

РОЛЬ КОМП'ЮТЕРНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ У ВДОСКОНАЛЕННІ ТЕХНОЛОГІЙ БАГАТОКАНАЛЬНИХ АНАЛОГО-ЦИФРОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У статті розглянуто взаємодію комп'ютерних інтелектуальних систем із технологіями багатоканальних аналого-цифрових перетворювачів (АЦП). Комп'ютерні інтелектуальні системи, зокрема алгоритми штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН), відіграють важливу роль в оптимізації процесу перетворення аналогових сигналів у цифрові дані. Зокрема, використання таких систем дозволяє покращити точність та швидкість АЦП через автоматичне налаштування параметрів та управління сигналами. Окрім того, інтелектуальні алгоритми дозволяють прогнозувати та коригувати помилки в реальному часі, підвищуючи ефективність роботи систем. У статті також наведені приклади практичної реалізації, зокрема адаптація параметрів перетворювачів на основі зовнішніх умов і застосування нейронних мереж для вдосконалення обробки багатоканальних сигналів. Висвітлено перспективи подальшого розвитку аналого-цифрових перетворювачів із використанням інтелектуальних систем, зокрема можливості створення "розумних" перетворювачів, що самонавчаються та адаптуються до умов роботи.

Ключові слова: Аналого-цифровий перетворювач (АЦП), багатоканальний АЦП, комп'ютерні інтелектуальні системи, штучний інтелект (ШІ), машинне навчання (МН), прогнозування помилок, оптимізація перетворення сигналів, нейронні мережі, вагова надлишковість, прискорене врівноваження.

Abstract

This article discusses the interaction of computer-intelligent systems with multichannel analogue-to-digital converter (ADC) technologies. Intelligent computer systems, in particular artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) algorithms, play an important role in optimising the process of converting analogue signals into digital data. In particular, the use of such systems allows the accuracy and speed of the ADC to be improved through automatic parameter setting and signal management. In addition, intelligent algorithms make it possible to predict and correct errors in real time, thus increasing the efficiency of the systems. The article also provides examples of practical implementation, in particular the adaptation of converter parameters based on external conditions and the use of neural networks to improve the processing of multi-channel signals. The prospects for further development of analogue-to-digital converters using intelligent systems are highlighted, in particular the possibility of creating 'smart' converters that are self-learning and adapt to operating conditions.

Keywords: Analog-to-digital converter (ADC), multi-channel ADC, computer intelligent systems, artificial intelligence (AI), machine learning (ML), error prediction, optimization of signal conversion, neural networks, weight redundancy, accelerated balancing.

Вступ

Сучасні технології аналітики та обробки сигналів все більше потребують ефективних рішень для перетворення аналогових даних у цифровий формат. Багатоканальні аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) забезпечують можливість одночасної обробки кількох сигналів, що є необхідним для систем реального часу та великих обсягів даних. Однак традиційні методи перетворення стикаються з низкою викликів, таких як зниження точності, обмежена швидкість обробки та підвищені вимоги до енергоефективності.

У відповідь на ці виклики, все більшу роль відіграють комп'ютерні інтелектуальні системи, що базуються на технологіях штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН). Ці системи здатні не

лише адаптувати процеси перетворення під поточні умови, але й прогнозувати та коригувати потенційні помилки в реальному часі. Застосування таких інтелектуальних рішень дозволяє значно підвищити ефективність багатоканальних АЦП, забезпечуючи вищу точність і швидкість роботи, а також зниження енергоспоживання.

У цій статті розглядаються можливості та перспективи використання комп'ютерних інтелектуальних систем для вдосконалення технологій багатоканальних аналого-цифрових перетворювачів, з акцентом на інтеграцію штучного інтелекту та оптимізаційних алгоритмів.

Результати дослідження

1. Комп'ютерні інтелектуальні системи

Комп'ютерні інтелектуальні системи (КІС) є важливою частиною сучасних технологій, здатних вирішувати завдання, що вимагають інтелектуальної діяльності, аналогічної до людської. До таких завдань належать розпізнавання образів, класифікація даних, прогнозування на основі наявних даних, прийняття рішень, планування дій у складних умовах та адаптація до змінних факторів. Комп'ютерні інтелектуальні системи використовують алгоритми штучного інтелекту (ШІ), машинного навчання (МН), глибокого навчання та нейронних мереж для підвищення ефективності та точності в різних галузях.

