

# Tema 9

## MANEJO DE ACTUADORES

# Actuadores

- Permiten convertir un estado lógico en una manipulación mecánica
- Pueden ser discretos (ON-OFF) o continuos
- Los principales son:
  - Relevadores
  - Solenoides
  - Motores
  - Piezo-eléctricos

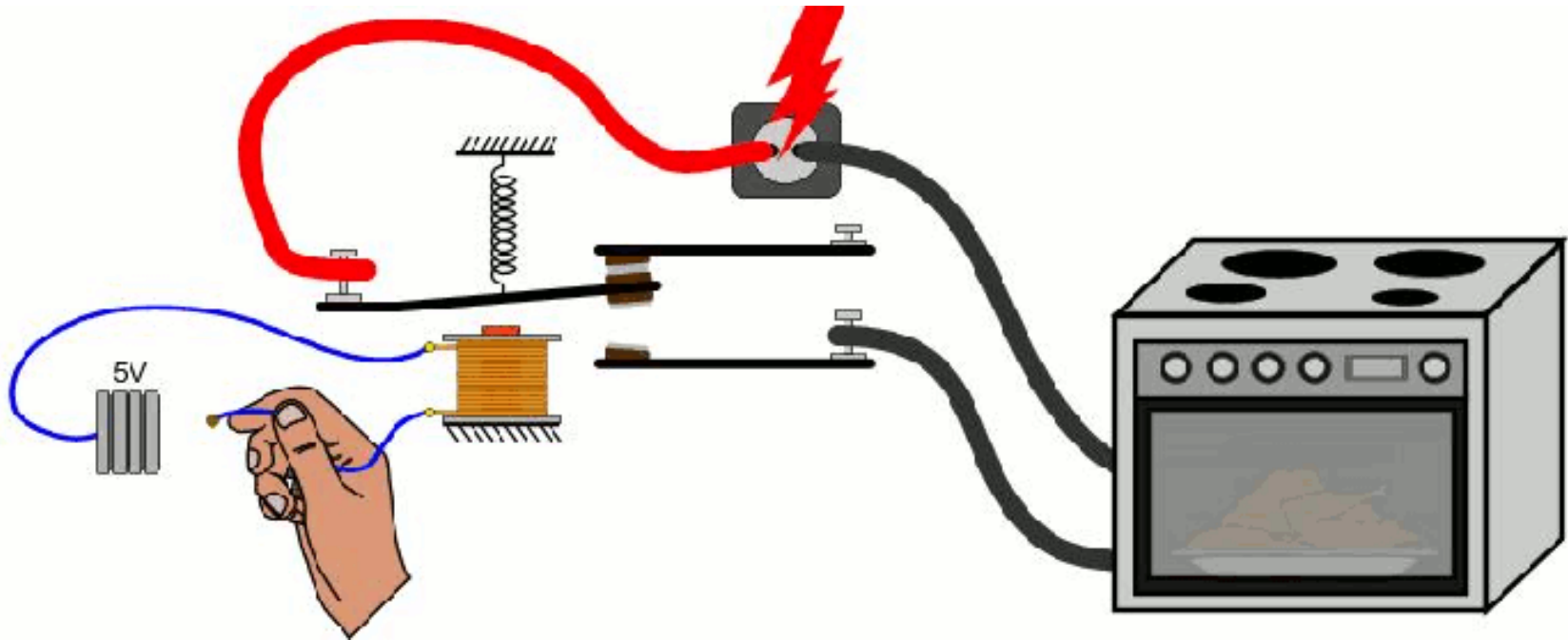
# Actuadores

- Permiten convertir un estado lógico en una manipulación mecánica
- Pueden ser discretos (ON-OFF) o continuos
- Los principales son:
  - Relevadores
  - Solenoides
  - Motores (CD-CA)
  - Piezo-eléctricos

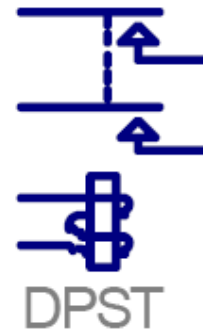
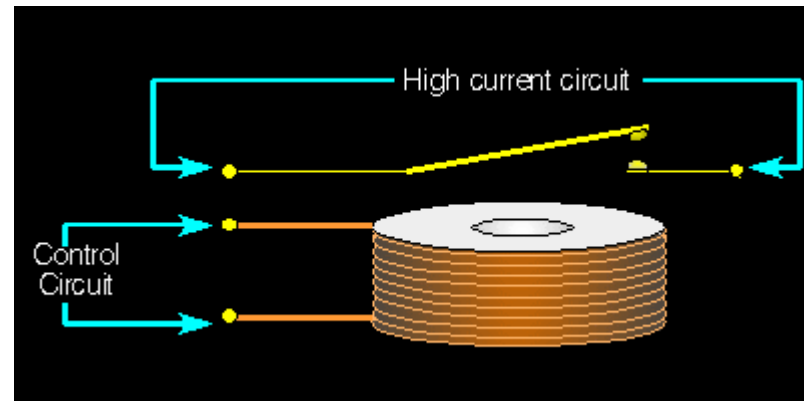
# Relevadores

- Es un interruptor mecánico controlado por corriente.
- Permite manejar niveles de corrientes y voltajes superiores a las que puede manejar de forma directa el microcontrolador.
- Nos brinda “aislamiento” eléctrico entre nuestro circuito y el circuito de aplicación.
- Los relevadores de alta capacidad de corriente se les llama “contactores”

# Relevadores



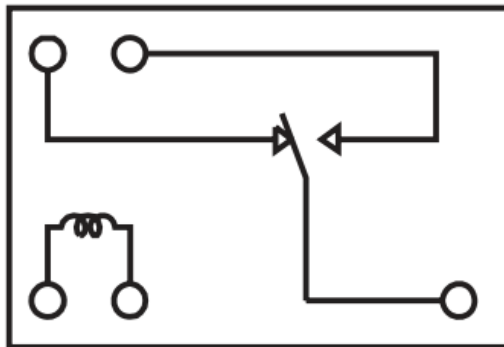
# Estructura del relevador



# Tipos por aplicación.

- Signal Relays: Corrientes en los contactos menores a 2Amps
- Power Relays: Corrientes en los contactos superiores a los 2amps.
- Contactors: Corrientes en los contactos superiores a los 20amps.
- Entre mayor sea la corriente en los contactos, más grandes son, mayor cantidad de corriente se requiere para activarlos.

# Parámetros básicos



<http://www.sunhold.com/upload/prd1/107-3.pdf>



# Parámetros básicos

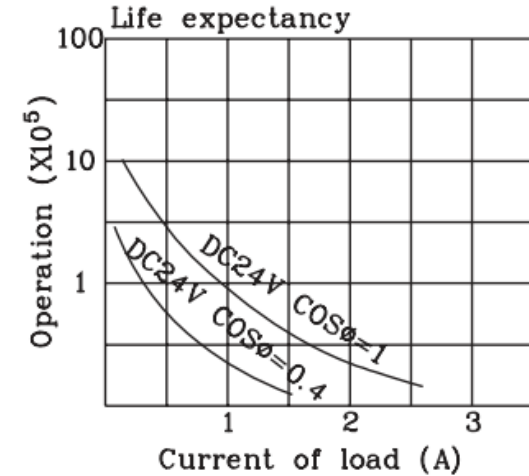
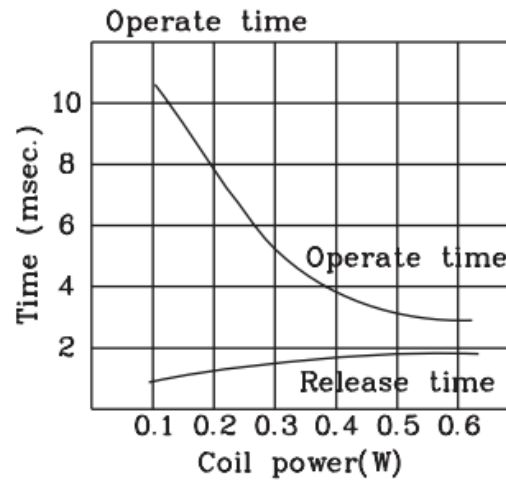
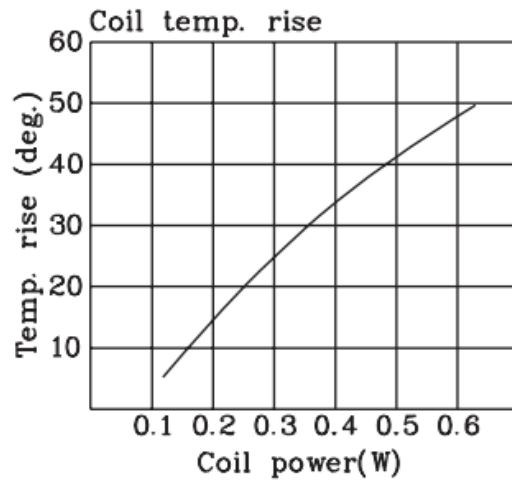
## COIL RATING (at 20°C)

