



*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Facultad Regional Villa María*  
*Departamento de Electrónica*  
*Cátedra Trabajo Final de Grado*

# **Sistema para medir el tiempo de reacción ante un estímulo visual**

Autor:

Godoy, Lucas Matías

**2019**

**Acreditación:**

**Fecha:**

**Comité Evaluador**

**Presidente:** Msc. Ing. Pedro Danizio

**1° Vocal:** Esp. Ing. Héctor Ferrari

**2° Vocal:** Ing. José Luis Catalano





## **Dedicatorias**

*A mis padres, quienes me educaron y me apoyaron cada día de mi vida. Me ayudaron para que pueda dedicar tiempo a mis estudios. Sin ellos no hubiera sido posible cumplir este objetivo.*

*A mis hermanas y familiares que estuvieron a mi lado y me brindaron su apoyo incondicional.*



## **Agradecimientos**

*Luego de varios años dedicados a la carrera me encuentro muy agradecido con todas las personas que colaboraron para lograr la culminación de mis estudios.*

*En primer lugar, al departamento de ingeniería electrónica y a los profesores de la carrera, por brindarme gran cantidad de conocimientos y herramientas, los cuales pude utilizar y utilizaré a lo largo de mi carrera profesional.*

*Agradecer a todo el personal no docente y directivos de la universidad, que fueron de gran ayuda en el proceso de aprendizaje.*

*A mis compañeros, con quienes establecí vínculos potenciadores para poder cumplir cada uno de los pequeños objetivos planteados durante la carrera.*

*A mi familia, el eje fundamental para mi crecimiento personal.*



## **Memoria Descriptiva**

*En el marco del Trabajo Final de Grado se realiza un sistema inalámbrico de medición orientado a mejorar el rendimiento físico de atletas de diferentes disciplinas.*

*El sistema está compuesto por 2 (dos) módulos con luces LED RGB comandadas por una computadora mediante una red wifi. Cada módulo mide el tiempo transcurrido desde que la luz se enciende hasta que el atleta logre apagarla acercando un objeto al sensor de proximidad. Este resultado es enviado inmediatamente a una computadora.*

*La computadora posee un software diseñado en Visual Basic que determina la secuencia de encendido de las luces. En el ordenador se pueden elegir los parámetros de funcionamiento para las distintas rutinas de entrenamiento. El resultado de estas prácticas es almacenado en una base de datos, lo cual permite al entrenador realizar análisis posteriores para determinar el rendimiento del atleta.*

*La ventaja que se destaca del sistema es la posibilidad de adaptación y configuración para una gran variedad de deportes y rutinas de entrenamiento físico.*



---

## ÍNDICE

<b>Título</b>	<b>Página</b>
Dedicatorias.....	3
Agradecimientos .....	4
Memoria Descriptiva.....	5
Introducción .....	7
Análisis del problema .....	7
Análisis de sistemas existentes .....	7
Descripción de las actividades del proyecto .....	7
Objetivos .....	7
Objetivos generales.....	7
Objetivos particulares .....	8
Diseño del Proyecto .....	8
Revisión de requerimientos y parámetros de operación .....	8
Selección de componentes y dispositivos .....	10
Diagrama en bloques del dispositivo .....	19
Descripción de cada una de las partes.....	19
Diagrama de flujo .....	20
Evaluación Final del Sistema .....	22
Preparación del prototipo con materiales finales .....	22
Montaje y ensayo real del prototipo.....	22
Análisis del sistema en campo .....	24
Presentación final del prototipo .....	24
Conclusiones .....	27
Bibliografía .....	28
Anexo I.....	30
Anexo II .....	32



---

## Introducción

### Análisis del problema

Debido a la constante necesidad de los atletas de mejorar sus habilidades físicas, tales como la velocidad de reacción y el tiempo de respuesta, los entrenadores buscan herramientas para realizar entrenamientos más específicos, aumentando el rendimiento de sus atletas y haciéndolos más competitivos.

En el siguiente trabajo se realiza el desarrollo y la implementación de un sistema que puede ser adaptado y utilizado en muchas disciplinas deportivas, desde las artes marciales hasta el fútbol, e incluso con la posibilidad de ser usado en sesiones de rehabilitación post lesiones físicas.

La herramienta que se implementa no sólo permite medir los tiempos de reacción, sino que, además los atletas obtendrán mejores resultados luego de cada prueba.

Al ser un sistema portable, los módulos pueden ser distribuidos con facilidad en el terreno de entrenamiento sin depender de cables de conexión al momento de usarlo.

El software provee una interfaz amigable para el usuario permitiéndole, por ejemplo, iniciar secuencias de entrenamiento, guardar los resultados obtenidos, realizar ajustes de sensibilidad, monitorear el nivel de batería, entre otras características relevantes.

Nota: Cuando hablemos de "módulo wifi" nos estaremos refiriendo solo al ESP8266. Por el contrario, al citar la palabra "módulo" estaremos hablando del circuito completo, el cual contiene al microcontrolador, las luces, el sensor óptico, el ESP8266 y otros componentes.

### Análisis de sistemas existentes

En el mercado existen productos que cumplen funciones similares y persiguen el mismo objetivo. Algunos de estos sistemas son estáticos, poseen luces ubicadas en un tablero, interconectadas con cables, y utilizan solo un color de luz. Otros sistemas más desarrollados y más costosos permiten generar luces de diferentes colores, poseen un software más complejo y utilizan como centro de mando una tablet o un smartphone. Estas son las características que los fabricantes de estos productos dan a conocer, por lo que se desconoce el funcionamiento interno y los sensores utilizados por estos equipos.

### Descripción de las actividades del proyecto

Para dar inicio a la realización del proyecto se plantea un esquema básico que cumpla con los requerimientos establecidos. En el desarrollo de este esquema existen muchas posibles variantes, por lo tanto, es necesario realizar varias simulaciones para elegir la solución adecuada.

Posteriormente, se debe analizar y desarrollar cada bloque del sistema. Estos son el circuito controlador de luces RGB, el circuito asociado al sensor de proximidad y el circuito de alimentación. Una vez probados los bloques, se interconectan entre sí y se diseña la placa final teniendo en cuenta los requerimientos de la carcasa elegida.

Por último, se realiza la placa y se montan todos los componentes.

## Objetivos

### Objetivos generales

- Proporcionar una herramienta a los especialistas en rehabilitación de lesiones.
- Proporcionar una herramienta a los entrenadores de deportistas.
- Mejorar el desempeño de los deportistas.
- Incluir el uso de tecnología en entrenamientos.
- Generar una interfaz intuitiva para el entrenador y fácil de usar.
- Generar un sistema de entrenamiento que resulte atractivo al deportista.



---

### **Objetivos particulares**

- Diseñar e implementar dos módulos destinados a realizar las mediciones de tiempo.
- Posibilidad de medir el tiempo de reacción en milisegundos.
- Realizar un software con interfaz gráfica para controlar todo el sistema.
- Posibilidad de guardar en una base de datos las mediciones obtenidas.
- Brindar portabilidad al sistema.

## **Diseño del Proyecto**

### **Revisión de requerimientos y parámetros de operación**

Al momento del inicio del proyecto se plantearon diferentes objetivos y se realizó un diagrama de bloques de todo el sistema para lograr la funcionalidad deseada. A la hora de elegir los componentes se tuvo que optar por la mejor opción dentro de un abanico amplio. Para la elección de cada uno de los componentes se plantearon diferentes parámetros comunes de funcionamiento, los cuales se detallan a continuación.

El foco de mayor interés del trabajo es el módulo wifi. Dicho módulo requiere para su funcionamiento un circuito de comando que utilice la comunicación serie UART y un circuito de alimentación. Para cumplir con el intercambio de datos en serie se utiliza el microcontrolador PIC18F2550 con tal protocolo de comunicación y para ajustar la tensión de alimentación se utiliza el regulador de tensión de 3,3V AP2112. Otra consideración por la cual se trabaja con este dispositivo es que permite intercambiar datos de forma inalámbrica utilizando el protocolo TCP/IP, el cual brinda seguridad en la comunicación.

Para no comprometer el funcionamiento de la placa wifi propia de la computadora, se utiliza un módulo wifi ESP8266, el cual se conecta a la computadora mediante un adaptador UART a USB y está dedicado exclusivamente a la comunicación con los módulos.

Uno de los objetivos es brindar portabilidad al sistema permitiendo ubicar los módulos en diferentes partes sin la necesidad de utilizar cables. Para lograrlo, se requiere que cada módulo disponga de una fuente propia de energía. La batería de ion de litio modelo 18650 se ajusta exactamente a esta necesidad.

Se plantea la situación de energizar a los componentes que funcionan a diferentes niveles de tensión.

La batería de ion de litio suministra un nivel de tensión nominal de 3,7V. Como la mayoría de los componentes utilizados en el sistema requieren un nivel de tensión de alimentación de 5V se utiliza una fuente conmutada elevadora de tensión. El único componente que requiere una tensión de alimentación diferente es el módulo wifi, el cual utiliza un regulador de tensión AP2112 que reduce los 5V obtenidos de la fuente a 3,3V.

Todos los parámetros de funcionamiento del módulo son configurados desde una computadora. Esta funciona como maestro en la comunicación indicando las directivas al módulo y este se comporta como esclavo realizando mediciones de tiempo y enviando tales datos a la computadora.

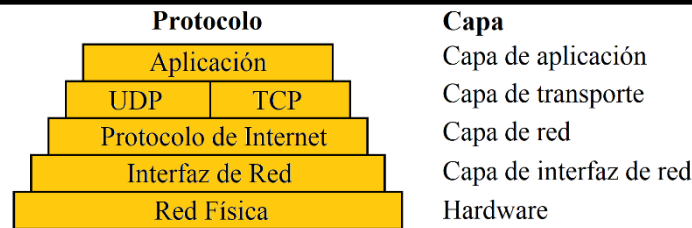
### Protocolo TCP/IP

Para lograr el intercambio de información se emplean protocolos que definen el formato de los mensajes. Cada uno de los dispositivos que forman parte de la comunicación deben cumplir con ciertas normas para que se logre el intercambio deseado.

Como se mencionó anteriormente, el módulo wifi permite trabajar con el protocolo TCP/IP. Tal protocolo puede interpretarse en términos de capas o niveles.

La Fig. N° 1 muestra las capas del protocolo TCP/IP, las cuales son: capa de aplicación, capa de transporte, capa de red, capa de interfaz de red y hardware.





**Fig. N° 1** Capas del protocolo TCP/IP.

TCP/IP determina detalladamente el camino de la información entre el emisor y el receptor. La particularidad que más interesa del protocolo es que la capa de transporte de internet permite trabajar con UDP (User Datagram Protocol) o TCP (Transmission Control Protocol). El protocolo UDP es un protocolo no orientado a conexión. Es decir, el envío de paquetes de datos entre el emisor y el receptor es unidireccional. El destinatario recibe el paquete, pero no devuelve al emisor una confirmación de la recepción. Esto es una desventaja ya que se pueden perder datos en la transferencia. Por otro lado, el protocolo TCP está orientado a conexión. El flujo en este caso es bidireccional. El receptor confirma la recepción del paquete con lo cual el emisor se asegura de que el intercambio se produjo satisfactoriamente. En caso de que exista un error en la transmisión, el emisor tiene la posibilidad de reenviar los datos. Para la comunicación entre los módulos wifi se emplea este último protocolo ya que la prioridad es lograr una comunicación segura en la cual el emisor y el receptor conozcan el estado de la conexión.

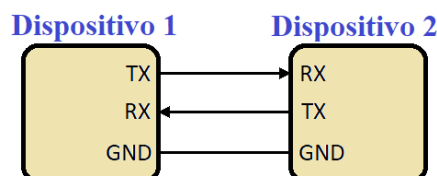
### Comunicación UART

El microcontrolador utiliza la comunicación UART para comandar el módulo wifi. Esta deriva de la comunicación USART cuya principal función es la de transmitir o recibir datos en serie. Esta operación puede dividirse en dos categorías: síncrona o asíncrona. La transmisión síncrona utiliza una señal de reloj y una línea de datos mientras que en la transmisión asíncrona (UART) no se envía la señal de reloj, por lo que el emisor y el receptor deben tener relojes con la misma frecuencia y fase.

Las funciones principales del hardware UART son: manejar las interrupciones de los dispositivos conectados al puerto serie y convertir los datos en formato paralelo, transmitidos al bus de sistema, a datos en formato serie, para que puedan ser transmitidos a través de los puertos y viceversa. El microcontrolador PIC 18F2550 posee el hardware necesario para el envío de datos a través de tal comunicación.

Otras características son:

- Se emplean relojes tanto en el emisor como el receptor.
- La frecuencia del reloj se establece antes de la transmisión.
- La sincronización se realiza durante la transmisión.
- La transmisión es full duplex (se utilizan dos líneas, una de transmisión y otra de recepción).
- Cada trama de datos tiene un tamaño fijo y posee un bit de arranque (inicio) y un bit de parada (final).



**Fig. N° 2** Comunicación UART entre dos dispositivos.

### Comandos AT

El microcontrolador se comunica con el módulo wifi mediante comandos AT. Estos son



instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicación.

El módulo ESP8266 posee un listado de comandos AT específicos que sirven de interfaz para configurarlo y proporcionarle instrucciones sobre las tareas que debe realizar.

Los comandos AT utilizados se muestran en el Anexo I.

### Selección de componentes y dispositivos

A continuación, se describen los diferentes componentes utilizados en el proyecto.

#### Microcontrolador PIC18F2550

El microcontrolador coordina el funcionamiento de muchos componentes ubicados en el módulo. Para tal fin se utilizó el PIC18F2550 de Microchip. Este modelo es de bajo costo, es de fácil adquisición, cuenta con diferentes módulos de comunicación, permitiendo utilizar protocolos como el UART, necesario para interactuar con el módulo wifi. Además, posee un consumo optimizado de energía.

