УДК 621.316

О.Д. Азаров
О.О. Лукашук

МЕТОД ПОБУДОВИ ВІДБИВАЧА СТРУМУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Відбивачі струму, що базуються на біполярних транзисторах, використовуються у різних електронних пристроях, таких як підсилювачі струму, перетворювачі код-струму, аналого-цифрові перетворювачі, джерела живлення та інші. Малопотужні біполярні транзистори можуть працювати в лінійному режимі за низьких напруг та струмів. У роботі описано новий метод конструювання відбивачів струму з високим та надвисоким вихідним опором, використовуючи композицію n-p-n та p-n-p транзисторів для компенсації змін базового струму через різні фактори. Розглянуто будову та недоліки відомих схем відбивачів струму, а також проведено схемотехнічне моделювання запропонованих конструкцій. Надані рекомендації щодо їхнього використання у багатоканальних аналого-цифрових перетворювачах.

Ключові слова: відбивач струму, струм, напруга, вихідний опір, коефіцієнт передачі.

Abstract

Current reflectors based on bipolar transistors are used in various electronic devices such as current amplifiers, code-to-current converters, analog-to-digital converters, power supplies, and others. Low-power bipolar transistors can operate in linear mode at low voltages and currents. The paper describes a new method of designing current reflectors with high and ultra-high output resistance, using a composition of n-p-n and p-n-p transistors to compensate for changes in the base current due to various factors. The structure and shortcomings of known schemes of current reflectors are considered, and circuit modeling of the proposed structures is also carried out. Recommendations are provided for their use in multi-channel analog-to-digital converters.

Keywords: current reflector, current, voltage, output impedance, transmission coefficient

Вступ

Відбивачі струму, які засновані на біполярних транзисторах, широко використовуються в електронних схемах, таких як підсилювачі постійного струму, перетворювачі код-струму, аналого-цифрові перетворювачі та джерела живлення.

Особливість малопотужних біполярних транзисторів полягає в їх здатності працювати в лінійному режимі при невеликих робочих напругах та струмах [1]. Точні характеристики таких схем значно залежать від вихідних опорів відбивачів струму. Наприклад, у буферах напруги, побудованих на основі відбивачів струму, зміщення струму, що генерує відбивач, може призвести до похибки лінійності або масштабування передатної характеристики [2-4].

Існуючі методи збільшення вихідного опору відбивачів струму базуються на складних комбінаціях транзисторів або операційних підсилювачів, що ускладнює виготовлення схем [5-7]. Автори пропонують вдосконалений підхід до побудови відбивачів струму з високим і надвисоким вихідним опором за допомогою композиції інтегральних транзисторів зі структурою, яка є менш складною в порівнянні зі стандартними схемами.

Результати дослідження

Зазначений винахід відноситься до аналогової техніки і описує відбивач струму, що містить чотири транзистори, джерело струму, вхідну та вихідну шини, шину нульового потенціалу. У даному відбивачі, емітери першого та другого транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, а бази першого та другого транзисторів також об'єднано і з'єднано з колектором другого транзистора. Третій транзистор має базу, яка з'єднана з другим виводом джерела струму, і колектор, що з'єднаний з базою та колектором другого транзистора, а також з базою першого транзистора. У введених елементах, колектор першого транзистора з'єднаний з другим виводом джерела струму та базою третього транзистора, а емітер четвертого транзистора з'єднаний з базами першого і другого транзисторів та колекторами другого і третього транзисторів. Далі, емітер третього транзистора з'єднаний з базою четвертого транзистора, емітером п'ятого транзистора та з першим виводом резистора. Колектори восьмого і четвертого транзисторів об'єднано та з'єднано з базою шостого транзистора, а колектор п'ятого транзистора з'єднаний з вхідною шиною. Бази п'ятого і сьомого транзисторів об'єднано та з'єднано з колекторами шостого і сьомого транзисторів, а емітери сьомого та шостого транзисторів з'єднані з другим виводом резистора. За такою схемою, емітер восьмого транзистора з'єднаний з вихідною шиною. Винахід спрямований на підвищення точності роботи шляхом зменшення похибки коефіцієнта передачі вхідного та вихідного струму [8].

