

# КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

*O. Voronenko*

## **SMART WIRELESS SENSOR FOR EVALUATION OF THE STATE OF PLANTS**

*The aim of the article is the features of design of smart wireless sensor of sensor network for evaluation of the plant state.*

*Key words: smart wireless sensor.*

*Цель настоящей публикации – раскрытие особенностей проектирования беспроводного интеллектуального сенсора, предназначенного для оценки состояния растений в составе сенсорной сети.*

*Ключевые слова: беспроводный интеллектуальный сенсор.*

*Мета даної публікації полягає у розкритті особливостей проектування бездротового інтелектуального сенсора для оцінки стану рослин, призначеного для роботи у складі сенсорної мережі.*

*Ключові слова: бездротовий інтелектуальний сенсор.*

© O.V. Voronenko, 2018

УДК 004.75

O.B. ВОРОНЕНКО

## **БЕЗДРотовий ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ СЕНСОР ДЛЯ ОЦІНКИ СТАНУ РОСЛИН**

**Вступ.** Комп'ютерні прилади та пристрої для експрес діагностики стану рослин на основі ефекту індукції флуоресценції хлорофілу досить широко використовуються у практиці прецизійного землеробства. Прикладом такого пристрою є прилад «Флоратест», розроблений в Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України [1]. Недоліком автономних приладів для експрес-діагностики стану рослин є використання досить складного і потужного системного блоку з вбудованим монітором для підтримки роботи одного мініатюрного сенсора. Використання бездротового сенсора з вбудованим мікроконтролером та радіоприймачем дасть змогу застосувати велику кількість сенсорів, роботу яких підтримує один системний вузол або координатор мережі. Це, у свою чергу, дозволить одночасно знімати дані про стан рослин з великих територій сільськогосподарських угідь. Мета даної публікації полягає у розкритті особливостей проектування бездротового інтелектуального сенсора для оцінки стану рослин, призначеного для роботи у складі сенсорної мережі.

**Загальна частина.** Перед розробкою бездротового інтелектуального сенсора, перш за все, слід було сформулювати основні технічні вимоги до нього. Оскільки на основі певної кількості створених сенсорів буде розроблено та реалізовано бездротову сенсорну мережу для роботи на відкритих територіях, основними технічними вимогами до бездротового сенсору в рамках цієї прикладної задачі є наступні:

- захищеність від впливу кліматичних факторів для роботи у реальних умовах;

- тривалість автономної роботи без заміни елементів живлення та проведення технічного обслуговування;
- невисока вартість;
- мала вага та габаритні розміри;
- можливість самотестування та самокалібрування вузлів сенсора;
- висока надійність роботи;
- оптимальне співвідношення дальності бездротової передачі даних до споживаної енергії;
- уніфікація та взаємозамінність мікроелектронних компонентів;
- можливість заміни елементів живлення або їх заряджання в польових умовах.

Виходячи з цього, можна визначити вимоги до архітектури бездротового інтелектуального сенсора, яка включає апаратну та програмну частини. Головним елементом, який визначає функціональність сенсора, є модуль бездротового зв'язку та модуль попередньої обробки даних. Слід відмітити, що на даний час на ринку мікроелектронних компонентів існують мікроконтролери з підтримкою бездротових технологій передачі даних або бездротові мікроконтролери. Використання таких мікроконтролерів у бездротовому сенсорі дозволить значно зменшити енергоспоживання за рахунок того, що один мікроконтролер здійснюватиме одночасно як керування бездротовою передачею даних, так і виконуватиме попередню обробку вимірюваних даних та управління портами вводу/виводу. Крім того, з таким підходом необхідно розробити прикладне програмне забезпечення тільки для одного мікроконтролера, що значно зменшить, а в деяких випадках усуне, конфліктні ситуації на програмному рівні. Відповідно до запропонованої архітектури іншими важливими апаратними модулями є модуль роботи з біологічним об'єктом, тобто рослиною, та модуль енергоспоживання. Слід відмітити, що модуль роботи з біологічним об'єктом здійснюватиме як вплив на біологічний об'єкт відповідно до методу індукції флуоресценції хлорофілу, який полягає в опроміненні листка рослини світлом у синьому діапазоні спектру, так і вимірюватиме відклик біологічного об'єкта – випромінювання листка рослини в червоній смузі спектру світла. Модуль енергоспоживання забезпечуватиме енергоспоживання усіх елементів сенсора та надає можливість заряджання або заміни елементів живлення.