Características:

- Voltaje de operación de 4,2V a 5,5V
- Potencia disipada total 1,0W
- 24 pines de entrada/salida (I/O)
- Corriente máxima de entrada en un pin I/O 25mA
- Corriente máxima de salida en un pin I/O 25mA
- Oscilador interno con frecuencia seleccionable entre 31kHz y 8MHz
- Memoria FLASH de 32kbytes
- Memoria SRAM de 2048bytes
- Memoria EEPROM de 256bytes
- Conversor A/D de 10bits y 10 canales
- Protocolos de comunicación serie EUSART, I2C y SPI.
- 4 módulos Timer, 1 de 8 bits y 3 de 16 bits.
- Módulo USB 2.0
- Capacidad de manejar 19 fuentes de interrupciones (3 externas)
- Dimensiones: 10,34mm x 17,87mm x 2,50mm
- Tipo de encapsulado PDIP de 28 pines

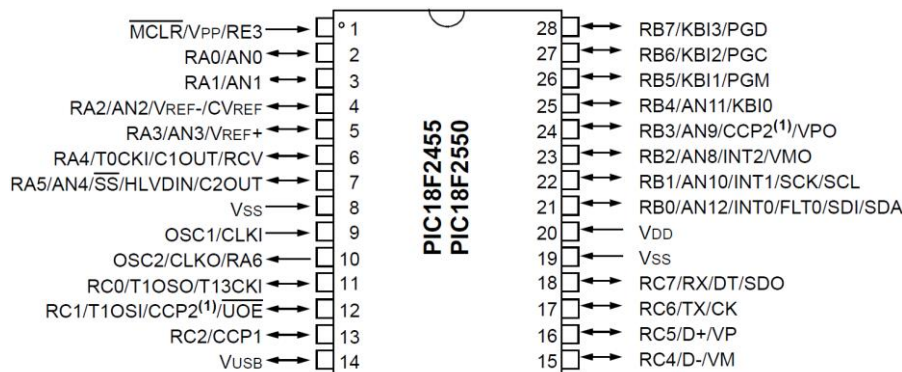


Fig. N° 3 Disposición de pines PIC 18F2550.

Descripción de los pines utilizados:

Pin 1: Existen dos valores posibles.

0 = Modo reinicio, utilizado por el dispositivo programador.

1 = Modo normal de funcionamiento.

Pin 2: Lectura del valor analógico proveniente del sensor.



- Pin 3: Lectura del valor de tensión de la batería.
- Pin 17: Transmisión de datos en serie.
- Pin 18: Recepción de datos en serie.
- Pin 23: Salida digital para encender el LED rojo.
- Pin 24: Salida digital para encender el LED verde.
- Pin 25: Salida digital para encender el LED azul.
- Pin 26: Salida digital para encender el LED infrarrojo.
- Pin 27: Salida digital para habilitar el regulador de tensión AP2112.

Para el correcto funcionamiento entre el microcontrolador y el módulo wifi es necesario adaptar el nivel de tensión entre ambos componentes, por lo tanto, la tensión del pin de transmisión del microcontrolador se debe reducir a 3,3V a través de un divisor resistivo para una posterior conexión al receptor del módulo wifi. Por otra parte, el transmisor del módulo wifi puede ser conectado directamente al receptor del microcontrolador debido a que 3,3V es una lógica alta válida para CMOS a 5V.

### **Módulo wifi ESP8266**

El ESP8266 es un circuito integrado (CI) wifi que funciona mediante el protocolo TCP/IP. Posee en su interior un microcontrolador (Tensilica Xtensa LX106), el cual maneja dicho protocolo y el software necesario para la conexión wifi.

Existen diferentes tipos de módulos wifi que utilizan el CI ESP8266. En este proyecto se utilizó el modelo ESP-01, que contiene además una pequeña antena grabada en el circuito impreso, una memoria flash, leds indicadores y los pines para poder interactuar con otros dispositivos. Este modelo utilizado dispone también de 2 entradas/salidas digitales de propósito general (GPIO), dos pines para la transmisión de datos en serie, RX y TX respectivamente, y sus correspondientes pines de alimentación.

Por otra parte, la placa no dispone de un regulador de alimentación, por lo que debe ser incorporado de forma externa. El consumo de energía es variable, depende del modo de funcionamiento, de los protocolos utilizados y de la calidad de la señal wifi. Oscila entre 0,5 $\mu$ A cuando el dispositivo está apagado y 170mA cuando transmite a máxima intensidad de señal.

El firmware del módulo viene de serie con un intérprete de comandos AT, los cuales facilitan la comunicación con el microcontrolador.

Otras características:

- Voltaje de operación entre 3V y 3,6V
- Corriente de operación 80mA
- CPU Tensilica L106 de 32-bit que funciona a 80MHz (permitiendo ser overclokeado a 160MHz si se requiere)
- Soporta IPv4 y los protocolos TCP/UDP/HTTP/FTP
- 64KiB de RAM para instrucciones y 96KiB de RAM para datos
- Estándar IEEE 802.11 b/g/n wifi
- 2 pines GPIO
- UART en los pines dedicados (RX y TX)
- Temperatura de operación -40°C y 125°C

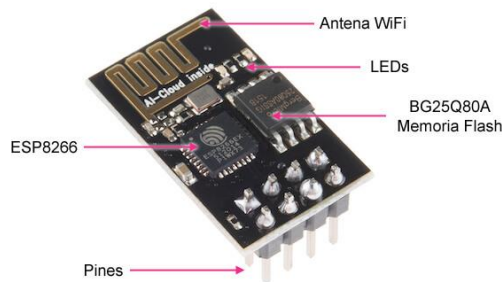


Fig. N° 4 Disposición de los componentes del módulo ESP8266. [27]

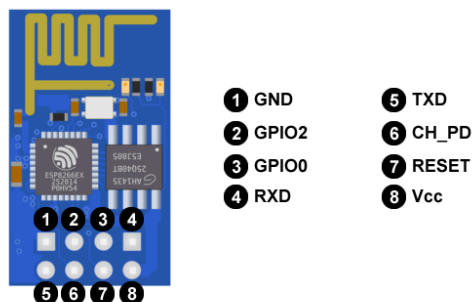


Fig. N° 5 Disposición de pines del módulo ESP8266. [27]

### Batería de ion de litio recargable

Se destaca que la batería permite ser recargada, posee una gran densidad energética respecto a su tamaño y su disponibilidad en el mercado es alta. Las principales características de esta celda son las siguientes:

- Modelo: ICR18650-22F
- Capacidad Nominal: 2200mAh
- Voltaje de carga:  $4,2V \pm 0,05 V$
- Voltaje nominal: 3,6V
- Voltaje de corte de descarga: 2,75V
- Corriente de carga:
  - Carga estándar: 1100mA - 3 horas
  - Carga rápida: 2200mA – 2,5 horas
- Corriente máxima de carga: 2200mA
- Corriente máxima de descarga: 4400mA
- Peso de la celda: 44,5g máx.
- Dimensiones:
  - Diámetro: 18,4mm
  - Altura: 65,0mm



Fig. N° 6 Batería de ion de litio ICR18650-22F.



### Módulo regulador de carga de batería TP4056

Debido a que la batería utilizada requiere un circuito de carga con restricciones de tensión y corriente, se utiliza una placa disponible en el mercado que contiene el circuito integrado TP4056. Este circuito monitorea constantemente el estado de la batería y divide el tiempo de carga en dos etapas. En primer lugar, proporciona un valor de corriente constante a la batería y posteriormente cuando alcanza un nivel de tensión de 4,2V, mantiene ese valor y disminuye progresivamente la corriente hasta completar la carga. El valor de corriente de la primera etapa dependerá del valor de una resistencia. El módulo viene de fábrica con una resistencia de 1,2k Ohm que le permite entregar un valor de corriente máximo de 1A.

Otra característica del módulo de carga es que posee un puerto Mini-USB en su entrada que brinda la posibilidad de conectar cualquier fuente externa de 5V, normalmente utilizadas para cargar dispositivos móviles.

Especificaciones técnicas:

- Circuito integrado: TP4056
- Voltaje de entrada: 4,5V-5,5V
- Voltaje de carga completa: 4,2V
- Corriente de carga: 1A ajustable
- Precisión de carga: 1,5%
- Interfaz: conector Mini USB
- Límite de corriente ajustable a través de R-Prog
- Indicador LED de estado para carga (luz roja) / monitoreo de estado de carga completa (luz verde)
- Dimensiones: 28mm x 17mm x 1,1mm



Fig. N° 7 Cargador de batería de ion de litio TP4056.

### Fuente elevadora de tensión MT3608 (5V)

La batería recargable varía su tensión en un rango muy amplio en sus ciclos de carga y descarga, esta característica es un inconveniente si se desea alimentar el circuito directamente. Para evitar variaciones de tensión se emplea la fuente conmutada elevadora de tensión que utiliza el circuito integrado MT3608, un diodo y algunos componentes pasivos como inductores, resistencias y capacitores para su funcionamiento.

La fuente conmutada recibe la energía de la batería y mediante un potenciómetro multivoltaje se selecciona una tensión de 5V en la salida. Esta tensión de salida es estable para cualquier nivel de batería. Además, posee una eficiencia de conversión superior al 80% y es capaz de satisfacer las demandas variables de corriente del circuito.

Características de la fuente:

- MOSFET de potencia integrado de 80 mΩ
- Voltaje de entrada de 2V a 24V
- Frecuencia de conmutación de 1,2MHz
- Límite de corriente del interruptor interno 4A
- Voltaje de salida ajustable

- Compensación interna
- Hasta 28V de voltaje de salida
- Modulación de frecuencia de pulso automática
- Hasta 97% de eficiencia



Fig. N° 8 Fuente elevadora de tensión MT3608. [17]

### Regulador de tensión 3,3V AP2112

El módulo wifi requiere ser alimentado por un nivel de tensión en un rango muy estricto y su consumo de corriente puede ser muy variable durante la transmisión y recepción de datos. Para tal fin se utiliza el regulador de tensión AP2112-3.3 el cual recibe 5V y entrega una tensión estable de 3,3V en su salida con una precisión de  $\pm 1,5\%$ . La característica más destacada es su capacidad de corriente de 600mA, la cual satisface el consumo del módulo wifi. Además, posee un pin de habilitación para ser controlado por el microcontrolador y presenta un bajo consumo de energía.

Especificaciones técnicas:

- Exactitud del voltaje de salida:  $\pm 1,5\%$
- Corriente de salida máxima: 600mA
- Pin para encender y apagar la tensión de salida
- Bajo voltaje de caída: 250mV (mínima diferencia de tensión entre la entrada y la salida)
- Corriente de reposo baja: 55 $\mu$ A
- Corriente de espera baja: 0,01 $\mu$ A
- Ruido de salida bajo: 50 $\mu$ VRMS
- Rango de temperatura de operación: -40°C a 85°C

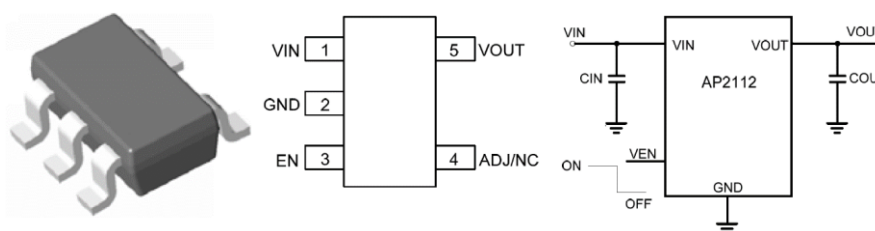


Fig. N° 9 Regulador AP2112-3.3.

### Circuito de luces LED RGB

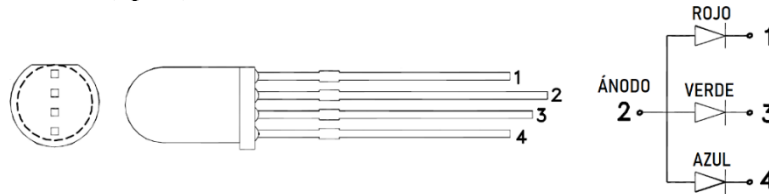
#### LED RGB

Para generar el indicador visual se utilizan 10 LEDs RGB ánodo común conectados en paralelo. Los mismos se sitúan en el circuito impreso formando un anillo.

Especificaciones técnicas:

- Colores: Rojo / Verde / Azul
- Diámetro: 5mm
- Ultrabrillo

- Tipo de lente: Transparente
- Configuración de ánodo común
- Longitud de onda máxima [R/G/B]: 630nm / 525nm / 430nm
- Corriente continua directa: 30mA
- Intensidad (típica) a 20mA [R/G/B]: 2000mCd / 5000mCd / 2000mCd
- Voltaje directo (típico) [R/G/B]: 2,1V / 3,8V / 3,8V



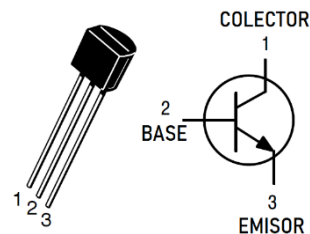
**Fig. N° 10** Disposición de pines LED RGB.

### Transistor KN2222A

Los 10 leds conectados en paralelo tienen un consumo de corriente aproximado de 200mA, que no pueden ser suministrados directamente por el microcontrolador, por lo que se emplea un transistor 2N2222 NPN para controlar cada color.

Especificaciones:

- Polaridad: NPN
- Tensión continua Colector-Emisor (máx.):  $V_{CEO} = 40V$
- Tensión continua Colector-Base (máx.):  $V_{CBO} = 75V$
- Tensión continua Emisor-Base (máx.):  $V_{EBO} = 6,0V$
- Corriente continua de colector (máx.):  $I_C = 600mA$
- Disipación total del dispositivo a 25°C:  $P_C = 625mW$



**Fig. N° 11** Transistor KN2222A.

Para limitar la corriente de los leds conectados en paralelo, se utiliza una resistencia de protección en serie y una resistencia de 3,3K Ohm en la base del transistor para establecer una corriente continua colector-emisor de aproximadamente 200mA que permite encender cada color con una intensidad lumínica adecuada.

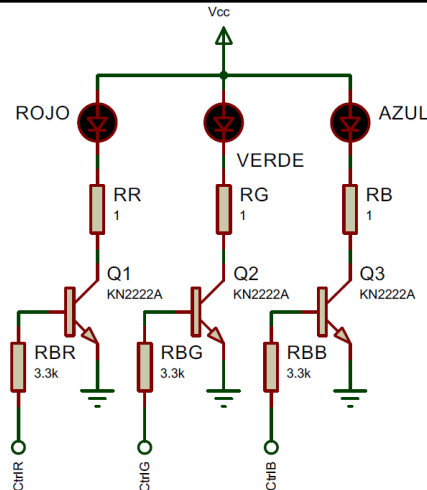


Fig. N° 12 Circuito de luces LEDs RGB.

