

**БЕЗЖИЧНА СЕНЗОРНА МРЕЖА ЗА МОНИТОРИНГ НА
СЪСТОЯНИЕТО НА ВЪЗДУШНА СРЕДА****WIRELESS SENSOR NETWORK FOR AIR QUALITY MONITORING****Георги Димчев, Звездица Ненова, Тошко Ненов***Технически университет – Габрово, ул. "Хаджи Димитър" 4, 5300 Габрово**e-mail: georgedimchev@gmail.com***Abstract**

The present paper proposes a sensor module for air quality monitoring. The module includes temperature, humidity and air pollution sensors. The module is realized through a wireless interface following the standard IEEE 802.15.4 (ZigBee). Based on the module, a wireless sensor network for air quality monitoring has been developed.

Keywords: wireless sensor network, air quality monitoring, sensors

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Последните години се характеризират с интензивно развитие на безжичните технологии в редица области. Сред тях една от най-перспективните са безжичните сензорни мрежи. Обикновено под безжична сензорна мрежа се разбира безжична многоелементна мрежа с ниска скорост на предаване на данни и ниско енергопотребление. Такива мрежи имат много приложения – в сградната автоматизация, в индустриалната автоматизация, в системите за сигурност, в здравеопазването и др.

В областта на безжичните сензорни мрежи основният установен стандарт в момента е IEEE 802.15.4 (ZigBee). Безжичната технология ZigBee е предназначена за използване в системите за събиране на данни и управление. Освен с ниско енергопотребление, тя се характеризира с надеждност при предаване на данни и защита на информацията, съвместимост между устройства на различни производители. ZigBee позволява да се обхване с единна безжична мрежа цяла сграда или друг голям обект с голям брой възли. Всичко това се достига чрез използване на сложни механизми на маршрутизация на съобщения, което позволява да се предава информация през десетки междинни възли на мрежата до крайната точка.

Развитието на индустрията неизбежно води до повишаване на изискванията към контрола на средата, в която хората живеят или работят. Изискванията към микроклимата на производствените помещения са насочени към предотвратяване на неблагоприятното му въздействие върху работещите. Микроклиматът в производствените помещения се характеризира с температурата, относителната влажност и скоростта на движение на въздуха, а също така с интензивността на топлинното облъчване.

Освен за защита на здравето на хората, мониторингът на параметрите на околната среда е много важен за осигуряване на правилно съхраняване на материални и културни ценности (в музеи, библиотеки, банки), хранителни продукти и осигуряване на оптимално поддържане на технологични процеси.

За осигуряване на измервания на параметрите на микроклимата са необходими съвременни надеждни средства, осигуряващи достоверност на измерванията на параметрите на микроклимата в режим на реално време.

В настоящата работа се представя разработен сензорен модул за мониторинг на състоянието на въздушна среда. На базата на разработения модул е представена структурата на безжична сензорна мрежа за контрол на параметрите на въздушна среда.

