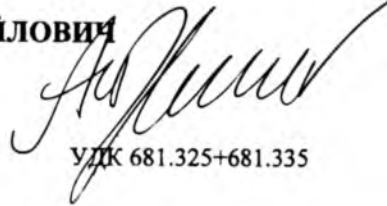


ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ХАРЬКОВ ОЛЕКСІЙ МИХАЙЛОВИЧ



УДК 681.325+681.335

**ШВИДКОДІЮЧІ ВИСОКОТОЧНІ АЦП
ІЗ ПЕРЕРОЗПОДІЛОМ ЗАРЯДУ З ВАГОВОЮ НАДЛИШКОВІСТЮ,
ЩО САМОКАЛІБРУЮТЬСЯ**

Спеціальність 05.13.05 – елементи та пристрої
обчислювальної техніки та систем керування

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Вінниця – 2007

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано у Вінницькому національному технічному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Азаров Олексій Дмитрович,
Вінницький національний технічний університет,
директор Інституту інформаційних технологій та комп'ютерної
інженерії, завідувач кафедри обчислювальної техніки

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, с.н.с.
Багацький Валентин Олексійович,
Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, м. Київ,
провідний науковий співробітник відділу перетворювачів форм
інформації


кандидат технічних наук, доцент
Мичуда Леся Зиновіївна,
Національний університет «Львівська політехніка», доцент
кафедри автоматизації теплових та хімічних процесів

Захист відбудеться "12" 10 2007р. о 9³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 05.052.01 у Вінницькому національному технічному університеті за адресою: 21021, м.Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ГУК, к. 210.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Вінницького національного технічного університету за адресою: 21021, м.Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.

Автореферат розіслано "07" 09 2007р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

 С.М. Захарченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Світ, що нас оточує, є джерелом аналогових сигналів, зокрема таких, як напруга, струм, інтенсивність звуку, тиск, температура тощо. Аналогові сигнали є безперервною функцією часу. Однак сучасні процесори можуть обробляти здебільше цифрові сигнали, які є дискретними у часі. Електронні аналогові обчислювачі характеризуються значно меншою гнучкістю і функціональністю. Саме тому більшість сучасних систем оброблення інформації мають у своєму складі аналого-цифрові та цифроаналогові перетворювачі (АЦП і ЦАП). Найбільш важливими проблемами, які були і залишаються для цих пристроїв є підвищення точності та швидкодії, зменшення споживаної потужності, забезпечення якісної роботи в широкому діапазоні температур та протягом тривалого часу експлуатації.

У теперішній час поширення набули АЦП, що реалізовані з використанням техніки комутованих конденсаторів. Цей підхід має низку беззаперечних переваг. По-перше, відпадає необхідність у використанні схеми вибірки та зберігання, оскільки ця функція є вбудованою для будь якого перетворювача на комутованих конденсаторах. По-друге, для побудови цих пристроїв використовується обмежене коло компонентів: конденсатори, ключові елементи, операційні підсилювачі та компаратори. Завдяки сучасному розвитку технології всі вищезгадані пристрої досить легко реалізуються в інтегральному виконанні. По-третє, сам принцип функціонування таких пристроїв передбачає значно менше споживання потужності порівняно з АЦП, що використовують ЦАП резистивного типу.

Однак, питання підвищення точності та швидкодії АЦП на комутованих конденсаторах на сьогоднішній день залишаються актуальними. Це пояснюється широким застосуванням цих пристроїв у різноманітних системах збору та оброблення інформації, цифрових системах звуко- та відеозапису, сучасній медичній апаратурі тощо. Технологічні шляхи розв'язання цієї задачі мають принципові обмеження. Так використання лазерного припасування елементів крім суттєвого збільшення вартості виробництва, додатково призводить до погіршення температурних параметрів, до того ж зменшує надійність пристроїв.

