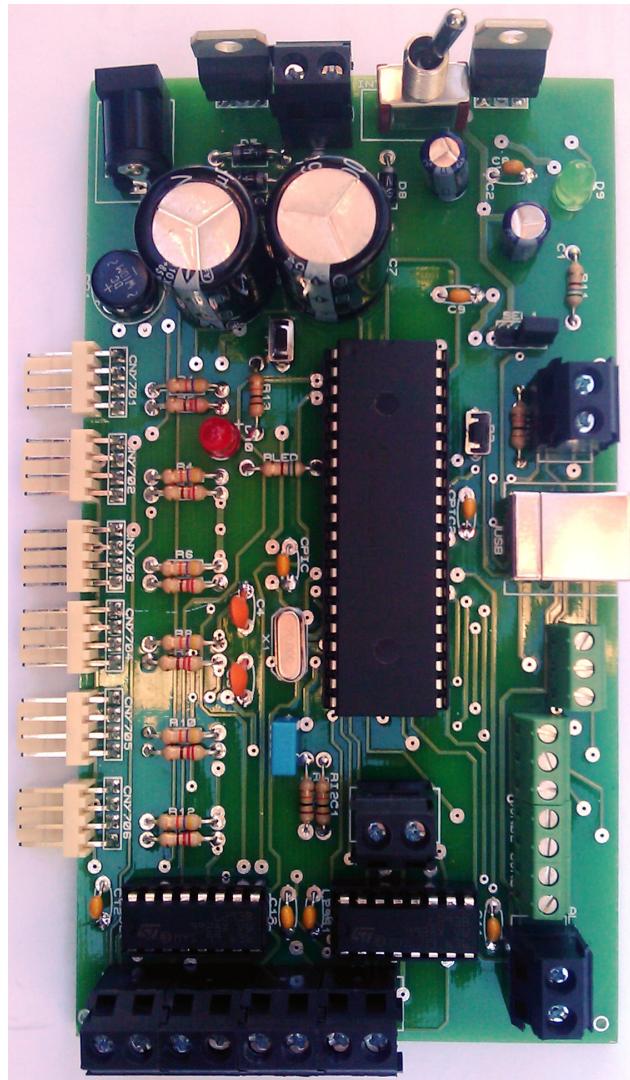


---

# Manual de la tarjeta de control

---



## Tabla de contenido

1.	Introducción .....	1
2.	Características generales.....	2
3.	Descripción funcional .....	4
3.1.	Fuente de alimentación.....	4
3.2.	El microcontrolador .....	6
4.	Adaptación de periféricos .....	8
4.1.	Sensores ópticos.....	8
4.2.	Sensores mecánicos.....	15
4.3.	Los motores .....	20
4.3.1.	El driver L293B .....	20
4.3.1.1.	Descripción .....	20
4.3.1.2.	Diagrama de bloques.....	21
4.3.1.3.	Parámetros eléctricos.....	22
4.3.1.4.	Aplicaciones .....	23
4.3.2.	Motores DC.....	25
4.3.3.	Motores Paso a Paso .....	27
5.	Programación de la tarjeta de control .....	29
5.1.	Requisitos .....	29
5.2.	Instalación del driver y el software de programación.....	29
5.3.	Programación del microcontrolador .....	31
5.3.1.	Configuración del PIC en modo monitor .....	33

## 1. Introducción

La tarjeta de control, autónoma y de bajo coste, está controlada por un microcontrolador PIC18F4550 y es capaz de controlar el estado de múltiples sensores de entrada, dirigir el funcionamiento de hasta cuatro motores DC de doble sentido u ocho en un solo sentido, y permite la posibilidad de conectar actuadores adecuados a la aplicación concreta.

De entre sus múltiples aplicaciones de carácter didáctico cabe citar las siguientes:

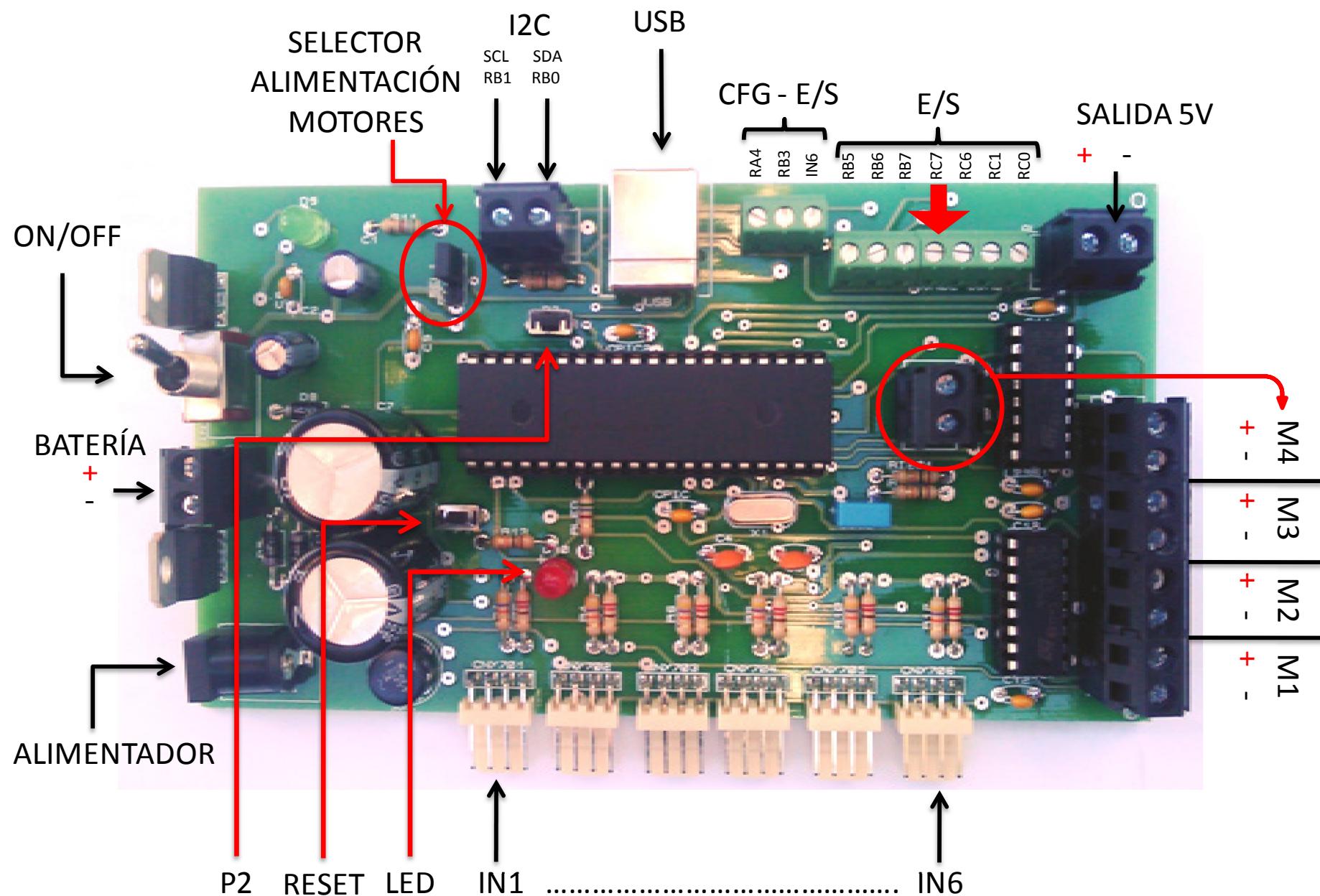
- *Adaptación y control de diferentes tipos de sensores de entrada que pueden emplearse en aplicaciones de tipo industrial como son los mecánicos, ópticos, infrarrojos, magnéticos, ultrasónicos, etc. Se puede así experimentar con diferentes técnicas para la detección de flancos de señales de entrada, eliminación del efecto "rebote", medida de anchura de pulsos, cuenta de pulsos de entrada, medida de la frecuencia de los pulsos de entrada, cadencia entre pulsos de entrada, etc.*
- *Control de motores de corriente continua (DC) mediante accionamiento digital (todo o nada), técnicas de PWM para la regulación de velocidad, control del sentido de giro, realimentación, posicionamiento, etc.*
- *Control de motores paso a paso (PAP), regulación de velocidad, sentido de giro, posicionamiento, etc.*
- *Microrobótica. Control de una estructura móvil accionada mediante motores DC y varios sensores de entrada. Control de trayectorias, posicionamiento, trazado de rutas predefinidas, detección de obstáculos, seguimiento de objetos, bordear objetos, determinar perímetros o áreas, etc.*
- *Comunicación con otros dispositivos mediante buses serie (USB, I2C) o paralelo (SPI).*

## 2. Características generales

De entre las características más importantes, podemos destacar las siguientes:

- Reducidas dimensiones (80 x 130 mm).
- Alimentación de 15VAC mediante transformador de red o bien mediante baterías de 6, 9 o 12VDC, pudiendo en este último caso utilizarse una batería de 12VDC de plomo recargable.
- Circuitos de rectificación, filtrado y estabilización de alimentación incluidos en la tarjeta.
- Incluye circuito de carga para baterías de 12VDC de plomo ácido.
- Zócalo para microcontrolador PIC18F4550, circuito oscilador y pulsador de RESET incluido en la tarjeta, además de la interfaz necesaria para programación mediante monitor.
- Conectores y circuitos para adaptación de hasta 6 sensores o dispositivos de entrada.
- Conectores de interfaz con nueve patillas del microcontrolador.
- Dos drivers para el accionamiento de cuatro motores DC en ambos sentidos, o dos motores paso a paso (PAP).
- Interruptor ON/OFF y bornas para la conexión tanto de los motores como para la batería externa.
- Mediante un jumper se puede seleccionar la tensión aplicada a los motores. Esta puede ser de +5VDC o bien de +12VDC o la tensión de la batería externa.
- Conectores y circuitería para la comunicación serie mediante los buses I2C y USB.
- El PIC insertado sobre la tarjeta se puede grabar directamente con un software desarrollado para tal fin, conectando la placa al PC mediante un cable USB y haciendo uso del programa monitor pre-programado en el microcontrolador.

En la siguiente página tenemos una vista global de la tarjeta de control, indicando todos los elementos de la misma, así como la polaridad de cada uno de los conectores para alimentación, motores, etc.



### 3. Descripción funcional

En posteriores apartados se va a ir describiendo el hardware de la placa de control. De esta forma el usuario de la misma podrá entender sus aplicaciones así como las posibles modificaciones que se pueden realizar con objeto de controlar diferentes tipos de sensores y/o motores.

#### 3.1. Fuente de alimentación

Está integrada en la propia placa y ofrece diferentes posibilidades de trabajo. Su esquema es el mostrado en la Figura 1.

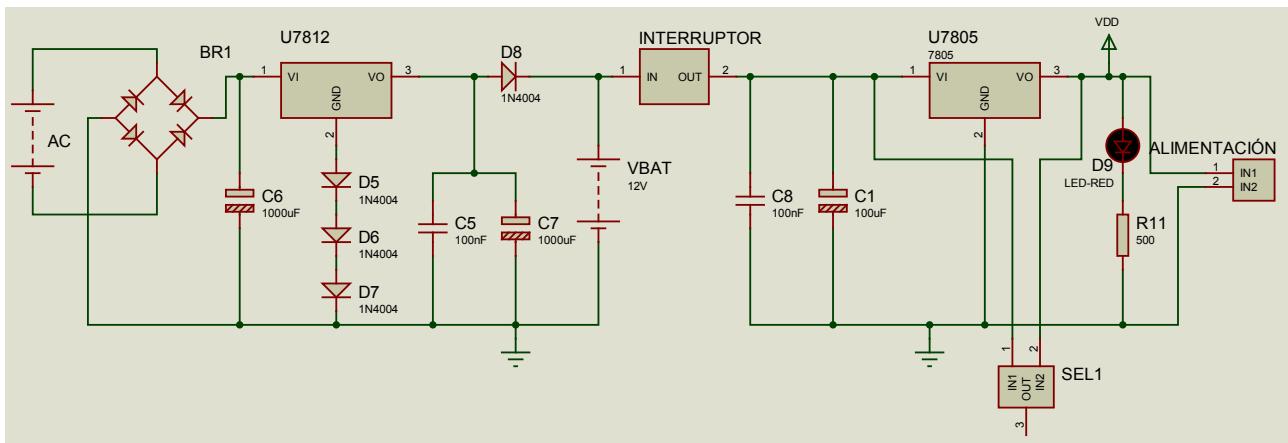


Figura 1: La fuente de alimentación

Toda la electrónica de control, incluido el propio microcontrolador PIC18F4550, trabaja con una VDD de +5 V. Esta tensión se puede obtener a partir de una tensión alterna de 15VAC o bien de un conjunto de pilas o baterías.