	NOMINAL VOLTAGE (VDC)	COIL RESISTANCE ( $\Omega$ )( $\pm 10\%$ )	POWER CONSUMPT - ION(W)	NOMINAL CURRENT (mA)( $\pm 10\%$ )	PULL IN VOLTAGE (VDC)	DROP OUT VOLTAGE (VDC)	MAX. ALLOWABLE VOLTAGE (VDC)
D	3V	20 $\Omega$	0.45W	150.0mA	70% MAX.	10% MIN.	130%
	5V	56 $\Omega$		89.3mA			
	6V	80 $\Omega$		75.0mA			
	9V	180 $\Omega$		50.0mA			
	12V	320 $\Omega$		37.5mA			
	24V	1280 $\Omega$		18.8mA			

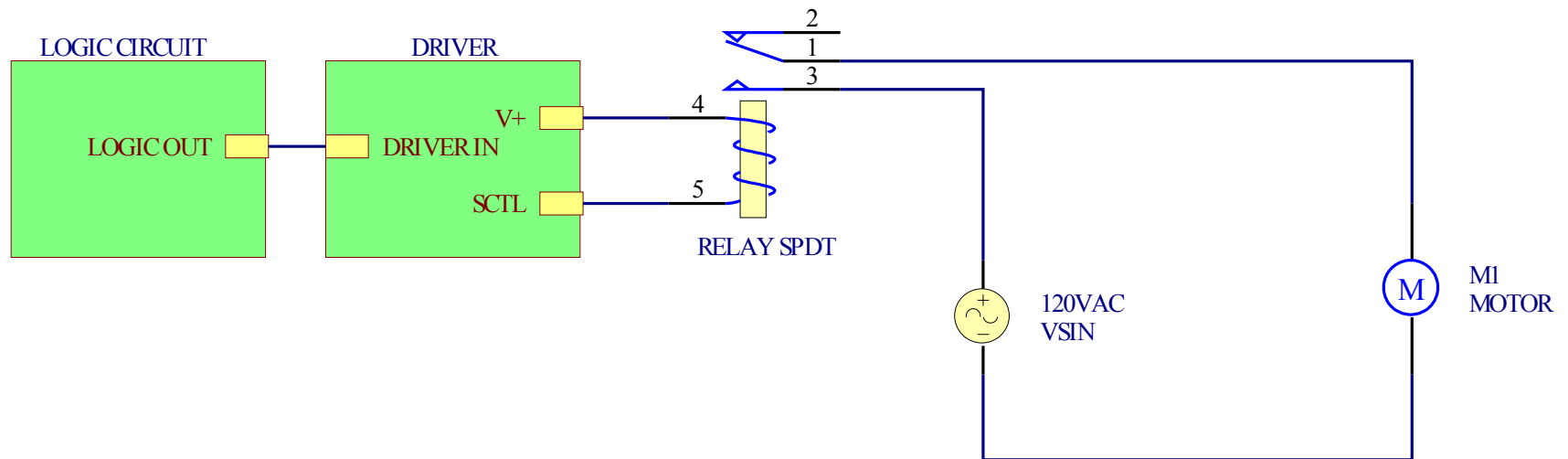
## CONTACT RATING

Item \ Type	3A
Rated Carrying Current	DC24V 3A DC30V 1A AC120V 2A
Max. Allowable Current	3A
Max. Allowable Voltage	AC 120V DC 60V
Max. Current (continual)	3A
Min. Load	DC1V 1mA
Contact Material	Ag alloy

# Parámetros básicos



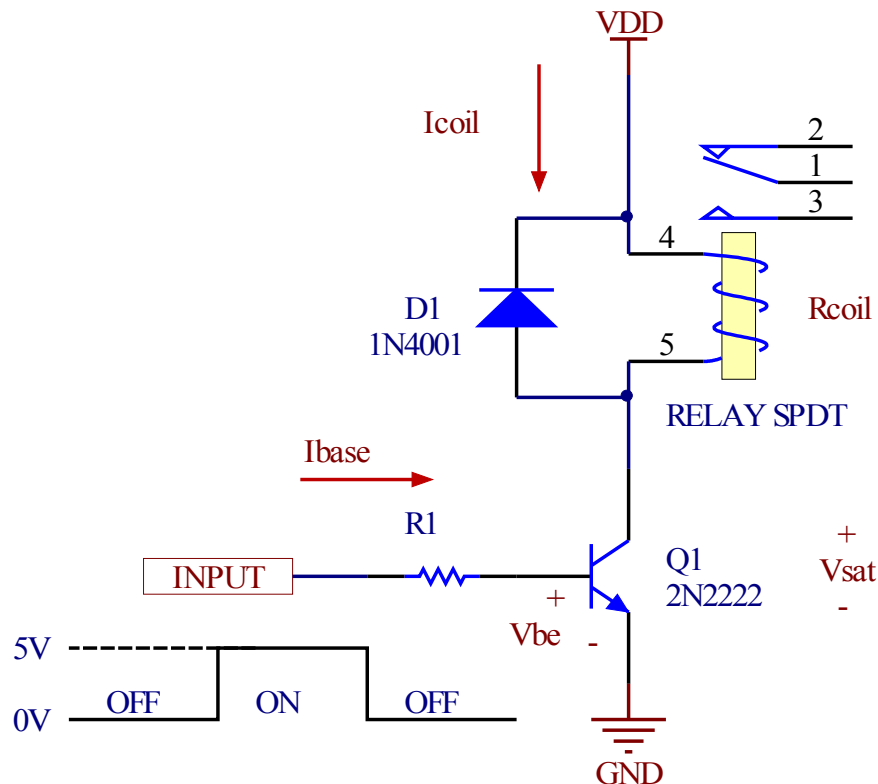
# Aplicación típica



# Driver

- Convertir los niveles lógicos de baja capacidad de corriente en una señal con la potencia suficiente para manejar la bobina del relevador.
- Provee las protecciones necesarias para evitar que transitorios se acoplen a circuitos sensibles.