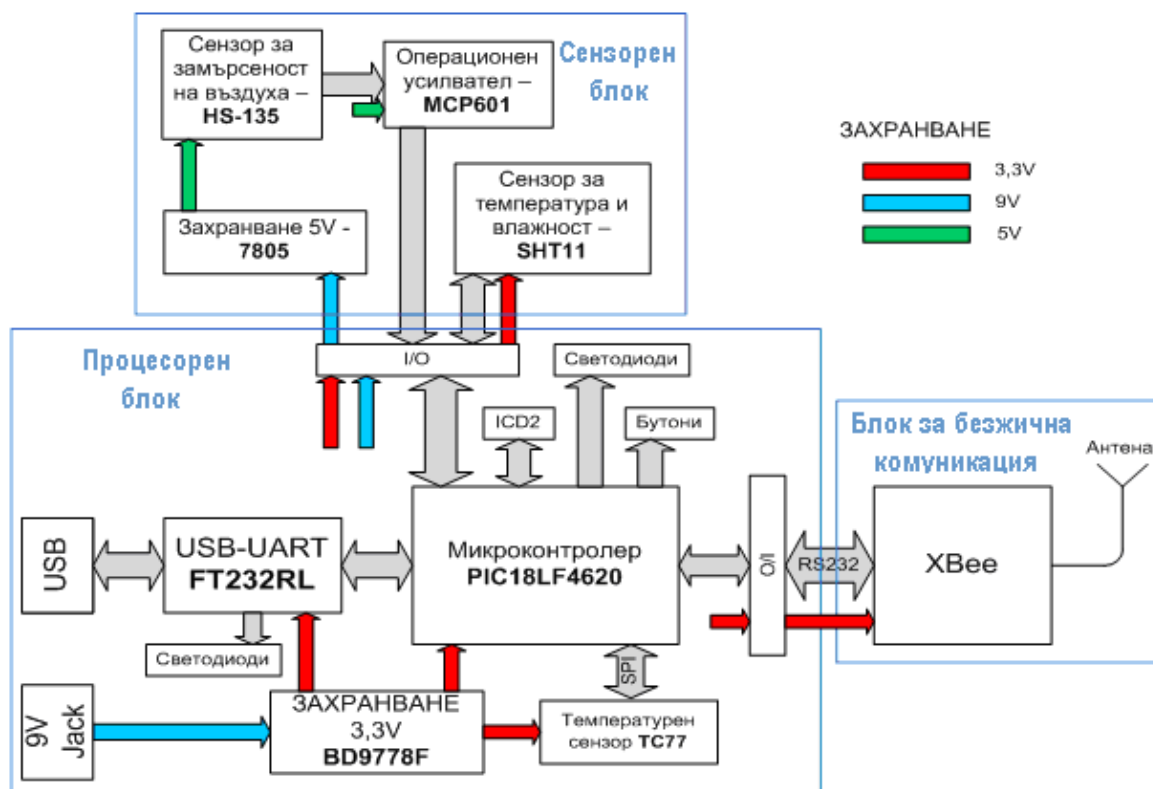
2. СЕНЗОРЕН И КООРДИНАТОРЕН МОДУЛИ С БЕЗЖИЧЕН ИНТЕРФЕЙС

С цел измерване и контрол на параметри на въздушната среда е разработен безжичен сензорен модул (БСМ) за мониторинг на температура, относителна влажност и замърсеност на въздуха. Структурна схема на модула е представена на фиг.1.

БСМ е съставен от три основни блока:

терфейса. Работният температурен диапазон на TC77 е от -55 до 125°C с точност от $\pm 1^\circ\text{C}$ до $\pm 3^\circ\text{C}$ и 13-битова разделителна способност (0.0625 °C/bit).

Блокът за безжична комуникация е реализиран на основата на ZigBee модул XBee – PRO Series 2 RF Module [3]. Този тип модули са проектирани да отговарят на стандартите IEEE 802.15.4. Те дават въз-



Фиг. 1. Структурна схема на безжичен сензорен модул

процесорен блок, сензорен блок и блок за безжична комуникация.

Процесорният блок е изграден на основата на микроконтролер PIC18LF4620 [1], който се характеризира със следните основни параметри: работна честота 40MHz; програмна памет (bytes) – 65536; програмна памет (инструкции) – 32768; памет данни (bytes) – 3968; памет данни EEPROM (bytes) – 1024; 20 източника на прекъсване; пет входно-изходни порта; 4 таймера; серийна комуникация MSSP, UART; 13 канален 10 битов АЦП. Модулът има USB изход на основата на преобразувател UART-USB тип FT232RL.

БСМ включва температурен сензор тип TC77 [2] като връзката му с микроконтролера се осъществява посредством SPI ин-

можност за надеждна обмяна на данни между устройствата. Работят в нелицензирания 2,4 GHz ISM обхват. Поддържат топологиите point-to-point, point-to-multipoint и peer-to-peer, mesh и могат да работят като координатор (управляващ възел), маршрутизатор или крайно устройство. Съдържат аналогово-цифрови преобразуватели и цифрови входове/изходи. Създават удобство при работа с тях: не е необходимо първоначално конфигуриране за проста безжична комуникация; осигурени са със свободен тестов и конфигурационен софтуер X-CTU; AT и API командни режими за конфигуриране на параметрите; разширен команден набор; малки размери. XBee модулите се свързват към управляващото устройство посредством асинхронен сериен интерфейс UART. Чрез преобразувател на нивата на

