

# Motores Paso a Paso (Stepper)

Paul Aguayo S., paguayo@olimex.cl

21 de diciembre de 2004

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
<b>2. Tipos de motores paso a paso</b>	<b>3</b>
<b>3. El enigma de los hilos</b>	<b>8</b>

# 1. Introducción



Figura 1: Motor Stepper

También conocidos como "stepper motor", pueden girar y pararse con una precisión del orden de centésimas de milímetro. Esta alta precisión y su fiabilidad los destinan a ser utilizados en una gran cantidad de aparatos electrónicos como por ejemplo, discos, impresoras, fotocopiadoras, y robots. Este pequeño tutorial cubre la teoría necesaria para poder hacer un controlador para este tipo de motores

# 2. Tipos de motores paso a paso

Los motores paso a paso pueden ser de tipo bipolar o unipolar. Los motores bipolares son llamados así porque para hacer girar el eje, deben invertir la polaridad de la alimentación de sus bobinas, según una secuencia bien precisa (ver Figura 2).

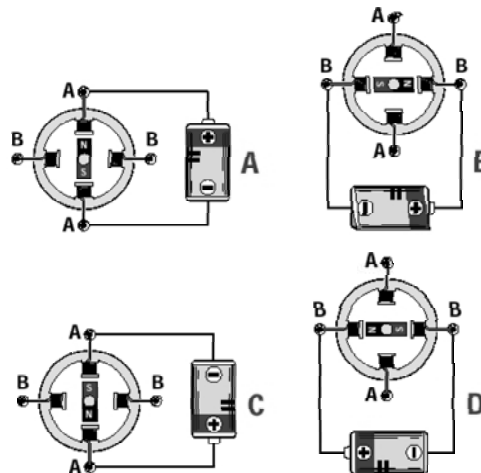


Figura 2: Secuencia y la polaridad de la alimentación a aplicar sobre las bobinas A-A y B-B para hacer girar el eje del motor con una progresión de un paso cada vez

Estos motores se reconocen fácilmente por los 4 hilos que salen de su cuerpo. (ver Figura 3).

Los motores unipolares son llamados así porque, al tener un doble arrollamiento en sus bobinas, no es necesario invertir la polaridad de la alimentación.

Estos motores se reconocen por los 5 ó 6 hilos que salen de su cuerpo (ver Figuras 4 y 5).

Los motores bipolares son más corrientes ya que, a igual potencia, tienen unas dimensiones menores que los unipolares.

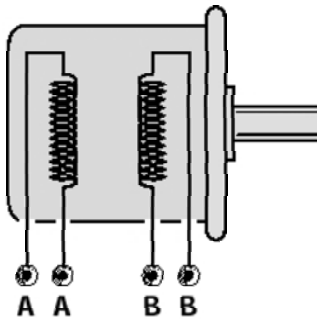


Figura 3: hilos salen de los motores bipolares debido al par de bobinas que no tienen toma central

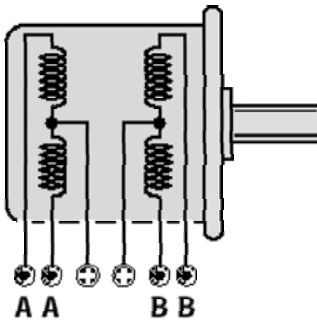


Figura 4: Cuando salen 6 hilos del cuerpo del motor, quiere decir que el par de bobinas tienen una toma central, cada una.

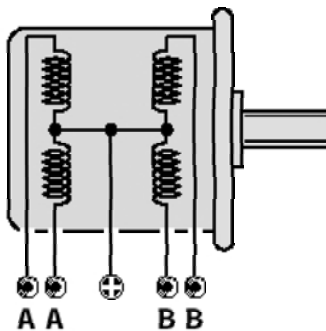


Figura 5: En los motores unipolares, de los que salen 5 hilos, las bobinas A y B están conectadas entre ellas, directamente en su interior, por una sola toma central

Es por esta razón, por la que se prefiere utilizar los motores bipolares, ya que suponen menor problema de espacio en el interior de cualquier dispositivo.

