

Розглянуто програмні засоби для моделювання керуючих пристроїв безпроводних мереж ZigBee на основі 8-бітних мікроконтролерів сімейства 8051. Запропоновано методика відлагодження основних режимів роботи мікроконтролера та периферійних пристроїв в програмному середовищі PROTEUS. Показано особливості використання цього програмного пакету в процесі проектування керуючого пристрою на основі мікроконтролера CC2530

Ключові слова: безпроводна мережа, стандарт ZigBee, мікроконтролер, моделювання

Рассмотрены программные средства для моделирования управляющих устройств беспроводных сетей ZigBee на основе 8-битных микроконтроллеров семейства 8051. Предложена методика отладки основных режимов работы микроконтроллера и периферийных устройств в среде PROTEUS. Показаны особенности использования этого программного пакета в процессе проектирования управляющего устройства на основе микроконтроллера CC2530

Ключевые слова: беспроводная сеть, стандарт ZigBee, микроконтролер, моделирование

МОДЕЛЮВАННЯ КЕРУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ СЕНСОРНИХ БЕЗПРОВІДНИХ МЕРЕЖ ZigBee

Г.І. Барило

Кандидат технічних наук, доцент, старший викладач*

І.І. Гельжинський

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра «Безпека життєдіяльності»**

Р.І. Грицик

Технічний директор
ПП «АРГ»

вул. Любінська, 92, м. Львів, Україна, 79054

Х.Б. Іванюк

Аспірант*

Н.І. Кус

Аспірант*

*Кафедра «Електронні прилади»**

**Національний університет «Львівська політехніка»
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013

1. Вступ

Існує великий ряд практичних завдань, в яких потрібно контролювати значення параметрів технологічних об'єктів, або простих виконавчих пристроїв, розміщених на відносно невеликих відстанях і до яких важко або небажано підводити дротяні лінії. Для вирішення таких задач використовуються безпроводні мережі побудовані на основі встановлених протоколів обміну інформації, які дають можливість створювати топологічні конфігурації «точка-точка» і «зірка». Одним із перспективних напрямків створення безпроводних мереж є використання пристроїв, які здійснюють обмін інформації відповідно до протоколу IEEE 802.15.4 [1] (стандарт ZigBee). Це загальна назва набору протоколів високого мережевого рівня, які використовуються для створення невеликих малопотужних радіопередавачів [2].

Вказаний протокол розроблений для безпроводних сенсорних мереж є перспективною безпроводною технологією з допомогою якої можна вирішити задачі моніторингу та контролю. Об'єднані в безпроводну мережу пристрої утворюють територіально-розподілену систему, яка забезпечує збір, обробку і передачу інформації.

Сенсорні безпроводні мережі стандарту ZigBee будують на основі спеціалізованих мікроконтролерів з радіочастотними блоками. В таких мікроконтролерах передбачена можливість під'єднання зовнішніх

цифрових та аналогових сенсорів. В режимі обміну інформації мікроконтролер використовує внутрішню пам'ять, яка містить набір керуючих програм, так званих стек протоколів ZigBee. Гнучка архітектура мікропроцесорної системи та можливість вибору топології системи виділяють безпроводні мережі інтелектуальних сенсорів серед інших безпроводних мереж і провідних інтерфейсів передачі даних. Особливо коли необхідно забезпечити зв'язок між великою кількістю з'єднаних між собою пристроїв.

Під час проектування таких систем виникає проблема у моделюванні конфігурації керуючого пристрою та узгодження його роботи із зовнішніми аналоговими та цифровими сенсорами.

Для вирішення цієї проблеми доцільним є використання прикладного програмного забезпечення.

2. Аналіз літератури

Розвиток стандарту 802.15.4 почався в 1998р., коли багато розробників, познайомившись з новітніми у той час стандартами Bluetooth і Wi-Fi, прийшли до висновку, що обидва ці стандарти були і залишаються енергетично затратними і невиправдано складними для передавання невеликих об'ємів інформації. Для розробки нового стандарту був утворений ZigBee Alliance, який сформував у травні 2003 року першу версію стандарту [3].