сигналите, модулите могат да се свързват към всяко устройство, поддържащо сериен интерфейс. По подразбиране XBee модулите работят в прозрачен режим (Transparent Mode). В този режим модулите се използват като замяна на жичната серийна връзка – всички данни, постъпили на извод DI на UART интерфейса, подлежат на безжично предаване. Когато се приемат данни, те се предават навън по извод DO. Ако модулът не може да предаде данните веднага (например в момент на приемане) те се съхраняват в DI буфер. Данните се пакетират и изпращат на всяко изтичане на времето, зададено с RO или когато се съберат 100 байта (максималния размер на пакета). Прилагат се хардуерни или софтуерни защиты, за да се предотврати препълване на буфера, а оттам – и загуба на информация. API (Application Programming Interface – Приложение програмен интерфейс) режимът на работа е алтернатива на прозрачния режим, зададен фабрично. Програмен интерфейс, базиран на кадри, увеличава нивото, на което приложните програми могат да използват мрежовите възможности на модулите. Когато модулите са в API режим, всички данни, влизащи и излизащи от модулите, са в кадри, които определят операциите или събитията в модула. Когато модулът не приема и не изпраща данни, той е в Idle режим. Режим Sleep позволява на модула да изпадне в режим на понижена консумация, когато не се използва.

Сензорният блок включва сензор за влажност и температура тип SHT11 [4] и

сензор за замърсеност на въздуха тип HS-135 [5]. Сензорът SHT11 е създаден по специална технология – CMOSens™. Той съдържа два градуирани микросензора за относителна влажност на въздуха и температура, които са вътрешно свързани към 14-битов аналогово-цифров преобразувател и сериен интерфейс в същия чип. Всеки сензор е прецизно калибриран относно количеството влага, а коефициентите на градуирането са програмирани в постоянна паметта. Тези коефициенти се използват вътрешно по време на измерването, за да се калибрират сигналите от сензорите.

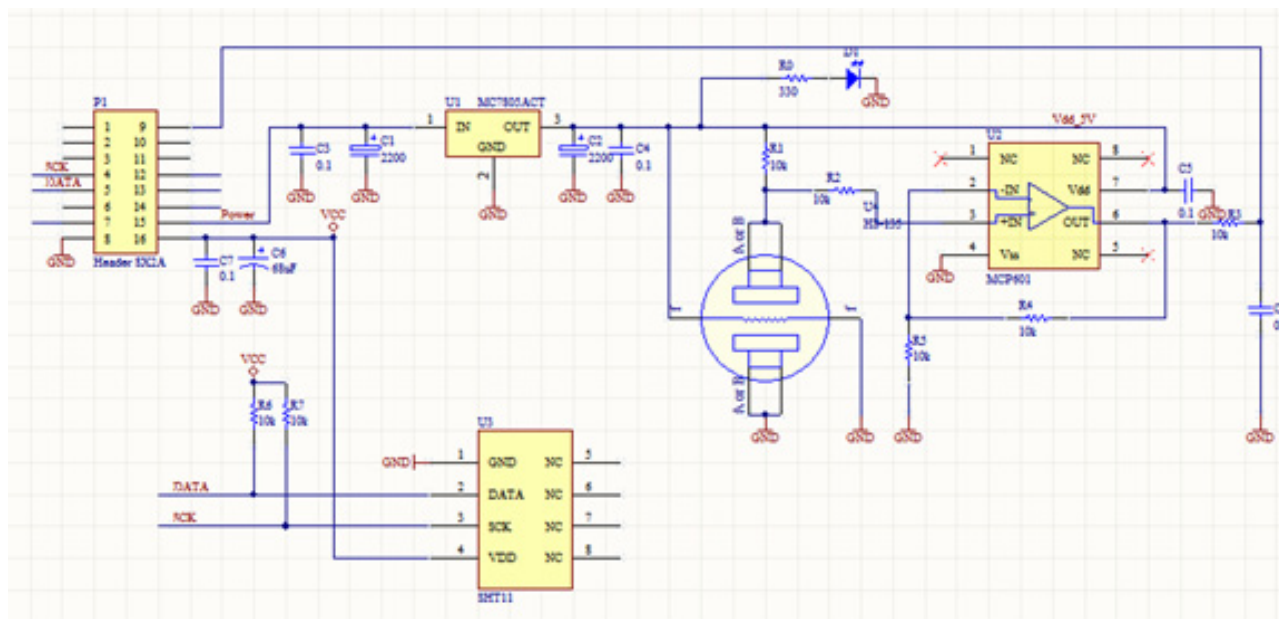
Сензорът SHT11 осъществява комуникация с управляващия микроконтролер посредством сериен интерфейс, включващ двупосочни сигнални линии DATA и SCK.

