

## Control de Motores Paso a Paso (Stepper motors)



Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos.

La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde  $90^\circ$  hasta pequeños movimientos de tan solo  $1.8^\circ$ , es decir, que se necesitarán 4 pasos en el primer caso ( $90^\circ$ ) y 200 para el segundo caso ( $1.8^\circ$ ), para completar un giro completo de  $360^\circ$ .

Estos motores poseen la habilidad de poder quedar enclavados en una posición o bien totalmente libres. Si una o más de sus bobinas está energizada, el motor estará enclavado en la posición correspondiente y por el contrario quedará completamente libre si no circula corriente por ninguna de sus bobinas.

En este capítulo trataremos solamente los motores P-P del tipo de imán permanente, ya que estos son los mas usados en robótica.

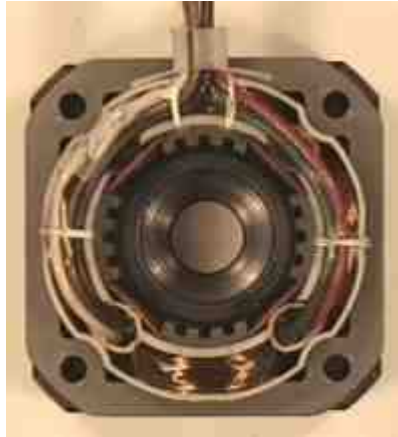
### Principio de funcionamiento

Básicamente estos motores están constituidos normalmente por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes y por un cierto número de bobinas excitadoras bobinadas en su estator.

Las bobinas son parte del estator y el rotor es un imán permanente. Toda la conmutación (o excitación de las bobinas) deber ser externamente manejada por un controlador.

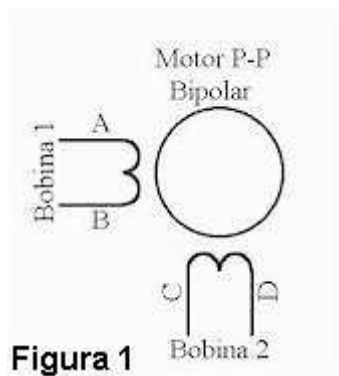


### Imagen del rotor

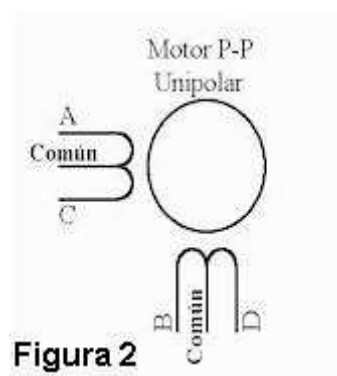


### Imagen de un estator de 4 bobinas

Existen dos tipos de motores paso a paso de imán permanente:



**Figura 1**



**Figura 2**

- **Bipolar:** Estos tienen generalmente cuatro cables de salida (ver figura 1). Necesitan ciertos trucos para ser controlados, debido a que requieren del cambio de dirección del flujo de corriente a través de las bobinas en la secuencia apropiada para realizar un movimiento. En figura 3 podemos apreciar un ejemplo de control de estos motores mediante el uso de un puente en H (H-Bridge). Como se aprecia, será necesario un H-Bridge por cada bobina del motor, es decir que para controlar un motor Paso a Paso de 4 cables (dos bobinas), necesitaremos usar dos H-Bridges iguales al de la figura 3. El circuito de la figura 3 es a modo ilustrativo y no corresponde con exactitud a un H-Bridge. En general es recomendable el uso de H-Bridge integrados como son los casos del L293 (ver figura 3 bis).

