



FRVM de la Universidad Tecnológica Nacional
Departamento de Electrónica
Cátedra Trabajo Final de Grado

Analizador y Digitalizador de Árboles de Levas

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

Autor/es:

*Doglio, Ignacio Lucas
Caudana, Franco David*

2019

Acreditación:

Fecha:

Comité Evaluador

Presidente: Msc. Ing. Pedro Danizio

1º Vocal: Esp. Ing. Marcelo Cejas

2º Vocal: Ing. Fabián Sensini



1. Dedicatorias

Por Ignacio Doglio:

A mi familia por el continuo apoyo y consejos durante toda la carrera. A mis hermanos por estos años de convivencia e incentivo.

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

Por Franco Caudana:

A mi familia por el constante apoyo y aliento que me dieron durante la carrera. A mis amigos y en especial con los que compartí hospedaje durante estos años por aguantarme con tanta paciencia.

También a profesores, compañeros, colegas de la facultad por estar ahí cuando los libros y trabajos prácticos abundaban, siempre dispuestos a prestar una mano.



2. Agradecimientos

Queremos agradecer al Sr. Marcelo Gace y a la Federación Regional de Automovilismo de Córdoba por plantearnos las necesidades que tenían en sus áreas de trabajo y permitirnos buscar una solución a las mismas. Además de brindarnos información y material para realizar ensayos sobre el dispositivo construido.

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 este proyecto se realizó un dispositivo capaz de medir, analizar, comparar y digitalizar los perfiles de levas de distintos motores.

Se construyó un soporte mecánico que consta de una bancada de aluminio mecanizada, un sistema de mordaza y soporte encargado de sostener la pieza a evaluar. El soporte tiene posibilidad de desplazamiento, y en la mordaza (fija a la bancada) está acoplado el encoder digital encargado de sensar la rotación como también el sistema de tracción para hacer rotar el árbol de levas. Este último está compuesto por un motorreductor de corriente continua conectado al eje de giro del árbol de levas mediante una correa dentada y sus respectivas poleas. Además del sistema mordaza-soporte el dispositivo cuenta con dos carros en los cuales se colocarán los dos sensores de desplazamiento lineal. Estos poseen la posibilidad de moverse por la bancada para poder ubicarlos donde se requiera medir. Todos los componentes del soporte mecánico tienen la posibilidad de regularse en altura.

El hardware cuenta con un microcontrolador, una compuerta Smith-trigger, un flip-flop, un driver para controlar el motor y componentes pasivos como resistencias, capacitores, etc. Además posee los pertinentes conectores para los sensores y la comunicación con el ordenador. También se realizó una sistema de filtrado para la alimentación y un panel con pulsadores y llaves para comandar el dispositivo.

Se desarrollaron dos softwares, uno para el microcontrolador el cual cuenta con la medición, el análisis de los datos obtenidos y la muestra de las características más importantes de la leva. El otro es una aplicación para el ordenador en donde se puede controlar el dispositivo y visualizar, aparte de las características más importantes, todos los datos obtenidos, una representación gráfica de los mismos y un análisis más profundo de los mismos.



4. Índice

| | |
|---|----|
| 1. Dedicatorias..... | 1 |
| 2. Agradecimientos..... | 2 |
| 3. Memoria Descriptiva..... | 3 |
| 4. Índice..... | 4 |
| 5. Introducción | 5 |
| 6. Objetivos..... | 6 |
| 7. Diagrama en bloques | 7 |
| 7.1. Sensores analógicos:..... | 8 |
| 7.2. Acondicionamiento analógico..... | 8 |
| 7.3. Sensores digitales..... | 9 |
| 7.3.1. Encoder | 9 |
| 7.3.2 Opto-acoplador | 9 |
| 7.4. Acondicionamiento digital | 10 |
| 7.5. Microcontrolador | 10 |
| 7.5.1. Firmware microcontrolador | 12 |
| 7.6. Accionamiento..... | 14 |
| 7.7. Motor DC | 15 |
| 7.8. Display: este dispositivo..... | 15 |
| 7.9. Unidad de procesos..... | 16 |
| 7.9.1 Software PC..... | 16 |
| 7.10. Pantalla | 19 |
| 7.11. Botonera:..... | 20 |
| 8. Filtro para alimentación | 20 |
| 9. Conexión USB | 21 |
| 10. Circuito electrónico..... | 22 |
| 11. Soporte mecánico | 24 |
| 12. Montaje final | 27 |
| 12. Conclusiones | 31 |
| 13. Bibliografía | 32 |
| 14. Anexos | 33 |
| 13.1 Imágenes prototipo realizado durante el proyecto | 33 |
| 13.3 Hojas de especificaciones | 36 |
| 13.3.1 Hoja de especificaciones sensor de desplazamiento..... | 36 |
| 13.3.2 Hoja de especificaciones PIC 18F4550..... | 37 |
| 13.3.3 Hoja de especificaciones optoacoplador | 42 |
| 13.3.4 Hoja de especificaciones encoder | 45 |
| 13.3.5 Hoja de especificaciones L293D..... | 48 |
| 13.3.6 Hoja de especificaciones display LCD..... | 52 |
| 13.3.7. Hoja de especificaciones CP2102..... | 53 |



5. Introducción

El árbol de levas es un componente fundamental de los motores de combustión interna. Es uno de los primeros elementos que se modifica cuando se busca mejorar o potenciar el rendimiento de estos últimos.

Durante el desarrollo de un motor de competición el árbol de levas va sufriendo modificaciones y pruebas hasta que se logra la potencia deseada, durante cada prueba se miden manualmente ciertas características del mismo. El trabajo de medición manual es tedioso, lento y no posee precisión y repetitividad.

Por otro lado, en una competencia automovilística, se hacen revisiones técnicas a los motores para evaluar el cumplimiento del reglamento técnico. Sería de mucha utilidad poder comparar los árboles de levas con un patrón que contenga las dimensiones estipuladas por el reglamento.

El objetivo de este proyecto es construir un dispositivo que satisfaga lo planteado anteriormente, por lo tanto, debe ser capaz de adquirir, digitalizar y analizar los distintos parámetros de un árbol de levas de forma ágil y eficiente.

Con estos datos adquiridos se podrá tanto obtener un patrón para futuras comparaciones o fabricación en serie, también detectar los defectos en el árbol de levas que se producen por el uso, como el desgaste de las levas o el pandeo del eje. La posibilidad de almacenar los datos adquiridos permite replicar con gran precisión un árbol de levas de buen rendimiento. La posibilidad de comparación con un patrón puede ser utilizada para el control de calidad en la industria.

Para digitar el perfil de leva se necesita obtener el desplazamiento lineal que producen las levas sobre los sensores y la rotación del árbol de levas. Evaluando los transductores que hay en el mercado, su costo, y el grado de resolución, se optó por sensores de desplazamiento potenciométricos y un encoder incremental para la rotación.

La información proveniente de los sensores será tomada por una placa de adquisición de datos, la cual tendrá una etapa de acondicionamiento de señales y un microcontrolador PIC que actuará como unidad de procesamiento e interfaz con la PC. La comunicación entre el dispositivo y la PC se hará vía USB.

Para lograr una interface amigable con el usuario en la PC, se procederá a realizar una aplicación simple que permitirá además de obtener las medidas de las distintas levas, compararlas entre sí o con otro patrón de control previamente almacenado.

Los principales puntos característicos del árbol de levas a ser visualizados en la interface son:

- ❖ Altura máxima de cada leva.*
- ❖ Permanencia de admisión y escape, es la cantidad de grados que permanecen abiertas las válvulas de admisión y escape respectivamente.*
- ❖ Desfasaje en grados entre la leva de admisión y escape (medida de entrecentro).*
- ❖ Pandeo del eje.*
- ❖ Gráfico de perfiles de levas.*
- ❖ Velocidad y aceleración de apertura y cierre de válvulas.*



6. Objetivos

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

- ❖ *Debe proveer una interfaz operativa y de fácil manejo.*
- ❖ *Debe proveer confiabilidad en las mediciones realizadas.*
- ❖ *Las mediciones realizadas deben tener una precisión de $\pm 20\mu\text{m}$*
- ❖ *Los procesos y análisis deben ser visualizados claramente.*
- ❖ *Debe tener intercambiabilidad entre sus piezas.*
- ❖ *Debe tener la posibilidad de transportarse.*
- ❖ *Debe ser robusto.*

7. Diagrama en bloques

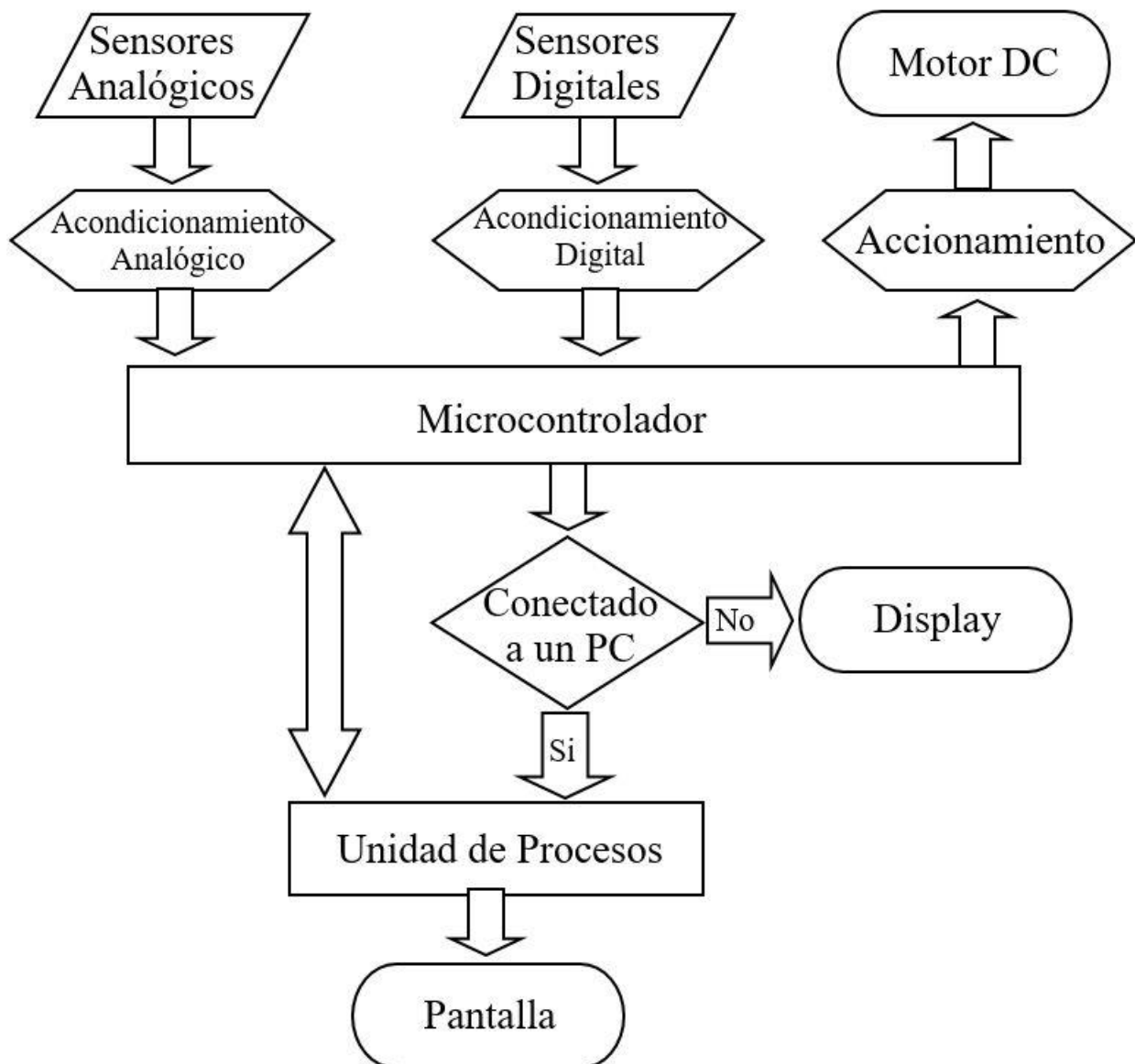


Diagrama 1 – diagrama en bloques general del proyecto

Una Breve Explicación de lo Anterior:

Los sensores captan las características del árbol de levas que se requieren medir y después de un proceso de acondicionamiento estos datos son enviados al microcontrolador. Este último los interpreta y procesa. También se ocupa de accionar el motor DC que gira el árbol de levas mientras se toman las medidas. Una vez procesados los datos se envían al display para su visualización cuando el dispositivo actúa en modo autónomo. Si se está operando en modo conectado los datos se envían a la unidad de procesos. En esta forma de funcionamiento la unidad de procesos, comúnmente una PC, recibe los datos del microprocesador y los grafica de diversas formas para mostrarlos en una pantalla.



7.1. Sensores analógicos: este proyecto consta con sensores de desplazamiento lineal para medir las dimensiones de las levas y demás parámetros. Debido a la necesidad de medir dos perfiles de levas al mismo tiempo, se utilizan dos sensores idénticos de denominación: WYR-R-50, de tipo resistivo (potenciométricos), por lo tanto, son leídos mediante dos puertos del PIC con conversor A/D.

Las características de los mismos se enumeran a continuación:

- ❖ Máximo desplazamiento de 50mm.
- ❖ Resistencia de 5 k Ω .
- ❖ Alimentación de 5v.
- ❖ Repetitividad de 0,01mm
- ❖ Límite de velocidad de 3m/s.



Figura 1 – sensor lineal WYR-R-50

7.2. Acondicionamiento analógico: el microcontrolador que utilizamos cuenta con un conversor A/D de 10bits que junto con los sensores de recorrido de 50mm nos dan una resolución de 0.048mm. Este valor no cumple con el objetivo planteado de 0,02mm, para poder lograrlo se realizan dos cambios. Se reduce mecánicamente el recorrido de los sensores a 20mm y se implementan referencias de tensión de 2V y 4V en el microcontrolador.

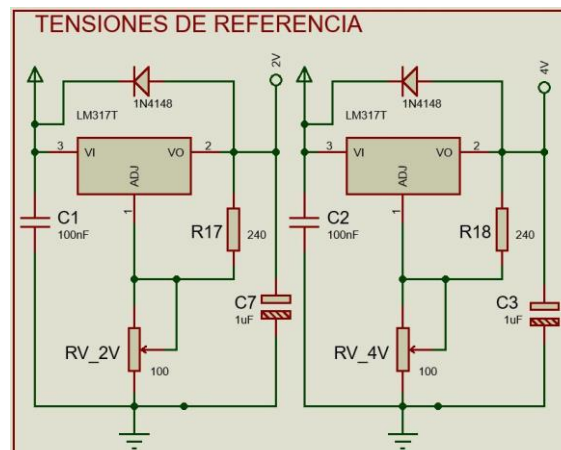


Figura 2 – circuito de referencias de tensión 4V y 2V

En la figura 2 se muestra el circuito de referencias de tensión, este consta de dos circuitos de regulación de tensión con un LM317 cada uno. Se colocaron diodos de protección y capacitores para eliminar el ripple del sistema, lo que mejora la calidad de medición del dispositivo. El valor del voltaje necesario se regula mediante un preset multi-vuelta de precisión. Las salidas 2V y 4V van conectadas en los pines de referencia de tensión del microcontrolador.

7.3. Sensores digitales: este grupo está compuesto por:

7.3.1. Encoder: de tipo incremental, significa que genera un número exactamente definido de impulsos por revolución. Éstos indican la medida de la distancia angular recorrida. Debido al desplazamiento de fase de 90° entre las señales "A" y "B", se puede analizar el sentido de rotación. El modelo implementado posee las siguientes características:

- ❖ 360 pulsos por vuelta.
- ❖ Permite una alimentación de continua desde 5v a 24v.
- ❖ Es de tipo colector abierto NPN, por lo tanto, los canales A y B deben conectarse a alimentación mediante una resistencia para limitar la corriente.



