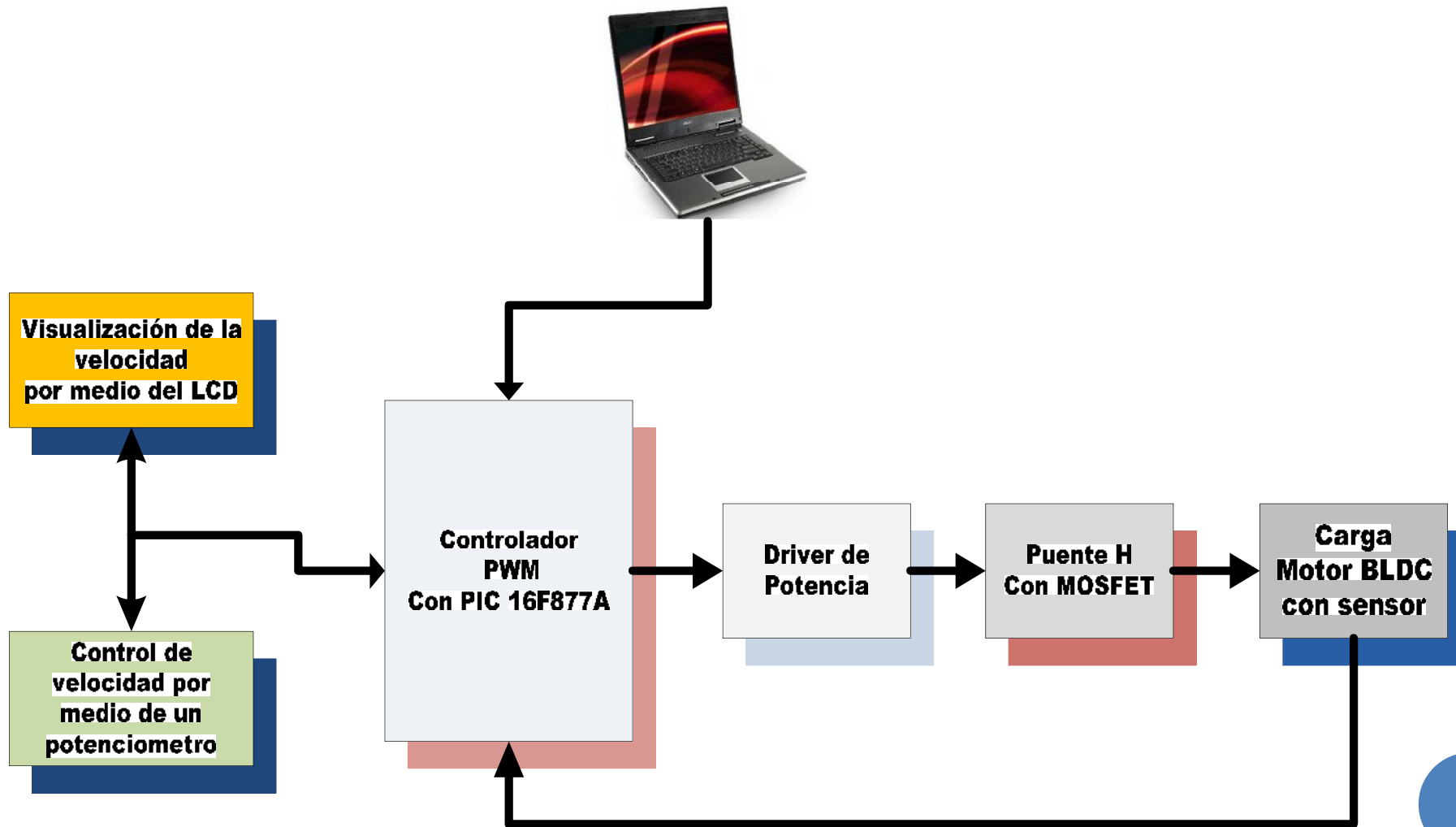


“CONTROL DE VELOCIDAD POR CAMBIO DE FRECUENCIA DE MOTOR TRIFÁSICO SINCRÓNICO USANDO MICROCONTROLADORES AVANZADOS

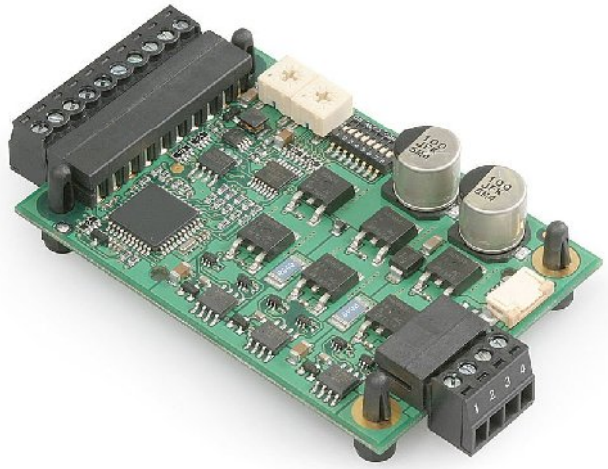
- **Presentado por:**
- Jorge Gonzalo Espinoza Mendoza
- Freddy Andy Rosero Vera



INTRODUCCIÓN



CONTROLADORES DE VELOCIDAD



- Gran variedad en el mercado.
- Para diferentes tipos de motores.
- Disponibilidad para ser utilizado en algunas áreas prácticas.
- Variedad en tamaño y precio.
- Conexiones de comunicación con otros dispositivos.

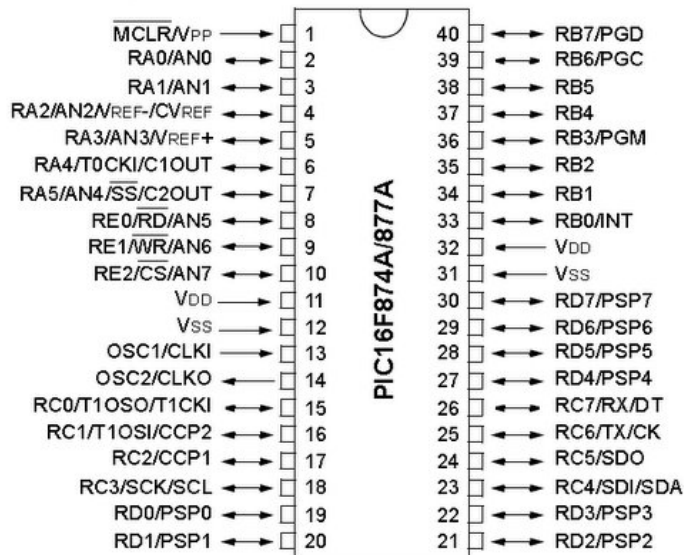


MICROCONTROLADOR

PIC16F877A



40-Pin PDIP



Parameter Name	Value
Program Memory Type	Flash
Program Memory (KB)	14
CPU Speed (MIPS)	5
RAM Bytes	368
Data EEPROM (bytes)	256
Digital Communication Peripherals	1-A/E/USART, 1-MSSP(SPI/I2C)
Capture/Compare/FWM Peripherals	2 CCP
Timers	2 x 8-bit, 1 x 16-bit
ADC	8 ch, 10-bit
Comparators	2
Temperature Range (C)	-40 to 125
Operating Voltage Range (V)	2 to 5.5
Pin Count	40