Mediante el conector AC se introduce una tensión alterna de 15VAC procedente de un transformador. El puente rectificador BR1 junto con C6 se encarga de rectificarla y filtrarla para obtener una tensión continua de unos 21VDC. Esta se estabiliza a unos 13 VDC gracias al regulador U7812 y los diodos D5-D8.

El INTERRUPTOR de ON/OFF aplica esa tensión al controlador de motores (SEL1) y por otra parte al regulador U7805. Por la patilla 3 de U7805 se obtiene la tensión VDD de 5 VDC, que se aplica al resto del circuito y está disponible en el conector ALIMENTACIÓN. El led D9 pilota la presencia de dicha tensión. Otra posibilidad es aplicar una tensión continua procedente de una batería a través del conector VBAT, prestando atención a su polaridad. Al accionarse el INTERRUPTOR ON/OFF dicha tensión es la que se aplica al controlador de motores (SEL1) y la que permite obtener los 5 VDC de VDD gracias al regulador U7805.

En el siguiente cuadro se reflejan las diferentes opciones de alimentación de la tarjeta de control.

OPCIONES	COMENTARIOS
Mediante transformador de 15VAC conectado en AC	No se conecta la batería. VBAT = 13VDC y VDD = 5VDC.
Mediante transformador de 15VAC conectado en AC	Batería recargable de plomo de 12V. VBAT = 13VDC y VDD = 5VDC. El circuito formado por el regulador U7812 y D8 permite recargar dicha batería.
Batería recargable de plomo de 12V conectada en VBAT	El transformador se puede conectar en AC para su recarga. VBAT = 12 VDC y VDD = 5VDC.
Batería no recargable de 12 V conectada en VBAT	No conectar el transformador. VBAT = 12 VDC y VDD = 5VDC.
Batería no recargable de 9V conectada en VBAT	No conectar el transformador. VBAT = 9 VDC y VDD = 5VDC.
Conjunto de 4 baterías de 1.5V en serie (6VDC) conectado en VBAT	No conectar el transformador. VBAT = 6 VDC y VDD = 5VDC.

### 3.2. El microcontrolador

En la Figura 2 se muestran las conexiones del microcontrolador PIC 18F4550. Es el “corazón” de la tarjeta de control. Según el software de aplicación grabado en su interior por el usuario, se podrán gestionar los distintos sensores de entrada así como los dispositivos de salida según los distintos criterios o algoritmos de dicha aplicación.

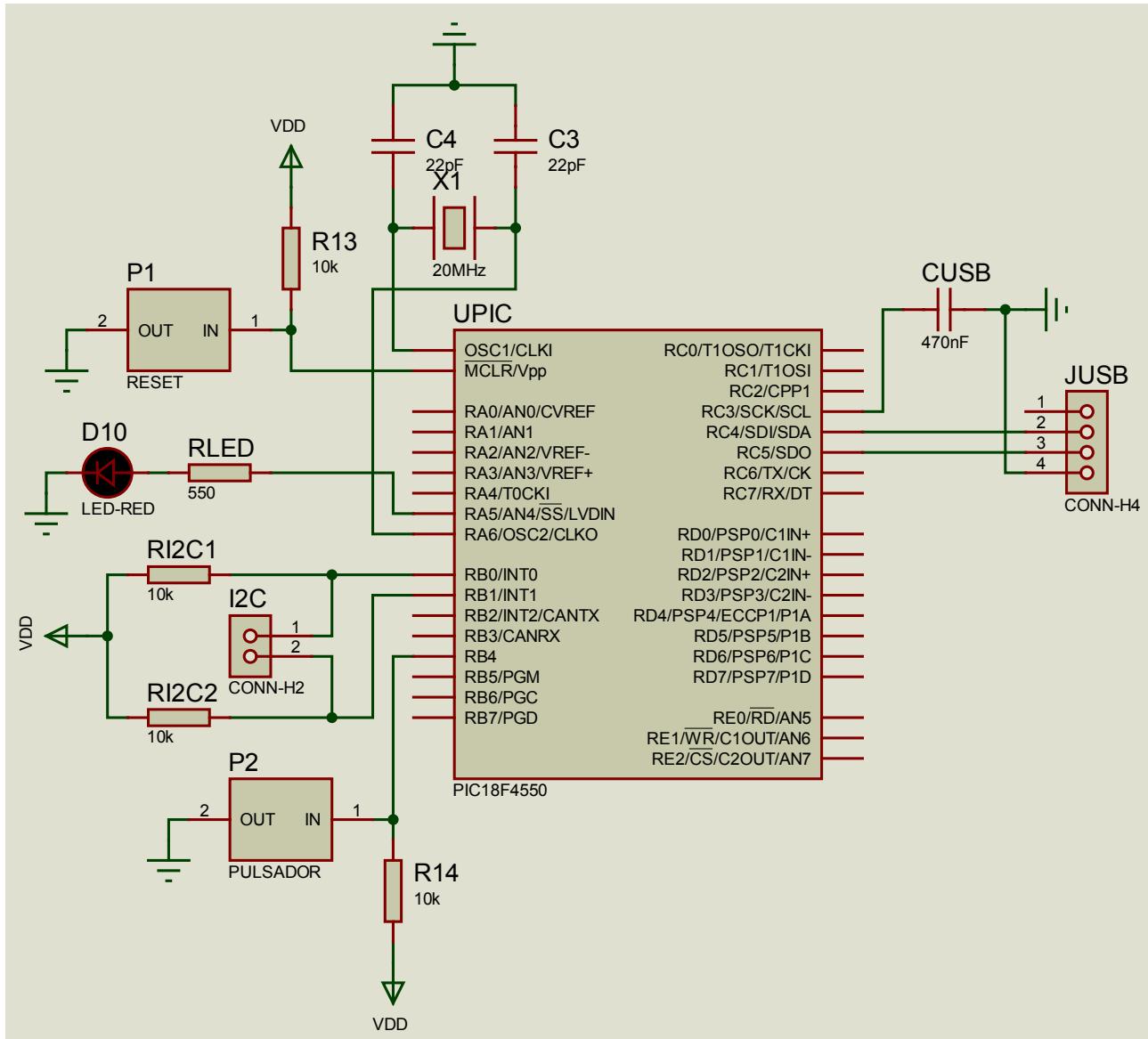


Figura 2: El microcontrolador PIC18F4550

El cristal X1, junto con los condensadores C3 y C4, generan una frecuencia de 20MHz, que internamente es modificada por el PIC hasta ser convertida en una frecuencia de trabajo de **48 MHz** que es a la que ejecuta instrucciones el microcontrolador PIC. Variando el valor de estos componentes, así como la configuración interna del microcontrolador, se podría alterar dicha velocidad según las necesidades del

usuario, eso sí, cumpliendo siempre con los requisitos para establecer una comunicación mediante USB con el PC para poder actualizar el código de la aplicación de usuario. Consultar las especificaciones técnicas de Microchip para seleccionar las diferentes frecuencias.

El circuito de RESET está formado por el pulsador P1 y la resistencia R13. Esto permite la inicialización manual del sistema por parte del usuario. Además dispone del pulsador P2, que junto al pulsador P1 nos permiten ejecutar en el microcontrolador el programa monitor que es el que se comunica con el PC para almacenar la aplicación de usuario. La forma de entrar en el **modo monitor** es seguir la siguiente secuencia: pulsar P2 y manteniéndolo pulsado presionar sobre P1 y soltar éste; finalmente liberar P2. El pulsador P2 además puede ser usado por la aplicación de usuario, estando conectado a la patilla RB4. Como se ve en el esquema, en condiciones normales leemos un “1” lógico a la entrada de RB4, pasando a un “0” lógico cuando pulsamos P2.

La comunicación con el PC se lleva a cabo a través del conector JUSB y para la programación del microcontrolador, tras ejecutar el modo monitor, haremos uso de la aplicación USBBP para transmitir el código de la aplicación. El puerto USB queda a disposición del programador para que pueda usarlo en su aplicación haciendo uso de las librerías apropiadas.

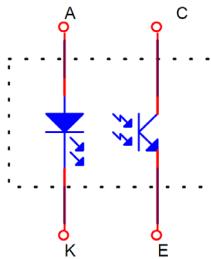
También hay disponible otro método de comunicación con otros periféricos que es el **I2C**, tal y como vemos en la Figura 2, incluyendo las resistencias de pull-up que define el estándar de dicho protocolo. Un led disponible en la placa (RLED) puede ser usado en las aplicaciones de usuario como indicador de estado o cualquier otra finalidad, y está controlado por la patilla RA5.

## 4. Adaptación de periféricos

La tarjeta de control está especialmente pensada para la conexión directa de sensores de tipo óptico infrarrojo y mecánicos, aunque es lo suficientemente flexible para que, con pequeñas modificaciones en los valores de ciertos componentes, se pueda adaptar fácilmente a otro tipo de sensores.

### 4.1. Sensores ópticos

Los que aquí se proponen son sensores de fácil adquisición y muy bajo coste. Consisten en dispositivos que contiene un diodo emisor de infrarrojos y un fototransistor que detecta la presencia o ausencia de los mismos. El símbolo eléctrico de los mismos se muestra en la Figura 3.



**Figura 3:** Símbolo de un dispositivo óptico emisor/receptor

Este tipo de sensores es especialmente útil para la detección de objetos a distancia, distinción de tonos y colores, encoders para motores, etc., sin que haya rozamientos ni desgastes mecánicos. Presentan una notable velocidad de respuesta que permite medir señales de entrada de transiciones rápidas y de frecuencias elevadas así como un total aislamiento eléctrico entre el periférico y el circuito de control (el microcontrolador). De esta forma, dicho circuito queda protegido contra picos de sobre tensión provocados por un defectuoso funcionamiento del periférico controlado.

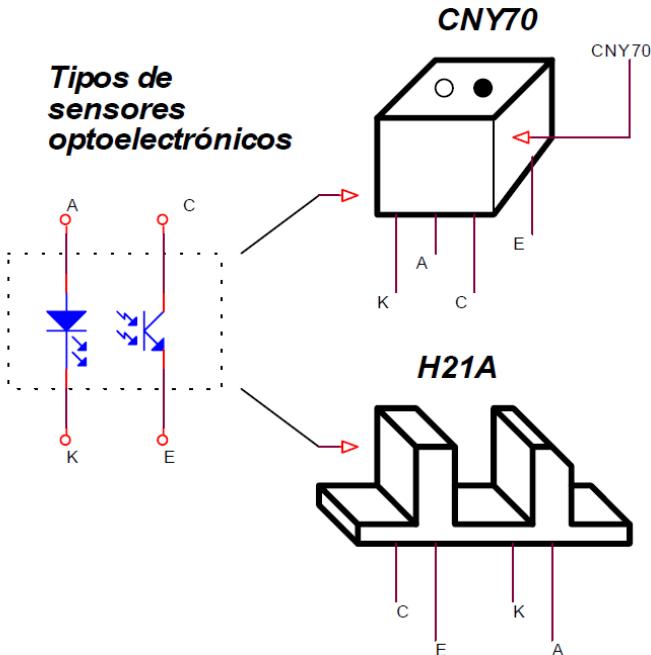
En el sector opto-electrónico existen gran cantidad de modelos con distintas características y formas, adaptados especialmente para múltiples aplicaciones. Los que se proponen en el presente manual de usuario son de fácil localización en cualquier comercio del sector electrónico y su precio, así como su facilidad de uso, los hace muy asequibles.

Se trata de los modelos CNY70 y H21A. El tipo de aplicaciones a los que se pueden destinar es muy amplio y todo depende de las necesidades en cada caso. En la Figura 4 se muestra el tipo de cápsulas de ambos modelos.

