



УДК 004.352

Член-кореспондент НАН України **В. В. Грицик, А. Б. Бондарук,  
В. В. Грицик, І. І. Кравець, Ю. В. Опотяк, І. Г. Цмоць**

### **Інформаційна технологія програмно-керованих растрів введення зображень у системах комп'ютерного зору**

*Розроблено інформаційну технологію програмно-керованих растрів введення зображень у системах комп'ютерного зору. Визначено принципи побудови та створено систему введення зображень з високою роздільною здатністю та чутливістю для клітинної мікроскопії. Запропоновано нестандартні програмно-апаратні методи формування розгортки, які забезпечили можливість введення окремих фрагментів сцени у полі зору та зменшили необхідний обсяг даних.*

Однією з актуальних задач розвитку інформаційних технологій є забезпечення введення зображень у системах комп'ютерного зору з високою роздільною здатністю в умовах низької інтенсивності сигналів для їх подальшої обробки, класифікації та розпізнавання. Для розв'язання цієї задачі необхідно розробити ефективні за критерієм ціна — роздільна здатність і чутливість системи введення зображень.

У системах введення в комп'ютер зображень на пристроях з зарядовим зв'язком (ПЗЗ) зображення проектується на світлочутливу матрицю і оцифровується шляхом комутації кожного елемента матриці на вхід аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Найкращі технічні характеристики таких систем досягнуті в цифровій фотографії. Істотним обмеженням цих засобів є їх матрична структура, яка є фіксованою для даного типу пристрою і не допускає збільшення кількості світлочутливих елементів, а отже, і підвищення роздільної здатності.

На відміну від ПЗЗ, приймальні мішені електронно-променевої трубки є до певного ступеня однорідними. Пристрої введення зображень на основі мішені електронно-променевої трубки використовуються, в основному, для створення телевізійних камер різного призначення.

Завдяки однорідності та неперервності світлочутливої мішені електронно-променевої трубки та технологічного запасу за параметрами існує можливість реалізації сканування цієї мішені, що забезпечує отримання підвищеної роздільної здатності системи. Ці особливості стали базою для розробки технології програмно-керованих растрів, яка полягає

---

© В. В. Грицик, А. Б. Бондарук, В. В. Грицик, І. І. Кравець, Ю. В. Опотяк, І. Г. Цмоць, 2014

в програмно-апаратному формуванні растрових розгортки вздовж площини досліджуваної поверхні і вимірюванні інтенсивності в кожній точці цієї поверхні.

Отже, актуальною проблемою є створення ефективних за критерієм ціна — роздільна здатність і чутливість систем введення зображень, що можливе при інтегрованому підході, який охоплює апаратні, алгоритмічні і програмні засоби та сучасну елементну базу. Зменшення енергоспоживання та габаритів системи вводу та обробки зображень досягається при їх реалізації на базі надвеликих інтегральних схем (НВІС).

**Принципи інформаційної технології програмно-керованих растрів для введення зображень.** Технологія програмно-керованих растрів полягає в програмно-апаратному формуванні растрової розгортки вздовж площини світлочутливої матриці і вимірюванні в кожній точці цієї поверхні величини заряду, що відповідає інтенсивності її освітлення.

Введення зображення за такою технологією відбувається таким чином. При закритому модуляторі трубки виконується прицілювання електронної гармати у визначене місце на мішені приймальної трубки. Прицілювання відбувається подачею відповідних напруг двома цифро-аналоговими перетворювачами (ЦАП) на відхиляючу систему трубки шляхом формування їх програмно-апаратними засобами. Після прицілювання відкривається на деякий час модулятор трубки. Порція електронного променя потрапляє у відповідне місце на мішені трубки, таким чином здійснюючи імпульсну комутацію. Формується відеоімпульс, який через попередній підсилювач потрапляє на вхід пікового АЦП. Він виконує оцифровування амплітуди відеоімпульсу (отримання пікселя). Для одержання наступного пікселя весь алгоритм повторюється з новими значеннями його координат. Після проходження заданої кількості точок забезпечується формування матриці пікселів зображення.

Слід зазначити, що такий підхід, крім загальнозвичиваної постріркової розгортки, відкриває можливість формування растрів різноманітної конфігурації, адаптованих до особливостей спостереження. Наприклад, у полі зору системи введення змінюється тільки окремі елементи (елементи) сцени, відповідно, забезпечується сканування у межах цього фрагменту і, як наслідок, зменшення кількості інформації, необхідної для введення у систему.