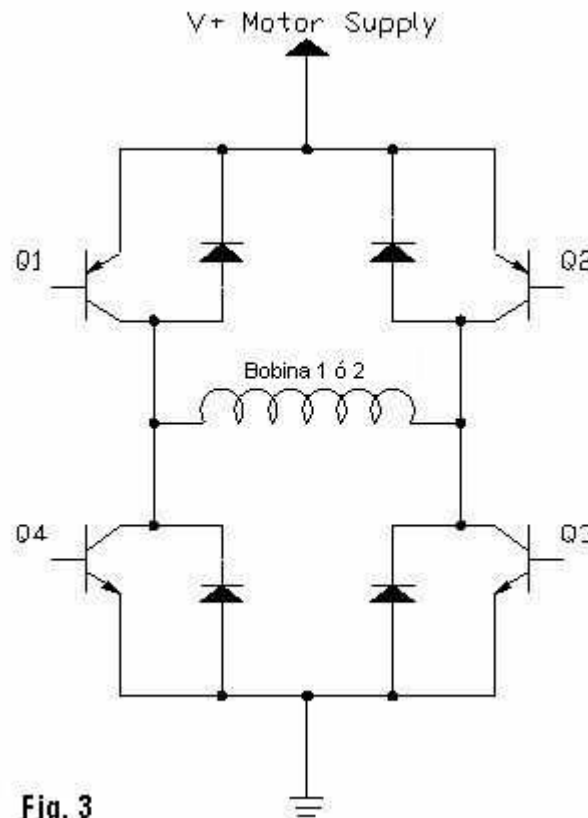


Fig. 3

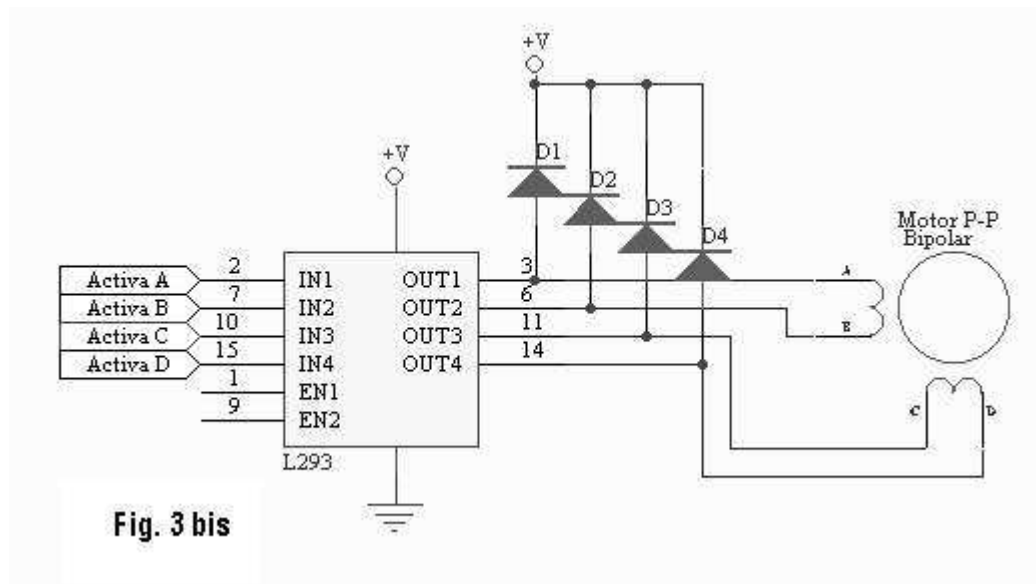
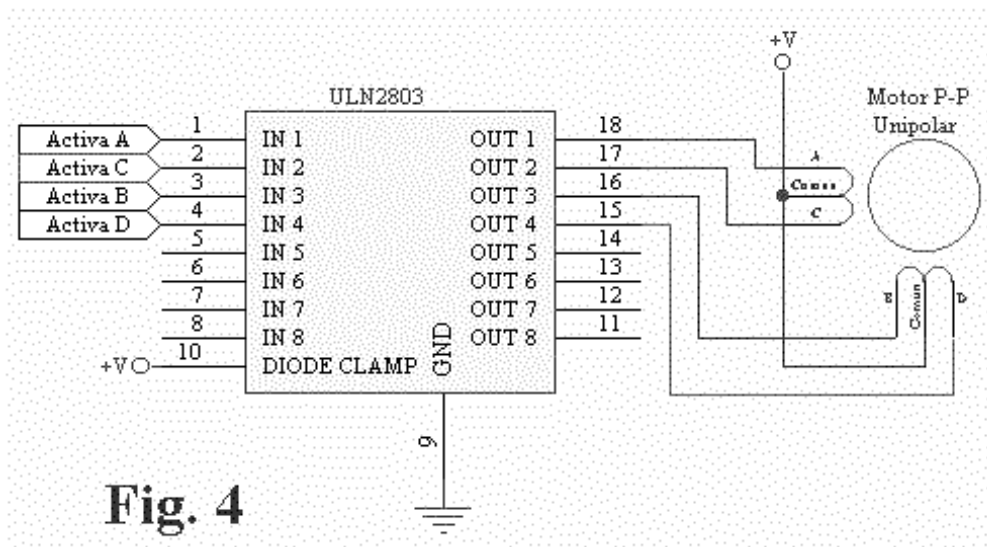


Fig. 3 bis

- **Unipolar:** Estos motores suelen tener 6 o 5 cables de salida, dependiendo de su conexionado interno (ver figura 2). Este tipo se caracteriza por ser más simple de controlar. En la figura 4 podemos apreciar un ejemplo de conexionado para controlar un motor paso a paso unipolar mediante el uso de un ULN2803, el cual es una array de 8 transistores tipo Darlington capaces de manejar cargas de hasta 500mA. Las entradas de

activación (Activa A, B , C y D) pueden ser directamente activadas por un microcontrolador.