На сьогоднішній день ринок ZigBee модулів представлений відомими компаніями Freescale, Chipcon, Ember, Jennic, UBEC, Compx, Texas Instrument.

На основі проведеного аналізу встановлено, що значна частина виробників електронної техніки на чолі з Texas Instrument серійно випускають ZigBee модулі побудовані на основі відомого мікроконтролера 8051, типовим представником серед виробників є CC25xx.

3. Мета і задачі дослідження

Розробка методики моделювання керуючих пристроїв для сенсорних безпроводних мереж побудованих на основі мікроконтролерів типу CC25xx (TI) в програмному середовищі PROTEUS.

4. Основна частина

На даний час існує два шляхи реалізації апаратних рішень для сенсорних безпроводних мереж. Перший варіант передбачає створення власної плати пристрою з врахуванням рекомендацій і схем. При цьому використовується мікросхеми безпроводного зв'язку, мікроконтролери та інші радіо компоненти. Другий варіант передбачає використання готових модулів і модулів з інтегрованими елементами радіотракту та мікропроцесорної системи.

В цьому випадку розробник має можливість скоротити час проектування нового пристрою і отримати високотехнологічний продукт.

Важливе місце в процесі проектування модулів зв'язку займають засоби відладки та програмування, які призначені для конфігурування пристрою, аналізу працездатності та налаштувань внутрішніх вбудованих мікроконтролерів [4]. Узагальнена структура інтегрованого модуля CC25xx представлена на рис. 1.

Вказаний модуль об'єднує в одному кристалі РЧ-передач і мікроконтролер, зі стандартним ядром 8051. До внутрішніх блоків мікросхеми входять: sleep timer, timer 1, GPIO, debug interface, DMA, USART, ADC, DAC які забезпечують приймання та обробку інформації із зовнішніх цифрових та аналогових сенсорів.

Безпроводна мережа складається із певної кількості пристроїв з автономними елементами живлення і однієї базової станції, яка з'єднана з ПК і має стандартне живлення. Функція закінчених вузлів полягає в періодичному опитуванні під'єднаних до них сенсорів

і передавання результатів вимірювання базовій станції, яка, відповідно, передає їх на ПК по інтерфейсу USB для відображення і аналізу.

Основними вимогами при проектуванні сенсорних мереж є точність перетворення сигналів первинних сенсорів, можливість конфігурації системи для роботи з сенсорами різних типів, надійність та достовірність переданої інформації, завадостійкість, тривалий строк служби від автономних джерел живлення.

Типова структурна схема пристрою керування наведена на рис. 2 [2]. Вхідні сигнали первинних сенсорів надходять на аналогові або цифрові порти вводу мікроконтролера, який здійснює їх обробку, згідно алгоритму закладеному у вбудованій пам'яті (ППЗП). Результати обробки через РЧ передавач/приймач передаються для ретрансляції в центральний пристрій системи – маршрутизатор. Цифрові порти виводу мікроконтролера використовуються для керування живленням первинних сенсорів в режимі низького енергоспоживання.

