

## **В І Д З И В**

офіційного опонента на дисертаційну роботу Петришина Михайла Любомировича на тему “Методи та засоби швидкого адитивного та субтрактивно-адитивного порозрядного аналого-цифрового перетворення”, подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп’ютерні системи та компоненти

### **Актуальність теми дисертації**

Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) є незамінною ланкою сучасних комп’ютеризованих систем найрізноманітнішого призначення, оскільки забезпечують зв’язок цифрових систем з джерелами вимірювальної інформації, вихідними сигналами яких у переважній більшості є аналогові сигнали.

Техніко-економічні характеристики комп’ютеризованих систем у значній мірі залежать від властивостей використаних у них АЦП, у першу чергу, від швидкодії, точності та надійності.

Тому дисертаційна робота, яка присвячена розробці методів і засобів швидкого аналого-цифрового порозрядного перетворення, безумовно є актуальною.

Дисертація виконувалася у рамках науково-дослідних робіт кафедри інформатики в Прикарпатському національному університеті ім. В. Стефаника «Теоретичні та методичні основи побудови комп’ютерних компонентів та систем на базі біторієнтованої вертикальної інфотехнології» (ДР № 0111U004751) та Одеській державній академії технічного регулювання та якості за темою «Синтез інтелектуальних експертних структур ентропійної оцінки якості автоматизованих систем вимірювання, управління та контролю» (ДР № 0115U002189), при виконанні яких автор був відповідальним виконавцем.

### **Структура та зміст дисертації**

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації 225 сторінок, з яких основний зміст викладено на 141 сторінці друкованого тексту, містить 53 рисунки, 21 таблицю, 160 бібліографічних найменувань і додатки на 41 сторінці.

Зміст дисертації належним чином відображає мету роботи, основні завдання, проведені теоретичні і експериментальні дослідження та отримані науково-технічні результати прикладного характеру.

У вступі обґрунтовано актуальність дослідження, вказано зв'язок роботи з науковими програмами, темами. Сформульовано мету та задачі дослідження, охарактеризовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено інформацію про впровадження результатів роботи, їх апробацію, публікації та структуру дисертації.

У першому розділі проаналізовано методи перетворення і параметри сучасних АЦП та сегменти ринку їх ефективного застосування. Здійснено порівняльний аналіз типових архітектур АЦП. Визначено класичні структури АЦП порозрядного врівноваження, їх переваги та недоліки. Обґрунтовано ефективність застосування моделювання перебігу процесів аналого-цифрового перетворення. Сформульовано задачі дослідження.

Наведено характеристики деяких сучасних паралельних, порозрядних, конвеєрних і сигма-дельта АЦП. Вказано, що для АЦП порозрядного врівноваження загального призначення основними параметрами, які впливають на продуктивність, є розрядність, частота дискретизації та час перетворення.

Проаналізовано відомі методи моделювання процесів аналого-цифрового перетворення. Обґрунтовано застосування базового методу моделювання в алгоритмічній теорії вимірювання на основі індикаторних елементів, визначено його функціональні властивості та обмеження.

У другому розділі запропоновано здійснювати аналого-цифрове перетворення менших значень  $N_{trans}$  порівняно зі значеннями вимірюваної величини  $N_x$  для зменшення загального часу перетворення, причому формування ознаки завершення процесу забезпечує збільшення швидкодії за рахунок зменшення кількості тактів перетворення.

Введено означення адитивного та субтрактивно-адитивного аналого-цифрового перетворення. Запропоновано класифікацію цих методів за ознаками: базис представлення числового еквіваленту (В); алфавіт коду перетворення (А); прямий напрям наближення до значення величини перетворення ( $T_s$ ); зворотний напрям наближення до значення величини перетворення ( $T_r$ ). Введено позначення методів як MIFT (В, А,  $T_s$ ,  $T_r$ ).

Розроблено різні варіанти цих методів перетворення та побудовано алгоритмічні блок-схеми процесів врівноваження.

**У третьому розділі** запропоновано метод моделювання процесів аналого-цифрового перетворення на основі векторно-розгалужуючих діаграм (ВРД) як один із засобів моделювання, застосування якого дозволяє здійснити візуалізацію процесу аналого-цифрового перетворення та надати цілісну інформацію про перебіг процесу, а також здійснити кількісну оцінку параметрів швидкості перетворення досліджуваного методу. Розроблений метод є повною інтегрованою моделлю, яка відображає процес перетворення числових значень для всіх та кожного із квантів діапазону перетворення. Побудова ВРД здійснюється із застосуванням шкал порядку. Умовою завершення процесу перетворення є попадання невідомого значення вхідного параметру перетворення у проміжок одиничного кванту.

