



УКРАЇНА

(19) UA (11) 86534 (13) U
(51) МПК (2013.01)
H03F 5/00
H03H 11/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2013 02919	(72) Винахідник(и): Сліпченко Микола Іванович (UA), Федотов Павло Дмитрович (UA), Федотов Дмитро Олексійович (UA), Крук Олег Ярославович (UA)
(22) Дата подання заявки: 11.03.2013	(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, пр. Леніна, 14, м. Харків, 61166 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.01.2014	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.01.2014, Бюл.№ 1	

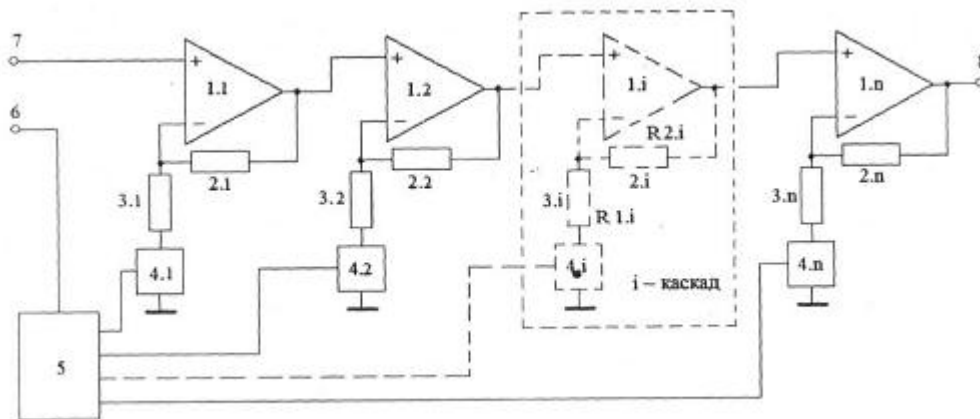
(54) ПІДСИЛЮВАЧ НАПРУГИ З АДАПТИВНИМ КОЕФІЦІЄНТОМ ПЕРЕТВОРЕННЯ

(57) Реферат:

Підсилювач напруги з адаптивним коефіцієнтом перетворення, який складено з n послідовно з'єднаних неінвертуючих каскадів, кожен i -тий з них виконано на i -му операційному підсилювачі з колами зворотного зв'язку на резисторах $R_{1,i}$, $R_{2,i}$, які підключені до інвертуючого входу, а резистор $R_{2,i}$ другим своїм кінцем під'єднано до виходу відповідного i -операційного підсилювача так, що з урахуванням індивідуального коефіцієнта K_{U_i} підсилення i -каскаду,

створено конвеєр напруги з загальним перетворенням $K_U = \prod_{i=1}^n K_{U_i}$ відносно аналогових входу

та виходу. Додатково введені елементи комутації по одному для кожного з n -каскадів, n -канальну схему управління елементами комутації з послідовним входом інтерфейсу, при цьому кожен резистор $R_{1,i}$ другим своїм виводом через введений i -й елемент комутації зв'язаний із загальною шиною, а входи управління елементів комутації підключені до відповідних виходів цифрової схеми управління, інтерфейсний вхід якої є цифровим входом.



Фіг. 1

UA 86534 U

Схеми підсилення напруги на активних елементах належить до області електроніки, мікроелектроніки, комп'ютерної техніки й стосуються використання операційних підсилювачів (ОП) для електронних пристроїв різноманітного призначення.

Відомі пристрої підсилення, що складають схемотехнічну основу побудови електронних компонентів різноманітного призначення: від підсилення до виконання арифметичних, математичних операцій та перетворень чи генерації [Картер Б., Манчини Р. Операционные усилители для всех / серия Схемотехника / пер.с англ. - М.: Додека, 2011. - 544 с, ISBN 978-5-94120-243-3].

Недоліки таких пристроїв полягають в низькій точності підсилення через методичну похибку та похибки несиметрії схеми, в обмеженій каскадності.

Найбільш близьким за функціональною та технічною суттю рішенням є багатокаскадний підсилювач, в якому частково забезпечується реалізація підвищених вимог у точності перетворення [Бобровников Л.З. Радиотехника и электроника: Учеб. для вузов.-4-е. - М.: Недра, 1990. - 347 с., С. 97. - С. 100].

