

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE TECNOLOGIA
CARRERA DE ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES



**“CONSTRUCCION DE UN RADIOMETRO UV
PARA PREVENCION DE EFECTOS
DE LA RADIACION ULTRAVIOLETA”**

Proyecto de Grado Técnico presentado para obtener el grado de
Técnico Universitario Superior en Electrónica

Postulante: ELIAS SANTOS CONDORI CHAVEZ

Tutor: LIC. NIXON VARGAS MAMANI

La Paz – Bolivia
Junio, 2021

DEDICATORIA

A Dios por toda la inspiración, la confianza y protección en todo momento.

A mis padres queridos, ejemplos de esfuerzo y dedicación; por darme el impulso para salir siempre adelante ante cualquier circunstancia.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi padres Calixto y Marcelina, por los valores eticos y morales inculcados, por ser ejemplos de responsabilidad, esfuerzo y superación y a mis hermanos por creer en mi, por su preocupacion y apoyo incondicional.

Al Lic. Luis Richard Marquez Gonzales por toda la colaboracion para hacer posible el desarrollo del presente proyecto.

Al Lic. Nixon Vargas Mamani tutor del presente proyecto, gracias por su apoyo y consejos durante todo este proceso.

A mis docentes del tribunal examinador por ejercer con excelencia su labor, por su valiosa colaboración, buena voluntad de revisar el presente trabajo.

RESUMEN

Los rayos solares son esenciales para la vida, una exposición moderada a la radiación ultravioleta contribuye a la síntesis de vitamina D, pero exponerse mucho puede ser dañino para la piel, ojos y el sistema inmunitario. Uno de los mayores problemas al exponerse al sol es el cáncer de piel. La exposición directa al sol es una amenaza para todas las personas, de manera particular para los menores de edad, por ello es importante contar con medidas preventivas oportunas. La idea de este proyecto es proporcionar a las personas información en tiempo real de la radiación ultravioleta a la que se exponen, esto mediante dispositivos que permitan medir los niveles de rayos ultravioleta (UV-A y UV-B) y mostrarlos a través de dispositivos led. La propuesta realiza mediciones con varios sensores, y mediante un microcontrolador determina el índice ultravioleta presente en el ambiente, el cual es desplegado a través de una pantalla LCD así como en un panel de leds dispuesto a manera de semáforo de cinco colores, que se activarán en función del índice UV calculado por el microcontrolador.

CAPITULO III **INGENIERIA DEL PROYECTO**

3.1.	DESARROLLO PRACTICO EXPERIMENTAL.....	48
3.2.	ARQUITECTURA DEL PROYECTO.....	48
3.3	TRATAMIENTO DE LA SEÑAL.....	50
3.4	MODULOS DEL SISTEMA.....	52
3.5	DIAGRAMA DEL CIRCUITO GENERAL.....	75

CAPITULO IV **ETAPA DE PRUEBAS**

4.1.	HERRAMIENTAS SOFTWARE/HARDWARE.....	79
4.2.	COMUNICACIÓN UART CON MICROCONTROLADOR	83
4.3	ADQUISICION DE DATOS DE LOS SENSORES.....	85

CAPITULO V **ANALISIS DE COSTOS**

5.1.	COSTOS DIRECTOS.....	88
5.2.	COSTOS INDIRECTOS.....	90

CAPITULO VI **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	91
6.2	BIBLIOGRAFIA.....	93
6.3	ANEXOS.....	94

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Distribución vertical generalizada de la temperatura y presión.....	7
Figura 2. Espectro electromagnético.....	12
Figura 3. Distribución espectral de la radiación solar.....	13
Figura 4. Escala del Índice Ultravioleta.....	21
Figura 5. Esquema de un piranómetro.....	27
Figura 6. Piranómetro con dispositivo de sombra para medir la radiación difusa.....	28
Figura 7. Estructura de un microcontrolador.....	29
Figura 8. Distribución de pines del PIC16F877A.....	32
Figura 9. Distribución de los puertos del PIC16F877.....	33
Figura 10. Conexión de un oscilador XT.....	35
Figura 11. Conexión de un oscilador RS.....	35
Figura 12. Arquitectura del PIC 16F877A.....	36
Figura 13. Mapa de memoria de programa del PIC16F877.....	38
Figura 14. Modulo del convertidor A/D.....	39
Figura 15. Sensor GUVA-S12SD.....	43
Figura 16. Pantalla LCD 20x4.....	43
Figura 17. Sensor de temperatura LM35.....	45
Figura 18. Circuito integrado LM358.....	46
Figura 19. Reloj en tiempo real DS3231.....	47
Figura 20. Arquitectura del Radiómetro UV.....	48
Figura 21. Diagrama de bloques del proyecto.....	53

Figura 22. Circuito de alimentación.....	54
Figura 23. Transistor TIP41C.....	55
Figura 24. Regulador de Voltaje 7805.....	55
Figura 25. Modulo de tratamiento de señal.....	59
Figura 26. Disposición angular de los sensores.....	59
Figura 27. Canales analógicos del PIC16F877A.....	61
Figura 28. Diagrama bloque de procesamiento.....	62
Figura 29. Control de Temperatura.....	64
Figura 30. Tensión de salida según el índice UV.....	65
Figura 31. Modulo GUVA-S12SD.....	66
Figura 32. Disposición de los sensores GUVA-S12SD.....	67
Figura 33. Display LCD 20x4.....	68
Figura 34. Baterías de Li-ión 18650.....	71
Figura 35. Modulo control nivel de batería.....	72
Figura 36. Transistor como interruptor controlado por microcontrolador.....	73
Figura 37. Modulo de Leds.....	74
Figura 38. Diagrama del circuito general.....	75
Figura 39. Diseño de Pistas.....	76
Figura 40. Diseño de pista tablero de leds.....	77
Figura 41. Montaje final.....	78
Figura 42. Espacio de trabajo del software PICKit2.....	80
Figura 43. Entorno de trabajo del PLX-DAQ.....	82
Figura 44. Modulo FTDI FT232RL.....	83
Figura 45. Conexión PIC con FT232RL.....	83

Figura 46. Hoja de cálculo de registro de datos.....	85
Figura 47. Grafica de los sensores UV en funcion del tiempo.....	86
Figura 48. Grafica del Indice UV en funcion del tiempo.....	87

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tipos de radiación ultravioleta.....	16
Tabla 2. Categoría de exposición a la radiación UV.....	21
Tabla 3. Niveles de voltaje en GUVA-S12SD	67
Tabla 4. Conexiones del LCD	69
Tabla 5. Costo para la información técnica.....	88
Tabla 6. Costo de los componentes electrónicos.....	89
Tabla 7. Costos indirectos.....	90
Tabla 8. Costo Total.....	90

CAPITULO I

ANTECEDENTES DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

El debilitamiento de la capa de ozono en algunas áreas geográficas de nuestro planeta está produciendo cambios de manera alarmante y están surgiendo nuevas formas para asumir la salud preventiva

La radiación ultravioleta afecta de manera considerable a la piel, dichas radiaciones causan un problema llamado fotoenvejecimiento prematuro, lo que genera varias enfermedades peligrosas para la piel, de ellas la más grave es el cáncer. El 90% de los canceres de piel se atribuyen a los rayos ultravioleta y se supone que una disminución en la capa de ozono de un 1% podría incidir en aumentos de un 4 a un 6% de distintos tipos de cáncer de piel.

La piel es el órgano más grande de nuestro cuerpo. El cáncer de piel es una de las enfermedades más frecuentes a nivel mundial, ocupando aproximadamente el 10% de todos los canceres, la cual no solo afecta a la piel, sino que tiene efectos perjudiciales para los ojos y el sistema inmunitario.

Uno de los factores de riesgo más importantes son los ambientales y de ellos la radiación solar. La exposición a niveles altos de radiación UV puede ocasionar en corto tiempo (días a semanas) lesiones dérmicas como las quemaduras solares, fotodermatitis y fotosensibilización.

1.1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

En la actualidad, la informacion del nivel de radiación y las recomendaciones que se debe tener para el cuidado de la piel son escasas, por lo general solo se informa la temperatura y los pronósticos de lluvia.

De acuerdo a estadísticas la ciudad de La Paz y de El Alto cuenta con una población de más un millón y medio de habitantes, ambas ciudades se encuentran a más de 3600 m.s.n.m. y 4000 m.s.n.m. respectivamente y debido a la elevada altitud los niveles de radiación ultravioleta son de mayor intensidad con respecto a otras ciudades.

Conociendo el nivel de radiacion ultravioleta se sabran las medidas de protección que se deben tomar y asi evitar lesiones en la piel o afecciones en el organo visual.

Por lo tanto debemos plantearnos la pregunta de si existe algún sistema de señalización económico para la prevención de los efectos de la radiación ultravioleta.

En la implementacion del prototipo se prevé que la sociedad este informada del nivel de radiación y tomar las medidas necesarias ya sea con respecto a la vestimenta o productos de cuidado de la piel.

1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un prototipo que mida e indique el nivel de radiación ultravioleta para prevenir a la comunidad de las consecuencias del exceso a la exposición.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a) Desarrollar un medidor de radiación ultravioleta mediante el uso de un dispositivo sensor óptico.
- b) Mostrar el nivel de radiacion ultravioleta en tiempo real
- c) Implementar el sistema de señalización mediante el uso de dispositivos LED de color para la visualización de los índices de radiación ultravioleta.

1.3 JUSTIFICACION

1.3.1. SOCIAL

El presente proyecto ayudara a conocer los niveles de radiación ultravioleta a los que está expuesto la población alertando de manera visible sobre la prevención y posibles tipos de daño en la piel debido a la exposición prolongada a los rayos del sol.

1.3.2 TÉCNICA

Con el uso de sensores ópticos y microcontroladores pueden medirse determinadas longitudes de onda del espectro solar a cualquier hora del día y en cualquier lugar, las mismas que pueden ser registradas para su posterior análisis.

1.3.3. ECONOMICA

Debido a los costos accesibles de los componentes electrónicos con relación a un sistema integrado con las mismas características y de propósito específico manufacturado por empresas transnacionales, nos vemos en el ánimo de implementar uno cuyas características se adapten a un presupuesto bajo.

1.4. DELIMITACION

1.4.1. DELIMITACION TEMATICA

El sistema tendrá la tarea de mostrar a lo largo del día los niveles de radiación ultravioleta provenientes del sol, los mismos que se adecuarán a un modo de señalización siguiendo patrones internacionales.

1.4.2. DELIMITACION ESPACIAL

El proyecto a desarrollar podrá ser ubicado en sitios particulares y públicos donde se requiera conocer los niveles de radiación ultravioleta, expuesta al medio ambiente y tendrá libre visibilidad a través del sistema de señalización adecuado.

CAPITULO II

FUNDAMENTO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

2.1.1 INTRODUCCION

La seguridad y la salud en el trabajo constituyen temas de interés para los gobiernos, los empleadores, los trabajadores y sus familias.

La información científica demuestra que la exposición excesiva y/o acumulada de radiación ultravioleta de fuentes naturales o artificiales produce efectos dañinos a corto y largo plazo, principalmente en ojos y piel, que van desde quemaduras solares, alteraciones de la respuesta, fotoenvejecimiento, cataratas a nivel ocular y tumores malignos de piel. Este aumento de casos de cáncer de piel según estadísticas se ha incrementado por la exposición exagerada de las personas a los rayos solares.

Por este motivo es prioritario regular el riesgo de exposición a la radiación ultravioleta de origen solar y tomar medidas de control y protección con la finalidad de minimizar el daño en salud y promover conductas de autocuidado.

2.1.2 RADIACION SOLAR

Cuando se habla de radiacion solar, se hace referencia a la emision electromagnética que proviene directamente del disco solar. La energia emitida por el Sol, se propaga en todas las

direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima.

La energía procedente del Sol es radiación electromagnética proporcionada por las reacciones del hidrógeno en el núcleo del Sol por fusión nuclear y emitida por la superficie solar.

El Sol emite energía en forma de radiación de onda corta. Después de pasar por la atmósfera, donde sufre un proceso de debilitamiento por la difusión, reflexión en las nubes y de absorción por las moléculas de gases (como el ozono y el vapor de agua) y por partículas en suspensión, la radiación solar alcanza la superficie terrestre oceánica y continental que la refleja o la absorbe. La cantidad de radiación absorbida por la superficie es devuelta en dirección al espacio exterior o en forma de radiación de onda larga, con lo cual se transmite calor a la atmósfera. La radiación alcanza la Tierra alrededor de 8 minutos después del proceso de emisión.

Medir la radiación solar es importante para un amplio rango de aplicaciones, en el sector de la agricultura, ingeniería, entre otros, destacándose el monitoreo del crecimiento de plantas, análisis de la evaporación e irrigación, arquitectura y diseño de edificios, generación de electricidad, diseño y usos de sistemas de calefacción solar, controles de salud y otras aplicaciones más.

La radiación solar proporciona efectos positivos en nuestro organismo tales como estimular la síntesis de vitamina D, que previene el raquitismo y la osteoporosis; favorecer la circulación sanguínea además de estimular la síntesis de los neurotransmisores cerebrales responsables del estado de ánimo en el ser humano.

2.1.3 LA RADIACION SOLAR EN LA ATMOSFERA

2.1.3.1 LA ATMOSFERA

La Tierra posee una envoltura gaseosa, la atmósfera, que produce diversos efectos sobre la radiación solar extraterrestre antes de que esta incida sobre la superficie. De esta forma, antes de alcanzar cualquier punto de la Tierra, la radiación solar ha de atravesar la

atmósfera terrestre, en la que se ve sometida a un proceso de atenuación dependiente de la longitud del camino recorrido y, consecuentemente, de la altura y posición del sol, y también con notable influencia de las variaciones de la composición atmosférica.

2.1.3.2. ESTRUCTURA DE LA ATMOSFERA

La atmósfera está constituida por aire, mezcla de gases y vapor y también por materias solidas en suspensión finalmente divididas, así como iones y partículas nucleares en sus regiones más alejadas de la superficie terrestre. La densidad del aire disminuye con la altitud y está ligada a la presión, a la temperatura y en menor grado a la humedad.

Consideramos la atmósfera estructurada en diversas capas concéntricas desde la superficie hacia el espacio exterior (figura 1).

En la *troposfera*, región de la atmósfera que se halla en contacto con el suelo, los factores citados suelen disminuir en magnitud con la altitud sobre el nivel del mar, produciéndose esta disminución con una cierta regularidad para la presión y la densidad, con menor regularidad para la temperatura y muy irregularmente en lo que respecta a la humedad, que se encuentra contenida casi por completo en la tropósfera.

El límite superior de ésta, la *tropopausa*, se halla por término medio a unos 12 km sobre el nivel del mar, pudiendo oscilar entre los 6 y los 18 km. Estas variaciones se deben a que parece ser que la altura de la tropopausa en cualquier punto está correlacionada con la temperatura y la presión al nivel del mar, que a su vez, están relacionadas con la latitud, estación del año y cambios diarios en la presión de la superficie (Barry and Chorley, 1998).

Por encima de la anterior región aparece la *estratosfera*, que en oposición a la tropósfera muestra escaso movimiento de las masas de aire que la forman, si bien lo necesario para mantener cierta homogeneidad en su composición. La temperatura permanece estacionaria en sus capas inferiores, pero aumenta bruscamente en su límite superior o *estratopausa*, donde se puede llegar a sobrepasar los 0°C como consecuencia de la absorción de la radiación ultravioleta por parte del ozono. La humedad relativa es tan escasa en esta región que, raramente, se producen nubes y, cuando aparecen, lo hacen a latitud bastante elevada y

caracterizadas por un muy lento recorrido horizontal, siendo conocidas con el nombre de nubes nacaradas o irisadas por el color de sus bordes. La radiación solar disocia allí las escasas moléculas de vapor de agua.

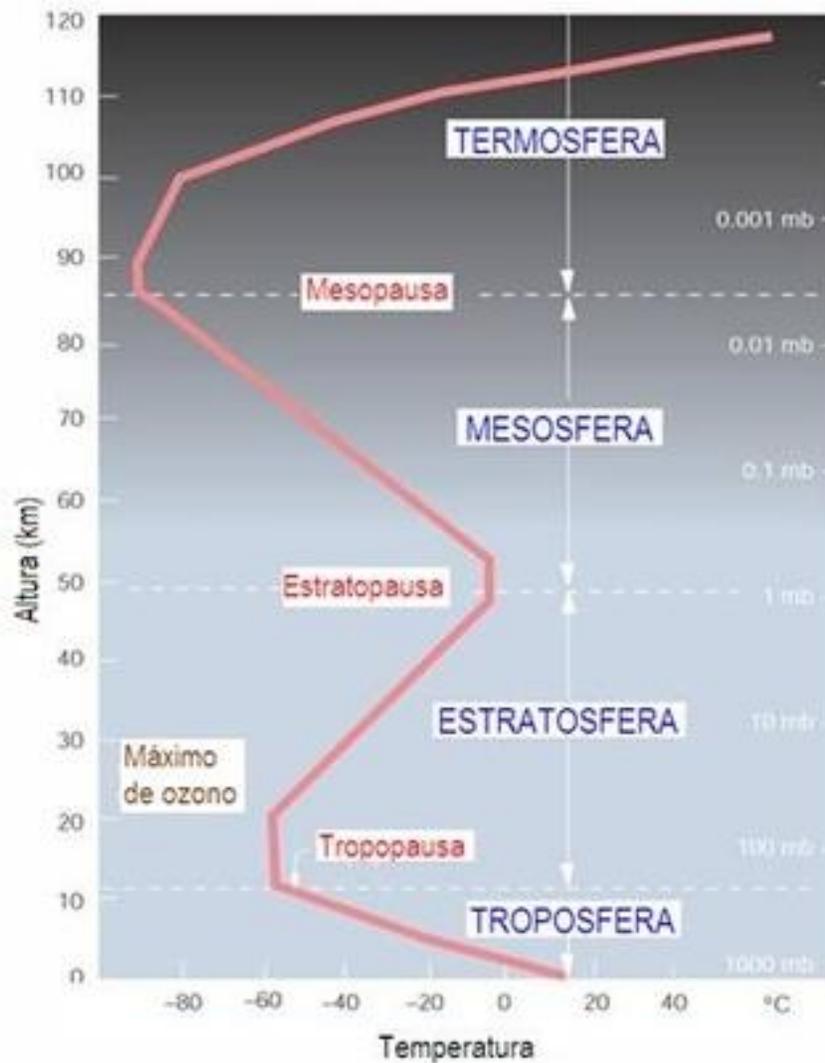


Figura 1. Distribución vertical generalizada de la temperatura y la presión hasta 110 Km.
Fuente: meteolab.fis.ucm.es

A continuación se encuentra la *mesosfera*, zona de transición como su nombre indica. La presión, al llegar a los 50 km de altitud, se reduce a la milésima parte de la registrada a nivel del mar. Por su parte, la temperatura, que alcanza su máximo valor en la estratopausa,

desciende a -100°C en la *mesopausa*, límite superior de esta región y situado hacia los 85 km de altitud media.

La región siguiente es la *termósfera*, cuya temperatura crece gradualmente, hasta alcanzar los 1500°C a los 300 km de altura. Desde el punto de vista de otros fenómenos físicos que se desarrollan en ella, recibe también el nombre de *ionosfera*, por existir en ella ciertas capas y niveles donde se acumulan partículas cargadas de electricidad.

2.1.3.3. EL OZONO

El ozono es una molécula conformada por tres átomos de oxígeno (O_3) capaz de absorber radiación solar UV que puede resultar dañina para la vida en la Tierra. Sin este gas en la atmósfera, la vida no sería posible de la forma que hoy la conocemos.

Alrededor del 90% se encuentra concentrado en la estratósfera, entre los 10 y los 50 km de altitud, constituyendo la denominada Capa de Ozono. Esta capa de ozono absorbe la mayoría de la luz solar ultravioleta (UV) biológicamente dañina, permitiendo solamente que una pequeña cantidad alcance la superficie de la tierra.

El ozono restante (10%) se encuentra prácticamente contenido en la tropósfera, aunque una mínima porción puede encontrarse por encima de los 50 km, la cual varía entre el día y la noche debido a la fotoquímica que se presenta en la mesósfera.

2.1.3.4. FOTOQUIMICA DEL OZONO EN LA MESOSFERA (-65 km)

En esta sección se describe resumidamente la fotoquímica del ozono que se presenta alrededor de los 65 km observada. Una de las ventajas que se presenta en las mediciones de microondas y ondas milimétricas para la observación de ozono, a diferencia de todas las demás, es la alta resolución temporal que se obtiene y la capacidad de obtener mediciones durante la noche, permitiendo observar la variación diurna-nocturna de ozono en la mesósfera baja-media (~65 km) debido a la fotoquímica del ozono

2.1.4 PROPAGACIÓN DE LA RADIACION SOLAR EN LA SUPERFICIE DE LA TIERRA

Por las características de la atmósfera terrestre la radiación solar sufre unas determinadas alteraciones para atravesarla y llegar a la superficie.

En promedio, la Tierra recibe de 1366 W/m^2 (constante solar) del Sol.

Esto está relacionado con los umbrales de la atmósfera y el plano perpendicular a los rayos solares entrantes: es por tanto necesario tener en cuenta que la radiación solar en la Tierra golpea un casquete esférico durante 1440 minutos cada día, disminuyendo en un 75%. La atmósfera a su vez filtra los rayos del Sol hasta cierto punto, como lo hace cada cuerpo, causando:

- Una reflexión y un back-dispersión de los rayos, debido a su albedo, a las nubes y gases atmosféricos mismos.
 - Una absorción que provoca un aumento de la temperatura, como resultado de lo cual emite radiación en cualquier dirección de acuerdo con la ley de Wien.
- Sin embargo, esta absorción es modesta en la banda de luz visible, por lo que es transparente a la radiación solar directa.

Aproximadamente la mitad de la radiación solar atraviesa la atmósfera sin alteraciones, tomando el nombre de radiación neta. La mitad de la radiación neta contribuye finalmente a la evaporación de las masas de agua, por lo tanto, la energía solar disponible es aproximadamente una cuarta parte de la energía total emitida.

La estratosfera absorbe los rayos ultravioleta incluidos en la banda de 200-300 nm gracias al ozono, la troposfera absorbe y difunde el infrarrojo gracias al vapor de agua y al CO_2 . La acción de filtrado de las bandas en las longitudes de onda ultravioleta, en su mayoría letales, es esencial para el desarrollo de la vida

En función de cómo reciben la radiación los objetos situados sobre la superficie terrestre, se pueden mencionar los siguientes tipos de radiación:

2.1.4.1. Radiación Solar Incidente. La radiación solar incidente es esa radiación que ha encontrado cualquier obstáculo al que ha entregado toda o parte de su energía.

La energía que no llega a la superficie de la tierra se dice que extinta y está formada por la radiación re-emitida, reflejada y retro dispersada hacia el espacio.

De acuerdo con la Ley de Lambert, la cantidad de radiación que golpea la unidad de superficie es proporcional al coseno del ángulo de incidencia.

La cantidad máxima de radiación solar incidente se obtiene con incidencia perpendicular, ya que el ángulo aumenta, tanto la superficie afectada por la misma cantidad de radiación como el grosor de la atmósfera atravesada por estos aumenta. Esto crea las variaciones diarias, anuales y latitudinales en la irradiación.

2.1.4.2. Radiación difusa. Parte de la radiación que atraviesa la atmósfera es reflejada por las nubes o absorbida por éstas. Esta radiación, que se denomina difusa, va en todas las direcciones, como consecuencia de las reflexiones y absorciones, no solo de las nubes sino de las partículas de polvo atmosférico, montañas, árboles, edificios, el propio suelo, etc. Este tipo de radiaciones se caracteriza por no producir sombra alguna respecto a los objetos opacos interpuestos. Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que ven toda la bóveda celeste, mientras que las verticales reciben menos porque sólo ven la mitad.

2.1.4.3. Radiación reflejada. La radiación solar reflejada es la parte incidente reflejada desde la superficie de la tierra debido al efecto albedo. El albedo es el coeficiente de reflexión c . Los valores de c generalmente están entre 0 y 1 o se expresan como un porcentaje. Esta dada por la relación entre la energía radiante reflejada desde una superficie con respecto a la energía incidente. La Tierra tiene un valor promedio de 40% ($c = 0.4$). A la altitud del albedo de la Tierra, agregamos las radiaciones reflejadas por las partículas atmosféricas hacia el espacio.

2.1.4.4. Radiación global. Es la radiación total. Es la suma de las tres radiaciones.

2.1.5 DISTRIBUCION ESPECTRAL DE LA RADIACION SOLAR

La energía solar llega en forma de radiación electromagnética o luz. La radiación electromagnética, son ondas producidas por la oscilación o aceleración de una carga eléctrica. Las ondas electromagnéticas no necesitan un medio material para propagarse, por lo que estas ondas pueden atravesar el espacio interplanetario e interestelar y llegar a la Tierra desde el Sol. La longitud de onda (λ) y la frecuencia (μ) de las ondas electromagnéticas, relacionadas mediante la expresión $\lambda\mu = C$ (donde C es la velocidad de la luz), son importantes para determinar su energía, su visibilidad, su poder de penetración y otras características.

Independientemente de su frecuencia y longitud de onda, todas las ondas electromagnéticas se desplazan en el vacío a una velocidad de $C=299.792$ km/s.

La longitud de onda de la luz es tan corta que suele expresarse en nanómetros (nm), que equivalen a una milmillonésima de metro, o una millonésima de milímetro o en micrómetros (μm) que equivalen a una millonésima de metro.

La radiación electromagnética se puede ordenar en un espectro en diferentes longitudes de onda, como se muestra en la figura 2, que se extiende desde longitudes de onda corta de billonésima de metro (frecuencias muy altas), como los rayos gama, hasta longitudes de muchos kilómetros (frecuencias muy bajas) como las ondas de radio. El espectro electromagnético no tiene definidos límites superior ni inferior y la energía de una fracción diminuta de radiación, llamada fotón, es inversamente proporcional a su longitud de onda, entonces a menor longitud de onda mayor contenido energético.

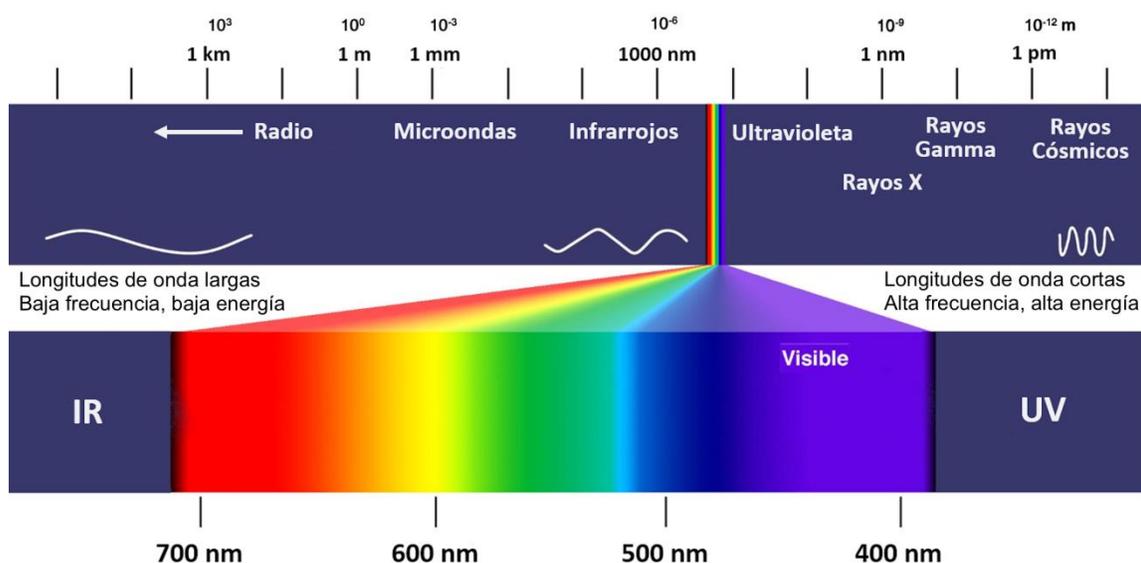


Figura 2. Espectro electromagnético
 Fuente: unmundointelectualblog.wordpress.com

Si bien se denomina radiación solar a toda la radiación que incide sobre la superficie terrestre comprendida entre los 100 nm y los 4000 nm, es necesario distinguir distintas componentes espectrales de la misma en función de los efectos específicos producidos por cada una de ellas. Así podemos mencionar la **radiación visible**, que es aquella componente cuyo contenido espectral coincide con la zona en la que es sensible al ojo humano; **la radiación fotosintéticamente activa** que es la radiación utilizada por las plantas en el proceso de la fotosíntesis y, por último mencionamos a la **radiación ultravioleta** motivo de estudio particular en este proyecto.

2.1.5.1 RADIACIÓN VISIBLE

Se llama así porque representa el rango de radiaciones que el ojo, o mejor dicho el cerebro humano es capaz de interpretar como luz y color.

El ojo puede considerarse como un detector selectivo que no presenta respuesta a radiaciones por debajo de los 380 nm ni por encima de 760 nm y para el que, dentro de esta región, la percepción resulte más adecuada para radiación con un contenido espectral

predominante en los 550 nm (amarillo-verde) que para radiación de 450 nm (azul) o de 650 nm (rojo).