Застосування імпульсної комутації мішені та програмно-апаратного формування розгортки з малим кроком дозволяє значно підвищити роздільну здатність оцифровування за координатами пікселя за рахунок перекриття зон комутації як в межах одного пікселя стрічки, так і між стрічками. Такий підхід дозволяє зчитувати інформацію з мішені площиною, значно меншою за площину електронного променя, який зчитує інформацію, що забезпечує отримання додаткових даних для підвищення роздільної здатності (рис. 1).

В основу інформаційної технології програмно-керованих растрів для введення зображень покладено низку принципів. Принцип модульності, який полягає у реалізації основних програмно-апаратних компонентів інформаційної технології у вигляді функціонально завершених пристроїв (модулів), що мають вихід на стандартний інтерфейс. Модульний підхід при проектуванні системи вводу зображень сприяє стандартизації елементів, скороченню витрат на проектування та відсуває час морального старіння технічних засобів. Структура апаратних модулів повинна бути орієнтована на застосування НВІС. Впровадження НВІС має сприяти зменшенню габаритів, маси, споживання, а також збільшенню надійності та швидкодії системи шляхом перекладання на апаратну частину функцій програмних засобів, які найширше використовуються та є найважливішими. Апаратна реалізація таких функцій спрощується при реалізації їх на модулях з процесорною реалізацією, яка передбачає наявність пристроїв обробки, зберігання, управління та обміну. При цьому

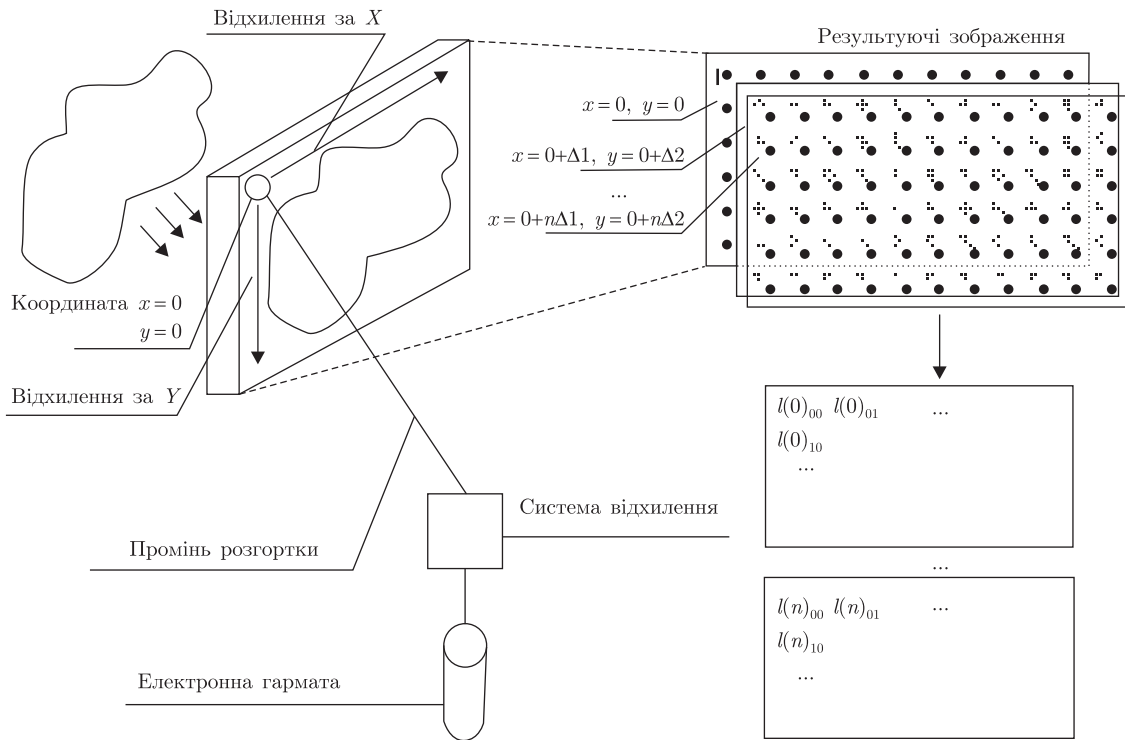


Рис. 1. Введення зображення за технологією програмно-керованого растру

на програмну частину покладаються функції керування та забезпечення взаємодії модулів системи комп'ютерного зору.

Принцип змінного складу обладнання передбачає наявність ядра системи комп'ютерного зору та змінних модулів, за допомогою яких система адаптується до вводу зображень різної природи.