# Driver Típico BJT



$$I_{coil} = (V_{DD} - V_{sat}) / R_{coil}$$

$$I_{base} = I_{coil} / h_{feQ1}$$

$$R1 = (V_{input} - V_{be}) / I_{base}$$

$$h_{fe} (2N2222) = 100$$

$$V_{sat} = 0.2V$$

$$V_{be} = 0.7V$$

$$V_{input} = V_{oh} \text{ (etapa anterior)}$$

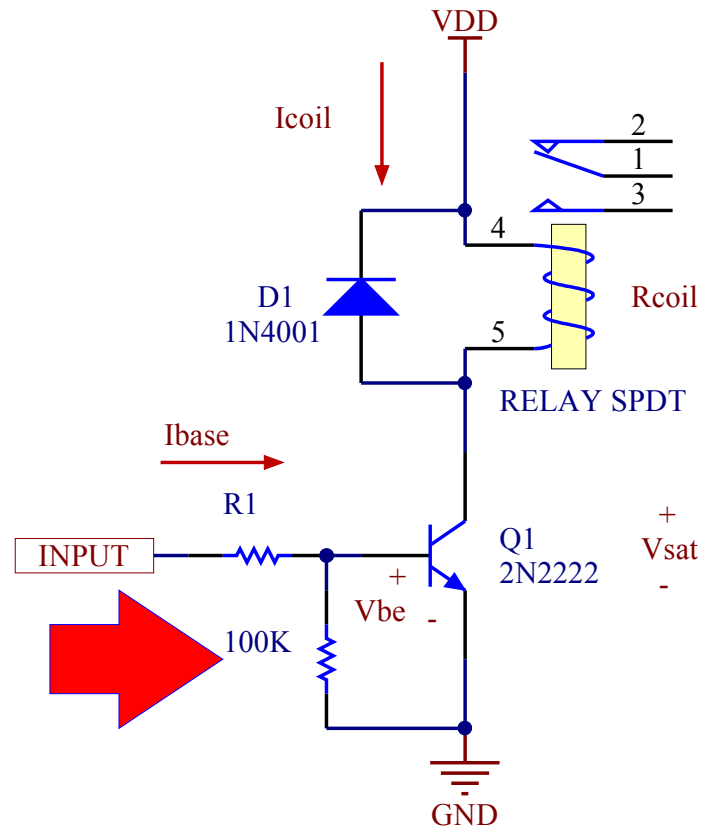
# Driver Típico

- Ejemplo: Relay Sunhold 12V,  $R_{coil} = 320\text{ohms}$ .
- $I_{coil} = (12-0.2\text{V})/320\text{ohms} = 36.8\text{mA}$
- $I_{base} = 36.8/100 = 0.368\text{mA}$
- $R1(\text{max}) = (5-0.7)/0.638\text{mA} = 11.6\text{Kohms}$
- Margen de seguridad, utilizar un valor con base a la capacidad de corriente de la etapa anterior.

# Acoplamiento del driver a PIC18

- En los puertos del PIC18, el estado despues de reset es alta impedancia.
- La base del transistor al quedar en alta impedancia puede ser activada por ruido inducido.
- Se recomienda colocar una resistencia de base a tierra para minimizar la susceptibilidad al ruido

# Acoplamiento recomendado para PIC18





# Consideraciones de Q1

- La corriente que puede soportar  $I_c$
- La potencia que puede disipar ( $I_{coil} * V_{sat}$ )
- La variación de  $h_{fe}$  contra la corriente de carga.
- La variación de  $h_{fe}$  contra temperatura
- El voltaje  $V_{ce}$  máximo

# Consideraciones del relevador

Item \ Type	3A
Contact Resistance	50m $\Omega$ Max. (initial value)
Operate Time	5msec Max.
Release Time	5msec Max.
Dielectric Strength between coil & contact between contact	AC1500V (1min) AC1000V (1min)
Insulation Resistance	100M $\Omega$ Min.(DC500V)
Operating Ambient Temperature	-30°C ~ +75°C
Humidity	35 to 85% RH
Vibration Resistance	10G (10~55Hz)(Dual amplitude:1.5mm)
Shock Resistance	10G
Life Expectancy Mechanically Electrically	10,000,000 ops. Min. (1800 ops./h) 100,000 ops. Min. (1200 ops./h)
Weight	3.5g(about)

# Consideraciones del relevador

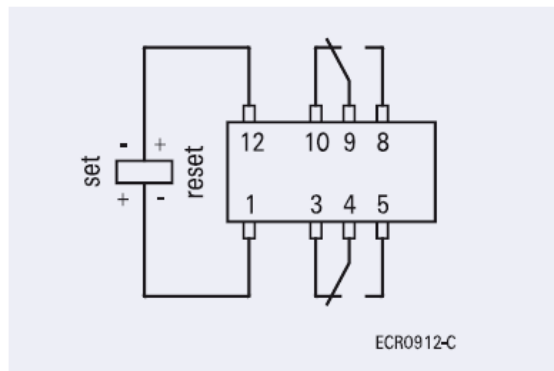
- Ciertas cargas altamente inductivas pueden generar arqueo en las terminales.
- El arqueo daña las terminales y las chispas genera emisión electromagnética.
- Cargas como el tungsteno, pueden dañar el contacto porque su resistencia es muy baja cuando la carga está fría.
- Existen relevadores especializados para diferentes tipos de cargas

# Relevadores “Latcheados”

- Conservan el estado de actuación
- Solamente se requiere de un pulso para encenderlo y uno para apagarlo.
- Son ideales para sistemas con restricciones de potencia.

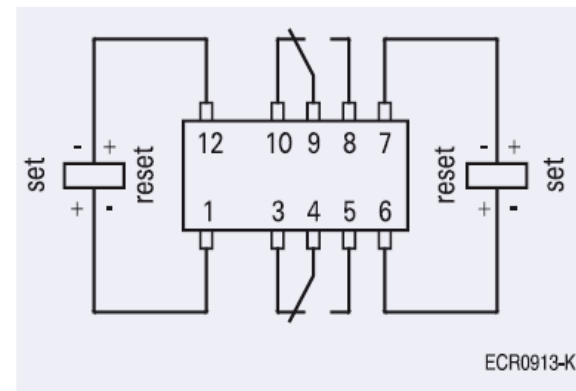
## Latching type,

reset condition



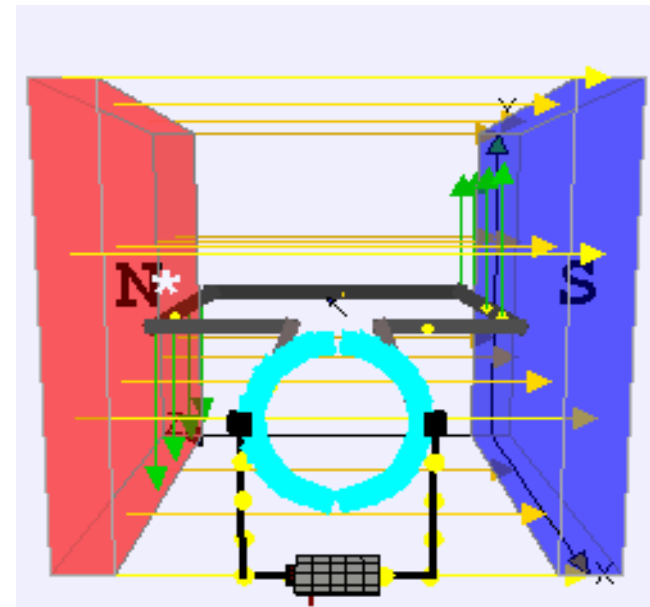
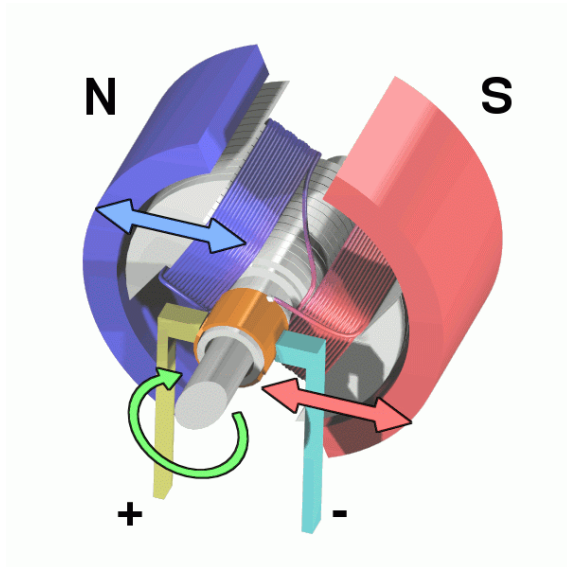
## Latching, 2 coils

