

В І Д З И В

офіційного опонента на дисертаційну роботу Муращенка Олександра Геннадійовича на тему «Методи та засоби генерування пилкоподібних сигналів підвищеної лінійності на базі ЦАП із низькоглітчевим кодуванням», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

Актуальність теми дисертації

Генератори сигналів спеціальної форми, які ще називають функціональними генераторами, знаходять широке застосування у найрізноманітніших технічних сферах: автоматичі, інформаційно-вимірювальній техніці, телекомунікації, радіoeлектроніці тощо. До найбільш поширених форм сигналів належать: синусоїдальні, прямокутні, трикутні та пилкоподібні. Перші розробки функціональних генераторів базувалися виключно на аналогових вузлах. Сучасною тенденцією побудови функціональних генераторів є використання цифро-аналогових перетворювачів (ЦАП), що дає змогу скористатися перевагами цифрової обробки сигналів і не тільки підвищити зручність керувати роботою генератора, а й - покращити його характеристики. Слід зауважити, що саме ЦАП в основному визначає точність формування вихідного аналогового сигналу.

Проте, переважна більшість наукових досліджень у цьому напрямку присвячена опису принципів синтезу аналогового сигналу по дискретних відліках і реалізації цифрової частини функціональних генераторів. В цей же час аналіз впливу динамічних характеристик ЦАП на похибку формування аналогового сигналу розглянуто недостатньо, що значно утруднює оцінку метрологічних властивостей і можливостей використання функціональних генераторів на основі ЦАП.

Тому дисертаційна робота, яка присвячена розробці методів і засобів генерування пилкоподібних сигналів підвищеної лінійності на базі ЦАП із низькоглітчевим кодуванням, безумовно є актуальною.

Дисертація виконувалася у рамках науково-дослідних робіт Вінницького національного технічного університету за темою 58-Д-393 «Спеціалізовані

аналого-цифрові системи аудіолокації та ідентифікації об'єктів на місцевості» (номер державної реєстрації 0115U001119).

Структура та зміст дисертації

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації 202 сторінки, з яких основний зміст викладено на 142 сторінках друкованого тексту, містить 62 рисунки, 21 таблицю, список використаних джерел із 148 найменувань і 7 додатків на 24 сторінках.

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 наведено існуючі математичні моделі глітчів, що виникають під час цифро-аналогового перетворення та показано їх недосконалість. Розглянуто вплив глітчів на динамічні похибки в ЦАП. Наведено традиційні методи зменшення глітчів в ЦАП та їх недоліки. Проаналізовано можливість застосування надлишкових позиційних систем числення з метою низькоглітчевого кодування в ЦАП із ваговою надлишковістю. Вибрано напрямок та поставлено задачі дослідження.

У другому розділі розглянуто метод генерування пилкоподібних сигналів підвищеної лінійності бази ЦАП із низькоглітчевим кодуванням. Запропоновано математичну модель глітчів у цифро-аналогових перетворювачах із ваговою надлишковістю, що дозволяє оцінити час дії та їх амплітуду під час перемикання розрядів ЦАП залежно від різних чинників, а саме: параметрів

ключових елементів, числа розрядів, амплітуди керуючих сигналів та опору навантаження. Проаналізовано запропонований метод зменшення глітчів у цифроаналогових перетворювачах із ваговою надлишковістю в режимі генерування неперервних аналогових сигналів. Оцінено ефективність застосування вагової надлишковості та наведено рекомендації щодо вибору оптимальної основи системи числення для зменшення рівня глітчів у вказаних генераторах сигналів.

У третьому розділі запропоновано формальний опис та методи лічби у модифікованій фібоначчієвій системі числення та розроблено різні варіанти швидкодіючих фібоначчієвих лічильників, у яких апаратні витрати є порівняно невеликими і зростають пропорційно при нарощуванні розрядності. Запропоновано структурну реалізацію та проаналізовано роботу і характеристики таких фібоначчієвих лічильників: лічильника, що додає; лічильника, що віднімає; реверсивного лічильника; циклічного лічильника, що додає; циклічного лічильника, що віднімає; циклічного реверсивного лічильника. Для розроблених лічильників проведено аналіз швидкодії, апаратних витрат та кількості розрядів, які одночасно змінюють свій стан протягом одного такту лічби.