### Circuito sensor óptico reflectivo o de proximidad

#### LED infrarrojo IR333-A

Especificaciones del componente:

- Longitud de onda pico:  $\lambda_p = 940\text{nm}$
- Ancho de banda espectral:  $\Delta\lambda = 45\text{nm}$
- Corriente continua directa:  $I_F = 100\text{mA}$
- Pico de corriente directa:  $I_{FP} = 1,0\text{A}$
- Tensión inversa:  $V_R = 5\text{V}$
- Tensión continua directa máx. (para  $I_F = 100\text{mA}$ ) = 1,8V
- Disipación de potencia (para temperaturas inferiores a 25°C):  $P_d = 150\text{mW}$
- Temperatura de operación:  $T_{opr} (-40 \sim +85)^\circ\text{C}$
- Diámetro: 5mm
- Color del lente: Azul

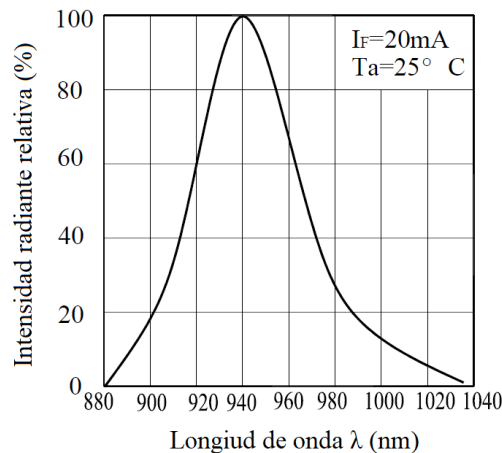


Fig. N° 13 Distribución espectral del LED infrarrojo IR333-A. [15]

#### Fotodiodo PD333-3B

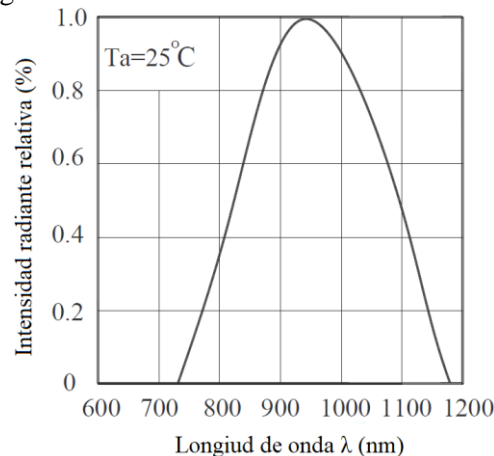
Especificaciones del componente:

- Rango de ancho de banda espectral:  $\lambda_{0,5} = 840\text{ a }1100\text{nm}$
- Longitud de onda de la sensibilidad máxima:  $\lambda_p = 940\text{nm}$
- Tensión de circuito abierto (para una irradiancia de  $1\text{mW}/\text{cm}^2$  y  $\lambda_p=940\text{nm}$ ):  $V_{oc} =$



0,39V

- Corriente de cortocircuito (para una irradiancia de  $E_e=1\text{mW}/\text{cm}^2$  y  $\lambda_p=940\text{nm}$ ):  $I_{SC} = 35\mu\text{A}$
- Tensión inversa de ruptura:  $V_R = 32\text{V}$
- Disipación de potencia (para temperaturas inferiores a  $25^\circ\text{C}$ ):  $P_c = 150\text{mW}$
- Tiempo de subida / tiempo de caída (para  $V_R=10\text{V}$  y  $R_L=100\Omega$ ) =  $t_r/t_f = 45\text{ns}$
- Ángulo de visión:  $\theta = 80$  grados
- Temperatura de operación:  $T_{opr} (-25 \sim +85)^\circ\text{C}$
- Diámetro: 5mm
- Color de lente: Negro



**Fig. N° 14** Sensibilidad espectral del fotodiodo PD333-3B. [16]

El sensor está compuesto por dos elementos principales: un LED infrarrojo y un fotodiodo. El LED infrarrojo emite un haz de luz hacia el exterior y cuando se acerca un objeto, el haz de luz es reflejado en él. Parte de la energía que regresa en dirección opuesta a la emisión es captada por un fotodiodo produciendo un cambio en el nivel de tensión, el que dependerá de la distancia a la cual se encuentra el objeto. Esta variación de tensión producida es medida utilizando el conversor analógico digital del microcontrolador.

Debido al consumo de corriente, el LED infrarrojo es comandado por el transistor KN2222A que se activa en el momento de la medición, permitiendo un ahorro de energía mientras el módulo se encuentra encendido. En serie con el LED se coloca una resistencia de 47 Ohm para limitar la corriente y evitar que supere los 100mA.

El circuito asociado al fotodiodo consiste en solo una resistencia de 100k Ohm conectada en serie. Este valor fue determinado luego de realizar múltiples pruebas hasta lograr un desempeño óptimo del sensor.

Otro punto que considerar es que el módulo puede ser ubicado en diferentes entornos con diferentes niveles de radiación lumínica y, debido a que el fotodiodo es sensible a la cantidad de luz infrarroja que absorbe del ambiente, es necesario tomar este nivel como referencia durante la detección de un objeto, por lo tanto, el microcontrolador realiza una rutina durante el encendido del módulo, en la cual realiza una medición analógica para establecer un nivel de referencia de luz absorbida.

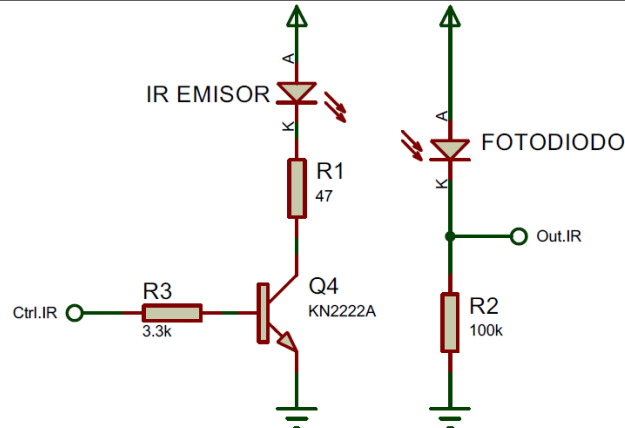


Fig. N° 15 Circuito sensor óptico reflectivo o de proximidad.

### Adaptador UART a USB CH340G

Para comunicar la computadora con el módulo wifi principal, utilizado como punto de acceso, se emplea un adaptador UART a USB. Este es una placa que contiene por un lado un conector USB, y por el otro un conector hembra para colocar el módulo wifi. La interacción entre estas dos partes la realiza el circuito integrado CH340G.

En algunas computadoras, el adaptador requiere la instalación de drivers proporcionados por el fabricante para poder ser utilizado.

La tensión de 5V del conector USB alimenta a un regulador de tensión que la reduce a 3,3V. Esta tensión es utilizada para alimentar el circuito integrado CH340G (configurado para funcionar a 3,3V), y al módulo wifi. Para poder enfrentar las demandas de corriente del módulo wifi, se utiliza un capacitor de 1000uF conectado en paralelo con la tensión de 3,3V.

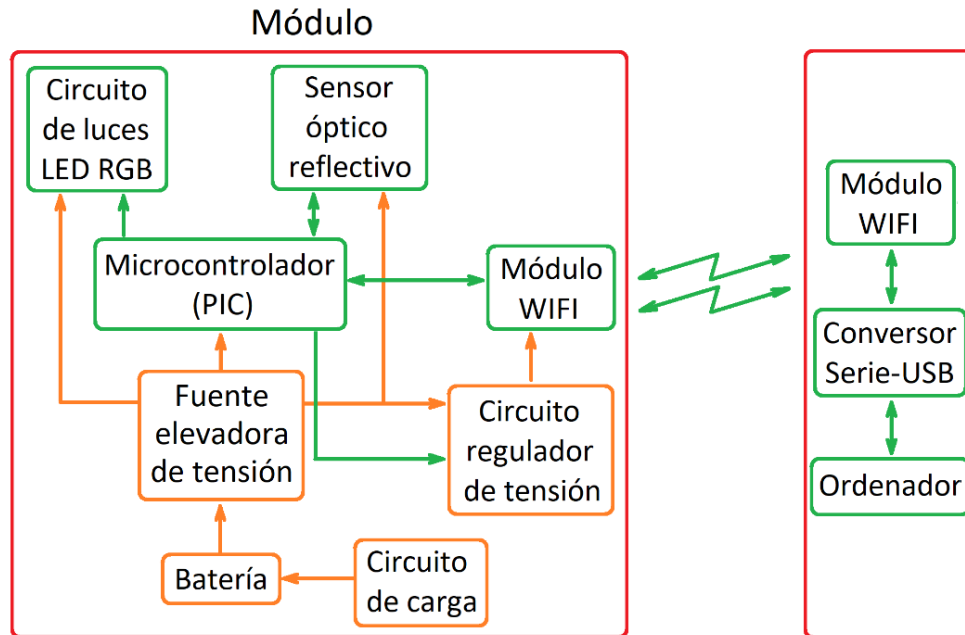
Características y especificaciones técnicas del circuito integrado:

- Tensión de operación  $V_{CC}$ : 3,3V y 5V
- Corriente de funcionamiento (máx.)  $I_{CC}$ : 30 mA
- Frecuencia de reloj: 12 MHz
- Compatible con la interfaz USB 2.0
- Funciona con una cantidad mínima de componentes externos: un cristal de 12MHz y cuatro condensadores.
- Proporciona un puerto serie virtual a la PC.
- Admite todas las aplicaciones existentes que utilizan puertos serie.
- Interfaz serie hardware full-duplex con FIFO interno. Rango de velocidad de transmisión de 50bps a 2Mbps.
- Admite RS232, RS422 y RS485 (solo con la ayuda de componentes de cambio de nivel externos).
- Utiliza el controlador CH341.



Fig. N° 16 Adaptador UART a USB CH340G.

## Diagrama en bloques del dispositivo



**Fig. N° 17** Diagrama en bloques.

Debido a que el sistema realizado cuenta con dos módulos iguales, se realizó el diagrama teniendo en cuenta solo uno de ellos. Para la explicación se divide el diagrama en dos partes.

En la primera parte se ve el bloque de alimentación formado por la batería recargable y su correspondiente circuito de carga. Este bloque cuenta también con la fuente elevadora de tensión para alcanzar los 5V y así poder abastecer a cada uno de los componentes. Como el módulo wifi utilizado requiere de un nivel de tensión de 3,3V se emplea un circuito regulador de tensión. Se aclara que para cargar la batería se utiliza un cargador externo (no especificado en el esquema) que se conecta al circuito de carga del módulo.

Además del bloque de alimentación, en la primera parte se encuentra el microcontrolador, el circuito de las luces RGB, el sensor óptico reflectivo y el módulo wifi. Cada una de estas subpartes le dan al módulo la funcionalidad deseada.

En la segunda parte podemos observar al ordenador con el software instalado como parte principal. A él se encuentra conectado el dispositivo conversor serie-USB con el módulo wifi. A través de este conjunto se logra la conexión módulo-ordenador, lo cual permite controlar las variables que determinan el funcionamiento de cada módulo.

### Descripción de cada una de las partes

Para iniciar el sistema, por un lado, se conecta el dispositivo USB con el módulo wifi al ordenador y se inicia el software instalado creando una red wifi. El software posee una rutina de auto conexión y auto búsqueda. Por otro lado, se enciende el módulo y, como se aclaró, se conecta automáticamente al ordenador. Se realiza una rutina de seteo de las luces y el sistema está listo para utilizar.

A través del software la persona que comanda al ordenador tiene la posibilidad de elegir qué luces se deben encender, cuál es el límite de tiempo en el que las luces estarán encendidas y cuál es la sensibilidad del sensor. Una vez que el sistema está configurado se inicia la rutina de entrenamiento. En ésta, el microcontrolador lee los datos de la red, el módulo enciende la luz y espera una respuesta del sensor. Cuando se detecta un objeto mide el tiempo transcurrido desde el encendido hasta el apagado y envía los datos a través de la red wifi al ordenador. Mediante la interfaz gráfica se muestra el tiempo recién nombrado, el módulo que realizó la medición y cuál fue el color de la luz que se apagó.

## Diagrama de flujo

El sistema, por un lado, cuenta con un programa que establece los parámetros de funcionamiento del microcontrolador escrito en lenguaje C y, por otro, con un software instalado en el ordenador creado en lenguaje de programación Visual Basic. Por lo tanto, se crean dos diagramas de flujos.

El primer diagrama de flujo que se explica es el que posee el microcontrolador, el cual se adjunta a continuación:

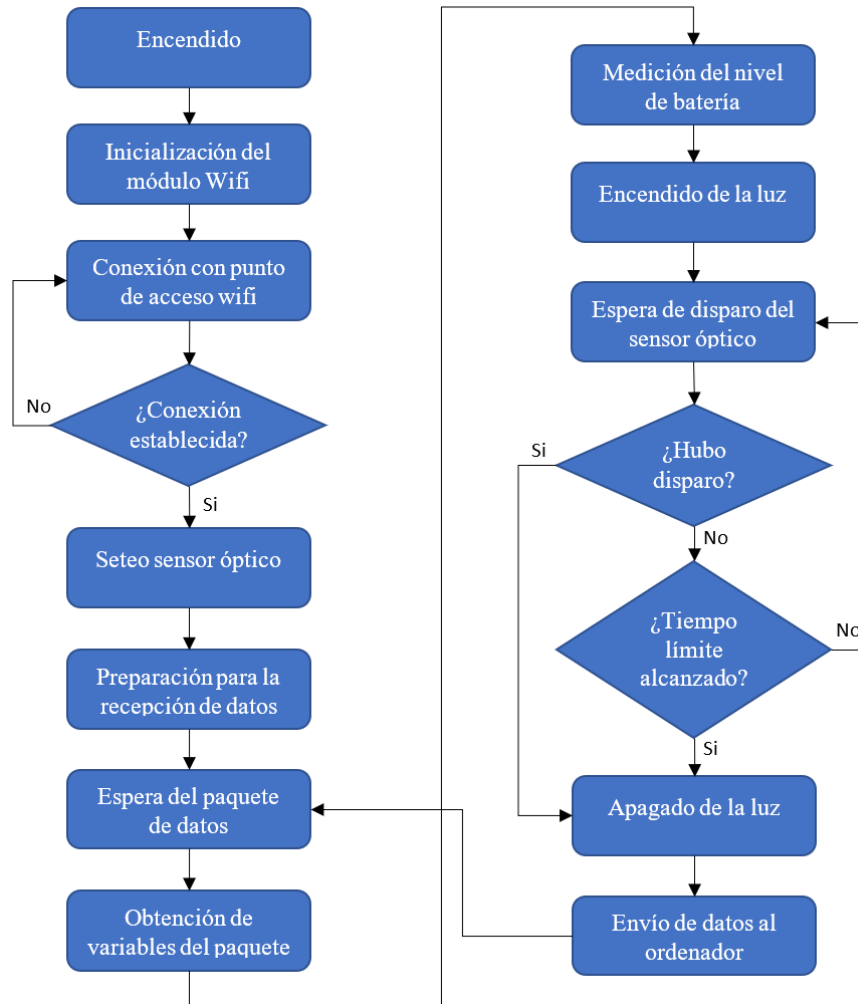


Fig. N° 18 Diagrama de flujo del programa grabado en el microcontrolador.

