



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **148610** (13) **U**
(51) МПК
H03F 3/26 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2021 02042	(72) Винахідник(и): Азаров Олексій Дмитрович (UA), Обертюх Максим Романович (UA), Тарасова Ольга Миколаївна (UA)
(22) Дата подання заявки: 19.04.2021	(73) Володілець (володільці): ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 26.08.2021	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 25.08.2021, Бюл.№ 34	

(54) ДВОТАКТНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

(57) Реферат:

Двотактний підсилювач постійного струму містить шину додатного живлення, підключену до емітерів одинадцятого, тринадцятого, дев'янадцятого, двадцять п'ятого, двадцять сьомого й тридцять першого транзисторів і першого виходу першого джерела струму й шину від'ємного живлення, підключену до емітерів дванадцятого, вісімнадцятого, двадцять четвертого, двадцять шостого, тридцятого й тридцять другого транзисторів і першого виходу другого джерела струму. Другий вихід першого джерела струму підключений до бази п'ятого транзистора й колектора першого транзистора. База першого транзистора підключена до бази й колектора шостого транзистора й емітера п'ятого транзистора. Емітер першого транзистора підключений до емітера другого транзистора. Бази другого й третього транзисторів підключені до шини нульового потенціалу. Емітер третього транзистора підключений до емітера четвертого транзистора. База четвертого транзистора підключена до бази й колектора дев'ятого транзистора й емітера десятого транзистора. Другий вихід другого джерела струму підключений до бази десятого транзистора й колектора четвертого транзистора. Колектор десятого транзистора підключений до колектора дванадцятого транзистора й бази сімнадцятого транзистора. Емітер дев'ятого транзистора підключений до емітера восьмого транзистора. Бази восьмого й сьомого транзисторів підключені до входу пристрою. Емітер сьомого транзистора підключений до емітера шостого транзистора. Колектор п'ятого транзистора підключений до колектора одинадцятого транзистора й бази чотирнадцятого транзистора. База одинадцятого транзистора з'єднана з базою й колектором тринадцятого транзистора й емітером чотирнадцятого транзистора. Колектор чотирнадцятого транзистора підключений до колектора п'ятнадцятого транзистора. База п'ятнадцятого транзистора підключена до емітерів двадцятого й двадцять першого транзисторів. Емітер п'ятнадцятого транзистора підключений до емітера шістнадцятого транзистора. База шістнадцятого транзистора підключена до емітерів двадцять другого й двадцять третього транзисторів. Колектор сімнадцятого транзистора підключений до колектора шістнадцятого транзистора. База дванадцятого транзистора з'єднана з базою й колектором вісімнадцятого транзистора й емітером сімнадцятого транзистора. Бази двадцять другого й двадцять першого транзисторів підключені до шини нульового потенціалу. База двадцять п'ятого транзистора з'єднана з базами двадцять сьомого й тридцять першого транзисторів. Колектор двадцять п'ятого транзистора з'єднано з базою двадцять восьмого транзистора. Колектори двадцять сьомого й тридцять першого транзисторів з'єднані з емітером двадцять восьмого транзистора. Колектори двадцять восьмого й двадцять дев'ятого транзисторів з'єднані. База двадцять шостого

UA 148610 U

транзистора з'єднана з базами тридцятого й тридцять другого транзисторів. Колектор двадцять шостого транзистора з'єднано з базою двадцять дев'ятого транзистора. Колектори тридцятого й тридцять другого транзисторів з'єднані з емітером двадцять дев'ятого транзистора, відрізняється тим, що введено двадцять чотири транзистори, чотири джерела струму й два резистори причому колектор тридцять третього транзистора з'єднаний з емітером першого транзистора, база з колектором другого транзистора, емітер з базою четвертого транзистора. Колектор тридцять четвертого транзистора з'єднаний з емітером четвертого транзистора, база з колектором третього транзистора, емітер з базою першого транзистора. Колектор тридцять шостого транзистора з'єднаний з емітером дев'ятого транзистора, база з колектором восьмого транзистора, емітер з базою тридцять сьомого транзистора й колектором чотирнадцятого транзистора. Колектор тридцять п'ятого транзистора з'єднаний з емітером шостого транзистора, база з колектором сьомого транзистора, емітер з базою сорок другого транзистора й колектором сімнадцятого транзистора. Перші виходи третього й п'ятого джерел струму підключені до шини позитивно живлення. Другий вихід третього джерела струму підключений до бази двадцятого транзистора й до емітера тридцять сьомого транзистора. Колектор тридцять сьомого транзистора підключений до емітерів двадцять першого, тридцять восьмого й тридцять дев'ятого транзисторів і бази сорок восьмого транзистора. Колектори двадцять першого, тридцять восьмого й тридцять дев'ятого транзисторів підключені до другого виходу шостого джерела струму, до баз п'ятдесят третього й п'ятдесят четвертого транзисторів і до емітера п'ятдесят другого транзистора. Бази тридцять восьмого, тридцять дев'ятого, сорокового й сорок першого транзисторів підключені до шини нульового потенціалу. Колектори двадцять другого, сорокового й сорок першого транзисторів підключені до другого виходу п'ятого джерела струму, до баз сорок третього й сорок четвертого транзисторів і до емітера сорок п'ятого транзистора. Колектор сорок другого транзистора підключений до емітерів двадцять другого, сорокового й сорок першого транзисторів і бази сорок дев'ятого транзистора. Другий вихід четвертого джерела струму підключений до бази двадцять третього транзистора й до емітера сорок другого транзистора. Перші виходи четвертого й шостого джерел струму підключені до шини позитивно живлення. База дев'ятнадцятого транзистора підключена до бази двадцять п'ятого транзистора. Колектор дев'ятнадцятого транзистора підключений до колектора двадцять п'ятого транзистора й емітерів сорок третього й сорок четвертого транзисторів. Колектор двадцятого транзистора підключений до колектора сорок третього транзистора й бази сорок шостого транзистора. Колектор сорок шостого транзистора підключений до колектора сорок четвертого транзистора, бази сорок п'ятого транзистора й емітера сорок сьомого транзистора. Емітер сорок шостого транзистора підключений до колектора сорок восьмого транзистора й бази сорок сьомого транзистора. Емітер сорок восьмого транзистора з'єднаний з емітером сорок дев'ятого транзистора. Колектори сорок п'ятого, сорок сьомого, п'ятдесятого й п'ятдесят другого транзисторів підключені до виходу пристрою. Емітер п'ятдесят першого транзистора підключений до колектора сорок дев'ятого транзистора й бази п'ятдесятого транзистора. Колектор п'ятдесят першого транзистора підключений до колектора п'ятдесят четвертого транзистора, бази п'ятдесят другого транзистора й емітера п'ятдесятого транзистора. Колектор двадцять третього транзистора підключений до колектора п'ятдесят третього транзистора й бази п'ятдесят першого транзистора. Колектор двадцять четвертого транзистора підключений до колектора двадцять шостого транзистора й емітерів п'ятдесят третього й п'ятдесят четвертого транзисторів. База двадцять четвертого транзистора підключена до бази двадцять шостого транзистора. Емітер п'ятдесят шостого транзистора підключений до бази тридцять другого транзистора, база до колектора тридцять другого транзистора. Колектори п'ятдесят шостого й п'ятдесят п'ятого резисторів підключені до перших виходів першого й другого резисторів. Емітер п'ятдесят п'ятого транзистора підключений до бази тридцять першого транзистора, база до колектора тридцять першого транзистора. Другий вихід другого резистора підключений до шини нульового потенціалу. Другий вихід першого резистора підключений до входу пристрою.