reset condition



# Motores de DC (tipo brushed)

- Es un dispositivo electromecánico que permite generar un movimiento circular



# Parámetros de motores



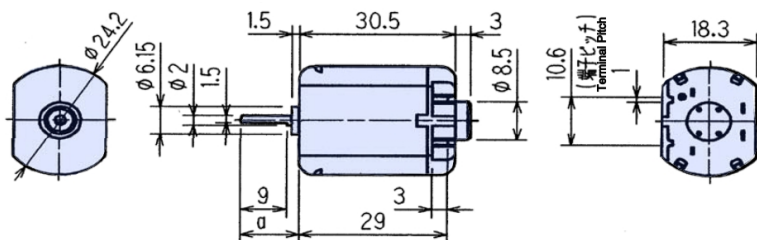
**NMB-MAT**

Minebea Motor Manufacturing Corporation

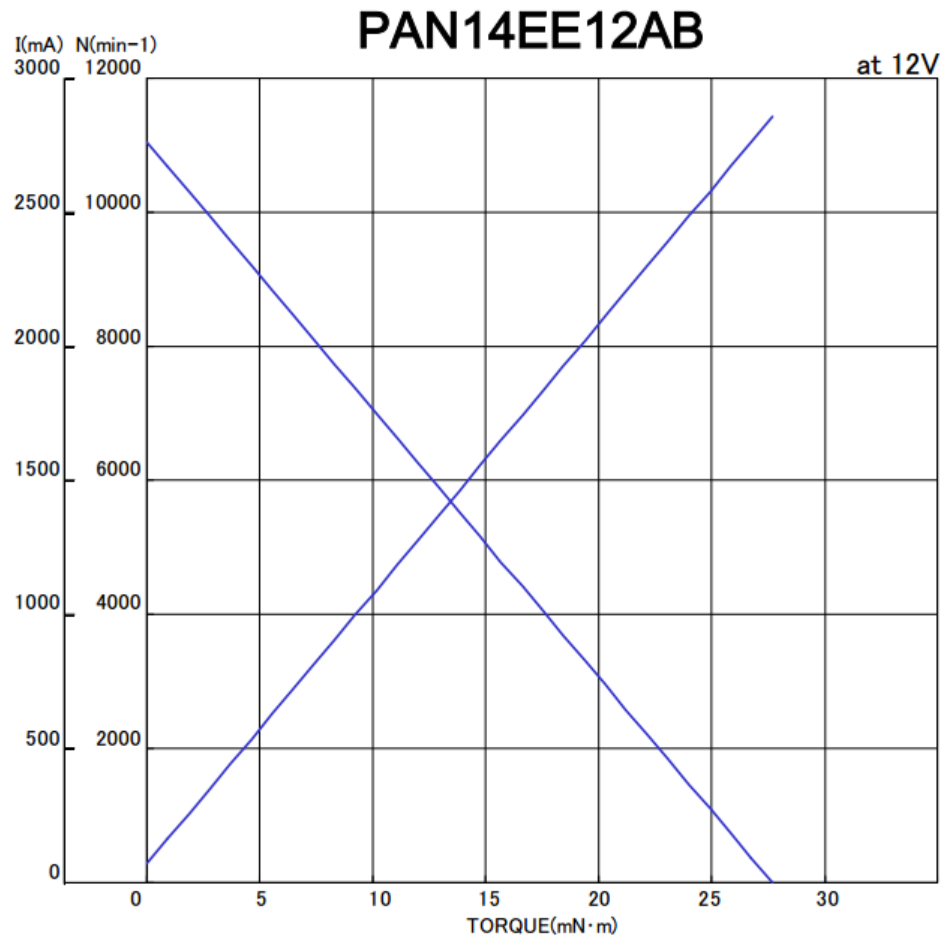
eMINEBEA.COM

**PAN14**

Model	Operating Voltage (V)	Rated Voltage (V)	No Load Speed (min <sup>-1</sup> )	No Load Current (mA)	Rated Load		Rated Load Speed (min <sup>-1</sup> )	Rated Load Current (mA)	Starting Torque		Starting Current (mA)	Shaft Length (mm)
					(gf·cm)	(mN·m)			(gf·cm)	(mN·m)		
PAN14EE12AB	9 to 16	12.0	11050	70	50.0	4.9	9094	563	282.5	27.7	2857	a=11.5
PAN14EE12AA1	9 to 14.5	12.0	14974	116	50.0	4.9	12850	792	352.4	34.5	4878	a=11.5



# Parámetros de motores

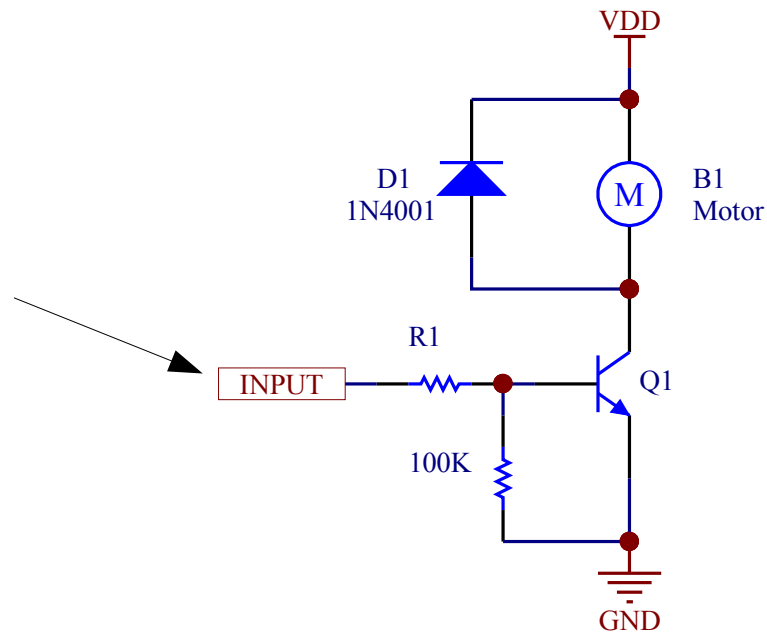


**N(min-1) = RPM**

# Motores de DC (tipo brushed)

- Los motores pueden ser manejados con drivers similares a los del relevador.

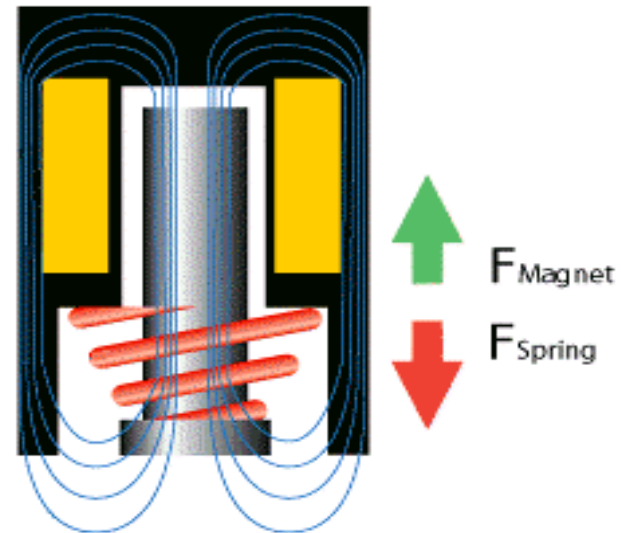
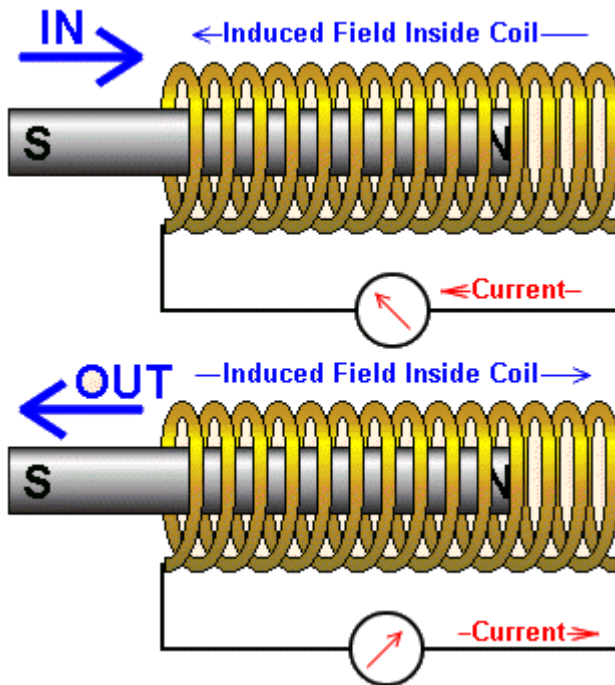
PWM puede ser usado  
para controlar velocidad





# Solenoides

- Es un dispositivo electromecánico que permite generar un movimiento lineal.



