

Soporte Centralizado de Equipos de Aire Acondicionado en Oficinas

J.I. Vega-Luna¹, G. Salgado-Guzmán¹, M.A. Lagos-Acosta¹, V.N. Tapia-Vargas¹, F.J. Sánchez-Rangel¹

Resumen— en este trabajo se presenta el diseño e implantación de un monitor de temperatura y humedad. Se instalaron sensores de temperatura y humedad distribuidos y ubicados estratégicamente en un área de oficinas donde se encuentran varios sistemas de control de temperatura. Los módulos cuentan también con transmisores inalámbricos de tecnología XBee que envían la información de los sensores a un módulo de control, el cual registra la información recibida en una memoria SD y alerta sobre cambios repentinos de temperatura y humedad. Con la ubicación de los sensores se pueden registrar variaciones de temperatura y humedad que pueden alterar considerablemente las operaciones de las oficinas.

Temas claves—Microcontrolador, monitoreo, sensor, temperatura, ZigBee.

Abstract— this paper presents a temperature and humidity monitor system design and implementation. The temperature and humidity sensors are located strategically, and send information wireless to record the values in a central device. The central device use a microcontroller and alert with a warning when exists abrupt changes in the temperature and humidity. The central device store the temperature and humidity values in a SD memory.

Keywords— Microcontroller, monitor, sensor, temperatura, ZigBee.

I. INTRODUCCIÓN

Las crecientes exigencias del mercado de renta de oficinas corporativas y de los potenciales consumidores, hacen que las empresas estén siempre buscando nuevas formas de reforzar la calidad y excelencia de sus servicios. Es por ello que las compañías invierten en la mejora constante de los controles de calidad y en los ajustes de los equipos dedicados a estas tareas. Por lo mismo, el desarrollo de este proyecto ayuda a proporcionar mejores soluciones utilizando tecnologías de última generación.

La estabilidad en temperatura y humedad en un área de trabajo es algo muy importante, ya que puede tener varios efectos en la salud, en el estado del mobiliario que ahí se encuentra y por supuesto en el ambiente de trabajo. Para garantizar un ambiente de trabajo agradable, es importante asegurar que el valor de la humedad relativa no sea menor al 40%. Cuando la humedad relativa es menor al 40%, el riesgo de enfermedades aumenta. Generalmente, se puede decir que los síntomas causados por el aire seco varían, pero se pueden distinguir tres factores principales: electricidad estática, estabilidad de la humedad y efectos sobre la salud. El aire seco puede provocar electricidad estática en un ambiente. La electricidad estática puede ser disminuida mediante la elevación de la humedad relativa del aire. Las máquinas de un parque de diversiones generan electricidad estática como resultado de la fricción. Cuando existen máquinas que están activas durante mucho tiempo, más fricción tendrá lugar y el riesgo de la electricidad estática aumenta. Esto principalmente les ocurre a los elementos secos de las máquinas. En las salas de cómputo, existe también un riesgo de electricidad estática. La mayor parte de la electricidad estática es provocada a la humedad relativa de entre 30 y 35%.

La estabilidad de la humedad es la habilidad de un material o producto de mantener un cierto nivel de humedad, a pesar de las fluctuaciones de humedad relativa en su ambiente. La mayor parte de los materiales desprenden o absorben humedad. Esto puede provocar daños al material o producto. En muchos casos, tales como en vegetales, frutas, flores y granos, este proceso es irreversible.

A medida que la temperatura aumenta, la humedad relativa disminuye. El aire seco puede tener efectos nocivos sobre la salud, tales como resequeza de nariz y garganta, lo cual provoca una mayor susceptibilidad a los patógenos como los virus. Cuando hace frío, una humedad del aire más elevada hace a la gente pensar que está más templado. Esto hace que los radiadores estén encendidos con menos frecuencia. El clima para el crecimiento de las bacterias es peor cuando la humedad relativa se encuentra entre el 40 y el 60%. Los virus pueden sobrevivir menos a

¹ J.I. Vega-Luna (vlji@correo.azc.uam.mx), G. Salgado-Guzmán, M.A. Lagos-Acosta, V.N. Tapia-Vargas, F.J. Sánchez-Rangel. Área de Sistemas Digitales, Departamento de Electrónica. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Av. San Pablo No. 180, Col. Reynosa, Azcapotzalco, México D.F. MEXICO. Teléfono (55)-53189552.

una humedad relativa de entre 47 y 70%. Para las personas, la humedad relativa es más agradable entre 45 y 55%.

