



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

REPORTE DE RESIDENCIA

**SISTEMA DE CONTROL DEL NIVEL DE LUMINOSIDAD Y RUIDO PARA UNA
INCUBADORA DE RECIÉN NACIDO PRE TÉRMINO**

ASESOR

Dr. JORGE LUIS CAMAS ANZUETO

REVISORES

ING. ALVARO HERNANDEZ SOL

ING. JESÚS ALFREDO ESPINOSA CALVO

RESIDENTE

HERNÁNDEZ MEZA HAZAEL AUSENCIO

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 16 de Diciembre de 2013

Índice

1. Introducción.....	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Estado del Arte.....	3
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivo.....	5
1.5 Diagrama a bloques.....	5
2. Fundamento Teórico.....	6
2.1 Recién nacidos.....	6
2.2 XBee.....	8
2.3 Xbee Dongle.....	12
2.4.- Lámpara Led.....	13
2.5.- Led RGB.....	14
2.6 Sensores.....	14
3. Desarrollo.....	18
3.1 Acondicionamiento de sensor de luz y micrófono.....	18
3.2 Etapa de Medición.....	19
3.3 Configuración de XBee (Medicion y Control).....	20
3.4 Comprobando el funcionamiento de la Etapa de control y medición.....	24
4. Resultados y conclusiones.....	29
4.1 Resultados.....	29
4.2 Conclusiones.....	31
Referencias.....	31
Anexos.....	32

1. Introducción

1.1 Antecedentes

Es importante comprender que los bebés prematuros vienen al mundo antes que los bebés a término. Los partos prematuros son aquellos que tiene lugar antes de que se hayan cumplido 37 semanas de embarazo; los bebés a término nacen entre 37 y 42 semanas después del último periodo menstrual de la madre.

La causa de un parto prematuro se desconoce y es algo que la madre no puede controlar. De todos modos, los partos prematuros a veces están provocados por afecciones médicas de la madre o factores de su estilo de vida durante el embarazo, como padecer diabetes mellitus, hipertensión, problemas renales o cardíacos, una infección.

Los partos prematuros pueden obedecer a anomalías estructurales, al hecho de forzar demasiado el útero por llevar más de un feto (mellizos, trillizos, o más) o al consumo de tabaco, alcohol o drogas ilegales durante el embarazo. Los partos prematuros son más frecuentes en las mujeres menores de 19 años o mayores de 40, y en las que ya han tenido un parto prematuro previamente.

Los bebés prematuros tienen muchas necesidades especiales, de modo que deben recibir cuidados médicos diferentes que los bebés a término. Por este motivo, suelen pasar la primera etapa de la vida extrauterina en una unidad de cuidados intensivos neonatales (UCIN).

La UCIN está diseñada para proporcionar a los bebés prematuros una atmósfera que les limite el estrés y que satisfaga sus necesidades básicas de calor, nutrición y protección para asegurarles un crecimiento y desarrollo adecuados.

1.2 Estado del Arte

Los recién nacidos de alto riesgo requieren tratamiento y cuidados especializados por lo que ingresan en un área especial denominada Unidad de Cuidados Intensivos Neonatal, donde permanecen hospitalizados por largos periodos de tiempo siendo más vulnerables a la exposición de múltiples agresiones físicas y ambientales como el ruido que pueden influir negativamente en su situación clínica y evolución posterior.

Según la Academia Americana de Pediatría, el nivel de ruido en las unidades de cuidado intensivo Neonatal debería estar alrededor de los 45dB, valor que se ve aumentado en la unidad en promedio hasta 20.5dB más. La Unidad de Cuidado Intensivo Neonatal “*Cirena*”, tiene un máximo valor registrado de 73.6dB y un mínimo de 46.5dB. El área que más se aproxima a los valores de ruido deseados es anhele 1[1].

Sistema de control de ruido.- Sonicu es un sistema integrado para monitorear el sonido desde el interior de la incubadora neonatal y avisar de manera visual cuando el nivel de ruido es demasiado alto [2]. Sonicu integra un sistema de monitoreo del sonido y un control de luces de señalización que indican el nivel de ruido a manera de semáforo; verde, amarillo, rojo [3].

Métodos de control de brillo de la iluminación.-Sea desarrollado dos métodos de control de brillo para la iluminación y los sistemas de comunicación de luz visible. Métodos propuestos permiten LED brillo controlable y para transmitir datos al mismo tiempo. Un método es por medio de PWM, y el otro está cambiando la profundidad de modulación. Cuando usamos PWM con el SC-PPM, el brillo será controlados desde 0% a 87,5% y no se producen problemas si nos establecer la frecuencia de PWM sobre 60kHz.

Además, el dispositivo controlador será simple. Cuando se cambia la profundidad de modulación de SC-PPM, el brillo se puede controlar desde 0% a 100%. Del 12,5% al 87,5%, la transmisión de datos es posible en el mejor rendimiento, mientras que el circuito controlador será poco complicado. La elección de la mejor manera adecuada para controlar el brillo del LED, podemos lograr tanto el control de brillo y la luz visible la comunicación al mismo tiempo [4].

En el año 2013, para Residencia Profesional, se desarrolló un sistema de control de intensidad luminosa en el interior de una incubadora a través del control de una fuente de luz ubicada en el exterior de la misma. También se controló el nivel de ruido a través de un sistema de señalización basado en un diodo RGB. El color de la luz emitida por el diodo LED cambia gradualmente de tonalidad hasta llegar al rojo, como señalización de alarma cuando se sobrepasa el nivel de ruido acústico permisible. Sin embargo, los resultados de los sistemas de control serán objeto de descripción de trabajos futuros.

1.3 Justificación

El presente proyecto permite controlar la intensidad luminosa y el ruido acústico que los recién nacidos perciben en la incubadora, lo que facilita la tarea de garantizar confort a los recién nacidos al saber si los niveles de iluminación y ruido acústico de los que gozan es saludable.

Con el sistema se apoya a la labor de los empleados de las unidades de neonatología en la tarea de mejorar sus servicios. Con el sistema el error del factor humano desaparece dado que las mediciones se hacen de forma automática.

Por su operación remota se disminuye el tránsito de personas en las cercanías de las incubadoras para efectos de realizar labores afines al proceso disminuyendo en general el ruido en la unidad completa.

Al ser inalámbrico se evita el inconveniente de sufrir desconexiones por descuido del personal de limpieza. También al ser inalámbrico se evita el exceso de cables o la perforación de paredes con fines del tendido de cables.

Se contribuye al estudio de la salud y desarrollo de los nacidos prematuramente, pues la medición y el registro de la intensidad luminosa en cada incubadora permiten la identificación de patrones relacionados con el efecto de la iluminación artificial en los recién nacidos.

1.4 Objetivo

Diseñar e implementar un sistema de control de nivel de Luminosidad y Ruido basado en Arduino y plataformas X-bee de una unidad de Neonatología de un hospital, con el fin de mejorar la calidad de desarrollo y salud del recién nacido pre término.

1.5 Diagrama a bloques

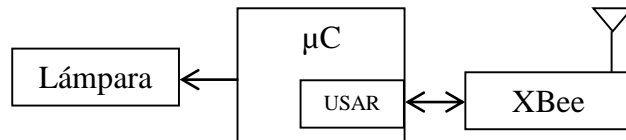


Figura. 1.1. Unidad de control.

En la Figura 1.1 se muestra un diagrama a bloques del funcionamiento de la unidad de control, donde, la señal que se recibe de parte de la unidad de control a través del XBee, hace que el micro controlador a través de PWM regule la intensidad de la lámpara.

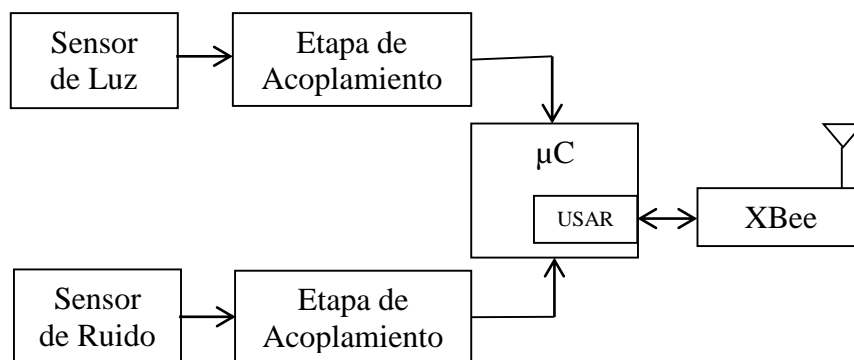


Fig. 1.2. Unidad de medición.

En la Figura 1.2 se muestra un diagrama a bloques del funcionamiento de la unidad de medición, donde a través de los sensores de luz y ruido los cuales censan la cantidad de lúmenes y la cantidad de ruido provenientes de un entorno

externo, estos a través de una etapa de acoplamiento, mandan las lecturas al micro controlador para posteriormente este se manda a través del XBee para luego enviarlo a la unidad de control.

Sensor de Luz: Este sensor se usa para detectar el nivel de luz. La señal que entrega este sensor es analógica. El sensor trae incluida una etapa de acoplamiento para adaptar la señal de salida a la entrada analógica del micro controlador.

Micro controlador en la placa de desarrollo Arduino: En el micro controlador se realizara la codificación del programa que efectuará el control del sistema.

Sensor de Ruido: este sensor se utilizara para detectar el nivel del sonido en el medio ambiente que rodea a la incubadora.

Etapa de acoplamiento del sensor de ruido: el sensor de ruido comercial trae ya una etapa de amplificación. Pero es insuficiente para los niveles de ruido que se requieren detectar. Estos son niveles por debajo de 30db, los cuales a pesar de ser niveles bajos le afectan a un recién nacido pre término e interrumpen su sueño. Con esta etapa se hará el acoplamiento del sensor de ruido al micro controlador.

2. Fundamento Teórico

2.1 Recién nacidos

Los avances en la medicina, la tecnología y el manejo especializado de los Recién Nacidos Pre término RNPT han producido mayores índices de supervivencia y en consecuencia un incremento de la población de estos niños. Los Recién Nacidos Pre término presentan inmadurez anatómica y funcional de sus órganos y sistemas. Y en especial presentan inmadurez del Sistema Nervioso Central, por lo que sus capacidades de adaptación se encuentran limitadas. El manejo inadecuado de estos pacientes ocasiona en ellos morbilidades físicas y neurológicas que constituyen un aspecto decisivo en su desarrollo a largo plazo

El útero materno es un medio ambiente que modula todos los estímulos que actúan sobre el feto. Este medio se caracteriza por ser líquido, tibio, oscuro y cómodo. Además, proporciona contención, nutrientes y las hormonas necesarias para el desarrollo normal del niño en formación. Los niños que nacen prematuramente son privados de este medio y pierden la estimulación intrauterina necesaria para completar su desarrollo.

El nacimiento pre término coloca al prematuro fuera del útero, en un momento en que su cerebro está creciendo más rápidamente que en cualquier otro período de su vida. Su supervivencia requiere un cuidado médico y tecnológico especializado, sólo practicable en una Unidad de Cuidados Intensivos Neonatal UCIN, la cual representa una combinación de humanidad y tecnología.