Підсилювач складено з n послідовно з'єднаних неінвертуючих каскадів, кожен i -тий з них виконано на i -операційному підсилювачі з колами зворотного зв'язку на резисторах $R_{1,i}$, $R_{2,i}$, які підключені до інвертуючого входу, а резистор $R_{2,i}$ другим своїм кінцем під'єднано до виходу відповідного i -операційного підсилювача так, що з урахуванням індивідуального коефіцієнта

K_{U_i} підсилення i -каскаду, створено конвеєр напруги з загальним перетворенням
$$K_U = \prod_{i=1}^n K_{U_i}$$

відносно аналогових входу та виходу.

Недоліками відомих n -каскадних підсилювачів є невизначеність вибору індивідуальних коефіцієнтів підсилення K_{U_i} , відсутність можливості налаштування необхідного загального коефіцієнта підсилення, врахування фазового зсуву та частотного діапазону перетворення; неможливість спряження аналогових та цифрових компонентів комп'ютерних систем у єдиній двійковій системі зчислення та встановлення відповідної системи задання коефіцієнта перетворення для аналогової схеми.

Технічною задачею винаходу є підвищення точності перетворення за рахунок: визначеного вибору індивідуальних коефіцієнтів підсилення K_{U_i} ; встановлення можливості адаптивного налаштування необхідного загального коефіцієнта підсилення у тому числі i в процесі функціонування; зменшення фазового зсуву та частотного діапазону перетворення; забезпечення спряження аналогових та цифрових компонентів комп'ютерних систем у єдиній двійковій системі зчислення та встановлення відповідної системи задання коефіцієнта перетворення для аналогової схеми.

Поставлена задача вирішується тим, що підсилювач напруги з адаптивним коефіцієнтом перетворення, який складено з n послідовно з'єднаних неінвертуючих каскадів, кожен i -тий з них виконано на i -му операційному підсилювачі з колами зворотного зв'язку на резисторах $R_{1,i}$, $R_{2,i}$, які підключені до інвертуючого входу, а резистор $R_{2,i}$ другим своїм кінцем під'єднано до виходу відповідного i -операційного підсилювача так, що з урахуванням індивідуального коефіцієнта K_{U_i} підсилення i -каскаду, створено конвеєр напруги з загальним перетворенням

$$K_U = \prod_{i=1}^n K_{U_i}$$
 відносно аналогових входу та виходу, згідно з корисною моделлю, додатково

уведені елементи комутації по одному для кожного з n -каскадів, n -канальну схему управління елементами комутації з послідовним входом інтерфейсу, при цьому кожен резистор $R_{1,i}$ другим своїм виводом через введений i -й елемент комутації зв'язаний із загальною шиною, а входи управління елементів комутації підключені до відповідних виходів цифрової схеми управління, інтерфейсний вхід якої є цифровим входом.

Крім того, згідно з корисною моделлю:

в кожному каскаді при $R_{1,i} = R_{2,i}$ та включеному стані елемента комутації i -каскад є подвоювачем, а при вимкненому режимі елемента комутації i -каскад є повторювачем напруги, при цьому число m активних елементів комутації ($m = 0 \dots n$) встановлює загальний коефіцієнт

підсилення $K_U = 2^m$ бінарної залежності;

як елементи комутації застосовані польові структури, наприклад каналні транзистори;

як цифрові схеми управління застосована контролерна схема;

схема підсилювача може бути виконана на одному кристалі мікросхеми.

На кресленні представлена принципова схема підсилювача напруги з адаптивним коефіцієнтом перетворення.