El módulo cuenta con una llave de encendido/apagado. Al presionarla se energiza el microcontrolador y este habilita la alimentación del módulo wifi. Se realiza una rutina de intercambio de datos entre el microcontrolador y el módulo wifi para lograr la conexión con el punto de acceso. Una vez que la conexión fue satisfactoria, se establecen los parámetros de referencia del sensor óptico y se prepara el módulo wifi para la recepción de datos.

Posteriormente el módulo espera la llegada del paquete de datos proveniente del ordenador, el cual contiene todos los parámetros básicos para el funcionamiento. Estos pueden ser la sensibilidad del sensor o el color de la luz que debe encenderse.

Una vez decodificado el paquete y obtenidas las variables, el microcontrolador inicia la rutina de medición, en la cual se obtiene el nivel de batería del módulo. Luego enciende la luz correspondiente y comienza a medir el tiempo transcurrido hasta que el sensor óptico detecta un objeto o se alcanza un tiempo límite. Finalizada la medición, el microcontrolador envía un paquete de datos al ordenador a través del módulo wifi con los resultados obtenidos. Cuando el paquete llega a destino, el programa termina su ciclo y espera la llegada del próximo paquete de datos.

El segundo diagrama de flujo que se explica es el instalado en el ordenador, el cual se adjunta a continuación:

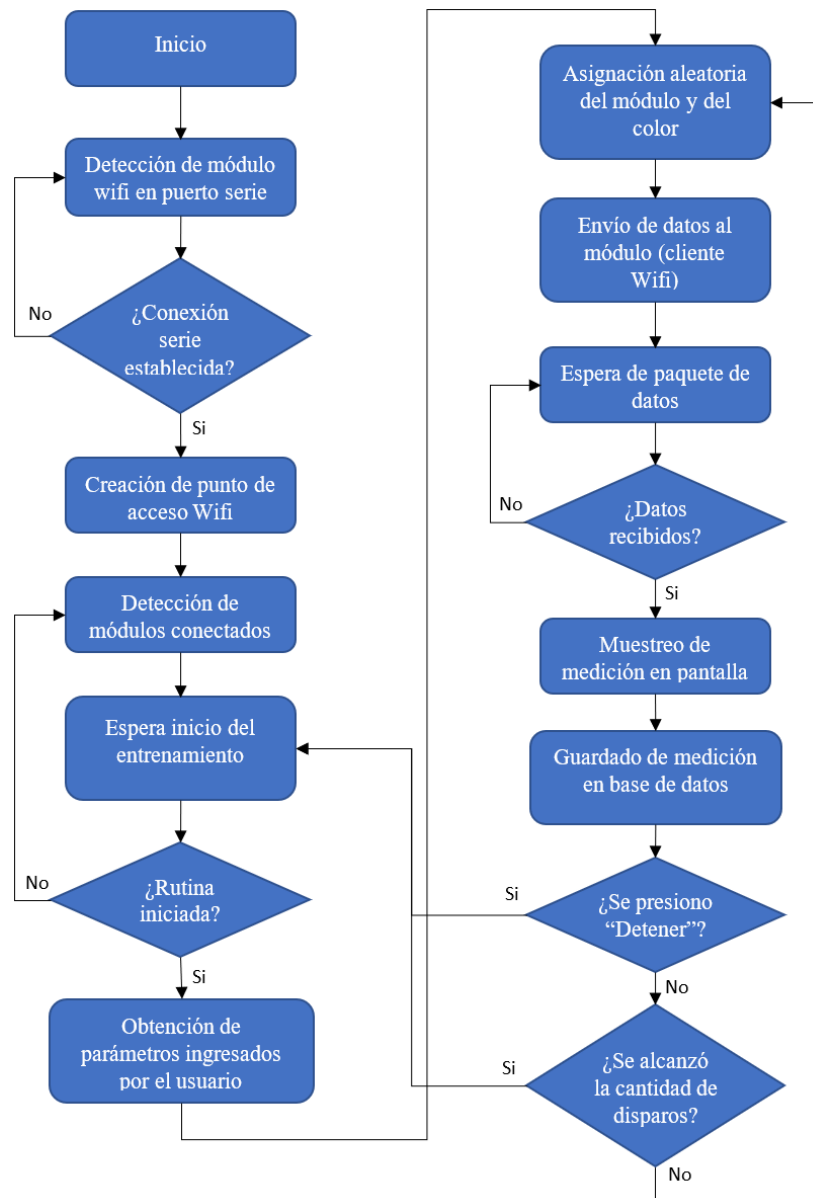


Fig. N° 19 Diagrama de flujo del programa utilizado por la computadora.

Al abrir la aplicación comienza la detección del adaptador serie conectado en el puerto USB. Cuando se establece la conexión con el puerto, se procede a crear el punto de acceso del módulo wifi. Posteriormente, el programa inicia una rutina para detectar nuevos módulos (clientes) conectados a la red creada. Esta tarea se realiza siempre que el programa se encuentre inactivo, esperando que el usuario inicie el entrenamiento.

El usuario establece los valores de los parámetros de funcionamiento y luego presiona el botón de inicio de rutina. En este punto, el programa obtiene las variables introducidas por el usuario, asigna aleatoriamente el color de la luz y el módulo que se encenderá. Con esta información se genera un paquete de datos que posteriormente es enviado al módulo. El programa queda a la espera del paquete proveniente del módulo, el cual contiene los resultados de las mediciones de tiempo y del nivel de batería.

El programa decodifica el paquete cuando lo recibe, muestra los resultados en la pantalla del ordenador y los guarda en una base de datos. Luego asigna aleatoriamente el encendido del siguiente módulo y continúa realizando esta tarea hasta que se alcanza el número de mediciones



solicitadas por el entrenador.

La base de datos, que interactúa con el programa del ordenador, fue creada en Access, un software de Microsoft Office. Ésta contiene una lista de todos los deportistas que utilizan el sistema. Cada uno de ellos tiene la posibilidad de realizar muchas rutinas que contienen todas las mediciones obtenidas. Estas rutinas tienen como nombre la fecha y el horario en que se desarrollaron. El entrenador tiene la posibilidad de agregar un nuevo deportista a la base de datos o eliminar uno existente.

## **Evaluación Final del Sistema**

### **Preparación del prototipo con materiales finales**

Para comenzar con las pruebas de los componentes del sistema se estableció una comunicación wifi entre dos módulos wifi para intercambiar datos y corroborar el funcionamiento. Luego de algunas pruebas se obtuvo la secuencia de comandos AT que se requieren para el intercambio de datos de manera correcta.

En la placa de pruebas se realizaron ensayos entre el microcontrolador y los componentes, como por ejemplo las luces LED RGB, para ver como interactuaban. Lo mismo se realizó con el módulo wifi, agregando un observador para visualizar la interacción entre ambos dispositivos.

En cuanto al sensor óptico se destaca que se diseñó en la placa de pruebas. Se tomaron datos analógicos y posteriormente se los envió a través del puerto serie para realizar ensayos hasta lograr un desempeño óptimo.

El funcionamiento de todo el sistema montado en la placa de pruebas no era el deseado ya que aparecían ruidos eléctricos provocando parpadeos en la emisión de luz de los LEDs y el reinicio del módulo wifi en momentos no deseados. Debido a estos inconvenientes se optó por desarrollar la primera versión de la placa.

### **Montaje y ensayo real del prototipo**

Con la creación de la primera versión de la placa siguieron existiendo problemas. El módulo wifi se reiniciaba en determinados momentos que no debía hacerlo, se debían colocar capacitores en la alimentación para atenuar los picos de corriente del módulo wifi y los firmwares de los módulos eran de versiones diferentes, por lo tanto, aparecían errores en la comunicación.

Otra situación conflictiva se presentó con la fuente elevadora de tensión. La misma no era apropiada para lograr el nivel de corriente requerido. Sumado a esto, en la salida se presentaban ruidos eléctricos considerables.

La resistencia serie de los LEDs RGB y la resistencia de base de los transistores se redujeron para obtener mayor intensidad de corriente a la salida de estos y así llegar hasta, aproximadamente, la máxima intensidad lumínica sin superar el máximo nivel de corriente permitido de los LEDs. La misma reducción de resistencia se realizó para el LED infrarrojo logrando que circule mayor corriente y como consecuencia se obtuvo un aumento de la cantidad de luz infrarroja y de la sensibilidad.

Se observó que el sensor óptico reflectivo era sensible a la radiación lumínica del ambiente. Esto surgía a partir de que el fotodiodo captaba la radiación lumínica no solo del ancho de banda infrarrojo sino también del espectro de luz visible.

La batería empleada en esta primera versión de la placa no cumplía con las necesidades del sistema ya que su calidad no era óptima porque brindaba energía durante unos pocos minutos.

Cada uno de estos puntos detallados se resolvieron luego de detectarlos en las diferentes pruebas realizadas. El siguiente paso fue realizar una segunda versión de la placa que contemple todas las mejoras necesarias para el funcionamiento deseado y también se agregaron pines de programación para la actualización del software.

A continuación, se presentan imágenes del desarrollo de la segunda versión de la placa. La misma está formada en dos partes: una parte A contiene el circuito de luces LED RGB y el sensor óptico reflectivo y otra parte B contiene el microcontrolador, el módulo wifi, la batería y su circuito de carga y la fuente elevadora entre otros componentes.

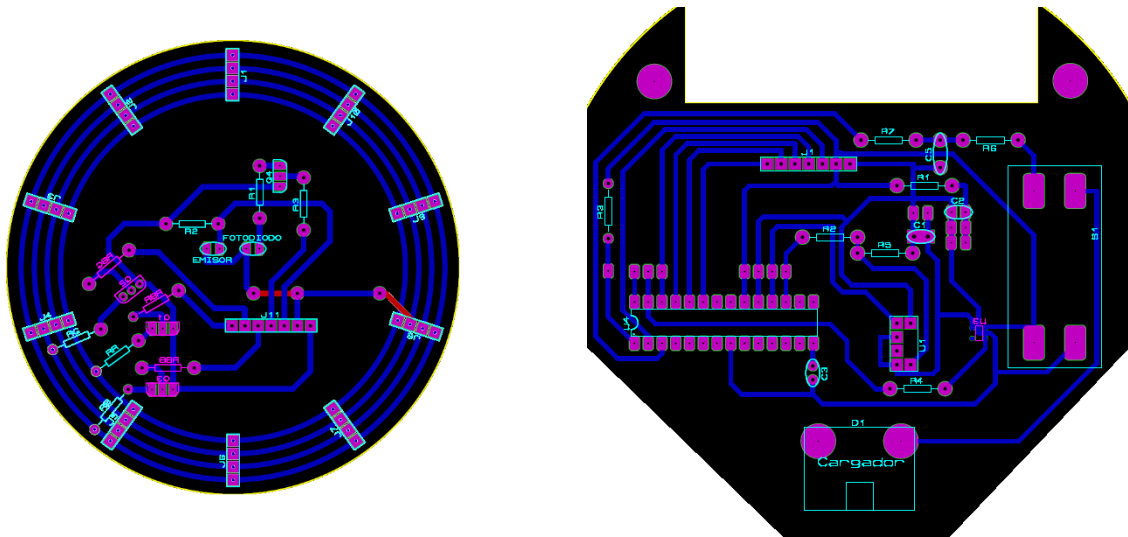


Fig. N° 20 Esquema de la placa A y B en Proteus

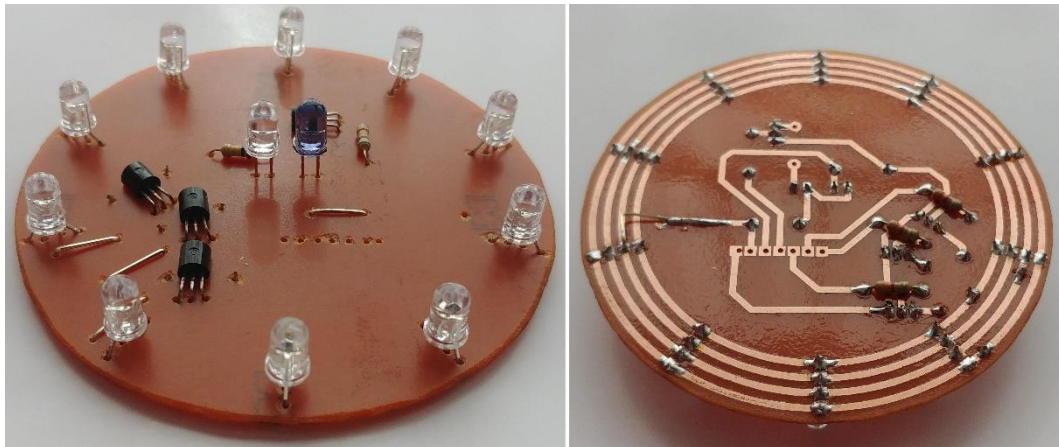


Fig. N° 21 Construcción de placa A.

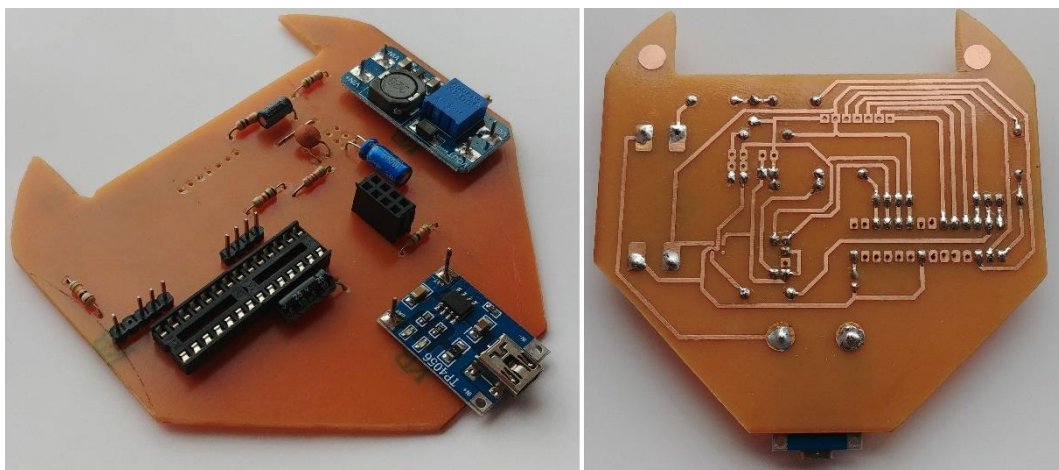
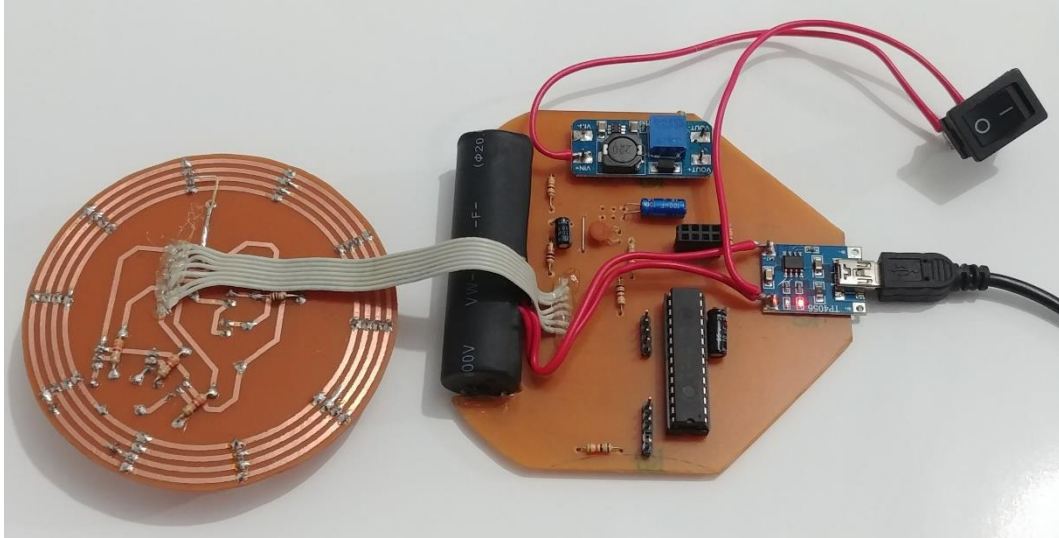


Fig. N° 22 Construcción de la placa B.