TABLA I
VALORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PERMISIBLES EN DIFERENTES AMBIENTES

Actividad	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
Habitacion de hospital	24	40-50
Almacen de pinturas	22-24	40-50
almacén de granos	16	30-45
Procesamiento de algodón	16-27	50-55
Almacén de piel	10-16	40-60

Estado del arte

Para el desarrollo de éste proyecto, se diseñó una red de sensores utilizando la tecnología inalámbrica ZigBee (IEEE 802.15.4). ZigBee es una tecnología de comunicaciones inalámbricas basada en el estándar IEEE 802.15.4 [1]. Esta tecnología fue diseñada para formar redes de malla con capacidades de ruteo, por lo que se pueden implantar Redes de Área Personal Inalámbrica (Wireless Personal Area Networks-WPAN) y Redes Inalámbricas de Sensores (Wireless Sensor Network-WSN). Las principales topologías de redes de dispositivos ZigBee que se pueden configurar son la topología de estrella, la topología de cluster de árbol y la topología de malla. En todas ellas existe un dispositivo que realiza la función de coordinador. Actualmente ZigBee es de las tecnologías inalámbricas menos usadas por ser muy reciente, siendo sus principales ventajas las siguientes: arquitectura de red flexible, dispositivos de bajo costo y bajo consumo de energía. La cantidad de nodos que pueden formar una red es muy grande ($\leq 65,536$) y existe compatibilidad entre equipos de diversos fabricantes. Los nodos ZigBee pueden trabajar por periodos prolongados de tiempo, incluso años, sin tener que cambiar la batería y no requieren licencias para el uso de frecuencias, ya que trabajan en bandas de radio centradas en los 868, 915 y 2400 MHz., disponibles en casi cualquier región del planeta, siendo la más usada la de 2400 MHz. por ser en la que se transmite a mayor velocidad (250 Kbps.). Las principales desventajas que tiene ZigBee son las siguientes: velocidad de transmisión baja, las distancias alcanzadas son cortas y la existencia de un punto de falla representado por el coordinador de la red ZigBee, razones por las cuales en ciertas aplicaciones se usa otro tipo de conexión alámbrica o inalámbrica [2]. Además de leer datos desde dispositivos ZigBee, con este protocolo se les

puede enviar también comandos a estos dispositivos en la realización de aplicaciones de monitoreo que incluyan implantar redes de gran tamaño de sensores ZigBee. Debido a que ZigBee usa un protocolo seguro de enrutamiento de paquetes, se pueden implantar técnicas de enrutamiento de tráfico para mejorar el rendimiento de las redes ZigBee, así como usar algoritmos de encriptación y autenticación. En la Tabla I se muestran las principales características de los dispositivos ZigBee.

TABLA II
CARACTERISTICAS DE LOS DISPOSITIVOS ZIGBEE

Especificación	XBEE
Alcance interiores	30 m
Alcance exteriores	100 m
Potencia de salida de transmisión	100mW(0dBm)
Velocidad de transmisión	250000 bps
Interfase serial	1200 – 115200 bps
Sensibilidad de recepción	-92 dBm
Frecuencia de Operación	ISM 2.4Ghz
Topologías de red soportadas	Punto a punto Punto multipunto Peer to Peer
Número de canales	16 Canales de secuencia directa
Opciones de direccionamiento	PAN ID, Canal, Dirección

Adicionando a los dispositivos ZigBee un microcontrolador, se pueden llevar a cabo distintas aplicaciones donde la información leída desde ellos sea enviada a un sistema de control central donde un operador procesara la información, almacenada y desplegada.

En el desarrollo de este trabajo se monitorea el nivel de temperatura y humedad en diferentes áreas de un piso de oficinas en un edificio corporativo. La información leída periódicamente desde los sensores es almacenada, desplegada y procesada en un controlador central. En las diferentes áreas se encuentran tomas de aire acondicionado y ventanas con flujo de aire. Los sensores se ubicaron estratégicamente en cinco sitios que son donde se reportan mayores cambios en estas variables. La Figura 1 muestra el tipo de áreas en las cuales se monitorean estas variables.

