



УКРАЇНА

(19) UA (11) 96650 (13) C2

(51) МПК
H03K 5/22 (2006.01)
G05B 1/01 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ДВОТАКТНИЙ СИМЕТРИЧНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ СТРУМУ

1

2

(21) а201002056

(22) 25.02.2010

(24) 25.11.2011

(46) 25.11.2011, Бюл.№ 22, 2011 р.

(72) АЗАРОВ ОЛЕКСІЙ ДМИТРОВИЧ, БОГОМОЛОВ СЕРГІЙ ВІТАЛІЙОВИЧ

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(56) UA 17239 U; 15.09.2006

SU 1363452 A1; 30.12.1987

RU 2060579 C1; 20.05.1996

US 3852678; 03.12.1974

US 4078207; 07.03.1978

EP 0268159 A2; 25.05.1988

JP 57208714 A; 21.12.1982

(57) Двотактний симетричний підсилювач струму, що містить перше та друге джерела струму, резистор зворотного зв'язку, шини додатного і від'ємного живлення, вхідну і вихідну шини, шину нульового потенціалу та шість транзисторів, причому вхідна шина з'єднана з емітерами третього і четвертого транзисторів, а також з першим виводом резистора зворотного зв'язку, колектори третього і четвертого транзисторів з'єднані з базами п'ятого і шостого транзисторів відповідно, бази третього і четвертого транзисторів з'єднані з базами та колекторами першого і другого транзисторів відповідно та через перше і друге джерела струму - з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, еміте-

ри першого і другого транзисторів об'єднані та з'єднані з шиною нульового потенціалу, вихідна шина з'єднана з другим виводом резистора зворотного зв'язку, який відрізняється тим, що у нього додатково введені перший і другий компенсатори струму, двонаправлений відбивач струму та перший і другий масштабатори струму, при цьому виходи першого і другого компенсаторів струму з'єднані з колекторами третього і четвертого транзисторів відповідно та з базами п'ятого і шостого транзисторів відповідно, шини живлення першого і другого компенсаторів струму з'єднані з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, входи першого і другого компенсаторів струму з'єднані з першим і другим виходами двонаправленого відбивача струму відповідно, третій та четвертий виходи двонаправленого відбивача струму з'єднані з інверсними входами першого і другого масштабаторів струму відповідно, колектори п'ятого і шостого транзисторів з'єднані з першим і другим входами двонаправленого відбивача струму відповідно, емітери п'ятого і шостого транзисторів з'єднані з прямими входами першого і другого масштабаторів струму відповідно, шини живлення першого і другого масштабаторів струму з'єднані з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, виходи першого і другого масштабаторів струму об'єднані та з'єднані з другим виводом резистора зворотного зв'язку та з вихідною шиною.

Винахід належить до імпульсної техніки і може бути використаний в аналогово-цифрових перетворювачах і цифрових вимірювальних приладах.

Відомо вхідний пристрій схеми порівняння струмів [А. с. № 1363452 СССР, H03K5/24, G05B1/01, 1985], який містить перше та друге джерела струмів, п'ять резисторів, перший та другий вхідні транзистори, вісім транзисторів, перший та другий проміжні багатоемітерні транзистори, перший та другий вихідні багатоемітерні транзистори, шини додатного та від'ємного живлення, вхідну та вихідну шини, шину нульового потенціалу, два діоди, вихідний резистор та резистор зворот-

ного зв'язку, причому вхідну шину з'єднано з емітерами вхідних транзисторів, а також з першим виводом резистора зворотного зв'язку та з анодом і катодом першого і другого діодів, бази першого і другого вхідних транзисторів з'єднані з базами та колекторами першого і другого транзисторів відповідно, а також через перше і друге джерела струму з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, емітери першого і другого транзисторів об'єднані та з'єднані з шиною нульового потенціалу, колектори першого і другого вхідних транзисторів з'єднані з колекторами третього і четвертого транзисторів відповідно, а також з базами п'ятого і

