

# КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

V. Romanov, D. Artemenko,  
Yu. Brayko, I. Galelyuka,  
R. Imamutdinova, V. Fedak

## PORTABLE DEVICES OF "FLORATEST" FAMILY: PREPARATION FOR SERIAL PRODUCTION

*It is described the development of portable devices of "Floratest" family from scientific idea to serial products, which are manufactured on the modern serial production.*

*Key words: «Floratest», chlorophyll fluorescence induction, fluorometer.*

*Описывается развитие портативных приборов семейства "Флоратест" от идеи к продукции, которая выпускается серийно на современном контрактном производстве.*

*Ключевые слова: «Флоратест», флуориметр, индукция флуоресценции хлорофилла.*

*Описується розвиток портативних приладів сімейства "Флоратест" від ідеї до продукції, що випускається серийно на сучасному контрактному виробництві.*

*Ключові слова: «Флоратест», флуориметр, індукція флуоресценції хлорофілу.*

© В.О. Романов, Д.М. Артеменко,  
Ю.О. Брайко, І.Б. Галелюка,  
Р.Г. Імамутдінова, В.С. Федак,  
2011

УДК 681.5

В.О. РОМАНОВ, Д.М. АРТЕМЕНКО,  
Ю.О. БРАЙКО, І.Б. ГАЛЕЛЮКА,  
Р.Г. ІМАМУТДІНОВА, В.С. ФЕДАК

## СІМЕЙСТВО ПОРТАТИВНИХ ПРИЛАДІВ "ФЛОРАТЕСТ": ПІДГОТОВКА ДО СЕРІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

**Вступ.** Здатність рослин успішно виконувати фотосинтез залежить від ряду факторів, включаючи стресові фактори, які зумовлені зовнішніми умовами. Поглинута світлова енергія, яка використовується для фотосинтезу, розсіюється через виділення тепла і ре-емісію малих, але діагностично важливих доз поглинутого випромінювання у вигляді світлових хвиль червоного та інфрачервоного діапазонів. Така ре-емісія світла називається індукцією флуоресценції хлорофілу. Випромінювання флуоресценції хлорофілу з цілого листа є незначним і не може спостерігатися неозброєним оком, але його можна зафіксувати спеціальними пристроями, такими як флуорометри. Фотосинтез та індукція флуоресценції хлорофілу відбуваються в прямій конкуренції між собою і обмежені кількістю поглинутої світлової енергії. Будь-які зміни у використанні енергії одним з цих процесів зумовлює додаткові зміни в іншому процесі. Цей факт дозволяє використовувати індукцію флуоресценції хлорофілу як експресне та надійне неруйнівне оцінювання фотосинтезу. Флуорометри призначені спеціально для виявлення випромінювання флуоресценції хлорофілу з листа рослини.

Проектування, створення, серійний випуск та застосування флуорометрів для експрес-діагностики стану рослин в аграрній галузі, екології та захисті навколишнього середовища дасть можливість вчасно захистити рослини від хвороб, зберегти та збільшити продуктивність урожаїв, зменшити витрати

грошей на одиницю продукції і вміст шкідливих речовин в рослинах. Застосування флуорометрів у прецизійному землеробстві є досить важливим, оскільки ця нова технологія вимагає автоматизації усіх її ланок.

**Розробка апаратного забезпечення флуорометрів.** Як вищезазначено фотосинтез та індукція флуоресценції хлорофілу відбуваються в прямій конкуренції між собою і обмежені кількістю поглинутої світлової енергії. Будь-які зміни у використанні енергії одним з цих процесів зумовлює додаткові зміни в іншому процесі. Цей факт дозволяє використовувати індукцію флуоресценції хлорофілу як експресне та надійне неруйнівне оцінювання фотосинтезу. Розроблені флуорометри сімейства "Флоратест" призначені спеціально для виявлення випромінювання флуоресценції хлорофілу з листа рослини. Основними характеристиками нової конструкції флуорометрів "Флоратест" є широкий динамічний діапазон, висока точність і швидкість, низькі струми спокою і мала напруга функціонування. На відміну від аналогів портативні прилади сімейства "Флоратест" спроектовано як відкриту систему, вони можуть бути перепрограмовані користувачем та є зручними і простими у використанні. Типову структуру портативного приладу сімейства "Флоратест" показано на рис. 1.

