УКРАЇНА **(19) UA** **(11) 126162** **(13) U**

(51) МПК (2018.01)
H03K 5/22 (2006.01)
G05B 1/00

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2017 12878**
(22) Дата подання заявки: **26.12.2017**
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **11.06.2018**
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **11.06.2018, Бюл.№ 11**

(72) Винахідник(и):
Азаров Олексій Дмитрович (UA),
Богомолов Сергій Віталійович (UA),
Павлов Сергій Володимирович (UA),
Куш Ярослав Юрійович (UA)

(73) Власник(и):
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)

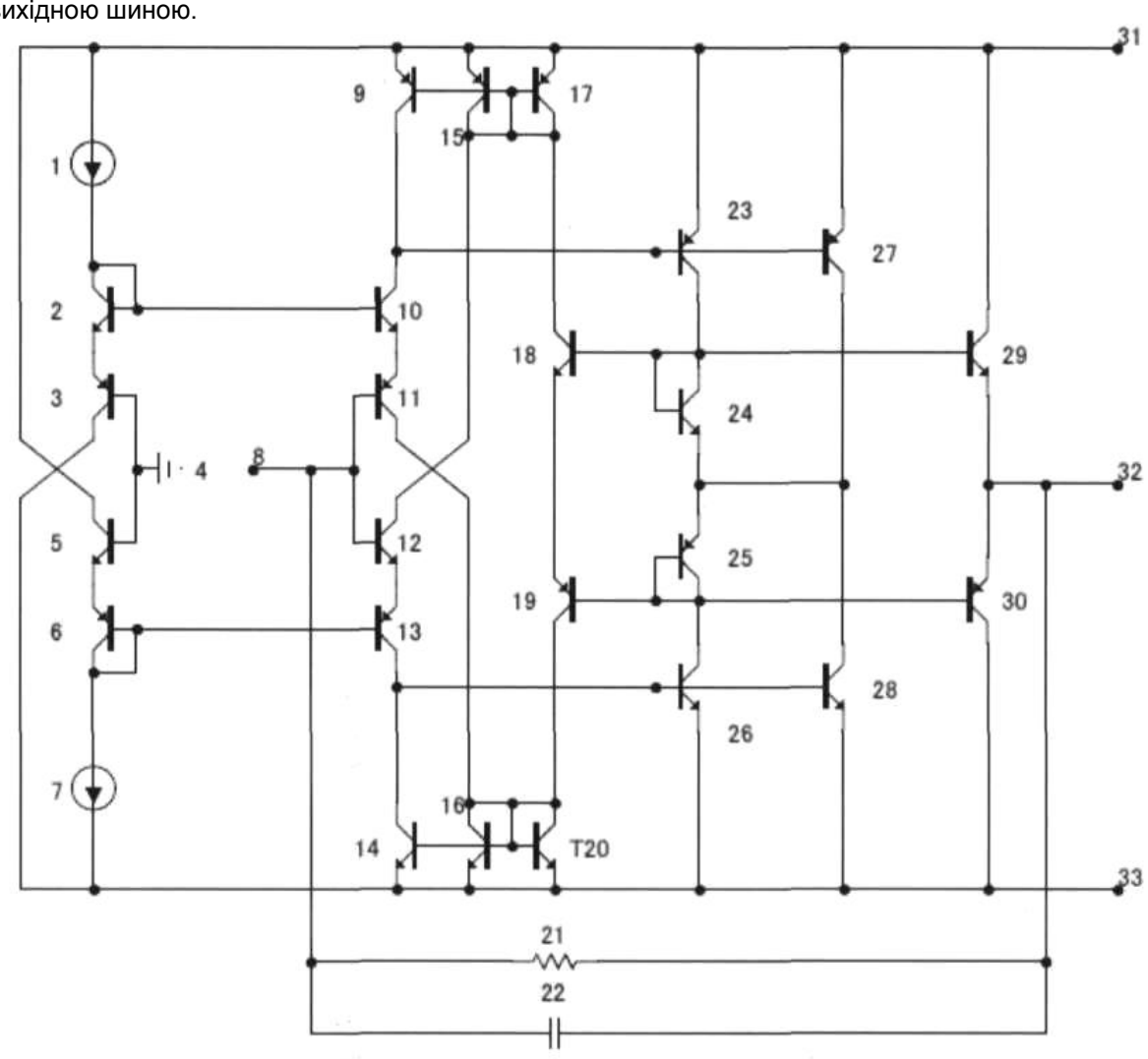
(54) ДВОТАКТНИЙ СИМЕТРИЧНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ СТРУМУ

(57) Реферат:

Двотактний симетричний підсилювач струму містить перше та друге джерела струму, резистор зворотного зв'язку, коригуючий конденсатор, шини додатного та від'ємного живлення, вхідну і вихідну шини, шину нульового потенціалу, двадцять два біполярних транзисторів. Вхідну шину з'єднано з першим виводом резистора зворотного зв'язку, а також з емітерами одинадцятого і дванадцятого біполярних транзисторів, емітери одинадцятого і дванадцятого біполярних транзисторів з'єднано з емітерами третього і четвертого біполярних транзисторів відповідно, колектори третього і четвертого біполярних транзисторів з'єднано з базами п'ятого і шостого та дев'ятнадцятого і двадцятого біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами дев'ятого і десятого біполярних транзисторів відповідно. Бази третього і четвертого біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами першого і другого біполярних транзисторів відповідно, а також з першими виводами першого і другого джерел струму. Емітери першого і другого біполярних транзисторів з'єднано з емітерами сьомого і восьмого біполярних транзисторів відповідно, бази сьомого і восьмого біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу. Другі виводи першого і другого джерел струму, а також емітери п'ятого, шостого, дев'ятого, десятого, тринадцятого, чотирнадцятого біполярних транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, бази дев'ятого і десятого біполярних транзисторів з'єднано з базами і колекторами тринадцятого і чотирнадцятого біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятнадцятого і шістнадцятого біполярних транзисторів відповідно. Емітери п'ятнадцятого і шістнадцятого біполярних транзисторів об'єднано, бази п'ятнадцятого і шістнадцятого біполярних транзисторів з'єднано з базами і колекторами сімнадцятого і вісімнадцятого біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятого і шостого біполярних транзисторів відповідно. Емітери дев'ятнадцятого і двадцятого біполярних транзисторів з'єднано із шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, емітери сімнадцятого і вісімнадцятого біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано із колекторами дев'ятнадцятого і двадцятого біполярних транзисторів відповідно, а також з другим виводом резистора зворотного зв'язку та з другим виводом коригуючого конденсатора та з вихідною шиною. Емітери двадцять першого і двадцять другого біполярних транзисторів з'єднано із шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, бази дев'ятого і десятого біполярних транзисторів з'єднано з базами і колекторами тринадцятого, двадцять першого і чотирнадцятого, двадцять другого біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятнадцятого, дванадцятого і шістнадцятого, одинадцятого біполярних

UA 126162 U

транзисторів відповідно. Колектори сьомого і восьмого біполярних транзисторів з'єднано з другими виводами першого і другого джерел струму відповідно, а також із шинами додатного і від'ємного живлення відповідно. Додатково у підсилювач введено двадцять третій та двадцять четвертий транзистори, причому бази двадцять третього та двадцять четвертого біполярних транзисторів з'єднані з базами п'ятнадцятого та шістнадцятого біполярних транзисторів відповідно, а також з колектором та базою сімнадцятого та вісімнадцятого біполярних транзисторів відповідно. Колектори двадцять третього та двадцять четвертого біполярних транзисторів під'єднано до шин додатного і від'ємного живлення відповідно, емітери двадцять третього та двадцять четвертого біполярних транзисторів з'єднані між собою, а також з другим виводом резистора зворотного зв'язку та з другим виводом коригуючого конденсатора та з вихідною шиною.



Корисна модель належить до імпульсної техніки і може бути використана в аналого-цифрових перетворювачах і цифрових вимірювальних приладах.

Відомо двотактний симетричний підсилювач струму (патент України № 45749 м. кл., H03F 3/26, бюл. № 22, 2009 р.), який містить перше та друге джерела струму, резистор зворотного зв'язку, коригуючий конденсатор, шини додатного та від'ємного живлення, вхідну і вихідну шини, шину нульового потенціалу, двадцять біполярних транзисторів, причому вхідну шину з'єднано з першим виводом резистора зворотного зв'язку, а також з емітерами одинадцятого і дванадцятого біполярних транзисторів, колектори одинадцятого і дванадцятого біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, емітери одинадцятого і дванадцятого біполярних транзисторів з'єднано з емітерами третього і четвертого біполярних транзисторів відповідно, колектори третього і четвертого біполярних транзисторів з'єднано з базами п'ятого і шостого та дев'ятнадцятого і двадцятого біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами дев'ятого і десятого біполярних транзисторів відповідно, бази третього і четвертого біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами першого і другого біполярних транзисторів відповідно, а також з першими виводами першого і другого джерел струму, емітери першого і другого біполярних транзисторів з'єднано з емітерами сьомого і восьмого біполярних транзисторів відповідно, бази і колектори сьомого і восьмого біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, другі виводи першого і другого джерел струму, а також емітери п'ятого, шостого, дев'ятого, десятого, тринадцятого, чотирнадцятого біполярних транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, бази дев'ятого і десятого біполярних транзисторів з'єднано з базами і колекторами тринадцятого і чотирнадцятого біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятнадцятого і шістнадцятого біполярних транзисторів відповідно, емітери п'ятнадцятого і шістнадцятого біполярних транзисторів об'єднано, бази п'ятнадцятого і шістнадцятого біполярних транзисторів з'єднано з базами і колекторами сімнадцятого і вісімнадцятого біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятого і шостого біполярних транзисторів відповідно, емітери дев'ятнадцятого і двадцятого біполярних транзисторів з'єднано із шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, емітери сімнадцятого і вісімнадцятого біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано із колекторами дев'ятнадцятого і двадцятого біполярних транзисторів відповідно, а також з другим виводом резистора зворотного зв'язку та з другим виводом коригуючого конденсатора та з вихідною шиною.