У четвертому розділі надано рекомендації щодо проектування засобів генерування пилкоподібних сигналів підвищеної лінійності із низькоглітчевим кодуванням. Розроблено структурні і принципові схеми двотактних підсилювачів постійного струму (ДППС) з параметричним коригуванням зсуву нуля та з вхідним каскадом на польових транзисторах. Запропоновано структурну організацію генераторів пилкоподібних та конусоподібних аналогових сигналів на основі фібоначчієвого цифро-аналогового перетворювача та з використанням швидкодіючих фібоначчієвих лічильників. Надано опис структурної організації таких генераторів та функціональної схеми лічильників, що входять до їх складу, а також детально розглянута та проаналізована їх робота. Описано розробку програмного забезпечення для моделювання роботи швидкодіючого фібоначчієвого лічильника.

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

У додатках наведено акти впровадження результатів дисертаційної роботи, вікно програми розрахунку параметрів ефективності низькоглітчевого кодування залежно від рівня вагової надлишковості, свідоцтва на реєстрацію авторського права на твори №54903 від 20.05.2014 р. і №54903 від 20.05.2014 р. лістинг автоматично згенерованого коду для програми моделювання лічильника, лістинг програми моделювання лічильника та список публікацій здобувача за темою дисертації.

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 впровадженням основних результатів досліджень в Інституті електроніки та зв'язку Української академії наук для побудови інформаційно-вимірювальних та радіотехнічних пристроїв з підвищеною завадостійкістю і швидкодією, а також у навчальний процес Вінницького національного технічного університету за спеціальністю 123 – «Комп'ютерна схемотехніка», «Основи теорії лінійних інтегральних схем», «Аналогові та аналого-цифрові пристрої», «Перетворювачі форми інформації з ваговою надлишковістю».

Наукова новизна результатів роботи

Наукова новизна одержаних результатів роботи полягає в тому, що:

- уперше запропоновано метод зменшення глітчів у генераторах пилкоподібних сигналів, особливість якого полягає в застосуванні низькоглітчевого кодування на базі ЦАП із ваговою надлишковістю, що дає змогу підвищити лінійність сигналу, що генерується;
- уперше розроблено математичну модель глічів, що виникають у ЦАП із ваговою надлишковістю, особливістю якої є можливість її застосування для

довільного числа розрядів, що дає змогу оцінити час дії та амплітуду глітчів під час перемикання розрядів ЦАП;

- уперше запропоновано метод побудови швидкодіючих лічильників, особливість якого полягає у використанні для їх синтезу модифікованої системи числення Фібоначчі (МФ-системи числення), що дає змогу розширити діапазон лічби та зменшити кількість обладнання порівняно з відомою системою числення Фібоначчі, а також зменшити кількість перенесень (максимум до 5) порівняно із класичною двійковою системою числення;

- уперше запропоновано методику оцінювання ефективності застосування вагової надлишковості, критерієм якої є зменшення рівня глітчів у ЦАП і запропоновано оптимальні параметри систем числення, на основі яких побудовано ЦАП, що дає змогу досягти максимального результату при мінімальному подовженні розрядної сітки.

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

- розроблено загальні схеми структурної організації фібоначчієвих лічильників в МФ-системі числення трьох видів: лічильник, що додає, лічильник, що віднімає, а також реверсивний лічильник та схеми структурної організації їх окремих розрядів. Проведено аналіз наведених структурних рішень і їх динамічних характеристик. Виконана оцінка апаратних витрат і швидкодії розроблених лічильників. Вказаний аналіз довів, що описані фібоначчієві лічильники поєднують ефективну апаратну реалізацію з високою швидкодією;

- запропоновано структурну організацію низькоглітчевого ЦАП на основі систем числення із ваговою надлишковістю, а саме з дробовими вагами розрядів, зокрема р-кодів золоті пропорції, та цілочисловими вагами розрядів, зокрема р-кодів Фібоначчі;

- розроблено структурні і принципові схеми двотактних підсилювачів постійного струму (ДППС) з низькоомним та високоомним входами. Доведено, що використання ДППС з низькоомним входом дозволить покращити динамічні характеристики перетворювача код-струм з підвищеною паразитною вхідною ємністю ЦАП порівняно з високоомним;