Figura 3 – Encoder incremental

7.3.2 Opto-acoplador: es de tipo ranurado lo que nos permite sensar cuando el árbol de levas da una vuelta completa y poder obtener un punto de partida para el análisis. Como se observa en la figura 3 el optoacoplador es un circuito que consta de un diodo emisor de luz y un foto-transistor. Debido a esto se colocan resistencias al circuito de conexión para poder polarizar el transistor y excitar el diodo.

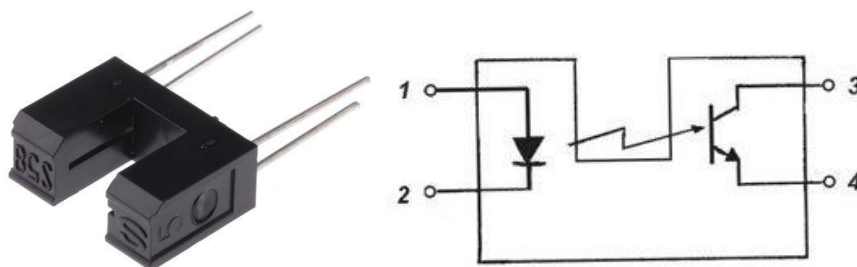


Figura 3 – Opto-acoplador ranurado y esquema eléctrico



7.4. Acondicionamiento digital: las señales digitales que recibe el microcontrolador primero son pasadas por una compuerta inversora Smith-trigger 4584 para evitar picos espurios o ruidos que compliquen la medición de los mismos. Además, las señales provenientes del encoder entran a un flip-flop tipo D 74LS74 para poder obtener el sentido de rotación del eje de forma más estable.

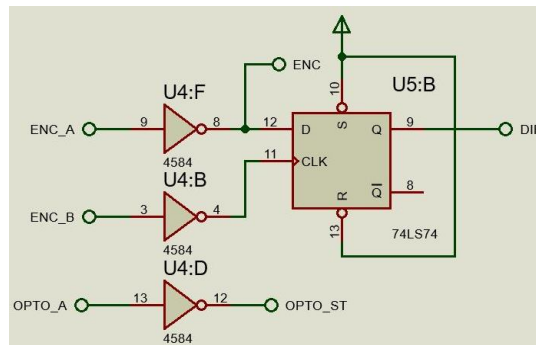


Figura 4 – diagrama Smith-trigger 4584 y flip-flop tipo D 74LS74

En la Figura 4 se observan las entradas “ENC_A”, “ENC_B” y “OPTO_A” provienen del encoder y el optoacoplador respectivamente. Las salidas “ENC”, “DIR” y “OPTO_ST” son el tren de pulsos del encoder, el sentido de giro del mismo y la señal del optoacoplador después de la compuerta Smith-trigger, estas últimas ingresan al microcontrolador.

7.5. Microcontrolador: para este proyecto se usó un microcontrolador PIC 18F4550, de la firma Microchip. Se seleccionó este modelo por sus altas prestaciones, tales como: su capacidad de transmisión de datos; su buen tamaño de memoria de datos, cualidad muy importante debido a la gran cantidad de datos que se obtienen durante el proceso de medición; 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.
- ❖ 32kB de memoria de programa
- ❖ 2kB de memoria SRAM
- ❖ 256B de memoria EPROM
- ❖ Manejo de interrupciones.
- ❖ Reset vía hardware
- ❖ Comunicación USB
- ❖ Permite comunicación SPI (Serial Peripheral Interfase). Esta última característica se toma en cuenta para una futura expansión en las funciones del dispositivo.

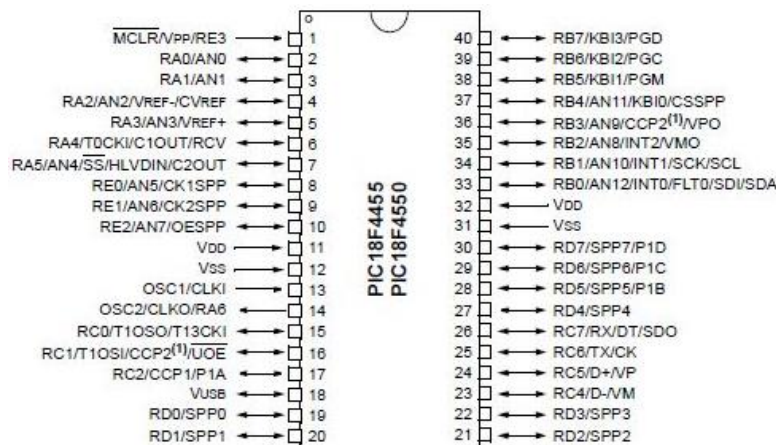


Figura 5 – PIC 18F4550

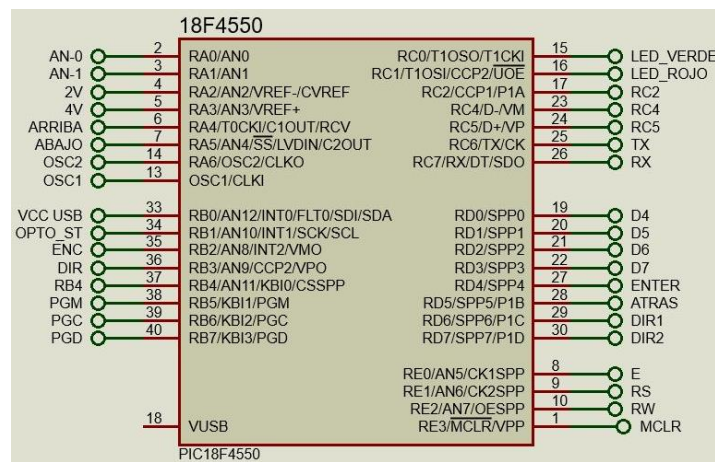


Figura 6 – conexiones PIC 18F4550

Descripción de los pines utilizados:

- ❖ *MCLR*: pulsador para poder reiniciar la maquina en caso de inconvenientes.
- ❖ *RA0-RA1*: entrada analógica para sensor de desplazamiento.
- ❖ *RA2-RA3*: entrada analógica para referencia de tensión.
- ❖ *RA4-RA5*: entrada digital botonera.
- ❖ *RA6/OSC2-OSC1*: conexión del circuito oscilador.
- ❖ *RE0-RE2*: salida control display LCD.
- ❖ *VDD*: alimentación 5V.
- ❖ *VSS*: conexión a GND.
- ❖ *RC0-RC1*: LED indicativa.
- ❖ *RC6-RC7*: conexión USB.
- ❖ *RD0-RD3*: salida datos display LCD.
- ❖ *RD4-RD5*: entrada digital botonera.
- ❖ *RD6-RD7*: control motor DC.
- ❖ *RB0*: interrupción conexión USB.
- ❖ *RB1*: entrada digital para opto-acoplador.
- ❖ *RB2*: interrupción encoder.
- ❖ *RB3*: entrada digital dirección del encoder.
- ❖ *RB5-RB7*: entradas de programación del microcontrolador (ICSP).



7.5.1. Firmware microcontrolador:

Posee dos modos de trabajo, modo autónomo en el cual trabaja de forma autónoma analizando el perfil de levas deseado y exponiendo las características más importantes del mismo en el display LCD. En este modo también tiene la posibilidad de analizar el pandeo del eje del árbol de levas e indicar la dirección y magnitud de la desviación.

El otro modo de funcionamiento es el modo conectado, en este funciona como periférico que adquiere los datos de las levas, los reordena y los envía al PC para su posterior análisis en la aplicación de esta última.

Ambos modos pueden trabajar con uno o con dos sensores dependiendo del tipo de árbol de leva que se esté midiendo.

Se muestra un diagrama de flujo donde se explica el funcionamiento del microcontrolador

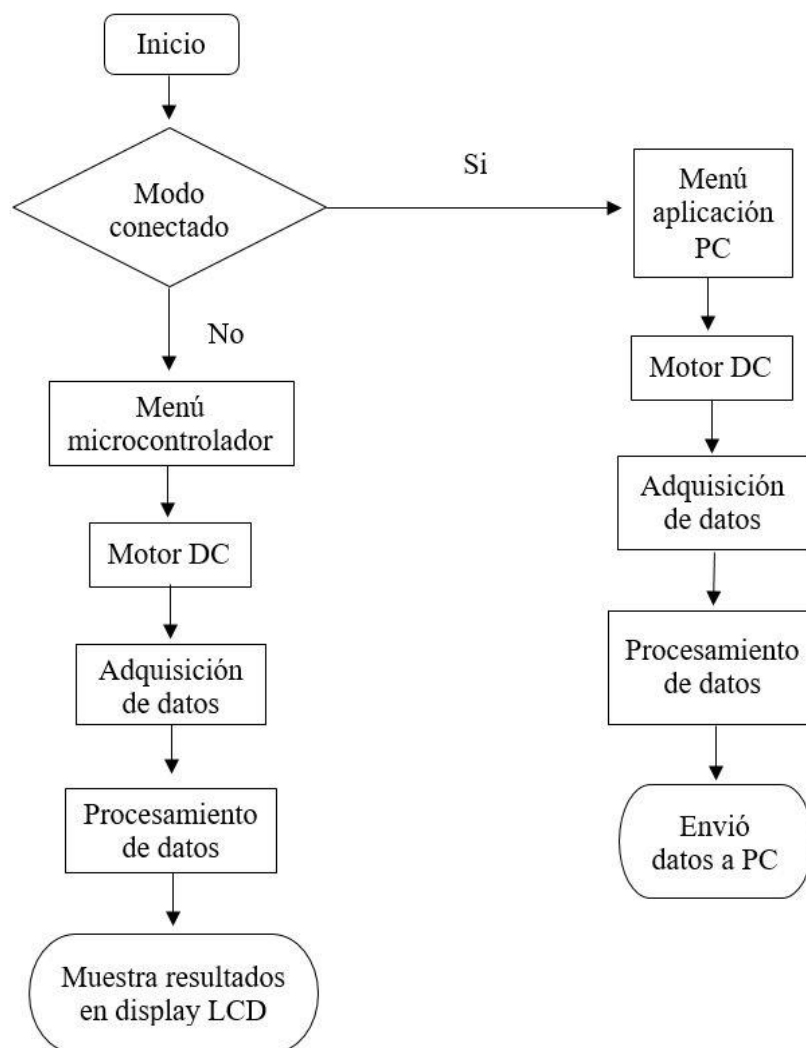


Diagrama 2 – diagrama de flujo firmware del microcontrolador



A continuación, se muestran imágenes del display LCD donde se distinguen las diferentes pantallas del menú y los resultados generados por el microcontrolador.



Figura 7 – menú principal



Figura 8 – menú análisis de perfil



Figura 9 – pantalla de resultados 1

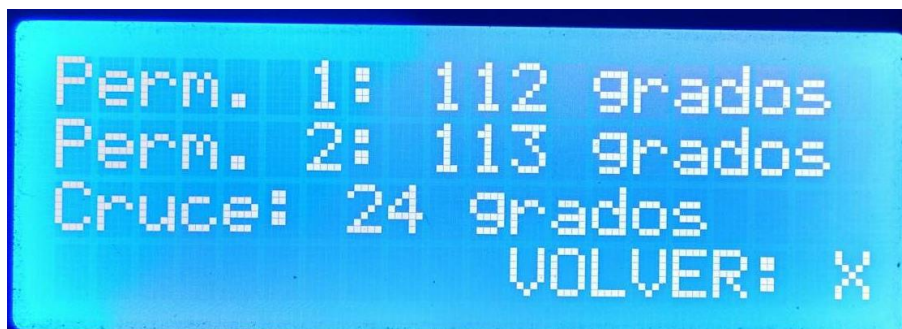


Figura 10 – pantalla de resultados 2



7.6. Accionamiento: este se compone por el circuito integrado L293D que incluye cuatro circuitos para manejar cargas de potencia media, en especial pequeños motores y cargas inductivas, con la capacidad de controlar corriente hasta 600 mA en cada circuito y una tensión entre 4,5 V a 36 V. El integrado permite formar, dos puentes H completos, con los que se puede realizar el manejo de dos motores. En este caso solo se utiliza un puente H completo. Esto nos permite un manejo bidireccional con frenado rápido.

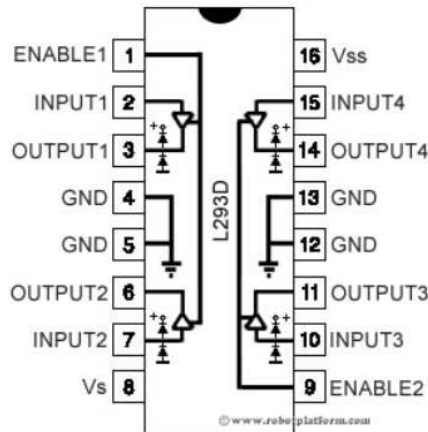


Figura 11 – circuito integrado L293D

En el diagrama de conexión que se muestra a continuación, los pines DIR1 y DIR2 manejan el giro del motor y el sentido del mismo, estos son controlados por el microcontrolador. Se colocó un jumper (ENABLE) en el caso de que quisiéramos controlar el encendido y apagado del motor con el microcontrolador o desde una fuente externa. Los diodos D1-D4 son un circuito que se implementa para evitar recirculación de corriente por la inductancia del motor. “V_MOTOR” es una tensión de 9V que alimenta el motor, ya que con los 5V que se suministra al resto de la placa este último carece de fuerza para accionar el mecanismo.

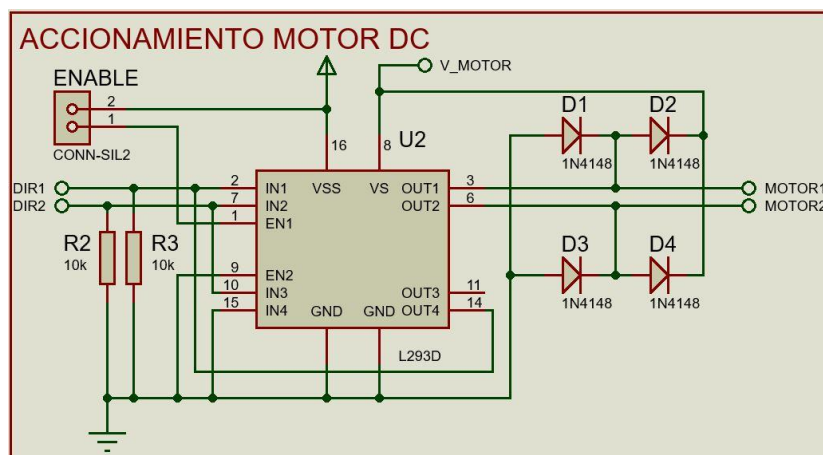


Figura 12 – conexión accionamiento motor DC



7.7. Motor DC: El encargado de la rotación del árbol de levas es un motorreductor DC que con una alimentación de 12V y 200mA brinda 18 revoluciones por minuto.

Está dispuesto debajo de la mordaza que sujeta y tracciona el árbol, este se comunica con la misma mediante un sistema de poleas de relación de conversión tres a uno. Dando una velocidad de giro de seis vueltas por minuto.



Figura 13 – motorreductor DC

7.8. Display: este dispositivo posee una pantalla LCD de 4 líneas de 20 caracteres, retro iluminada de color azul, y los caracteres son de color blanco. La alimentación es de 5 volts y las dimensiones del display son 75mm por 26mm.



Figura 13 – display LCD 4x20

Se utilizan los siguientes pines:

- ❖ VSS: Tierra.
- ❖ VDD: Tensión de alimentación (5 volts).
- ❖ V0: Tensión para regular el contraste.
- ❖ RS: Bit de instrucción.
- ❖ R/W: Bit de lectura/escritura.
- ❖ E: Bit de habilitación.
- ❖ D4: Bit de datos.
- ❖ D5: Bit de datos.
- ❖ D6: Bit de datos.
- ❖ D7: Bit de datos.
- ❖ A: Ánodo de led de luz de fondo de pantalla.
- ❖ K: Cátodo de led de luz de fondo de pantalla.



7.9. Unidad de procesos: está constituida por una PC en la cual se instala la aplicación desarrollada en el software LabVIEW para poder controlar el dispositivo y procesar los datos recibidos por el microcontrolador.