Інший підхід щодо покращення характеристик АЦП та ЦАП свого часу було запропоновано О.Д.Азаровим. Особливістю цього підходу є те, що він дає принципову можливість побудови високоточних АЦП та ЦАП на неточній елементній базі. Низькоточними аналоговими вузлами (елементами) вважаються такі, первинні похибки яких перевищують (іноді значно – на один, два порядки) підсумкову похибку перетворення. Низькоточні вузли є більш технологічними і дешевими. Таким чином усувається пряма залежність між точністю пристроїв та рівнем технологічного розвитку виробництва. Даний підхід базується на використанні інформаційної надлишковості у вигляді надлишкових позиційних систем числення (ІПСЧ).

На сьогоднішній день проведено низку наукових досліджень у цьому напрямку. Однак, в існуючих дослідженнях майже не приділено уваги дослідженню саме динамічних характеристик АЦП на комутованих конденсаторах, а методи

підвищення точності АЦП із перерозподілом заряду обмежуються пристроями, побудованими на основі матриць вагового типу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконувалась у рамках держбюджетної теми 52-Д-201 “Дослідження принципів уведення інформаційної надлишковості для підвищення точності та швидкості аналого-цифрового перетворення.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення точності та швидкодії аналого-цифрових перетворювачів послідовного наближення на базі конденсаторного ЦАП з ваговою надлишковістю за рахунок використання матриць драбинкового типу та використання цифрового самокалібрування ваг розрядів.

Для досягнення поставленої мети розв'язуються такі задачі:

- аналіз сучасного стану розробок АЦП послідовного наближення на основі конденсаторних матриць, аналіз традиційних шляхів покращення статичних і динамічних характеристик АЦП даного типу;
- дослідження динамічних властивостей конденсаторних матриць та побудова математичної моделі АЦП із перерозподілом заряду (ПЗ) на їх основі. Визначення основних чинників, що впливають на тривалість перехідних процесів та умов мінімізації цього впливу в АЦП із ПЗ;
- аналіз можливостей підвищення швидкодії АЦП із ПЗ шляхом застосування ЦАП на базі конденсаторних матриць драбинкового типу з ваговою надлишковістю;
- аналіз методів цифрового калібрування передатної характеристики АЦП із ваговою надлишковістю;
- побудова математичної моделі та дослідження інструментальних похибок конденсаторних ЦАП на основі НІСЧ вагового та драбинкового типу, визначення впливу похибки окремих компонентів матриці на загальну похибку формування вихідного сигналу конденсаторним ЦАП;
- розробка структурних схем високоточних швидкодіючих АЦП із ПЗ, побудованих на основі конденсаторних ЦАП з ваговою надлишковістю;
- розробка алгоритмів самокалібрування ваг розрядів швидкодіючих АЦП із перерозподілом заряду;
- розробка рекомендацій щодо проектування конденсаторних ЦАП з ваговою надлишковістю, розробка і дослідження схемотехнічних рішень щодо реалізації базових аналогових компонентів швидкодіючих АЦП із перерозподілом заряду.

Об'єкт дослідження - процес прискореного високоточного аналого-цифрового перетворення в АЦП послідовного наближення, побудованих на основі неточних конденсаторних ЦАП, в яких здійснюється самокалібрування.

Предмет дослідження - використання вагової надлишковості для покращення точності та швидкодії АЦП послідовного наближення, побудованих на основі конденсаторних ЦАП.

Методи дослідження базуються на імітаційному моделюванні процесів аналого-цифрового перетворення під час аналізу статичних та динамічних похибок, теорії електричних кіл для побудови математичної моделі конденсаторної матриці, теорії похибок для дослідження точності швидкодіючих АЦП порозрядного врівноваження з перерозподілом заряду, математичному аналізу електронних схем для розробки аналогових вузлів АЦП та комп'ютерному моделюванні під час аналізу функціонування як всього пристрою в цілому, так і окремих його вузлів.