Недоліком аналога є низькі коефіцієнт підсилення та точність роботи пристрою, що обмежує його галузь використання.

Як найближчий аналог вибрано двотактний симетричний підсилювач струму (Патент України № 70320, H03F 5/22, бюл. № 11, 2011 р.), який містить перше та друге джерела струму, резистор зворотного зв'язку, коригуючий конденсатор, шини додатного та від'ємного живлення, вхідну і вихідну шини, шину нульового потенціалу, двадцять біполярних транзисторів, причому вхідну шину з'єднано з першим виводом резистора зворотного зв'язку, а також з емітерами одинадцятого і дванадцятого біполярних транзисторів, емітери одинадцятого і дванадцятого біполярних транзисторів з'єднано з емітерами третього і четвертого біполярних транзисторів відповідно, колектори третього і четвертого біполярних транзисторів з'єднано з базами п'ятого і шостого та дев'ятнадцятого і двадцятого біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами дев'ятого і десятого біполярних транзисторів відповідно, бази третього і четвертого біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами першого і другого біполярних транзисторів відповідно, а також з першими виводами першого і другого джерел струму, емітери першого і другого біполярних транзисторів з'єднано з емітерами сьомого і восьмого біполярних транзисторів відповідно, бази сьомого і восьмого біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, другі виводи першого і другого джерел струму, а також емітери п'ятого, шостого, дев'ятого, десятого, тринадцятого, чотирнадцятого біполярних транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, бази дев'ятого і десятого біполярних транзисторів з'єднано з базами і колекторами тринадцятого і чотирнадцятого біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятнадцятого і шістнадцятого біполярних транзисторів відповідно, емітери п'ятнадцятого і шістнадцятого біполярних транзисторів об'єднано, бази п'ятнадцятого і шістнадцятого біполярних транзисторів з'єднано з базами і колекторами сімнадцятого і вісімнадцятого біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятого і шостого біполярних транзисторів відповідно, емітери дев'ятнадцятого і двадцятого біполярних транзисторів з'єднано із шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, емітери сімнадцятого і вісімнадцятого біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано із колекторами дев'ятнадцятого і двадцятого біполярних транзисторів відповідно, а також з другим виводом резистора зворотного зв'язку та з другим виводом коригуючого

конденсатора, а також з вихідною шиною, емітери двадцять першого і двадцять другого біполярних транзисторів з'єднано із шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, бази дев'ятого і десятого біполярних транзисторів з'єднано з базами і колекторами тринадцятого, двадцять першого і чотирнадцятого, двадцять другого біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятнадцятого, дванадцятого і шістнадцятого, одинадцятого біполярних транзисторів відповідно, колектори сьомого і восьмого біполярних транзисторів з'єднано з другими виводами першого і другого джерел струму відповідно, а також із шинами додатного і від'ємного живлення відповідно.