**Fig. N° 23** *Combinación de ambas placas.*

### **Análisis del sistema en campo**

Las diferentes pruebas realizadas para corroborar el funcionamiento del sistema, ya con todos los problemas solucionados, se desarrollan tal cual se desea. Cada componente cumple su función.

Se realizan diferentes rutinas de entrenamiento configurando los parámetros de funcionamiento a través del software y todo el sistema, sin excepción, responde correctamente.

Se destaca que luego de las mejoras, la batería en la placa final dura dos horas aproximadamente.

### **Presentación final del prototipo**

El sistema final está compuesto por el ordenador, desde donde se configuran las distintas rutinas, y por dos módulos que permiten ejecutar tales rutinas a los deportistas.

La presentación final del sistema se muestra a continuación:



**Fig. N° 24** *Adaptador conectado al ordenador.*





Fig. N° 25 Módulos durante el funcionamiento.

Se presentan a continuación diferentes capturas del software instalado en el ordenador durante el funcionamiento.

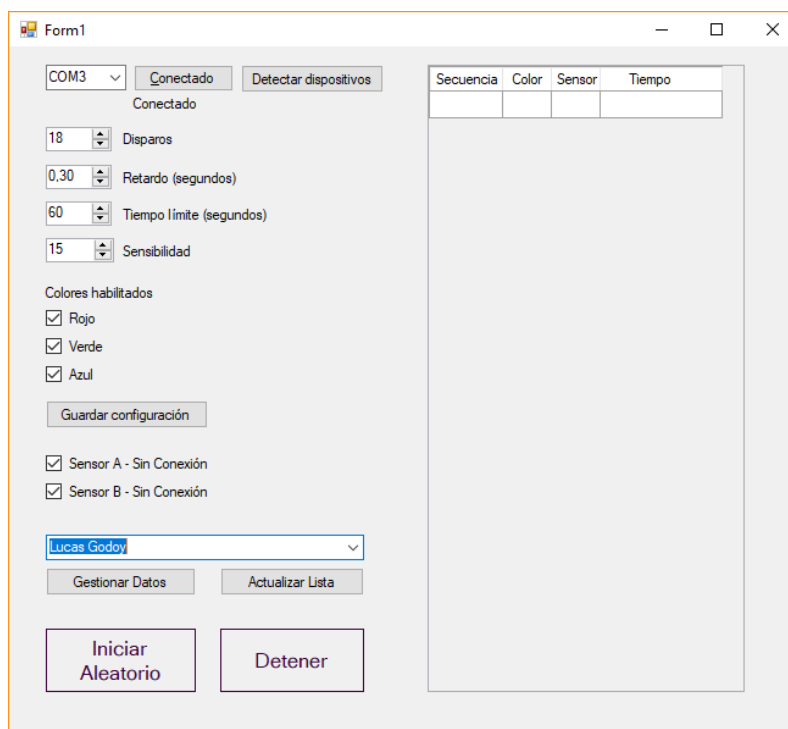


Fig. N° 26 Interfaz gráfica antes de la rutina.

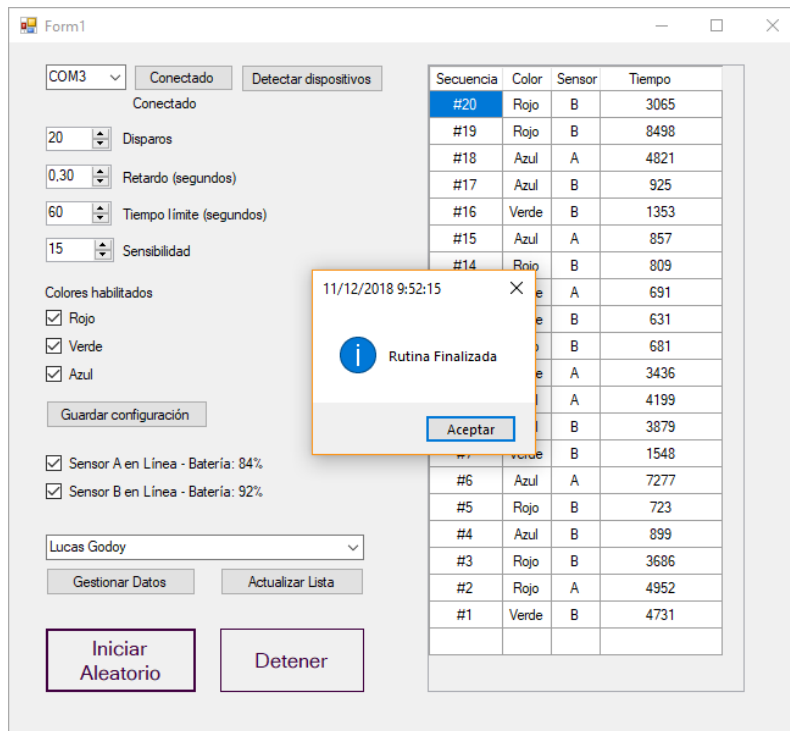


Fig. N° 27 Interfaz gráfica con rutina finalizada.

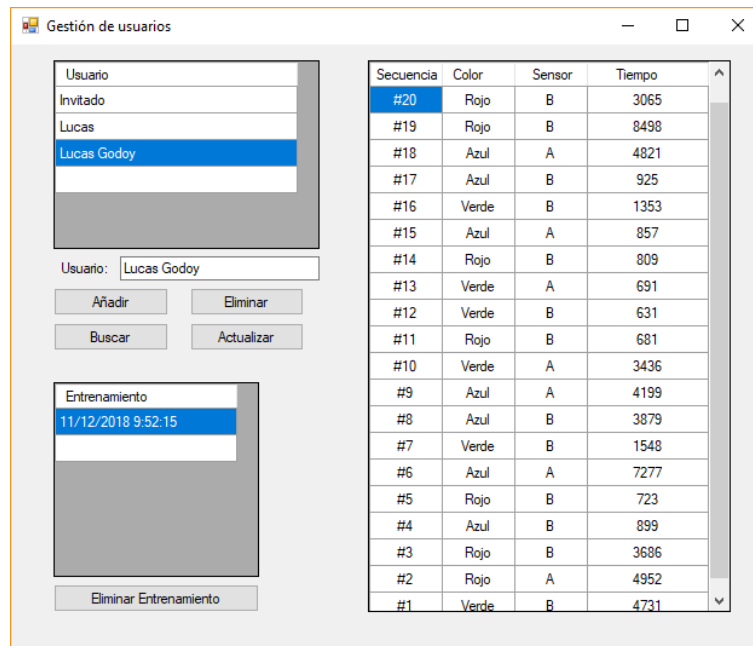


Fig. N° 28 Gestión de la base de datos.



## **Conclusiones**

El sistema desarrollado permite satisfacer las necesidades planteadas en un principio.

Tanto los entrenadores de deportistas como los especialistas en rehabilitación de lesiones pueden contar con el trabajo realizado para mejorar el desempeño de los deportistas incorporando tecnología para tal fin.

Quien se encuentre frente a la interfaz gráfica podrá utilizarla sin inconvenientes ya que es fácil de administrar. Los ajustes para cada rutina se realizan de manera intuitiva y la lectura de los datos almacenados de cada entrenamiento son también de fácil interpretación. Desde el punto de vista del deportista resulta muy atractivo y novedoso el uso de esta tecnología para mejorar su rendimiento.

Otro punto muy importante para destacar es la portabilidad del sistema. A través de la comunicación wifi creada el sistema puede ubicarse en cualquier lugar del ámbito de entrenamiento permitiendo realizar las mediciones de tiempo de reacción sin ningún inconveniente.

A lo largo del desarrollo del trabajo he podido volcar los conocimientos adquiridos a lo largo del cursado de la carrera y, además, he incorporado nuevos conocimientos que me brindarán herramientas para mi futuro como profesional.



---

## Bibliografía

- [1] “PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet”, *Microchip Technology Inc.*, 10.2004. Disponible: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632c.pdf>
- [2] “ESP-01/07/12 Series Modules User's Manual”, *Ai-Thinker Inc*, Version 1.1, 2017. Disponible: [https://wiki.ai-thinker.com/\\_media/esp8266/esp8266\\_series\\_modules\\_user\\_manual\\_v1.1.pdf](https://wiki.ai-thinker.com/_media/esp8266/esp8266_series_modules_user_manual_v1.1.pdf)
- [3] “ESP8266EX Datasheet”, *Espressif IOT Team*, Version 6.0, 11.2018. Disponible: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf)
- [4] “ESP8266 AT Instruction Set”, *Espressif IOT Team*, Version 3.0, 08.2018. Disponible: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/4a-esp8266\\_at\\_instruction\\_set\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/4a-esp8266_at_instruction_set_en.pdf)
- [5] “ICR18650-22F Datasheet”, *Samsung SDI Co., Ltd. Energy Business Division*, Version 4.0, 05.2015. Disponible: <http://gamma.spb.ru/media/pdf/liion-lipolymer-lifepo4-akkumulyatory/ICR18650-22F.pdf>
- [6] “TP4056 Datasheet”, *NanJing Top Power ASIC Corp.* Disponible: <https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Prototyping/TP4056.pdf>
- [7] “TP4056 1A Li-ION Battery Charger Technical Manual”, *e-Gizmo Mechatronix Central*, Rev. 1.0, 2016 Disponible: <http://radiolux.com.ua/files/pdf/TP4056-manual.pdf>
- [8] “TP4056 (VMA321 module) Datasheet”, *Velleman nv.*, Version 1.0, 03.2017. Disponible: [https://www.velleman.eu/downloads/29/vma321\\_a4v01.pdf](https://www.velleman.eu/downloads/29/vma321_a4v01.pdf)
- [9] “MT3608 Datasheet”, *Xi'an Aerosemi Technology Co.,Ltd* , Version 1.0, 2011. Disponible: <https://prom-electric.ru/media/MT3608.pdf>
- [10] “AP2112 Datasheet”, *BCD Semiconductor Manufacturing Limited*, Rev. 2.0, 03.2013. Disponible: <https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/2471/AP2112.pdf>
- [11] “WCH CH340G Datasheet”, *DreamCity Innovations*, Version 1.0. Disponible: <http://www.datasheet5.com/pdf-local-2195953>
- [12] “5mm RGB LED Common Anode Datasheet”, *Kitronik Ltd.* Disponible: [https://www.kitronik.co.uk/pdf/5mm\\_RGB\\_led\\_common\\_cathode.pdf](https://www.kitronik.co.uk/pdf/5mm_RGB_led_common_cathode.pdf)
- [13] “T-1 3/4 (5mm) FULL COLOR LED LAMP Datasheet”, *Kingbright*, Rev. V.7, 10.2013. Disponible: <https://www.mouser.com/ds/2/216/WP154A4SUREQBFZGC-1173568.pdf>
- [14] “KN2222/A Semiconductor Technical Data”, *Korea Electronics (KEC)*, Rev. 0, 01.1996. Disponible: [http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/kec/KN2222\\_A.pdf](http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/kec/KN2222_A.pdf)
- [15] “5mm Infrared LED IR333-A Datasheet”, *Everlight Electronics Co., Ltd.*, Rev. V.5, 12.2016. Disponible: <http://www.everlight.com/file/ProductFile/IR333-A.pdf>
- [16] “5mm photodiode PD333-3B/H0/L2 Datasheet”, *Everlight Electronics Co., Ltd.*, Rev. 4, 12.2016. Disponible: <http://www.everlight.com/file/ProductFile/PD333-3B-H0-L2.pdf>
- [17] <https://naylampmechatronics.com/conversores-dc-dc/119-convertidor-voltaje-dc-dc-step-up-2a-mt3608.html> última consulta 11.2018
- [18] <https://uavlabs.org/2018/06/08/conectando-dos-esp8266-en-modelo-cliente-servidor-para-envio-de-datos-de/> última consulta 11.2018
- [19] <https://docs.microsoft.com/es-es/dotnet/visual-basic/> última consulta 05.2017
- [20] [https://naylampmechatronics.com/blog/21\\_Tutorial-ESP8266-Parte-I.html](https://naylampmechatronics.com/blog/21_Tutorial-ESP8266-Parte-I.html) última consulta 05.2017
- [21] <https://room-15.github.io/blog/2015/03/26/esp8266-at-command-reference/> última consulta 08.2018
- [22] <http://www.electronicwings.com/pic/pic18f4550-interface-with-esp8266-module> última consulta 08.2018
- [23] <http://www.electronicwings.com/sensors-modules/esp8266-wifi-module> última consulta 08.2018
- [24] <https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/interfacing-pic-microcontroller-with-esp8266> última consulta 08.2018
- [25] <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/framework/winforms/index> última consulta 09.2018



- [26] <https://msdn.microsoft.com/es-es/library/dn762121.aspx> última consulta 09.2018
- [27] <https://programarfacil.com/podcast/como-configurar-esp01-wifi-esp8266/> última consulta 12.2018
- [28] [https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/ssw\\_aix\\_72/com.ibm.aix.networkcomm/tcpip\\_protocols.htm](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/ssw_aix_72/com.ibm.aix.networkcomm/tcpip_protocols.htm) última consulta 12.2018
- [29] [https://es.wikipedia.org/wiki/Universal\\_Asynchronous\\_Receiver-Transmitter](https://es.wikipedia.org/wiki/Universal_Asynchronous_Receiver-Transmitter) última consulta 12.2018
- [30] Eduardo García Breijo, *Compilador C CCS y Simulador Proteus para Microcontroladores PIC*, Alfaomega Grupo Editor, 2008



---

## Anexo I

### Descripción de los comandos AT utilizados:

AT+CWMODE=modo

Establece el modo de funcionamiento del módulo wifi

modo : Un entero que designa el modo de operación 1, 2 o 3.