El medio ambiente de una Unidad de Cuidados Intensivos Neonatal contrasta con el medio intrauterino. Es común encontrar que el entorno de una UCIN carezca de una estimulación apropiada, sometiendo a los RNPT a un ambiente estresante y difícil de sobrellevar. Los niños prematuros son vulnerables y sensibles a estímulos como la fuerza de gravedad, el ruido, la luz y las manipulaciones.

A pesar de las altas tasas de supervivencia, la incidencia de alteraciones sensorio motoras, cognitivas y de conducta permanece también alta. Preocupa la supervivencia de estos niños, pero también preocupa su calidad de vida posterior. De aquí la tendencia de abordar el manejo de los RNPT, considerando los potenciales efectos dañinos del ambiente de la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatal.

Ruido. – Varios estudios han documentado niveles de ruido superiores a 49 dB, los cuales están por arriba de los niveles de ruido recomendados para una UCIN. La mayoría de los estudios reporta que las conversaciones del personal son la principal causa de ruido. Otras fuentes de ruido son: las alarmas, el movimiento de equipo médico, y los teléfonos.

El desarrollo del sistema auditivo comienza a las 23 semanas hasta lograr casi el nivel del adulto a las 42 semanas. En presencia de sonidos fuertes las estructuras auditivas en niños pre término pueden dañarse con riesgo de pérdida auditiva neurosensorial. Existen evidencias de efectos adversos del ruido en niños pre término; cambio en el ciclo sueño-vigilia, incremento en la frecuencia cardiaca, cambio de saturación de oxígeno y aumento de presión intracraneana en niños inestables.

Nivel de luz. - Los efectos de la luz en la estabilidad fisiológica de los neonatos ha sido estudiada por más de cinco décadas y siguen surgiendo preguntas respecto al nivel de luz y la influencia en su desarrollo. Se ha observado una tendencia a utilizar niveles bajos de iluminación y cambios cíclicos, por la preocupación del posible daño en la retina y por el consenso derivado de múltiples publicaciones de que, en condiciones de baja iluminación, los niños están más estables y consumen menos energía. La academia americana de pediatría recomienda niveles de 1 a 60 pies candela, con la posibilidad de regular la luz.

La luz ha sido identificada como fuente de estimulación excesiva provocando inestabilidad fisiológica en los neonatos. La exposición del neonato a luces brillantes ha mostrado un incremento en la frecuencia cardiaca y respiratoria, y un decremento en la saturación de oxígeno. Un ambiente con luces brillantes puede dar lugar en el neonato prematuro a perjuicios en su desarrollo. También causa de estrés es el cambio brusco del nivel de luz. Cuando la luz cambia abruptamente el neonato responde con un repentino decremento en la saturación de oxígeno, especialmente en los primeros periodos de gestación.

En la literatura reportan que reduciendo los niveles de luz los neonatos tienen: menor inestabilidad respiratoria, menor frecuencia respiratoria y cardiaca, menor

tiempo de soporte de oxígeno y menores niveles de actividad motora. Además los estudios han mostrado que neonatos en una UCIN con ciclos de luz día-noche ganan peso, inician más rápido la alimentación oral, disminuyen los días de fototerapia y mejoran su coordinación motriz.

Dado que la luz es incomoda y dañina para el desarrollo de la retina, todo esfuerzo es importante para prevenir que la luz llegue directamente a los ojos del neonato. El tamaño del área iluminada, la regulación de la intensidad de la luz y el direccionamiento ayudan a proteger de una exposición directa a los ojos del neonato proporcionando iluminación apropiada al personal médico durante las intervenciones. En la literatura reportan que en el año 2007 nacieron más de 23,000 bebés en los hospitales públicos de la Ciudad de Nueva York. De los bebés mencionados cerca de 24 por ciento –más de 5,500 bebés- nacieron pre término y requirieron tratamiento en una UCIN. Esto da una dimensión del problema que aquí es tratado.

2.2 XBee

Los módulos XBee son dispositivos que integran un transmisor-receptor de ZigBee y un procesador en un mismo módulo, lo que le permite a los usuarios desarrollar aplicaciones de manera rápida y sencilla.

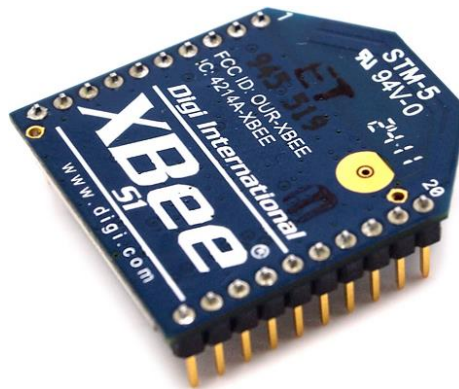


Figura. 2.1. XBee.

En la Figura 2.1 se muestra el dispositivo XBEE con el cual se trabajara para poder hacer las comunicaciones inalámbricas.

ZigBee es un protocolo de comunicaciones inalámbrico basado en el estándar de comunicaciones para redes inalámbricas IEEE_802.15.4. Creado por ZigBee Alliance, una organización, teóricamente sin ánimo de lucro, de más de 200 grandes empresas (destacan Mitusibishi, Honeywell, Motorola, Invensys,...), muchas de ellas fabricantes de semiconductores.

ZigBee permite que dispositivos electrónicos de bajo consumo puedan realizar sus comunicaciones inalámbricas. Es especialmente útil para redes de sensores en entornos industriales, médicos y, sobre todo, domóticos.

Las comunicaciones ZigBee se realizan en la banda libre de 2.4 GHz. A diferencia de bluetooth no utiliza FHSS (Frequency hopping), sino que realiza las comunicaciones a través de una única frecuencia, es decir, de un canal.

Los módulos Xbee son económicos, potentes y fáciles de utilizar. Buen Alcance: hasta 100 metros en línea vista para los módulos Xbee y hasta 1 milla (1.6 Km) para los módulos Xbee Pro. 9 pines entradas/salidas con entradas analógicas y digitales. Bajo consumo <50mA cuando están en funcionamiento y <10uA cuando están en modo sleep, Interfaz serial, 65,000 direcciones para cada uno de los 16 canales disponibles. Se pueden tener muchos de estos dispositivos en una misma red, Fáciles de integrar.

Existen 2 series de estos módulos. La serie 1 y la serie 2 o también conocida como 2.5. Los módulos de la Serie 1 y la Serie 2 tienen el mismo pin-out, sin embargo, NO son compatibles entre sí ya que utilizan distintos chipset y trabajan con protocolos diferentes.

La serie 1 está basada en el chipset Freescale y está pensado para ser utilizado en redes punto a punto y punto a multipunto. Los módulos de la serie 2 están basados en el chipset de Ember y están diseñados para ser utilizados en aplicaciones que requieren repetidores o una red mesh. Ambos módulos pueden ser utilizados en los modos AT y API.

Tabla 2.1. Descripción de XBee.

Pines	Serie 1
Typical (indoor / urban) range	30 meters
Best (line of sight) range	100 meters
Transmit/receive current	45/50 mA
Firmware(typical)	802.15.4 point-to-point
Digital input/output pins	8(plus 1 input-only)
analog input pins	7
Analog(PWM)output pins	2
Low power, low bandwidth, low cost, addressable,standardized, small, popular	Yes
Interoperable mesh routing, ad hoc network creation, selfhealing networks	No
Point-to-point, star topologies	Yes
Mesh, cluster tree topologies	No
Single firmware for all modes	Yes
Requires coordinator node	No
Point-to-point configuration	Simple
Standards-based networking	Yes
Standards-based applications	No
Underlying chipset	Freescale
Firmware available	802.15.4(IEEE standard), DigiMesh (proprietary)

En la Tabla 2.1 se muestra la características que tiene el XBee, en la cuales destacan, la distancia hasta donde los XBee se puede comunicar, las E/S digitales, las salidas Análogas del PWM, entre otras.

Arquitectura Básica de una Red XBee.- Una red Zigbee la forman básicamente 3 tipos de elementos. Un único dispositivo coordinador, dispositivos Routers y dispositivos finales (end points). Los módulos XBee son versátiles a la hora de establecer diversas topologías de red, dependiendo la serie de XBee que escojamos pueden crearse redes:

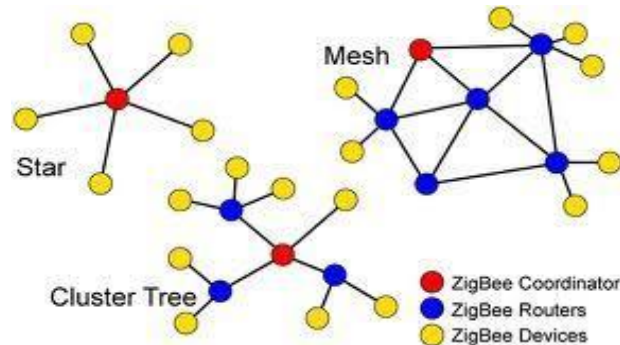


Figura. 2.2. Tipología de redes XBee.

En la Figura 2.2 se muestra las tipologías de las redes del XBee, en ellas destacan la conexión de estrella, la de árbol, malla, mixtas y punto a punto.

Una vez decidida la que red con la que trabajar se deben escoger los módulos XBee. Tendremos dos posibilidades: usar todo en Serie 1 o todo en Serie 2. Recordemos que estos módulos también los encuentras en la versión PRO que te dan una mayor distancia.

El Coordinador.- Es el nodo de la red que tiene la única función de formar una red. Es el responsable de establecer el canal de comunicaciones (como hablábamos antes) y del PAN ID (identificador de red) para toda la red. Una vez establecidos estos parámetros, el Coordinador puede formar una red, permitiendo unirse a él a dispositivos Routers y End Points. Una vez formada la red, el Coordinador hace las funciones de Router, esto es, participar en el enrutado de paquetes y ser origen y/o destinatario de información.

Los Routers.- Es un nodo que crea y mantiene información sobre la red para determinar la mejor ruta para enrutar un paquete de información. Lógicamente un router debe unirse a una red Zigbee antes de poder actuar como Router retransmitiendo paquetes de otros routers o de End points.

End Device.- Los dispositivos finales no tienen capacidad de enrutar paquetes. Deben interactuar siempre a través de su nodo padre, ya sea este un Coordinador o un Router, es decir, no puede enviar información directamente a otro end device. Normalmente estos equipos van alimentados a baterías. El consumo

es menor al no tener que realizar funciones de enrutamiento.

Modos de Operación de un Elemento XBee.- Los módulos pueden ser configurados para trabajar en distintos modos, tantos como 4.

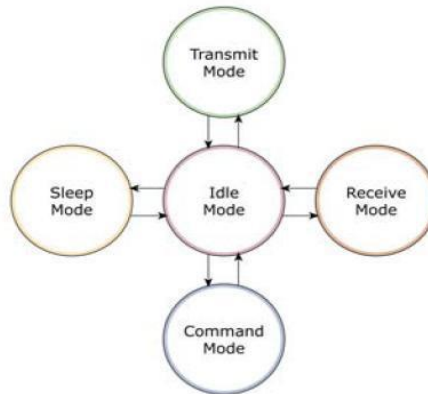


Figura. 2.3. Modos de Operación XBee.

En la Figura 2.3 se muestra el modo de operación en que el XBee trabaja, modo transmisor, dormido, receptor y comando.

