



FRVM de la Universidad Tecnológica  
Nacional

Departamento de Electrónica  
Cátedra Trabajo Final de Grado

## ***Banco de Ensayo para Motores con Freno de Corrientes Parásitas***

*Trabajo Final de Grado para obtener el título de Ingeniero en Electrónica*

*Autor/es:*

*Álvarez, Juan Pablo  
Doglio, Guillermo Matías*

**2021**

***Acreditación:***

***Fecha:***

***Comité Evaluador***

***Presidente:*** Apellido y Nombres

***1º Vocal:*** Apellido y Nombres

***2º Vocal:*** Apellido y Nombres





## 1 Dedicatorias

*Por Álvarez, Juan Pablo:*

*A mis padres por el apoyo constante durante toda la carrera. A mis hermanos y sobrinos que festejaron cada paso dado. A mi compañera Evelyn por el aliento incansable.*

*También a profesores y amigos por estar en todo momento, y siempre predispuestos a colaborar.*

*Por Doglio, Guillermo Matías:*

*A mi familia por el constante apoyo y comodidades que me dieron durante la carrera. A mis hermanos y compañera Rocío por el incentivo y acompañamiento en el proceso universitario.*

*También a profesores, compañeros y amigos por estar siempre predispuestos a ayudar y hacer la carrera más sencilla.*



## 2 Agradecimientos

*Queremos agradecer al Ing. Sergio Doglio por colaborar en la construcción de la estructura de nuestro banco de pruebas. Además, al Sr. Marcelo Gace por brindarnos información y permitirnos apreciar su banco de ensayos para evacuar dudas.*

*Un agradecimiento especial al Departamento de Electrónica y a los ingenieros de la UTN Facultad Regional Villa María por atender nuestras dudas e inquietudes a lo largo del Proyecto Final y por poner todos sus recursos a nuestra disposición durante nuestra carrera en dicha facultad.*



### 3 Memoria Descriptiva

*En el marco del Trabajo Final de Grado se realizó un proyecto que consiste en un banco de ensayo para motores de combustión interna, equipado con un freno de corrientes parásitas, capaz de medir, analizar y digitalizar el rendimiento de los motores.*

*El hardware desarrollado cuenta con una placa de procesamiento con un microcontrolador, fuente de alimentación, un módulo HX711 para manejar la celda de carga, el circuito de acondicionamiento del sensor inductivo, el módulo FT232RL para la conexión USB con el ordenador y un puerto de 8 bits encargado de comandar el freno. Además, posee una placa de potencia diseñada para controlar, de manera automática o manual, el poder de frenado variando la tensión continua entregada al freno; se compone principalmente por un rectificador semicontrolado monofásico y su circuito de control.*

*Se llevaron a cabo dos softwares, uno para el microcontrolador PIC18F4550 el cual se encarga tanto de la medición de torque y revoluciones por minuto, como así también del control automático del freno para lograr un barrido de rpm del motor con una aceleración constante, y enviar los datos al ordenador. El otro consiste en una aplicación para el ordenador capaz de recibir los datos, procesarlos, realizar y guardar una representación gráfica de potencia y torque en función de rpm; además, definir los parámetros de ensayo.*

*Se construyó un soporte mecánico sobre el cual se fijó el freno electromagnético, el sensor inductivo, la celda de carga, el motor de arranque y el semieje que permite la transferencia de potencia del motor de combustión interna al freno junto con su protección. También, se realizó un carro con soportes regulables para sujetar una gran variedad de motores.*



## 4 Índice

1	<i>Dedicatorias</i>	2
2	<i>Agradecimientos</i>	3
3	<i>Memoria Descriptiva</i>	4
4	<i>Índice</i>	5
5	<i>Introducción</i>	6
5.1	<i>Análisis de sistemas existentes</i>	6
5.2	<i>Descripción de las actividades del proyecto</i>	6
6	<i>Objetivos</i>	7
7	<i>Diagrama en bloques</i>	8
7.1	<i>Celda de carga</i>	9
7.2	<i>Módulo HX711</i>	9
7.3	<i>Sensor inductivo</i>	10
7.4	<i>Acondicionamiento de señal</i>	11
7.5	<i>Microcontrolador</i>	11
7.5.1	<i>Firmware microcontrolador</i>	13
7.6	<i>Circuito de potencia</i>	14
7.6.1	<i>Convertor digital-analógico y amplificación</i>	14
7.6.2	<i>Circuito generador de PWM</i>	15
7.6.3	<i>Circuito de disparo de SCR</i>	17
7.6.4	<i>Rectificador semicontrolado monofásico</i>	18
7.7	<i>Freno de corrientes parásitas</i>	20
7.8	<i>Unidad de procesos</i>	24
7.8.1	<i>Software PC</i>	24
8	<i>Fuente de alimentación</i>	28
9	<i>Conexión USB</i>	29
10	<i>Circuitos electrónicos</i>	30
10.1	<i>Placa de procesamiento</i>	30
10.2	<i>Placa de potencia</i>	31
11	<i>Medición de circuito de potencia</i>	34
12	<i>Estructura mecánica</i>	37
13	<i>Montaje final</i>	40
14	<i>Conclusiones</i>	46
15	<i>Bibliografía</i>	47
16	<i>Anexos</i>	48
16.1	<i>Hojas de especificaciones</i>	48
16.1.1	<i>Hoja de especificaciones de celda de carga</i>	48
16.1.2	<i>Hoja de especificaciones de módulo HX711</i>	49
16.1.3	<i>Hoja de especificaciones de sensor inductivo</i>	52
16.1.4	<i>Hoja de especificaciones PIC 18F4550</i>	55
16.1.5	<i>Hoja de especificaciones optoacoplador</i>	60
16.1.6	<i>Hoja de especificaciones amplificador operacional</i>	62
16.1.7	<i>Hoja de especificaciones diodos rectificadores de potencia</i>	63
16.1.8	<i>Hoja de especificaciones tiristores SCR</i>	65
16.1.9	<i>Hoja de especificaciones freno electromagnético</i>	67
16.1.10	<i>Hoja de especificaciones de convertor FT232RL</i>	68



## 5 Introducción

### 5.1 Análisis de sistemas existentes

Existen diferentes tipos de dinamómetros para aplicaciones automotrices, y aunque cada uno de ellos se diseña para una necesidad específica, todos muestran características semejantes entre sí. Se pueden dividir en dos grandes grupos, uno de ellos son los dinamómetros para motores, capaz de simular la carga del motor como si estuviese montado en el vehículo. Y los otros son los llamados dinamómetros de rodillos que permiten realizar las pruebas directamente con el vehículo.

En este caso, el dinamómetro de motores es el que nos interesa, dado que permite una medida exacta del rendimiento del motor y trabajar sobre su puesta a punto y desarrollo para obtener mejores rendimientos antes de ser colocado en el vehículo. Estos bancos se pueden clasificar en tipo inercial o de absorción, estos últimos son los sistemas más utilizados, ya que permiten realizar mediciones a motores de una mayor gama de potencia.

En el siguiente trabajo se realizó el desarrollo y la implementación de un banco de pruebas de motores de combustión interna de absorción, equipado con un freno de corrientes parásitas con refrigeración de aire. Este sistema a pesar de presentar mayor complejidad en el diseño, tiene las virtudes de un mantenimiento muy reducido, gran precisión y no requiere de infraestructura adicional, solo debe ser conectado a la red eléctrica domiciliar de 220V; en comparación con los frenos de agua, que requieren de un gran depósito de agua junto con una bomba y sistemas de refrigeración para su funcionamiento.

Este banco de pruebas está pensado para ser utilizado principalmente en el desarrollo y puesta a punto de motores de competición de categorías zonales, los cuales en su mayoría no superan los 250CV. Además, dado que este freno permite realizar mediciones precisas en estado estacionario puede ser utilizado en un futuro para trabajos de investigación sobre consumo o demás parámetros que se quieran observar de un motor.

### 5.2 Descripción de las actividades del proyecto

Para realizar las mediciones del motor se necesita obtener las revoluciones por minuto del cigüeñal del motor, las cuales se tomaron con un sensor inductivo. Además, se midió la fuerza con una celda de carga fijada a través de un brazo de palanca al estator del freno, dicha celda es conectada a través del módulo HX711 al microcontrolador.

La información proveniente de los sensores es tomada por una placa de adquisición de datos, la cual tiene una etapa de acondicionamiento de señales y un microcontrolador PIC que actúa como unidad de procesamiento e interfaz con la PC. La comunicación entre el dispositivo y la PC se hace vía USB. Además, dicho microcontrolador es el encargado de manejar la placa de potencia que comanda el freno.

Para lograr una interfaz amigable con el usuario en la PC, se procedió a desarrollar una aplicación simple en Python que permite además de visualizar las mediciones, configurar el rango de rpm de medición y almacenar los datos.

Los principales parámetros a ser visualizados en la interface son:

- Revoluciones por minuto en tiempo real.
- Gráfica de torque en función de rpm.
- Gráfica de potencia en función de rpm.
- Torque máximo.
- Potencia máxima.
- Torque promedio.
- Potencia promedio.



## 6 *Objetivos*

*El dispositivo obtenido al final de este proyecto deberá cumplir con los siguientes objetivos:*

- *Proveer confiabilidad en las mediciones realizadas.*
- *Brindar una interfaz operativa y de fácil manejo.*
- *Debe tener intercambiabilidad entre sus piezas.*
- *Posibilidad de guardar en una base de datos las mediciones obtenidas.*
- *Debe ser robusto.*





## 7 Diagrama en bloques

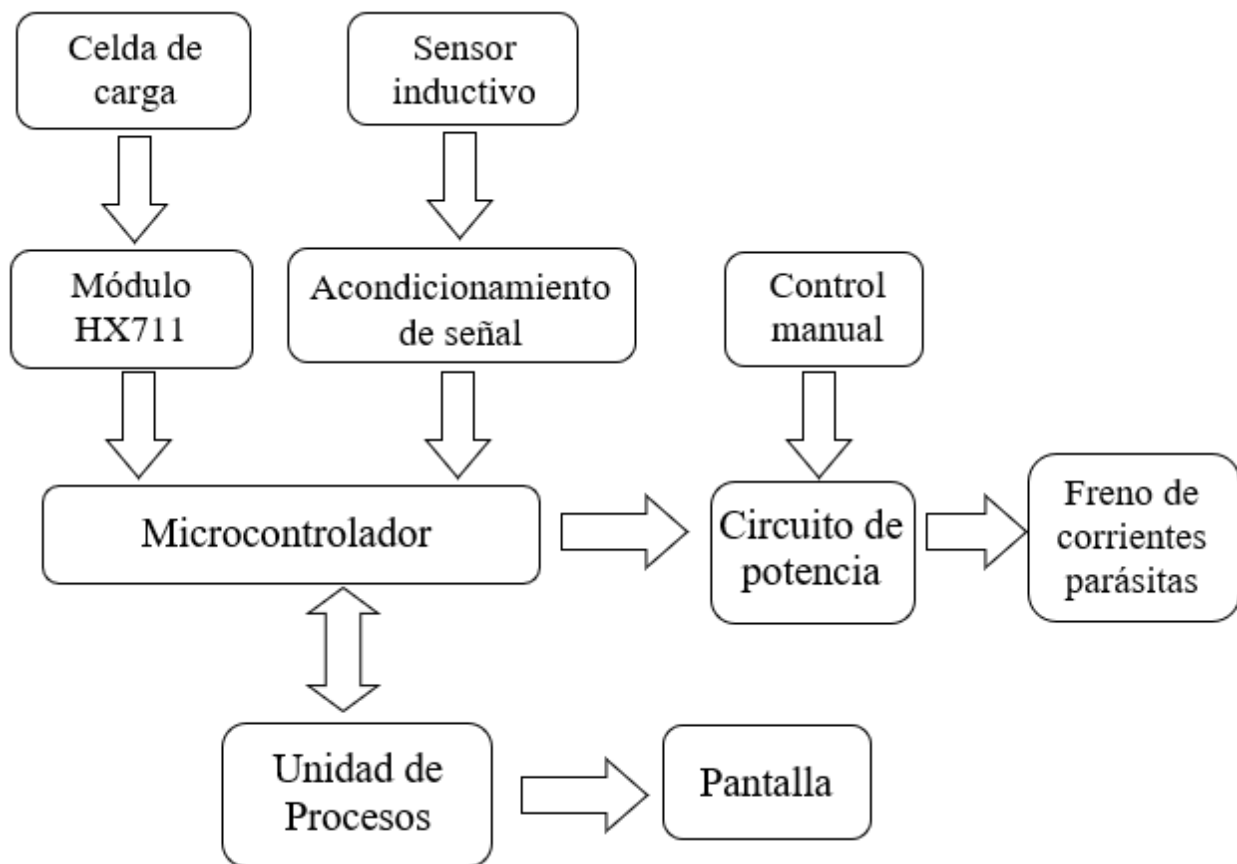


Diagrama 1 – Diagrama en bloques general del proyecto

Una Breve Explicación de lo Anterior:

**Sensores:** este proyecto consta con 2 sensores principales, un sensor inductivo para tomar las revoluciones por minuto del motor, y una celda de carga para medir la fuerza del mismo.

**Microcontrolador:** en este se digitalizan los datos adquiridos por los sensores, se procesan y se envían al PC, por medio de una conexión USB. Además, comanda la placa de potencia del freno.

**Placa de potencia:** consta de un rectificador semicontrolado de onda completa monofásico, el cual permite modificar la tensión continua de alimentación del freno variando el ángulo de disparo.

**Control manual:** está compuesto por una llave de palanca que permite seleccionar el comando del freno (Automático -Manual) y un potenciómetro para controlar de modo manual el poder de frenado.

**Freno de Corrientes Parásitas:** es un sistema de frenado debido a que el movimiento circular de discos de acero (rotor) dentro del campo magnético producido por el estator, genera una corriente inducida en ellos (corrientes parásitas), provocando electroimanes con campos magnéticos que se oponen a los campos magnéticos generados por las bobinas del estator.

**Unidad de Procesos:** está constituida por una PC, en la cual se reciben los datos enviados por el microcontrolador para ser analizados y luego graficados en la pantalla.

**Pantalla:** monitor donde se muestran los resultados obtenidos por el dispositivo en una interfaz gráfica.



### 7.1 Celda de carga

Este proyecto consta de una celda de carga de tipo S que permite medir la fuerza del motor proporcionada al freno del banco. Dicha celda está fijada en uno de sus extremos en la base del banco, y el otro extremo en el estator del freno de corrientes parásitas a través de un brazo de palanca que permite variar su longitud de apoyo para diferentes valores de torque. Su denominación es: DTB108-100kg, la misma se conecta al módulo transmisor HX711, tanto la alimentación (rojo-negro) como la señal (verde-blanco).

Las características de las mismas se enumeran a continuación:

- Precisión: 0.03%F.S.
- Salida nominal: 1.9983 mv/v
- Voltaje de alimentación permitido: 5-18 VDC
- Repetibilidad: 0.017 %F.S.
- Rango de temperatura de funcionamiento: -20°C – 55°C

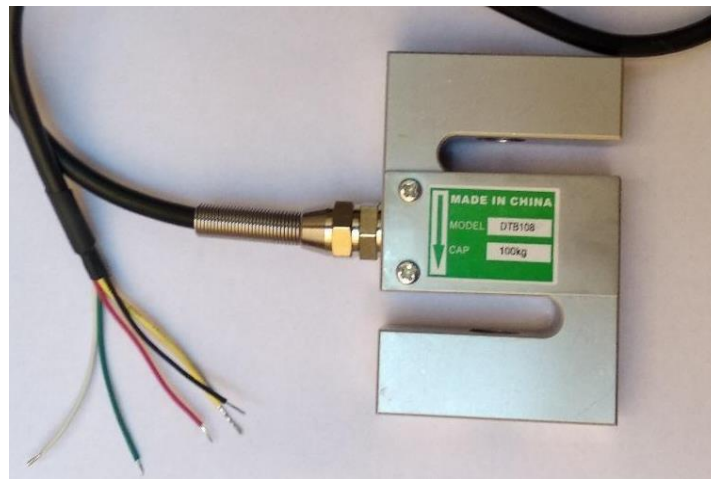


Figura 1 - Celda de carga DTB-108

### 7.2 Módulo HX711

El módulo HX711 es un convertidor analógico digital (ADC) de 24 bits de precisión. Este módulo es compatible con celdas de carga con valores desde 1 kg a 100kg. Dispone, internamente, de la electrónica necesaria para realizar la lectura del puente de Wheatstone formado por la celda de carga. La comunicación se realiza a través de un protocolo de tipo serial por medio de dos pines (DT y SCK) que se conectan con el microcontrolador PIC18F4550.

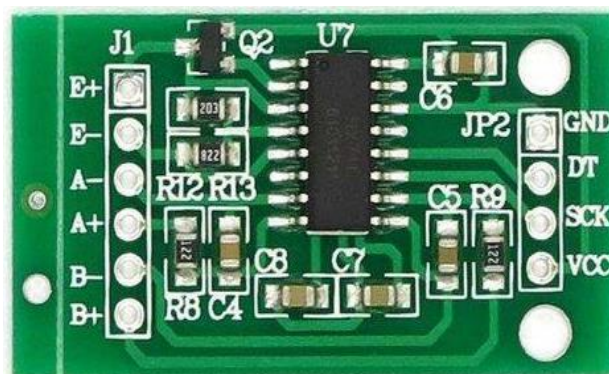


Figura 2 – Módulo HX711

*Especificaciones técnicas:*

- *Voltaje de Operación: 5V DC*
- *Consumo de corriente: menor a 10mA*
- *Voltaje de entrada diferencial:  $\pm 40mV$*
- *Resolución conversión A/D: 24 bit*
- *Frecuencia de lectura: 80 Hz*
- *PGA activo de bajo ruido en el chip con ganancia seleccionable de 32, 64 y 128*
- *Regulador de la fuente de alimentación en el chip para celdas de carga y fuente de alimentación analógica ADC*
- *Oscilador en chip que no requiere componente externo con cristal externo opcional*
- *Control digital simple e interfaz serial: controles controlados por pin, sin necesidad de programación*
- *Rango de temperatura de operación:  $-40 \sim +85 \text{ }^\circ\text{C}$ .*

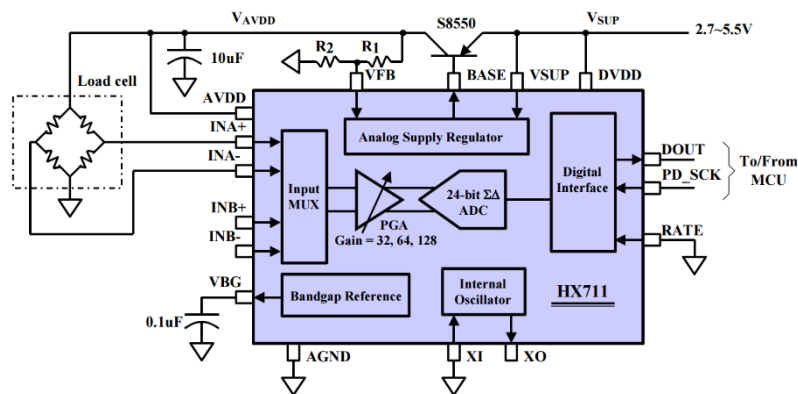


Figura 3 – Diagrama de aplicación típica de balanza.

### 7.3 Sensor inductivo

En dicho proyecto se utilizó un sensor inductivo PNP denominado IFT203 de la empresa IFM para la medición de las revoluciones del motor. El sensor se instaló sobre la estructura del banco de manera tal que detecta cuatro pulsos por vuelta, los cuales son tomados en los rayos de uno de los discos ventilados del freno. Entre las características que determinaron la selección de este sensor se pueden destacar las siguientes:

- *Tensión de alimentación 10...36 DC.*
- *Función de salida normalmente abierto.*
- *Frecuencia de conmutación DC 800Hz.*
- *Alcance de detección 4mm.*
- *Temperatura ambiente 0...100°C.*
- *Robusta carcasa, alto grado de protección para entornos industriales.*



Figura 4 – Sensor inductivo IFT203

#### 7.4 Acondicionamiento de señal

El circuito de acondicionamiento de señales, como alimentación del sensor, es aplicado en la misma placa en la que se encuentra el microcontrolador. La alimentación del sensor se realiza con una tensión continua de 12V. Como el sensor es normal abierto y su respuesta es un pulso de amplitud 12V, amplitud que no soporta la entrada del PIC, se decidió disparar la base de un transistor bipolar NPN denominado 2N2222, el cual tiene una tensión de 5V en el colector y genera en el emisor el pulso que recibe el microcontrolador en el pin RC2/CCP1.

En la Figura 5 se observa el circuito planteado, como así también el conector (S-IND) donde es enchufado el sensor inductivo.

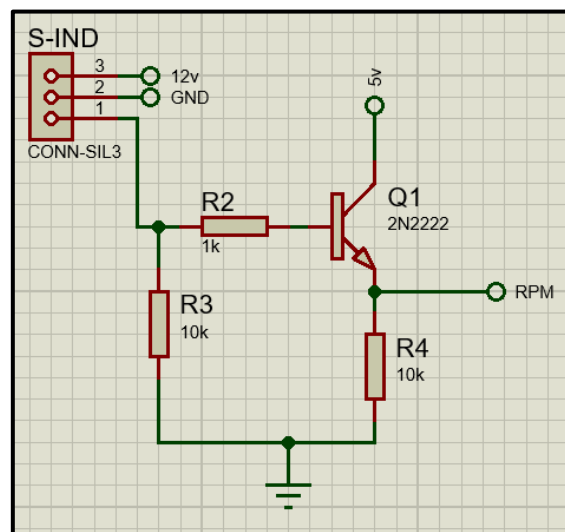


Figura 5 – Esquemático acondicionamiento de señal sensor inductivo.

#### 7.5 Microcontrolador

Para este proyecto se decidió usar un microcontrolador PIC 18F4550, de la firma Microchip. Se seleccionó este modelo por sus altas prestaciones, tales como: su capacidad de transmisión de datos, disponibilidad de puertos, bajo costo, disponibilidad del producto y robustez entre otras características.

Características del microcontrolador PIC18f4550:

- Tensión de alimentación de 5V.
- Conversor analógico digital de 10 bits.
- 35 entradas y salidas digitales.