Времето на измерване е 11/55/210 ms съответно за 8/12/14 битово преобразуване. Микроконтролерът получава два байта с данните от измерването и един байт CRC информация (Cyclic Redundancy Check - циклична проверка на излишъците).

Поради нелинейността на сензора за влажност и за постигане на дефинираната точност при 25°C е необходимо про четеният резултат Res_{RH} да се преобразува със следната формула

$$RH = c_1 + c_2 Res_{RH} + c_3 Res_{RH}^2 \quad (1)$$

където c_1 , c_2 и c_3 са зададени коефициенти, зависещи от разрядността (12 или 8) на сензора за влажност.



Фиг. 2. Принципна схема на сензорния блок

За температури, значително различни от 25°C, трябва да се вземе под внимание температурният коефициент на сензора за влажност. При това

$$RH_{true} = (t^{\circ}C - 25) \cdot (t_1 + t_2 \cdot Res_{RH}) + RH, \quad (2)$$

където $t^{\circ}C$ е температурата по време на измерването, t_1 и t_2 са зададени коефициенти в зависимост от разрядността (12 или 8) на сензора за влажност.

Температурният сензор е проектиран с линейна характеристика. За преобразуване на прочетения резултат Res_T се използва зависимостта

$$T = d_1 + d_2 \cdot Res_T, \quad (3)$$

където коефициентите d_1 и d_2 се задават в зависимост от захранващото напрежение (5V или 3V) и разрядността (14 или 12) на температурния сензор.

Регистърът на състоянието на SHT11 се използва за достъп до някои от разширените му функции като точност на измерването, подгряване на сензора и т.н. Разделителната способност на сензорите, с която се извършват измерванията, се определя чрез най-младшия бит от регистъра на състоянието.

Като сензор за замърсеност на въздуха е избран сензор тип HS-135. Чрез него може да се детектира дим, SO₂, CO₂, изобутан, алкохол и др. За буфриране на изходния му аналогов сигнал, а също така и за получаване на двойно по-голяма чувствителност се включва операционен усилвател MCP601. Така изходното напрежение от ниво 3,3V, съответстващо на отсъствие на замърсител, намалява при появата на замърсяващ компонент във въздуха.