Програмна частина сенсора складається з єдиного прикладного програмного забезпечення для бездротового мікроконтролера, яке виконує функції з бездротового обміну даними, керування процесом вимірювання та отримання даних вимірювання від біологічного об'єкта, попередньої обробки вимірюваних даних, зберігання та архівування даних.

Виходячи з архітектури сенсора розроблено його структурну схему (рис. 1). Бездротовий мікроконтролер, як зазначено вище, призначений для підтримки роботи сенсору, передавання даних та взаємодії з сенсорною мережею. Оскільки сенсор є портативним пристроєм, він має внутрішній акумулятор, ємність якого гарантує автономну роботу сенсора на період, визначений технічними вимогами.



РИС. 1. Структурна схема бездротового інтелектуального сенсора

Наявність акумулятора вимагає його коректний заряд та захист. Для цього призначені такі елементи, як "схема захисту" для захисту від некоректного підключення живлення та "мікросхема заряду" для заряду літій-полімерного акумулятора відповідно до його технологічних особливостей. Елемент "microUSB роз'єм" надає стандартний інтерфейс для підключення живлення для зарядження внутрішнього акумулятора. Оскільки літій-полімерний акумулятор не можна безпосередньо підключати до більшості електронних компонентів, то слід включити на його виході перетворювач енергії. Перетворення енергії акумулятора виконуються елементами "LDO 3,3В", який є лінійним стабілізатором напруги для живлення бездротового мікроконтролера, та "DC/DC 3,3В", який є імпульсним перетворювачем енергії для живлення інших електронних компонентів. При цьому останній можна вимикати при необхідності для збереження енергії акумулятора. Елемент "фільтр низьких частот" визначає необхідний рівень струму для елемента "драйвер світлодіода", який у свою чергу забезпечує заданий струм для елемента "синій світлодіод". Елемент "синій світлодіод" випромінює світло у синьому діапазоні спектру світла і забезпечує необхідний рівень випромінювання для збудження біологічного об'єкта, в нашому випадку живого листка рослини. Елемент "Фотодетектор" вимірює параметри відклику від листка досліджуваної рослини та передає отримані дані до бездротового мікроконтролера.

На базі структурної схеми, рис. 1, розроблено принципові електричні схеми вузлів бездротового інтелектуального сенсора, зокрема, вузла живлення (рис. 2), вузла драйвера світлодіода (рис. 3) та вузла фотодетектора (рис. 4). У зв'язку з цим при виборі мікроелектронних компонентів перевага надавалася таким виробникам: Analog Devices, Texas Instruments, Atmel, NXP, STMicroelectronics, Microchip Technology Inc, ams AG.

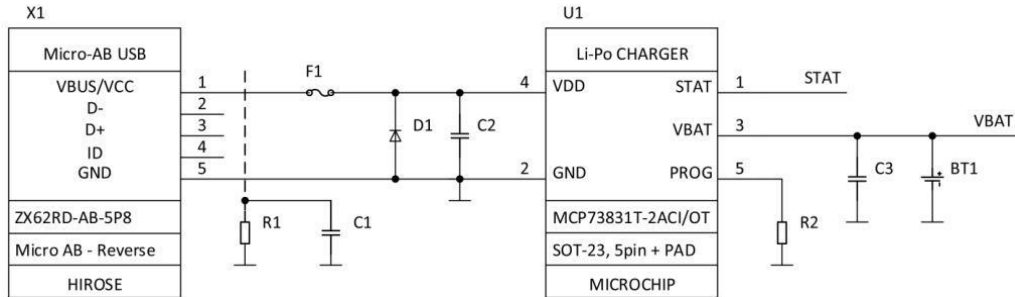


РИС. 2. Принципова електрична схема вузла живлення бездротового інтелектуального сенсора