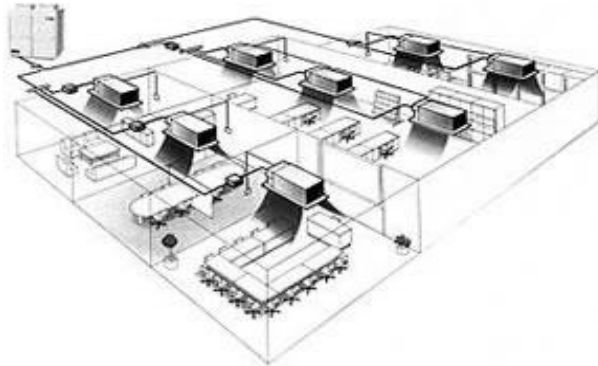


Figura 1. Descripción del área a monitorear

II. DESARROLLO

La metodología usada para el desarrollo de este trabajo inicio con la fase de construcción de un módulo de sensores que monitorean el nivel de temperatura y humedad en diferentes áreas de un piso de oficinas de un edificio corporativo. Este módulo cuenta también con un transmisor inalámbrico de tecnología ZigBee que envía los valores de temperatura y humedad a un controlador central. La segunda fase consistió en construir un controlador central que recibe despliega y procesa la información leída periódicamente por los sensores, además de almacenarla en una memoria. Este controlador advierte a un operador sobre algún cambio repentino de temperatura y humedad que pueda provocar algún malestar en el personal de las oficinas. Las variables monitoreadas generan alertas dependiendo en que región del edificio o piso de oficinas se encuentren. Si están en un área donde el rango de temperatura deba ser entre 10°C y 15°C o que la humedad relativa se encuentre entre 40%HR y 60%HR y estas condiciones varían por arriba o por abajo de estos parámetros, el sistema aquí presentado genera una alerta audible y visual al operador del sistema. En la Figura 2 se muestra un diagrama de bloques de los dos módulos construidos en el desarrollo del sistema.

El módulo de sensores

Se construyeron cinco módulos de sensores. Cada uno de ellos consiste de un circuito SHT11 [3] y un circuito RF XBee. El circuito SHT11 integra dos sensores: uno de tipo capacitivo para medir la humedad relativa y otro de intervalo de banda para medir la temperatura. La salida de los dos sensores es leída, internamente en el el circuito SHT11, por un convertidor analógico digital de 14 bits y entregada en forma digital serie por una terminal de salida del SHT11. El circuito XBee transmite periódicamente, cada 5 minutos, su identificador y los valores entregados por el sensor al controlador central. La Figura 3 muestra al

circuito SHT11 usado.

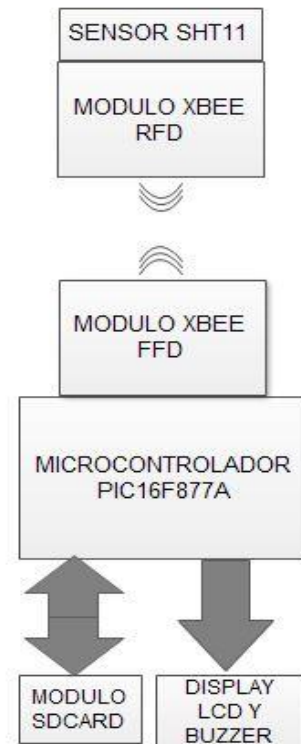


Figura 2. Diagrama a bloques del sistema

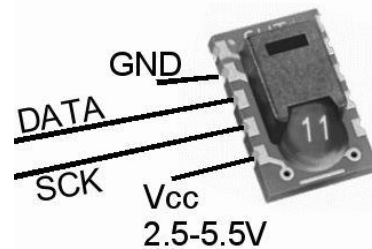


Figura 3. Circuito SHT11

El circuito XBee es un dispositivo compatible con el protocolo ZigBee 802.15.2, cuenta con antena integrada que puede transmitir información inalámbrica a una distancia máxima de 300 pies en interiores, trabaja a una frecuencia de 2.4 GHz. y usa los protocolos de red y ruteo del estándar ZigBee. Se alimenta con una fuente de voltaje de 3.3 V y puede configurarse para trabajar en una red de malla, lo que le permite extender su rango de transmisión usando ruteadores. El circuito XBee se puede configurar en uno de los siguientes modos de operación: modo transparente y modo API. Se eligió trabajar con circuitos XBee Versión 1 fabricados por Maxstream por

su facilidad de adquisición, manejo y disponibilidad de información, además de que pueden ser ajustados para usarse en redes de configuración punto a punto y punto a multipunto. Son utilizados en automatización de casas, sistemas de seguridad, monitoreo de sistemas remotos y aparatos domésticos. La Figura 4 muestra el dispositivo XBee utilizado.