Побудовано ВРД процесів порозрядного врівноваження для розроблених методів: MIFT (2, ABinSet, Ds, Dr), MIFT (2, ABinSet, Is, Ir), MIFT (2, S-ABinSet, Ds, Dr), MIFT (3, S-ATernSet, Is, Ir).

Показано також можливість здійснення процесу аналого-цифрового перетворення з контролем попадання величини перетворення в суміжні межі +1 та -1 значення точки врівноваження, що реалізується шляхом одночасного порівняння невідомої величини у двох піддіапазонах. Це дає змогу прискорити процес перетворення за рахунок зменшення кількості кроків врівноваження.

**Четвертий розділ** розроблено спеціалізоване програмне забезпечення, яке дає змогу здійснити моделювання процесів врівноваження на основі ВРД, визначити операційну складність та основні параметри методів аналого-цифрового перетворення: оцінку сумарної кількості кроків для отримання значень  $n$ -розрядів вихідного коду; відображення перебігу процесу перетворення; значення мір, що додаються/віднімаються; побудову діаграм залежності зміни кількості кроків від значення кванту перетворення для заданої розрядності  $n$ .

Розроблено аналого-цифрові перетворювачі, що реалізують адитивний метод врівноваження MIFT (2, ABinSet, Is, Ir), і субтрактивно-адитивний метод MIFT (3, S-ATernSet, Is, Ir).

Розроблено систему двонаправленого пришвидшеного аналого-цифрового перетворення, перевагою використання такої системи в багатоканальних інформаційно-вимірjuвальних системах є застосована пара реєстр-ЦАП, яка формує код значення середини діапазону перетворення окремо для кожного каналу.

**У висновках** стисло сформульовано основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи.

**У додатках** наведено акти впровадження результатів дисертаційної роботи, програми моделювання процесів адитивного та субтрактивно-адитивного аналого-цифрового перетворення, електричні схеми АЦП та зовнішній вигляд модулів АЦП на основі розроблених методів.

### **Ступінь обґрунтованості наукових результатів, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи та їх достовірність**

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи забезпечується коректним використанням математичного апарату, результатами комп'ютерного моделювання та практичною реалізацією розроблених діючих макетів АЦП порозрядного врівноваження, що були впроваджені у виробництво.

### **Наукова новизна результатів роботи**

Наукова новизна одержаних результатів роботи полягає в тому, що:

- уперше запропоновано методи адитивного та субтрактивно-адитивного аналого-цифрового перетворення, які, на відміну від відомих, передбачають здійснення процесу порозрядного врівноваження в порядку, починаючи зі значень ваг молодших розрядів до старших та формування ознаки завершення процесу, що забезпечує збільшення швидкості перетворення за рахунок зменшення кількості тактів аналого-цифрового перетворення;

- удосконалено метод адитивного та субтрактивно-адитивного аналого-цифрового перетворення, що здійснює процес порозрядного врівноваження в порядку, починаючи зі значень ваг старших розрядів до молодших, який, на відміну від відомих методів, передбачає формування ознаки завершення процесу порозрядного врівноваження, що забезпечує пришвидшення процесу аналого-цифрового перетворення;

- уперше запропоновано модель візуалізації перебігу процесу порозрядного врівноваження, яка, на відміну від відомих, дозволяє відобразити

процес перетворення всіх значень визначеного діапазону і дозволяє здійснити кількісну оцінку операційної складності та тривалості процесу перетворення;

- удосконалено структурні моделі АЦП, які, на відміну від відомих, здійснюють формування ознак завершення процесу перетворення, що забезпечує підвищення швидкодії АЦП.

**Практична цінність результатів дослідження** дисертаційної роботи полягає у тому, що:

- розроблено програмний засіб моделювання процесів адитивного та субтрактивно-адитивного аналого-цифрового перетворення, який дозволяє здійснити кількісну оцінку операційної складності алгоритму перетворення з метою обґрунтування вибору позиційної системи числення та методу порозрядного врівноваження, застосування яких є ефективним в спеціалізованих комп'ютерних інформаційно-вимірjuвальних системах;

- розроблено АЦП порозрядного врівноваження на основі методу адитивного перетворення, обґрунтовано ефективність його застосування в комп'ютерних системах контролю технологічних процесів;

- впроваджено розроблені методи та засоби аналого-цифрового порозрядного врівноваження у виробництво.

