

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ВОЛОГОСТІ НА БАЗІ PSoC З ВИКОРИСТАННЯМ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ ДАВАЧІВ

© Клим Г. І., Варава А. С., 2011

Спроековано спеціалізовану систему з мікропроцесорним обробленням сигналу на базі перепрограмованої системи на кристалі PSoC для контролю таких параметрів середовища, як температура та відносна вологість з використанням розроблених наноструктурованих давачів. Розроблено базу даних для реєстрації, зберігання та аналізу параметрів стану довкілля.

Ключові слова: контроль, температура, вологість, наноструктурований.

The specialized microprocessor system based on PSoC was projected with use of the developed nanostructured sensors for environmental monitoring of such parameters as temperature and relative humidity. A database is developed for registration, storage and analysis of the state of environmental parameters.

Key words: monitoring, temperature, humidity, nanostructured sensors.

Стан проблеми

Мікропроцесорні сенсорні системи як складова інформаційно-комунікаційних технологій є невід’ємним атрибутом розвитку людського суспільства на сучасному етапі [1]. Сфера застосування сенсорних систем постійно розширюється і там, де вчора суспільство ще обходилося природним сприйняттям зовнішніх впливів, сьогодні вже неможливо уявити собі його функціонування без сенсорів (чи давачів). Сенсори температури, тиску, вологості, іонізуючої радіації, газових забруднень атмосфери – ось далеко неповний перелік сенсорів за їх основним функціональним призначенням. Особливе місце в цьому переліку належить давачам температури та вологості (електронним пристроям для кількісного визначення температури та абсолютної/відносної вологості), оскільки моніторинг і контроль цих параметрів стану навколишнього середовища сьогодні є важливим економічним завданням, актуальність успішного розв’язання якого важко переоцінити [2]. Ці давачі широко використовуються в автоматизованих системах контролю та регулювання вологості і температури на підприємствах харчової і легкої промисловості, сільського господарства, в нафто- та газопроводах тощо. Вони є практично незамінними в медицині, системах забезпечення життєдіяльності на об’єктах гірничодобувної промисловості, метеорології, автомобільній промисловості тощо. Вони доволі поширені і в різноманітних засобах побутової техніки, де сфера їх застосування неухильно зростає з року в рік.

Не дивно, що проблемі контролю параметрів довкілля присвячено багато робіт, опублікованих спеціалістами найвідоміших світових електронних компаній, зокрема, таких, як MATSUSHITA ELECTRONIC INDUSTRIAL Co., Ltd., TEXAS INSTRUMENTS, Inc. та ін. Ця проблема набула надзвичайної актуальності в Японії та США [3], країнах, де коливання температури та вологості в умовах тропічного та субтропічного кліматів досягають інколи катастрофічних масштабів, а в світлі останніх років ця проблема є актуальною і для Європи.

Все це наштовхує на ідею створення високонадійних мікропроцесорних систем моніторингу параметрів довкілля. Однак ефективна робота цих систем можлива лише за умови забезпечення їх високоякісною первинною інформацією. Це вимагає створення принципово нових мікроелект-

ронних сенсорів на основі сучасних функціональних наноматеріалів з використанням нових фізичних ефектів, застосування сенсорних масивів та високочутливих, точних та стабільних вимірювальних каналів.

Значні роботи в напрямку створення подібних сенсорних систем для контролю температури, вологості, рівня шкідливих газів, тиску, освітлення, виконали відомі світові виробники, зокрема E+E Electronic, Honeywell, Sensorsoft [4], тощо. Основним недоліком таких систем є їх дороговизна. У цій роботі пропонується розробка мікропроцесорної системи для контролю температури та відносна вологість довкілля на базі перепрограмованої системи на кристалі PSoC з використанням одержаних нами наноструктурованих товстоплівкових сенсорів, а також бази даних для реєстрації та управління вимірними параметрами.