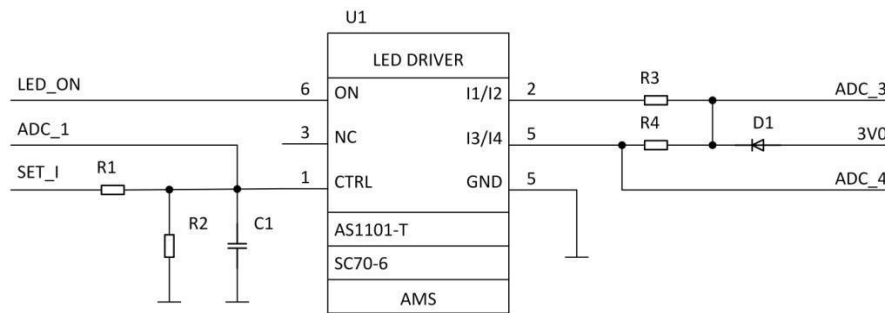


РИС. 3. Принципова електрична схема вузла драйвера світлодіода

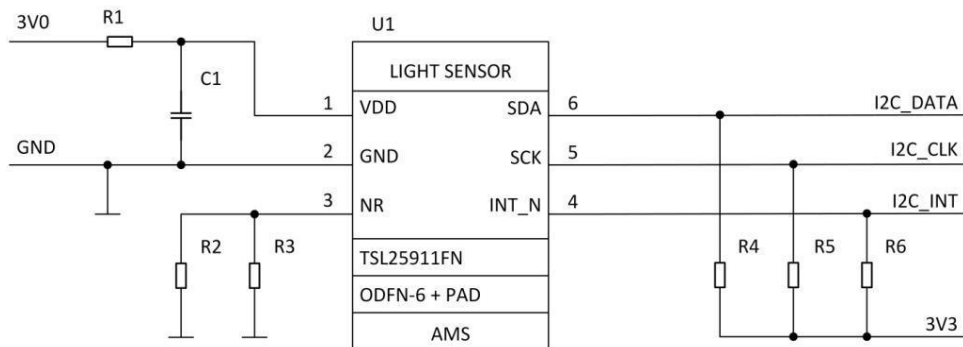


РИС. 4. Принципова електрична схема вузла фотодетектора

При виборі одного з основних мікроелектронних компонентів сенсора – бездротового мікроконтролера, перевага була надана мікроконтролеру JN5168 виробництва компанії NXP [2]. Він містить 32-бітний RISC-процесор з тактовою частотою 32 МГц, модуль безпроводного зв'язку, сумісний із стандартом IEEE802.15.4, вбудований 4-канальний 10-бітний АЦП, аналогові та цифрові вхо-

ди/виходи тощо. Цей мікроконтролер за своїми характеристиками повністю відповідає вимогам щодо реалізації сенсорної мережі і забезпечує збір, зберігання і передачу даних від сенсорів до координатора мережі.

Для перевірки працездатності вузлів бездротового інтелектуального сенсора створено експериментальні макети вузлів відповідно до розроблених принципових електричних схем. На рис. 5 показано експериментальний макет вузла живлення сенсора, на рис. 6 – експериментальний макет вузла драйвера світлодіода, на рис. 7 – експериментальний макет вузла фотодетектора.