Запропонована схема підсилювача (креслення) включає n каскадів підсилення на операційних підсилювачах 1.1, 1.2, ... 1. i , ... 1. n у неінвертуючому включенні, так, що вихід попереднього каскаду з'єднується з неінвертуючим входом наступного, резистори 2.1, 2.2, ... 2. i , ... 2. n (як резистор $R_{2,i}$ в i -му каскаді) в чіткій відповідності з індексами каскадів включені між виходами i інвертуючими їх входами, які, в свою чергу, через резистори 3.1, 3.2, ... 3. i , ... 3. n (за аналогією резистора $R_{1,i}$ в i -му каскаді) й елементи 4.1, 4.2, ... 4. i , ... 4. n комутації узгоджено заведені до шини нульового потенціалу, при цьому інші входи елементів 4.1, 4.2, ... 4. i , ... 4. n комутації з'єднані з відповідними паралельними виходами цифрової схеми 5 управління, вхід якої підключено до цифрового входу 6 інтерфейса зв'язку (зі зовнішнім обчислювальним пристроєм). Вхід 7 аналогового сигналу включено до неінвертуючого входу операційного підсилювача 1.1 є входом пристрою, а вихід останнього операційного підсилювача 1. n створює аналоговий вихід 8 підсилювача напруги з адаптивними коефіцієнтами перетворення.

Роботу підсилювача напруги з адаптивним коефіцієнтом перетворення розглянемо на прикладі функціонування i -го каскаду підсилення на операційному підсилювачі 1. i (креслення - виділено).

Відома залежність коефіцієнта підсилення K_{U_i} неінвертованого включення для i -го каскаду встановлює:

$$K_{U_i} = 1 + R_{2,i} / R_{1,i}, \quad (1)$$

З (1) за умови $R_{2,i} = R_{1,i}$; $K_{U_i} = 2$, при цьому елемент 4. i комутації має бути активним, а тому замкнутим на шину нульового потенціалу. У випадку пасивного стану елемента 4. i комутації $R_{1,i} \rightarrow \infty$, що призведе до $K_{U_i} = 1$.

Таким чином, оперативна подача бінарних сигналів рівня "лог. 1" чи "лог. 0" по входу 6 інтерфейсу зв'язку через цифрову схему 5 управління дозволяє забезпечити загальний

коефіцієнт підсилення $K_U = \prod_{i=1}^n K_{U_i}$ у двійковій системі зчислення цифрової і аналогової частин

та зовнішнім обчислювальним пристроєм задає потрібний коефіцієнт перетворення, чим забезпечується адаптивність роботи пристрою.

Елементи 4. i комутації можливо виконати на польових структурах, наприклад каналних транзисторах.

Цифрова схема 5 управління реалізується контролером.

З урахуванням наявності єдиних технологічних операцій при виготовленні складових (1-5) запропонованої схеми підсилювача напруги з адаптивним коефіцієнтом перетворення актуальним є створення пристрою в мікросхемному виконанні на кристалі.

Підсилювач напруги з адаптивним коефіцієнтом перетворення, при реалізації, надає суттєві переваги з точності функціонування і забезпеченні покращених показників і характеристик. А саме:

Виконання резисторів в єдиному техпроцесі забезпечить прецизійне підсилення з коефіцієнтом 2 або повторення сигналу в іншому випадку.

Операція повторення створює мінімальні (10^{-6}) похибки.

Уведення підсилення $K_U > 2$ в схему призводить до квадратичного зростання похибки перетворення [Слипченко Н.И. Исследование точности процесса преобразования при многокаскадном усилении / Н.И. Слипченко, П.Д. Федотов, Д.О. Федотов, О.Я. Крук // Системи обробки інформації. Збірник наукових праць. Випуск 3(101), Том 1, Харків, 2012.- с.50 - с.55.], тому інше виконання, крім запропонованого, не забезпечить точності.

Наявність в кожному i -му каскаді обмеженого коефіцієнта підсилення ($K_{U_i} = 2$), дозволяє розширити частотний діапазон роботи всього пристрою, практично, до частоти одиничного підсилення, що недосяжно для інших схем з аналогічним загальним коефіцієнтом підсилення.

Застосування запропонованого технічного рішення при підсиленні дозволяє досягти

мінімального фазового зсуву, оскільки для відомої залежності $\varphi = \sum_{i=1}^n \varphi_i = n\varphi_i$ фазовий зсув φ_i в каскадах з незначним підсиленням є суттєво обмеженим, а тому й сума його буде найменшою.