(13) C2

(11) 96650

(19) UA

шостого транзисторів відповідно, емітери третього і четвертого транзисторів з'єднано через перший і другий резистори з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, бази третього і четвертого транзисторів з'єднано з базами та колекторами першого і другого проміжних багатоемітерних транзисторів відповідно, а також з емітерами п'ятого і шостого транзисторів відповідно та з емітерами сьомого і восьмого транзисторів відповідно, емітери першого і другого проміжних багатоемітерних транзисторів з'єднано через третій і четвертий резистори з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, емітери сьомого і восьмого транзисторів об'єднано, бази сьомого і восьмого транзисторів з'єднано з колекторами п'ятого і шостого транзисторів відповідно та з базами першого і другого вихідних багатоемітерних транзисторів, колектори першого і другого вихідних багатоемітерних транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, емітери першого і другого вихідних багатоемітерних транзисторів з'єднано з другим виводом резистора зворотного зв'язку та з анодом і катодом першого і другого діодів, а також через вихідний резистор з шиною нульового потенціалу та з вихідною шиною.

Недоліками аналога є висока нелінійність, що обмежує галузь використання пристрою.

За прототип вибрано підсилювач постійного струму (Push-pull amplifier with current mirrors for determining the quiescent operating point, United States Patent 3,852,678, Dec. 3, 1974), який містить перше і друге джерела струму, резистор зворотного зв'язку, шини додатного і від'ємного живлення, вхідну і вихідну шини, шину нульового потенціалу, шість транзисторів, причому вхідну шину з'єднано з емітерами третього четвертого транзисторів відповідно, а також з першим виводом резистора зворотного зв'язку, колектори третього і четвертого транзисторів з'єднано з базами п'ятого і шостого транзисторів відповідно, бази третього і четвертого транзисторів з'єднано з базами та колекторами першого і другого транзисторів відповідно, а також з першими виводами першого і другого джерел струму, емітери першого і другого транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, другі виводи першого і другого джерел струму та емітери п'ятого і шостого транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, колектори п'ятого і шостого транзисторів з'єднано з вихідною шиною та другим виводом резистора зворотного зв'язку.

Недоліком прототипу є низька точність роботи пристрою, що виникає через неідентичність коефіцієнтів підсилення по струму верхнього і нижнього ярусів підсилювальних каскадів, які побудовано на транзисторах різної структури, а також висока нелінійність, що виникає через складність задання робочих точок по постійному струму підсилювальних каскадів, що у свою чергу, обмежує галузь використання пристрою.

В основу винаходу поставлено задачу створення двотактного симетричного підсилювача струму, в якому підвищується точність роботи за рахунок вирівнювання коефіцієнтів підсилення по струму верхнього і нижнього ярусів підсилюваль-

них каскадів, а також підвищується лінійність за рахунок автоматизації процесу симетрування робочих точок по постійному струму підсилювальних каскадів, а за рахунок вирішення цих задач, розширюється галузь використання винаходу у різноманітних пристроях імпульсної та обчислювальної техніки, автоматики тощо.

Поставлена задача вирішується тим, що у двотактний симетричний підсилювач струму, який містить перше та друге джерела струму, резистор зворотного зв'язку, шини додатного і від'ємного живлення, вхідну і вихідну шини, шину нульового потенціалу, шість транзисторів, причому вхідну шину з'єднано з емітерами третього і четвертого транзисторів, а також з першим виводом резистора зворотного зв'язку, колектори третього і четвертого транзисторів з'єднано з базами п'ятого і шостого транзисторів відповідно, бази третього і четвертого транзисторів з'єднано з базами та колекторами першого і другого транзисторів відповідно та через перше і друге джерела струму з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, емітери першого і другого транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, вихідну шину з'єднано з другим виводом резистора зворотного зв'язку, введено перший і другий компенсатори струму та двонаправлений відбивач струму, перший та другий масштабатори струму, причому виходи першого і другого компенсаторів струму з'єднано з колекторами третього і четвертого транзисторів відповідно та з базами п'ятого і шостого транзисторів відповідно, шини живлення першого і другого компенсаторів струму з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, входи першого і другого компенсаторів струму з'єднано з першим і другим виходами двонаправленого відбивача струму відповідно, третій та четвертий виходи двонаправленого відбивача струму з'єднано з інверсними входами першого і другого масштабаторів струму відповідно, колектори п'ятого і шостого транзисторів з'єднано з першим і другим входами двонаправленого відбивача струму відповідно, емітери п'ятого і шостого транзисторів з'єднано прямими входами першого і другого масштабаторів струму відповідно, шини живлення першого і другого масштабаторів струму з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, виходи першого і другого масштабаторів струму об'єднано та з'єднано з другим виводом резистора зворотного зв'язку, а також з вихідною шиною.

