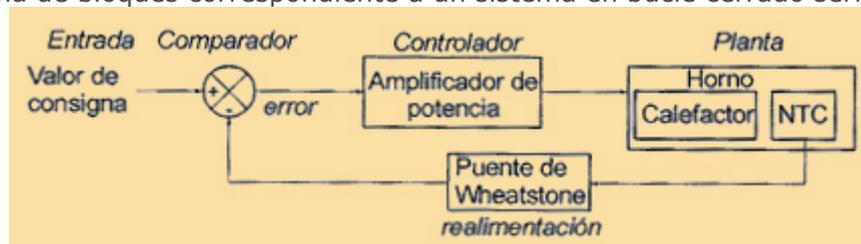
El sistema podría ser como el representado en la figura, como solicitamos un circuito eléctrico utilizaremos como elemento de caldeo una resistencia eléctrica.



Se utiliza como transductor un puente de Wheastone, en la que una de las resistencias fuese una NTC, y la señal que tuviese la salida del puente se emplea como realimentación del sistema.

El valor de la señal de consigna se fijaría con un potenciómetro, alimentado con c.c.

El diagrama de bloques correspondiente a un sistema en bucle cerrado sería:



El elemento comparador podría ser un amplificador operacional en cuya salida tendríamos la señal de error entre el valor de consigna y la señal controlada, que más tarde sería amplificada por un transistor o mejor un relé, que harían entrar en actuación a las resistencias calefactoras.

Describe los componentes principales del sistema de control constituido por el conductor de un vehículo. Explica suficientemente su funcionamiento. Dibuja su diagrama de bloques. Indica alguna causa que puede convertir este sistema en un control en bucle abierto.

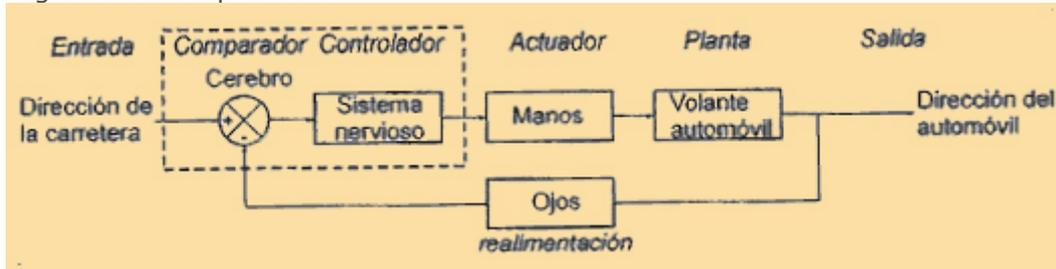
Mostrar retroalimentación

- Señal de consigna, dirección de la carretera.
- Captador, serán los ojos que continuamente están tomando muestra de la dirección en que se circula y mandan esa información al comparador una vez traducida a señales nerviosas.
- Comparador, el cerebro compara las direcciones deseada y real y si detecta error manda órdenes a la planta o proceso para que corrijan éste y modifiquen la dirección del automóvil adaptándola a la requerida.
- Señal de salida, dirección en que circula el automóvil.
- Controlador, el cerebro de la persona.
- Actuador o planta, las manos de la persona que actúan sobre el volante y los pies a que actúan sobre los pedales.

El conductor desea que el vehículo no se salga de la carretera, por lo que continuamente observa con los ojos la posición, transmitiendo esta información al cerebro que la compara con la señal de consigna y en caso de producirse un error manda a los elementos de la planta que rectifiquen este error para lo que las manos

manda a los elementos de la planta que rectifiquen este error, para lo que las manos modifican la posición del automóvil actuando sobre el volante y los pies sobre los pedales de acelerador, freno y embrague, si se precisa cambiar de marcha o detener el vehículo.

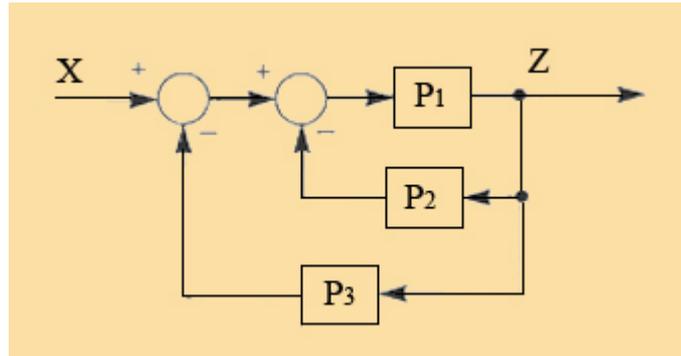
El diagrama de bloques será:



Para que el sistema se convirtiera en un proceso de control en lazo abierto, debería desaparecer la realimentación, lo que ocurriría si los ojos dejaran de cumplir su función, por una distracción mirando en otra dirección, o por haberse dormido el conductor.

Ejercicio resuelto

A partir del diagrama de bloques correspondiente a un sistema de regulación representado en la figura, determinar su función de transferencia global, simplificando su diagrama.