7.9.1 Software PC: este puede controlar todas las utilidades del aparato vía una conexión USB que se puede configurar desde la misma aplicación. Cuando esta última se hace efectiva se indica en el display LCD mostrando el mensaje “modo conectado”.

El programa realizado para este proyecto tiene la capacidad de analizar los datos recibidos de una forma más completa. A demás de mostrar los mismos datos que se muestran en el display en el modo autónomo, también puede graficar el perfil de leva en forma lineal y polar; la velocidad y la aceleración de la misma. Tiene la posibilidad de generar un reporte del análisis con todos los datos importantes e imágenes de cada uno de los gráficos antes mencionados. Además de poder realizar comentarios u observaciones sobre estas imágenes que pudiese tener el usuario en el momento. Otra capacidad de la aplicación es la de generar archivos “.txt” donde se almacenan casi todos los datos de la leva analizada. Complementariamente a esta función existe una pestaña llamada “comparar” en la cual el usuario ingresa un valor de tolerancia en milímetros y el software va a determinar si la diferencia entre los dos perfiles excede ese valor, en qué proporción y en qué posición del perfil. Esto lo realiza sobre el perfil que se está midiendo en el momento contra otro almacenado o sobre dos previamente guardados.

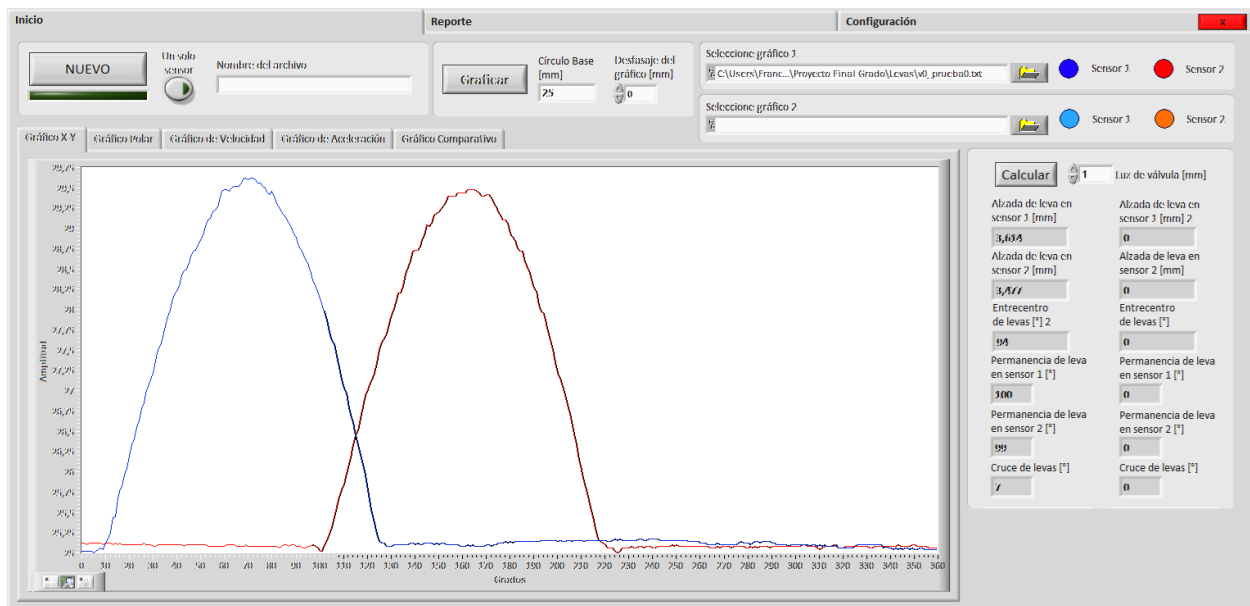


Figura 16 – pestaña gráfico X-Y

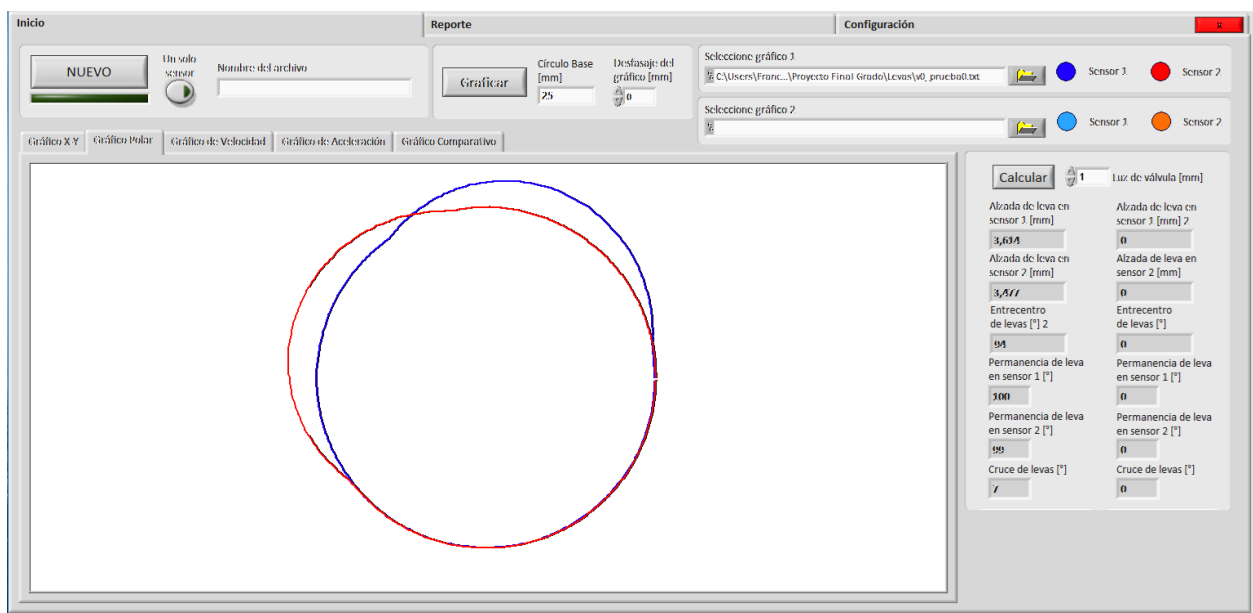


Figura 17 – pestaña gráfico polar

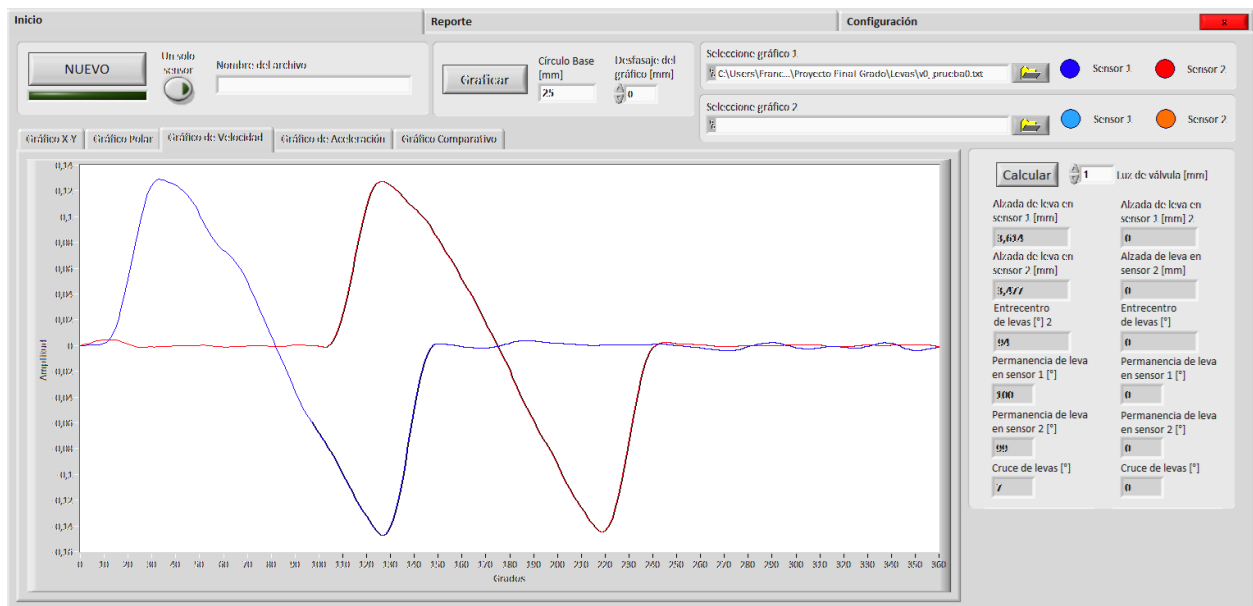


Figura 18 – pestaña gráfico de velocidad

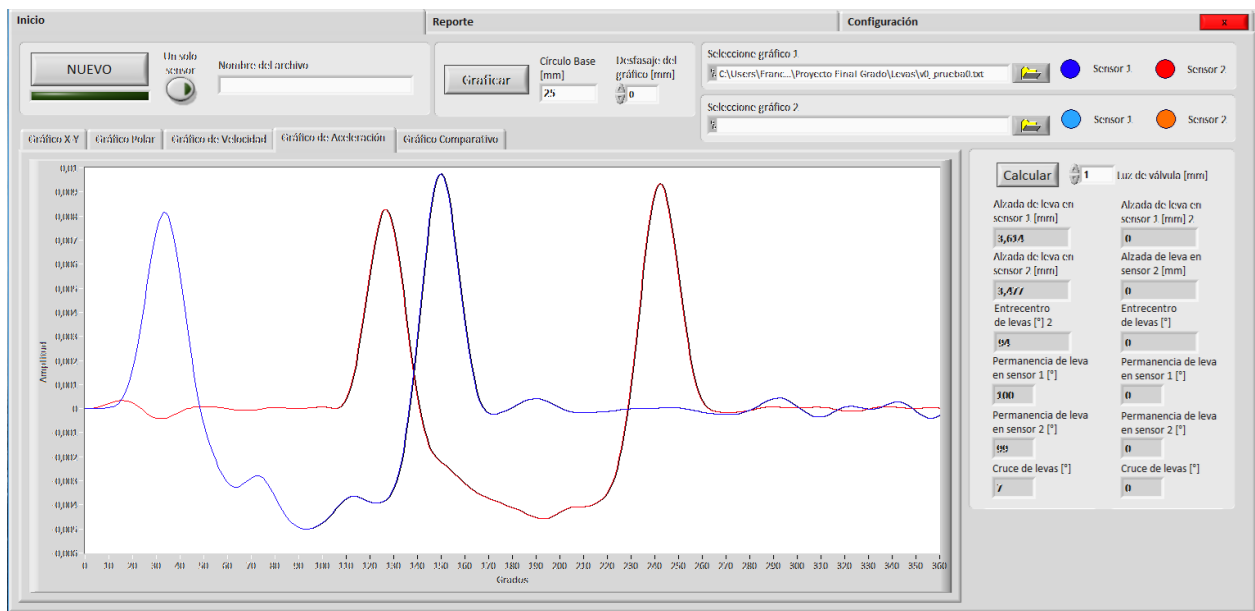


Figura 19 – pestaña gráfico de aceleración

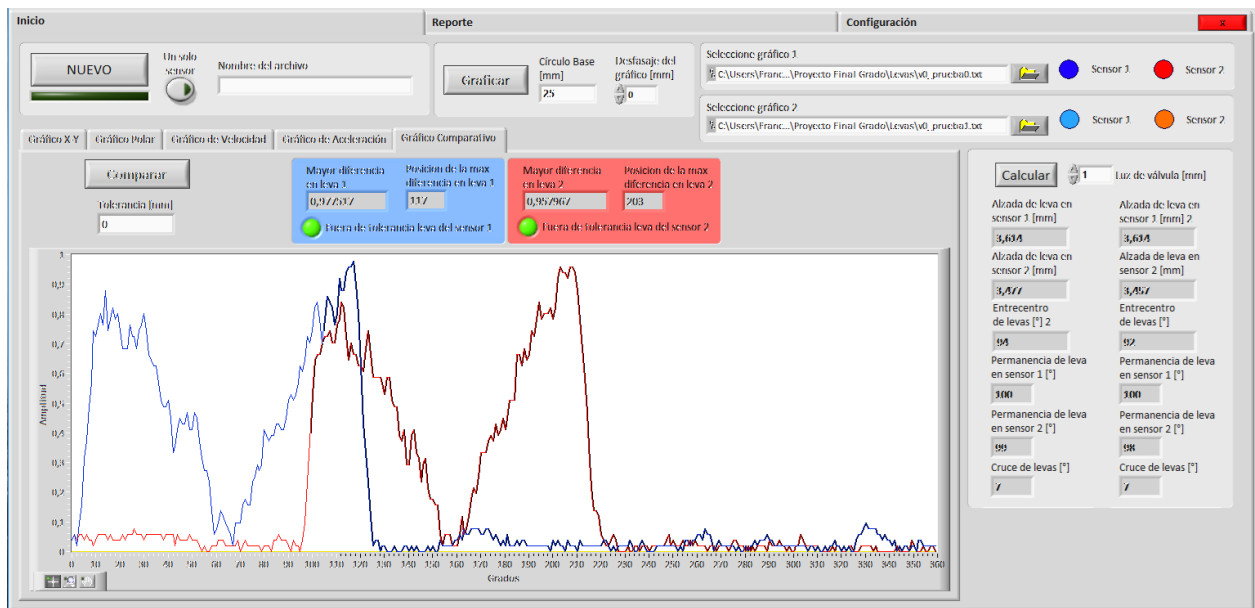


Figura 20 – pestaña gráfico de comparación

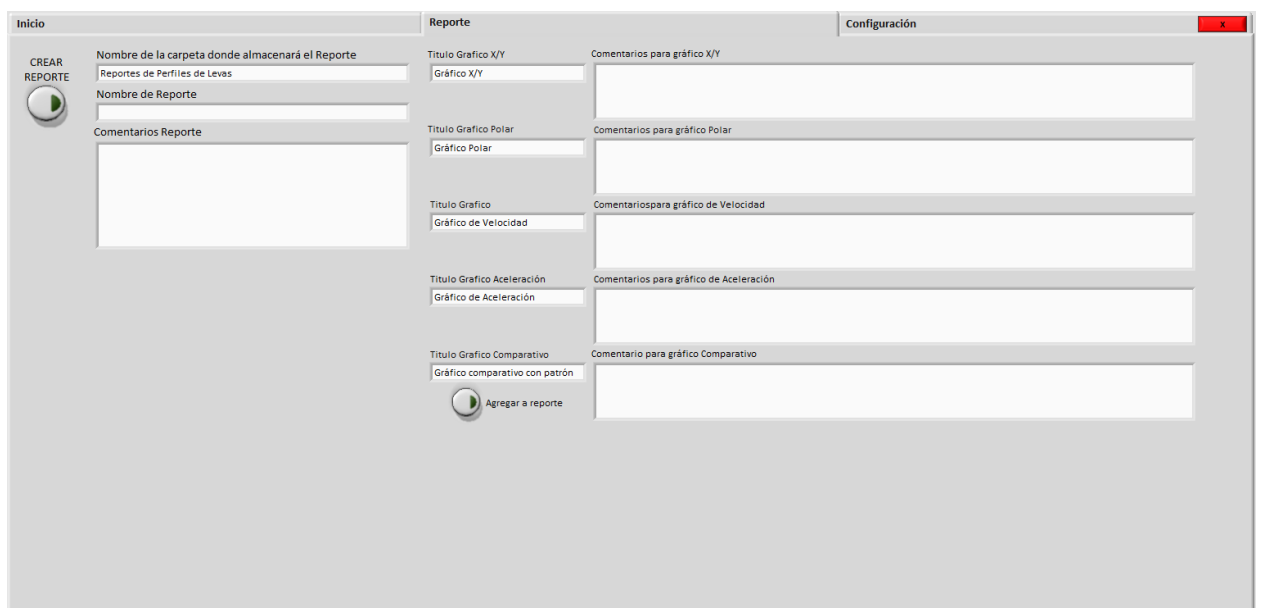


Figura 21 – pestaña reporte

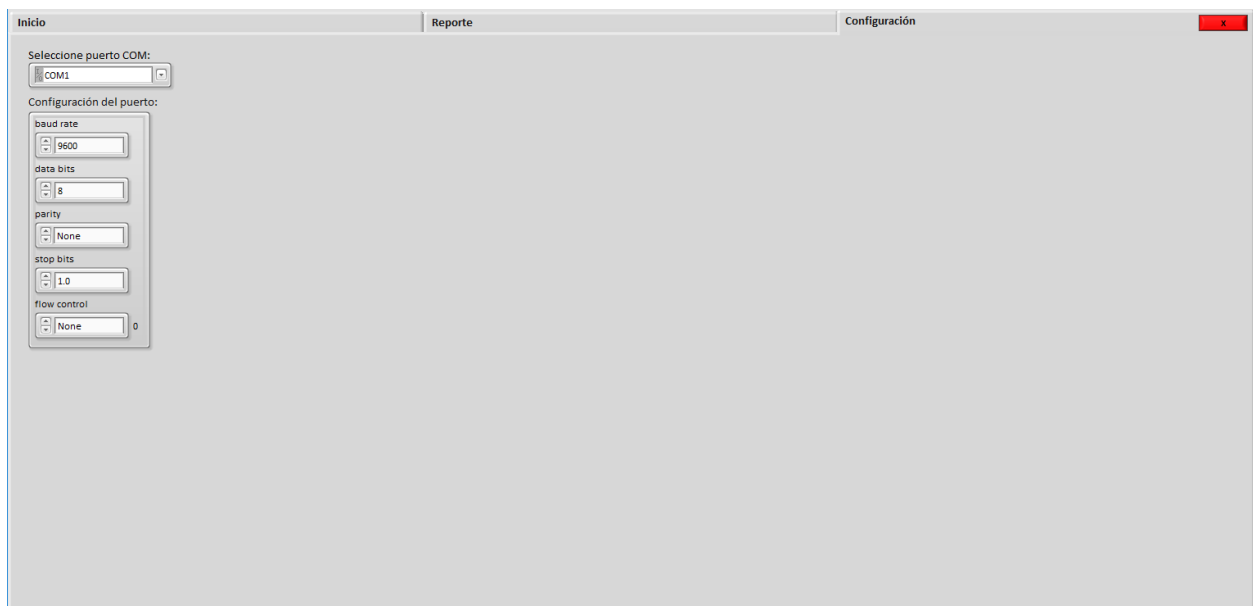


Figura 15 – pestaña de configuración

7.10. Pantalla: es el monitor que posee la PC en la cual se instaló el programa desarrollado para este proyecto. En este se muestran los resultados obtenidos por el dispositivo.



7.11. *Botonera:* para poder seleccionar las distintas opciones del modo autónomo se realiza un arreglo de 4 botones, “enter”, “atrás”, “arriba” y “abajo”. Estos están colocados en una placa aparte de la del hardware para una mejor ubicación de los pulsadores, ya que estos tienen que ser accesibles por el usuario.

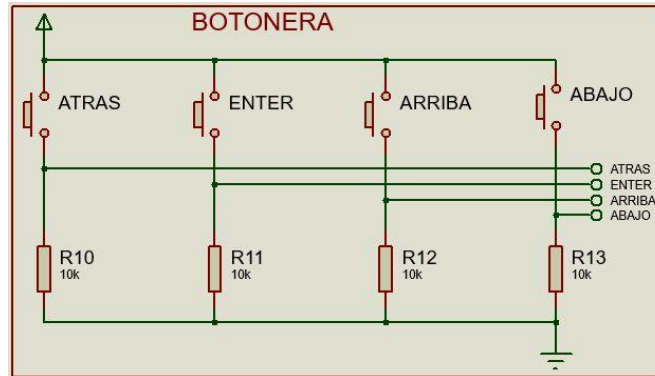


