UNIDAD DIDÁCTICA XIX

Son autores de esta unidad didáctica:

Angel Sánchez Solanilla
Máximo Bolea Campo
Andrés Sánchez Otín

Coordinación pedagógica:

Carmen Candioti López-Pujato

I.- INTRODUCCIÓN

I.- INTRODUCCIÓN

PRESENTACIÓN:

A lo largo de esta nueva unidad realizaremos una serie de actividades que nos permitirán mejorar el sentido de la "vista" en nuestras máquinas.Se hará usando un fototransistor, que nos permitirá diseñar en esta y en la siguiente unidad lo que llamaremos un "ojo electrónico". En la sección "Entre máquinas y herramientas" ya usaremos el fototransistor para dotar a un coche de capacidad de "visión". En Manos a la Obra mejoraremos el puente levadizo, que ya teníamos construido, dotándolo de sensores analógicos. Y, Entre Nuestros Alumnos y Alumnas buscaremos estrategias para presentar a nuestro alumnado la controladora, dando los primeros pasa en el control de elementos independientes. Además, al final, se presentará un anexo sobre los semiconductores y un conjunto de prácticas.

1.- OBJETIVOS.

En esta unidad se pretende que el profesorado consiga los siguientes objetivos:

- Usar LDR's
- Comprender el funcionamiento y el uso de un fototransistor.
- Mejorar mecanismos ya realizados, haciendo las modificaciones estructurales y de programación imprescindibles.
- Diseñar estrategias metodológicas para presentar al alumnado la controladora.
- Seguir profundizando en el micromundo de control.
- Ampliar el dominio del Logo con alguna nueva primitiva.
- Presentar conceptos sobre los semiconductores.

2.- CONTENIDOS

I.- INTRODUCCIÓN

II.- FORMACIÓN TECNOLÓGICA

Semiconductores
Propuesta de prácticas

III.- MANOS A LA OBRA.

Puente levadizo

1.- Revisión

2.- Mejorando el control
    2.1.- Conexiones
    2.2.- Organigrama y procedimientos
3.- Mejoras

4.- Nuevas propuestas
    4.1.- La noria.
    4.2.- Escalera mecánica.
        4.2.1.- Propuesta
        4.2.2.- Diseño de la escalera.
        4.2.3.- El detector de personas.
        4.2.4.- Las conexiones
        4.2.5.- El organigrama
        4.2.6.- La primitiva RELOJ
        4.2.7.- Los procedimientos

5.- Nuevas prestaciones de la escalera
6.- Boya controlada por ordenador

IV.- CON NUESTROS ALUMNOS Y ALUMNAS

Micromundo de control:La robótica

1.- Micromundo de control
    a.- La controladora
    b.- Conexiones de entradas y salidas
    c.- Las primitivas de control
    e.- El banco de pruebas

2.- Programas de control
    a.- Probando actuadores
    b.- Probando sensores
    c.- Creación de mini-programas de control

Anexo de procedimientos

V.- ENTRE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS

1.- El fototransistor como sensor analógico

2.- Control de un móvil mediante fototransistores
    2.1.- Calibrado de los fototransistores
    2.2.- Control retroalimentado del móvil mediante fototransistores.
    2.3.- Conexiones
    2.4.- Organigramas, algoritmos y procedimientos logo
    2.5.- Otras propuestas

3.- CONOCIMIENTOS PREVIOS.

Sería necesario tener adquiridos las siguientes contenidos y destrezas:

- Dominio alto en el diseño de algoritmos y organigramas.
- Logo
- El micromundo de control.
- Destrezas en la modificación de construcciones ya realizadas.
- Tener nociones sobre la construcción de circuitos electrónicos.

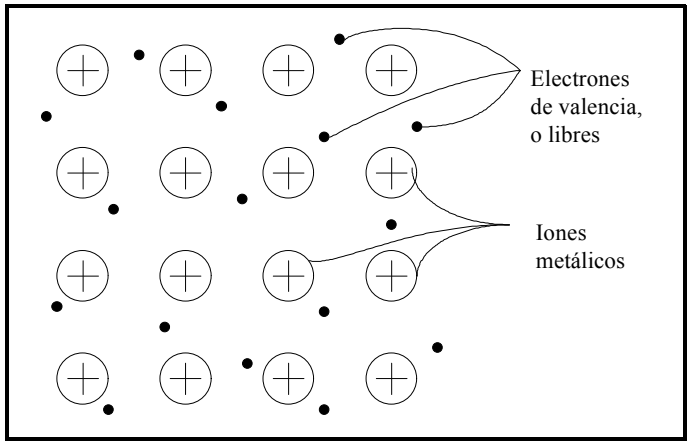
II.- FORMACIÓN TECNOLÓGICA

II.- FORMACIÓN TECNOLÓGICA

SEMICONDUCTORES

Según la facilidad con que conducen la corriente eléctrica, los cuerpos se suelen clasificar en conductores, aislantes (o dieléctricos) y semiconductores. Así, designamos semiconductores a aquellos sólidos cuya resistividad es muy superior a la de un buen conductor (del orden de 1 μΩ.cm) y muy inferior a la de un buen aislante (del orden de 1 MΩ.cm).

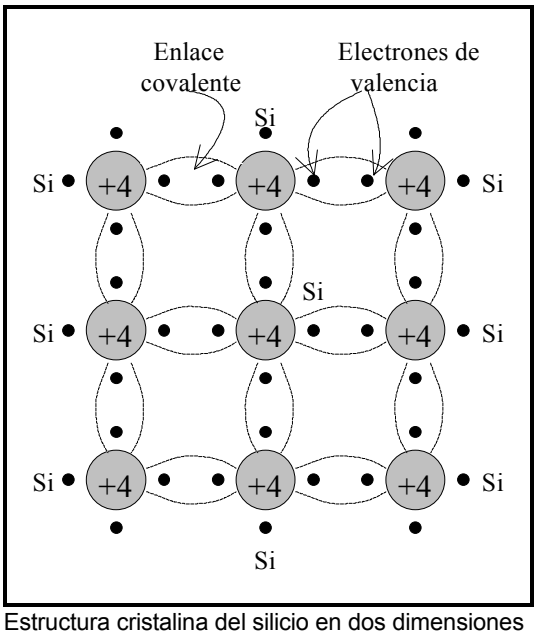
En los metales, los electrones de valencia (o de conducción), electrones de cada átomo que ocupan las órbitas más externas y de mayor energía, se hallan tan asociados con su ión correspondiente como con cualquier otro. Por tanto, según el metal, 1, 2 ó 3 electrones por átomo están libres y se mueven por el metal según los campos eléctricos existentes.



Disposición esquemática de los átomos en un plano del metal (átomos monovalentes).

Pasaremos a analizar la estructura cristalina de los dos semiconductores más importantes empleados en los dispositivos electrónicos, el silicio y el germanio, para explicar su resistividad intermedia.

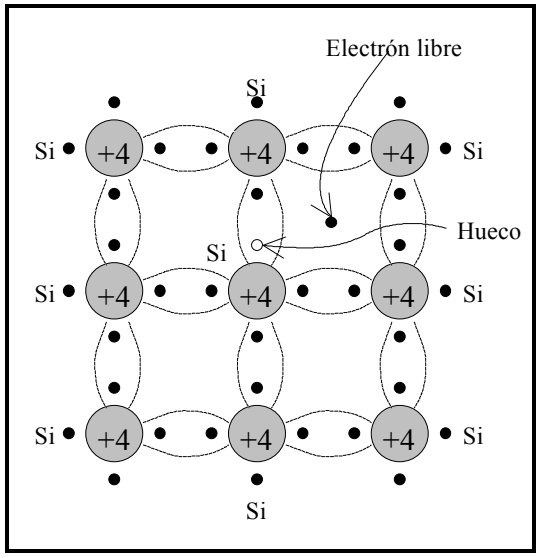
Dicha estructura está representada esquemáticamente en dos dimensiones en la figura 2. El silicio tiene un total de 14 electrones. Cada átomo de silicio tiene 4 electrones de valencia. El núcleo iónico (átomo menos los cuatro electrones de valencia) tiene una carga positiva de +4. Cada átomo comparte sus 4 electrones de valencia con sus cuatro átomos vecinos formando enlaces covalentes.



Estructura cristalina del silicio en dos dimensiones

A muy bajas temperaturas, los electrones de valencia están ligados a los núcleos y esto hace que no haya portadores eléctricos libres y, por consiguiente, será un buen aislante.

Sin embargo, a temperatura ambiente alguno de los enlaces covalentes se romperán debido al suministro de energía térmica al cristal (la energía necesaria para ello es del orden de 1 eV), y resulta posible la conducción; conductividad que aumentará con la temperatura. Esta situación queda reflejada en la figura 3. Aparece un electrón libre y éste deja un "hueco" en el enlace. Ambos van a contribuir a la conductividad del cristal. Al electrón de valencia del átomo vecino le resulta fácil dejar su enlace covalente y llenar ese hueco, dejando otro hueco en su posición original y así sucesivamente. Por tanto el hueco se mueve en dirección contraria al electrón y se comporta como la ausencia de una carga negativa, es decir, como una carga positiva.



Cristal de silicio con un enlace covalente roto

Tenemos, pues, dos mecanismos de conducción eléctrica: el ya conocido de electrones libres y el visto de movimiento de huecos, que explican la conductividad intermedia de estos semiconductores.

En un semiconductor puro (intrínseco) el número de huecos es igual al número de electrones libres, pero continuamente se van creando por agitación térmica nuevos pares de electrón-hueco, mientras que otros pares desaparecen como resultado de la combinación, alcanzándose una situación de equilibrio dinámico.

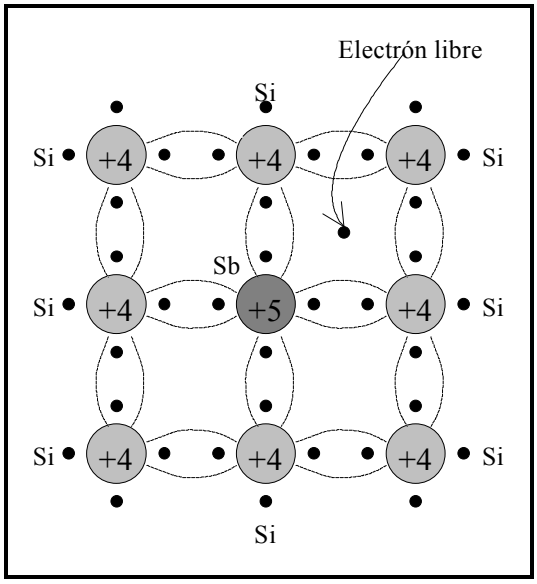
IMPUREZAS DONADORAS Y ACEPTORAS. SEMICONDUCTORES TIPO p Y n

Si a un semiconductor intrínseco, como el Si o el Ge, se le añade un pequeño porcentaje de átomos trivalentes o pentavalentes, se transforma en un semiconductor dopado, impuro o extrínseco.

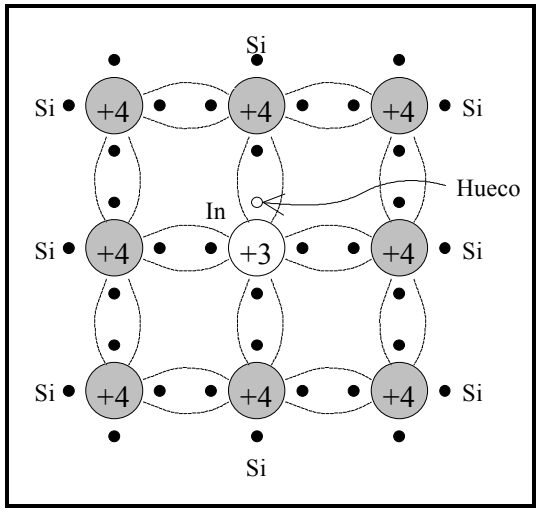
Si la impureza tiene 5 electrones de valencia (caso del antimonio, fósforo y arsénico), los átomos de este elemento desplazarán algunos átomos de Si del cristal; 4 de los 5 electrones de valencia ocuparán enlaces covalentes y el quinto quedará prácticamente libre (la energía necesaria para desligarlo del átomo es menor que 0, 1 eV) y, por lo tanto, aumenta el número de electrones libres (como puede verse en la figura 4). A estas impurezas se les denomina donadoras y al semiconductor así dopado se le

denomina de tipo n (los electrones negativos son los principales encargados de transportar la corriente eléctrica).

Si, por el contrario, la impureza tiene 3 electrones de valencia (caso del boro, galio o indio), sólo se pueden completar 3 de los 4 enlaces covalentes quedando un hueco (como se puede ver en la figura 5). Aporta huecos, se podría decir. A estas impurezas se les denomina aceptoras y al semiconductor así dopado se le denomina de tipo p (los huecos positivos parecen transportar la corriente)



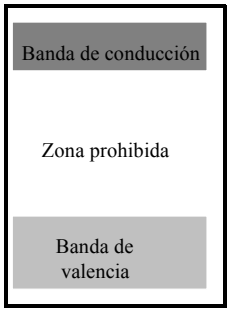
Un átomo de silicio ha sido sustituido por un átomo impurificador pentavalente (antimonio)



Un átomo de silicio ha sido sustituido por un átomo trivalente (indio)

Conviene remarcar que ambos tipos de semiconductores extrínsecos, p y n, son eléctricamente neutros, no poseen carga neta por el hecho de tener impurezas; simplemente estas impurezas desequilibran el número de electrones libres y huecos que hay en el semiconductor intrínseco (pero también los iones introducidos tienen más o menos carga positiva)

LA TEORÍA DE BANDAS Y LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA



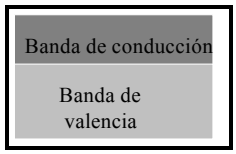
Aislante

Este comportamiento de los distintos materiales frente a la corriente eléctrica puede explicarse también desde la mecánica cuántica, mediante la teoría de bandas. En esencia y sin la pretensión de ser rigurosos se puede resumir en lo siguiente.

Los electrones de un átomo sólo pueden ocupar ciertos niveles energéticos. El nivel de menor energía posible se denomina estado

fundamental y los de energías mayores que ésta se denominan estados excitados. En un sólido esos niveles energéticos se extienden formando "bandas" a causa de la interacción de los átomos. Los electrones externos (o de valencia) podrán estar en una de dos bandas: la de menor energía o banda de valencia, que corresponde al estado fundamental, o la superior o banda de conducción. Normalmente los electrones "residen" en la banda de valencia, en la cual se encuentran fuertemente unidos a cada uno de los átomos. Dándole energía suficiente (por ejemplo, por un choque con otro electrón) un electrón podrá pasar a la banda de conducción. Una vez en ella, el electrón ya no se encuentra ligado a un átomo en particular sino que puede moverse libremente por la red cristalina. Ningún electrón podrá tener una energía correspondiente a la "zona energética prohibida" que separa las dos bandas.

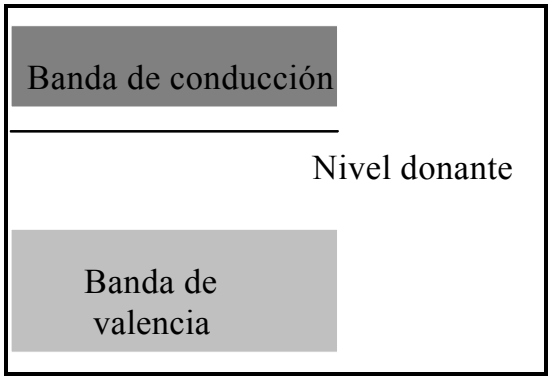
En los aislantes, esta separación entre ambas bandas es grande; serán muy pocos los electrones que puedan pasar a la banda de conducción. En cambio, en los buenos conductores, las bandas se solapan, no existe zona prohibida, y los electrones pueden hallarse con facilidad en la banda de conducción y por tanto moverse con libertad.



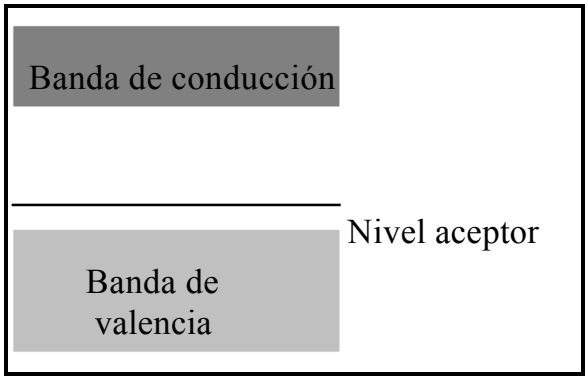
Conductor

Semiconductor

En un semiconductor intrínseco, la zona prohibida es estrecha. Pocos electrones tendrán energía suficiente para saltar la zona prohibida, pero al elevar la temperatura, habrá más electrones con la energía suficiente para dar el salto y pasar a la banda de conducción. Por tanto la conductividad aumentará con la temperatura. Este efecto se utiliza en los termistores, o NCR (negative coefficient resistor), resistencias que disminuyen su valor al aumentar la temperatura. En los metales, este efecto que no mejoraría grandemente su alta conductividad, se ve contrarrestado por la agitación térmica de los iones que provoca un aumento del nº de choques de los electrones libres y por lo tanto un mayor frenado de los mismos, disminuyendo su conductividad. Si el semiconductor está fuertemente dopado, su comportamiento se aproxima al de los conductores metálicos, obteniendo así los denominados sensistores, o PCR (positive coefficient resistor), cuya resistencia aumenta con la temperatura.



Niveles en un semiconductor tipo n



Niveles en un semiconductor tipo p

En un semiconductor extrínseco (dopado), la impureza proporciona estados energéticos adicionales entre las bandas, tal como se indica las figuras 9 y 10. En los semiconductores tipo n, el nivel energético de la impureza se encuentra inmediatamente debajo de la banda de conducción. Los electrones de este nivel energético pueden fácilmente adquirir suficiente energía para pasar a la banda de conducción. Como este nivel proporciona electrones a la banda de conducción, se denomina nivel donante. Los electrones son los portadores mayoritarios (negativos). En los tipo p, el nivel energético de la impureza se encuentra inmediatamente encima de la banda de valencia. Se denomina nivel aceptor porque los electrones de la banda de valencia pueden saltar a él con facilidad; pero estos electrones no pasan a ser libres, sino que al dejar un hueco en la banda de valencia, otros electrones de la misma banda pueden pasar a llenarlo, moviéndose el hueco como ya se ha descrito. Los portadores mayoritarios son los huecos (positivos).