Таким чином, запропонований підсилювач напруги з адаптивним коефіцієнтом перетворення, дійсно, виконує оперативне налаштування K_U в двійковій системі зчислення зовнішнім обчислювальним пристроєм через інтерфейс зв'язку, здійснює спряження аналогових та цифрових компонентів комп'ютерної системи, забезпечує в кожному каскаді найвищу точність перетворення через специфіку виконання, характеризується ширшим частотним діапазоном та мінімальним фазовим зсувом, чим реалізує поставлену задачу.

Підсилювач напруги з адаптивним коефіцієнтом перетворення має широку область застосування при побудові електронних пристроїв та вузлів радіоелектронної апаратури, аналогових компонентів комп'ютерних систем, розширює теоретичні положення і практичні можливості електроніки та схемотехніки. Особливу доцільність технічне рішення може мати при мікросхемотехнічному виконанні його складових на одному кристалі мікросхеми.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Підсилювач напруги з адаптивним коефіцієнтом перетворення, який складено з n послідовно з'єднаних неінвертуючих каскадів, кожен i -тий з них виконано на i -му операційному підсилювачі з колами зворотного зв'язку на резисторах $R_{1,i}$, $R_{2,i}$, які підключені до інвертуючого входу, а резистор $R_{2,i}$ другим своїм кінцем під'єднано до виходу відповідного i -операційного підсилювача так, що з урахуванням індивідуального коефіцієнта K_{U_i} підсилення i -каскаду,

створено конвеєр напруги з загальним перетворенням $K_U = \prod_{i=1}^n K_{U_i}$ відносно аналогових входу

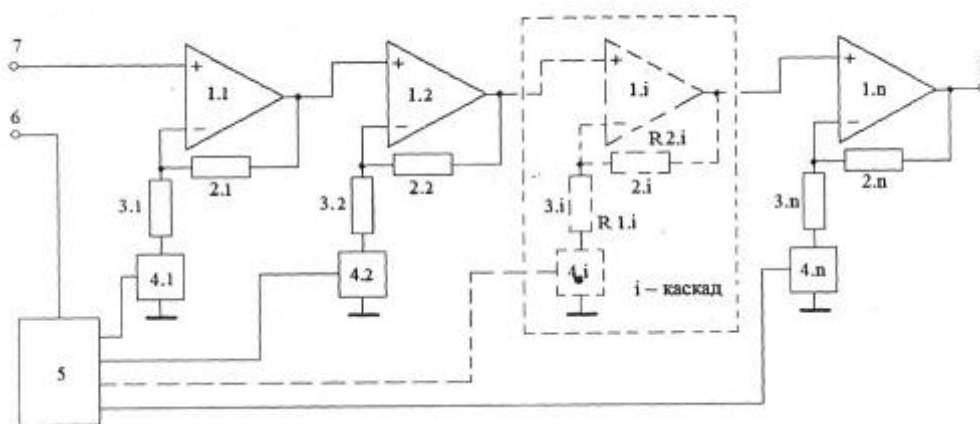
та виходу, який **відрізняється** тим, що додатково введені елементи комутації по одному для кожного з n -каскадів, n -канальну схему управління елементами комутації з послідовним входом інтерфейсу, при цьому кожен резистор $R_{1,i}$ другим своїм виводом через введений i -й елемент комутації зв'язаний із загальною шиною, а входи управління елементів комутації підключені до відповідних виходів цифрової схеми управління, інтерфейсний вхід якої є цифровим входом.

2. Підсилювач за п. 1, який **відрізняється** тим, що в кожному каскаді при $R_{1,i} = R_{2,i}$ та включеному стані елемента комутації i -каскад є подвоювачем, а при вимкненому режимі елемента комутації i -каскад є повторювачем напруги, при цьому число m активних елементів комутації ($m = 0 \dots n$) встановлює загальний коефіцієнт підсилення $K_U = 2^m$ бінарної залежності.

3. Підсилювач за п. 1, який **відрізняється** тим, що як елементи комутації застосовані польові структури.

4. Підсилювач за п. 1, який **відрізняється** тим, як схеми управління застосована контролерна схема.

5. Підсилювач за п. 1, який **відрізняється** тим, що схема підсилювача виконана на одному кристалі мікросхеми.



Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601