Figura 22 – circuito botonera

8. Filtro para alimentación

Para evitar cualquier ruido o ripple generado por la fuente switching o cualquier otro tipo de fuente que el usuario decida utilizar en el dispositivo, se coloca internamente un circuito de regulación y filtrado para el suministro de energía al hardware de la máquina. Ésta tiene dos salidas de voltaje 5V, para el hardware y los sensores, y 12V, para alimentar el motor DC. Está compuesta por un puente de diodos completo para asegurar la polaridad de la fuente externa; un regulador de tensión LM7805, para la salida de 5v; un filtro pasa bajo, para eliminar ruidos de alta frecuencia que provengan de la línea, y una serie de capacitores, para eliminar el ripple que pueda tener la fuente switching. Los valores de estos últimos están dispuestos cada una década (100 μ F, 10 μ F, 1 μ F, 100nF, 10nF, 1nF) para poder eliminar ruidos de diferentes frecuencias.

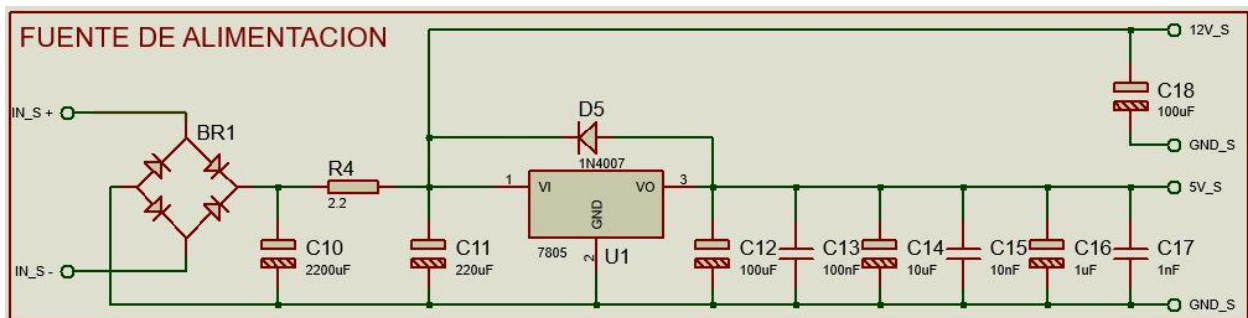


Figura 23 – circuito fuente alimentación



9. Conexión USB

Para la comunicación entre el dispositivo y la PC se utiliza un convertor de USB a UART CP2102. Éste nos permite utilizar el puerto serie del microcontrolador de forma simple y segura. El convertor se ocupa de transformar los protocolos de comunicaciones para que sean compatibles entre sí. Esta placa es fácilmente detectada por cualquier PC como un puerto “COM” además de ser compatible con la aplicación desarrollada.

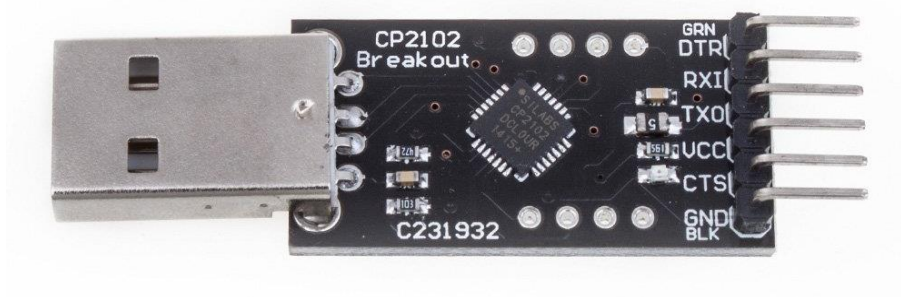


Figura 24 – placa convertor CP2102



10. Circuito electrónico

Para este proyecto se realizó un circuito impreso en una placa de cobre virgen doble faz que nos permitió reducir el tamaño del dispositivo. Se utilizó un formato de placas separadas para el display y la botonera lo que también ayudó a reducir las dimensiones finales del sistema. Estas placas se conectan a la placa principal mediante conectores rectos, hembra en la placa principal y macho en el resto. Lo que permite un diseño compacto y fácil de reparar si se requiere puesto que se puede tener acceso a todos los componentes involucrados.

Los circuitos integrados involucrados en este proyecto están montados con los zócalos pertinentes para poder reemplazarlos en caso de averío.

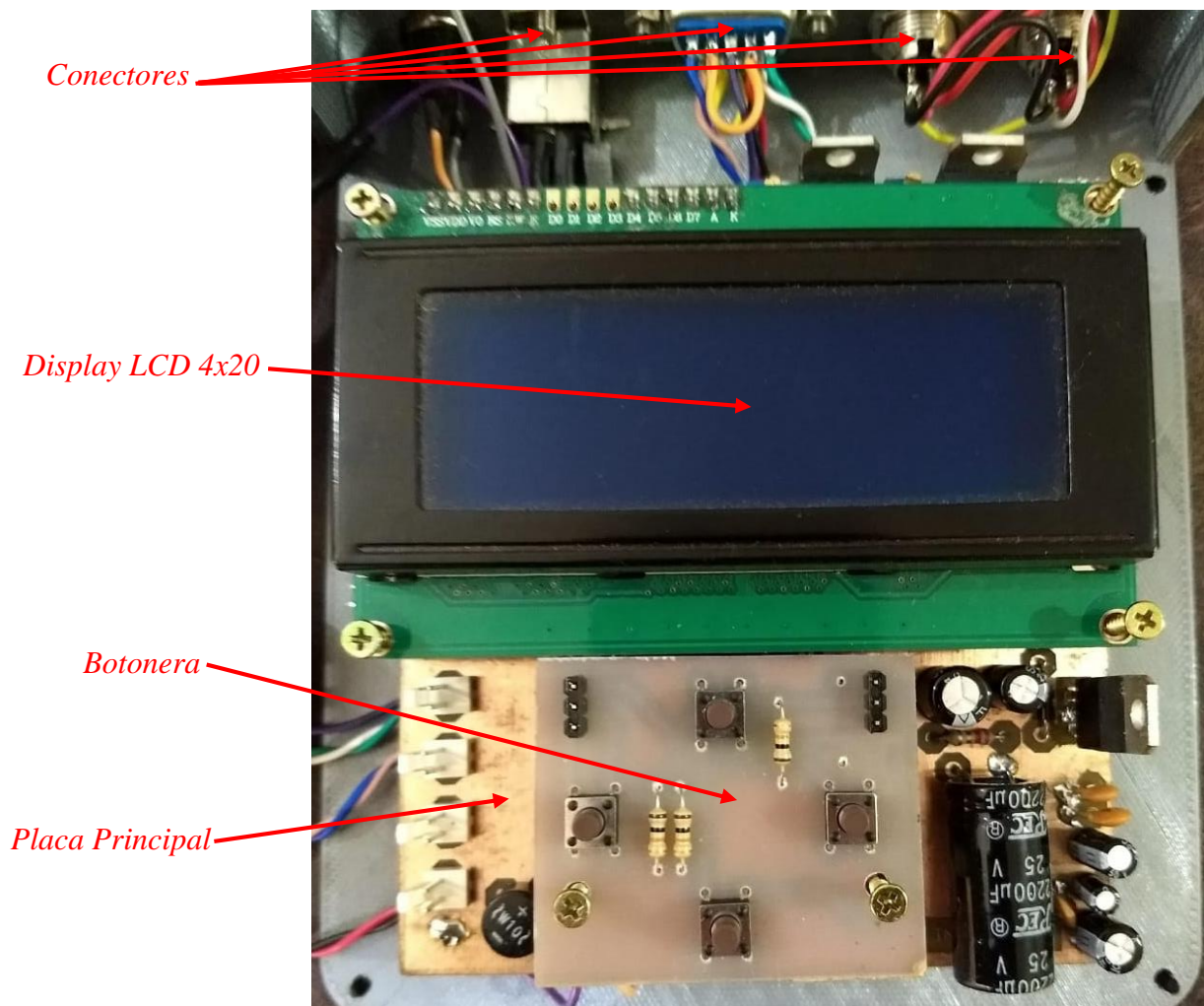


Figura 25 – montaje circuito electrónico completo

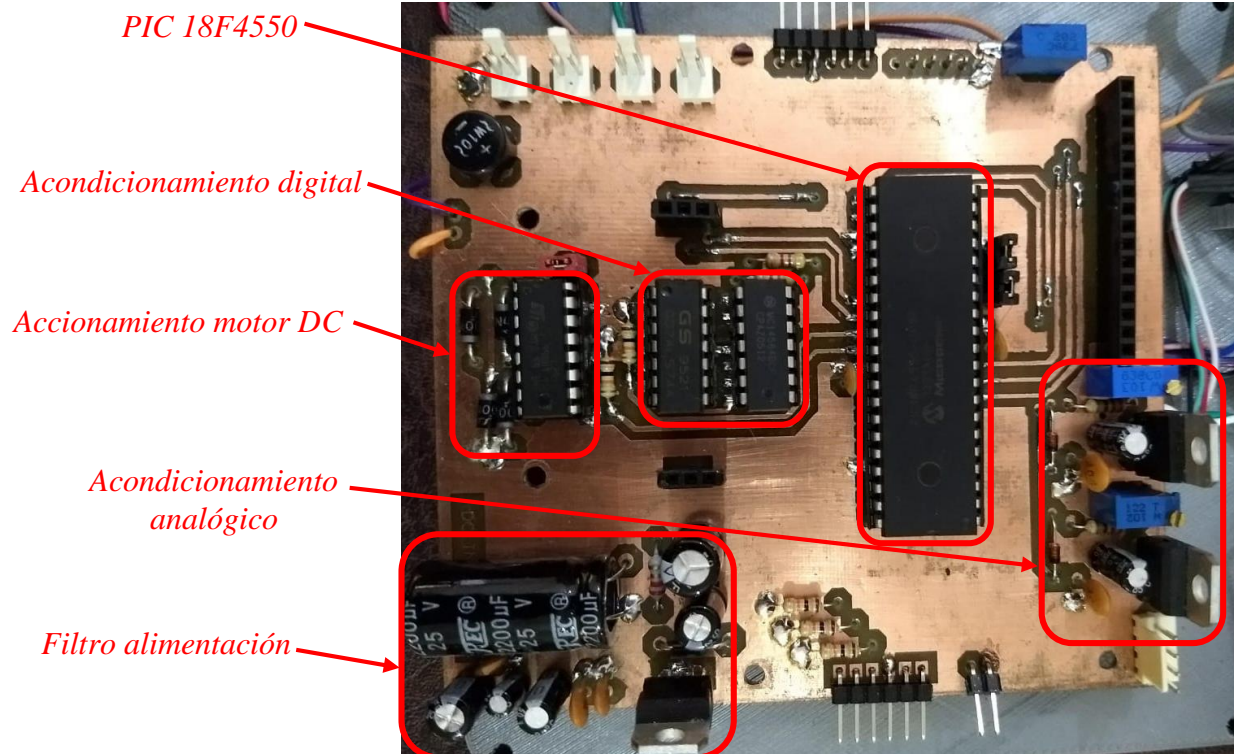


Figura 26 – circuito electrónico principal (vista superior)