Además de la agitación térmica, otras perturbaciones, como por ejemplo una iluminación, pueden modificar el nº de electrones o de huecos que existen en el semiconductor. Esto afectará a la conductividad, o dicho de otra manera a su resistencia, con lo que podemos obtener resistencias dependientes de la intensidad luminosa, denominados fotodetectores, por ejemplo el fotómetro.

DIODO DE UNIÓN p-n

Pasaremos a estudiar el dispositivo electrónico más simple: el diodo de unión.

¿Qué ocurre si unimos dos semiconductores, uno de tipo p (con exceso de huecos y otro de tipo n (con exceso de electrones)?

Debido a la existencia de un gradiente de concentración en la unión, los huecos se difunden hacia la derecha y los electrones hacia la izquierda atravesando la unión, como puede verse en la figura 11 (donde se han representado únicamente los átomos

que aportan electrones a la banda de conducción como iones positivos y los átomos que aportan huecos como iones negativos). Ambos, huecos y electrones difundidos, se recombinan con los electrones y huecos, respectivamente, que predominan en el otro semiconductor. Queda a la izquierda de la unión una zona con iones negativos y, a la derecha otra con iones positivos. Esta zona estrecha, denominada zona de transición, queda desprovista de portadores móviles. Y se establece un campo eléctrico, y su correspondiente diferencia de potencial, de izquierda a derecha, que impide que prosiga la difusión. Los electrones que pretendan pasar a la zona p se encontrarán una barrera de iones negativos que se lo impedirán, y análogamente los huecos que se difundan hacia la zona n.

Haremos notar que inicialmente ambos semiconductores eran eléctricamente neutros, y que, tras la unión, ha aparecido una carga neta en cada uno de ellos, aunque el conjunto sigue siendo neutro.

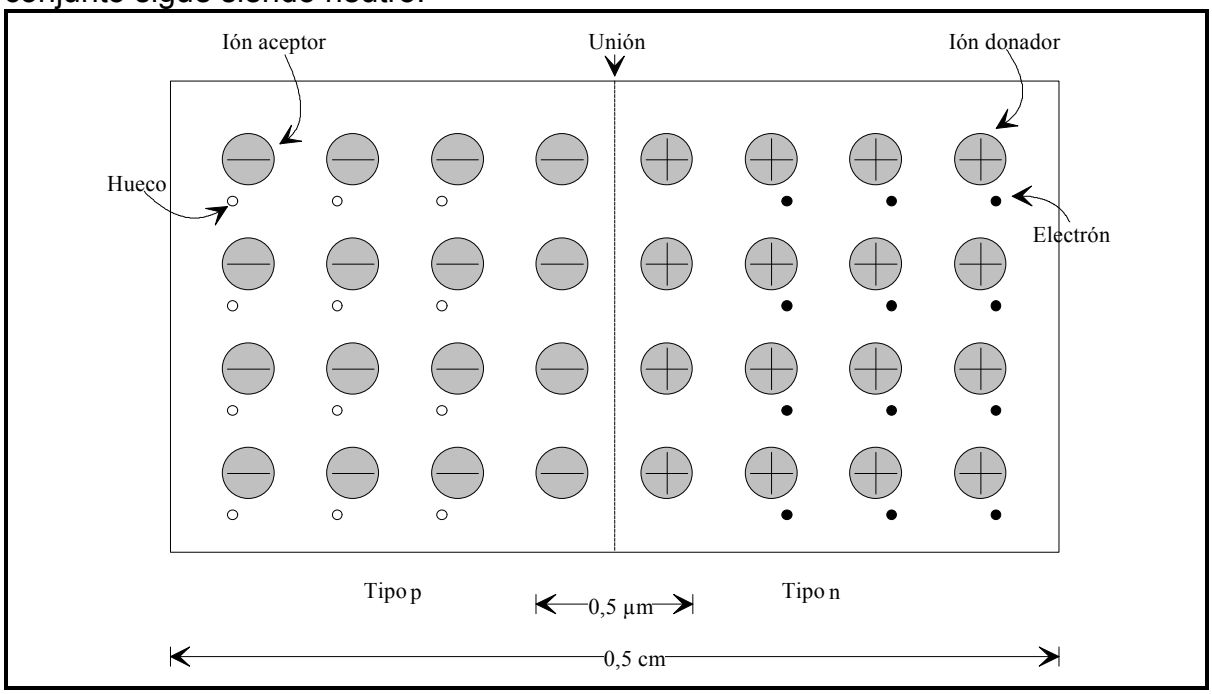


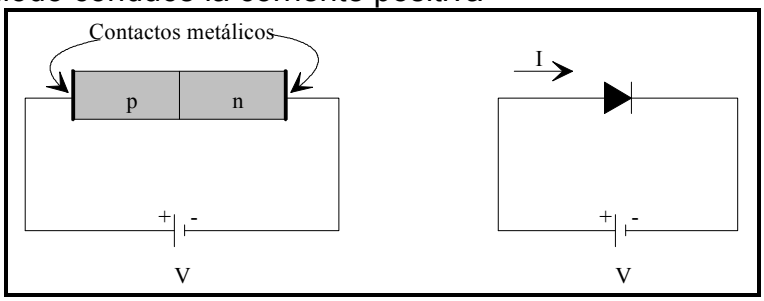
Diagrama esquemático de una unión p-n, una vez alcanzado el equilibrio y en ausencia de voltajes externos

¿Y cómo se comporta este dispositivo al someterlo a una diferencia de potencial?. Como un rectificador. Veámoslo.

Cuando conectamos el polo positivo de una batería al lado p y el negativo al lado n, como vemos en la figura 13, la tensión de la batería se opondrá a la diferencia de potencial interna y se dice que el diodo está polarizado en sentido directo. El terminal positivo repele los huecos y el terminal negativo repele a los electrones. Ambos pueden atravesar la zona de transición y recombinarse en los otros lados con los

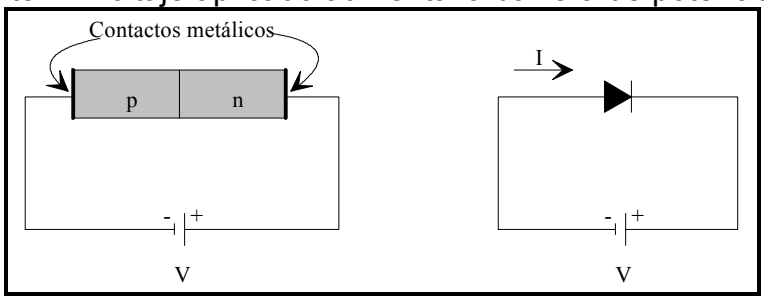
electrones y huecos dominantes. Mientras, el terminal positivo extrae electrones de la zona p, creando huecos, y el negativo aporta electrones a la zona n. A consecuencia de ello, se establece una corriente intensa de derecha a izquierda (de izquierda a derecha según el sentido convencional de la corriente) por la contribución de electrones moviéndose de derecha a izquierda y huecos (signo +) moviéndose de izquierda a derecha.

Representaremos el diodo por el símbolo, donde la flecha indica el sentido en que el diodo conduce la corriente positiva



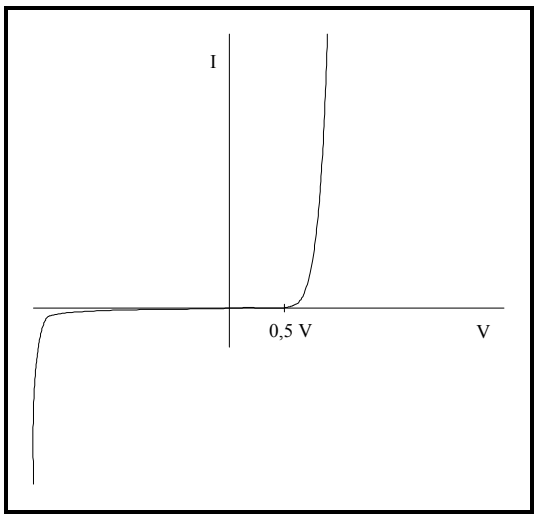
Unión p-n polarizada en sentido directo

Cuando el diodo está polarizado inversamente (figura 14), el terminal positivo de la batería atrae los electrones hacia el extremo n y el negativo atrae los huecos al extremo p. Así, se alejan de la unión los portadores de corriente, por lo que no circulará corriente. El voltaje aplicado aumenta la barrera de potencial de la unión.



Unión p-n polarizada en sentido inverso.

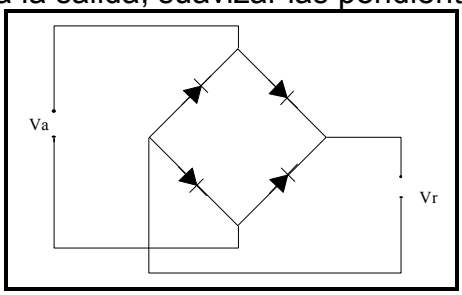
Experimentalmente obtendremos una gráfica de la intensidad que atraviesa un diodo, en función del voltaje aplicado, como la de la figura 15 en la que consideramos sentido positivo de la corriente de p a n. El diodo, en polarización directa, comienza a conducir al aplicarle un voltaje del orden de 0, 5 V (superamos la barrera de potencial de la unión), y apenas conduce en polarización inversa. Se comporta, por tanto como un rectificador.



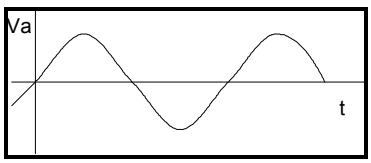
Intensidad que atraviesa un diodo en función del voltaje aplicado entre sus extremos. La parte derecha de la gráfica está ampliada

Sin embargo, si aumentamos mucho el voltaje aplicado en polarización inversa, los electrones serán acelerados de tal manera que podrán provocar la ruptura de otros enlaces (multiplicación por avalancha), e incluso el voltaje aplicado puede hacer saltar los electrones, provocando un aumento brusco de la corriente (efecto Zener). Estos efectos suelen producirse a voltajes elevados, pero si dopamos suficientemente los dos semiconductores, pueden reducirse estos valores hasta valores del orden de 5 a 10 voltios. Estos diodos especiales se denominan diodos Zener y se representan con el símbolo El voltaje se mantiene prácticamente independiente de la intensidad que lo atraviesa, por lo que se puede utilizar como regulador de voltaje.

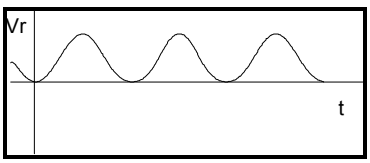
Un circuito como el de la figura nos permitirá rectificar corriente alterna, y, con un condensador en paralelo a la salida, suavizar las pendientes.



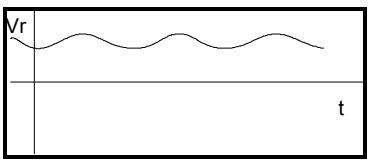
Circuito rectificador. El voltaje aplicado en la entrada, Va, se transforma en un voltaje no negativo (rectificado), Vr, en la salida



Voltaje alterno, Va, aplicado a la entrada



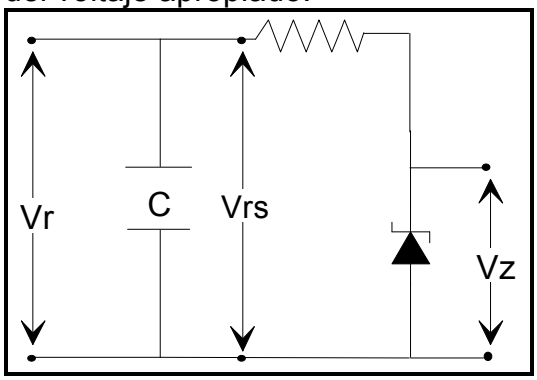
Voltaje rectificado, Vr, a la salida



Vrs, tras poner un condensador en paralelo como filtro

El dispositivo presentado se fabrica integrado.

Si queremos estabilizar el voltaje (corriente continua estabilizada) no necesitaremos más que conectar a la salida de dicho circuito un diodo Zener, en polarización inversa, del voltaje apropiado.



El voltaje rectificado Vr, se convierte en Vrs tras pasar el condensador C y en Vz, constante, a la salida del Zener

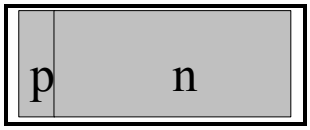
En los dispositivos reales, la línea marcada simboliza el terminal n que representamos simbólicamente por una línea.

DIODOS ESPECIALES

Además del ya mencionado Zener, podemos citar los diodos emisores de luz o LEDs (light emissor diode) y los fotodiodos y las células solares.

En un diodo polarizado directamente, en las zonas próximas a la unión, la recombinación de huecos y electrones predomina sobre la generación de los mismos. Si la energía desprendida en dicha recombinación corresponde a una frecuencia del espectro visible (E=hv), se emitirán fotones visibles y tendremos un diodo emisor de luz (LED).

El fenómeno inverso se utiliza en los fotodiodos. Si la radiación incidente es de la frecuencia apropiada, la energía absorbida por el dispositivo (E=hv) será la precisa para producir pares electrón-hueco.



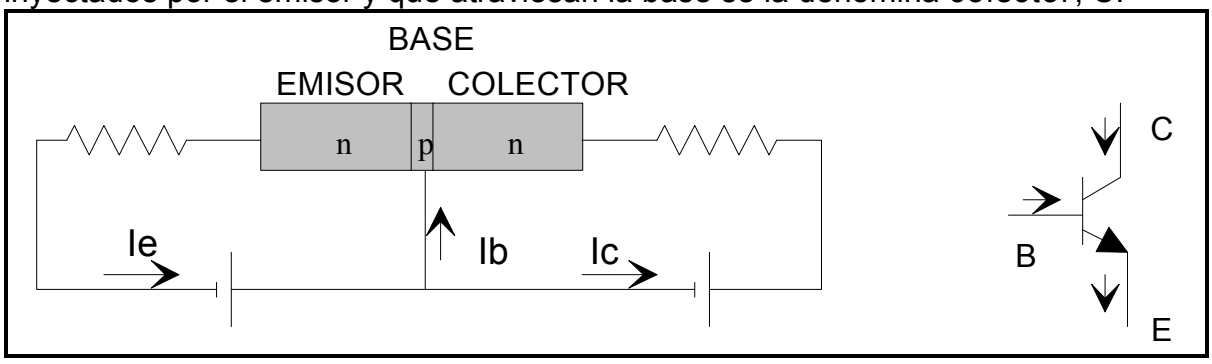
Si hacemos que la luz ilumine el lado p de un diodo como el del figura, que tiene una región p muy estrecha, mientras dure la iluminación se producirá un exceso de electrones en la región p y, como consecuencia de la mayor difusión de los huecos y la recombinación en la zona n, un exceso de huecos en la n. Al cerrar el circuito mediante alguna resistencia de carga, el diodo extraerá electrones del terminal conectado a la zona n, convirtiéndose en terminal positivo de una pila, y el conectado a la zona p recogerá los electrones de la misma, convirtiéndose en el terminal negativo de la pila. Tenemos, por consiguiente, una célula fotovoltaica o célula solar.

Producimos corriente (voltaje) a partir de la luz. El voltaje suministrado suele ser muy pequeño, por lo que suelen utilizarse asociaciones de las mismas.

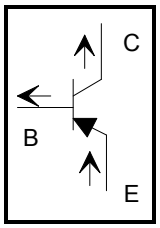
Si polarizamos un diodo de este tipo de modo inverso, la corriente que lo atraviese no será prácticamente nula, sino que tendrá un valor determinado, independiente del voltaje de polarización, que será función de la intensidad y la longitud de onda de la radiación recibida. Tenemos un fotodiodo.

TRANSISTOR BIPOLAR DE UNIÓN

La inyección de electrones en la zona p estrecha de un diodo, responsable de la corriente de un fotodiodo, puede realizarse también mediante una zona n polarizada directamente. Esto da lugar al siguiente dispositivo electrónico, el transistor bipolar de unión (TBJ, junction bipolar transistor), generador de intensidad controlado por un voltaje. A la región n que inyecta electrones en el diodo se la denomina emisor, E, a la región p estrecha se la denomina base, B, y a la región n que recoge los electrones inyectados por el emisor y que atraviesan la base se la denomina colector, C.



A un transistor polarizado de esta forma, de modo que la unión emisor-base esté polarizada directamente y la unión base-colector de modo inverso, diremos que está trabajando en la región activa

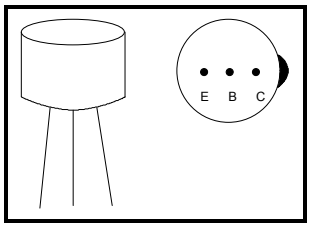


También se puede realizar un dispositivo pnp, que se comportará análogamente al npn descrito, efectuando el razonamiento con los huecos en vez de con los electrones y, por supuesto cambiando las polaridades de las baterías y los sentidos de las corrientes. La flecha se dibuja siempre en el emisor e indica el sentido convencional de la corriente cuando la unión B-E está polarizada directamente.

Continuaremos nuestros razonamientos para un transistor npn, haciendo notar que lo mismo se puede efectuar par un pnp.

Si la base (región p) es muy estrecha, prácticamente todos los electrones inyectados por el emisor (que denominaremos I_E) la atravesarán y llegarán al colector. Una vez en éste, el potencial aplicado los continuará acelerando hasta el terminal positivo de la batería. A esta corriente habrá que sumar la pequeña corriente del diodo base-colector en polarización inversa (que denominaremos I_{CO}). Así pues, podremos escribir que $I_C = \alpha I_E + I_{CO}$, donde α es un factor muy próximo a 1 que indica que no todos los electrones inyectados por el emisor llegan al colector.