Наноструктуровані сенсорні структури

Технологія виготовлення товстоплівкових сенсорних структур передбачає в якості базових компонент використання керамічного матеріалу, який має необхідні напівпровідникові/діелектричні властивості. Зразки одержували традиційним методом сіткографії з використанням керамічного нанопорошку відповідних складів ($\text{Cu}_{0,1}\text{Ni}_{0,1}\text{Co}_{1,6}\text{Mn}_{1,2}\text{O}_4$, $\text{Cu}_{0,1}\text{Ni}_{0,8}\text{Co}_{0,2}\text{Mn}_{1,9}\text{O}_4$, MgAl_2O_4), органічного розчинника, органічної зв'язки, екологічного скла без вмісту свинцю та оксиду вісмуту Bi_2O_3 . Одержані температурно- та вологочутливі товстоплівкові структури на основі шпінельної кераміки системи $\text{NiMn}_2\text{O}_4\text{-CuMn}_2\text{O}_4\text{-MnCo}_2\text{O}_4$ з p^- ($\text{Cu}_{0,1}\text{Ni}_{0,8}\text{Co}_{0,2}\text{Mn}_{1,9}\text{O}_4$) та p^+ ($\text{Cu}_{0,1}\text{Ni}_{0,1}\text{Co}_{1,6}\text{Mn}_{1,2}\text{O}_4$) типами електричної провідності та діелектричної кераміки MgAl_2O_4 (і-тип) [5,6] будуть використовуватися для контролю температури та відносної вологості. Пасти на основі кераміки вказаних складів наносили на очищені підкладки типу Rubalit 708 S із контактними доріжками з провідникової пасти Ag-Pt.

Слід зазначити, що формування товстоплівкових багат шарових p^-p^+ та p^+p^-p структур з підвищеною температурною чутливістю та вологочутливих плівок проводилося в межах єдиного технологічного процесу. На рис. 1 зображено робочі характеристики одержаних сенсорних структур.

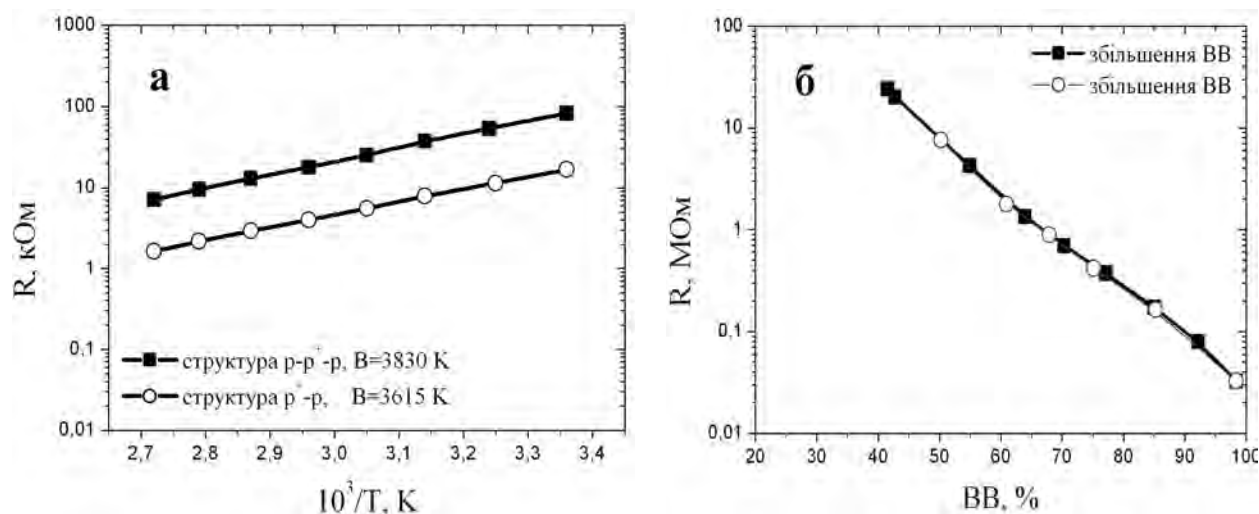


Рис. 1. Робочі характеристики температурно- (а) та вологочутливих товстоплівкових сенсорних структур

Як видно з рис. 1, а температурночутливі p^-p^+ та p^+p^-p структури мають лінійну залежність електричного опору на ділянці температур від 298 К до 368 К в напівлогарифмічному масштабі. Вологочутливі плівкові сенсори на основі кераміки MgAl_2O_4 характеризуються високою чутливістю на ділянці відносних вологостей (ВВ) від 40 % до 98 % та відновлюваністю характеристик в адсорбційно-десорбційних циклах (див. рис. 1, б). Зважаючи на одержані результати, ці наноструктуровані сенсорні структури можна успішно використовувати під час проектування та створення вимірювальних систем.