Modos recibir/transmitir.- Se encuentra en estos modos cuando al módulo le llega algún paquete RF a través de la antena(modos Receive) o cuando se manda información serial al buffer del pin 3 (UART Data in) que luego será transmitida (modo Transmit).

La información transmitida puede ser Directa o Indirecta. En el modo directo la información se envía inmediatamente a la dirección de destino. En el modo Indirecto la información es retenida durante un período de tiempo y es enviada sólo cuando la dirección de destino la solicita.

Además es posible enviar información por dos modos. Unicast y Broadcast. Por el primero, la comunicación es desde un punto a otro, y es el único modo que permite respuesta de quien recibe el paquete RF, es decir, quien recibe debe enviar un **ACK** (paquete llamado así, y que indica que recibió el paquete, el usuario no puede verlo, es interno de los módulos) a la dirección de origen.

Quien envió el paquete, espera recibir un **ACK**, en caso de que no le llegue, reenviará el paquete hasta 3 veces o hasta que reciba el **ACK**. En el modo Broadcast la comunicación es entre un nodo y a todos los nodos de la red. En este modo, no hay confirmación por **ACK**.

Modo de Bajo Consumo (Sleep Mode).- El modo de sueño hace posible que

el módulo RF entre en un modo de bajo consumo de energía cuando no se encuentra en uso.

Modo de Comando.- Este modo permite ingresar comandos AT al módulo Xbee, para configurar, ajustar o modificar parámetros. Permite ajustar parámetros como la dirección propia o la de destino, así como su modo de operación entre otras cosas. Para poder ingresar los comandos AT es necesario utilizar el Hyperterminal de Windows, el programa X-CTU o algún micro controlador que maneje UART y tenga los comandos guardados en memoria o los adquiera de alguna otra forma.

IDLE.- Cuando el módulo no se está en ninguno de los otros modos, se encuentra en éste. Es decir, si no está ni transmitiendo ni recibiendo, ni ahorrando energía ni en el modo de comandos, entonces se dice que se encuentra en un estado al que se le llama IDLE.

2.3 Xbee Dongle

Esta unidad funciona con todos los módulos XBee incluyendo las Series 1 y Series 2.5, versión estándar y Pro. Enchufe el módulo Xbee en el Explorador de XBee Dongle, conecte a la computadora portátil, y usted tendrá acceso directo a los pines de serie y de programación de la unidad XBee.

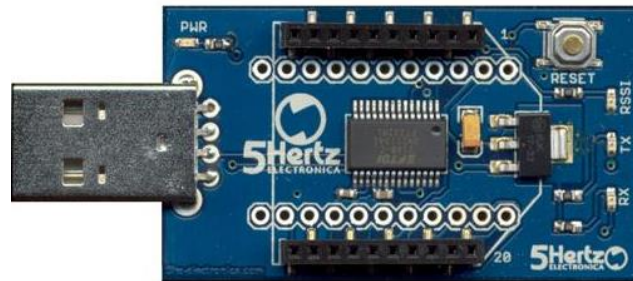


Figura. 2.4. XBee Dongle.

En la Figura 2.4 se muestra el programador del XBee el cual sirve para poder configurar el XBee y así poder hacer las comunicaciones inalámbricas.

Tabla. 2.2. Descripción XBee Dongle.

Características:

USB A Tipo de conector

Construido en el fusible SMD para la protección de PC Puerto USB

Desarrollado a partir de PC Puerto USB

Alta corriente (500mA) 3V3 regulador de voltaje para XBee / XBee Módulo PRO

5 Onboard LED de estado (Associate, Sleep, Tx, Rx y RSSI)

Onboard LED de encendido

Alto quality PCB PTH y hecho por recogida automática y la Place de la máquina

En la Tabla 2.2 se muestra las características que del XBee Dongle, en ella encontramos el tipo de conector del Usb, la protección de que brinda de Pc al puerto.

2.4.- Lámpara Led

Una lámpara de led es una lámpara de estado sólido que usa ledes (Light-Emitting Diode, Diodos Emisores de Luz) como fuente luminosa. Debido a que la luz capaz de emitir un led no es muy intensa, para alcanzar la intensidad luminosa similar a las otras lámparas existentes como las incandescentes o las fluorescentes compactas las lámparas LED están compuestas por agrupaciones de ledes, en mayor o menor número, según la intensidad luminosa deseada.



Figura. 2.5. Lámpara Led.

En la Figura 2.5 podemos observar el tipo de lámpara led que se maneja.

La iluminación de propósito general necesita luz blanca. Los leds emiten luz en una banda de longitudes de onda muy estrecha, fuertemente coloreada. El color es característico de la banda prohibida de energía de un material semiconductor usado para fabricar el led.

2.5.- Led RGB.

RGB es un modelo de color basado en la síntesis aditiva, con el que es posible representar un color mediante la mezcla por adición de los tres colores de luz primarios. El modelo de color RGB no define por sí mismo lo que significa exactamente rojo, verde o azul, por lo que los mismos valores RGB pueden mostrar colores notablemente diferentes en diferentes dispositivos que usen este modelo de color.



Figura. 2.6. Led RGB.

En la Figura 2.6 se muestra el led RGB el que sirve para hacer infinitas combinaciones de colores.

Percepción y sensación de color.- Los ojos humanos tienen dos tipos de células sensibles a la luz o fotorreceptores: los bastones y los conos. Estos últimos son los encargados de aportar la información de color. Para saber cómo es percibido un color, hay que tener en cuenta que existen tres tipos de conos con respuestas frecuenciales diferentes, y que tienen máxima sensibilidad a los colores que forman la terna RGB.

Aunque los conos, que reciben información del verde y el rojo, tienen una curva de sensibilidad similar, la respuesta al color azul es una veintava (1/20) parte de la respuesta a los otros dos colores. Este hecho lo aprovechan algunos sistemas de codificación de imagen y vídeo, como el JPEG o el MPEG, "perdiendo" de manera consciente más información de la componente azul, ya que el ser humano no percibe esta pérdida.

2.6 Sensores

Phidgets 1127.- Un sensor fotoeléctrico o fotocélula es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que percibe la luz generada por el emisor. Todos los diferentes modos de censado se basan en este principio de funcionamiento. Están diseñados especialmente para la

detección, clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores y diferencias de superficie, incluso bajo condiciones ambientales extremas.



Figura. 2.7. Sensor de luz.

En la Figura 2.7 se muestra el sensor de luz, el cual censa la cantidad de luz recibida, y acopla la señal para que pueda ser manipulada por el micro controlador.

Los sensores de luz se usan para detectar el nivel de luz y producir una señal de salida representativa respecto a la cantidad de luz detectada. Un sensor de luz incluye un transductor fotoeléctrico para convertir la luz a una señal eléctrica y puede incluir electrónica para condicionamiento de la señal, compensación y formateo de la señal de salida.

El sensor de luz más común es el LDR -Light Dependant Resistor o Resistor dependiente de la luz-.Un LDR es básicamente un resistor que cambia su resistencia cuando cambia la intensidad de la luz.

Tabla 2.3 Propiedades del sensor

Sensor Type	Light
Sensor Output Type	Non-Ratiometric
Response Time Max	20 ms
Measurement Error Max	± 5 %
Peak Sensitivity Wavelength	580 nm
Light Level Min	1 lx
Light Level Max (3.3V)	660 lx
Light Level Max (5V)	1 klx

En la Tabla 2.3 se observa las características que tiene el sensor.

Tabla 2.4 Propiedades del eléctricas

Current Consumption Min	2 mA
Output Impedance	1 k Ω
Supply Voltage Min	3.3 V DC
Supply Voltage Max	5 V DC

En la Tabla 2.4 se muestra las características de operación con las cuales el sensor empieza a trabajar y que voltajes tiene para que este empieza a trabajar de manera correcta y eficiente.

Sensibilidad de la respuesta.- El 1127 utiliza el paquete de sensor de luz AMS104. El siguiente gráfico ilustra la sensibilidad del sensor a longitudes de onda específicas de la luz.

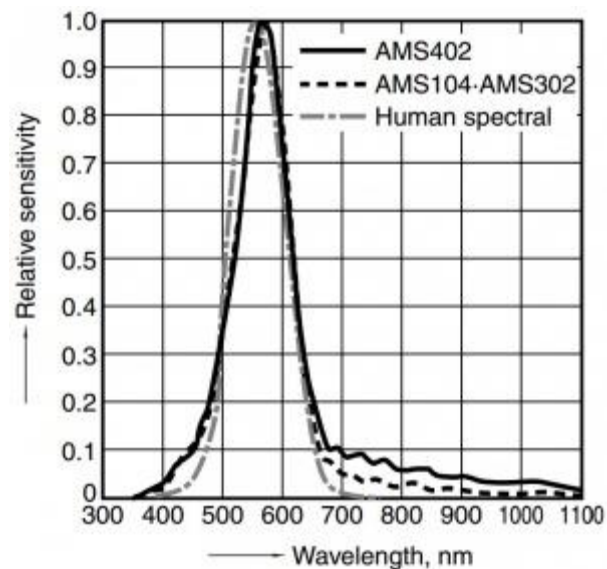


Figura. 2.8. Curva característica.

En la Figura 2.8 se observa la curva característica del sensor de luz y como es la respuesta.

Micrófono.- El micrófono es un transductor electro acústico. Su función es la de traducir las vibraciones debidas a la presión acústica ejercida sobre su cápsula por las ondas sonoras en energía eléctrica, lo que permite por ejemplo grabar sonidos de cualquier lugar o elemento.



Figura. 2.9. Micrófono.

En la Figura 2.9 se muestra el micrófono el cual detecta las cantidades de decibelios.

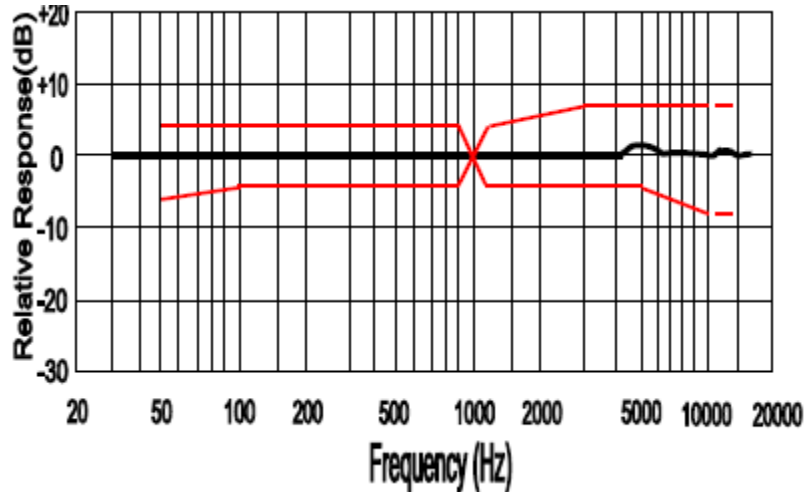


Fig. 2.10 Curva característica

En la Figura 2.10 se observa la curva característica del micrófono y su respectiva respuesta.