El CNY70 contiene el emisor y el receptor en una misma cápsula. Es ideal para la detección de cambios de tono sobre el mismo plano de un objeto a una distancia de unos pocos milímetros. La luz emitida por el led es reflejada por el objeto y detectada por el fototransistor.

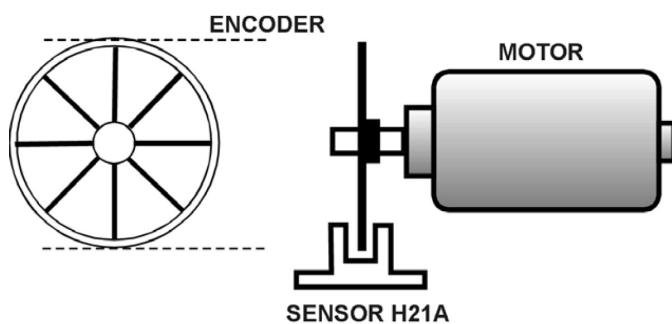
La cápsula en forma de U del H21A tiene el emisor separado unos 3 milímetros respecto al receptor pero ambos están a la misma altura de forma que el haz de luz del emisor incide sobre el fototransistor. Es ideal para detectar objetos que, al interponerse entre el emisor y el receptor, cortan el haz de luz.

Entre sus múltiples aplicaciones cabe destacar la del control de encoders que controlen la velocidad de giro de un motor, el sentido, la posición, el desplazamiento, etc.



**Figura 4:** Cápsulas de los sensores CNY70 y H21A

En la Figura 5 se muestra la clásica aplicación del sensor tipo H21A. Consiste en un encoder acoplado al eje de un motor. El encoder tiene una serie de ranuras que cortan o no el paso del haz de luz entre el emisor y el receptor conforme el motor gira. Contando los pulsos que se producen entre corte y corte del haz, se puede conocer la velocidad de giro. Si se conoce la distancia entre ranuras, se puede saber el desplazamiento o grados que ha girado el motor.



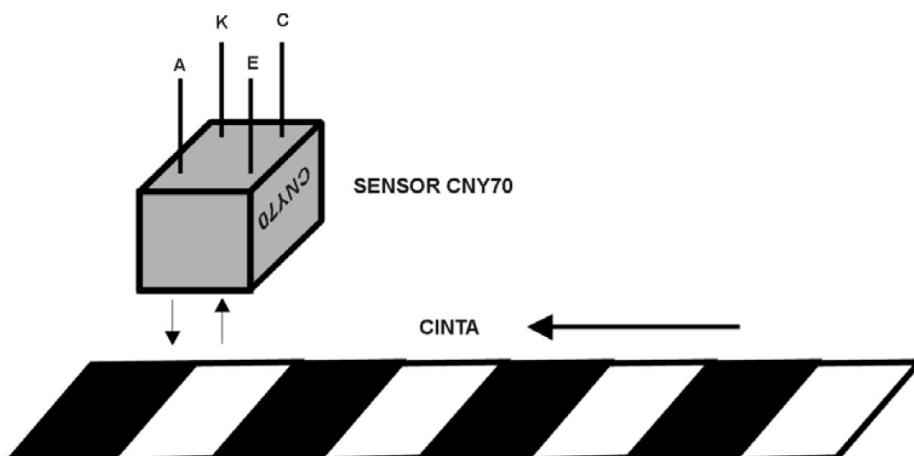
**Figura 5:** Ejemplo de aplicación del sensor H21A

La Figura 6 muestra un ejemplo de aplicación del sensor CNY70. Imaginemos una cinta transportadora marcada por tonos negros y blancos. Cuando la luz del emisor coincide con el tono negro,

será absorbida por éste. De esta forma el fototransistor receptor no recibe luz y dará un nivel lógico “0”. Por otra parte, cuando la luz del led emisor incide sobre las marcas blancas, será reflejada y detectada por el receptor, generándose un nivel lógico “1”. Se obtiene así una señal digital que transita de nivel “0” a nivel “1” según los tonos negros y blancos que pasen frente al sensor conforme la cinta se va desplazando. Se puede aplicar el mismo criterio para hacer un encoder.

Las aplicaciones pueden ser numerosas. Si se conoce la velocidad de movimiento de la cinta, se puede medir el tamaño de las marcas. Por otra parte, conocido el tamaño de las marcas se puede medir la velocidad de la cinta y, contando el número de pulsos obtenidos por el sensor, se puede calcular el desplazamiento y posición de dicha cinta.

Otra posible aplicación de este tipo de sensor es el control de la trayectoria de un objeto mecánico móvil (“**Microbot**”) sobre una superficie con una pista negra sobre fondo blanco o viceversa.

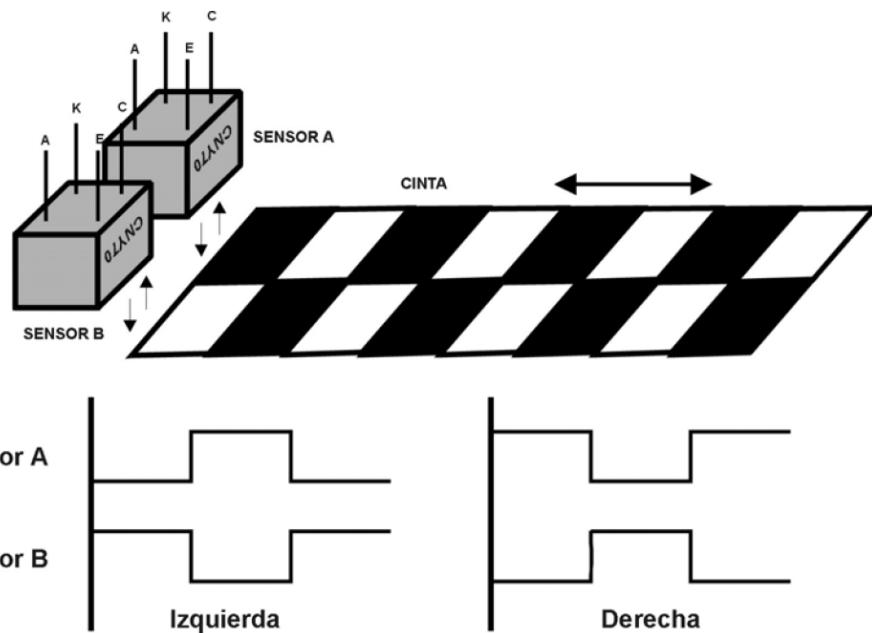


**Figura 6:** Aplicación del sensor CNY70

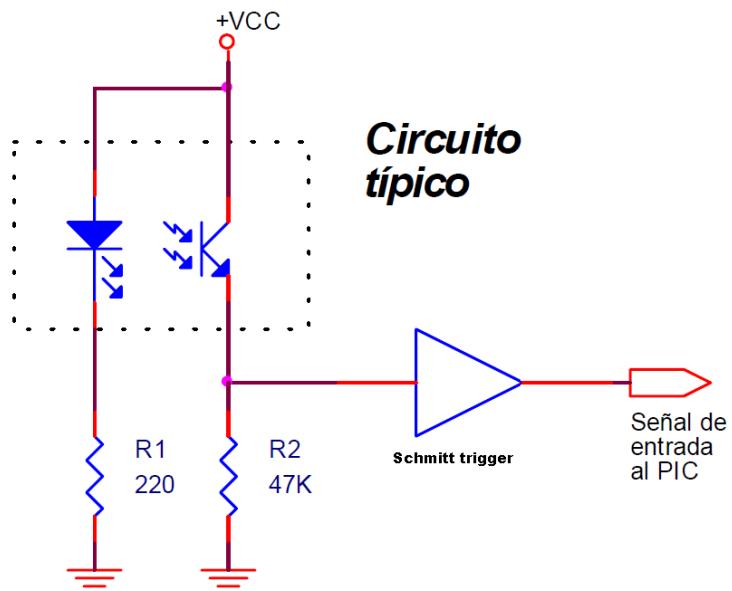
Es posible también tener un encoder o una cinta doblemente ranurada o marcada. Como se muestra en la Figura 7, una hilera de marcas blanco/negro está desplazada respecto a la otra hilera. Se emplean dos sensores, uno para cada hilera (Sensor A y Sensor B).

Cuando se produce un desplazamiento ambos sensores generan sendas señales al detectar las diferencias de tono de las marcas (o ranuras del encoder). Según el sentido de desplazamiento de la cinta (o el sentido de giro del encoder), un sensor se activa antes que el otro. De esta forma ambas señales están desfasadas entre sí.

El sistema de control debe detectar este desfase y determinar qué sensor se activa primero. Se consigue así averiguar el sentido del movimiento además de la velocidad, posicionamiento, etc. Esta técnica permite también detectar, por ejemplo, la diferencia de velocidad entre dos motores, pudiéndose así actuar sobre el accionamiento de los mismos con objeto de mantener una velocidad constante o bien establecer unas diferencias de velocidad entre ambos.

**Figura 7:** Control del sentido

El circuito de la Figura 8 muestra la conexión típica de los sensores de infrarrojos que se han venido analizando hasta el momento.

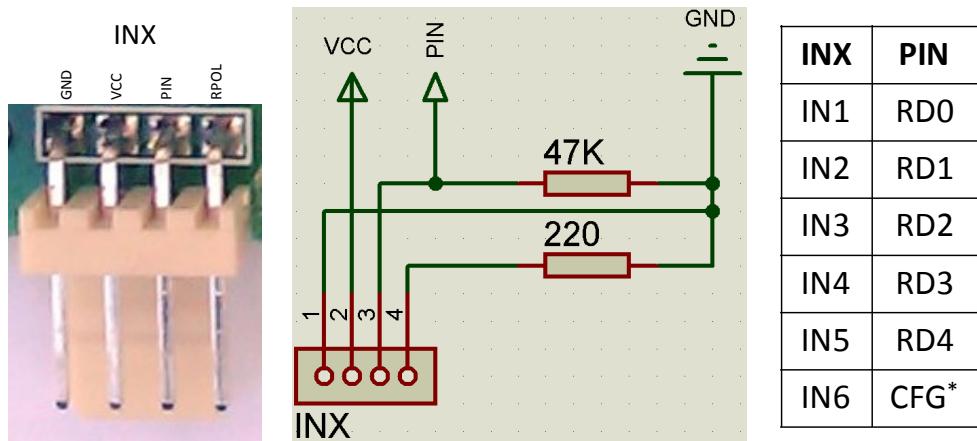
**Figura 8:** Circuito típico de conexión de sensor I.R.

Suponiendo una tensión VCC de +5V (podría ser de otro valor), la resistencia R1 mantiene polarizado al diodo emisor. Este emite un haz de luz que, si no es interrumpido o absorbido, llega hasta el fototransistor receptor. En bornes de la resistencia R2 se obtiene el nivel lógico “1” cuando llega la luz y el nivel “0” en caso contrario. Ambas resistencias están incluidas en la tarjeta de control.

La resistencia R2 se puede sustituir por otra de diferente valor o bien, por una resistencia de ajuste de unos 100K. De esta forma se puede ajustar la sensibilidad del fototransistor receptor dependiendo del modelo de que se trate.

El circuito Schmitt trigger estabiliza los niveles de la señal generada, evitando variaciones indeseadas. Dicho circuito está incorporado al microcontrolador.

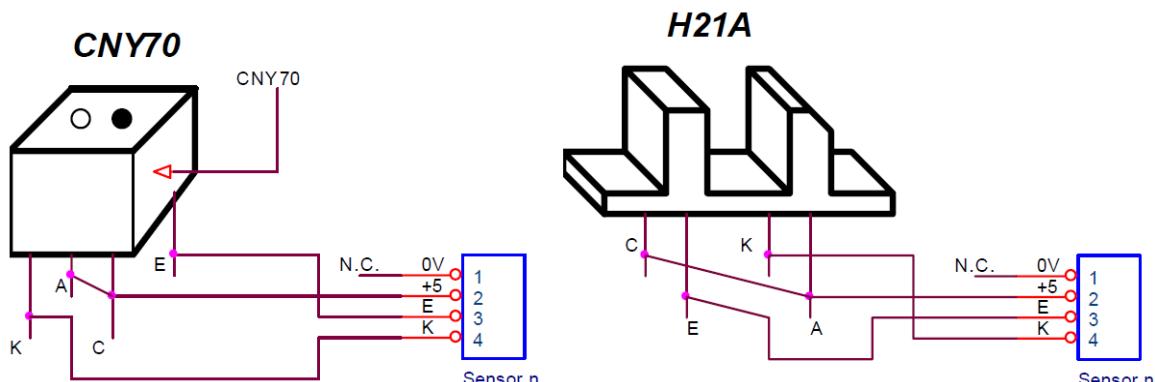
Los conectores de entrada IN1 – IN6 (CNY701-CNY706) de la tarjeta de control transportan 4 señales con objeto de poder adaptar un buen número de sensores distintos. Ver la Figura 9.