El primer problema al que se enfrenta el técnico, es al control de un motor paso a paso. Aún teniendo un motor con tan solo 4 hilos, frente a los de 5 ó 6 hilos, muchos ignoran como conectarlos y con que tensión alimentarlos.

En la mayoría de los casos, se encuentra en el cuerpo del motor etiquetas con datos incomprensibles, pero raramente, sinó nunca, el valor de la tensión de trabajo ni la corriente máxima admisible ya que, la corriente varia al mismo tiempo que la tensión de alimentación.

Los motores paso a paso pueden ser alimentados no importa con que tensión, es decir 9, 12, 15, 18, 24 o 28 voltios, a condición de que el circuito de control disponga de un sistema que limite la corriente que circula por sus bobinas.

Sin este control, corrientes muy elevadas atravesarán los arrollamientos de las bobinas, aumentando al mismo tiempo que el valor de la tensión de alimentación. En este caso, no solo el circuito de control se dañará rápidamente, sinó que simultaneamente los arrollamientos de las bobinas del motor se calentarán en exceso y terminarán dañándose igualmente.

Si tenemos un motor en el que la tensión de alimentación es de 12 voltios, preparado para absorber una corriente máxima de 0,3 amperios, y medimos el valor ohmico de sus bobinas, podremos comprobar que esta es de 2,5 ohm. Si este motor es alimentado con una tensión de 12 voltios sin limitación de corriente, según la ley de ohm bien conocida:

$$\text{Corriente (amperios)} = \text{Voltaje (voltios)} / \text{resistencia (ohm)}$$

tendremos que por las bobinas circulará una corriente de:

$$12 \text{ voltios} / 2,5 \text{ ohm} = 4,8 \text{ amperios.}$$

Si a continuación lo alimentamos con una tensión de 24 voltios, la corriente aumentará de esta manera:

$$24 \text{ voltios} / 2,5 \text{ ohm} = 9,6 \text{ amperios}$$

Para evitar que el circuito controlador o las bobinas del motor (o ambos) puedan dañarse, es suficiente con limitar la corriente a un máximo de unos 0,3 amperios, siempre para un voltaje de 12 voltios, o limitar la corriente a un valor inferior, para una tensión de 24 voltios.

Si abrimos uno de estos motores, nos encontraremos, algo similar a una simple dinamo de bicicleta, un imán con múltiples polos, conectado al eje del motor (ver Figura 6), y un cierto número de bobinas excitadoras situadas sobre la pared del motor (ver Figura 7).



Figura 6: Sobre el eje del motor está fijado un cilindro provisto de 2 rangos de dientes magnéticos que se posicionan frente a las bobinas

Para comprender aún mejor como se procede para hacer girar un paso el eje del motor, analicemos un motor teórico provisto de 4 bobinas excitadoras unicamente (ver Figura 9), excitadas por un solo imán.

Si aplicamos uan tensión sobre las 2 bobinas A-A, el imán será atraído hacia sus 2 bobinas, y se obtendrá entonces la rotación de un paso (ver Figura 2A). Si retiramos la alimentación de las 2 bobinas A-A para aplicarla sobre las bobinas B-B, el imán será atraído hacia éstas 2 bobinas y se obtendrá de nuevo la rotación de otro paso (ver Figura 2B). Sí aplicamos la tensión sobre las bobinas A-A, pero con una polaridad inversa, el imán será de nuevo atraído hacia estas 2 bobinas y se obtendrá de nuevo otro avance de paso (ver Figura 2C).

Para obtener todavía otro paso de rotación, se deberá aplicar una tensión de polaridad inversa sobre las bobinas B-B (ver Figura 2D).



Figura 7: Si abrimos un motor paso a paso, nos encontraremos las bobinas de excitación que sirven para hacer girar el rotor mostrado en la Figura 6.

