

**З.М. Микитюк, О.З.Готра<sup>1</sup>, О.Є. Сушинський, М. Скочиляс<sup>2</sup>, В.В. Гураль**  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра електронних приладів

<sup>1</sup>Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького  
<sup>2</sup>Жешувська політехніка, Польща

## **ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕЛЕКТРООПТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РІДКИХ КРИСТАЛІВ**

*© Микитюк З.М., Готра О.З., Сушинський О.Є., Скочиляс М., Гураль В.В., 2005*

**Розглянуто** можливості створення вимірювального комплексу для досліджень електрооптичних характеристик рідкокристалічних матеріалів. **Запропоновано** використання мікроконтролерів для оптимізації вимірювальних методик досліджень рідкокристалічних модуляторів лазерного випромінювання, що суттєво покращило точність вимірювання.

**The creation of measurement complex for investigating of liquid crystal materials elektrooptical characteristics was described in this paper. The mikrokontrolles using for optimization of investigation measurement methods of liquid crystal modulators of laser radiation, which permit to increase of measurements accuracy.**

### **Вступ**

Дослідження електрооптичних характеристик рідкокристалічного модулятора лазерного випромінювання пов'язане з багатоетапним візуальним дослідженням вольт-контрастних, часових та модуляційних характеристик у широкому діапазоні напруг та температур з використанням різних форм сигналів керування. Тому виникає необхідність обробки великої кількості інформації для отримання достовірних результатів досліджень. Під час використання стандартних, не автоматизованих методик досліджень електрооптичних характеристик зростає загальна похибка експерименту та час його проведення.

### **Основна частина**

Спростити це завдання можна за допомогою використання програмно-апаратних комплексів на основі персональних ЕОМ. Впровадження ЕОМ і мікропроцесорів в автоматизовані системи вимірювання висуває на перший план проблему їх зв'язку з об'єктами, параметри яких здебільшого характеризуються величинами, що є неперервними функціями від часу. Безпосередньо використання і обробка таких функцій у цифрових пристроях неможливі, і необхідно перетворювати такі сигнали в цифрові. Цю операцію реалізує аналогово-цифровий перетворювач (АЦП). Для забезпечення виведення з процесора інформації на керований об'єкт необхідно перетворювати цифрові сигнали в безперервні вихідні сигнали, придатні для роботи з аналоговими пристроями і приладами автоматичних систем керування. Це здійснюється за допомогою цифро-аналогового перетворювача (ЦАП). Пристрій оснований на цифро-аналоговому перетворювачі (ЦАП), напруга на виході якого залежить від керуючих сигналів на вході. Цифро-аналоговий перетворювач призначений для перетворення числа, визначеного, як правило, у вигляді двоїчного коду, у напругу або струм, пропорційно до значення цифрового коду.

Блок-схема комплексу автоматизації електрооптичних вимірювань показана на рис. 1.

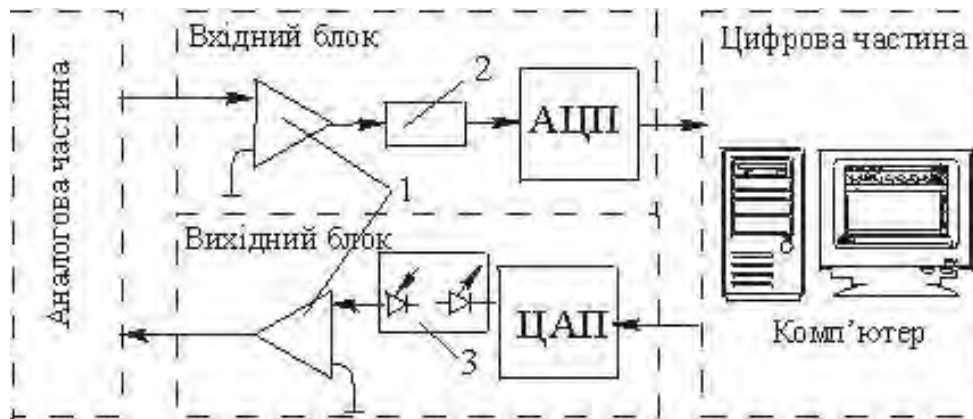


Рис.1. Блок-схема автоматизації електрооптичних вимірювань: 1 – диференційні підсилювачі; 2 – блок дискретизації і затримки аналогового сигналу; 3 – оптична розв'язка