Наукова новизна одержаних результатів:

- вперше запропоновано метод суттєвого збільшення (на порядок) швидкодії АЦП із перерозподілом заряду при використанні ЦАП на базі конденсаторної матриці драбинкового типу за рахунок використання вагової надлишковості;
- вперше розроблено математичні моделі похибок АЦП із перерозподілом заряду на основі ЦАП драбинкового типу, які дозволяють визначити основні джерела появи похибок та шляхи їх зменшення;
- дістав подальшого розвитку принцип побудови пристроїв високоточного швидкісного аналого-цифрового перетворення порозрядного врівноваження з перерозподілом заряду за рахунок використання вагової надлишковості;
- вдосконалено метод цифрового самокалібрування ваг розрядів АЦП із перерозподілом заряду, що дозволяє суттєво (в кілька разів) зменшити методичну похибку калібрування.
- вдосконалено математичну модель перехідного процесу на виході конденсаторного ЦАП, що дає змогу підвищити точність імітаційного моделювання АЦП із перерозподілом заряду; проведено аналіз та узагальнення отриманої математичної моделі з моделлю перехідного процесу на виході резистивного ЦАП;

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що отримані наукові результати і теоретичні положення дозволили:

- розробити структурні схеми та алгоритми роботи високоточних швидкодіючих АЦП із перерозподілом заряду, технічні параметри яких не поступаються найкращим аналогам провідних фірм виробників електронних схем, а вимоги щодо точності виготовлення окремих вузлів значно спрощені;
- розробити практичні рекомендації щодо схемотехнічного проектування аналогових вузлів самокаліброваних АЦП порозрядного врівноваження з перерозподілом заряду із ваговою надлишковістю;
- визначати припустимий допуск на параметри „неточних” і „точних” розрядів самокаліброваного АЦП залежно від структури конденсаторної матриці, інструментальної похибки виготовлення конденсаторів та робочої системи числення;
- розрахувати постійну часу перехідного процесу на вході компаратора при використанні конденсаторних матриць вагового, драбинкового та комбінованого типів;
- розробити програмне забезпечення для моделювання процесу вагового врівноваження в АЦП із перерозподілом заряду.

Основні положення, рекомендації та висновки впроваджено в СП “Інститут електроніки та зв’язку Української академії наук національного прогресу”, м Київ, а також в навчальний процес на кафедрі обчислювальної техніки Вінницького національного технічного університету під час дипломного та курсового проектування з дисциплін: „Комп’ютерна електроніка”, „Лінійні інтегральні схеми”, „Аналого-цифрові інтерфейси”.

Особистий внесок здобувача в роботах, виконаних в співавторстві: [1] – розроблено математичну модель АЦП із перерозподілом заряду, проведений аналіз принципів роботи АЦП із перерозподілом заряду на базі ЦАП драбинкового та комбінованого типів, аналіз похибок АЦП із перерозподілом заряду та аналіз динамічних характеристик АЦП із перерозподілом заряду; [2] – проведено аналіз впливу інструментальних похибок конденсаторного дільника драбинкового типу; [3] – проведено аналіз еквівалентних схем конденсаторної матриці драбинкового типу для ЦАП на основі НПСЧ; [4] – проведено аналіз перехідних процесів при порозрядному врівноваженні в АЦП із перерозподілом заряду; [5] – розроблена математична модель конденсаторної матриці драбинкового типу; [6] – аналіз можливостей збільшення вхідного опору буферного елемента; [7] – моделювання роботи підсилювача постійного струму; [8] – проведено моделювання алгоритму “тільки включення” в АЦП послідовного наближення на основі НПСЧ; [9] – проведений розрахунок постійних часу перехідних процесів в конденсаторних матрицях драбинкового типу.

Апробації результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися на наукових конференціях:

- “Дослідження постійних часу перехідних процесів в конденсаторних матрицях АЦП з перерозподілом заряду” на міжнародній науково-технічній конференції „Автоматика – 2006”;
- “Дослідження часових параметрів АЦП із перерозподілом заряду” на міжнародній науково-технічній конференції „Прибори датчики и системы – 2006”;
- “Метод зменшення похибки квантування в АЦП послідовного наближення на основі НПСЧ з розрядними коефіцієнтами $\{1, \bar{1}\}$ ” на першій Міжнародній науково-практичній конференції “Методи та засоби кодування, захисту й ущільнення інформації – 2007”;
- на щорічних науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників і студентів Вінницького національного технічного університету за участю інженерно-технічних працівників міста Вінниці та області у 2004-2006 рр.