Принцип відкритості програмного забезпечення системи передбачає створення системного та прикладного програмного забезпечення з максимальним використанням стандартних драйверів та програмних засобів та врахуванням можливості нарощування та вдосконалення.

Таким чином, технологія програмно-керованих растрів дозволяє створити високоефективну систему введення зображень з високими метрологічними характеристиками.

**Реалізація системи введення зображень з високою роздільною здатністю з використанням технології програмно-керованих растрів.** Основою системи є ядро та набір змінних модулів, які приєднуються до ядра системи залежно від вимог застосування. Ядро системи є постійним для всіх застосувань і має можливість розширення. Ядро системи складається з таких модулів: модуля оцифровування відеозображення, модуля цифро-аналогового формування розгортки та модуля управління.

Розглянемо реалізовану за вказаними принципами систему введення зображень для клітинної мікроскопії. Особливістю системи є застосування в якості фотоелектронного перетворювача дисектора для забезпечення високої чутливості (рис. 2).

Архітектура експериментального пристрою відбору зображень забезпечує специфічне керування, відбір, перетворення, передачу зображення в комп'ютер та формування необхідних режимів роботи дисектора ЛІИ-604 К. Система складається з таких вузлів:

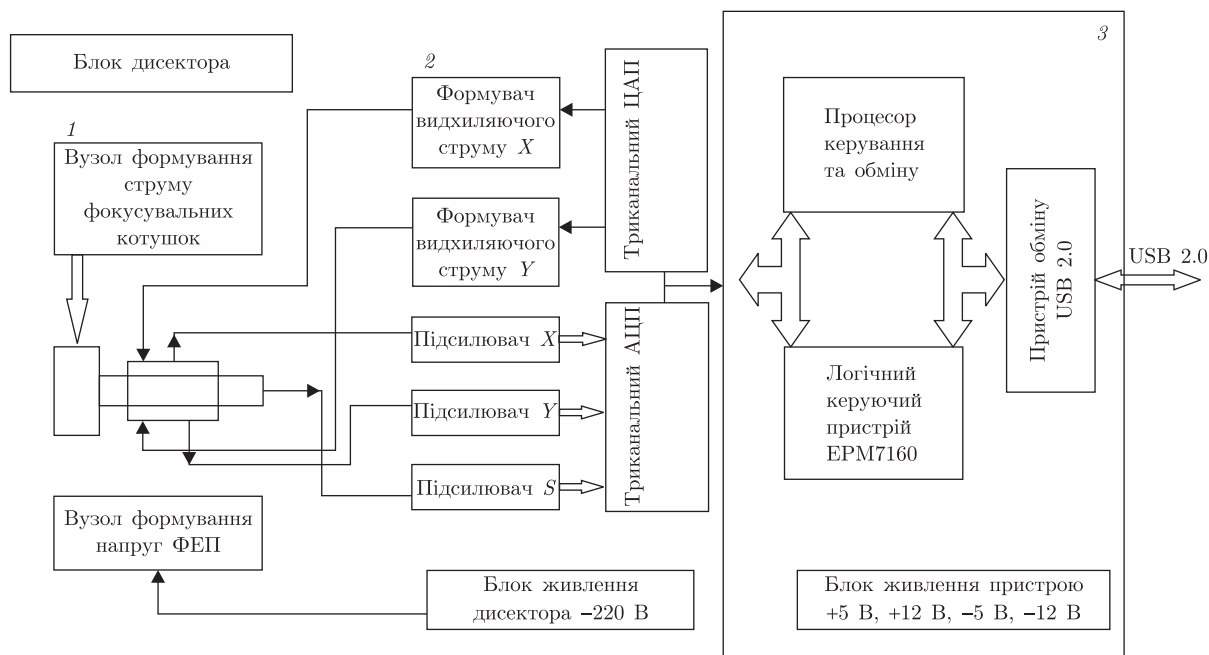


Рис. 2. Структура системи введення зображень з високою роздільною здатністю

функціонального блока фотоелектронного перетворювача, в якому розміщено дисектор ЛШ-604 К з відхиляючими та фокусувальними котушками, вузол формування струму фокусувальних котушок і вузол формування напруг ФЕП дисектора;

функціонального блока з підсилювачами сигналу дисектора та сигналів, пропорційних струму у відхиляючих котушках, формувачами відхиляючих струмів за координатами  $X$  і  $Y$ , трьох 12-розрядних цифро-аналогових перетворювачів формування відхиляючих сигналів за координатами  $X$ ,  $Y$  і фокусувального сигналу та триканального 14-розрядного аналого-цифрового перетворювача;

функціонального блока з процесором керування, логічним керуючим пристроєм та пристроєм обміну інформацією з комп'ютером і блоком живлення інтерфейсних схем;

функціонального блока високовольтного живлення дисектора.