# Solenoides

- Su manejo es idéntico a los relevadores sin embargo la resistencia de la bobina suele ser más baja.
- Tiene múltiples aplicaciones, una de las más populares es como elemento actuador en válvulas hidráulicas y neumáticas cuando se requiere un control tipo ON-OFF
- Son muy usados en la industria automotriz en válvulas y como actuador mecánico en general.

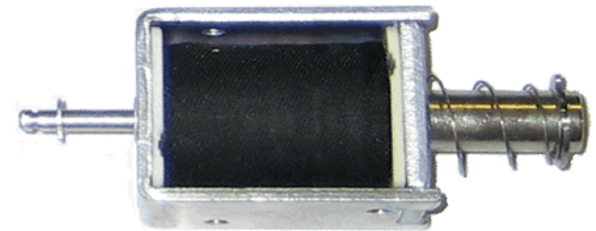
# Solenoides



Tubular

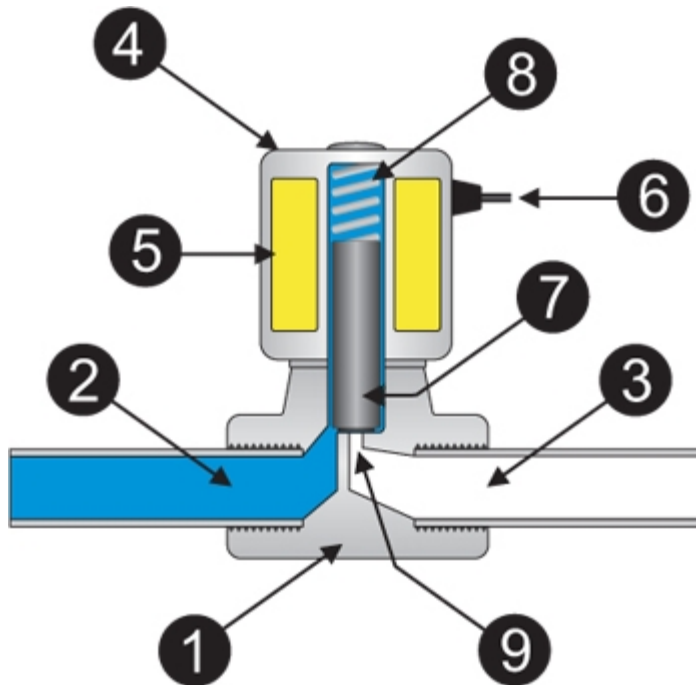


Solenoid Valve



Open Frame

# Válvulas Solenoides



# Especificaciones generales



\*Resistance values are  $\pm 10\%$  at 25°C

Model Code	Part No.	Voltage	Duty Cycle	Power (W)	Resistance ( $\Omega$ )*	Current (A)
L-22PL012D-C	F0411A	12VDC	Continuous	4	36.0	0.4
L-22PL012D-I	F0412A	12VDC	Intermittent	8.5	16.9	0.7
L-22PL024D-C	F0413A	24VDC	Continuous	4	144.0	0.2
L-22PL024D-I	F0414A	24VDC	Intermittent	8.5	68.0	0.4

Definition of Duty Cycles:

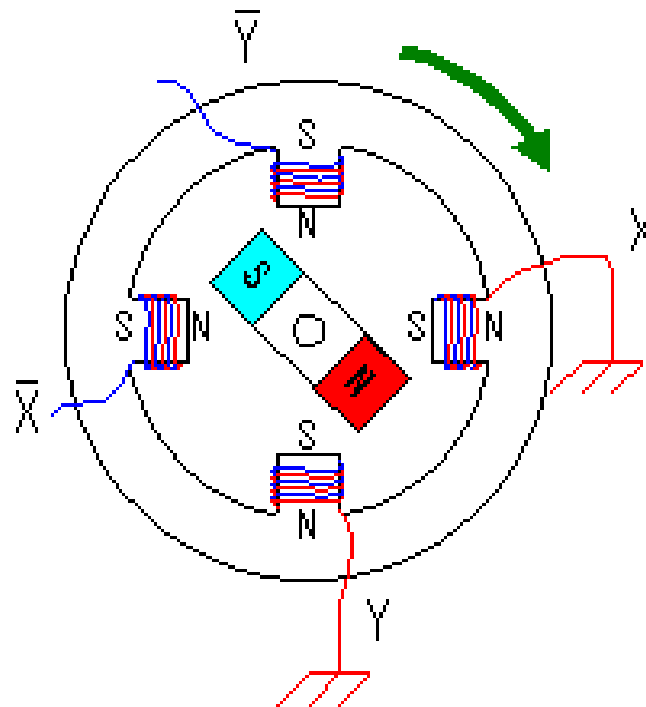
**Continuous** = indefinite activation; **Intermittent** = 1 minute ON and 3 minutes OFF; **Pulse** = 100 msec. ON and 900 msec. OFF

**Special order options:** 6 to 48 Volts DC or AC; push-type configuration. Consult factory for other modifications.

Stroke (in.):	Sealed	1/16	1/8	1/4	3/8	1/2
Cont. Duty force	41 oz.	13 oz.	5 oz.	2 oz.	1 oz.	N/A
Int. Duty force	46 oz.	22 oz.	10 oz.	3 oz.	2 oz.	1 oz.

Typical force values when operated at 100% rated voltage at 25°C. Derating required for lower voltage and higher temperature.

# Motores de Pasos (Bipolar)



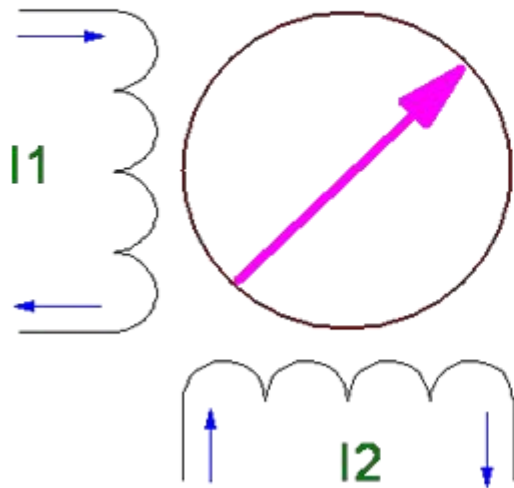
X	$\bar{X}$	Y	$\bar{Y}$
0	1	0	1
1	0	0	1
1	0	1	0
0	1	1	0

# Ventajas

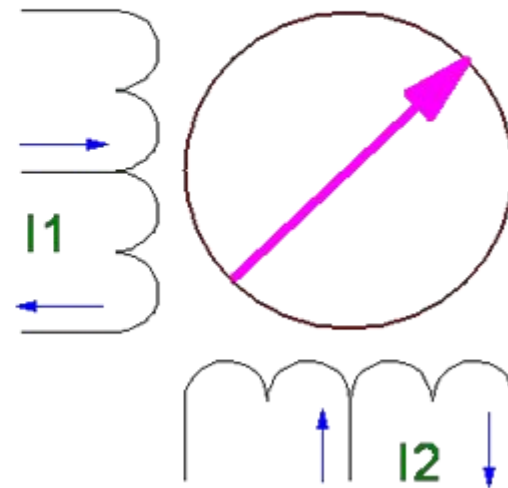
- Fácil manejo (drive)
- Alta confiabilidad
- Posicionamiento preciso, minimiza requerimientos de retroalimentación.
- No genera errores rotacionales acumulativos
- Aplicaciones:
  - Medicina, Automotriz, Impresoras, Robótica.