Tabla 2.5 Propiedades del micrófono

SPECIFICATIONS:							
Direction	Omni Directional Foil Electret		Minimum Direction sensitivity				
Operating Voltage Range	Vs= 1.0 Vdc ~ 10.0 Vdc		Power Supply (Vs)		1.5 V		
Frequency Range	100 ~ 10,000 Hz.		Maximum Current		0.5 mA		
Sensitivity	- 46 ± 2.0, (0 dB = 1V / Pa) at 1K Hz.		Minimum Sensitivity to Noise Ratio		58 dB		
Sensitivity Reduction	3.0 V to 2.0 V -3 dB		Maximum input .P.L.		110 dB at 1.0 KHz, THD <1%		
Operating Temperature	-20°C to + 60°C		Storage Temperature		-40°C to + 75°C		
Loading Resistance (RL)	External, 680 Ω at Vs = 1.5 V, Max. 2,200 Ω		Built in Capacitors		None		
Termination Dimensions	PC Pins, 4.5 mm Long, 0.6 mm Ø		2.54 mm Spacing				
Approximate Weight	0.7 grams		Options				
			Height 4.5 mm		Housing Material		Housing Material
					Compliance		RoHS, Lead Free

En la Tabla 2.5 podemos observar las propiedades del micrófono y las características eléctricas para que este pueda operar.

3. Desarrollo

3.1 Acondicionamiento de sensor de luz y micrófono.

Sensor de luz: provee un voltaje de salida de CD proporcional a la incidencia de luz recibida, los rangos de medidas de estos sensores parten de unos pocos luxes y pueden llegar hasta los 1000 luxos. Para poder utilizar la señal de salida del sensor de luz se utiliza un circuito adicional después del sensor que convierte (la señal modulada) las tensiones secundarias a una señal de medición utilizable.

El sensor de luz Phidgets 1127 detecta la incidencia de luz, mandando un voltaje al acondicionador AMS402, filtrada y amplificada para poder ser utilizada por el micro controlador.

Micrófono.- provee una señal de voltaje de salida CD proporcional a la incidencia de ondas sonoras recibidas, los rangos de medidas que maneja este tipo de sensores son de 56 dB a 110 dB at 1.0 KHz, THD <1%. Para poder utilizar la señal de salida del micrófono es necesario de un circuito adicional después del sensor el cual convierte (la señal modulada) las tensiones secundarias a una señal de medición que sea utilizable.

El método de conversión de las señales del micrófono, utiliza un amplificador operacional OPA344 que convierte la señal de entrada analógica del sensor a una salida de señal utilizable. El micrófono detecta los decibelios, manda un voltaje al OPA344, filtrada y amplificada para poder ser utilizada por el micro controlador.

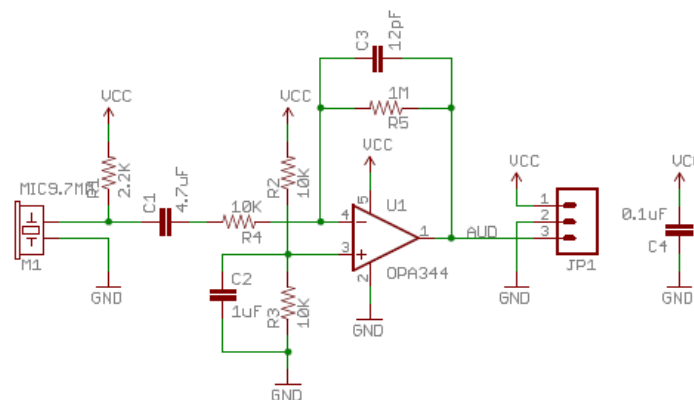


Figura. 3.1. Circuito amplificador de señal de MIC.

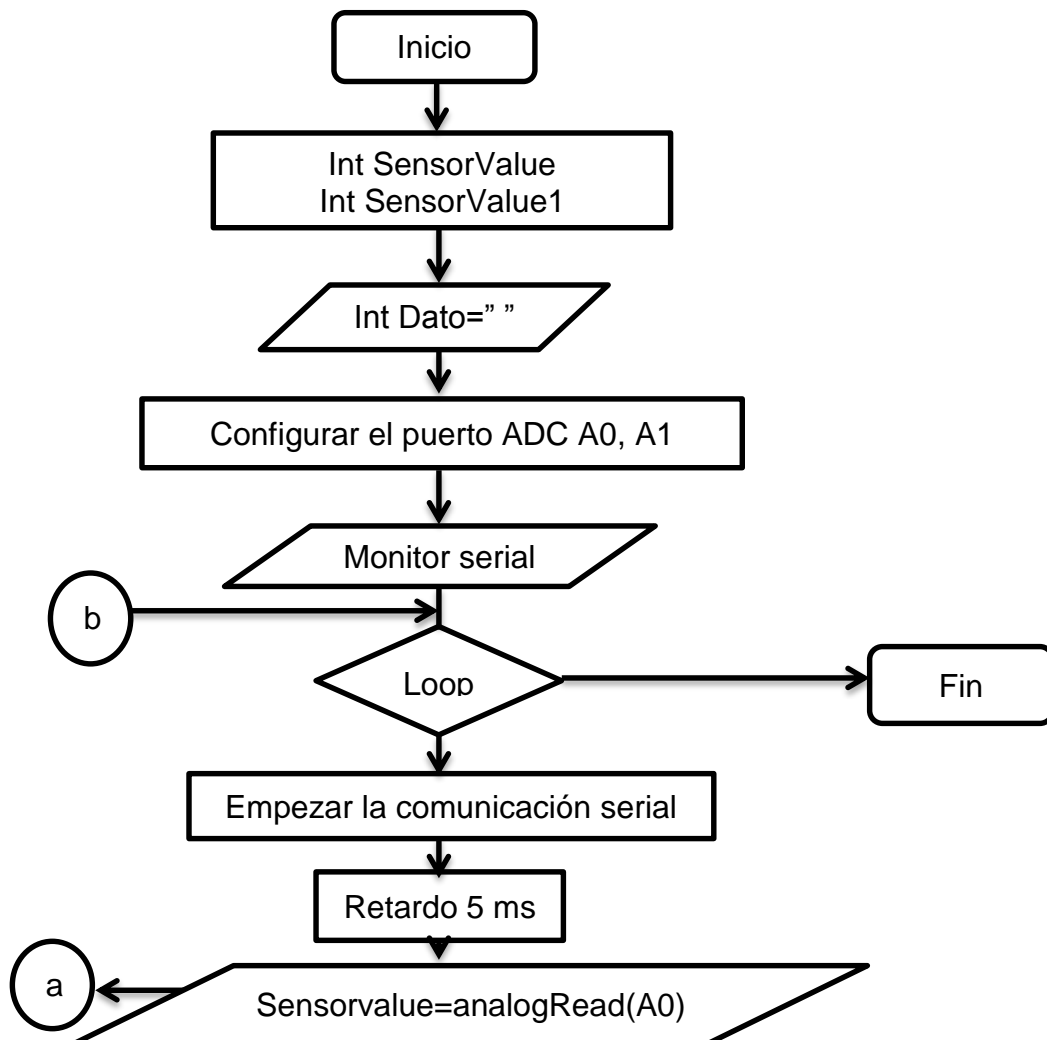
En la Figura 3.1 podemos observar el circuito del sensor de luz, como está compuesto desde que recibe la señal analógica y como este a través de una etapa

de acoplamiento compone la señal recibida y lo manda al micro controlador para que pueda ser leída y poder trabajar con esa señal.

3.2 Etapa de Medición

Una vez condicionadas las señales de los principales sensores de luz y micrófono se pasa a la etapa de transmisión de datos, esta consiste en la manipulación de las 2 señales que se capturan mediante dos terminales de un micro controlador Arduino. Este micro controlador recibe estas dos señales a través de sus terminales analógicas y procede hacer la conversión a/d que posteriormente son enviados a través del RX y TX del XBee (posteriormente se hablara de la comunicación XBee).

Se diseña un algoritmo mediante el cual se pretende realizar lo mencionado anterior mente esto se logra con la ayuda del software Arduino, se captura entonces los dos datos de los sensores cada uno en sus respectivas terminales con valores de 0 a 1023 y se guardan dentro de una variable tipo int se logra separar los datos recibidos mediante una variable tipo entero (SensorValue,SensorValue1),con el propósito de poder diferenciar el valor del primer sensor y el segundo, esto se logra visualizar a través del monitor serial del software Arduino.



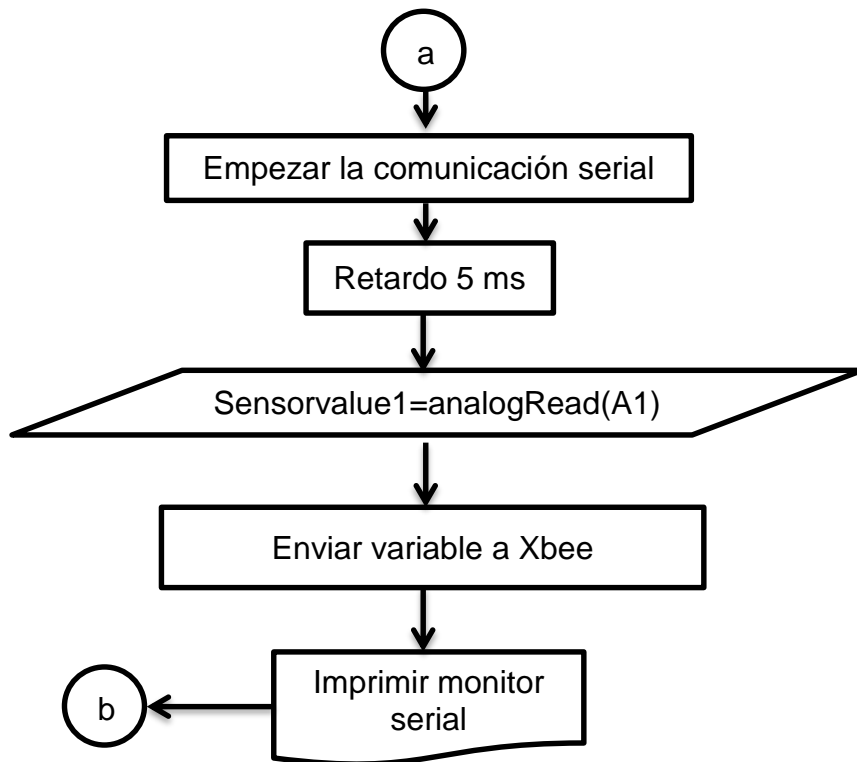


Figura. 3.2. Diagrama de flujo etapa de transmisión.

En la Figura 3.2 se muestra un diagrama a flujos de la etapa de transmisión.

Programación receptora.- La recepción de los datos está a cargo del XBee de la etapa de control la cual está conectada a la PC, la programación receptora se lleva a cabo en la interfaz en el software Arduino en él se maneja una variable del tipo char para guardar los datos que son enviados de la unidad de medición, esto se logra usando la función Serial.available la cual lee el dato que es enviado desde la unidad de medición y posteriormente se crea un ciclo para separar la lecturas de los sensores para que no haya un choque de datos.

Los datos de los sensores que son enviados a través del Xbee 1 (Medición), vienen encapsulados y el Xbee 2 (Control) recibe para luego verificar los datos y mostrarlos en la pantalla de la PC mediante el monitor serial del software Arduino, ya que se recibió la señal del Xbee 1, el micro controlador a través de sus salidas PWM se regula dependiendo de la señal del sensor de luz, para hacer el control del nivel de luz.