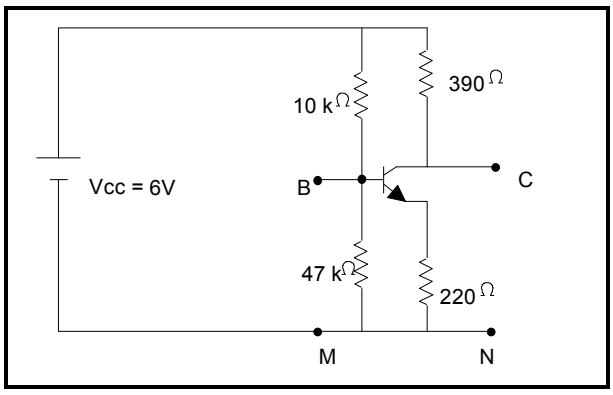
Por otro lado, el principio de conservación de la carga aplicado al transistor nos conduce a que $I_E = {}_B I + {}_C I$, relacionando ambas ecuaciones, obtenemos que: $I_C = \frac{\alpha}{1-\alpha} I_B + I_{CO}\left(1 + \frac{\alpha}{1-\alpha}\right)$ o, lo que es lo mismo, $I_C = \beta I_B + (\beta + 1) I_{CO}$ donde β suele ser del orden de 100. Así pues, observamos que un transistor, trabajando en la región activa, amplifica la corriente de entrada I_B



Para reconocer los terminales de un TBJ, observaremos una pequeña prominencia que nos servirá junto con el dibujo para identificarlos.

¿Cómo realizar prácticamente un montaje electrónico que nos produzca la amplificación de una débil señal eléctrica?

Para ello usaremos la más usual de las tres configuraciones posibles, la configuración en emisor común: referimos los voltajes de entrada (voltaje de la base con respecto al emisor, V_{BE}) y salida (voltaje de colector con respecto a emisor, V_{CE}) al emisor, que puede actuar de masa común para ambas.



Con un montaje como el de la figura aseguramos que el transistor está en la región activa. Si entre los terminales B y M conectamos un generador de onda sinusoidal de pequeña amplitud (¡Ojo!, el punto B tiene un voltaje de continua distinto de 0, por lo que para no dañar al generador habrá que aislarlo mediante un condensador que permita el paso de la señal, pero no el paso de continua) ese mismo voltaje lo tendremos amplificado en el terminal C (superpuesto al correspondiente valor de tensión continua de la polarización). Por supuesto el valor de la señal no podrá exceder de terminados valores, pues al sumarse con el voltaje de polarización puede sacar al transistor de la

región activa y llevarlo a corte (la intensidad de colector es 0, el transistor se comporta como un interruptor abierto) o a saturación (la intensidad de colector es la máxima que permite la polarización, el transistor se comporta como un interruptor cerrado) respectivamente.

Analicemos más detenidamente estas situaciones. Si el voltaje de la señal introducida en la base del transistor, Vi, es positivo, sumado al voltaje de continua que existe en B, puede hacer que la unión B-C esté polarizada directamente, lo que hace que se comporte como dos diodos polarizados inversamente, es decir, no haya corriente y, por tanto, podamos considerar el transistor como un circuito abierto.

Por contra, un voltaje de señal, Vi, negativo puede hacer disminuir tanto el voltaje de B que la unión B-E esté polarizada también directamente, con lo que tendremos dos uniones polarizadas directamente, que conducirán y, por tanto, la caída de voltaje en le transistor será prácticamente nula, atravesando el transistor la máxima corriente que permita el circuito de polarización. El transistor se comporta, pues como un circuito cerrado. Esta doble posibilidad permite utilizar al transistor como interruptor, con una señal de entrada podemos llevar al transistor del estado de corte al de saturación, con lo que conseguiremos que en la salida podamos tener sólo dos valores: Vcc, en situación de corte, y 0, en situación de saturación si hacemos que la resistencia de emisor sea 0. Esto es todo lo que necesitamos para construir circuitos lógicos binarios, donde el 1 puede estar representado por Vcc y el 0 por un voltaje nulo.

TRANSISTORES DE EFECTO DE CAMPO

El transistor de efecto de campo es un dispositivo semiconductor que depende, en cuanto al gobierno de la corriente, de un campo eléctrico. Existen dos tipos de estos transistores: transistores de unión de efecto de campo, JFET o simplemente FET, (junction field efect transistor) y transistores metal-óxido-semiconductor de efecto de campo, MOSFET.

Difieren de los TBJ en que los primeros:

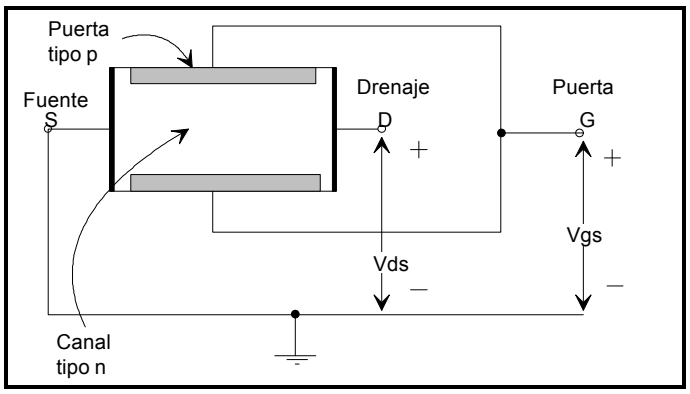
- Dependen únicamente de la circulación de portadores mayoritarios, por tanto son unipolares.

- Son de fabricación más sencilla y ocupan menos espacio.

- Se pueden conectar como resistencia de carga, por lo que no son necesarios otros componentes en un sistema digital.

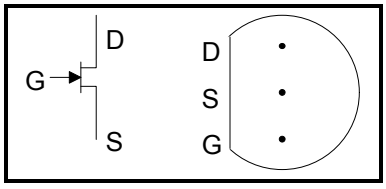
- En virtud de las cargas almacenadas pueden funcionar como elementos de memoria.

Por todo ello, las principales aplicaciones de los MOSFET son los dispositivos integrados a gran escala.



La estructura de un FET de canal n aparece en la figura. Se construyen dos contactos óhmicos en los extremos de una barra de semiconductor tipo n (si se emplea de tipo p, el dispositivo se denomina de canal p) y se hace circular una corriente conectando una tensión de alimentación, Vgs, entre sus extremos. Esta corriente está constituida por portadores mayoritarios, que en este caso son electrones. La fuente S (source) es el terminal por el que entran en la barra los portadores mayoritarios, el drenaje D, el terminal por el que salen. Arriba y abajo de la barra de tipo n se ha formado una región fuertemente dopada de impurezas aceptoras (p^+). Estas regiones impurificadas se denominan puertas G (gate). Se aplica una tensión Vgs = - Vgg (negativa) para polarizar inversamente las uniones pn.

El funcionamiento de un FET se explica como sigue. Al estar polarizadas en sentido inverso las dos uniones pn, existe una zona de transición a ambos lados de la unión desprovista de portadores; existen iones positivos en el lado n y negativos en el lado p. Las líneas del campo eléctrico producido son el origen de la caída de tensión en la unión. La conductividad des estas regiones es prácticamente nula. Por tanto, al aumentar la polarización inversa, la anchura del canal irá decreciendo hasta quedar reducida a 0 para un valor Vgs que denominaremos tensión de estrangulamiento. A partir de ese valor el FET entrará en corte. En los valores inferiores, el valor de Vgs controlará la achura del canal y por tanto la corriente Ids. Tenemos, pues, un comportamiento análogo al del TBJ.



El símbolo utilizado para los FET es el de la figura, en el que hemos añadido una visión inferior del dispositivo real para facilitar la identificación de los terminales.

CIRCUITOS A REALIZAR USANDO TRANSISTORES

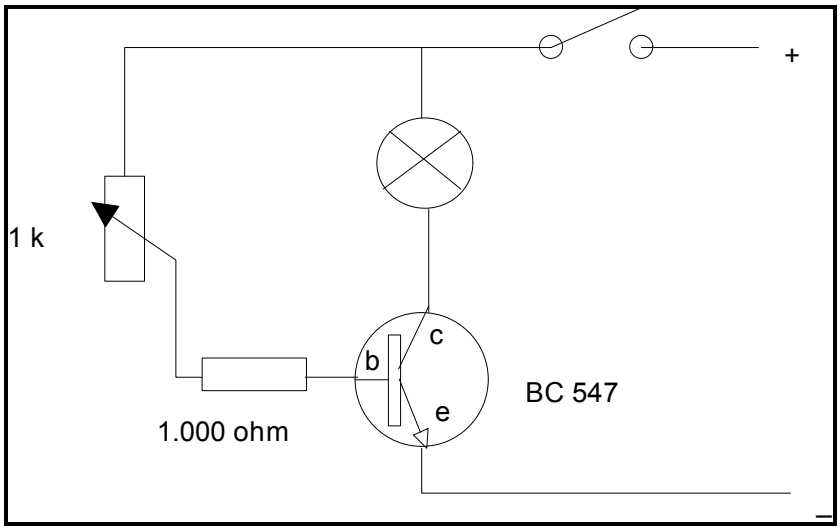
Como complemento al anexo sobre semiconductores y tras la descripción teórica de los transistores, bien estaría poder proponer alguna práctica con ellos que permitiera una mejor comprensión acerca del papel que pueden desempeñar en los circuitos. Además se podría analizar de una forma más comprensible el papel desempeñado por la controladora utilizada en el control y robotización de máquinas.

PROPUESTA DE PRÁCTICAS

Como materiales utilizaremos: led, potenciómetros de 1K y 100 K, resistencias fijas de 390, 1000 ohmios, un condensador de 2.200 µF y transistores BC 547 o equivalente.

Todas las prácticas tienen como componente principal el transistor actuando como amplificador de la señal enviada a la base.

1º.- Lámpara incandescente con luz variable



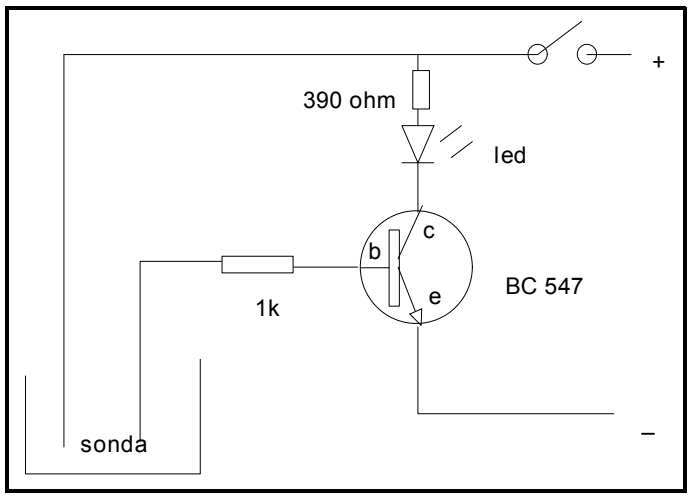
Al variar la posición del potenciómetro la intensidad luminosa de bombilla variará. Aquí puede hacerse la observación de la sustitución de este circuito por las salidas analógicas de la controladora. Si se coloca una bombilla en S9-S10 mediante la primitiva ACELERA se hace la misma función que al girar el potenciómetro en el circuito anterior.

2º.- Detector de humedad.

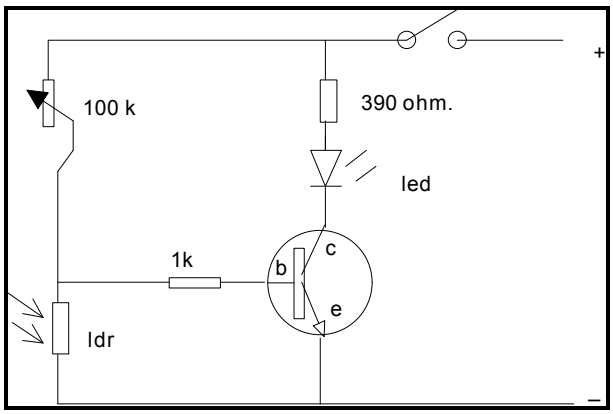
Aprovechando la conductividad eléctrica del agua y de los materiales mojado (tierra, etc) se puede plantear un dispositivo que avise en cosa de exceso de agua.

La sonda, dos hilos conductores, se puede colocar en el interior de un recipiente que si contiene agua active la base del transistor y permita al led emitir luz.

Esta misma práctica puede realizarse usando las posibilidades que nos dan las entradas analógicas de la controladora.



3º.- Detector de luminosidad.



Variando el valor del potenciómetro se puede calibrar el umbral de luminosidad ambiental al partir de que se encenderá el led. Al descender la luminosidad ambiente el led se enciende.

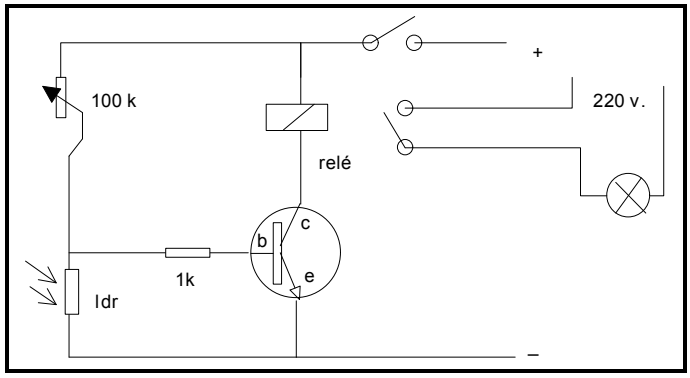
Este práctica puede realizarse, con la controladora, usando una entrada analógica a la que se conecta una ldr y una bombilla conectado a un par de salidas digitales.

El procedimiento a utilizar podría ser como el siguiente:

```
PARA LUZ
SI SAX <2 [CONECTA 1] [DESCONECTA 1]
SI TECLA? [DESCONECTA 1 ALTO]
LUZ
FIN
```

Recordemos que el valor 2 del SAX es orientativo, previamente debe calibrarse.

4º.- Transferencia de control mediante un relé.



Cuando se tiene necesidad de actuar, como en el caso anterior, sobre una iluminación pero esta es de 220v, la solución está en lograr su control mediante un relé. En este caso el circuito es como el del caso anterior pero la Resistencia y el led
han sido sustituidos por un relé que comanda un circuito de 220 voltios. El relé se el circuito de 220 debe conectase a los contactos abiertos del relé para que cuando al disminuir la luminosidad que llega a la ldr el relé se active y el circuito externo de 220 se cierre, haciendo que la bombilla se encienda.

Este circuito también puede ser realizado mediante la controladora y su correspondiente programa. Para ello se conectará un relé un par de salidas digitales, S1-S2, y la LDR a una entrada analógica (SAX), y al relé se conectara el circuito de 220 v.
El procedimiento a usar podría ser como el que sigue:

```
PARA LUZRELE
SI SAX <2 [CONECTA 1] [DESCONECTA 1]
SI TECLA? [DESCONECTA 1 ALTO]
LUZ
FIN
```

Como puede apreciarse es idéntico al de la propuesta anterior al tener conectados ambos una ldr y la bombilla ha sido sustituida por un relé que al igual que ella es un actuador, es decir, se conecta a una salida .

5º Realización de un temporizador.

Al pulsar el pulsador y descargarse el condensador, este inicia su carga período en el que la corriente llega a la base, que al ser activada hace que el led se encienda durante el período de carga del condensador.

Esta función de temporizador del transistor y condensador puede igualmente realizarse fácilmente con la controladora. Los elementos que deberían conectarse a la controladora serían el pulsador(sensor digital E1, +5 v) y la bombilla o actuador (S1-S2) y el procedimiento podría ser como el siguiente:

```
PARA TEMPORIZADOR
SI SD 1 =1 [ CONECTA 1 ESPERA 200 DESCONECTA 1]
SI TECLA? [ALTO]
TEMPORIZADOR
FIN
```

III.- MANOS A LA OBRA

III.- MANOS A LA OBRA

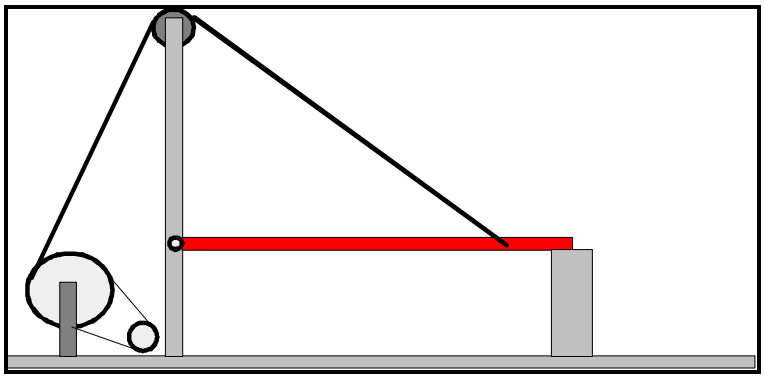
PUENTE LEVADIZO

1.- REVISIÓN

En la sección de entre Máquinas y Herramientas de la unidad anterior se propuso la modificación del puente levadizo, realizado en el capítulo XIV, utilizando sensores analógicos.

Antes de continuar se debe recordar lo realizado hasta el momento.
El puente es manipulado mediante dos sensores digitales, de tal forma que al pulsar uno el puente se eleva y al pulsar el otro baja.

En el dibujo adjunto se muestra un esquema del puente, mostrando su sistema de elevación.