# Tipos (de imán permanente)

**BIPOLAR  
MOTOR**

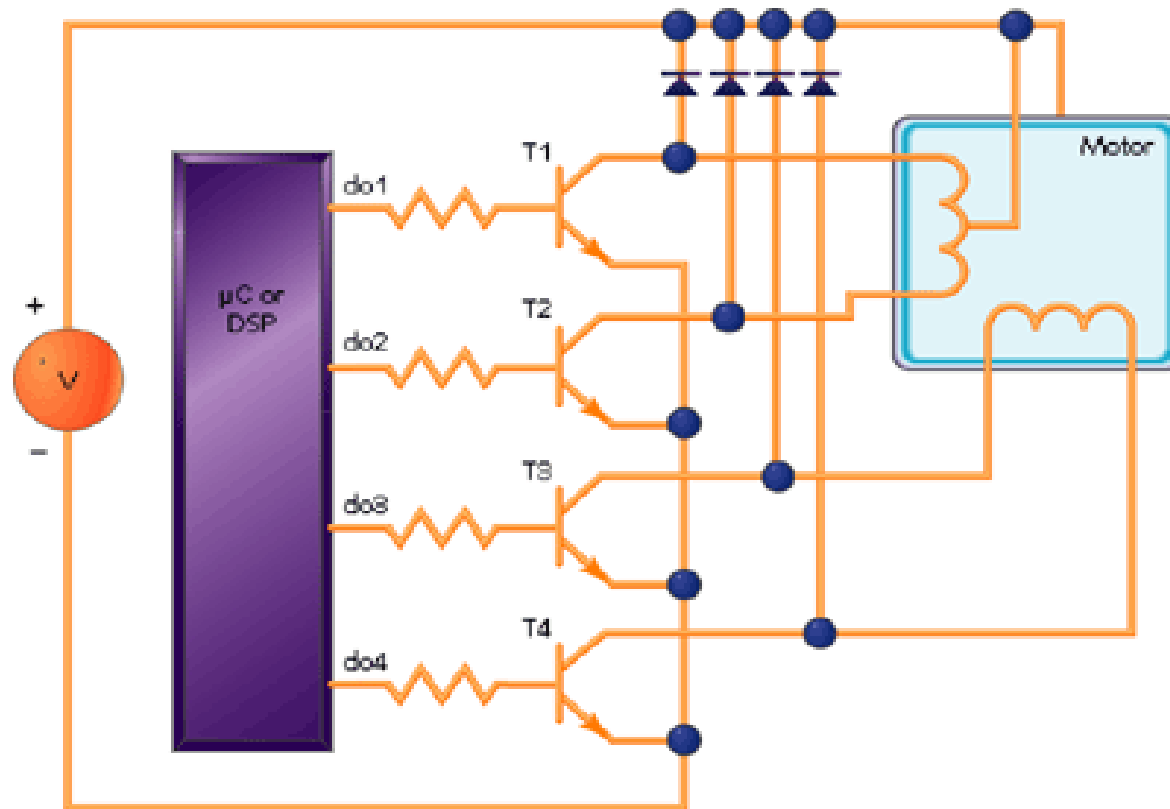


**UNIPOLAR  
MOTOR**

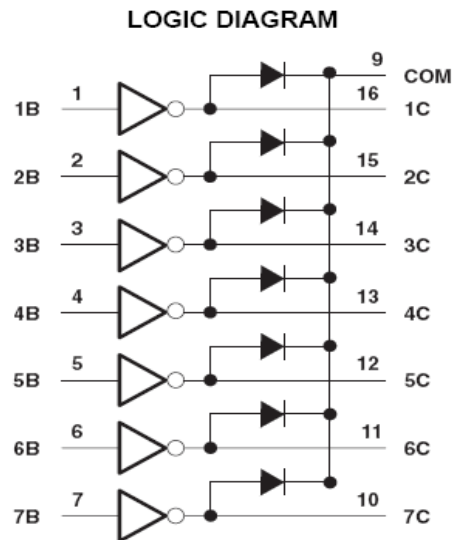




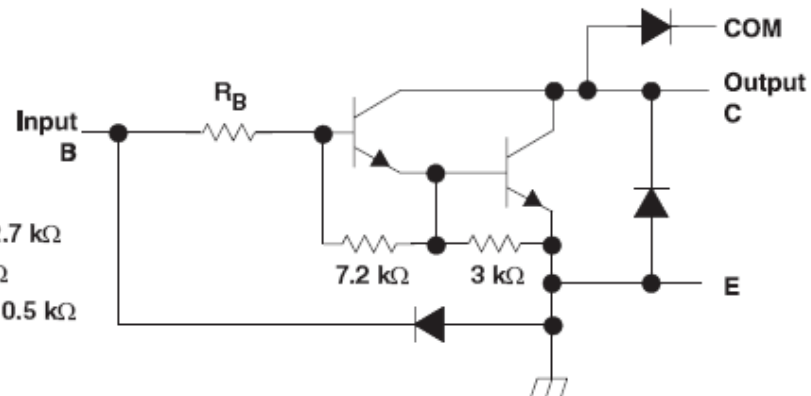
# Manejo (Unipolar)



# Manejo (Unipolar)

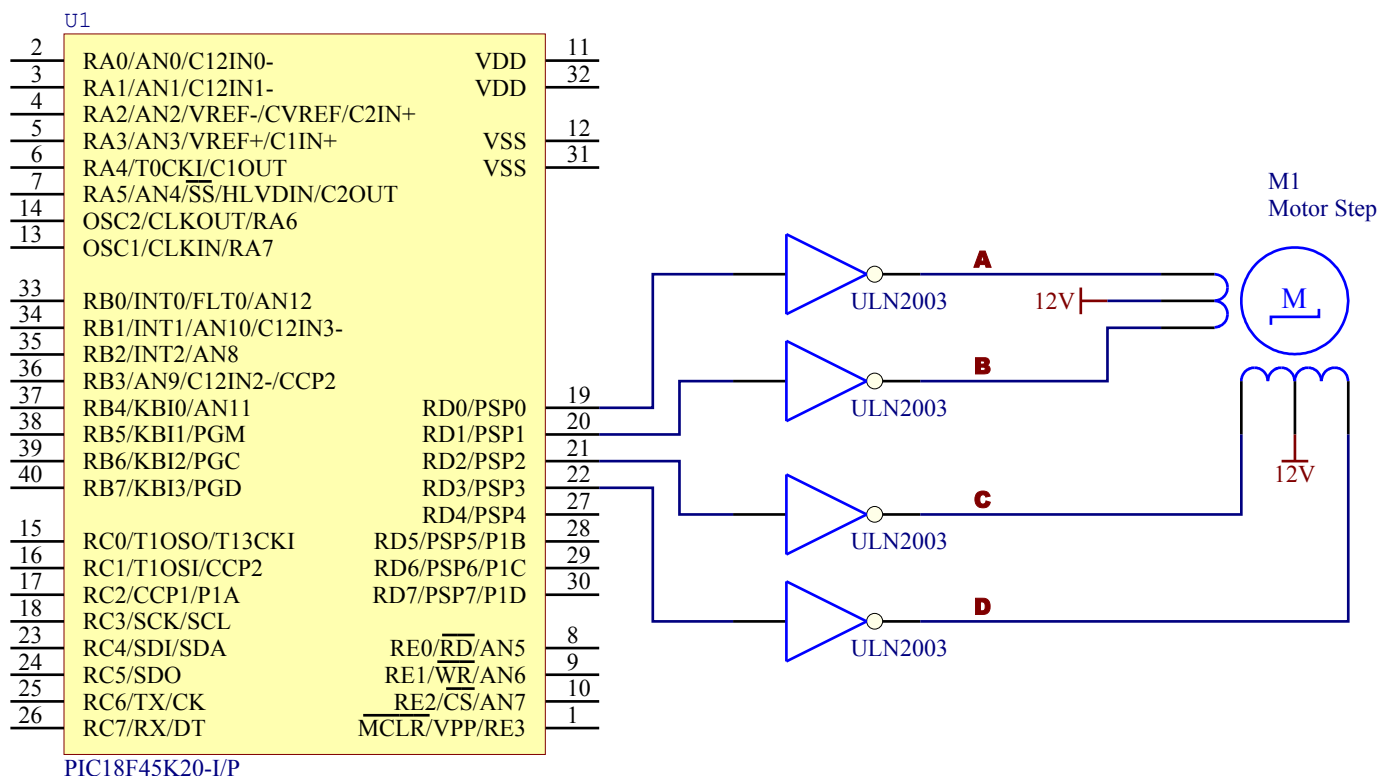


ULN/ULQ2003A:  $R_B = 2.7 \text{ k}\Omega$   
 ULN2003AI:  $R_B = 2.7 \text{ k}\Omega$   
 ULN/ULQ2004A:  $R_B = 10.5 \text{ k}\Omega$