3.3 Configuración de XBee (Medición y Control)

Para poder llevar a cabo las comunicaciones de datos es necesario que los XBee estén configurados para poder enviar y recibir datos. La configuración de los XBee se da a través de un software llamado X-CTU el cual nos proporcionará los comandos adecuados para que los XBee se puedan comunicar adecuadamente.

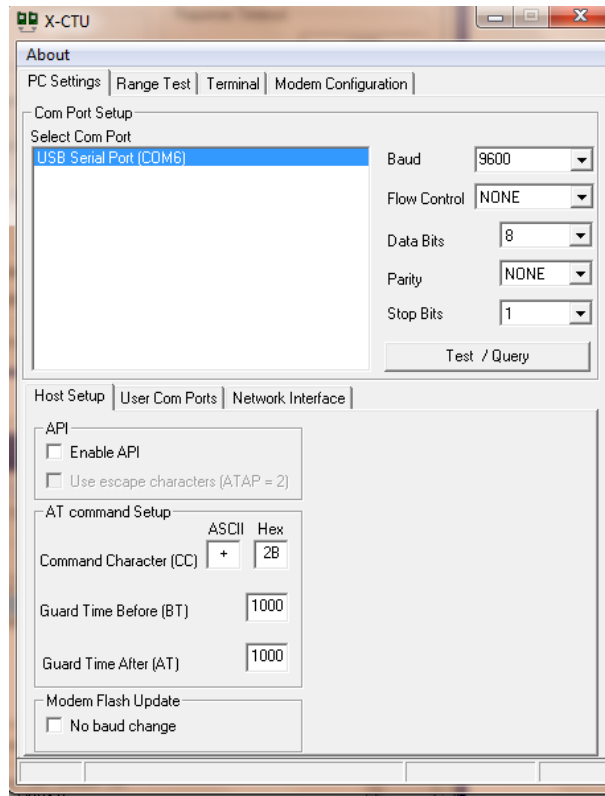


Figura. 3.3 Pantalla de inicio del X-CTU.

En la Figura 3.3 se observa ventana de inicio del Programa X-CTU para configurar el XBee.

Para empezar la configuración del XBee se abre una ventana de la terminal X-CTU, se selecciona el puerto serial USB (COM 6) en donde se tiene conectado el Xbee mediante el explorador USB dongle, se cambia el baud rate a 9600 si esta en otra velocidad de trasmisión, posteriormente se da click al botón Test/Query para probar la comunicación Xbee.

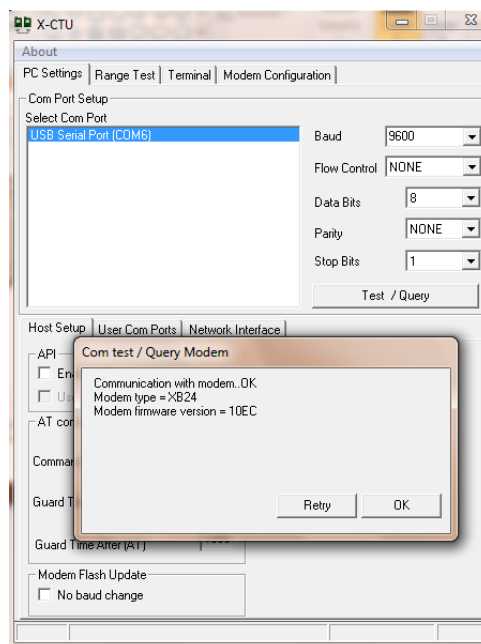


Figura. 3.4. Verificando la comunicación.

En la Figura 3.4 se muestra una ventana que indica que el XBee funciona correctamente.

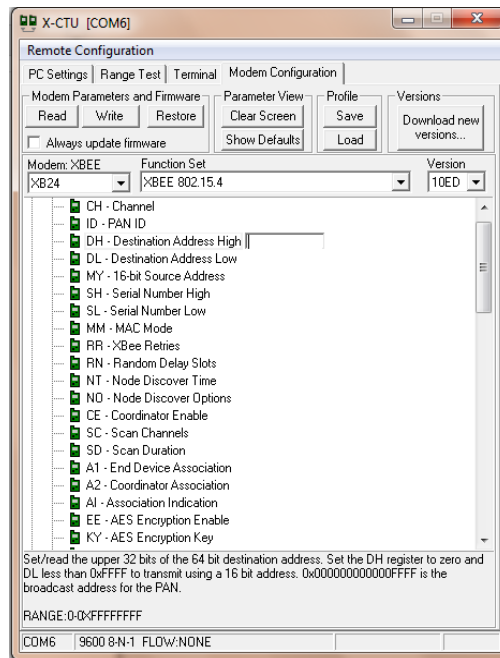


Figura. 3.5. Verificando los parámetros.

En la Figura 3.5 se observa una ventana que indica los parámetros que pueden ser manipulados dentro del XBee.

Para empezar a configurar el XBee es necesario checar todos los parámetros que tiene dicho componente, para ello damos click en la pestaña configuración del modem y damos Leer, una vez leído ya se pueden cambiar los parámetros de los XBee.

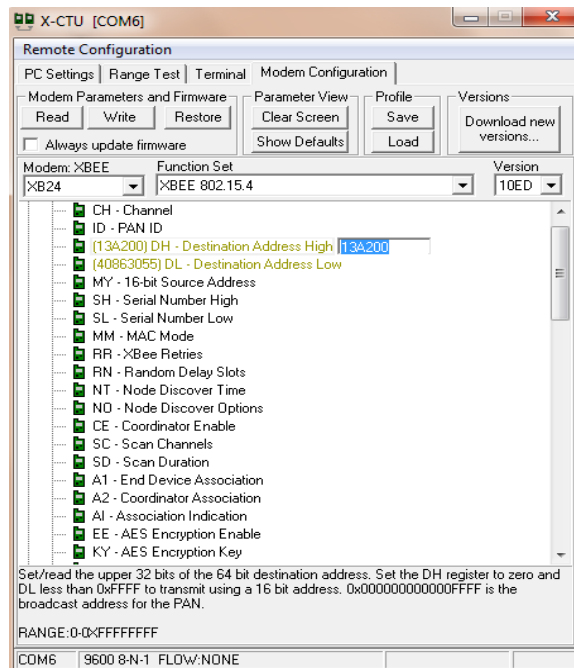


Figura. 3.6. Configurando los códigos.

En la Figura 3.6 se observa una ventana la cual indica los cambios de parámetros para poder comunicar los XBee.

Los XBee tienen códigos para que se puedan entrelazar y así poder empezar sus comunicaciones, para ello se deben escribir dichos códigos en cada XBee, para ello se creó una tabla para checar los códigos que tienen los XBee por default.

Tabla. 3.1 Códigos de XBee.

	Destination Adres High DH	Destination Adres Low DL
XBee 1 (Medición)	13A200	40A92AA7
XBee 2 (Control)	13A200	40A97CC3

En la Tabla 3.1 se observa los códigos que se pondrán en los XBee para hacer sus conexiones correspondientes.

En seguida el código de XBee 2 (Control) se escribió al XBee 1(Medición), para que los datos que son sensados se mande al XBee 2. Para ello los códigos fueron cambiados, escribimos el código 40A97CC3 Destination Adres Low (el código pertenece al Xbee 2) para que el XBee 1(Medicion) mande los datos del sensado que está haciendo.

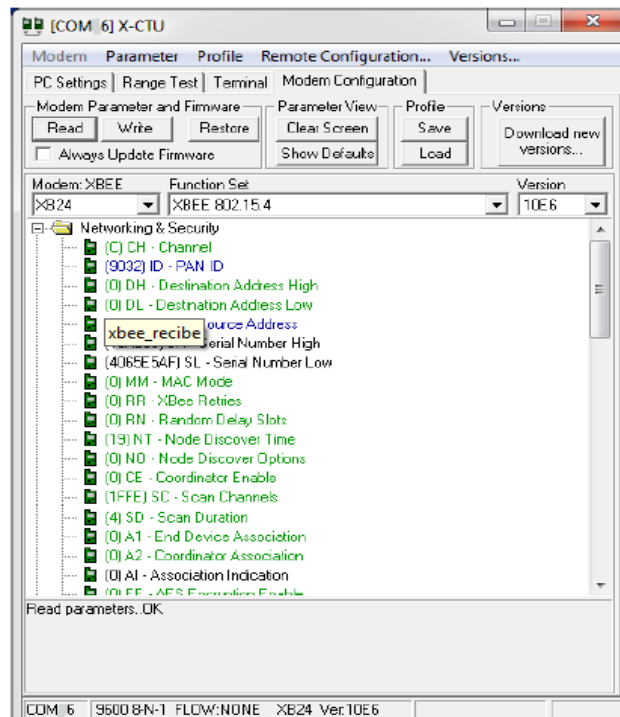


Figura. 3.7. Configurando código para XBee

En la Figura 3.7 se observa una ventana la cual indica la configuración de los códigos XBee.

De esta manera se configuro el XBee 1 (Medición) para hacer las comunicaciones y poder mandar datos al XBee 2 (Control) ya que este es el que actuara para el control de la lámpara.

3.4 Comprobando el funcionamiento de la Etapa de control y medición

Su principal finalidad es obtener los parámetros de la luz y el ruido a través de la incidencia de luz en el sensor y del ruido ambiente que hay alrededor.

Para el sensor de luz en la unidad de medición se detecta los luxos proveniente de la lámpara que está en la unidad de control, cuando el sensor de luz detecta la cantidad de luxos este a través del micro controlador manda la señal al XBee 1 (Medición) y este empaqueta la señal y manda a la unidad de control, el XBee 2 (Control), este dependiendo de la cantidad de luxos acopla la intensidad de la lámpara para alumbrar a la incubadora.



Figura. 3.8. Sensado de lámpara.

En la Figura 3.8 se observa el sensor de luz, el cual al detectar mucha luminosidad manda los datos para que la luminosidad disminuya.



Figura. 3.9. Moviendo el sensor de luz de la lámpara

En la Figura 3.9 se observa que el sensor al no detectar luz manda datos, para que el error sea compensado y aumenta la luminosidad.

Cuando el sensor de luz tiene de forma directa la incidencia de luz de parte de la lámpara, la función de la unidad de control es disminuir su potencia para así tener una cantidad óptima para la incubadora (Fig. 3.20), de lo contrario si el sensor por algún motivo es tapado lo que hace la etapa de control es compensar la detección de luz y aumenta su potencia para reparar el error (Fig. 3.21).

En la unidad de medición de igual forma tenemos un indicador de luz (RGB), cuando el micrófono detecta sonido manda las señales a través del micro controlador el cual este a través de sus salidas PWM en las cuales se activan tres de ellas PIN 9,10, 11, con estos tres pines se logran todas las combinaciones, para ello se crearon condiciones en las cuales si sobrepasaban esos niveles se mandaría una señal, en los niveles se manejaron tres niveles estándares, verde, amarillo y rojo, el verde señalando el nivel de ruido normal, el amarillo el nivel de

ruido preventivo y por último el rojo que este indica que el nivel de ruido sobrepasa el nivel normal.