- Módulo Captura/Comparación/PWM.
- 32kB de memoria de programa
- 2kB de memoria SRAM
- 256B de memoria EPROM
- Manejo de interrupciones.
- Reset vía hardware
- Comunicación USB

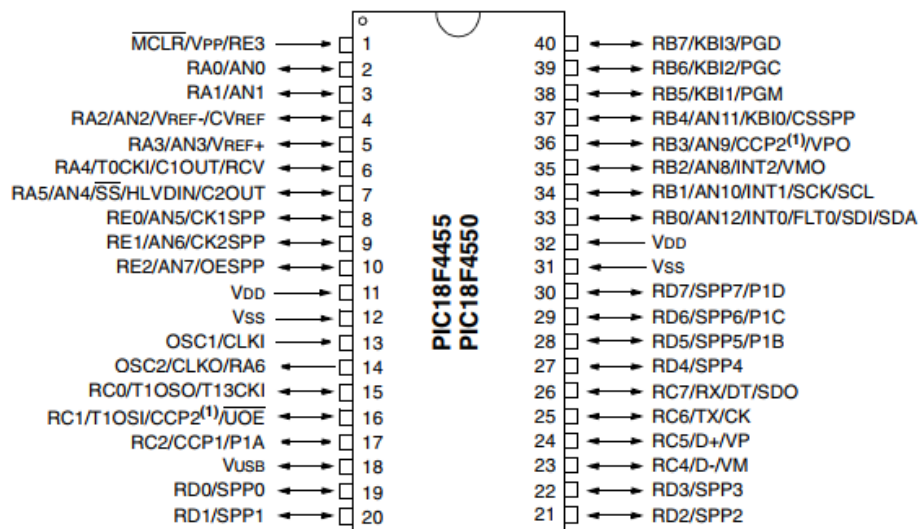


Figura 6 – Microcontrolador PIC18F4550.

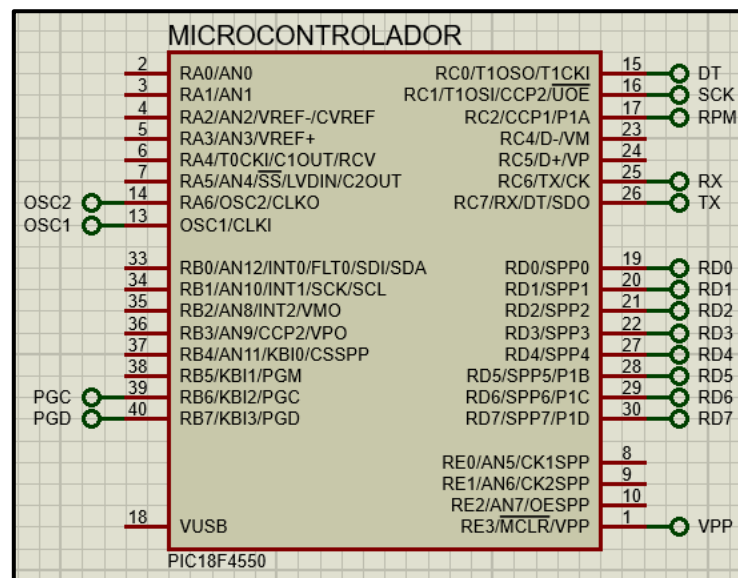


Figura 7 – Conexiones PIC18F4550.

Descripción de los pines utilizados:

- VPP: pulsador para poder reiniciar la maquina en caso de inconvenientes.
- RD0-RD7: salidas digitales para control de freno de corrientes parásitas.
- RX-TX: comunicación serie con módulo FT232RL.
- CCP1: entrada digital en módulo capture para medición de rpm.
- RC1: salida digital para pin de reloj de módulo HX711.
- RC0: entrada digital para pin de datos de módulo HX711.



- *OSC2-OSC1: conexión del circuito oscilador.*
- *RB6-RB7: entradas de programación de microcontrolador.*
- *VDD: alimentación 5V.*
- *VSS: conexión a GND.*

### 7.5.1 *Firmware microcontrolador*

La tarea fundamental del microcontrolador consiste en adquirir los datos a través de los sensores y enviarlos a la PC, como así también, realizar el control de la potencia de frenado del freno de corrientes parásitas.

A continuación, se muestra un diagrama de flujo donde se aprecia el funcionamiento del microcontrolador.

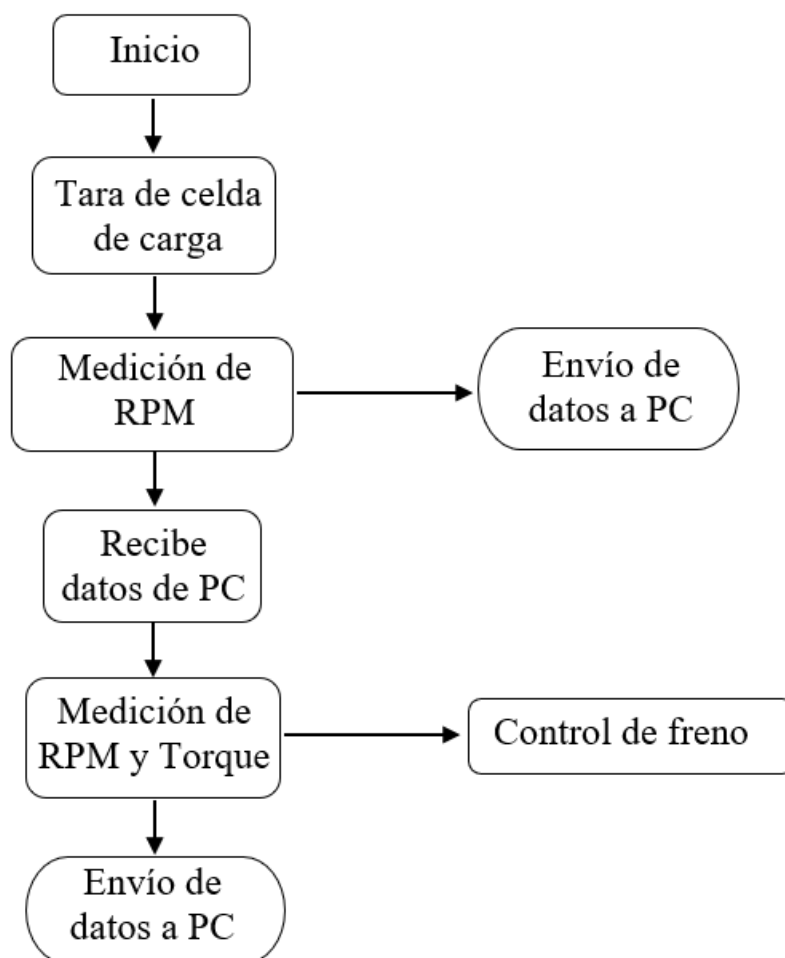


Diagrama 2 – Diagrama de flujo de programación de microcontrolador



## 7.6 Circuito de potencia

En este circuito desarrollado sobre una placa aparte, se lleva a cabo la parte de potencia propiamente dicha como lo es el rectificador semicontrolado monofásico, como así también toda la etapa de control de dicho rectificador. Este circuito se puede separar en varios módulos, los cuales son:

### 7.6.1 Convertor digital-analógico y amplificación

Para controlar la potencia de frenado se decidió implementar un circuito que utiliza una tensión de referencia, la cual determina el ángulo de disparo de los tiristores. Dado que disponíamos de un puerto completo de 8 bits disponible en el microcontrolador (puerto D), se llevó a cabo un convertor digital-analógico (DAC) del tipo  $\frac{R}{2R}$  y las resistencias utilizadas tienen el valor de  $10k\Omega$ .

La salida del convertor puede tomar valores de tensión continua entre  $0v - 5v$ , este punto del circuito es llevado a un extremo de un interruptor de tres puntos, el cual permite seleccionar la manera de comandar el freno. Esta selección puede ser de manera manual a través de un potenciómetro, el cual funciona como divisor resistivo entre valores de tensión de  $0v$  a  $5v$ ; de manera automática comandado por el microcontrolador a través del DAC; o un punto medio el cual no tiene conexión.

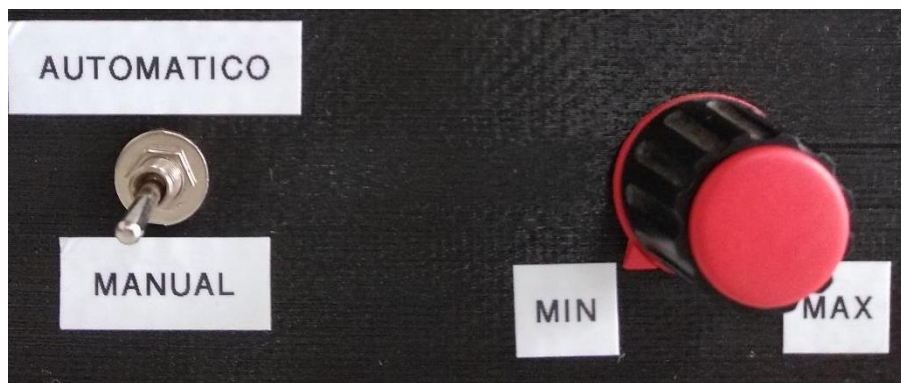


Figura 8 – Comandos de control de freno.

La opción seleccionada por el interruptor es ingresada a una etapa de amplificación. Esta presenta en la entrada un capacitor cerámico de  $100nF$  para filtrar ruidos en la señal de entrada al amplificador no inversor implementado con un amplificador operacional LM358N, una resistencia de  $10k\Omega$  y un preset multivuelta de  $20k\Omega$  que permite calibrar de manera precisa la ganancia y así obtener el valor de comparación indicado para disparar el rectificador en todo su rango. Por último, se presenta un seguidor de tensión, que fue incorporado ya que era sobrante en el integrado LM358N y con el agregado de que mejora las características de un amplificador ideal presentando elevada impedancia de entrada y baja impedancia en la salida.

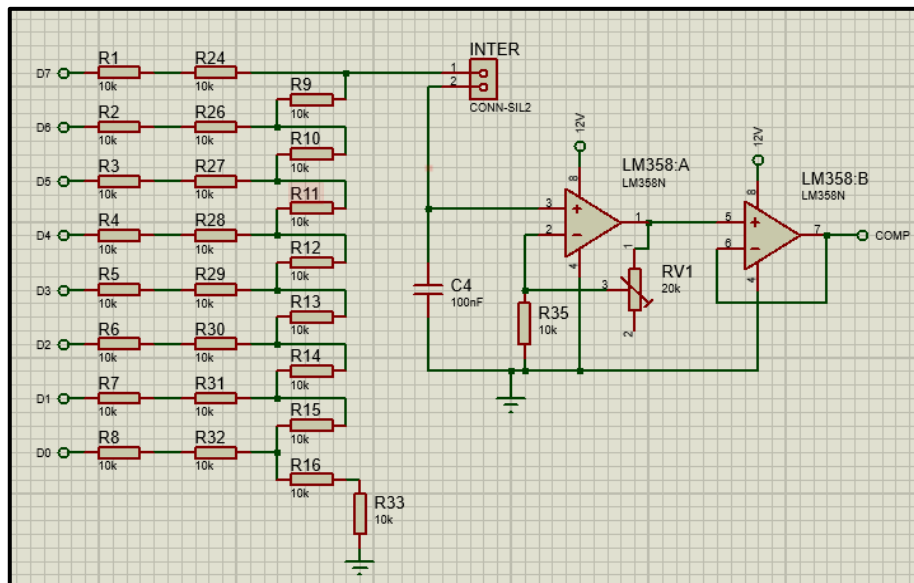


Figura 9 – Esquemático conversor DAC y amplificador.

### 7.6.2 Circuito generador de PWM

Este circuito está formado por un detector de cruce por cero de media onda con salida complementaria formado por dos optoacopladores PC817 conectados en antiparalelo, los cuales permiten generar una onda cuadrada en sincronismo con la señal sinusoidal de la red de 220V AC. Esta señal introducida en la base del transistor 2N2222 permite controlar el período de carga del capacitor (1 $\mu$ F) conectado en su colector y así generar una señal diente de sierra la cual es comparada a través de un operacional con el valor de tensión generado en la etapa de amplificación antes descrita. El momento en el que se igualan las señales comparadas se produce el inicio del pulso positivo de PWM que determinará el ángulo de disparo de los SCR.

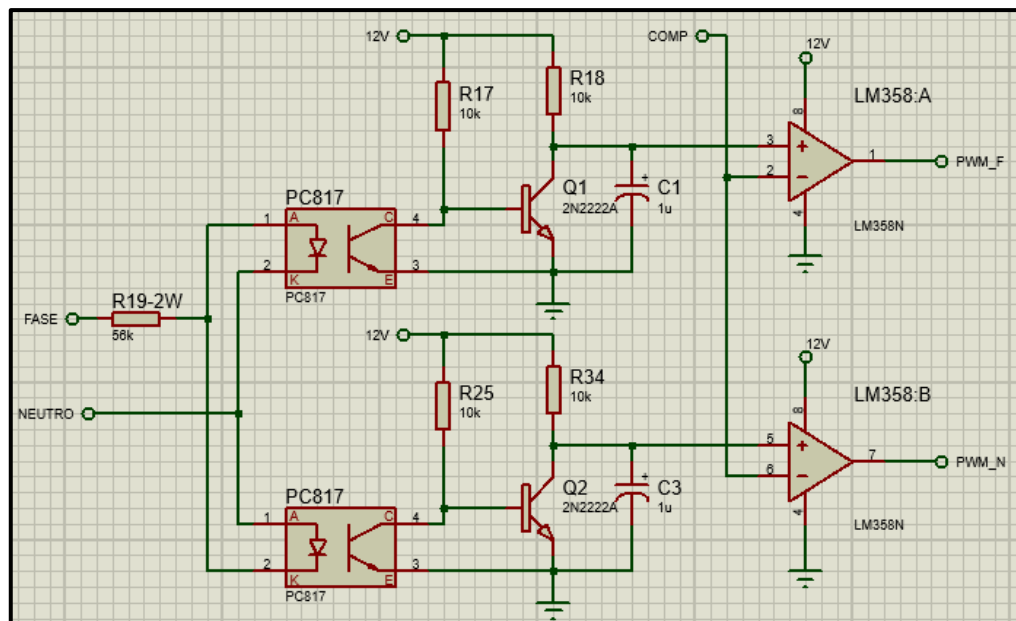


Figura 10 – Esquemático circuito generador de PWM.



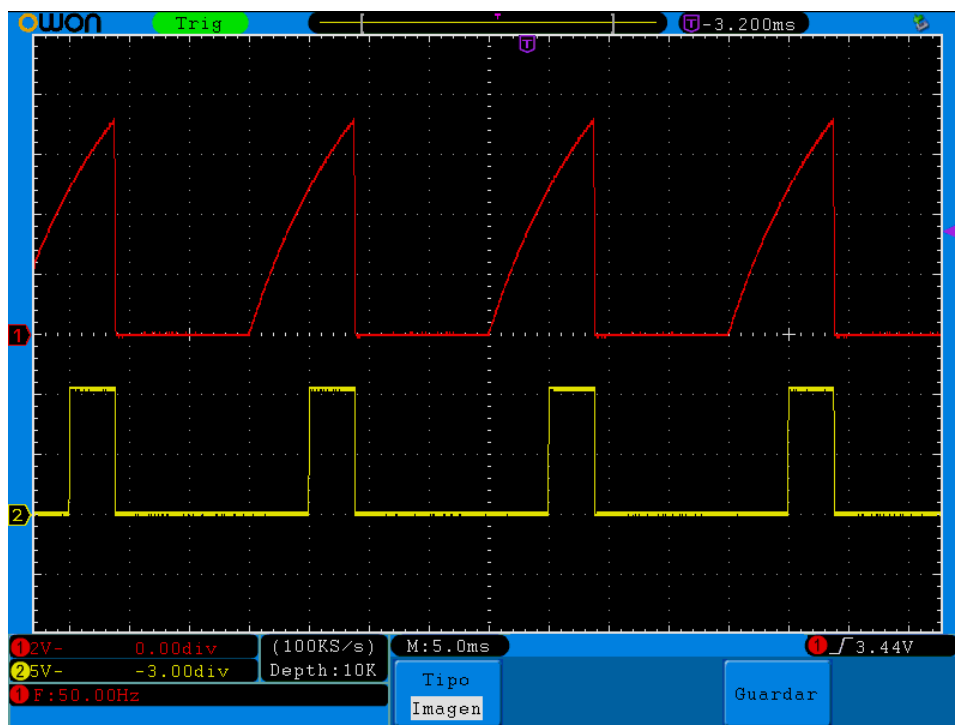


Figura 11 – Señal de generador de PWM.

En la figura N°11 se observa la señal rampa generada por la carga del capacitor, junto con el PWM que se forma al setear una tensión de comparación. En la figura N°12, se aprecian las dos señales PWM generadas, las cuales determinan el ángulo de disparo.

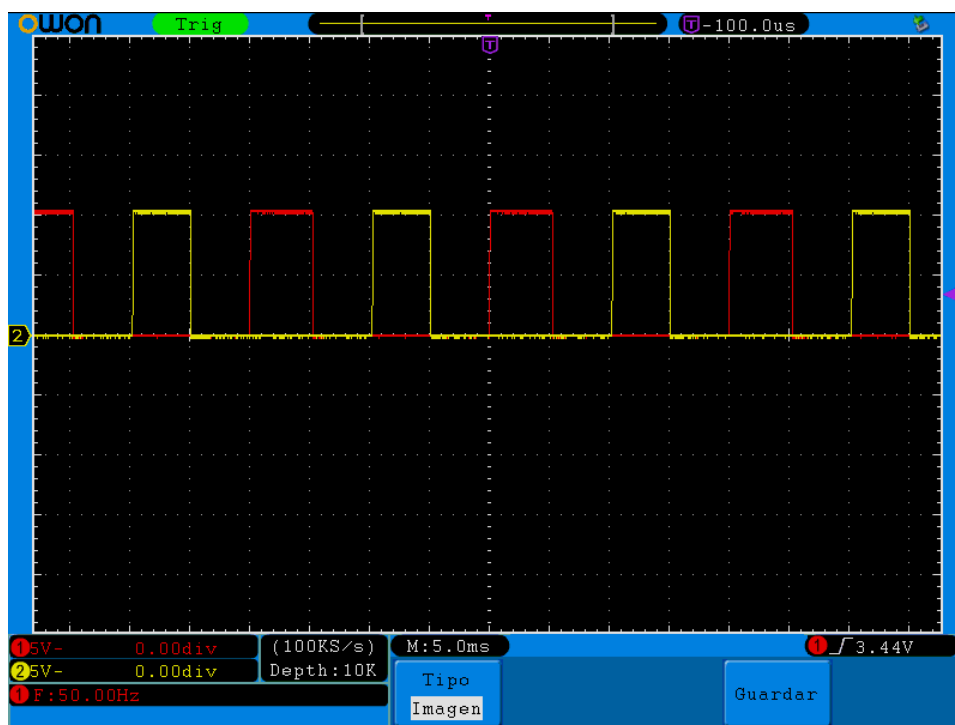


Figura 12 – Señales PWM generadas.



### 7.6.3 Circuito de disparo de SCR

Para el circuito de disparo de los SCR del rectificador se implementó un circuito de desacoplamiento y aislamiento entre la etapa de potencia y la etapa de control a través de transformadores de pulso.

Cuando la señal de PWM energiza la base del transistor, éste se activa permitiendo la circulación de corriente por el primario del transformador, lo que genera un pulso apropiado en el circuito formado por el secundario del transformador y el SCR, que realiza el disparo. Cuando el transistor se bloquea, el flujo magnetizante se anula, circulando una corriente a través del diodo.

La red RC colocada en paralelo con la resistencia que limita la corriente de disparo del primario, tiene el propósito de shuntar a dicha resistencia para mejorar la amplitud del pulso, también permite un incremento de corriente en el transformador en el inicio del pulso.

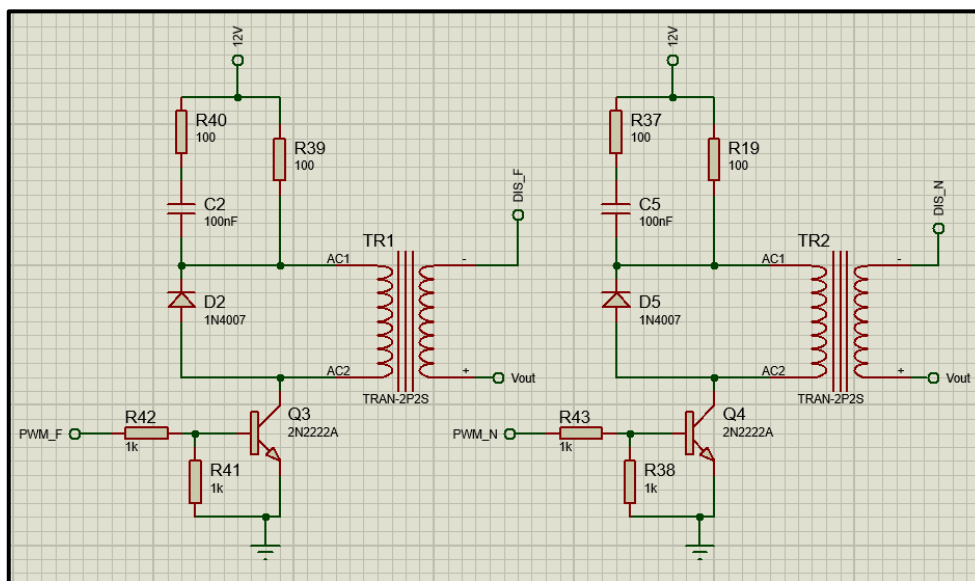


Figura 13 – Esquemático de circuitos de disparo de SCR.

En la siguiente figura N° 14 se puede observar el pulso generado en la compuerta del SCR, el cual se encuentra dentro de los valores establecidos por el fabricante, permitiendo el correcto disparo del mismo.

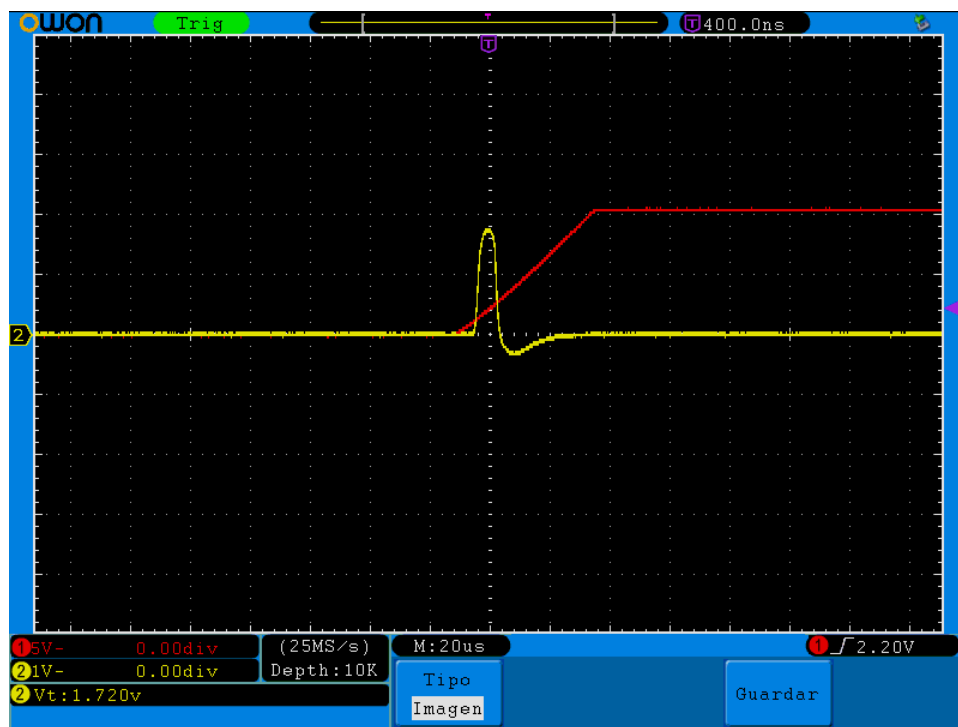


Figura 14 – Señal de PWM y pulso de disparo.