Схема контролю параметрів довкілля

Апаратне забезпечення спеціалізованої системи контролю температури та відносної вологості реалізоване на сучасній елементній базі з модульною організацією, яке працюватиме в реальному режимі часу і дасть змогу поповнювати базу даних про стан довкілля. Керування роботою всіх його вузлів виконує мікроконтролер CY8C29466-24PVXI фірми Cypress Semiconductor, який містить всі необхідні модулі та є перепрограмованою системою на кристалі [7].

Спеціалізовану систему можна встановлювати як в приміщенні, так і на відкритому повітрі, вона забезпечує вимірювання, опрацювання та передавання даних відносної вологості та температури повітря [8]. Основні вимоги, які ставляться до цієї системи на етапі розробки: модульність структури, що дасть змогу на перспективу під'єднувати нові датчики; функціонування в повністю автоматичному режимі; одержання і первинне опрацювання вимірювальної інформації; передавання вимірювальних даних на персональний комп'ютер (ПК) на його запит в автоматичному режимі; приймання та виконання команд, які надходять з ПК (задання режимів вимірювання, синхронізації часу, вмикання/вимикання системи, калібрування датчиків); створення і підтримка локальної бази даних зі значеннями параметрів за тривалий час з автоматичним накопиченням нових даних; відкритість архітектури апаратного та програмного забезпечення для нарощування складу вимірювальної апаратури і введення нових алгоритмів контролю за станом середовища.

Функціональна схема програмно-апаратного комплексу для контролю мікрокліматичних параметрів складається з аналогової та цифрової частин (рис. 2). Аналогова частина містить одержані нами наноструктуровані товстоплівкові датчики, які вимірюють температуру та відносну вологість, а також модулі узгодження рівнів їхніх сигналів.