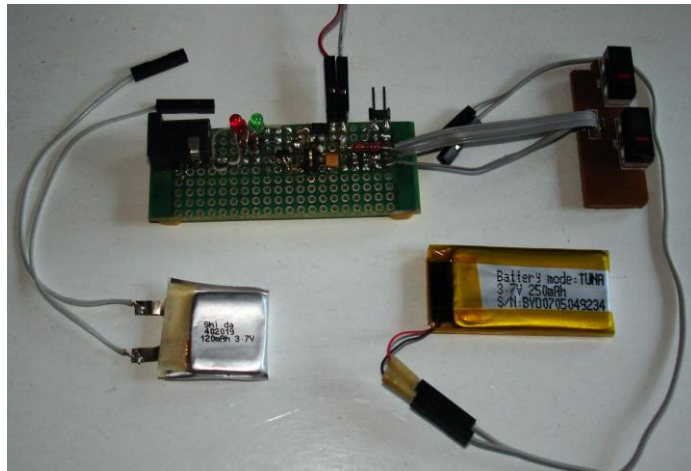


РИС. 5. Експериментальний макет вузла живлення сенсора

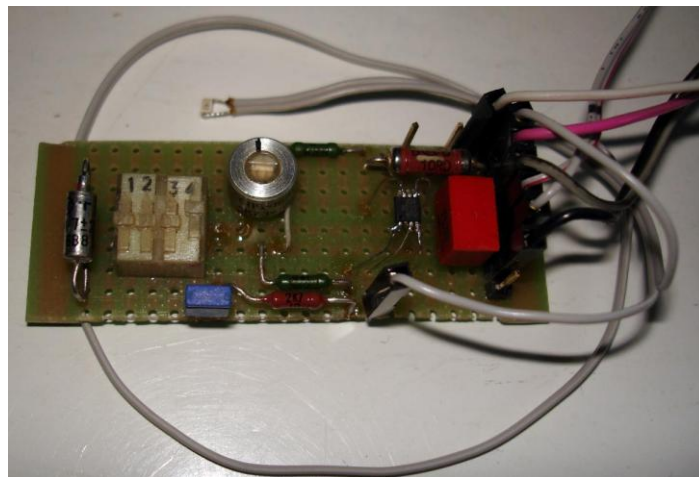


РИС. 6. Експериментальний макет вузла драйвера світлодіода

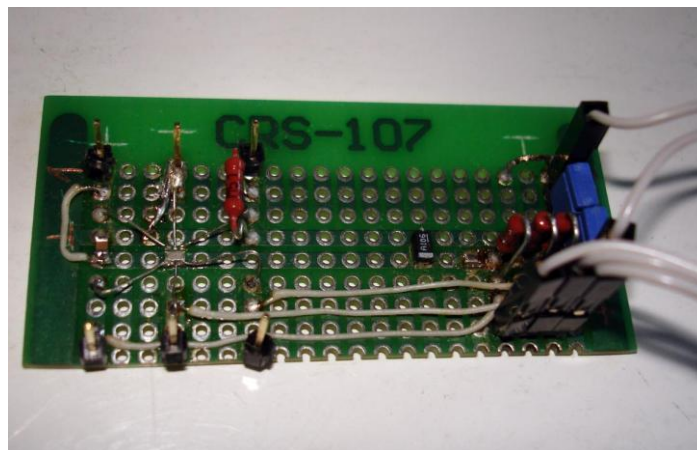


РИС. 7. Експериментальний макет вузла фотодетектора

Для детального тестування вузла фотодетектора використано додаткові програмно-апаратні засоби, зокрема: налагоджувальну плату LPC11U14 LPCXpresso Board від компанії Embedded Artists AB [3] (рис. 8) та програмне середовище LPCXpresso Platform від компанії NXP. Для коректної роботи розроблено програмний засіб для роботи через інтерфейс I2C. Для перевірки параметрів електричних схем використано аналого-цифровий аналізатор LabTool з програмним забезпеченням для нього [4].

Результати тестування експериментальних зразків бездротового сенсора, які отримані цифровим аналізатором LabTool у вигляді часових діаграм циклів обміну даними між вузлом фотодетектора та налагоджувальною платою LPC11U14, показано на рис. 9 (повний цикл обміну даними) та рис. 10 (одичний цикл обміну даними).