#### 7.6.4 Rectificador semicontrolado monofásico

Debido a que se necesitaba contar con una tensión continua variable para alimentar el freno de corrientes parásitas, se pensó y utilizó un rectificador de onda completa semicontrolado.

Un rectificador monofásico semicontrolado cumple 2 funciones, la primera es rectificar una señal ac, y la segunda es controlar dicha rectificación, es decir se puede elegir que tanta señal queremos que pase a la salida. Esto se realiza haciendo uso de SCR, que, a diferencia de los diodos, permiten controlar el ángulo a partir del cual empiezan a conducir. El diodo que están en paralelo a la carga, para nuestro caso el freno, se conoce como diodo volante, y su uso está limitado a cargas inductivas, en cargas resistivas no es necesario colocarlo. Otra característica es que su funcionamiento está limitado a un solo cuadrante, es decir que la fuente da energía a la carga, pero no viceversa, no hay manera de que la carga retorne energía a la fuente, esta es la razón por la que debe colocar el diodo volante para cargas inductivas.

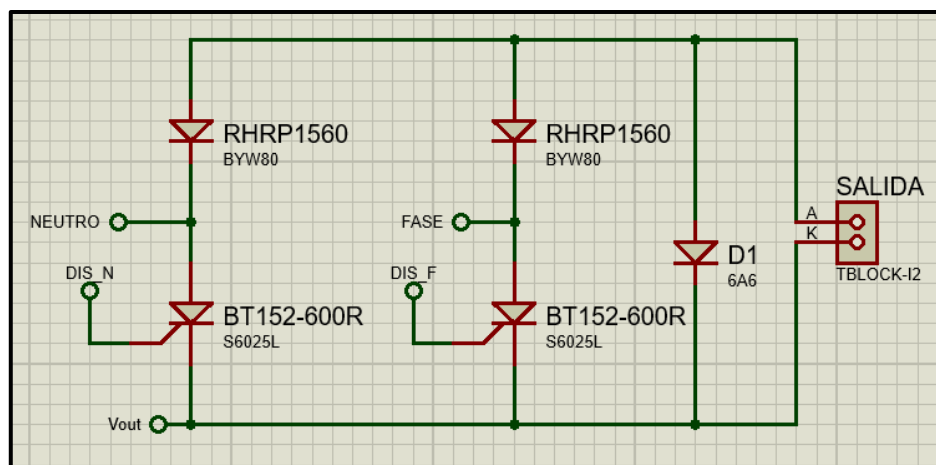


Figura 15 – Esquemático de rectificador semicontrolado.



Nuestro puente rectificador está diseñado por dos tiristores SCR denominados BT152-600R, y dos diodos rectificadores RHRP1560. Se seleccionaron estos componentes ya que cumplen con las condiciones de potencia máxima necesaria del freno, que es de aproximadamente 10A cuando el rectificador entrega su tensión máxima de 198V DC. Además, a estos componentes se les colocó un dissipador de aluminio para mejorar su temperatura de trabajo.

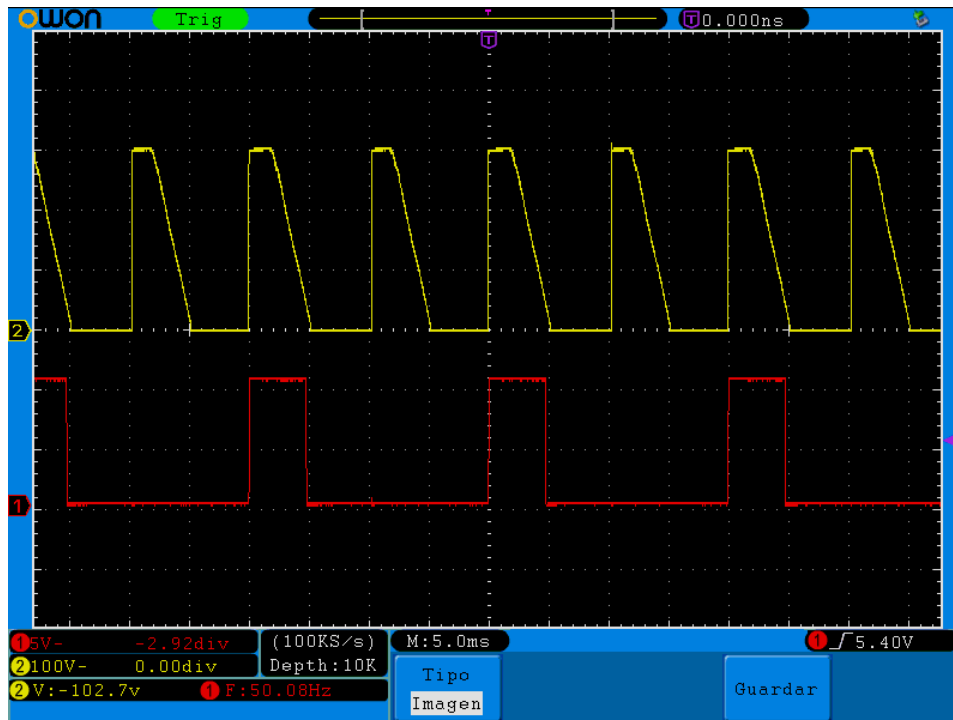


Figura 16 – Señal de salida rectificada y PWM.

En la figura anterior se puede observar en color amarillo la salida del rectificador con carga resistiva y en color rojo una de las señales PWM que manejan el disparo de los SCR.



### 7.7 Freno de corrientes parásitas

El principio de operación del freno electromagnético se basa en la creación de corrientes parásitas o de Foucault en discos metálicos cuando estos giran bajo el alcance de campos magnéticos generados por electroimanes y que, a su vez, provocan fuerzas (fuerzas de Laplace) opuestas a la rotación de los discos. Cuando los electroimanes se energizan, la rotación de los discos se desacelera y la energía absorbida se traduce en calentamiento de los mismos. Variando la corriente de excitación de los electroimanes, el par de frenado cambia en proporción directa al valor de la corriente.



Figura 17 – Freno de corrientes parásitas.

Algunas de las ventajas que posee este tipo de freno en la aplicación de bancos de ensayo son:

- Alto torque de frenado aún a bajas RPM.
- Alta durabilidad, mantenimiento simple y menos frecuente.
- Permite un control automático preciso.
- En el caso de los dinamómetros refrigerados por aire no requiere infraestructura adicional.

Para la selección de dicho freno a utilizar, se consultó y pidió recomendaciones a empresas del exterior que se dedican a la comercialización de los mismos. Se buscó un freno que permitiera medir un motor de 250CV con unas 7000rpm de máxima aproximadamente. Para lo cual la empresa Frenlsa recomendó su freno F16-80 por el nivel de revoluciones, aunque la potencia requerida no sería suficiente, dado que a medida que pasa el tiempo, por calentamiento, disminuye su poder de frenado.

Teniendo en cuenta las características brindadas, se decidió construir un freno de corrientes parásitas, con características similares al recomendado, pero diseño propio y proceso de fabricación disponible. A continuación, se muestran imágenes del proceso.



Figura 18 – Modelo 3D para fundir en aluminio.

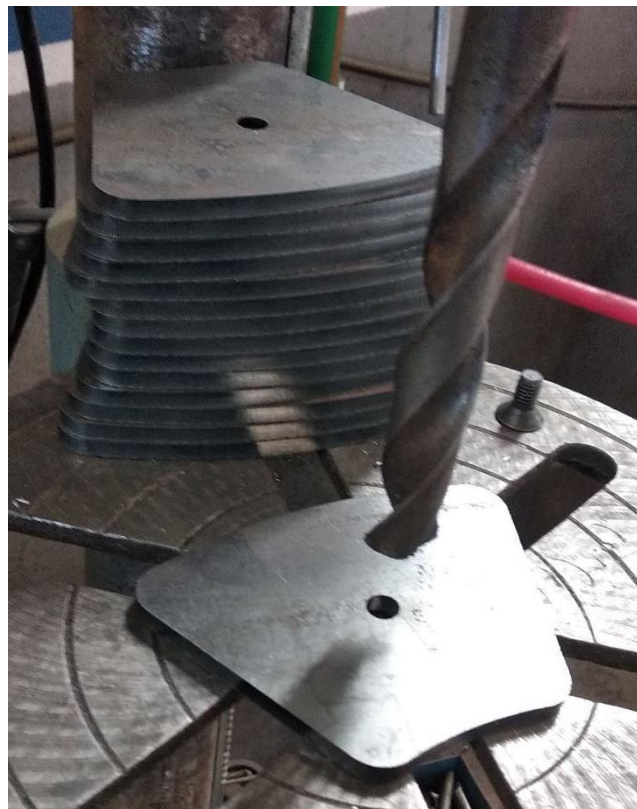


Figura 19 – Placas de expansión polar.

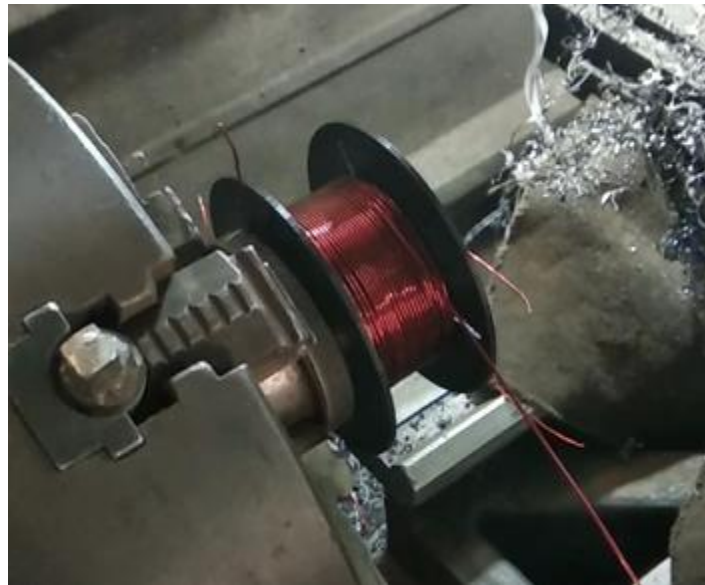


Figura 20 – Bobinado de electroimanes.



Figura 21 – Armado de estator de freno.



Figura 22 – Eje principal y discos ventilados.

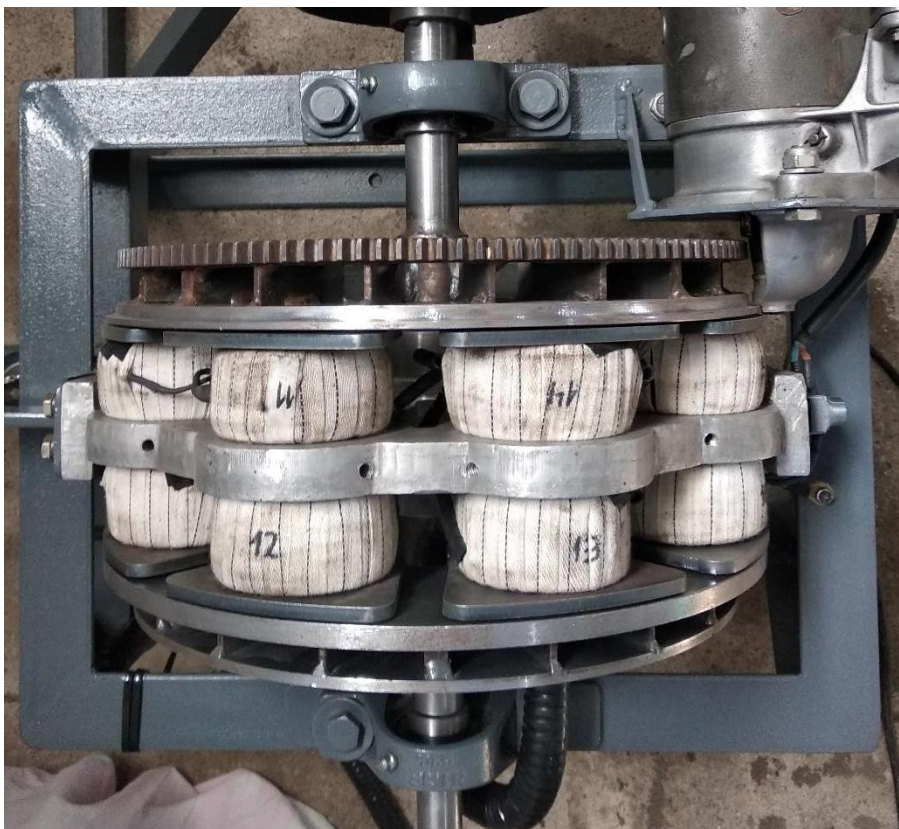


Figura 23 – Freno electromagnético completo.





## 7.8 Unidad de procesos

En una PC se instaló la aplicación, desarrollada en Python, que recibe información desde la placa de adquisición de datos y es capaz de enviar una respuesta de acuerdo a las configuraciones programada por el usuario.

### 7.8.1 Software PC

El software fue diseñado en Python, por tratarse de un lenguaje que soporta programación orientada a objetos, es totalmente gratuito, multiparadigma y respaldado por una enorme comunidad. La aplicación desarrollada es capaz de controlar todas las utilidades del dispositivo a través de una conexión USB.

El programa tiene la habilidad de procesar los datos recibidos de la placa de adquisición, a través del puerto, para poder graficar en pantalla y luego interpretar visualmente el comportamiento del motor que se está estudiando. Además, cuenta con la posibilidad de acotar el rango de análisis seteando las RPM, inicio y fin de tirada, con el objetivo de hacer foco en un tramo en particular. Vale aclarar que para que la placa de control interprete entre qué valores tiene que tomar datos y manejar el freno, el sistema debe entregarle a la misma la información adecuada de manera codificada.

También se incorporó la opción de mostrar, de forma numérica, un valor promedio y un máximo en cada uno de los parámetros adquiridos, potencia y torque, más el valor de RPM en que ocurren dichos fenómenos.

Es posible guardar el resultado de la medición en formato .png una captura de los gráficos, en la memoria de la PC, a través de una ruta especificada por el usuario.

Pantalla desarrollada en Python:

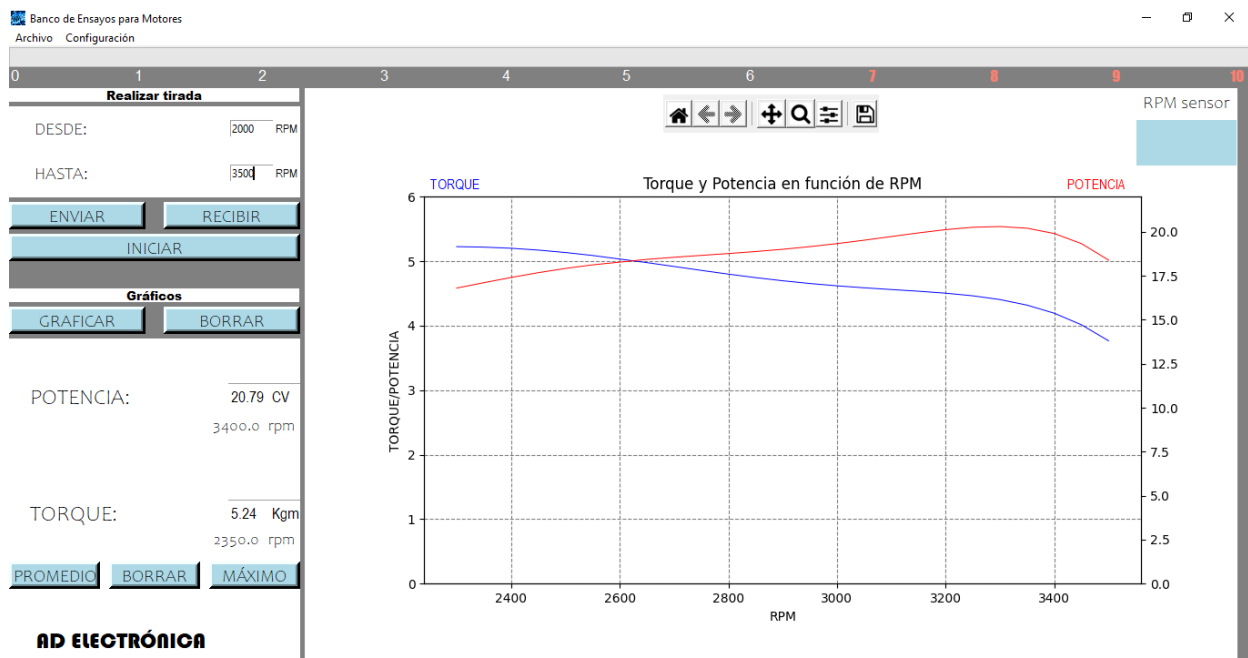


Figura 24 – Ventana gráfica completa.



**Realizar tirada**

DESDE: 2000 RPM

HASTA: 3500 RPM

ENVIAR RECIBIR

INICIAR

Figura 25 – Ventana para setear valores mínimos y máximos de RPM.

En esta ventana podemos observar que es posible cargar los valores de rpm, que nos permita estudiar el torque y la potencia del motor en ese rango específico. Al presionar el botón “ENVIAR”, dichos valores se transmiten, a través de puerto serie, hacia el micro, para que este los interprete y responda, controlando el freno, de una manera determinada.

Al presionar “INICIAR”, se comienza a almacenar los datos de torque y rpm, que llegan desde el PIC por puerto USB, en un archivo TXT. Estos datos son utilizados por el software para formar las gráficas de Torque y Potencia, en función de rpm, cuando el usuario lo requiera.

Con el botón “RECIBIR”, lo que podemos hacer es tomar valores, instantáneos, de rpm, los cuales se mostrarán a través de una barra, que modifica su amplitud acorde a los datos que está recibiendo, y también es posible observarlos numéricamente. Estos valores solo son representados de manera gráfica, es decir que no es posible manipularlos o graficarlos.

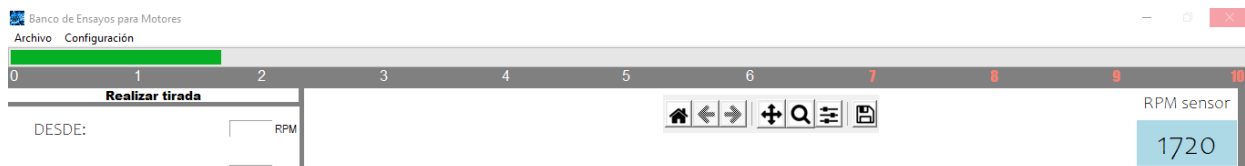


Figura 26 – Representación de RPM.

Esta parte de la pantalla (Figura N°27) nos permite graficar los datos que fueron almacenados en el TXT, es decir, torque y rpm. Vale aclarar que, para graficar potencia, basta con hacer una operación matemática entre torque, rpm y una constante, dicha operación es resuelta por el software y luego representada gráficamente. También, cuenta con una opción de “BORRAR” gráfico, para luego poder realizar nuevos ensayos.

Como se puede apreciar, es posible obtener un “MÁXIMO” tanto de potencia como de torque y el valor de RPM en que ocurrió dicho máximo. También cuenta con la posibilidad de calcular un valor “PROMEDIO”, y de “BORRAR” todos los datos para poder mostrar valores posteriores. Lo antes mencionado nos permite una interpretación de forma numérica, a continuación, se describe la parte gráfica.



**Gráficos**

GRAFICAR
BORRAR

POTENCIA: 20.79 CV  
3400.0 rpm

TORQUE: 5.24 Kgm  
2350.0 rpm

PROMEDIO
BORRAR
MÁXIMO

**AD ELECTRÓNICA**

Figura 27 – Ventana de análisis de gráfico.

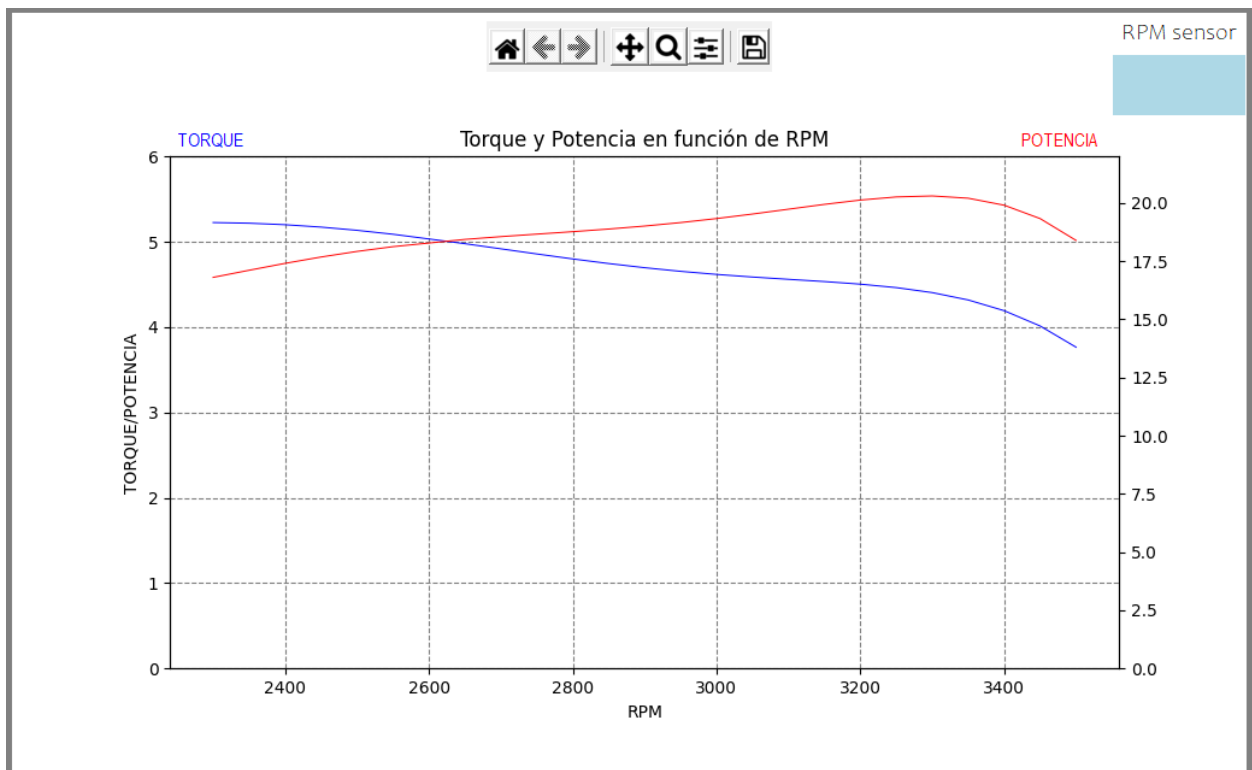


Figura 28 – Representación gráfica de torque y potencia en función de RPM.