На кресленні представлено принципову схему двотактного симетричного підсилювача струму.

Пристрій містить вхідну шину 6, яку з'єднано з емітерами третього 8 і четвертого 9 транзисторів, а також з першим виводом резистора зворотного зв'язку 19, бази третього 8 і четвертого 9 транзисторів з'єднано з базами та колекторами першого 2 і другого 4 транзисторів відповідно та через перше 1 і друге 5 джерела струму з шинами додатного 37 і від'ємного 39 живлення відповідно, емітери першого 2 і другого 4 транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу 3, колектори третього 8 і четвертого 9 транзисторів з'єднано з базами п'ятого 21 і шостого 24 транзисторів відпо-

відно та з виходами 7, 10 першого 11 і другого 12 компенсаторів струму відповідно, шини живлення 13, 14 першого 11 і другого 12 компенсаторів струму з'єднано з шинами додатного 37 і від'ємного 39 живлення відповідно, входи 15, 18 першого 11 і другого 12 компенсаторів струму з'єднано з першим 16 і другим 17 виходами двонаправленого відбивача струму 20 відповідно, колектори п'ятого 21 і шостого 24 транзисторів з'єднано з першим 22 і другим 23 входами двонаправленого відбивача струму 20 відповідно, третій 26 та четвертий 27 входи двонаправленого відбивача струму з'єднано з інверсними входами 32, 33 першого 29 і другого 30 масштабаторів струму відповідно, емітери п'ятого 21 і шостого 24 транзисторів з'єднано прямими входами 25, 28 першого 29 і другого 30 масштабаторів струму відповідно, шини живлення 31, 34 першого 29 і другого 30 масштабаторів струму з'єднано з шинами додатного 37 і від'ємного 39 живлення відповідно, входи 35, 36 першого 29 і другого 30 масштабаторів струму об'єднано та з'єднано з другим виводом резистора зворотного зв'язку 19, а також з вихідною шиною 38.

Пристрій працює таким чином.

Якщо вхідний сигнал у вигляді струму втікає на вхідну шину 6 пристрою, тоді четвертий 9 транзистор привідкривається, а третій 8 транзистор призакривається. Колекторний струм четвертого 9 транзистора збільшується і збільшується базовий струм шостого 24 транзистора, при цьому він привідкривається. Колекторний струм третього 8 транзистора зменшується і зменшується струм бази п'ятого 21 транзистора, що призводить до його призакривання. При цьому на прямі 25, 28 та інверсні 32, 33 входи першого 29 і другого 30 масштабаторів струму діють прямі та інверсні сигнали із емітерів п'ятого 21 і шостого 24 транзисторів та двонаправленого відбивача струму 20, що призводить до втікання струму із виходів 35, 36 першого 29 і другого 30 масштабаторів струму та вхідної шини 38, тому вихідна напруга зменшується та наближається до напруги шини від'ємного живлення 39.

В умовах асиметрії коефіцієнти передачі по струму п'ятого 21 і шостого 24 транзисторів будуть неідентичними. У даному випадку це призводить до змінення струму на першому 16, другому 17, третьому 26, четвертому 27 виходах двонаправленого відбивача струму 20, які потрапляють на входи 15, 18 першого 11 і другого 12 компенсаторів струму, а це у свою чергу призводить до зменшення струму на виходах 7, 10 першого 11 і другого 12 компенсаторів струму. При цьому на п'ятому 21 транзистор діє позитивний зворотний зв'язок, а на шостий 22 транзистор діє від'ємний зворотний зв'язок. Зменшення вихідного струму першого 11 компенсатора струму призводить до додаткового привідкривання п'ятого 21 транзистора і збільшення його колекторного струму. Водночас зменшення вихідного струму другого 12 компенсатора струму гальмує подальше привідкривання шостого 24 транзистора. Вказаний процес регулювання триває доти, аж поки прирости базових струмів п'ятого 21 і шостого 24 транзисторів не будуть збалансовані. Симетрування призводить до того, що в

зоні малих сигналів амплітуди приростів колекторних струмів п'ятого 21 і шостого 24 транзисторів вирівнюються, а в зоні великих сигналів співвідношення приростів будуть пропорційними.