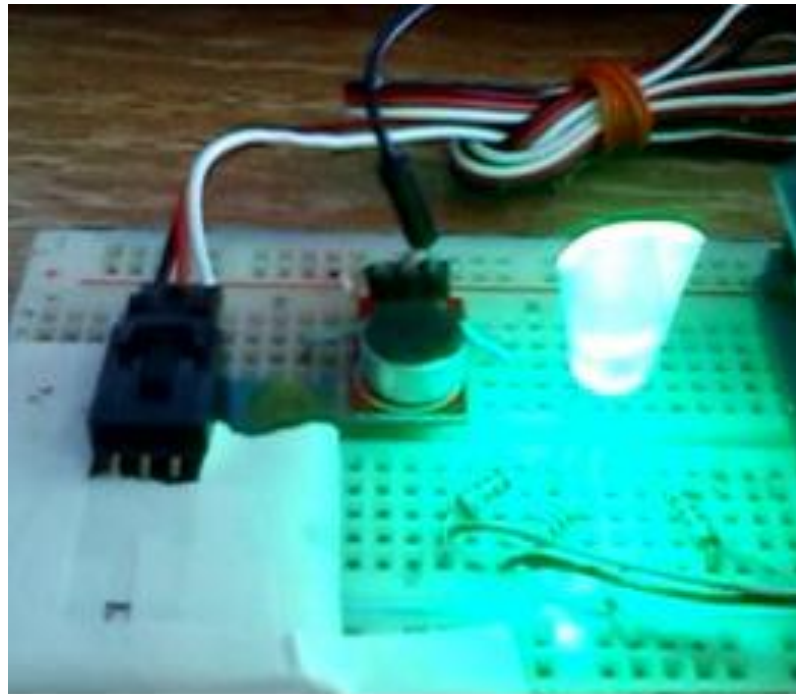


Figura. 3.10. Nivel de ruido normal.

En la Figura 3.10 se observa un Led RGB en color verde el cual indica que la cantidad de ruido está en una cantidad adecuada para el recién nacido.

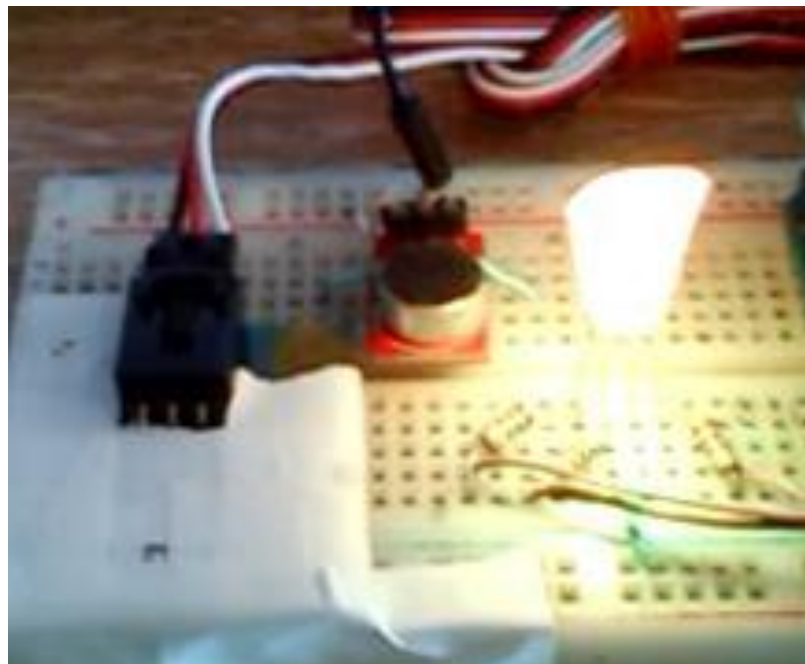


Figura. 3.11. Nivel de ruido preventivo.

En la Figura 3.11 se observa que el Led RGB cambio a color amarillo eso indica que el nivel de ruido está en un estado preventivo.



Figura. 3.12. Nivel de ruido extremó.

En la Figura 3.12 se observa que el Led RGB cambio a color rojo, eso indica que el nivel de ruido se ha sobrepasado de lo normal.

Los niveles que se manejan para la señalización del ruido están acoplados a la lectura del micrófono en los cuales van de 0 a 1023 y en este rango se maneja las lecturas para poder mandar la señalización al Led RGB.

Tabla 3.2 Niveles para determinar el tipo de señal

	Rangos	Color
Micrófono	$\geq 0 \ \&\& \ < 500$	Verde
Micrófono	$\geq 500 \ \&\& \ < 650$	Amarillo
Micrófono	$\geq 650 \ \&\& \ < 1023$	Rojo

En la Tabla 3.2 se observa las condiciones que tiene el micrófono para poder cambiar de color dependiendo de la lectura del Sensor.

Corroborar lectura de datos.- para ver que la señal que se envía de la unidad de medición a la unidad de control y verificar que los datos son enviados, fue necesario verlo en pantalla a través del software Arduino, y en una de sus herramientas maneja un monitor serial, esta herramienta sirvió para ver el sensado y los datos que este recibía.

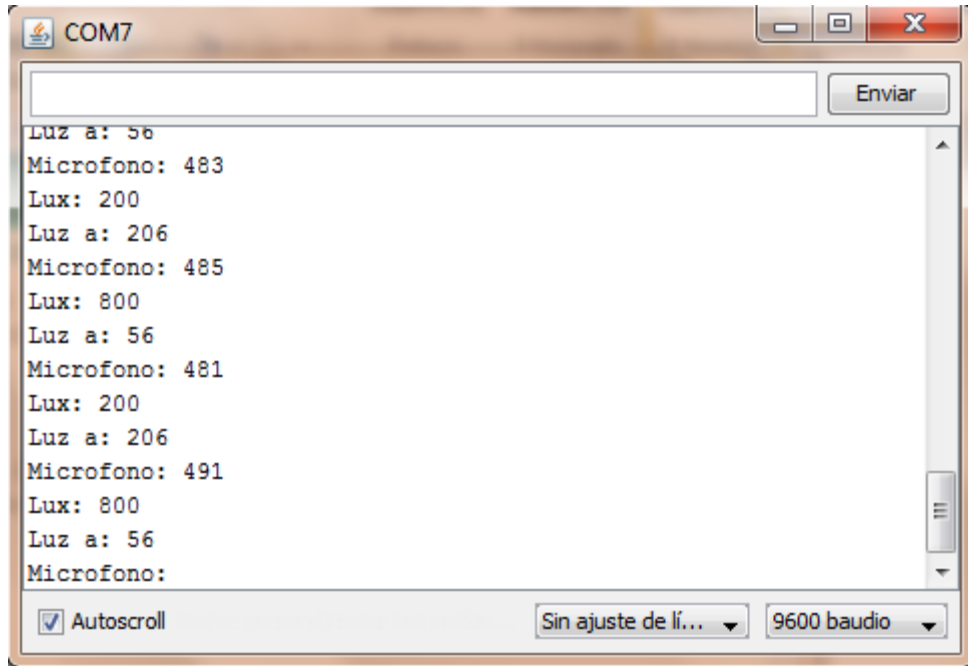


Figura. 3.11. Lectura de datos en la unidad de control.

En la Figura 3.11 se observa una ventana que indica la lectura que está recibiendo de la unidad de control.

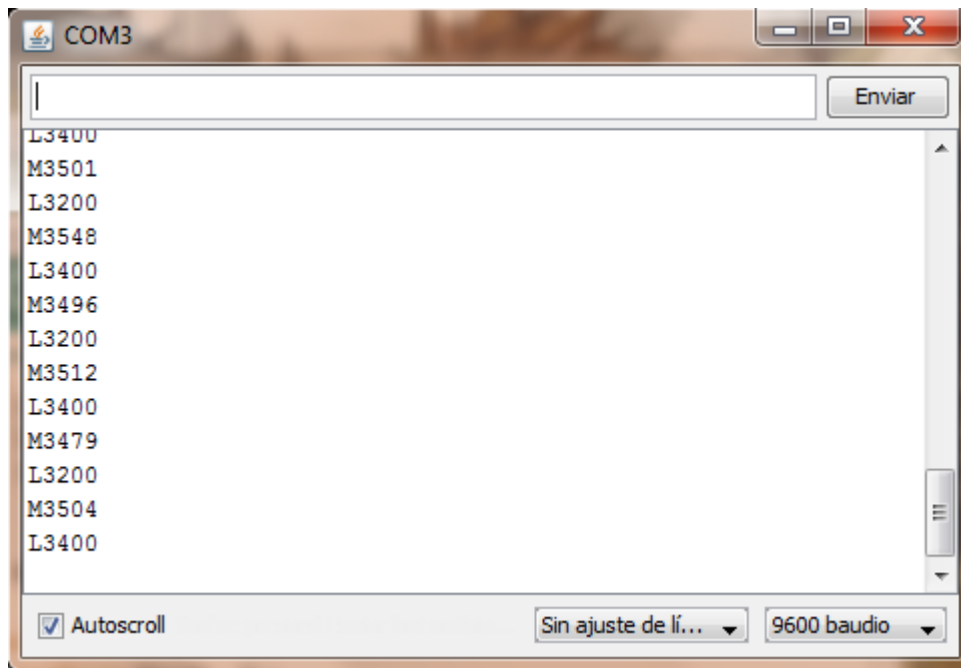


Figura. 3.12. Lectura de datos en la unidad de medición.

En la Figura 3.12 se observa la lectura que tiene la unidad de medición.

La lectura que brinda la unidad control es la que se muestra en la (Figura. 3.11) esta medición es la que lee el micro controlador cuando Xbee 1 (Medición) le manda los datos del sensado, este es recibido por el Xbee 2 (Control) que manda los datos por medio del monitor serial para poder apreciar lo que está recibiendo y lo que se está ejecutando.

La lectura que brinda la unidad de medición es la que se muestra en la (Figura. 3.12) esta medición es la que lee el micro controlador y que a través del monitor serial se pueden apreciar esta medición, posteriormente se mandan los datos por medio del XBee 1 (Medición).

4. Resultados y conclusiones

4.1 Resultados

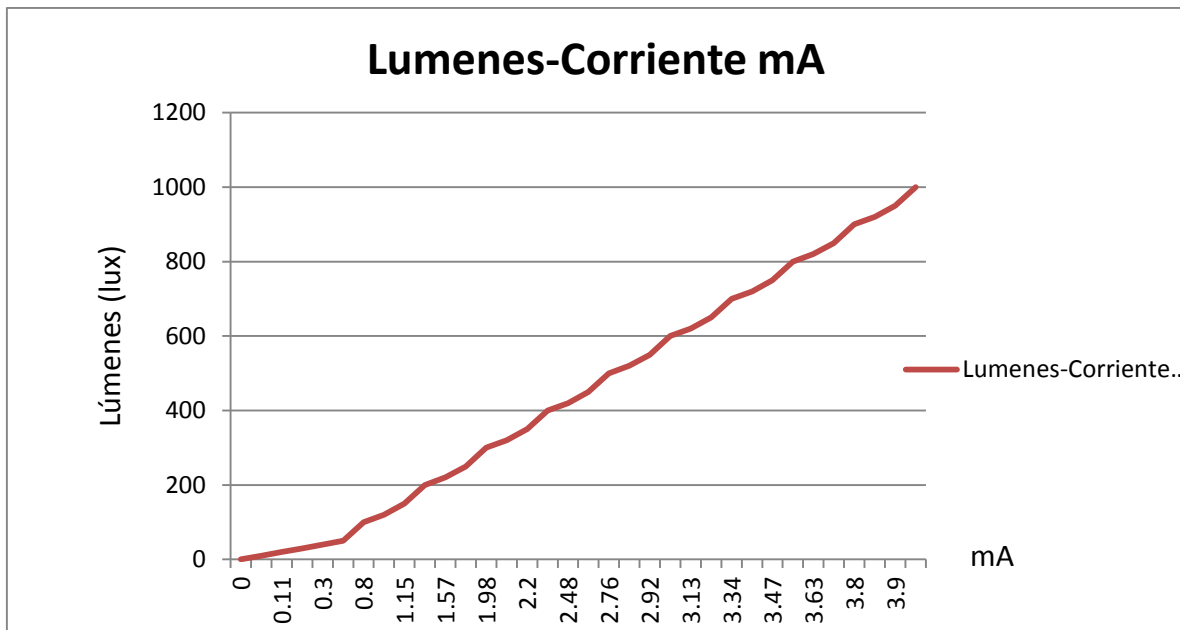


Figura. 4.1. Grafica de medición de Lúmenes y Corriente.