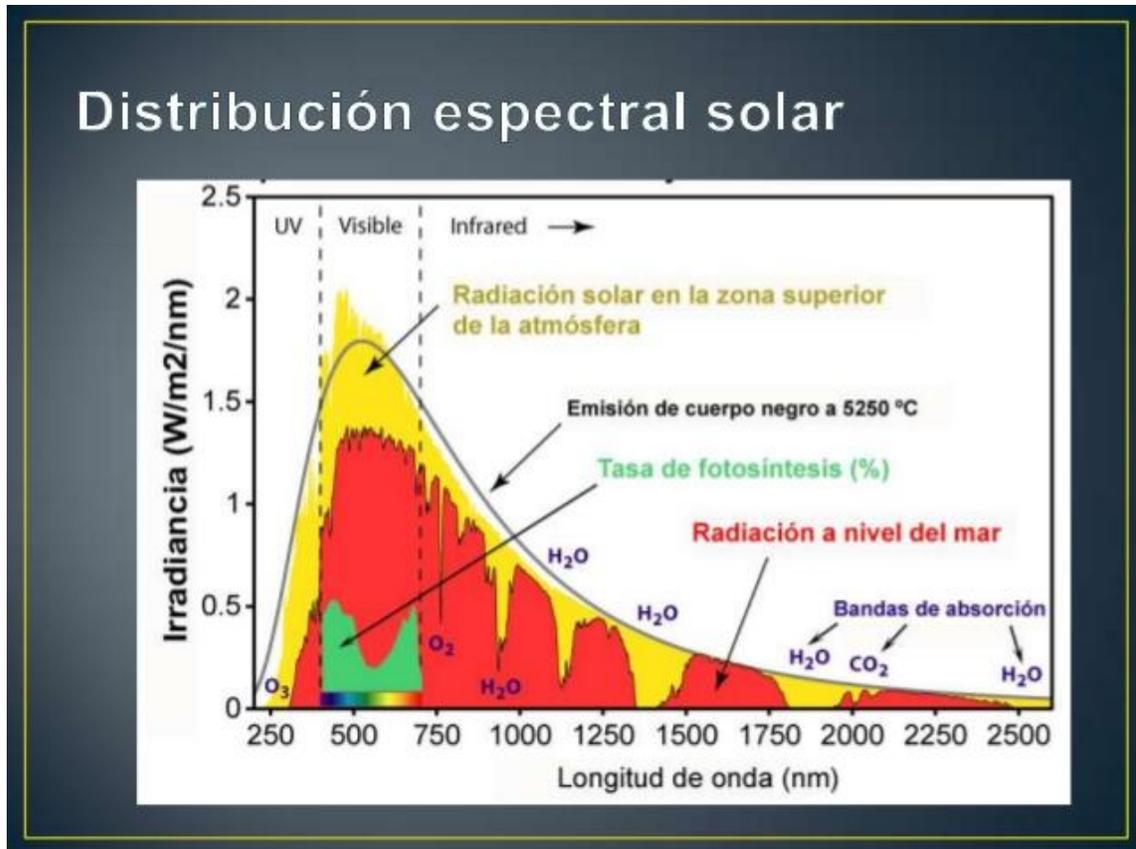


Figura.3 Distribución espectral de la radiación solar
Fuente: Asociación peruana de energía solar y del ambiente

Este comportamiento está determinado por lo que se conoce como curva de eficiencia luminosa o curva de respuesta espectral, que no es otra cosa que la representación gráfica de la respuesta relativa ofrecida por el ojo humano a las distintas longitudes de onda (Fig.3). esta curva se ha obtenido de forma experimental a través de múltiples experiencias específicas y hay que decir que pueden distinguirse dos modalidades de la misma, la denominada curva de eficiencia fotópica, asociada a niveles de iluminación suficientemente altos para tener una buena percepción del color, esto es, para la visión diurna, y la curva de eficiencia escotópica, ligeramente desplazada hacia longitudes de onda superiores con relación a la anterior y aplicable a la denominada visión nocturna.

2.1.5.2 RADIACIÓN FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA

Se denomina **Radiación Fotosintéticamente Activa** a la cantidad de radiación integrada en el rango de longitudes de onda que son capaces de producir actividad fotosintética en las plantas y otros organismos fotosintéticos como microalgas y bacterias. Este rango es comprendido aproximadamente entre los 400 y los 700 nm y se corresponde, también aproximadamente, con el espectro visible.

La fotosíntesis es un proceso bioquímico fundamental que tiene lugar en las plantas, mediante el cual se produce materia orgánica a partir de una reacción en la que interviene el CO₂ atmosférico y la radiación solar incidente. Como resultado de esta reacción, se obtiene, a parte de los compuestos orgánicos mencionados, oxígeno molecular.

2.2 LA RADIACION ULTRAVIOLETA

La radiación ultravioleta (UV) es la componente de la radiación solar cuya longitud de onda es inferior a 400 nm. Si se analiza el espectro global de la radiación incidente (Fig.3), se observa que la contribución de esta componente es, en términos relativos, bastante pequeña. Concretamente, representa sólo un 8.3% del espectro solar extraterrestre (Stamnes, 1993) y un 5% de la radiación que llega a la superficie de la Tierra. Sin embargo, aunque la cantidad de energía aportada resulte escasa en comparación con la contribución solar en general, de acuerdo con la ley de Planck ($\Delta E=hc/\lambda$), los fotones asociados a la radiación ultravioleta resultan ser los más energéticos, lo que determina que sus efectos sean más intensos y específicos.

2.2.1 TIPOS DE RADIACION ULTRAVIOLETA

Generalmente, la componente ultravioleta se considera subdividida normalmente en tres bandas específicas cuya anchura y denominación dependen del campo de interés. Desde el punto de vista de los efectos biológicos y sabiendo que cuanto más corta es la longitud de onda de cada una de estas subregiones, mayor energía tendrá la radiación, se pueden distinguir 3 bandas, cuyos límites aproximados son:

- **UV-A:** $320(315) < \lambda < 400$ nm, denominada luz negra o ultravioleta larga, es la continuación de la región visible y es la menos energética; sin embargo, debido a su gran intensidad (es la que llega en mayor cantidad a la Tierra puesto que casi todos los rayos UV-A atraviesan la capa de ozono), ejerce una gran influencia en la Tierra.
- **UV-B:** $280 < \lambda < 320(315)$ nm, radiación ultravioleta media, la cual llega a la Tierra muy atenuada por la capa de ozono y es muy sensible a las condiciones meteorológicas y cambios en la concentración de ozono. Puede resultar muy nociva para la vida en general por lo que, el actual deterioro de la capa de ozono que absorbe la mayor parte de los rayos UV-B provenientes del Sol, aumenta la amenaza de este tipo de radiación.
- **UV-C:** $100 < \lambda < 280$ nm, radiación ultravioleta corta o germicida. Es la más peligrosa para el hombre debido a su gran energía. Afortunadamente, el oxígeno y el ozono de la estratosfera absorben todos los rayos UV-C.

Actualmente, debido a la importancia del estudio de los efectos biológicos de la radiación ultravioleta, se considera una nueva región, que equivale a la banda de la radiación UV-B, incluyendo también una parte de la banda UV-A y que representaría la respuesta relativa de la piel humana a la radiación ultravioleta. Recibe el nombre de **banda eritemática**, ya que una reacción eritemática es un enrojecimiento o quemadura solar. Como resulta lógico, la radiación ultravioleta observada en superficie está condicionada por la atenuación de la radiación extraterrestre en esas longitudes en su camino a través de la atmósfera. Concretamente las mayores influencias causadas sobre la radiación ultravioleta que alcanza la superficie terrestre son debidas al ozono atmosférico, la turbiedad atmosférica, las nubes, la altitud, y el albedo de las superficies.

TIPOS DE RAYOS UV	LONGITUD DE ONDA	EFFECTOS SOBRE LA PIEL
UVA	400-315 nm	Envejecimiento de la piel Fotoirritación Cancer de piel
UVB	320-280 nm	Quemadura solar Cancer de piel
UVC	< 280 nm	Retenido por la capa de ozono Cancer de piel

Tabla 1. Tipos de radiación ultravioleta
Fuente: Elaboración propia

Los rayos UVA envejecen a las células de la piel y pueden dañar el ADN de estas células. Estos rayos están asociados al daño de la piel a largo plazo tal como las arrugas pero también se considera que desempeñan un papel en algunos tipos de cáncer. La mayoría de las camas bronceadoras emiten grandes cantidades de UVA los cuales aumentan el riesgo de cáncer de piel.

Los rayos UVB tienen un poco más de energía que los rayos UVA, los mismos pueden dañar directamente al ADN de las células de la piel, y son los rayos principales que causan quemaduras de sol y varios tipos de cáncer de piel.

Los rayos UVC tienen más energía que otros tipos de rayos UV, pero no penetran nuestra atmósfera.

2.2.2 INFLUENCIA DE LA ATMOSFERA EN LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

Como se vio anteriormente, la atmósfera ejerce una gran influencia sobre la radiación solar, determinando en gran medida la cantidad de radiación que alcanza la superficie terrestre.

Por lo que respecta a la componente ultravioleta, el gas atmosférico con mayor influencia es el ozono que, como se ha citado, se acumula principalmente en la estratosfera, entre 25 y 30 km de altura. No obstante, la atenuación provocada por esta capa se produce, sobre todo en las bandas B y C, en las que la radiación ultravioleta tiene mayores efectos sobre los

seres vivos. Es especialmente importante, la absorción de radiación ultravioleta por el ozono para longitudes de onda menores que 330 nm, donde los valores del coeficiente de absorción de ozono se incrementan rápidamente a medida que decrece la longitud de onda, hasta el punto que, junto con la acción de otros gases atmosféricos, como el oxígeno, la radiación con longitud de onda inferior a 295nm, y en particular, la UV-C, es absorbida completamente en su camino hacia la superficie terrestre. Del mismo modo, el ozono también bloquea gran parte de la radiación UV-B y, aunque en menor medida, la radiación UV-A.

Las medidas espectrales de ultravioleta demuestran que, a diferencia de la radiación total, para la que la turbiedad ejerce una mayor influencia que la capa de ozono y la distancia Tierra-Sol, los cambios en la cantidad de ozono total son el factor dominante en la radiación UV-B recibida en Tierra. En este sentido, parece existir una clara evidencia de que la disminución de la capa de ozono son menos apreciables en la región UV-A, debido a la baja sección eficaz de absorción que tiene el ozono en es intervalo de longitud de onda.

Por lo que la práctica totalidad de la atenuación de la radiación UV-A se debe a dispersión de Rayleigh y la absorción por aerosoles. También es importante destacar que el vapor de agua no tiene efectos directos sobre la absorción de la radiación UV-A, pero sí puede producir atenuación a través de un mecanismo intermedio, ya que, debido al carácter higroscópico de las partículas de aerosol, la humedad produce su aglomeración o coalescencia, de forma que crecen en tamaño y aumentan su sección eficaz de absorción.

2.2.3 INFLUENCIA DE LA ALTITUD EN RADIACION UV

Una evaluación realista de los efectos fotobiológicos y ecológicos producidos por la radiación ultravioleta requiere de la consideración del efecto producido por la altitud.

El aumento del flujo de radiación solar con la altitud es consecuencia de la menor masa de aire atravesada a mayor altura. Si la altitud va asociada con la presencias de nieve, se produce, además de un incremento de flujo de radiación ultravioleta debido al aumento del albedo del terreno y a los efectos de dispersión múltiple con la atmósfera.

Además, este efecto de la altitud también depende del contenido específico en el lugar de la columna atmosférica: moléculas de aire, agua y aerosoles.

Si se realiza un análisis teórico de los diferentes parámetros que inciden en la variación de la radiación solar desde el tope de la atmósfera hasta el nivel del suelo, se puede observar que el agua que se encuentra en suspensión en la atmósfera, los aerosoles, el ozono y la mezcla de gases son los factores atmosféricos que más inciden en la variación de la radiación con la altura.

Es de gran utilidad cuantificar el porcentaje de aumento que sufre la radiación ultravioleta recibida a medida que la altitud crece. Según estudios se obtuvieron aumentos en la radiación diaria recibida en el intervalo 310-340 nm que oscilan entre 14 y 27%/1000 metros con medidas realizadas durante cinco años a altitudes de 700,1800 y 3000 metros sobre el nivel del mar en la región Norte de Los Alpes, concluyéndose que en verano el efecto de la altitud sobre la radiación ultravioleta es doble que sobre la total, mientras que para el invierno estos aumentos son más notables, registrándose, cada 1000 metros, variaciones del 15% para la radiación total y del 23% para la ultravioleta.

En los años de 1996 se realizan medidas en intervalos de 308 a 319 nm (principalmente UV-B) y de 313 a 374 nm (principalmente UV-A) en los Andes chilenos para una latitud de 23°S a diferentes alturas, desde el nivel del mar hasta 5500 m. Para una altura solar dada, encuentra que existe una dependencia de tipo lineal entre la radiación ultravioleta recibida y la altura. Por otra parte, el estudio revela que, para cada 1000 m, el efecto de la altitud en el aumento de la radiación es aproximadamente del 8 al 10% para la banda UV-B y del 7 al 15% para la UV-A. Estos gradientes son inferiores a los encontrados en Los Alpes debido a que la atmósfera en los Andes es clara y seca con un coeficiente de turbiedad de Linke entre 1.06 y 1.07, significativamente menor que en estas montañas europeas, con lo cual el efecto de transparencia asociado con la altura no es tan marcado.

2.2.4 INFLUENCIA DEL ALBEDO EN RADIACION UV

Las reflexiones procedentes de agua, Tierra, vegetación u otras superficies pueden incrementar la radiación ultravioleta recibida por una superficie, bien directamente o indirectamente, al iluminar la parte inferior de la atmósfera, que puede difundir parte de la radiación hacia la superficie.

El albedo de una superficie se define como la razón de la irradiancia reflejada frente a la irradiancia incidente, siendo función del tipo y textura de superficie, y de la longitud de onda. Asimismo, el valor del albedo depende del ángulo de incidencia de la radiación y, es particularmente problemática su modelización en el visible a medida que se modifica el ángulo cenital solar, mientras que en el intervalo ultravioleta se produce una variabilidad menor debido a que la proporción de difusa incidente es mayor.

2.2.5 INFLUENCIA DE LA ALTURA SOLAR EN RADIACION ULTRAVIOLETA

La influencia de la altura solar en la magnitud de la irradiancia ultravioleta recibida es relevante puesto que resulta determinante en su variación diurna y estacional, así como la altitud. En todos los casos, la influencia de la altura solar sobre la irradiancia ultravioleta está íntimamente relacionada con la masa de aire atravesada por ésta, encontrando que la radiación ultravioleta es más efectivamente atenuada cuando decrece la altura solar que los flujos de radiación de longitudes más largas.

Por otra parte, la intensidad de radiación ultravioleta producida por el Sol tiene leves variaciones, asociadas a su periodo de rotación aparente (27 días) y a la aparición de protuberancias y explosiones en la fotosfera. Estas fluctuaciones afectan sobre todo a las componentes más energéticas del espectro, que no llegan a la superficie terrestre.

Sin embargo, pueden afectar al ciclo de producción y destrucción de ozono en la alta atmósfera y, en consecuencia, a la transmisión atmosférica de otras porciones del espectro ultravioleta.

2.3 EL INDICE UV SOLAR MUNDIAL

2.3.1 ¿QUE ES EL INDICE UV SOLAR MUNDIAL?

El índice UV solar mundial (IUV) es una medida de la intensidad de la radiación UV solar en la superficie terrestre. El índice se expresa como un valor superior a cero, y cuanto más alto, mayor es la probabilidad de lesiones cutáneas y oculares y menos tardan en producirse esas lesiones.

2.3.2 ¿COMO DEBE UTILIZARSE EL IUV?

Según la OMS ,este instrumento educativo debe utilizarse como parte integral de un programa para informar a la población sobre la protección solar y los riesgos de la radiación UV para la salud, así como para cambiar las actitudes y el comportamiento de las personas con respecto a la exposición a la radiación UV. El IUV debe dirigirse especialmente a los grupos de población vulnerables y con exposición alta, como los niños y los turistas, y debe servir para informar a la población sobre los diversos efectos de la radiación UV sobre la salud, como las quemaduras solares, el cáncer de piel y el envejecimiento de la piel, o las alteraciones oculares y del sistema inmunitario.

2.3.3 COMUNICACIÓN DEL INDICE UV

El IUV es una medida de la intensidad de la radiación UV sobre la superficie terrestre que tiene relación con los efectos sobre la piel humana.

- La información sobre el IUV debe proporcionar al menos el valor máximo diario. En la predicción o comunicación de un máximo diario debe utilizarse el valor medio de 30 minutos. Si se dispone de observaciones continuas, es útil manejar valores medios de periodos de 5 a 10 minutos para mostrar los cambios a corto plazo.
- El IUV debe presentarse como un valor único redondeado al número entero más próximo.
- Sin embargo, cuando la nubosidad es variable el IUV debe notificarse mediante un intervalo de valores. Las predicciones del IUV deben tener en cuenta los efectos de las nubes sobre la transmisión de la radiación UV a través de la atmósfera. Los

programas que no tengan en cuenta los efectos de las nubes en sus predicciones deberán especificar que se trata de un IUV “con cielo despejado” o sin “nubes”.

Los valores del IUV se dividen en categorías de exposición (Tabla 5).

CATEGORIA DE EXPOSICIÓN	INTERVALO DE VALORES DEL IUV
BAJA	< 2
MODERADA	3 A 5
ALTA	6 A 7
MUY ALTA	8 A 10
EXTREMADAMENTE ALTA	11+

Tabla 2: Categoría de exposición a la radiación UV

Fuente: Índice UV, guía practica OMS.

2.3.4 PRESENTACION GRAFICA DEL IUV

La presentación gráfica normalizada del IUV fomenta la coherencia en la información sobre el IUV en las noticias y los reportes del tiempo y sirve para mejorar la comprensión del concepto del IUV por parte de la población.



Figura 4: Escala del Índice Ultravioleta

Fuente: Índice UV, guía práctica OMS.

0 a 2: BAJO. Una lectura de índice UV del 0 al 2 significa bajo peligro de los rayos UV del sol para una persona promedio.

- Utilice anteojos de sol los días de sol brillante.
- Si se quema con facilidad, cúbrase y use un protector solar de amplio espectro SPF 30+
- Tenga cuidado con las superficies brillantes, como arena, agua y nieve que reflejan los rayos UV y aumentan la exposición.

3 a 5: MODERADO. Una lectura de índice UV de 3 a 5 significa un riesgo moderado de daño por exposición al sol sin protección.

- Permanezca a la sombra cerca del mediodía, cuando el sol esta mas fuerte.
- Si está al aire libre, utilice ropa de protección, un sombrero de ala ancha y anteojos de sol que bloqueen los rayos UV.
- Aplíquese generosamente un protector solar de amplio espectro SPF 30+ cada 2 horas, incluso si está nublado.

6 a 7: ALTO. Una lectura del índice UV de 6 a 7 significa un riesgo alto de daño por exposición al sol sin protección. Es necesario protegerse la piel y los ojos para que no sufran daño.

- Reduzca el tiempo al sol entre las 10 a.m y las 4 p.m.
- Si está al aire libre, busque la sombra y utilice ropa de protección, un sombrero de ala ancha y anteojos de sol que bloqueen los rayos UV.
- Aplíquese generosamente un protector solar de amplio espectro SPF 30+ cada 2 horas, incluso si está nublado, y después de nadar o sudar. Evite las superficies brillantes como arena, agua y nieve.

8 a 10: MUY ALTO. Una lectura del índice UV de 8 a 10 significa un riesgo muy alto de daño por exposición al sol sin protección. Tome precauciones adicionales porque la piel y los ojos sin protección resultarán dañados y pueden quemarse rápidamente.

- Minimice la exposición al sol entre las 10 a.m. y las 4 p.m.
- Si está al aire libre, busque la sombra y utilice ropa de protección, un sombrero de ala ancha y anteojos de sol que bloqueen los rayos UV.
- Aplíquese generosamente un protector solar de amplio espectro SPF 30+ cada 2 horas, incluso si está nublado
- Tenga cuidado con las superficies brillantes, como arena, agua y nieve, que reflejan los rayos UV y aumentan la exposición.

11 o más: EXTREMO. Una lectura del índice UV de 11 o más significa un riesgo extremo de daño por exposición al sol sin protección. Tome todas las precauciones porque la piel y los ojos sin protección pueden quemarse en minutos.

- Trate de evitar la exposición al sol entre las 10 a.m. y las 4 p.m.
- Si está al aire libre, busque la sombra y utilice ropa de protección, un sombrero de ala ancha y anteojos de sol que bloqueen los rayos UV.
- Aplíquese generosamente un protector solar de amplio espectro SPF 30+ cada 2 horas, incluso si está nublado y después de nadar.
- Tenga cuidado con las superficies brillantes, como arena, agua y nieve que reflejan los rayos UV y aumentan la exposición.

2.4 INSTRUMENTOS DE MEDIDA

2.4.1 MEDIDAS DE RADIACION

Los radiómetros solares son los instrumentos utilizados para medir la radiación solar, y tienen como objetivo medir la energía asociada a la radiación incidente sobre un plano con una orientación dada, así como dar información acerca de la distribución espectral y espacial de dicha energía. Estos instrumentos suelen convertir la energía de la radiación incidente en otra forma de energía que se pueda medir convenientemente mediante el empleo de sensores.

Un sensor es un dispositivo capaz de transformar una magnitud física en una señal eléctrica o digital, de más fácil lectura y almacenamiento. Los sensores más utilizados en los instrumentos de medida de la radiación solar son los termoeléctricos y los fotoeléctricos. Un sensor termoeléctrico consiste en la unión por sus extremos de dos metales diferentes (termopar). Una de las uniones está conectada térmicamente a una superficie metálica pintada de negro y la otra unión se mantiene en contacto con una superficie metálica protegida de la radiación. De acuerdo con el denominado efecto Seebeck se produce una fuerza electromotriz entre dichas soldaduras proporcional a la diferencia de temperaturas. Como la fuerza electromotriz producida por un solo termopar es pequeña, se colocan en serie varios de ellos, formándose así lo que se conoce como termopila. Para tener condiciones estables es necesario mantener a la soldaduras fría a una temperatura constante, o bien, dotar a la termopila de un sistema de compensación térmico. Las principales ventajas de los sensores termoeléctricos son la pequeña dependencia de su respuesta con la temperatura ambiente, y la relación lineal entre la radiación incidente y la respuesta del instrumento.

Por lo que respecta a los sensores fotoeléctricos, estos se basan en el efecto fotovoltaico. Cuando una unión de dos semiconductores es expuesta a una radiación de longitud de onda conveniente, se produce una corriente que depende de la intensidad de la radiación.

De esta forma, este tipo de sensores de radiación son conversores que reciben fotones y producen una respuesta eléctrica que puede ser amplificada y convertida en una señal

inteligible. Las principales ventajas de los sensores fotovoltaicos son, su simplicidad, su bajo coste, su rápida respuesta, y la respuesta espectral limitada, siendo máxima para la radiación roja e infrarroja próxima.

Los radiómetros se pueden clasificar en función del tipo de radiación a medir. Los dos tipos fundamentales de radiómetros usados en el espectro solar son los *pirheliómetros* y los *piranómetros*. No obstante, tanto los *pirheliómetros* como los *piranómetros* miden la radiación de onda corta ($300 < \lambda < 4000$ nm), por lo que para las medidas de onda larga ($\lambda > 4000$ nm) se ha de recurrir a los denominados *pirgeómetros* y para medidas en todas las longitudes de onda a los *pirradiómetros*.

2.4.2 PIRHELIÓMETROS

Los *pirheliómetros* son dispositivos de tipo telescópico con una apertura de pequeño diámetro que miden la radiación solar directa e incidente normal. La superficie receptora debe mantenerse en todo momento perpendicular a la dirección de radiación solar ya que para realizar una medida correcta debe estar orientado hacia el Sol. Motivo por el cual es ineludible que el *pirheliómetro* esté acoplado sobre una montura ecuatorial y provisto de un mecanismo de seguimiento del disco solar.

Las aperturas de este dispositivo están dispuestas de forma que sólo la radiación procedente del disco solar y de una estrecha franja anular en torno al mismo alcanza el receptor, por lo que el dispositivo ha de tener un ángulo de apertura muy pequeño.

El diseño más general consiste en un tubo cilíndrico pintado interiormente de negro, con el sensor colocado en uno de sus extremos mientras que el otro extremo está protegido por un cristal de cuarzo.

Los factores considerados para evaluar la precisión son: sensibilidad, estabilidad del factor de calibración, error máximo debido a las variaciones de temperatura ambiente, errores debido a la respuesta espectral del receptor, no linealidad de la respuesta, ángulo de apertura, constante de tiempo del sistema y efectos del equipo auxiliar.

Los pirheliómetros empleados como patrones primarios son pirheliómetros absolutos, en el sentido de que el instrumento puede definir la escala de irradiancia total sin recurrir a fuentes o radiadores de referencia. Un pirheliómetro absoluto de cavidad está básicamente constituido por una cavidad (receptor) y sensores calorimétricos diferenciales autocalibrados eléctricamente. La radiación solar que atraviesa la apertura de precisión, de unos 50 mm^2 , se absorbe en un receptor cónico y se determina su valor mediante la sustitución de la radiación solar por el calor aportado por una corriente eléctrica, que se disipa en un bobinado calorífico muy próximo al lugar donde tiene lugar la absorción de la radiación.

2.4.3 PIRANOMETROS

La medida de la radiación global se realiza por medio de piranómetros, aparatos que reciben la radiación solar de toda la bóveda celeste de forma que con ellos se puede medir tanto la radiación global como la difusa, si bien, para medir esta última es necesario instalar una banda de sombra, que bloquee la radiación directa recibida del Sol, evitando con ello la visión del disco solar en su recorrido diario.

Los piranómetros de uso más extendido, como el Eppley modelo PSP, constan de dos cúpulas, cuya función principal es filtrar la radiación infrarroja procedente de la atmósfera y la radiación de onda corta procedente del sol, evitando que alcance al receptor (Fig. 2.4). El cual está constituido por una termopila, cuya unión caliente está recubierto de una pintura de alta absortividad. El cuerpo del instrumento, constituido por una pieza cilíndrica de bronce protegida por un disco de guarda pintado para reducir la absorción de irradiancia solar, aloja los circuitos electrónicos y sirve de sumidero de calor para la unión fría de la termopila. El instrumento está dotado de un desecante para evitar la condensación en el interior del instrumento y de un nivel de burbuja para facilitar la nivelación. Mientras que su respuesta espectral es prácticamente plana en todo el intervalo de interés, la mayor fuente de incertidumbre es su respuesta direccional.

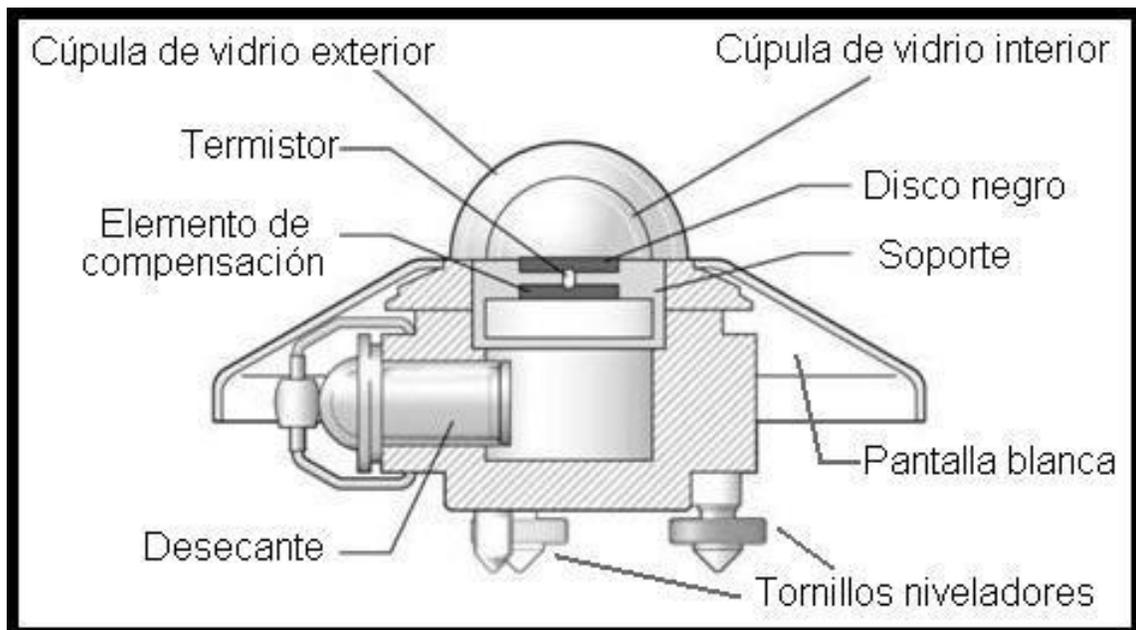


Figura 5. Esquema de un piranómetro
Fuente: kippzonen.com

Otro modelo de piranómetro de uso muy extendido es el piranómetro B/N (Blanco/Negro). Estos instrumentos también emplean una termopila, en este caso pintada de blanco y negro, como receptor. Las uniones frías de la termopila están unidas a la pintura blanca del detector y las uniones calientes a la pintura negra. Al no requerirse mucha masa térmica para estabilizar las uniones frías, el piranómetro B/N es mucho más ligero que el anteriormente descrito. La señal es proporcional a la diferencia de temperatura entre las uniones frías y las uniones calientes. No obstante el piranómetro B/N tiene un tiempo de respuesta considerablemente mayor que el anterior (del orden de cinco veces mayor), peor respuesta direccional y presenta el problema de la degradación de las propiedades espectrales de la pintura con el tiempo.



Figura 6. Piranómetro con dispositivo de sombra para medir la radiación difusa
Fuente: kippzonen.com

El tercer tipo de piranómetro es el basado en el uso de la célula fotovoltaica como detector. La respuesta espectral de estos sensores no incluye todo el espectro de interés, por lo que la calidad de la medida depende de las condiciones atmosféricas.

Como se ha dicho anteriormente, la medida de la radiación difusa, o radiación solar procedente de la dispersión de los rayos solares por los constituyentes atmosféricos, se realiza también con piranómetros, a los que se acopla un elemento (banda de sombra) cuya función es evitar que la radiación directa alcance el receptor.

Debido a la geometría de este elemento (Fig. 5), parte de la radiación difusa procedente de los alrededores resulta también bloqueada, por lo que es necesario aplicar un factor de corrección a las medidas. El carácter anisótropo de la radiación difusa, hace que la determinación de este factor de corrección sea compleja, y se realiza mediante combinación de consideraciones teóricas y aproximaciones empíricas.