**Figura 9:** Los conectores de entrada de la tarjeta de control. \*El terminal PIN asociado a IN6 puede ser configurado por el usuario mediante el conector CON04, como se detalla más adelante

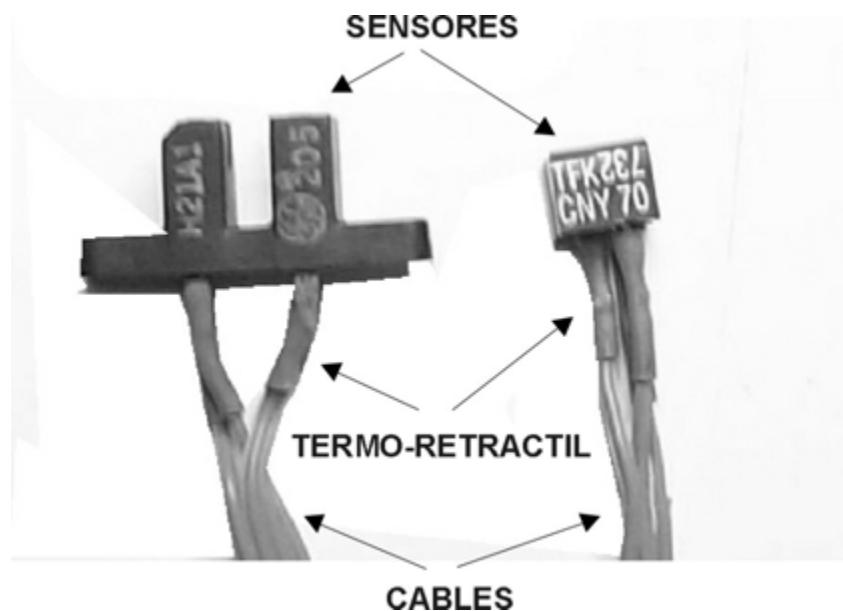
La patillas 1 y 2 transportan la tensión de alimentación de +5VDC del sistema (0V y +5). Esto permitirá dotar de tensión de alimentación a aquellos sensores que lo requieran. La patilla 3 conecta con la entrada del microcontrolador (que incorpora el trigger) y la resistencia de 47K. Se corresponde con el emisor (E) del fototransistor receptor. Finalmente la pata 4 conecta con la resistencia de polarización de 220 y se corresponde con el cátodo (K) del diodo emisor.

La Figura 10 muestra el montaje práctico de los cables que unen los sensores anteriormente estudiados, con cualquiera de los conectores IN1 – IN6 de la tarjeta de control. Para ello seguir los siguientes pasos:



**Figura 10:** Conexión con la tarjeta de control

1. Las conexiones son similares tanto para el sensor modelo CNY70 como para el modelo H21A.
2. Se necesitan tantos conectores tipo MOLEX hembra de 4 vías y de paso 2.54" como sensores se vayan a conectar. La tarjeta de control soporta como máximo 6.
3. Cortar, con la longitud deseada, 3 trozos de cable por cada sensor. Pelar unos 2 mm cada extremo.
4. Unir y soldar las patas A y C del sensor. De dicha unión soldar un cable que irá a parar a la pata 2 del conector hembra tipo MOLEX.
5. La patilla E del sensor unirla, mediante cable soldado, con la pata 3 del conector.
6. La patilla K del sensor unirla, mediante cable, con la pata 4 del conector.
7. Es aconsejable emplear tubo termo retráctil o cinta aislante en las soldaduras de las patas del sensor. De esta forma se evita que, en caso de que las patillas se doblen, hagan contacto entre sí. Ver la Figura 11.



**Figura 11:** Aislamiento de las patillas

El esquema de la Figura 12 muestra el circuito de los 6 conectores IN1 - IN6 de la tarjeta de control que permite conectar de la forma ya explicada hasta 6 sensores diferentes.

Las resistencias de 220 ohmios son las resistencias de polarización del led emisor. Su valor también se puede variar en función del tipo de sensor.

Las 5 señales de entrada procedentes de los conectores IN1 - IN5 van a parar directamente a terminales del microcontrolador (RD0-RD4) que incorporan la adaptación de niveles mediante Schmitt trigger. En el caso de IN6, se puede configurar mediante el conector CON04 para conectarla a la entrada

RA4, que sí incorpora la adaptación de niveles, o a RB3, que no la lleva. En el caso de conectarla a otros terminales disponibles en los conectores CON01, CON02 ó CON03, consultar la hoja de características del microcontrolador para saber si se incorpora o no la lógica de adaptación de niveles.

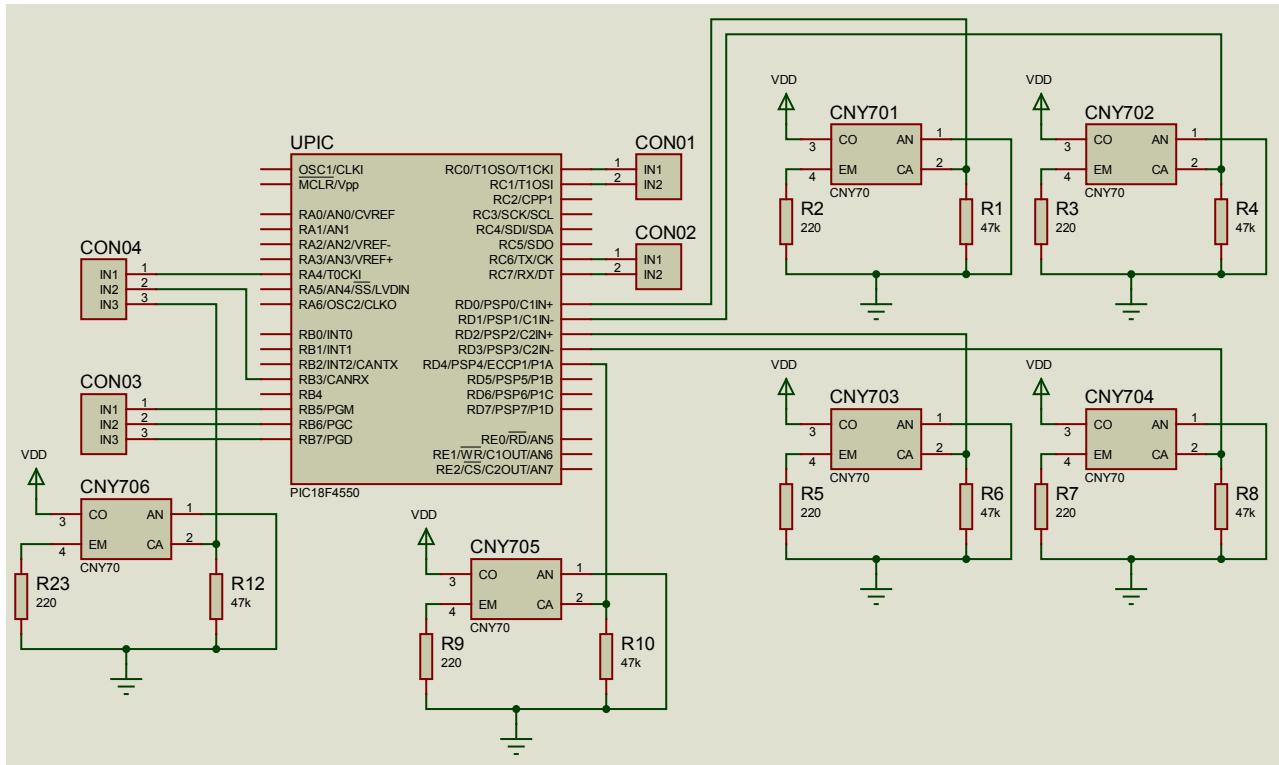


Figura 12: Las entradas/salidas de la tarjeta de control

Hay que destacar que el sensor conectado a través de IN6 puede quedar asociado a la línea RA4 del PIC mediante el conector CON04. Esta línea es también la señal TOCKI que accede al Timer0 (TMRO). Éste, actuando en modo contador de eventos externos, puede contar los pulsos procedentes de ese sensor. Se puede así desarrollar aplicaciones consistentes en contar pulsos, medir frecuencias, medir anchura de pulsos, intervalos entre pulsos, etc.

Cabe destacar la disponibilidad de multitud de terminales del microcontrolador que quedan a disposición del usuario para que pueda utilizarlos como entradas y/o salidas en su aplicación, **cuidando siempre de respetar las características eléctricas del microcontrolador**, ya que para poder hacer uso de todas sus posibilidades no se ha incluido ningún tipo de circuitos de protección y/o adaptación de niveles.

## 4.2. Sensores mecánicos

Se trata de dispositivos que, mediante un determinado mecanismo, son capaces de abrir o cerrar un circuito eléctrico generando así una señal para su posterior tratamiento. Aunque existen múltiples modelos adaptados a otras tantas aplicaciones, cabría citar por su sencillez y bajo coste los pulsadores, interruptores, finales de carrera, de mercurio, magnéticos, bumpers, etc.

Su funcionamiento se basa en una o varias láminas metálicas que mediante algún dispositivo de accionamiento cierran o abren un circuito eléctrico dejando pasar o no la tensión y obteniéndose así un determinado nivel lógico.

Según el tipo de mecanismo así como el número de circuitos que abre o cierra, nos podemos encontrar con diferentes símbolos, algunos de los cuales están representados en la Figura 13.

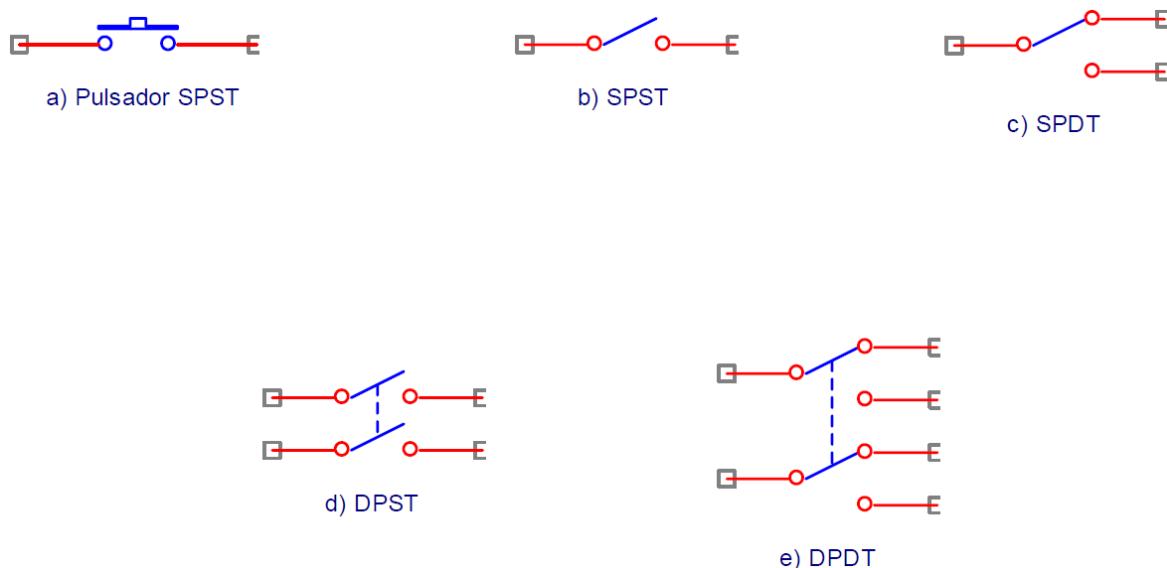


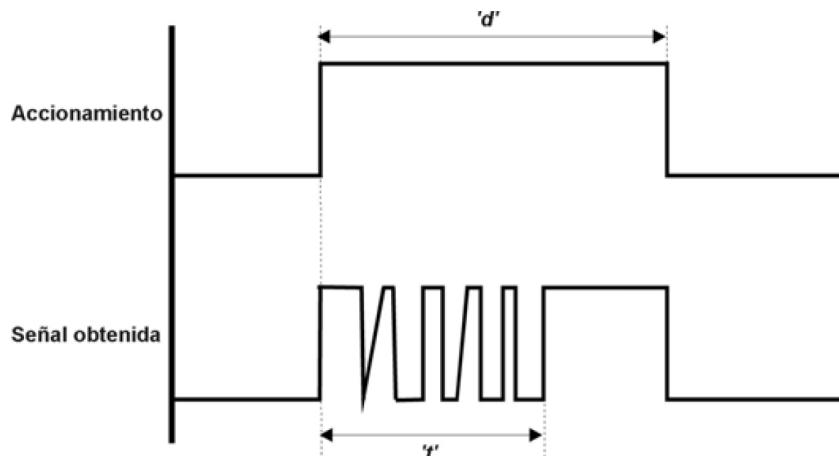
Figura 13: Símbolos de sensores mecánicos

Los símbolos a) y b) son eléctricamente equivalentes. Disponen de un circuito y una posición (SPST). La diferencia entre ambos es de tipo mecánica. El a) es un pulsador que cierra circuito en el momento de su accionamiento, pero se vuelve a abrir a la situación de reposo en el momento que deja de accionarse. El símbolo b) representa un interruptor. Este cierra circuito en el momento de accionarse y, no se abre hasta un nuevo accionamiento. Es decir, dispone de una mecánica de enclavamiento.