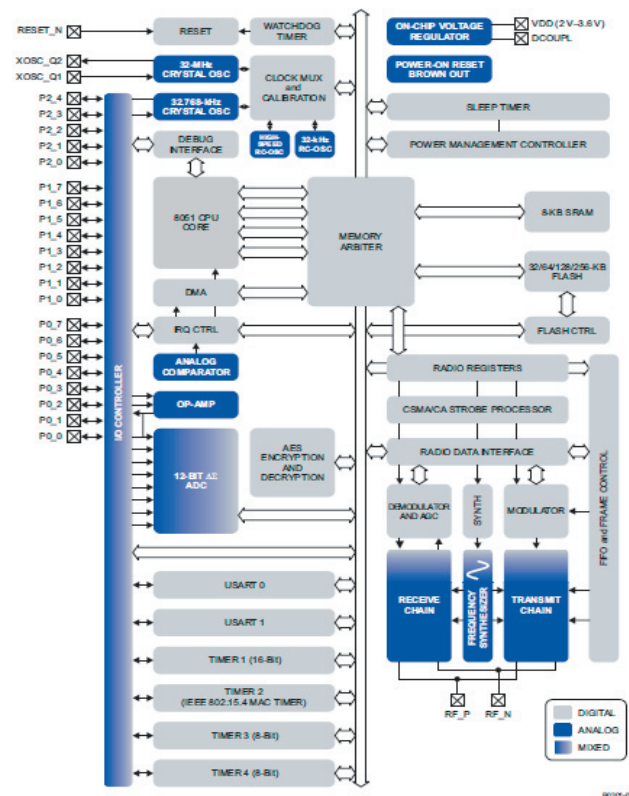


Рис. 1. Узагальнена архітектура ZigBee модуля CC2530

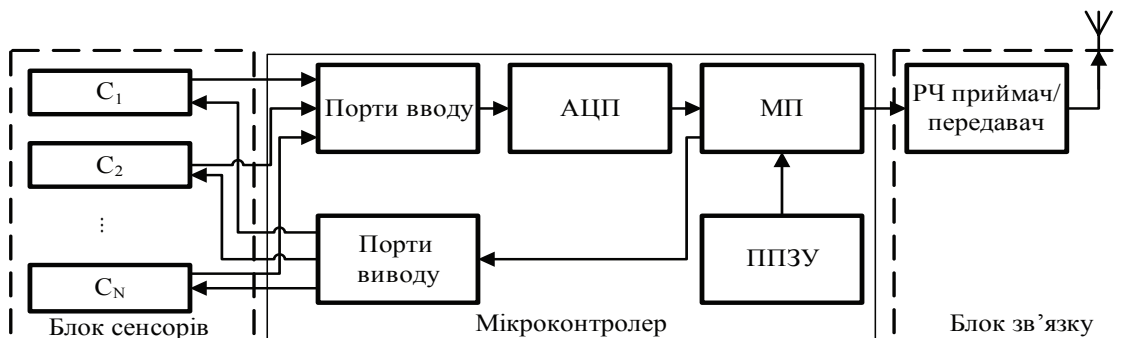


Рис. 2. Структурна схема пристрою керування

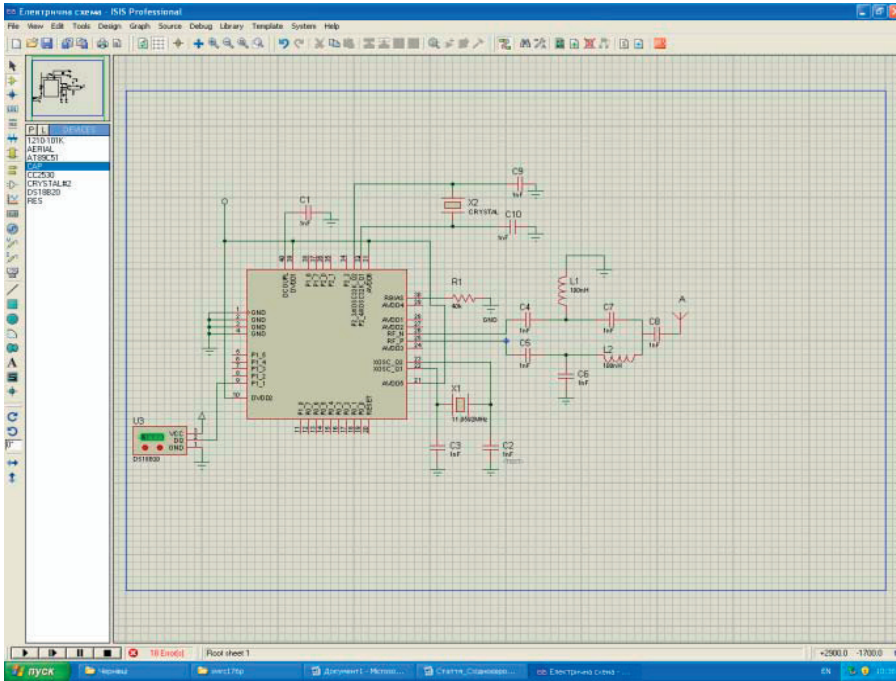


Рис. 3. Фрагмент електричної принципової схеми

Для моделювання та відлагодження роботи пристрою побудованого на основі мікросхеми CC25xx запропоновано використовувати програмне середовище PROTEUS [5]. Вказаний програмний продукт дозволяє створювати принципові електричні схеми та здійснювати симуляцію їх роботи в реальному часі та проектувати друковані плати. Передбачена можливість покрокового режиму відлагодження мікроконтролера, який забезпечує здійснення необхідних налаштувань з мінімальними затратами часу та технічних ресурсів.