MOTOR BRUSHLESS (BLDC)

Los motores BLDC tienen la característica de que no emplean escobillas en la conmutación para la transferencia de energía; en este caso, la conmutación se realiza electrónicamente.



VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MOTOR BLDC

- Mejor relación velocidad-par motor
- Mayor respuesta dinámica
- Mayor eficiencia
- Mayor vida útil
- Menor ruido
- Mayor rango de velocidad.



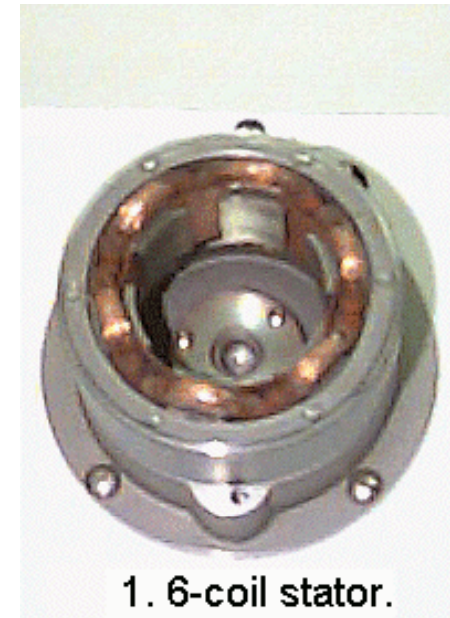
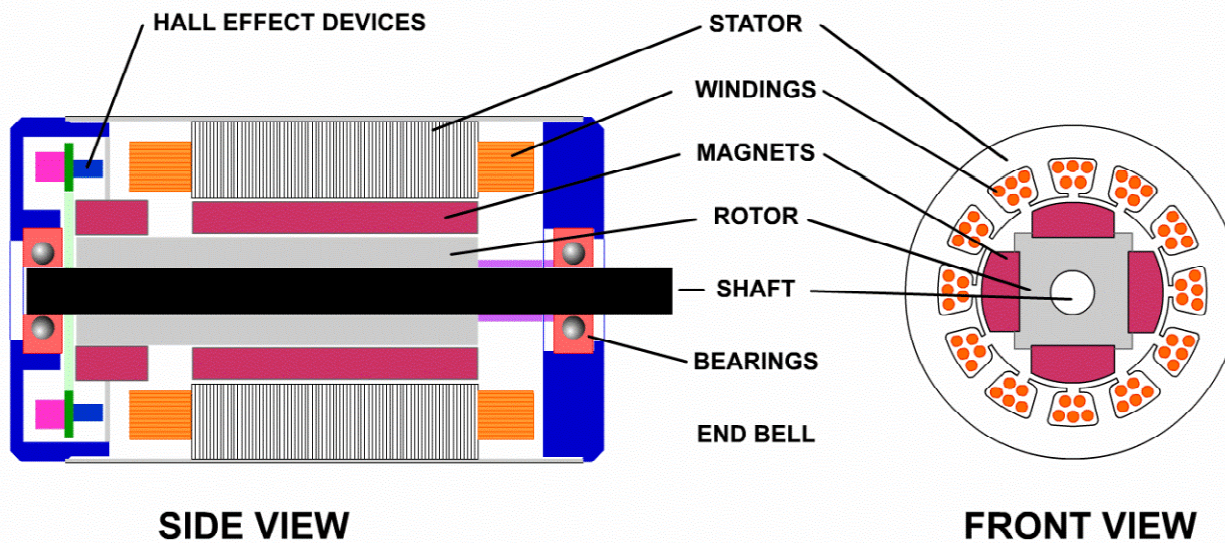
Por otra parte, los motores BLDC tienen dos desventajas, que son las siguientes:

- Tienen un mayor coste
- Requieren un control bastante más complejo



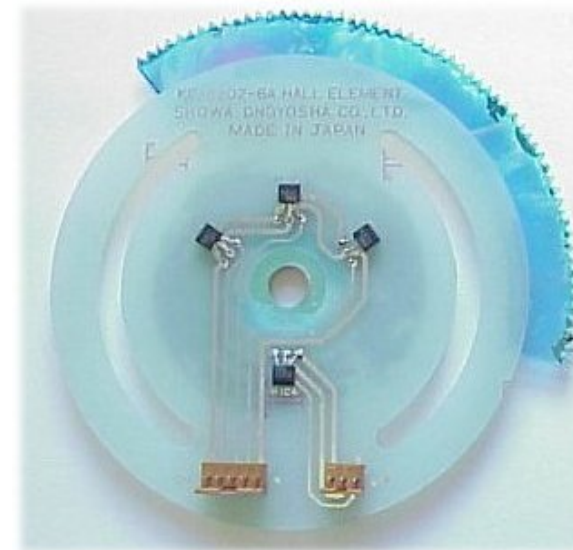
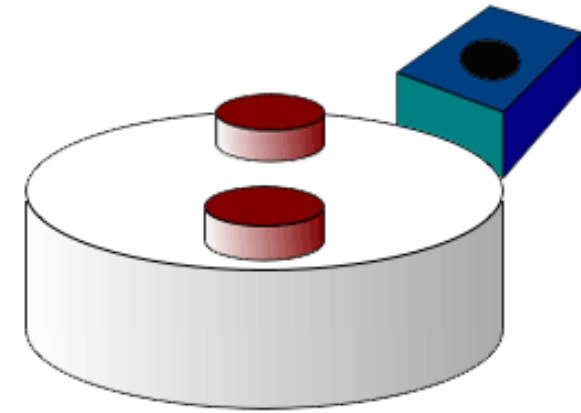
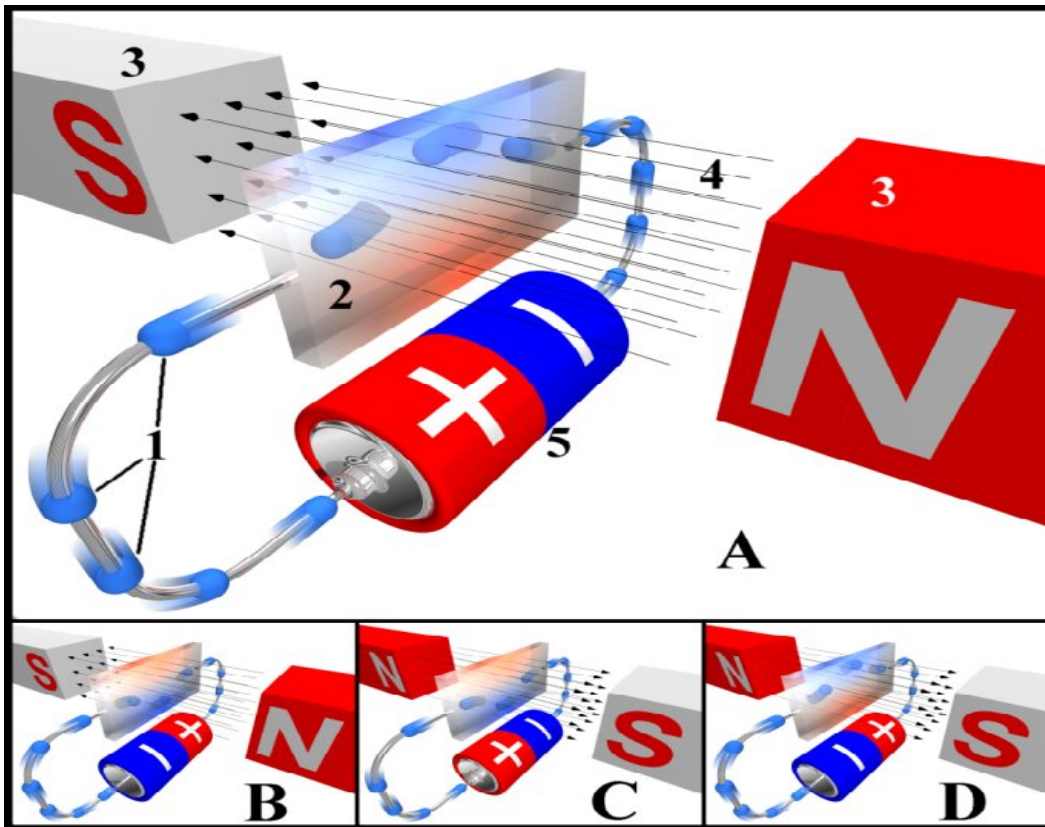
ARQUITECTURA DE UN MOTOR BLDC

CONVENTIONAL BRUSHLESS DC MOTOR



SENSOR DE EFECTO HALL

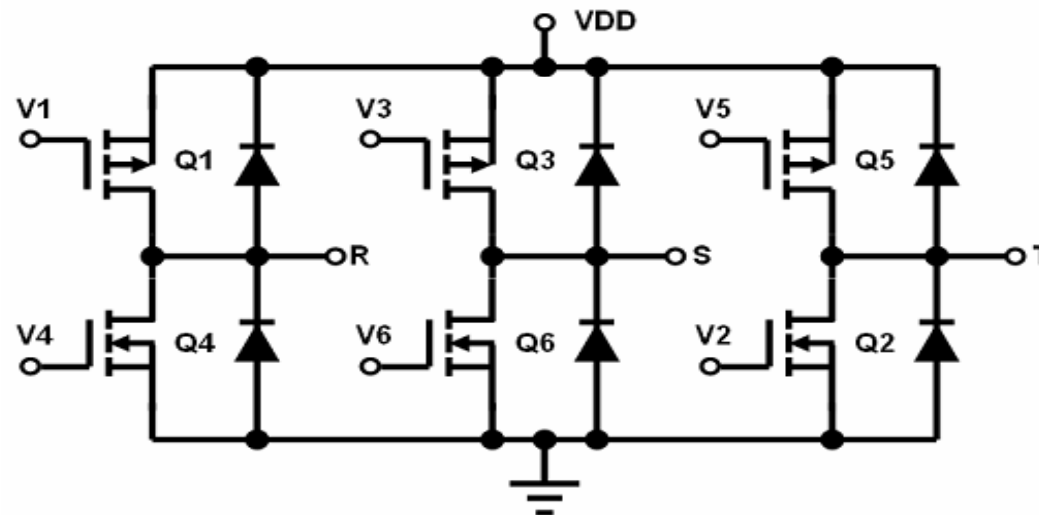
Consiste en la aparición de un campo eléctrico en un conductor cuando es atravesado por un campo magnético.