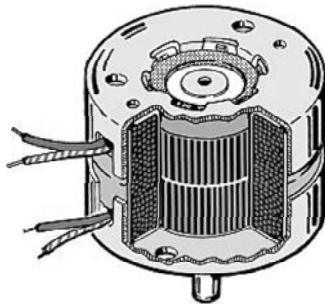


Figura 8: En los motores bipolares, siempre nos encontraremos con 4 hilos, mientras que en los motores unipolares serán 5 ó 6 los hilos que surgen del cuerpo del motor (ver Figuras 3, 4 y 5)

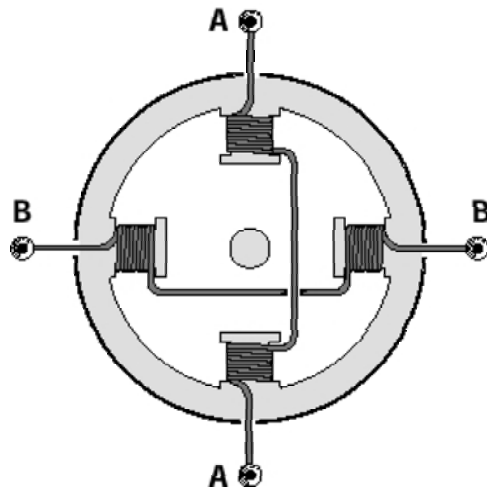


Figura 9: Para explicarnos como hacer girar un paso el rotor de estos motores, tomemos como ejemplo un motor teórico provisto de 4 bobinas de excitación, únicamente, y de un solo imán (ver Figura 2).

De manera que, para realizar un giro completo del eje del motor, tendremos que aplicar de manera secuencial una tensión sobre las bobinas A-A, luego sobre las bobinas B-B, luego de nuevo, pero con una polaridad inversa, sobre las bobinas A-A y sobre las bobinas B-B.

Cuanto mayor sea el número de imanes presentes sobre el rotor y la cantidad de bobinas presentes en el estator, mayor será el número de pasos necesarios para efectuar un giro completo del eje del motor.

Existen motores que ejecutan un giro completo con 20 pasos, otros con 48 pasos y otros incluso, con 100 ó 200 pasos.

Podemos encontrarnos a veces una etiqueta sobre el cuerpo del motor, sobre la que Figura un número, por ejemplo 1,8°, 7,5°, 15°, etc., indicando el número de grados que gira el eje en cada paso.

En la siguiente tabla, puedes encontrar el número de pasos necesarios para obtener un giro completo en función de los grados.

Valor de un paso	Nº de pasos para un giro
18°	20
15°	24
9°	40
7.5°	48
3.6°	100
1.8°	200

Conociendo el número de grados recorridos por el eje del motor a cada paso, podemos calcular cuantos pasos son necesarios para que el eje del motor efectue un giro completo, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Total de pasos} = 360 / \text{grados en cada paso}$$

Conociendo el número total de pasos necesarios para obtener un giro completo de eje del motor, podemos conocer el valor de la rotación de un paso en grados, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Grados por paso} = 360 / \text{número total de pasos}$$

No todo el mundo sabe que los motores paso a paso pueden igualmente girar medio paso, si se aplica sobre las bobinas A-A y B-B una tensión según la secuencia de la Figura 10.

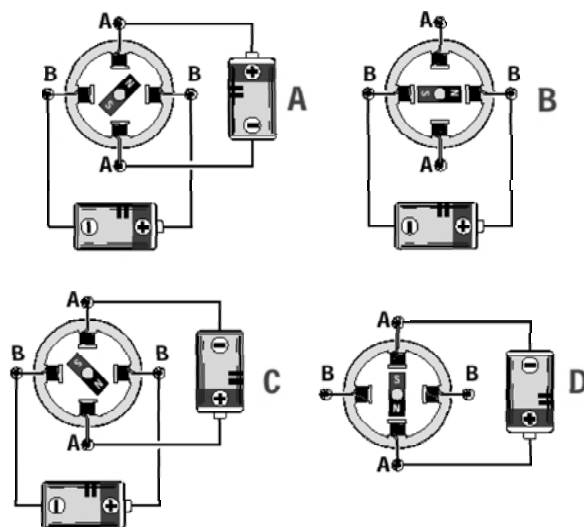


Figura 10: He aquí la secuencia y la polaridad de la alimentación a aplicar sobre las bobinas A-A y B-B para hacer girar el eje del motor con una progresión de medio paso cada vez.