La introducción de seguidores solares controlados por microprocesador ha impulsado el desarrollo de nuevos dispositivos de bloqueo de la radiación directa (discos o brazos) que permiten obviar la corrección mencionada. Sin embargo el uso de estos dispositivos aún no está muy extendido.

2.5 EL MICROCONTROLADOR

El microcontrolador es un circuito integrado digital que puede ser usado para muy diversos propósitos debido a que es programable. Esta compuesto por una unidad central de proceso (CPU), memorias (ROM y RAM) y líneas de entrada y salida (puertos) y perifericos.

Como podrás darte cuenta, un microcontrolador tiene los mismos bloques de funcionamiento básicos de una computadora lo que nos permite tratarlo como un pequeño dispositivo de cómputo.

Un microcontrolador puede usarse para muchas aplicaciones algunas de ellas son: manejo de sensores, controladores, juegos, calculadoras, luces secuenciales, candados electrónicos, letreros luminosos, relojes, alarmas, control de motores, y otros.

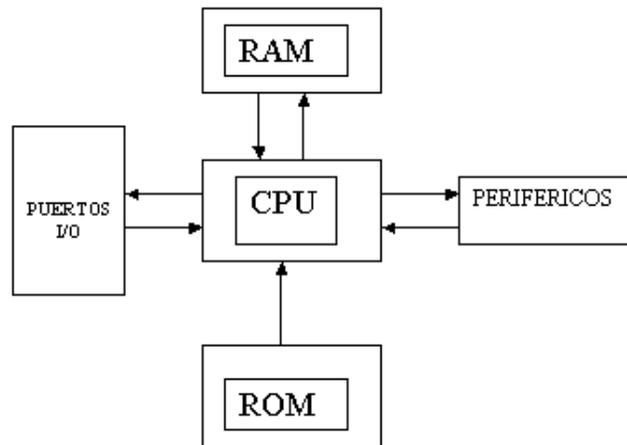


Figura 7. Estructura de un microcontrolador
Fuente: Elaboracion propia

2.5.1 COMO FUNCIONA UN MICROCONTROLADOR

El microcontrolador esta metido dentro de un encapsulado de circuito integrado con su procesador (CPU) , buses, memoria, periféricos y puertos de entrada y salida. Fuera del encapsulado se ubican otros circuitos para completar periféricos internos y dispositivos que pueden conectarse a los pines de entrada/salida.

También se conectarán a los pines del encapsulado la alimentación, masa, circuito de complemento del oscilador y otros circuitos necesarios para el funcionamiento del mismo. Como el hardware ya viene integrado en un solo chip, para usar un microcontrolador se debe especificar su funcionamiento por software a través de programas que indiquen las instrucciones que el microcontrolador debe realizar. En una memoria se guardan los programas y un elemento llamado CPU es el encargado de procesar paso por paso las instrucciones del programa. Los lenguajes de programación típicos que se usan para este fin son *ensamblador* y *C*, pero antes de grabar un programa al microcontrolador hay que compilarlo a hexadecimal que es el formato con el que funciona el microcontrolador.

Para diseñar programas es necesario conocer los bloques funcionales básicos del microcontrolador, estos bloques son: **CPU** (Unidad central de proceso), **Memoria ROM** (Memoria de solo lectura), **Memoria RAM** (Memoria de acceso aleatorio), **Líneas de entrada y salida** (Periféricos)

La CPU posee, de manera independiente, una memoria de acceso rápido para almacenar datos denominado registros, si estos registros son de 8 bits se dice que el microcontrolador es de 8 bits.

Entre los fabricantes de microcontroladores tenemos a los siguientes:

Microchip Technology, denominada comúnmente *Microchip* es una de las empresas líderes en la fabricación de microcontroladores. Para esta empresa, los microcontroladores se conocen con el apodo de “PIC”. Ahora debido a sus bajos costos, desempeño eficiente, gran documentación y fácil adquisición de los kits de desarrollo, los microcontroladores de Microchip, llamados de ahora en adelante PIC, será el que se utilizara en el presente proyecto.

Atmel, otra empresa líder en este campo es famosa por crear los microcontroladores sobre los que se basan los *Arduinos*. También existen otras alternativas, ofrecidas por empresas como Texas Instruments, Freescale, entre otras.

Cada microcontrolador tiene funciones incorporadas los cuales se ejecutan en paralelo con el programa los cuales son:

- **Circuito de reloj**

El microcontrolador incluye un reloj, este generalmente no alcanza la mayor velocidad para la que el microcontrolador esta preparado y es algo impreciso, sobre todo cuando sube la temperatura, si se requiere es posible alimentar al controlador con una señal de reloj externa y no utilizar el reloj interno, de todas maneras tiene la ventaja de estar dentro del chip, lo que reduce problemas de confiabilidad.

- **Temporizadores**

El PIC incluye varios *timers* que estan disponibles en versiones de 8 o 16 bits, usarán la señal de reloj vigente para generar sus incrementos.

- **Perro guardián (*Watchdog*).**

Es una forma de control que permite al PIC reaccionar frente a iteraciones infinitas y cuelgues, es un contador que está decrecentándose todo el tiempo, y cuando llega a cero, resetea el PIC. Se debe ser cuidadoso al utilizarlo dado que por programa se debe impedir que el contador llegue a cero, porque si lo hace reinicia el PIC.

- **Convertidores A/D y D/A**

Los convertidores Analógico Digitales y Digitales Analógicos están integrados a los chips de la gama alta y son capaces de realizar las conversaciones adecuadas.

- **Comparadores analógicos**

Estos comparadores incluidos desde algunos PIC's de gama media, comparan dos señales analógicas y determinan si son iguales.

- **Proteccion ante fallos de alimentación**

El PIC esta preparado para reaccionar a una caída de tensión reseteándose y no volviendo a operar hasta que el nivel de tensión sea adecuado.

- **Estado de reposo en bajo consumo**

El PIC puede estar en modo *Stand By* por su propia programación, esto es particularmente útil cuando se están usando baterías en lugar de estar conectado a una linea de alimentación.

Las funcionalidades recién descritas están disponibles dependiendo del modelo de PIC.

2.5.2 MICROCONTROLADOR PIC 16F877A

El PIC16F877A es un microcontrolador de *Microchip Technology* fabricado en tecnología CMOS, su consumo de potencia es muy bajo y además es completamente estático, esto quiere decir que el reloj puede detenerse y los datos de la memoria no se pierden.

El PIC16F877A es un microcontrolador con memoria de programa tipo FLASH, lo que representa gran facilidad en el desarrollo de prototipos y en su aprendizaje ya que no se requiere borrarlo con luz ultravioleta como las versiones EPROM, sino que permite reprogramarlo nuevamente sin ser borrado con anterioridad.

El encapsulado más común para este microcontrolador es el DIP (*Dual In-Line Pin*) de 40 pines, propio para usarlo en experimentación. La referencia completa es:

PIC16F877-04 para el dispositivo que utiliza cristal oscilador de hasta 4 Mhz.

PIC16F877-20 para el dispositivo que utiliza un cristal oscilador de hasta 20 Mhz.

PIC16F877A-I para el dispositivo industrial que puede trabajar hasta a 20 Mhz.

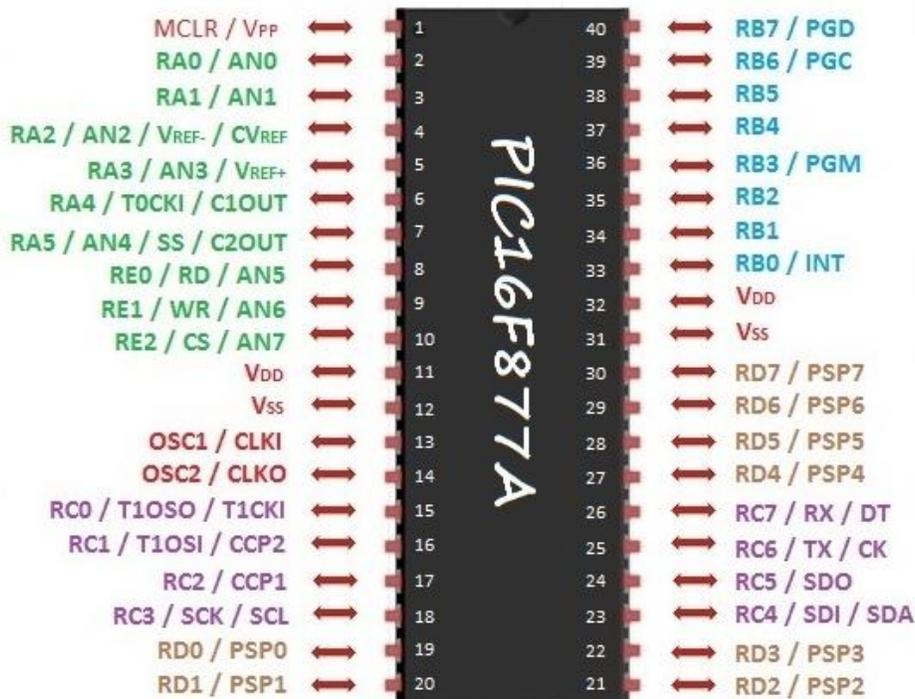


Figura 8. Distribución de pines del PIC16F877A

Fuente: TheEngineeringProjects.com

Los pines de entrada/salida de este microcontrolador están organizados en cinco puertos, el puerto A con 6 líneas, el puerto B con 8 líneas, el puerto C con 8 líneas, el puerto D con 8 líneas y el puerto E con 3 líneas. Cada pin de esos puertos se puede configurar como la entrada o como la salida independiente programando un par de registros diseñados para tal fin. En este registro un bit en “0” configura el pin del puerto correspondiente como salida y un bit en “1” lo configura como entrada. Dichos pines del microcontrolador también pueden cumplir otras funciones especiales, siempre y cuando se configuren para ello, según se verá más adelante.

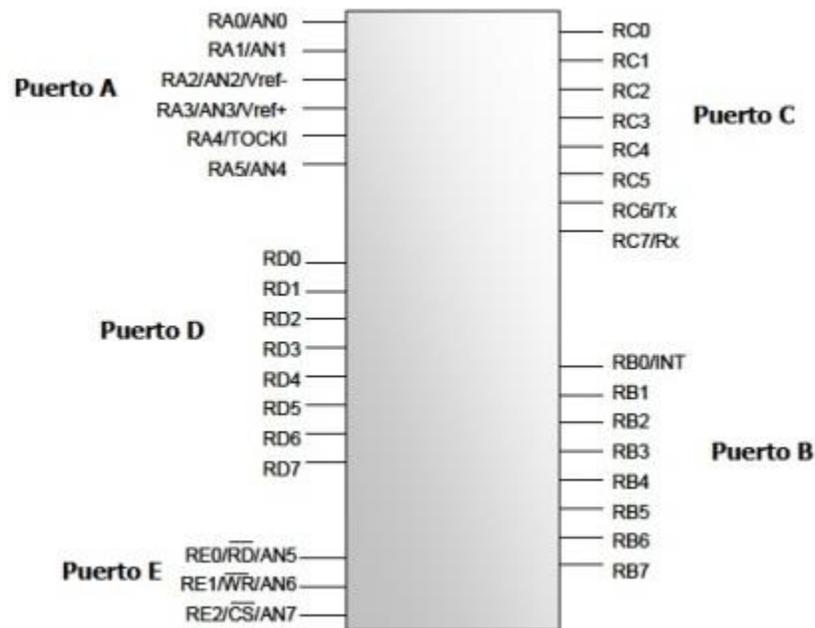


Figura 9. Distribución de los puertos del PIC16F877

Fuente: [researchgate.net/profile/Javier_Molina-Coronell](https://www.researchgate.net/profile/Javier_Molina-Coronell)

Los pines del puerto A y del puerto E pueden trabajar como entradas para el convertidor Analógico a Digital interno, es decir, allí se podría conectar una señal proveniente de un sensor o de un circuito analógico para que el microcontrolador la convierta en su equivalente digital y pueda realizar algún proceso de control o de instrumentación digital.

El pin RB0/INT se puede configurar por software para que funcione como interrupción externa, para configurarlo se utilizan unos bits de los registros que controlan las interrupciones.

El puerto E puede controlar la conexión en modo microprocesador con otros dispositivos utilizando las líneas RD (read), WR (write) y CS (*chip select*). En este modo el puerto D funciona como un bus de datos de 8 bits (pines *PSP*).

La máxima capacidad de corriente de cada uno de los pines de los puertos en modo sumidero (*sink*) o en modo fuente (source) es de 25 mA. La máxima capacidad de corriente total de los puertos es:

	PUERTO A	PUERTO B	PUERTO C	PUERTO D
Modo sumidero	150 mA	200 mA	200 mA	200mA
Modo fuente	150 mA	200 mA	200 mA	200mA

El consumo de corriente del microcontrolador para su funcionamiento depende del voltaje de operación, la frecuencia y de las cargas que tengan sus pines. Para un oscilador de 4 Mhz el consumo es de aproximadamente 2 mA; aunque este se puede reducir a 40 microamperios cuando se está en el modo *sleep* (en este modo el micro se detiene y disminuye el consumo de potencia). Se sale de ese estado cuando se produce alguna condición especial que veremos más adelante.

2.5.3 EL OSCILADOR EXTERNO

Todo microcontrolador requiere un circuito externo que le indique la velocidad a la que debe trabajar. Este circuito, que se conoce como oscilador o reloj, es muy simple pero de vital importancia para el buen funcionamiento del sistema. El PIC16F877 puede utilizar cuatro tipos de oscilador diferentes. Estos tipos son:

- **RC**, Oscilador con resistencia y condensador.
- **XT**. Cristal (por ejemplo de 1 a 4 MHz).
- **HS**. Cristal de alta frecuencia (por ejemplo 10 a 20 MHz).

- **LP.** Cristal de baja frecuencia y bajo consumo de potencia.

En el momento de programar o “quemar” el microcontrolador se debe especificar qué tipo de oscilador se usa. Esto se hace a través de unos fusibles llamados “*fusibles de configuración*”.

El tipo de oscilador que se sugiere para las prácticas es el XT con un cristal de 4 MHz, porque garantiza precisión y es muy comercial. Internamente esta frecuencia es dividida por cuatro, lo que hace que la frecuencia efectiva de trabajo sea de 1 MHz en este caso, por lo que cada instrucción se ejecuta en un microsegundo. El cristal debe ir acompañado de dos condensadores y se conecta como se muestra en la figura 3.4.

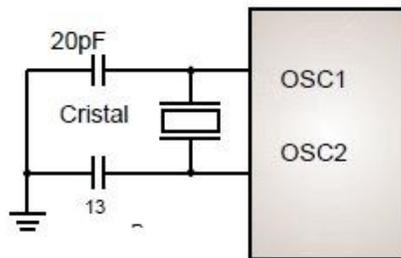


Figura 10. Conexión de un oscilador XT.
Fuente: Ingenieriaparatodos.com

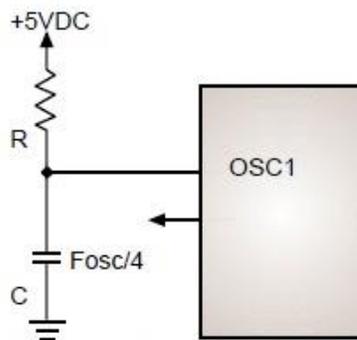


Figura 11. Conexión de un oscilador RC
Fuente: Ingenieriaparatodos.com

Si no se requiere mucha precisión en el oscilador y quiere economizar dinero, se puede utilizar una resistencia y un condensador, como se muestra en la figura 3.5.

2.5.4 ARQUITECTURA INTERNA DEL MICROCONTROLADOR

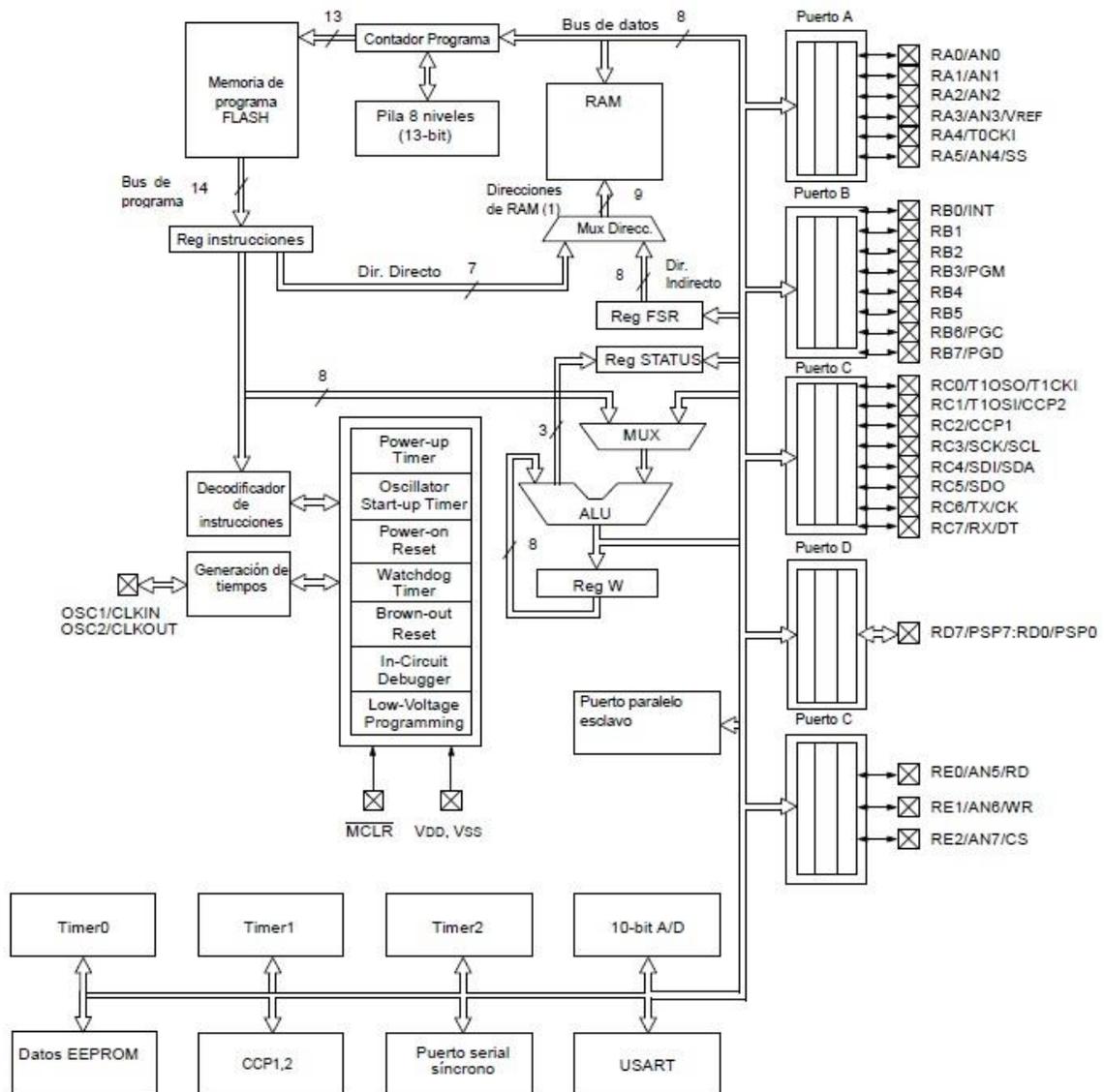


Figura 12. Arquitectura del PIC16F877A
Fuente: Morlote H. Blog de Electrónica

Este término se refiere a los bloques funcionales internos que conforman el microcontrolador y la forma en que están conectados, por ejemplo la memoria FLASH (de programa), la memoria RAM (de datos), los puertos, la lógica de control que permite que todo el conjunto funcione, etc.

La figura 3.7 muestra la arquitectura general del PIC16F877, en ella se pueden apreciar los diferentes bloques que lo componen y la forma en que se conectan. Se muestra la conexión de los puertos, las memorias de datos y de programa, el bloque especial como el *watchdog*, los temporizadores de arranque, el oscilador, etc.

Todos los elementos se conectan entre sí por medio de buses. Un bus es un conjunto de líneas que transportan información entre dos o más módulos. Vale la pena destacar que el PIC16F877 tiene un bloque especial de memoria de datos de 256 bytes del tipo EEPROM, además de los bloques de memoria principales que son el de programa y el de datos o registros.

2.5.4.1 MEMORIA DE PROGRAMA (FLASH)

Es una memoria de 8k de longitud con datos de 14 bits en cada posición. Como es del tipo *FLASH* se puede programar y borrar eléctricamente, lo que facilita el desarrollo de los programas y la experimentación. En ella se graba o almacena el programa o códigos que el microcontrolador debe ejecutar. En la figura 3.8 se muestra el mapa de la memoria de programa.

2.5.4.2 MEMORIA DE DATOS (RAM)

El PIC16F877 posee cuatro bancos de memoria RAM, cada banco posee 128 bytes.

De estos 128 los primeros 32 (hasta el 1Fh) son registros que cumplen un propósito especial en control del microcontrolador y en su configuración. Los 96 siguientes son registros de uso general que se pueden usar para guardar los datos temporales de la tarea que se está ejecutando, figura 3.9.

Todas las posiciones o registros de memoria se pueden acceder directa o indirectamente (esta última forma a través del registro selector FSR). Para seleccionar que página o banco de memoria trabaja en un momento determinados utilizan los bits RP0 Y RP1 del registro STATUS.

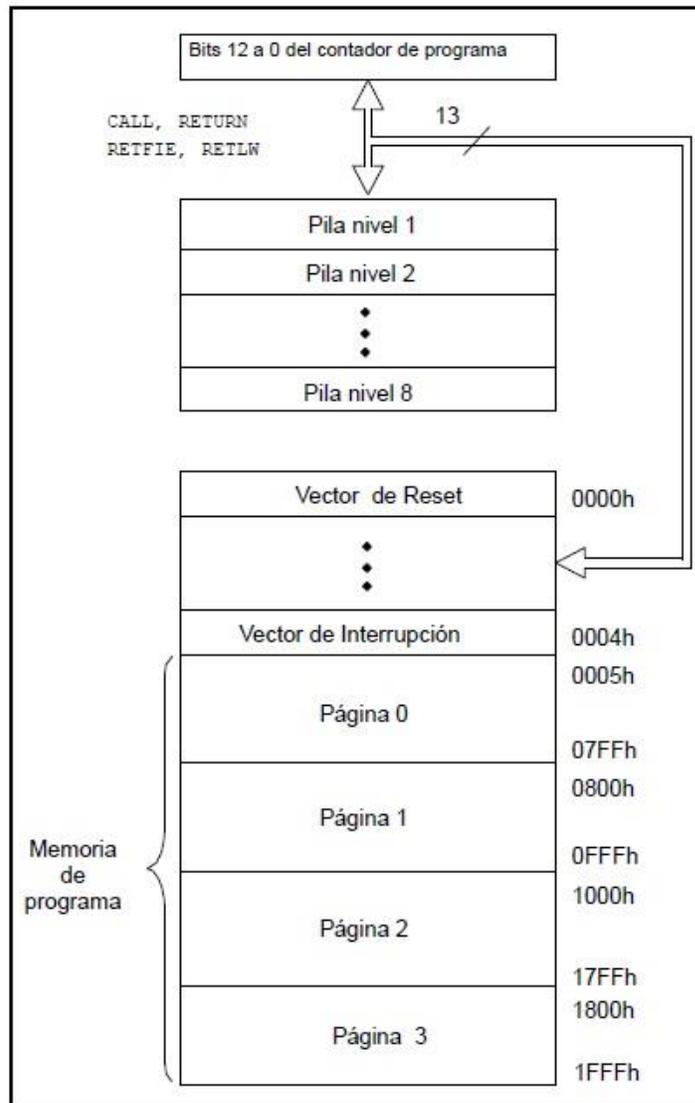


Figura 13. Mapa de memoria de programa del PIC16F877.

Fuente: Morlote H. Blog de electrónica

2.5.4.3 MODULO DEL CONVERTIDOR ANÁLOGO DIGITAL

Este módulo permite la conversión de una señal de entrada análoga a su correspondiente valor numérico de 10 bits. El módulo tiene ocho entradas analógicas, las cuales son multiplexadas dentro de un circuito de muestreo y retención. La salida del multiplexor es la entrada al convertidor, el cual genera el resultado por medio de aproximaciones sucesivas, figura 3.12.

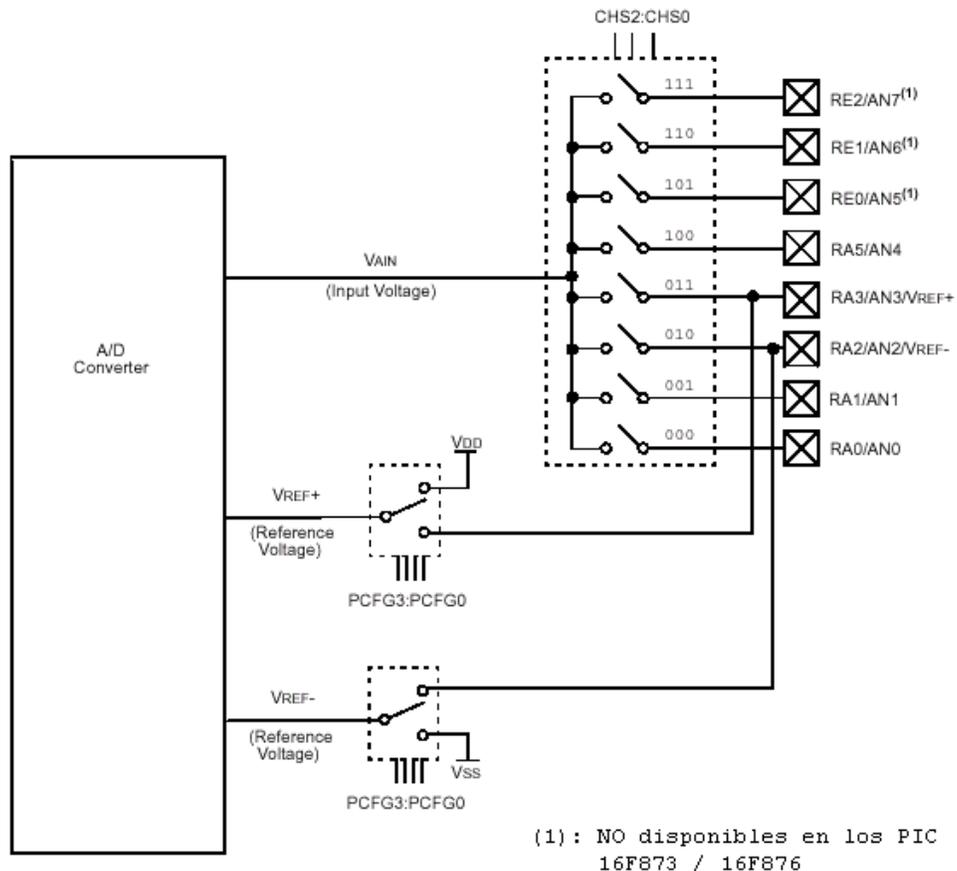


Figura 14. Módulo del Convertidor A/D
Fuente: copernico.esuelaing.edu.com

La referencia análoga de voltaje es seleccionada por software permitiendo utilizar la fuente de alimentación del PIC (VDD) o un nivel de voltaje externo aplicado al pin 5 (RA3/AN3/VREF+).

El modulo tiene los siguientes registros asociados:

- ADCON0 : Controla la operación del modulo A/D.
- ADCON1 : Configura las funciones de los pines del puerto análogo.
- ADRESL : Contiene la parte BAJA del resultado de la conversión A/D
- ADRESH : Contiene la parte ALTA del resultado de la conversión A/D

Requerimientos para el muestreo:

Para que el convertidor A/D tenga precisión, se debe permitir que el condensador de retención se cargue con todo el nivel de voltaje del canal de entrada. En la figura 3.15, se muestra el modelo de entrada análogo. La máxima impedancia recomendada para las fuentes análogas es de 10 Kohm. Después que se selecciona el canal de entrada análogo (o es cambiado) se debe esperar un tiempo de muestreo antes de que la conversión se inicie.

Selección de la frecuencia de conversión:

La conversión A/D requiere 10 Tad. La fuente del reloj de conversión es seleccionada por software. Las cuatro opciones posibles para el Tad son:

- 2 Tosc
- 8 Tosc
- 32 Tosc
- Oscilador interno RC

Para conversiones correctas, el reloj de conversión (Tad) debe ser seleccionado para tener un tiempo mínimo Tad de 1.6 useg.

2.5.4.4 FORMA DE REALIZAR LA CONVERSION A/D:

- Configurar el módulo A/D:
Configurar los pines análogos, referencia de voltaje y E/S digitales (ADCON1)
Seleccionar canal de entrada A/D
Activar el módulo A/D
- Configurar la interrupción A/D (si se requiere): ADIF=0 (PIRI<6>); ADIE=1 (PIE1<6>) y GIE=1 (INTCON<7>).
- Asegurar el tiempo de muestreo requerido [Tad]

- Empezar la conversión.
- Empezar que se realice la conversión, así:
 - Haciendo un muestreo al bit GO/DONE hasta que esté en cero.
 - Esperar la interrupción del convertidor.
- Leer los registros ADRESH y ADRESL, ADIF se debe resetear si se usa interrupción.
- Para una siguiente conversión vaya al paso primero o segundo según se requiera.

Antes de empezar otro muestreo se debe esperar como mínimo 2 Tad.