INVERSOR TRIFÁSICO

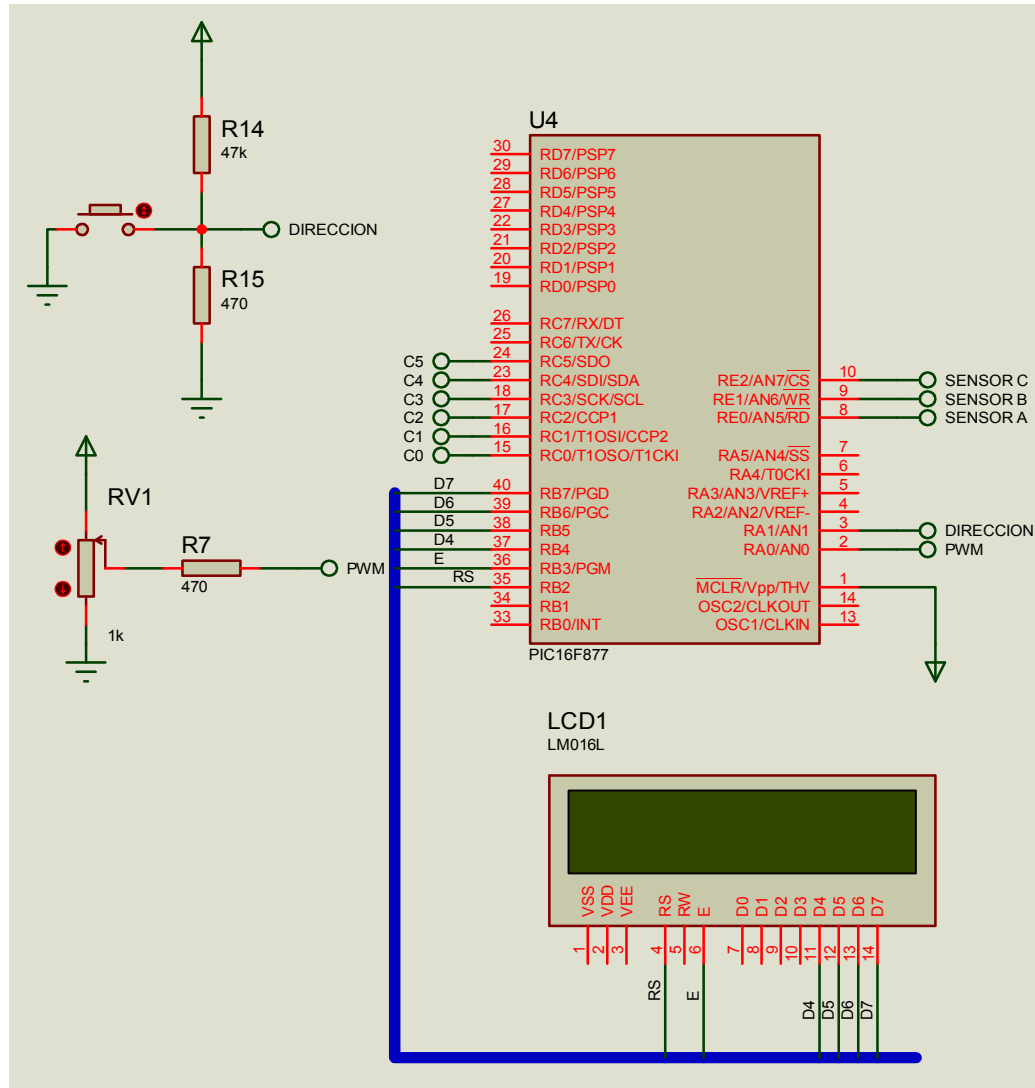
- . Inversor trifásico genera energía eléctrica de corriente alterna a partir de una fuente de energía de corriente continua, con magnitudes y frecuencias deseadas

Puente H con Mosfet tipo N



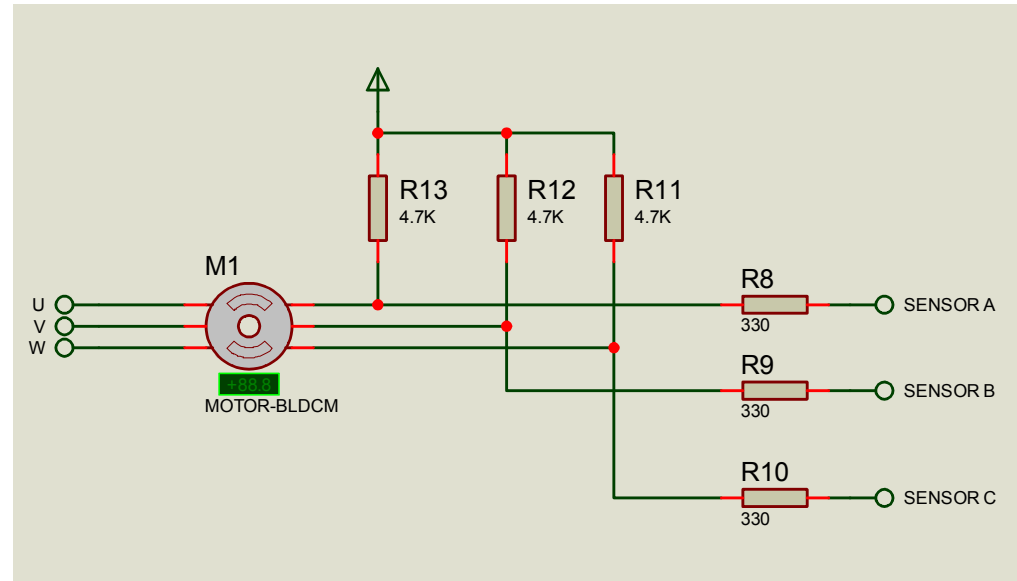
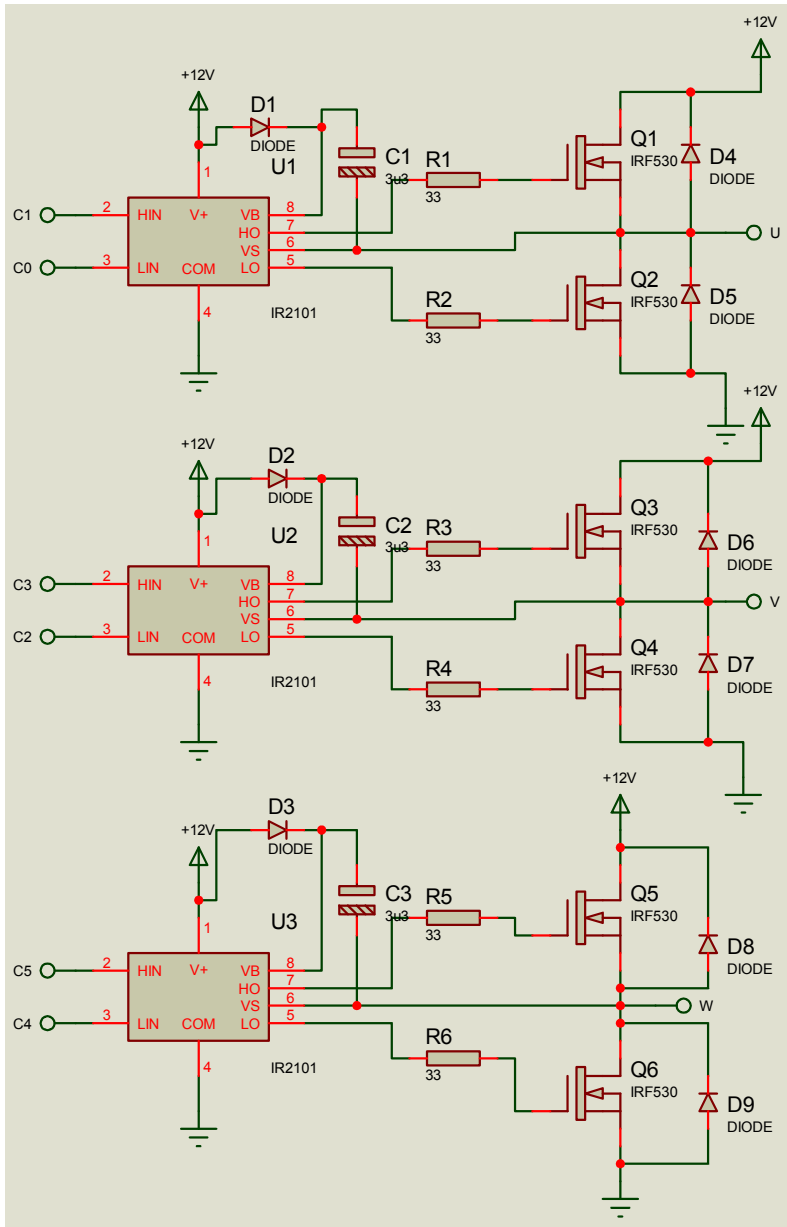
ESQUEMÁTICO DEL PROYECTO