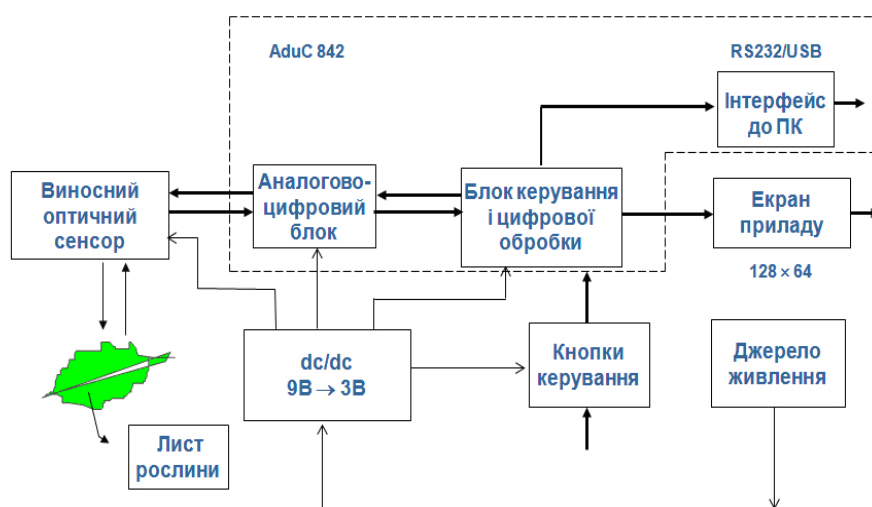


РИС. 1. Типова структура розробленого портативного флуорометра "Флоратест"

Відповідно до рис. 1 портативний прилад "Флоратест" включає у себе високоінтегрований мікропроцесорний блок і мініатюрний виносний оптичний сенсор. Основними характеристиками виносного оптичного сенсора є рівень освітлення та низьке енергоспоживання. Оптичний сенсор складається з синіх світло-випромінюючих діодів (тип FYLS-0603UBC) [1] та фотодіодного підсилювача. Розміри діодів складають 6×3 мм. Діоди сумісні з автоматичним обладнанням

встановлення і паяння елементів, що є дуже важливим при серійному випуску. Сила світла діода складає 120 мКд, кут освітлення –  $130^\circ$ , домінуюча довжина хвилі – 470 нм. Спектральна характеристика синього діода FYLS-0603UBC показана на рис. 2.

