

*Leakage from Optical Emanations (J. Loughry, D.A. Umphress). 4. Keyboard Acoustic Emanations (D.Asonov, R.Agrawal). 5. ClearShot Eavesdropping on Keyboard Input from Video (Davide Balzarotti, Marco Cova, and Giovanni Vigna). 6. Side Channel Attacks Using Optical Sampling Of Mechanical Energy And Power Line Leakage (A.Barisani, D.Bianco) 7. The PS/2 Keyboard Interface. 8. Технические средства и методы защиты информации: Учебник для вузов / Зайцев А.П., Шелупанов А.А., Мецерыков Р.В. и др.; под ред. А.П. Зайцева и А.А. Шелупанова. – М.: ООО “Издательство Машиностроение”, 2009. – 508 с. 9. ДЕРЖАВНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ Захист інформації. Технічний захист інформації. Терміни та визначення. ДСТУ 3396.2-97.*

УДК 621.384.3

В.І. Боженко

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра радіоелектронних пристроїв та систем

## ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ РІЗНИЦЕВОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ У ТЕПЛОВІЗІЙНІЙ КАМЕРІ НА ОСНОВІ ПІРОВІДИКОНА

© Боженко В.І., 2010

**Розглянуто варіанти структури відеопроцесора тепловізійної камери на основі піровідикона. Показано, що аналого-цифрова обробка зображення забезпечує зменшення еквівалентної шуму різниці температур і зменшену розрядність порівняно із цифровою обробкою.**

**In the article structure variants of pyrovidicon-based thermovision camera video processing unit are considered. Is shown that analog-digital image processing provides decreasing of the noise equivalent temperature difference and reduced number of digits in comparison with the digital processing.**

**Вступ.** Одним із різновидів сенсорів, що використовуються у тепловізійних камерах (ТК), є піроелектричні сенсори. Ці сенсори не потребують охолодження, що дає змогу виготовляти надійні портативні ТК, і мають таку корисну особливість, як чутливість лише до змінного інфрачервоного (ІЧ) випромінення. Ця особливість дає змогу істотно зменшити т.зв. геометричний (просторовий) шум, спричинений відмінностями чутливості елементарних приймачів структурованого сенсора чи зон суцільного сенсора порівняно із іншими різновидами сенсорів (наприклад, із мікроболометричними) [1].

Серед ТК камери на основі піроелектричних відиконів (ПЕВ) широко використовують для загальних призначень завдяки їх низькій вартості і доволі високим показникам. Однак такі ТК мають особливості функціонування, що спричиняють необхідність додаткової попередньої обробки відеосигналу [2].

По-перше, у зв'язку із необхідністю отримання змінного випромінення, ПЕВ та інші піроелектричні сенсори звичайно використовують модуляцію потоку ІЧ випромінення, яка здійснюється механічним обтюратором. Для забезпечення коректного режиму роботи модуляція повинна бути синхронізована з вертикальною розгорткою, звичайно у такий спосіб, щоб кожна фаза обтюратора відповідала одному полю розгортки. В такому режимі мішень ПЕВ поперемінно нагрівається і охолоджується, а накопичений заряд і відеосигнал мають різну полярність в полях розгортки, які відповідають відкритому та закритому станам обтюратора.

По-друге, для забезпечення коректного та повного зчитування потенціального рельєфу необхідно створювати т. зв. п'єдестал – додатне зміщення потенціалу сканованої поверхні мішені.

Отже, відеосигнал, генерований ПЕВ, може бути поданий як сума корисної компоненти з перемінною від поля до поля полярністю та компоненти, спричиненої п'єдесталом. П'єдестал звичайно формують методом вторинної електронної емісії під час зворотного ходу за рядком і він є достатньо неоднорідним (близько 15–30 %), передусім через неоднорідність коефіцієнта вторинної емісії та нелінійність сканування. Своєю чергою, це впливає на структуру фону зображення, збільшує еквівалентну шуму різницю температур, і спричинює просторову неоднорідність чутливості через залежність чутливості від рівня п'єдесталу.