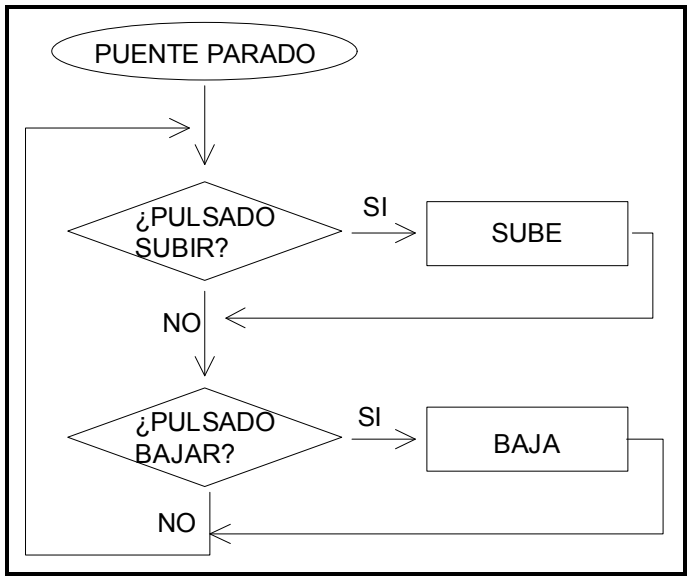


En el dibujo adjuntose representa el mando de dos pulsadores empleado para controlarlo.

Debemos recordar en estos momentos los organigramas y procedimientos obtenidos de ellos, que permitieron el control del puente.

Organigrama previo:

Los procedimientos diseñados fueron los siguientes:



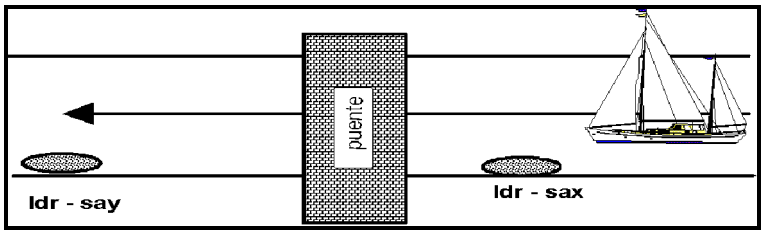

```
PARA SUBE
M1 "D ESPERA 100 M1 "P
FIN

PARA BAJA
M1 "I ESPERA 100 M1 "P
FIN

PARA PUENTE
SI SD 1 =1 [SUBE]
SI SD 2 = 1 [BAJA]
PUENTE
FIN
```

Revisar los materiales de la unidad XIV

2.- MEJORANDO EL CONTROL

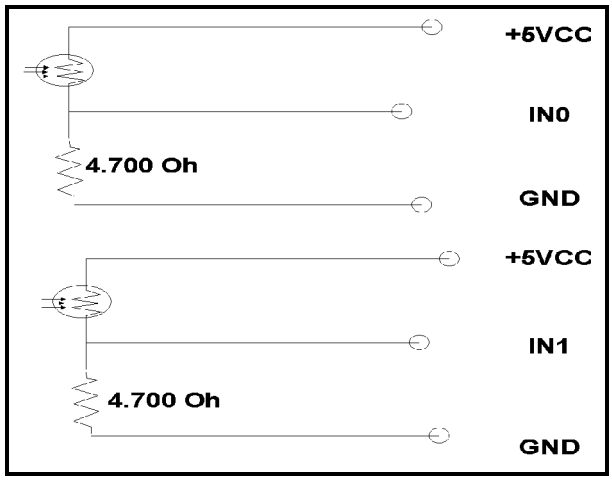
Como acabamos de ver, el primer proceso de control del puente exige la intervención de un operario humano. Este, acciona los pulsadores cuando comprueba que un barco se aleja o se acerca. Para obviar la acción del operario y avanzar en la automatización del control por ordenador, se incorporan dos fotorresistencias. Una detectará el acercamiento del barco al puente, con lo que se ejecutará el procedimiento "SUBE". La otra constatará si el barco se ha alejado y, en tal caso, se ejecutará el procedimiento "BAJA".

La disposición de las LDR's sería la siguiente:



2.1.- CONEXIONES

Las fotorresistencias se han conectado en serie con una resistencia de 4.700 ohmios. Un extremo del conjunto fotorresistencia-resistencia fija, se conecta a +5vcc, el otro a masa .gnd, y el punto de unión a las entradas analógicas denominadas IN0 e IN1 respectivamente.



Estas dos fotorresistencias sustituirán a los dos sensores digitales que se tenían instalados.

Recordemos que una fotorresistencia es una resistencia variable en función de la luminosidad. A mayor cantidad de luz recibida menor resistencia opone el paso de la corriente eléctrica y por lo tanto un valor menor detecta el ordenador. El valor máximo detectado por el ordenador es de 4.

Antes de proseguir es conveniente familiarizarse con el comportamiento de las fotorresistencias. Para ello comprobemos sus valores. Escribe en modo directo en Winlogo:
ES SAX [intro]

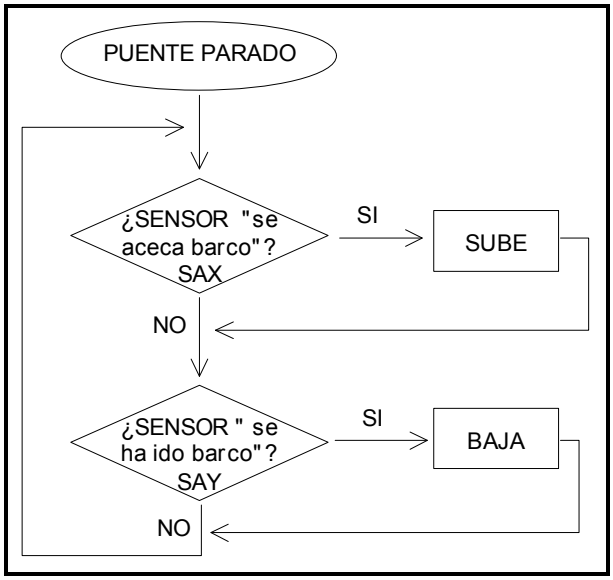
Esta orden nos devuelve el valor de la LDR conectada a IN0

REPITE 30 [ES SAX ESPERA 100]

Mientras se ejecuta esta orden podemos ir variando la intensidad luminosa que recibe la LDR pasando la mano por delante de ella. Podemos probar lo mismo pero con SAY.

2.2.- ORGANIGRAMA Y PROCEDIMIENTOS

El organigrama, mostrado en siguiente página, es casi idéntico al anterior; la única diferencia consiste en que hemos sustituido los pulsadores por fotorresistencias.



Ahora ya podemos variar los procedimientos para adaptarlos a los nuevos sensores:

```
PARA SUBE
M1 "D ESPERA 100 M1 "P
FIN

PARA BAJA
M1 "I ESPERA 100 M1 "P
FIN

PARA PUENTE
SI SAX < 2  [SUBE]
SI SAY < 2 [BAJA]
PUENTE
FIN
```

El valor que se ha puesto para el control del SAX y SAY, que en este caso es 2, debe calcularse previamente; para ello puede servir el procedimiento y la práctica desarrollada en el párrafo anterior y, según los valores que nos de usarlos en el procedimiento puente.

Una vez ejecutado el procedimiento PUENTE, si un objeto pasa delante de alguna de las fotorresistencias sucederá el evento previsto. Si pasa delante de la SAX el puente se elevará y si pasa por delante se SAY bajará.

3.- MEJORAS

Este diseño tiene algunos inconvenientes que rápidamente se pondrán de manifiesto y que son:

- Para abandonar el programa debe pulsarse la tecla Escape.
- El subir y bajar se realiza por tiempo y no por llegar a la posición exacta.

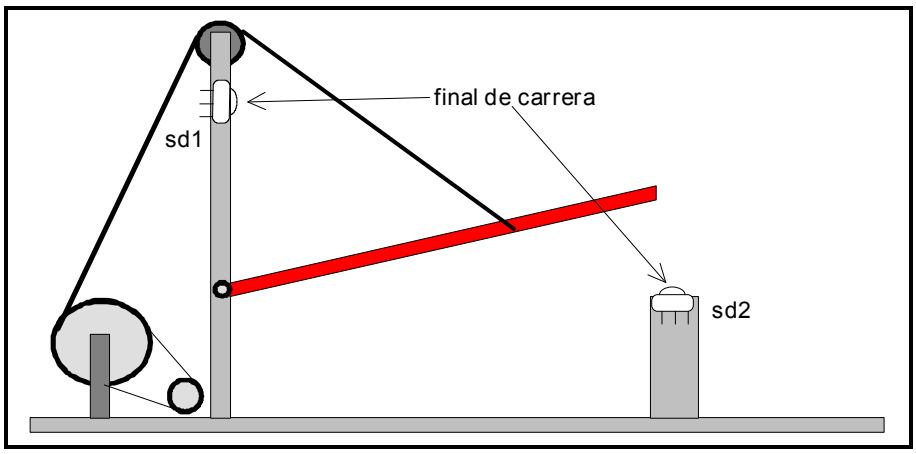
- Además necesitaremos detener el motor cuando la plataforma haya llegado al final de su recorrido, arriba o abajo, aunque los sensores sigan detectando la presencia de un barco.

La solución a las dos últimos inconvenientes sería colocar unos sensores digitales, finales de carrera, para determinar que la plataforma del puente se encuentra en la posición adecuada.

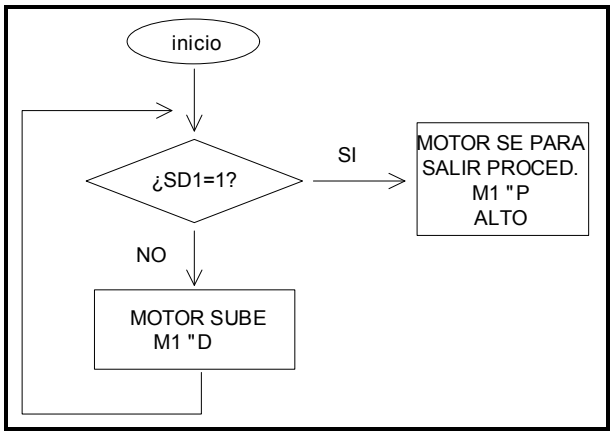
ACTIVIDAD RECOMENDADA

Realizar las modificaciones necesaria para colocar los finales de carrera al puente.

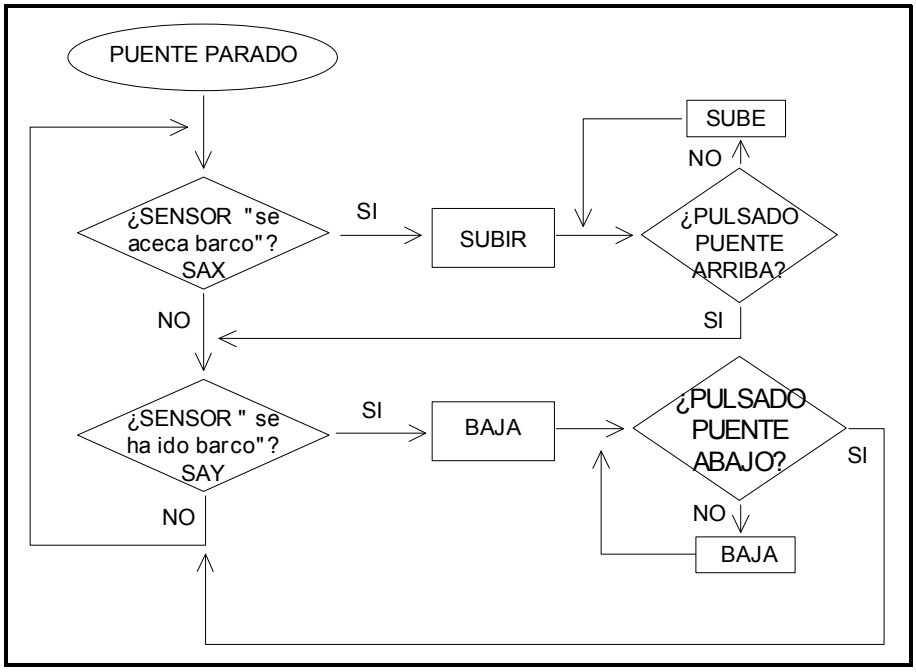
El puente con sus modificaciones quedará de la siguiente forma:



Estos dos sensores digitales tendrán sus conexiones como es habitual. Los procedimientos que habrá que modificar serán SUBE y BAJA. Vamos a mostrar el organigrama de flujo del procedimiento sube.



Y el organigrama total del nuevo sistema, con finales de carrera y fotorresistencia será el siguiente:



Los nuevos procedimientos quedarán de la siguiente manera:

```
PARA SUBE
SI SD 1 =1 [M1 "P ALTO]
M1 "D
SUBE
FIN

PARA BAJA
SI SD 2 = 1[M1 "P ALTO]
M1 "I
BAJA
FIN

PARA PUENTE
SI SAX < 2  [SUBE]
SI SAY < 2 [BAJA]
PUENTE
FIN
```

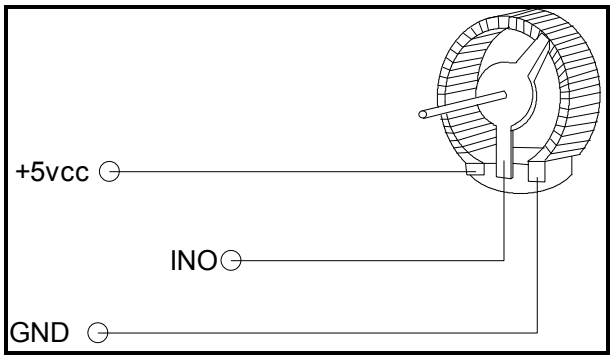
Escribamos estos procedimientos en el editor de logo y tras pulsar sobre el icino dell intérprete, para compilar los procedimientos, ejecutemos PUENTE desde el área de trabajo Ahora podemos hacer todas las pruebas que deseemos y comprobaremos el buen funcionamiento del control del puente, sin los problemas anteriores. Todavía queda uno sin resolver, abandonar el procedimiento sin pulsar escape.

Modificar los anteriores procedimientos para que pueda abandonarse el programa pulsando una tecla del teclado del ordenador. Al abandonar el flujo el motor debe pararse.

4.- NUEVAS PROPUESTAS

4.1.- LA NORIA.

Realizar las adaptaciones necesarias a la noria de la unidad XVIII para que su velocidad varíe en función del valor de un potenciómetro que controlará el encargado de la noria. Habrá que realizar modificaciones a la construcción y a los procedimientos. Los sensores digitales serán sustituidos por el potenciómetro que será el que determine la velocidad.



Aquí se puede recordar la conexión de un potenciómetro. El cursor del potenciómetro se conecta a IN0 (a la entrada analógica que se desee), un extremo a +5vcc y el otro a GND (masa).

4.2.- ESCALERA MECÁNICA.

Proponemos una nueva construcción para controlar una escalera mecánica usando un sensor analógico e introducir una nueva primitiva de logo, RELOJ

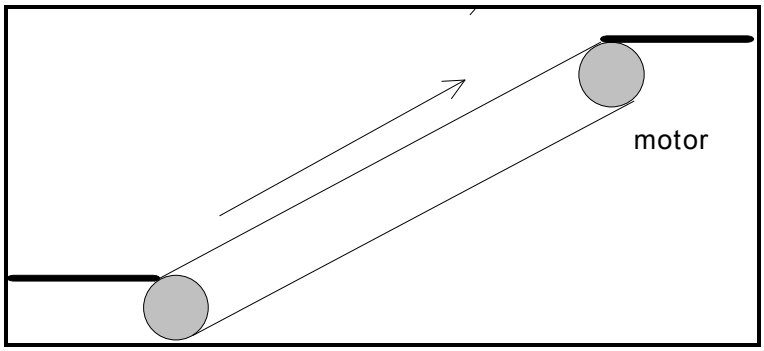
4.2.1.- PROPUESTA

La propuesta consiste en construir una escalera mecánica como las existentes en determinados establecimientos y y servicios públicos como metros y estaciones de tren.

Las características de esta escalerá serán:

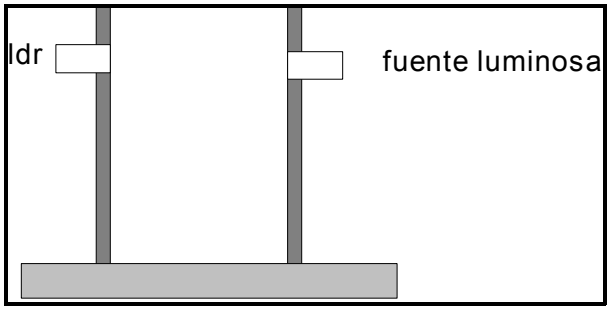
- Si no es necesario no debe funcionar.
- Debe funcionar el tiempo necesario para que nadie se quede antes de haber llegado al piso superior, (es de subida).
- Si está funcionando y se incorpora una nueva persona debe darle tiempo a esta nueva personna a llegar al piso superior.
- La escalera deberá estar dotada de un motor.
- El sistema de controlar la presencia de una persona es mediante una fotorresistencia y una fuente luminosa que la active.

4.2.2.- DISEÑO DE LA ESCALERA.



Para nuestro propósito puede servir una cinta transportadora. También puede servir para nuestro propósito la construcción de una acera rodante. El elemento fundamenta es el motor.

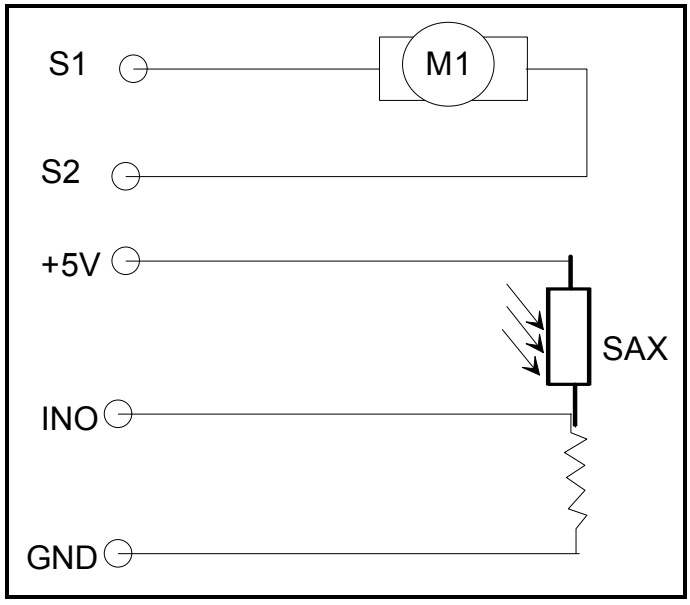
4.2.3.- EL DETECTOR DE PERSONAS.