Публікації. За підсумками наукових досліджень опубліковано одну монографію, 3 статті у наукових журналах, що входять до переліку періодичних фахових видань, затверджених ВАК України, 2 тези доповідей на конференціях та отримано два патенти на винахід.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури, що містить 135 найменувань,

та додатків. Робота містить 57 ілюстрацій та 12 таблиць. Загальний обсяг роботи складає 159 сторінок, основний зміст викладено на 139-ти сторінках друкованого тексту.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету та задачі дисертаційної роботи, охарактеризовано наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів.

У першому розділі проведено огляд сучасних методів побудови АЦП із перерозподілом заряду. Проаналізовано традиційні методи покращення характеристик АЦП із перерозподілом заряду та шляхи використання інформаційної надлишковості для покращення характеристик АЦП на комутованих конденсаторах. В процесі аналізу, зокрема, було з'ясовано, що переважна більшість сучасних АЦП із перерозподілом заряду базується на основі матриць вагового типу, що потребує інтегральної реалізації конденсаторів, номінали яких знаходяться в широкому діапазоні значень. З іншого боку використання конденсаторів більшої ємності призводить до затягування перехідних процесів і зменшення швидкодії перетворювача. Використання конденсаторних матриць драбинкового типу не знайшло широкого застосування, оскільки при використанні двійкової системи числення суттєво ускладнюється процес калібрування.

На основі проведеного аналізу визначено напрямки і поставлено основні задачі досліджень, які полягають у розробці математичної моделі АЦП із перерозподілом заряду, аналізі перехідних процесів в АЦП та визначенні умов мінімізації їх тривалості, побудові математичної моделі інструментальних похибок АЦП із перерозподілом заряду на основі матриць драбинкового типу, розробці алгоритмів самокалібрування, розробці та дослідженню базових компонентів швидкодіючих АЦП із перерозподілом заряду.

Другий розділ дисертаційної роботи присвячено розробці математичних моделей перехідних процесів у конденсаторних матрицях на основі НПСЧ, аналізу перехідних процесів у конденсаторній матриці вагового, драбинкового та комбінованого типів, розробці математичної моделі процесу порозрядного врівноваження для АЦП із перерозподілом заряду на основі НПСЧ.

Базовими структурами конденсаторних матриць, що використовуються при побудові АЦП із перерозподілом заряду є матриця вагового типу (рис.1), драбинкового та комбінованого.

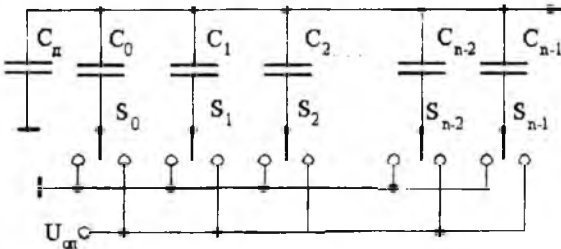


Рис.1. Конденсаторна матриця вагового типу

Враховуючи, що комутуючий елемент S має кінцевий опір, струм у будь-якій гілці під час перехідного процесу може бути зображе-

ний опір, струм у будь-якій гілці під час перехідного процесу може бути зображе-

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі здійснено дослідження, присвячене підвищенню точності та швидкодії аналого-цифрових перетворювачів послідовного наближення на базі конденсаторного ЦАП з ваговою надлишковістю за рахунок використання матриць драбинкового типу та використання цифрового самокалібрування ваг розрядів. Отримані наукові положення є внеском у подальший розвиток теорії підвищення точності та швидкодії АЦП із перерозподілом заряду, побудованих на неточних вузлах, за рахунок використання вагової надлишковості і підґрунтям для створення високоточних швидкодіючих АЦП із перерозподілом заряду.

Основні результати дослідження такі:

1. Вперше запропоновано метод суттєвого збільшення (на порядок) швидкодії АЦП із перерозподілом заряду при використанні ЦАП на базі конденсаторної матриці драбинкового типу за рахунок використання вагової надлишковості.

2. Вперше досліджено вплив інструментальних похибок окремих компонентів конденсаторної матриці драбинкового типу на точність формування вихідної напруги конденсаторним ЦАП, що дозволило оцінити сумарну похибку перетворювача та запропонувати шляхи її зменшення.

