

Alejandro Daniel Copati  
acopati@itba.edu.ar

Santiago García Eleisequi  
sgarciae@itba.edu.ar

En este trabajo se estudió la forma de fabricar un tacómetro digital, como también el control de la velocidad del motor asociado al mismo. Para lograr dicho fin, se utilizó un motor CC de 42 Volt de tensión nominal, un sensor infrarrojo, una placa de desarrollo con un microprocesador de la línea Kinetis, un Puente H, y electrónica aplicada con diversos fines.

## Generación del movimiento

### Modulación por ancho de pulso (PWM)

Para generar movimiento en un motor CC, hay que alimentarlo con energía eléctrica, entre 0 volt y la tensión nominal del mismo, obteniendo así diferentes velocidades desde la mínima hasta la máxima respectivamente.

La modulación por ancho de pulso consiste en generar una tensión media para alimentar al motor a partir de una señal cuadrada, modificando el tiempo en que esta está en estado alto (42V) o estado bajo (0V).

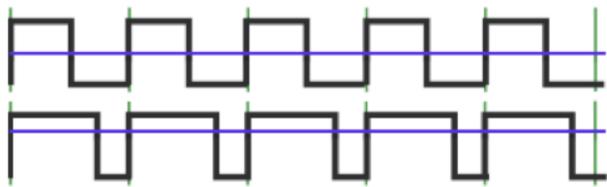


Figura 1: PWM al 50% y 75% de ciclo activo - Tensión media de la señal en azul.

### Puente H

Para controlar la dirección de giro del motor CC se usa un circuito conocido como Puente H. Dicho circuito permite cambiar el sentido de circulación de la corriente que pasa por las bobinas internas del motor, haciendo que el campo magnético haga fuerza sobre las mismas en un sentido u otro.

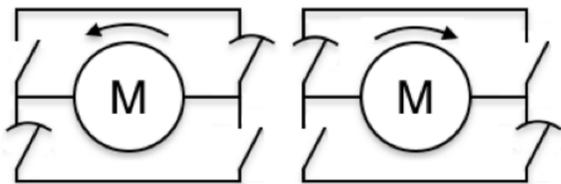


Figura 2: Diagrama simplificado de un Puente H.

## Medición de la velocidad

Para la medición se acopló una rueda con agujeros, equidistantes entre sí, al eje del motor. Dichos agujeros permiten o no el paso de luz infrarroja generada por el sensor, lo que permite calcular el tiempo entre que una marca y otra pasan por la hendidura del mismo, permitiendo hacer el cálculo de que velocidad de rotación lleva el mismo.

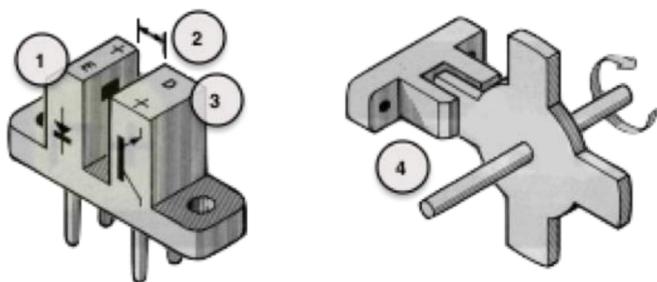


Figura 3: Sensor optoaclopador. 1) LED infrarrojo emisor. 2) Separación. 3) Fototransistor detector. 4) Ejemplo de aplicación.

## Implementación práctica

### Selección de la velocidad

Para seleccionar la velocidad a la que se desea hacer girar al motor, el usuario tiene que ingresar la tensión media de alimentación del motor (entre 0V y 42V) y para hacer esto consta de tres posibilidades distintas:

- Ingreso manual desde la estación: el dispositivo consta de un teclado matricial de 12 botones, siendo estos los dígitos decimales del 0 al 9, el asterisco (\*) el punto decimal, y el numeral (#) el OK para aceptar el número introducido.
- Ingreso desde la terminal: el trabajo viene acompañado de un programa de computadora para el monitoreo del sistema.
- Ingreso remoto: el equipo cuenta con un control remoto inalámbrico diseñado para dicho fin.

### Control de la velocidad

Para controlar las revoluciones a las que el motor gira, el usuario puede usar tanto la estación, como el programa en la terminal:

- Equipo: cuenta con un display de 4 dígitos decimales, donde se puede seleccionar a través del botón 2 (SW2) qué es lo que se desea ver, si las RPM, las RPS, o la tensión media con la que se esta alimentando el motor.
- Terminal: se indica la velocidad tanto en RPM como RPS y la tensión media de alimentación, así como también un histograma con el ciclo de trabajo del motor.

### Control de dirección

El equipo cuenta con un pulsador con indicación lumínica para controlar la dirección de giro del motor, rojo (anti horario) o verde (horario). La terminal lo indica con una flecha giratoria, que al ser pulsada produce el mismo efecto de cambio de dirección, y el gráfico cambia el color depende para que lado haya girado.

### Medidas de seguridad

Si la fuente de alimentación del motor (idealmente 42V) decrece, linealmente decrecería la tensión media de alimentación. La implementación tiene en cuenta dicha situación y compensa automáticamente el ciclo activo del PWM para mantener la velocidad constante. En el caso de que esta no sea suficiente (tensión media mayor que tensión de alimentación), el programa en la terminal lo indica con un signo de exclamación.



Figura 4: Captura del control de la terminal (MATLAB). 1) Control de tensión de alimentación. 2) Datos tomados del sensor. 3) Seteo rápido de velocidad: rápido, medio, parada. 4) Menú de conexión. 5) Reinicio del histograma. 6) Datos a enviar al motor. 7) Histograma de velocidades.



Figura 5: Captura de la estación. 1) Motor. 2) Botón intensidad del display. 3) Botón selector de información: RPM, RPS, Volt. 4) Pantalla. 5) Botón selector de dirección de giro. 6) Conexión de teclado.

## Agradecimientos

Al ITBA por proporcionarnos los materiales y conocimientos para el desarrollo del proyecto.

A los profesores Ing. Nicolás Magliola e Ing. Daniel Jacoby de la materia Laboratorio de Microprocesadores por la ayuda y predisposición a todos nuestros retos planteados.