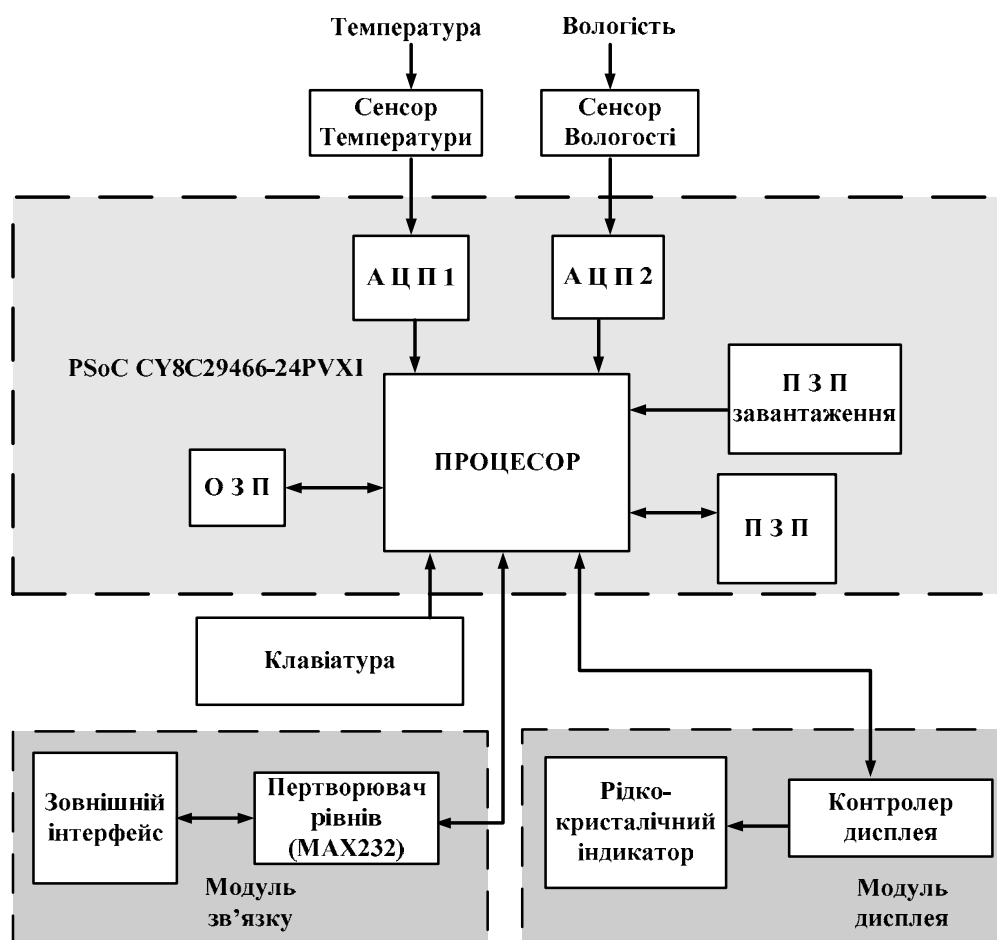


Рис. 2. Функціональна схема спеціалізованої системи для контролю кліматичних параметрів довкілля

Спроектвана мікропроцесорна система моніторингу довкілля за її функціональним призначення являє собою трирівневу структуру побудови. Не першому рівні розміщені сенсори температури та вологості, реакція яких на визначені параметри перетворюється в електричний сигнал, який після перетворення схемою ввімкнення подається на вхід аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Схема ввімкнення забезпечує узгодження рівня вихідних сигналів сенсорів з діапазоном перетворення аналого-цифрового перетворювача. Сам АЦП забезпечує дискретизацію вхідних сигналів та подачу його за запитом процесора на системну шину. Крім АЦП до системної шини під'єднано постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП), оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП), процесор, індикатор (для використання в побутових цілях). Ці пристрої являють собою типову мікропроцесорну систему, в якій програма роботи зберігається в ПЗП, її виконання здійснюється в процесорі, дані зберігаються в ОЗП.

Багатофункціональність запропонованої системи визначається можливістю збільшення або зменшення кількості сенсорів, варіабельністю кількості модулів.

Для забезпечення більш точної і лінійної відповідності показів, а також забезпечення номінальних параметрів (напруга/струм) до сенсорів відносної вологості та температури введено додаткові коректуючі схеми увімкнення активних елементів (подільники напруг) [9]. Живлення системи забезпечується джерелом напруги від 8 до 24 вольт, та струмом навантаження більше ніж 100 міліампер.

Схема електрична принципова системи контролю параметрів зовнішнього середовища показана на рис. 3. Мікроконтролер CY8C29466-24PVXI виконує вимірювання, обчислення, опрацювання і передавання інформації через COM-порт за допомогою перетворювача рівнів MAX232. Також для забезпечення виведення вимірних величин можна використовувати LCD дисплей 2x16. Живлення системи забезпечується джерелом напруги від 8 до 24 вольт, та струмом навантаження більше ніж 100 міліампер. Сприйняття даних із сенсорів проводиться з порту P0[3] та P0[5] та оцифровуються через вбудовані АЦП. Передбачено мікрокнопки для зміни параметрів роботи та виведення інформації на дисплей.