3. Вперше отримано математичні співвідношення для розрахунку постійної часу перехідного процесу на вході компаратора при використанні конденсаторних матриць вагового, драбинкового та комбінованого типів, які дозволяють визначити таку структуру конденсаторної матриці, при якій мінімізується постійна часу перехідних процесів.

4. Вперше розроблено математичні моделі похибок АЦП із перерозподілом заряду на основі ЦАП драбинкового типу, які дозволяють визначити основні джерела появи похибок та шляхи їх зменшення, а також межу між „неточними” і „точними” розрядами самокаліброваного АЦП залежно від структури конденсаторної матриці, інструментальної похибки виготовлення конденсаторів та робочої системи числення.

5. Дістав подальшого розвитку принцип побудови пристроїв високоточного швидкісного аналого-цифрового перетворення порозрядного врівноваження з перерозподілом заряду за рахунок використання інформаційної надлишковості.

6. Вдосконалено математичну модель перехідного процесу на виході конденсаторного ЦАП, що дає змогу підвищити точність імітаційного моделювання АЦП даного типу. На основі отриманої моделі визначено умови мінімізації тривалості перехідних процесів у конденсаторних матрицях. Аналіз та узагальнення отриманої математичної моделі з моделлю перехідного процесу на виході резистивного ЦАП довели принципову можливість суттєвого збільшення швидкодії АЦП із перерозподілом заряду при використанні вагової надлишковості.

7. Розроблено нові структурні схеми та вдосконалено метод цифрового самокалібрування ваг розрядів АЦП із перерозподілом заряду, який дозволяє суттєво (в кілька разів) зменшити методичну похибку калібрування.

8. Розроблено практичні рекомендації щодо схемотехнічного проектування аналогових вузлів самокаліброваних АЦП порозрядного врівноваження з перероз-

поділом заряду, зокрема компаратора напруги, підсилювача постійного струму, буферного елементу. Запропоновані схемотехнічні рішення захищені патентами України.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Самокалібровані АЦП із накопиченням заряду на основі надлишкових позиційних систем числення: (Монографія)/ Захарченко С.М., Азаров О.Д., Харьков О.М.; Вінницьк. нац. техн. універ.– Вінниця: Видавник «УНІВЕРСУМ»; Вінниця, 2005. – 235 с. – Бібліогр.: с. 223-235.

2. Захарченко С.М., Азаров О.Д., Харьков О.М., Тележкіна Ю.В., Захарченко М.Г. Інструментальні похибки конденсаторних матриць драбинкового типу //Проблеми інформатизації та управління. – 2006. - №2(17) – С.54-63.

3. Азаров О.Д., Репетнік О.О., Гарнага В.А., Захарченко С.М., Харьков О.М. Конденсаторні матриці для ЦАП на основі НПСЧ //Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2006. - №2(6).– С.6-18.

4. Захарченко С.М., Азаров О.Д., Харьков О.М., Тележкіна Ю.В. Математична модель перехідних процесів при порозрядному зрівноваженні в АЦП із перерозподілом заряду //Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2006. - №2(6). – С.19-27.

5. Захарченко С.М., Азаров О.Д., Харьков О.М. Дослідження часових параметрів АЦП із перерозподілом заряду //Вісник Черкаського державного технологічного університета. — 2006. – Спецвипуск. – С.153-155.

6. Деклараційний патент на корисну модель №16968, Україна. Буферний елемент Азаров О.Д., Решетнік О.О., Гарнага В.А., Захарченко С.М., Харьков О.М. Україна - № u2005 12049; Заявлено 15.12.2005; Опубл. 15.09.2006; Бюл. №9. – 7 с.

7. Патент на корисну модель №21203, Україна. Підсилювач постійного струму Азаров О.Д., Лукашук О.О., Огнєв В.Г., Муращенко О.Г., Харьков О.М. Україна - № u2006 05106; Заявлено 10.05.2006; Опубл. 15.03.2007; Бюл. №3. – 12 с.