У загальному комплекс автоматизації електрооптичних вимірювань складається з трьох частин. Перша – аналогова частина – це стандартна частина для зняття електрооптичних характеристик рідких кристалів. Друга є частиною обробки і перетворення аналогового сигналу в цифровий і навпаки. Третя є частиною безпосередньої обробки цифрового сигналу з подальшим його виведенням на пристрої відображення інформації, якими використовують здебільшого монітор персонального комп'ютера або принтер. З аналогової частини на вхідний блок подається відгук з фотоприймача. Сигнал підсилюється за допомогою диференційного підсилювача і подається на вхід блока дискретизації. Сигнал з аналогово-цифрового перетворювача подається на LPT-порт персонального комп'ютера, з якого програмними засобами відбувається його обробка і візуальне зображення у вигляді відповідних графічних залежностей.

Для підвищення точності вимірювання і спрощення експериментальних досліджень пропонується використання спеціалізованого процесора як проміжної ділянки між персональним комп'ютером і вимірювальним комплексом.

Більшість фірм використовують традиційний підхід, який полягає в збільшенні швидкодії процесора, об'єму інтегрованої на кристалі пам'яті програм та даних, зростання кількості та розширення функціональних можливостей інтегрованих на кристалі цифрових, аналого-цифрових та аналогових периферійних пристроїв. Дуже часто ЦАП входить до складу мікропроцесорних систем. У цьому випадку, якщо не потрібна висока швидкодія, цифро-аналогове перетворення можна дуже просто здійснити за допомогою широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Схема ЦАП із ШІМ показана на рис. 2 а.

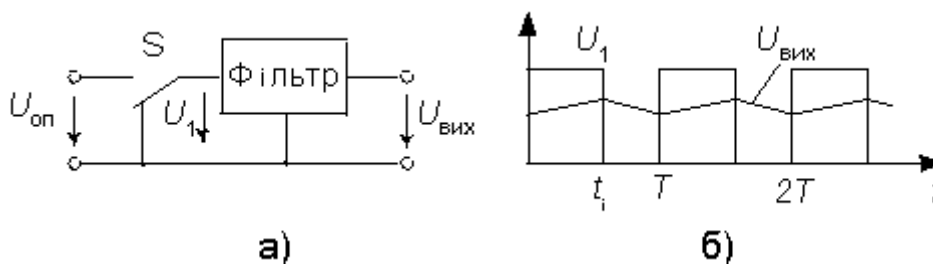


Рис. 2. ЦАП із широтно-імпульсною модуляцією

У 2001 році фірма Cypress MicroSystems запропонувала оригінальне сімейство мікроконтролерів із набором реконфігурованих аналогових та цифрових периферійних модулів архітектури PSoC (Programmable System on Chip). Рис. 3 ілюструє архітектуру цього контролера. Контролер побудований на базі традиційного процесорного ядра М8С Гарвардської архітектури,

яке використовується фірмою Cypress упродовж багатьох років у низьковартісних контролерах клавіатури та мишки. Це класичне ядро із CISC архітектурою на основі акумулятора, час виконання команд – від 4 до 13 циклів тактового генератора процесора при максимальній частоті ядра 24 МГц. Основних регістрів ядра – 5 (лічильник команд CPU\_PC, акумулятор CPU\_A, вказівник стеку CPU\_SP, індексний регістр CPU\_X та регістр прапорців CPU\_F). Система команд підтримує 10 режимів адресації, характеризується високою цільністю коду та оптимізована для програмування мовою асемблера. Загалом доволі посередні результати як для ядра сучасного мікроконтролера.