Для відлагодження електронного модуля побудованого на основі CC2530 створено модель цієї мікросхеми в середовищі PROTEUS, зображення фрагменту схеми електричної принципової на рис. 3.

Використовуючи дане програмне середовище розроблено маршрутизатор та кінцевий пристрій сенсорної мережі. Для налаштування конфігурації та внутрішнього програмного забезпечення використано відладчик, який відображає роботу процесора в реальному часі. Фрагмент процесу налаштування мікропроцесора зображено на рис. 4.

Вказане програмне забезпечення дозволяє здійснювати трасування друкованих плат, а тому є доцільним для проектування вбудованих приймально-передавальних антен. Крім того, є можливість

здійснити розробку пристрою з дотриманням вимог, щодо впливів високочастотних сигналів.

Проведено практичну реалізацію пристроїв управління безпроводної мережі згідно запропонованих методів моделювання.

Використання розробленої моделі мікросхеми CC2530, дозволяє значно спростити процес проектування керуючих блоків для сенсорних мереж [6]. Розроблена модель забезпечує відтворення всіх режимів роботи внутрішніх компонентів мікроконтролера.

В процесі практичної реалізації пристроїв управління безпроводної мережі екологічного моніторингу важливою задачею є вибір ємності джерела живлення. Для вказаних модулів CC2530 імпульсний

струм споживання складає 40 мА при середній напрузі живлення 2.6 В, а тривалість передачі близько 100 мс.

Середній струм споживання пристрою визначається для кожного із режимів за наведеною формулою:

$$I_{\text{сеп}} = I \times \frac{t_{\text{вкл}}}{t_{\text{вкл}} + t_{\text{викл}}},$$

де $t_{\text{вкл}}$ - час споживання струму в активному режимі;
 $t_{\text{викл}}$ - час споживання струму в режимі очікування.

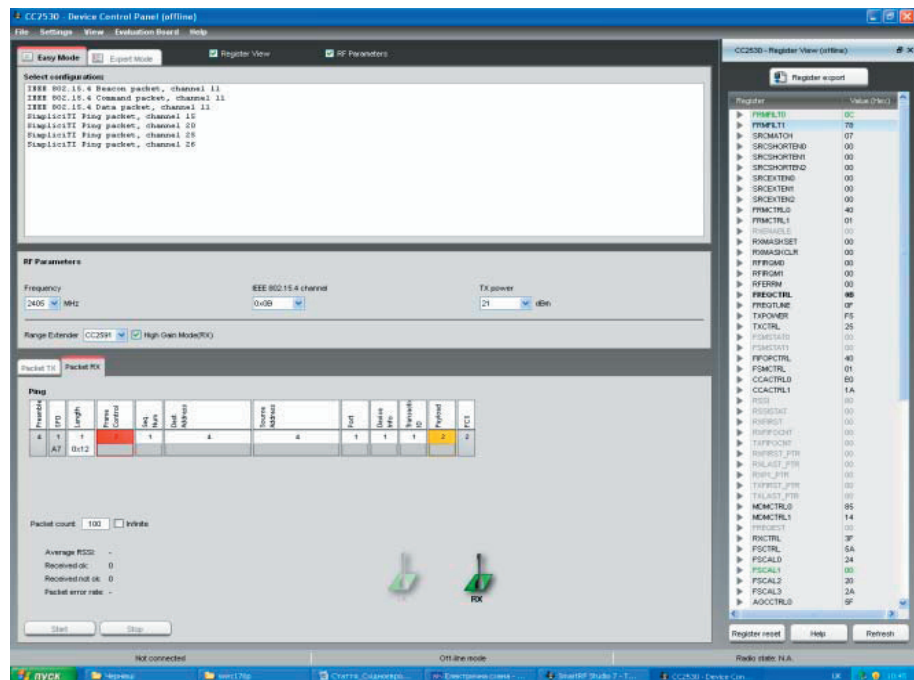


Рис. 4. Фрагмент процесу налаштування мікропроцесора

Після визначення середнього струму споживання, можна за наступною формулою визначити ємність потрібну для живлення пристрою протягом заданого часу роботи:

$$Q = I_{\text{сер}} \times t_{\text{роб}},$$

де Q - ємність батареї [А·год],

$I_{\text{сер}}$ - середній струм споживання [А];

$t_{\text{роб}}$ - час роботи пристрою в автономному режимі [год].