Ці особливості істотно впливають на застосовані методи попередньої обробки сигналу і структуру відеопроцесора. У найпростішому випадку попередня обробка повинна забезпечити уніполярний відеосигнал й усунути компоненту п'єдесталу.

**Цифрова обробка.** Відповідно до згаданого вище, в тих самих рядках і різних полях розгортки, вихідний сигнал ПЕВ виглядає подібно до сигналу на рис. 1 (для режиму, коли період модуляції  $T_m$  містить два поля розгортки  $T_f$ ).

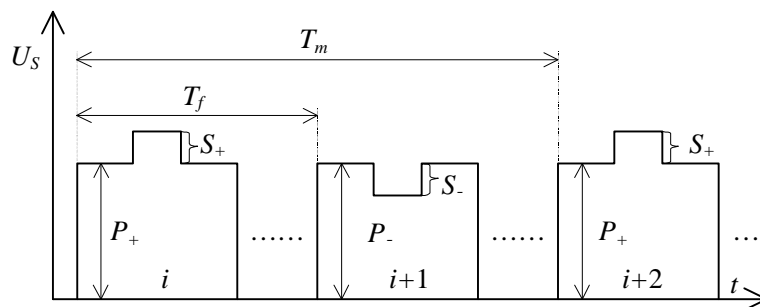


Рис. 1. Часова діаграма сигналу ПЕВ

Компоненти відеосигналу для відкритого ( $U_{S+}$ ) та закритого ( $U_{S-}$ ) положень обтюратора можна наближено виразити як:

$$U_{S+} = P_+ + S_+, \quad U_{S-} = P_- + S_-, \quad (1)$$

де  $P_+ \approx P_-$  – компоненти, які залежать від рівня п'єдесталу та температури обтюратора,  $S_+ \approx S_-$  – корисні компоненти сигналу.

Щоб усунути геометричний шум (корельований), спричинений неоднорідністю п'єдесталу і щоб отримати уніполярний відеосигнал, у ТК звичайно застосовується різницева обробка зображення (РОЗ). Класична РОЗ полягає у відніманні сигналів двох полів розгортки – зчитуваного у певний момент та затриманого в пам'яті кадру (ПК) [3]. Оскільки компонента п'єдесталу постійна від поля до поля, це дає змогу повністю усунути геометричний шум. Водночас корисна складова подвоюється, а некорельовані шуми зростають лише в  $\sqrt{2}$  рази, так що в загальному відношення сигнал/шум значно покращується.

Звичайно відеопроцесор, що реалізує РОЗ, складається з аналогово-цифрового перетворювача (АЦП), арифметично-логічного пристрою (АЛП) та ПК (рис. 2).

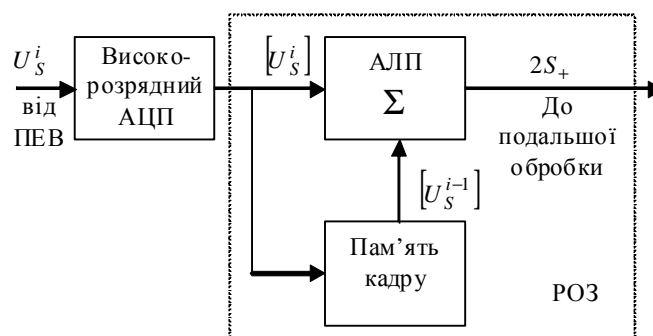


Рис. 2. Типова структура модуля різницевої обробки зображень

Цифровий відеопроцесор забезпечує обробку прямого та затриманого в ПК сигналів відповідно до:

$$[\Delta U_s^i] = (-1)^i \cdot ([U_s^i] - [U_s^{i-1}]) \approx [S_+] + [S_-] \approx [2S_+], \quad (2)$$

де  $i$  – номер поля розгортки,  $[\ ]$  – дужки позначають цифрову форму сигналу.

Переваги такої реалізації – простота та те, що оброблений сигнал отримується в кожному полі розгортки.