Para comprender como es posible hacer girar medio paso el eje del motor, observemos la Figura 10A.

Si aplicamos una tensión sobre las bobinas A-A y simultaneamente sobre las bobinas B-B, el imán se posicionará en el centro de las 2 bobinas S-B, y se obtendrá de esta manera medio paso de giro (ver Figura 10A).

Si retiramos la tensión de las bobinas A-A solamente, el imán será atraído hacia las 2 bobinas B-B, y se obtendrá de nuevo una rotación de otro medio paso (ver Figura 10-B).

Si aplicamos de nuevo una tensión, esta vez con una polaridad inversa, sobre las bobinas A-A, el imán se posicionará en el centro de las bobinas B-A, y obtendremos entonces otro medio paso de rotación (ver Figura 10C).

Para obtener otro medio paso, será suficiente con retirar la tensión presente sobre las bobinas B-B (ver Figura 10-D).

No debemos inquietarnos por las secuencias necesarias y las inversiones de polaridad requeridas, ya que este trabajo se encomienda a circuitos controladores diseñados para tales funciones, y de los cuales veremos un ejemplo en este artículo, con el que podremos practicar las teorías estudiadas.

### 3. El enigma de los hilos

Aunque en el interior de estos motores se encuentran varias bobinas excitadoras, todas están conectadas en serie o paralelo y poseen siempre 4 ó 5-6 hilos saliendo de su cuerpo.

Como ya hemos visto, los motores paso a paso más usados son los de 4 hilos, llamados bipolares.

Los motores de 5 ó 6 hilos, llamados unipolares, están provistos de un doble arrollamiento con toma central (ver Figuras 4 y 5), siempre conectada al positivo de la alimentación, mientras que los 2 hilos A-A y B-B están conectados a masa, con respecto a una secuencia precisa e indispensable para la rotación.

Los motores unipolares, provistos de 6 hilos pueden igualmente ser utilizados como bipolares, a condición de no utilizar la toma central. No es lo mismo para los motores unipolares, provistos de 5 hilos, motivado por los 2 hilos que están conectados entre sí en el interior.

Los colores de los 4 ó 6 hilos varían de un fabricante a otro y por consiguiente el primer problema a resolver es localizar los 2 hilos de las bobinas A-A y de las bobinas B-B y, las 2 tomas centrales que se encuentran en los motores de 6 hilos.

Si posees un motor de 4 hilos, toma el multímetro conmutado en la opción 'ΩHM' (medición de resistencias), y busca los 2 hilos que dan algún valor ohmico (ver Figura 11).

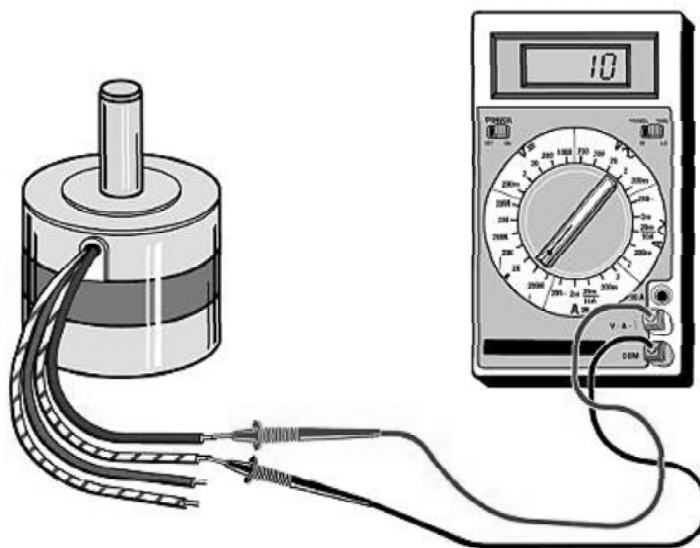


Figura 11: Si ignoramos cuáles son, en un motor bipolar, la pareja de hilos conectados a las bobinas A-A o B-B, es suficiente coger un multímetro en la opción 'Ohm' para medir resistencias y localizar que 2 hilos dan algún valor ohmico.