Приклади застосування КІС охоплюють:

- Медичну діагностику: ШІ системи можуть допомагати у виявленні захворювань, аналізуючи зображення або інші медичні дані швидше й точніше, ніж традиційні методи.
- Автомобільну промисловість: інтелектуальні системи знаходять застосування у системах автоматичного керування транспортними засобами, як-от самокеровані автомобілі.
- Обробку сигналів: У системах зв'язку та передачі даних, інтелектуальні алгоритми допомагають зменшити рівень шуму та інтерференції.
- Автоматизацію виробництва: КІС використовуються для вдосконалення процесів на виробничих лініях, забезпечуючи автоматизацію, контроль якості та оптимізацію виробничих процесів [1].

2. Багатоканальний аналого-цифровий перетворювач (АЦП)

Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) – це пристрій, який перетворює аналогові сигнали, наприклад електричні напруги або струми, в цифрові сигнали, які можна обробляти за допомогою комп'ютерних систем. АЦП відіграє ключову роль у будь-якій системі, де необхідно перетворювати фізичні параметри в цифровий формат, зокрема в таких сферах, як телекомунікації, вимірювальні прилади та системи керування.

Багатоканальні АЦП мають здатність одночасно обробляти кілька каналів аналогових сигналів, що є важливим для систем, які потребують високої швидкості обробки даних. Це особливо корисно в таких галузях, як:

- Радіолокація та радіозв'язок: для одночасного збору даних з кількох джерел і їх швидкої обробки.
- Медична діагностика: у приладах, які вимірюють електричні сигнали від різних датчиків одночасно, наприклад, в ЕКГ.
- Авіоніка та космічні технології: багатоканальні АЦП необхідні для обробки великої кількості сигналів в режимі реального часу.

Метод прискореного врівноваження з ваговою надлишковістю є одним із методів, що підвищують точність і швидкість роботи АЦП. Він базується на використанні надлишковості даних для мінімізації похибок, викликаних флуктуаціями напруги чи шумами. Цей метод дозволяє компенсувати неточності вхідних сигналів, що робить перетворювачі більш точними та стабільними навіть за складних умов експлуатації [2].

3. Точка поєднання: Взаємодія систем

3.1. Роль інтелектуальних систем в АЦП

Вдосконалення технологій АЦП за допомогою інтелектуальних систем має потенціал для значного підвищення продуктивності та ефективності процесу перетворення сигналів. Одним із важливих напрямків інтеграції є адаптивне налаштування параметрів перетворення в реальному часі. За допомогою алгоритмів ШІ та МН можна автоматично налаштовувати параметри АЦП відповідно до поточних умов зовнішнього середовища або характеристик сигналу, що забезпечує:

- Підвищення точності: інтелектуальні системи можуть постійно відстежувати вхідні сигнали та коригувати параметри перетворення для забезпечення максимально точного результату.
- Оптимізація продуктивності: ШІ здатний керувати потоками даних у багатоканальних системах, забезпечуючи оптимальну роботу кожного каналу відповідно до вимог конкретного завдання.
- Зниження енергоспоживання: інтелектуальні алгоритми можуть знижувати витрати енергії шляхом адаптивного керування ресурсами перетворювачів [3].

3.2. Інтелектуальні алгоритми для вдосконалення АЦП

Застосування інтелектуальних алгоритмів у багатоканальних АЦП відкриває нові можливості для прогнозування та корекції помилок під час процесу перетворення. Алгоритми машинного навчання можуть використовуватися для виявлення шаблонів у сигналі, що дозволяє прогнозувати можливі помилки або викривлення в процесі перетворення й коригувати їх у режимі реального часу. Це досягається за допомогою:

- Прогнозування похибок: на основі аналізу попередніх даних система здатна передбачати можливі помилки або неточності.
- Корекція сигналу в режимі реального часу: система автоматично коригує параметри перетворення, забезпечуючи постійну оптимізацію якості сигналу.
- Алгоритми оптимізації: інтелектуальні системи виконують алгоритми оптимізації на рівні апаратного забезпечення, що зменшує навантаження на обладнання, знижує енергоспоживання та підвищує ефективність [4, 5].