Корисна модель належить до області вимірювальної, перетворювальної й імпульсної техніки.

Відомий двотактний підсилювач постійного струму (United States Patent N 3852678, IPC H03F 3/26, George Joseph Frye, 12175 S.W., Douglas, Portland, Oreg. 97225, Dec. 3, 1974), який містить
5 вхід і вихід пристрою, шини додатного й від'ємного живлення, шину нульового потенціалу й шість транзисторів, причому перший вихід першого джерела струму підключений до шини додатного живлення, колектор першого транзистора підключений до другого виходу першого джерела струму й базам першого й третього транзисторів, емітер першого транзистора підключений до емітера другого транзистора й шині нульового потенціалу, колектор другого
10 транзистора підключений до першого виходу другого джерела струму й базам другого й четвертого транзисторів, другий вихід другого джерела струму підключений до шини від'ємного живлення, колектор третього транзистора підключений до бази п'ятого транзистора, емітер третього транзистора підключений до емітера четвертого транзистора й входу пристрою, колектор четвертого транзистора підключений до бази шостого транзистора, емітер п'ятого
15 транзистора підключений до шини додатного живлення, колектор п'ятого транзистора підключений до колектора шостого транзистора й виходу пристрою, емітер шостого транзистора підключений до шини від'ємного живлення.

Недоліком даного технічного розв'язку є низька точність.

Найближчим технічним рішенням є підсилювач постійного струму [патент України № 126401, H03F 3/26, опубл. 25.06.2018, бюл. № 12], який містить шину додатного живлення, підключену до емітерів одинадцятого, тринадцятого, дев'ятнадцятого, двадцять п'ятого, двадцять сьомого й
20 тридцять першого транзисторів, колектора третього транзистора і першого виходу першого джерела струму й шину від'ємного живлення, підключену до емітерів дванадцятого, вісімнадцятого, двадцять четвертого, двадцять шостого, тридцятого й тридцять другого транзисторів, колектора другого транзистора й першого виходу другого джерела струму. Другий вихід першого джерела струму підключений до бази п'ятого транзистора й колектора першого транзистора. База першого транзистора підключена до бази й колектора шостого транзистора й емітера п'ятого транзистора. Емітер першого транзистора підключений до емітера другого транзистора. Бази другого й третього транзисторів підключені до шини нульового потенціалу.
30 Емітер третього транзистора підключений до емітера четвертого транзистора. База четвертого транзистора підключена до бази й колектора дев'ятого транзистора й емітера десятого транзистора. Другий вихід другого джерела струму підключений до бази десятого транзистора й колектора четвертого транзистора. Колектор десятого транзистора підключений до колектора дванадцятого транзистора й бази сімнадцятого транзистора. Емітер дев'ятого транзистора
35 підключений до емітера восьмого транзистора. Бази восьмого й сьомого транзисторів підключені до входу пристрою. Емітер сьомого транзистора підключений до емітера шостого транзистора. Колектор п'ятого транзистора підключений до колектора одинадцятого транзистора й бази чотирнадцятого транзистора. База одинадцятого транзистора з'єднана з базами й колекторами тринадцятого й дев'ятнадцятого транзисторів і емітером чотирнадцятого
40 транзистора. Колектор чотирнадцятого транзистора підключений до колекторів п'ятнадцятого й восьмого транзисторів і бази двадцятого транзистора. База п'ятнадцятого транзистора підключена до емітерів двадцятого й двадцять першого транзисторів. Емітер п'ятнадцятого транзистора підключений до емітера шістнадцятого транзистора. База шістнадцятого транзистора підключена до емітерів двадцять другого й двадцять третього транзисторів.
45 Колектор сімнадцятого транзистора підключений до колекторів шістнадцятого й сьомого транзисторів і бази двадцять третього транзистора. База дванадцятого транзистора з'єднана з базами й колекторами вісімнадцятого й двадцять четвертого транзисторів і емітером сімнадцятого транзистора. Колектор двадцять третього транзистора підключено до колектора двадцять шостого транзистора й бази двадцять дев'ятого транзистора. Бази двадцять другого й
50 двадцять першого транзисторів підключені до шини нульового потенціалу. Колектор двадцятого транзистора підключено до колектора двадцять п'ятого транзистора й бази двадцять восьмого транзистора. База двадцять п'ятого транзистора з'єднана з базами й колекторами двадцять сьомого й тридцять першого транзисторів, колектором двадцять другого транзистора й емітером двадцять восьмого транзистора. Колектори двадцять восьмого й двадцять дев'ятого
55 транзисторів підключені до виходу пристрою. База двадцять шостого транзистора з'єднана з базами й колекторами тридцятого й тридцять другого транзисторів, колектором двадцять першого транзистора й емітером двадцять дев'ятого транзистора.