Estos 2 hilos pertenecen a una pareja de bobinas, los otros 2 pertenecen a la otra pareja.

No es necesario saber que pareja de hilos pertenecen a las bobinas A-A o B-B, ni el principio y el fin de estas bobinas, porque, una vez los hilos se conectan al circuito de control (que veremos más adelante en este mismo artículo), si seleccionamos que el eje gire en el sentido contrario a las agujas del reloj, será suficiente, para hacerlo girar en el sentido correcto, intervenir los 2 hilos A-A y los 2 hilos B-B.



En el circuito de control que montaremos, hemos insertado un interruptor que sirve para invertir el sentido de la rotación sin necesidad de modificar el emplazamiento de los hilos de las bobinas.

Si posees un motor de 6 hilos, toma el multímetro conmutado en la posición "ohm", para medir resistencias, y localiza los 3 hilos que den algún valor ohmico (ver Figura 12).

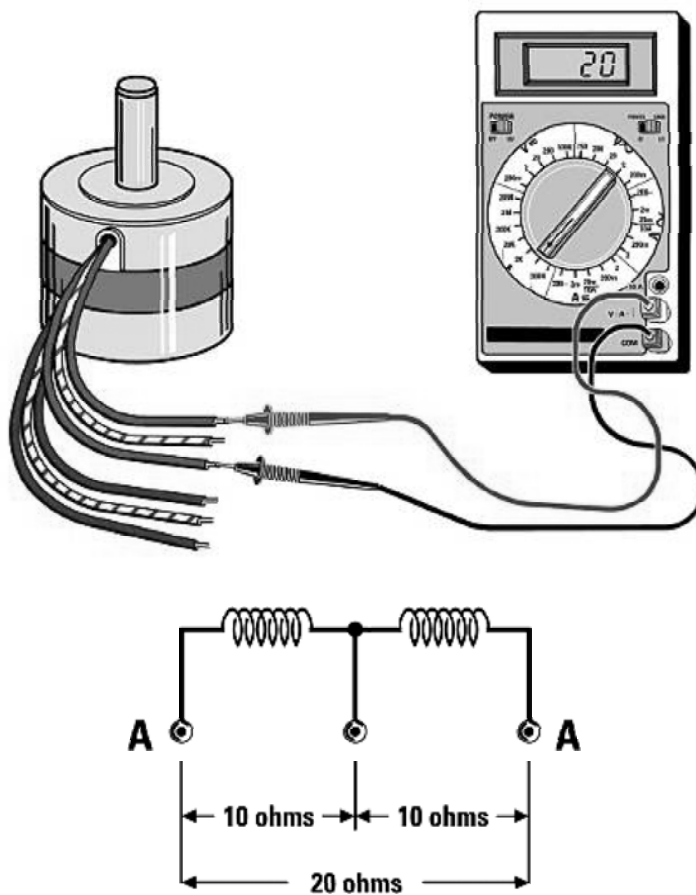


Figura 12: Si ignoramos cuales son, en un motor unipolar, las parejas de cables conectadas a las bobinas A-A o B-B, y sus tomas centrales, será suficiente con medir con un tester la resistencia ohmica. Los 2 hilos con resistencia máxima son los conectados a los extremos A-A o B-B, y presentan un valor ohmico reducido a la mitad, entre estos 3 hilos, el hilo central.

Estos 3 hilos pertenecen a una pareja de bobinas, y los otros tres, a la otra pareja.

Ahora debes descubrir cual de los 3 hilos es el central. Si por ejemplo encuentras, en la medición de 2 hilos, una resistencia de 10 ohm y al medir los otros 2, una resistencia ohmica de 20 ohm, resulta evidente que el valor equivalente a la mitad del otro es el hilo central (ver Figura 11).

Si quieres emplear este motor como bipolar, deberás conectar los 2 hilos que tengan la resistencia máxima en el circuito de control, e ignorar la toma central.

Para estos motores no es necesario conocer el comienzo y fin de las bobinas A-A y B-B. Si despues de conectarlas al circuito de control observas que el eje gira en sentido contrario a las agujas del reloj, será suficiente con invertir los hilos o conmutar con el interruptor incluido en nuestro circuito.