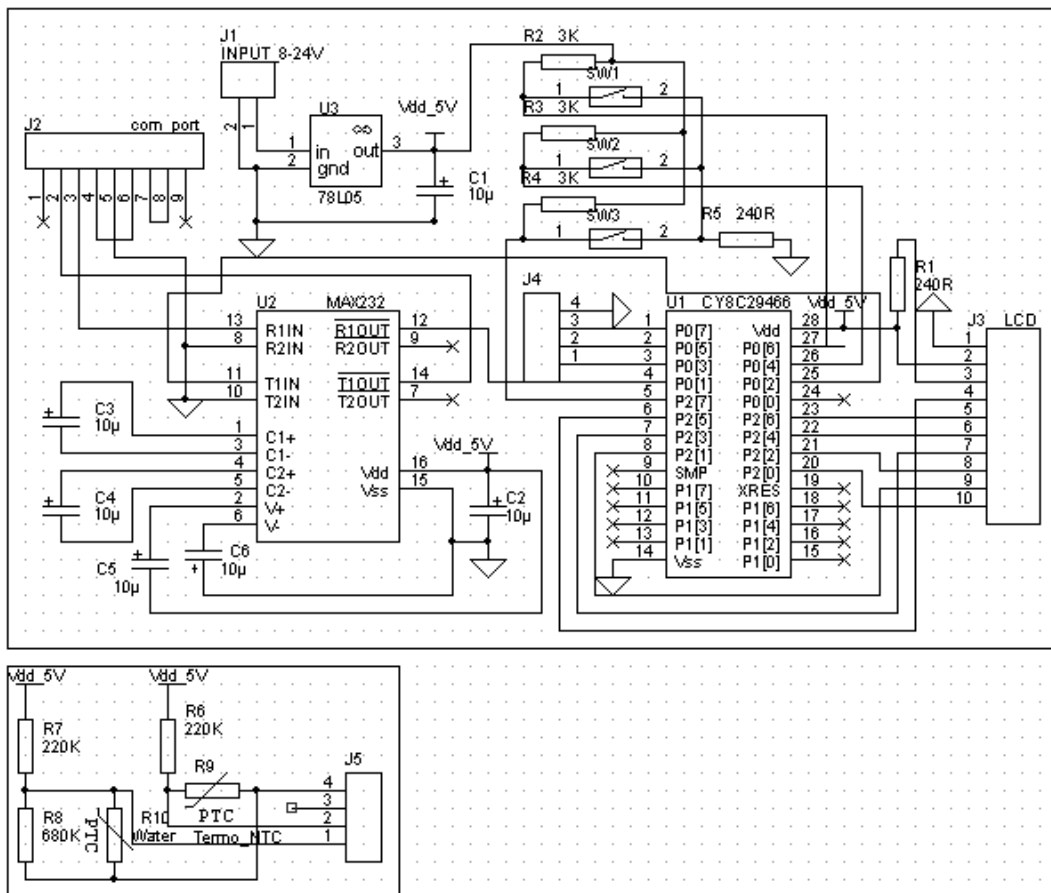


Рис. 3. Схема електрична принципова системи контролю параметрів довкілля

Для керування роботою системи контролю кліматичних параметрів реалізовано програмне забезпечення для мікроконтролера CY8C29466-24PVXI. Його розроблено в середовищі PSoC Designer 5.0 за допомогою мови програмування Сі.

База даних для реєстрації температури та відносної вологості

Для створення програмної оболонки системи для контролю кліматичного стану середовища за основу використана об'єктно-орієнтована мова java. Метою такого вибору стала необхідність роботи програми на будь-яких обчислювальних машинах, а також спрощення процесу програмування, часу виконання та підвищення надійності.

Вся система складається з ієрархії об'єктів. Основний клас EnvironmentalMonitoring.java, від якого наслідуються всі інші класи, забезпечує з'єднання програми з апаратними засобами для контролю середовища та забезпечує її подальше виконання. Основне вікно програми дозволяє розпочати новий сеанс роботи системи, тобто створення нової бази даних, фіксується час та дата її створення, або факт під'єднання до існуючої бази. Кожних п'ять хвилин програма опитує порт та фіксує дані, одержані з RS-232 в базі даних, яка розташована на сервері, одночасно аналізуючи одержані дані. Якщо дані перевищують встановлений рівень, система виконує проміжне переривання і попереджає користувача про факт перевищення допустимих даних. Система при цьому також забезпечує фіксацію перевищення даних у базі. Запропонована система працює в декількох режимах: реєстрація та контроль температури; реєстрація та контроль відносної вологості середовища; та одночасна реєстрація і контроль температури та відносної вологості.