При цьому слід врахувати, що в режимі передачі пристрій працює в імпульсному режимі і необхідно забезпечити відповідну енергію для цього режиму $E_{\text{пер}}$. У випадку, коли батарея не може віддати таку енергію використовуємо додаткову ємність.

В імпульсному режимі енергія споживання буде дорівнювати:

$$E = P \times t_{\text{имп}},$$

де P - потужність споживання [Вт];

$t_{\text{имп}}$ - час імпульсу [год].

Коли $E_{\text{пер}} \geq E_{\text{ак}}$ використовуємо додаткову ємність яку можна розрахувати за формулою:

$$C = \frac{2E}{V^2}, [\text{мФ}]$$

де E - енергія споживання [Дж];

V - спад напруги на елементах при максимальному навантаженні (3В-2.2В)=0.8 В.

За вказаною методикою підбірано ємність батарей та ємність додаткового конденсатора.

В системах екологічного моніторингу використані літєві елементи типу CR2032, який забезпечує роботу протягом року.

5. Висновки

Для моделювання керуючих пристроїв управління безпроводних сенсорних мереж запропоновано використовувати програмне середовище PROTEUS, яке дозволяє здійснювати від лагодження внутрішнього програмного забезпечення та налаштування роботи мікроконтролера.

Показано практичну реалізацію пристрою для системи екологічного моніторингу та наведено методи розрахунку джерела живлення для автономної роботи.

Література

1. Варгаузин, В. Радиосети для сбора данных от сенсоров, мониторинга и управления на основе стандарта IEEE 802.15.4 [Текст] / Варгаузин В. // ТелеМультиМедиа. - 2005. - №6. - С.23-27.
2. Незнамов, Ю. Перспективы использования беспроводных ZigBee-интерфейсов в электроприводе [Текст] / Незнамов Ю., Козаченко В. // Электронные компоненты. - 2008. - №11. - С. 17-24.
3. ZigBee Alliance. ZigBee Specification [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.zigbee.org>.
4. Килочек, Д. Проектирование на программируемых системах на кристалле PSoC [Текст] / Килочек Д. // Компоненты и технологии. - 2006. - №4. - С.78-88.
5. Максимов, А. Моделирование устройств на микроконтроллерах с помощью программы ISIS из пакета PROTEUS VSM [Текст] / Максимов А. // Радио. - 2005. - №4, 5, 6. - С.30-32.
6. Павел Ильин CC2530 – новый ZigBee трансивер для широкого спектра применений/ Павел Ильин, Олег Пушкарев // Компоненты и технологии. - 2009. - №10. - С.98-100.

Abstract

The article concerns the peculiarities of the design of the control devices of the wireless sensor networks based on the IEEE 802.15.4 standard, which are widely used in the control systems of technological processes and monitoring of various objects. The networks of such systems are based on the standardized radio modules of ZigBee technology with the integrated microprocessor software. To optimize the design process of such devices it is reasonable to use the appropriate software debugging tools.

A method of the debugging of the control devices built on microcontrollers SS25hh (Texas Instrument) using Proteus software environment was suggested. In this environment, a working model of the device was designed. The device can operate in a mode of a router or a final device and transfer the information from primary sensors. A modeling of the measurement process of the analog and digital input signals, coming from sensory transducers, was carried out. An algorithm for setting the controller for the operation of the environmental monitoring system was presented. The debugging procedure of the internal software of the microcontroller was shown to provide the basic modes of the processes of transfer and information exchange.

A possibility of designing of the printed circuit boards with a built-in antenna for the radio path as part of the environmental monitoring system was presented

Keywords: wireless network, ZigBee standard, microcontroller, modeling