Недоліком даного технічного розв'язку є низька точність і обмежені функціональні можливості.

В основу корисної моделі поставлена задача створення двотактного підсилювача постійного струму, у якому за рахунок уведення нових елементів і зв'язків між ними підвищується точність та розширюються функціональні можливості пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що двотактний підсилювач постійного струму містить

5 шину додатного живлення, підключену до емітерів одинадцятого, тринадцятого, дев'ятнадцятого, двадцять п'ятого, двадцять сьомого й тридцять першого транзисторів і першого виходу першого джерела струму й шину від'ємного живлення, підключену до емітерів дванадцятого, вісімнадцятого, двадцять четвертого, двадцять шостого, тридцять й тридцять

10 другого транзисторів і першого виходу другого джерела струму. Другий вихід першого джерела струму підключений до бази п'ятого транзистора й колектора першого транзистора. База першого транзистора підключена до бази й колектора шостого транзистора й емітера п'ятого транзистора. Емітер першого транзистора підключений до емітера другого транзистора. Бази

15 другого й третього транзисторів підключені до шини нульового потенціалу. Емітер третього транзистора підключений до емітера четвертого транзистора. База четвертого транзистора підключена до бази й колектора дев'ятого транзистора й емітера десятого транзистора. Другий

20 вихід другого джерела струму підключений до бази десятого транзистора й колектора четвертого транзистора. Колектор десятого транзистора підключений до колектора дванадцятого транзистора й бази сімнадцятого транзистора. Емітер дев'ятого транзистора підключений до емітера восьмого транзистора. Бази восьмого й сьомого транзисторів

25 підключені до входу пристрою. Емітер сьомого транзистора підключений до емітера шостого транзистора. Колектор п'ятого транзистора підключений до колектора одинадцятого транзистора й бази чотирнадцятого транзистора. База одинадцятого транзистора з'єднана з базою й колектором тринадцятого транзистора й емітером чотирнадцятого транзистора. Колектор чотирнадцятого транзистора підключений до колектора п'ятнадцятого транзистора.

30 База п'ятнадцятого транзистора підключена до емітерів двадцятого й двадцять першого транзисторів. Емітер п'ятнадцятого транзистора підключений до емітера шістнадцятого транзистора. База шістнадцятого транзистора підключена до емітерів двадцять другого й двадцять третього транзисторів. Колектор сімнадцятого транзистора підключений до колектора шістнадцятого транзистора. База дванадцятого транзистора з'єднана з базою й колектором

35 вісімнадцятого транзистора й емітером сімнадцятого транзистора. Бази двадцять другого й двадцять першого транзисторів підключені до шини нульового потенціалу. База двадцять п'ятого транзистора з'єднана з базами двадцять сьомого й тридцять першого транзисторів. Колектор двадцять п'ятого транзистора з'єднано з базою двадцять восьмого транзистора. Колектори двадцять сьомого й тридцять першого транзисторів з'єднані з емітером двадцять

40 восьмого транзистора. Колектори двадцять восьмого й двадцять дев'ятого транзисторів з'єднані. База двадцять шостого транзистора з'єднана з базами тридцять другого й тридцять другого транзисторів. Колектор двадцять шостого транзистора з'єднано з базою двадцять дев'ятого транзистора. Колектори тридцять другого й тридцять другого транзисторів з'єднані з емітером двадцять дев'ятого транзистора, відрізняється тим, що введено двадцять чотири транзистори,

45 чотири джерела струму й два резистори причому колектор тридцять третього транзистора з'єднаний з емітером першого транзистора, база з колектором другого транзистора, емітер з базою четвертого транзистора. Колектор тридцять четвертого транзистора з'єднаний з емітером четвертого транзистора, база з колектором третього транзистора, емітер з базою першого транзистора. Колектор тридцять шостого транзистора з'єднаний з емітером дев'ятого

50 транзистора, база з колектором восьмого транзистора, емітер з базою тридцять сьомого транзистора й колектором чотирнадцятого транзистора. Колектор тридцять п'ятого транзистора з'єднаний з емітером шостого транзистора, база з колектором сьомого транзистора, емітер з базою сорок другого транзистора й колектором сімнадцятого транзистора. Перші виходи

55 третього й п'ятого джерел струму підключені до шини позитивно живлення. Другий вихід третього джерела струму підключений до бази двадцятого транзистора й до емітера тридцять сьомого транзистора. Колектор тридцять сьомого транзистора підключений до емітерів двадцять першого, тридцять восьмого й тридцять дев'ятого транзисторів і бази сорок восьмого транзистора. Колектори двадцять першого, тридцять восьмого й тридцять дев'ятого