1 = Modo de estación (cliente)

2 = Modo de punto de acceso (host)

3 = Modo de punto de acceso + estación

AT+CWSAP=ssid,pwd,ch,ecn

Establece la configuración del punto de acceso wifi

ssid: Cadena de caracteres que indican el nombre de la red

pwd: Cadena de caracteres de la contraseña

ch: Canal de comunicación.

ecn: Encriptación

0 = ABIERTO

2 = WPA\_PSK

3 = WPA2\_PSK

4 = WPA\_WPA2\_PSK

AT+CIPMUX=mode

Habilita /deshabilita multiples conexiones

mode:

0 : Conexión única

1 : Conexiones múltiples (máx. 4)

AT+CIPSERVER=mode,port

Configura el módulo wifi como servidor

mode:

0: Eliminar servidor

1: Crear servidor

port: número de puerto

AT+CWJAP=ssid,pwd

Establece conexión a la red especificada

ssid: Cadena de caracteres que indican el nombre de la red

pwd: Cadena de caracteres de la contraseña

AT+CIPSTART=id,type,addr,port

Inicia una conexión como cliente.

id: 0-4, id de conexión

type: Cadena de caracteres que indican si es "TCP" o "UDP"

addr: Cadena de caracteres que indican el número de IP a la cual se desea transmitir información

port: número de puerto

AT+CIPSEND=id,length

Establece el largo del dato que será enviado.

id: Número de identificador de conexión de transmisión

length: longitud de los datos, expresado en cantidad de caracteres.

AT+CIPCLOSE=id



Cierra la conexión TCP o UDP.

id : Número de identificador de la conexión a cerrar.

AT+CWLIF

Muestra la información de los clientes conectados a la red



## Anexo II

### Hojas de datos de los componentes utilizados:



# 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 6.25 ns (TCY/16)
  - Compare is 16-bit, max. resolution 100 ns (TCY)
  - 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-channels Analog-to-Digital Converter module (A/D) 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 devices 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		EAUSART	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

Fig. N° 29 PIC 18F2550, extracto de hoja de datos. [1]





# 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.

Fig. N° 30 PIC 18F2550, extracto de hoja de datos. [1]



---

# 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. 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).
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 2 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.

**Fig. N° 31** PIC 18F2550, extracto de hoja de datos. [1]



## 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), $\overline{\text{MCLR}}$ (optional), WDT	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), $\overline{\text{MCLR}}$ (optional), WDT	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), $\overline{\text{MCLR}}$ (optional), WDT	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), $\overline{\text{MCLR}}$ (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

Fig. N° 32 PIC 18F2550, extracto de hoja de datos. [1]



## 1 Product Overview

ESP8266 series wireless module is a series of cost-effective Wi-Fi SOC module which can be developed independently. The series modules support the standard IEEE802.11 b/g/n protocol, built-in complete TCP/IP protocol stack. Users can use this series of modules to add networking capabilities to existing devices, or to build standalone network controllers.

Ai-Thinker Technology can provide customers with a complete hardware, software reference program, in order to shorten your product development cycle, for your cost savings.

### 1.1 Product Features

- The smallest 802.11b/g/n Wi-Fi SOC module
- Using low-power 32-bit CPU, can also serve as the application processor
  - Clocked at up to 160MHz
  - Built-in 10 bit high precision ADC
  - Support UART/GPIO/IIC/PWM/ADC/HSPI and other interfaces
  - Integrated Wi-Fi MAC/BB/RF/PA/LNA
  - Supports multiple sleep modes, deep sleep current as low as 20uA
  - Embedded Lwip protocol stack
  - Support STA/AP/STA + AP work mode
  - Supports Smart Config/AirKiss key distribution network
  - Serial port rate up to 4Mbps
  - General AT commands can be used quickly
  - Support SDK secondary development
  - Supports serial local upgrade and remote firmware upgrade (FOTA)

### 1.2 Application Plan

- Household appliances
- Industrial wireless control
- Wearable electronic products
- Home automation
- Infant Monitor
- Wireless location sensing device
- Smart socket/intelligent light
- IP camera
- Security ID tag
- Mesh network
- Sensor network
- Wireless positioning system beacon

Fig. N° 33 Módulo ESP8266, extracto de hoja de datos. [2]



### 3 Electrical Characteristics

#### 3.1 Maximum Ratings

Table 3.1 Maximum Ratings

Rated value	condition	Value	Unit
Storage Temperature	-	-40 ~ 90	°C
Maximum Welding Temperature	-	250	°C
Supply Voltage	IPC/JEDEC J-STD-020	+3.0 ~ +3.6	V

#### 3.2 Suggested Working Environment

Table 3.2 Recommended working environment

Work Environment	Name	Min	Typ	Max	Unit
Operating Temperature		-20	20	85	°C
Supply Voltage	VDD	3.0	3.3	3.6	V

#### 3.3 Digital Port Features

Table 3.3 Digital Port Features

Port	Name	Min	Typ	Max	Unit
Input logic level low	VIL	-0.3	-	0.25 * VDD	V
Input logic level high	VIH	0.75 * VDD	-	VDD + 0.3	V
Output logic level low	VOL	N	-	0.1 * VDD	V
Output logic level high	VOH	0.8 * VDD	-	N	V

Note: Unless otherwise specified, the test conditions are: VDD = 3.3 V and temperature 20 °C.

**Fig. N° 34** Módulo ESP8266, extracto de hoja de datos. [2]



### 3.4 Power Consumption

All measurements are made at the antenna interface without SAW filters.

All transmit data is based on a 90% duty cycle measured in the continuous firing mode.

Table 3.4 Power consumption

Mode	Min	Typ	Max	Unit
Transmit 802.11b, CCK 11Mbps, POUT = +17dBm		170		mA
Transmit 802.11g, OFDM 54Mbps, POUT = +15dBm		140		mA
Transmit 802.11n, MCS7, POUT = +13dBm		120		mA
Receive 802.11b, packet length 1024 bytes, -80dBm		50		mA
Receive 802.11g, packet length 1024 bytes, -70dBm		56		mA
Receive 802.11n, packet length 1024 bytes, -65dBm		56		mA
Modem-Sleep <sup>①</sup>		20		mA
Light-Sleep <sup>②</sup>		2		mA
Deep-Sleep <sup>③</sup>		20		uA
Power Off		1		uA

Fig. N° 35 Módulo ESP8266, extracto de hoja de datos. [2]



*SAMSUNG SDI Confidential Proprietary.*

Spec. No.	ICR18650-22F	Version No.	4.0
-----------	--------------	-------------	-----

### 1. Scope

This product specification has been prepared to specify the rechargeable lithium-ion cell ('cell') to be supplied to the customer by Samsung SDI Co., Ltd.

### 2. Description and Model

2.1 Description Cell (lithium-ion rechargeable cell)

2.2 Model ICR18650-22F

### 3. Nominal Specifications

Item	Specification
3.1 Nominal Capacity	2200mAh (0.2C, 2.75V discharge)
3.2 Charging Voltage	4.2V±0.05 V
3.3 Nominal Voltage	3.6V
3.4 Charging Method	CC-CV (constant voltage with limited current)
3.5 Charging Current	Standard charge: 1100mA Rapid charge : 2200mA
3.6 Charging Time	Standard charge : 3hours Rapid charge : 2.5hours
3.7 Max. Charge Current	2200mA
3.8 Max. Discharge Current	4400mA
3.9 Discharge Cut-off Voltage	2.75V
3.10 Cell Weight	44.5g max
3.11 Cell Dimension	Diameter(max.) : Φ18.4 mm Height(max.) : 65.0 mm
3.12 Operating Temperature	Charge : 0 to 45°C Discharge: -20 to 60°C
3.13 Storage Temperature	1 year : -20~25°C (1*) 3 months : -20~45°C (1*) 1 month : -20~60°C (1*)

Note (1\*): If the cell is kept as ex-factory status(50% of charge),  
the capacity recovery rate is more than 80%.

Samsung SDI., Energy Business Division.

**Fig. N° 36** Batería de ion de litio 18650, extracto de hoja de datos. [5]



# TP4056 1A Li-ion

## BATTERY CHARGER

Technical Manual Rev 1r0



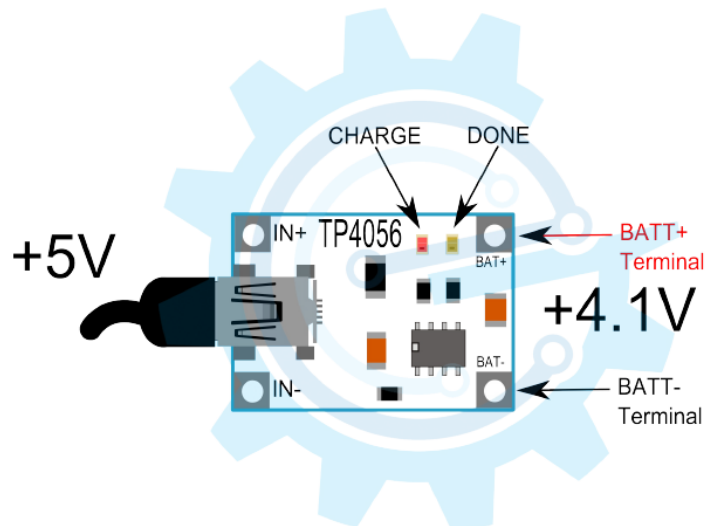
**The TP4056** is a complete constant-current/constant-voltage linear charger for single cell lithium-ion batteries. Applications are in cellular telephones, Portable devices, USB Bus-Powered Chargers. The boards needs a 5V power supply. The current resistor can be replaces for other charge currents.

### Features:

- Complete linear Charger in SOP-8 package for single cell Li-ion batteries
- Constant-current/Constant-voltage
- Charges Single cell Li-ion batteries directly from USB port
- Soft-start limits inrush current
- Preset 4.2V charge voltage with 1.5% accuracy

### General Specifications:

**Input Supply Voltage:** 5VDC  
**Input Supply Current:** 150uA  
**Regulated Output voltage:** 4.2V  
**BAT pin current:** 500mA  
**PCB Dimensions:** 25mm x 19.2m



Major parts presentation of TP4056 1A Li-ION Battery Charger

**Fig. N° 37** Módulo cargador de batería de ion de litio TP4056, extracto de manual técnico. [7]





## TP4056 1A Standalone Linear Li-Ion Battery Charger with Thermal Regulation in SOP-8

### DESCRIPTION

The TP4056 is a complete constant-current/constant-voltage linear charger for single cell lithium-ion batteries. Its SOP package and low external component count make the TP4056 ideally suited for portable applications. Furthermore, the TP4056 can work within USB and wall adapter.

No blocking diode is required due to the internal PMOSFET architecture and have prevent to negative Charge Current Circuit. Thermal feedback regulates the charge current to limit the die temperature during high power operation or high ambient temperature. The charge voltage is fixed at 4.2V, and the charge current can be programmed externally with a single resistor. The TP4056 automatically terminates the charge cycle when the charge current drops to 1/10th the programmed value after the final float voltage is reached.

TP4056 Other features include current monitor, under voltage lockout, automatic recharge and two status pin to indicate charge termination and the presence of an input voltage.

### FEATURES

- Programmable Charge Current Up to 1000mA
- No MOSFET, Sense Resistor or Blocking Diode Required
- Complete Linear Charger in SOP-8 Package for Single Cell Lithium-Ion Batteries
- Constant-Current/Constant-Voltage
- Charges Single Cell Li-Ion Batteries Directly from USB Port
- Preset 4.2V Charge Voltage with 1.5% Accuracy
- Automatic Recharge
- two Charge Status Output Pins
- C/10 Charge Termination
- 2.9V Trickle Charge Threshold (TP4056)
- Soft-Start Limits Inrush Current
- Available Radiator in 8-Lead SOP Package, the Radiator need connect GND or impending

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

- Input Supply Voltage( $V_{CC}$ ):  $-0.3V \sim 8V$
- TEMP:  $-0.3V \sim 10V$
- CE:  $-0.3V \sim 10V$
- BAT Short-Circuit Duration: Continuous
- BAT Pin Current: 1200mA
- PROG Pin Current: 1200uA
- Maximum Junction Temperature:  $145^{\circ}C$
- Operating Ambient Temperature Range:  $-40^{\circ}C \sim 85^{\circ}C$
- Lead Temp.(Soldering, 10sec):  $260^{\circ}C$

### APPLICATIONS

- Cellular Telephones, PDAs, GPS
- Charging Docks and Cradles
- Digital Still Cameras, Portable Devices
- USB Bus-Powered Chargers,Chargers

### Complete Charge Cycle (1000mAh Battery)

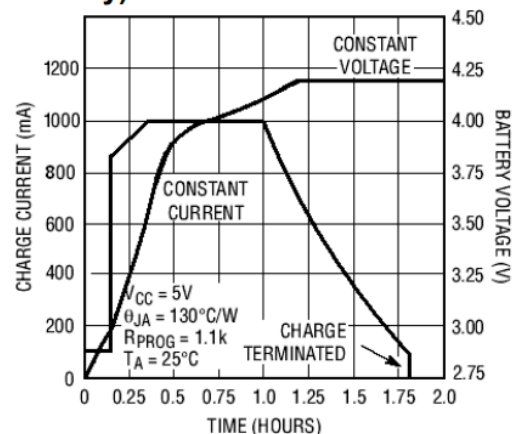


Fig. N° 38 Circuito integrado TP4056, extracto de hoja de datos. [6]



### indicator light state

Charge state	Red LED $\overline{\text{CHRG}}$	Green LED $\overline{\text{STDBY}}$
charging	bright	extinguish
Charge Termination	extinguish	bright
Vin too low; Temperature of battery too low or too high; no battery	extinguish	extinguish
BAT PIN Connect 10u Capacitance; No battery	Green LED bright, Red LED Coruscate T=1-4 S	

### Rprog Current Setting

R <sub>PROG</sub> (k)	I <sub>BAT</sub> (mA)
10	130
5	250
4	300
3	400
2	580
1.66	690
1.5	780
1.33	900
1.2	1000

### TYPICAL APPLICATIONS

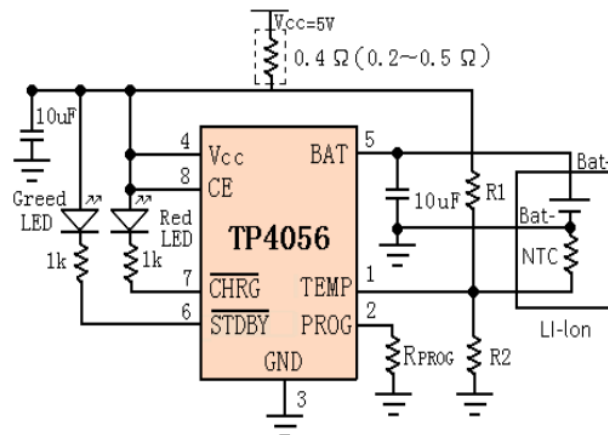


Fig. N° 39 Circuito integrado TP4056, extracto de hoja de datos. [6]



**AEROSEMI**

**MT3608**

2A, High Efficiency  
1.2MHz Current Mode Step-Up Converter

## FEATURES

- Integrated 80mΩ Power MOSFET
- 2V to 24V Input Voltage
- 1.2MHz Fixed Switching Frequency
- Internal 4A Switch Current Limit
- Adjustable Output Voltage
- Internal Compensation
- Up to 28V Output Voltage
- Automatic Pulse Frequency Modulation Mode at Light Loads
- up to 93% Efficiency
- Available in a 6-Pin SOT23-6 Package

## APPLICATIONS

- Battery-Powered Equipment
- Set-Top Boxed
- LCD Bias Supply
- DSL and Cable Modems and Routers
- Networking cards powered from PCI or PCI express slots

## GENERAL DESCRIPTION

The MT3608 is a constant frequency, 6-pin SOT23 current mode step-up converter intended for small, low power applications. The MT3608 switches at 1.2MHz and allows the use of tiny, low cost capacitors and inductors 2mm or less in height. Internal soft-start results in small inrush current and extends battery life.