Etapa de Control



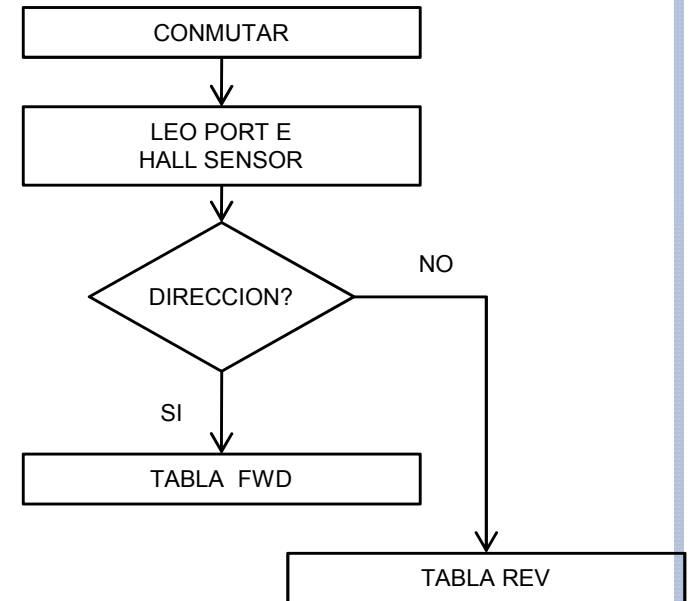
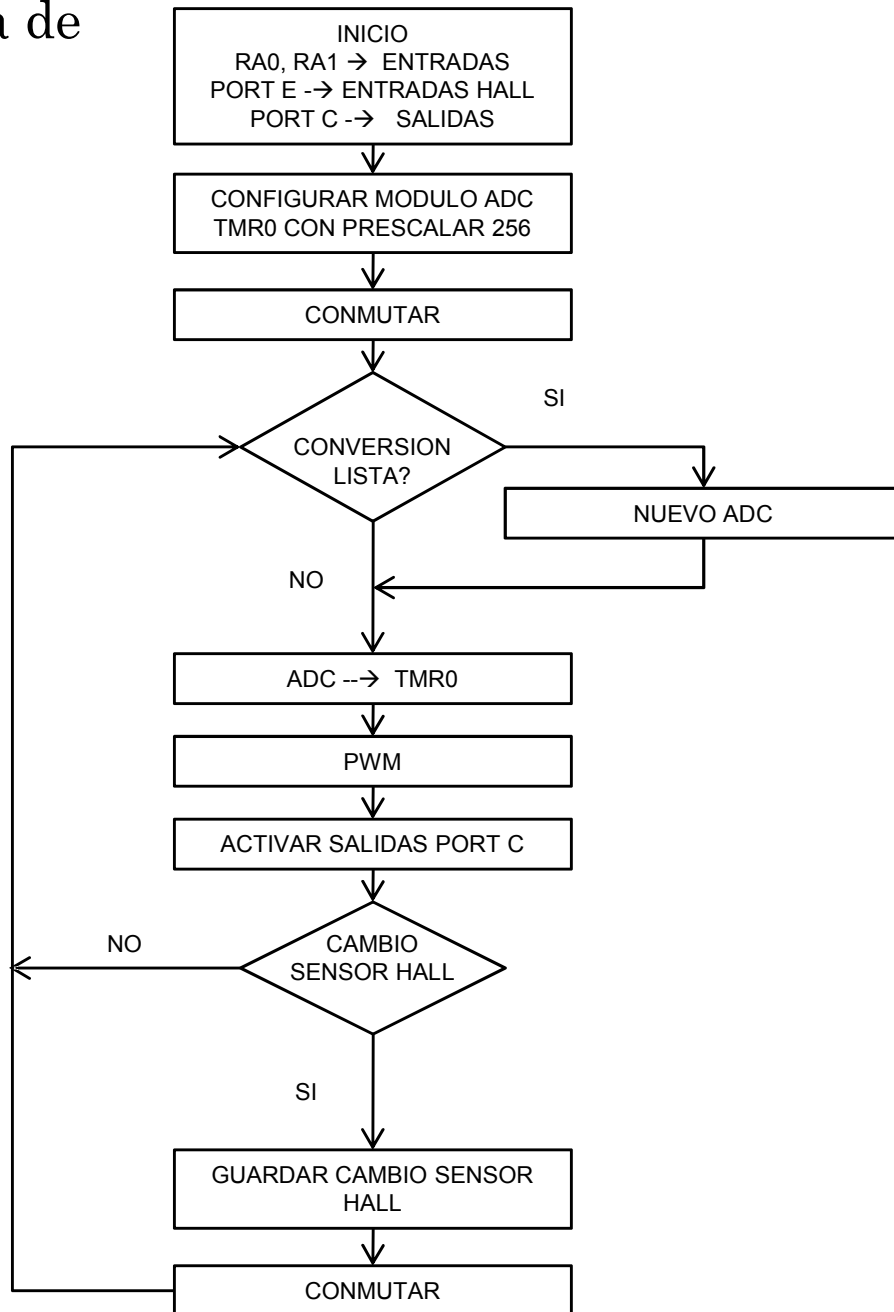
ESQUEMÁTICO DEL PROYECTO