60 транзисторів підключені до другого виходу шостого джерела струму, до баз п'ятдесят третього й п'ятдесят четвертого транзисторів і до емітера п'ятдесят другого транзистора. Бази тридцять восьмого, тридцять дев'ятого, сорокового й сорок першого транзисторів підключені до шини нульового потенціалу. Колектори двадцять другого, сорокового й сорок першого транзисторів підключені до другого виходу п'ятого джерела струму, до баз сорок третього й сорок четвертого транзисторів і до емітера сорок п'ятого транзистора. Колектор сорок другого транзистора підключений до емітерів двадцять другого, сорокового й сорок першого транзисторів і бази

сорок дев'ятого транзистора. Другий вихід четвертого джерела струму підключено до бази двадцять третього транзистора й до емітера сорок другого транзистора. Перші виходи четвертого й шостого джерел струму підключені до шини позитивно живлення. База дев'ятнадцятого транзистора підключена до бази двадцять п'ятого транзистора. Колектор дев'ятнадцятого транзистора підключено до колектора двадцять п'ятого транзистора й емітерів сорок третього й сорок четвертого транзисторів. Колектор двадцятото транзистора підключено до колектора сорок третього транзистора й бази сорок шостого транзистора. Колектор сорок шостого транзистора підключено до колектора сорок четвертого транзистора, бази сорок п'ятого транзистора й емітера сорок сьомого транзистора. Емітер сорок шостого транзистора підключено до колектора сорок восьмого транзистора й бази сорок сьомого транзистора. Емітер сорок восьмого транзистора з'єднаний з емітером сорок дев'ятого транзистора. Колектори сорок п'ятого, сорок сьомого, п'ятдесятого й п'ятдесят другого транзисторів підключені до виходу пристрою. Емітер п'ятдесят першого транзистора підключено до колектора сорок дев'ятого транзистора й бази п'ятдесятого транзистора. Колектор п'ятдесят першого транзистора підключено до колектора п'ятдесят четвертого транзистора, бази п'ятдесят другого транзистора й емітера п'ятдесятого транзистора. Колектор двадцять третього транзистора підключено до колектора п'ятдесят третього транзистора й бази п'ятдесят першого транзистора. Колектор двадцять четвертого транзистора підключено до колектора двадцять шостого транзистора й емітерів п'ятдесят третього й п'ятдесят четвертого транзисторів. База двадцять четвертого транзистора підключена до бази двадцять шостого транзистора. Емітер п'ятдесят шостого транзистора підключено до бази тридцять другого транзистора, база до колектора тридцять другого транзистора. Колектори п'ятдесят шостого й п'ятдесят п'ятого резисторів підключені до перших виходів першого й другого резисторів. Емітер п'ятдесят п'ятого транзистора підключено до бази тридцять першого транзистора, база до колектора тридцять першого транзистора. Другий вихід другого резистора підключений до шини нульового потенціалу. Другий вихід першого резистора підключений до входу пристрою.

Корисна модель пояснюється кресленням, на якому зображена схема двотактного підсилювача постійного струму.

Двотактний підсилювач постійного струму містить шину додатного живлення 66, підключену до емітерів одинадцятого 10, тринадцятого 20, дев'ятнадцятого 43, двадцять п'ятого 44, двадцять сьомого 57 і тридцять першого 58 транзисторів і першого виходу першого джерела струму 1 і шину від'ємного живлення 67, підключену до емітерів дванадцятого 19, вісімнадцятого 25, двадцять четвертого 55, двадцять шостого 56, тридцятого 63 і тридцять другого 64 транзисторів і першого виходу другого джерела струму 9. Другий вихід першого джерела струму 1 підключений до бази п'ятого транзистора 11 і колектора першого транзистора 2. База першого транзистора 2 підключена до бази й колектора шостого транзистора 12 і емітера п'ятого транзистора 11. Емітер першого транзистора 2 підключено до емітера другого транзистора 3. Бази другого 3 і третього 7 транзисторів підключені до шини нульового потенціалу 5. Емітер третього транзистора 7 підключено до емітера четвертого транзистора 8. База четвертого транзистора 8 підключена до бази й колектора дев'ятого транзистора 17 і емітера десятого транзистора 18. Другий вихід другого джерела струму 9 підключений до бази десятого транзистора 18 і колектора четвертого транзистора 8. Колектор десятого транзистора 18 підключено до колектора дванадцятого транзистора 19 і бази сімнадцятого транзистора 24. Емітер дев'ятого транзистора 17 підключено до емітера восьмого транзистора 16. Бази восьмого 16 і сьомого 13 транзисторів підключені до входу пристрою. Емітер сьомого транзистора 13 підключено до емітера шостого транзистора 12. Колектор п'ятого транзистора 11 підключений до колектора одинадцятого транзистора 10 і бази чотирнадцятого транзистора 21. База одинадцятого транзистора 10 з'єднана з базою й колектором тринадцятого транзистора 20 і емітером чотирнадцятого транзистора 21. Колектор чотирнадцятого транзистора 21 підключений до колектора п'ятнадцятого транзистора 22. База п'ятнадцятого транзистора 22 підключено до емітерів двадцятото 28 і двадцять першого 32 транзисторів. Емітер п'ятнадцятого транзистора 22 підключено до емітера шістнадцятого транзистора 23. База шістнадцятого транзистора 23 підключена до емітерів двадцять другого 35 і двадцять третього 37 транзисторів. Колектор сімнадцятого транзистора 24 підключений до колектора шістнадцятого транзистора 23. База дванадцятого транзистора 19 з'єднана з базою й колектором вісімнадцятого транзистора 25 і емітером сімнадцятого транзистора 24. Бази двадцять другого 35 і двадцять першого 32 транзисторів підключені до шини нульового потенціалу 5. База двадцять п'ятого транзистора 44 з'єднано з базами двадцять сьомого 57 і тридцять першого 58 транзисторів. Колектор двадцять п'ятого транзистора 44 з'єднано з базою двадцять восьмого транзистора 60. Колектори двадцять сьомого 57 і тридцять першого 58