Para detectar la presencia de personas que pretenden hacer uso de la escalera, se dispondrá de un dispositivo como el mostrado en el gráfico. A una distancia prudencial de ella se colocan dos postes de forma que para acceder a la escalera sea obligatorio pasar entre ellos; en uno se coloca una fotorresistencia (ldr) y enfrentada a ella, en el otro poste, una fuente luminosa que permita activarla, y que cuando una persona pase corte el haz luminoso y varie la resistencia de la ldr.

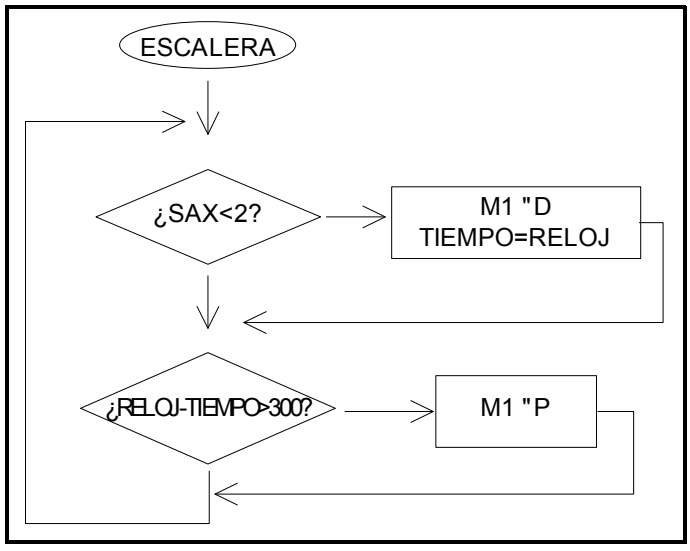
4.2.4.- LAS CONEXIONES

El modo de conectar queda explicado mediante el gráfico adjunto. Debe tenerse en cuenta,como quedó dicho anterirmente, el colocar una resistencia fija de unos 4.700 ohmios en serie con la ldr.



4.2.5.- EL ORGANIGRAMA

En el organigrama se ha utilizado la palabra reloj, no es una palabra usada al azar ni el nombre de una variable; es una primitiva de WinLogo que puede ser muy útil en el control y robotización de máquinas. Por ello, antes de continúar, nos detendremos en explicar su sintáxis y uso.



4.2.6.- LA PRIMITIVA RELOJ

Su sintaxis es Reloj, es una función que no tiene parámetros.

Devuelve las centésimas de segundo transcurridas desde que se ha encendido el ordenador.

Ejemplos: ES RELOJ

```
HAZ "TIEMPO RELOJ
ES :TIEMPO
ES RELOJ - TIEMPO
ES FRASE FRASE [HACE ] RELOJ / 6000 [MINUTOS QUE HAS CONECTADO LA COMPUTADORA]
```

Con los conocimientos de logo que ya se poseen, los ejemplos anteriores pueden darmos la suficiente luz para comprender el funcionamiento y uso de la primitiva RELOJ.

Ahora retornemos al problema que tenemos entre manos. Desarrollemos los procecdimientos que controlarán la escalera.

4.2.7.- LOS PROCEDIMIENTOS

```
PARA ESCALERA
SI SAX < 2 [ M1 "D HAZ "TIEMPO RELOJ ]
SI RELOJ - :TIEMPO > 6000 [ M1 "P]
ESCALERA
FIN
```

Comentarios:

SI SAX < 2 [M1 "D HAZ "TIEMPO RELOJ]. El valor de 2 se ha puesto aleatoriamente, debe comprobarse previamente cual será el más adecuado. Si una persona cruza entre los postes, corta el haz luminoso y la ldr varia su resistencia, cuyo valor es medido por SAX. Si este valor rebasa un determinado nivel, el motor mueva la escalera y se traslada a la variable tiempo el contenido de RELOJ.

SI RELOJ - :TIEMPO > 6000 [M1 "P]. Si la diferencia entre RELOJ (medida actual de tiempo) y el momento en que pasó una persona por delante de la fotorresistencia es mayor que 1 minuto -tiempo suficiente para llegar al piso superior- el motor se para.

ESCALERA Recursividad, que permite cambiar el valor de TIEMPO si vuelve a pasar una nueva persona mientras otra estaba ascendiendo y hacer que siga funcionando el motor otros dos minutos además, de mantener constante el flujo del programa.

Recordar que este procedimiento, tal y como está escrito, se parará mediante la pulsación de la tecla ESCAPE; modificarlo para que pueda detenerse pulsado una tecla culaquiera del ordenador.

RELOJ
Devuelve las centésimas de segundo transcurridas desde que se ha encendido el ordenador.

5.- NUEVAS PRESTACIONES DE LA ESCALERA

En el establecimiento donde se encuentra instalada la escalera o acera rodante (según lo que se haya construido) se desea averiguar el número de personas que hacen uso de ella. Hacer las modificaciones en la construcción y/o en el programa para satisfacer esta demanda.

No es necesario hacer ninguna variación el el diseño técnico de la máquina, basta con hacer las oportunas ampliaciones en el procedimiento ya usado.

El nuevo procedimiento puede ser así:

```
PARA INICIO_ESCALERA
HAZ "PERSONAS 0
ESCALERA
ES FRASE FRASE [LA ESCALERA HA SIDO USADO POR ] :PERSONAS [PERSONAS]
FIN

PARA ESCALERA
SI SAX < 2 [ M1 "D HAZ "TIEMPO RELOJ HAZ "PERSONAS :PERSONAS +1]
SI RELOJ - :TIEMPO > 6000 [ M1 "P]
SI TECLA? [ALTO]
ESCALERA
FIN
```

Las ampliaciones hechas al procedimiento aparecen en negrita. Ahora pasaremos a comentarlas.

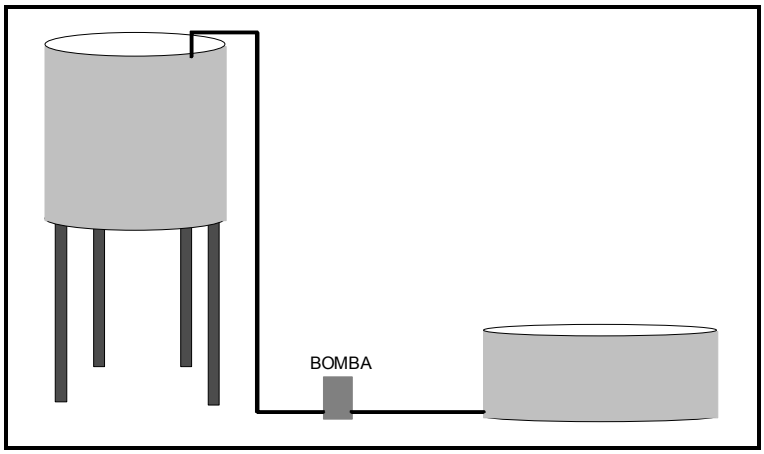
Se necesita una variable en cual ir guardando el número de personas que pasan por delante del sensor analógico y, además, también es necesario inicializarla a 0 cuando se produzca la puesta en marcha de la escalera. Debemos aprovechar el evento producido por el paso de una persona ante la LDR para, además, de ponerla en marcha, hacer que la variable PERSONAS se incremente en una unidad.

La inicialización de la variable PERSONAS debe hacerse en un procedimiento distinto a ESCALERA (HAZ "PERSONAS 0), ya que al ser recursivo se inicializaría constantemente impidiendo ser un verdadero contador. Para ello, crearemos el procedimiento INICIO_ESCALERA, que además de servir para inicializar la variable PERSONAS, aprovecharemos para que al finalizar el uso de la escalera se nos muestre el cómputo total de personas que han hecho uso de ella. (ES FRASE FRASE [LA ESCALERA HA SIDO USADO POR] :PERSONAS)

```
PARA INICIO_ESCALERA
HAZ "PERSONAS 0
ESCALERA
ES FRASE FRASE [LA ESCALERA HA SIDO USADO POR ] :PERSONAS [PERSONAS]
FIN
```

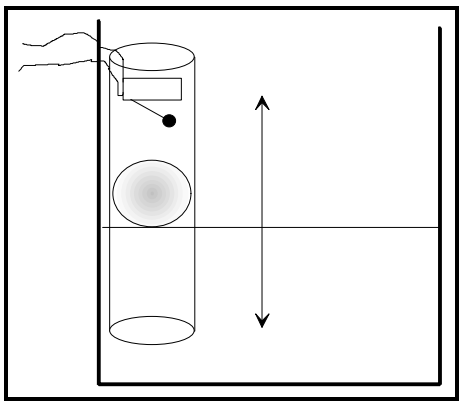
En el procedimiento ESCALERA ha sido suficiente con hacer que la variable PERSONAS se incremente en una unidad cada vez que el SAX detecta la presencia de una persona. La modificación como ha podido apreciarse ha sido muy sencilla.
SI SAX < 2 [M1 "D HAZ "TIEMPO RELOJ HAZ "PERSONAS :PERSONAS +1].

6.- BOYA CONTROLADA POR ORDENADOR



Para seguir experimentando en los mecanismos de control presentamos aquí una nueva propuesta de construcción y control. Se trata de controlar la acción de una bomba de agua que se encarga se mantener lleno un depósito, situado en alto, extrayendo el agua de otro que es alimentado por una fuente. El depósito alto debe estar siempre lleno.

En el interior del depósito se colocará el mecanismo adecuado para determinar si no está lleno y, que controlado por el ordenador active la bomba hasta que se llene.



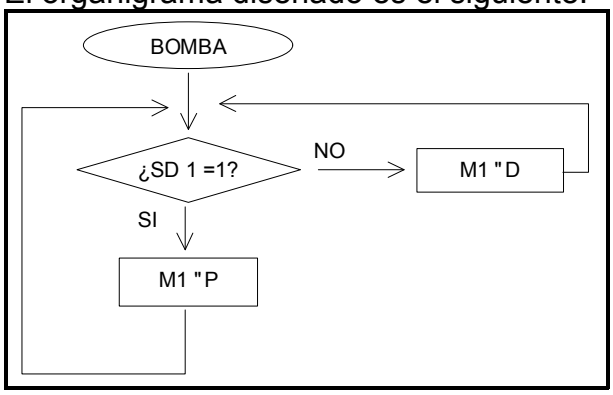
En el interior de un tubo de material plástico se colocará un pelota de corcho. En la parte superior del tubo se pondrá un final de carrera, de tal forma que sea pulsado por la pelota al ascender esta por elevación del nivel del agua.

Si el nivel desciende el pulsador se abre, el motor de la bomba de agua se activa y sube agua, y al ascender el nivel el pulsador se cierra haciendo que la bomba se detenga.

Las conexiones se harán de la siguiente forma:

Pulsador (SD1):a E1- 5v.
Bomba de agua (M1): a S1-S2

El organigrama diseñado es el siguiente:



Y el procedimiento puede ser como este:

PARA BOMBA
MIENTRAS [SD 1 =O] [M1 "D]
M1 "P
FIN

A partir de aquí pueden hacerse múltiples variaciones; por ejemplo:

- El depósito bajo puede quedarse sin agua y la bomba quemarse al trabajar en vacio. Hacer las modificaciones necesarias para que esto no suceda.

- La bomba de agua no puede trabajar más de media hora. Si esto sucede que se pare y espere diez minutos hasta que inicie la actividad.

- La bomba de agua es de 220 v

V.- CON NUESTROS ALUMNOS Y ALUMNAS

V.- CON NUESTROS ALUMNOS Y ALUMNAS

MICROMUNDO DE CONTROL: LA ROBÓTICA

1.- MICROMUNDO DE CONTROL

Llamaremos micromundo al subconjunto de primitivas que LOGO pone a disposición de un programador para que controle una determinada tarea.

A lo largo de las sucesivas sesiones que hemos ido desarrollando, hemos trabajado dentro del micromundo de la geometría, de la "tortuga", en la que hemos ido programando movimientos, colores, grosores, etc. del mismo modo que podíamos haber desarrolado, y de hecho nos hemos introducido, en el del lenguaje, controlando listas de palabras a base de tomar y dejar letras o palabras. No olvidemos primitivas como LeeCarácter o LeePalabra, así como FRase.

Hemos visto como estos micromundos no eran conjuntos cerrados, aunque LOGO nos presentara términos concretos; a ellos, podíamos ir incorporando todos aquellos procedimientos creados por nosotros que, de forma general, nos permitan mejorar las posibildades de programación como si se tratase de pequeñas herramientas que simplificarán nuestro trabajo posterior.

No incluiremos dentro de ese bagaje procedimientos como:

```
PARA CUA
REPITE 4[AV 50 GD 90]
FIN
```

pues sólo nos permite dibujar una figura concreta. Sin embargo, el que podría formar parte de este micromundo, sería el procedimiento que nos permitiese dibujar un polígono de cualquier forma y perímetro, pues podría ser usado dentro de otro como si de una nueva primitiva o módulo se tratara.

```
PARA POLI :L :N
REPITE :N[AV :L GD 360/:N]
FIN
```

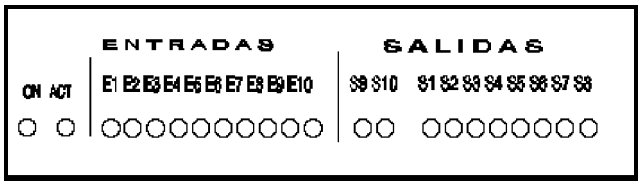
También en este tema, convendrá coordinar su desarrollo con los conocimientos impartidos en el área de Lengua, de modo que podamos introducir su exposición haciendo un paralelismo con los campos semánticos estudiados en esta área.

Propondremos un tema como la escuela. la casa, la granja o la circulación vial, e iremos recogiendo todos aquellos términos que estén relacionados con el título

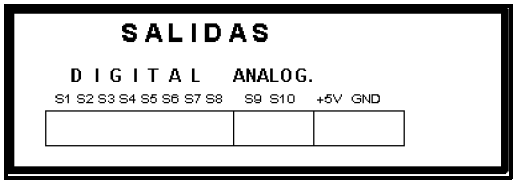
elegido; en el caso de la circulación vial: coche, calzada, semáforo, guardia, carnet, asfalto, velocidad, frenazo, multa etc. Denominaremos a todo ese conjunto de términos MICROMUNDO. Dentro del conjunto de primitivas LOGO, ya hemos trabajado con el micromundo de la tortuga, lo que nos permitirá, al igual que en el de la circulación, pedir a nuestro alumnado que nos dicte la lista de términos que lo forman; todos ellos han formado parte del micromundo de la "tortuga" Ahora entraremos en otro; el de CONTROL.

1.1.- LA CONTROLADORA

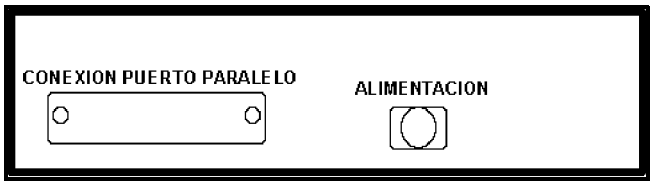
Para trabajar en el micromundo de la tortuga, nos bastaba con el ordenador unido a dos periféricos, el teclado para introducirle órdenes y la pantalla para ver los resultados. Para trabajar con el micromundo de control, además de contar con algun actuador que pueda ser controlado, necesitaremos una tarjeta.



En nuestro caso, utilizaremos como tarjeta a LA ALBERTINA, que debemos conectar como si de un periférico más se tratara. Insistiremos en que, esta tarjeta no es un fin en sí misma (como sería el caso de una impresora), sino que es un medio que nos permite controlar un número determinado de sensores y actuadores que iremos presentando posteriormente a nuestro alumnado.



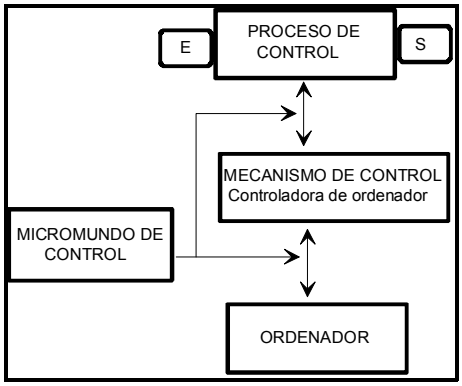
Siguiendo el desarrollo del vídeo, iremos mostrando el panel frontal con las luces que indican la conexión a la corriente (ON) y la instalación del programa de control desde logo (ACT), así como los "leds" que indican la actividad de las entradas y salidas.

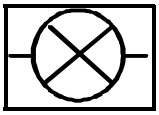


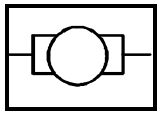
Las conexiones externas tanto por la izquierda para las salidas digitales, analógicas, masa y corriente +5 como las entradas analógicas y digitales, se presentarán como palabras de un vocabulario, donde iremos ayudando a recordar el significado de los términos Entrada, Salida, Analógico, Digital.

No será necesario entrar en consideraciones sobre sus funciones específicas, ya que posteriormente las usaremos de forma práctica.

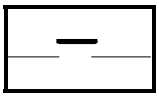
MIRARELORIGINALLa presentación de la parte de atrás, requerirá de una exposición específica, pues deberá quedar claro su papel de "intermediaria" entre el ordenador y los sensores-actuadores, que nos acerque a la conexión que cada equipo deberá realizar para poder actuar con ella.

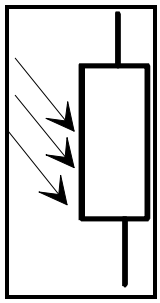






El profesor/a dibujará en la pizarra un esquema explicativo y cada equipo conectará su tarjeta a la corriente y a la salida de impresora. Deberá quedar clara la necesidad de ambas entradas, una para el control y otra como fuente de energía que permita actuar cada componente de nuestras máquinas.