Для збереження результуючого кадру можливе також роздільне накопичення кадрів (рис. 3, а) [4]. Можливе також накопичення результуючого кадру (рис. 3, б), що економить пам'ять, оскільки тут п'єдестали не накопичуються [5]. А якщо у накопиченні взагалі немає потреби, можливе почергове запам'ятовування позитивного і результуючого кадрів (рис. 3, в) лише в одній пам'яті [6].

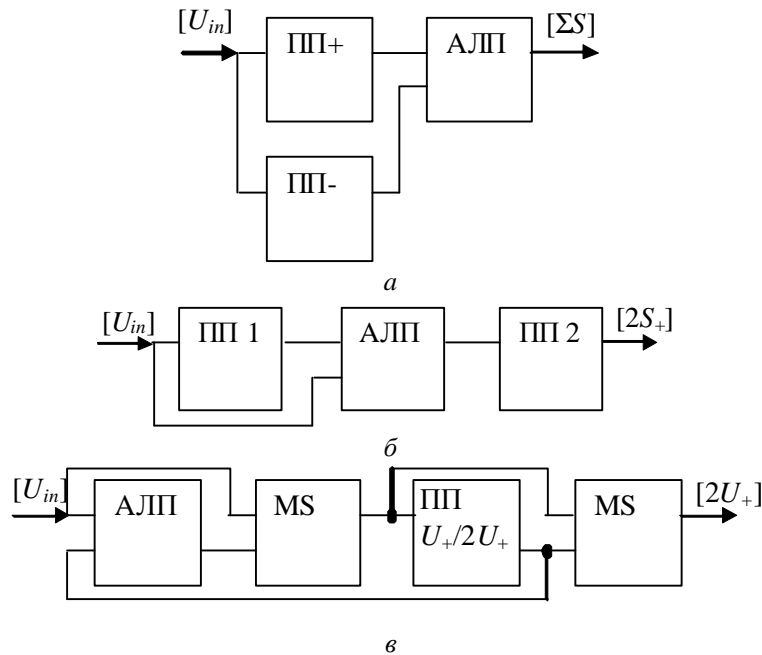


Рис. 3. Можливі варіанти цифрового модуля різницевої обробки зображень

Одна із головних проблем розроблення відеопроцесора полягає у виборі методу АЦП. Загалом, рівень п'єдесталу вищий в декілька разів ( $3 \div 10$ ) за амплітуду корисної компоненти, і тому при класичному підході виникають такі проблеми:

- неможливо досягти оптимального підсилення відеосигналу через насичення відеопідсилювача;
- динамічний діапазон АЦП не використовується оптимально, а корисна розрядність вихідного сигналу зменшується;
- через шум квантування АЦП подвоюється АЛП, що зменшує відношення сигнал/шум.

Зазвичай, щоб отримати 8–10 значущих бітів вихідного сигналу, використаний у класичній структурі відеопроцесора АЦП повинен бути як мінімум 12–14-розрядним та забезпечувати високу швидкість перетворення (для забезпечення мінімальної термодифузії часто застосовують високі частоти модуляції і полів). Розрядність усього вузла обробки також збільшується відповідно.

Отже, класична структура є або високовартісною, або її неможливо застосувати взагалі у випадку, коли необхідно отримати сигнал високої розрядності ( $>10$  бітів).

**Аналого-цифрова обробка.** Вимоги до швидкості перетворення можуть бути послаблені в разі використання паралельного з'єднання кількох АЦП. Однак тут виникають помилки узгодження, що викликає необхідність у додатковій коректуючій схемі і вартість вузла обробки значно зростає.

Покращена обробка може бути досягнута використанням послідовної двоступінчатої РОЗ – грубої та точної [7] – як показано на рис. 4.