транзисторів з'єднані з емітером двадцять восьмого транзистора 60. Колектори двадцять восьмого 60 і двадцять дев'ятого 61 транзисторів з'єднані. База двадцять шостого транзистора 56 з'єднана з базами тридцятого 63 і тридцять другого 64 транзисторів. Колектор двадцять шостого транзистора 56 з'єднано з базою двадцять дев'ятого транзистора 61. Колектори

5 тридцятого 63 і тридцять другого 64 транзисторів з'єднані з емітером двадцять дев'ятого транзистора 61. Колектор тридцять третього транзистора 4 з'єднано з емітером першого транзистора 2, база з колектором другого транзистора 3, емітер з базою четвертого транзистора 8. Колектор тридцять четвертого транзистора 6 з'єднано з емітером четвертого транзистора 8, база з колектором третього транзистора 7, емітер з базою першого транзистора

10 2. Колектор тридцять шостого транзистора 15 з'єднано з емітером дев'ятого транзистора 17, база з колектором восьмого транзистора

16, емітер з базою тридцять сьомого транзистора 29 і колектором чотирнадцятого транзистора 21. Колектор тридцять п'ятого транзистора 14 з'єднано з емітером шостого транзистора 12, база з колектором сьомого транзистора 13, емітер з базою сорок другого транзистора 36 і колектором сімнадцятого транзистора 24. Перші виходи третього 26 і п'ятого 41 джерел струму підключені до шини додатного живлення 66. Другий вихід третього джерела струму 26 підключений до бази двадцятого транзистора 28 і до емітера тридцять сьомого транзистора 29. Колектор тридцять сьомого транзистора 29 підключений до емітерів двадцять першого 32, тридцять восьмого 30 і тридцять дев'ятого 31 транзисторів і бази сорок восьмого транзистора 49. Колектори двадцять першого 32, тридцять восьмого 30 і тридцять дев'ятого 31 транзисторів підключені до другого виходу шостого джерела струму 42, до баз п'ятдесят третього 38 і п'ятдесят четвертого 54 транзисторів і до емітера п'ятдесят другого транзистора 53. Бази тридцять восьмого 30, тридцять дев'ятого 31, сорокового 33 і сорок першого 34 транзисторів підключені до шини нульового потенціалу 5. Колектори двадцять другого 35, сорокового 33 і сорок першого 34 транзисторів підключені до другого виходу п'ятого джерела струму 41, до баз сорок третього 27 і сорок четвертого 45 транзисторів і до емітера сорок п'ятого транзистора 46. Колектор сорок другого транзистора 36 підключений до емітерів двадцять другого 35, сорокового 33 і сорок першого 34 транзисторів і бази сорок дев'ятого транзистора 50. Другий вихід четвертого джерела струму 39 підключено до бази двадцять третього транзистора 37 і до емітера сорок другого транзистора 36. Перші виходи четвертого 39 і шостого 42 джерел струму підключені до шини від'ємного живлення 67. База дев'ятнадцятого транзистора 43 підключено до бази двадцять п'ятого транзистора 44. Колектор дев'ятнадцятого транзистора 43 підключено до колектора двадцять п'ятого транзистора 44 і емітерів сорок третього 27 і сорок четвертого 45 транзисторів. Колектор двадцятого транзистора 28 підключено до колектора сорок третього транзистора 27 і бази сорок шостого транзистора 47. Колектор сорок шостого транзистора 47 підключено до колектора сорок четвертого транзистора 45, бази сорок п'ятого транзистора 46 і емітера сорок сьомого транзистора 48. Емітер сорок шостого 47 транзистора підключено до колектора сорок восьмого транзистора 49 і бази сорок сьомого транзистора 48. Емітер сорок восьмого транзистора 49 з'єднаний з емітером сорок дев'ятого транзистора 50. Колектори сорок п'ятого 46, сорок сьомого 48, п'ятдесятого 51 і п'ятдесят другого 53 транзисторів підключені до виходу пристрою. Емітер п'ятдесят першого транзистора 52 підключено до колектора сорок дев'ятого транзистора 50 і бази п'ятдесятого транзистора 51. Колектор п'ятдесят першого транзистора 52 підключено до колектора п'ятдесят четвертого транзистора 54, бази п'ятдесят другого транзистора 53 і емітера п'ятдесятого транзистора 51. Колектор двадцять третього транзистора 37 підключено до колектора п'ятдесят третього транзистора 38 і бази п'ятдесят першого транзистора 52. Колектор двадцять четвертого транзистора 55 підключено до колектора двадцять шостого транзистора 56 і емітерів п'ятдесят третього 38 і п'ятдесят четвертого транзисторів 54. Базу двадцять четвертого транзистора 55 підключено до бази двадцять шостого транзистора 56. Емітер п'ятдесят шостого транзистора 62 підключено до бази тридцять другого транзистора 64, база до колектора тридцять другого транзистора 64. Колектори п'ятдесят шостого 62 і п'ятдесят п'ятого 59 транзисторів підключені до перших виходів першого 40 і другого 65 резисторів. Емітер п'ятдесят п'ятого транзистора 59 підключено до бази тридцять першого транзистора 58, база до колектора тридцять першого транзистора 58. Другий вихід другого резистора 65 підключений до

55 шини нульового потенціалу 5. Другий вихід першого резистора 40 підключений до входу пристрою.