Якщо вхідний сигнал у вигляді струму витікає у вхідну шину 6 пристрою, тоді четвертий 9 транзистор призакривається, а третій 8 транзистор привідкривається. Колекторний струм четвертого 9 транзистора зменшується і зменшується базовий струм шостого 24 транзистора, при цьому він призакривається. Колекторний струм третього 8 транзистора збільшується і збільшується струм бази п'ятого 21 транзистора, що призводить до його привідкривання. При цьому на прямі 25, 28 та інверсні 32, 33 входи першого 29 і другого 30 масштабаторів струму діють прямі та інверсні сигнали із емітерів п'ятого 21 і шостого 24 транзисторів та двонаправленого відбивача струму 20, що призводить до витікання струму на входи 35, 36 першого 29 і другого 30 масштабаторів струму та вхідну шину 38, тому вихідна напруга збільшується та наближається до напруги шини додатного живлення 37.

В умовах асиметрії коефіцієнти передачі по струму п'ятого 21 і шостого 24 транзисторів будуть неідентичними. У даному випадку це призводить до збільшення струму на першому 16, другому 17, третьому 26, четвертому 27 виходах двонаправленого відбивача струму 20, які потрапляють на входи 15, 18 першого 11 і другого 12 компенсаторів струму, а це у свою чергу призводить до збільшення струму на виходах 7, 10 першого 11 і другого 12 компенсаторів струму. При цьому на п'ятому 21 транзистор діє позитивний зворотний зв'язок, а на шостий 22 транзистор діє від'ємний зворотний зв'язок. Збільшення вихідного струму першого 11 компенсатора струму призводить до додаткового призакривання п'ятого 21 транзистора і зменшення його колекторного струму. Водночас збільшення вихідного струму другого 12 компенсатора струму гальмує подальше призакривання шостого 24 транзистора. Вказаний процес регулювання триває доти, аж поки прирости базових струмів п'ятого 21 і шостого 24 транзисторів не будуть збалансовані. Симетрування приводить до того, що в зоні малих сигналів амплітуди приростів колекторних струмів п'ятого 21 і шостого 24 транзисторів вирівнюються, а в зоні великих сигналів співвідношення приростів будуть пропорційними.

Підвищення точності роботи досягається тим, що автоматично задається режим по постійному струму першого 22 і другого 23 входів двонаправленого відбивача струму 20, а також шляхом симетрування значень коефіцієнтів передачі підсилювальних каскадів, які побудовано на транзисторах різних типів провідності, тобто п'ятому 21 і шостому 24 транзисторах відповідно.

Через кола зворотного, до складу яких входять двонаправлений відбивач струму 20 зв'язку та перший 11 і другий 12 компенсатори струму реалізується процес компенсації постійних складових колекторних струмів третього 8 і четвертого 9 транзисторів. Вказаний процес регулювання закінчується тоді коли наскрізний струм колекторних переходів п'ятого 21 і шостого 24 транзисторів

будуть рівними наскрізному струму колекторних переходів третього 8 і четвертого 9 транзисторів.

Підвищення коефіцієнта підсилення досягається завдяки введенню першого 29 і другого 30 масштабаторів струму, що в поєднанні із двонаправленим відбивачем струму 20, утворюють додаткові проміжні каскади підсилення.

Перше 1 і друге 5 джерела струму та перший 2, другий 4, третій 8, четвертий 9 транзистори

утворюють схему задання режиму по постійному струму.

Резистор зворотного зв'язку 19 задає коефіцієнт підсилення.

Шини додатного 37 і від'ємного 39 живлення, а також шина нульового потенціалу 3 забезпечують потрібний рівень напруги для живлення схеми та блоків 11, 12, 29, 30 через шини додатного 13, 31 і від'ємного 14, 34 живлення відповідно.