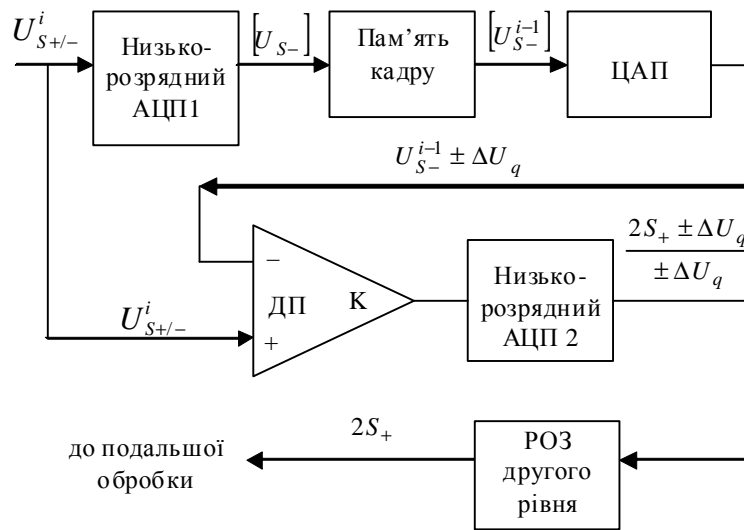


Рис. 4. Структура дворівневого модуля різницевої обробки зображень з низькорозрядними АЦП

Вузол обробки працює так. Сигнал, генерований у полі розгортки, яке відповідає закритому стану обтюратора ( $U_{S-}^i$ ), оцифровується низькорозрядним АЦП 1 і зберігається у ПК. Далі він знову перетворюється в аналогову форму і віднімається диференційним підсилювачем ДП від сигналу, який зчитується у цей час. На виході ДП отримуємо підсилений в  $K$  разів грубо виділений сигнал  $2S_+ \pm \Delta U_q$  для відкритого обтюратора і компоненту помилки  $\pm \Delta U_q$  (обробляється АЦП 1 та ЦАП) – для закритого. Це перший, грубший рівень обробки.

На другому рівні обробки другий низькорозрядний АЦП 2 оцифровує виділений сигнал з оптимальним динамічним діапазоном. РОЗ другого рівня повністю усуває з цього сигналу помилкову компоненту, оскільки  $\pm \Delta U_q$  лишається незмінним під час двох послідовних полів розгортки.

Ця структура вузла обробки дає змогу використовувати низькорозрядні АЦП і усунути більшість недоліків цифрової РОЗ. Недоліки цієї структури полягають у такому:

- складність – два АЦП, ЦАП, пам'ять на два поля розгортки;
- вихідний сигнал з'являється лише на кожне друге поле розгортки.

Вузол обробки, показаний на рис. 4, може бути спрощений вилученням АЦП2 і РОЗ другого рівня. Перевага такої структури полягає лише у зменшеному вдвічі рівні шумів квантування.

Подальші покращання полягають у використанні мультиплексування АЦП між РОЗ 1-го та 2-го рівнів, що дає змогу використати лише один АЦП. Пропонована структура вузла обробки для цього випадку показана на рис. 5.