У цій системі використана база даних MySQL JDBC. Для проектування цієї бази використовується архітектура клієнт-сервер, яка сьогодні є домінуючою концепцією у створенні розподілених мережних застосувань і передбачає взаємодію та обмін даними між ними. Ця архітектура ґрунтується на концепції відкритих систем. Технології і стандарти відкритих систем забезпечують реальну й перевірену на практиці можливість виробництва системних і прикладних програмних засобів із властивостями мобільності та інтероперабельності. Властивість мобільності забезпечує порівняльну простоту переносу програмної системи в широкому спектрі апаратно-програмних засобів, що відповідають стандартам і є істотною перевагою. Інтероперабельність забезпечує спрощення комплексування нових програмних систем на основі використання готових компонентів із стандартними інтерфейсами. База містить таблиці для зберігання основних даних, та таблиці для зберігання даних, які перевищують встановлені (тобто відбулося переривання від програми про факт перевищення цих встановлених норм).

У разі використання системи з сенсорами, розташованими в різних місцях (комплексний контроль), вимірювальні модулі будуть здатні самостійно автоматично нагромаджувати, частково опрацьовувати та запам'ятовувати попередню інформацію, отриману з сенсорів, а також підтримувати обмін даних з центральним терміналом, призначеним для централізованого опрацювання та нагромадження інформації з усіх комплексів. Центральний термінал, а також всю систему моніторингу може обслуговувати один оператор.

Програмне забезпечення системи пропонує інтерактивний режим роботи з оператором, що дасть змогу дистанційно встановлювати всі параметри вимірювань, змінювати інтервали між вимірюваннями, а також одержувати інформацію про роботу кожного з сенсорів конкретного комплексу у зручній для користувача формі. У звичайному режимі кожен з комплексів зможе декілька разів на добу давати запит, а одержана інформація надходитиме на центральний термінал без участі оператора. У такому разі сам комплекс повинен порівнювати інформацію з кожного сенсора з наперед заданими порогами та видавати повідомлення на центральний термінал.

Висновки

Спроектвана система контролю параметрів довкілля з використанням двох окремих наноструктурованих сенсорів температури та відносної вологості, яка дає змогу спостерігати, збирати, обробляти, передавати, зберігати та аналізувати інформацію про стан середовища, прогнозування його зміни і розробляти науково-обґрунтовані рекомендації для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану середовища та дотримання вимог екологічної безпеки.

1. Лепіх Я.І., Гордієнко Ю.О., Дзядевичта С.В., Дружинін А.О., Євнух А.А., Лесков С.В., Мельник В.Г., Романов В.О. Створення мікроелектронних датчиків нового покоління для інтелектуальних систем, – Одеса: Астропринт, 2010. – С. 289. 2. *Energy and Environment, The Intimate Link, a position paper of the EPS Envir. Physics Division, EPS*, режим доступу: www.eps.org/about-us/position-papers/eps_energy_environment_pp.pdf. 3. Seijama T., Yamazoe N., Arai H. *Ceramic humidity sensors // Sensors and Actuators*, v. 4, 1983. – P. 85–96. 4. Режими доступу: www.epluse.com; www.honeywell.com; www.sensorsoft.com. 5. Klym H., Hadzaman I., Shpotyuk O., Brunner M. *Temperature and humidity sensitive ceramic materials in thick-film performance for multifunctional sensor application // Proc. Sensor 2009, vol. II – 14th International Conference on Sensors, Technologies, Electronic and Applications, Nurnberg, Germany, 26-28 May 2009.* – P. 307–310. 6. Hadzaman I., Klym H., Shpotyuk O., Brunner M. *Temperature sensitive spinel-type ceramics in thick-film multilayer performance for environment sensors // Acta Physica Polonica A, 2010, No 1, v. 117.* – P. 233–236. 7. Cypress Semiconductor, режим доступу: www.cypress.com. 8. Дзендзелюк О., Мусійчук І., Рабик В. Автоматизована система моніторингу параметрів довкілля // *Теоретична електротехніка*, 2010. – Вип. 61. – С. 90–98. 9. Клим Г.І. Інтелектуальна система моніторингу довкілля з використанням плівкових сенсорів // *Міжвузівський збірник “Комп’ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво”*, № 5, 2011. – С. 120–125.