The MT3608 features automatic shifting to pulse frequency modulation mode at light loads. The MT3608 includes under-voltage lockout, current limiting, and thermal overload protection to prevent damage in the event of an output overload. The MT3608 is available in a small 6-pin SOT-23 package.

## TYPICAL APPLICATION

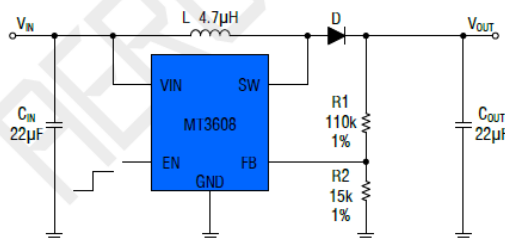


Figure 1. Basic Application Circuit

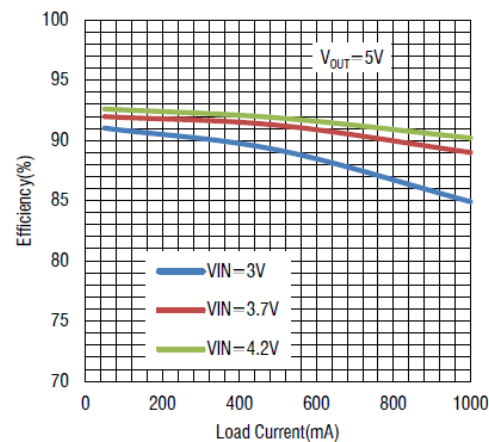


Fig. N° 40 Fuente elevadora de tensión MT3608, extracto de hoja de datos. [9]



### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Note 1)

V <sub>IN</sub> , EN voltages.....	-0.3V to 26V	Junction Temperature(Note2).....	160°C
FB Voltages.....	-0.3V to 6V	Operating Temperature Range.....	-40°C to 85°C
SW Voltage.....	-0.3V to 30V	Lead Temperature(Soldering,10s).....	300°C
Power Dissipation.....	0.6W	Storage Temperature Range.....	-65°C to 150°C
Thermal Resistance $\theta_{JC}$ .....	130°C/W	ESD HBM(Human Body Mode).....	2kV
Thermal Resistance $\theta_{JA}$ .....	250°C/W	ESD MM(Machine Mode).....	200V

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Note 3)

(V<sub>IN</sub>=V<sub>EN</sub>=5V, T<sub>A</sub> = 25°C, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Operating Input Voltage		2		24	V
Under Voltage Lockout				1.98	V
Under Voltage Lockout Hysteresis			100		mV
Current (Shutdown)	V <sub>EN</sub> = 0V		0.1	1	μA
Quiescent Current (PFM)	V <sub>FB</sub> = 0.7V, No switch		100	200	μA
Quiescent Current (PWM)	V <sub>FB</sub> = 0.5V, switch		1.6	2.2	mA
Switching Frequency			1.2		MHz
Maximum Duty Cycle	V <sub>FB</sub> = 0V	90			%
EN Input High Voltage		1.5			V
EN Input Low Voltage				0.4	V
FB Voltage		0.588	0.6	0.612	V
FB Input Bias Current	V <sub>FB</sub> = 0.6V	-50	-10		nA
SW On Resistance			80	150	mΩ
SW Current Limit	V <sub>IN</sub> = 5V, Duty cycle=50%		4		A
SW Leakage	V <sub>SW</sub> = 20V			1	μA
Thermal Shutdown			155		°C

**Note 1:** Absolute Maximum Ratings are those values beyond which the life of a device may be impaired.

**Note 2:** T<sub>J</sub> is calculated from the ambient temperature T<sub>A</sub> and power dissipation P<sub>D</sub> according to the following formula: T<sub>J</sub> = T<sub>A</sub> + (P<sub>D</sub>) x (250°C/W).

**Note 3:** 100% production test at 25°C. Specifications over the temperature range are guaranteed by design and characterization.

**Fig. N° 41** Fuente elevadora de tensión MT3608, extracto de hoja de datos. [9]

## TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

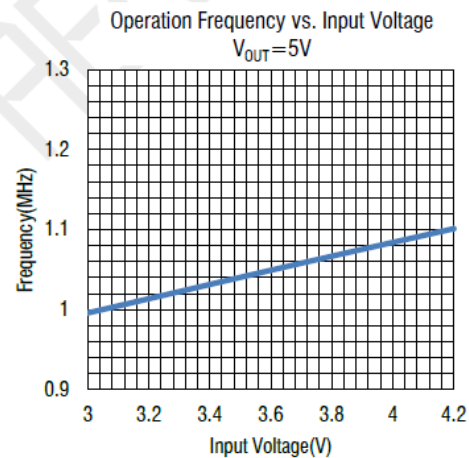
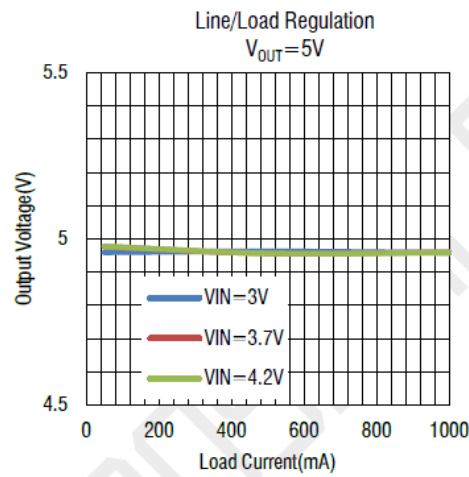
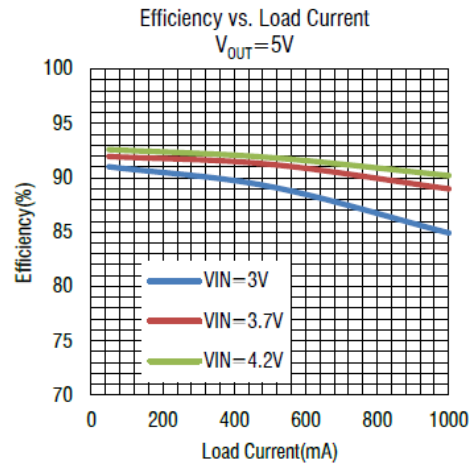


Fig. N° 42 Fuente elevadora de tensión MT3608, extracto de hoja de datos. [9]



## 600mA CMOS LDO REGULATOR WITH ENABLE

AP2112

### General Description

The AP2112 is CMOS process low dropout linear regulator with enable function, the regulator delivers a guaranteed 600mA (min.) continuous load current.

The AP2112 provides 1.2V, 1.8V, 2.5V, 2.6V, 2.8V and 3.3V regulated output and 0.8V to 5V adjustable output, and provides excellent output accuracy  $\pm 1.5\%$ , also provides an excellent load regulation, line regulation and excellent load transient performance due to very fast loop response. The AP2112 has built-in auto discharge function.

The regulator features low power consumption, and provides SOT-23-5, SOT-89-5, and SOIC-8 packages.

### Features

- Output Voltage Accuracy:  $\pm 1.5\%$
- Output Current: 600mA (Min.)
- Foldback Short Current Protection: 50mA
- Enable Function to Turn ON/OFF  $V_{OUT}$
- Low Dropout Voltage (3.3V): 250mV (Typ.) @  $I_{OUT}=600mA$
- Excellent Load Regulation: 0.2%/A (Typ.)
- Excellent Line Regulation: 0.02%/V (Typ.)
- Low Quiescent Current: 55 $\mu A$  (Typ.)
- Low Standby Current: 0.01 $\mu A$  (Typ.)
- Low Output Noise: 50 $\mu V_{RMS}$
- PSRR: 100Hz -65dB, 1kHz -65dB
- OTSD Protection
- Stable with 1.0 $\mu F$  Flexible Cap: Ceramic, Tantalum and Aluminum Electrolytic
- Operation Temperature Range: -40°C to 85°C
- ESD: MM 400V, HBM 4000V

### Applications

- Laptop Computer
- Portable DVD
- LCD Monitor

Fig. N° 43 Regulador de tensión AP2112-3.3, extracto de hoja de datos. [10]



**600mA CMOS LDO REGULATOR WITH ENABLE**

**AP2112**

**Electrical Characteristics (Continued)**

**AP2112-3.3 Electrical Characteristic (Note 2)**

$V_{IN}=4.3V$ ,  $C_{IN}=1.0\mu F$  (Ceramic),  $C_{OUT}=1.0\mu F$  (Ceramic), Typical  $T_A=25^\circ C$ , unless otherwise specified (Note 3).

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Output Voltage	$V_{OUT}$	$V_{IN}=4.3V$ , $1mA \leq I_{OUT} \leq 30mA$	$V_{OUT} * 98.5\%$	3.3	$V_{OUT} * 101.5\%$	V
Maximum Output Current	$I_{OUT(MAX)}$	$V_{IN}=4.3V$ , $V_{OUT}=3.251V$ to $3.350V$	600			mA
Load Regulation	$(\Delta V_{OUT}/V_{OUT}) / \Delta I_{OUT}$	$V_{IN}=4.3V$ , $1mA \leq I_{OUT} \leq 600mA$	-1	0.2	1	%/A
Line Regulation	$(\Delta V_{OUT}/V_{OUT}) / \Delta V_{IN}$	$4.3V \leq V_{IN} \leq 6V$ , $I_{OUT}=30mA$	-0.1	0.02	0.1	%/V
Dropout Voltage	$V_{DROP}$	$I_{OUT}=10mA$		5	8	mV
		$I_{OUT}=300mA$		125	200	
		$I_{OUT}=600mA$		250	400	
Quiescent Current	$I_Q$	$V_{IN}=4.3V$ , $I_{OUT}=0mA$		55	80	$\mu A$
Standby Current	$I_{STD}$	$V_{IN}=4.3V$ , $V_{EN}$ in OFF mode		0.01	1.0	$\mu A$
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	Ripple 0.5Vp-p $V_{IN}=4.3V$ , $I_{OUT}=100mA$	$f=100Hz$	65		dB
			$f=1KHz$	65		
Output Voltage Temperature Coefficient	$(\Delta V_{OUT}/V_{OUT}) / \Delta T$	$I_{OUT}=30mA$ $T_A=-40^\circ C$ to $85^\circ C$		$\pm 100$		ppm/ $^\circ C$
Short Current Limit	$I_{SHORT}$	$V_{OUT}=0V$		50		mA
RMS Output Noise	$V_{NOISE}$	No Load, $10Hz \leq f \leq 100kHz$		50		$\mu V_{RMS}$
$V_{EN}$ High Voltage	$V_{IH}$	Enable logic high, regulator on	1.5		6.0	V
$V_{EN}$ Low Voltage	$V_{IL}$	Enable logic low, regulator off	0		0.4	
Start-up Time	$t_s$	No Load		20		$\mu s$
EN Pull Down Resistor	$R_{PD}$			3.0		$M\Omega$
$V_{OUT}$ Discharge Resistor	$R_{DCHG}$	Set EN pin at Low		60		$\Omega$
Thermal Shutdown Temperature	$T_{OTSD}$			160		$^\circ C$
Thermal Shutdown Hysteresis	$T_{HYOTSD}$			25		
Thermal Resistance	$\theta_{JC}$	SOT-23-5		96		$^\circ C/W$
		SOIC-8		75		
		SOT-89-5		47		

Note 2: To prevent the Short Circuit Current protection feature from being prematurely activated, the input voltage must be applied before a current source load is applied.

Note 3: Production testing at  $T_A=25^\circ C$ . Over temperature specifications guaranteed by design only.

**Fig. N° 44** Regulador de tensión AP2112-3.3, extracto de hoja de datos. [10]



Datasheet

5mm RGB LED common anode  
<http://www.kitronik.co.uk>

## Kitronik Ltd – 5mm RGB LED Common Anode

### TECHNOLOGY DATA SHEET & SPECIFICATIONS



#### Device Selection Guide

Chip		Lens Colour
Material	Emitted Color	
AlGaInP	Red	Water clear
InGaN	Green	
InGaN	Blue	

#### Features

- Uniform light output.
- Low power consumption.
- I.C. compatible.
- Long life solderability.
- **Common Anode.**

#### Descriptions

- The Red source colour devices are made with AlGaInP on GaAs substrate.
- The Green source colour devices are made with InGaN on sic.
- The Blue source colour devices are made with InGaA1N on sic.

#### Usage Notes:

- The ultra bright LED is an electrostatic sensitive device, so static electricity and surge will damage the LED.
- It is required to wear a wrist-band when handling the LED. All device, equipment, machinery, desk and ground must be properly grounded.
- When using LED, it must use a protective resistor in series with DC current about 20mA.

#### Applications

- Status indicators.
- Commercial use.
- Advertising signs.
- Back lighting.