## Secuencias para manejar motores paso a paso Bipolares

Como se dijo anteriormente, estos motores necesitan la inversión de la corriente que circula en sus bobinas en una secuencia determinada. Cada inversión de la polaridad provoca el movimiento del eje en un paso, cuyo sentido de giro está determinado por la secuencia seguida.

A continuación se puede ver la tabla con la secuencia necesaria para controlar motores paso a paso del tipo Bipolares:

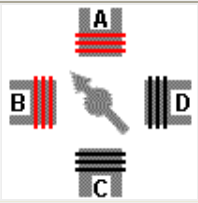
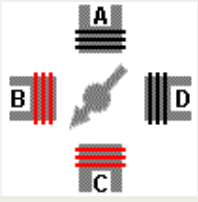
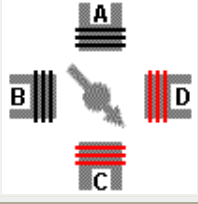
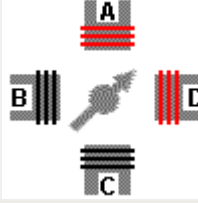
PASO	TERMINALES			
	A	B	C	D
1	+V	-V	+V	-V
2	+V	-V	-V	+V
3	-V	+V	-V	+V
4	-V	+V	+V	-V

## Secuencias para manejar motores paso a paso Unipolares

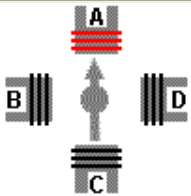
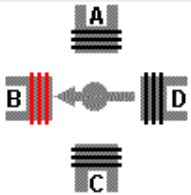
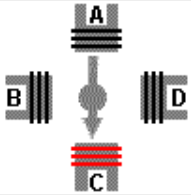
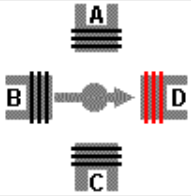
Existen tres secuencias posibles para este tipo de motores, las cuales se detallan a continuación. Todas las secuencias comienzan nuevamente por el paso 1 una vez alcanzado el paso final (4 u 8). Para revertir el sentido de giro, simplemente se deben ejecutar las secuencias en modo

inverso.

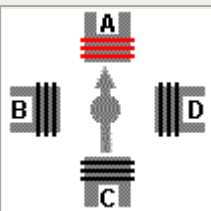
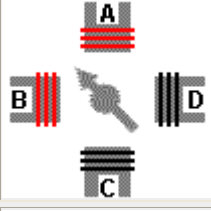
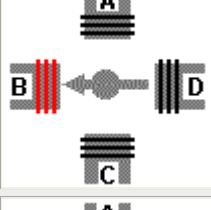
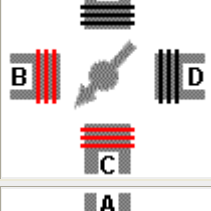
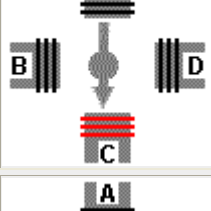
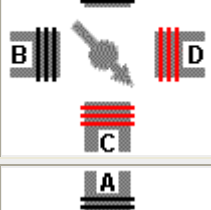
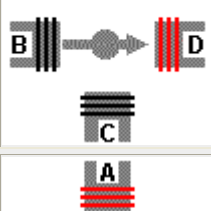
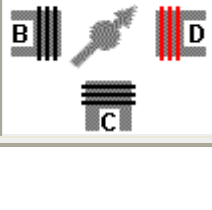
**Secuencia Normal:** Esta es la secuencia más usada y la que generalmente recomienda el fabricante. Con esta secuencia el motor avanza un paso por vez y debido a que siempre hay al menos dos bobinas activadas, se obtiene un alto torque de paso y de retención.

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	ON	OFF	OFF	
2	OFF	ON	ON	OFF	
3	OFF	OFF	ON	ON	
4	ON	OFF	OFF	ON	

**Secuencia del tipo wave drive:** En esta secuencia se activa solo una bobina a la vez. En algunos motores esto brinda un funcionamiento mas suave. La contrapartida es que al estar solo una bobina activada, el torque de paso y retención es menor.