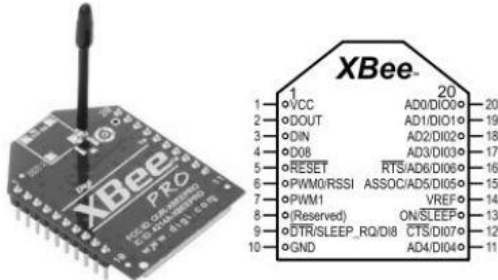


Figura 4. Módulos XBee

Los valores de temperatura y humedad entregados en forma serie asíncrona por el circuito SHT, son recibidos por el dispositivo XBee a través de su terminal 3 (DI). Cuando no existen datos se mantiene en un nivel alto por defecto. Cada byte de información está acompañado por un bit de inicio y uno de parada. Esta información es almacenada en un buffer del dispositivo XBee, para posteriormente ser empaquetados en una trama RF y enviada al controlador central. La trama se empaqueta siempre y cuando se presente una de las tres siguientes condiciones:

- El estado de la terminal D0 sea 0, es decir se configura una señal de interrupción externa para envío de datos.
- El buffer ha recibido 100 bytes de datos.
- Se recibe la secuencia de bytes GT+CC+GT, GT es el tiempo de espera que se configura al dispositivo XBee antes de enviar una trama RF.

Cada trama RF contiene la dirección origen y la dirección destino especificada con los comandos ZigBee MY y DL. Las tramas RF siguen la estructura de la especificación 802.15.4. Para programar los circuitos XBee se utilizó un módulo de la marca DIGI el cual se conecta a una computadora personal. En la Figura 5 muestra este módulo de programación

El controlador central

Este es el módulo principal de control y despliegue de información el cual se basó en un microcontrolador PIC16F887. El microcontrolador PIC16F877 [4] cuenta con 3 puertos, dos de ellos se usaron para conectarles un display LCD y un circuito XBee. El circuito XBee fue

configurado como coordinador y recibe las tramas enviadas por cada módulo de sensores. Estas tramas las entrega al puerto serie UART del microcontrolador como se muestra en las conexiones indicadas en la Figura 6.

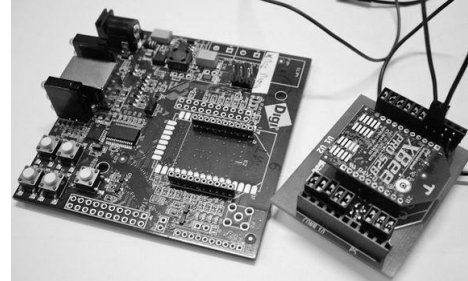


Figura 5. Programador de dispositivos XBee

Ya que la terminal de salida TX del dispositivo XBee trabaja con niveles de corriente de 45 mA. a 215 mA. y la terminal RX del microcontrolador con corrientes de 50 mA. a 55mA., se incluyó divisor de corriente y de voltaje en esta parte del controlador.

El display LCD despliega las alertas y estado de los sensores. El registro de valores de temperatura y humedad se realizó utilizando un módulo memoria microSD [5], el cual recibe del microcontrolador estos valores por medio de una de sus líneas de salida serie. La Figura 7 muestra el módulo de memoria SD usado.

En la Figura 8 se muestra un diagrama de flujo de la programación realizada en el microcontrolador para llevar a cabo las tareas indicadas anteriormente.