En la Figura 4.1 se observa una gráfica que muestra el comportamiento del sensor cuando está recibiendo luz.

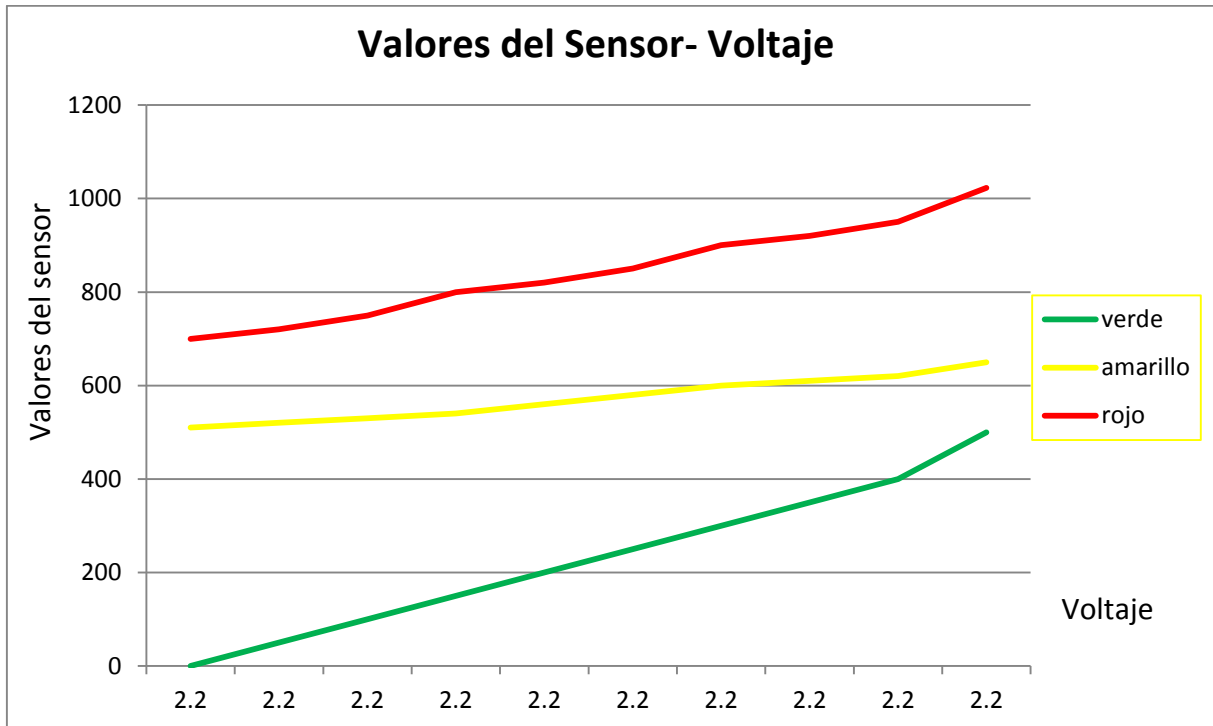


Figura. 4.2. Grafica de medición de Valores del sensor y voltaje

En la Figura 4.2 se observa una gráfica del comportamiento que tiene el sensor de ruido, con respecto a los valores que recibe.

Se logró diseñar e implementar un sistema de control del nivel de luminosidad y ruido para incubadora de recién nacidos pre término. Se logró usar comunicación inalámbrica vía XBee para enviar los resultados de la medición del ruido y la intensidad luminosa, prescindiendo del cableado entre circuitos y disminuyendo el tránsito de personal en la unidad.

Se logró el control de la iluminación del área y espacios de la incubadora, ofreciendo con ello un mejor ambiente, adecuado para que el recién nacido pre término descanse bien logrando tiempos reparadores de sueño y ritmo en sus ciclos de sueño. Se logró además una herramienta que proporciona información confiable a médicos, personal del hospital y familiares del paciente dado que el sistema permite interacción directa entre las personas interesadas y el proceso.

Se logró una herramienta de estudio de la salud al tener medición y registro del ruido y la intensidad luminosa permitiendo la identificación de patrones vinculados al efecto del ruido y la iluminación artificial en los recién nacidos prematuros. Se logró favorecer al ahorro y al uso racional de la energía eléctrica debido a la reducción del consumo de potencia utilizada para adecuar los niveles de iluminación de la unidad, como beneficio de implementar un sistema de regulación automático.

4.2 Conclusiones

El sistema apoya a la labor de los empleados de las unidades de neonatología en la tarea de mejorar sus servicios. Las ventajas que aporta la incorporación del sistema son: mayor seguridad, mejor salud, mejor desarrollo y mayor confort. Todas estas ventajas se refieren al neonato. Además mayor grado de información a los familiares del neonato y mayor grado de información y control para el personal médico.

El uso de tecnología de micro controlador y XBee beneficia ampliamente a la precisión en el funcionamiento al ser dispositivos programables de alta confiabilidad, mejora la disposición física del sistema, reduciendo su espacio, y favoreciendo sus características de manejo. Además se incrementa la compatibilidad y flexibilidad del sistema, teniendo la posibilidad de mejorar el sistema para funciones futuras dadas las características de las múltiples entradas y salidas de los dispositivos.

Referencias

[1] "Niveles de ruido en la Unidad de Cuidado Intensivo Neonatal "Cirena" del Hospital Universitario del Valle", Diana Lorena Fajardo U, Sonia Yurany Gallego P., Estudiantes enfermería Universidad del Valle 2007.

[2] Bellevue Hospital Opens New Neonatal Intensive Care Unit - NYC.gov, www.nyc.gov/hhc/.../press-release-20110629-bellevue-nicu.shtml

[3] Product Information | NICU Sound Monitoring & Noise Control | Sonicu, www.sonicu.com

[4] Brightness Control Methods for Illumination and Visible-Light Communication Systems, Hidemitsu Sugiyama, Shinichiro Haruyama, and Masao Nakagawa Department of Information and Computer Science Keio University, Yokohama,

http://kidshealth.org/parent/en_espanol/crecimiento/preemies_esp.html#

http://www.rhydolabz.com/wiki/%3Fp%3D3408&prev=/search%3Fq%3Dexplorer%2Bdongle%2Bwikipedia%26espv%3D210%26es_sm%3D93%26biw%3D1280%26bih%3D698

<http://es.wikipedia.org/wiki/RGB>

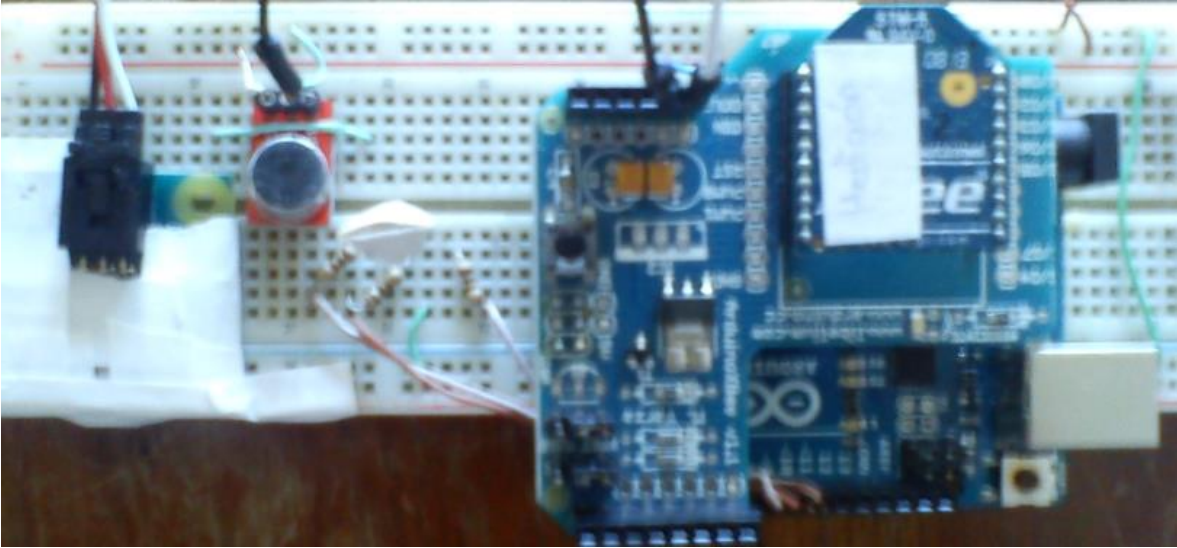
http://www.phidgets.com/products.php?product_id=1127

http://www.phidgets.com/products.php?product_id=1127

http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_fotoel%C3%A9ctrico

Anexos

Anexo A. Circuito Transmisor



Anexo B. Código Arduino Transmisor

```
int Lux=0;
int SensorValue1=0, SensorValue=0;
byte Rojo=11, Azul=9, Verde=10;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(Rojo, OUTPUT);
  pinMode(Verde, OUTPUT);
  pinMode(Azul, OUTPUT);
}

void loop()
{
  SensorValue=analogRead(A0); //Sensor de Luz
  SensorValue1=analogRead(A1); //Microfono

  Lux=Luz(SensorValue);
  Sonido(SensorValue1);

  Serial.print("M");condicionar(SensorValue1);Serial.println(SensorValue1);
  Serial.print("L");condicionar(Lux);Serial.println(Lux);
  delay(50);
```



```
}
```

```
float Luz(float Sensor)
```

```
{  
  int Volt=0;  
  Volt=Sensor*5/1024;//formula encontrada para cambiar de lectura de sensor a  
  lumenes  
  return(Volt*200);  
}
```

```
void Sonido(int Microfono)// rangos para que el microfono de la señales
```

```
{  
  if (Microfono >=0 && Microfono <500){RGB(0, 255, 0);}//Verde  
  if (Microfono >=500 && Microfono <650){RGB(255, 255, 0);}//Amarillo  
  if (Microfono >=650 && Microfono <=1023){RGB(255,0,0);}//Rojo  
}
```

```
void RGB(byte R, byte G, byte B)//funcion para generar los colores con pwm
```