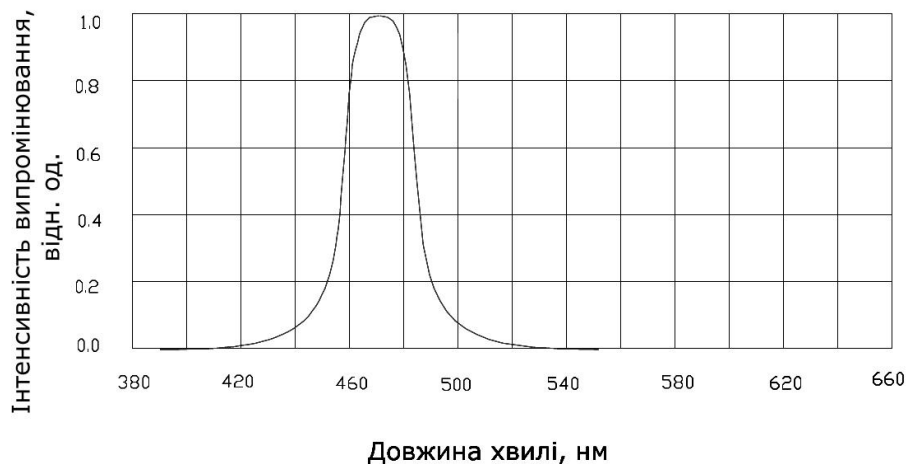


РИС. 2. Спектральна характеристика синього діода FYLS-0603UBC

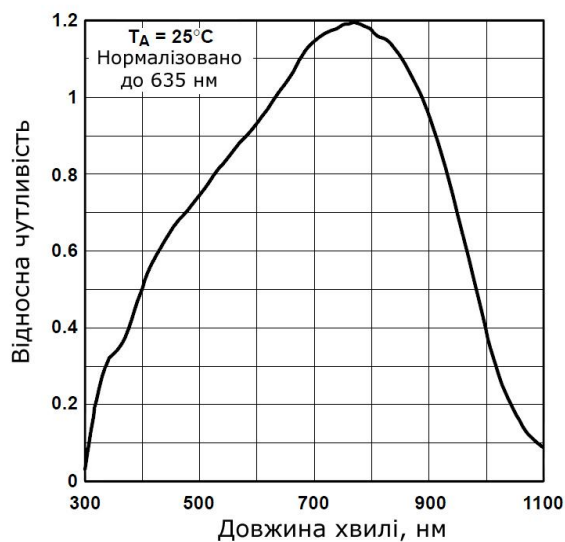


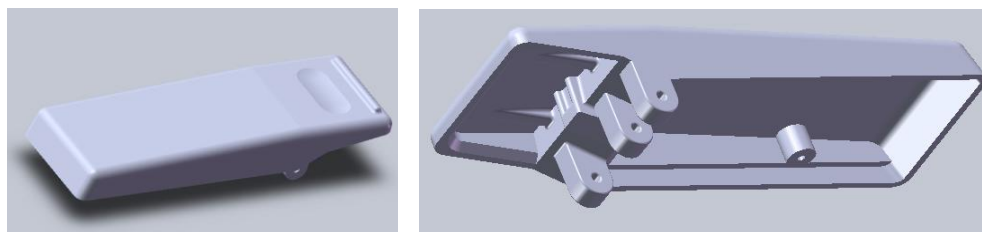
РИС. 3. Спектральна характеристика фотодіода TSL251R

Фотодіодний підсилювач (тип TSL251R) [2] поєднує фотодіод і зворотній підсилювач. Він має низьке енергоспоживання і поставляється в пластиковому корпусі з інтегрованими лінзами. Спектральна характеристика фотодіода показана на рис. 3.

Відповідно до рис. 3 ширина спектра фотодіодного підсилювача складає від 300 нм до 1100 нм. Пік випромінювання хлорофілу знаходиться близько до 700 нм. Тому для звуження спектра фотодіодного підсилювача на його поверхню було встановлено червоний фільтр.

Розроблено об'ємну модель виносного оптичного сен-

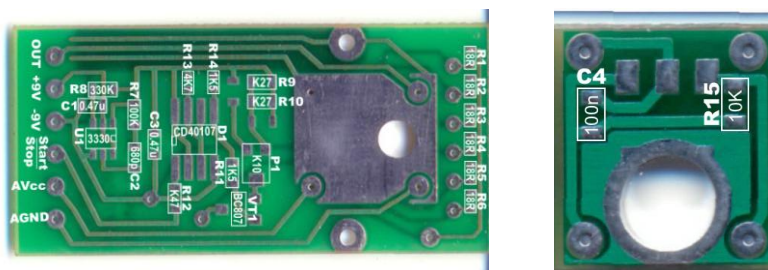
сора. Оскільки корпус виносного сенсора спроектовано симетричним, то сам сенсор складається з двох однакових елементів (рис. 4). Розроблено і виготовлено друковані плати виносного оптичного сенсора, які показано на рис. 5. Сам виносний оптичний сенсор разом з вмонтованими друкованими платами показано на рис. 6.



а

б

РИС. 4. Об'ємна модель елемента корпусу виносного оптичного сенсора: а – вигляд зверху, б – вигляд знизу



а

б

РИС. 5. Друковані плати виносного оптичного сенсора: а – основна плата, б – додаткова плата



РИС. 6. Виносний оптичний сенсор

Мікропроцесорний блок містить у собі контролер ADuC842 [3] з низьким енергоспоживанням (рис. 7), вхідні підсилювачі, рідиннокристалічний дисплей FDCG12864 із споживанням 3 В, батарейне живлення і кнопки керування. Розроблені друковані плати базового блока показано на рис. 8.