Resumen de características principales del PIC16F877A:

- Memoria de programa: FLASH, 8K de instrucciones de 14 bits c/u.
- Memoria de datos : 368 bytes RAM, 256 bytes EEPROM
- Pila (Stock) : 8 niveles (14 bits)
- Fuente de interrupción : 13
- Interrupciones : 35
- Encapsulado : DIP de 40 pines.
- Frecuencia oscilador : 20 MHz (máxima)
- Temporizadores/Contadores: 1 de 8 bits (Timer 0); 1 de 16 bits(Timer 1);1 de 8 Bits(Timer 2) con pre y post escalator. Un perro guardian (WDT)
- Líneas de E/S: 6 del puerto A, 8 del puerto B, 8 del puerto C, 8 del puerto D y 3 del puerto E, además de 8 entradas analógicas.
- Dos módulos de Captura, Comparación y PWM:
 - Captura: 16 bits. Resolución máx. = 12.5 nseg.
 - Comparación: 16 bits. Resolución máx. = 200 nseg.
 - PWM: Resolución máx. = 10 bits.
- Convertidor Análogo/Digital de 10 bits multicanal (8 canales de entrada)
- Puerto serial síncrono (SSP) con bus SPI (modo maestro) y bus I²C (maestro/esclavo).
- USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) con dirección de detección de 9 bits.
- Corriente máxima absorbida/suministrada (sink/source) por linea (pin): 25 mA
- Oscilador: Soporta 4 configuraciones diferentes: XT, RC, HS, LP.
- Tecnología de Fabricación: CMOS

- Voltaje de alimentación: 3.0 a 5.5 V DC
- Puede operar en modo microprocesador

2.6 DISPOSITIVOS Y SENSORES ELECTRONICOS

Con la finalidad de construir el prototipo del radiometro UV se utilizaron los siguientes dispositivos electrónicos.

2.6.1 SENSOR ULTRAVIOLETA

Se utiliza un sensor UV para detectar la intensidad de la radiación ultravioleta (UV) incidente: radiación que se encuentra en el rango ultravioleta, con longitudes más cortas que la luz pero más largas que de las radiografías. Los sensores UV se utilizan ampliamente en muchas aplicaciones diferentes, incluidos entre otros, automóviles, productos farmacéuticos y robótica. Hoy en día una amplia gama de módulos de sensores UV precableados están disponibles para su uso por ingenieros de diseño y aficionados. Estos módulos compatibles con microcontroladores se pueden usar para detectar la intensidad de la radiación ultravioleta incidente, como la radiación UV solar.

2.6.1.1 SENSOR ULTRAVIOLETA GUVA-S12SD

El GUVA-S12SD permite medir los niveles de la radiación ultravioleta de la luz solar. Esta basado en un fotodiodo UV cuya longitud de onda se sitúa entre los 240 y 370 nm (es decir todo el espectro UVB y la mayor parte del UVA) donde la salida del modulo varia con la intensidad de la luz UV.

Especificaciones

Tensión de funcionamiento: de 3.3V a 5V

Tensión de salida: de 0V A 1V

Tiempo de respuesta: 0.5 seg.

Precisión: índice UV +/- 1

Rango de longitud de onda: 200-370 nm.

Temperatura de funcionamiento: de -20°C a +85°C

Consumo de corriente: 5 mA

Dimensiones: 24x15 mm

El GUVVA-S12SD es un fotodiodo tipo Schottky basado en material de nitruro de galio, optimizado para el funcionamiento en modo fotovoltaico.

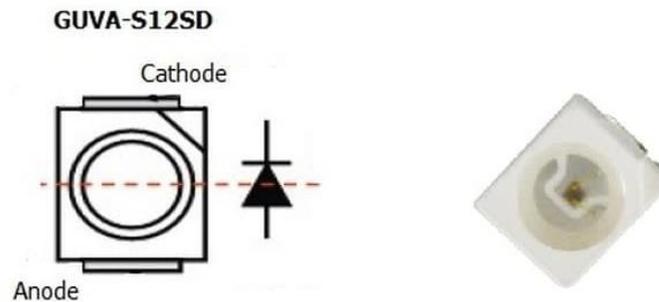


Figura 15. Sensor GUVVA-S12SD

Fuente: m.tokopedia.com

2.6.2 PANTALLA LCD 20x4

El LCD (Liquid Crystal Display) o pantalla de cristal líquido es un dispositivo empleado para la visualización de contenidos de forma gráfica, mediante caracteres, este posee un microcontrolador el cual hace que funcione el display.



Figura 16. Pantalla LCD 20x4

Fuente: Elaboración Propia

El LCD de 20x4, esto quiere decir que dispones de 4 filas de 20 caracteres cada una. Este se utiliza en modo de 4 bits para utilizar el menor número de pines posibles ya que posee 14.

La principal función del display es mostrar la información o datos de una medición de algún dispositivo. Es una manera muy práctica de tener acceso a la información que se requiere mostrar y visualizar en pantalla.

2.6.3 SENSOR DE TEMPERATURA LM35

El LM35 es un sensor de temperatura, uno de los componentes más utilizados a la hora de medir los cambios de temperatura en un cuerpo u objeto. Tiene el aspecto de un transistor común de baja potencia en encapsulado TO-92, además puede adquirirse en otros tipos de encapsulado.

El LM35 es un circuito integrado de precisión que actúa como un sensor de temperatura calibrado directamente en grados centígrados, por cada grado centígrado medido, entregará en su salida un valor de voltaje de 10 mV, por ejemplo: 150°C equivale a 1500mV; -55°C equivale a 550mV.

Puede medir temperatura en un rango comúnmente de -55 a +150°C. Aunque según sea su encapsulado, el LM35 puede ser diferente en su escala de temperatura.

Posee la ventaja, frente a los circuitos integrados calibrados en grados kelvin, de que no necesita sustraer una tensión constante elevada de su salida para ajustar a una escala centígrada. No requiere de circuitos adicionales para calibrarlo externamente. La baja impedancia de salida, su salida lineal y su precisa calibración hace posible que este integrado sea instalado fácilmente en un circuito de control.

Principales Características

La tensión de salida es proporcional a la temperatura

Tiene una precisión garantizada de 0.5°C a 25°C

Opera entre 4 y 30 voltios de alimentación con fuente doble o simple.

Baja impedancia de salida 0,1Ω para 1mA

Baja corriente de alimentación 60μA

Adecuado para aplicaciones remotas.

Características:

- Alta ganancia en voltaje: 100 db.
- Frecuencia compensada en temperatura
- Frecuencia máxima: 1.1 Mhz.
- Operación con fuente simple.
- Bajo offset 2mv
- Voltaje de alimentación: 3-32vdc
- Temperatura: 0° - 70°C
- Ganancia de voltaje diferencial de lazo abierto: 100 dB típica

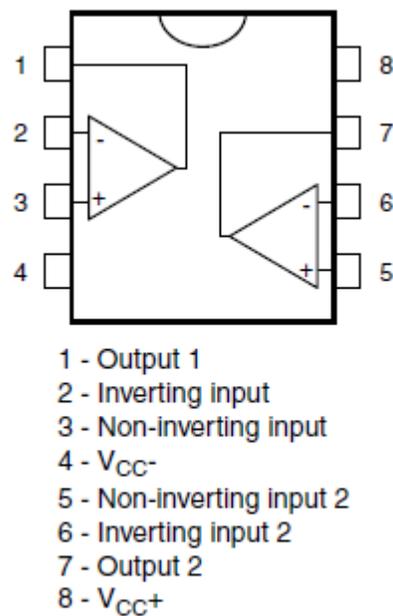


Figura 18. Circuito integrado LM358
Fuente: kitelectronica.com

2.6.5 RELOJ EN TIEMPO REAL

El DS3231 es un reloj en tiempo real de alta precisión que cuenta con un oscilador a cristal con compensación de temperatura (TCXO). La integración del oscilador a cristal en el propio circuito integrado, en conjunto con la compensación de temperatura, asegura la precisión a largo plazo.

El RTC mantiene registro de segundos, minutos, horas, días de la semana, fecha, mes y año, la fecha es ajustada automáticamente al final del mes para meses con menos de 31 días, incluyendo las correcciones por año bisiesto.

El DS3231 es capaz de generar señales de reloj cuadradas de frecuencia configurable y además cuenta con 2 alarmas programables que pueden generar interrupciones en el microcontrolador principal en tiempos específicos.

El modulo se comunica con el microcontrolador a través del bus I2C con solamente 2 pines que pueden ser compartidos por varios dispositivos como memorias EEPROM, expansores de IO, controladores PWM, etc.

Características del DS3231 reloj en tiempo real

- Voltaje de alimentación de 3.0 a 5 volts.
- RTC de alta exactitud, maneja todas las funciones para el mantenimiento de fecha/hora.
- Exactitud de +/-2ppm operando a una temperatura de 0°C a +40°C.
- Módulo cuenta con reloj DS3231 y memoria EEPROM I2C.
- El módulo cuenta con batería de respaldo (incluida)
- Registro de segundos, minutos, horas, día de la semana, fecha, mes y año con compensación de años bisiestos hasta 2100.
- El DS3231 incluye sensor de temperatura con exactitud de +/- 3 grados centígrados.
- 2 alarmas programables por hora/fecha.
- Salida de señal cuadrada programable.



Figura 19. Reloj en tiempo real DS3231

Fuente: mtlab. s.a.c.

CAPITULO III

INGENIERIA DEL PROYECTO

3.1 DESARROLLO PRACTICO/EXPERIMENTAL

En este capitulo se desarrolla el diseño de la arquitectura del prototipo del Radiómetro UV el cual mediará los niveles de radiacion ultravioleta del ambiente. El proyecto consta de dos componentes principales que son hardware y software.

3.1.1. HARDWARE

Para el diseño e implementacion del prototipo contaremos con ciertos elementos los cuales consideramos a continuación: Sensores de Indice UV, Sensor de temperatura, Reloj, Pantalla Display, Amplificadores, Leds, Alimentación y fundamentalmente el microcontrolador.

3.1.2. SOFTWARE

Es una aplicación que debe mostrar las variables monitoreadas a través de los sensores mencionados anteriormente, el cual podrá ser registrado en una hoja de calculo para su posterior análisis.

3.2 ARQUITECTURA DEL PROYECTO

En este apartado describimos los elementos principales con los que deberá contar el Radiómetro UV.

En la figura inferior se puede observar la disposición del sistema del radiometro el cual se divide en tres bloques.

3.2.1 ENTRADA.

Tenemos los sensores de Índice Ultravioleta, el sensor de temperatura los cuales detectarán los niveles de la radiación ultravioleta y de la temperatura respectivamente. Aquí también se incluye la etapa de adecuación de la señal capturada por los sensores, específicamente de los niveles de radiación UV.

3.2.2 PROCESO.

Toda vez que la señal proveniente de los sensores es adecuada, esta ingresa al microcontrolador para la respectiva transformación de la señal analógica a digital, además de realizar diversas operaciones de cálculo internamente para obtener una respuesta numérica en función de los parámetros físicos.

3.2.3 SALIDA.

Se refiere a los datos ya procesados que se despliegan por la interfaz gráfica, lo que supone el uso de display LCD, leds además de la interfaz UART de microcontrolador.

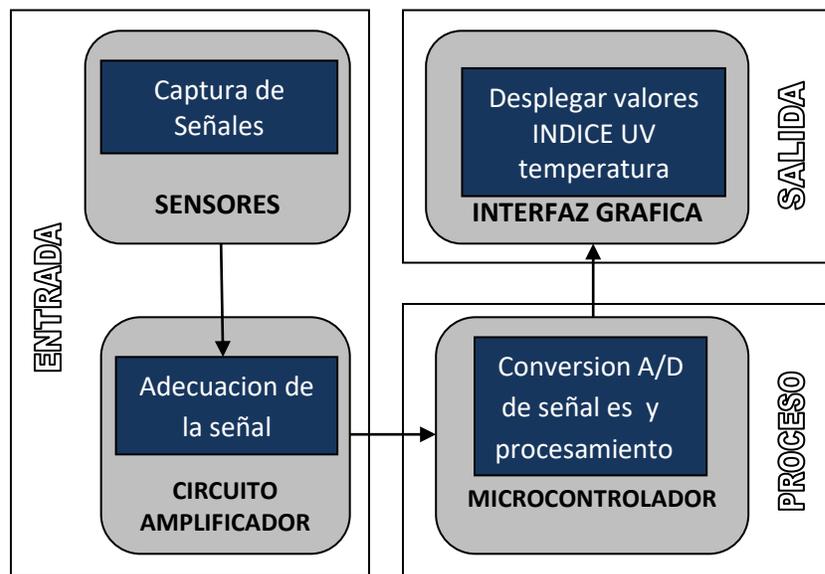


Figura 20. Arquitectura del Radiómetro UV
Fuente: Elaboración propia

3.3 TRATAMIENTO DE LA SEÑAL

ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL

La señal de salida del sensor de un sistema de medición en general se debe procesar de una forma adecuada para la siguiente etapa de la operación. La señal puede ser, por ejemplo, demasiado pequeña y tener que amplificarse; podría contener interferencias que eliminar; ser no lineal y requerir linealización; ser analógica y requerir digitalización; ser digital y convertirse en analógica; ser un cambio en el valor de la resistencia y convertirse en un cambio de corriente; consistir en un cambio de voltaje y convertirse en un cambio de corriente de magnitud, etcétera. A todas estas modificaciones se les designa en general con el término acondicionamiento de señal.

ENLACE CON UN MICROCONTROLADOR

Los dispositivos de entrada y salida están conectados con un sistema de microcontrolador a través de puertos. El término interface se refiere a un elemento que se usa para interconectar dispositivos y un puerto. Existen entradas y sensores, interruptores y teclados, y salidas para indicadores y actuadores. La más sencilla de las interfaces podría ser un trozo de alambre. En realidad, la interface cuenta con acondicionamiento y protección de señal; esta última previene daños con el sistema de microcontrolador. Por ejemplo, cuando es necesario proteger las entradas de voltajes excesivos o señales de polaridad equivocada.

PROCESOS DEL ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL

- **Protección:** Para evitar daño al siguiente elemento, por ejemplo un microcontrolador, como consecuencia de un voltaje o una corriente elevados. Así puede haber resistores limitadores de corriente en serie, fusible que se funde si la corriente es muy alta, circuitos de protección por polaridad y limitadores de voltaje
- **Convertir a una señal adecuada:** Esto podría significar convertir una señal en un voltaje o una corriente directa. Por ejemplo el cambio en la resistencia de un extensómetro se debe convertir en un cambio de voltaje. Para ello se utiliza un puente

Wheatstone y se aprovecha el voltaje de desbalance. Aquí también podría necesitarse una señal analógica o digital.

- **Obtener un nivel adecuado de señal:** En un termopar, la señal de salida es de unos cuantos milivolts. Si la señal se va a alimentar a un convertidor analógico o digital para después entrar a un microcontrolador, será necesario amplificarla en forma considerable a volts en lugar de milivolts. En la amplificación es muy común utilizar amplificadores operacionales
- **Eliminación o reducción del ruido:** Por ejemplo para eliminar el ruido en una señal se utilizan filtros.
- **Manipulación de la señal:** Por ejemplo convertirla en una función lineal de una variable. Las señales que producen algunos sensores, como los medidores de flujo, son no lineales y tal vez se use un acondicionador de señal para que la señal que se alimenta, al siguiente elemento sea lineal.

PROCESO DE ADQUISICION DE DATOS

La adquisición de datos es el proceso que involucra la recopilación de información de forma automatizada a partir de fuentes de mediciones analógicas y digitales como sensores y dispositivos bajo prueba. Consiste básicamente en tomar un conjunto de variables mensurables en forma física y mediante una etapa de acondicionamiento de señal adecuarlas formato digital para procesarlas, almacenarlas y representarlas de forma gráfica para su análisis posterior.

Los objetivos son proporcionar al diseñador una herramienta capaz de medir las características de un dispositivo en particular con el fin de que estos datos sean considerados en el momento de realizar los cálculos en el diseño de un sistema y de este modo evitar que se presenten comportamientos inesperados o que la precisión se vea afectada

Construir un prototipo de un sistema de adquisición de datos de bajo costo, el cual cuente con la opción a expandirse en cuanto al hardware y software sin modificar el diseño original, mediante la elaboración de un diseño con arquitectura modular en la cual sus

componentes y terminales de interconexión se encuentren distribuidas por bloques encargados de realizar tareas específicas independientes unos de otros y ligados entre sí por un circuito de control mediante un microcontrolador con numerosas terminales de I/O

La etapa consta de un microcontrolador PIC16F877A de gama media, el cual se podrá comunicar con el puerto USART a través de una conexión serie asíncrona.

El PIC es el encargado de recabar la información proporcionada por la etapa de acondicionamiento, haciendo uso de su memoria RAM interna, para posteriormente enviarla a la PC, en donde se realizarán los registros pertinentes. La etapa cumple entonces con las funciones de interfaz de transmisión, transceptor USB y almacenamiento de datos.

Por lo general los dispositivos electrónicos, aún siendo parte del mismo lote de producción, tiene diferencias en cuanto a la respuesta que presentan unos con otros, por lo que el fabricante establece un rango o tolerancia, el cual aparece en las hojas de datos. Esto puede ser un factor despreciable en la mayor parte de las aplicaciones, sin embargo, en algunos casos, en donde se requiere cierta precisión estas variaciones pueden reflejarse en comportamientos inesperados del sistema.

Los niveles lógicos son representados con niveles de voltaje y por tanto distan mucho de ser cambios ideales de 0 a 1 o viceversa. Los tiempos de establecimiento de nivel bajo alto y de nivel alto bajo se definen como el tiempo que tarda un nivel de señal en cambiar de un nivel de voltaje considerado como un determinado estado lógico al nivel de voltaje que representa el estado contrario.

3.4 MODULOS DEL SISTEMA

Si bien nuestro sistema se compone de tres bloques, los mismos contienen varios módulos que pueden ser independientes a la vez, como ser: Módulo de Alimentación, Módulo de Sensor UV, Módulo de temperatura, Módulo de reloj y Display, Módulo de acondicionamiento de señal, Módulo de control de batería, Módulo de Señalización.

Estos se describirán a continuación.

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROTOTIPO

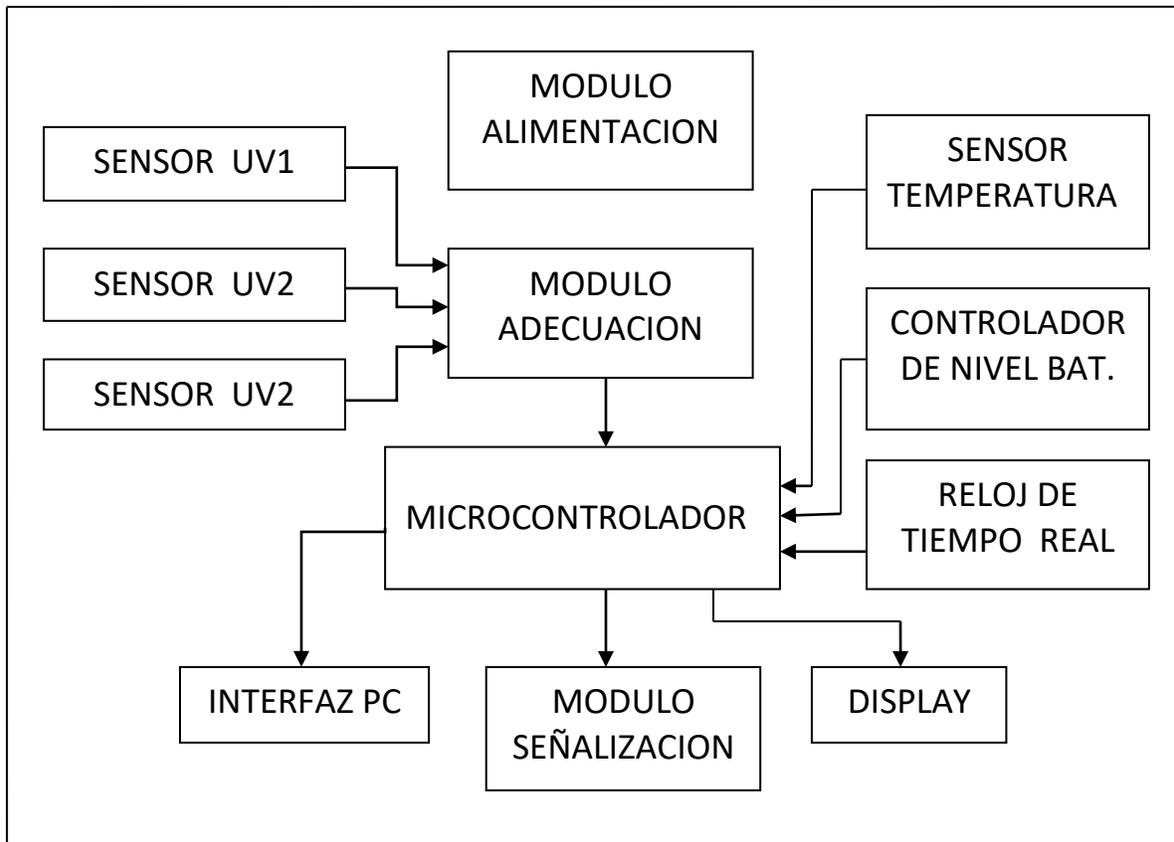


Figura 21. Diagrama de bloques del proyecto.
Fuente: Elaboración propia

3.4.1 MODULO DE ALIMENTACION

El bloque de alimentación tomara el suministro de energía de una batería de 12V como por ejemplo: baterías recargables de litio, o baterías de plomo automotrices.

Y utilizaremos un regulador de voltaje integrado de 5 voltios como el LM7805.

Si bien la máxima corriente entregada es de 1 amperio, esta cantidad podría ser insuficiente para los dispositivos que deseamos conectar, por lo cual será necesario incrementar el nivel de corriente.

El circuito que se plantea puede entregar una corriente suficiente utilizando el regulador de voltaje de 5 voltios y un transistor de paso (Q1), como se muestra en la Figura 21.

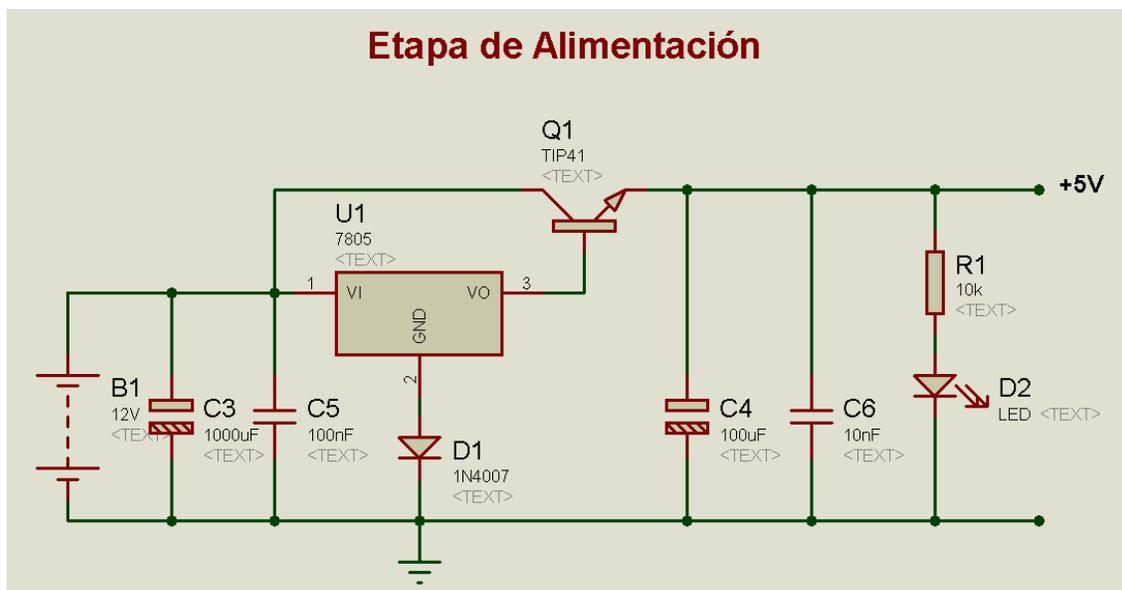


Figura 22. Circuito de alimentación
Fuente: Elaboración propia

Los condensadores C5 y C6 ayudan a aplanar el voltaje de entrada y salida del regulador, C3 y C4 se utilizan para filtrar cualquier interferencia producida por el sistema de baterías.

La unión del regulador de voltaje en conjunto con el transistor de paso, tiene como resultado una caída de voltaje entre base y emisor (V_{be}) de aproximadamente 0.6 a 0.7

voltios, lo que causará que el voltaje de salida sea de 4.3 o 4.4 voltios, voltaje que es diferente a los 5 voltios necesarios para el sistema.

Para resolver el problema, se eleva el voltaje del regulador 7805, colocando un diodo en el pin común del regulador que normalmente va a tierra. Esta elevación de voltaje es de 0.6 a 0.7 voltios, que es la caída de voltaje en un diodo común y compensa la caída de voltaje de la unión base emisor (V_{be}) del transistor de paso.

TRANSISTOR TIP41C NPN

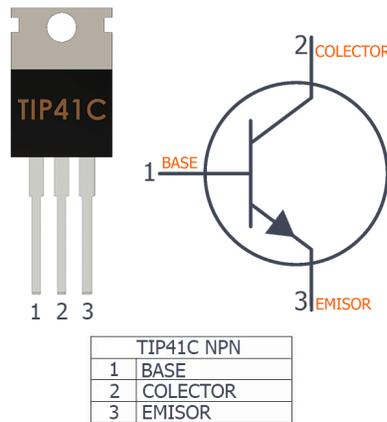


Figura 23. Transistor TIP41C
Fuente: cdmxelectronica.com

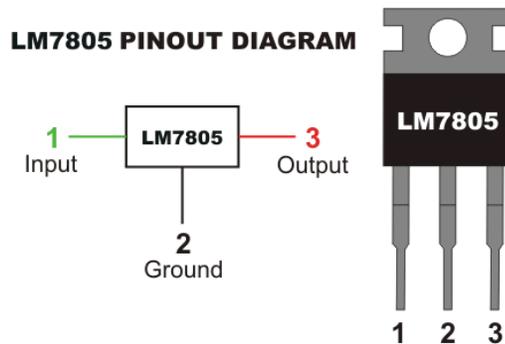


Figura 24. Regulador de voltaje 7805
Fuente: riverglennapts.com

El led se utiliza para indicar que el regulador esta activo y R1 es la resistencia limitadora

La lista de componentes se muestra a continuación:

- 1 Regulador de voltaje integrado LM7805 (U1)
- 1 transistor bipolar NPN TIP41, 2A/50V (Q1)
- 1 condensador electrolítico 1000 μ F (microfaradios), 35 V (C3)
- 1 condensador electrolítico 100 μ F, 35V (C4)
- 1 condensador de 100nF, 50V cerámico (C5)
- 1 condensador de 10nF, 50V cerámico (C6)
- 1 diodo 1N4007 1A/1000v (D2)
- 1 LED (L1)
- 1 resistencia de 330 ohmios, ¼ watt (R1)
- 1 disipador de calor para el transistor Q1

3.4.2 MODULO DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL

En esta etapa lo que buscamos es lo que se conoce como “acondicionamiento de señal”, y el circuito propuesto genera ganancia y/o compensación a una señal para hacerla más adecuada para el procesamiento posterior.

El modulo, con una longitud de onda de detección UV típica de 200 – 370 nm, emite un voltaje analógico calibrado que varía con la intensidad de luz UV, por lo que básicamente todo lo que necesita hacer es conectarlo a una entrada ADC y leer el valor.

Para aplicaciones que exijan alta velocidad y un elevado rango dinámico se usan a menudo circuitos de amplificador de transimpedancia como el mostrado en la Figura 24. En esta figura la capacidad de realimentación se indica como una capacidad parásita. En muchas aplicaciones se trata de un condensador colocado de forma deliberada para asegurar la estabilidad.

Este circuito tiene el fotodiodo (sensor UV) en modo fotoconductor con una tensión de polarización aplicada al cátodo. La conexión virtual entre las dos entradas del amplificador operacional mantiene al ánodo conectado a masa, aplicando de este modo una tensión constante de polarización inversa a través del fotodiodo. Se puede considerar que el

fotodiodo es una fuente de corriente (proporcional a la intensidad de luz), un condensador, una gran resistencia y la denominada corriente oscura, todo ello conectado en paralelo.

Cuanto mayor es la tensión de polarización en el diodo, más pequeña tiende a ser la capacidad del fotodiodo. Si bien esto es bueno para la velocidad, se ve limitado en la práctica por la capacidad de un fotodiodo de resistir elevadas tensiones inversas.

La corriente generada por el fotodiodo (GUVA-S12SD) se amplifica en el amplificador de transimpedancia y se convierte en una tensión de salida mediante la resistencia de ganancia de transimpedancia (también denominado resistencia de realimentación o RF).

Idealmente toda esta corriente circula a través de RF (por tanto, $IFB=IPD$), pero en la práctica el amplificador “roba” parte de esta corriente en forma de corriente de polarización de entrada del amplificador operacional. Esta corriente de polarización da como resultado una tensión de error a la salida y limita el rango dinámico. Cuanto mayor es la resistencia de ganancia, mayor es su efecto. Es importante seleccionar un amplificador con una corriente de polarización sumamente baja (al igual que la tensión offset de entrada y la deriva de tensión del offset de entrada) para lograr el rango dinámico y la precisión total que se requieren.

Otro aspecto a tener en cuenta es el efecto que tiene la variación de la corriente de entrada del amplificador operacional sobre la temperatura. Los amplificadores operacionales con etapas de entradas bipolares presentan una corriente de entrada bastante constante. Pero esta corriente es tan elevada incluso a temperatura ambiente (nA o incluso μA) que los amplificadores bipolares sin buffer no resultan apropiados para muchas aplicaciones de ganancia de alta impedancia. Por esta razón, los amplificadores operacionales con una etapa de entrada FET son preferibles respecto a los amplificadores bipolares ya que su corriente de entrada es inherentemente más baja, a menudo del orden de unos picoamperios o incluso más baja a temperatura ambiente. Pero los diodos de protección frente a descarga electrostática sufren fugas cuando se calientan, provocando un aumento exponencial de la corriente de entrada con la temperatura. No es extraño que un amplificador operacional con una corriente de polarización del orden de los pA a temperatura ambiente tenga una corriente de entrada de nA a 125°C.

