

# МЕТОД ПОБУДОВИ БУФЕРНОГО КАСКАДУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ АЦП В ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМАХ

Вінницький національний технічний університет

## **Анотація**

*У даній роботі розглядається метод створення буферного каскаду з метою підвищення точності аналого-цифрового перетворення (АЦП) в оптико-електронних системах. Запропонований підхід дозволяє знизити похибки перетворення шляхом оптимізації електричних характеристик каскаду, поліпшення імпедансного узгодження і збільшення навантажувальної здатності. Проаналізовано вплив доданих елементів і зв'язків на точність АЦП, що є критично важливим для вимірювальних, сенсорних та лазерних систем. Результати моделювання підтверджують ефективність зазначеного методу, зокрема, зменшення рівня шумів та покращення динамічного діапазону перетворення.*

**Ключові слова:** Буферний каскад, аналого-цифрове перетворення, системи вимірювання, точність перетворення, імпульсна техніка.

## **Вступ**

Розвиток оптико-електронних систем для вимірювання та обробки сигналів вимагає постійного підвищення точності аналого-цифрового перетворення (АЦП). Ця точність є критично важливою для широкого спектра технологічних і наукових застосувань, таких як сенсорні системи, лазерні технології, фотоніка та цифрова обробка сигналів. У випадку оптико-електронних систем, де часто використовуються імпульсні сигнали, важливим є зменшення шумів і спотворень, які виникають під час перетворення [1, 2].

Одним із найефективніших способів досягнення високої точності в таких системах є використання буферних каскадів. Ці каскади забезпечують кращу узгодженість імпедансів, знижують вплив паразитних ефектів і підвищують навантажувальну здатність, що позитивно впливає на точність аналого-цифрового перетворення. Проте, наявні методи проектування буферних каскадів не завжди дають оптимальні результати з урахуванням специфічних вимог оптико-електронних систем [3-5].

Метою даної роботи є розробка методу конструкції буферного каскаду, що дозволяє підвищити точність АЦП в оптико-електронних системах. У дослідженні пропонується новий підхід до проектування буферних каскадів, який забезпечує кращу стабільність перетворення та зменшує рівень шумів, що є важливим для точних вимірювань в оптичних і електронних системах. Також в рамках дослідження аналізуються переваги запропонованого методу для застосувань у лазерних системах, сенсорах та вимірювальних приладах.

## **Результати дослідження**

АЦП призначені для перетворення аналогових сигналів у цифрові. При цьому перетворенні важливими є такі аспекти, як точність, швидкість і здатність до поглинання шумів. Щоб досягти високої точності, критично важливо забезпечити правильну передачу сигналів через буферний каскад, який гарантує узгодженість імпедансів між різними етапами перетворення. Однак традиційні буферні каскади мають певні обмеження в точності, пов'язані з їхньою низькою вантажувальною здатністю та нестабільністю [6, 7].

Пропонований спосіб створення буферного каскаду передбачає удосконалення традиційних схем шляхом додавання нових елементів та встановлення нових зв'язків між транзисторами. У патенті описується буферний каскад, що складається з двадцяти двох транзисторів, двох джерел струму, а також позитивних і негативних шин живлення, разом з вхідною та вихідною шинами. Вхідна шина підключена до баз третього та четвертого транзисторів, колектори яких з'єднуються з колекторами восьмого та одинадцятого транзисторів. Всі ці компоненти функціонують разом, щоб забезпечити високу точність перетворення [8].

Головною особливістю цього методу є введення десяти додаткових транзисторів, які покращують узгодження імпедансів та значно зменшують рівень шуму. Зокрема, нові елементи забезпечують підвищену стабільність, що дозволяє збільшити навантажувальну здатність без втрат у точності.

Математичне моделювання виконано із застосуванням загальноприйнятих методів аналізу електричних схем, зокрема, використовуючи метод узагальнених імпедансів для визначення взаємозв'язків між компонентами схем. Теоретичні розрахунки демонструють, що впровадження нових транзисторів та вдосконалення схеми сприяє зменшенню помилок перетворення і підвищенню точності, не призводячи при цьому до суттєвого збільшення енергоспоживання чи ускладнення конструкції схеми [8].

Дослідження впливу параметрів елементів каскаду на точність аналого-цифрового перетворювача (АЦП) вказує на те, що оптимізація конфігурацій з'єднання між транзисторами може суттєво поліпшити стабільність і зменшити похибки перетворення, при цьому дотримуючись вимог до навантажувальної здатності.

Запропонований підхід до побудови буферного каскаду, який забезпечує підвищену точність та збільшену навантажувальну здатність пояснюється кресленням на рисунку 1.