Los dispositivos c), d) y e) representados en la figura anterior, son dispositivos de enclavamiento, aunque también se pueden encontrar con accionamiento del tipo pulsador. El símbolo c) se corresponde con un conmutador de simple circuito y doble pulsación (SPDT). El modelo d) consiste en un mecanismo de doble circuito y una posición (DPST). Finalmente, el símbolo e), se corresponde a un mecanismo de doble circuito y doble posición (DPDT).

Uno de los efectos que presenta cualquier dispositivo de tipo electromecánico es el conocido como "efecto rebote". Se debe a que cada vez que se acciona, las láminas que abren o cierran el circuito, necesitan de un periodo de estabilización. Durante ese tiempo las láminas presentan una cierta inestabilidad durante la cual están rebotando entre sí, provocando múltiples aperturas y cierres.

Debido a este efecto, un simple accionamiento del tipo OFF - ON – OFF sobre el mecanismo, se traduce en una secuencia de varios pulsos como se puede ver en la Figura 14.



**Figura 14:** El efecto rebote

Un accionamiento del mecanismo durante un tiempo 'd' provoca realmente un conjunto de pulsos durante el tiempo 't' de inestabilidad de las láminas de dicho mecanismo.

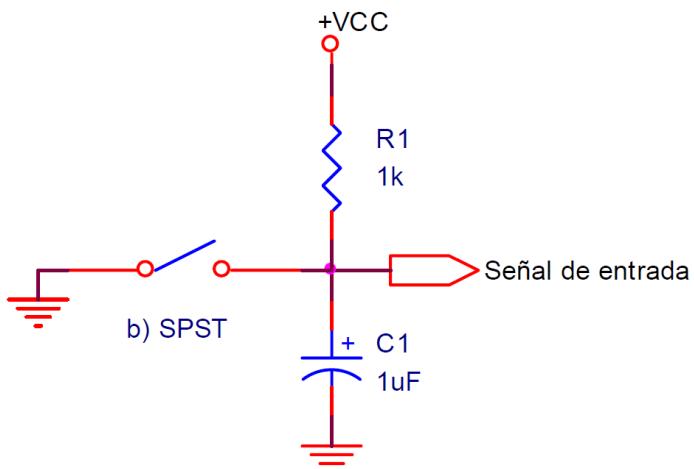
La velocidad de trabajo de cualquier microcontrolador hace que esos pulsos ficticios sean detectados. De esta forma, aquellas aplicaciones que necesitan contar pulsos, medir la duración de los mismos, medir el intervalo entre pulsos, frecuencia, etc., pueden generar resultados engañosos.

Existen varias formas de eliminar este indeseado efecto 'rebote'. Una de ellas, la más económica, no requiere de hardware alguno. El problema se puede solucionar vía software siempre y cuando la aplicación no consuma todos los recursos del microcontrolador. Consiste en hacer una pequeña temporización de entre 10 a 20 mS cada vez que se detecte una transición en la señal de entrada. De esta forma, mientras se está temporizando, se obvian los pulsos intermedios que se puedan generar.

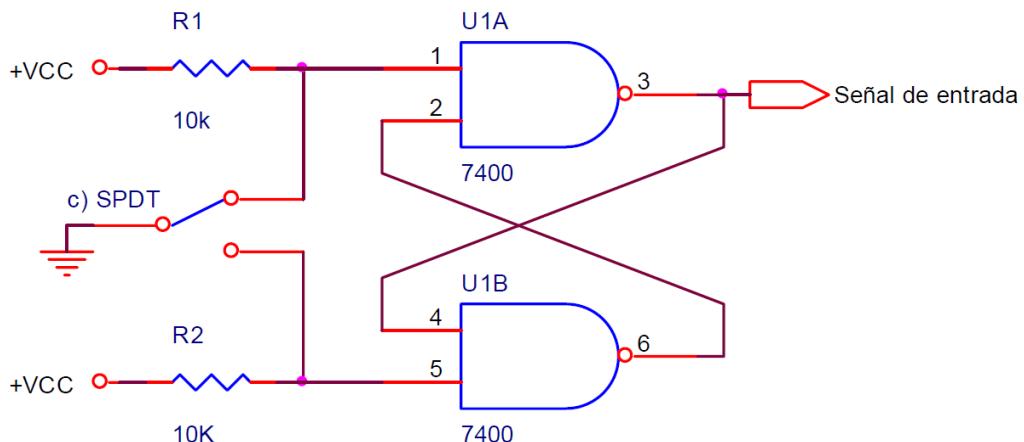
También es posible la eliminación de los rebotes mediante un hardware adicional como se muestra en la Figura 15.

La transición de la señal de entrada al microcontrolador depende de la constante de tiempo de R-C.

Otro circuito anti-rebotes por hardware es el mostrado en la Figura 16.



**Figura 15:** Circuito R-C anti-rebotes

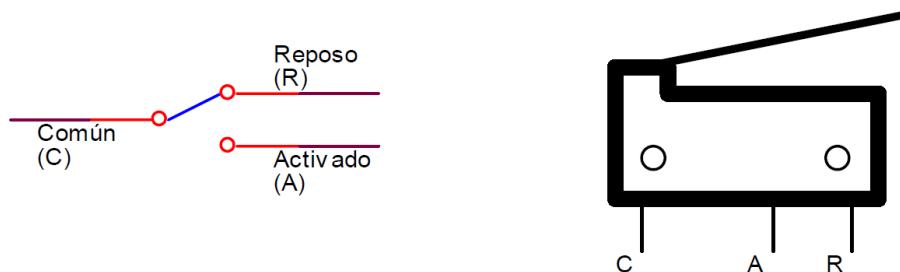


**Figura 16:** Circuito R-S anti-rebotes

Se basa en un flip-flop R-S. Cuando se acciona el mecanismo y se activa la señal SET la salida pasa a "1". Aunque haya rebotes en la entrada SET, la salida se mantiene a "1". Al poner el mecanismo en la posición de reposo se genera la señal RESET, la salida pasa a "0" y así se mantiene aunque haya nuevos rebotes en RESET. De esta forma a la salida del flip-flop se obtiene un pulso limpio y único.

Un mecanismo muy conocido y empleado como final de carrera, detector de obstáculos, etc., es el conocido 'Bumper' cuyo aspecto se muestra en la Figura 17.

## Sensores o bumpers electromecánicos

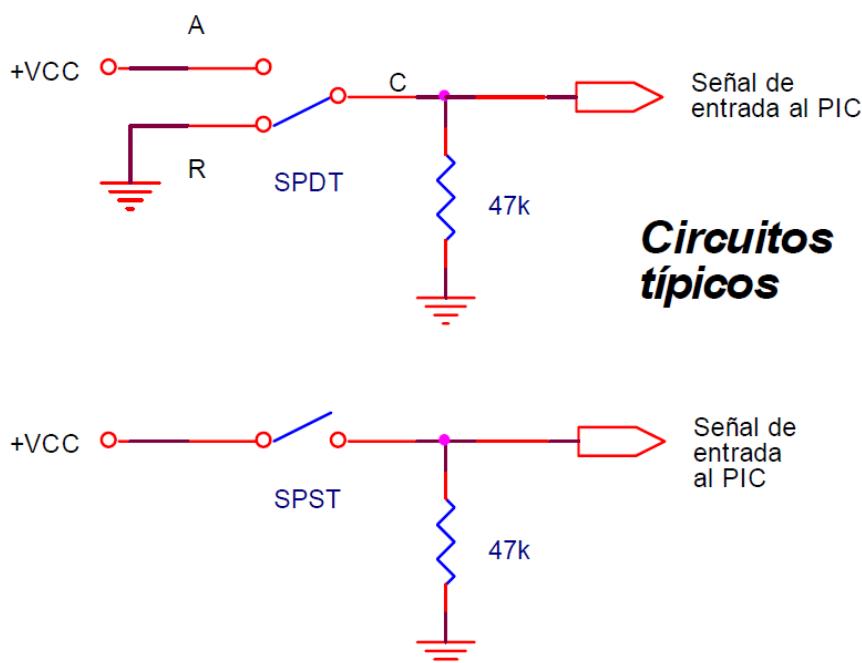


**Figura 17:** Esquema de los bumpers

Se trata de un mecanismo tipo pulsador de simple circuito y doble posición (SPDT). Su accionamiento se provoca presionando sobre la lengüeta o varilla metálica.

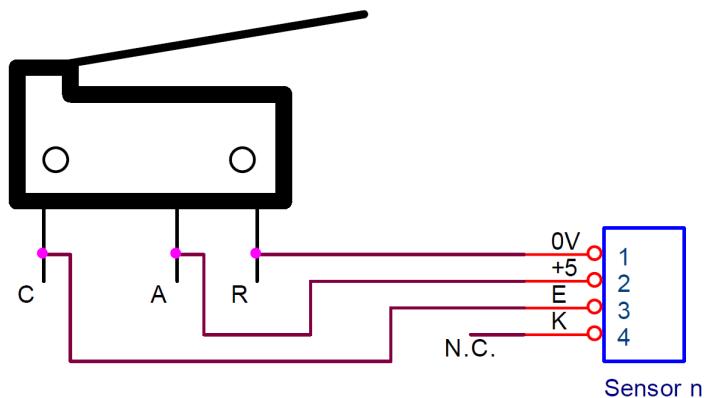
Los conectores de entrada IN1 - IN6 de la tarjeta de control permiten la conexión de este tipo de mecanismos o de cualquier otro similar. El circuito típico se muestra en la Figura 18. Un mecanismo tipo SPDT en reposo conecta con tierra la entrada del microcontrolador. Si fuera un mecanismo tipo SPST en reposo habría un circuito abierto pero la resistencia de 47K situada en la tarjeta de control se encargará de mantener la entrada del microcontrolador a tierra. En ambos casos la entrada estará a nivel “0” cuando los mecanismos estén en reposo.

Al ser accionados, la entrada del microcontrolador se conecta con +VCC por lo que a la entrada del PIC el nivel lógico será “1”.



**Figura 18:** Conexión de mecanismos a la tarjeta de control

Teniendo en cuenta la distribución de las señales que transportan los conectores IN1 - IN6 de la tarjeta de control, la conexión práctica de un bumper se presenta en la Figura 19. Es muy similar a la que se detalló en el apartado 4.1 con relación a la conexión de los sensores infrarrojos.



**Figura 19:** Conexión de un bumper con la tarjeta de control

## 4.3. Los motores

Una de las orientaciones que se quiere dar a la tarjeta de control es la del accionamiento y control de hasta 4 motores de DC o bien dos paso a paso. Junto con los sensores estudiados en los apartados 4.1 y 4.2, será posible desarrollar aplicaciones de carácter didáctico en las que se pueda controlar el sentido de giro, velocidad, posicionamiento, etc. de los mismos.