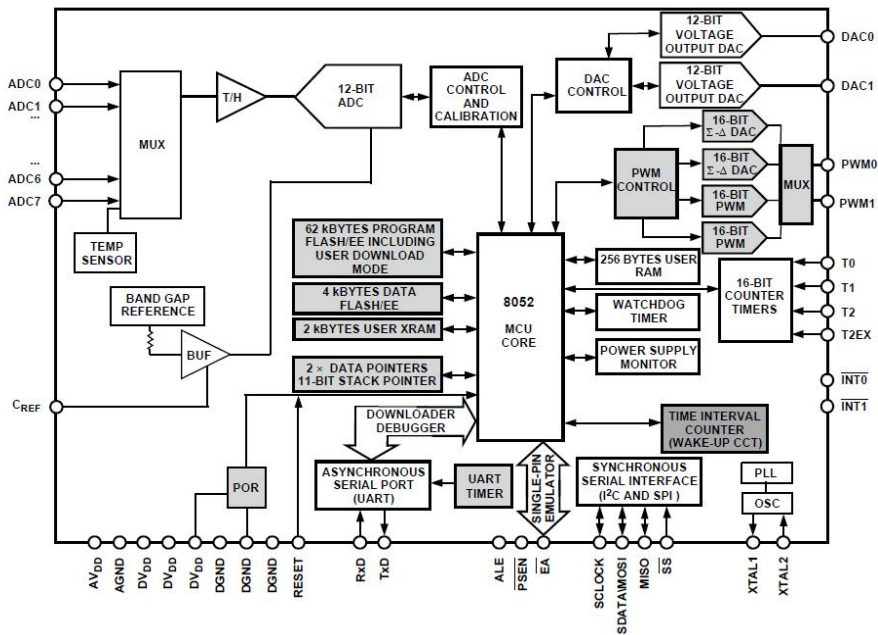


РИС. 7. Блок-схема ІМС ADuC842

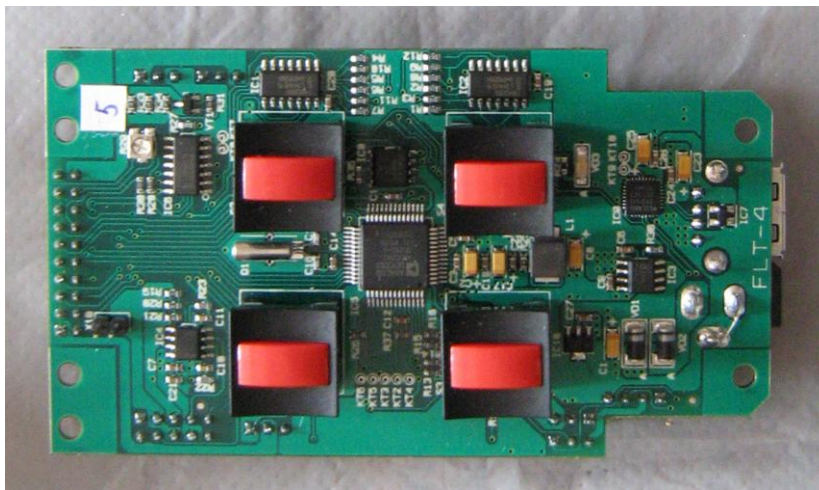


РИС. 8. Друкована плата мікропроцесорного блока

Реальними перевагами розробленого базового мікропроцесорного блока є висока продуктивність, низьке енергоспоживання і малі розміри. Всі електронні компоненти вибрані з електронних бібліотек віртуальної лабораторії автоматизованого проектування, яку розроблено в Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України [4]. Електронні компоненти призначені для поверхневого монтажу, напруги живлення 3 В і мають малі розміри.

**Створення основних прикладних програм.** Як вказано раніше, розроблені портативні прилади сімейства "Флоратест" збудовано на базі мікроконвертора ADuC842. Програмне забезпечення для розробки та налагодження приладів, що розробляються, поставляє фірма – виробник мікроконверторів Analog Devices. Це програмне забезпечення містить у собі інтегроване середовище для розробки програмного забезпечення приладів Aspire, яке підтримує дві мови програмування (C та асемблер), та середовище ADSIM (Analog Devices Microconverter Simulator) для налагодження програмного забезпечення приладів.

За допомогою цих засобів розроблено та налагоджено бібліотеку підпрограм (БП) для портативного приладу "Флоратест". Ця бібліотека підпрограм може використовуватись у подальших розробках програмного забезпечення для приладів, що досліджують стан біологічних об'єктів. Вона є відкритим засобом і її можна доповнювати. Бібліотека підпрограм включає у себе підпрограми керування апаратними засобами, підпрограми обробки даних, підпрограми обміну даними, підпрограми візуалізації результатів вимірювань і підпрограми, що реалізують інтерфейс користувача (електронне меню).

Структура програмного забезпечення флуорометра показана на рис. 9.

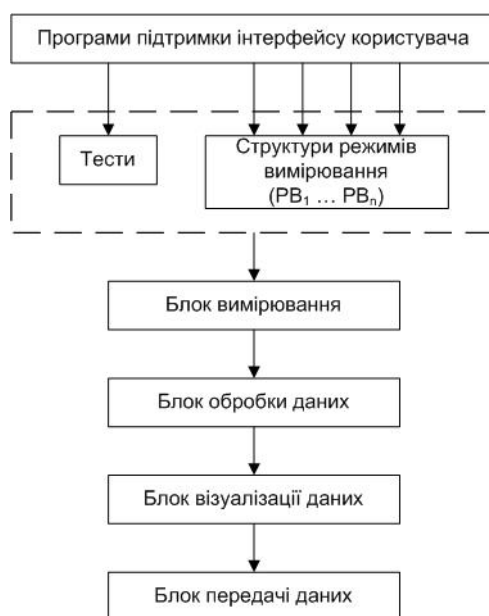


РИС. 9. Структура програмного забезпечення флуорометра "Флоратест"

У склад програмного забезпечення входять наступні компоненти:

- програми підтримки інтерфейсу користувача;
- тести для перевірки працездатності приладу;
- структури, що визначають режими вимірювання (PB1... PBn);
- блок вимірювання; блок обробки даних;
- блок візуалізації даних;
- блок передачі даних.