Etapa de Acoplamiento y Potencia

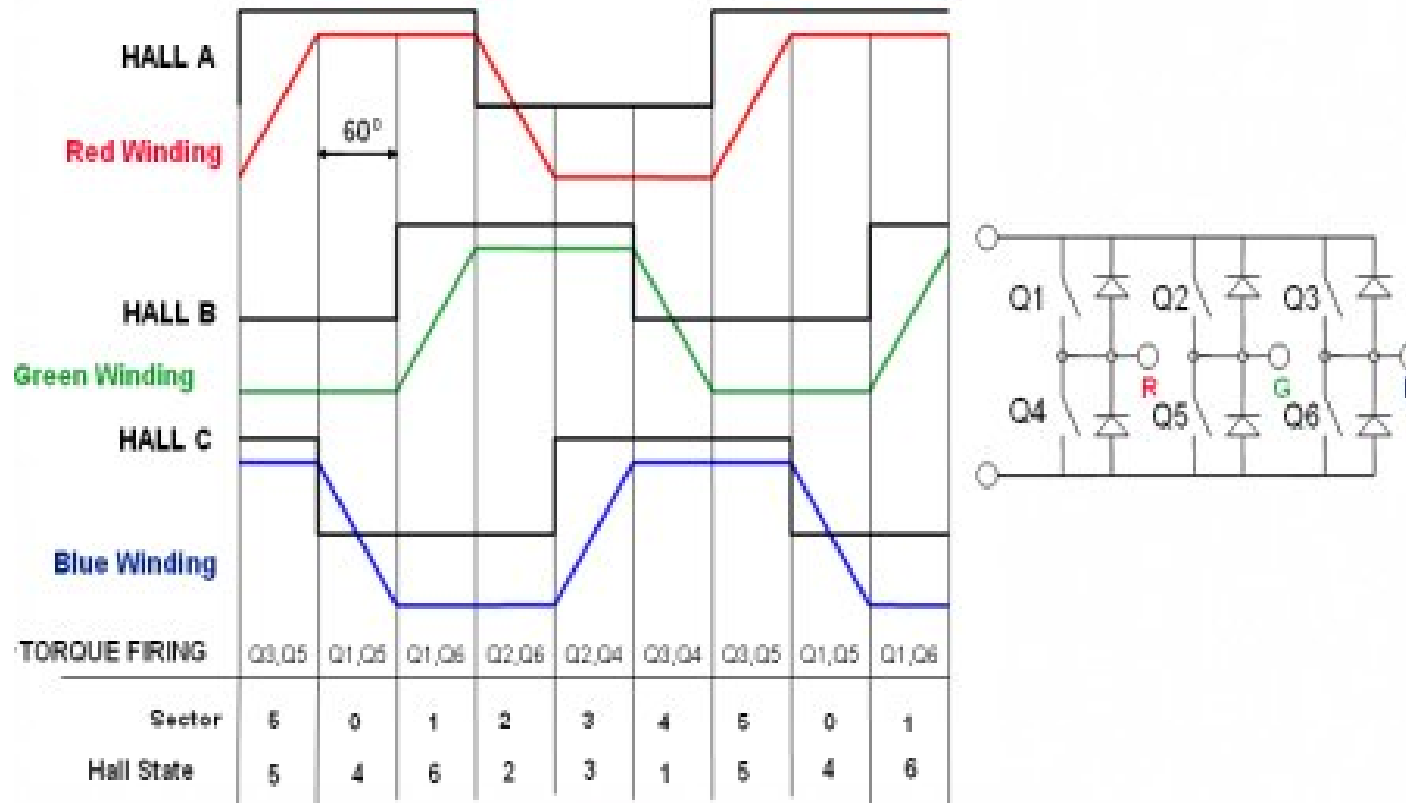


DESARROLLO DEL PROGRAMA

Diagrama de Flujo

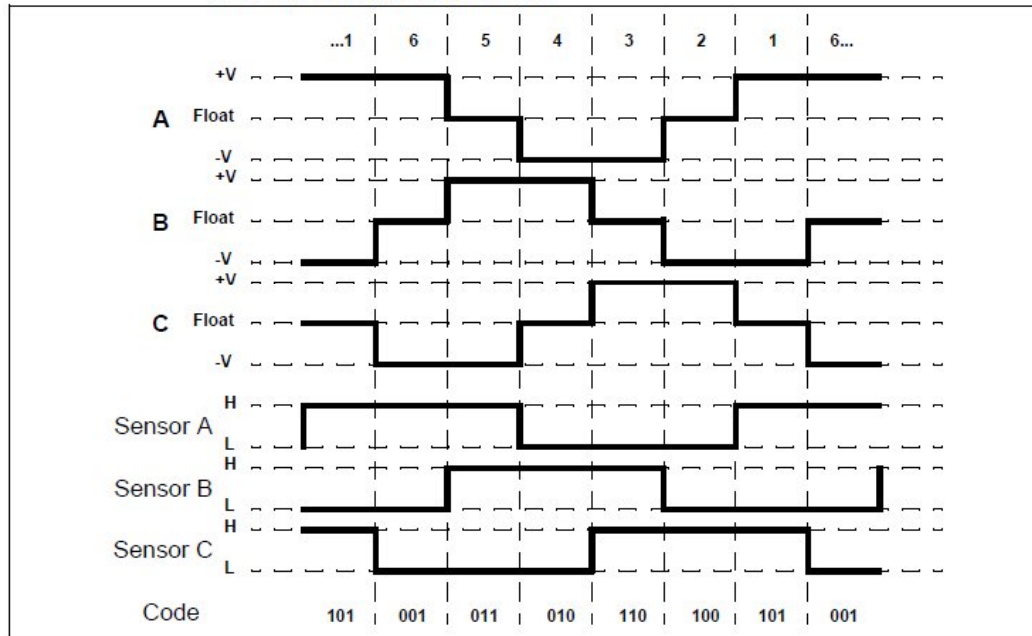


DISPAROS PARA LOS MOSFET'S

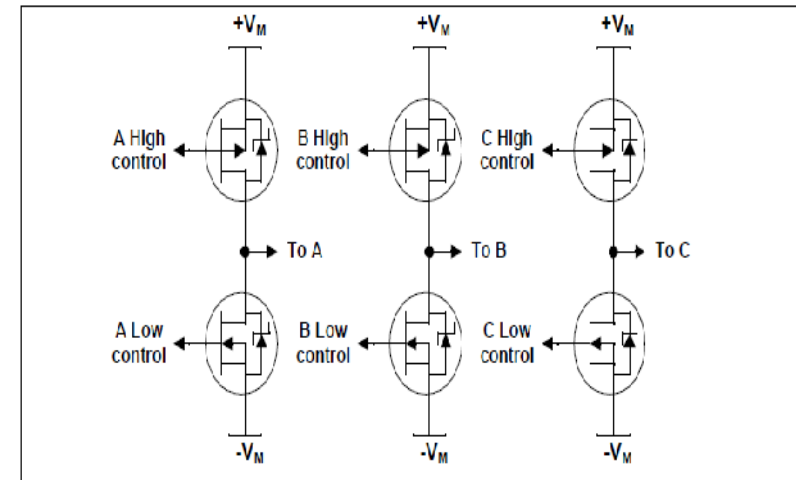


DISPAROS PARA LOS MOSFET'S

SENSOR VERSUS DRIVE TIMING



THREE PHASE BRIDGE



CW SENSOR AND DRIVE BITS BY PHASE ORDER

Pin	RE2	RE1	RE0	RC5	RC4	RC3	RC2	RC1	RC0
Phase	Sensor C	Sensor B	Sensor A	C High Drive	C Low Drive	B High Drive	B Low Drive	A High Drive	A Low Drive
1	1	0	1	0	0	0	1	1	0
2	1	0	0	1	0	0	1	0	0
3	1	1	0	1	0	0	0	0	1
4	0	1	0	0	0	1	0	0	1
5	0	1	1	0	1	1	0	0	0
6	0	0	1	0	1	0	0	1	0



TABLA DE DISPAROS DEL PROGRAMA

```

FwdTable
    retlw B'00000000' ; invalid
    retlw B'00010010' ; phase 6
    retlw B'00001001' ; phase 4
    retlw B'00011000' ; phase 5
    retlw B'00100100' ; phase 2
    retlw B'00000110' ; phase 1
    retlw B'00100001' ; phase 3
    retlw B'00000000' ; invalid
RevTable