Працює пристрій в такий спосіб: у працюючому стані на шині нульового потенціалу 5 нульовий потенціал, на шині додатного живлення 66 додатна напруга, на шині від'ємного живлення 67 від'ємна напруга, у працюючому стані всі транзистори схеми функціонують у

60 лінійній зоні.

Перший 2, другий 3, тридцять третій 4, тридцять четвертий 6, третій 7, четвертий 8, п'ятий 11, шостий 12, сьомий 13, тридцять п'ятий 14, тридцять шостий 15, восьмий 16, дев'ятий 17, десятий 18 транзистори, перше 1 і друге 9 джерела струму формують вхідний двотактний каскад, що перетворює вхідний струм ($I_{вх} = I_{б7} - I_{б8}$) у різниціві струми i , (струми $I_{ет6} = I_{ет35} = I$) і I_2 (струми $I_{ет9} = I_{ет36} = I_2$), також виконується рівність $I_{ет1} = I_{ет33} = I_{11} = I_{12} = I_{ет34} = I_{ет4} = I_0$, де I_0 - базовий струм заданий для описуваного пристрою, тут і надалі $I_{бпн}$, $I_{етп}$, $I_{бетп}$ - струм бази, струм емітера й напруга база-емітер відповідно n -го транзистора. Пари транзисторів другий 3 і тридцять третій 4, тридцять четвертий 6 і третій 7, сьомий 13 і тридцять п'ятий 14, тридцять шостий 15 і восьмий 16 являють собою складені транзистори Шиклаї й слугують для посилення вхідного струму. П'ятий 11 і десятий 18 транзистори слугують для завдання напруг колектор-база першого 2 і четвертого 8 транзисторів відповідно й стабілізації їх режиму роботи з постійного струму. Буде виконуватися рівність:

$$U_{бет1} + U_{бет2} + U_{бет3} + U_{бет4} = U_{бет6} + U_{бет7} + U_{бет8} + U_{бет9},$$

враховуючи що, $I_{ет2} = I_{ет33} / \beta_{рпн}$, $I_{ет3} = I_{ет34} / \beta_{рпн}$, $I_{ет7} = I_{ет35} / \beta_{рпн}$, $I_{ет8} = I_{ет36} / \beta_{рпн}$, де Φ_t , I_t - термопотенціал і тепловий струм транзистора, $\beta_{рпн}$, $\beta_{рпн}$ - коефіцієнти передачі базового струму рпн і рпн транзисторів, одержимо $I_1 \cdot I_2 = I_0^2$, вирішуючи це рівняння й враховуючи викладене раніше, одержимо

$$I_{1,2} = \pm \frac{\beta_{рпн} \cdot \beta_{рпн}}{2} I_{ах} + \sqrt{\frac{\beta_{рпн}^2 \cdot \beta_{рпн}^2}{4} I_{ах}^2 + I_0^2}.$$

Одинадцятий 10, тринадцятий 20 і чотирнадцятий 21 транзистори й дванадцятий 19, сімнадцятий 24 і вісімнадцятий 25 транзистори утворюють перше й друге струмові дзеркала відповідно, які представляють собою струмові дзеркала Уілсона. Вони забезпечують виконання співвідношень $I_{ет5} = I_{ет14} = I_1 + I_0$ і $I_{ет10} = I_{ет17} = I_2 + I_0$ відповідно. Через п'ятнадцятий 22 і шістнадцятий 23 транзистори протікає однаковий струм рівний I_0 . Струм бази тридцять сьомого транзистора 29 буде дорівнювати:

$$I_{бт37} = I_{эт15} = I_{эт36} = I_{эт14} = I_2 - I_1 = -\beta_{рпн} \cdot \beta_{рпн} \cdot I_{вх},$$

а струм бази сорок другого транзистора 36 буде дорівнювати:

$$I_{бт42} = I_{эт16} + I_{эт35} - I_{эт17} = I_1 - I_2 = \beta_{рпн} \cdot \beta_{рпн} \cdot I_{вх}.$$

П'ятнадцятий 22, шістнадцятий 23, двадцятий 28, двадцять перший 32, двадцять другий 35, двадцять третій 37, тридцять сьомий 29, тридцять восьмий 30, тридцять дев'ятий 31, сороковий 33, сорок перший 34 і сорок другий 36 транзистори, третє 26 і четверте 39 джерела струму ($I_{13} = I_{14} = I_0$) формують ще один двотактний каскад (блок балансування й посилення струмів), що здійснює посилення й перетворення його вхідних струмів ($I_{бт37}$, $I_{бт42}$) у різниціві струми I'_1 і I'_2 (струми $I_{ет38} = I_{ет39} = I'_1$) і I'_2 (струми $I_{ет40} = I_{ет41} = I'_2$). пари транзисторів тридцять сьомий 29 і двадцятий 28, сорок другий 36 і двадцять другий 37, являють собою складені транзистори Шиклаї й слугують для посилення вхідних струмів ($I_{бт37}$, $I_{бт42}$). Також буде виконуватися рівність:

$$U_{бет15} + U_{бет16} = U_{бет38} + U_{бет40},$$

звідки впливає $I'_1 \cdot I'_2 = I_0^2$, вирішуючи це рівняння й враховуючи, зазначене раніше одержимо

$$I'_{1,2} = \pm \frac{\beta_{рпн}^2 \cdot \beta_{рпн}^2}{3} I_{ах} + \sqrt{\frac{\beta_{рпн}^4 \cdot \beta_{рпн}^4}{9} I_{ах}^2 + I_0^2},$$

$I_{ет20} = 3 \cdot I'_1 - I_0$, $I_{ет23} = 3 \cdot I'_1 - I_0$ - Трійки паралельно включених транзисторів - тридцять восьмий 30, тридцять дев'ятий 31, двадцять перший 32 і сороковий 33, сорок перший 34, двадцять другий 35 слугують для завдання базових робочих струмів у вихідних каскадах схеми. Збільшення паралельно включених транзисторів збільшує ці струми.