Dado que el rango dinámico es la relación entre la señal máxima de entrada y el ruido, también es importante seleccionar un amplificador operacional con un ruido suficientemente bajo. Son importantes tanto el ruido de corriente como el ruido de tensión del amplificador operacional, en diverso grado dependiendo del valor de R_f y C_{in} . La capacidad de entrada C_{in} , es una combinación de la capacidad del fotodiodo, la capacidad de entrada del amplificador y las capacidades parásitas de la placa. En los circuitos del amplificador de transimpedancia, el ruido de corriente se multiplica por R_f , provocando así la aparición del ruido como un error de tensión de salida. El ruido de tensión del amplificador también se multiplica por la ganancia de ruido. Así que para valores altos de R_f , el ruido de corriente (i_n) se hace más dominante y para circuitos con una alta C_{in} , domina el ruido de tensión (e_n). Puede resultar complicado encontrar un amplificador operacional con bajo ruido de corriente y bajo ruido de tensión.

La capacidad de entrada también limita el ancho de banda. Una manera de plantear esto es considerar la impedancia del condensador de entrada como la resistencia de ganancia (R_G) en una configuración convencional del amplificador operacional inversor. Cuanto mayor es el condensador, más pequeña es la impedancia y mayor es la ganancia efectiva que “ve” el amplificador operacional ($1+R_f/R_g$), a menudo llamada ganancia de ruido. Dado que el ancho de banda del amplificador es inversamente proporcional a la ganancia debido a la naturaleza constante del producto ganancia-ancho de banda, lo cual significa que una capacidad de entrada elevada limita el ancho de banda del circuito.

Cuanto mayor es esta capacidad, más limitado está el ancho de banda del circuito. Por tanto es importante escoger un amplificador con una baja capacidad de entrada.

En este proyecto utilizamos el siguiente esquema para acondicionar la señal del fotodiodo (Sensor UV)

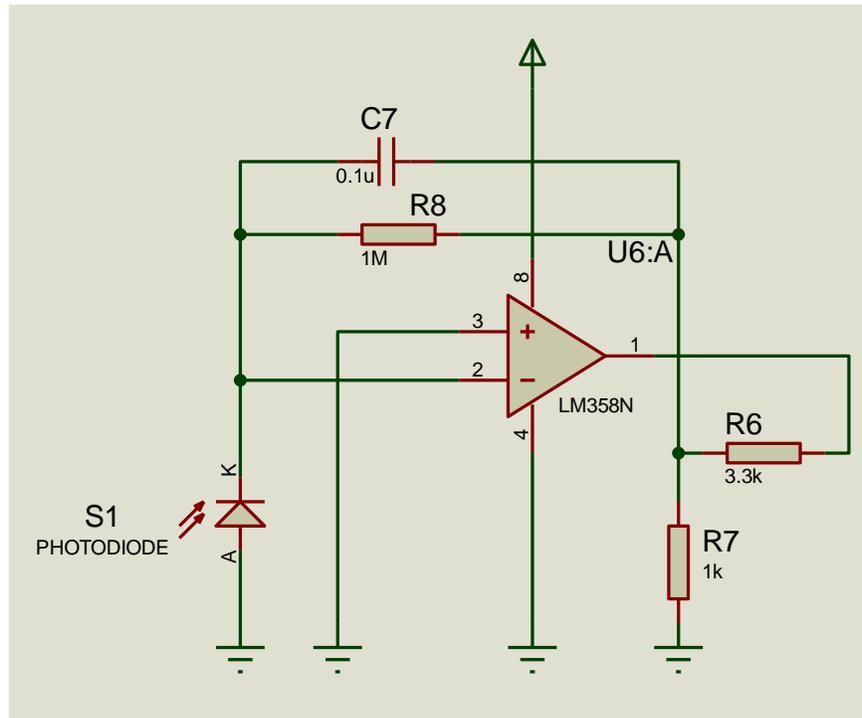


Figura 25. Módulo de Tratamiento de Señal
Fuente: Elaboración propia

Para este efecto utilizaremos 3 fotodiodos (Sensor UV) los cuales estarán dispuestos en posiciones distintas en cuanto a su orientación hacia el azimut como se muestra en la Figura 25. Esto debido al ángulo de visión que posee el sensor el cual influye en la recepción de los niveles de lectura de intensidad de la luz solar.

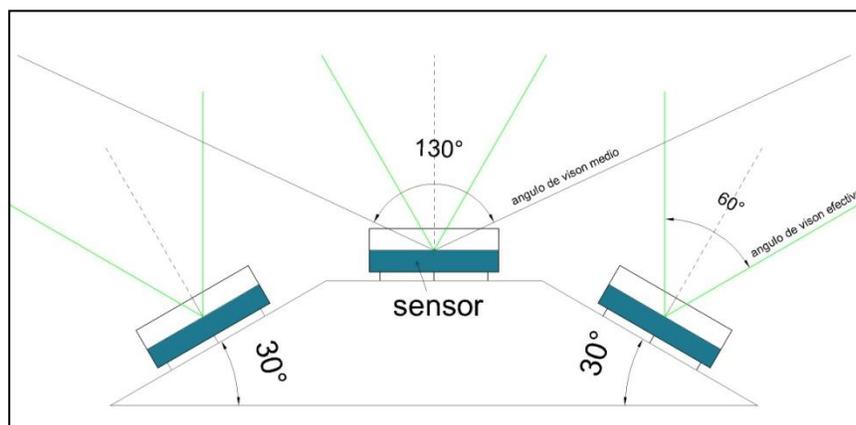


Figura 26. Disposición angular de los sensores
Fuente: Elaboración propia

3.4.3 BLOQUE DE PROCESAMIENTO

En la industria se encuentra una diversidad de procesos que deben ser controlados o simplemente supervisados usando sensores que envían una señal proporcional a la variable que se está midiendo. Todas estas señales deben adecuarse usando una tarjeta para cada sensor antes de ser transmitidas al sistema de procesamiento. Estas tarjetas producen un aumento de costos ya que tiene un alto contenido de componentes analógicos y se requeriría la compra o desarrollo de una para cada tipo de sensor.

Ahora la señal proveniente de la salida de los sensores utilizados son analógicas, por lo cual debemos leer esos valores analógicos usando el microcontrolador PIC y luego lo convertimos en valores digitales usando ADC (conversión analógica a digital).

3.4.3.1 ADC EN MICROCONTROLADOR PIC16F877A

Hay muchos tipos de ADC disponibles y cada uno tiene su propia velocidad y resolución. Los tipos más comunes de ADC son flash, aproximación sucesiva y sigma-delta.

El tipo de ADC utilizado en el PIC16F877A se denomina ADC o SAR de aproximación sucesiva en pocas palabras.

ADC de aproximación sucesiva: El ADC de aproximación sucesiva funciona con la ayuda de un comparador y algunas conversiones lógicas. Este tipo de ADC usa un voltaje de referencia (que es variable) y compara el voltaje de entrada con el voltaje de referencia usando un comparador y la diferencia, que será una salida digital, se guarda desde el bit más significativo (MSB). La velocidad de comparación depende de la frecuencia del reloj (F_{osc}) en la que opera el PIC.

Luego de mencionar algunos conceptos básicos sobre el ADC podemos empezar a realizar algunos cálculos. El microcontrolador utilizado tiene un ADC de 10 bits y 8 canales. Esto significa que el valor de salida de nuestro ADC será 0-1024 (2^{10}) y tenemos 8 pines (canales) en el microcontrolador que pueden leer voltaje analógico. El valor 1024 se

obtiene por 2^{10} ya que nuestro ADC es de 10 bits. Los ocho pines que pueden leer el voltaje analógico se mencionan en la hoja de datos.

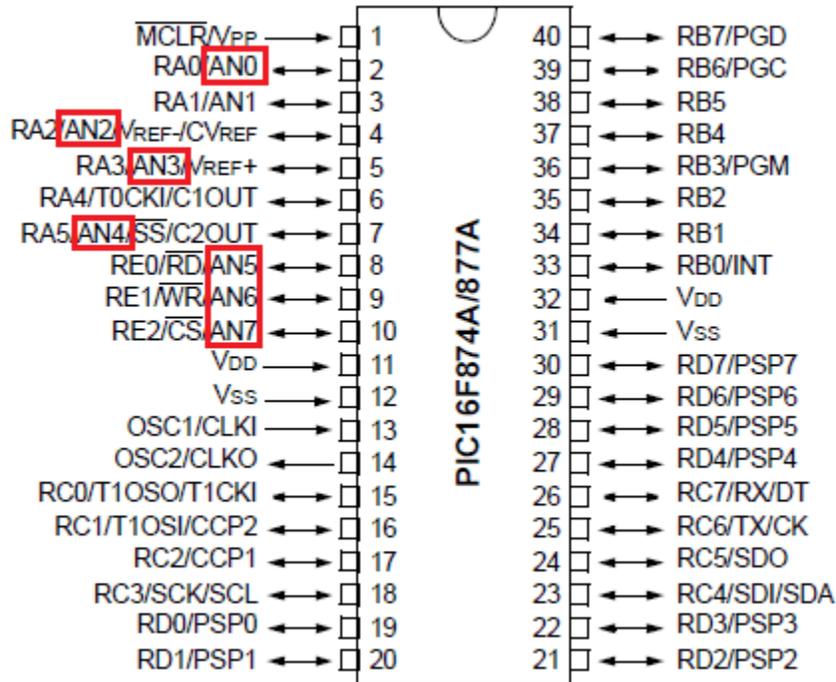


Figura 27. Canales analógicos del PIC16F877A
Fuente: Futurlec.com

Los canales analógicos resaltados son AN0 a AN7, solo estos pines podrán leer el voltaje analógico. Entonces antes de leer un voltaje de entrada, debemos especificar en nuestro código qué canal debe usarse para leer el voltaje de entrada.

Además el PIC tiene la capacidad de tomar la señal de diversos tipos de sensores capacitivos o resistivos y adecuarla para poder ser transmitida.

El sistema maneja 4 tipos de variables los cuales son:

- Niveles de tensión del modulo sensor UV
- Niveles de tensión del sensor de temperatura
- Niveles de capacidad de tensión de alimentación
- Datos del modulo RTC

Por lo general los dispositivos electrónicos, aún siendo parte del mismo lote de producción, tienen diferencias en cuanto a la respuesta que presentan unos con otros, por lo que el fabricante establece un rango de tolerancia, el cual aparece en las hojas de datos. Esto puede ser factor despreciable en la mayor parte de las aplicaciones, sin embargo, en algunos casos, en donde se requiere cierta precisión, estas variables pueden reflejarse en comportamientos inesperados del sistema.

Los niveles lógicos son representados con niveles de voltaje y por tanto distan mucho de ser cambios ideales de 0 a 1 o viceversa.

3.4.4 MODULO DE TEMPERATURA

La temperatura es un factor a considerar para todo, debido a que un incremento en temperatura de por ejemplo una máquina industrial causaría desperfectos en ella. Tan solo en el cuerpo humano un incremento de temperatura mayor a 36 grados Celsius puede causar un grave daño en el organismo. Además de la misma manera pasa cuando se tienen temperaturas menores a los 36 grados Celsius se podría caer en hipotermia, por ello el control de temperatura es un factor a considerar.

Por consiguiente la industria no es la excepción, ya que la temperatura puede influir en causar daños a la misma máquina o al producto.

Para empezar el control de temperatura ha sido un tema de interés para la ingeniería. Como resultado, se han implementado diferentes sistemas de control de temperatura, ya sea para aumentar o bajar la temperatura. Por lo tanto, se tienen sistemas de calefacción, ciclos de refrigeración, lavado de aire que comúnmente se le conoce como aire acondicionado, entre otros procesos de control.

En este proyecto para la medición de temperatura con fines de información de carácter ambiental, empleamos el sensor LM35 el mismo que nos presenta una salida analógica cuya variación es de 10 mV/°C.

Una de las grandes características del sensor de temperatura LM35 es que es lineal y esto implica que un cambio de temperatura en el sensor provoca un cambio de tensión a su salida proporcional a una constante. Un incremento de 1°C provoca un incremento de 10 mV en la tensión de salida. Por ejemplo, si la temperatura es de 25°C a la salida del sensor obtendremos 250 mV. Si se incrementa a 26°C la tensión de salida incrementa hasta los 260mV. El hecho de que sea lineal y con tolerancias tan bajas nos evita tener que calibrar y obtener curvas de calibración del sensor

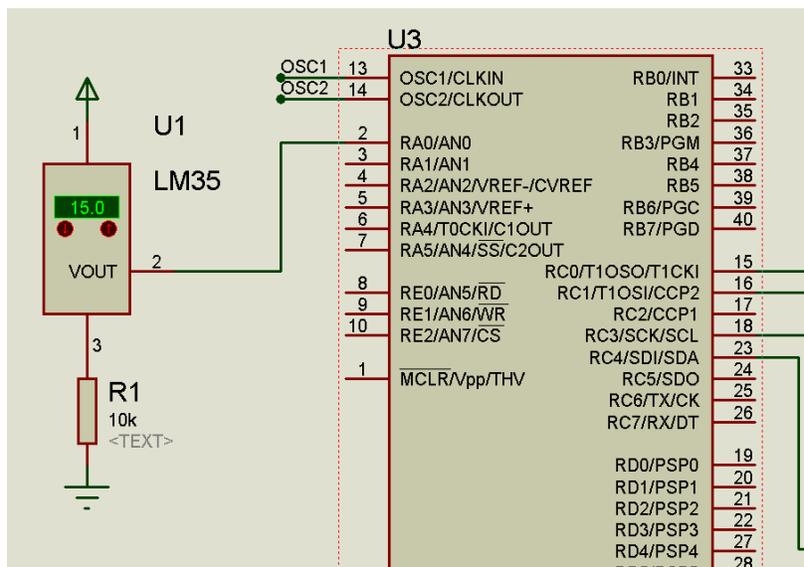


Figura 29. Control de Temperatura

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Figura 27 el sensor de temperatura ira conectado al pin 2 del microcontrolador, dicho sensor estará alimentado con una tensión de 5V.

3.4.5 MODULO SENSOR UV.

Este sensor UV, se utiliza para detectar el índice de intensidad ultravioleta (IUV).

Esta forma de radiación electromagnética tiene longitudes de onda más cortas que la radiación visible y son esas longitudes cortas las detecta ese sensor. Este modulo se basa en el fotodiodo GUYA-S12SD, que como vimos tiene una amplia gama espectral de 200 hasta

370nm. La señal eléctrica de salida del modulo, es de tipo analógica, que varia respecto a la intensidad de los rayos UV.

El nanómetro (nm), es la unidad de longitud que equivale a una mil millonésima parte de un metro ($1 \text{ nm} = 10^{-9}\text{m}$). Se utiliza para medir la longitud de onda de la radiación ultravioleta, radiación infrarroja y la luz.

Basado en un fotodiodo UV, que puede detectar el rango 200 – 370nm de luz, la salida de la señal está acondicionada para que quede en un nivel de voltios para poderla usar con un microcontrolador.

Como la fórmula para calcular el índice UV, puede consultarse en la guía práctica sobre el índice UV es un tanto compleja como para actualizar el resultado frecuentemente con la ayuda del microcontrolador, el fabricante del módulo proporciona una tabla con los valores de salida con los que se alcanzan los diferentes niveles del índice UV

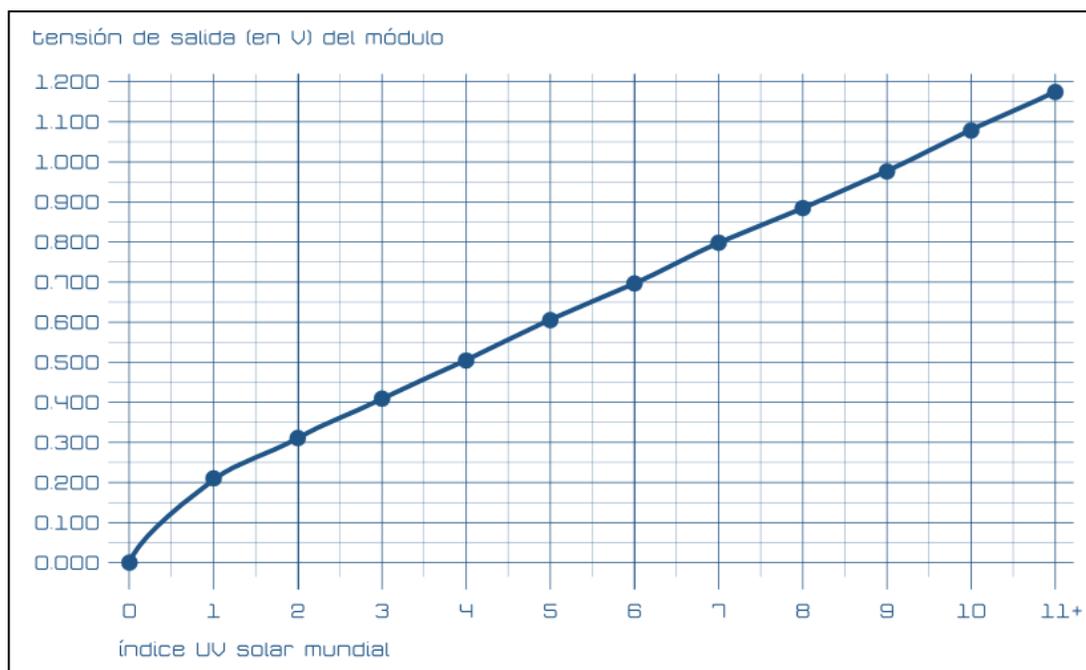


Figura 30. Tensión de salida según el índice UV
Fuente: Elaboración propia

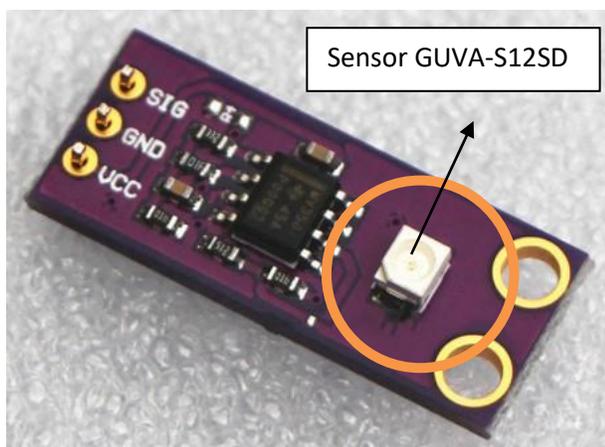
El tiempo de lectura del sensor GUVA-S12SD es bastante rápido y la respuesta razonablemente estable. En el montaje de prueba, la lectura analógica que se realiza del modulo desde el PIC, seguramente por disposición de los cables, no es tan buena como la del osciloscopio, aunque resulta más que aceptable para medir el índice UV y es de esperar que un prototipo montado en un circuito impreso incluso mejore.

En cualquier caso para tratar de eliminar las desviaciones de posibles interferencias, el programa realizará varias mediciones, para obtener una media de los datos adquiridos.

Puesto que la lectura analógica tiene una resolución de 10 bits, para obtener la tensión entregada por el modulo UV hay que convertir el rango de 0 a 1023, que devuelve la función, al rango que de 0 a 1100, que son los milivoltios que se han establecido como referencia del máximo nivel alcanzado por el sensor. Para realizar la conversión hay que multiplicar por 1100 y dividir por 1023.

Según la figura 26. contamos con tres sensores UV, los mismos contribuirán a captar los niveles de radiación Ultravioleta a lo largo del día. Si bien estos módulos mantienen la misma configuración, la ubicación de los mismos generará unos niveles de tensión distintos. Los cuales serán llevados a una subrutina quien determinará cuál es el mayor de ellos, por tanto el índice UV actual se calculará con este último resultado.

Figura 31. Sensor GUVA-S12SD
Fuente: Elaboración propia



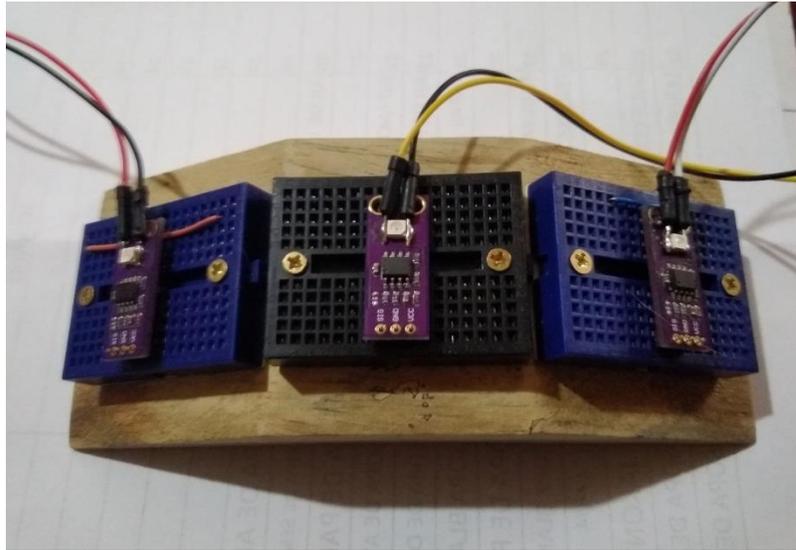


Figura 32. Disposición de los sensores GUVVA-S12SD
Fuente elaboración propia

Según la figura 29 podemos elaborar una tabla del índice UV que esté en función de la tensión de salida.

Tabla 3. Niveles de voltaje en GUVVA-S12SD

INDICE UV	EQUIVALENTE EN VOLTAJE
1	50 - 227
2	227 - 318
3	318 - 408
4	408 - 503
5	503 - 606
6	606 - 696
7	696 - 795
8	795 - 881
9	881 - 976
10	976 - 1079
11	1079 - 1170

3.4.6 EL MODULO RTC DISPLAY

Dentro los componentes de este proyecto está el de implementar un reloj, mediante el empleo del módulo RTC (real time clock) DS3231 y su posterior visualización en un display LCD. El reloj incluirá, además de la hora, calendario (día, mes, año)

Como sabemos el modulo DS3231, es el circuito integrado que almacena el valor de la hora con un alto grado de precisión incluso en ausencia de la fuente de alimentación (en este caso utiliza su batería auxiliar).

El microcontrolador desconoce la hora y la pregunta continuamente al DS3231 mediante comunicación I²C (inter-integrated-circuit), que le responde del mismo modo. Posteriormente se explica este protocolo con mayor profundidad.

El módulo DS3231 posee 6 terminales: 2 de alimentación ($V_{cc}=5V$ y GND), 2 para la comunicación I²C (SCL y SDA , conectados respectivamente a $RC3$ y $RC4$, pines SCL y SDA del microcontrolador), el terminal SQW (conectado a $RC1$, entrada del módulo CCP2; genera un pulso al saltar la alarma) y el terminal $32K$ (onda cuadrada de 32 kHz, pin no utilizado).

Display LCD: utilizada para la visualización de la hora, se configura en modo de 4 bits (se emplea sólo el subconjunto $D4-D7$ de los pines $D0-D7$ en la pantalla) con cuatro líneas de 20 caracteres.



Figura 33. Display LCD 20x4
Fuente: Elaboración propia

Las conexiones requeridas por el display LCD son las siguientes

Función	Nº Pin	Nombre	Conectado al pin/net	Descripción
GND	1	V _{SS}	GND	Conexión Display a masa (0 V)
V _{CC}	2	V _{DD}	5 V	Conexión Display a Alimentación (5 V)
Contraste	3	V _O		Se necesita conectar un potenciómetro (alimentado entre 0 y 5 V) para ajustar el contraste. Una vez calibrado correctamente, no se modificará.
Control de operación	4	RS	RD4	Selección de registro
	5	R/W	RD5	Lectura/Escritura
	6	E	RD6	Habilitación Display LCD
Datos/comandos	7-10	D0-4	RD0-3	Terminales utilizados en modo 4 bits.
	11-14	D5-8	GND	Terminales no utilizados en modo 4 bits, se conectan a GND.
LED	15,16	A, K	GND	Ánodo, cátodo del LED de iluminación de fondo. No utilizados, se conectan a GND.

Tabla 4. Conexiones del LCD
Fuente: Elaboración propia

También requerimos 2 pulsadores (Switces): el pulsador 1 se encuentra conectado a la entrada RC0 y el pulsador 2 a la entrada RC1, ambos con su respectiva resistencia pull-up (10 k Ω), estos servirán para realizar cambios de horario.

Funcionamiento básico

Después de explicar las funciones del modulo DS3231 así como la del microcontrolador y sus diferentes módulos y haber desarrollado las diferentes funciones utilizadas, pasamos a explicar la configuración del reloj y el calendario.

Como configurar el reloj (TIME SET)

El modo TIME SET permite al usuario configurar el reloj y el calendario. Para cambiar de LOCK (modo normal de visualización) a TIME SET, *RC0* (Pulsador P1) debe mantenerse presionado durante al menos 0.8s. En ese momento, los dígitos del minuterero parpadean y al pulsar nuevamente P1 cambia el parámetro seleccionado, mientras que pulsar *RC1* (en adelante Pulsador P2) posibilita ajustarlo (mantener P2 pulsado ajustará el parámetro con mayor rapidez). Cuando el usuario haya terminado de configurar el reloj, puede volver a LOCK pulsando P1.

En TIME SET se pueden ajustar los siguientes parámetros:

- Horas y minutos
- Formato 12/24h
- Año (2000-2099), solo se modifican los dos últimos dígitos
- Mes y Fecha

3.4.7 MODULO CONTROL DE BATERIA

La alimentación principal del sistema proviene de una batería de 12 Voltios.

Tipos de baterías de Litio

Hay tres tipos de baterías de iones de litio a base de materiales catódicos diferentes, son el óxido de cobalto, óxido de manganeso y fosfato de hierro.

La batería de óxido de cobalto/ litio tiene la ventaja de su alta densidad de energía, pero acarrea graves problemas de seguridad. La batería de litio/óxido de manganeso es la de mayor utilización por sus características y seguridad pero su mal rendimiento a altas temperaturas es su mayor inconveniente mientras que las de litio/fosfato de hierro tienen las mejores características de seguridad, ciclo de vida largo (más de 2000 ciclos) y una buena disponibilidad.

Las baterías recargables de base de litio están disponibles en dos composiciones químicas similares: cilíndricas/tubulares de ión de litio (Li-Ion) y planas de polímero de litio (Li-Po).

Ambas producen entre 3,6 y 3,7 voltios. Las baterías de litio proporcionan más densidad energética que las baterías de níquel lo que da lugar a una mayor autonomía de batería en un diseño más ligero, ya que el litio es el metal más liviano que existe.

En este proyecto utilizaremos baterías de ión de Litio (Li-Ion) denominadas 18650, el cual es parecido a una pila recargable AA pero con un tamaño más grande.

La referencia 18650 corresponde a sus medidas. Es decir, el primer número 18 que encontramos indica su diámetro de 18 mm. A continuación, el número 65 indica su longitud neta (65 mm). La capacidad que tienen estas baterías varían de un modelo a otro pero suelen estar comprendidas entre los 2100 mAh, 4000 mAh y 8800 mAh.

Las ventajas principales de la batería 18650 es que está construida con iones de Litio, esto significa que se puede recargar las pilas 18650 una media entre 600 a 1000 veces sin que se estropeen ni pierdan efectividad.



Figura 34. Baterías de Li-Ion 18650
Fuente: Elaboración propia

Mayor potencia que una pila recargable AA las cuales tienen un voltaje de entre 1,2 y 1.5 voltios mientras que las baterías 18650 tienen un voltaje de entre 3.7 y 4.2 voltios.

En nuestro caso como se ve en la figura 33, utilizaremos 3 baterías 18650 de 4.2 V que al colocarlas en serie tendremos un voltaje efectivo de 12.3 Voltios con lo cual alimentaremos

el sistema. Y se quiere mostrar a través de la pantalla, qué porcentaje de batería queda para hacer el respectivo cambio o recarga.

Cabe notar que utilizamos un divisor de tensión para justamente medir la caída de tensión en R5 el cual debe tener el valor máximo de 4.2 V que representa que la batería está cargada al 100% hasta un valor de 3.2 V que representará que la batería esta descargada ya que la curva de descarga de la batería no es lineal.

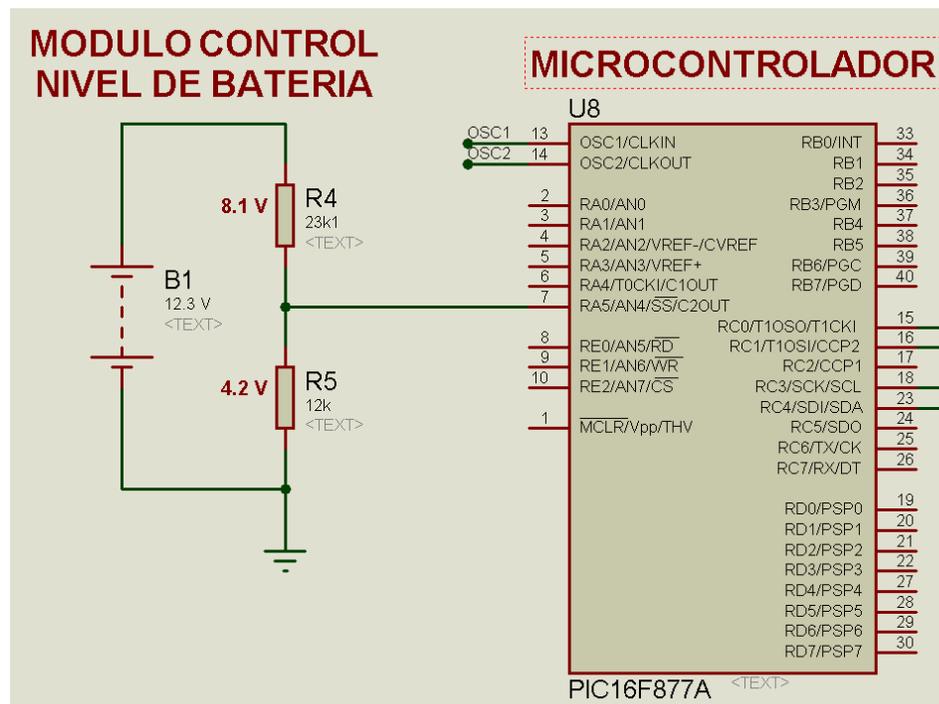


Figura 35. Modulo control nivel de Batería
Fuente: Elaboración propia

3.4.8 MODULO DE SEÑALIZACION

El medio utilizado para el despliegue de la información de los sensores proveniente del microcontrolador es el Display LCD, que ya fue mencionado en el desarrollo del modulo Reloj de tiempo real (RTC), así también debemos mencionar el modulo de LEDS el cual

está dispuesto como un SEMAFORO, el cual tiene como función principal mostrar el color del índice de radiación UV captado por el modulo de sensores UV.