    retlw B'00000000' ; invalid
    retlw B'00100001' ; phase /6
    retlw B'00000110' ; phase /4
    retlw B'00100100' ; phase /5
    retlw B'00011000' ; phase /2
    retlw B'00001001' ; phase /1
    retlw B'00010010' ; phase /3
    retlw B'00000000' ; invalid
    
```

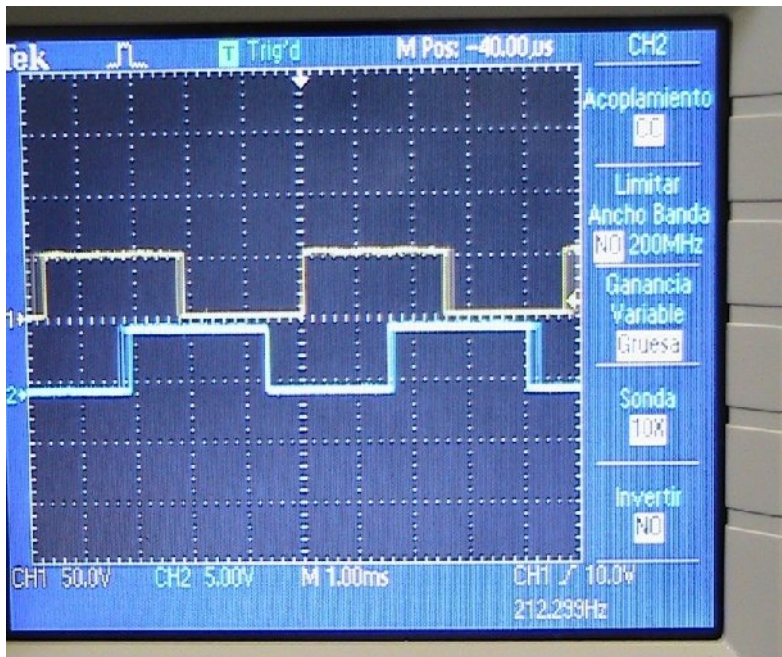
CW SENSOR AND DRIVE BITS BY SENSOR ORDER

Pin	RE2	RE1	RE0	RC5	RC4	RC3	RC2	RC1	RC0
Phase	Sensor C	Sensor B	Sensor A	C High Drive	C Low Drive	B High Drive	B Low Drive	A High Drive	A Low Drive
6	0	0	1	0	1	0	0	1	0
4	0	1	0	0	0	1	0	0	1
5	0	1	1	0	1	1	0	0	0
2	1	0	0	1	0	0	1	0	0
1	1	0	1	0	0	0	1	1	0
3	1	1	0	1	0	0	0	0	1

CCW SENSOR AND DRIVE BITS

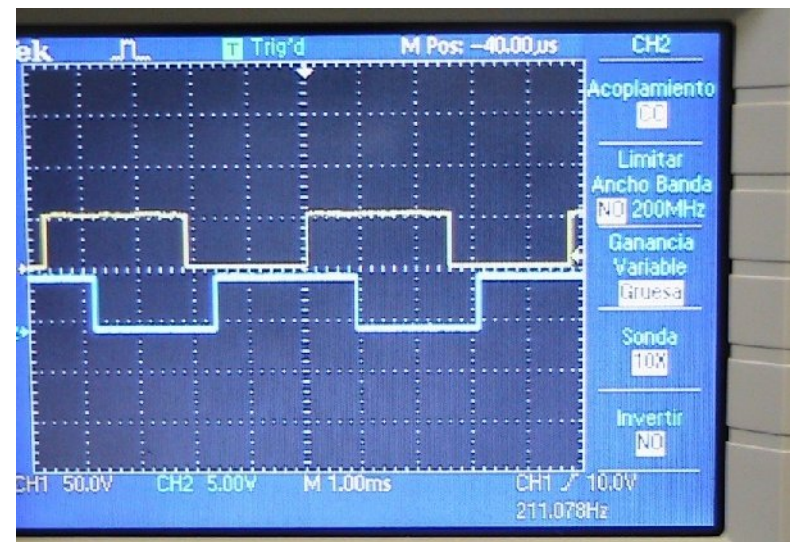
Pin	RE2	RE1	RE0	RC5	RC4	RC3	RC2	RC1	RC0
Phase	Sensor C	Sensor B	Sensor A	C High Drive	C Low Drive	B High Drive	B Low Drive	A High Drive	A Low Drive
/6	0	0	1	1	0	0	0	0	1
/4	0	1	0	0	0	0	1	1	0
/5	0	1	1	1	0	0	1	0	0
/2	1	0	0	0	1	1	0	0	0
/1	1	0	1	0	0	1	0	0	1
/3	1	1	0	0	1	0	0	1	0