Сорок третій 27, сорок четвертий 45, сорок п'ятий 46, сорок шостий 47 і сорок сьомий 48 транзистори й п'яте джерело струму ($I_{15} = 4 \cdot I_0$) утворюють перший блок формування вихідного струму, що представляє собою модифіковане струмове дзеркало Уілсона. П'ятдесят перший 51, п'ятдесят перший 52, п'ятдесят другий 53, п'ятдесят третій 38 і п'ятдесят четвертий 54 транзистори й шосте джерело струму ($I_{16} = 4 \cdot I_0$) утворюють другий блок формування вихідного струму, що також представляє собою модифіковане струмове дзеркало Уілсона. Пари транзисторів сорок шостий 47 і сорок сьомий 48, п'ятдесят перший 51 і п'ятдесят перший 52, являють собою складені транзистори Шиклаї й слугують для збільшення вихідного опору пристрою. Сорок восьмий 49 і сорок дев'ятий 50 транзистори слугують для завдання базового робочого струму рівного I_0 через сорок шостий 47 і п'ятдесят перший 52 транзистори. Будуть вірні співвідношення $I_{эт20} = I_{эт43} = I_{эт44}$ і $I_{эт23} = I_{эт53} = I_{эт54}$, вихідний струм буде дорівнювати:

$$I_{вх} = (4 \cdot I_0 + 3 \cdot I'_1 - I_0 - 3 \cdot I'_2 - I_0) - (4 \cdot I_0 + 3 \cdot I'_2 - I_0 - 3 \cdot I'_1 - I_0) = 6 \cdot (I'_1 - I'_2) = 2 \cdot \beta_{рпн}^2 \cdot \beta_{рпн}^2 \cdot I_{вх}.$$

Дев'ятнадцятий 43, двадцять п'ятий 44, двадцять сьомий 57, тридцять перший 58, п'ятдесят п'ятий 59 і двадцять восьмий 60 транзистори й двадцять четвертий 55, двадцять шостий 56,

тридцятий 63, тридцять другий 64, п'ятдесят шостий 62 і двадцять дев'ятий 61 транзистори утворюють третє й четверте струмові дзеркала відповідно, що представляють собою модифіковані струмові дзеркала Уілсона. Вони забезпечують виконання співвідношень $I_{ct19} + I_{et25} = I_{et27} + I_{et31} = I_{et28} = I_{et43} + I_{et44} = 6 \cdot I_1 - 2 \cdot I_0$

5 $I_{et24} + I_{et26} = I_{et30} + I_{et32} = I_{et29} = I_{et53} + I_{et54} = 6 \cdot I_2 - 2 \cdot I_0$ відповідно. Струм, що надходить у ланцюг зворотного зв'язку, буде рівний

$$I_{z3} = (6 \cdot I_1 - 2 \cdot I_0) - (6 \cdot I_2 - 2 \cdot I_0) = 6 \cdot (I_1 - I_2) = 2 \cdot \beta_{npn}^2 \cdot I_{вх},$$

т.ч. буде дорівнює вихідному струму.

10 Перший 40 і другий 65 резистори формують ланцюг від'ємного зворотного зв'язку, що передає назад на вхід пристрою струм величиною $(I_{вих} \cdot R_1)/(R_1+R_2)$.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