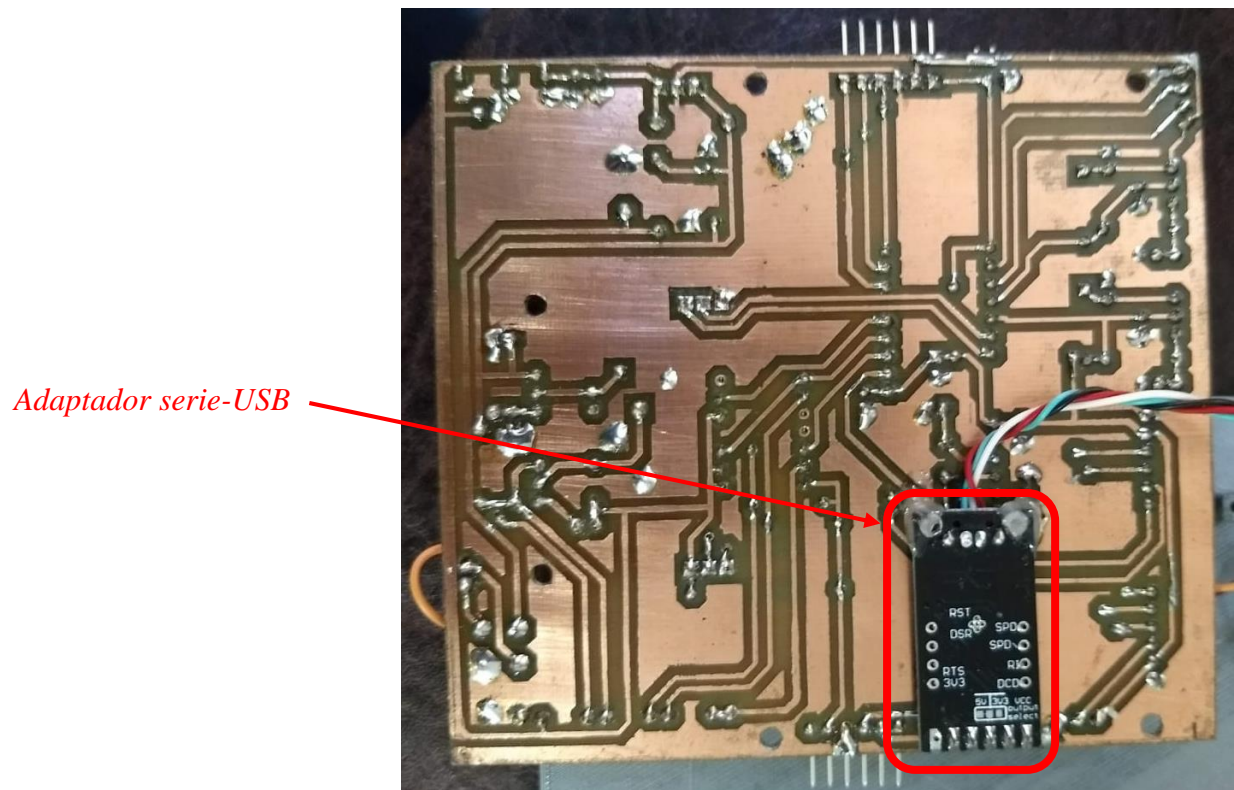


Figura 27 – circuito electrónico principal (vista inferior)



11. Soporte mecánico

Para este proyecto se fabricó un soporte que permite montar todos los componentes que el mismo involucra. A demás de dar una mejora a la calidad del dispositivo proporciona una mejor repetitividad y estabilidad a las mediciones por realizar. Está compuesto por una bancada, dos carros porta sensores y un carro soporte. Todos los componentes anteriormente nombrados fueron fundidos en aluminio y luego mecanizados para obtener las medidas deseadas. También posee una mordaza de 80mm que sujeta el árbol de levas, ésta es la que transmite el movimiento del motor al árbol.

Este soporte permite colocar árboles de levas de distintos tamaños y características y fijarlos para que permanezcan estables y nivelados durante las mediciones. Esto se logra ya que tanto la mordaza como los carros tienen la posibilidad de ajustar su altura acorde al tipo de árbol que se esté midiendo.



Figura 28 – soporte mecánico completo



Figura 29 – bancada de aluminio mecanizada (vista superior)



Figura 30 – bancada aluminio mecanizada (vista lateral)

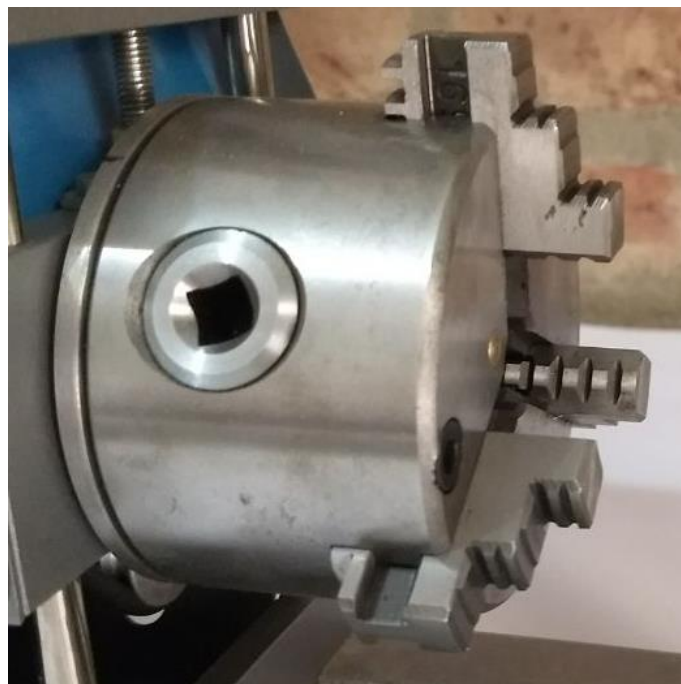


Figura 31 – mordaza



Figura 32 – carro porta sensor

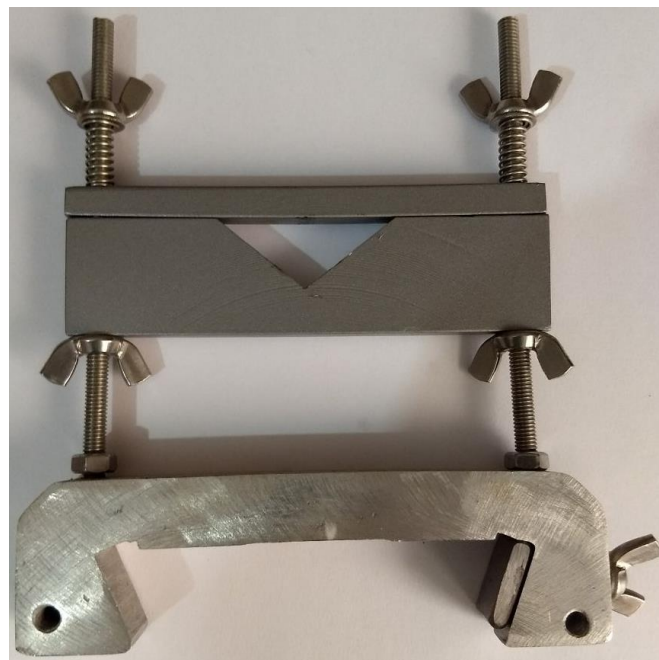


Figura 33 – carro soporte árbol



12. Montaje final



Figura 34 – gabinete circuito electrónico (vista frontal)



Figura 35 – gabinete circuito electrónico (vista conectores)



Figura 36 – montaje dispositivo completo 1



Figura 37 – montaje dispositivo completo 2



Figura 38 – montaje dispositivo completo 3



Figura 39 – montaje dispositivo completo 4



Figura 40 – montaje dispositivo (vista posterior sistema de tracción)



Figura 41 – montaje dispositivo (vista superior sistema de tracción)



12. Conclusiones

El dispositivo desarrollado durante este proyecto posee las características y funciones necesarias para hacer un correcto y preciso análisis de casi cualquier tipo de árbol de levas.

También gracias a la aplicación para PC desarrollada se pueden almacenar los datos y características de los distintos árboles de levas que se hayan medido y estudiado, otra de las ventajas que posee este software es la generación de un reporte donde se observan los gráficos generados y comentarios o explicaciones, hechas por el usuario, de los mismos y una función de comparación entre distintos árboles. Esta última característica es especialmente útil para los comisarios técnicos de los deportes de motor, puesto que permite observar las diferencias entre los árboles de levas que se están controlando y un patrón que cumple con los reglamentos.

En este trabajo se debieron tomar varias medidas en orden de asegurar la precisión y resolución deseadas, además de evitar los ruidos generados por el ambiente y por el dispositivo mismo. Dentro de estas se destacan: reducir el recorrido de los sensores de desplazamiento; aplicación de voltajes de referencia; compuertas Smith-trigger; baterías de capacitores; filtro de tensión de alimentación; etc.

Un complemento importante para la parte electrónica del dispositivo es el soporte mecánico realizado, ya que permite sujetar el árbol de levas, hacerlo girar de una forma constante, nivelarlo y mantenerlo firme y estable durante el análisis.

Dadas las condiciones mecánicas del dispositivo una propuesta para mejorar la calidad de las adquisiciones sería incorporar sensores de desplazamiento que posean mayor repetitividad y resolución. En cuanto al encoder utilizar uno de más pasos por vuelta.

Para concluir, se puede afirmar que para realizar este proyecto se aplicaron, reforzaron y afirmaron gran parte de los conocimientos adquiridos durante el cursado de la carrera.



13. Bibliografía

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

Thomas L. Floyd. *Fundamentos De Sistemas Digitales*. Prentice Hall. 7ª Edición. 2000.

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

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

<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj153219.aspx>

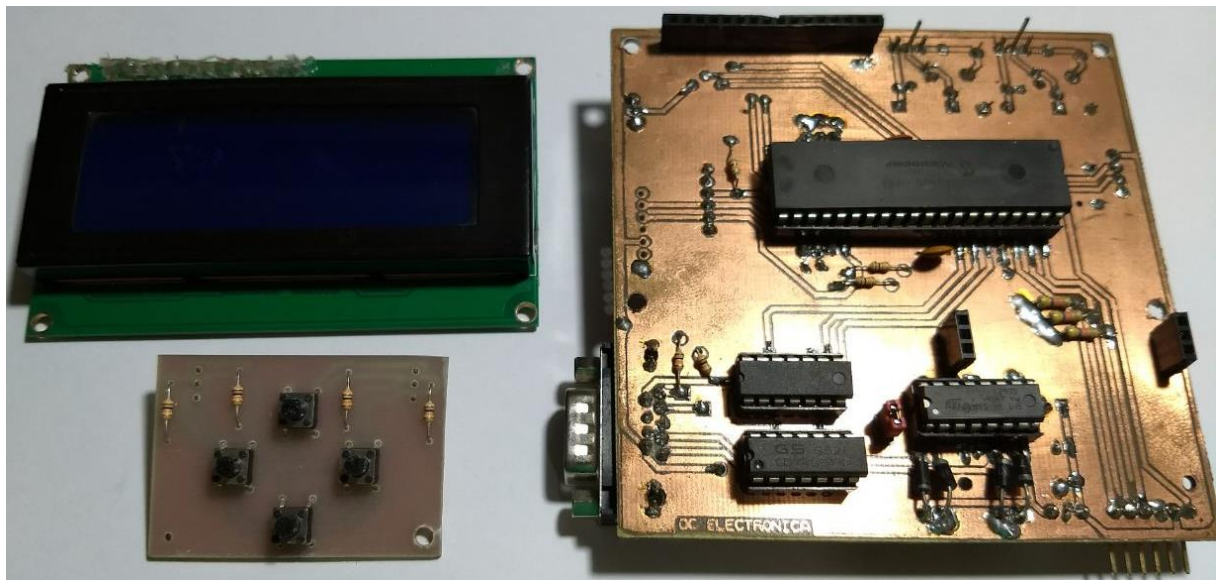
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632c.pdf>

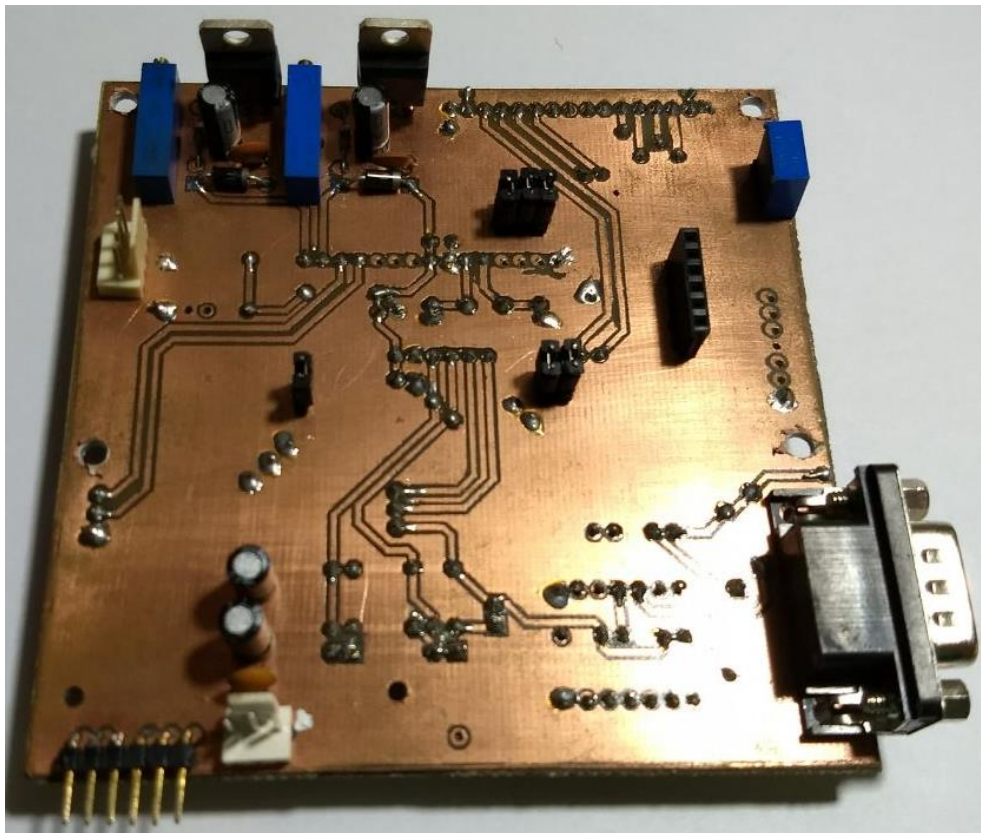
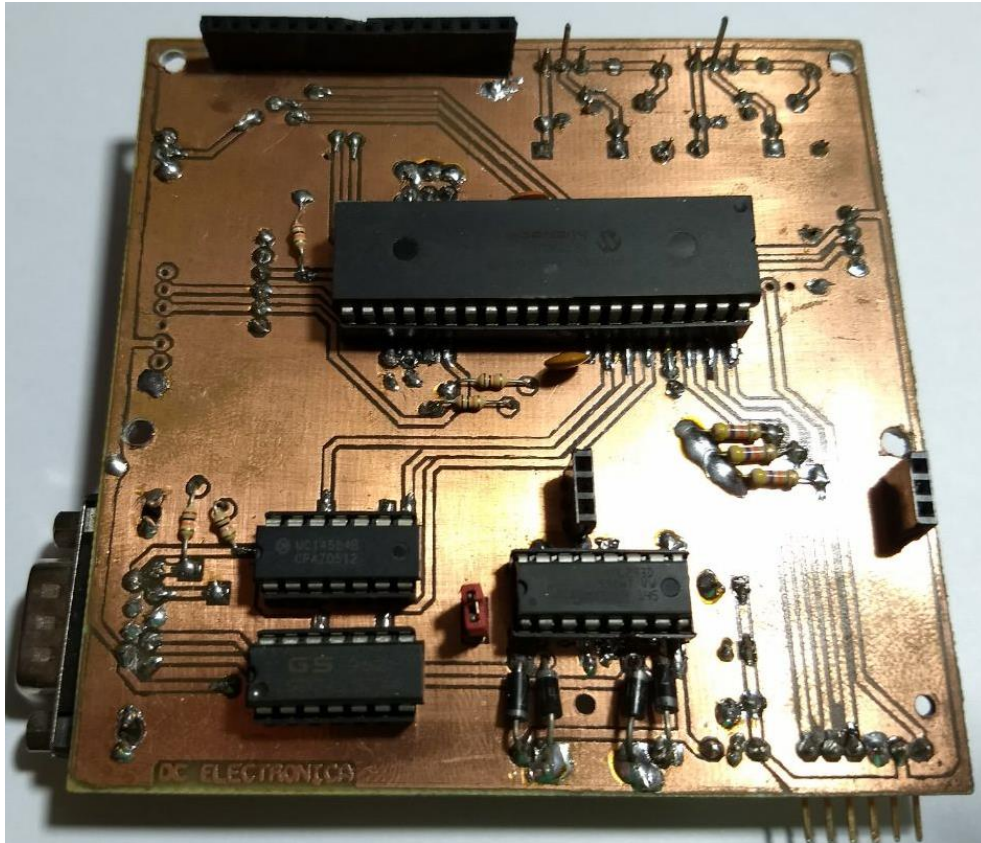