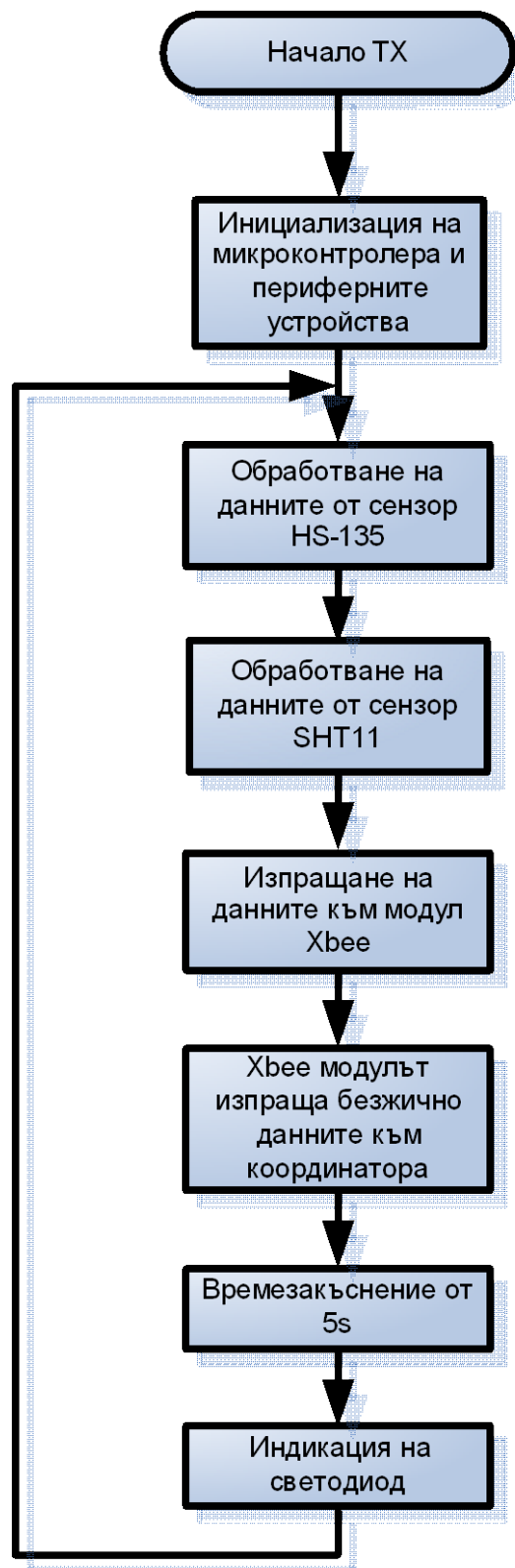
За осигуряване на необходимите захранващи напрежения са използвани интегрална схема BD9778HFP за 3,3V и интегрална схема 7805 за 5V.

Принципната схема на сензорния блок е показана на фиг.2.

За да може да се изгради мрежа от безжичните сензорни модули е разработен също и безжичен координаторен модул. Неговата структура е аналогична на разработения безжичен сензорен модул като не включва сензорния блок.

За начално конфигуриране на крайно устройство (сензорен модул), маршрутизатор или координатор е използван програмният продукт X-CTU.

Алгоритъмът на работа на сензорния модул е показан на фиг.3.