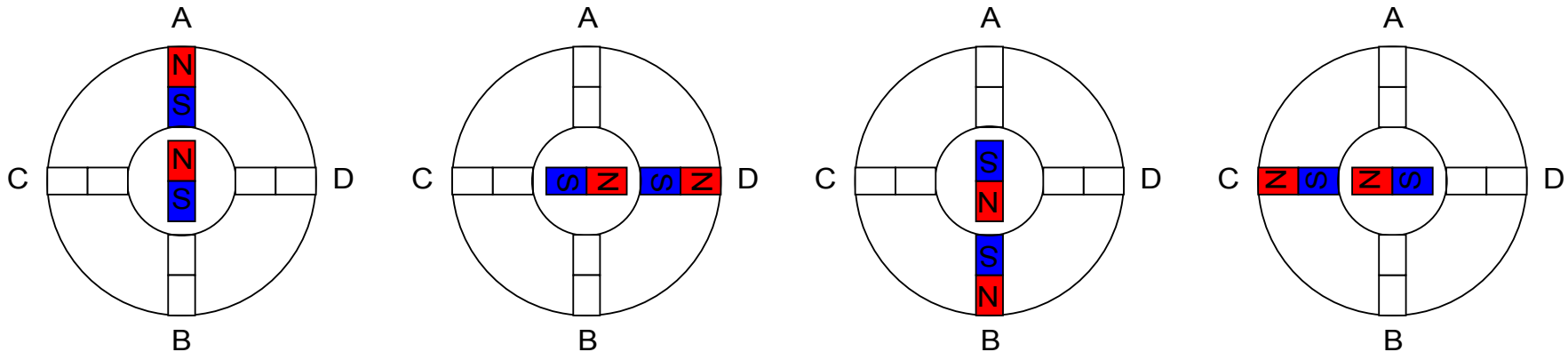
ULN2003A, ULN2003AI, ULN2004A, ULQ2003A, ULQ2004A

# Conexión a un PIC18



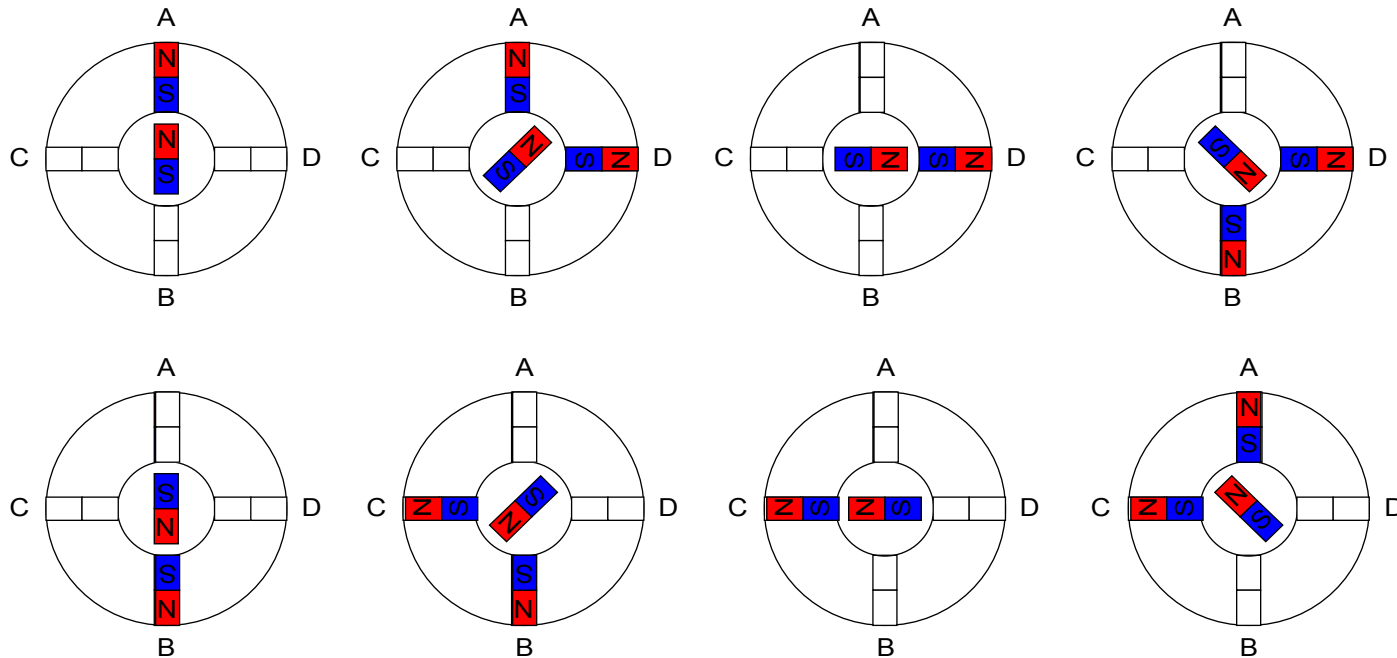
Bobina se enciende con 0 lógico

# Secuencia (Motor de 4 pasos)



		CW ROTATION			
		STEP1	STEP2	STEP3	STEP4
RD0	$\overline{A}$	1	0	0	0
RD1	$\overline{B}$	0	0	1	0
RD2	$\overline{C}$	0	0	0	1
RD3	$\overline{D}$	0	1	0	0

# Secuencia (Medios pasos)



		CW ROTATION							
		STEP1	STEP2	STEP3	STEP4	STEP5	STEP6	STEP7	STEP8
RD0	$\bar{A}$	1	1	0	0	0	0	0	1
RD1	$\bar{B}$	0	0	0	1	1	1	0	0
RD2	$\bar{C}$	0	0	0	0	0	1	1	1
RD3	$\bar{D}$	0	1	1	1	0	0	0	0

# Tipos de secuencias

Table 1. Excitation sequences for different drive modes

	Wave Drive				Normal full step				Half-step drive							
Phase	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8
A	•				•			•	•						•	•
B		•			•	•			•	•	•					
$\overline{A}$			•				•	•			•	•	•			
$\overline{B}$				•				•						•	•	•

Mejor torque

Dobla la resolución pero torque no es uniforme

# Ejemplo

- Implemente un programa para el circuito de la filmina 29 que haga lo siguiente
  - Utilice un motor de 4 pasos con manejo de 8 medios pasos
  - Cada vez que existe una transición negativa en el puerto RC0 (detectada por software) el motor produzca 100 giros a una velocidad de 600 revoluciones por minuto
  - Para control de tiempos, utilice una funcion llamada `my_delay(int)` cuyo argumento es un entero con una resolución de 0.5msec

# Alternativa de solución

- Puerto RC0 entrada, RD0:RD3 salidas
- Definir en un arreglo la secuencia de valores requeridas en RD0:RD3 para producir una rotación
- Esperar la transición negativa en entrada RC0
- Generar un lazo con la cantidad de giro y dentro de ese lazo, otro para cada giro
- Dentro del lazo de giros, sacar uno a uno los valores requeridos para mover cada paso.
- Entre paso y paso deberá de existir una demora del valor requerido para producir la velocidad deseada