РИС. 8. Налгоджувальна плата LPCXpresso LPC11U14

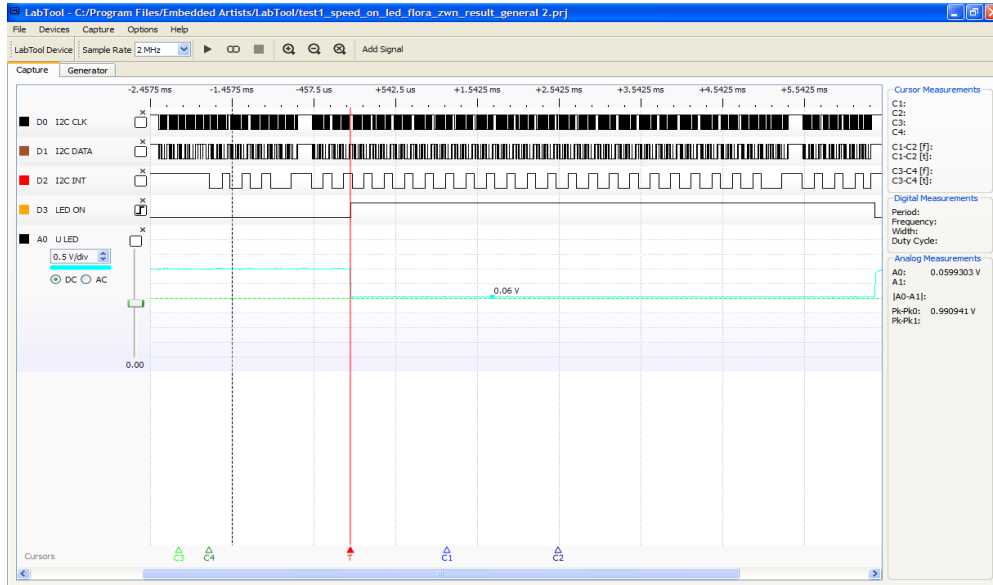


РИС. 9. Повний цикл обміну даними між вузлом фотодетектора сенсора та налагоджувальною платою LPC11U14

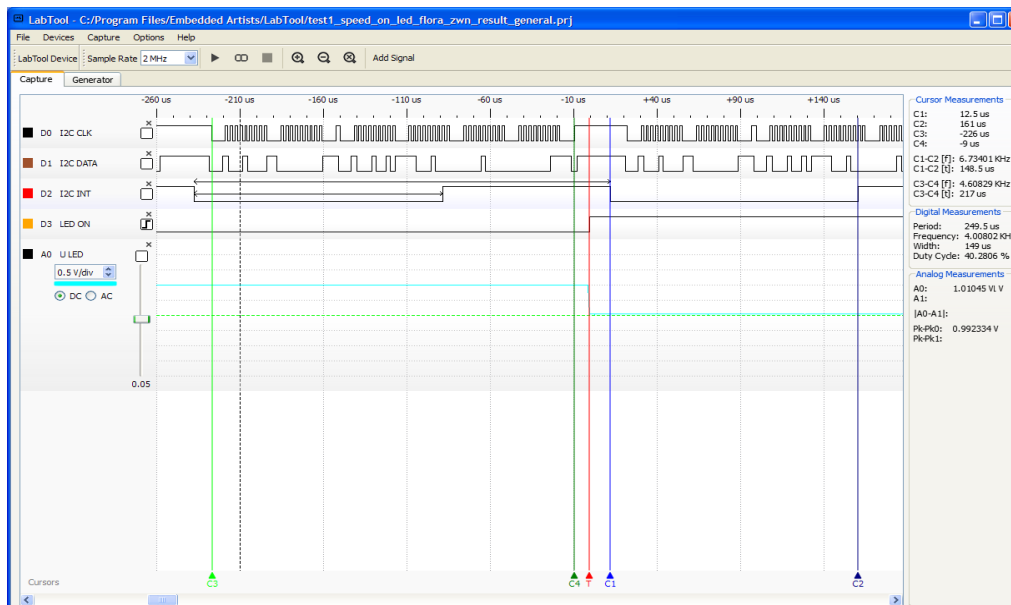


РИС. 10. Одиничний цикл обміну даними між фотодетектором сенсора та налагоджувальною платою LPC11U14

Після тестування експериментальних макетів вузлів та сенсора в цілому розроблено та розведено друковані плати для створення дослідних взірців сенсорів, рис. 11. Результати тестування сумісної роботи дослідних взірців сенсорів показано на рис. 12.