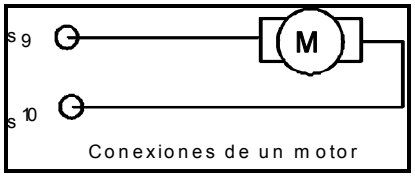
Una vez conectada la tarjeta ejecutaremos LOGO de CONTROL por medio del icono que habrá surgido cuando lo instalamos en Windows. Comprobarán que los chivatos marcan el esta do correcto de la tarjeta y podremos conectar los distintos sensores y actuadores que LOGO puede controlar.

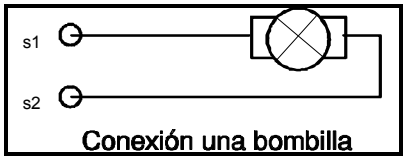
b) Conexiones de entradas y salidas

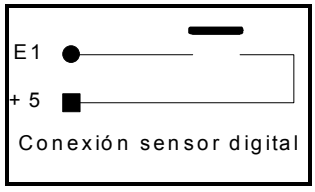
La forma de presentar este apartado a nuestros alumnos y alumnas será la de ir mostrando los distintos actuadores para que sean observados, manipulados y conocidos, tanto por sus nombres como sus funciones. Convendría presentar: el motor, la bombilla, el electroimán, el pulsador/interruptor, la fotorresistencia (LDR), y el potenciómetro, Así como los iconos que los representan en los esquemas.

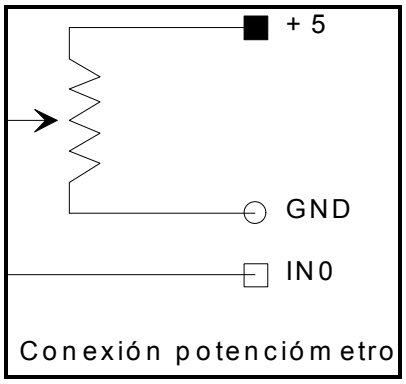
La diferencia entre entradas y salidas la haremos comentando el símil entre el funcionamiento de nuestro sistema nervioso que capta (entradas) los cambios que se producen en nuestro exterior por medio de nuestros sentidos (sensores) y reacciona actuando (actuadores) gracias a las órdenes que da nuestro cerebro (programa del ordenador). Las conexiones principales están aquí distribuidas a ambos lados de la

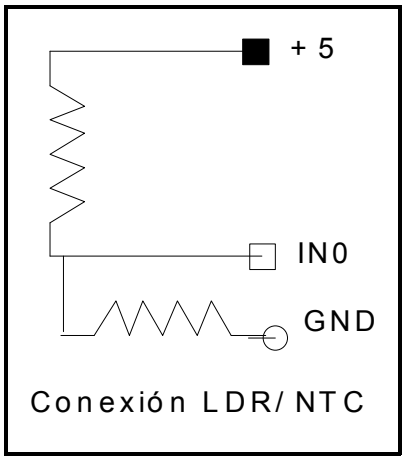
controladora distinguiendo las entradas de las salidas, aunque hay varios puntos comunes(GND,+5) que diferenciaremos en su momento. (Foto1 y Foto 2)











El alumnado, irá conectando a las distintas entradas y salidas un actuador o sensor de cada tipo, previemente los habrá cableado para darles unas salidas que les permitan estar conectados a la tarjeta. Así, conectarán los dos cables de una bombilla a S1 y S2, los dos de un motor a S9 y S10, los de un sensor digital a E1 y a +5, distiguiremos claramente los tres cables del potenciómetro advirtiendo que el central es el que se conecta a IN? en la parte derecha de entradas y los dos extremos a GND y a +5. Por último, mostraremos cómo hay que sacar una derivación a la salida IN0 de una de las salidas de la LDR para instalarle una resistencia de más de 1000 ohmios, de modo que el cable libre vaya a +5, el otro a IN? en la parte de entradas y la conexión que contiene la resistencia a la masa indicada con GND.

Los diferentes sensores y actuadores serán instalados por los distintos equipos en una plataforma de modo que puedan ser vistos, manipulados y conectados de forma estable y que puedan servir de base a lo que posterioemente denominaremos BANCO DE PRUEBAS.

No queremos dejar este apartado sin insistir en la conveniencia de aprovechar cualquier actividad para educar en valores como el trabajo en equipo y la lucha por la igualdad en el reparto de roles por sexos.

d) Las primitivas de control

Una vez instalados y conectados los distintos sensores y actuadores, será el momento de presentar en la pizarra la lista de primitivas que vamos a utilizar para controlarlos. El profesor/a las escribirá e irá comentando su sintaxis en la pizarra. Los equipos las irá transcribiendo a su cuaderno para hacer uso posterior de ellas.

No será necesario presentarlas todas, podemos empezar por las más usuales en el control de los actuadores, ya que partimos de una necesidad de "hacer" por parte de nuestro alumnado.

No vamos a entrar en describirlas aquí, pues tanto en el vídeo como en el Tema XIII del apartado Manos a la obra ya han sido profusamente explicadas. En lo relativo a actuadores, tan solo insistiremos en la necesidad de diferenciar órdenes ya conocidas como M5 "D y M5 "I, que cuando actúan sobre un motor provocan giros opuestos, respecto a otras como M1 "I y M1 "D que si actúan sobre una bombilla producen la misma iluminación. Respecto a los datos que nos ofrecen los sensores, dejaremos claro que no actúan sobre motores ni bombillas sino que tan solo nos ofrecen datos que pueden ser usados para dar órdenes a los actuadores. Estos datos son ceros y unos en el caso de los sensores digitales y números entre cero y algo más de cuatro en los analógicos.

El primer contacto que realizará nuestro alumnado con las primitivas de control se realizará en modo directo, por lo que advertiremos rápidamente de la diferencia entre las órdenes sobre la tortuga como un AVANZA N, que termina su acción una vez terminado el avance y las órdenes de control sobre los actuadores: bombillas, motores, electroimanes etc.

- Una orden de puesta en marcha de un motor M5 "D, no termina hasta que otra orden M5 "P, se opone a ella.
- Una orden de encendido de una lámpara CONECTA 1, no termina hasta que otra orden DESCONECTA 1, se opone a ella.

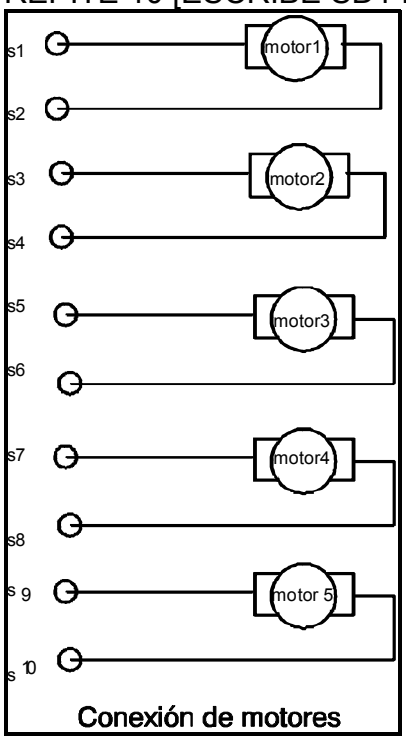
Podemos esperar hasta que descubran por sí mismos la conveniencia de ejecutar ordenes en las que se incluya la puesta en marcha y la parada en la misma línea, así como la de incluir un lapso de tiempo intermedio para poder visualizar la acción, tal como se indica en el vídeo, por medio de un ESPERA N.

Si no ha salido de sus propias iniciativas, recordaremos la existencia de la primitiva REPITE, que permitirá crear secuencias de acción más larga por el modo directo, a base de giros en sentido inverso y de encendidos intermitentes.

Las primitivas de control sobre los sensores digitales pasarán por presentar los datos que nos ofrecen en pantalla la primitiva SD?, dejando bien claro desde el principio la diferencia con las pulsaciones en el teclado, puesto que estas últimas permanencen en la memoria del ordenador.

- Una pulsación en un sensor digital, no permanece en la memoria del ordenador, sólo es captada en el momento en que el ordenador lee su estado.

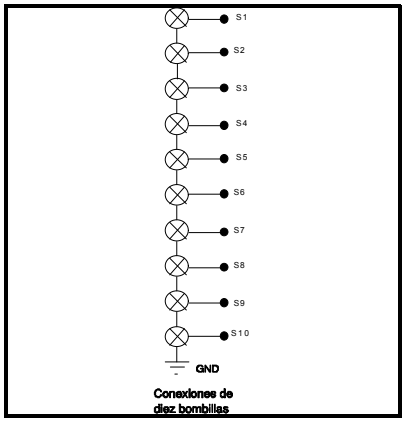
Como la única forma de captar las variaciones será que una persona mantenga pulsado el sensor mientras otra escribe la orden de lectura, propondremos el uso de la primitiva REPITE como en el caso anterior. Saldrán ordenes directas como:
REPITE 10 [ESCRIBE SD1 ESPERA 100]



Conexión de motores

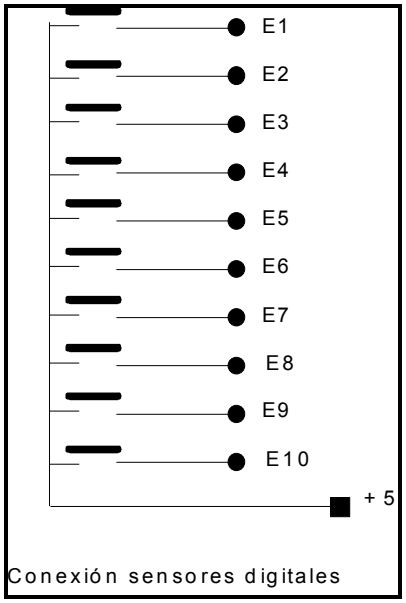
que mostrará diez veces el estado de libertad o pulsación (0, 1) del sensor digital 1. Habrá que vigilar las conexiones con los dos lados de la tarjeta para que la instalación sea correcta

Las primitivas de control de los sensores analógicos tendrán un planteamiento similar al anterior, sólo deberemos estar atentos especialmente a las conexiones por la novedad que supone hacer tres conexiones ordenadas en el potenciómetro y la necesidad de crear una tercera ramificación conteniendo una resistencia en la LDR que parte con tan solo dos polos.



Conexiones de diez bombillas

e) El banco de pruebas
No tenemos que esperar mucho para proponer al alumnado la construcción de una plataforma que contenga el máximo número posible de sensores y actuadores que puedan ser controlados por la tarjeta ALBERTINA. Instalarán los elementos y sacarán los cables necesarios que permitan conectarlos a las entradas y salidas de nuestra tarjeta.



Conexión sensores digitales

Por medio de este sistema, cada grupo podrá comprobar posteriormente el funcionamiento conjunto de varios sensores y actuadores así como las relaciones que, por medio de los pequeños programas que irán diseñando, se pueden establecer entre ellas.

Llegado el momento, no tendrán que correr el riesgo de considerar errores de programación lo que pueden ser errores de construcción de las maquinas que roboticen. Así, antes de probar un programa en una máquina diseñada y construida por los equipos, podrán comprobar si funciona, al manipular sobre los sensores observando las reacciones de los actuadores controlados por sus programas.

Presentamos dos bancos, uno realizado con materiales disponibles en los comercios de electrónica (Foto 3) y el otro haciendo uso de los componentes diseñados a tal efecto por la casa FISCHER (Foto 4), en ambos casos, estaremos pendientes de la creación de estrategias que den solidez y claridad a los montajes pues son valores que facilitan las comunicaciones con los demás y ayudan a descubrir los errores que lógicamente se irán produciendo, ya que se habrán eliminado previamente todos los relativos al montaje, dejando sólo los de programación y construcción.

La construcción del banco con materiales disponibles en el mercado local, procurará la desaparición de "cajas negras" en nuestras instalaciones tecnológicas. Hay que procurar que el funcionamiento interno de los materiales usados por nuestro a alumnos y alumnas sea comprendido y no sólo utilizado a ciegas. Procuraremos dentro de lo posible que sean capaces de conocer las causas del funcionamiento de sensores digitales construidos con chapas, electroimánes con bobina visible, etc.

2.- PROGRAMAS DE CONTROL

a) Probando actuadores

Tal como hemos planteado al presentar los elementos de este micromundo, propondremos la creación de programas que controlen la puesta en marcha de los cinco motores disponibles, pudiendo crearse programas lineales como (MOTORES). (Foto 5)

Puesto que ya habremos presentado la primitiva ACELERA que controla la velocidad del motor nº 5 por medio de un número entre 1 y 15, plantearemos la conveniencia de comprobar su funcionamiento. Ofrecemos una posible solución modular y recursiva (ACEL) que evita la contínua orden de puesta en marcha del M5 que sucedería si la orden estuviera dentro del bucle. Por otro lado, queremos valorar la conveniencia de salpicar los procedimientos con órdenes de escritura en pantalla que nos permiten tener un seguimiento del flujo del programa .

Con el fin de comprobar el funcionamiento de seis bombillas así como su conexión con un cable común, cambiarán las conexiones de los motores por las de varias bombillas después de conectar uno de sus polos en serie y el otro a cada una de las salidas digitales.

El programa que presentamos como modelo (LUCES) es lineal y utiliza la primitiva de control de motores Mx "D/"I/"P, con la salvedad de que cada número de motor controla dos bombillas que nunca pueden funcionar a la vez, lo que convierte al sistema de control de diez bombillas en algo relativo. (Foto 6)

Otra forma de diseño sería usando el sistema de listas M [P P P P P], teniendo en cuenta que sólo se pueden controlar cinco de forma simultanea. Quedaría otra alternativa con la primitiva SALIDA :N siempre que se dominara el sistema de conversión de base dos y se hiciera uso de la primitiva BINARIO tal como se expone en los apartados Manos a la obra y Entre máquinas y herramientas.

b) Probando sensores

Seguiremos insistiendo en que los sensores no producen otro efecto que el de enviarnos un dato, por lo que todo parecido con los pulsadores que cierran circuitos y producen una acción única e inmediata es erróneo. De todos modos, el propio funcionamiento de los programas en que desde que se pulsa un sensor digital hasta que se produce un efecto pasa un prolongado lapso de tiempo, puede ayudarnos a hacer comprender la diferencia.

Comenzaremos proponiendo la comprobación de la correcta instalación de los sensores digitales. Creando programas que presenten las lecturas de todos a la vez de forma recursiva (SENDTEST).(Foto 7)

La lectura de los datos que nos ofrecen los analógicos se hace algo complicada por usar diezmilésimas y presentar pequeñas variaciones en el estado de reposo de forma contínua, por lo que, después de una lectura en lista, propondremos la creación de un programa que lea de forma recursiva uno a uno sin mostrar tanta sensibilidad (SENATEST).(Foto8) y (Foto 9)

- Todos los procedimientos recursivos deben tener dentro del bucle la expresión SI TECLA? [ALTO] para poder parar el programa.

d) Creación de mini-programas de control
Una vez comprobada la instalación de sensores y actuadores en el banco de pruebas, propondremos la creación de procedimientos que pongan en marcha los actuadores en función de los datos ofrecidos por los sensores.

Antes de comenzar a crear procedimientos de control, insistiremos en la diferencia entre una primitiva del micromundo de la tortuga como AVANZA y una del de control como CONECTA, sobre todo a la hora de poner líneas de programa que permiten cortes del flujo en los recursivos.

- La primitiva ALTO para el programa, pero no para los motores que puedan estar en marcha en el momento de la parada.

Aunque tenemos una primitiva que actúa sobre todos a la vez M [P P P P P], propondremos la creación de un módulo que realice la misma acción con una llamada más sencilla (STOP), que conviene incluir antes de ALTO en las líneas de ruptura :
SI TECLA? [STOP ALTO]

- Creación de un programa recursivo que controle el funcionamiento de cuatro bombillas en función del dato ofrecido por otros tantos sensores digitales (SDLUX). Una buena modificación "rompe prejuicios" sería que apagaran al pulsar y no al revés.

- Diseño de un programa que encienda una a una las bombillas en función de la franja de valor ofrecida por un potenciómetro (SALUX1). La modificación se plantearía de

modo que conforme el valor fuese mayor, encendiera más bombillas sin apagar las primeras (SALUX2) lo que tendría también otra respuesta evidente.

- Programar la máquina de modo que el motor 5 vaya acelerando en función de los datos aportados por un sensor analógico (potenciómetro, LDR o NTC), de modo que si de un ventilador se tratase, diera más aire conforme se girara un botón, subiera la temperatura o el sol subiera en el horizonte (SACEL).

El condicional Si NÚMERO :PEDAL [STOP ALTO] es una propuesta de control del flujo para permitir una salida del programa antes de poner el motor en marcha. Actuaría como un filtro voluntario en manos del usuario.