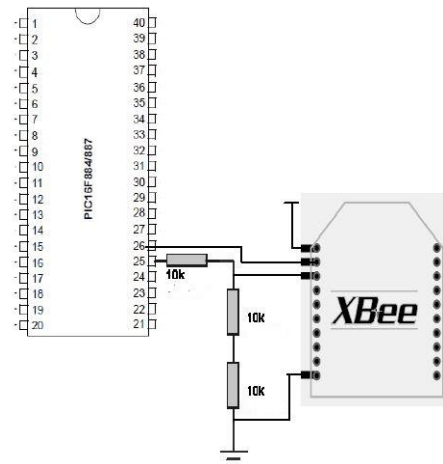


Figura 6. Acoplamiento PIC-Circuito XBee

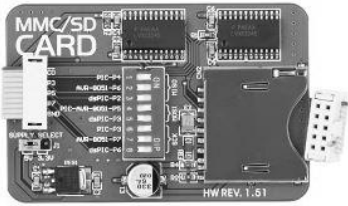


Figura 7. Módulo de memoria SD

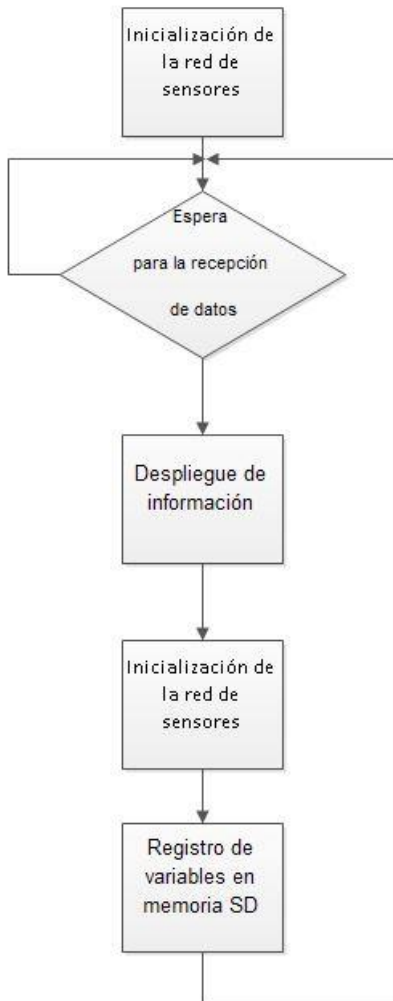


Figura 8. Diagrama de flujo de la programación del microcontrolador

III. RESULTADOS

En los resultados del muestreo de temperatura y humedad de sensores ubicados en algunas áreas del piso de oficinas, se pudieron ver algunos picos de valores. Esto fue debido a la variación repentina de las variables causada por corrientes de aire, por ajustes en los sistemas de acondicionamiento de temperatura y humedad, por apertura de puertas, por aglomeración en salas de juntas o

por lugares con mucho tránsito de personas. En las Figuras 9, 10 y 11 se muestran los valores de algunos muestreos realizados de temperatura y humedad en tres sensores ubicados en localidades diferentes. En base a estos muestreos se tuvieron recomendaciones por parte de expertos en el acondicionamiento para la reubicación de estos sensores. La información colectada cada 5 minutos resultó muy valiosa, la cual está disponible para ser graficada.