La gráfica cuenta con dos variables en el eje Y, torque (izquierda) y potencia (derecha) y rpm sobre el eje de las X. Es posible identificar las gráficas por colores, rojo para potencia y azul para torque. En cuanto a las escalas, es el mismo software el encargado de interpretar el rango de rpm que seteamos antes de empezar el ensayo y los valores de torque y potencia, que llegan desde el micro, para definir la escala.

Una vez graficados los datos de interés, podemos hacer zoom sobre cualquier parte de la gráfica, para obtener información más precisa. Podemos mover la gráfica de forma tal de ubicar un punto crítico cerca de cualquier eje, contamos con la opción deshacer y, por último, es posible guardar una imagen PNG de la gráfica sobre una ruta seleccionada por el usuario.



## 8 Fuente de alimentación

Se implementó una fuente de alimentación aislada formada por un transformador de entrada 220V ac y salida 12V ac, dicha salida tiene un fusible de protección y luego es rectificificada por un puente de diodos RS207. La señal rectificificada es filtrada para eliminar el ripple o ruido de la línea y alimenta un regulador de tensión continua de 12v llamado LM7812; para alimentar el sensor inductivo, placa de control de rectificificador semicontrolado, cooler de refrigeración y regulador de tensión de 5v denominado LM7805. La tensión de salida de este regulador permite alimentar el microcontrolador, como así también el módulo HX711 y el potenciómetro para control manual del freno. Esta etapa de rectificificación, regulación y filtrado es implementada en la misma placa que se encuentra el microcontrolador.

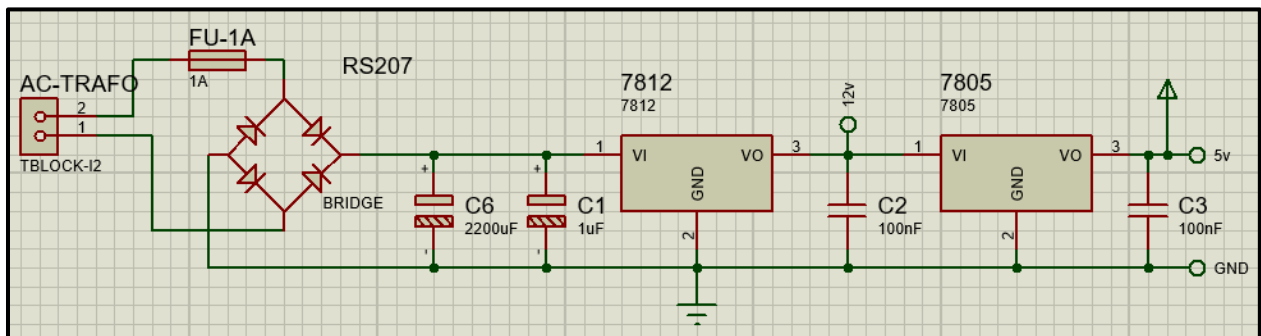


Figura 29 – Esquemático de fuente de alimentación.



## 9 Conexión USB

Para la comunicación entre el dispositivo y la PC se utilizó un conversor de USB a UART denominado FT232RL. Éste nos permite utilizar el puerto serie del microcontrolador de forma simple y segura. El conversor se ocupa de transformar los protocolos de comunicaciones para que sean compatibles entre sí. Esta placa es fácilmente detectada por cualquier PC, sin necesidad de instalar ningún driver en especial, como un puerto “COM” además de ser compatible con la aplicación desarrollada.

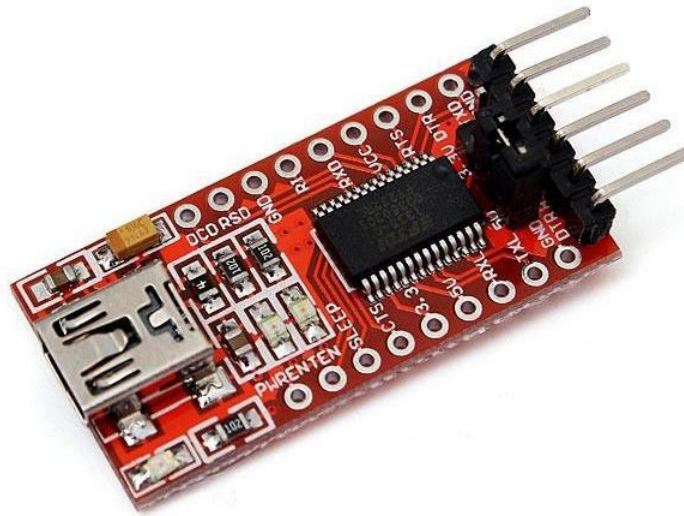


Figura 30 – Módulo FT232RL



## 10 Circuitos electrónicos

### 10.1 Placa de procesamiento

Uno de los circuitos impresos que se desarrolló para este proyecto consiste en la placa de procesamiento, la cual se realizó sobre una placa de cobre virgen simple faz, que a través del tratamiento con ácido cloruro férrico se plasmó el circuito eléctrico. Se le realizaron orificios para su sujeción, se soldaron sus componentes y se le aplicó una capa de barniz aislante para su protección.

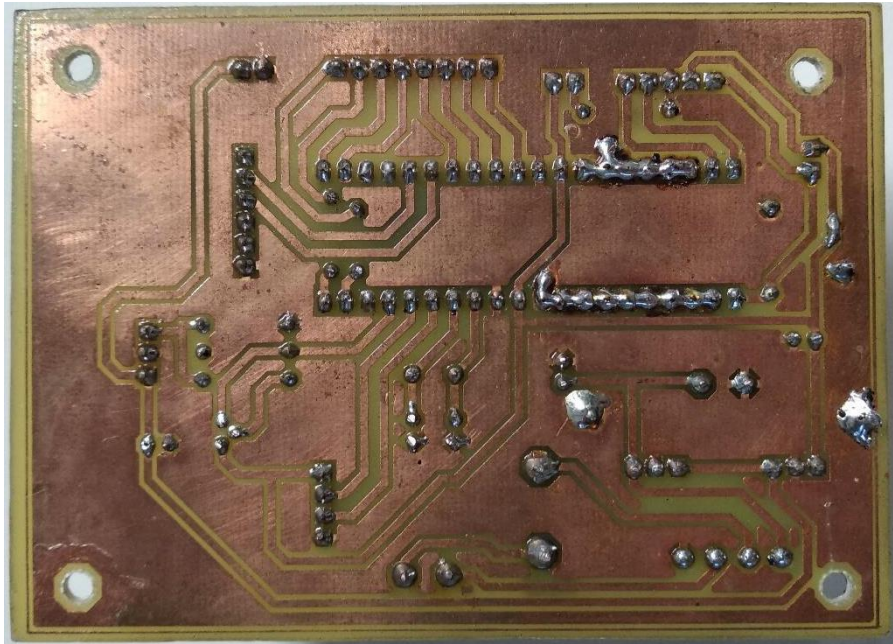


Figura 31 – Vista inferior de placa de procesamiento.

Esta placa está compuesta principalmente por el microcontrolador, el cual está montado sobre un zócalo para permitir la intercambiabilidad ante cualquier inconveniente. Además, se encuentra la fuente de alimentación, el circuito de acondicionamiento de señal para el sensor inductivo, y los diferentes conectores, los cuales se nombran a continuación, que permiten la conexión con los demás componentes del proyecto.

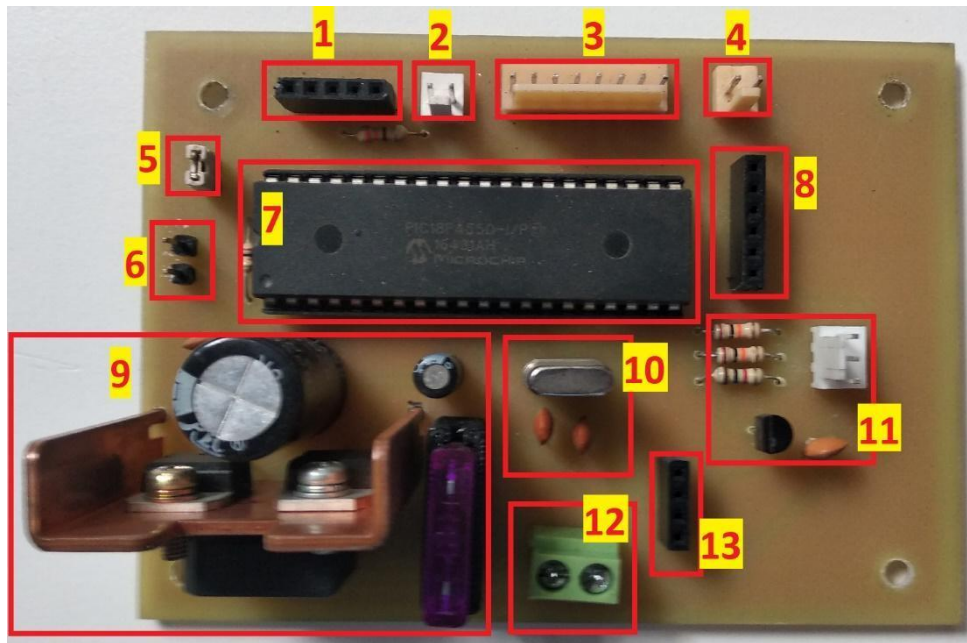


Figura 32 – Vista superior de placa de procesamiento.

INDICE	ELEMENTOS
1	Conector para programador
2	Salida para led de encendido/apagado
3	Salida 8 bits puerto D
4	Salida 12v para alimentación placa de potencia
5	Jumper para poder programar
6	Salida 5v y GND para potenciómetro de control manual
7	Microcontrolador PIC18F4550
8	Conector para módulo FT232RL
9	Fuente de alimentación
10	Cristal de 20Mhz para microcontrolador
11	Conector y acondicionamiento de señal de sensor inductivo
12	Bornera de entrada transformador de alimentación
13	Conector módulo HX711

Tabla 1 - Componentes de placa de procesamiento.

## 10.2 Placa de potencia

En este circuito impreso se desarrolló la totalidad del circuito de potencia antes descrito, se llevó a cabo sobre una placa de epoxi con cobre virgen simple faz, la cual también se sometió al tratamiento con ácido cloruro férrico para lograr el circuito diseñado. Como se puede observar en la Figura N°33, sobre las pistas que se desarrolla el rectificador semicontrolado, las cuales deben soportar corrientes elevadas, se realizó una capa de estaño para evitar posibles inconvenientes. Además, se realizaron perforaciones para fijar el disipador a la placa para evitar que los componentes sean sometidos a dicho esfuerzo.



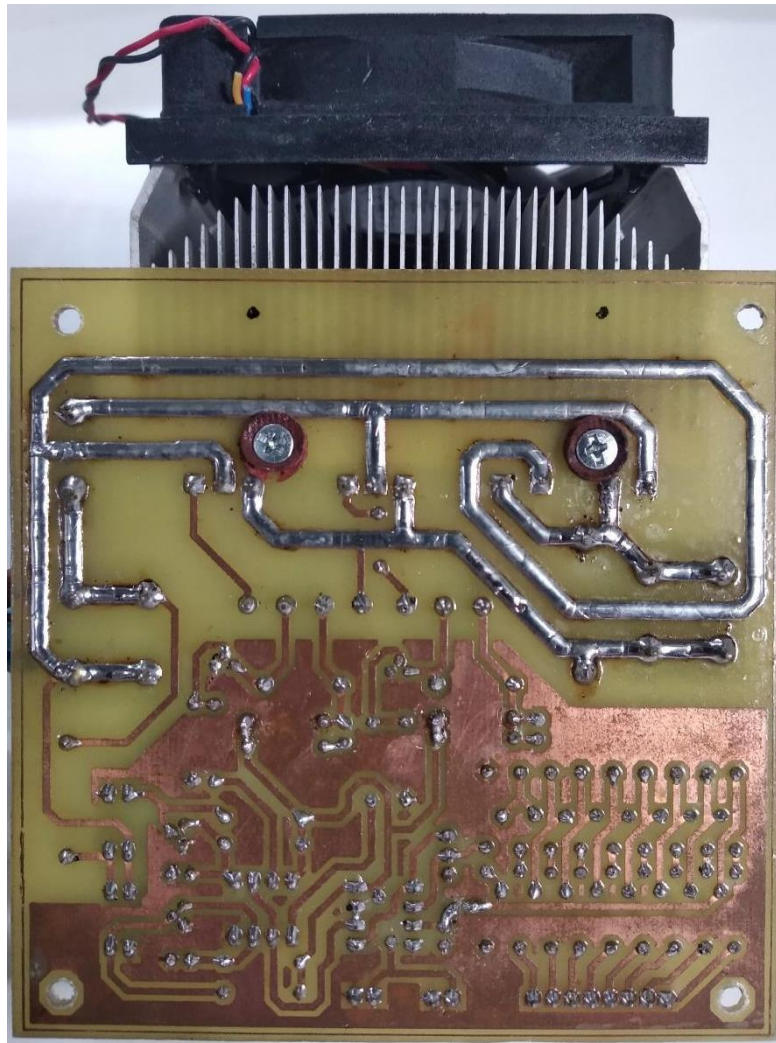


Figura 33 – Vista inferior de placa de potencia.

Los circuitos integrados utilizados en esta placa fueron montados sobre zócalos para permitir un intercambio simple en caso de avería, también se decidió utilizar, tanto en esta placa como en la anterior, fusibles del tipo automotor dada su gran y fácil disponibilidad.

A continuación, se observan las diferentes partes del circuito remarcadas,

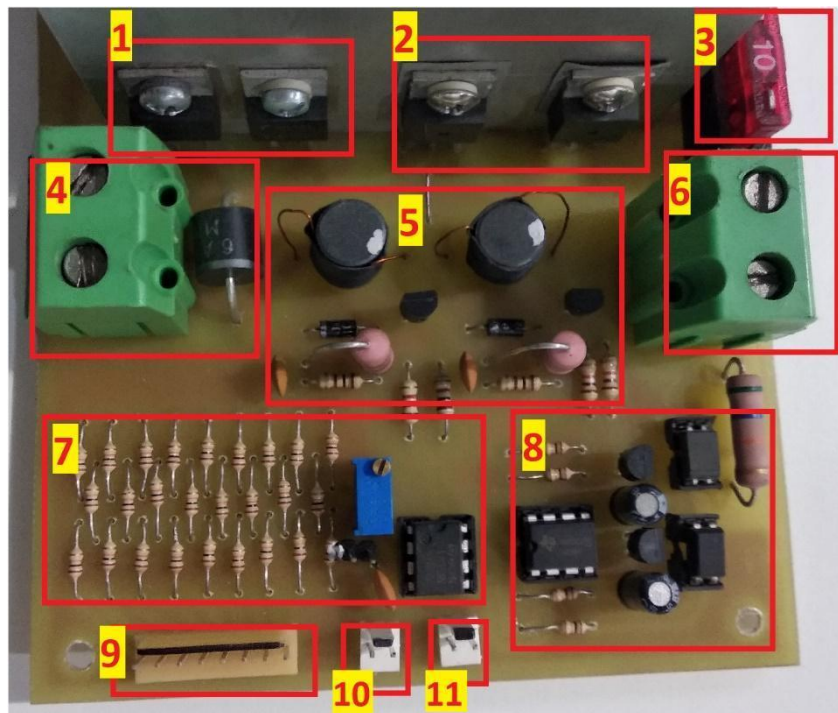


Figura 34 – Vista superior de placa de potencia.

INDICE	ELEMENTOS
1	Diodos rectificadores RHRP1560
2	Tiristores SCR BT152-600R
3	Fusible 10A para puente rectificador
4	Bornera de salida y diodo 6A6 en paralelo
5	Circuito de disparo de SCR
6	Bornera de entrada 220V AC
7	Circuito DAC y amplificación
8	Circuito generador de PWM
9	Entrada 8 bits puerto D
10	Entrada alimentación 12v DC
11	Salida 12V DC para cooler

Tabla 2 - Componentes de placa de potencia



## 11 Medición de circuito de potencia

Se realizó la medición de la tensión entregada en la salida del rectificador semicontrolado haciendo variar el ángulo de disparo de los SCR mediante la variación del valor digital escrito en el puerto D del microcontrolador PIC18F4550. Esta variación se realizó desde el valor 0 a 255 con incrementos de cinco en cinco.

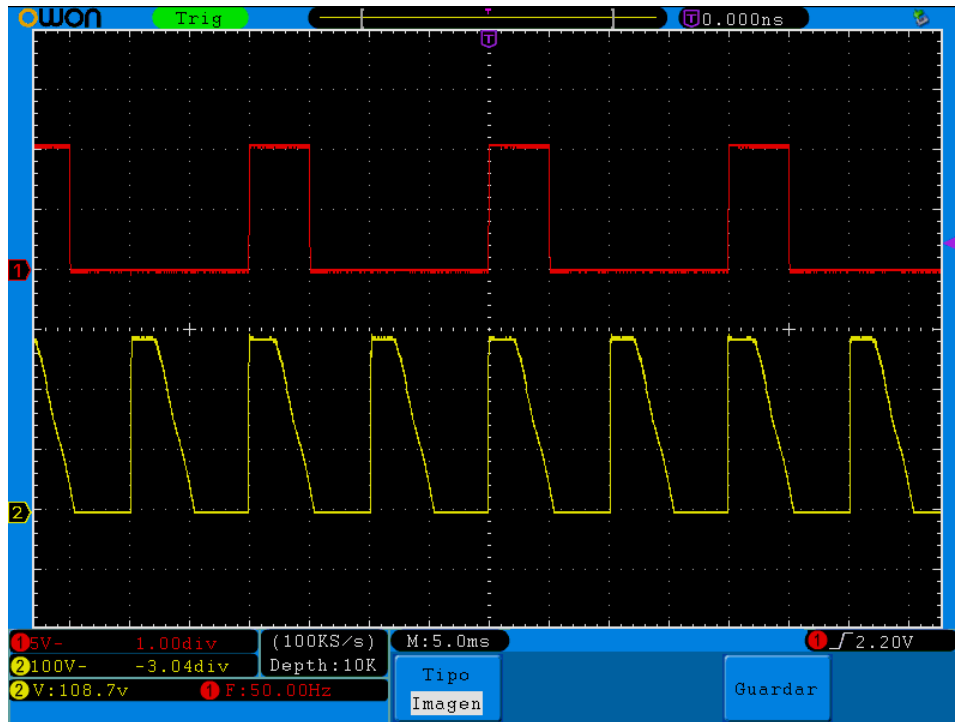


Figura 35 – Señal sobre carga resistiva pura.

En primer lugar, se colocó una carga resistiva pura, la cual fue una lámpara incandescente de 220v y 60W, en la cual se obtuvieron los valores representados por la traza de color anaranjado en Figura N°38. Luego se realizó el mismo barrido de valores digitales, pero colocando como carga el freno electromagnético, compuesto por los ocho pares de bobinas que forman los electroimanes, dicha carga tiene características resistivas – inductiva, dando como resultado la curva representada por color amarillo en la Figura N°38. A continuación, se muestra el valor máximo de tensión (180,9v) y corriente (9.96A) aplicado al freno.

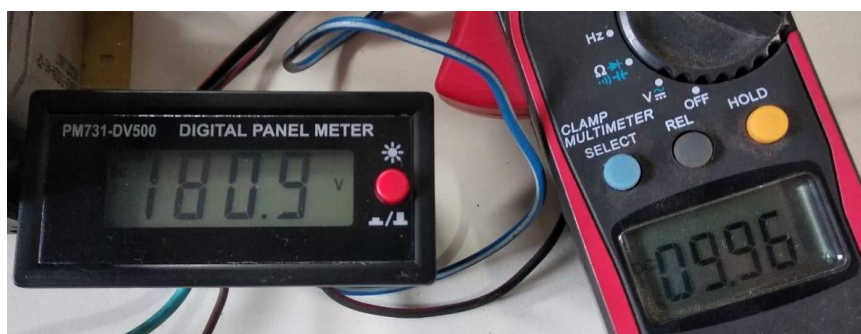


Figura 36 – Valores máximos de tensión y corriente sobre freno.



En la siguiente imagen del osciloscopio, se observan las señales de tensión y corriente entregadas al freno. Para representar la intensidad de corriente se colocó una resistencia de  $0,22\Omega$  en serie con el freno y se midió la caída de tensión sobre ella.

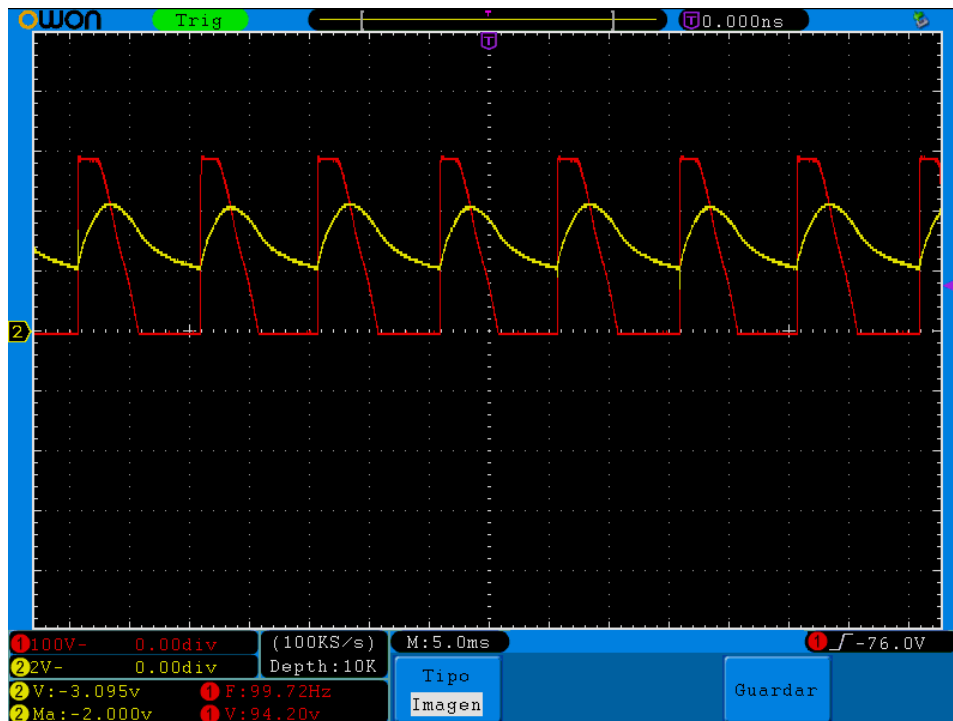


Figura 37 – Señal de tensión y corriente sobre freno.