Fig. N° 45 LED RGB, extracto de hoja de datos. [12]





<b>Datasheet</b>	5mm RGB LED common anode <a href="http://www.kitronik.co.uk">http://www.kitronik.co.uk</a>
------------------	---

### Absolute Maximum Rating (Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Absolute Maximum Rating	Unit
Forward Pulse Current	IFPM	R :60 G: 100 B: 100	mA
Forward Current	IFM	20	mA
Reverse Voltage	VR	5	V
Power Dissipation	PD	R :60 G: 130 B: 130	mW
Operating Temperature	Topr	-40~+80	°C
Storage Temperature	Tstg	-40~+100	°C
Soldering Temperature	Tsol	Reflow Soldering : 260 °C for 10 sec. Hand Soldering : 350 °C for 3 sec.	°C

### Electro-Optical Characteristics (Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Device	Min.	Typ.	Max.	Unit	Test Condition
Luminous Intensity	Iv	Red Green Blue	1500 2000 1500	1800 2300 1800	2300 2700 2200	mcd	IF=20mA
Viewing Angle	2θ1/2	Red Green Blue	30	45	50	Deg	
Peak Emission Wavelength	λp	Red Green Blue	635 520 460	640 525 465	650 530 470	nm	IF=20mA
Spectral Line Half-Width	Δλ	Red Green Blue	15 15 25	20 20 30	25 25 35	nm	IF=20mA
Forward Voltage	VF	Red Green Blue	1.9 2.9 2.9	--- --- ---	2.5 3.5 3.5	V	IF=20mA
Reverse Current	IR	Red Green Blue	--- --- ---	--- --- ---	10	μA	VR=5V

Fig. N° 46 LED RGB, extracto de hoja de datos. [12]



**KEC**

**SEMICONDUCTOR  
TECHNICAL DATA**

**KN2222/A**  
EPITAXIAL PLANAR NPN TRANSISTOR

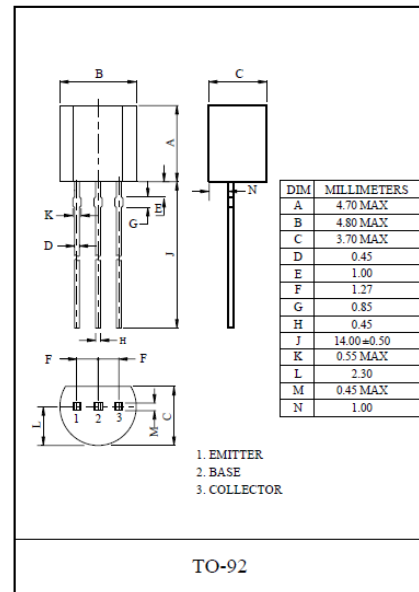
GENERAL PURPOSE APPLICATION.  
SWITCHING APPLICATION.

FEATURES

- Low Leakage Current  
:  $I_{CEX}=10nA(\text{Max.})$ ;  $V_{CE}=60V$ ,  $V_{EB}(\text{OFF})=3V$ .
- Low Saturation Voltage  
:  $V_{CE(\text{sat})}=0.3V(\text{Max.})$ ;  $I_C=150mA$ ,  $I_B=15mA$ .
- Complementary to the KN2907/2907A.

MAXIMUM RATING ( $T_a=25^\circ C$ )

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING		UNIT
		KN2222	KN2222A	
Collector-Base Voltage	$V_{CBO}$	60	75	V
Collector-Emitter Voltage	$V_{CEO}$	30	40	V
Emitter-Base Voltage	$V_{EBO}$	5	6	V
Collector Current	$I_C$	600		mA
Collector Power Dissipation ( $T_a=25^\circ C$ )	$P_C$	625		mW
Junction Temperature	$T_j$	150		$^\circ C$
Storage Temperature Range	$T_{stg}$	-55 ~ 150		$^\circ C$



**Fig. N° 47** Transistor KN2222A, extracto de hoja de datos. [14]



ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta=25°C)

CHARACTERISTIC		SYMBOL	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Collector Cut-off Current	KN2222A	$I_{CEX}$	$V_{CE}=60V, V_{EB(OFF)}=3V$	-	-	10	nA
Collector Cut-off Current	KN2222	$I_{CBO}$	$V_{CB}=50V, I_E=0$	-	-	10	nA
	KN2222A		$V_{CB}=60V, I_E=0$	-	-	10	
Emitter Cut-off Current	KN2222A	$I_{EBO}$	$V_{EB}=3V, I_C=0$	-	-	10	nA
Collector-Base Breakdown Voltage	KN2222	$V_{(BR)CBO}$	$I_C=10\mu A, I_E=0$	60	-	-	V
	KN2222A			75	-	-	
Collector-Emitter Breakdown Voltage *	KN2222	$V_{(BR)CEO}$	$I_E=10mA, I_B=0$	30	-	-	V
	KN2222A			40	-	-	
Emitter-Base Breakdown Voltage	KN2222	$V_{(BR)EBO}$	$I_E=10\mu A, I_C=0$	5	-	-	V
	KN2222A			6	-	-	
DC Current Gain *	KN2222 KN2222A	$h_{FE(1)}$	$I_C=0.1mA, V_{CE}=10V$	35	-	-	
		$h_{FE(2)}$	$I_C=1mA, V_{CE}=10V$	50	-	-	
		$h_{FE(3)}$	$I_C=10mA, V_{CE}=10V$	75	-	-	
		$h_{FE(4)}$	$I_C=150mA, V_{CE}=10V$	100	-	300	
	KN2222 KN2222A	$h_{FE(5)}$	$I_C=500mA, V_{CE}=10V$	30	-	-	
				40	-	-	
Collector-Emitter Saturation Voltage *	KN2222 KN2222A	$V_{CE(sat)1}$	$I_C=150mA, I_B=15mA$	-	-	0.4	V
				-	-	0.3	
	KN2222 KN2222A	$V_{CE(sat)2}$	$I_C=500mA, I_B=50mA$	-	-	1.6	
				-	-	1.0	
Base-Emitter Saturation Voltage *	KN2222 KN2222A	$V_{BE(sat)1}$	$I_C=150mA, I_B=15mA$	-	-	1.3	V
				0.6	-	1.2	
	KN2222 KN2222A	$V_{BE(sat)2}$	$I_C=500mA, I_B=50mA$	-	-	2.6	
				-	-	2.0	
Transition Frequency	KN2222	$f_T$	$I_C=20mA, V_{CE}=20V$ $f=100MHz$	250	-	-	MHz
	KN2222A			300	-	-	
Collector Output Capacitance		$C_{ob}$	$V_{CB}=10V, I_E=0, f=1.0MHz$	-	-	8	pF

\* Pulse Test : Pulse Width  $\leq 300\mu S$ , Duty Cycle  $\leq 2\%$ .

**Fig. N° 48** Transistor KN2222A, extracto de hoja de datos. [14]

## Technical Data Sheet

### 5mm Infrared LED , T-1 3/4



#### Features

- High reliability
- High radiant intensity
- Peak wavelength  $\lambda_p=940\text{nm}$
- 2.54mm Lead spacing
- Low forward voltage
- Pb free
- The product itself will remain within RoHS compliant version.

#### Descriptions

- EVERLIGHT'S Infrared Emitting Diode(IR333-A) is a high intensity diode , molded in a blue transparent plastic package.
- The device is spectrally matched with phototransistor , photodiode and infrared receiver module.

#### Applications

- Free air transmission system
- Infrared remote control units with high power requirement
- Smoke detector
- Infrared applied system

#### IR333-A



#### Absolute Maximum Ratings (Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Rating	Units
Continuous Forward Current	$I_F$	100	mA
Peak Forward Current	$I_{FP}$	1.0	A
Reverse Voltage	$V_R$	5	V
Operating Temperature	$T_{opr}$	-40 ~ +85	°C
Storage Temperature	$T_{stg}$	-40 ~ +85	°C
Soldering Temperature	$T_{sol}$	260	°C
Power Dissipation at(or below) 25°C Free Air Temperature	$P_d$	150	mW

Notes: \*1: $I_{FP}$  Conditions--Pulse Width  $\leq 100 \mu s$  and Duty  $\leq 1\%$ .

\*2:Soldering time  $\leq 5$  seconds.

#### Electro-Optical Characteristics (Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
Radiant Intensity	Ee	$I_F=20\text{mA}$	7.8	20	--	mW/sr
		$I_F=100\text{mA}$ Pulse Width $\leq 100 \mu s$ ,Duty $\leq 1\%$	--	85	--	
		$I_F=1\text{A}$ Pulse Width $\leq 100 \mu s$ ,Duty $\leq 1\%$ .	--	750	--	
Peak Wavelength	$\lambda_p$	$I_F=20\text{mA}$	--	940	--	nm
Spectral Bandwidth	$\Delta \lambda$	$I_F=20\text{mA}$	--	45	--	nm
Forward Voltage	$V_F$	$I_F=20\text{mA}$		1.2	1.5	V
		$I_F=100\text{mA}$ Pulse Width $\leq 100 \mu s$ ,Duty $\leq 1\%$	--	1.4	1.8	
		$I_F=1\text{A}$ Pulse Width $\leq 100 \mu s$ ,Duty $\leq 1\%$ .	--	2.6	4.0	
Reverse Current	$I_R$	$V_R=5\text{V}$	--	--	10	$\mu A$
View Angle	$2 \theta 1/2$	$I_F=20\text{mA}$	--	20	--	deg

Fig. N° 49 LED infrarrojo, extracto de hoja de datos. [15]



DATASHEET  
5mm photodiode  
PD333-3B/H0/L2

EVERLIGHT

### Features

- Fast response time
- High photo sensitivity
- Small junction capacitance
- Pb free
- The product itself will remain within RoHS compliant version
- Compliance with EU REACH

### Description

- PD333-3B/H0/L2 is a high speed and high sensitive PIN photodiode in a standard 5Φ plastic package. Due to its black epoxy the device is sensitive to infrared radiation

### Applications

- High speed photo detector
- Security system
- Camera

### Absolute Maximum Ratings (Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Reverse Voltage	$V_R$	32	V
Operating Temperature	$T_{opr}$	-25 ~ +85	°C
Storage Temperature	$T_{stg}$	-40 ~ +100	°C
Soldering Temperature	$T_{sol}$	260	°C
Power Dissipation at (or below) 25°C Free Air Temperature	$P_c$	150	mW

### Electro-Optical Characteristics (Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Condition
Range Of Spectral Bandwidth	$\lambda_{0.5}$	840	-----	1100	nm	-----
Wavelength Of Peak Sensitivity	$\lambda_p$	-----	940	-----	nm	-----
Open-Circuit Voltage	$V_{oc}$	-----	0.39	-----	V	$E_e=1mW/cm^2$ $\lambda_p=940nm$
Short- Circuit Current	$I_{sc}$	-----	35	-----	$\mu A$	$E_e=1mW/cm^2$ $\lambda_p=940nm$
Reverse Light Current	$I_L$	25	35	-----	$\mu A$	$E_e=1mW/cm^2$ $\lambda_p=940nm$ $V_R=5V$
Reverse Dark Current	$I_D$	----	5	30	nA	$E_e=0mW/cm^2$ $V_R=10V$
Reverse Breakdown Voltage	$V_{BR}$	32	170	-----	V	$E_e=0mW/cm^2$ $I_R=100\mu A$
Total Capacitance	$C_t$	-----	18	-----	pF	$E_e=0mW/cm^2$ $V_R=5V$ $f=1MHz$
Rise Time/ Fall Time	$t_r / t_f$	-----	45	-----	ns	$V_R=10V$ $R_L=100\Omega$
View Angle	$2\theta_{1/2}$	-----	80	-----	deg	$I_f=20mA$

Note:

Tolerance of Dominant Wavelength:  $\pm 1nm$

Tolerance of Forward Voltage:  $\pm 0.1V$

Fig. N° 50 Fotodiodo, extracto de hoja de datos. [16]



## WCH CH340 Series USB Interface Integrated Circuit

# CH340G USB to UART Interface Datasheet

WCH Version 1E

DreamCity Version 1.0

## Disclaimer from DreamCity Innovations

This is a third-party translation of WCH's CH340 Series chipset's Chinese datasheet, with information regarding CH340G chip extracted. The two other chips sharing the same datasheet, CH340R and C340T, have official English version.

## 1. Overview

CH340 is a series of USB bus adapters, that provides serial, parallel or IrDA interfaces over the USB bus (*note: CH340G supports serial interface only*). The CH340G integrate circuit provides common MODEM signals to allow adding a UART to a computer, or converting existing UART devices to USB interface.

## 2. Features

- Full-speed USB interface, compatible with USB 2.0 interface.
- Operates with a minimum amount of external components: a crystal and a minimum of four capacitors.
- Provides a virtual serial port for upgrading existing serial port devices or adding serial ports to a PC.
- Supports all existing applications using serial ports without the need of changing existing code.
- Hardware full-duplex serial interface with internal FIFO. Baud rate range from 50bps to 2Mbps.
- Supports common flow control signals RTS, DTR, DCD, RI, DSR and CTS.
- Supports RS232, RS422 and RS485 with external level shifting components.
- Uses CH341 driver.
- Supports 5V and 3.3V operation.
- RoHS-compliant narrow body SO-16 package.

**Fig. N° 51** Circuito integrado CH340G, extracto de hoja de datos. [11]



### 3. Specifications

#### 3.1. Absolute Maximum Ratings

Operating the chip at or beyond those ratings will cause the chip to malfunction, even irreversibly damage the chip.

Symbol	Name	Minimum	Maximum	Unit
T <sub>A</sub>	Operating temperature	-40	85	°C
T <sub>S</sub>	Storage temperature	-40	125	°C
V <sub>CC</sub>	Supply rail voltage, reference to GND pin	-0.5	6.5	V
V <sub>IO</sub>	IO pin voltage, reference to GND pin	-0.5	V <sub>CC</sub> +0.5	V

#### 3.2. DC characteristics

Symbol	Name	Minimum	Typical	Maximum	Unit	
V <sub>CC</sub>	Supply rail voltage	5V operation	4.5	5	5.5	V
		3.3V operation	3.3	3.3	3.8	
I <sub>CC</sub>	Operating current		12	30	mA	
I <sub>SLP</sub>	Sleeping current	5V operation		150	200	μA
		3.3V operation		50	80	
V <sub>IL</sub>	Low input voltage	-0.5		0.7	V	
V <sub>IH</sub>	High input voltage	2.0		V <sub>CC</sub> +0.5	V	
V <sub>OL</sub>	Low output voltage			0.5	V	
V <sub>OH</sub>	High output voltage	V <sub>CC</sub> -0.5			V	
I <sub>UP</sub>	Internal pull-up strength	3	150	300	μA	
I <sub>DN</sub>	Internal pull-down strength	-50	-150	-300	μA	
V <sub>R</sub>	Brown-out detector threshold voltage	2.3	2.6	2.9	V	

#### 3.3. AC characteristics

Symbol	Name	Minimum	Typical	Maximum	Unit
F <sub>CLK</sub>	Clock frequency (at pin XI)	11.98	12.00	12.02	MHz
T <sub>PR</sub>	Power-on reset time		20	50	ms

Fig. N° 52 Circuito integrado CH340G, extracto de hoja de datos. [11]