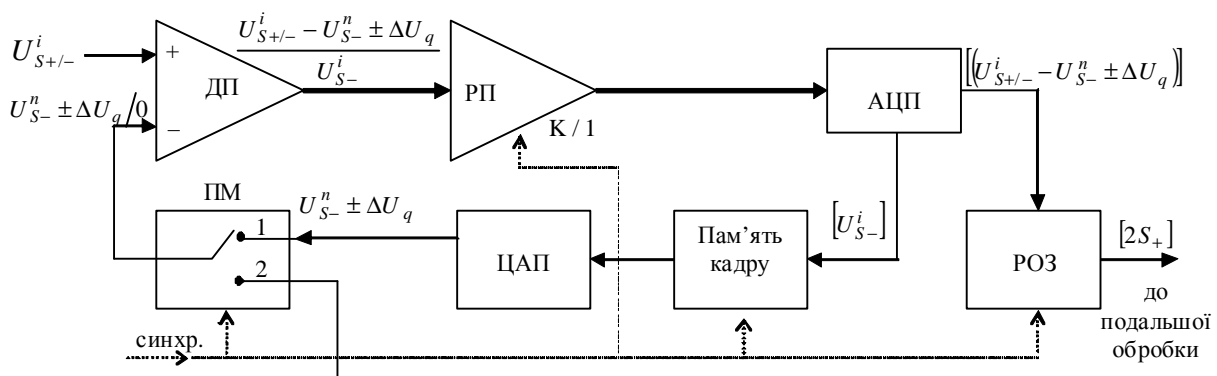


Рис. 5. Структура дворівневого модуля різницевої обробки зображень з одним АЦП

Цей варіант працює подібно до попереднього, за винятком того, що сигнал, збережений у ПК і використований для грубої РОЗ, запам'ятовується один раз на певну кількість полів розгортки  $N$  (наприклад, кожне 10-те поле). Це може бути здійснено тому, що компонента сигналу, спричинена п'єдесталом, змінюється в часі повільно і незначно.

Додаткові регульований підсилювач (РП) і перемикач (ПМ) введено, щоб реалізувати мультиплексування АЦП. Під час циклу оновлення ПК (обтюратор закритий) ПМ перебуває в позиції "2", підсилення РП встановлюється в "1". У цій фазі АЦП напряму оцифровує вхідний сигнал, який потім зберігається у ПК РОЗ першого рівня. Під час обробки сигналу підсилення РП становить  $K$  разів і ПМ перебуває у позиції "2". У кожному полі розгортки РП формує різницю генерованого та затриманого сигналів. Після оптимального підсилення у  $K$  разів АЦП оцифровує цю грубо наближену різницю. Далі сигнал подається на РОЗ другого рівня, яка усуває залишкову помилку.

Часова діаграма РОЗ для цього випадку показана на рис. 6.

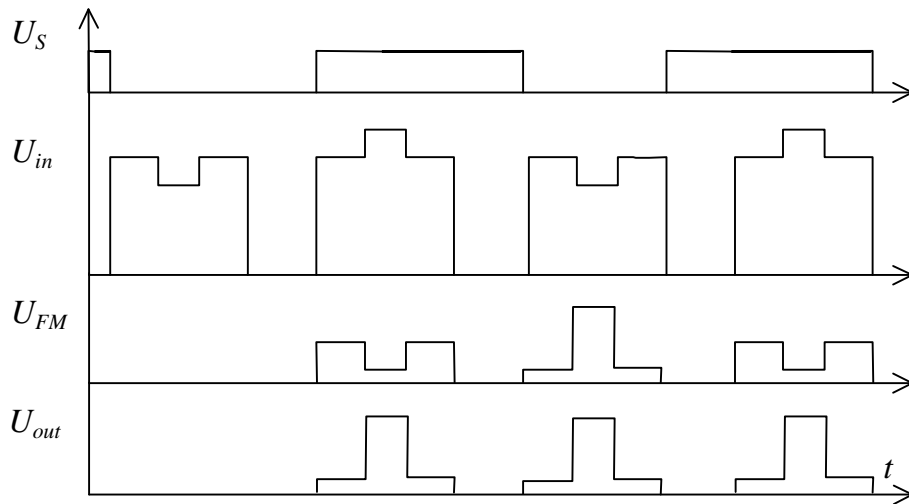


Рис. 6. Часові діаграми аналогово-цифрової різницевої обробки зображень

Цей варіант дає змогу обробляти сигнали від динамічних об'єктів. Розглянемо, що станеться, коли компонента п'єдесталу зміниться на  $\Delta P$  і корисна компонента зміниться на  $\Delta S$  з часу останнього оновлення ПК.

Сигнал на вході РОЗ 2-го рівня для відкритого обтюратора може бути виражений як:

$$(U_{S+}^i - U_{S-}^n \pm \Delta U_q) = 2S + \Delta S + \Delta P \mathbf{m} \Delta U_q \quad (3)$$

і для закритого як

$$(U_{S-}^i - U_{S-}^n \pm \Delta U_q) = -\Delta S + \Delta P \mathbf{m} \Delta U_q. \quad (4)$$

Після РОЗ 2-го рівня ми отримаємо

$$2S + \Delta S + \Delta P \mathbf{n} \Delta U_q - (-\Delta S + \Delta P \mathbf{n} \Delta U) = 2 \cdot (S + \Delta S), \quad (5)$$

так що цей варіант може нормально працювати з динамічними зображеннями.