Недоліком найближчого аналога є низькі коефіцієнт підсилення та точність роботи пристрою, що обмежує його галузь використання.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення двотактного симетричного підсилювача струму, в якому за рахунок введення нових елементів та зв'язків між ними підвищується точність роботи пристрою та збільшується коефіцієнт підсилення, це сприяє розширенню галузі використання корисної моделі 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, коригуючий конденсатор, шини додатного та від'ємного живлення, вхідну і вихідну шини, шину нульового потенціалу, двадцять два біполярних транзисторів, причому вхідну шину з'єднано з першим виводом резистора зворотного зв'язку, а також з емітерами одинадцятого і дванадцятого біполярних транзисторів, емітери одинадцятого і дванадцятого біполярних транзисторів з'єднано з емітерами третього і четвертого біполярних транзисторів відповідно, колектори третього і четвертого біполярних транзисторів з'єднано з базами п'ятого і шостого та дев'ятнадцятого і двадцятого біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами дев'ятого і десятого біполярних транзисторів відповідно, бази третього і четвертого біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами першого і другого біполярних транзисторів відповідно, а також з першими виводами першого і другого джерел струму, емітери першого і другого біполярних транзисторів з'єднано з емітерами сьомого і восьмого біполярних транзисторів відповідно, бази сьомого і восьмого біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, другі виводи першого і другого джерел струму, а також емітери п'ятого, шостого, дев'ятого, десятого, тринадцятого, чотирнадцятого біполярних транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, бази дев'ятого і десятого біполярних транзисторів з'єднано з базами і колекторами тринадцятого і чотирнадцятого біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятнадцятого і шістнадцятого біполярних транзисторів відповідно, емітери п'ятнадцятого і шістнадцятого біполярних транзисторів об'єднано, бази п'ятнадцятого і шістнадцятого біполярних транзисторів з'єднано з базами і колекторами сімнадцятого і вісімнадцятого біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятого і шостого біполярних транзисторів відповідно, емітери дев'ятнадцятого і двадцятого біполярних транзисторів з'єднано із шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, емітери сімнадцятого і вісімнадцятого біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано із колекторами дев'ятнадцятого і двадцятого біполярних транзисторів відповідно, а також з другим виводом резистора зворотного зв'язку та з другим виводом коригуючого конденсатора та з вихідною шиною, емітери двадцять першого і двадцять другого біполярних транзисторів з'єднано із шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, бази дев'ятого і десятого біполярних транзисторів з'єднано з базами і колекторами тринадцятого, двадцять першого і чотирнадцятого, двадцять другого біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятнадцятого, дванадцятого і шістнадцятого, одинадцятого біполярних транзисторів відповідно, колектори сьомого і восьмого біполярних транзисторів з'єднано з другими виводами першого і другого джерел струму відповідно, а також із шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, згідно з корисною моделлю, введено двадцять третій та двадцять четвертий транзистор, причому бази двадцять третього та двадцять четвертого біполярних транзисторів з'єднані з базами п'ятнадцятого та шістнадцятого біполярних транзисторів відповідно, а також з колектором та базою сімнадцятого та вісімнадцятого біполярних транзисторів відповідно, колектори двадцять третього та двадцять четвертого біполярних транзисторів під'єднано до шин додатного і від'ємного живлення відповідно, емітери двадцять третього та двадцять четвертого біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано з вихідною шиною.

На кресленні представлено принципову схему двотактного симетричного підсилювача струму. Пристрій містить вхідну шину 8, яку з'єднано з першим виводом резистора зворотного зв'язку 21, а також з емітерами одинадцятого 11 і дванадцятого 12 біполярних транзисторів,

емітери одинадцятого 11 і дванадцятого 12 біполярних транзисторів з'єднано з емітерами третього 10 і четвертого 13 біполярних транзисторів відповідно, колектори третього 10 і четвертого 13 біполярних транзисторів з'єднано з базами п'ятого 23 і шостого 26 та дев'ятнадцятого 27 і двадцятого 28 біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами дев'ятого 9 і десятого 14 біполярних транзисторів відповідно, бази третього 10 і четвертого 13 біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами першого 2 і другого 6 біполярних транзисторів відповідно, а також з першими виводами першого 1 і другого 7 джерел струму, емітери першого 2 і другого 6 біполярних транзисторів з'єднано з емітерами сьомого 3 і восьмого 5 біполярних транзисторів відповідно, бази сьомого 3 і восьмого 5 біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу 4, колектори сьомого 3 і восьмого 5 біполярних транзисторів з'єднано з другими виводами першого 1 і другого 7 джерел струму відповідно, а також із шинами додатного 29 і від'ємного 31 живлення відповідно, другі виводи першого 1 і другого 7 джерел струму, а також емітери п'ятого 23, дев'ятого 9, тринадцятого 17, двадцять першого 15 і шостого 26, десятого 14, чотирнадцятого 20, двадцять другого 16 біполярних транзисторів з'єднано з шинами додатного 29 і від'ємного 31 живлення відповідно, бази дев'ятого 9 і десятого 14 біполярних транзисторів з'єднано з базами і колекторами тринадцятого 17, двадцять першого 15 і чотирнадцятого 20, двадцять другого 16 біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятнадцятого 18, дванадцятого 12 і шістнадцятого 19, одинадцятого 11 біполярних транзисторів відповідно, емітери п'ятнадцятого 18 і шістнадцятого 19 біполярних транзисторів об'єднано, бази п'ятнадцятого 18 і шістнадцятого 19 біполярних транзисторів з'єднано з базами і колекторами сімнадцятого 24 і вісімнадцятого 25 біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятого 23 і шостого 26 біполярних транзисторів відповідно, емітери дев'ятнадцятого 27 і двадцятого 28 біполярних транзисторів з'єднано із шинами додатного 29 і від'ємного 31 живлення відповідно, емітери сімнадцятого 24 і вісімнадцятого 25 біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано із колекторами дев'ятнадцятого 27 і двадцятого 28 біполярних транзисторів відповідно, бази двадцять третього 29 та двадцять четвертого 30 біполярних транзисторів з'єднані з базами п'ятнадцятого 18 та шістнадцятого 19 біполярних транзисторів відповідно, а також з колектором та базою сімнадцятого 24 та вісімнадцятого 25 біполярних транзисторів відповідно, колектори двадцять третього 29 та двадцять четвертого 30 біполярних транзисторів під'єднано до шин додатного 31 і від'ємного живлення 33 відповідно, емітери двадцять третього 29 та двадцять четвертого біполярних транзисторів 30 з'єднані між собою, а також з другим виводом резистора зворотного зв'язку 21 та з другим виводом коригуючого конденсатора 22 та з вихідною шиною 32.