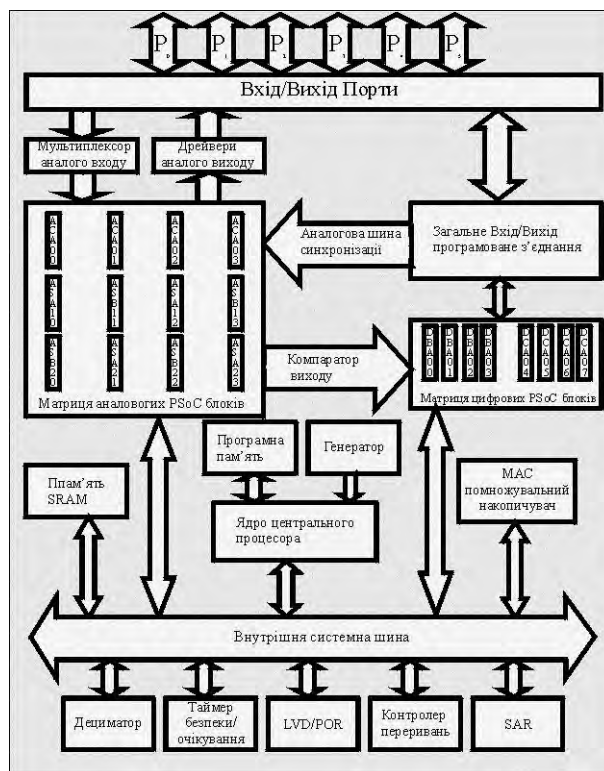


Рис. 3. Архітектура PSoc мікроконтролера

Відзначимо корисні особливості процесора архітектури PSoc:

- можливість внутрішньосхемного та самопрограмування;
- порівняно малий розмір сегмента flash пам'яті – 64 байти;

Таблиця 1

### Ключові параметри архітектури PSoc

| Тип  | CY8C25122         | CY8C26233         | CY8C26443         | CY8C26643      |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Частота ядра процесора                           | 93.7кГц-<br>24МГц | 93.7кГц-<br>24МГц | 93.7кГц-<br>24МГц | 93.7кГц- 24МГц |
| Напруга живлення                                 | 3.0 - 5.25 V      | 3.0 - 5.25 V      | 3.0 - 5.25 V      | 3.0 - 5.25 V   |
| Пам'ять програм, Кб                              | 4                 | 8                 | 16                | 16             |
| Пам'ять даних, байт                              | 256               | 256               | 256               | 256            |
| Кількість цифрових<br>реконфігурованих модулів   | 8                 | 8                 | 8                 | 8              |
| Кількість аналогових<br>реконфігурованих модулів | 12                | 12                | 12                | 12             |
| Імпульсний стабілізатор                          | Ні                | Так               | Так               | Так            |
| Доступні корпуси                                 | 8 PDIP            | 20 PDIP,          | 28 PDIP,          | 48 PDIP        |

|  |  |                     |                     |                    |
|--|--|---------------------|---------------------|--------------------|
|  |  | 20 SOIC,<br>20 SSOP | 28 SOIC,<br>28 SSOP | 48 SSOP<br>44 TQFT |
|--|--|---------------------|---------------------|--------------------|

- висока навантажувальна здатність цифрових і аналогових виходів – до 25 мА і 40 мА відповідно;

- три внутрішніх генератори та вбудована гнучка система фазового автопідстроювання частоти. Високостабільний (похибка  $\pm 2.5\%$  у всьому промисловому температурному діапазоні) 24 МГц генератор дозволяє здебільшого використовувати процесор без зовнішнього кварцового резонатора; внутрішній економічний 32 кГц генератор.

Але найкорисніші та найунікальніші особливості процесорів архітектури PSoC полягають у наявності реконфігурованих аналогових і цифрових модулів. Всі процесори сімейства PSoC мають у своєму розпорядженні 12 аналогових та 8 цифрових модулів. Існує три типи аналогових модулів: на основі операційних підсилювачів із резистивним зворотним зв'язком та два типи модулів на основі комутованих конденсаторів.

Функції кожного з аналогових та цифрових модулів визначаються вмістом відповідних регістрів керування. Шляхом зміни вмісту цих регістрів під час виконання програми різні реконфігуровані модулі можуть виконувати різні функції в різні моменти часу. Достатньо гнучкою є система з'єднань входів і виходів модулів із зовнішніми контактами та між собою. Зокрема дуже легко реалізуються функції аналогових та цифрових мультиплексорів та демультиплексорів, комутаторів сигналів. Успіх практичного використання будь-якого процесора визначається не тільки його характеристиками, а й наявністю, якістю та доступністю відповідних інструментів розробника. PSoC Designer дозволяє здійснити в діалоговому режимі розміщення вибраних аналогових і цифрових функціональних елементів серед реконфігурованих блоків процесора, задати взаємозв'язки між ними, визначити під'єднання до зовнішніх виводів процесора та функції цих виводів. Після того, як всі функції були задані, автоматично згенеровано конфігурацію системи (тобто множину значень відповідних регістрів керування) та бібліотеку функцій мовою Асемблера чи С для роботи з вибраними периферійними пристроями. Високорівневий програмний інтерфейс периферійних пристроїв збільшує продуктивність розробки, позбавляє необхідності заглиблюватися в деталі програмування того чи іншого периферійного модуля. PSoC Designer забезпечує редагування, компіляцію та налагодження програмного забезпечення мовами Асемблер та С.