Anexo al capítulo XIX

```
PARA MOTORES
M1 "D ESPERA 300 M1 "P ESPERA 100 M1 "I ESPERA 400 M1 "P
M2 "D ESPERA 300 M2 "P ESPERA 100 M2 "I ESPERA 400 M2 "P
M3 "D ESPERA 300 M3 "P ESPERA 100 M3 "I ESPERA 400 M3 "P
M4 "D ESPERA 300 M4 "P ESPERA 100 M4 "I ESPERA 400 M4 "P
M5 "D ESPERA 300 M5 "P ESPERA 100 M5 "I ESPERA 400 M5 "P
FIN

PARA ACEL
BT M5 "D ACELERA 1
ES [PULSA UNA TECLA CUANDO QUIERAS QUE ACELERE EL MOTOR]
HAZ "N LC
HAZ "N 1
FITI :N
FIN

PARA FITI :N
SI TECLA? [M5 "P ALTO]
SI :N >14 [M5 "P ES FR [YA HAS LLEGADO A ]:N ALTO]
ACELERA :N
BT ES (FR [VAS A] :N [DE VELOCIDAD])
ESPERA 200
FITI :N+1
FIN
```

```
PARA LUCES
M1 "I ESPERA 100 M1 "P ESPERA 100 M1 "D ESPERA 100 M1 "P ESPERA 100
M2 "I ESPERA 100 M2 "P ESPERA 100 M2 "D ESPERA 100 M2 "P ESPERA 100
M3 "I ESPERA 100 M3 "P ESPERA 100 M3 "D ESPERA 100 M3 "P
FIN

PARA SENDTEST
SI TECLA? [BT ALTO]
BT
ES SD? ESPERA 300
SENDTEST
FIN

PARA SENATEST
SI TECLA? [ ALTO]
ES ENTERO SAY*100 ESPERA 300
SENATEST
FIN

PARA SDLUX1
SI TECLA?[STOP ALTO]
SI SD 1 = 1 [CONECTA 1 ES [ENCIENDE 1]] [ DESCONECTA 1]
SI SD 2 = 1 [CONECTA 2 ES [ENCIENDE 2]] [ DESCONECTA 2]
SI SD 3 = 1 [CONECTA 3 ES [ENCIENDE 3]] [ DESCONECTA 3]
SI SD 4 = 1 [CONECTA 4 ES [ENCIENDE 4]] [DESCONECTA 4]
SDLUX1
FIN
```

```
PARA SALUX1
SI TECLA? [STOP ALTO] [ES SAX]
SI SAX < 1 [ES SAX STOP]
SI Y SAX>1 SAX <2 [ES SAX M [D P P P P]]
SI Y SAX>2 SAX <3 [ES SAX M[P D P P P]]
SI Y SAX>3 SAX <4 [ES SAX M[P P D P P]]
SI SAX >4 [ES SAX M[P P P D P]
SALUX1
FIN

PARA SALUX2
SI TECLA? [STOP ALTO] [ES SAX]
SI SAX < 1 [ES SAX STOP]
SI Y SAX>1 SAX <2 [ES SAX M [D P P P P]]
SI Y SAX>2 SAX <3 [ES SAX M[D D P P P]]
SI Y SAX>3 SAX <4 [ES SAX M[D D D P P]]
SI SAX >4 [ES SAX M[D D D D P]
SALUX2
FIN

PARA SACEL
BT ES [ESTE PROGRAMA PONE EN MARCHA EL MOTOR Nº 5]
ES [SI QUIERES QUE ACELERE PULSA UNA LETRA]
ES [SI QUIERES QUE SE PARE PULSA UN NÚMERO]
HAZ "PEDAL LC
SI NÚMERO? :PEDAL [STOP ALTO]
ES [ACELERA GIRANDO EL POTENCIÓMETRO] M5 "D
EMERSON
FIN

PARA EMERSON
SI TECLA? [STOP ALTO]
SI SAX < 1 [ES SAX ACELERA 1]
SI Y SAX>1 SAX <2 [ES SAX ACELERA 4]
SI Y SAX>2 SAX <3 [ES SAX ACELERA 8]
SI Y SAX>3 SAX <4 [ES SAX ACELERA 12]
SI SAX >4 [ES SAX ACELERA 15]
EMERSON
FIN


PARA STOP
M[P P P P P]
```

FIN

VI.- ENTRE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS.

VI.- ENTRE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS

1.- EL FOTOTRANSISTOR COMO SENSOR ANALÓGICO

En esta misma sección en el capítulo anterior, utilizamos fotorresistencias para establecer el control retroalimentado de un móvil.

La respuesta de las fotorresistencias a la luz es bastante imprecisa, en general tienen poca sensibilidad a las variaciones luminosas y la función de respuesta no es lineal. Por ello, seguramente, teníamos alguna dificultad para conducir el móvil ya que al alejar la linterna de la fotorresistencia no lográbamos excitarla. De todos modos, el control que allí pretendíamos era detectar, o no, la presencia de la luz complementaria, y hasta ese nivel las fotorresistencias cumplieron su cometido.

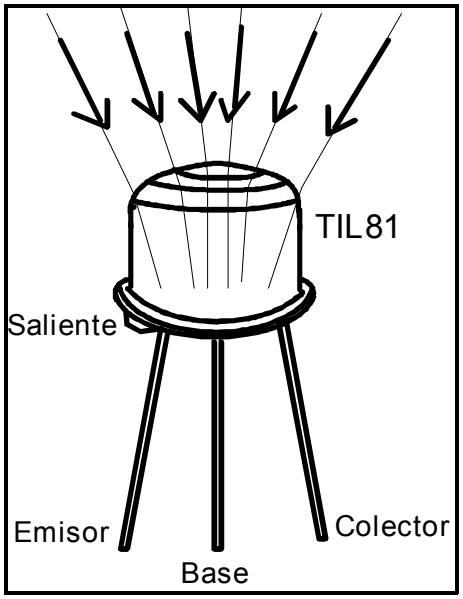
Otra cuestión diferente se plantea si queremos diferenciar un conjunto de valores de intensidad luminosa más amplio y menos diferenciado, por ejemplo, la respuesta a la luz reflejada por materiales de diferente color.

Para poder trabajar con más precisión disponemos de otro componente electrónico, mucho más sensible a la luz y con una respuesta más lineal a las variaciones luminosas: el fototransistor.

Se puede elegir el modelo de fototransistor denominado TIL81 u otro equivalente. Veamos sus características y comportamiento.

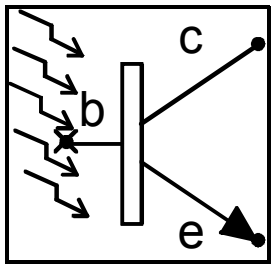
Como su nombre indica el fototransistor es un transistor sensible a la luz. La superficie sensible esta situada en la base del transistor. La cantidad de luz que incide sobre la base determina la aparición de pequeñas y proporcionales intensidades de corriente entre la base y emisor. Por el efecto transistor, estas señales, se ven altamente amplificadas, entre el colector y emisor.

Puede repasarse el efecto transistor en el anexo correspondiente a componentes electrónicos de este manual o en el capítulo 12 en esta misma sección.



Es sencillo distinguir las tres patillas de este transistor: El emisor es la patilla más próxima a un pequeño reborde o saliente fácilmente distinguible en su chasis. La patilla colectora está alojada diametralmente opuesta a la patilla del emisor. La patilla conectada a la base del transistor se sitúa en medio de las patillas del emisor y colector.

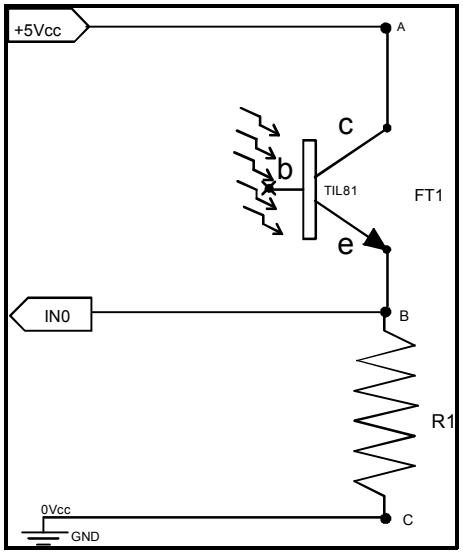
La patilla de base podría servir para determinar las pequeñas variaciones de tensión entre la base y el emisor que se producen por incidencia de la luz, pero son tan pequeñas que no podríamos trabajar con ellas. Podría también servir para llevar allí una señal que quisiéramos amplificar, como si de un transistor corriente se tratara; tampoco es nuestro caso.



En nuestro caso, no conectaremos nada en esta patilla, ello equivale a pensar que por la base se introduce la señal eléctrica proporcional a la intensidad de luz que recibe.

Al suministrar una diferencia de potencial entre las patillas colectora y emisora, Vc-Ve, la señal de base puede recogerse amplificada en el emisor. A efectos de comprensión, podemos imaginar que las variaciones luminosas en la base varían ampliamente la conductividad entre el colector y emisor.

Para alimentar el fototransistor, es decir, para establecer la tensión Vc-Va no podemos conectar directamente en nuestra controladora el colector a +5Vcc y el emisor a GND (0Vcc), so pena de fundir el fusible cuando la intensidad del emisor fuera muy alta. Por ello colocaremos una resistencia de protección de 4700 Ohmios, en serie, uniendo uno de sus extremos a la patilla emisora. De paso y al igual que comentábamos en el capítulo anterior para las fotorresistencias obtenemos un apropiado divisor de tensión.



En consecuencia, la conexión apropiada del fototransistor TIL81, como sensor analógico luminoso en la entrada analógica IN0 se realizará como se especifica en la figura adjunta. La señal luminosa de base es amplificada en el emisor y

recogida en nuestra entrada IN0 para su evaluación. Mediante la resistencia fija R1 de protección de 4700Ω se cierra el circuito a tierra.

Puede ser útil para completar la comprensión de este montaje el revisar las consideraciones que sobre división de la tensión Va-Vc en Va-Vb y Vb-Vc se hacían en el apartado 1 de esta misma sección en el capítulo anterior.

2.- CONTROL DE UN MÓVIL MEDIANTE FOTOTRANSISTORES

Propuesta: Sustituir en el móvil descrito, capítulo anterior en esta misma sección, las fotorresistencias por fototransistores y comprobar la mejora de sensibilidad de los nuevos sensores lumínicos analógicos.

Para ello: encender el ordenador y la controladora; cargar, como de costumbre, Windows, Win-Logo y el micromundo de control "CONTROLA

2.1 Calibrado de los fototransistores

La forma más cómoda de establecer los distintos umbrales para la discriminación de las acciones correspondientes de control es proceder experimentalmente.

Así, y análogamente a como hicimos con las fotorresistencias, si buscamos un valor discriminador para decidir si fototransistor recibe la señal de una linterna efectuaremos los siguientes pasos:

Conectado el fototransistor como un sensor lumínico, tal como acabamos de explicar, a la entrada IN0 de la controladora, procedemos a las lecturas mediante la función primitiva de sensor analógico correspondiente a IN0: SAX

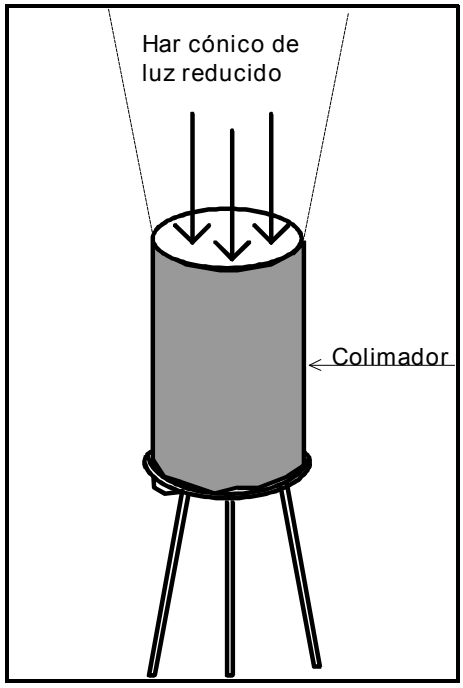
En condiciones normales, sin estimulo luminoso sobre el fototransistor, ejecutaremos: ES SAX y anotaremos su valor (llamémosle K_{Normal}).

En condiciones de estimulo luminoso: nos pondremos en la situación menos favorable de recepción de la luz de la linterna por el fototransistor y ejecutaremos de nuevo: ES SAX y anotaremos su valor (llamémosle $K_{Estímulo}$).

El promedio de ambos valores $K = (K_{Normal} + K_{Estímulo})/2$,se utilizará como discriminador, de modo que si SAX < K estaremos sin el estímulo y si SAX > K es que el fototransistor está estimulado lumínicamente.

Mejora, para situaciones en las que necesitemos leer señales de luz que provengan de una dirección determinada:

Dado que el fototransistor concentra a modo de lente convergente la luz recibida, podemos mejorar el cono de recepción de la luz mediante un colimador. Podemos fabricarlo como un pequeño cilindro de cartulina negra, de unos dos centímetros de largo, que ajustaremos al fototransistor. Con ello reduciremos la amplitud del cono de recepción y haremos que el fototransistor sólo lea la luz proveniente de una dirección determinada.

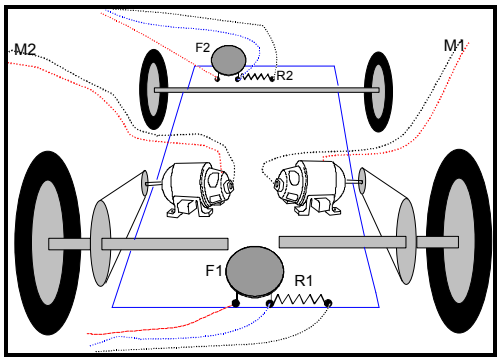


2.2.- CONTROL RETROALIMENTADO DEL MÓVIL MEDIANTE FOTOTRANSISTORES.

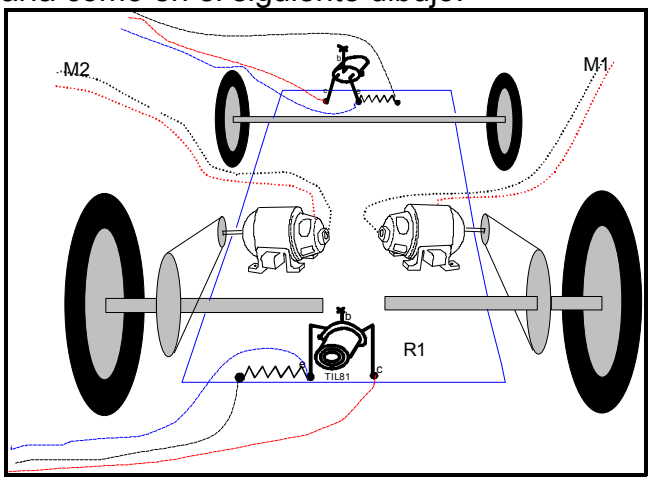
Recordemos lo visto el capítulo nº 14 y en el anterior nº 18, en esta misma sección, sobre el control de dirección de un móvil al que retroalimentábamos con 4 pulsadores.

Para controlar la dirección del móvil acoplábamos un motor en cada rueda del tren delantero del vehículo. Con ello, cuando actuaban los dos motores en el mismo sentido teníamos un avance o retroceso del móvil, y cuando sólo actuaba un motor el coche giraba pivotando sobre la rueda parada.

Además, al móvil se le añadieron dos fotorresistencias, una en su parte frontal y otra en su parte posterior, de modo que al ser iluminada la frontal el vehículo avanzaba y al iluminar la posterior el coche retrocedía.

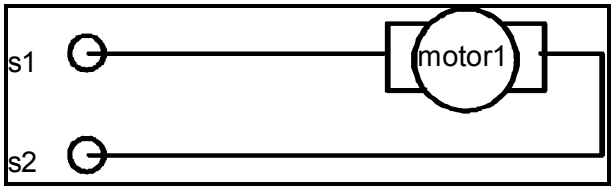


Ahora sustituimos la dos fotorresistencias F1 de su parte frontal y F2 de su parte trasera, por dos fototransistores FT1 y FT2 del modelo TIL81 y acoplaremos en serie a cada uno su correspondiente resistencia, R1=R2=4700Ω (valdría también cualquiera superior, por ejemplo 5KΩ). Nuestro móvil quedaría como en el siguiente dibujo:



2.3.- CONEXIONES

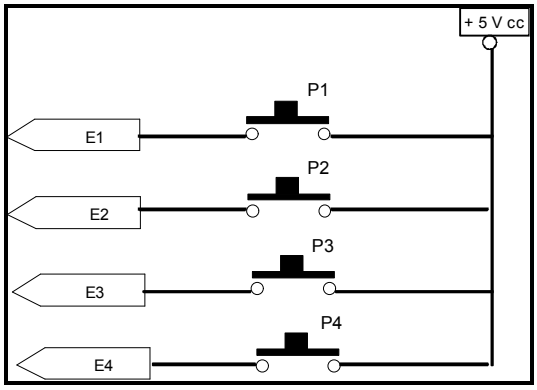
Conectaremos, igual que en el capítulo anterior, el motor 1 a las salidas digitales S1 y S2 de nuestra controladora y verificaremos su funcionamiento. Al ejecutar M1 "D, el motor 1, situado en la rueda izquierda, debe hacerla girar de forma que produjera un avance en el vehículo.



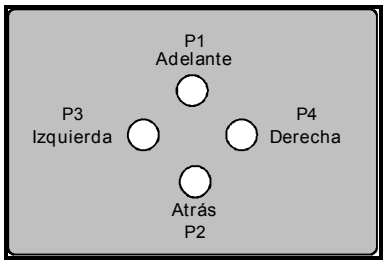
Análogamente, conectaremos el motor 2 a las salidas digitales S3 y S4 y verificaremos su funcionamiento. Al ejecutar M2 "D, el motor 2, situado en la rueda derecha, debe hacerla girar de forma que produjera un avance en el vehículo.

Para hacer más flexible el control de nuestro móvil le añadimos el sistema de pulsadores. Recordemos que utilizábamos un pulsador para cada movimiento y que

los conectábamos a las entradas digitales de nuestra controladora: E1, E2, E3 y E4 según:

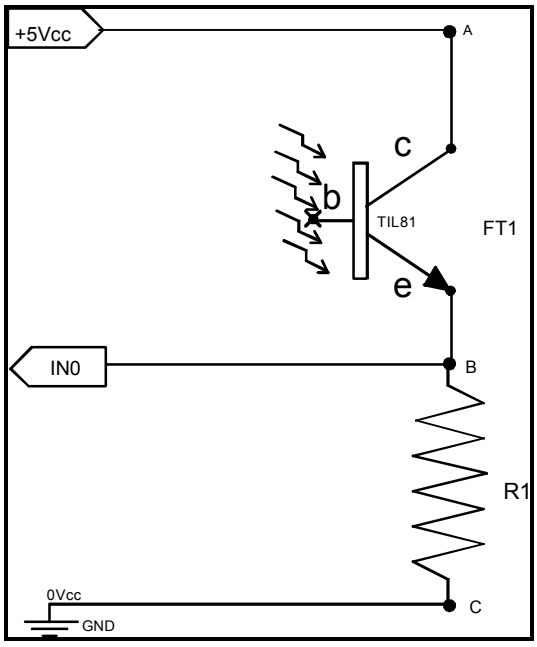


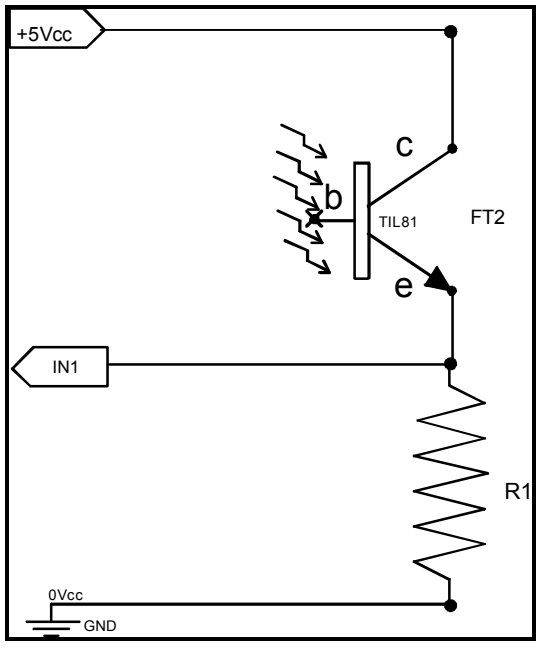
Un borne del pulsador P1 a la entrada digital E1, el otro a +5Vcc
Un borne del pulsador P2 a la entrada digital E2, el otro a +5Vcc
Un borne del pulsador P3 a la entrada digital E3, el otro a +5Vcc
Un borne del pulsador P4 a la entrada digital E4, el otro a +5Vcc



Nuestros pulsadores se colocaban sobre una tablilla que facilitara su manejo señalada con los rótulos pertinentes.