GRÁFICOS GENERADOS DEL PROYECTO

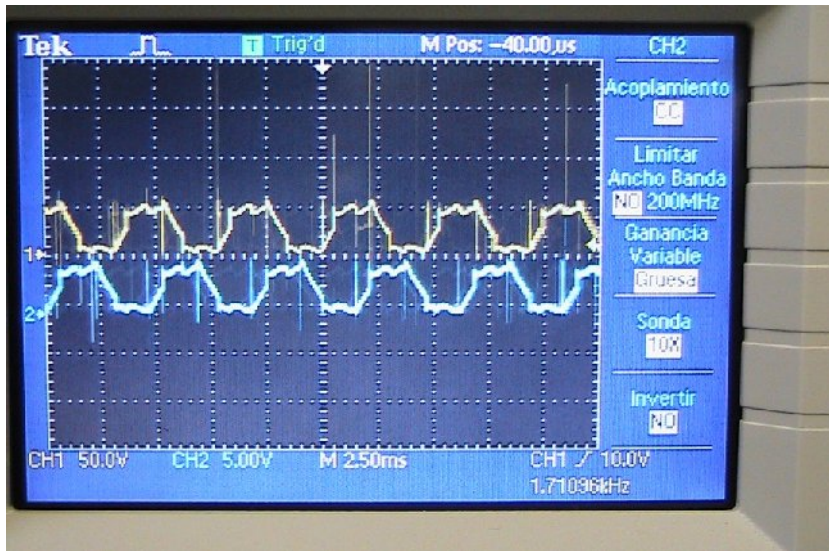


Forma de onda entre el sensor de efecto Hall A y B

Forma de onda entre el sensor de efecto Hall A y C

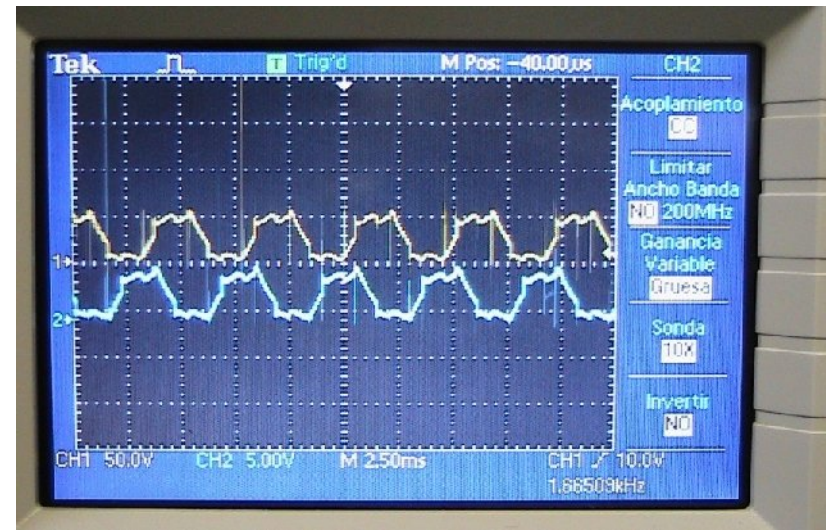


GRÁFICOS GENERADOS DEL PROYECTO



Forma de onda entre las bobinas A y B

Forma de onda entre las bobinas A y C



CONCLUSIONES

- Se consiguió la completa implementación del controlador de velocidad para motores BLDC con sensores de efecto Hall de Microchip, con el cual se implemento el hardware y el software, en una combinación entres las notas de aplicación dispuestas, estas son AN857A y AN957. Usando el programa para el control de velocidad de motores BLDC con sensor de la nota de aplicación AN857A en el PIC 16F877A obteniendo como resultado el arranque del motor BLDC trifásico.
- El controlador de velocidad para motores BLDC con sensor de efecto Hall desarrollado en este proceso de graduación muestra la fácil implementación y aplicación para el uso didáctico, y experimental donde se puede comprobar el funcionamiento de sus etapas, tanto la etapa de control, acoplamiento y potencia. Además de cómo opera su programación y el funcionamiento del motor BLDC.



CONCLUSIONES

- Se obtuvo el PWM por medio de la programación, simplemente con el PIC16F877A sin la necesidad de un microcontrolador de la gama alta los cuales tienen módulos PWM, solo utilizando el TMR0 en modo de temporizador y el producto de ese ejercicio mostrarlo en el puerto C del microcontrolador configurado como salida.
- Se logró producir el adecuado disparo en la conmutación de los Mosfet's, la programación en el microcontrolador ejecuta los correspondientes estados de conducción en las salidas del microcontrolador y observado en el osciloscopio cumple con los estados de conmutación expuestos anteriormente en la teoría. Lo cual satisface a la correcta operación del motor BLDC con el cual se está trabajando.



CONCLUSIONES

- Se observó el funcionamiento del sensor de efecto Hall, gracias a la ayuda del osciloscopio se ve que cumple con la secuencia respectiva que se refirió en la parte teórica, mostrando su perfecto funcionamiento por la respuesta que se obtuvo en la adecuada operación del proyecto.



RECOMENDACIONES

- En este proyecto se puede implementar el programa que ofrece la nota de aplicación de Microchip, AN857A el cual es para motores BLDC sin sensor. Ya que el hardware implementado es muy parecido para trabajar con dicho software, tener en cuenta el esquemático de la aplicación para evitar inconvenientes en el funcionamiento.
- Ser precavido en la conexión de la alimentación tanto en la etapa de control como en la etapa de potencia, ya que trabajan esos dos sectores a diferentes voltajes y podría una mala conexión dañar algún componente del circuito por una polarización inversa, especialmente en la etapa de control, ya que el microcontrolador es el dispositivo más sensible.



RECOMENDACIONES

- Las propiedades de los motores BLDC son diferentes, tener muy en cuenta las características de voltaje y de corriente en los motores a utilizar, este proyecto proporciona en la salida para la conexión de motores con una capacidad de conectar a una fuente de suministro de 100V y 14Amp. Ya que los Mosfet's soportan hasta esa cantidad de voltaje y amperaje.
- Al trabajar con motores que posean sensor de efecto Hall, tener muy en cuenta la correcta disposición del Hall A, Hall B y Hall C para una debida conexión en los pines del sensor Hall del proyecto. Ya que esto podría hacer parecer que el motor no funcionaria y pensar que podría ser otro problema que no existiría.