Таблиця 2

**Порівняльна таблиця використання стандартних методик вимірювань і вимірювань із використанням запропонованого комплексу.**

|   | Аналогові вимірювання | Вимірювання з використанням комплексу |
|---|-----------------------|---------------------------------------|
| Середній час, необхідний для підготовки та проведення одинарного вимірювання, год | 2 год                 | 1 год 15 хв                           |
| Точність вимірювань, %  | до 5 %                | до 2,5 %                              |
| Середня частота серій однотипних вимірювань, вимірювань/год                       | 5 вимірювань          | 9 вимірювань                          |

Були проведені електрооптичні дослідження рідкокристалічного модулятора з використанням вимірювального комплексу. Як показали дослідження, похибка експерименту зменшилась у 1,5 раза щодо проведених раніше аналогових вимірювань. Зокрема під час вимірювання часів ввімкнення і вимкнення, точність їх реєстрації зросла, що дозволило здійснити коректне висвітлення отриманих результатів. Із використанням нового експериментального комплексу було спрощено низку методик досліджень електрооптичних характеристик як рідкокристалічних сумішей, так і модулятора на їх основі, а саме, методику досліджень температурної залежності анізотропії діелектричної проникності та кроку індукованої спіралі, а

також методику досліджень електрооптичних, модуляційних та часових параметрів рідкокристалічного модулятора.

### Висновок

Використання вимірювального комплексу із використанням мікроконтролера дозволило суттєво підвищити точність вимірювань електрооптичних характеристик рідкокристалічних модуляторів лазерного випромінювання, суттєво спростити експериментальну установку.

1. Cypress Microsystems, CY8C25122, CY8C26233, CY8C26443, CY8C26643 Device Data Sheet for Silicon Revision AD, Doc. #38-12010 CY Rev. 3.21.

2. Rick Hood, "The PSoC 5-Cent Modem", Circuit Cellar, 146, 26-32, 2002.

3. Капустин А.П. Экспериментальные исследования жидких кристаллов. – М.: Наука. 1978. – 368 с.

Гребенкин М. Ф., Иващенко А. В. // Жидкокристаллические материалы – М.: Химия, 1989. – 288 с.

Z. Hotra<sup>1,2</sup>, M. Skoczylas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lviv Polytechnic National University, Department of Electronic Devices

<sup>2</sup>Rzeszów University of Technology, Rzeszów, Poland

## AMPLITUDE OPTICAL FIBRE SENSOR

© Hotra Z., Skoczylas M., 2005

**The paper presents the results of proprieties measurements of the amplitude sensor which is made on a base on an optical plastic fibre sensor. This element can be served to marking shifts, powers etc. This work shows also an influence of length of waves on sensor proprieties. All measurements are executed to the results which were obtained by the extensometer sensor subjected the same influential factor measured.**

**Описані результати вимірювань характеристик амплітудного сенсора, виготовленого на основі пластикового оптоволоконного сенсора. Також досліджено вплив довжини хвиль на властивості сенсора.**

### 1. Introduction

An optical fibre sensors conquer more and more greater popularity and many new fields of uses. Wide measuring possibilities (dislocation, power, pressure, acoustic twitches) offer so-called amplitude sensors in which the magnitude of measure changes the shape of an optical fibre element. Each bend and microbend are effective to an optical power losses driven in optical fibre. All these results find two explanations:

- bend losses which are the result of bending the track of the optical fibre and depend of the ray of curvature,
- losses of passage among two sections of optical fibre with different rays of curvature, otherwise not-fitting decays of modulation fields in transverse direction to axis of an optical fibre.