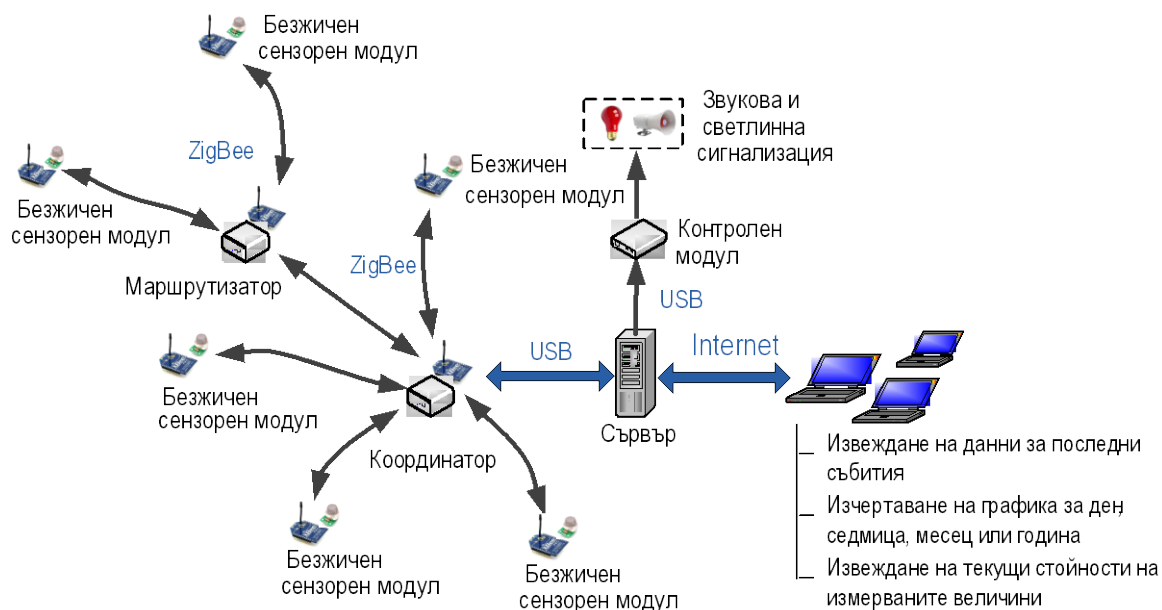


Фиг.3. Алгоритъм на работа на сензорния модул

3. СТРУКТУРА НА БЕЗЖИЧНАТА СЕНЗОРНА МРЕЖА

На основата на разработените безжични сензорни и координаторен модули се формира сензорна мрежа, позволяваща измер-

ване и контрол на параметрите на въздушната среда в множество точки, разпределени в пространството и отдалечени на разстояние до 100m в затворени помещения и до 1600m на открито. Структурата на сензорната мрежа е показана на фиг.4.



Фиг. 4. Структура на безжичната сензорна мрежа

За да се избегне проблемът от това, мрежата да стане неуправляема, към координатора не трябва да се включват повече от 3000 устройства. Топологията на мрежата е клъстерно дърво, изградена на базата на ZigBee протокол. Предимството на този тип мрежи е, че мрежовият протокол предоставя възможност на устройства да изграждат мрежа, да се асоциират с вече съществуваща сензорна мрежа или да напускат съответната мрежа, на която са принадлежали. Също така не се налага поддържане на таблица на съседство (таблица, съдържаща адресите на крайните устройства, директно свързани към съответния възел от мрежата – координатор или маршрутизатор).

Крайните устройства изпращат своите данни към сървъра (температура, влажност и състояние на замърсеност на въздуха). При по-големи разстояния е необходим маршрутизатор, който да препредаде пакета с данни от съответно крайно устройство към координатора. Координаторът комуникира със сървъра чрез USB интерфейс. Сървърът прави обработка на данните и ги събира в база данни. След това крайният потребител посредством Интернет може да

достигне до съответната му необходима информация (извеждане на данни от съответни алармени нива, изчертаване на графики, заявка за текущи стойности на измерваните параметри и др.). При наличие на зададено алармено ниво на съответен параметър, сървърът изпраща сигнал към контролния модул посредством USB интерфейс за включване на звукова и светлинна сигнализация. Сървърът също така има възможността и да изпраща съобщение до електронна поща при дадено събитие или периодично, по заявка на потребителя. Поради наличието на собствен нагревател в сензора за замърсеност на въздуха, за крайните устройства е необходимо стационарно захранване.

При използване на програмния пакет Х-СТУ, чрез промяна само на няколко настройки, се конфигурира мрежата.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработените безжични сензорни модули и разгледаната сензорна мрежа могат да се използват за мониторинг на въздушната среда както в работни помещения, така и за контрол на микроклимата в музеи, библио-

теки, складове на различни материали и жилищни помещения.

Чрез промяна на сензорния блок предложените модули и безжична сензорна мрежа могат да се използват и за мониторинг на други величини и параметри в индустрията и бита.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] PIC18LF4620. Data Sheet. Microchip Technology Inc.
(<http://seniordesign.ee.nd.edu/2007/Tech%20Docs/Specs/18f4620.pdf>)
[2] Precision Silicon Serial Output Temperature

- Sensor TC77. Analog and Interface Product Solutions Microchip Technology Inc.
(<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21895a.pdf>)
[3] XBee® & XBee-PRO® 802.15.4 OEM RF Modules. Digi International Inc.
(<http://www.digi.com/products/wireless/point-multipoint/xbee-series1-module.jsp#overview>).
[4] Humidity and Temperature Sensor SHT11. Datasheet SHT1x . SENSIRION AG.
(http://www.sensirion.com/en/pdf/product_information/Datasheet-humidity-sensor-SHT1x.pdf)
[5] Gas sensor HS-135. Sencera Co., Ltd.
(<http://www.sensorelement.com/indexe.htm>)