4. Реалізація та приклади

4.1. Моделювання та аналіз в реальному часі

Інтелектуальні системи дозволяють реалізувати процес моделювання та аналізу даних в реальному часі, що є важливим аспектом при роботі з багатоканальними АЦП. За допомогою таких систем можна:

- Моделювати процес перетворення: інтелектуальні алгоритми можуть моделювати процес перетворення сигналу, допомагаючи передбачити можливі похибки ще до початку фактичного перетворення.
- Аналізувати сигнали: ШІ системи здатні автоматично відстежувати параметри вхідних сигналів, виявляючи аномалії, шум або інші спотворення, які можуть вплинути на якість перетворення.
- Постійне налаштування параметрів: у режимі реального часу алгоритми можуть автоматично коригувати параметри системи для досягнення найкращої якості сигналу при мінімальному енергоспоживанні [6-8].

4.2. Приклад практичної реалізації

У цьому підрозділі наведено конкретні приклади застосування інтелектуальних систем у багатоканальних АЦП:

- Приклад 1: застосування алгоритмів ШІ для автоматичної адаптації параметрів АЦП залежно від зовнішніх умов. Наприклад, зміни температури чи напруги можуть викликати викривлення сигналу, але інтелектуальні алгоритми здатні врахувати ці зміни і відповідно налаштувати параметри системи.

- Приклад 2: використання нейронних мереж для покращення обробки багатоканальних сигналів. Завдяки нейронним мережам система може ефективніше обробляти великі обсяги даних, забезпечуючи точність навіть за умови роботи з високошвидкісними сигналами.

Висновок

Використання таких систем дозволяє створювати більш точні, надійні та адаптивні АЦП, які можуть працювати в складних умовах та з великою кількістю каналів даних.

Синергія між інтелектуальними системами та АЦП забезпечує:

- Точність: постійне покращення якості перетворення завдяки адаптації параметрів у реальному часі.
- Ефективність: підвищення швидкості роботи багатоканальних систем при зниженні енергоспоживання.

- Надійність: автоматичне коригування похибок та оптимізація роботи системи для забезпечення стійкості до змін зовнішніх факторів.

Ця тема відкрита для майбутніх викликів та перспектив розвитку технологій. Основними напрямками для подальших досліджень є:

- Оптимізація ШІ-алгоритмів для роботи на апаратному рівні: потреба у розробці енергоефективних алгоритмів, які можуть працювати на рівні апаратного забезпечення з мінімальними витратами ресурсів.

- Інтеграція інтелектуальних систем у масштабні проекти: потреба у створенні систем, які здатні працювати з величезними обсягами даних, зберігаючи високу точність і швидкість обробки.

- Подальший розвиток багатоканальних АЦП: застосування нових методів аналого-цифрового перетворення, які будуть ще швидшими та точнішими за допомогою інтелектуальних систем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сидоренко, О. В. Штучний інтелект: принципи, технології та перспективи. Харків: Вид-во ХНУРЕ, 2019 — С. 102-130.
2. Азаров, О. Д. Високочастотні порозрядні АЦП із перерозподілом заряду з ваговою надлишковістю, що самокалібруються : монографія / О. Д. Азаров, Н. О. Біліченко, С. М. Захарченко. Вінниця : ВНТУ, 2016. 140 с.
3. Азаров О. Д. Аналого-цифрове порозрядне перетворення на основі надлишкових систем числення з ваговою надлишковістю: монографія / Азаров О. Д. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 231 с. ISBN 966-641-089-9.
4. Тарасенко, Д. М. Алгоритми машинного навчання в інтелектуальних системах аналого-цифрового перетворення. Одеса: ОНПУ, 2018. — С. 120-145.
5. Азаров О., Черняк О., Туйчев В. Векторний метод локалізації помилок підвищеної ефективності. Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. № 2. 2021. С. 60-67. URL : <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2021-51-2-60-67>
6. Бойко, А. М., Коваль, І. О. Моделювання процесів в інтелектуальних системах обробки даних. Дніпро: ДНУ, 2018 — С. 50-72.
7. Азаров, О. Д. Методи та засоби високоточного слідкувального аналогоцифрового перетворення з ваговою надлишковістю : монографія / О. Д. Азаров, О. В. Дудник. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 120 с. ISBN 978-966-641-580-9.
8. Кравченко, І. С., Соколов, Є. О. Інтелектуальні системи та нейронні мережі в автоматизованих системах. Київ: ІТЕА, 2019 — С. 60-85.
9. Alexey D. Azarov, Svitlana A. Kyrylashchuk, Sergey V. Bogomolov, Oleksiy Y. Stakhov, Andrzej Kotyra, Orken Mamyrbaev. 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); doi: 10.1117/12.2537197.

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

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

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

Oleksandr Lukashuk – Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: o.lukashuk3.14@gmail.com