Cada índice de radiación UV solar tiene un color asignado tomando como referencia la tabla de exposición solar establecida a nivel mundial por la OMS. Cada índice de radiación solar representa el nivel de afectación a la piel y las precauciones que se deben tener. Para la fabricación del modulo de Leds se utilizan diodos Leds normales (por su sigla en ingles (Red, Green, Blue) los cuales se encienden dependiendo el indice de radiación UV.

Cada nivel cuenta con 32 leds normales haciendo un total de 160 leds por los cinco colores que está determinado por la OMS.

Por varias razones, a menudo es necesario controlar los LED alimentados por un voltaje superior al que el microcontrolador puede suministrar o soportar. En estos casos la solución más común es usar un transistor NPN como interruptor o controlador para amortiguar entre las dos partes del circuito: el circuito de control de bajo voltaje y el circuito de carga de alto voltaje.

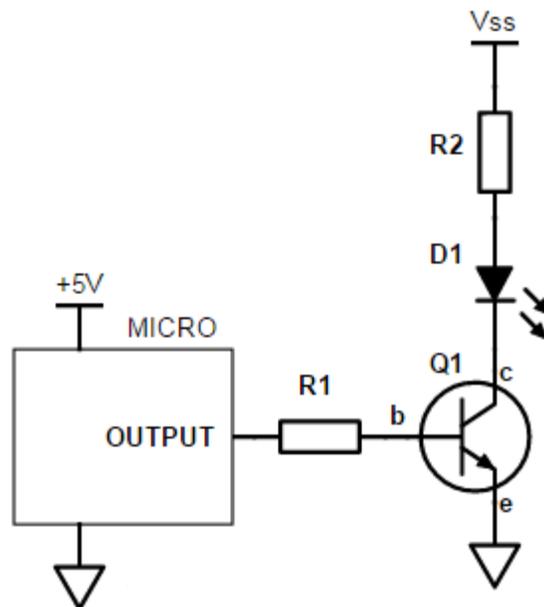


Figura 36. Transistor como interruptor controlado por un microcontrolador
Fuente: LEDnique.com

Cuando no fluye corriente hacia la base (b) de Q1, el transistor está apagado y no fluye corriente desde el colector (c) al emisor (e). A medida que aumentamos la corriente hacia la base del transistor, el transistor comienza a activarse y su resistencia disminuye permitiendo que la corriente fluya desde V_{ss}, a través de R2, D1 y Q1 a tierra.

Los transistores de pequeña señal tienen una ganancia de corriente de 50 a 300. Esto significa que para 0.1 mA en la base deberíamos poder hacer fluir de 5 a 30 mA a través del colector.

A primera vista, parece que podríamos controlar la corriente del LED a cualquier valor que quisiéramos, controlando la corriente de base. Desafortunadamente, hay suficiente variación entre los transistores y el hecho de que el parámetro depende de la temperatura no sería un buen diseño confiable y repetible.

En su lugar, inyectamos corriente más que suficiente en la base para convertir el transistor en saturación: el voltaje del colector cae lo más bajo posible, generalmente por debajo de 0.2 V.

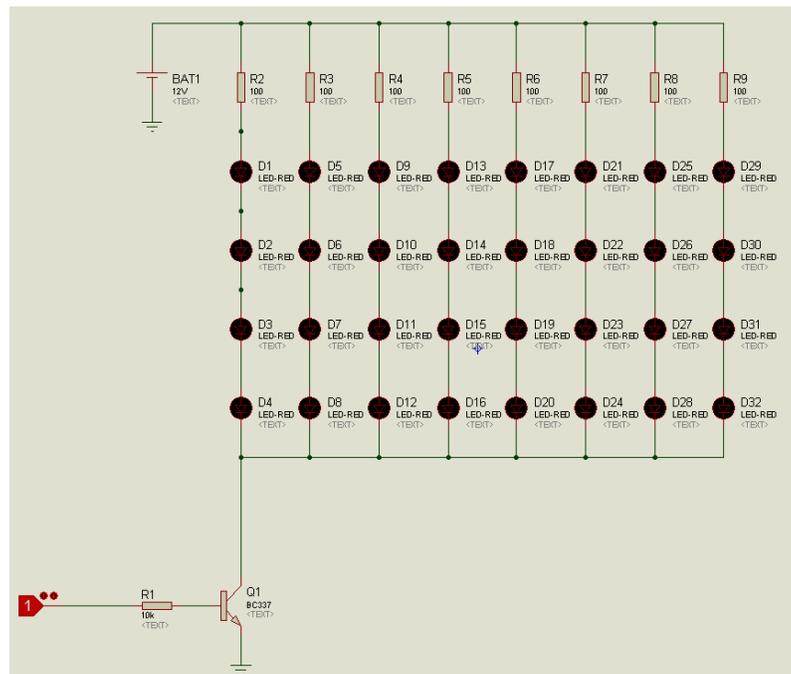


Figura 37. Modulo de Leds
Fuente: Elaboración propia

3.5 DIAGRAMA DEL CIRCUITO GENERAL

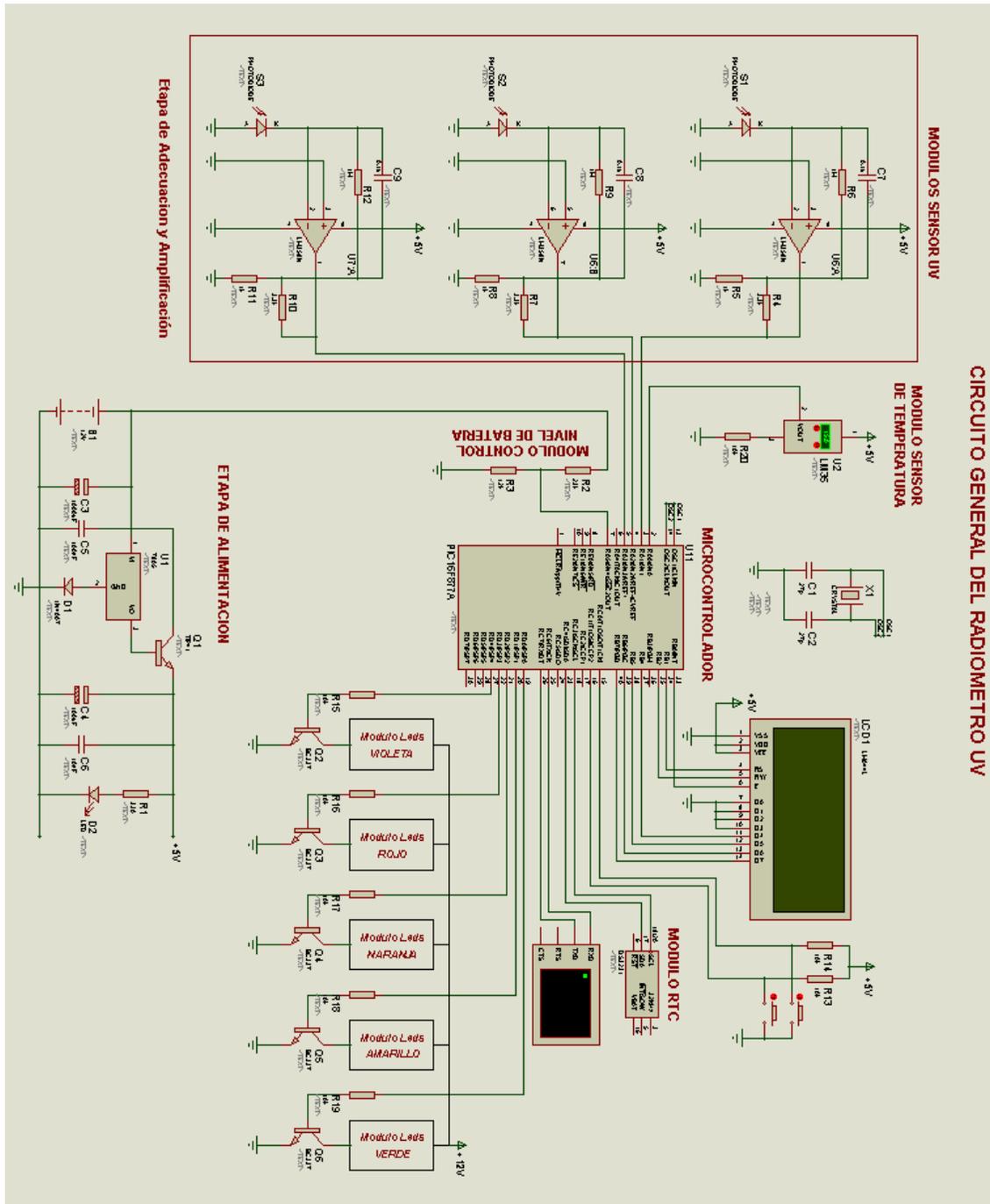


Figura 38. Circuito General
Fuente: Elaboración propia

Diseño Electronico de Pistas

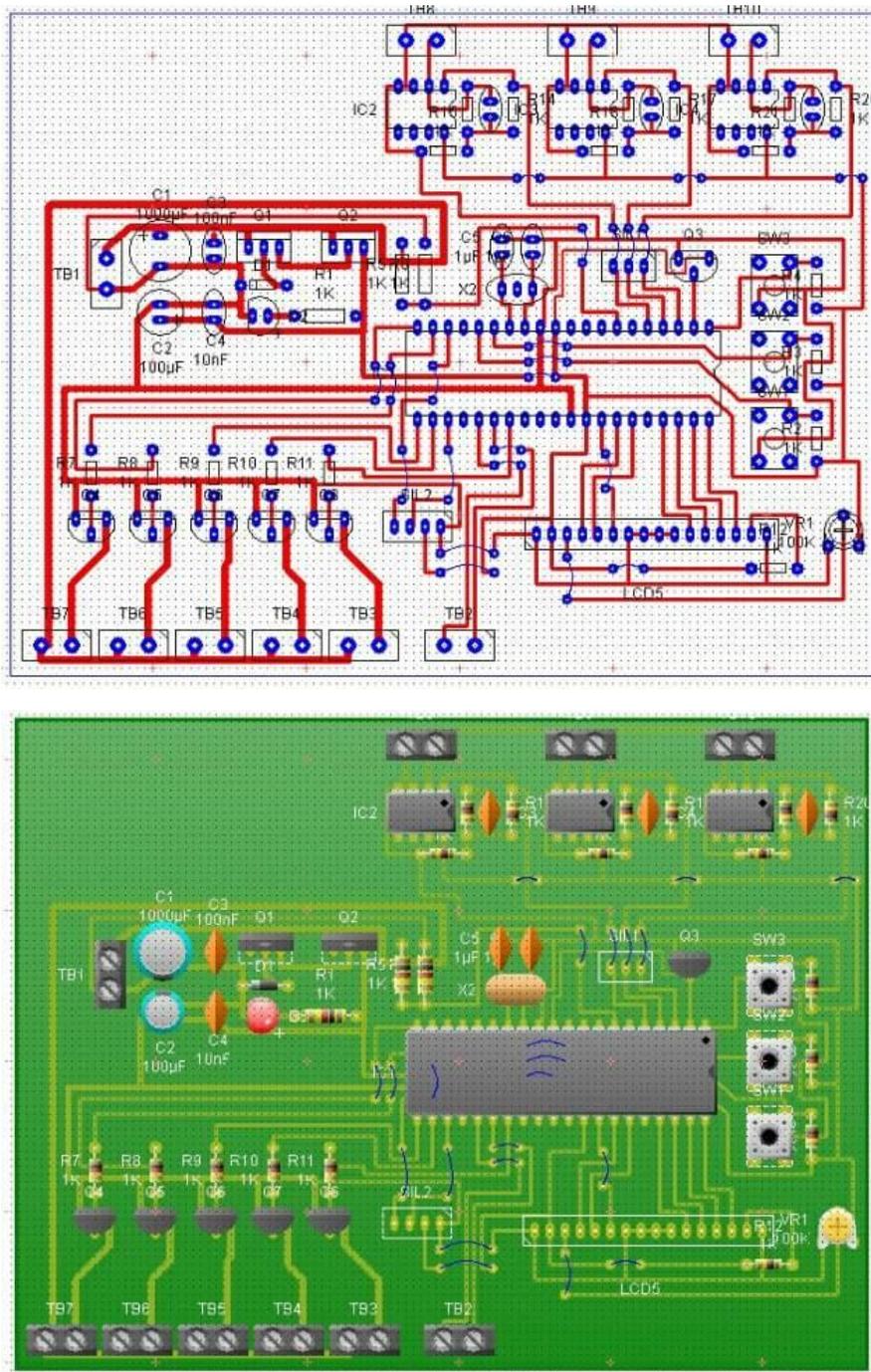


Figura 39. Diseño de Pistas
Fuente: Elaboración propia

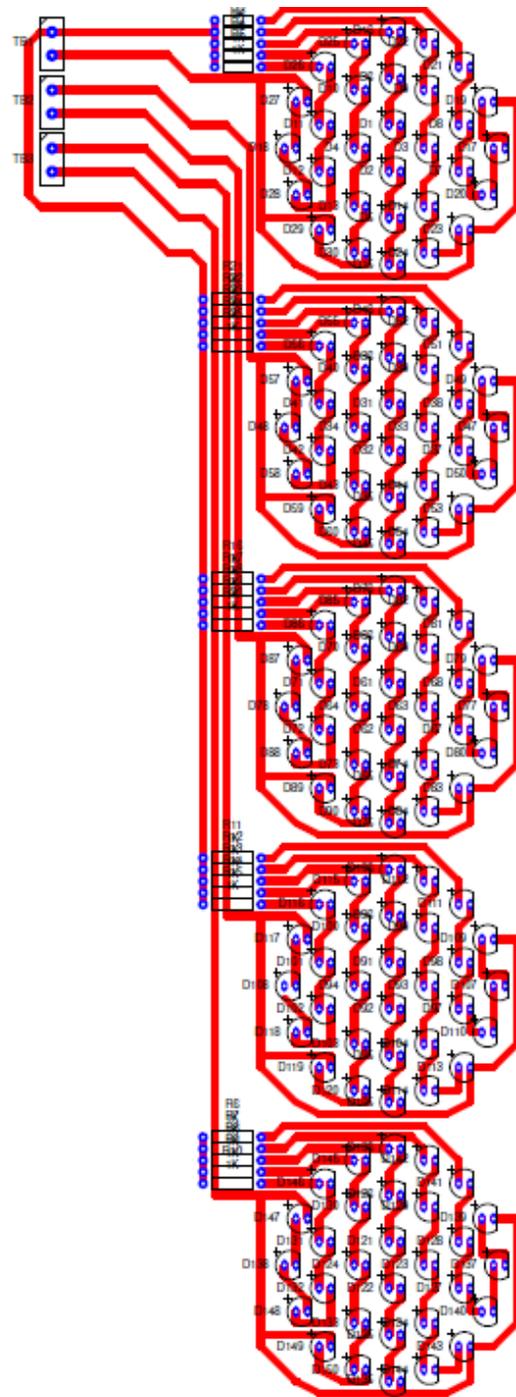


Figura 40. Diseño de pista tablero de leds
Fuente: Elaboración propia

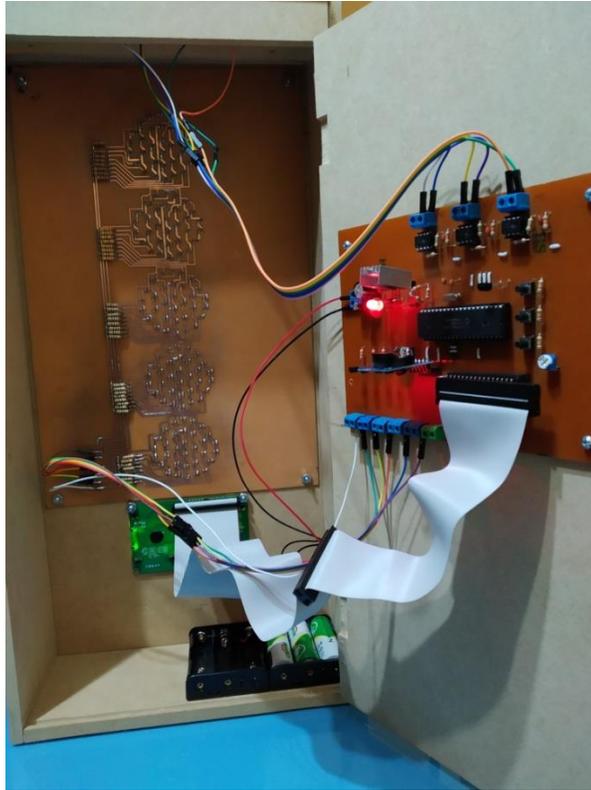


Figura 41. Montaje final
Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV

ETAPA DE PRUEBAS

4.1 HERRAMIENTAS SOFTWARE / HARDWARE

4.1 .1 SOFTWARE PICKIT2

El programador PICKit 2 es una herramienta de programación para desarrollo de bajo costo. Es capaz de programar la mayoría de los microcontroladores y memorias seriales EEPROM de Microchip.

Sus características son:

- Programador integrado al MPLAB
- Alimentacion desde el puerto USB.
- Puede proveer alimentación a la placa bajo depuración
- Comunicación a dos hilos
- Vdd de los MCU desde +1.8V a +5V
- Contempla las familias de microcontroladores **PIC10, PIC12, PIC16, PIC18, PIC24, dsPIC30 y dsPIC33.**
- Detección de cortocircuitos en VDD y VPP del circuito bajo ensayo.
- Puede funcionar como programador **STAND ALONE (sin PC).**

La aplicación de programación te permite programar todos los dispositivos soportados por el programador PICKit 2. La interface de programación aparece como se muestra en la siguiente figura 38.

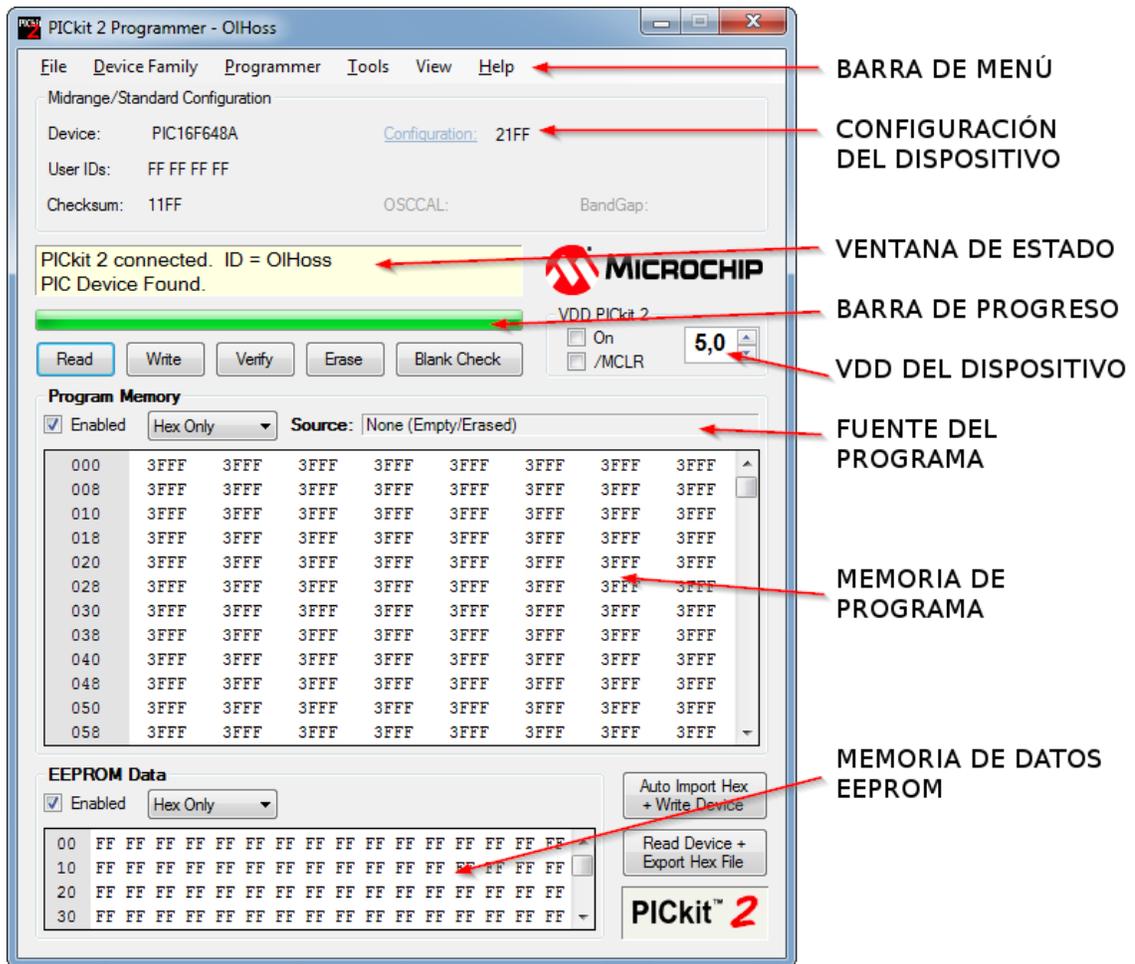


Figura 42. Espacio de trabajo del software PICkit2
Fuente: www.niplesoft.net

Teniendo correctamente conectado un PIC en la tarjeta del programador, se pulsa la ventanasa “Tools” y del menú desplegable se selecciona “Check comunicaciones” para verificar la comunicación del PIC y el Software.

Tras realizar esto el programador nos otorgará información sobre el tipo de PIC y se habilitará el boton “Read” que nos servirá para leer la memoria del PIC, y el botón “Write” el cual una vez cargado el programa deseado en el buffer del software nos servirá para proceder a programar nuestro PIC, el botón “Verify” sirve para verificar el PIC conectado, el botón “Erase” nos sirve para borrar la memoria del PIC y dejarlo en blanco (tras hacer esto no podemos recuperar los datos previamente almacenados en el PIC) y por último; el

botón “Blank Check” se utiliza para corroborar que el PIC conectado realmente esté en blanco.

Para importar un código previamente creado es necesario pulsar la pestaña “File” y en el menú seleccionamos “Import Hex”.

Una vez realizado esto podemos observar que el código se cargó correctamente y procedemos a pulsar el botón “Write” para grabar el PIC.

4.1 .2 SOFTWARE PLX-DAQ

PLX-DAQ es una herramienta adicional de adquisición de datos de microcontrolador Parallax para Microsoft Excel. Cualquiera de los microcontroladores conectados a cualquier sensor y el puerto serie de una PC ahora pueden enviar datos directamente a Excel.

PLX-DAQ tiene las siguientes características:

- Trazar o graficar datos a medida que llegan en tiempo real usando Microsoft Excel
- Graba hasta 26 columnas de datos
- Marca los datos con tiempo real (hh:mm:ss) o segundos desde el reinicio
- Leer/escribir cualquier celda en una hoja de trabajo
- Lea/ configure cualquiera de las 4 casillas de verificación para controlar la interfáz
- Código de ejemplo para BS2,SX(SX/ B) y Propeller disponibles
- Baudios de hasta 128K
- Soporta Com1-15

Este software nos va a permitir la comprobación de los datos que se han adquirido de los sensores UV y temperatura conectados al microcontrolador PIC, y nos permitirá saber con exactitud los valores del índice UV y la temperatura presente en el entorno del radiómetro.

Aparte ya que Excel da la posibilidad de realizar gráficas de los valores adquiridos, se podrá ver un esbozo del resultado final que nos indicará el comportamiento del índice UV a lo largo del día.

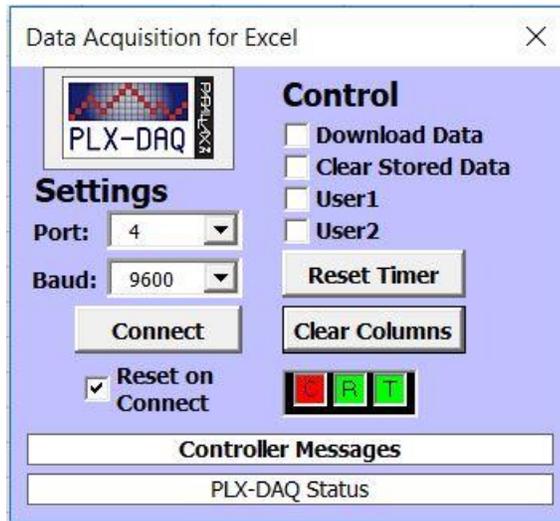


Figura 43. Entorno de trabajo del PLX-DAQ
Fuente: www.paralax.com

4.1.3 MODULO FTDI FT232RL.

El adaptador interfaz USB serial FT232RL permite comunicarse a través del puerto USB de nuestra PC con la UART (Universal Asynchronous Transmitter Receiver) de un microcontrolador PIC, Arduino, GPS o cualquier otro dispositivo que tenga este tipo de interfaz. Usualmente la interfaz UART se emplea para la descarga de programas (mediante bootloader), para la configuración de los parámetros de operación en equipos electrónicos, o como interfaz para mensajes de depuración en sistemas embebidos. Por lo tanto este adaptador es ideal para todos los especialistas que trabajan con microcontroladores, etc.

Las ventajas del adaptador interfaz USB serial FT232RL es que puede utilizarse con sistemas electrónicos cuyo funcionamiento es a 5 y 3.3 volts, pudiendo seleccionar el voltaje de las señales correspondientes mediante un jumper.

Características del Adaptador interfaz USB Serial FT232RL

- Voltaje de operación: 5 volts.
- Puede obtener acceso a señales GND, VCC, TX, RX y DTR.
- El protocolo es manejado por entero en el chip, no se requiere programación de firmware específica para USB.

- La interfáz UART soporta 7 u 8 bits de datos, 1 ó 2 bits de parada, y paridad par/impárrmarca/espacio/sin paridad
- Operación a 3.3 V o 5 V configurable mediante jumper
- USB 2.0 Full speed
- Buffer de recepción de 128 Bytes y de transmisión de 256 bytes
- Drivers gratuitos, eliminan la necesidad de desarrollar drivers para la aplicación
- LED indicador de señal de transmisión y recepción



Figura 44. Modulo FTDI FT232RL

Fuente: www.amazon.com

4.2 COMUNICACIÓN UART CON MICROCONTROLADOR PIC

Con el USART del microcontrolador PIC16F877A se puede recibir y enviar datos desde y hacia el software de monitor en serie de PC (hiperterminal) o cualquier dispositivo que use comunicación UART.

USART: receptor / transmisor sincrono / asincrono universal

UART: receptor / transmisor asincrono universal

El microcontrolador PIC16f877A tiene un modulo USART, este modulo se puede usar como USART O UART dependiendo de la configuración de algunos registros relacionados con el módulo.

4.2.1. CONEXION DE UART CON MICROCONTROLADOR PIC

La conexión entre el microcontrolador PIC16F887 y la computadora portátil (o PC) se muestra a continuación. El Módulo FT232RL está conectado directamente al puerto USB de la computadora portátil con un cable mini USB.

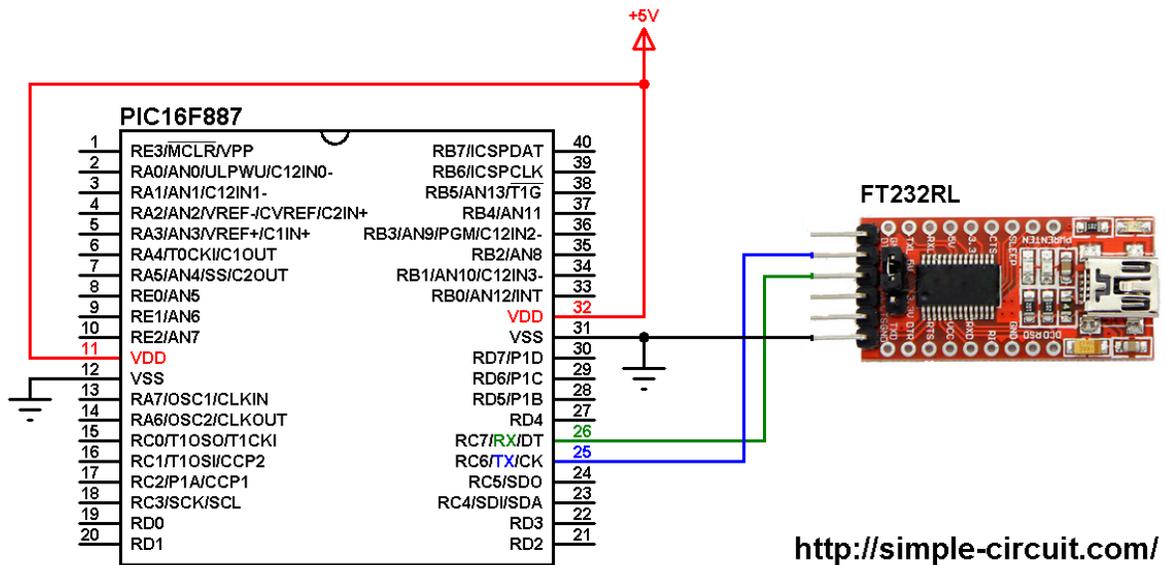


Figura 45. Conexión PIC con FT232RL

Fuente:www.simple-circuit.com

Para poder enviar/recibir datos desde/hacia el microcontrolador hacia/desde la computadora portátil, necesitamos un módulo convertidor de USB serie. En este proyecto usamos el modulo FT232RL (el componente principal es el chip FT232RL de FTDI), se pueden utilizar otros módulos, incluidas las placas Arduino.

El pin GND del convertidor de USB a serie está conectado a tierra del circuito, los pines RX y TX están conectados respectivamente a los pines TX (#25) y RX(#26) del microcontrolador PIC16F877A.