### 4.3.1. El driver L293B

La tarjeta de control dispone de dos drivers del tipo push-pull de 4 canales integrados sobre el chip L293B de SGS-THOMSON y especialmente indicado para activar cargas de elevado consumo (p.e. motores de DC). Las características más relevantes son:

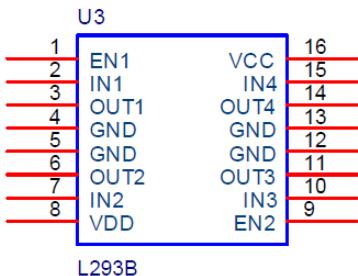
- Corriente de salida de 1 A por canal
- Corriente de salida de pico de 2 A por canal
- Señal para la habilitación de las salidas
- Alta inmunidad al ruido
- Alimentación para las cargas separada de la alimentación de control
- Protección contra sobre – temperaturas

#### 4.3.1.1. Descripción

El L293B es un driver de 4 canales capaz de proporcionar una corriente de salida de hasta 1 A por canal. Cada canal es controlado por señales de entrada compatibles TTL y cada pareja de canales dispone de una señal de habilitación que desconecta las salidas de los mismos.

Dispone de una patilla para la alimentación de las cargas que se están controlando, de forma que dicha alimentación es independiente de la lógica de control.

La Figura 20 muestra el encapsulado de 16 pines, la distribución de patillas y la descripción de las mismas.



<b>Pin Nº</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
1	EN1	Habilitación de los canales 1 y 2
2	IN1	Entrada del canal 1
3	OUT	Salida del canal 1
4	GND	Tierra de alimentación
5	GND	Tierra de alimentación
6	OUT2	Salida del canal 2
7	IN2	Entrada del canal 2
8	VDD	Alimentación de las cargas
9	EN2	Habilitación de los canales 3 y 4
10	IN3	Entrada del canal 3
11	OUT3	Salida del canal 3
12	GND	Tierra de alimentación
13	GND	Tierra de alimentación
14	OUT4	Salida del canal 4
15	IN4	Entrada del canal 4
16	VCC	Alimentación de +5VDC

Figura 20: Descripción de pines del L293B

#### 4.3.1.2. Diagrama de bloques

Es el mostrado en la Figura 21. La señal de control EN1 activa la pareja de canales formada por los drivers 1 y 2. La señal EN2 activa la pareja de drivers 3 y 4. Las salidas OUTn se asocian con las correspondientes INn. Las señales de salida son amplificadas respecto a las de entrada tanto en tensión (hasta +Vss) como en corriente (máx. 1 A).

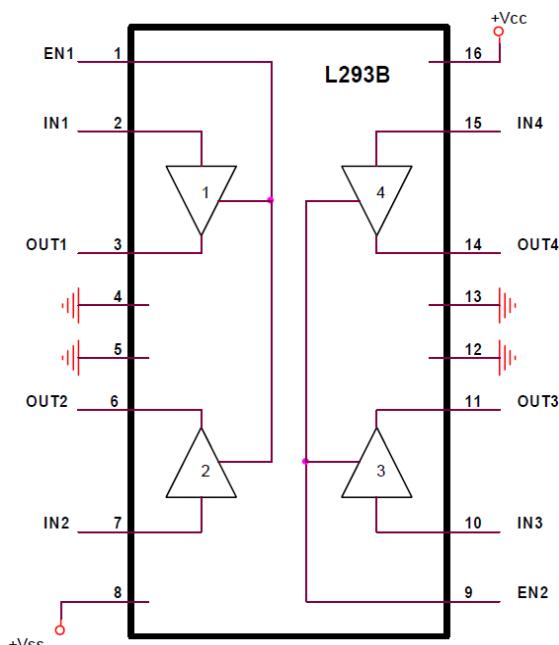


Figura 21: Esquema por bloques del L293B

En la siguiente tabla se muestra la tabla de la verdad que es igual para cada canal del driver L293B.

VINn	VOUTn	VENn
H	H	H
L	L	H
H	Z	L
L	Z	L

H = nivel “1”; L = nivel “0”; Z = OFF

#### 4.3.1.3. Parámetros eléctricos

##### RANGOS ABSOLUTOS MÁXIMOS

Símbolo	Parámetro	Valor	Unidad
Vss	Tensión de alimentación para las cargas	36	V
Vcc	Tensión de alimentación de la lógica	36	V
V <sub>i</sub>	Tensión de entrada	7	V
V <sub>inh</sub>	Tensión de habilitación	7	V
I <sub>out</sub>	Intensidad de pico de salida	2	A
P <sub>tot</sub>	Disipación total de potencia	5	W

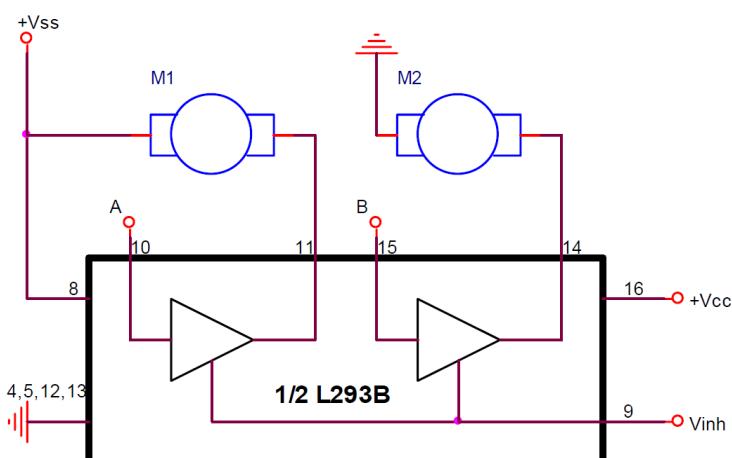
##### CARACTERISTICAS ELECTRICAS

Para cada canal, Vss=24V, Vcc=5V, T<sup>a</sup> ambiente 25°C

Símbolo	Parámetro	Mín.	Típ.	Máx.	Unidad
Vss	Alimentación de las cargas	Vss		36	V
Vcc	Alimentación de la lógica	4.5		36	V
V <sub>IL</sub>	Tensión de entrada a nivel “0”	- 0.3		1.5	V
V <sub>IH</sub>	Tensión de entrada a nivel “1”	2.3		Vcc	V
I <sub>IL</sub>	Corriente de entrada a nivel “0”			- 10	µA
I <sub>IH</sub>	Corriente de entrada a nivel “1”		30	100	µA
V <sub>inhL</sub>	Tensión de habilitación a “0”	- 0.3		1.5	V
V <sub>inhH</sub>	Tensión de habilitación a “1”	2.3		Vcc	V
I <sub>inhL</sub>	Corriente de habilitación a “0”		- 30	- 100	µA
I <sub>inhH</sub>	Corriente de habilitación a “1”			± 10	µA

#### 4.3.1.4. Aplicaciones

A modo de ejemplos de aplicación, se muestran a continuación una serie de circuitos para el control de motores. En la Figura 22 se muestra el control de dos motores de DC que giran en un único sentido. El motor M1 se activa mediante un nivel lógico “0” aplicado por la entrada A y, el motor M2, mediante nivel “1” aplicado por la entrada B, según se aprecia en la tabla de la verdad.



**Figura 22:** Giro en un único sentido de dos motores

<b>V<sub>inh</sub></b>	<b>A</b>	<b>M1</b>	<b>B</b>	<b>M2</b>
H	H	Parada rápida del motor	H	Giro
H	L	Giro	L	Parada rápida del motor
L	X	Motor desconectado, giro libre	X	Motor desconectado, giro libre

L = Nivel “0”; H = Nivel “1”; X = irrelevante

En la Figura 23 se muestra cómo con dos canales se puede controlar el sentido de giro de un motor. Si la entrada C está a nivel “0” y la D a nivel “1”, al motor se le aplica una determinada polaridad que lo hace girar en un sentido. Cambiando los niveles lógicos en las entradas C y D se produce el giro en sentido contrario. Si ambas entradas están al mismo nivel lógico, se produce una parada rápida del motor. Analizar la tabla de la verdad que acompaña a la figura.

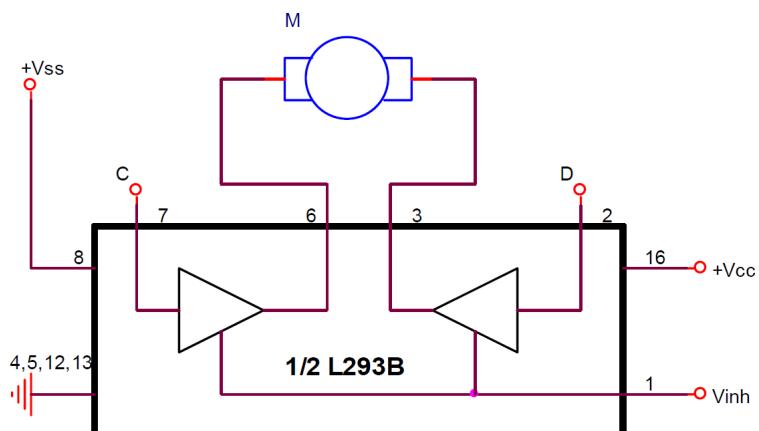


Figura 23: Giro de un motor en los dos sentidos

$V_{inh}$	C	D	M
H	L	L	Parada rápida del motor
H	H	H	Parada rápida del motor
H	L	H	Giro a la izquierda
H	H	L	Giro a la derecha
L	X	X	Motor desconectado, giro libre

Finalmente, en la Figura 24 se muestra la posible conexión de un motor paso a paso bipolar al circuito L293B. Según el orden y la polaridad con la que se activen las bobinas L1 y L2 se producirá un desplazamiento del eje del motor en un determinado sentido. La secuencia de activación de L1 y L2 así como el número de grados que se rota en cada desplazamiento del eje, vendrá determinado por las especificaciones del fabricante del motor paso a paso.

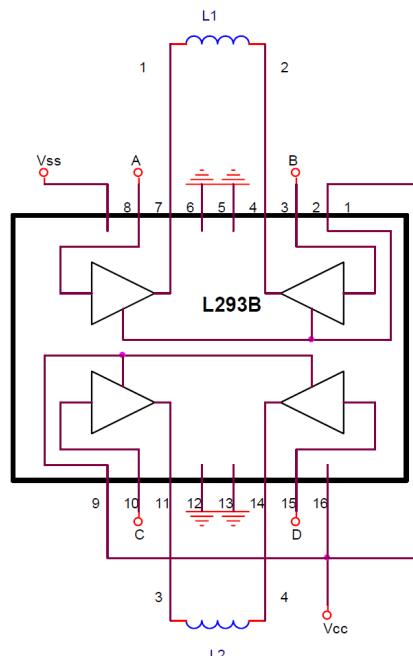


Figura 24: Conexión a un motor paso a paso

Los fabricantes de motores suelen indicar, al igual que en la siguiente tabla, la secuencia o combinaciones que hay que aplicar a las bobinas, para conseguir la secuencia de pasos consecutivos y, por tanto, el giro del motor.

BOBINAS					BOBINAS				
Paso	L1-1	L1-2	L2-3	L2-4	Paso	L1-1	L1-2	L2-3	L2-4
1	+	-	+	-	1	+	-	-	+
2	-	+	+	-	2	-	+	-	+
3	-	+	-	+	3	-	+	+	-
4	+	-	-	+	4	+	-	+	-

Sentido horario

Sentido anti-horario

### 4.3.2. Motores DC

El esquema de la Figura 25 muestra el principio de funcionamiento de un circuito de control para motores DC conocido como 'puente en H'.