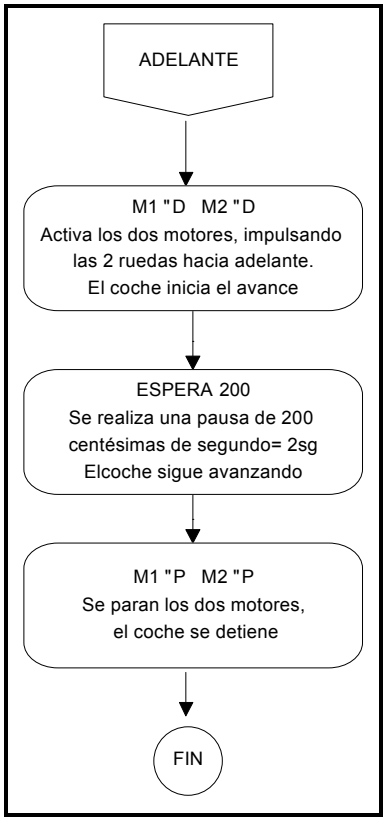
Las fototransistores FT1 y FT2, con sus correspondientes resistencias R1 y R2 de protección, se conectan de acuerdo con lo explicado en el apartado 1º como sigue:



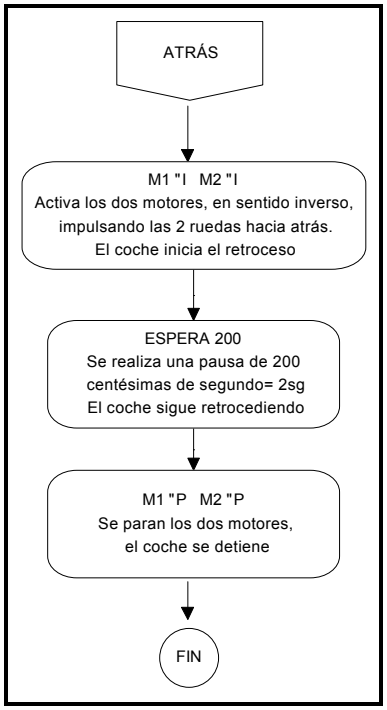


2.4.- ORGANIGRAMAS, ALGORITMOS Y PROCEDIMIENTOS LOGO

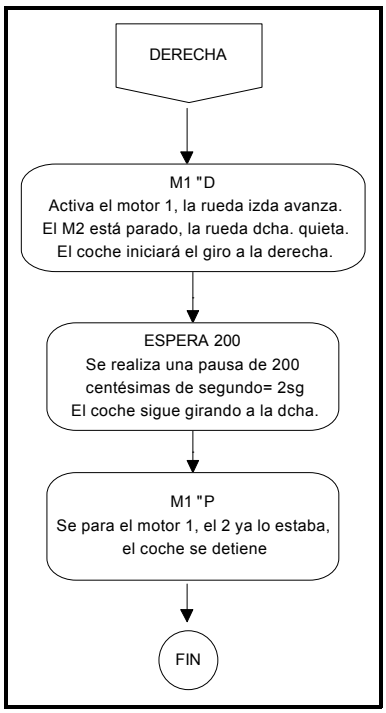
En primer lugar recordamos los 4 procedimientos: ADELANTE, ATRÁS, IZQUIERDA Y DERECHA que efectúan los movimientos de avance, retroceso, giro a izquierda y derecha, durante un intervalo de 2 segundos. Estos procedimientos, descritos en citado capítulo 14, debieron de quedar grabados por lo que su recuperación, tal como allí se indicaba, evitaría el teclearlos de nuevo.

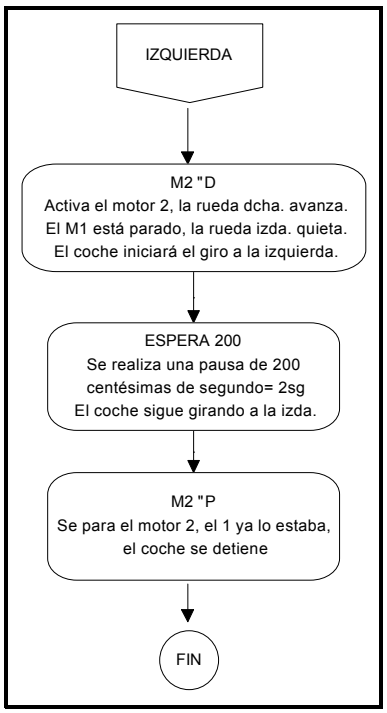


PARA ADELANTE
M1 "D M2 "D
ESPERA 200
M1 "P M2 "P
FIN



PARA ATRÁS
M1 "I M2 "I
ESPERA 200
M1 "P M2 "P
FIN

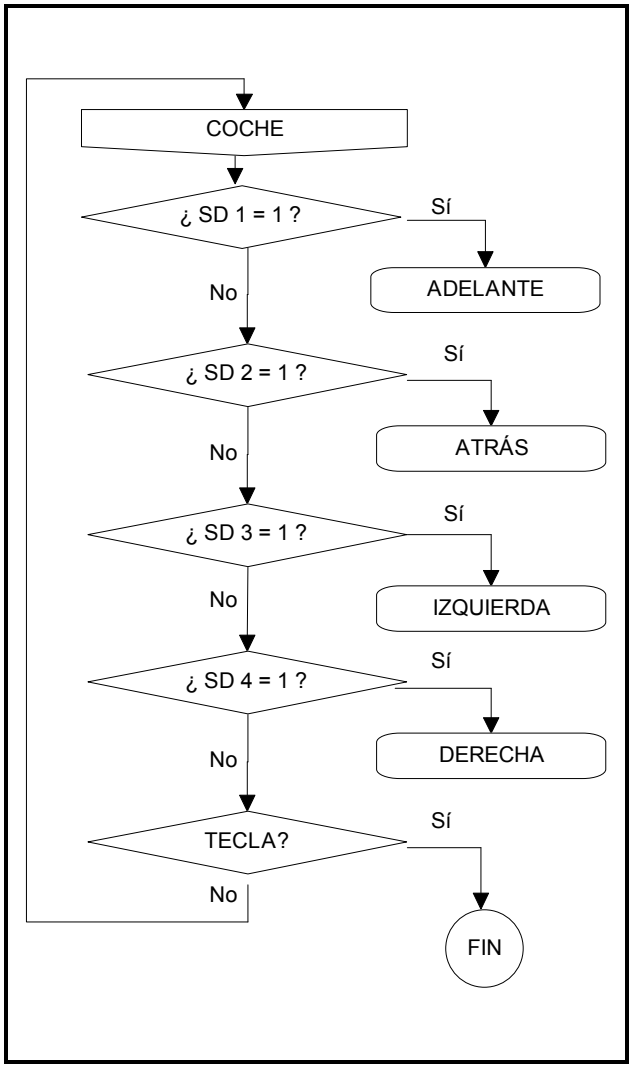




PARA IZQUIERDA
M2 "D
ESPERA 200
M2 "P
FIN

PARA DERECHA
M1 "D
ESPERA 200
M1 "P
FIN

Además, en ese capítulo 14, establecimos el procedimiento, QUE aparece en la página siguiente, para controlar el móvil mediante los sensores digitales o pulsadores.



Para este control, realizamos allí, un procedimiento recursivo. El programa verificaba, uno a uno, cada pulsador: ¿ SD n = 1 ? y si está pulsado, llamaba al procedimiento de movimiento correspondiente.

Finalmente para salir del bucle recursivo, utilizamos como condición de parada de la recursividad el condicional: SI TECLA? [ALTO].

```
PARA  COCHE
SI SD 1 = 1 [ADELANTE]
SI SD 2 = 1 [ATRÁS]
SI SD 3 = 1 [IZQUIERDA] ;
SI SD 4 = 1 [DERECHA]
SI TECLA? [ALTO]
COCHE
FIN
```

El móvil quedaba así controlado, mediante los pulsadores, por el procedimiento COCHE. Para ampliar este control, además de los pulsadores, tenemos ahora los fototransistores (ojos electrónicos) que sustituyen a las fotorresistencias utilizadas en el capítulo anterior. Estos fototransistores FT1 y FT2 se conectan a las entradas analógicas IN0 e IN1. Con ello controlaremos el sentido de la marcha: hacia adelante si recibe señal luminosa FT1 y hacia atrás si quien recibe la señal es FT2 .

Suponemos calibrados los dos fototransistores FT1 y FT2, tal como se indicaba anteriormente y que el valor de discriminación de la lectura del sensor analógico obtenido es $K = (K_{Normal} + K_{Estímulo})/2 = 3$. Las ordenes correspondientes que habría que añadir a nuestro procedimiento COCHE, de acuerdo con lo ya explicado, serían:

```
SI  SAX > 3  [ADELANTE]
SI  SAY > 3  [ATRÁS]
```

Las funciones primitivas SAX y SAY leen las entradas IN0 e IN1 de sensores analógicos, en ellas están conectadas respectivamente nuestras fototransistores FT1 y FT2.

El procedimiento recursivo COCHE, ya modificado en el capítulo anterior en esta misma sección, seguirá siendo válido. Debemos recordar que:

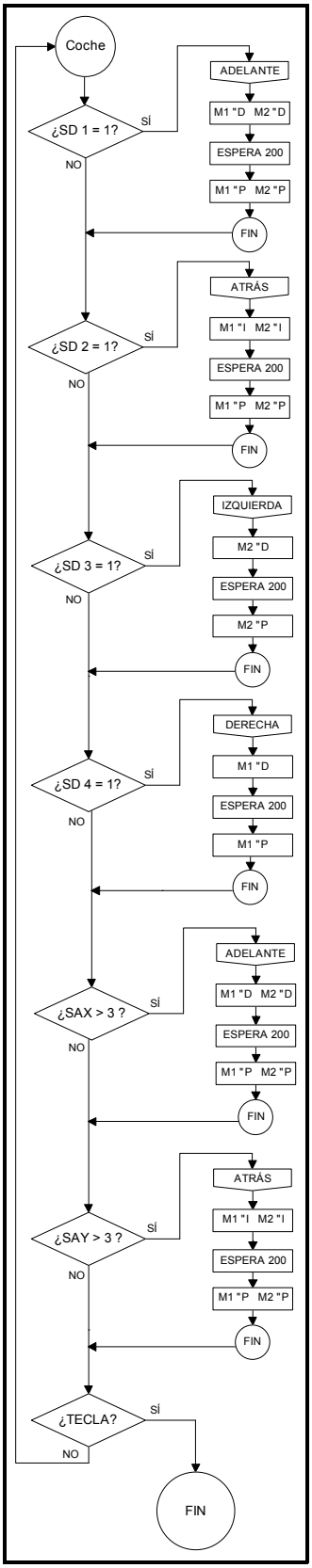
- Mientras iluminemos con nuestra linterna el frontal del vehículo, el fototransistor FT1 estará sobreiluminado y la función de lectura del sensor SAX devolverá un valor superior a 3. Por ello, se ejecutará el procedimiento ADELANTE realizando un desplazamiento de avance de 2 segundos (ESPERA 200). Mientras la señal de la linterna persista, la recursividad de COCHE asegura que se producirán nuevos desplazamientos de avance.

- Mientras iluminemos con nuestra linterna la parte posterior del vehículo, el fototransistor FT2 estará sobreiluminado y la función de lectura del sensor SAY devolverá un valor superior a 3. Por ello, se ejecutará el procedimiento ATRÁS realizando un desplazamiento de retroceso de 2 segundos (ESPERA 200).

Mientras la señal de la linterna persista, la recursividad de COCHE asegura que se producirán nuevos desplazamientos de retroceso.

Con lo que el organigramas y programa global que incluiría el control de los "ojos electrónicos" sería el mismo:

```
PARA ADELANTE
M1 "D   M2 "D
ESPERA 200
M1 "P   M2 "P
FIN

PARA ATRÁS
M1 "I   M2 "I
ESPERA 200
M1 "P   M2 "P
FIN

PARA IZQUIERDA
M2 "D
ESPERA 200
M2 "P
FIN

PARA DERECHA
M1 "D
ESPERA 200
M1 "P
FIN

PARA  COCHE
SI SD 1 = 1 [ADELANTE]
SI SD 2 = 1 [ATRÁS]
SI SD 3 = 1 [IZQUIERDA]
SI SD 4 = 1 [DERECHA]
SI SAX > 3 [ADELANTE]
SI SAY > 3 [ATRÁS]
SI TECLA? [ALTO]
COCHE
FIN
```

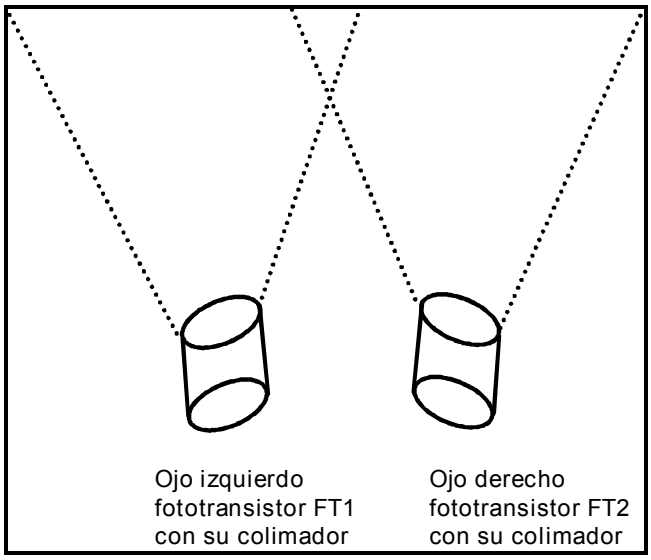


2.5.- OTRAS PROPUESTAS

Proponíamos en el capítulo anterior conseguir que nuestro móvil siga automáticamente un trazado señalizado sobre un suelo obscuro mediante cinta blanca de una anchura apropiada. Realizarlo ahora con los fototransistores a los que se les acoplará un colimador.

a) PROPUESTA Mediante dos fototransistores colocados a modo de faros delanteros, conseguir que el móvil se oriente avanzando hacia una luz.

Ya que la sensibilidad de los fototransistores es alta podemos situarlos de modo que cada uno analice la luz proveniente de un cono diferente.



El cono izquierdo con su eje ligeramente desviado a la izquierda y el cono derecho desviado ligeramente a su derecha. Colocaremos los correspondientes colimadores.

Si la luz está situada a la derecha del hipotético conductor, el fototransistor FT2 recibirá a través de su cono más luz que el fototransistor FT1. En esas condiciones haremos girar el móvil a la derecha. Como la luz en FT2 se mide por la entrada analógica IN1, la función SAY devolverá un valor mayor que la función SAX que corresponde al otro fototransistor.

Si la luz está situada a la izquierda del hipotético conductor, el fototransistor FT1 recibirá a través de su cono más luz que el fototransistor FT1. En esas condiciones haremos girar el móvil a la izquierda.Como la luz en FT1 se mide por la entrada analógica IN0, la función SAX devolverá un valor mayor que la función SAY que corresponde al otro fototransistor.

Por consiguiente, las ordenes que hay que incluir en el procedimiento COCHE serán:
SI SAY > SAX [DERECHA]
SI SAX > SAY [IZQUIERDA]

El procedimiento COCHE una vez sustituidas las ordenes de los sensores quedaría:

```
PARA  COCHE
SI SD 1 = 1 [ADELANTE]
SI SD 2 = 1 [ATRÁS]
SI SD 3 = 1 [IZQUIERDA]
SI SD 4 = 1 [DERECHA]
SI SAX > 3 [ADELANTE]
SI SAY > 3 [ATRÁS]
SI TECLA? [ALTO]
COCHE
FIN
```

El móvil avanzará al ejecutar éste programa zizagueando en busca de la luz. Sin duda que cada vaivén es demasiado amplio, si queremos reducirlo su tamaño sólo tendremos que disminuir el tiempo de cada avance reduciendo la espera de conexión de ambos motores en el procedimiento ADELANTE.

b) PROPUESTA Poner cartulinas de diferentes colores Rojo, Verde y Azul, sobre un fondo negro, delante del vehículo y escribir tres procedimientos Al_Rojo, Al_Verde y Al_Azul de modo que el vehículo se dirija a la del color correspondiente.

Para ver como se trabaja la distinción de colores acudir al Capítulo 20, sección Manos a la Obra, allí puede verse como una grúa selecciona piezas a transportar según su color.

c) PROPUESTA Colocar varios fototransistores para medir la luminosidad del cielo, conviene hacerlo al mediodía y en la mismas direcciones. De acuerdo con los valores anotados durante algunos días y los estados reales del cielo, establecer los procedimientos LOGO que sirvan para dictaminar el estado nuboso del cielo en una estación metereológica.