15 Двотактний підсилювач постійного струму, що містить шину додатного живлення, підключену до емітерів одинадцятого, тринадцятого, дев'ятнадцятого, двадцять п'ятого, двадцять сьомого й тридцять першого транзисторів і першого виходу першого джерела струму; шину від'ємного живлення, підключену до емітерів дванадцятого, вісімнадцятого, двадцять четвертого, двадцять шостого, тридцятого й тридцять другого транзисторів і першого виходу другого джерела струму, другий вихід першого джерела струму підключений до бази п'ятого транзистора й колектора першого транзистора, база першого транзистора підключена до бази й колектора шостого транзистора й емітера п'ятого транзистора, емітер першого транзистора підключений до емітера другого транзистора, бази другого й третього транзисторів підключені до шини нульового потенціалу, емітер третього транзистора підключений до емітера четвертого транзистора, база четвертого транзистора підключена до бази й колектора дев'ятого транзистора й емітера десятого транзистора, другий вихід другого джерела струму підключений до бази десятого транзистора й колектора четвертого транзистора, колектор десятого транзистора підключений до колектора дванадцятого транзистора й бази сімнадцятого транзистора, емітер дев'ятого транзистора підключений до емітера восьмого транзистора, бази восьмого й сьомого транзисторів підключені до входу пристрою, емітер сьомого транзистора підключений до емітера шостого транзистора, колектор п'ятого транзистора підключений до колектора одинадцятого транзистора й бази чотирнадцятого транзистора, база одинадцятого транзистора з'єднана з базою й колектором тринадцятого транзистора й емітером чотирнадцятого транзистора, колектор чотирнадцятого транзистора підключений до колектора п'ятнадцятого транзистора, база п'ятнадцятого транзистора підключена до емітерів двадцятого й двадцять першого транзисторів, емітер п'ятнадцятого транзистора підключений до емітера шістнадцятого транзистора, база шістнадцятого транзистора підключена до емітерів двадцять другого й двадцять третього транзисторів, колектор сімнадцятого транзистора підключений до колектора шістнадцятого транзистора, база дванадцятого транзистора з'єднана з базою й колектором вісімнадцятого транзистора й емітером сімнадцятого транзистора, бази двадцять другого й двадцять першого транзисторів підключені до шини нульового потенціалу, база двадцять п'ятого транзистора з'єднано з базами двадцять сьомого й тридцять першого транзисторів, колектор двадцять п'ятого транзистора з'єднано з базою двадцять восьмого транзистора, колектори двадцять сьомого й тридцять першого транзисторів з'єднані з емітером двадцять восьмого транзистора, колектори двадцять восьмого й двадцять дев'ятого транзисторів з'єднані, база двадцять шостого транзистора з'єднана з базами тридцятого й тридцять другого транзисторів, колектор двадцять шостого транзистора з'єднано з базою двадцять дев'ятого транзистора, колектори тридцятого й тридцять другого транзисторів з'єднані з емітером двадцять дев'ятого транзистора, який **відрізняється** тим, що введено двадцять чотири транзистори, чотири джерела струму й два резистори причому колектор тридцять третього транзистора з'єднаний з емітером першого транзистора, база з колектором другого транзистора, емітер з базою четвертого транзистора, колектор тридцять четвертого транзистора з'єднаний з емітером четвертого транзистора, база з колектором третього транзистора, емітер з базою першого транзистора, колектор тридцять шостого транзистора з'єднаний з емітером дев'ятого транзистора, база - з колектором восьмого транзистора, емітер - з базою тридцять сьомого транзистора й колектором чотирнадцятого транзистора, колектор тридцять п'ятого транзистора з'єднаний з емітером шостого транзистора, база з колектором сьомого транзистора, емітер з базою сорок другого транзистора й колектором сімнадцятого транзистора, перші виходи третього й п'ятого джерел струму підключені до шини позитивно живлення, другий вихід третього джерела струму підключений до бази двадцятого транзистора й до емітера тридцять сьомого транзистора, колектор тридцять сьомого транзистора

підключений до емітерів двадцять першого, тридцять восьмого й тридцять дев'ятого транзисторів і бази сорок восьмого транзистора, колектори двадцять першого, тридцять восьмого й тридцять дев'ятого транзисторів підключені до другого виходу шостого джерела струму, до баз п'ятдесят третього й п'ятдесят четвертого транзисторів і до емітера п'ятдесят
5 другого транзистора, бази тридцять восьмого, тридцять дев'ятого, сорокового й сорок першого транзисторів підключені до шини нульового потенціалу, колектори двадцять другого, сорокового й сорок першого транзисторів підключені до другого виходу п'ятого джерела струму, до баз сорок третього й сорок четвертого транзисторів і до емітера сорок п'ятого транзистора, колектор сорок другого транзистора підключений до емітерів двадцять другого, сорокового й сорок
10 першого транзисторів і бази сорок дев'ятого транзистора, другий вихід четвертого джерела струму підключений до бази двадцять третього транзистора й до емітера сорок другого транзистора, перші виходи четвертого й шостого джерел струму підключені до шини позитивно живлення, база дев'ятнадцятого транзистора підключена до бази двадцять п'ятого транзистора, колектор дев'ятнадцятого транзистора підключений до колектора двадцять п'ятого транзистора
15 й емітерів сорок третього й сорок четвертого транзисторів, колектор двадцять п'ятого транзистора підключений до колектора сорок третього транзистора й бази сорок шостого транзистора, колектор сорок шостого транзистора підключений до колектора сорок четвертого транзистора, бази сорок п'ятого транзистора й емітера сорок сьомого транзистора, емітер сорок шостого транзистора підключений до колектора сорок восьмого транзистора й бази сорок сьомого
20 транзистора, емітер сорок восьмого транзистора з'єднаний з емітером сорок дев'ятого транзистора, колектори сорок п'ятого, сорок сьомого, п'ятдесятого й п'ятдесят другого транзисторів підключені до виходу пристрою, емітер п'ятдесят першого транзистора підключений до колектора сорок дев'ятого транзистора й бази п'ятдесятого транзистора, колектор п'ятдесят першого транзистора підключений до колектора п'ятдесят четвертого
25 транзистора, бази п'ятдесят другого транзистора й емітера п'ятдесятого транзистора, колектор двадцять третього транзистора підключений до колектора п'ятдесят третього транзистора й бази п'ятдесят першого транзистора, колектор двадцять четвертого транзистора підключений до колектора двадцять шостого транзистора й емітерів п'ятдесят третього й п'ятдесят
30 четвертого транзисторів, база двадцять четвертого транзистора підключена до бази двадцять шостого транзистора, емітер п'ятдесят шостого транзистора підключений до бази тридцять другого транзистора, база до колектора тридцять другого транзистора, колектори п'ятдесят шостого й п'ятдесят п'ятого резисторів підключені до перших виходів першого й другого резисторів, емітер п'ятдесят п'ятого транзистора підключено до бази тридцять першого транзистора, база до колектора тридцять першого транзистора, другий вихід другого резистора
35 підключений до шини нульового потенціалу, другий вихід першого резистора підключений до входу пристрою.