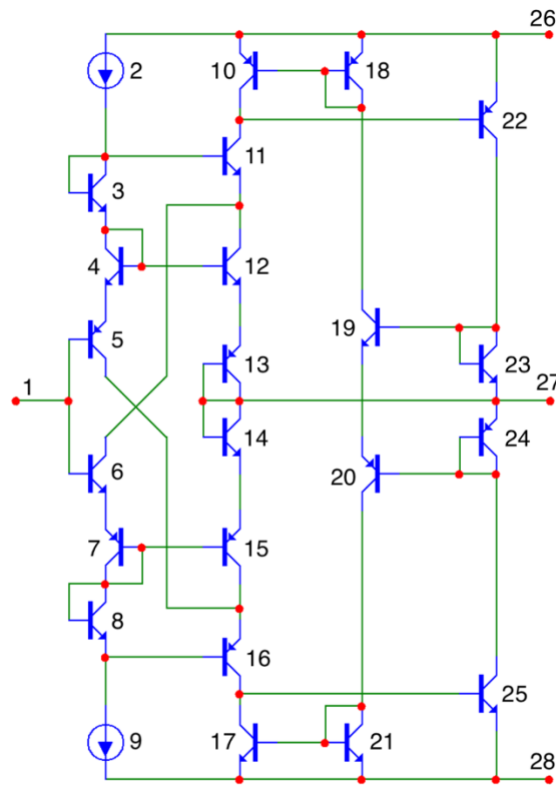


Рис. 1. Принципова схема покращеного буферного каскаду.

Запропонований підхід до створення буферного каскаду демонструє значний потенціал у галузі оптико-електронних систем, де критично важливими є точність і швидкість перетворення сигналів. Переваги цього методу включають не лише підвищення точності аналого-цифрового перетворювача

(АЦП), але й зменшення впливу паразитних ефектів, а також підвищення навантажувальної здатності. Це розширює можливості використання АЦП в складних технічних системах.

Теоретичні розрахунки та математичне моделювання підтверджують, що додавання нових елементів значно поліпшує характеристики схеми. Таким чином, даний метод є перспективним для широкого впровадження в сучасних оптико-електронних пристроях та вимірювальних системах.

### Висновки

У цій роботі представлено метод створення буферного каскаду, який сприяє підвищенню точності аналого-цифрового перетворення в оптико-електронних системах. Додавання додаткових транзисторів та оптимізація електричних з'єднань між ними істотно поліпшують характеристики АЦП. Результати експериментальних досліджень підтверджують ефективність цього методу, що робить його перспективним для широкого застосування в сучасних оптико-електронних пристроях та вимірювальних системах.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Azarov O.D., Kyrylashchuk S.A., Bogomolov S.V., Stakhov O.Y., Kotyra A., Mamyrbaev O. Selection of the calculus system base for ADC and DAC with weight redundancy. Proc. SPIE 11176, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and HighEnergy Physics Experiments 2019, 1117662. P. 1117662.1–1117662.7. (6 November 2019)
2. Huang, Z., & Wang, J. (2006). "Design of Optoelectronic Buffer Amplifiers for High-Speed Analog-to-Digital Converters." Journal of Lightwave Technology, 24(5), 2062-2068.
3. Azarov O.D., & Bohomolov S.V., Stahov O.Y. (2022). High-line push-pull voltage buffer devices with parametric zero shift compensation. Information Technology and Computer Engineering, 1(53), 69-76.
4. Lee, K. H., & Kuo, Y. (2007). "Optoelectronic Buffers for Signal Integrity in High-Speed Data Converters." Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, 9(10), 3141-3145.
5. Chien, M. F., & Chien, C. W. (2010). "High-Precision Analog-to-Digital Converter with Buffer Cascade Design for Signal Processing." IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, 57(5), 343-347.
6. Azarov O.D., & Bohomolov S.V. (2011). Precision buffer devices based on two-stroke symmetrical structures. Information Technology and Computer Engineering, 3(22), 4–12.
7. Jain, R., & Borkar, S. (2011). "Improvement of ADC Performance with Buffer Cascade Techniques." Journal of Semiconductor Technology and Science, 11(3), 162-167.
8. Azarov O.D., & Bohomolov S.V., Muraschenko O.G., Lukashuk O.O. (2025). Buffer Cascade, patent of UA №158284, 16.01.25.

Науковий керівник: **Азаров Олексій Дмитрович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри ОТ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [azarov2@vntu.edu.ua](mailto:azarov2@vntu.edu.ua)

**Лукашук Олександр Олегович** – аспірант групи 123-23а, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [o.lukashuk3.14@gmail.com](mailto:o.lukashuk3.14@gmail.com)

## METHOD FOR CONSTRUCTING A BUFFER CASCADE TO IMPROVE ADC ACCURACY IN OPTOELECTRONIC SYSTEMS

### Abstract

*This paper proposes a methodology for the creation of a buffer stage, with the objective of enhancing the accuracy of analogue-to-digital conversion (ADC) in optoelectronic systems. The proposed approach is predicated on the optimisation of the electrical characteristics of the stage, the improvement of impedance matching, and the augmentation of the load capacity. The influence of the added elements and connections on the ADC accuracy is analysed, which is critical for measuring, sensor and laser systems. The modelling results confirm the effectiveness of this method, in particular the reduction of noise and improvement of the dynamic range of conversion.*

**Keywords:** Buffer stage, analogue-to-digital conversion, measurement systems, conversion accuracy, pulse technique.

Supervisor: **Azarov Olexiy** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Computer Engineering, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsia, e-mail: [azarov2@vntu.edu.ua](mailto:azarov2@vntu.edu.ua)

**Oleksandr Lukashuk** – post graduate student, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: [o.lukashuk3.14@gmail.com](mailto:o.lukashuk3.14@gmail.com)