Зазначений винахід належить до аналогової техніки і може бути використаний у створенні підсилювачів постійного струму, перетворювачів код-струму, аналого-цифрових перетворювачів та джерел живлення.

Основна мета винаходу полягає в створенні відбивача струму, який забезпечує високу точність роботи шляхом введення нових елементів та зв'язків між ними. Це розширює можливості використання винаходу у різноманітних пристроях імпульсної та обчислювальної техніки, автоматики тощо. Точність роботи підвищується за рахунок зменшення похибки коефіцієнта передачі вхідного та вихідного струму. Введення контуру зворотного зв'язку суттєво збільшує вихідний опір винаходу, що зменшує залежність вихідного струму від опору навантаження і зменшує похибку коефіцієнта передачі вихідного струму навантаження. Ці чинники разом сприяють підвищенню точності роботи винаходу [8].

Працює пристрій таким чином.

Описаний винахід представляє собою відбивач струму, в якому використовуються чотири транзистори та резистор для забезпечення точного балансу струмів. Вхідний струм з джерела струму подається на базу третього транзистора, який регулюється залежно від потенціалу бази і емітера. Четвертий транзистор відкривається при збільшенні струму і передає його на базу другого транзистора, утворюючи баланс струмів. Схема включає контур зворотного зв'язку через п'ятий, шостий, сьомий, восьмий транзистори та резистор, що збільшує вихідний опір. Емітерний струм восьмого транзистора подається на вихідну шину, а колектор п'ятого транзистора підключений до вхідної шини. Така схема забезпечує точність роботи та може бути регульована за допомогою резистора для досягнення потрібних параметрів.

Шина нульового потенціалу встановлює необхідний рівень напруги для живлення схеми [8].

Винахід пояснюється кресленням, на якому зображена схема відбивача струму (рис 1).