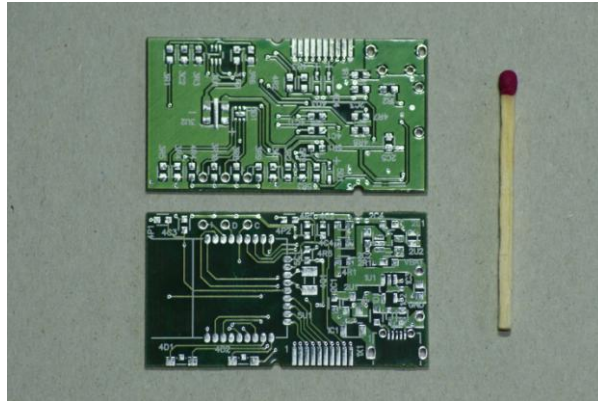


РИС. 11. Друковані плати дослідних взірців сенсорів

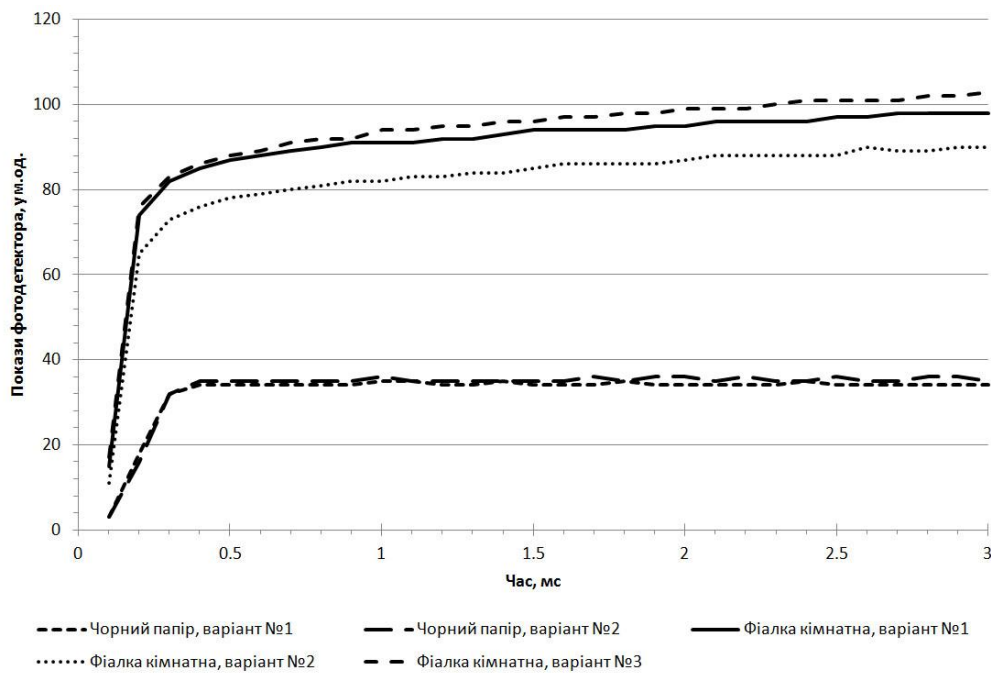


РИС. 12. Результати тестування сумісної роботи вузлів бездротового сенсора



На рис. 13 показані дослідні взірці бездротових сенсорів.

