

## СИСТЕМА ЦИФРОВОГО РЕЄСТРУВАННЯ АНАЛОГОВИХ СИГНАЛІВ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Запропоновано вдосконалені методи обробки сигналів із ваговою надлишковістю для аналого-цифрових і цифро-аналогових перетворювачів, що покращують лінійність та стабільність роботи системи цифрового реєстрування.

**Ключові слова:** реєстрування сигналів, вагова надлишковість, АЦП, ЦАП.

### Abstract

Improved signal processing methods with weight redundancy for analog-to-digital and digital-to-analog converters are proposed, which improve the linearity and stability stability of the digital recording system.

**Keywords:** signal recording, weight redundancy, ADC, DAC.

### Вступ

У першій половині ХХ століття для реєстрації та оброблення інформації використовували аналогові електронні пристрої, які працювали в реальному часі. Однак ситуація кардинально змінилася із розвитком цифрових обчислювальних технологій. Цифрові методи реєстрування та оброблення сигналів виявилися значно точнішими й ефективнішими, що зробило їх промисловим стандартом. Практична реалізація таких систем потребує використання АЦП і ЦАП, що відповідають за дискретизацію та відновлення аналогових сигналів [1]. Важливим параметром цих пристроїв є розрядність, яка впливає на співвідношення сигнал/шум. Ще одним ключовим показником є швидкість перетворення вхідного сигналу на цифровий код. Досягти одночасно високої швидкості та великої розрядності є складним завданням, через що було розроблено різноманітні типи АЦП.

Метою роботи є підвищення швидкодії і точності системи цифрового реєстрування аналогових сигналів, побудованої на низькочастотних аналогових вузлах, шляхом оптимізації алгоритмів обробки сигналів та вдосконалення структурних схем АЦП і ЦАП з ваговою надлишковістю.

### Основна частина

Сучасні технології активно використовують цифровий запис аналогових низькочастотних сигналів. Суть цього підходу полягає в тому, що для точного відтворення сигналу на приймальній стороні не потрібно передавати весь сигнал, а лише його періодичні відліки. Цифрові системи запису працюють на основі перетворення вхідного аналогового сигналу в цифрову форму, а вихідного цифрового сигналу — в аналогову форму. Для цього використовуються аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) і цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП) [2]-[3].

Структурна схема цифрової системи перетворення та передавання аналогових сигналів зображена на рисунку 1.

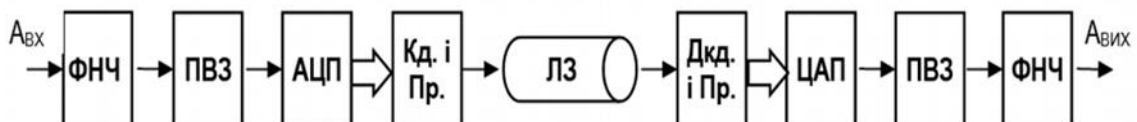


Рисунок 1 — Структурна схема цифрової системи перетворення та передавання аналогових сигналів

Основним елементом реалізації систем цифрового реєстрування з високою лінійністю відтворення аналогових сигналів є пристрої, що виконують процеси дискретизації та відновлення сигналів, а саме АЦП і ЦАП. Найшвидшими серед АЦП є паралельні пристрої, однак вони характеризуються значною апаратною складністю та високим енергоспоживанням. Паралельно-послідовні АЦП є більш енергоефективними, але й вони не позбавлені цих недоліків. Найбільш поширеними є АЦП порозрядного врівноваження, проте їх швидкодія залишається обмеженою. Перспективним напрямком значного (у 5–10 разів) підвищення швидкодії багаторозрядних АЦП порозрядного врівноваження є

використання вагової надлишковості, реалізованої на основі надлишкових позиційних систем числення (НПСЧ). Тип НПСЧ визначається архітектурою ЦАП, що входить до складу АЦП порозрядного врівноваження. Застосування НПСЧ дає змогу покращити характеристики АЦП і ЦАП за двома ключовими аспектами. По-перше, час перетворення для багаторозрядного АЦП (14–16 біт) можна скоротити у 5–10 разів. По-друге, це дозволяє будувати ЦАП на низькоточних елементах за спрощеною технологією, що не потребує лазерного припасування ваг розрядів. Наприклад, використання НПСЧ на основі «золотої» пропорції з похибкою формування ваг розрядів до 20% забезпечує безперервність характеристики перетворення ЦАП, оскільки похибка диференційної лінійності відсутня [4].

Таким чином, під час перетворення вхідного аналогового сигналу на код у прискорених АЦП порозрядного врівноваження необхідно лише врівноважити вхідний сигнал з похибкою, що відповідає вазі молодшого розряду. Якщо отриманий код перетворити назад у аналогову форму за допомогою ЦАП, різниця між вхідною величиною АЦП та вихідною величиною ЦАП не перевищуватиме похибку зсуву нуля компаратора АЦП. Для всіх можливих значень вхідного сигналу АЦП вихідний сигнал ЦАП буде мати лише адитивну похибку, а нелінійні спотворення у характеристиках перетворення АЦП і ЦАП будуть відсутні.

### Висновки

Отже, вдосконалення системи цифрового реєстрування аналогових сигналів, побудованої на низькоточних аналогових вузлах, дає можливість покращити точність та швидкість збору даних за рахунок покращення методів оброблення та фільтрації сигналів. Використання нових структурних та принципових схем вузлів системи реєстрування, зокрема блоків АЦП і ЦАП із ваговою надлишковістю, дозволять значно покращити лінійність характеристик пристроїв, підвищити стабільність сигналу та зменшити похибки перетворення. Розглянутий метод кодування та декодування аналогових величин забезпечить високу лінійність характеристик відтворення сигналів у системі цифрового реєстрування.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. О. Д. Азаров, Основи теорії аналого-цифрового перетворення на основі надлишкових позиційних систем числення : Монографія. Вінниця, Україна: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004
2. О. Д. Азаров, Аналого-цифрове порозрядне перетворення на основі надлишкових систем числення з ваговою надлишковістю : Монографія. Вінниця, Україна : ВНТУ, 2010.
3. Л. В. Крупельницький, О. Д. Азаров, Аналого-цифрові пристрої систем, що самокоригуються, для вимірювань і оброблення низькочастотних сигналів : монографія. Вінниця, Україна: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005.
4. О. Д. Азаров, С. В. Богомолів, М. Р. Обертюх, А. С. Фігас, Високолінійні системи цифрової реєстрації сигналів : монографія — Вінниця: ВНТУ, 2024. — 124 с.

**Вертоградський Андрій Юрійович** – студент групи 2КІ-23м, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [vertohradskyi@gmail.com](mailto:vertohradskyi@gmail.com) .

Науковий керівник: **Азаров Олексій Дмитрович** – доктор технічних наук, професор кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

**Vertohradskyi Andrii** – student of group 2KI-23m, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [vertohradskyi@gmail.com](mailto:vertohradskyi@gmail.com) .

Supervisor: **Azarov Oleksiy** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.