**Повнота висвітлення результатів у наукових працях і особистий внесок здобувача**

Основні наукові положення, висновки та рекомендації, які сформульовані в дисертаційній роботі, достатньо повно відображені в публікаціях автора і пройшли апробацію на міжнародних науково-технічних конференціях. Результати дисертаційної роботи опубліковано у 26 працях, з яких 5 статей у фахових виданнях і 1 стаття у зарубіжному виданні, 20 публікацій у матеріалах наукових конференцій.

**Відповідність автореферату змісту дисертаційної роботи**

Дисертація та автореферат оформлені у відповідності до вимог МОН України.

Автореферат повністю висвітлює зміст дисертації, її мету та наукову новизну. В ньому подано коротку інформацію про кожний з розділів дисертації, а також інші необхідні дані.

**Зауваження щодо змісту дисертаційної роботи та автореферату**

1. У дисертаційній роботі не вказано значень динамічного діапазону вхідних сигналів і точності досліджуваних АЦП.

2. У другому розділі розробляється модель аналого-цифрового перетворення на основі припущення, що розподіл цифрових відліків для більшості джерел інформації описується нормальним законом. При цьому стверджується, що за специфікою технологічного процесу середнє значення

$N_{12} = \frac{N_2 - N_1}{2}$ . Насправді тут специфіка нідоного, оскільки це математичне

очікування випадкової величини (відліку) і для нормального закону розподілу

воно  $N_{12} = \frac{N_2 + N_1}{2}$ .

3. Головним досягненням дисертаційної роботи є введення ознаки закінчення перетворення за значенням різниці між вхідною та компенсаційною напругами. Проте, функціональний вузол, що формує таку ознаку, в роботі не досліджено та вимоги до його метрологічних характеристик не вказано.

4. Некоректне твердження, що порозрядне перетворення від молодших розрядів до старших забезпечує більшу швидкодію, порівняно з класичним порозрядним перетворенням від старших розрядів до молодших. Навпаки! В загальному порозрядне перетворення від молодших розрядів до старших здійснюється за більшу кількість тактів (в цьому неважко переконатися, якщо перетворювати близьке до середини діапазону значення вхідного сигналу).

5. Для результату порівняння наведено умову  $Res=1$ , якщо  $U_{trans} > U_{et}$ . Але має бути  $Res=1$ , якщо  $U_{trans} \geq U_{et}$ .

6. Навіщо вводити нові терміни: адитивне та субтрактивно-адитивне перетворення? Адже «адитивне перетворення» - це повсякденне перетворення у двійковій системі числення, а «субтрактивно-адитивне перетворення» - це перетворення у трійковій системі числення.

7. Помилкове твердження, що у двійковому («адитивному») порозрядному перетворенні є операція віднімання (с.81). Операції віднімання нема. Просто, коли при додаванні до суми ваг ваги наступного розряду є перешвищення новою сумою рівня вхідного сигналу, то ця вага не враховується.

8. Є різні позначення одних і тих же величин у дисертації (сума  $S$ , одиничний квант  $\Delta u$ ) та авторефераті (сума  $\Delta'$ , одиничний квант  $\Delta U$ ).

9. До недоліку четвертого розділу слід віднести відсутність метрологічних характеристик розроблених АЦП.

10. Мають місце окремі граматичні та стилістичні помилки.

Відзначені недоліки не знижують наукову та практичну цінність отриманих в роботі результатів.

### Загальна оцінка дисертації

Оцінюючи роботу в цілому, вважаю, що в дисертації отримано повне вирішення важливої науково-технічної задачі підвищення швидкодії аналого-цифрових порозрядних перетворювачів. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою. Вважаю, що за актуальністю вибраної теми, обсягом та рівнем виконаних теоретичних і експериментальних досліджень, науковою новизною, достовірністю і обґрунтованістю висновків, значенням для науки та практики дисертаційна робота відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор Петришин Михайло Любомирович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

Офіційний опонент  
професор кафедри комп'ютеризованих  
систем автоматки Національного  
університету «Львівська політехніка»  
доктор технічних наук, професор

З. Р. Мичуда

Підпис д.т.н., проф. Мичуди З.Р. завіряю:

Вчений секретар

Національного університету «Львівська політехніка»



Бришинський Р.Б.