8. Захарченко С.М., Харьков О.М. Метод зменшення похибки квантування в АЦП послідовного наближення на основі НПСЧ з розрядними коефіцієнтами $\{1, -1\}$ // Методи та засоби кодування, захисту й ущільнення інформації: І Міжнародна науково-практична конференція. Вінниця, 15-17 травня 2007р. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – С.127-128.

9. Захарченко С.М., Азаров О.Д., Харьков О.М., Тележкіна Ю.В. Дослідження постійних часу перехідних процесів в конденсаторних матрицях АЦП з перерозподілом заряду // Автоматика-2006: XIII Міжнародна науково-технічна конференція. Вінниця, 25-28 вересня 2006. – Вінниця: ВНТУ, 2006.–С.191.

АНОТАЦІЯ

Харьков О.М. Швидкодіючі високоточні АЦП із перерозподілом заряду з ваговою надлишковістю, що самокалібруються. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – Елементи та пристрої обчислювальної техніки та систем ке-

рування. – Вінницький національний технічний університет, Вінниця – 2007.

Дисертаційну роботу присвячено підвищенню точності та швидкодії аналого-цифрових перетворювачів послідовного наближення на базі конденсаторного ЦАП з ваговою надлишковістю за рахунок використання матриць драбинкового типу та використання цифрового самокалібрування ваг розрядів.

Розроблено нові математичні моделі статичних похибок АЦП із перерозподілом заряду на основі ЦАП драбинкового типу, які дозволяють визначити основні джерела появи похибок та шляхи їх зменшення, а також межю між „неточними” і „точними” розрядами самокаліброваного АЦП залежно від структури конденсаторної матриці, інструментальної похибки виготовлення конденсаторів та робочої системи числення.

Отримано нові математичні співвідношення для розрахунку постійної часу перехідного процесу на вході компаратора при використанні конденсаторних матриць вагового, драбинкового та комбінованого типів, які дозволяють визначити таку структуру конденсаторної матриці, при якій мінімізується постійна часу перехідних процесів.

Вперше досліджено вплив інструментальних похибок окремих компонентів конденсаторної матриці драбинкового типу на точність формування вихідної напруги конденсаторним ЦАП, що дозволило оцінити сумарну похибку перетворювача та запропонувати шляхи її зменшення. Розроблено нові структурні схеми та вдосконалено методи цифрового самокалібрування ваг розрядів АЦП із перерозподілом заряду, які дозволяють суттєво (в кілька разів) зменшити методичну похибку калібрування. Розроблено практичні рекомендації щодо схемотехнічного проектування аналогових вузлів самокаліброваних АЦП порозрядного врівноваження з перерозподілом заряду, зокрема підсилювача постійного струму, буферного елемента. Запропоновані схемотехнічні рішення захищені патентами України.

Ключові слова: аналого-цифрове перетворення, цифроаналогове перетворення, АЦП, ЦАП, вагова надлишковість, системи числення, конденсаторні матриці, зменшення похибок.

АННОТАЦИЯ

Харьков А.М. Самокалибрующиеся быстродействующие высокоточные АЦП с перераспределением заряда с весовой избыточностью. – Рукопись.

Диссертация соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – Элементы и приборы вычислительной техники и систем управления. – Винницкий национальный технический университет, Винница – 2007.

Диссертационная работа посвящена повышению точности и быстродействия аналого-цифровых преобразователей последовательного приближения на базе конденсаторного ЦАП с весовой избыточностью за счет использования матриц лестничного типа и использования цифрового самокалибрования весов разрядов.

Разработаны новые математические модели статических погрешностей АЦП с перераспределением заряда на основе ЦАП лестничного типа, которые позволя-

ют определить основные источники появления погрешностей и пути их уменьшения, а также границу между «неточными» и «точными» разрядами самокалиброванного АЦП в зависимости от структуры конденсаторной матрицы, инструментальных погрешностей изготовления конденсаторов и рабочей системы исчисления.

Получены новые математические соотношения для расчета постоянной времени переходного процесса на входе компаратора при использовании конденсаторных матриц весового, лестничного и комбинированного типов, которые позволяют определить такую структуру конденсаторной матрицы, при которой минимизируется постоянная времени переходных процессов. Использование предложенных моделей показало, что при фиксированной технологии изготовления конденсаторных матриц минимальное значение постоянной времени наблюдается для матриц лестничного типа, что дает возможность достижения максимального быстродействия в АЦП с перераспределением заряда.