У програми підтримки інтерфейсу користувача входять програми відображення вікон електронного меню на рідиннокристалічному дисплеї та програми вибору опцій меню. За допомогою програми підтримки інтерфейсу користувача в пам'яті даних формується структура даних, що визначає вибраний режим вимірювання PB1...PBn. Ця структура складається з наступних даних: кількість вимірювань, тривалість вимірювання і буфер для даних вимірювань. У структурі даних також резервуються комірки для значень характерних величин, які визначаються в процесі вимірювання.

У склад блока вимірювання входять програми, що керують роботою АЦП і процесом вимірювання, та програми синхронізації стимулюючого впливу на біологічний об'єкт. У блоці вимірювання визначається фонові складова сигналу, що вимірюється і потім віднімається від значень, отриманих в процесі вимірювань.

У блоці обробки даних визначаються значення характерних точок сигналу і виконуються необхідні обчислення відношень:

$$\frac{F_0}{F_m}, \frac{F_m - F_0}{F_m}, \frac{F_m - F_{st}}{F_m}.$$

Програмні засоби блока візуалізації даних здійснюють керування виведенням результатів на рідиннокристалічний дисплей. Вони складаються з шрифтів і програм, які призначені для очищення екрана, представлення отриманих даних у вигляді графіка, вибору масштаба графіка в залежності від максимального значення сигналу та обчислення координат точок на графіку.

Блок передачі даних забезпечує налаштування послідовного порту на певну швидкість приймання та передачі інформації від ПК і до ПК.

Створення дослідних зразків приладу на контрактному виробництві. Після відпрацювання основних вузлів приладу конструкторську документацію на базовий блок і виносний оптичний сенсор направлено на контрактне виробництво для виготовлення перших взірців приладу згідно вимог серійного виробництва. Портативні прилади "Флоратест" з першої партії, яку випущено серійно, показано на рис. 10.

Підготовлено та проведено тиражування дисків з програмним забезпеченням для підтримки роботи флуорометрів та настановою користувача. Зовнішній вигляд пілотного компакт-диску показано на рис. 11.





РИС. 10. Перші серійні прилади сімейства "Флоратест"



РИС. 11. Зовнішній вигляд пілотного компакт-диску з програмним забезпеченням і настановою користувача



**Висновки.** Описано розвиток портативних приладів сімейства "Флоратест" від наукової ідеї до серійної продукції, яка випускається на сучасному контрактному виробництві науково-виробничої фірми "VD-MAIS" [5], а саме:

- 1) наведено типову структуру портативного флуорометра сімейства "Флоратест";
- 2) зображено конструкцію виносного оптичного сенсора та описано його основні параметри;
- 3) описано та зображено мікропроцесорний базовий блок, включаючи блок-схему мікроконвертора та розроблену друковану плату базового блока;
- 4) наведено структуру та детально описано програмне забезпечення портативного флуорометра "Флоратест";
- 5) наведено фотографії портативних приладів "Флоратест" і компакт-дисків з програмним забезпеченням та настановою користувача з першої серійної партії, яку випущено на контрактному виробництві.

Слід зауважити, що для доведення портативного приладу до серійного випуску необхідно значну увагу приділити не тільки проектуванню та створенню апаратної частини приладу, але й розробці оптимального та зручного прикладного програмного і методичного забезпечення. Підготовка якісної конструкторської документації на цілий прилад і на окремі його складові сприятиме значному зменшенню фінансових і часових затрат на підготовку контрактного виробництва до випуску серійної продукції. Наявність добре підготовленого програмного забезпечення та документації користувача зумовить зменшення затрат на супроводження приладів, які надійшли на ринок та активно використовуються споживачами.

Результати в роботі отримані за фінансовою підтримкою Науково-технологічного центру в Україні в рамках виконання проекту № 5219.

1. <http://www.foryard.com>.
2. <http://www.taosinc.com>.
3. <http://www.analog.com/en/index.html>.
4. *Palagin O., Romanov V., Galelyuka I., Kovyrova O.* Distributed virtual laboratory for smart sensor device and system design // J. of Qafqaz University "Mathematics and Computer Science". Number 29, Volume 1 – Baku, Azerbaijan. – 2010. – P. 20–36.
5. <http://vdmiais.ua>.

Отримано 19.08.2010