Переваги цього алгоритму обробки – використання лише одного АЦП і генерування обробленого сигналу кожного поле розгортки (окрім 2 на  $N$  полів, використуваних для регенерації пам'яті).

**Висновки.** Розглянуто труднощі попередньої обробки відеосигналу формованого ПЕВ. Запропоновано покращені структурні схеми відеопроцесора, які дають змогу усунути недоліки стандартного процесора РОЗ. Отримані рішення дають змогу зменшити еквівалентну шуму різницю температур та використати лише один низькорозрядний АЦП.

1. Госсорг Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение. – М.: Мир, 1988, – 216 с. 2. Cosa A. The pyroelectric vidicon - a review // SPIE, pp. 25–32, Vol. 807, № 1, 1987. 3. Helmick C., Woodworth W. Improved performance from pyroelectric vidicon by image-difference processing //

*Ferroelectrics*. Pp. 390–397, № 10, 1976. 4. A. Shephard. *Today's infrared-reading vidicons* // *Electronics*. Pp. 24–35, № 24, 1977. 5. Боженко В., Боженко І., Кондратов П. Патент України на корисну модель № 27117 (МПК H04N 5/33). Пристрій для формування комплексного зображення. Опубл. 25.10.2007, бюлетень № 17. 6. Боженко В.И., Кондратов П.А. Методы динамического накопления кадров в тепловизионной камере // *Системы контроля окружающей среды. Средства и мониторинг. Сборник научных трудов НАНУ. – Севастополь: МГИ, 2008. – С.119–121.* 7. Bozhenko I., Bozhenko V., Kondratov O., Kondratov P. *Research of Image Difference Processing Ways in Thermovision Camera Based on Pyrovidicon* // *3-rd International Conference ACSN-2007. – Lviv, 2007. – P. 181 – 183.*

УДК 681.325

І.Я. Тишик

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра захисту інформації

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОПРАЦЮВАННЯ ЗОНДОВАНИХ ШИРОКОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯМ

Ó Тишик І.Я., 2010

**З метою підвищення точності оцінки параметрів руху об'єктів здійснено опрацювання широкосмугових зонduючого і відбитого сигналів на основі їх вейвлет-перетворення. Результати моделювання підтверджують ефективність використання вейвлет-перетворення для опрацювання таких сигналів.**

**With purpose the rise of estimation accuracy of objects motion parameters the wideband sounding and echo signal processing is carried out on the basis of their wavelet transform. Design results confirm efficiency of the use wavelet transform for the such signal processing.**

**Вступ.** Використання широкосмугових сигналів для локації об'єктів розширяє можливості покращання оцінки їх динамічних параметрів і характеристик супроводу. Однак відомо, що під час аналізу та оброблення таких сигналів виникає проблема забезпечення необхідної точності та роздільної здатності в широкому частотному діапазоні [1].

При відбиванні широкосмугового зонduючого сигналу від об'єкта повною мірою не враховуються зсуви фаз різних його частотних складових. З огляду на це, відбитий сигнал істотно спотворюється відносно зонduючого, а можлива наявність завад, крім того, значно погіршує точність оцінки параметрів руху об'єктів [2].

**Аналіз досліджень та публікацій.** У сучасних системах локації для оцінки параметрів руху об'єктів широко використовуються методи оброблення сигналів на основі доплерівської фільтрації [3]. Для зондування у них використовуються сигнали неперервного та імпульсного типу. Використання неперервних сигналів не дає змоги отримати добру роздільну здатність щодо віддалі, що унеможлиблює розрізнення об'єктів, розташованих близько один від одного. З метою усунення вказаного недоліку часто використовують імпульсні сигнали, які дають змогу отримати достатню роздільну здатність як за віддаллю, так і за швидкістю. Зонduючий сигнал такого виду переважно являє собою радіоімпульс з прямокутною обвідною. Спотворення обвідної радіоімпульсу прийнятого сигналу відбувається у вхідних колах приймача, що призводить до погіршення точності оцінювання параметрів руху об'єкта [4].