Mostrar retroalimentación

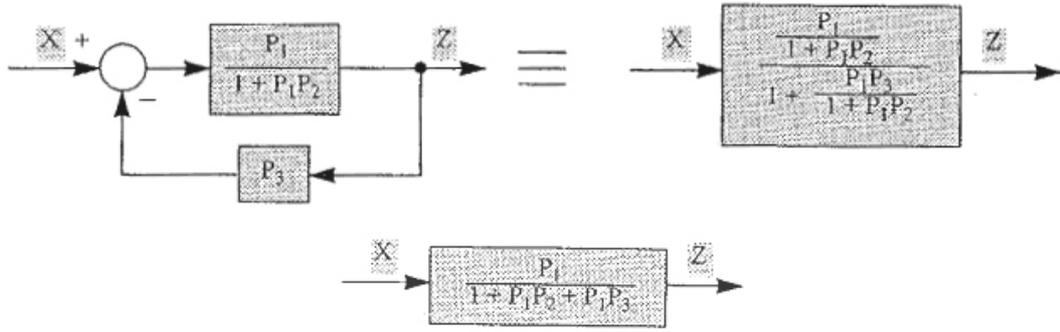
Vamos aplicando la técnica que hemos aprendido en el apartado anterior, dando pasos sucesivos, desde la zona más interna de diagrama hacia fuera:

Primero una realimentación.





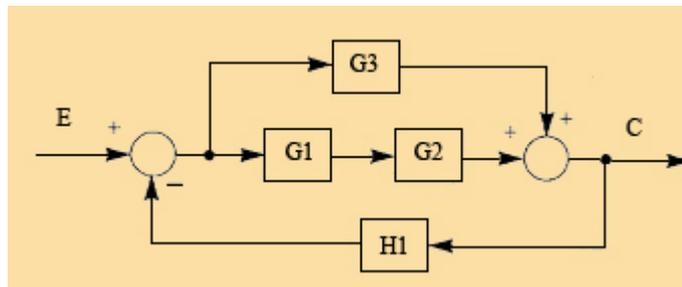
Una realimentación.



Con lo que la función de transferencia total resulta:

$$M(s) = \frac{Z}{X} = \frac{P1}{1 + P1 \cdot P2 + P1 \cdot P3}$$

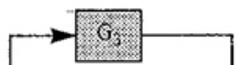
Obtener la función de transferencia del diagrama de bloques de la figura:

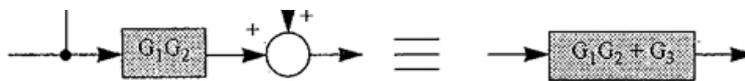


Mostrar retroalimentación

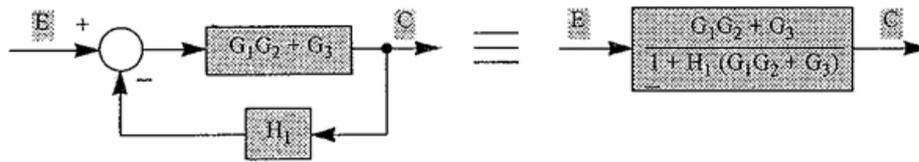
Solución:

En primer lugar se resuelve la serie.





Después se resuelve el paralelo (bifurcación).



Para concluir con la realimentación. Obteniéndose como función de transferencia global

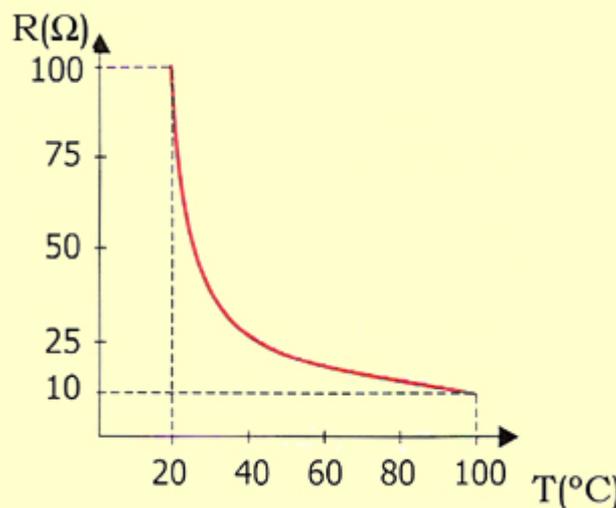
$$M(s) = \frac{C}{E} = \frac{G_1 G_2 + G_3}{1 + H_1 (G_1 G_2 + G_3)}$$

Ejercicio resuelto

Utilizando una resistencia NTC diseña un circuito que funcione como alarma de incendios. Junto con la resistencia se dispone de:

- Un motor de 10Ω que funciona a tensiones mayores a 2V.
- Como fuente de alimentación pila de 10V.