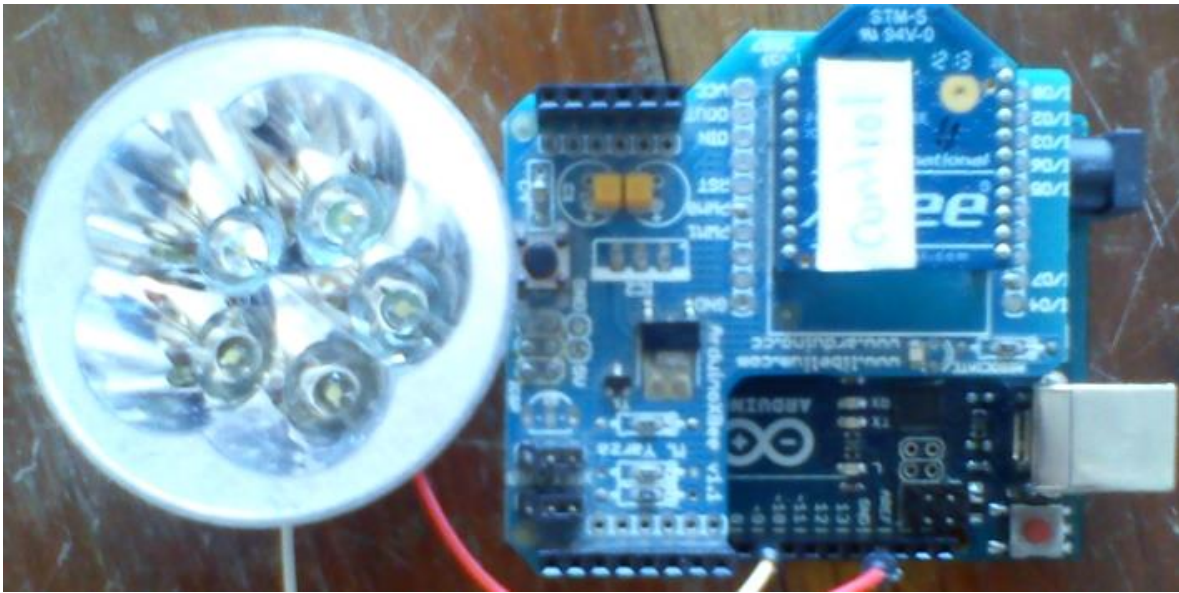
```
{  
  analogWrite(Rojo, R);  
  analogWrite(Verde, G);  
  analogWrite(Azul, B);  
}
```

```
void condicionar(int Val)
```

```
{  
  if(Val>=0 && Val<10) Serial.print("1");  
  if(Val>=10 && Val<100) Serial.print("2");  
  if(Val>=100 && Val<1000) Serial.print("3");  
  if(Val>=1000) Serial.print("4");
```

```
}
```

Anexo C. Circuito Receptor



Anexo D. Código Arduino Receptor

```
#define Lampara 9
```

```
char Dato=' ';  
int Lux=0, Microfono=0, Lum=0, Lamp=0;
```

```
void setup()  
{Serial.begin(9600);}
```

```
void loop()  
{  
  if(Serial.available())  
  {  
    Dato=Serial.read();  
    if(Dato=='M'){Microfono=Recibe();Serial.print("Microfono:  
");Serial.println(Microfono);}  
    if(Dato=='L'){Lux=Recibe();Serial.print("Lux: ");Serial.println(Lux);Lumenes(Lux);}  
  }  
}
```

```
void Lumenes(int Lum)  
{  
  Lamp=map(Lum,0,1023,255,0);analogWrite(Lampara,Lamp);
```

```

Serial.print("Luz a: ");Serial.println(Lamp);
}

int Recibe(void)
{
  char buffer[5]={};
  int n=0, ter=0, d=0;

  do{
  if(Serial.available())
  {
    buffer[0]=Serial.read();//Dato para saber cuantos numeros recibimos
    d=atoi(buffer);
    //Serial.println(d);
    n=1;
  }
  }while(n!=1);

  n=0;

  do{
    if(Serial.available())
    {
      buffer[n]=Serial.read();
      n++;
    }
  }while(n!=d);

  ter=atoi(buffer);
  //Serial.println(ter);
  return(ter);
}

```

Anexo E. Datasheet del Micrófono

PART #	CEM-C9745JAD462P2.54R			Revision	0-2010																											
Omni-Directional Foil Electret Condenser Microphone																																
DESCRIPTION																																
Omni-Directional Foil Electret Microphone, 9.7 mm diameter and 4.5 mm high, Power Supply 5.0 V max, External Resistance Loading of 680 Ω, and sensitivity of -44 dB. Terminated with 2 solder points, Lead Free RoHS Compliant																																
SPECIFICATIONS:																																
Direction	Omni Directional Foil Electret		Minimum Direction sensitivity																													
Operating Voltage Range	Vs= 1.0 Vdc ~ 10.0 Vdc		Power Supply (V _s)		1.5 V																											
Frequency Range	100 ~ 10,000 Hz.		Maximum Current		0.5 mA																											
Sensitivity	-46 ± 2.0, (0 dB = 1V / Pa) at 1K Hz.		Minimum Sensitivity to Noise Ratio		58 dB																											
Sensitivity Reduction	3.0 V to 2.0 V -3 dB		Maximum input S.P.L.		110 dB at 1.0 KHz, THD <1%																											
Operating Temperature	-20°C to + 60°C		Storage Temperature		-40°C to + 75°C																											
Loading Resistance (R_L)	External, 680 Ω at Vs = 1.5 V, Max. 2,200 Ω		Built in Capacitors		None																											
Termination	PC Pins, 4.5 mm Long, 0.6 mm ø, 2.54 mm Spacing																															
Dimensions:	Length / Diameter	9.7 mm ø	Height	4.5 mm	Housing Material Al-Mg Alloy, Color																											
Approximate Weight	0.7 grams	Options:		Compliance	RoHS, Lead Free																											
Reliability																																
Thermal Operating Cycle Test	250 hours continuous operation at Rated Power, at Maximum Rated Operating Temperature *																															
	250 hours continuous operation at Rated Power, at Minimum Rated Operating Temperature *																															
Thermal Storage Cycle Test	Parts are subjected to 250 hours storage at Maximum Rated Storage Temperatures *																															
	Parts are subjected to 250 hours storage at Minimum Rated Storage Temperatures *																															
Thermal Shock Test:	Parts are subjected to five (5) cycles of Minimum and Maximum Operating Temperature. Each cycle shall be set per diagram below and is three (3) hours long *																															
Humidity Test	Parts are subjected to 240 Hours at +40°C±2°C, 90-95% RH *																															
Vibration Test	Parts are subjected to 2 Hours of at 1.5 mm with 10 to 55 Hz. vibration frequency to each of 3 perpendicular directions *																															
Drop Test	Parts are dropped naturally from 1 meter height onto the surface of 40 mm wooden board, 2 axes (X,Y) directions, 3 times (6 times total) *																															
Reliability Test Performance *	Parts should conform to original performance within ±5 dB tested with Rated Power, after 3 hours of recovery period.																															
Termination Strength	Terminals should withstand a 1.0 Kg. pull test for up to 1 minute.																															
Life Test	At rated voltage in room temperature continuously for 1,000 hours																															
Warranty	For a period of one (1) year from date of shipping under normal operations conditions																															
Typical Frequency Response		Microphone Response Tolerance Window		Dimensions Units in: mm Tolerance: ±0.3 mm																												
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Frequency (Hz)</th> <th>Lower Limit (dB)</th> <th>Upper Limit (dB)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>50</td><td>-6</td><td>+3</td></tr> <tr><td>100</td><td>-3</td><td>+3</td></tr> <tr><td>800</td><td>-3</td><td>+3</td></tr> <tr><td>1000</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1200</td><td>-3</td><td>+3</td></tr> <tr><td>3000</td><td>-3</td><td>+8</td></tr> <tr><td>5000</td><td>-3</td><td>+8</td></tr> <tr><td>10000</td><td>-8</td><td>+8</td></tr> </tbody> </table>	Frequency (Hz)	Lower Limit (dB)	Upper Limit (dB)	50	-6	+3	100	-3	+3	800	-3	+3	1000	0	0	1200	-3	+3	3000	-3	+8	5000	-3	+8	10000	-8	+8			
Frequency (Hz)	Lower Limit (dB)	Upper Limit (dB)																														
50	-6	+3																														
100	-3	+3																														
800	-3	+3																														
1000	0	0																														
1200	-3	+3																														
3000	-3	+8																														
5000	-3	+8																														
10000	-8	+8																														

The information contained herein is believed to be correct, but no guarantee or warranty, express or implied, with respect to accuracy, completeness or results is extended and no liability is assumed. Challenge Electronics reserves the right to make changes in any specification, data or material contained herein.

Copyright © 2010 Challenge Electronics

Anexo F. Datasheet del XBee

Figure 1-03. XBee®/XBee-PRO® RF Module Pin Numbers

(top sides shown - shields on bottom)

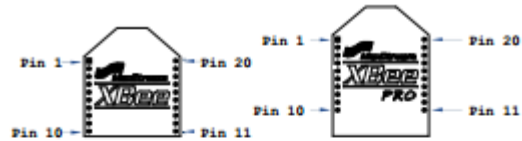


Table 1-02. Pin Assignments for the XBee and XBee-PRO Modules

(Low-asserted signals are distinguished with a horizontal line above signal name.)

Pin #	Name	Direction	Description
1	VCC	-	Power supply
2	DOUT	Output	UART Data Out
3	DIN / <u>CONFIG</u>	Input	UART Data In
4	<u>DO8*</u>	Output	Digital Output 8
5	<u>RESET</u>	Input	Module Reset (reset pulse must be at least 200 ns)
6	PWM0 / RSSI	Output	PWM Output 0 / RX Signal Strength Indicator
7	PWM1	Output	PWM Output 1
8	[reserved]	-	Do not connect
9	<u>DTR</u> / SLEEP_RQ / DI8	Input	Pin Sleep Control Line or Digital Input 8
10	GND	-	Ground
11	AD4 / DIO4	Either	Analog Input 4 or Digital I/O 4
12	<u>CTS</u> / DIO7	Either	Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O 7
13	<u>ON</u> / SLEEP	Output	Module Status Indicator
14	VREF	Input	Voltage Reference for A/D Inputs
15	<u>Associate</u> / AD5 / DIO5	Either	Associated Indicator, Analog Input 5 or Digital I/O 5
16	<u>RTS</u> / AD6 / DIO6	Either	Request-to-Send Flow Control, Analog Input 6 or Digital I/O 6
17	AD3 / DIO3	Either	Analog Input 3 or Digital I/O 3
18	AD2 / DIO2	Either	Analog Input 2 or Digital I/O 2
19	AD1 / DIO1	Either	Analog Input 1 or Digital I/O 1
20	AD0 / DIO0	Either	Analog Input 0 or Digital I/O 0

* Function is not supported at the time of this release

Design Notes:

- Minimum connections: VCC, GND, DOUT & DIN
- Minimum connections for updating firmware: VCC, GND, DIN, DOUT, RTS & DTR
- Signal Direction is specified with respect to the module
- Module includes a 50k Ω pull-up resistor attached to RESET
- Several of the input pull-ups can be configured using the PR command
- Unused pins should be left disconnected