En la misma gráfica (Figura N°38) se colocó el valor de tensión que debería entregar el rectificador semicontrolado según la expresión matemática que la representa, la cual es función del coseno del ángulo de disparo. Cabe aclarar, que con la carga resistiva se llega al valor de tensión máximo (198v) definido en la expresión. Además, como se puede apreciar en la gráfica, el rectificador se encuentra apagado cuando el valor del puerto es cero y se enciende cuando toma valores a partir de dos.

$$V_{ef} = \frac{2 \cdot V_p}{\pi} * \cos(\alpha) \quad (\text{Ecu. 1})$$

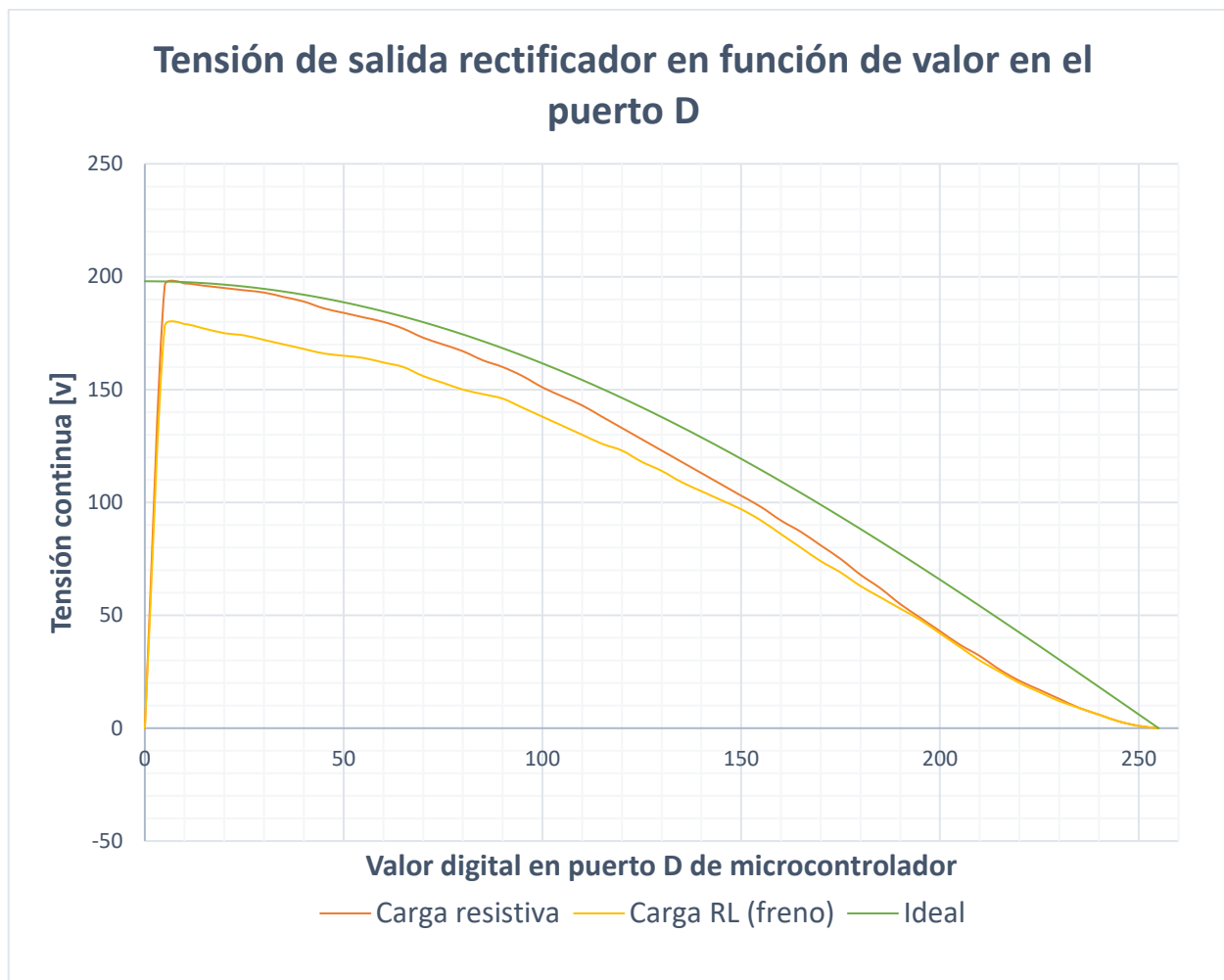


Figura 38 – Representación gráfica de medición.



## 12 Estructura mecánica

Para la puesta en marcha y aplicación de dicho proyecto se construyó una estructura sobre la cual se montó el freno electromagnético, el sensor inductivo y la celda de carga. Dicha estructura se realizó con perfiles de hierro ángulo tomando como referencia otros bancos de prueba con características similares.

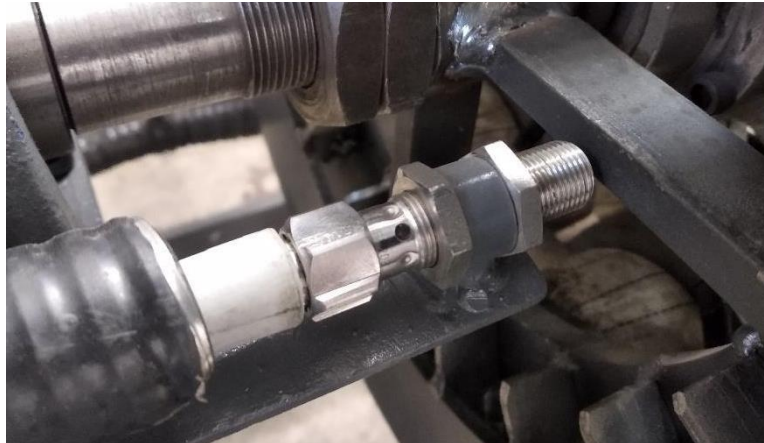


Figura 39 – Sensor inductivo montado.

La celda de carga se fijó en la estructura a través de gomas para eliminar posibles vibraciones, y de manera fija sobre el brazo de palanca que es solidario al freno. Dicha posición tiene la posibilidad de cambiar la longitud del brazo de palanca para trabajar con diferentes valores de torque. En este caso está colocado a 30cm del centro de rotación.



Figura 40 – Celda de carga colocada.



En esta estructura se colocó un motor de arranque, el cual trabaja sobre la corona montada sobre uno de los discos del freno, para realizar la puesta en marcha del motor que va a ser ensayado. Dado que, comúnmente se dificulta instalar el motor en el banco con su propio motor de arranque.

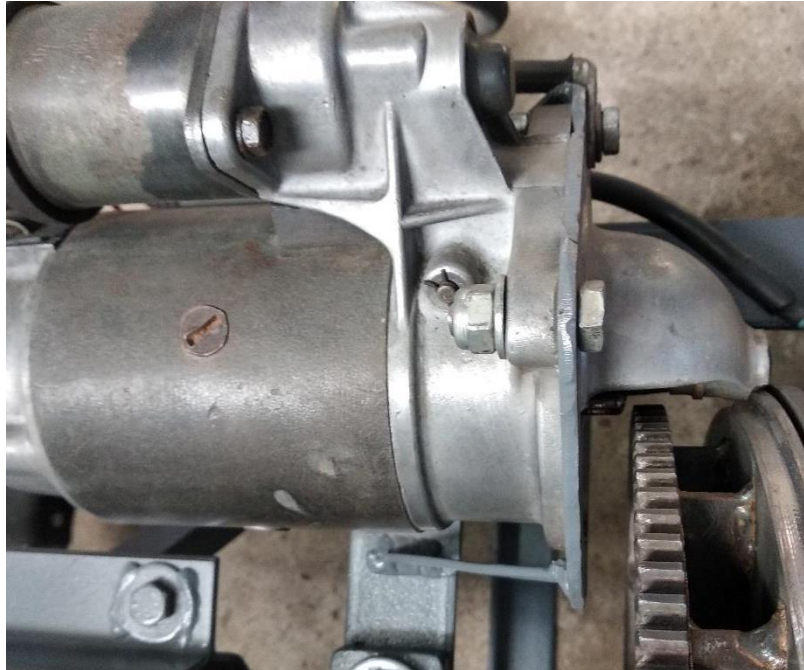


Figura 41 – Motor de arranque.

Además, se fabricó un carro donde se monta el motor a ser banqueado, este tiene la posibilidad de ser regulable para poder montar una gran variedad de motores, y se fija a la estructura general a través de dos ganchos. Para conectar el freno electromagnético al motor de combustión interna se fabricó un cardan partiendo de un semieje de un automóvil convencional, el cual se fija con una masa especial al volante del motor. A su vez, se realizó una protección por seguridad. Estos dispositivos fueron realizados basándose en cómo son construidos los demás bancos de prueba que existen en el mercado.

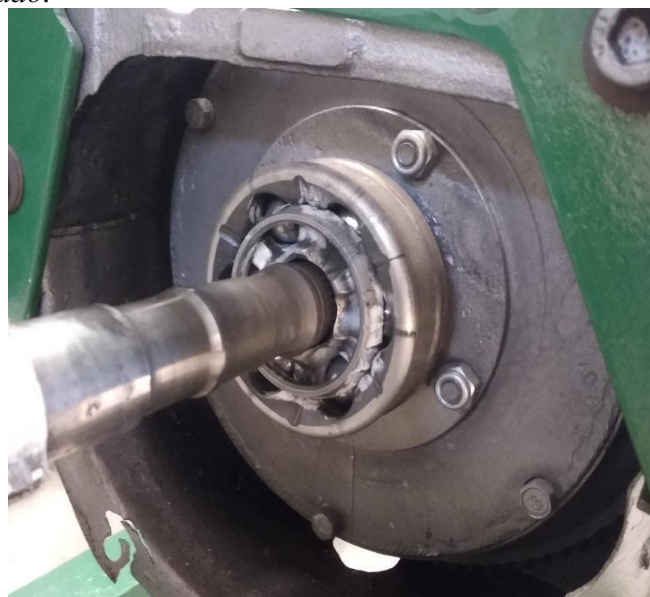


Figura 42 – Unión volante de motor con cardan.



Figura 43 – Carro de fijación de motor.





### 13 Montaje final

A continuación, se observa un conjunto de fotos del gabinete donde se montaron las placas de circuitos impresos diseñados. El circuito de procesamiento fue colocado dentro de un sub gabinete metálico puesto a masa, para filtrar ruidos eléctricos provenientes del sistema de encendido encargado de generar las chispas en las bujías del motor de combustión interna. A su vez, los cables de los sensores fueron colocados dentro de un caño metálico con la misma finalidad, y para su protección. Se colocó un voltímetro sobre el gabinete, el cual expresa la tensión aplicada sobre el freno para permitir un mejor control manual del mismo.



Figura 44 – Vista superior de gabinete.

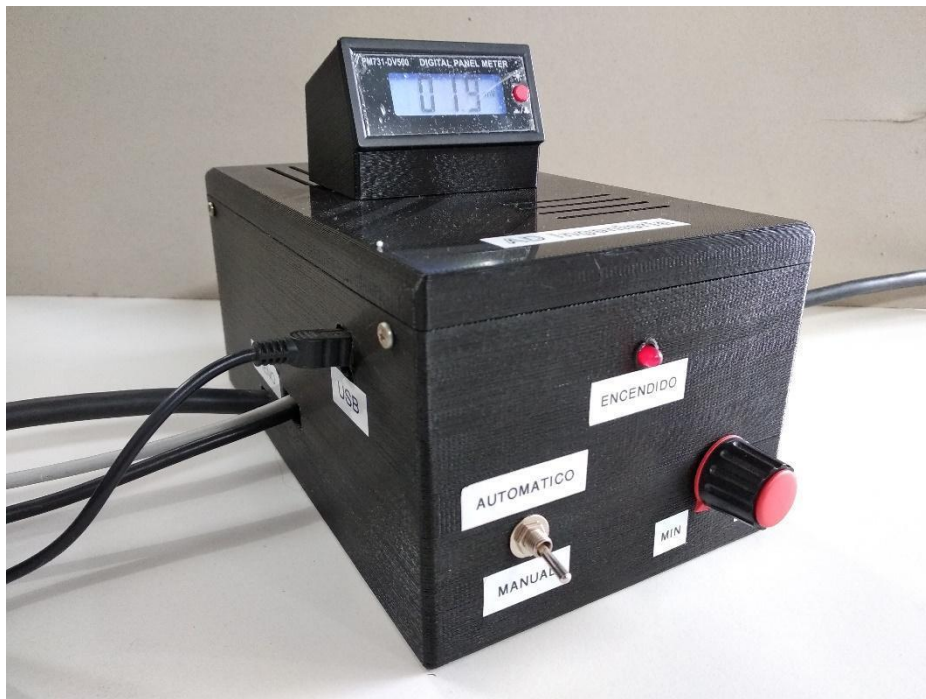


Figura 45 – Montaje gabinete completo.



Figura 46 – Vista frontal de gabinete.

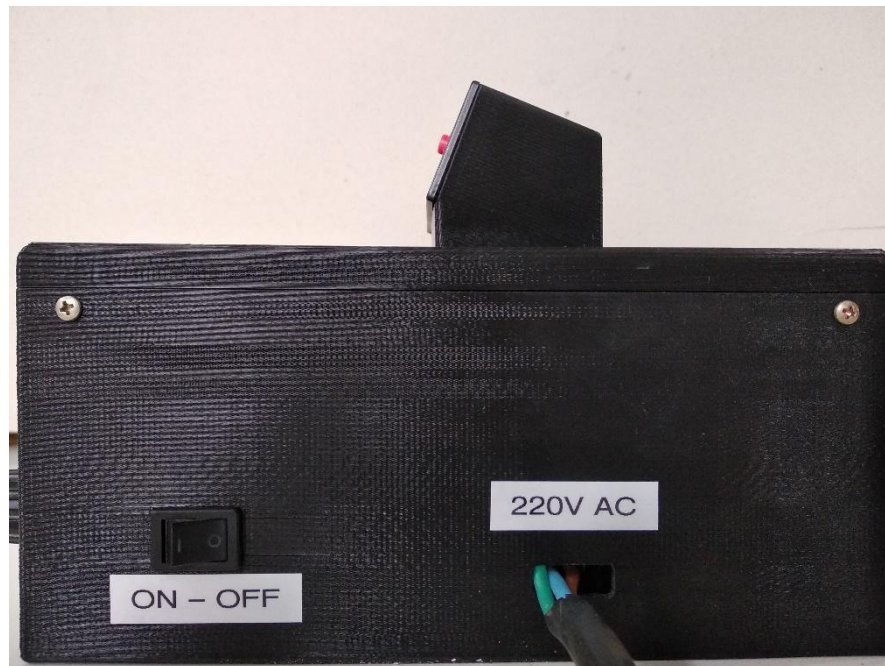


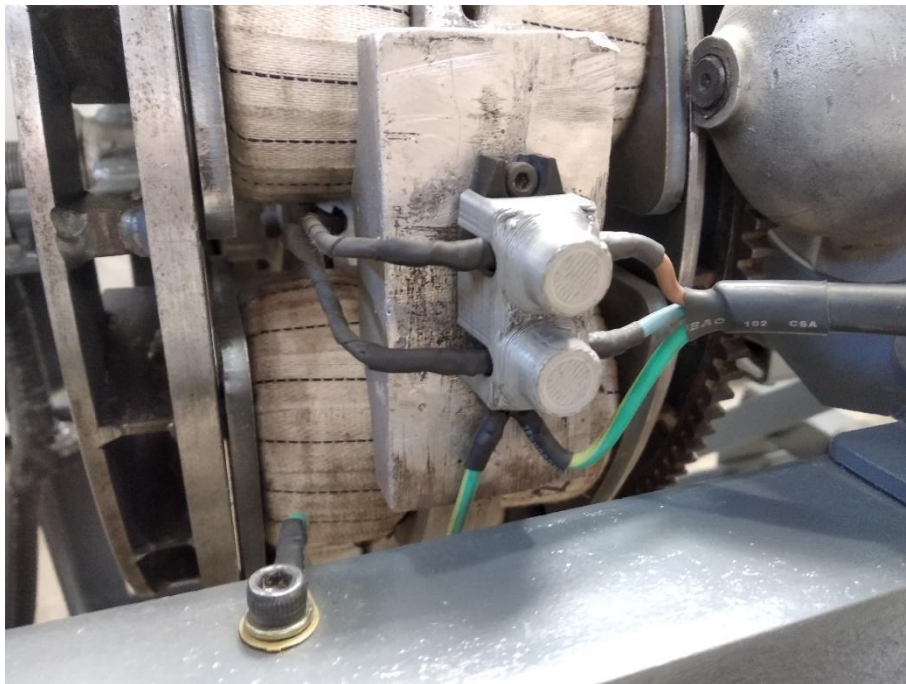
Figura 47 – Vista lateral derecho de gabinete.



Figura 48 – Vista lateral izquierdo de gabinete.



*Figura 49 – Sistema de fijación de carro a soporte de freno.*



*Figura 50 – Bornera de alimentación de freno electromagnético.*

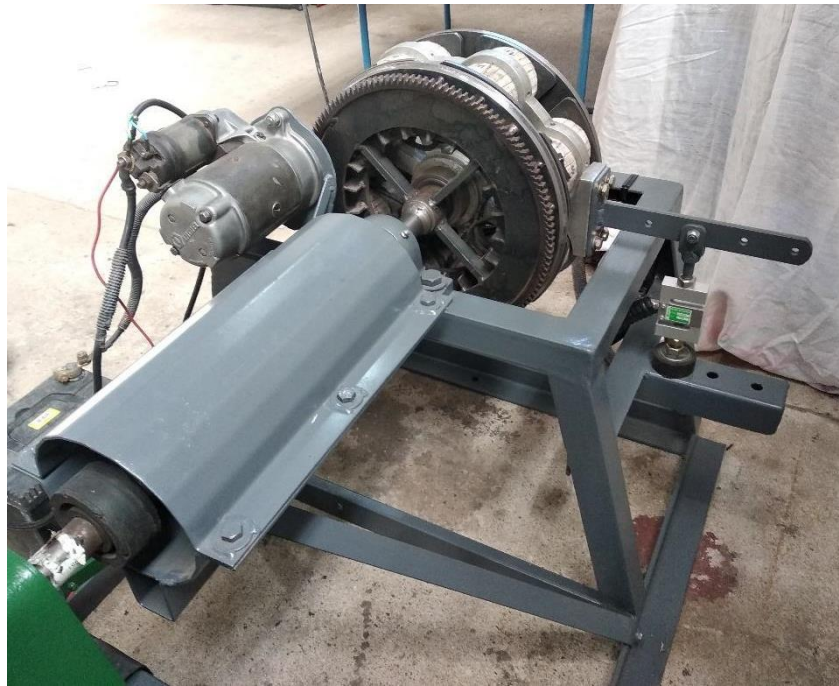


Figura 51 – Montaje dispositivo completo 1.

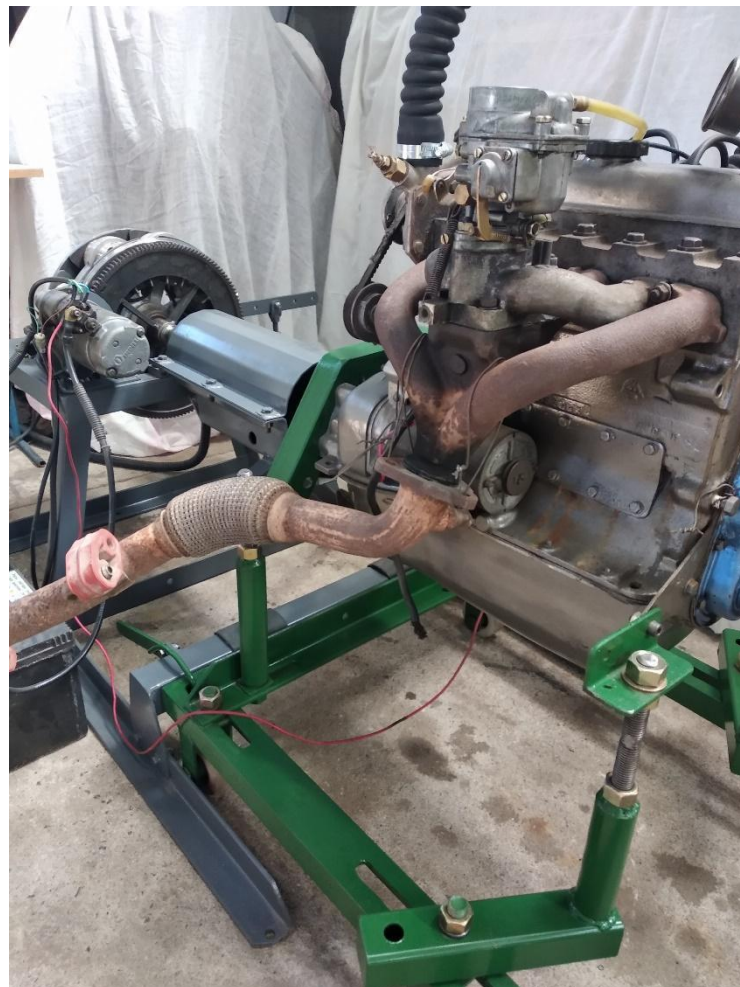


Figura 52 - Montaje dispositivo completo 2.