14. Anexos

13.1 Imágenes prototipo realizado durante el proyecto









13.3 Hojas de especificaciones

13.3.1 Hoja de especificaciones sensor de desplazamiento

LINEALES RESISTIVOS



| | | | |
|------------------|---|--|---|
| Serie | T / TS | KL / KLR | TR / TRS |
| Tecnología | resistiva | resistiva | resistiva |
| Desplazamiento | 25...100 mm | 10...100 mm | 10...100 mm |
| Linealidad | $\pm 0,2... \pm 0,075 \%$ | $\pm 1... \pm 0,25 \%$ | $\pm 0,2... \pm 0,075 \%$ |
| Repetibilidad | 0,002 mm | 0,1 mm | 0,002 mm |
| Temp. de trabajo | -30...+100 C° | -25...+75 C° | -30...+100 C° |
| Señal de salida | 1...5 K Ω | 1...5 K Ω | 1...5 K Ω |
| Vel. de trabajo | 10 ms ⁻¹ | 0,1 ms ⁻¹ | 2 ms ⁻¹ |
| Aceleración max. | 200 ms ⁻¹ | 5 ms ⁻¹ | 20 ms ⁻¹ |
| Protección | IP40 | IP65 | IP40 |
| Vida media | $> 100 \times 10^6$ | $> 10 \times 10^6$ | $> 100 \times 10^6$ |
| Salida | cable / conector | cable | cable / conector |
| Comentarios | Medida de precisión en un reducido tamaño | Reducidas dimensiones y bajo coste, palpador | Palpador de gran precisión y fiabilidad |



13.3.2 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 μ A Typical
- Sleep mode Currents Down to 0.1 μ A Typical
- Timer1 Oscillator: 1.1 μ A Typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1 μ 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 I²C™ 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 ² 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

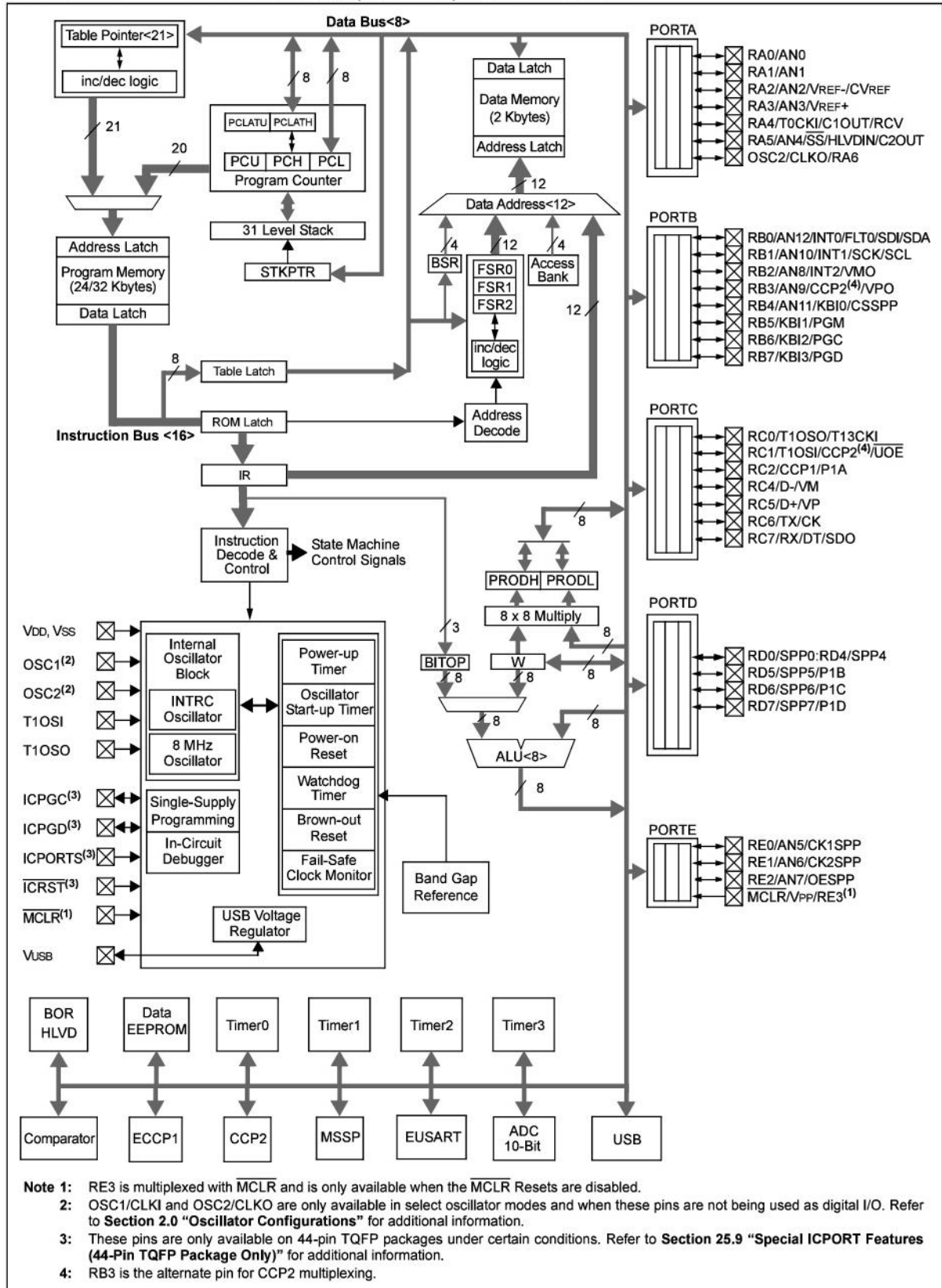
TABLE 1-1: DEVICE FEATURES

| 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





13.3.3 Hoja de especificaciones optoacoplador



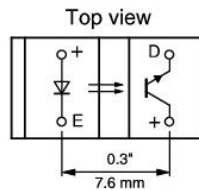
TCST2103, TCST2202, TCST2300

Vishay Semiconductors

Transmissive Optical Sensor with Phototransistor Output



19180_4



19180_3

FEATURES

- Package type: leaded
- Detector type: phototransistor
- Dimensions (L x W x H in mm): 24.5 x 6.3 x 10.8
- Gap (in mm): 3.1
- Typical output current under test: $I_C = 4$ mA (TCST2103)
- Typical output current under test: $I_C = 2$ mA (TCST2202)
- Typical output current under test: $I_C = 0.5$ mA (TCST2300)
- Daylight blocking filter
- Emitter wavelength: 950 nm
- Lead (Pb)-free soldering released
- Compliant to RoHS directive 2002/95/EC and in accordance to WEEE 2002/96/EC



RoHS
COMPLIANT

DESCRIPTION

The TCST2103, TCST2202, and TCST2300 are transmissive sensors that include an infrared emitter and phototransistor, located face-to-face on the optical axes in a leaded package which blocks visible light. These part numbers include options for aperture width.

APPLICATIONS

- Optical switch
- Photo interrupter
- Counter
- Encoder

| PRODUCT SUMMARY | | | | |
|-----------------|----------------|---------------------|---|-------------------------------------|
| PART NUMBER | GAP WIDTH (mm) | APERTURE WIDTH (mm) | TYPICAL OUTPUT CURRENT UNDER TEST ⁽¹⁾ (mA) | DAYLIGHT BLOCKING FILTER INTEGRATED |
| TCST2103 | 3.1 | 1 | 4 | Yes |
| TCST2202 | 3.1 | 0.5 | 2 | Yes |
| TCST2300 | 3.1 | 0.25 | 0.5 | Yes |

Note

⁽¹⁾ Conditions like in table basic characteristics/coupler

| ORDERING INFORMATION | | | |
|----------------------|-----------|----------------------------|----------------------|
| ORDERING CODE | PACKAGING | VOLUME ⁽¹⁾ | REMARKS |
| TCST2103 | Tube | MOQ: 1020 pcs, 85 pcs/tube | With mounting flange |
| TCST2202 | Tube | MOQ: 1020 pcs, 85 pcs/tube | With mounting flange |
| TCST2300 | Tube | MOQ: 1020 pcs, 85 pcs/tube | With mounting flange |

Note

⁽¹⁾ MOQ: minimum order quantity

| ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ⁽¹⁾ | | | | |
|---|---|-----------|---------------|------|
| PARAMETER | TEST CONDITION | SYMBOL | VALUE | UNIT |
| COUPLER | | | | |
| Total power dissipation | $T_{amb} \leq 25$ °C | P_{tot} | 250 | mW |
| Ambient temperature range | | T_{amb} | - 55 to + 85 | °C |
| Storage temperature range | | T_{stg} | - 55 to + 100 | °C |
| Soldering temperature | Distance to package: 2 mm; $t \leq 5$ s | T_{sd} | 260 | °C |



TCST2103, TCST2202, TCST2300

Vishay Semiconductors Transmissive Optical Sensor with Phototransistor Output



| ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (1) | | | | |
|------------------------------|--|-----------|-------|------------------|
| PARAMETER | TEST CONDITION | SYMBOL | VALUE | UNIT |
| INPUT (EMITTER) | | | | |
| Reverse voltage | | V_R | 6 | V |
| Forward current | | I_F | 60 | mA |
| Forward surge current | $t_p \leq 10 \mu s$ | I_{FSM} | 3 | A |
| Power dissipation | $T_{amb} \leq 25 \text{ }^\circ\text{C}$ | P_V | 100 | mW |
| Junction temperature | | T_j | 100 | $^\circ\text{C}$ |
| OUTPUT (DETECTOR) | | | | |
| Collector emitter voltage | | V_{CEO} | 70 | V |
| Emitter collector voltage | | V_{ECO} | 7 | V |
| Collector peak current | $t_p/T = 0.5, t_p \leq 10 \text{ ms}$ | I_{CM} | 200 | mA |
| Power dissipation | $T_{amb} \leq 25 \text{ }^\circ\text{C}$ | P_V | 150 | mW |
| Junction temperature | | T_j | 100 | $^\circ\text{C}$ |

Note

(1) $T_{amb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, unless otherwise specified

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

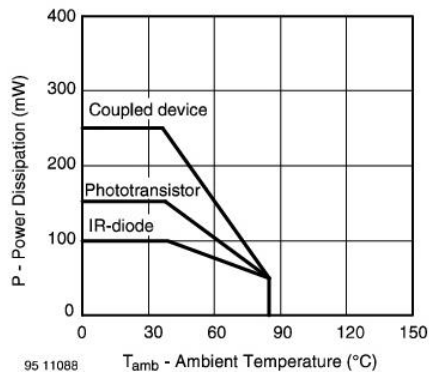


Fig. 1 - Power Dissipation Limit vs. Ambient Temperature

| BASIC CHARACTERISTICS (1) | | | | | | | |
|---|--|----------|-------------|------|------|------|------|
| PARAMETER | TEST CONDITION | PART | SYMBOL | MIN. | TYP. | MAX. | UNIT |
| COUPLER | | | | | | | |
| Current transfer ratio | $V_{CE} = 5 \text{ V}, I_F = 20 \text{ mA}$ | TCST2103 | CTR | 10 | 20 | | % |
| | | TCST2202 | CTR | 5 | 10 | | % |
| | | TCST2300 | CTR | 1.25 | 2.5 | | % |
| Collector current | $V_{CE} = 5 \text{ V}, I_F = 20 \text{ mA}$ | TCST2103 | I_C | 2 | 4 | | mA |
| | | TCST2202 | I_C | 1 | 2 | | mA |
| | | TCST2300 | I_C | 0.25 | 0.5 | | mA |
| Collector emitter saturation voltage | $I_F = 20 \text{ mA}, I_C = 1 \text{ mA}$ | TCST2103 | V_{CEsat} | | | 0.4 | V |
| | $I_F = 20 \text{ mA}, I_C = 0.5 \text{ mA}$ | TCST2202 | V_{CEsat} | | | 0.4 | V |
| | $I_F = 20 \text{ mA}, I_C = 0.1 \text{ mA}$ | TCST2300 | V_{CEsat} | | | 0.4 | V |
| Resolution, path of the shutter crossing the radiant sensitive zone | $I_{Crel} = 10 \text{ \% to } 90 \text{ \%}$ | TCST2103 | s | | 0.6 | | mm |
| | | TCST2202 | s | | 0.4 | | mm |
| | | TCST2300 | s | | 0.2 | | mm |



TCST2103, TCST2202, TCST2300

Transmissive Optical Sensor with Vishay Semiconductors
Phototransistor Output

| BASIC CHARACTERISTICS (1) | | | | | | | |
|----------------------------------|--|------|-----------|------|------|------|---------------|
| PARAMETER | TEST CONDITION | PART | SYMBOL | MIN. | TYP. | MAX. | UNIT |
| INPUT (EMITTER) | | | | | | | |
| Forward voltage | $I_F = 60 \text{ mA}$ | | V_F | | 1.25 | 1.6 | V |
| Junction capacitance | $V_R = 0 \text{ V}, f = 1 \text{ MHz}$ | | C_j | | 50 | | pF |
| OUTPUT (DETECTOR) | | | | | | | |
| Collector emitter voltage | $I_C = 1 \text{ mA}$ | | V_{CEO} | 70 | | | V |
| Emitter collector voltage | $I_E = 10 \text{ }\mu\text{A}$ | | V_{ECO} | 7 | | | V |
| Collector dark current | $V_{CE} = 25 \text{ V}, I_F = 0 \text{ A}, E = 0 \text{ lx}$ | | I_{CEO} | | | 100 | nA |
| SWITCHING CHARACTERISTICS | | | | | | | |
| Turn-on time | $I_C = 2 \text{ mA}, V_S = 5 \text{ V}, R_L = 100 \text{ }\Omega$ (see figure 2) | | t_{on} | | 10 | | μs |
| Turn-off time | $I_C = 2 \text{ mA}, V_S = 5 \text{ V}, R_L = 100 \text{ }\Omega$ (see figure 2) | | t_{off} | | 8 | | μs |

Note

(1) $T_{amb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, unless otherwise specified

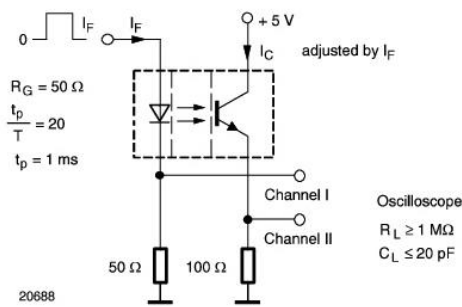


Fig. 2 - Test Circuit for t_{on} and t_{off}

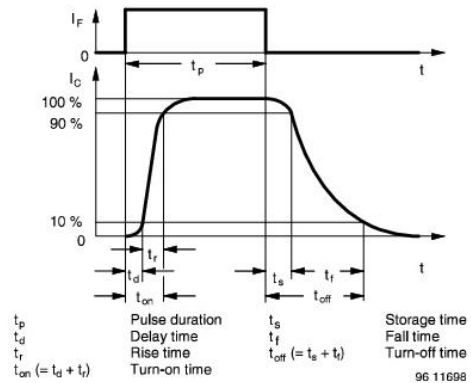


Fig. 3 - Switching Times

BASIC CHARACTERISTICS

$T_{amb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, unless otherwise specified

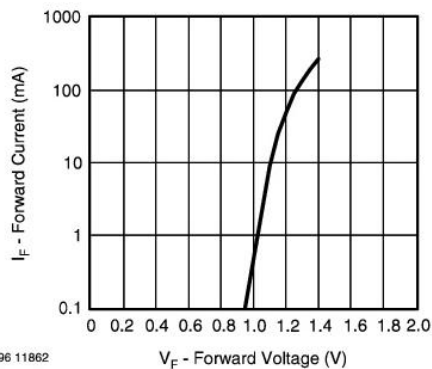


Fig. 4 - Forward Current vs. Forward Voltage

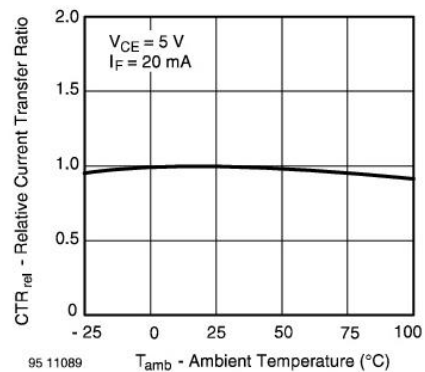


Fig. 5 - Relative Current Transfer Ratio vs. Ambient Temperature



13.3.4 Hoja de especificaciones encoder

インクリメンタル形2相式ロータリエンコーダ LPD3806-360BM



- ・光学式インクリメンタル形ロータリエンコーダです。
- ・A相/B相の二相式であり、両信号の位相をもとに回転方向の検知ができます。
- ・オープンコレクタ出力であり、5V~24Vの電源電圧レンジに対応します。