Вихідний сигнал з дисектора, який містить інформацію про вхідне зображення, подається на вхід підсилювача і далі для оцифрування на АЦП. Через кола логічного керуючого пристрою після попереднього опрацювання дані з АЦП надходять через пристрій обміну та інтерфейс USB2.0 у комп'ютер для подальшого опрацювання та формування зображення. Необхідні дані для формування заданого типу розгортки завантажуються з комп'ютера. Процесор керування та обміну, логічний керуючий пристрій та ЦАП забезпечують формування сигналів розгортки  $X$ ,  $Y$  та струму фокусувальних котушок. Блок живлення дисектора забезпечує формування напруги 2 кВ для фокусування та формування напруг електронного помножувача дисектора.

Таким чином, розроблено технологію програмно-керованих растрів, яка полягає у програмно-апаратному формуванні розгортки та періоду зчитування, що забезпечує більш детальне сканування мішені приймаючого фотоелектронного перетворювача і, як наслідок, підвищення роздільної здатності зображень статичної сцени.

Використання нестандартних методів розгортки на основі технології програмно-керованих растрів забезпечує можливість введення окремих фрагментів сцени у полі зору і, відповідно, зменшення необхідного обсягу даних.

Використано інтегрований підхід до побудови системи введення зображень на основі технології програмно-керованих растрів, який завдяки поєднанню апаратних, алгоритмічних і програмних засобів забезпечує підвищення роздільної здатності та чутливості системи.

1. *Форсайт Д., Понс Ж.* Компьютерное зрение. Современный подход. – Москва; Санкт-Петербург; Киев, 2004. – 925 с.
2. *Гонсалес Р., Вудс Р.* Цифровая обработка изображений. – Москва: Техносфера, 2006. – 1072 с.
3. *Сліпченко М. І., Руденко О. Г., Сотников О. М. та ін.* Проблемно-орієнтовані і спеціалізовані обчислювальні засоби високої продуктивності: створення і застосування / Під ред. М. Ф. Бондаренка. – Харків: ХНУРЕ, 2011. – 492 с.
4. *Грицьк В. В., Кравець І. І., Опотяк Ю. В., Цмоць І. Г.* Апаратні засоби системи вводу зображень з високою роздільною здатністю // Інформаційні технології і системи. – 2005. – 8, № 1. – С. 123–135.
5. *Грицьк В. В., Опотяк Ю. В., Цмоць І. Г.* Інтегрований підхід до розробки високоефективних апаратних засобів інформаційних технологій обробки сигналів реального часу. Системні технології // Регіон. міжвуз. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ, 2006. – Вип. 6(47). – С. 84–95.

НУ “Львівська політехніка”  
Тернопільський національний технічний університет  
ДП “Львівський науково-дослідний радіотехнічний  
інститут”

Надійшло до редакції 12.11.2013

Член-корреспондент НАН України **В. В. Грицьк, А. Б. Бондарук,  
В. В. Грицьк, І. І. Кравець, Ю. В. Опотяк, І. Г. Цмоць**

### **Информационная технология программно-управляемых растров ввода изображений в системах компьютерного зрения**

*Разработана информационная технология программно-управляемых растров ввода изображений в системах компьютерного зрения. Определены принципы построения и создана система ввода изображений с высоким разрешением и чувствительностью для клеточной микроскопии. Предложены нестандартные программно-аппаратные методы формирования развертки, которые обеспечили возможность ввода отдельных фрагментов сцены в поле зрения и уменьшили необходимый объем данных.*

Corresponding Member of the NAS of Ukraine **V. V. Grytsyk, A. B. Bondaruk,  
V. V. Grytsyk, I. I. Kravets, Yu. V. Opotyak, I. G. Tsmots**

### **Information technology of software-controlled rasters for the image acquiring for computer vision systems**

*The information technology of program-controlled rasters for the image acquiring in computer vision systems is developed. The principles are defined, and the system of capturing images with high resolution and sensitivity for cell microscopy is created. Non-standard hardware and software methods for forming rasters that allow one to introduce individual fragments of scenes in the field of view and to reduce the required amount of data are proposed.*