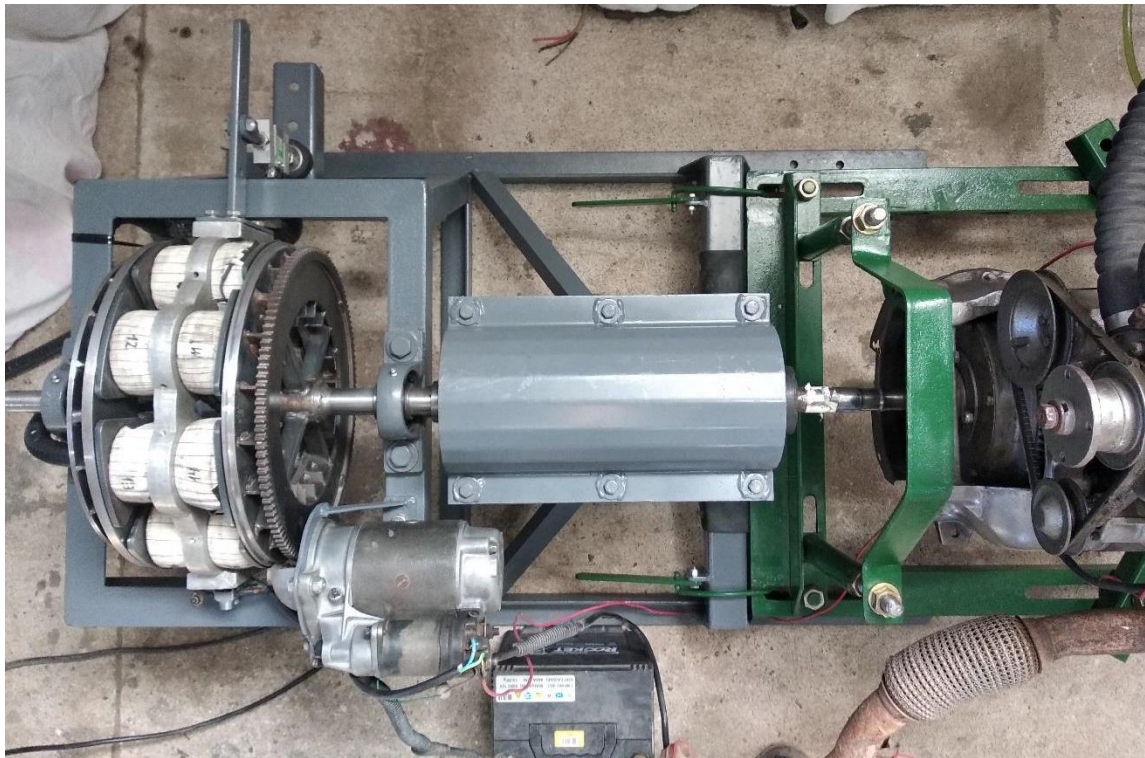


Figura 53 - Montaje dispositivo completo 3.

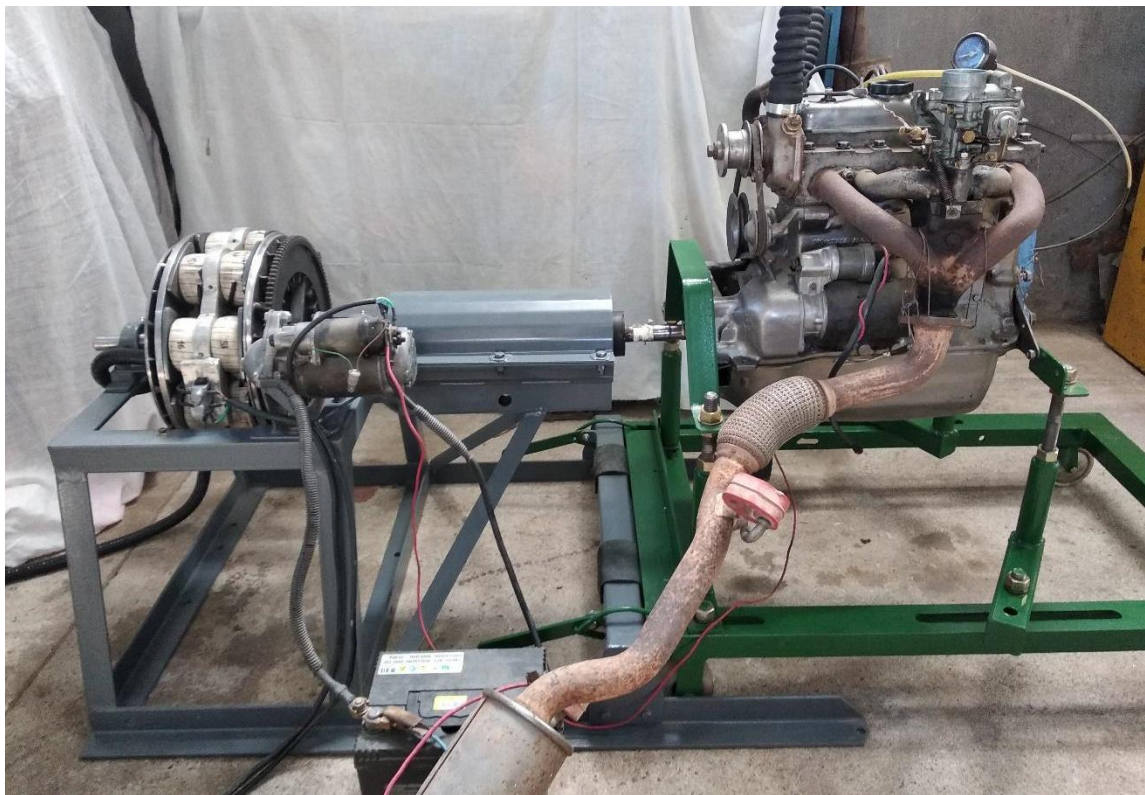


Figura 54 - Montaje dispositivo completo 4.



## 14 Conclusiones

*El dispositivo desarrollado en este trabajo permite satisfacer las necesidades planteadas en un principio, logrando un banco de pruebas con muy baja infraestructura adicional requerida capaz de medir la potencia y torque de un motor de combustión interna.*

*Se logró una interfaz gráfica para la PC simple e intuitiva, quien se encuentre frente a ella podrá utilizarla sin inconvenientes, ya que al momento de iniciar la medición sólo deberá cargar el rango de revoluciones por minuto del motor a medir e indicar el inicio de la medición. Luego podrá interpretar fácilmente los valores de potencia y torque en función de las revoluciones del motor representados gráficamente en dicha aplicación.*

*En la puesta en marcha de este proyecto se debieron tomar varias medidas en función de evitar ruidos eléctricos generados por el sistema de encendido del motor, algunas de ellas fueron colocar gabinete metálico a placa de procesamiento, pasar los cables de los sensores por caño metálico y poner todo el dispositivo a tierra.*

*Dada la estructura mecánica desarrollada, junto al freno electromagnético y su control desarrollado, una propuesta de mejora sería utilizar una placa de adquisición de datos de mayor velocidad para incorporar otros sensores como sonda Lambda, la cual permite medir la calidad de la combustión.*

*A lo largo del desarrollo del trabajo se puede afirmar que hemos podido aplicar y reforzar los conocimientos adquiridos durante el cursado de la carrera e incorporado nuevos, dado que abarca una gran cantidad de aristas como lo son la programación de microcontroladores y una aplicación para PC, electrónica de potencia y medición de variables físicas.*



## 15 Bibliografía

Ramón Pallás Areny. *Sensores y Acondicionadores de Señal*. Marcombo. 4ª Edición. 2005.

Alejandro Anibal Airoidi, *Diseño e implementación de sistemas embebidos con PIC*, 1ª Edición. 2013.

Allan R. Hambley, *Electrónica*. 2ª Edición. 2001.

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632c.pdf>  
16/06/2021

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10272/3/T1577.pdf>  
17/06/2021

<https://1library.co/document/z112l6ez-banco-ensayos-motores-combustion-interna-curvas-caracteristicas.html>  
18/06/2021

<https://www.luisllamas.es/controlar-arduino-con-python-y-la-libreria-pyserial/>  
11/06/2021

<http://www.laboratoriogluon.com/grafica-tiempo-real-con-python/>  
11/06/2021

<http://www.iearobotics.com/proyectos/cuadernos/ct11/ct11.html>  
11/06/2021





## 16 Anexos

### 16.1 Hojas de especificaciones

#### 16.1.1 Hoja de especificaciones de celda de carga

<b>Certificate</b>		
Product: <u>LOAD CELL</u>	Precision: <u>0.03%F.S</u>	
Model: <u>DTB108-100kg</u>	Inspection Date: <u>August 13, 2018</u>	
No: <u>0060</u>		
<b>Specifications</b>		
Rated Output	mv/v	1.9983
Non-linearity	%F.S	0.018
Hysteresis	%F.S	0.017
Repeatability	%F.S	0.017
Creep	%F.S/30min	0.017
Temp.effect on zero	%F.S/10°C	0.018
Temp.effect on span	%F.S/10°C	0.018
Zero balance	%F.S	±1
Input impedance	Ω	350±5
Output impedance	Ω	350±5
Insulation resistance	MΩ	≥5000(50VDC)
Recommended excitation voltage	VDC	9~12
Allowed excitation voltage	VDC	5~18
Compensatad temp.Range	°C	-10°C~+40°C
Operating temp.Range	°C	-20°C~+55°C
Safe overload	%F.S	120
Ultimate Overload	%F.S	150
Connection	Excitation: <input checked="" type="checkbox"/> red:+ <input checked="" type="checkbox"/> black:- <input type="checkbox"/> yellow:-	
	Signal: <input checked="" type="checkbox"/> green:+ <input type="checkbox"/> blue:+ <input checked="" type="checkbox"/> white:-	
Q.C:	Checker:	



16.1.2 Hoja de especificaciones de módulo HX711



HX711

24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales

DESCRIPTION

Based on Avia Semiconductor's patented technology, HX711 is a precision 24-bit analog-to-digital converter (ADC) designed for weigh scales and industrial control applications to interface directly with a bridge sensor.

The input multiplexer selects either Channel A or B differential input to the low-noise programmable gain amplifier (PGA). Channel A can be programmed with a gain of 128 or 64, corresponding to a full-scale differential input voltage of  $\pm 20\text{mV}$  or  $\pm 40\text{mV}$  respectively, when a 5V supply is connected to AVDD analog power supply pin. Channel B has a fixed gain of 32. On-chip power supply regulator eliminates the need for an external supply regulator to provide analog power for the ADC and the sensor. Clock input is flexible. It can be from an external clock source, a crystal, or the on-chip oscillator that does not require any external component. On-chip power-on-reset circuitry simplifies digital interface initialization.

There is no programming needed for the internal registers. All controls to the HX711 are through the pins.

FEATURES

- Two selectable differential input channels
- On-chip active low noise PGA with selectable gain of 32, 64 and 128
- On-chip power supply regulator for load-cell and ADC analog power supply
- On-chip oscillator requiring no external component with optional external crystal
- On-chip power-on-reset
- Simple digital control and serial interface: pin-driven controls, no programming needed
- Selectable 10SPS or 80SPS output data rate
- Simultaneous 50 and 60Hz supply rejection
- Current consumption including on-chip analog power supply regulator:
  - normal operation  $< 1.5\text{mA}$ , power down  $< 1\mu\text{A}$
- Operation supply voltage range: 2.6 ~ 5.5V
- Operation temperature range:  $-40 \sim +85^\circ\text{C}$
- 16 pin SOP-16 package

APPLICATIONS

- Weigh Scales
- Industrial Process Control

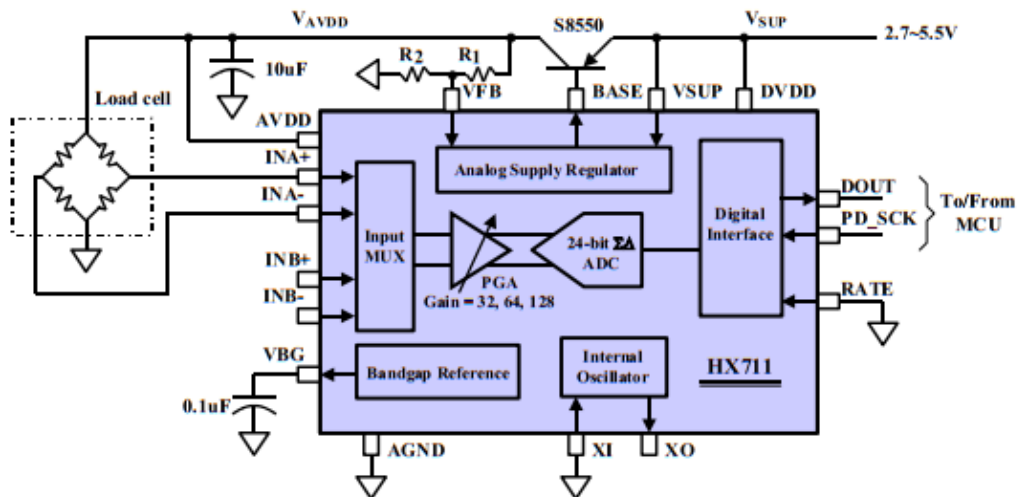
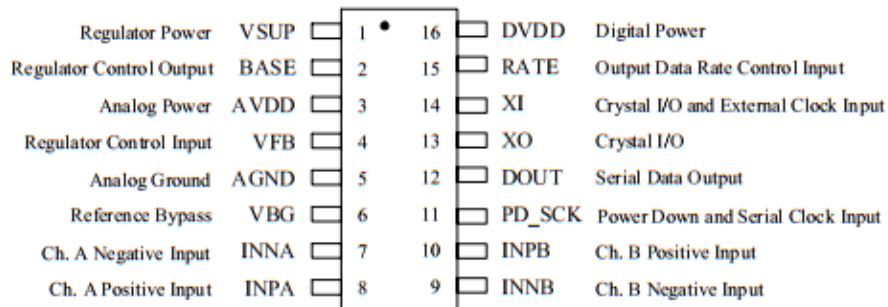


Fig. 1 Typical weigh scale application block diagram



**Pin Description**



SOP-16L Package

Pin #	Name	Function	Description
1	VSUP	Power	Regulator supply: 2.7 ~ 5.5V
2	BASE	Analog Output	Regulator control output (NC when not used)
3	AVDD	Power	Analog supply: 2.6 ~ 5.5V
4	VFB	Analog Input	Regulator control input (connect to AGND when not used)
5	AGND	Ground	Analog Ground
6	VBG	Analog Output	Reference bypass output
7	INA-	Analog Input	Channel A negative input
8	INA+	Analog Input	Channel A positive input
9	INB-	Analog Input	Channel B negative input
10	INB+	Analog Input	Channel B positive input
11	PD_SCK	Digital Input	Power down control (high active) and serial clock input
12	DOUT	Digital Output	Serial data output
13	XO	Digital I/O	Crystal I/O (NC when not used)
14	XI	Digital Input	Crystal I/O or external clock input, 0: use on-chip oscillator
15	RATE	Digital Input	Output data rate control, 0: 10Hz; 1: 80Hz
16	DVDD	Power	Digital supply: 2.6 ~ 5.5V

**Table 1 Pin Description**



HX711

**KEY ELECTRICAL CHARACTERISTICS**

Parameter	Notes	MIN	TYP	MAX	UNIT
Full scale differential input range	V(inp)-V(inn)	$\pm 0.5(AVDD/GAIN)$			V
Common mode input		AGND+1.2		AVDD-1.3	V
Output data rate	Internal Oscillator, RATE = 0		10		Hz
	Internal Oscillator, RATE = DVDD		80		
	Crystal or external clock, RATE = 0		$f_{clk}/1,105,920$		
	Crystal or external clock, RATE = DVDD		$f_{clk}/138,240$		
Output data coding	2's complement	800000		7FFFFFF	HEX
Output settling time <sup>(1)</sup>	RATE = 0		400		ms
	RATE = DVDD		50		
Input offset drift	Gain = 128		0.2		mV
	Gain = 64		0.4		
Input noise	Gain = 128, RATE = 0		50		nV(rms)
	Gain = 128, RATE = DVDD		90		
Temperature drift	Input offset (Gain = 128)		$\pm 6$		nV/°C
	Gain (Gain = 128)		$\pm 5$		ppm/°C
Input common mode rejection	Gain = 128, RATE = 0		100		dB
Power supply rejection	Gain = 128, RATE = 0		100		dB
Reference bypass (V <sub>BG</sub> )			1.25		V
Crystal or external clock frequency		1	11.0592	20	MHz
Power supply voltage	DVDD	2.6		5.5	V
	AVDD, VSUP	2.6		5.5	
Analog supply current (including regulator)	Normal		1400		$\mu$ A
	Power down		0.3		
Digital supply current	Normal		100		$\mu$ A
	Power down		0.2		

(1) Settling time refers to the time from power up, reset, input channel change and gain change to valid stable output data.

**Table 2 Key Electrical Characteristics**



*16.1.3 Hoja de especificaciones de sensor inductivo*

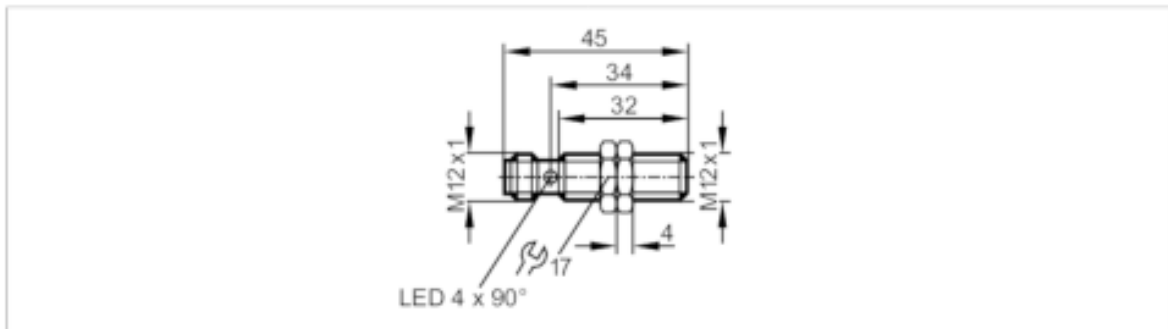


## IFT203



### Detector inductivo

IFB3004BBPKGMV4A/US-104-DPS



Características del producto	
Alimentación	PNP
Función de salida	normalmente abierto
Alcance [mm]	4
Carcasa	Tipo con rosca
Dimensiones [mm]	M12 x 1 / L = 45
Campo de aplicación	
Característica especial	Contactos dorados; Alcance aumentado
Aplicación	Procesos de limpieza regulares
Datos eléctricos	
Tensión de alimentación [V]	10...36 DC
Consumo de corriente [mA]	10; (24 V)
Clase de protección	II
Protección contra inversiones de polaridad	si
Salidas	
Alimentación	PNP
Función de salida	normalmente abierto
Caída de tensión máx. de la salida de conmutación DC [V]	2,5
Corriente máxima permanente de la salida de conmutación DC [mA]	100
Frecuencia de conmutación DC [Hz]	800
Protección contra cortocircuitos	si
Tipo de protección contra cortocircuitos	pulsada
Resistente a sobrecargas	si
Rango de detección	
Alcance [mm]	4
Alcance operativo [mm]	0...3,25
Alcance aumentado	si

ifb electronic gmbh • Friedrichstraße 1 • 45128 Essen — Nos reservamos el derecho de modificar características técnicas sin previo aviso. — ES-ES — IFT203-01 — 23.03.2009 —



## IFT203



### Detector inductivo

IFB3004BBPKGMV4AU5-104-DPS

Precisión / variaciones		
Factor de corrección	acero: 1 / Acero inoxidable: 0,7 / latón: 0,5 / aluminio: 0,4 / cobre: 0,3	
Histéresis [% del Sr]	1...20	
Condiciones ambientales		
Temperatura ambiente [°C]	0...100	
Grado de protección	IP 68; IP 69K; (*COP*)	
Homologaciones / pruebas		
CEM	EN 61000-4-2 ESD	4 kV CD / 8 kV AD
	EN 61000-4-3 radiado HF	10 V/m
	EN 61000-4-4 Burst	2 kV
	EN 61000-4-6 HF conducido	10 V
	EN 55011	clase B
MTTF [años]	1676	
Homologación UL	Ta	0...40 °C
	Enclosure type	Type 1
	alimentación de tensión	Limited Voltage/Current
	Número de registro UL	E174191
Datos mecánicos		
Peso [g]	27	
Carcasa	Tipo con rosca	
Tipo de montaje	montaje enrasado	
Dimensiones [mm]	M12 x 1 / L = 45	
Nombre de la rosca	M12 x 1	
Materiales	cuerpo roscado: inox (1.4404 / 316L); Superficie activa: PEEK; tuercas de fijación: Acero inoxidable	
Indicaciones / elementos de mando		
Indicación	Estado de conmutación	4 x 90° LED, amarillo
Accesorios		
Componentes incluidos	tuercas de fijación: 2	
Notas		
Cantidad por pack	1 unid.	

#### Conexión eléctrica - Conector macho

Conector: 1 x M12; Contactos: dorado





16.1.4 Hoja de especificaciones PIC 18F4550



# MICROCHIP PIC18F2455/2550/4455/4550

## 28/40/44-Pin, High-Performance, Enhanced Flash, USB Microcontrollers with nanoWatt Technology

### Universal Serial Bus Features:

- USB V2.0 Compliant
- Low Speed (1.5 Mb/s) and Full Speed (12 Mb/s)
- Supports Control, Interrupt, Isochronous and Bulk Transfers
- Supports up to 32 Endpoints (16 bidirectional)
- 1 Kbyte Dual Access RAM for USB
- On-Chip USB Transceiver with On-Chip Voltage Regulator
- Interface for Off-Chip USB Transceiver
- Streaming Parallel Port (SPP) for USB streaming transfers (40/44-pin devices only)

### Power-Managed Modes:

- Run: CPU on, Peripherals on
- Idle: CPU off, Peripherals on
- Sleep: CPU off, Peripherals off
- Idle mode Currents Down to 5.8  $\mu$ A Typical
- Sleep mode Currents Down to 0.1  $\mu$ A Typical
- Timer1 Oscillator: 1.1  $\mu$ A Typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1  $\mu$ A Typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

### Flexible Oscillator Structure:

- Four Crystal modes, including High-Precision PLL for USB
- Two External Clock modes, Up to 48 MHz
- Internal Oscillator Block:
  - 8 user-selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
  - User-tunable to compensate for frequency drift
- Secondary Oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Dual Oscillator Options allow Microcontroller and USB module to Run at Different Clock Speeds
- Fail-Safe Clock Monitor:
  - Allows for safe shutdown if any clock stops

### Peripheral Highlights:

- High-Current Sink/Source: 25 mA/25 mA
- Three External Interrupts
- Four Timer modules (Timer0 to Timer3)
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
  - Capture is 16-bit, max. resolution 5.2 ns ( $T_{CY}/16$ )
  - Compare is 16-bit, max. resolution 83.3 ns ( $T_{CY}$ )
  - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
  - Multiple output modes
  - Selectable polarity
  - Programmable dead time
  - Auto-shutdown and auto-restart
- Enhanced USART module:
  - LIN bus support
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module Supporting 3-Wire SPI (all 4 modes) and I<sup>2</sup>C™ Master and Slave modes
- 10-Bit, Up to 13-Channel Analog-to-Digital Converter (A/D) module with Programmable Acquisition Time
- Dual Analog Comparators with Input Multiplexing

### Special Microcontroller Features:

- C Compiler Optimized Architecture with Optional Extended Instruction Set
- 100,000 Erase/Write Cycle Enhanced Flash Program Memory Typical
- 1,000,000 Erase/Write Cycle Data EEPROM Memory Typical
- Flash/Data EEPROM Retention: > 40 Years
- Self-Programmable under Software Control
- Priority Levels for Interrupts
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
  - Programmable period from 41 ms to 131s
- Programmable Code Protection
- Single-Supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via Two Pins
- In-Circuit Debug (ICD) via Two Pins
- Optional Dedicated ICD/ICSP Port (44-pin, TQFP package only)
- Wide Operating Voltage Range (2.0V to 5.5V)

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-Bit A/D (ch)	CCP/ECCP (PWM)	SPP	MSSP		EUSART	Comparators	Timers 8/16-Bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					SPI	Master I <sup>2</sup> C™			
PIC18F2455	24K	12288	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2550	32K	16384	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4455	24K	12288	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4550	32K	16384	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3





# PIC18F2455/2550/4455/4550

## 1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device-specific information for the following devices:

- PIC18F2455
- PIC18F2550
- PIC18F4455
- PIC18F4550
- PIC18LF2455
- PIC18LF2550
- PIC18LF4455
- PIC18LF4550

This family of devices offers the advantages of all PIC18 microcontrollers – namely, high computational performance at an economical price – with the addition of high-endurance, Enhanced Flash program memory. In addition to these features, the PIC18F2455/2550/4455/4550 family introduces design enhancements that make these microcontrollers a logical choice for many high-performance, power sensitive applications.