- запропоновано структурні схеми генераторів пилкоподібних сигналів підвищеної лінійності на основі фібоначчієвого цифроаналогового перетворювача та з використанням швидкодіючих фібоначчієвих лічильників. Надано опис структурної організації таких генераторів та функціональних схем їх лічильників, а також детально розглянута та проаналізована їх робота. Обґрунтовано, що використання запропонованих генераторів у порівнянні з відповідними рішеннями на основі двійкової системи числення дозволяє підвищити швидкодію та зменшити рівень глітчів у процесі генерування пилкоподібних сигналів;

- розроблено програмні засоби для моделювання роботи швидкодіючих фібоначчієвих лічильників. Проведене комп'ютерне моделювання підтвердило розраховані аналітичним шляхом характеристики вказаного лічильника;

- основні результати досліджень впроваджено у виробництво та навчальний процес Вінницького національного технічного університету.

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-практичних конференціях.

Результати дисертаційної роботи опубліковано у 23 наукових працях, у тому числі 10 статей у фахових виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз (з них 2 у базі Scopus і IEEE Xplore), 3 у матеріалах конференцій, 8 патентах України на корисну модель, 2 свідоцтва про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму.

Основні положення дисертації доповідалися та обговорювалися на міжнародних науково-практичних конференціях «Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія» (Вінниця, 2010, 2014) і «Методи та засоби кодування, захисту й ущільнення інформації» (Вінниця, 2011, 2017).

Відповідність автореферату змісту дисертаційної роботи

Дисертація та автореферат оформлені у відповідності до вимог МОН України.

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

Зауваження щодо змісту дисертаційної роботи та аннотации

1. Автор розробив структурні і принципові схеми двотактних підсилювачів постійного струму (ДПС) з низькоомним та високоомним входами і стверджує, що ним доведено «що використання ДПС з низькоомним входом дозволить покращити динамічні характеристики перетворювача код-струм з підвищеною паразитною входною ємністю ЦАП порівняно з високоомним». Проте, загально відомо, що ідеальний підсилювач постійного струму має входний опір рівний нулю. А чим ближчі параметри реального пристрою до ідеальних значень, тим кращі його характеристики. Тому вважаю, ДПС з високоомними входами можна було не досліджувати.

2. Необгрунтовано реалізацію входних каскадів ДПС на польових транзисторах при вимозі мінімального входного опору каскаду. Краще було б виконати їх на біполярних транзисторах.

3. Доцільно було б твердження на стор.159 про те, що використання розроблених ДПС дасть змогу зменшити на 1-2 порядки похибку, підтвердити не лише моделюванням, але й експериментальними даними.

4. До недоліку четвертого розділу слід віднести відсутність метрологічних характеристик розроблених генераторів пилоподібних сигналів підвищеної лінійності на базі ЦАП із низькогітчевим кодуванням.

5. Розбіжності у доведеннях: На стор.81 наводиться таблиця 2.9, згідно даних якої автор стверджує, що оптимальними з точки зору зменшення гітчів є коди золотої r -пропорції при $r=3$ та модифікованої фібоначчієвої системи (МФ-системи) при $r=3$. Проте, у висновку п.3 (стор. 83) МФ-система зникає - автор стверджує «Доведено, що оптимальним є застосування $r = 3$ коду Фібоначчі та $r = 3$ коду золотої пропорції».

6. У висновках (стор.123) неварто наводити посилання на роботи: «Наукові результати ... опубліковані у [109] – [110]» п.5 і аналогічно «... [111] – [116]» п.7 висновків до розділу 3. Ці результати слід вказати після останнього висновку.

7. Мають місце окремі граматичні та стилістичні помилки.

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

Загальна оцінка дисертації

Оцінюючи роботу в цілому, вважаю, що в дисертації отримано нове вирішення важливої науково-технічної задачі покращення лінійності цифрових генераторів пилоподібних сигналів на основі ЦАП із ваговою надлишковістю. 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 Муращенко Олександр Геннадійович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

Офіційний опонент
доцент кафедри безпеки інформаційних
технологій Національного
університету «Львівська політехніка»
доктор технічних наук, доцент



Л. З. Мичуда

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

Вчений секретар

Національного університету «Львівська політехніка»



Р. Б. Брилинський