La resistencia se comporta según la curva:

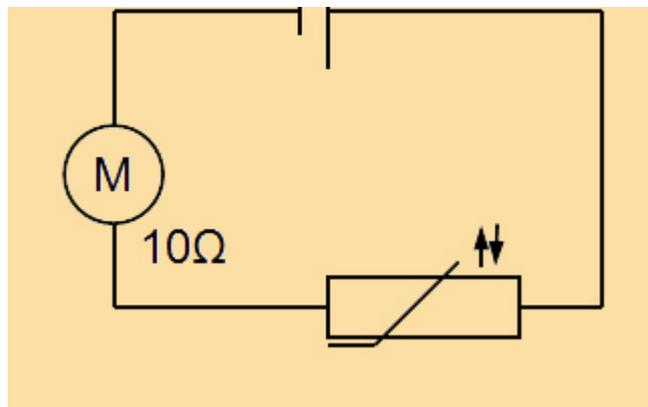


Determinar si la bomba funcionará a temperatura ambiente y cuando la temperatura suba hasta los 100°C .

Mostrar retroalimentación

A) Diseño del circuito:

| | 10V



B) Circuito a temperatura ambiente:

Tomamos 20°C como valor de cálculo. La resistencia a esa Temperatura es 100Ω.

Aplicamos la ley de Ohm al circuito equivalente para obtener la Intensidad:

$$R_{eq} = R_M + R_{NTC} = 10 + 100 = 110\Omega$$

$$I = V / R = 10 / 110 = 0,09A$$

Para obtener el valor de tensión en el motor, le aplicamos la ley de Ohm:

$$V = I.R = 0,09.10 = 0,9 V$$

Tensión menor a 2V por lo tanto el motor **no gira**

C) A 100°C:

La resistencia a esa Temperatura es 10Ω.

Aplicamos la ley de Ohm al circuito equivalente para obtener la Intensidad:

$$R_{eq} = R_M + R_{NTC} = 10 + 10 = 20\Omega$$

$$I = V / R = 10 / 20 = 0,5A$$

Para obtener el valor de tensión en el motor, le aplicamos la ley de Ohm:

$$V = I.R = 0,5.10 = 5 V$$

Tensión mayor a 2V por lo tanto el motor **gira**

Ejercicio resuelto

Se desea instalar un sistema para determinar la temperatura de un recipiente. Nos han ofrecido dos opciones y deseamos elegir la que tenga una mayor sensibilidad. Los vendedores del primer sistema nos han enviado la siguiente tabla:

Temperatura (K)	Tensión (V)
293	2,17
340	4,30

Sin embargo la empresa que nos quiere suministrar el segundo sistema sólo nos informa de que la tensión en el transductor para una temperatura de 300 K es de 2V. Hemos decidido medir la tensión obtenida a 350 K para determinar la sensibilidad del segundo sistema.

¿Qué tensión mínima hemos de obtener para que sensibilidad del segundo sistema sea superior a la de la primera opción?

Ver solución

En primer lugar calcularemos la sensibilidad del primer sistema. Esta viene dada por:

$$tg\theta = \frac{V_2 - V_1}{T_2 - T_1}$$

Sustituyendo:

$$tg\theta = \frac{4,3 - 2,17}{340 - 293} = 0,0453$$

Para calcular la tensión mínima que debemos obtener en el segundo caso, despejamos la tensión en la expresión inicial:

$$V_2 = V_1 + tg\theta(T_2 - T_1)$$

Sustituyendo:

$$V_2 = 2 + 0,0453 \cdot (350 - 300) = 4,265V$$

Ese valor de tensión nos daría una sensibilidad igual a la del caso anterior. Si queremos que la sensibilidad sea mayor necesitaremos una respuesta superior a ese valor.

Imprimible

Mapa imprimible

Aviso Legal

Aviso Legal

El presente texto (en adelante, el "**Aviso Legal**") regula el acceso y el uso de los contenidos desde los que se enlaza. La utilización de estos contenidos atribuye la condición de usuario del mismo (en adelante, el "**Usuario**") e implica la aceptación plena y sin reservas de todas y cada una de las disposiciones incluidas en este Aviso Legal publicado en el momento de acceso al sitio web. Tal y como se explica más adelante, la autoría de estos materiales corresponde a un trabajo de la **Comunidad Autónoma Andaluza, Consejería de Educación y Deporte (en adelante Consejería de Educación y Deporte)**.

Con el fin de mejorar las prestaciones de los contenidos ofrecidos, la Consejería de Educación y Deporte se reserva el derecho, en cualquier momento, de forma unilateral y sin previa notificación al usuario, a modificar, ampliar o suspender temporalmente la presentación, configuración, especificaciones técnicas y servicios del sitio web que da soporte a los contenidos educativos objeto del presente Aviso Legal. En consecuencia, se recomienda al Usuario que lea atentamente el presente Aviso Legal en el momento que acceda al referido sitio web, ya que dicho Aviso puede ser modificado en cualquier momento, de conformidad con lo expuesto anteriormente.

Régimen de Propiedad Intelectual e Industrial sobre los contenidos del sitio