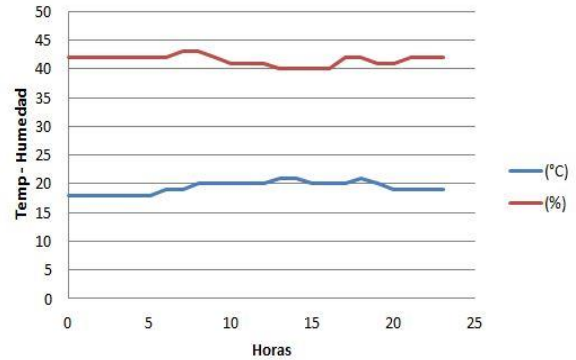


Figura 9. Registro diario del sensor 1

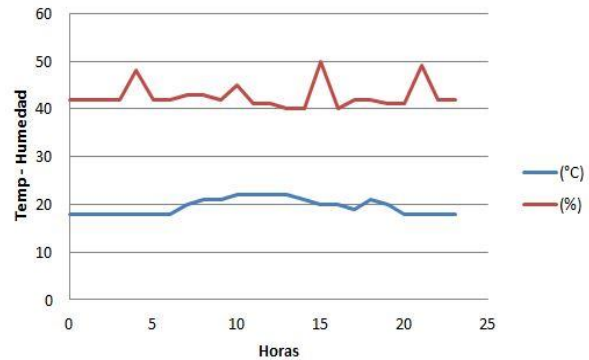


Figura 10. Registro diario del sensor 2

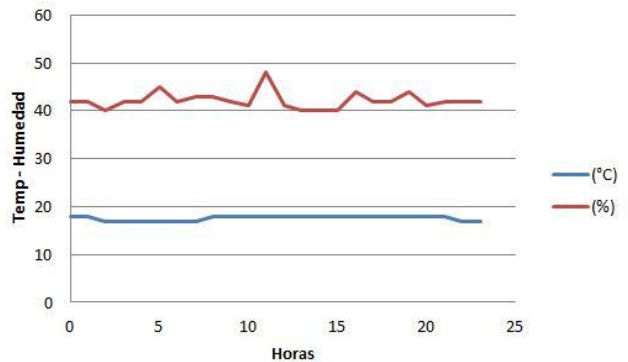


Figura 11. Registro diario del sensor 3

IV. CONCLUSIONES

En este trabajo se alcanzó el objetivo planteado, el cual fue crear un dispositivo para monitoreo de temperatura y humedad, contando con un sistema de alerta efectivo bajo el estándar IEEE 802.15.4, comercialmente conocido como ZigBee, proporcionando una solución de bajo costo, compacta, de baja complejidad y mínimo consumo de energía para redes con bajas tasas de transmisión en comunicaciones inalámbricas. ZigBee opera en la banda de frecuencia ISM de 2.4 GHz, misma que se encuentra saturada por la utilización de otros dispositivos inalámbricos. El identificar los puntos con mayor variación en temperatura y humedad fue de gran utilidad, ya que con esto se pueden diseñar mejores oficinas o implementar mejores controles de uso para un mejor aprovechamiento de la energía. Los resultados obtenidos fueron adicionados a un informe a los directivos de las oficinas, ya que es información muy valiosa que podría llevar a conclusiones tan simples como porqué es más sensible a enfermedades el personal que se encuentra en áreas donde existe gran variación de temperatura y no es la humedad relativa deseable. En cuando a los objetos físicos, la corrosión, oxidación y otros cambios en la infraestructura son causados por las alteraciones y por no estar en niveles adecuados los parámetros aquí analizados. Este trabajo no solo tiene utilidad en pisos de oficinas, sino que también puede usarse en diversos ambientes como por ejemplo en almacenes de alimentos, de materiales de construcción y hospitales, donde se debe mantener un control más estricto de temperatura y humedad para preservar elementos y materiales. Finalmente, se tiene planeado extender la funcionalidad del sistema aquí presentado de manera tal que exista retro-alimentación con los sistemas de aire acondicionado, de forma que si se alcanza un cierto valor máximo o mínimo de temperatura establecido por el usuario, el sistema pueda controlar el aire acondicionado para regular la temperatura.

V. RECOMENDACIONES

En cuanto a la ubicación de los sensores, es necesario considerar las siguientes recomendaciones:

- Ubicarlos en sitios donde no incidan directamente corrientes de aire como podrían ser las que se generan a las salidas de los equipos de acondicionamiento de aire.
- No ubicarlos demasiado cerca de áreas donde existe tráfico pesado de personas ya que esto causa variaciones indeseables en las variables.
- Alejarlos de la incidencia de luz solar directa, para evitar saturación en los sensores.

- No instalarlos en áreas que podrían estar aisladas de bandas de frecuencias de 2.4GHz, puesto que es la que se usa para las comunicaciones de los datos.

La cantidad de datos que ofrece el dispositivo es muy grande por día, se recomienda normalizar estos datos para que se tengan curvas más confiables. En los gráficos se muestran picos de señales que podrían ser no confiables.

VI. REFERENCIAS

- [1] Gal Z.; Balla T. y Karsai A. (2013) "On the WiFi interference analysis based on sensor network measurements" in *IEEE 11th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics*. September 26-28, 2013, Subotica, Serbia.
- [2] Kyung, C. y Minjung, Yun. (2012) "An enhanced key management using ZigBee Pro for wireless sensor networks" in *2012 International Conference on Information Networking (ICOIN)*. Page(s): 399-403.
- [3] Sensirion Co. (2014) *Technical Data SHT1x*, <http://www.sensirion.com/>
- [4] Microchip Technology Inc. (2014) *PIC16F87X Data Sheet*.
- [5] MikroElektronika (2014) *Technical Data MMC/SD Board*, <http://www.mikroe.com/add-on-boards/storage/mmc-sd/>