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	OFF	OFF	OFF	
2	OFF	ON	OFF	OFF	
3	OFF	OFF	ON	OFF	
4	OFF	OFF	OFF	ON	

**Secuencia del tipo medio paso:** En esta secuencia se activan las bobinas de tal forma de brindar un movimiento igual a la mitad del paso real. Para ello se activan primero 2 bobinas y luego solo 1 y así sucesivamente. Como vemos en la tabla la secuencia completa consta de 8 movimientos en lugar de 4.

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	OFF	OFF	OFF	
2	ON	ON	OFF	OFF	
3	OFF	ON	OFF	OFF	
4	OFF	ON	ON	OFF	
5	OFF	OFF	ON	OFF	
6	OFF	OFF	ON	ON	
7	OFF	OFF	OFF	ON	
8	ON	OFF	OFF	ON	

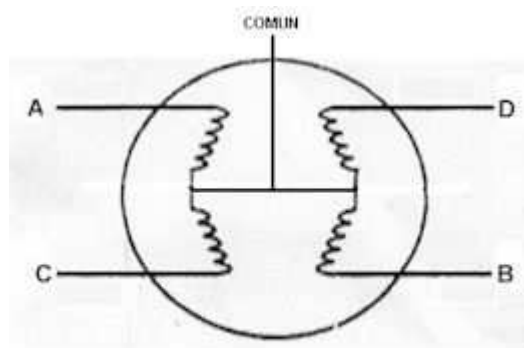
Como comentario final, cabe destacar que debido a que los motores paso a paso son dispositivos mecánicos y como tal deben vencer ciertas inercias, el tiempo de duración y la frecuencia de los pulsos aplicados es un punto muy importante a tener en cuenta. En tal sentido el motor debe alcanzar el paso antes que la próxima secuencia de pulsos comience. Si la frecuencia de pulsos es muy elevada, el motor puede reaccionar en alguna de las siguientes formas:

- Puede que no realice ningún movimiento en absoluto.
- Puede comenzar a vibrar pero sin llegar a girar.
- Puede girar erráticamente.
- O puede llegar a girar en sentido opuesto.

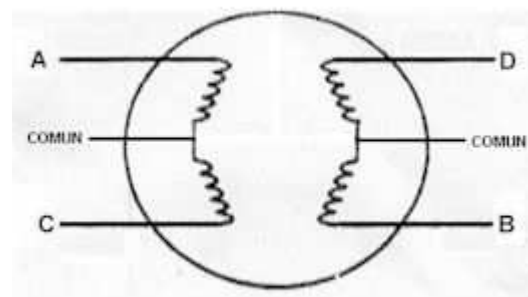
Para obtener un arranque suave y preciso, es recomendable comenzar con una frecuencia de pulso baja y gradualmente ir aumentándola hasta la velocidad deseada sin superar la máxima tolerada. El giro en reversa debería también ser realizado previamente bajando la velocidad de giro y luego cambiar el sentido de rotación.

### **Una referencia importante:**

Cuando se trabaja con motores P-P usados o bien nuevos, pero de los cuales no tenemos hojas de datos. Es posible averiguar la distribución de los cables a los bobinados y el cable común en un motor de paso unipolar de 5 o 6 cables siguiendo las instrucciones que se detallan a continuación:



Motor P-P con 5 cables de salida



Motor P-P con 6 cables de salida

Letra	Color
A	Negro
B	Amarillo
C	Marrón
D	Naranja



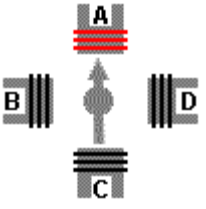
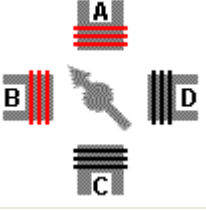
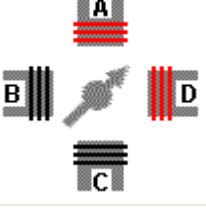
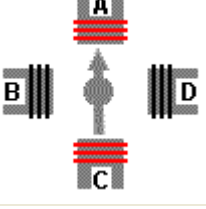
**1. Aislando el cable(s) común que va a la fuente de alimentación:** Como se aprecia en las figuras anteriores, en el caso de motores con 6 cables, estos poseen dos cables *comunes*, pero generalmente poseen el mismo color, por lo que lo mejor es unirlos antes de comenzar las pruebas.