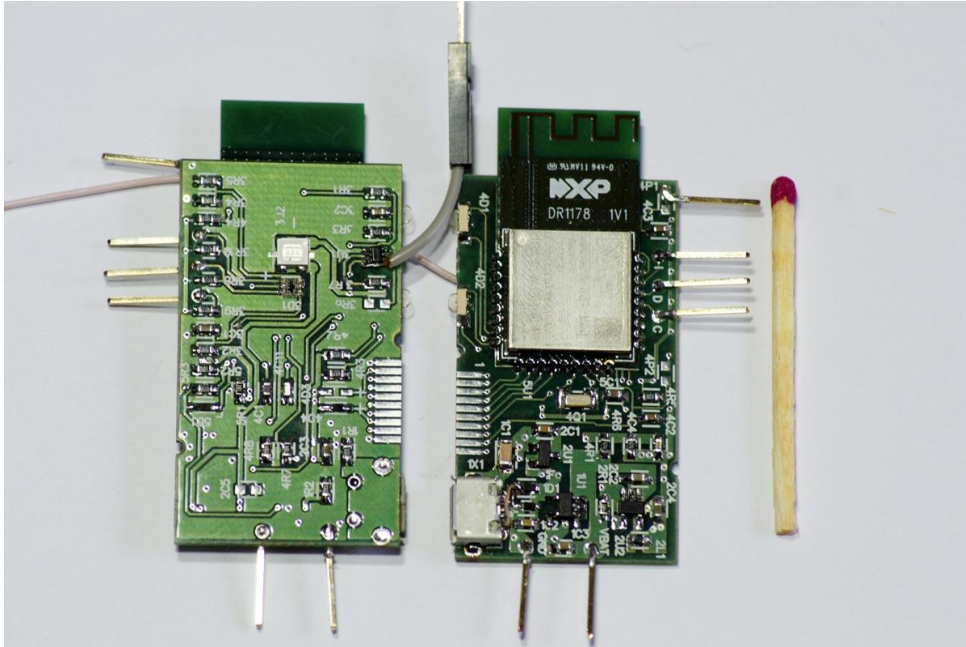
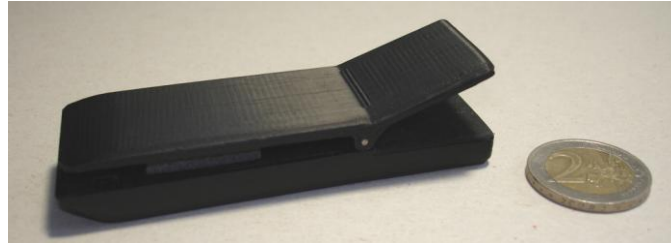


РИС. 13. Дослідні взірці бездротових сенсорів

На рис. 14, а, б показано бездротовий інтелектуальний сенсор у промисло-  
вому виконанні.



а



б

РИС. 14. а – елементи конструкції бездротового сенсора; б – бездротовий інтелектуальний сенсор у промисловому виконанні

### **Висновки.**

1. Сформульовано вимоги до бездротових сенсорів для оцінки стану рослин методом індукції флуоресценції хлорофілу.
2. Розкрито особливості кожного етапу проектування та тестування роботи бездротового сенсора для оцінки стану рослин.

### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Kryvonos Yu., Romanov V., Wojcik W., Galelyuka I., Voronenko A. Application of Wireless Technologies in Agriculture, Ecological Monitoring and Defense. Proceeding of the 8th IEEE International conference on "Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications", IDAACS'2015. Warsaw, Poland. 2015, September 24–26. P. 855–858.
2. <https://www.nxp.com/products/wireless/proprietary-ieee-802.15.4-based/zigbee-and-ieee802.15.4-wireless-microcontroller-with-256-kb-flash-32-kb-ram:JN5168>.
3. [http://embeddedartists.com/products/lpcxpresso/lpc1114\\_xpr.php](http://embeddedartists.com/products/lpcxpresso/lpc1114_xpr.php).
4. <http://www.embeddedartists.com/products/app/labtool.php>.

Одержано 07.11.2018