4.3 ADQUISICION DE DATOS DE LOS SENSORES.

Los datos obtenidos del sistema de control se procesan en la computadora mediante la interfáz PLX-DAQ, el cual registra las lecturas de los sensores y despliega en una hoja de calculo Excel el evento con fecha y hora con un intervalo determinado por el microcontrolador.

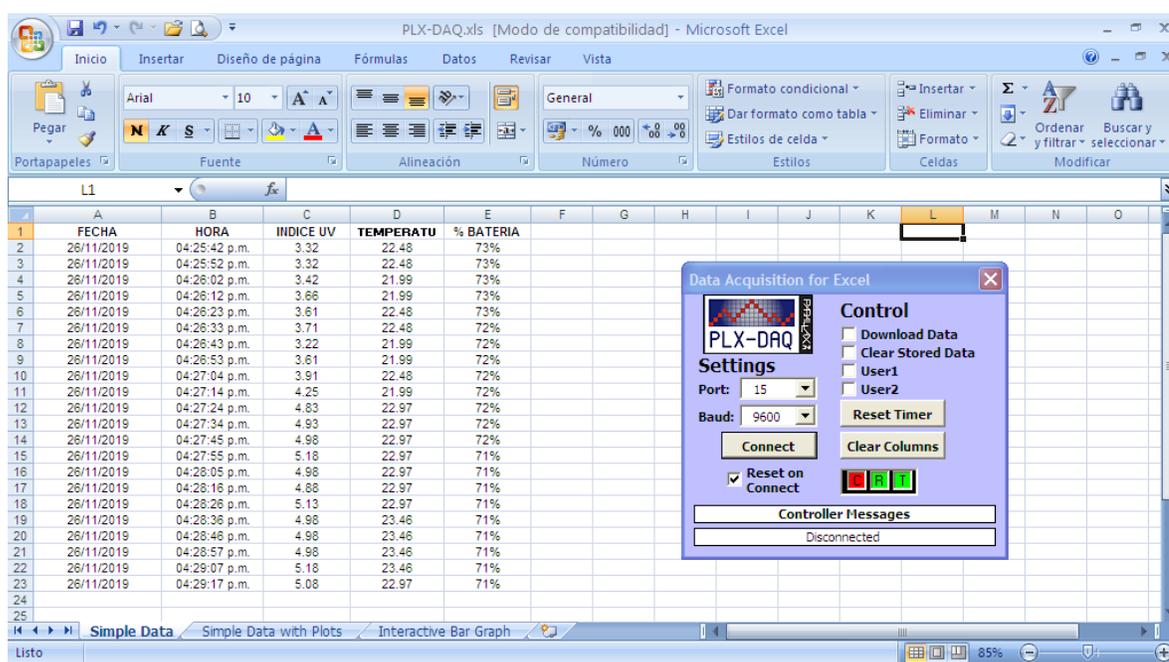


Figura 46. Hoja de cálculo con registro de datos
Fuente: Elaboracion propia.

Figura 47. Grafica de los tres sensores UV en función del tiempo

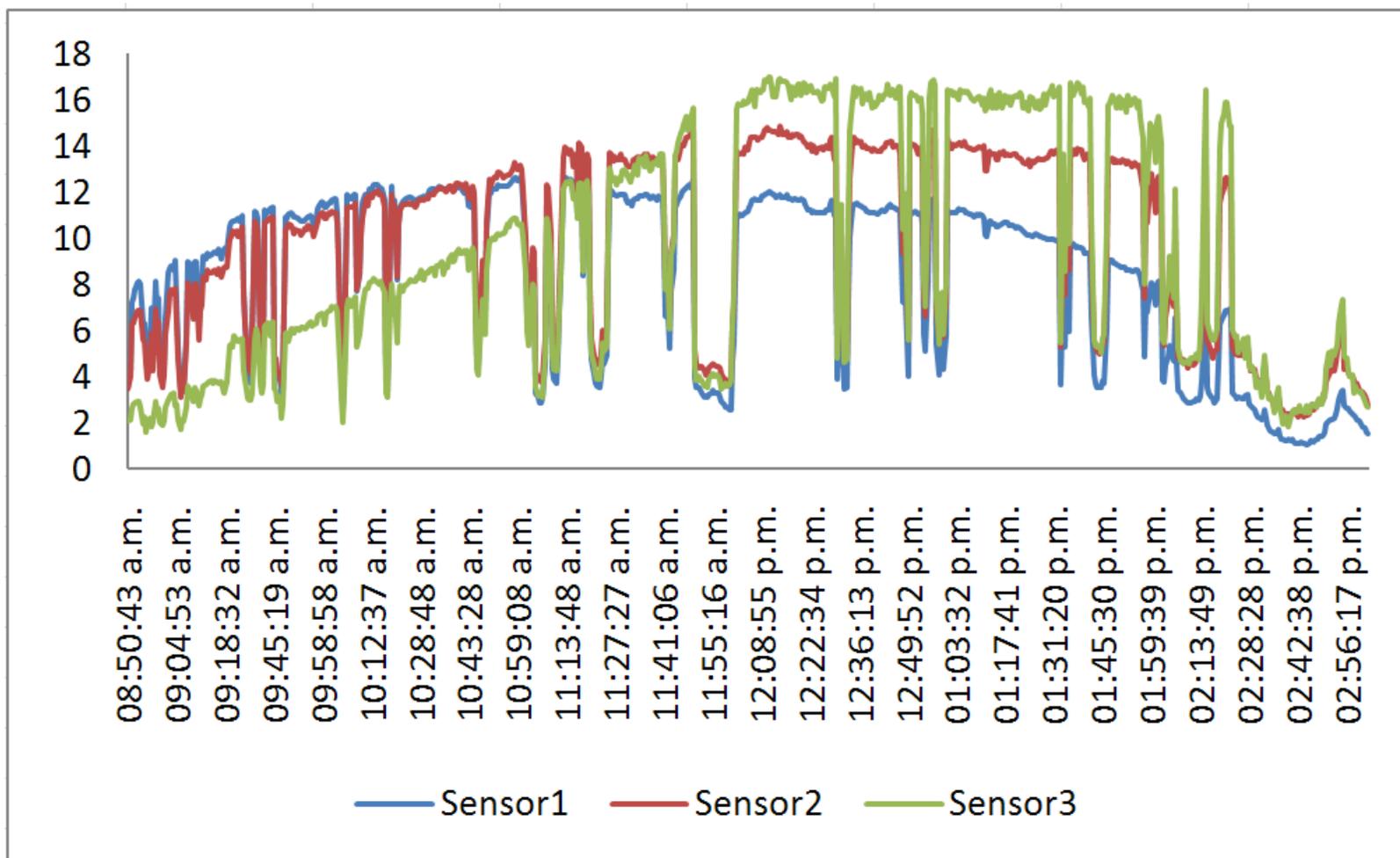
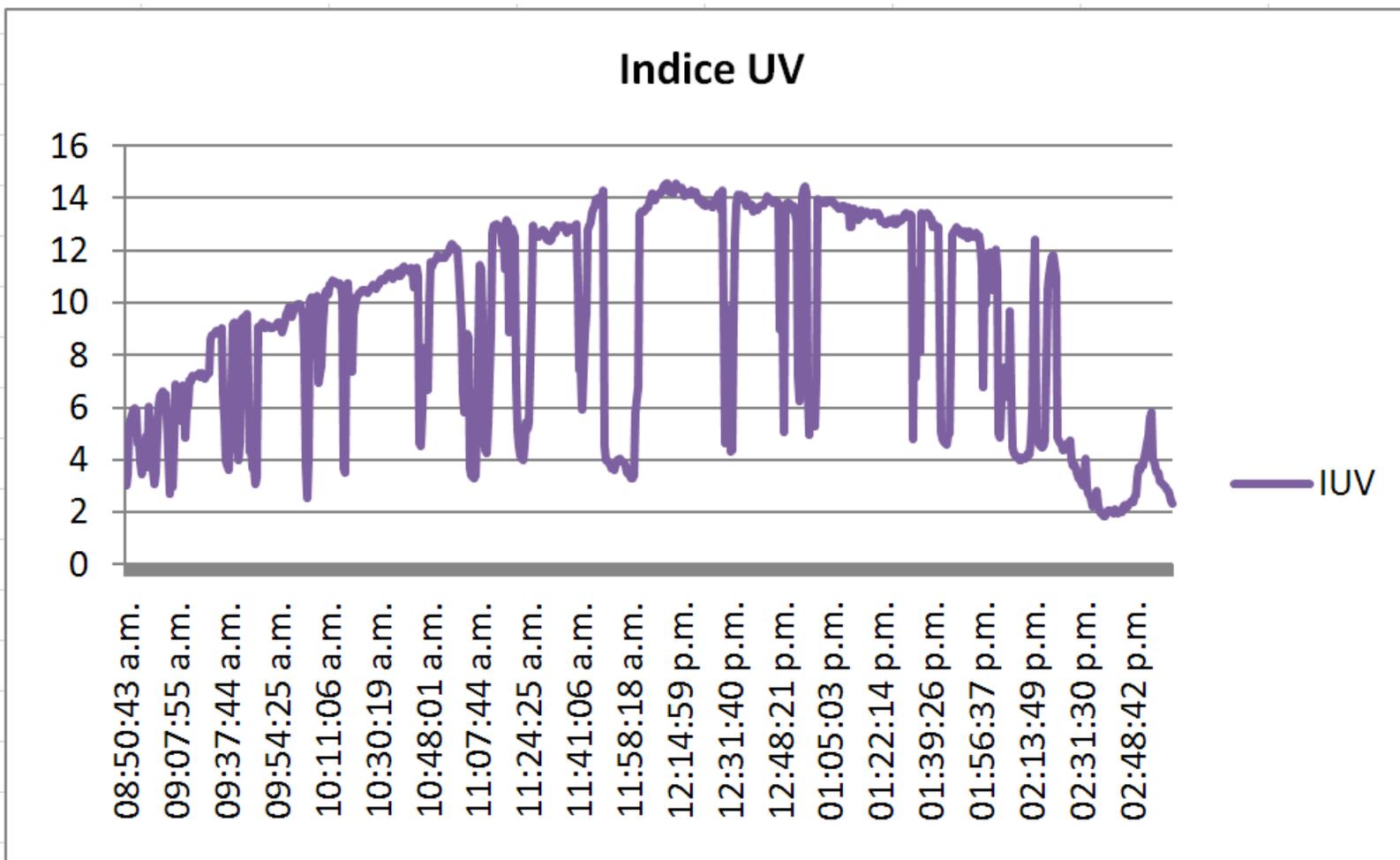


Figura 48. Grafica del indice UV en función del tiempo



CAPITULO V

ANALISIS DE COSTOS

En esta sección describiremos los costos que se necesitaron para llevar adelante el presente proyecto.

Cabe destacar que todos los componentes se consiguieron en nuestro medio local, no siendo necesario importar algún dispositivo.

5.1 COSTOS DIRECTOS

5.1.1 COSTOS DE LA INFORMACION TECNICA

La información técnica disponible hace referencia a los recursos bibliográficos recabados para el desarrollo del proyecto, los cuales fueron esencialmente consultados a través del internet.

Nº	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Bs)	COSTO TOITAL (Bs)
1	Información en la web	60 Hrs	2.00	120.00
2	Información impresa	300	0.20	60.00
Costo total				180.00

Tabla 5. Costo para la información técnica

5.1.2 COSTO DE DISPOSITIVOS Y COMPONENTES ELECTRONICOS

Nº	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Bs)	COSTO TOITAL (Bs)
1	Microcontrolador 16F877A	1	30	30
2	Amplificador Operacional LM358	3	5	15
3	LCD 20x4	1	50	50
4	RTC 3231	1	25	25
5	GUVA-S12SD sensor UV	3	45	135
6	Cristal de 4 MHz	1	3	3
7	Trimpot	1	2	2
8	LM7805	1	5	5
9	TIP41C	1	3	3
10	LM35	1	15	15
11	10nF	1	1	1
12	100nF	1	1	1
13	1000µF	1	3	3
14	100µF	1	3	3
15	22pF	2	0.5	1
16	Diodo 1N4007	1	1	1
17	Pulsadores	3	2	6
18	Batería 4.2v	3	15	45
19	Transistores	5	4	20
20	Placa	2	40	80
21	Switch	1	4	4
22	Resistencias ¼ watt	100	0.2	20
23	Diodo Led	160	0.2	12
24	Montaje del sistema	2	200	400
Costo total				880.00

Tabla 6. Costo de los componentes electrónicos

5.2 COSTOS INDIRECTOS

Dentro los costos indirectos debemos mencionar el material y las herramientas adicionales que se utilizaron para el montaje del sistema, como ser grabador de Pic, Lenguaje de programación CCS, Software de Proteus, diseño en PCB, material externo para el control y prueba del sistema, computadora personal.

Nº	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Bs)	COSTO TOITAL (Bs)
1	Grabador de Pic y Software PICKIT2	1	130	130
2	Software PICC COMPILER	1	Gratuito	0
3	Software PROTEUS	1	Versión de prueba	0
4	Modulo PL2303 USB a RS232	1	30	30
	Costo total			160

Tabla 7. Costos indirectos
Fuente: Elaboración Propia

5.3 COSTO TOTAL

Nº	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Bs)	COSTO TOITAL (Bs)
1	Costos Directos	1	130	1060
2	Costos Indirectos	1	Gratuito	160
	Costo total			1220

Tabla 8. Costo Total
Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

En la actualidad hay dispositivos que permiten medir la radiación UV pero los mismos son muy costosos, es por ello que se desarrolló un nuevo método de medición de radiación UV factible de implementar.

El prototipo medidor de radiación UV cumple con los objetivos generales y específicos, los cuales fueron declarados al inicio del proyecto.

El tiempo de respuesta del radiómetro UV es inmediato y puede fácilmente ubicarse en cualquier ambiente geográfico donde exista concentración pública.

Los valores captados por el sensor son coherentes con respecto a los reportes técnicos del laboratorio de Física de la Atmosfera de la UMSA.

El proyecto tiene un sistema de alimentación autónomo a través de baterías recargables, otorgando la energía necesaria para su funcionamiento y fácilmente puede utilizarse en la adquisición de datos, del Índice de radiación UV y Temperatura, para así hacer el envío de datos a través de la Web si se requiere.

6.2 RECOMENDACIONES

El Radiómetro UV debe estar ubicado en un lugar abierto sin obstáculos que le provoquen sombra alguna, ya que tiene que estar posicionado de manera que los rayos solares incidan directamente al sensor, para así obtener las mediciones correctas.

El sistema debe estar aislado, con una leve inclinación en caso de lluvias, para evitar que el agua se acumule en el sistema.

Desarrollar a gran escala este prototipo generando un menor costo en la implementación del mismo.

BIBLIOGRAFIA

- O.M.S. (2002). Índice UV Solar Mundial, guía práctica. Ginebra, Suiza. 32p
- Perez, D. (s.f.). Procedimiento de mantenimiento y calibración de estación radiométrica. Universidad de Sevilla. Sevilla, Andalucía. 107p.
- Rodriguez, F. (2015). Influencia de la radiación solar en la salud de las personas en la ciudad de Moquegua, 2001-2010. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú. 164p.
- Varo, M. (2006). Modelización de la Radiación Ultravioleta Solar. Universidad de Córdoba, Escuela Politécnica Superior, Departamento de Física Aplicada. Córdoba, Argentina. 329p.
- Parra, L. (s.f). El microcontrolador PIC16F877 Resumen de hoja de datos. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolqui, Ecuador. 22p.
- Datasheets GUYA- S12SD (2011). Roithner Lasertechnik GmbH . Recuperado de [http:// www.roithner-laser.com](http://www.roithner-laser.com)
- Datasheets LM35 (2000). National Semiconductor. Recuperado de <http://www.doccity.com>
- Datasheets DS3231 (2005). Dallas Semiconductor. Recuperado de <http://www.digchip.com>
- Datasheets LM358 (1996). Motorola. Recuperado de <http://www.digchip.com>

ANEXOS



GUVA-S12SD



TECHNICAL DATA

UV-B Sensor

Features

- Gallium Nitride Based Material
- Schottky-type Photodiode
- Photovoltaic Mode Operation
- Good Visible Blindness
- High Responsivity & Low Dark Current

Applications

- UV Index Monitoring
- UV-A Lamp Monitoring

Absolute Maximum Ratings

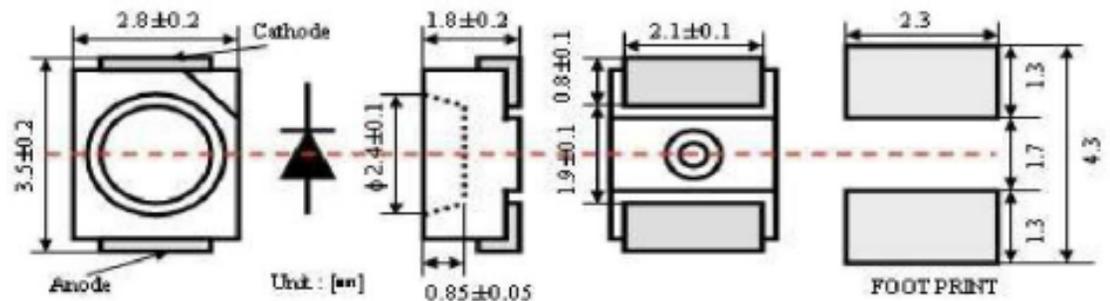
Item	Symbol	Value	Unit
Forward Current	I_F	1	mA
Reverse Voltage	V_R	5	V
Operating Temperature	T_{op}	-30 ... +85	°C
Storage Temperature	T_{st}	-40 ... +90	°C
Soldering Temperature *	T_{sol}	260	°C

* must be completed within 10 seconds

Characteristics (25°C)

Item	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Dark Current	I_D	$V_R = 0.1 V$	-	-	1	nA
Photo Current	I_{PD}	UVA Lamp, 1 mW/cm ²	-	113	-	nA
		1 UVI	-	26	-	nA
Temperature Coefficient	I_{TC}	UVA Lamp	-	0.08	-	% / °C
Responsivity	R	$\lambda = 300 nm, V_R = 0 V$	-	0.14	-	A/W
Spectral Detection Range	λ	10% of R	240	-	370	nm

Package Dimension



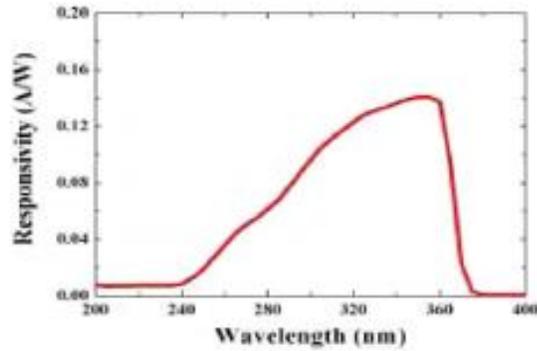


ROITHNER LASERTECHNIK GmbH

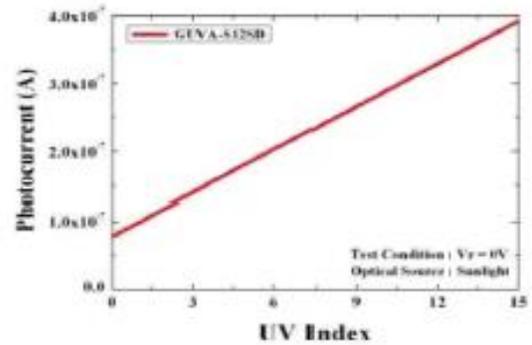
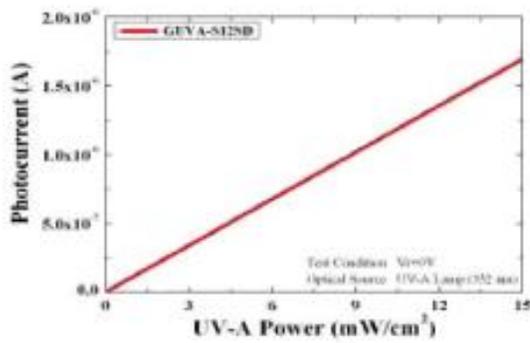
WIEDNER HAUPTSTRASSE 76 1040 VIENNA AUSTRIA
TEL. +43 1 586 52 43 -0. FAX. -44. OFFICE@ROITHNER-LASER.COM



Responsivity Curve



Photocurrent along UV Power



LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

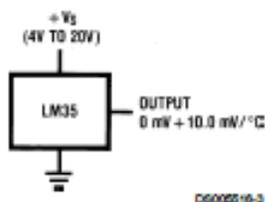
The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\ \mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^\circ\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

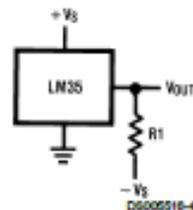
- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear $+10.0\ \text{mV}/^\circ\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^\circ\text{C}$)
- Rated for full -55° to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\ \mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for $1\ \text{mA}$ load

Typical Applications



DS000516-3

FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor
($+2^\circ\text{C}$ to $+150^\circ\text{C}$)



Choose $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$
 $V_{OUT} = +1,500\ \text{mV}$ at $+150^\circ\text{C}$
 $= +250\ \text{mV}$ at $+25^\circ\text{C}$
 $= -550\ \text{mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

Connection Diagrams

TO-46
Metal Can Package*



BOTTOM VIEW
DS000216-1

*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or
LM35DH
See NS Package Number H03H

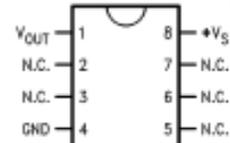
TO-92
Plastic Package



BOTTOM VIEW
DS000216-2

Order Number LM35CZ,
LM35CAZ or LM35DZ
See NS Package Number Z03A

SO-8
Small Outline Molded Package

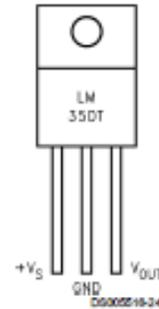


DS000216-21

N.C. = No Connection

Top View
Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

TO-220
Plastic Package*



DS000216-24

*Tab is connected to the negative pin (GND).

Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

Order Number LM35DT
See NS Package Number TA03F

Absolute Maximum Ratings (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp.:	
TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-220 Package,	-65°C to +150°C
Lead Temp.:	
TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C

TO-92 and TO-220 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
SO Package (Note 12)	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	2500V
Specified Operating Temperature Range: T_{MIN} to T_{MAX} (Note 2)	
LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.2	± 0.5		± 0.2	± 0.5		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.3			± 0.3		± 1.0	°C
	$T_A = T_{MAX}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		°C
	$T_A = T_{MIN}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4		± 1.5	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.18		± 0.35	± 0.15		± 0.3	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.5		± 3.0	± 0.5		± 3.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.05		± 0.01	± 0.05		mV/V
	$4V \leq V_{IS} \leq 30V$	± 0.02		± 0.1	± 0.02		± 0.1	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_{IS} = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		µA
	$V_{IS} = +5V$	105		131	91		114	µA
	$V_{IS} = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		µA
	$V_{IS} = +30V$	105.5		133	91.5		116	µA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_{IS} \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		µA
	$4V \leq V_{IS} \leq 30V$	0.5		2.0	0.5		2.0	µA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	µA/°C
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_J = T_{MAX}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			°C

Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.5			± 0.5		± 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	± 0.8	± 1.5		± 0.8		± 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	± 0.8		± 1.5	± 0.8		± 2.0	$^\circ\text{C}$
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$				± 0.8	± 1.5		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				± 0.9		± 2.0	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				± 0.9		± 2.0	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.3		± 0.5	± 0.2		± 0.5	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	+10.0	+9.8, +10.2		+10.0		+9.8, +10.2	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 2.0		± 0.4	± 2.0		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.5		± 5.0	± 0.5		± 5.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.1		± 0.01	± 0.1		mV/V
	$4\text{V} \leq V_B \leq 30\text{V}$	± 0.02		± 0.2	± 0.02		± 0.2	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_B = +5\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56	80		56	80		μA
	$V_B = +5\text{V}$	105		158	91		138	μA
	$V_B = +30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	82		56.2	82		μA
	$V_B = +30\text{V}$	105.5		161	91.5		141	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_B \leq 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		μA
	$4\text{V} \leq V_B \leq 30\text{V}$	0.5		3.0	0.5		3.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.7	+0.39		+0.7	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^\circ\text{C}$

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply: $-55^\circ\text{C} < T_J < +150^\circ\text{C}$ for the LM35 and LM35A; $-40^\circ\text{C} < T_J < +110^\circ\text{C}$ for the LM35C and LM35CA; and $0^\circ\text{C} < T_J < +100^\circ\text{C}$ for the LM35D. $V_B = +5\text{Vdc}$ and $I_{\text{LOAD}} = 50 \mu\text{A}$, in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from $+2^\circ\text{C}$ to T_{MAX} in the circuit of Figure 1. Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is $400^\circ\text{C}/\text{W}$, junction to ambient, and $24^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is $180^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is $220^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package is $90^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

Note 3: Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Note 4: Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

Note 5: Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 6: Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in $^\circ\text{C}$).

Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of Figure 1.

Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

Note 11: Human body model, 100 pF discharged through a $1.5 \text{ k}\Omega$ resistor.

Note 12: See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.

Extremely Accurate I²C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

DS3231

General Description

The DS3231 is a low-cost, extremely accurate I²C real-time clock (RTC) with an integrated temperature-compensated crystal oscillator (TCXO) and crystal. The device incorporates a battery input, and maintains accurate timekeeping when main power to the device is interrupted. The integration of the crystal resonator enhances the long-term accuracy of the device as well as reduces the piece-part count in a manufacturing line. The DS3231 is available in commercial and industrial temperature ranges, and is offered in a 16-pin, 300-mil SO package.

The RTC maintains seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The date at the end of the month is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with an AM/PM indicator. Two programmable time-of-day alarms and a programmable square-wave output are provided. Address and data are transferred serially through an I²C bidirectional bus.

A precision temperature-compensated voltage reference and comparator circuit monitors the status of V_{CC} to detect power failures, to provide a reset output, and to automatically switch to the backup supply when necessary. Additionally, the RST pin is monitored as a pushbutton input for generating a reset externally.

Applications

Servers	Utility Power Meters
Telematics	GPS

Pin Configuration appears at end of data sheet.

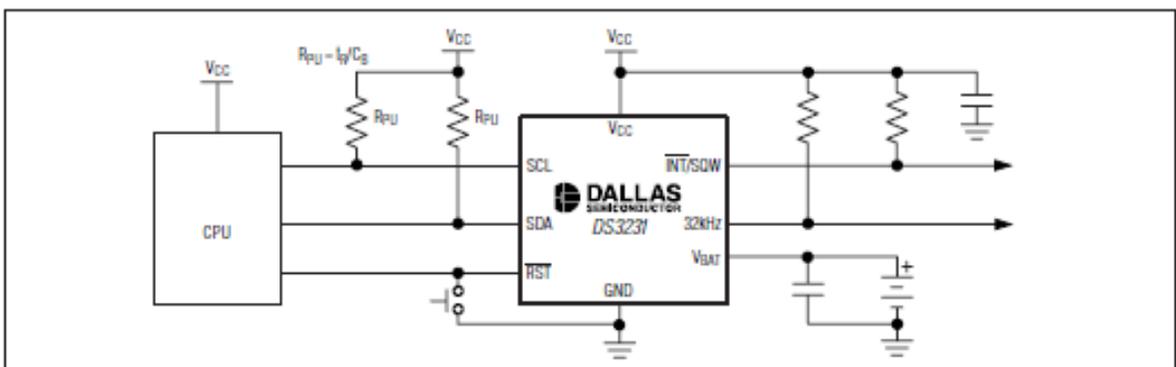
Features

- ◆ Accuracy ±2ppm from 0°C to +40°C
- ◆ Accuracy ±3.5ppm from -40°C to +85°C
- ◆ Battery Backup Input for Continuous Timekeeping
- ◆ Operating Temperature Ranges
Commercial: 0°C to +70°C
Industrial: -40°C to +85°C
- ◆ Low-Power Consumption
- ◆ Real-Time Clock Counts Seconds, Minutes, Hours, Day, Date, Month, and Year with Leap Year Compensation Valid Up to 2100
- ◆ Two Time-of-Day Alarms
- ◆ Programmable Square-Wave Output
- ◆ Fast (400kHz) I²C Interface
- ◆ 3.3V Operation
- ◆ Digital Temp Sensor Output: ±3°C Accuracy
- ◆ Register for Aging Trim
- ◆ RST Input/Output

Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE	TOP MARK
DS3231S	0°C to +70°C	16 SO	DS3231S
DS3231SN	-45°C to +85°C	16 SO	DS3231SN

Typical Operating Circuit



Purchase of I²C components from Maxim Integrated Products, Inc., or one of its sublicensed Associated Companies, conveys a license under the Philips I²C Patent Rights to use these components in an I²C system, provided that the system conforms to the I²C Standard Specification as defined by Philips.