定格・性能

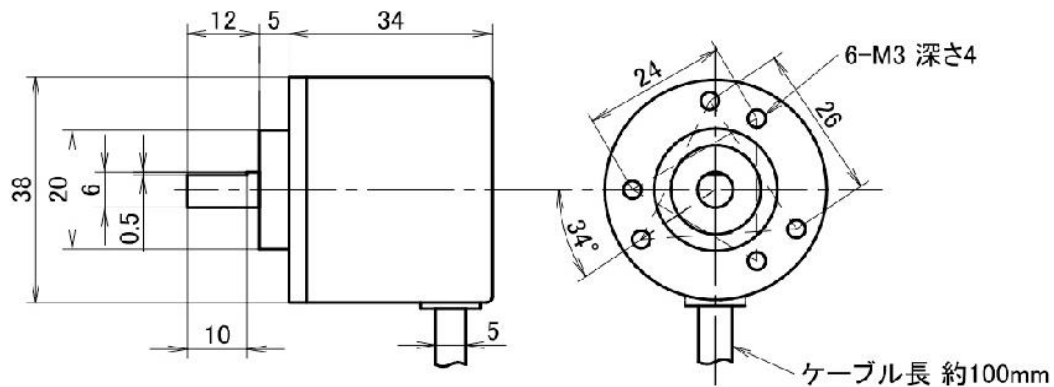
| 項目 | 仕様 |
|-------|--|
| 形式 | LPD3806-360BM-G5-24C |
| 検知方式 | 光学式インクリメンタル形 |
| 出力信号 | 方形波 A相・B相 (NPN オープンコレクタ出力 ^{※1}) |
| 分解能 | 360パルス/回転 ^{※2} |
| 筐体外形 | 外径φ38mm、長さ38mm(回転軸含まず) |
| 回転軸 | 軸径φ6mm、軸長10mm |
| 電源電圧 | 5V~24V DC |
| 消費電流 | 30mA(電源電圧5V)、50mA(電源電圧24V) |
| 最大回転数 | 5000 rpm |

^{※1} プルアップ抵抗が必要です。回路例を参照ください。

^{※2} A相/B相の立ち上がり/立ち下がり両方のエッジを用いることで分解能を4倍とすることができます。



外形寸法

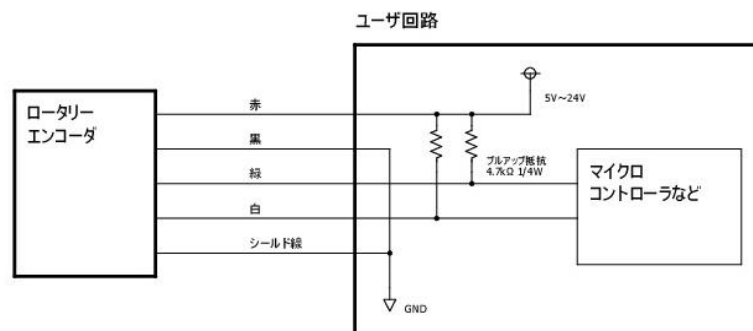


- ※ 取り付けネジ穴は一边が24mmの正三角形に配置された3穴と、同様に一边が26mmの正三角形に配置された3穴、両者あわせて6穴があります。
- ※ 軸に対し大きなラジアル荷重・スラスト荷重が加わらないようご注意ください。

配線の対応

| 線色 | 機能 |
|------------|---------------|
| 赤 | 電源入力 (5V~24V) |
| 黒 | GND |
| 緑 | A 相信号出力 |
| 白 | B 相信号出力 |
| 収縮チューブ線(黒) | シールド |

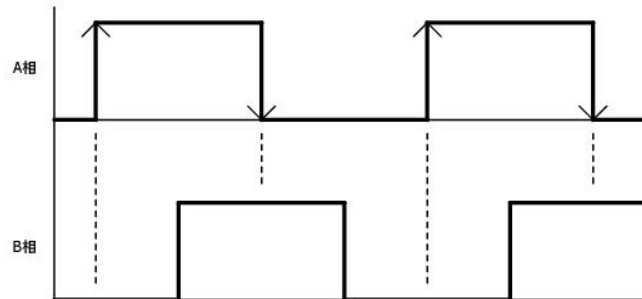
回路接続例



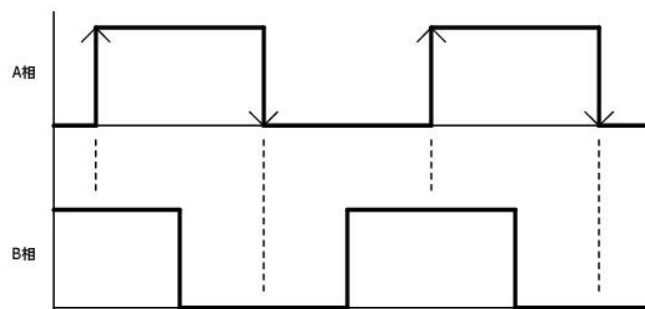
- ※ 本製品はオープンコレクタ出力です。ユーザ回路側にプルアップ抵抗を設ける必要があります。
- ※ コネクタ類は付属しません。



信号の位相関係



① CW 回転時 (シャフト側から見て時計回り)



② CCW 回転時 (シャフト側から見て反時計回り)



13.3.5 Hoja de especificaciones L293D



L293, L293D

SLRS008D – SEPTEMBER 1986 – REVISED JANUARY 2016

L293x Quadruple Half-H Drivers

1 Features

- Wide Supply-Voltage Range: 4.5 V to 36 V
- Separate Input-Logic Supply
- Internal ESD Protection
- High-Noise-Immunity Inputs
- Output Current 1 A Per Channel (600 mA for L293D)
- Peak Output Current 2 A Per Channel (1.2 A for L293D)
- Output Clamp Diodes for Inductive Transient Suppression (L293D)

2 Applications

- Stepper Motor Drivers
- DC Motor Drivers
- Latching Relay Drivers

3 Description

The L293 and L293D devices are quadruple high-current half-H drivers. The L293 is designed to provide bidirectional drive currents of up to 1 A at voltages from 4.5 V to 36 V. The L293D is designed to provide bidirectional drive currents of up to 600-mA at voltages from 4.5 V to 36 V. Both devices are designed to drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and bipolar stepping motors, as well as other high-current/high-voltage loads in positive-supply applications.

Each output is a complete totem-pole drive circuit, with a Darlington transistor sink and a pseudo-Darlington source. Drivers are enabled in pairs, with drivers 1 and 2 enabled by 1,2EN and drivers 3 and 4 enabled by 3,4EN.

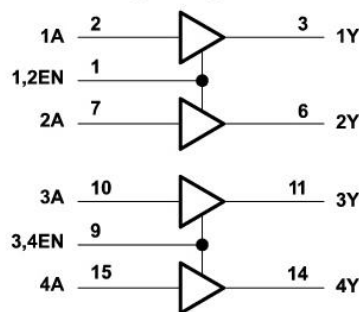
The L293 and L293D are characterized for operation from 0°C to 70°C.

Device Information⁽¹⁾

| PART NUMBER | PACKAGE | BODY SIZE (NOM) |
|-------------|-----------|--------------------|
| L293NE | PDIP (16) | 19.80 mm × 6.35 mm |
| L293DNE | PDIP (16) | 19.80 mm × 6.35 mm |

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

Logic Diagram





L293, L293D

SLRS008D – SEPTEMBER 1986 – REVISED JANUARY 2016

www.ti.com

6 Specifications

6.1 Absolute Maximum Ratings

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)⁽¹⁾

| | MIN | MAX | UNIT |
|---|------|---------------|------|
| Supply voltage, V_{CC1} ⁽²⁾ | | 36 | V |
| Output supply voltage, V_{CC2} | | 36 | V |
| Input voltage, V_I | | 7 | V |
| Output voltage, V_O | -3 | $V_{CC2} + 3$ | V |
| Peak output current, I_O (nonrepetitive, $t \leq 5$ ms): L293 | -2 | 2 | A |
| Peak output current, I_O (nonrepetitive, $t \leq 100$ μ s): L293D | -1.2 | 1.2 | A |
| Continuous output current, I_O : L293 | -1 | 1 | A |
| Continuous output current, I_O : L293D | -600 | 600 | mA |
| Maximum junction temperature, T_J | | 150 | °C |
| Storage temperature, T_{stg} | -65 | 150 | °C |

- (1) Stresses beyond those listed under *Absolute Maximum Ratings* may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, which do not imply functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under *Recommended Operating Conditions*. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.
- (2) All voltage values are with respect to the network ground terminal.

6.2 ESD Ratings

| | | VALUE | UNIT |
|-------------|-------------------------|--|------------|
| $V_{(ESD)}$ | Electrostatic discharge | Human-body model (HBM), per ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 ⁽¹⁾ | ± 2000 |
| | | Charged-device model (CDM), per JEDEC specification JESD22-C101 ⁽²⁾ | ± 1000 |

- (1) JEDEC document JEP155 states that 500-V HBM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.
- (2) JEDEC document JEP157 states that 250-V CDM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.

6.3 Recommended Operating Conditions

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

| | | MIN | NOM | MAX | UNIT |
|----------------|--------------------------------|---------------------|-----------|-----------|------|
| Supply voltage | V_{CC1} | 4.5 | | 7 | V |
| | V_{CC2} | | V_{CC1} | 36 | |
| V_{IH} | High-level input voltage | $V_{CC1} \leq 7$ V | 2.3 | V_{CC1} | V |
| | | $V_{CC1} \geq 7$ V | 2.3 | 7 | V |
| V_{IL} | Low-level output voltage | -0.3 ⁽¹⁾ | | 1.5 | V |
| T_A | Operating free-air temperature | 0 | | 70 | °C |

- (1) The algebraic convention, in which the least positive (most negative) designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels.

6.4 Thermal Information

| THERMAL METRIC ⁽¹⁾ | | L293, L293D | UNIT |
|-------------------------------|---|-------------|------|
| | | NE (PDIP) | |
| | | 16 PINS | |
| $R_{\theta JA}$ | Junction-to-ambient thermal resistance ⁽²⁾ | 36.4 | °C/W |
| $R_{\theta JC(top)}$ | Junction-to-case (top) thermal resistance | 22.5 | °C/W |
| $R_{\theta JB}$ | Junction-to-board thermal resistance | 16.5 | °C/W |
| ψ_{JT} | Junction-to-top characterization parameter | 7.1 | °C/W |
| ψ_{JB} | Junction-to-board characterization parameter | 16.3 | °C/W |

- (1) For more information about traditional and new thermal metrics, see the *Semiconductor and IC Package Thermal Metrics* application report, [SPRA953](#).
- (2) The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.



6.5 Electrical Characteristics

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

| PARAMETER | | TEST CONDITIONS | | MIN | TYP | MAX | UNIT | |
|------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------------|------|------|----|
| V _{OH} | High-level output voltage | L293: I _{OH} = -1 A | | V _{CC2} - 1.8 | V _{CC2} - 1.4 | | V | |
| | | L293D: I _{OH} = -0.6 A | | | | | | |
| V _{OL} | Low-level output voltage | L293: I _{OL} = 1 A | | | 1.2 | 1.8 | V | |
| | | L293D: I _{OL} = 0.6 A | | | | | | |
| V _{OKH} | High-level output clamp voltage | L293D: I _{OK} = -0.6 A | | | V _{CC2} + 1.3 | | V | |
| V _{OKL} | Low-level output clamp voltage | L293D: I _{OK} = 0.6 A | | | 1.3 | | V | |
| I _{IH} | High-level input current | A | V _I = 7 V | | 0.2 | 100 | μA | |
| | | EN | | | 0.2 | 10 | | |
| I _{IL} | Low-level input current | A | V _I = 0 | | -3 | -10 | μA | |
| | | EN | | | -2 | -100 | | |
| I _{CC1} | Logic supply current | I _O = 0 | | | All outputs at high level | 13 | 22 | mA |
| | | | | | All outputs at low level | 35 | 60 | |
| | | | | | All outputs at high impedance | 8 | 24 | |
| I _{CC2} | Output supply current | I _O = 0 | | | All outputs at high level | 14 | 24 | mA |
| | | | | | All outputs at low level | 2 | 6 | |
| | | | | | All outputs at high impedance | 2 | 4 | |

6.6 Switching Characteristics

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted) V_{CC1} = 5 V, V_{CC2} = 24 V, T_A = 25°C

| PARAMETER | | TEST CONDITIONS | | MIN | TYP | MAX | UNIT |
|------------------|---|-----------------------|--|-----|-----|-----|------|
| t _{PLH} | Propagation delay time, low-to-high-level output from A input | L293NE, L293DNE | | | 800 | | ns |
| | | L293DWP, L293N L293DN | | | | | |
| t _{PHL} | Propagation delay time, high-to-low-level output from A input | L293NE, L293DNE | | | 400 | | ns |
| | | L293DWP, L293N L293DN | | | | | |
| t _{TLH} | Transition time, low-to-high-level output | L293NE, L293DNE | | | 300 | | ns |
| | | L293DWP, L293N L293DN | | | | | |
| t _{THL} | Transition time, high-to-low-level output | L293NE, L293DNE | | | 300 | | ns |
| | | L293DWP, L293N L293DN | | | | | |

C_L = 30 pF, See Figure 2

6.7 Typical Characteristics

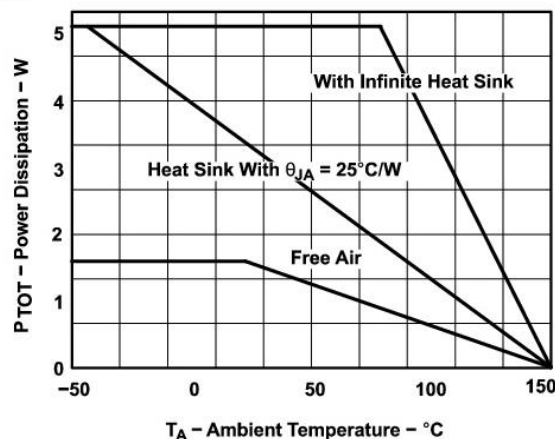


Figure 1. Maximum Power Dissipation vs Ambient Temperature



8 Detailed Description

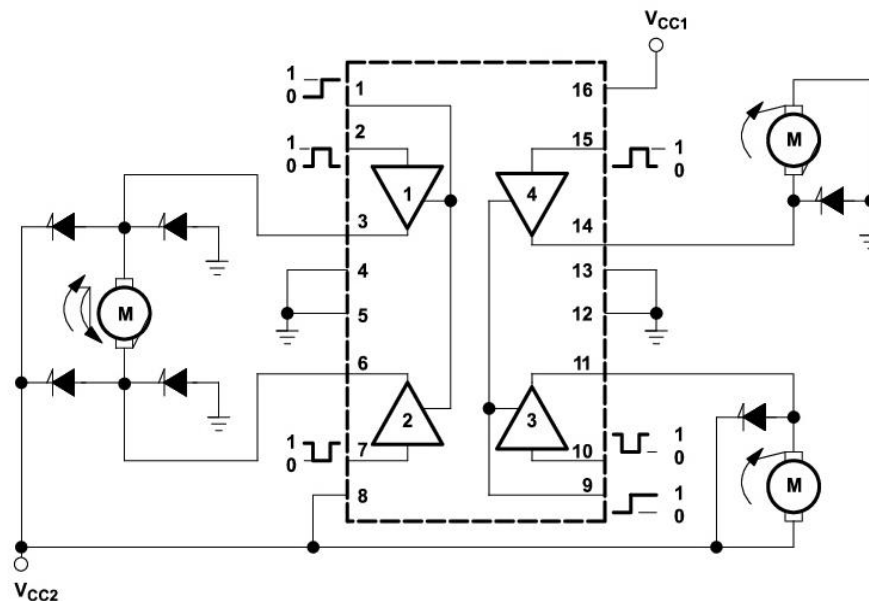
8.1 Overview

The L293 and L293D are quadruple high-current half-H drivers. These devices are designed to drive a wide array of inductive loads such as relays, solenoids, DC and bipolar stepping motors, as well as other high-current and high-voltage loads. All inputs are TTL compatible and tolerant up to 7 V.