Разработана новая математическая модель, которая описывает переходные процессы на выходе конденсаторной матрицы. Данная математическая модель позволяет определить условия минимизации длительности переходных процессов и позволяет проводить адекватное моделирование процесса аналого-цифрового преобразования в АЦП, построенных на основе конденсаторных матриц.

Впервые исследовано влияние инструментальных погрешностей отдельных компонентов конденсаторной матрицы лестничного типа на точность формирования выходного напряжения конденсаторным ЦАП и весов отдельных разрядов АЦП. Проведенные исследования позволили оценить суммарную погрешность преобразователя и предложить пути ее уменьшения.

Разработаны новые структурные схемы и улучшены методы цифрового самокалибрования весов разрядов АЦП с перераспределением заряда, которые позволяют существенно (в несколько раз) уменьшить методическую погрешность калибрования. Предложено использовать корректирующие поправки при проведении преобразования в АЦП с разрядными коэффициентами $\{1, -1\}$, что позволяет в 2 раза уменьшить погрешность квантования. Предложена модификация метода самокалибрования по стратегии «снизу-вверх», которая позволяет за счет многократных калибровок весов разрядов с последующим усреднением существенно (в несколько раз) снизить методическую погрешность калибрования.

Разработаны практические рекомендации относительно схемотехнического проектирования аналоговых узлов самокалиброванных АЦП поразрядного уравновешения с перераспределением заряда, в частности, усилителя постоянного тока, буферного элемента. Спроектированные узлы промоделированы с помощью современных средств схемотехнического моделирования и показали характеристики, которые не уступают, а по некоторым параметрам превышают характеристики аналогичных устройств, выпускаемых ведущими фирмами. Предложенные схемотехнические решения защищены патентами Украины.

Ключевые слова: аналого-цифровое преобразование, цифроаналоговое преобразование, АЦП, ЦАП, весовая избыточность, системы исчисления, конденсаторные матрицы, уменьшение погрешностей.

ANNOTATION

Kharkov O. M. Self-calibrating high-speed precision ADC with redistribution of a charge and with weight redundancy. – A manuscript.

The technical science candidate thesis on speciality 05.13.05. – Elements and devices of computer facilities and control systems. - Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia – 2007.

The dissertational work is devoted to increase of accuracy and speed of analog-to-digital converters of consecutive approach on the basis of a condenser DAC with weight redundancy due to use of matrixes of ladder type and use self-calibrating of digital weights.

Developed new mathematical models of static ADC errors with redistribution of a charge on the basis of ladder type DAC that allow to define the basic sources of occurrence of errors and ways of their reduction, and also feature between "inexact" and "exact" categories of self-calibrated ADC depending on structure of a condenser matrix, tool errors of manufacturing of condensers and working system of calculation.

Received new mathematical parities for calculation of a transients' time constant on an input of the comparator at use of condenser matrixes of the weight, ladder and combined types that allow to define such structure of a condenser matrix at which the transients' time constant is minimized.

For the first time it is investigated influence of tool errors of separate components of a condenser matrix of ladder type on accuracy of formation of a target pressure condenser DAC, that has allowed to estimate a total error of the converter and to offer ways of its reduction. Developed new block diagrams and improved methods of self-calibration of digital weights of ADC categories with redistribution of a charge that allow to essentially reduce a methodical error of self-calibration. Developed practical recommendations rather schematic designing of analog units of self-calibrated ADC with digit-by-digit counterbalancing with redistribution of a charge, in particular, the amplifier of a direct current and a buffer element. It is offered the schematic decisions protected by patents of Ukraine.

Keywords: analog-to-digital transformation, digit-to-analog transformation, ADC, DAC, weight redundancy, systems of calculation, condenser matrixes, reduction of errors.

Підписано до друку 31.08.07 р. Формат 29,7 x 42 ¹/₄

Наклад 100 прим. Зам. № 2007 - 131

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95. Тел.: 59-81-59