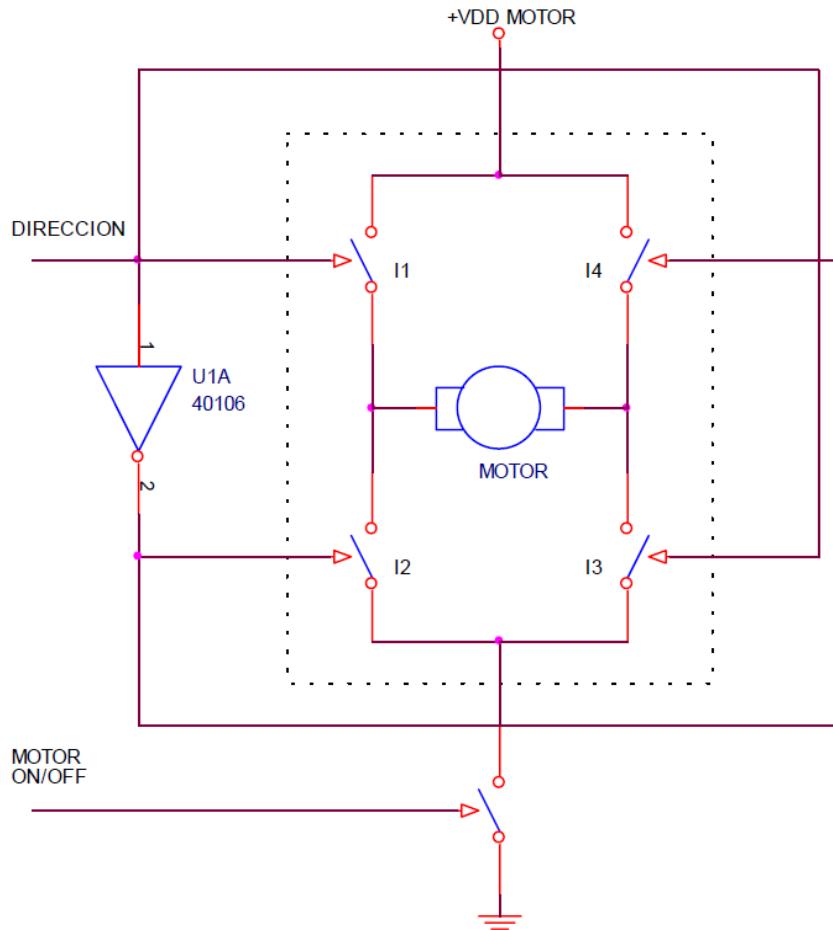
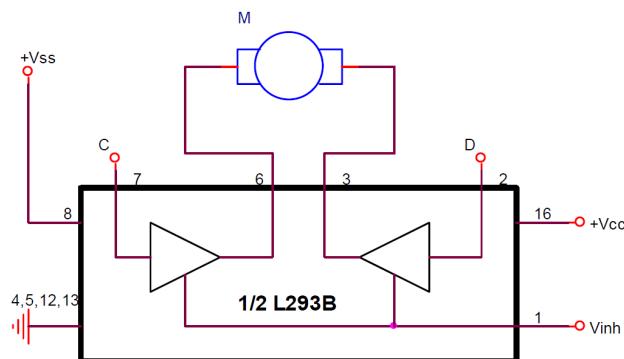


Figura 25: El puente en H

Los 5 interruptores emulan a sendos transistores de conmutación o drivers. El de ON/OFF se activa, cerrando circuito con tierra, mediante una señal que se puede considerar como señal de habilitación. Estando desconectada, el motor queda sin tensión. El motor puede girar libremente.

El accionamiento del motor se realiza activando los interruptores por parejas. Así, al activar I1 e I3, al motor le llega una tensión cuya polaridad estará – a la derecha y Vdd a la izquierda. Esto producirá el giro en un sentido. Activando la pareja de interruptores I2 e I4, la tensión aplicada adquiere la polaridad opuesta por lo que el giro se realizará en sentido contrario. Naturalmente nunca deberán estar ambas parejas activadas pues se produciría un cortocircuito en la alimentación.

Empleando dos de los cuatro drivers que posee el circuito L293B se puede realizar un sistema que accione el motor y lo haga girar en ambos sentidos. Puede servir como ejemplo el mostrado en la Figura 26.



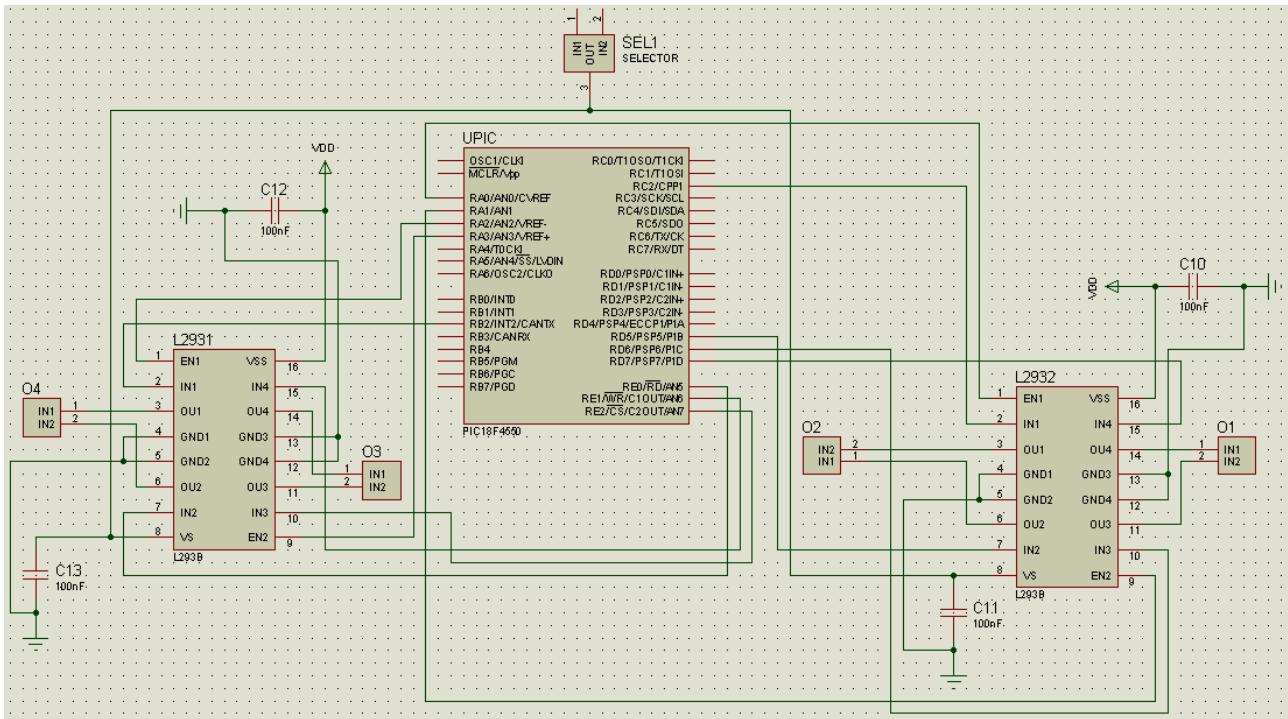
**Figura 26:** Accionamiento de un motor DC

La señal introducida por la patilla 1 ( $V_{inh}$ ) equivale a la señal ON/OFF anterior. Si está a nivel “0”, ambos drivers permanecen inhabilitados y el motor sin tensión. Las señales C y D controlan a las parejas de interruptores anteriormente citadas en la Figura 25. Deben trabajar en oposición. Activando C y desactivando D, el motor recibe una tensión cuya polaridad queda con el + a la izquierda y el – a la derecha, provocando el giro en un sentido. Invertiendo el estado de las señales C y D se conseguirá una polarización opuesta y un giro en sentido contrario.

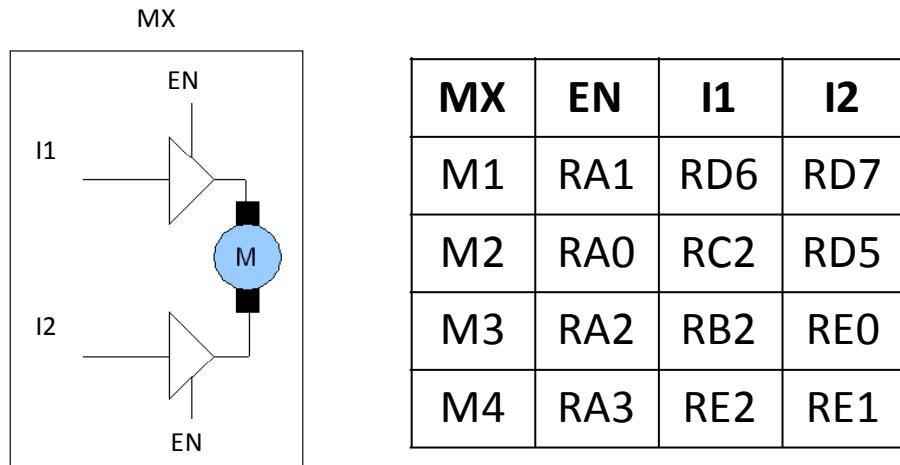
La Figura 27 muestra el empleo del circuito L293B en la tarjeta de control. Gracias a los dos circuitos disponibles se pueden gobernar cuatro motores de corriente continua (DC) controlando su sentido de giro o bien dos paso a paso (PAP).

El que aparece a la derecha del microcontrolador (L2392) tiene conectadas sus entradas de habilitación EN1 y EN2 a las patillas del PIC RA0 y RA1, respectivamente. Con ellas se pueden habilitar los motores conectados a los conectores O2 y O1, respectivamente.

En la Figura 28 vemos el esquema de conexión de cada uno de los motores DC, así como la tabla de correspondencia con las patillas del PIC para su control. La entrada EN es la que habilita cada motor, y las entradas I1 e I2 nos permiten controlar el sentido de giro.



**Figura 27:** Esquema de interconexión de los dos drivers L293B que hay en la placa de control



**Figura 28:** Configuración de los motores en la tarjeta de control

#### 4.3.3. Motores Paso a Paso

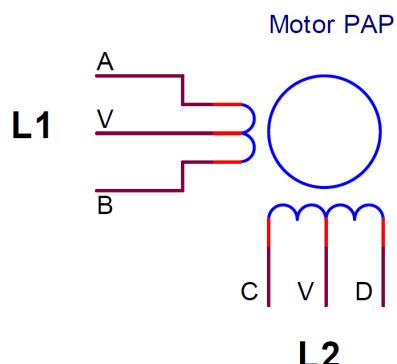
Mediante la tarjeta de control y sus drivers L293B, es posible gobernar dos motores paso a paso. Este tipo de motores está formado por una serie de bobinas excitadoras cuyos extremos salen al exterior en formas de cables.

Mediante esos cables se introducen las tensiones con la polaridad adecuada que permiten que el eje del motor giro un ángulo de un número determinado de grados. A esto se le conoce como “dar un

paso". Si se quiere dar el siguiente paso se debe introducir por las bobinas, de forma secuencial, otras tensiones con polaridades diferentes.

El número de grados por paso así como la secuencia de polaridad que hay que aplicar a las bobinas, dependen del modelo del motor y viene establecido por su fabricante.

Este tipo de motores se pueden encontrar con 4 o 6 cables, bipolares o unipolares respectivamente. Los cuatro cables de los bipolares se corresponden a los extremos de las dos bobinas que lo componen. En el caso de los unipolares, cuatro cables se corresponden a los extremos de las dos bobinas y, los otros dos, a las tomas intermedias de estas. Estas tomas son de alimentación y se conectan directamente al positivo de alimentación. Ver la Figura 29.



**Figura 29:** Motor PAP unipolar

La bobina L1 consta de los cables A y B como extremos y el V como toma intermedia. La bobina L2 está formada por los extremos C y D y el V como intermedio. Identificar los cables de un motor PAP no presenta gran dificultad con la ayuda de un polímetro. En principio una bobina no tiene ninguna relación con la otra, por lo que la resistencia debe ser infinita. De esta forma se trata de conseguir separar 3 conductores que entre sí presenten cierta resistencia, pero con respecto a los otros 3 la resistencia sea infinita. Se localizan así los tres conductores de cada bobina.

Identificada ésta, los cables de los extremos deben presentar una mayor resistencia que el intermedio con respecto a los otros dos. Es decir, suponiendo la bobina L1, entre los cables A y B habrá una mayor resistencia (aproximadamente del doble) que entre el V y cualquiera de los otros dos.

## 5. Programación de la tarjeta de control

Para programar el microcontrolador que incorpora la tarjeta de control hacemos uso de la conexión USB que dispone para comunicarlo con el PC. La comunicación con el PC se establece cuando el microcontrolador entra en funcionamiento en modo monitor (véase sección 3.2) y haciendo uso de un software específico desarrollado que nos permitirá distintas operaciones sobre el microcontrolador.