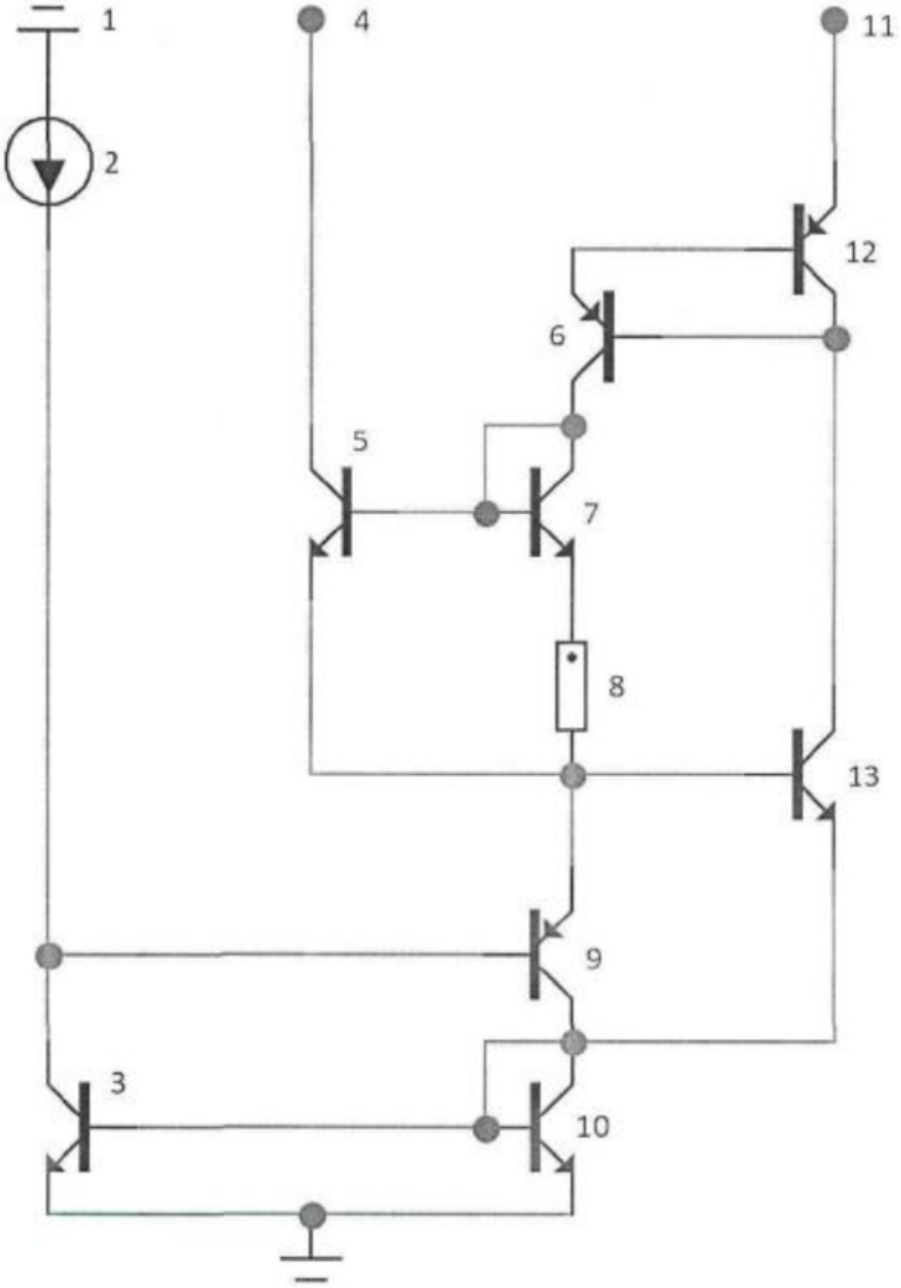

Рисунок 1 – Відбивач стурму

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. О. Д. Азаров, та М. Р. Обертюх, «Високолінійні спеціалізовані струмові дзеркала з давачами рівня сигналу,» Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія, № 3 (40), с. 30-36, 2017.
2. О. Д. Азаров, та В. Є. Яцик, «Методи покращення статичних характеристик відбивачів струму,» Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія, № 1, 2012.
3. О. Д. Азаров, та С. В. Богомолов, Основи теорії високолінійних аналогових пристроїв на базі двотактних підсилювальних схем. Вінниця,Україна: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2013, 142 с.
4. О. Д. Азаров, В. А. Гарнага, та В. Є. Яцик, «Відбивачі струму для аналогових пристроїв із покращеними статичними і динамічними характеристиками,» Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія, № 2, 2012.
5. О. Д. Азаров, В. А. Гарнага, та В. Є. Яцик, «Аналіз статичних характеристик біполярних транзисторів з використанням керованих і функціональних генераторів струму,» Проблеми інформатизації та управління, № 1 (37), с. 5-12, 2012.s
6. О. Д. Азаров, М. Ю. Теплицький, та В. Є. Яцик, «Спеціалізовані відбивачі струму з парафазними входами для двотактних підсилювальних схем,» Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія, № 1, 2013.
7. A. B. Grebene, Bipolar and MOS analog integrated circuit design, New Jersey, John Wiley & Sons Technology & Industrial Arts, 2002, 912 p.
8. Відбивач струму: пат. 124781 Україна : H03K 5/22, H03K 3/26 / Азаров О.Д., Павлов С.В., Обертюх М.Р., Стахов О.Я., Лукашук О.О. — №a2019 10033; заявл. 27.09.2019; опубл. 17.11.2021, Бюл. № 46.

Науковий керівник: ***Азаров Олексій Дмитрович*** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри ОТ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: azarov2@vntu.edu.ua

Лукашук Олександр Олегович – аспірант групи 123-23а, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: o.lukashuk3.14@gmail.com

Supervisor: ***Azarov Olexiy*** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Computer Engineering, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsia, e-mail: azarov2@vntu.edu.ua

Oleksandr Lukshuk – Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: o.lukashuk3.14@gmail.com