Each output is a complete totem-pole drive circuit, with a Darlington transistor sink and a pseudo-Darlington source. Drivers are enabled in pairs, with drivers 1 and 2 enabled by 1,2EN and drivers 3 and 4 enabled by 3,4EN. When an enable input is high, the associated drivers are enabled, and their outputs are active and in phase with their inputs. When the enable input is low, those drivers are disabled, and their outputs are off and in the high-impedance state. With the proper data inputs, each pair of drivers forms a full-H (or bridge) reversible drive suitable for solenoid or motor applications.

On the L293, external high-speed output clamp diodes should be used for inductive transient suppression. On the L293D, these diodes are integrated to reduce system complexity and overall system size. A V_{CC1} terminal, separate from V_{CC2} , is provided for the logic inputs to minimize device power dissipation. The L293 and L293D are characterized for operation from 0°C to 70°C.

8.2 Functional Block Diagram



Output diodes are internal in L293D.

8.3 Feature Description

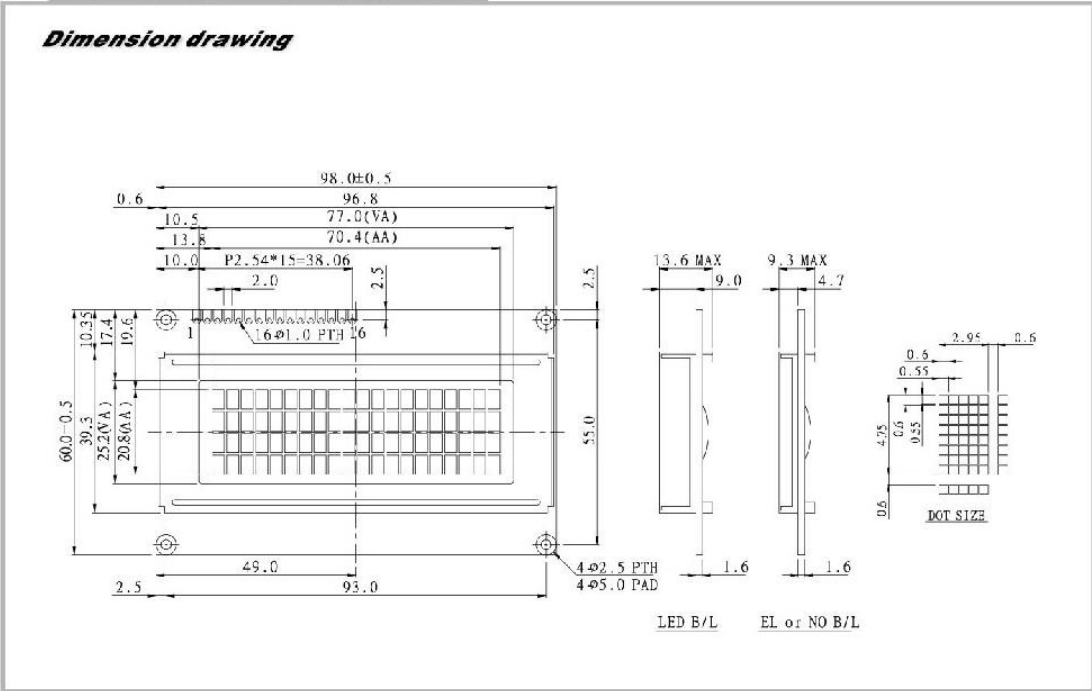
The L293x has TTL-compatible inputs and high voltage outputs for inductive load driving. Current outputs can get up to 2 A using the L293.



13.3.6 Hoja de especificaciones display LCD



20x4dots Character **WH2004A**



Character type

Feature

- 5x8 dots includes cursor
- Built-in controller (KS 0066 or Equivalent)
- +5V power supply (Also available for +3V)
- 1/16 duty cycle
- LED can be driven by pin1, pin2, pin15, pin16 or A and K
- N.V. optional for +3V power supply

| Pin NO. | Symbol | Function |
|---------|--------|---|
| 1 | Vss | GND |
| 2 | Vdd | +3V or +5V |
| 3 | Vo | Contrast Adjustment |
| 4 | RS | H/L Register select signal |
| 5 | R/W | H/L Read / write signal |
| 6 | E | H→L Enable signal |
| 7 | DB0 | H/L Data bus line |
| 8 | DB1 | H/L Data bus line |
| 9 | DB2 | H/L Data bus line |
| 10 | DB3 | H/L Data bus line |
| 11 | DB4 | H/L Data bus line |
| 12 | DB5 | H/L Data bus line |
| 13 | DB6 | H/L Data bus line |
| 14 | DB7 | H/L Data bus line |
| 15 | A/Vcc | +4.2V for LED (RA=0Ω) / Negative Voltage output |
| 16 | K | Power supply for B/L (0V) |

Mechanical Data

| Item | Standard Value | Unit |
|------------------|----------------|------|
| Module Dimension | 98.0x80.0 | mm |
| Viewing Area | 77.0x25.2 | mm |
| Mounting hole | 93.0x 55.0 | mm |
| Character Size | 2.95x4.75 | mm |

Absolute Maximum Rating

| Item | Symbol | Standard Value | | | Unit |
|---------------|---------|----------------|------|------|------|
| | | min. | typ. | max. | |
| Power Supply | VDD-VSS | -0.3 | --- | 7.0 | V |
| Input Voltage | VI | -0.3 | --- | vdd | V |

Note : VSS=0 Volt, VDD=5.0 Volt.

Electrical Characteristics

| Item | Symbol | Condition | Standard Value | | | Unit |
|---|-----------------|------------------|----------------|------|------|------|
| | | | min. | typ. | max. | |
| Input Voltage | VDD | VDD=+5V | 4.7 | 5.0 | 5.3 | V |
| | | VDD=+3V | 2.7 | 3.0 | 5.3 | V |
| Supply Current | IDD | VDD=5V | --- | 1.0 | 1.2 | mA |
| | | -20°C | 5.0 | 5.1 | 5.7 | V |
| | | 0°C | 4.8 | 4.8 | 5.2 | |
| | | 25°C | 4.1 | 4.5 | 4.7 | |
| Recommended I.C Driving Voltage for Normal Temp. Version module | VDD-V0 | 50°C | 3.9 | 4.2 | 4.5 | |
| | | 70°C | 3.7 | 3.9 | 4.3 | |
| LED Forward Voltage | V _F | 25°C | --- | 4.2 | 4.6 | V |
| LED Forward Current | I _F | 25°C | --- | 280 | 560 | mA |
| EL Power Supply Current | I _{EL} | Vel=110VAC;400Hz | --- | --- | 5.0 | mA |

Display Character Address Code :

| Display position | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | ... | 20 |
|------------------|----|----|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|-----|----|
| DD RAM Address | 00 | 01 | | | | | | | | | | | | | 13 |
| DD RAM Address | 40 | 41 | | | | | | | | | | | | | 53 |
| DD RAM Address | 14 | 15 | | | | | | | | | | | | | 27 |
| DD RAM Address | 54 | 55 | | | | | | | | | | | | | 67 |



13.3.7. Hoja de especificaciones CP2102



CP2102

SINGLE-CHIP USB TO UART BRIDGE

Single-Chip USB to UART Data Transfer

- Integrated USB transceiver; no external resistors required
- Integrated clock; no external crystal required
- Integrated 1024-Byte EEPROM for vendor ID, product ID, serial number, power descriptor, release number, and product description strings
- On-chip power-on reset circuit
- On-chip voltage regulator: 3.3 V output
- 100% pin and software compatible with CP2101

USB Function Controller

- USB Specification 2.0 compliant; full-speed (12 Mbps)
- USB suspend states supported via SUSPEND pins

Asynchronous Serial Data BUS (UART)

- All handshaking and modem interface signals
- Data formats supported:
 - Data bits: 5, 6, 7, and 8
 - Stop bits: 1, 1.5, and 2
 - Parity: odd, even, mark, space, no parity
- Baud rates: 300 bps to 1 Mbits
- 576 Byte receive buffer; 640 byte transmit buffer
- Hardware or X-On/X-Off handshaking supported
- Event character support
- Line break transmission

Virtual COM Port Device Drivers

- Works with Existing COM Port PC Applications
- Royalty-Free Distribution License
- Windows Vista/XP/Server 2003/2000/98SE
- Mac OS-X / OS-9
- Linux

USBXpress™ Direct Driver Support

- Royalty-Free Distribution License
- Windows Vista/XP/Server 2003/2000
- Windows CE 5.0 and 4.2

Example Applications

- Upgrade of RS-232 legacy devices to USB
- Cellular phone USB interface cable
- PDA USB interface cable
- USB to RS-232 serial adapter

Supply Voltage

- Self-powered: 3.0 to 3.6 V
- USB bus powered: 4.0 to 5.25 V

Package

- Lead free 28-pin QFN (5 x 5 mm)

Ordering Part Number

- CP2102-GM

Temperature Range: -40 to +85 °C

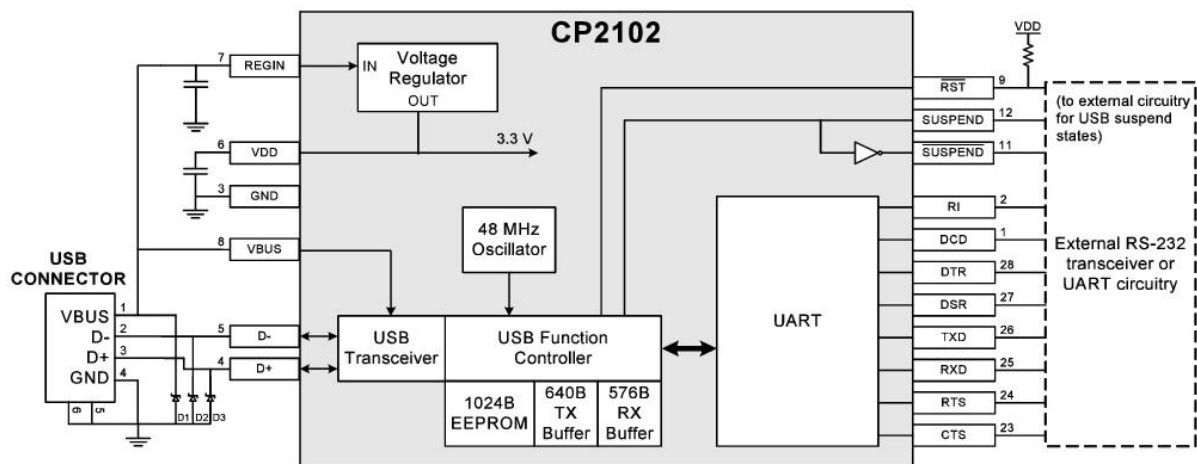


Figure 1. Example System Diagram



CP2102

1. System Overview

The CP2102 is a highly-integrated USB-to-UART Bridge Controller providing a simple solution for updating RS-232 designs to USB using a minimum of components and PCB space. The CP2102 includes a USB 2.0 full-speed function controller, USB transceiver, oscillator, EEPROM, and asynchronous serial data bus (UART) with full modem control signals in a compact 5 x 5 mm QFN-28 package. No other external USB components are required.

The on-chip EEPROM may be used to customize the USB Vendor ID, Product ID, Product Description String, Power Descriptor, Device Release Number, and Device Serial Number as desired for OEM applications. The EEPROM is programmed on-board via the USB allowing the programming step to be easily integrated into the product manufacturing and testing process.

Royalty-free Virtual COM Port (VCP) device drivers provided by Silicon Laboratories allow a CP2102-based product to appear as a COM port to PC applications. The CP2102 UART interface implements all RS-232 signals, including control and handshaking signals, so existing system firmware does not need to be modified. In many existing RS-232 designs, all that is required to update the design from RS-232 to USB is to replace the RS-232 level-translator with the CP2102. Direct access driver support is available through the Silicon Laboratories USBXpress driver set.

An evaluation kit for the CP2102 (Part Number: CP2102EK) is available. It includes a CP2102-based USB-to-UART/RS-232 evaluation board, a complete set of VCP device drivers, USB and RS-232 cables, and full documentation. Contact a Silicon Labs' sales representatives or go to www.silabs.com to order the CP2102 Evaluation Kit.

2. Absolute Maximum Ratings

Table 1. Absolute Maximum Ratings

| Parameter | Conditions | Min | Typ | Max | Units |
|---|------------|------|-----|-----|-------|
| Ambient temperature under bias | | -55 | — | 125 | °C |
| Storage Temperature | | -65 | — | 150 | °C |
| Voltage on any I/O Pin or $\overline{\text{RST}}$ with respect to GND | | -0.3 | — | 5.8 | V |
| Voltage on V_{DD} with respect to GND | | -0.3 | — | 4.2 | V |
| Maximum Total current through V_{DD} and GND | | — | — | 500 | mA |
| Maximum output current sunk by $\overline{\text{RST}}$ or any I/O pin | | — | — | 100 | mA |

Note: Stresses above those listed may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only, and functional operation of the devices at or exceeding the conditions in the operation listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.



3. Global DC Electrical Characteristics

Table 2. Global DC Electrical Characteristics

$V_{DD} = 3.0$ to 3.6 V, -40 to $+85$ °C unless otherwise specified.

| Parameter | Conditions | Min | Typ | Max | Units |
|---|--|-------|-----|-------|---------|
| Supply Voltage | | 3.0 | 3.3 | 3.6 | V |
| Supply Current ¹ | Normal Operation; V_{REG} Enabled | — | 20 | 26 | mA |
| Supply Current ¹ | Suspended; V_{REG} Enabled | — | 80 | 100 | μ A |
| Supply Current - USB Pull-up ² | | — | 200 | 228 | μ A |
| Specified Operating Temperature Range | | -40 | — | $+85$ | °C |

Notes:

1. USB Pull-up Current should be added for total supply current.
2. The USB Pull-up supply current values are calculated values based on USB specifications.

Table 3. UART and Suspend I/O DC Electrical Characteristics

$V_{DD} = 3.0$ to 3.6 V, -40 to $+85$ °C unless otherwise specified.

| Parameters | Conditions | Min | Typ | Max | UNITS |
|-----------------------|---|---------------------------------------|--------------------------|-----------------|---------|
| Output High Voltage | $I_{OH} = -3$ mA $I_{OH} = -10$ μ A $I_{OH} = -10$ mA | $V_{DD} - 0.7$ $V_{DD} - 0.1$ — | — — $V_{DD} - 0.8$ | — — — | V |
| Output Low Voltage | $I_{OL} = 8.5$ mA $I_{OL} = 10$ μ A $I_{OL} = 25$ mA | — — — | — — 1.0 | 0.6 0.1 — | V |
| Input High Voltage | | 2.0 | — | — | V |
| Input Low Voltage | | — | — | 0.8 | V |
| Input Leakage Current | | — | 25 | 50 | μ A |

Table 4. Reset Electrical Characteristics

-40 to $+85$ °C unless otherwise specified.

| Parameter | Conditions | Min | Typ | Max | Units |
|--|------------|---------------------|-----|---------------------|---------|
| \overline{RST} Input High Voltage | | $0.7 \times V_{DD}$ | — | — | V |
| \overline{RST} Input Low Voltage | | — | — | $0.3 \times V_{DD}$ | V |
| Minimum \overline{RST} Low Time to Generate a System Reset | | 15 | — | — | μ s |