### 5.1. Requisitos

Como hemos comentado, la comunicación se lleva a cabo mediante USB, por lo que necesitamos que el PC disponga de este tipo de interfaz.

Para poder establecer la comunicación entre la tarjeta de control y el PC necesitaremos un driver de control específico para el dispositivo, así como una aplicación software que implementa las distintas operaciones de comunicación entre el PC y el microcontrolador. Este software es capaz de programar el microcontrolador con un archivo binario previamente generado con un compilador de código para el PIC, bien sea ensamblador o de otro lenguaje de alto nivel, como C.

En el siguiente apartado describimos cómo obtener e instalar los elementos necesarios para poder hacer uso de la plataforma.

### 5.2. Instalación del driver y el software de programación

Todos los elementos necesarios para poder trabajar desde nuestro PC con la tarjeta de control los podemos encontrar en el archivo que puedes descargar de la plataforma de docencia:

**USB\_Programmer.zip**

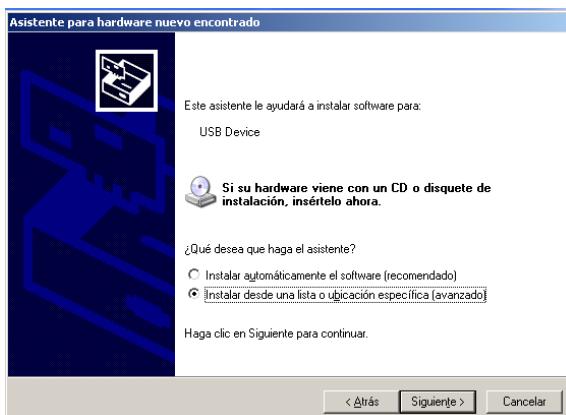
Descargamos el archivo del enlace arriba indicado y procedemos a descomprimirlo en una ubicación de nuestro equipo donde deberá permanecer mientras estemos trabajando con nuestra tarjeta. En la imagen se puede ver el contenido de la carpeta.

Nombre	Tamaño	Tipo	Fecha de modificación
Driver		Carpeta de archivos	13/04/2015 8:26
PC Software		Carpeta de archivos	13/04/2015 8:26
tarjeta.h	4 KB	C Include File	06/10/2014 10:59

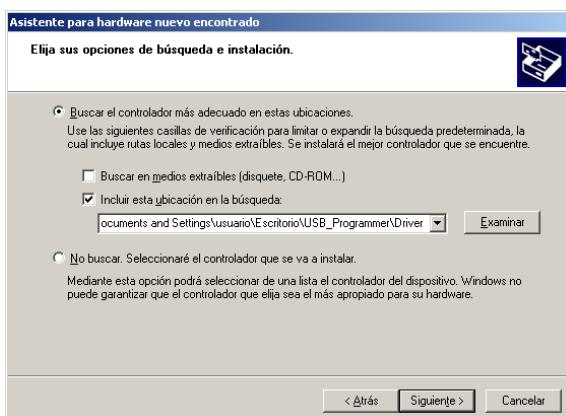
Al finalizar este paso procedemos a conectar la tarjeta de control al PC, la encendemos e iniciamos el microcontrolador en el modo monitor como ya se ha comentado. En este momento nos aparecerá el asistente para nuevo hardware encontrado.



Pulsamos el botón de *Siguiente* y seleccionamos la instalación desde una ubicación específica.



Tras este paso, especificamos la ruta completa hasta la carpeta '*Driver*' contenida en el archivo .zip que hemos descomprimido, y pulsamos Siguiente.



Una vez realizada la instalación se nos confirma con la siguiente ventana.

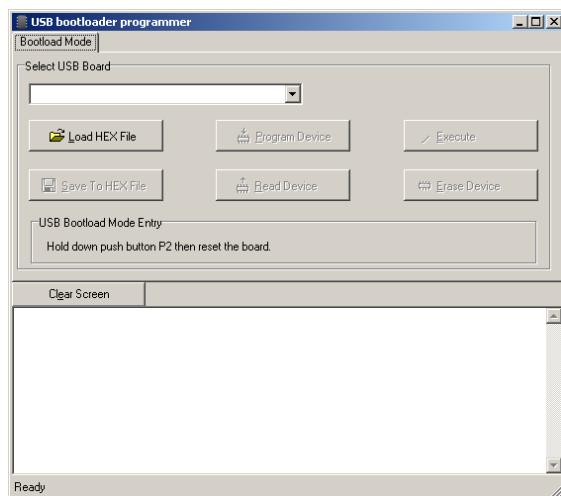


En este punto tenemos completamente instalado todo lo necesario para poder comunicarnos con la tarjeta de control.

### **5.3. Programación del microcontrolador**

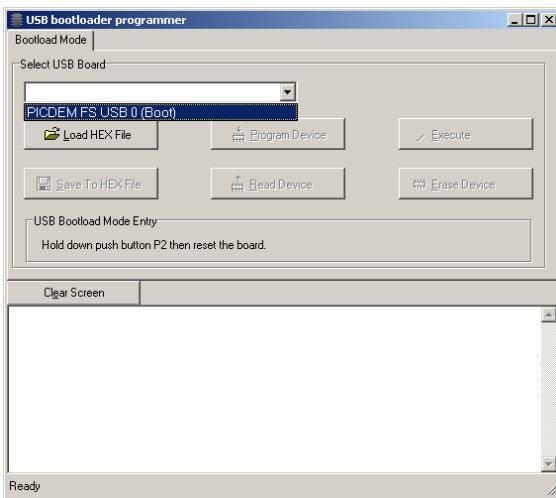
La herramienta de programación la podemos encontrar en la carpeta 'PC Software' del archivo descomprimido, tratándose del ejecutable *USBBP.exe*

Al ejecutar este programa (a partir de Windows 7 hay que ejecutar como Administrador) tenemos la siguiente interfaz:

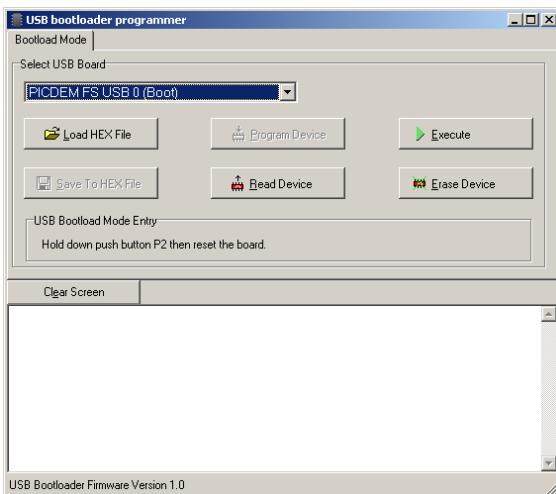


Esta aplicación está desarrollada para nuestra tarjeta de prototipado, y está pensada para poder ser ampliada si se estima necesario. Nos vamos a centrar en la pestaña 'Bootload Mode' que es la que nos va a permitir comunicarnos con el microcontrolador.

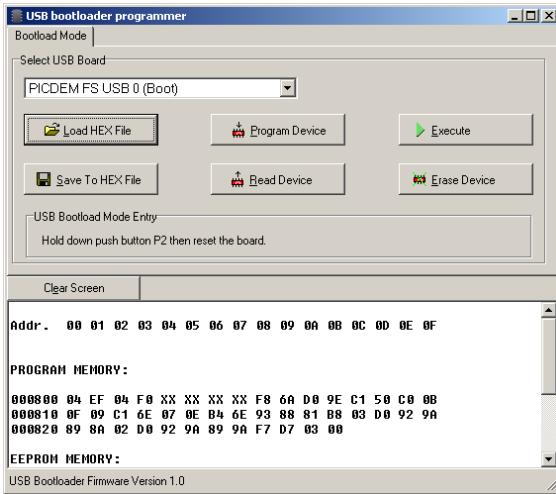
En el desplegable que tenemos arriba nos encontramos con todas las tarjetas que tenemos conectadas a nuestro PC.



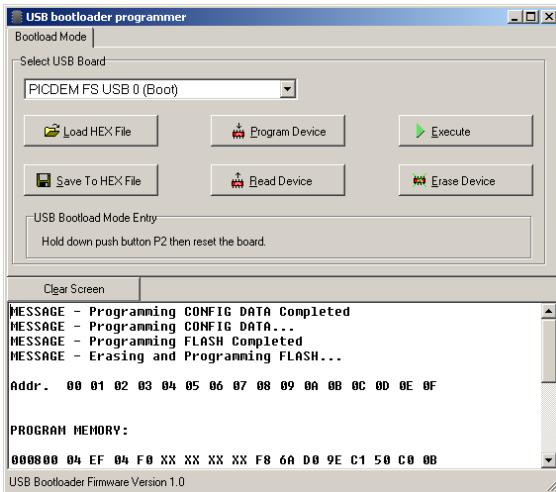
Y al seleccionarla se activan todas las opciones disponibles: cargar un archivo binario (HEX), leer el dispositivo, borrarlo o lanzar la ejecución de la aplicación de usuario (saliendo del modo monitor).



Al cargar un archivo binario también se activa la opción de programarlo.



Tras programarlo, podemos ver el resultado de la operación en la ventana de texto que se ve en la parte inferior.



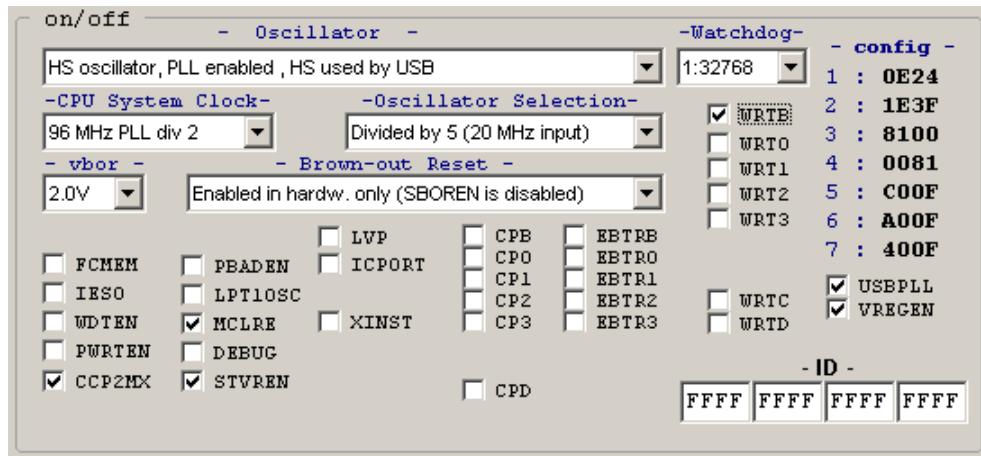
Una vez programado el dispositivo podemos probar nuestro diseño aplicando un reset a la placa de control (pulsador P1) o pulsando sobre el botón *Execute* de la interfaz de programación. Para poder volver a programar el dispositivo tendremos que volver a iniciarla en modo monitor y seleccionarlo del desplegable de la interfaz de programación.

### 5.3.1. Configuración del PIC en modo monitor

Si leemos el contenido de la memoria del microcontrolador cuando sólo tiene el programa monitor, también obtenemos la palabra de configuración del mismo. En nuestro caso es la siguiente:

```
USER ID MEMORY:  
200000 FF FF FF FF FF FF FF FF  
  
CONFIGURATION MEMORY:  
300000 24 0E 3F 1E 00 81 81 00 0F C0 0F A0 0F 40  
3FFFFE 07  
3FFFFF 12
```

Que se corresponde con la siguiente configuración:



Esta información la podemos traducir haciendo uso de la tabla 25-1 de la hoja de características del microcontrolador. Las siguientes características son las más importantes:

- Configuración del oscilador de forma que la frecuencia de trabajo es de 48 MHz.
  - Watchdog deshabilitado, aunque puede activarse por software en la aplicación de usuario.
  - Entrada de reset seleccionada (invalida la entrada/salida RE3).
  - PORTB<4:0> funcionando como I/O digitales.
  - Sin protección en código ni datos, salvo en el bloque que incorpora el programa monitor (bootloader).