## 1.1 New Core Features

### 1.1.1 nanoWatt TECHNOLOGY

All of the devices in the PIC18F2455/2550/4455/4550 family incorporate a range of features that can significantly reduce power consumption during operation. Key items include:

- **Alternate Run Modes:** By clocking the controller from the Timer1 source or the internal oscillator block, power consumption during code execution can be reduced by as much as 90%.
- **Multiple Idle Modes:** The controller can also run with its CPU core disabled but the peripherals still active. In these states, power consumption can be reduced even further, to as little as 4%, of normal operation requirements.
- **On-the-Fly Mode Switching:** The power-managed modes are invoked by user code during operation, allowing the user to incorporate power-saving ideas into their application's software design.
- **Low Consumption in Key Modules:** The power requirements for both Timer1 and the Watchdog Timer are minimized. See **Section 28.0 "Electrical Characteristics"** for values.

### 1.1.2 UNIVERSAL SERIAL BUS (USB)

Devices in the PIC18F2455/2550/4455/4550 family incorporate a fully featured Universal Serial Bus communications module that is compliant with the USB Specification Revision 2.0. The module supports both low-speed and full-speed communication for all supported data transfer types. It also incorporates its own on-chip transceiver and 3.3V regulator and supports the use of external transceivers and voltage regulators.

### 1.1.3 MULTIPLE OSCILLATOR OPTIONS AND FEATURES

All of the devices in the PIC18F2455/2550/4455/4550 family offer twelve different oscillator options, allowing users a wide range of choices in developing application hardware. These include:

- Four Crystal modes using crystals or ceramic resonators.
- Four External Clock modes, offering the option of using two pins (oscillator input and a divide-by-4 clock output) or one pin (oscillator input, with the second pin reassigned as general I/O).
- An internal oscillator block which provides an 8 MHz clock ( $\pm 2\%$  accuracy) and an INTRC source (approximately 31 kHz, stable over temperature and VDD), as well as a range of 6 user-selectable clock frequencies, between 125 kHz to 4 MHz, for a total of 8 clock frequencies. This option frees an oscillator pin for use as an additional general purpose I/O.
- A Phase Lock Loop (PLL) frequency multiplier, available to both the High-Speed Crystal and External Oscillator modes, which allows a wide range of clock speeds from 4 MHz to 48 MHz.
- Asynchronous dual clock operation, allowing the USB module to run from a high-frequency oscillator while the rest of the microcontroller is clocked from an internal low-power oscillator.

Besides its availability as a clock source, the internal oscillator block provides a stable reference source that gives the family additional features for robust operation:

- **Fail-Safe Clock Monitor:** This option constantly monitors the main clock source against a reference signal provided by the internal oscillator. If a clock failure occurs, the controller is switched to the internal oscillator block, allowing for continued low-speed operation or a safe application shutdown.
- **Two-Speed Start-up:** This option allows the internal oscillator to serve as the clock source from Power-on Reset, or wake-up from Sleep mode, until the primary clock source is available.



---

# PIC18F2455/2550/4455/4550

---

## 1.2 Other Special Features

- **Memory Endurance:** The Enhanced Flash cells for both program memory and data EEPROM are rated to last for many thousands of erase/write cycles – up to 100,000 for program memory and 1,000,000 for EEPROM. Data retention without refresh is conservatively estimated to be greater than 40 years.
- **Self-Programmability:** These devices can write to their own program memory spaces under internal software control. By using a bootloader routine, located in the protected Boot Block at the top of program memory, it becomes possible to create an application that can update itself in the field.
- **Extended Instruction Set:** The PIC18F2455/2550/4455/4550 family introduces an optional extension to the PIC18 instruction set, which adds 8 new instructions and an Indexed Literal Offset Addressing mode. This extension, enabled as a device configuration option, has been specifically designed to optimize re-entrant application code originally developed in high-level languages such as C.
- **Enhanced CCP Module:** In PWM mode, this module provides 1, 2 or 4 modulated outputs for controlling half-bridge and full-bridge drivers. Other features include auto-shutdown for disabling PWM outputs on interrupt or other select conditions, and auto-restart to reactivate outputs once the condition has cleared.
- **Enhanced Addressable USART:** This serial communication module is capable of standard RS-232 operation and provides support for the LIN bus protocol. The TX/CK and RX/DT signals can be inverted, eliminating the need for inverting buffers. Other enhancements include Automatic Baud Rate Detection and a 16-bit Baud Rate Generator for improved resolution. When the microcontroller is using the internal oscillator block, the EUSART provides stable operation for applications that talk to the outside world without using an external crystal (or its accompanying power requirement).
- **10-Bit A/D Converter:** This module incorporates programmable acquisition time, allowing for a channel to be selected and a conversion to be initiated, without waiting for a sampling period and thus, reducing code overhead.
- **Dedicated ICD/ICSP Port:** These devices introduce the use of debugger and programming pins that are not multiplexed with other microcontroller features. Offered as an option in select packages, this feature allows users to develop I/O intensive applications while retaining the ability to program and debug in the circuit.

## 1.3 Details on Individual Family Members

Devices in the PIC18F2455/2550/4455/4550 family are available in 28-pin and 40/44-pin packages. Block diagrams for the two groups are shown in Figure 1-1 and Figure 1-2.

The devices are differentiated from each other in six ways:

1. Flash program memory (24 Kbytes for PIC18FX455 devices, 32 Kbytes for PIC18FX550 devices).
2. A/D channels (10 for 28-pin devices, 13 for 40/44-pin devices).
3. I/O ports (3 bidirectional ports and 1 input only port on 28-pin devices, 5 bidirectional ports on 40/44-pin devices).
4. CCP and Enhanced CCP implementation (28-pin devices have two standard CCP modules, 40/44-pin devices have one standard CCP module and one ECCP module).
5. Streaming Parallel Port (present only on 40/44-pin devices).

All other features for devices in this family are identical. These are summarized in Table 1-1.

The pinouts for all devices are listed in Table 1-2 and Table 1-3.

Like all Microchip PIC18 devices, members of the PIC18F2455/2550/4455/4550 family are available as both standard and low-voltage devices. Standard devices with Enhanced Flash memory, designated with an “F” in the part number (such as PIC18F2550), accommodate an operating VDD range of 4.2V to 5.5V. Low-voltage parts, designated by “LF” (such as PIC18LF2550), function over an extended VDD range of 2.0V to 5.5V.



## PIC18F2455/2550/4455/4550

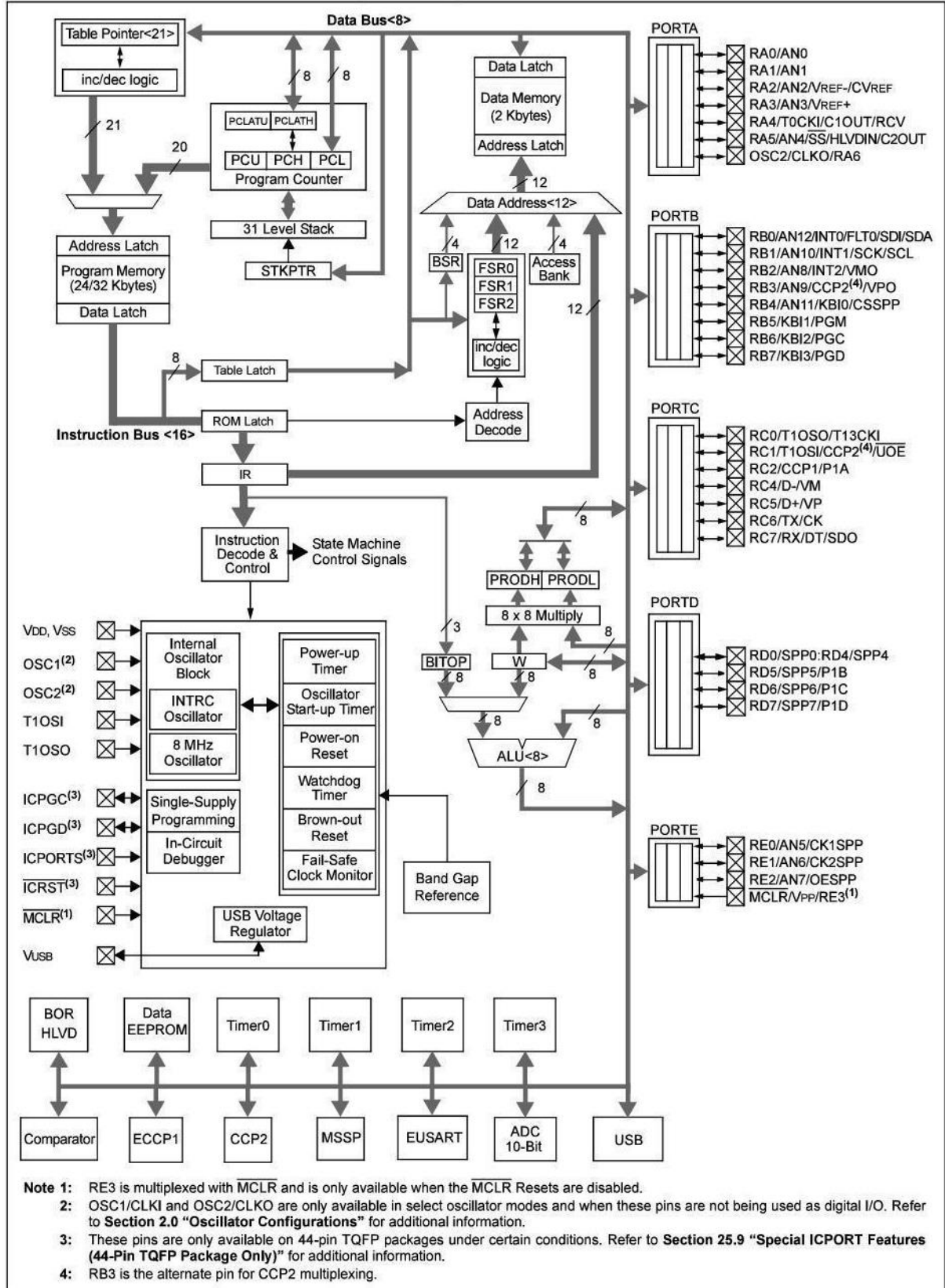
TABLE 1-1: DEVICE FEATURES

Features	PIC18F2455	PIC18F2550	PIC18F4455	PIC18F4550
Operating Frequency	DC – 48 MHz	DC – 48 MHz	DC – 48 MHz	DC – 48 MHz
Program Memory (Bytes)	24576	32768	24576	32768
Program Memory (Instructions)	12288	16384	12288	16384
Data Memory (Bytes)	2048	2048	2048	2048
Data EEPROM Memory (Bytes)	256	256	256	256
Interrupt Sources	19	19	20	20
I/O Ports	Ports A, B, C, (E)	Ports A, B, C, (E)	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C, D, E
Timers	4	4	4	4
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	1	1
Enhanced Capture/ Compare/PWM Modules	0	0	1	1
Serial Communications	MSSP, Enhanced USART	MSSP, Enhanced USART	MSSP, Enhanced USART	MSSP, Enhanced USART
Universal Serial Bus (USB) Module	1	1	1	1
Streaming Parallel Port (SPP)	No	No	Yes	Yes
10-Bit Analog-to-Digital Module	10 Input Channels	10 Input Channels	13 Input Channels	13 Input Channels
Comparators	2	2	2	2
Resets (and Delays)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT
Programmable Low-Voltage Detect	Yes	Yes	Yes	Yes
Programmable Brown-out Reset	Yes	Yes	Yes	Yes
Instruction Set	75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled	75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled	75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled	75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled
Packages	28-Pin PDIP 28-Pin SOIC	28-Pin PDIP 28-Pin SOIC	40-Pin PDIP 44-Pin QFN 44-Pin TQFP	40-Pin PDIP 44-Pin QFN 44-Pin TQFP



# PIC18F2455/2550/4455/4550

FIGURE 1-2: PIC18F4455/4550 (40/44-PIN) BLOCK DIAGRAM





### 16.1.5 Hoja de especificaciones optoacoplador

**SHARP**

PC817X Series

## PC817X Series

### DIP 4pin General Purpose Photocoupler

\*4-channel package type is also available.  
(model No. **PC847X Series**)



#### ■ Description

**PC817X Series** contains an IRED optically coupled to a phototransistor.

It is packaged in a 4pin DIP, available in wide-lead spacing option and SMT gullwing lead-form option.

Input-output isolation voltage(rms) is 5.0kV.

Collector-emitter voltage is 80V(\*) and CTR is 50% to 600% at input current of 5mA.

#### ■ Features

1. 4pin DIP package
2. Double transfer mold package (Ideal for Flow Soldering)
3. High collector-emitter voltage ( $V_{CE0}$ :80V(\*)
4. Current transfer ratio (CTR : MIN. 50% at  $I_F=5$  mA,  $V_{CE}=5$ V)
5. Several CTR ranks available
6. High isolation voltage between input and output ( $V_{iso(rms)}$  : 5.0 kV)

(\*) Up to Date code "P7" (July 2002)  $V_{CE0}$  : 35V.  
From the production Date code "J5" (May 1997) to "P7" (July 2002), however the products were screened by  $BV_{CE0} \geq 70$ V.

#### ■ Agency approvals/Compliance

1. Recognized by UL1577 (Double protection isolation), file No. E64380 (as model No. **PC817**)
2. Package resin : UL flammability grade (94V-0)

#### ■ Applications

1. I/O isolation for MCUs (Micro Controller Units)
2. Noise suppression in switching circuits
3. Signal transmission between circuits of different potentials and impedances

Notice The content of data sheet is subject to change without prior notice.  
In the absence of confirmation by device specification sheets, SHARP takes no responsibility for any defects that may occur in equipment using any SHARP devices shown in catalogs, data books, etc. Contact SHARP in order to obtain the latest device specification sheets before using any SHARP device.



**SHARP**

**PC817X Series**

**■ Absolute Maximum Ratings** ( $T_a=25^\circ\text{C}$ )

	Parameter	Symbol	Rating	Unit
Input	Forward current	$I_F$	50	mA
	*1 Peak forward current	$I_{FM}$	1	A
	Reverse voltage	$V_R$	6	V
	Power dissipation	P	70	mW
Output	Collector-emitter voltage	$V_{CEO}$	*4 80	V
	Emitter-collector voltage	$V_{ECO}$	6	V
	Collector current	$I_C$	50	mA
	Collector power dissipation	$P_C$	150	mW
	Total power dissipation	$P_{tot}$	200	mW
	*2 Isolation voltage	$V_{iso(rms)}$	5.0	kV
	Operating temperature	$T_{op}$	-30 to +100	$^\circ\text{C}$
	Storage temperature	$T_{stg}$	-55 to +125	$^\circ\text{C}$
	*3 Soldering temperature	$T_{sol}$	260	$^\circ\text{C}$

\*1 Pulse width 100 $\mu\text{s}$ , Duty ratio : 0.001

\*2 40 to 60%RH, AC for 1 minute, f=60Hz

\*3 For 10s

\*4 Up to Date code \*P7\* (July 2002)  $V_{CEO}$  : 35V.

**■ Electro-optical Characteristics**

( $T_a=25^\circ\text{C}$ )

	Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Input	Forward voltage	$V_F$	$I_F=20\text{mA}$	-	1.2	1.4	V
	Peak forward voltage	$V_{FM}$	$I_{FM}=0.5\text{A}$	-	-	3.0	V
	Reverse current	$I_R$	$V_R=4\text{V}$	-	-	10	$\mu\text{A}$
	Terminal capacitance	$C_t$	$V=0, f=1\text{kHz}$	-	30	250	pF
Output	Collector dark current	$I_{CEO}$	$V_{CE}=50\text{V}, I_F=0$	-	-	100	nA
	Collector-emitter breakdown voltage	$BV_{CEO}$	$I_C=0.1\text{mA}, I_F=0$	*5 80	-	-	V
	Emitter-collector breakdown voltage	$BV_{ECO}$	$I_E=10\mu\text{A}, I_F=0$	6	-	-	V
Transfer characteristics	Collector current	$I_C$	$I_F=5\text{mA}, V_{CE}=5\text{V}$	2.5	-	30.0	mA
	Collector-emitter saturation voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_F=20\text{mA}, I_C=1\text{mA}$	-	0.1	0.2	V
	Isolation resistance	$R_{iso}$	DC500V, 40 to 60%RH	$5 \times 10^{10}$	$1 \times 10^{11}$	-	$\Omega$
	Floating capacitance	$C_f$	$V=0, f=1\text{MHz}$	-	0.6	1.0	pF
	Cut-off frequency	$f_c$	$V_{CE}=5\text{V}, I_C=2\text{mA}, R_L=100\Omega, -3\text{dB}$	-	80	-	kHz
Response time	Rise time	$t_r$	$V_{CE}=2\text{V}, I_C=2\text{mA}, R_L=100\Omega$	-	4	18	$\mu\text{s}$
	Fall time	$t_f$		-	3	18	$\mu\text{s}$

\*5 From the production Date code \*J5\* (May 1997) to \*P7\* (July 2002), however the products were screened by  $BV_{CEO}=70\text{V}$ .



### 16.1.6 Hoja de especificaciones amplificador operacional



LM158-N, LM258-N, LM2904-N, LM358-N  
SNOSBT3I – JANUARY 2000 – REVISED DECEMBER 2014

## LMx58-N Low-Power, Dual-Operational Amplifiers

### 1 Features

- Available in 8-Bump DSBGA Chip-Sized Package, (See AN-1112, SNVA009)
- Internally Frequency Compensated for Unity Gain
- Large DC Voltage Gain: 100 dB
- Wide Bandwidth (Unity Gain): 1 MHz (Temperature Compensated)
- Wide Power Supply Range:
  - Single Supply: 3V to 32V
  - Or Dual Supplies:  $\pm 1.5V$  to  $\pm 16V$
- Very Low Supply Current Drain (500  $\mu A$ )—Essentially Independent of Supply Voltage
- Low Input Offset Voltage: 2 mV
- Input Common-Mode Voltage Range Includes Ground
- Differential Input Voltage Range Equal to the Power Supply Voltage
- Large Output Voltage Swing
- Unique Characteristics:
  - In the Linear Mode the Input Common-Mode Voltage Range Includes Ground and the Output Voltage Can Also Swing to Ground, even though Operated from Only a Single Power Supply Voltage.
  - The Unity Gain Cross Frequency is Temperature Compensated.
  - The Input Bias Current is also Temperature Compensated.
- Advantages:
  - Two Internally Compensated Op Amps
  - Eliminates Need for Dual Supplies
  - Allows Direct Sensing Near GND and  $V_{OUT}$  Also Goes to GND
  - Compatible with All Forms of Logic
  - Power Drain Suitable for Battery Operation

### 2 Applications

- Active Filters
- General Signal Conditioning and Amplification
- 4- to 20-mA Current Loop Transmitters

### 3 Description

The LM158 series consists of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op-amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM158 series can be directly operated off of the standard 3.3-V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional  $\pm 15V$  power supplies.

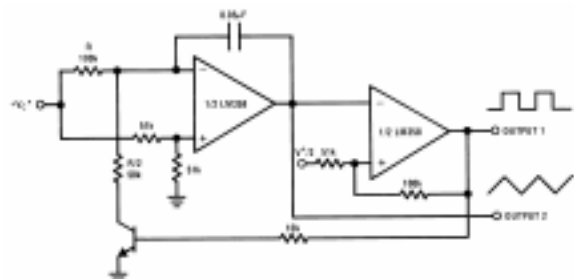
The LM358 and LM2904 are available in a chip sized package (8-Bump DSBGA) using TI's DSBGA package technology.

#### Device Information<sup>(1)</sup>

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM158-N	TO-CAN (8)	9.08 mm x 9.09 mm
	CDIP (8)	10.16 mm x 6.502 mm
LM258-N	TO-CAN (8)	9.08 mm x 9.09 mm
	DSBGA (8)	1.31 mm x 1.31 mm
LM2904-N	SOIC (8)	4.90 mm x 3.91 mm
	PDIP (8)	9.81 mm x 6.35 mm
	TO-CAN (8)	9.08 mm x 9.09 mm
LM358-N	DSBGA (8)	1.31 mm x 1.31 mm
	SOIC (8)	4.90 mm x 3.91 mm
	PDIP (8)	9.81 mm x 6.35 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the datasheet.

#### Voltage Controlled Oscillator (VCO)



An IMPORTANT NOTICE at the end of this data sheet addresses availability, warranty, changes, use in safety-critical applications, intellectual property matters and other important disclaimers. PRODUCTION DATA.



16.1.7 Hoja de especificaciones diodos rectificadores de potencia



ON Semiconductor®

## RHRP1540, RHRP1560

Data Sheet      November 2013

### 15 A, 400 V - 600 V, Hyperfast Diode

The RHRP1540, RHRP1560 is a hyperfast diode with soft recovery characteristics. It has the half recovery time of ultrafast diodes and is silicon nitride passivated ionimplanted epitaxial planar construction. These devices are intended to be used as freewheeling/ clamping diodes and diodes in a variety of switching power supplies and other power switching applications. Their low stored charge and hyperfast soft recovery minimize ringing and electrical noise in many power switching circuits reducing power loss in the switching transistors.

#### Ordering Information

PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
RHRP1540	TO-220AC-2L	RHRP1540
RHRP1560	TO-220AC-2L	RHRP1560

NOTE: When ordering, use the entire part number.