# Alternativa de solución

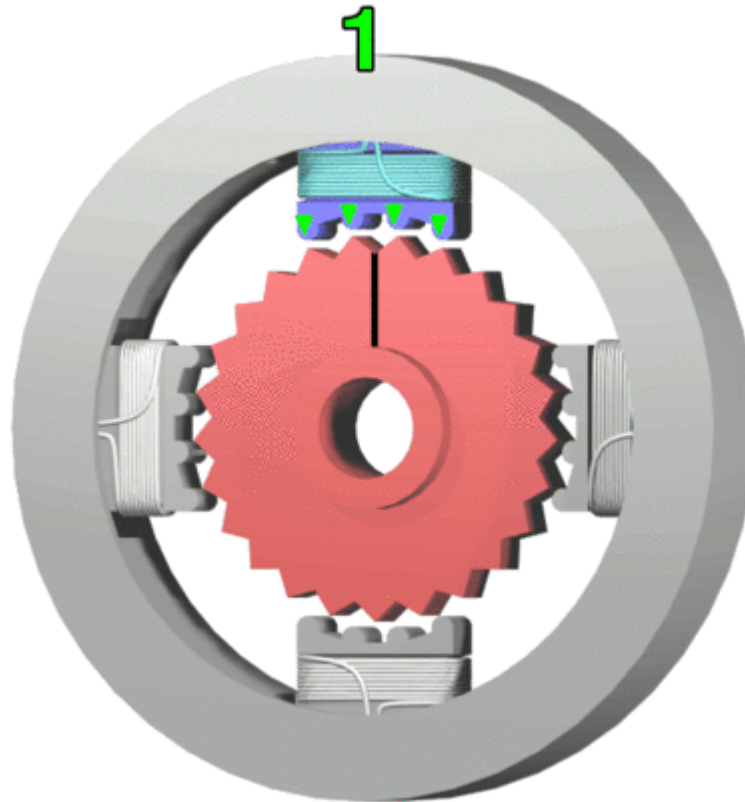
- La velocidad deseada es de 600rpm (revoluciones por minuto...o vueltas por minuto)
- $600 \text{ rpm} / 60 = 10$  revoluciones por segundo
- El motor tiene 8 medios pasos
- Cada giro (8 medios pasos) dura entonces  $1/10$  segundo o 0.1
- Cada paso dura entonces  $0.1/8 = 12.5\text{msec}$
- El argumento de la función delay será de  $12.5/.5 = 25$

```
#include<p18f45k22.h>           //Contiene las definiciones para el procesador especifico
|
#define CTE_GIROS 5             //Cantidad de vueltas
#define CTE_TIEMPO_PASO 25     //Delay entre pasos para tener velocidad 600rpm
#define CTE_PASOS 8            //Cantidad de pasos
#define PUERTO_ENTRADA PORTCbits.RC0
void init_ports(void);         //Funcion que inicializa los puertos
void my_delay(int);            //Rutina de delay resolucion 0.5msec

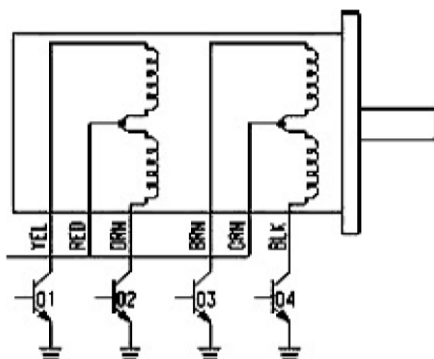
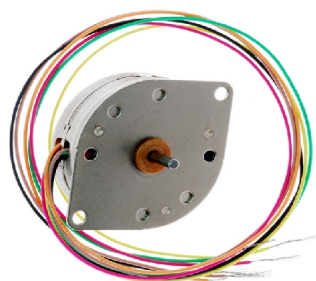
main(){
unsigned char pasos[8]= {0x01,0x09,0x08,0x0A,0x02,0x04,0x05}; //Secuencia
int i,j;                      //Control de lazo
unsigned char lee_salida;      //Variable para manejo del puerto de salida
init_ports();                  //RDO:RD3 Salidas, RC0 entrada
while(1){

    while((PUERTO_ENTRADA));    //En espera mientras sea uno
    while(!(PUERTO_ENTRADA));    //Ya es cero, esperamos a que sea uno
    //Detectamos transicion positiva procedemos
    //Lazo de cantidad de giros
    for(i=0;i<CTE_GIROS;i++){
        //Lazo de pazos dentro de giros
        for(j=0;j<CTE_PASOS;j++){
            //Proceso de escritura a puerto que evita alterar parte alta
            lee_salida = PORTD;    //Leemos estado actual del puerto
            lee_salida = lee_salida & 0xF0; //Enmascaramos parte baja
            PORTD = lee_salida | pasos[j]; //Modificar parte baja del puerto
            my_delay(CTE_TIEMPO_PASO); //Tiempo entre pasos
        }
    } //lazo del giro
} //de while(1)
} //de main() TEMA_09_PIC_1.C
```

# Motores de mayor resolución



# Motores de mayor resolución



UNIPOLAR

STEP	01	02	03	04
1	ON	OFF	ON	OFF
2	ON	OFF	OFF	ON
3	OFF	ON	OFF	ON
4	OFF	ON	ON	OFF
1	ON	OFF	ON	OFF

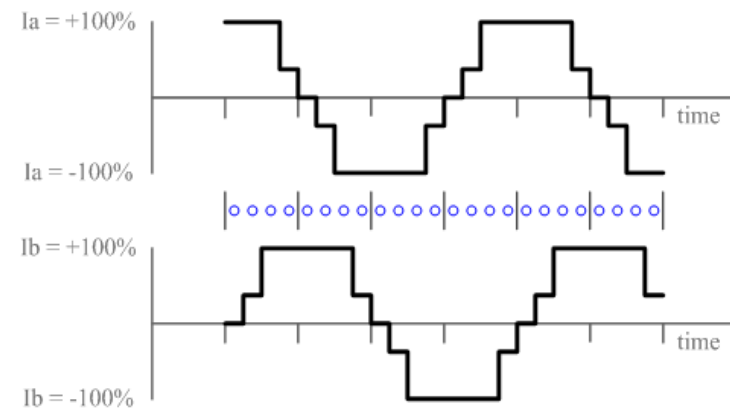
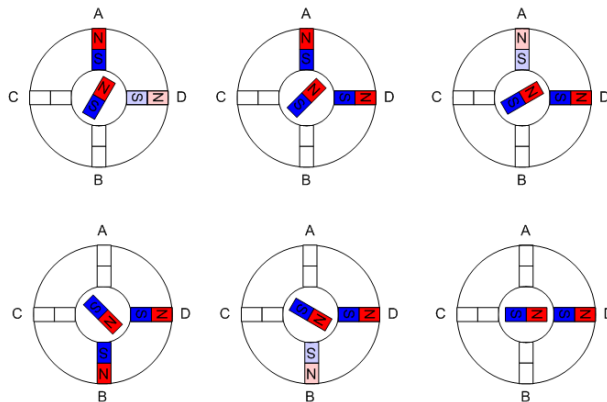
CCW ROTATION ↑      ↓ CW ROTATION

PartNumber	42M100B2U
DC Operating Voltage	12
Res Per Winding (Ohms)	75
Ind per Winding mH	36.7
Holding Torque mN*m/oz-in	49.4/7.0
Rotor Moment of Inertia (g*m <sup>2</sup> )	9.5E-4
Detent Torque mN*m/oz-in	11.3/1.60
Step Angle	3.6°
Step Angle Tolerance	±0.4
Steps per Rev	100
Max Operating Temp	100°C

Secuencia “full step” para mover 3.6°  
 Se requieren 100 para una revolución

# Microstepping

- Permite multiplicar la resolución del motor subdividiendo cada paso en N posiciones.
- Consiste en generar campos cosenoidales en el estator utilizando valores de corrientes intermedios



<http://www.youtube.com/watch?v=8zVp1Ivs7Vs>