Usando un tester para chequear la resistencia entre pares de cables, el cable común será el único que tenga la mitad del valor de la resistencia entre ella y el resto de los cables.

Esto es debido a que el cable *común* tiene una bobina entre ella y cualquier otro cable, mientras que cada uno de los otros cables tienen dos bobinas entre ellos. De ahí la mitad de la resistencia medida en el cable *común*.

**2. Identificando los cables de las bobinas (A, B, C y D):** aplicar un voltaje al cable *común* (generalmente 12 volts, pero puede ser más o menos) y manteniendo uno de los otros cables a masa (GND) mientras vamos poniendo a masa cada uno de los demás cables de forma alternada y observando los resultados.

El proceso se puede apreciar en el siguiente cuadro:

Seleccionar un cable y conectarlo a masa. Ese será llamado cable <b>A</b> .	
Manteniendo el cable <b>A</b> conectado a masa, probar cuál de los tres cables restantes provoca un paso en sentido antihorario al ser conectado también a masa. Ese será el cable <b>B</b> .	
Manteniendo el cable <b>A</b> conectado a masa, probar cuál de los dos cables restantes provoca un paso en sentido horario al ser conectado a masa. Ese será el cable <b>D</b> .	
El último cable debería ser el cable <b>C</b> . Para comprobarlo, basta con conectarlo a masa, lo que no debería generar movimiento alguno debido a que es la bobina opuesta a la <b>A</b> .	

**Nota:** La nomenclatura de los cables (A, B, C, D) es totalmente arbitraria.

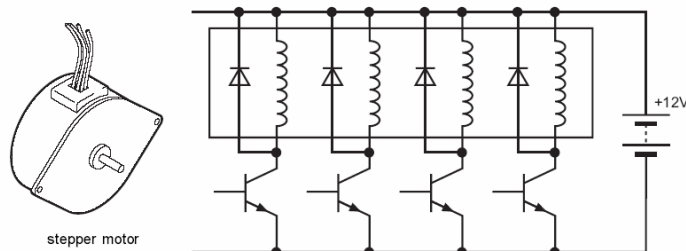
## Identificando los cables en Motores P-P Bipolares:

Para el caso de motores paso a paso bipolares (generalmente de 4 cables de salida), la identificación es más sencilla. Simplemente tomando un tester en modo ohmetro (para medir resistencias), podemos hallar los pares de cables que corresponden a cada bobina, debido a que entre ellos deberá haber continuidad (en realidad una resistencia muy baja). Luego solo deberemos averiguar la polaridad de la misma, la cual se obtiene fácilmente probando. Es decir, si conectado de una manera no funciona, simplemente damos vuelta los cables de una de las bobinas y entonces ya debería funcionar correctamente. Si el sentido de giro es inverso a lo esperado, simplemente se deben invertir las conexiones de ambas bobinas y el H-Bridge.

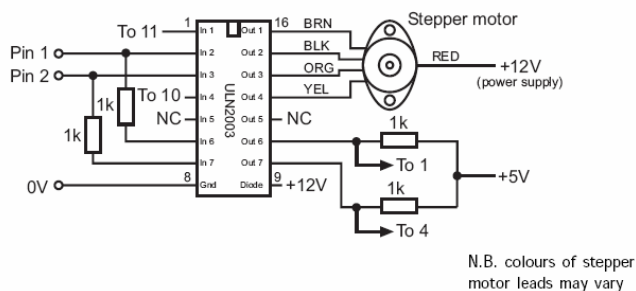
### Para recordar

- Un motor de paso con 5 cables es casi seguro de 4 fases y unipolar.
- Un motor de paso con 6 cables también puede ser de 4 fases y unipolar, pero con 2 cables comunes para alimentación. pueden ser del mismo color.
- Un motor de pasos con solo 4 cables es comúnmente bipolar.

## *Control de un motor paso a paso (PAP) unipolar:*



Step	Coil 1	Coil 2	Coil 3	Coil 4
1	1	0	1	0
2	1	0	0	1
3	0	1	0	1
4	0	1	1	0
1	1	0	1	0



Step	Coil 1	Coil 3	Change
1	1	1	coil 3
2	1	0	coil 1
3	0	0	coil 3
4	0	1	coil 1
1	1	1	

```
steps:  toggle 1
        pause 200
        toggle 2
        pause 200
        goto steps
```

```
` Toggle pin 1
` Wait 200 ms
` Toggle pin 2
` Wait 200ms
` Loop
```