Extremely Accurate I²C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Voltage Range on V_{CC}, V_{BAT}, 32kHz, SCL, SDA, RST,
INT/SQW Relative to Ground.....-0.3V to +6.0V
Operating Temperature Range-40°C to +85°C
Junction Temperature.....+125°C

Storage Temperature Range.....-40°C to +85°C
Lead Temperature
(Soldering, 10s).....+260°C/10s
Soldering Temperature.....See the Handling,
PC Board Layout, and Assembly section.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

(T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V _{CC}		2.3	3.3	5.5	V
	V _{BAT}		2.3	3.0	5.5	V
Logic 1 Input SDA, SCL	V _{IH}		0.7 x V _{CC}		V _{CC} + 0.3	V
Logic 0 Input SDA, SCL	V _{IL}		-0.3		+0.3 x V _{CC}	V
Pullup Voltage (SDA, SCL, 32kHz, INT/SQW)	V _{PU}	V _{CC} = 0V			5.5V	V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = 2.3V to 5.5V, V_{CC} > V_{BAT}, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Typical values are at V_{CC} = 3.3V, V_{BAT} = 3.0V, and T_A = +25°C, unless otherwise noted.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Active Supply Current	I _{CCA}	(Notes 3, 4)	V _{CC} = 3.63V		200	μA
			V _{CC} = 5.5V		300	
Standby Supply Current	I _{CCS}	I ² C bus inactive, 32kHz output on, SQW output off (Note 4)	V _{CC} = 3.63V		110	μA
			V _{CC} = 5.5V		170	
Temperature Conversion Current	I _{CCSCONV}	I ² C bus inactive, 32kHz output on, SQW output off	V _{CC} = 3.63V		575	μA
			V _{CC} = 5.5V		650	
Power-Fail Voltage	V _{PF}		2.35	2.575	2.70	V
Logic 0 Output, 32kHz, INT/SQW, SDA	V _{OL}	I _{OL} = 3mA			0.4	V
Logic 0 Output, RST	V _{OL}	I _{OL} = 1mA			0.4	V
Output Leakage Current 32kHz, INT/SQW, SDA	I _{LO}	Output high impedance	-1	0	+1	μA
Input Leakage SCL	I _{LI}		-1		+1	μA
RST Pin I/O Leakage	I _{OL}	RST high impedance (Note 5)	-200		+10	μA
V _{BAT} Leakage Current (V _{CC} Active)	I _{BATLKG}			25	100	nA

Extremely Accurate I²C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

DS3231

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = 2.3V to 5.5V, V_{CC} > V_{BAT}, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Typical values are at V_{CC} = 3.3V, V_{BAT} = 3.0V, and T_A = +25°C, unless otherwise noted.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Frequency	f _{OUT}	V _{CC} = 3.3V or V _{BAT} = 3.3V	32.768			kHz
Frequency Stability vs. Temperature (Commercial)	Δf/f _{OUT}	V _{CC} = 3.3V or V _{BAT} = 3.3V	0°C to +40°C	±2		ppm
			>40°C to +70°C	±3.5		
Frequency Stability vs. Temperature (Industrial)	Δf/f _{OUT}	V _{CC} = 3.3V or V _{BAT} = 3.3V	-40°C to <0°C	±3.5		ppm
			0°C to +40°C	±2		
			>40°C to +85°C	±3.5		
Frequency Stability vs. Voltage	Δf/V		1			ppm/V
Trim Register Frequency Sensitivity per LSB	Δf/LSB	Specified at:	-40°C	0.7		ppm
			+25°C	0.1		
			+70°C	0.4		
			+85°C	0.8		
Temperature Accuracy	Temp	V _{CC} = 3.3V or V _{BAT} = 3.3V	-3	+3		°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = 0V, V_{BAT} = 2.3V to 5.5V, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Active Battery Current	I _{BATA}	E _{OSC} = 0, BBSQW = 0, SCL = 400kHz (Note 4)	V _{BAT} = 3.63V	70		μA
			V _{BAT} = 5.5V	150		
Timekeeping Battery Current	I _{BATT}	E _{OSC} = 0, BBSQW = 0, EN32kHz = 1, SCL = SDA = 0V or SCL = SDA = V _{BAT} (Note 4)	V _{BAT} = 3.63V	0.84	3.0	μA
			V _{BAT} = 5.5V	1.0	3.5	
Temperature Conversion Current	I _{BATTC}	E _{OSC} = 0, BBSQW = 0, SCL = SDA = 0V or SCL = SDA = V _{BAT}	V _{BAT} = 3.63V	575		μA
			V _{BAT} = 5.5V	650		
Data-Retention Current	I _{BATDR}	E _{OSC} = 1, SCL = SDA = 0V, +25°C	100			nA

Extremely Accurate I²C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(VCC = VCC(MIN) to VCC(MAX) or VBAT = VBAT(MIN) to VBAT(MAX), VBAT > VCC, TA = TMIN to TMAX, unless otherwise noted.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SCL Clock Frequency	f _{SCL}	Fast mode	100		400	kHz
		Standard mode	0		100	
Bus Free Time Between STOP and START Conditions	t _{BUF}	Fast mode	1.3			μs
		Standard mode	4.7			
Hold Time (Repeated) START Condition (Note 6)	t _{HD:STA}	Fast mode	0.6			μs
		Standard mode	4.0			
Low Period of SCL Clock	t _{LOW}	Fast mode	1.3			μs
		Standard mode	4.7			
High Period of SCL Clock	t _{HIGH}	Fast mode	0.6			μs
		Standard mode	4.0			
Data Hold Time (Notes 7, 8)	t _{HD:DAT}	Fast mode	0		0.9	μs
		Standard mode	0		0.9	
Data Setup Time (Note 9)	t _{SU:DAT}	Fast mode	100			ns
		Standard mode	250			
Start Setup Time	t _{SU:STA}	Fast mode	0.6			μs
		Standard mode	4.7			
Rise Time of Both SDA and SCL Signals (Note 10)	t _R	Fast mode	20 +		300	ns
		Standard mode	0.1C _B		1000	
Fall Time of Both SDA and SCL Signals (Note 10)	t _F	Fast mode	20 +		300	ns
		Standard mode	0.1C _B		300	
Setup Time for STOP Condition	t _{SU:STO}	Fast mode	0.6			μs
		Standard mode	4.7			
Capacitive Load for Each Bus Line (Note 10)	C _B				400	pF
Capacitance for SDA, SCL	C _{I/O}			10		pF
Pulse Width of Spikes That Must Be Suppressed by the Input Filter	t _{SP}			30		ns
Pushbutton Debounce	PB _{DB}			250		ms
Reset Active Time	t _{RST}			250		ms
Oscillator Stop Flag (OSF) Delay	t _{OSF}	(Note 11)		100		ms
Temperature Conversion Time	t _{CONV}			125	200	ms

POWER-SWITCH CHARACTERISTICS

(TA = TMIN to TMAX)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
VCC Fall Time; V _{PF} (MAX) to V _{PF} (MIN)	t _{VCCF}		300			μs
VCC Rise Time; V _{PF} (MIN) to V _{PF} (MAX)	t _{VCCR}		0			μs
Recovery at Power-Up	t _{REC}	(Note 12)		250	300	ms



LM358, LM258, LM2904, LM2904V

Dual Low Power Operational Amplifiers

Utilizing the circuit designs perfected for recently introduced Quad Operational Amplifiers, these dual operational amplifiers feature 1) low power drain, 2) a common mode input voltage range extending to ground/ V_{EE} , 3) single supply or split supply operation and 4) pinouts compatible with the popular MC1558 dual operational amplifier. The LM158 series is equivalent to one-half of an LM124.

These amplifiers have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. They can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V, with quiescent currents about one-fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

- Short Circuit Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V
- Low Input Bias Currents
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Single and Split Supply Operation
- Similar Performance to the Popular MC1558
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness of the Device without Affecting Operation

MAXIMUM RATINGS ($T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	LM258 LM358	LM2904 LM2904V	Unit
Power Supply Voltages				
Single Supply	V_{CC}	32	26	Vdc
Split Supplies	V_{CC}, V_{EE}	± 16	± 13	
Input Differential Voltage Range (Note 1)	V_{IDR}	± 32	± 26	Vdc
Input Common Mode Voltage Range (Note 2)	V_{ICR}	-0.3 to 32	-0.3 to 26	Vdc
Output Short Circuit Duration	t_{SC}	Continuous		
Junction Temperature	T_J	150		$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-55 to +125		$^\circ\text{C}$
Operating Ambient Temperature Range	T_A			$^\circ\text{C}$
LM258		-25 to +85	-	
LM358		0 to +70	-	
LM2904		-	-40 to +105	
LM2904V		-	-40 to +125	

NOTE 1: Split Power Supplies.
 2: For Supply Voltages less than 32 V for the LM258/358 and 26 V for the LM2904, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

DUAL DIFFERENTIAL INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

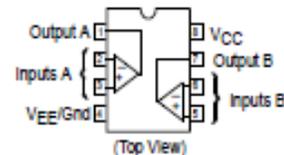


N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 626



D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751
(SO-8)

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
LM2904D	$T_A = -40^\circ$ to $+105^\circ\text{C}$	SO-8
LM2904N		Plastic DIP
LM2904VD	$T_A = -40^\circ$ to $+125^\circ\text{C}$	SO-8
LM2904VN		Plastic DIP
LM258D	$T_A = -25^\circ$ to $+85^\circ\text{C}$	SO-8
LM258N		Plastic DIP
LM358D	$T_A = 0^\circ$ to $+70^\circ\text{C}$	SO-8
LM358N		Plastic DIP

LM358, LM258, LM2904, LM2904V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $V_{EE} = \text{Gnd}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	LM258			LM358			LM2904			LM2904V			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ to 30 V (26 V for LM2904, V), $V_{IC} = 0\text{ V}$ to $V_{CC} - 1.7\text{ V}$, $V_O = 1.4\text{ V}$, $R_G = 0\ \Omega$ $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{high}}$ (Note 1) $T_A = T_{\text{low}}$ (Note 1)	V_{IO}	-	2.0	5.0	-	2.0	7.0	-	2.0	7.0	-	-	-	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 1)	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	-	7.0	-	-	7.0	-	-	7.0	-	-	7.0	-	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 1)	I_{IO}	-	3.0	30	-	5.0	50	-	5.0	50	-	5.0	50	nA
Input Bias Current $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 1)	I_{IB}	-	-45	-150	-	-45	-250	-	-45	-250	-	-45	-250	nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 1)	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	-	10	-	-	10	-	-	10	-	-	10	-	$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Common Mode Voltage Range (Note 2), $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2904, V) $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2904, V), $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low}	V_{ICR}	0	-	28.3	0	-	28.3	0	-	24.3	0	-	24.3	V
Differential Input Voltage Range	V_{IDR}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	V
Large Signal Open Loop Voltage Gain $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$, $V_{CC} = 15\text{ V}$, For Large V_O Swing, $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 1)	A_{VOL}	50	100	-	25	100	-	25	100	-	25	100	-	V/mV
Channel Separation 1.0 kHz $< f < 20\text{ kHz}$, Input Referenced	CS	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	dB
Common Mode Rejection $R_G \leq 10\text{ k}\Omega$	CMR	70	85	-	65	70	-	50	70	-	50	70	-	dB
Power Supply Rejection	PSR	65	100	-	65	100	-	50	100	-	50	100	-	dB
Output Voltage—High Limit ($T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low}) (Note 1) $V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2904, V), $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$ $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2904, V), $R_L = 10\text{ k}\Omega$	V_{OH}	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	V
Output Voltage—Low Limit $V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$, $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 1)	V_{OL}	-	5.0	20	-	5.0	20	-	5.0	20	-	5.0	20	mV
Output Source Current $V_{ID} = +1.0\text{ V}$, $V_{CC} = 15\text{ V}$	I_{O+}	20	40	-	20	40	-	20	40	-	20	40	-	mA
Output Sink Current $V_{ID} = -1.0\text{ V}$, $V_{CC} = 15\text{ V}$ $V_{ID} = -1.0\text{ V}$, $V_O = 200\text{ mV}$	I_{O-}	10	20	-	10	20	-	10	20	-	10	20	-	mA
Output Short Circuit to Ground (Note 3)	I_{OC}	-	40	60	-	40	60	-	40	60	-	40	60	mA
Power Supply Current ($T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low}) (Note 1) $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2904, V), $V_O = 0\text{ V}$, $R_L = -$ $V_{CC} = 5\text{ V}$, $V_O = 0\text{ V}$, $R_L = -$	I_{CC}	-	1.5	3.0	-	1.5	3.0	-	1.5	3.0	-	1.5	3.0	mA

NOTES: 1. $T_{\text{low}} = -40^\circ\text{C}$ for LM2904
 -40°C for LM2904V
 -25°C for LM258
 0°C for LM358

$T_{\text{high}} = +105^\circ\text{C}$ for LM2904
 $+125^\circ\text{C}$ for LM2904V
 $+85^\circ\text{C}$ for LM258
 $+70^\circ\text{C}$ for LM358

2. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is $V_{CC} - 1.7\text{ V}$.
3. Short circuits from the output to V_{CC} can cause excessive heating and eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.



3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

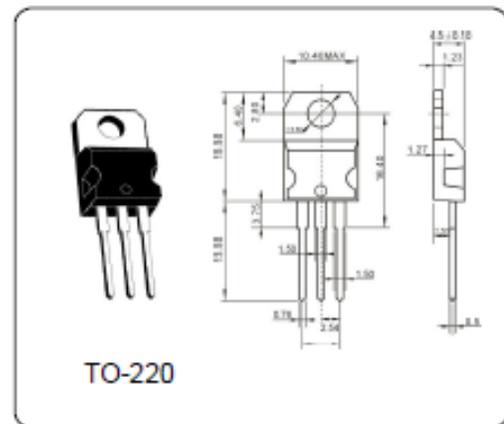
LM7805

GENERAL DESCRIPTION

The LM7805 series of three terminal positive regulators are available in the TO-220 package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Ta = 25 °C)

Parameter	Symbol	Typ	Unit
Input Voltage	V_I	35	V
Output Voltage	V_O	5.0	V
Peak Current	I_{PK}	2.2	A
Operating Temperature Range	T_{OPR}	0~125	°C
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65~150	°C



ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta = 25 °C)

(Refer to test circuit, $I_o = 500mA$, $V_i = 10V$, $C_i = 0.33\mu F$, $C_o = 0.1\mu F$ unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Output Voltage	V_O	$V_I = 8V$ to $20V$	4.85	5.0	5.15	V
Line Regulation (Note1)	Regline	$V_O = 8V$ to $25V$		4.0	100	mV
		$V_I = 8V$ to $12V$		1.6	50	
Load Regulation (Note1)	Regload	$I_o = 5.0mA$ to $1.5A$		9	100	mV
		$I_o = 250mA$ to $750mA$		4	50	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25\text{ }^\circ C$		5	8	mA
Ripple Rejection	RR	$f = 120Hz$, $V_O = 8V$ to $18V$	62	73		dB
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_o = 1A$, $T_J = +25\text{ }^\circ C$		2		V
Output Resistance	r_o	$f = 1KHz$		0.015		Ω
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35V$, $T_A = +25\text{ }^\circ C$		230		mA
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25\text{ }^\circ C$		2.2		A

Complementary power transistors

Features

- Complementary PNP-NPN devices
- New enhanced series
- High switching speed
- h_{FE} grouping
- h_{FE} improved linearity

Applications

- General purpose circuits
- Audio amplifier
- Power linear and switching

Description

The TIP41C is a base island technology NPN power transistor in TO-220 plastic package that make this device suitable for audio, power linear and switching applications. The complementary PNP type is TIP42C

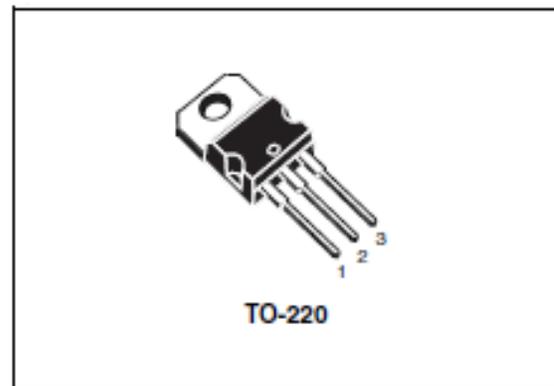


Figure 1. Internal schematic diagram

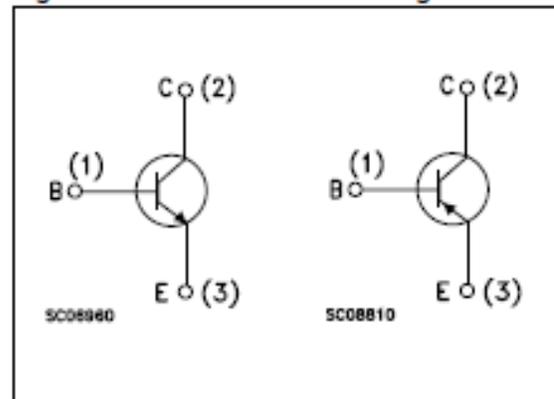


Table 1. Device summary

Order code	Marking	Package	Packaging
TIP41C (<i>Note 1 on page 4</i>)	TIP41C R TIP41C O TIP41C Y	TO-220	Tube
TIP42C (<i>Note 1 on page 4</i>)	TIP42C R TIP42C O TIP42C Y	TO-220	Tube

1 Absolute maximum ratings

Table 2. Absolute maximum ratings

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CBO}	Collector-base voltage ($I_E = 0$)	100	V
V_{CEO}	Collector-emitter voltage ($I_B = 0$)	100	V
V_{EBO}	Emitte-base voltage ($I_C = 0$)	5	V
I_C	Collector current	6	A
I_{CM}	Collector peak current ($t_p < 5\text{ms}$)	10	A
I_B	Base current	3	A
P_{TOT}	Total dissipation at $T_{case} = 25^\circ\text{C}$	65	W
T_{stg}	Storage temperature	-65 to 150	$^\circ\text{C}$
T_J	Max. operating junction temperature	150	$^\circ\text{C}$

Note: For PNP types voltage and current values are negative

2 Electrical characteristics

($T_{\text{case}} = 25^{\circ}\text{C}$; unless otherwise specified)

Table 3. Electrical characteristics

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CEO}	Collector cut-off current ($I_{\text{B}} = 0$)	$V_{\text{CE}} = 60 \text{ V}$			0.7	mA
I_{EBO}	Emitter cut-off current ($I_{\text{C}} = 0$)	$V_{\text{EB}} = 5 \text{ V}$			1	mA
I_{CES}	Collector cut-off current ($V_{\text{BE}} = 0$)	$V_{\text{CE}} = 100 \text{ V}$			0.4	mA
$V_{\text{CEO(sus)}}^{(1)}$	Collector-emitter sustaining voltage ($I_{\text{B}} = 0$)	$I_{\text{C}} = 30 \text{ mA}$	100			V
$V_{\text{CE(sat)}}^{(1)}$	Collector-emitter saturation voltage	$I_{\text{C}} = 6 \text{ A}$ $I_{\text{B}} = 0.6 \text{ A}$			1.5	V
$V_{\text{BE(on)}}^{(1)}$	Base-emitter voltage	$I_{\text{C}} = 6 \text{ A}$ $V_{\text{CE}} = 4 \text{ V}$			2	V
$h_{\text{FE}}^{(1)}$	DC current gain	$I_{\text{C}} = 0.3 \text{ A}$ $V_{\text{CE}} = 4 \text{ V}$ $I_{\text{C}} = 3 \text{ A}$ $V_{\text{CE}} = 4 \text{ V}$ Group R Group O Group Y	30 15 15 24 42		75 28 44 75	

1. Pulsed duration = 300 ms, duty cycle $\geq 1.5\%$.

Note: 1 Product is pre-selected in DC current gain (group R, group O and group Y). STMicroelectronics reserves the right to ship either groups according to production availability. Please contact your nearest STMicroelectronics sales office for delivery details.

Note: For PNP types voltage e current values are negative.

CODIGO FUENTE

```
/* Código de ejemplo de Radiómetro y PIC16F877A *  
* Sensor de indice ultravioleta *  
* Reloj en tiempo real con DS3231 *  
* indicador de nivel de bateria de alimentacion 12v *  
* desplegado en display LCD 20x4 y puerto serial. Compilado con PICC-CCS *  
* Autor: Elías Condori Chávez*  
* Fecha: Octubre de 2019 */  
  
//LCD Modulo Conexiones  
  
#define LCD_RS_PIN    PIN_B1  
  
#define LCD_RW_PIN    PIN_B2  
  
#define LCD_ENABLE_PIN PIN_B0  
  
#define LCD_DATA4     PIN_B4  
  
#define LCD_DATA5     PIN_B5  
  
#define LCD_DATA6     PIN_B6  
  
#define LCD_DATA7     PIN_B7  
  
//Fin LCD Modulo Conexiones  
  
#include "UVLM35Leds420+PIC.h" // Biblioteca de configuración  
  
#include <lcd420.c>           // Biblioteca para LCD  
  
#define use_portb_lcd TRUE  
  
#use I2C(master, I2C1, FAST = 100000)  
  
#define led1 pin_d0;  
  
#define led2 pin_d1;  
  
#define led3 pin_d2;  
  
#define led4 pin_d3;  
  
#define led5 pin_d4;
```

```

char time[] = "* : : ";
char calendar[] = "* / /20 ";
unsigned int8 i, second, minute, hour, date, month, year;
int porcentaje;
void DS3231_display(){
    // Conversión BCD a decimal
    second = (second >> 4) * 10 + (second & 0x0F);
    minute = (minute >> 4) * 10 + (minute & 0x0F);
    hour = (hour >> 4) * 10 + (hour & 0x0F);
    date = (date >> 4) * 10 + (date & 0x0F);
    month = (month >> 4) * 10 + (month & 0x0F);
    year = (year >> 4) * 10 + (year & 0x0F);
    // Fin conversión
    time[8] = second % 10 + 48;
    time[7] = second / 10 + 48;
    time[5] = minute % 10 + 48;
    time[4] = minute / 10 + 48;
    time[2] = hour % 10 + 48;
    time[1] = hour / 10 + 48;
    calendar[10] = year % 10 + 48;
    calendar[9] = year / 10 + 48;
    calendar[5] = month % 10 + 48;
    calendar[4] = month / 10 + 48;
    calendar[2] = date % 10 + 48;
    calendar[1] = date / 10 + 48;
}

```

```

lcd_gotoxy(1, 1);
printf(lcd_putc, time);           // Mostrar tiempo
lcd_gotoxy(10, 1);
printf(lcd_putc, calendar);      // Mostrar calendario
}

void blink(){
int8 j = 0;
while(j < 10 && input(PIN_C0) && input(PIN_C1)){
    j++;
    delay_ms(25);
}
}

void ADC_UV(){
    float UVan,UVmv,UVi,UVan1,UVmv1,UVi1,UVan2,UVmv2,UVi2;
    float UVmvF,UViF;
    set_adc_channel(1);
    delay_us(20);
    UVan = read_adc(); // Lee valor fotodiodo S1
    UVmv = (UVan*5.0/1023.0)*1000;
    UVi = (UVan*5.0/1023.0)*10;

    set_adc_channel(2);
    delay_us(20);
    UVan1 = read_adc(); // Lee valor fotodiodo S2
    UVmv1 = (UVan1*5.0/1023.0)*1000;
    UVi1 = (UVan1*5.0/1023.0)*10;
}

```

```

set_adc_channel(3);

delay_us(20);

UVan2 = read_adc(); // Lee valor fotodiodo S3
UVmv2 = (UVan2*5.0/1023.0)*1000;
UVi2 = (UVan2*5.0/1023.0)*10;

if(UVmv > UVmv1 && UVmv > UVmv2){
    UVmvF = UVmv;
    UViF = UVi;}
else if(UVmv1 > UVmv && UVmv1 > UVmv2){
    UVmvF = UVmv1;
    UViF = UVi1;}
else {UVmvF = UVmv2;UViF = UVi2;}

if(UVmvF >= 50 && UVmvF <= 318)
    output_high (pin_d0);
else output_low (pin_d0);
if(UVmvF > 318 && UVmvF <= 606)
    output_high (pin_d1);
else output_low (pin_d1);
if(UVmvF > 606 && UVmvF <= 795)
    output_high (pin_d2);
else output_low (pin_d2);
if(UVmvF > 795 && UVmvF <= 1079)
    output_high (pin_d3);

```

```

else output_low (pin_d3);
if(UVmvF > 1079)
    output_high (pin_d4);
else output_low (pin_d4);
delay_ms(20);

lcd_gotoxy(1,3);
printf(lcd_putc, "mV=%2.1f %2.1f %2.1f",UVmv,UVmv1,UVmv2);
lcd_gotoxy(1,4);
printf(lcd_putc, "IUV:%2.1f",UViF);
//Enviar al puerto serial indice UV
printf("%2.2f\n\r", UViF);
}
unsigned int8 edit(parameter, xx, yy){
while(!input(PIN_C0));
while(TRUE){
while(!input(PIN_C1)){
parameter++;
if(i == 0 && parameter > 23)
parameter = 0;
if(i == 1 && parameter > 59)
parameter = 0;
if(i == 2 && parameter > 31)
parameter = 1;
if(i == 3 && parameter > 12)
parameter = 1;

```

```

    if(i == 4 && parameter > 99)
        parameter = 0;
    lcd_gotoxy(xx, yy);
    printf(lcd_putc,"%02u", parameter);
    delay_ms(200);
}
lcd_gotoxy(xx, yy);
lcd_putc(" ");
blink();
lcd_gotoxy(xx, yy);
printf(lcd_putc,"%02u", parameter);
blink();
if(!input(PIN_C0)){
    i++;
    return parameter;
}
}
}

void lcd_set_cgram_char(unsigned int8 which, unsigned int8 *ptr)
{
    unsigned int i;
    which <<= 3;
    which &= 0x38;
    lcd_send_byte(0, 0x40 | which); //set cgram address
    for(i=0; i<8; i++)
    {
        lcd_send_byte(1, *ptr++);
    }
}

```

```

}
}

void medir(float volt)
{
//int porcentaje;

    if(volt >= 4.10 && volt <=4.20){
        porcentaje=100-((4.20-volt)*100);
        lcd_gotoxy(11,4);
        printf(lcd_putc,"%c"5);
        lcd_gotoxy(12,4);
        printf(lcd_putc, "%u%%",porcentaje);
    }

    if(volt >= 3.90 && volt < 4.10){
        porcentaje=90-((4.10-volt)*100);
        lcd_gotoxy(11,4);
        printf(lcd_putc,"%c"4);
        lcd_gotoxy(12,4);
        printf(lcd_putc, "%u%%",porcentaje);
    }

    if(volt >= 3.70 && volt < 3.90){
        porcentaje=70-((3.90-volt)*100);
        lcd_gotoxy(11,4);
        printf(lcd_putc,"%c"3);
        lcd_gotoxy(12,4);
        printf(lcd_putc, "%u%%",porcentaje);
    }
}

```

```

if(volt >= 3.50 && volt < 3.70){
    porcentaje=50-((3.70-volt)*100);
    lcd_gotoxy(11,4);
    printf(lcd_putc,"%c"2);
    lcd_gotoxy(12,4);
    printf(lcd_putc, "%u%%",porcentaje);
}

if(volt >= 3.30 && volt < 3.50){
    porcentaje=30-((3.50-volt)*100);
    lcd_gotoxy(11,4);
    printf(lcd_putc,"%c"1);
    lcd_gotoxy(12,4);
    printf(lcd_putc, "%u%%",porcentaje);
}

if(volt >= 3.20 && volt < 3.30){
    porcentaje=10-((3.30-volt)*100);
    lcd_gotoxy(11,4);
    printf(lcd_putc,"%c"0);
    lcd_gotoxy(12,4);
    printf(lcd_putc, "%u%%",porcentaje);
}

if(volt < 3.2){
    lcd_gotoxy(11,4);
    printf(lcd_putc,"NULL");
}
}

void main()

```

```

{
    set_tris_d(0);
    output_d(0);
    float valor_anal,valor_temp; // Variables de programa
    int16 voltajeADC;
    float voltaje;
    //int bat;

    setup_adc_ports(AN0_AN1_AN2_AN3_AN4);
    setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
    setup_psp(PSP_DISABLED);
    setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_1);
    setup_timer_1(T1_DISABLED);
    setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);

    lcd_init(); // inicializa el display
    Delay_ms(10);
    lcd_putc("PROYECTO SOLMAFORO");
    Delay_ms(2000);
    lcd_putc('\f'); //Borra Display

    while (true)
    {
        set_adc_channel(0);
        delay_us(20);
        valor_anal = read_adc(); // Lee valor LM35
        valor_temp = 5.0 * valor_anal * 100.0 / 1023.0; // Convierte en grados celsius
    }
}

```

```

ADC_UV();
set_adc_channel(4);
delay_us(20);
voltajeADC = read_adc();
voltaje = (5.0*voltajeADC)/1023.0;

if(!input(PIN_C0)){           // Si RC0 pulsador es presionado
    i = 0;
    hour = edit(hour, 2, 1);
    minute = edit(minute, 5, 1);
    date = edit(date, 11, 1);
    month = edit(month, 14, 1);
    year = edit(year, 19, 1);
    // Convierte decimal a BCD
    minute = ((minute / 10) << 4) + (minute % 10);
    hour = ((hour / 10) << 4) + (hour % 10);
    date = ((date / 10) << 4) + (date % 10);
    month = ((month / 10) << 4) + (month % 10);
    year = ((year / 10) << 4) + (year % 10);
    // Fin conversion
    // Write data to DS3231 RTC
    i2c_start();               // Inicio de protocolo I2C
    i2c_write(0xD0);           // DS3231 direccionamiento
    i2c_write(0);
    i2c_write(0);              // Reset segundo e inicia oscilador
    i2c_write(minute);         // Escribe valor de minuto en DS3231

```

```

i2c_write(hour);           // Escribe valor de hora en DS3231
i2c_write(1);             // Escribe valor de dia (no usado)
i2c_write(date);         // Escribe valor de fecha en DS3231
i2c_write(month);        // Escribe valor de mes en DS3231
i2c_write(year);         // Escribe valor de año en DS3231
delay_ms(200);           // Espera 200ms
}

i2c_start();             // Inicio de protocolo I2C
i2c_write(0xD0);         // DS3231 direccionamiento
i2c_write(0);            // Envía la dirección de registro
i2c_start();             // Reinicia I2C
i2c_write(0xD1);         // Inicializar lectura de datos
second = i2c_read(1);     // Lectura segundos desde el registro 0
minute = i2c_read(1);    // Lectura minutos desde el registro 1
hour = i2c_read(1);      // Lectura hora desde el registro 2
i2c_read(1);            // Lectura dia desde el registro 3 (not used)
date = i2c_read(1);      // Lectura fecha desde el registro 4
month = i2c_read(1);     // Lectura mes desde el registro 5
year = i2c_read(0);      // Lectura año desde el registro 6
i2c_stop();              // Detiene protocolo I2C
DS3231_display();        // Mostrar tiempo & calendario
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc, "temp=%2.1f%cC", valor_temp, 0b11011111);
medir(voltaje);
lcd_gotoxy(15,4);
printf(lcd_putc, "%2.2fv", voltaje/0.3393);

```

```
// Envía para el puerto serial la Temperatura leída por LM35 y el índice UV
printf("%u%%\n\r",porcentaje);
printf("%.2f\n\r", (float)valor_temp);
delay_ms (1000); // Dá un tiempo
}
}
```