#### Symbol



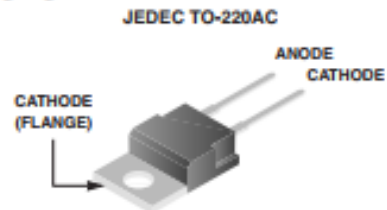
#### Features

- Hyperfast Recovery  $t_r = 40$  ns (@  $I_F = 15$  A)
- Max Forward Voltage,  $V_F = 2.1$  V (@  $T_C = 25^\circ\text{C}$ )
- 400 V, 600 V Reverse Voltage and High Reliability
- Avalanche Energy Rated
- RoHS Compliant

#### Applications

- Switching Power Supplies
- Power Switching Circuits
- General Purpose

#### Packaging



#### Absolute Maximum Ratings $T_C = 25^\circ\text{C}$ , Unless Otherwise Specified

	RHRP1540	RHRP1560	UNIT	
Peak Repetitive Reverse Voltage .....	$V_{RRM}$	400	600	V
Working Peak Reverse Voltage .....	$V_{RWM}$	400	600	V
DC Blocking Voltage .....	$V_R$	400	600	V
Average Rectified Forward Current .....	$I_{F(AV)}$	15	15	A
( $T_C = 140^\circ\text{C}$ )				
Repetitive Peak Surge Current .....	$I_{FRM}$	30	30	A
(Square Wave, 20 kHz)				
Nonrepetitive Peak Surge Current .....	$I_{FSM}$	200	200	A
(Halfwave, 1 Phase, 60 Hz)				
Maximum Power Dissipation .....	$P_D$	100	100	W
Avalanche Energy (See Figures 10 and 11) .....	$E_{AVL}$	20	20	mJ
Operating and Storage Temperature .....	$T_{STG}, T_J$	-65 to 175	-65 to 175	$^\circ\text{C}$





**RHRP1540, RHRP1560**

**Electrical Specifications**  $T_C = 25^\circ\text{C}$ , Unless Otherwise Specified

SYMBOL	TEST CONDITION	RHRP1540			RHRP1560			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
$V_F$	$I_F = 15\text{ A}$	-	-	2.1	-	-	2.1	V
	$I_F = 15\text{ A}, T_C = 150^\circ\text{C}$	-	-	1.7	-	-	1.7	V
$I_R$	$V_R = 400\text{ V}$	-	-	100	-	-	-	$\mu\text{A}$
	$V_R = 600\text{ V}$	-	-	-	-	-	100	$\mu\text{A}$
	$V_R = 400\text{ V}, T_C = 150^\circ\text{C}$	-	-	500	-	-	-	$\mu\text{A}$
	$V_R = 600\text{ V}, T_C = 150^\circ\text{C}$	-	-	-	-	-	500	$\mu\text{A}$
$T_{rr}$	$I_F = 1\text{ A}, dI_F/dt = 100\text{ A}/\mu\text{s}$	-	-	35	-	-	35	ns
	$I_F = 15\text{ A}, dI_F/dt = 100\text{ A}/\mu\text{s}$	-	-	40	-	-	40	ns
$t_a$	$I_F = 15\text{ A}, dI_F/dt = 100\text{ A}/\mu\text{s}$	-	20	-	-	20	-	ns
$t_b$	$I_F = 15\text{ A}, dI_F/dt = 100\text{ A}/\mu\text{s}$	-	15	-	-	15	-	ns
$Q_{rr}$	$I_F = 15\text{ A}, dI_F/dt = 100\text{ A}/\mu\text{s}$	-	40	-	-	40	-	nC
$C_J$	$V_R = 10\text{ V}, I_F = 0\text{ A}$	-	60	-	-	60	-	pF
$R_{\theta JC}$		-	-	1.5	-	-	1.5	$^\circ\text{C}/\text{W}$

**DEFINITIONS**

$V_F$  = Instantaneous forward voltage (pw = 300  $\mu\text{s}$ , D = 2%).

$I_R$  = Instantaneous reverse current.

$T_{rr}$  = Reverse recovery time (See Figure 9), summation of  $t_a + t_b$ .

$t_a$  = Time to reach peak reverse current (See Figure 9).

$t_b$  = Time from peak  $I_{RM}$  to projected zero crossing of  $I_{RM}$  based on a straight line from peak  $I_{RM}$  through 25% of  $I_{RM}$  (See Figure 9).

$Q_{rr}$  = Reverse Recovery Charge.

$C_J$  = Junction Capacitance.

$R_{\theta JC}$  = Thermal resistance junction to case.

pw = Pulse Width.

D = Duty Cycle.

**Typical Performance Curves**

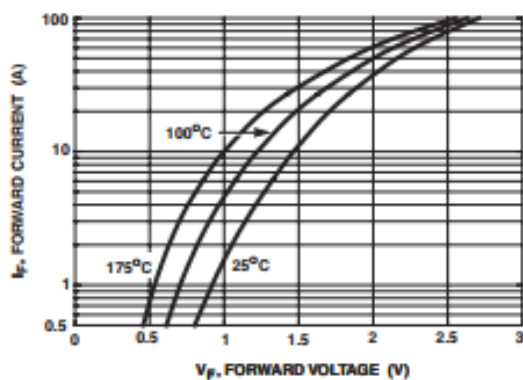


FIGURE 1. FORWARD CURRENT vs FORWARD VOLTAGE

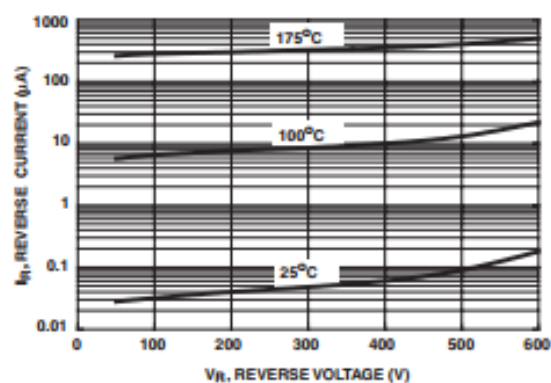


FIGURE 2. REVERSE CURRENT vs REVERSE VOLTAGE



### 16.1.8 Hoja de especificaciones tiristores SCR

Philips Semiconductors

Product specification

## Thyristors

## BT152 series

### GENERAL DESCRIPTION

Glass passivated thyristors in a plastic envelope, intended for use in applications requiring high bidirectional blocking voltage capability and high thermal cycling performance. Typical applications include motor control, industrial and domestic lighting, heating and static switching.

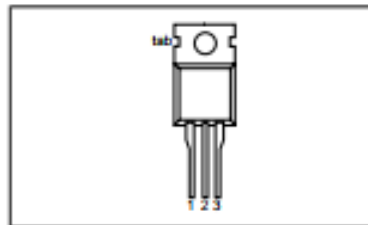
### QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	MAX.	MAX.	MAX.	UNIT
$V_{DRM}$	Repetitive peak off-state voltages	400R	600R	800R	V
$V_{RRM}$		450	650	800	
$I_{T(AV)}$	Average on-state current	13	13	13	A
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	20	20	20	A
$I_{TSM}$	Non-repetitive peak on-state current	200	200	200	A

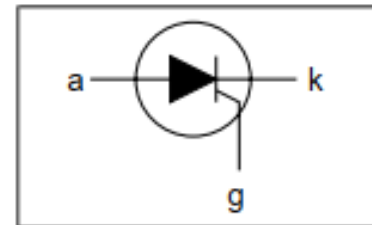
### PINNING - TO220AB

PIN	DESCRIPTION
1	cathode
2	anode
3	gate
tab	anode

### PIN CONFIGURATION



### SYMBOL



### LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.			UNIT
				-400R	-600R	-800R	
$V_{DRM}$	Repetitive peak off-state voltages		-	450 <sup>1</sup>	650 <sup>1</sup>	800	V
$I_{T(AV)}$	Average on-state current	half sine wave; $T_{mb} \leq 103^\circ\text{C}$	-	13			A
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	all conduction angles	-	20			A
$I_{TSM}$	Non-repetitive peak on-state current	half sine wave; $T_j = 25^\circ\text{C}$ prior to surge	-	200			A
$I^2t$	$I^2t$ for fusing	$t = 10\text{ ms}$	-	220			A
$di_T/dt$	Repetitive rate of rise of on-state current after triggering	$t = 8.3\text{ ms}$	-	200			A <sup>2</sup> s
$I_{GM}$	Peak gate current	$I_{RM} = 50\text{ A}; I_G = 0.2\text{ A}; di_G/dt = 0.2\text{ A}/\mu\text{s}$	-	200			A/ $\mu\text{s}$
$V_{GM}$	Peak gate voltage		-	5			V
$V_{RGM}$	Peak reverse gate voltage		-	5			V
$P_{GM}$	Peak gate power		-	20			W
$P_{G(AV)}$	Average gate power	over any 20 ms period	-	0.5			W
$T_{sto}$	Storage temperature		-40	150			$^\circ\text{C}$
$T_j$	Operating junction temperature		-	125			$^\circ\text{C}$

<sup>1</sup> Although not recommended, off-state voltages up to 800V may be applied without damage, but the thyristor may switch to the on-state. The rate of rise of current should not exceed 15 A/ $\mu\text{s}$ .



Philips Semiconductors

Product specification

Thyristors

BT152 series

### THERMAL RESISTANCES

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$R_{th(j-mb)}$	Thermal resistance junction to mounting base	in free air	-	-	1.1	K/W
$R_{th(j-a)}$	Thermal resistance junction to ambient		-	60	-	K/W

### STATIC CHARACTERISTICS

$T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$  unless otherwise stated

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$I_{GT}$	Gate trigger current	$V_D = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}$	-	3	32	mA
$I_L$	Latching current	$V_D = 12\text{ V}; I_{GT} = 0.1\text{ A}$	-	25	80	mA
$I_H$	Holding current	$V_D = 12\text{ V}; I_{GT} = 0.1\text{ A}$	-	15	60	mA
$V_T$	On-state voltage	$I_T = 40\text{ A}$	-	1.4	1.75	V
$V_{GT}$	Gate trigger voltage	$V_D = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}$	-	0.8	1.5	V
$I_D, I_R$	Off-state leakage current	$V_D = V_{DRM(max)}; I_T = 0.1\text{ A}; T_J = 125\text{ }^\circ\text{C}$ $V_D = V_{DRM(max)}; V_R = V_{RRM(max)}; T_J = 125\text{ }^\circ\text{C}$	0.25	0.4	-	V
			-	0.2	1.0	mA

### DYNAMIC CHARACTERISTICS

$T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$  unless otherwise stated

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$dV_D/dt$	Critical rate of rise of off-state voltage	$V_{DM} = 67\% V_{DRM(max)}; T_J = 125\text{ }^\circ\text{C};$ exponential waveform gate open circuit	200	300	-	V/ $\mu\text{s}$
$t_{gt}$	Gate controlled turn-on time	$V_D = V_{DRM(max)}; I_G = 0.1\text{ A}; dI_G/dt = 5\text{ A}/\mu\text{s};$ $I_{TM} = 40\text{ A}$	-	2	-	$\mu\text{s}$
$t_t$	Circuit commutated turn-off time	$V_D = 67\% V_{DRM(max)}; T_J = 125\text{ }^\circ\text{C};$ $I_{TM} = 50\text{ A}; V_R = 25\text{ V}; dI_{TM}/dt = 30\text{ A}/\mu\text{s};$ $dV_G/dt = 50\text{ V}/\mu\text{s}; R_{GK} = 100\ \Omega$	-	70	-	$\mu\text{s}$



16.1.9 Hoja de especificaciones freno electromagnético



FRENOS ELECTRICOS UNIDOS S.A.  
Pol. Ind. Comarca 1, Calle L, nº 10  
31160 ORCOYEN (NAVARRA)  
Tel.: Int+34 902 145611 Fax: Int+34 948 141418  
www.frenelssa.es

**RETARDER F16-80 (192V)**

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS**

Rated voltage	192 V
Total resistance	18,6 Ω
Total consumption	10,3 A

**MECHANICAL CHARACTERISTICS**

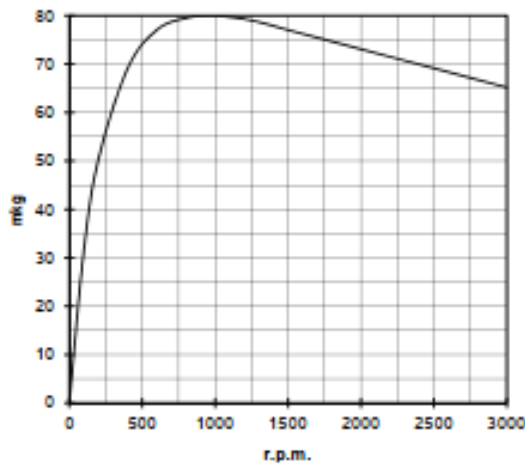
Max. transmissible torque	700/1100 mkg
Max. rotational speed	7000 rpm
Rotors inertia	0,50 Kg·m <sup>2</sup>

**WEIGHT**

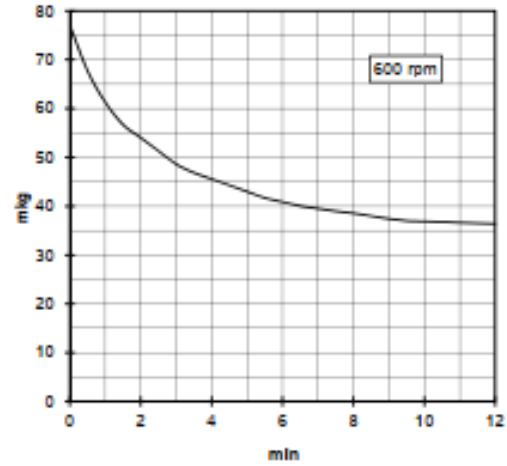
Rotors weight	30 Kg
Stator weight	85 Kg
Total weight	115 Kg

**MAINTENANCE:** without periodic lubrication

**BRAKING TORQUE CURVES**

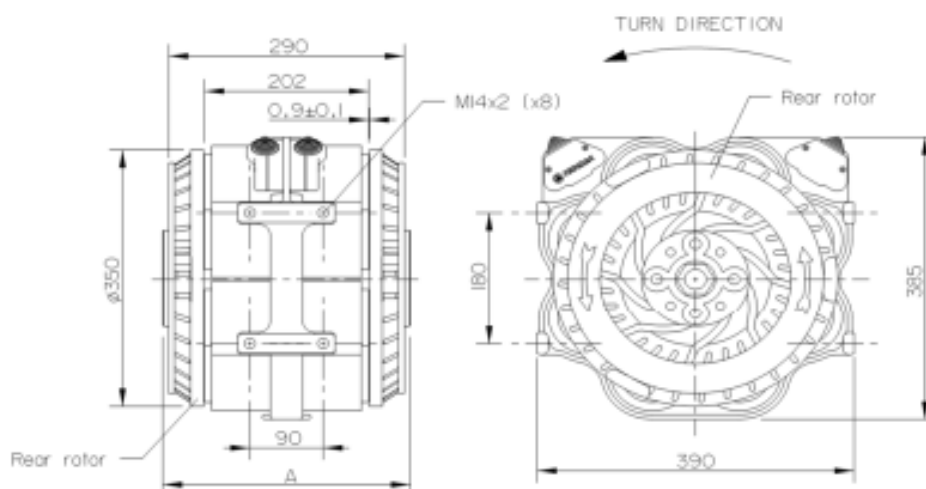


Braking torque according to rotational speed



Braking torque according to time at steady rpm

**OUTER AND ASSEMBLY DIMENSIONS**



Type of flange	SAE I410	SAE I500	SAE I550	I20x8x10	I30x8x10	I20 KV
A	305	305	305	305	305	305

Information can be modified without previous notice

29/02/08



16.1.10 Hoja de especificaciones de conversor FT232RL



**FT232R USB UART IC Datasheet**  
**Version 2.16**

Document No.: FT 000053 Clearance No.: FTDI# 38

**Future Technology Devices  
International Ltd.**  
**FT232R USB UART IC  
Datasheet**



The FT232R is a USB to serial UART interface with the following advanced features:

- Single chip USB to asynchronous serial data transfer interface.
- Entire USB protocol handled on the chip. No USB specific firmware programming required.
- Fully integrated 1024 bit EEPROM storing device descriptors and CBUS I/O configuration.
- Fully integrated USB termination resistors.
- Fully integrated clock generation with no external crystal required plus optional clock output selection enabling a glue-less interface to external MCU or FPGA.
- Data transfer rates from 300 baud to 3 Mbaud (RS422, RS485, RS232) at TTL levels.
- 128 byte receive buffer and 256 byte transmit buffer utilising buffer smoothing technology to allow for high data throughput.
- FTDI's royalty-free Virtual Com Port (VCP) and Direct (D2XX) drivers eliminate the requirement for USB driver development in most cases.
- Unique USB FTDIChip-ID™ feature.
- Configurable CBUS I/O pins.
- Transmit and receive LED drive signals.
- UART interface support for 7 or 8 data bits, 1 or 2 stop bits and odd / even / mark / space / no parity
- FIFO receives and transmits buffers for high data throughput.
- Synchronous and asynchronous bit bang interface options with RD# and WR# strobes.
- Device supplied pre-programmed with unique USB serial number.
- Supports bus powered, self-powered and high-power bus powered USB configurations.
- Integrated +3.3V level converter for USB I/O.
- Integrated level converter on UART and CBUS for interfacing to between +1.8V and +5V logic.
- True 5V/3.3V/2.8V/1.8V CMOS drive output and TTL input.
- Configurable I/O pin output drive strength.
- Integrated power-on-reset circuit.
- Fully integrated AVCC supply filtering - no external filtering required.
- UART signal inversion option.
- +3.3V (using external oscillator) to +5.25V (internal oscillator) Single Supply Operation.
- Low operating and USB suspend current.
- Low USB bandwidth consumption.
- UHCI/OHCI/EHCI host controller compatible.
- USB 2.0 Full Speed compatible.
- -40°C to 85°C extended operating temperature range.
- Available in compact Pb-free 28 Pin SSOP and QFN-32 packages (both RoHS compliant).

Neither the whole nor any part of the information contained in, or the product described in this manual, may be adapted or reproduced in any material or electronic form without the prior written consent of the copyright holder. This product and its documentation are supplied on an as-is basis and no warranty as to their suitability for any particular purpose is either made or implied. Future Technology Devices International Ltd will not accept any claim for damages howsoever arising as a result of use or failure of this product. Your statutory rights are not affected. This product or any variant of it is not intended for use in any medical appliance, device or system in which the failure of the product might reasonably be expected to result in personal injury. This document provides preliminary information that may be subject to change without notice. No freedom to use patents or other intellectual property rights is implied by the publication of this document. Future Technology Devices International Ltd, Unit 1, 2 Seaward Place, Centurion Business Park, Glasgow G41 1HH United Kingdom. Scotland Registered Company Number: SC136640



## 1 Typical Applications

- USB to RS232/RS422/RS485 Converters
- Upgrading Legacy Peripherals to USB
- Cellular and Cordless Phone USB data transfer cables and interfaces
- Interfacing MCU/PLD/FPGA based designs to USB
- USB Audio and Low Bandwidth Video data transfer
- PDA to USB data transfer
- USB Smart Card Readers
- USB Instrumentation
- USB Industrial Control
- USB MP3 Player Interface
- USB FLASH Card Reader and Writers
- Set Top Box PC - USB interface
- USB Digital Camera Interface
- USB Hardware Modems
- USB Wireless Modems
- USB Bar Code Readers
- USB Software and Hardware Encryption Dongles

### 1.1 Driver Support

#### Royalty free VIRTUAL COM PORT (VCP) DRIVERS for...

- Windows 10 32,64-bit
- Windows 8/8.1 32,64-bit
- Windows 7 32,64-bit
- Windows Vista and Vista 64-bit
- Windows XP and XP 64-bit
- Windows 98, 98SE, ME, 2000, Server 2003, XP, Server 2008 and server 2012 R2
- Windows XP Embedded
- Windows CE 4.2, 5.0 and 6.0
- Mac OS 8/9, OS-X
- Linux 2.4 and greater

#### Royalty free D2XX Direct Drivers (USB Drivers + DLL S/W Interface)

- Windows 10 32,64-bit
- Windows 8/8.1 32,64-bit
- Windows 7 32,64-bit
- Windows Vista and Vista 64-bit
- Windows XP and XP 64-bit
- Windows 98, 98SE, ME, 2000, Server 2003, XP, Server 2008 and server 2012 R2
- Windows XP Embedded
- Windows CE 4.2, 5.0 and 6.0
- Linux 2.4 and greater
- Android(J2xx)

The drivers listed above are all available to download for free from FTDI website ([www.ftdichip.com](http://www.ftdichip.com)). Various 3rd party drivers are also available for other operating systems - see FTDI website ([www.ftdichip.com](http://www.ftdichip.com)) for details.

For driver installation, please refer to <http://www.ftdichip.com/Documents/InstallGuides.htm>



## 2 FT232R Block Diagram

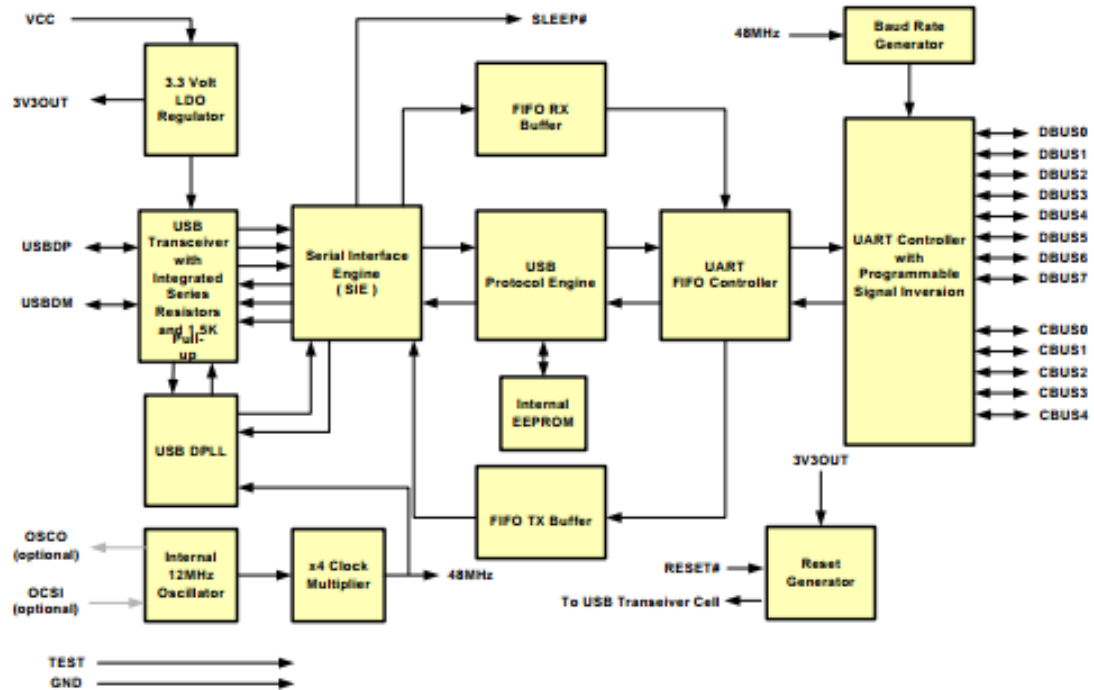


Figure 2.1 FT232R Block Diagram

For a description of each function please refer to Section 4.