Пристрій працює таким чином.

Вхідний сигнал у вигляді струму надходить на вхідну шину 8. Якщо вхідний струм втікає у схему, то дванадцятий транзистор 12 привідкривається, а одинадцятий транзистор 11 призакривається, відповідно шостий 26 і двадцятий 28 транзистори привідкриваються а п'ятий 23 і дев'ятнадцятий 27 транзистори призакриваються. При цьому двадцять третій 29 транзистор призакривається, а двадцять четвертий 30 транзистор привідкривається. При цьому потенціал точки об'єднання емітерів двадцять третього 29 і двадцять четвертого 30 біполярних транзисторів та резистора зворотного зв'язку 21, коригуючого конденсатора 22 зменшується і прямує до напруги шини від'ємного живлення. При цьому вихідна шина відслідковує потенціал точки об'єднання емітерів двадцять третього 29 і двадцять четвертого 30 біполярних транзисторів також зменшується та наближається до напруги шини від'ємного живлення.

Якщо вхідний струм витікає з схеми, то дванадцятий транзистор 12 призакривається, а одинадцятий транзистор 11 привідкривається, відповідно шостий 26 і двадцятий 28 транзистори призакриваються а п'ятий 23 і дев'ятнадцятий 27 транзистори привідкриваються. При цьому двадцять третій 29 транзистор призакривається, а двадцять четвертий 30 транзистор привідкриваються. При цьому потенціал точки об'єднання емітерів двадцять третього 29 і двадцять четвертого 30 біполярних транзисторів та резистора зворотного зв'язку 21, коригуючого конденсатора 22 збільшується і прямує до напруги шини додатного живлення. При цьому вихідна шина відслідковує потенціал точки об'єднання емітерів двадцять третього 29 і двадцять четвертого 30 біполярних транзисторів також збільшується та наближається до напруги шини додатного живлення.

Перше 1 і друге 7 джерела струму та перший 2, другий 6, третій 10, четвертий 13, сьомий 3, восьмий 5 транзистори утворюють схему задания режиму по постійному струму.

Одинадцятий 11 та дванадцятий 12 транзистори в поєднанні з третім 10 і четвертим 13 транзисторами утворюють двотактний симетричний вхідний каскад.

П'ятнадцятий 18, шістнадцятий 19, сімнадцятий 24, вісімнадцятий 25 транзистори утворюють двонаправлений відбивач струму, який через відбивачі струму, що побудовані на

дев'ятому 9, десятому 14, тринадцятому 17, чотирнадцятому 20, двадцять першому 15, двадцять другому 16 транзисторах відповідно, задає базовий струм підсилювальних каскадів на п'ятому 23, дев'ятнадцятому 27 і шостому 26, двадцятому 28 транзисторах відповідно та двотактного вхідного підсилювального каскаду, який побудовано на одинадцятому 11 і дванадцятому 12 транзисторах, відповідно.

Сімнадцятий 24, вісімнадцятий 25, двадцять третій 29 і двадцять четвертий 30 транзистори утворюють двотактний вихідний підсилювальний каскад, за рахунок якого досягається підвищення точності та збільшення коефіцієнта підсилення.

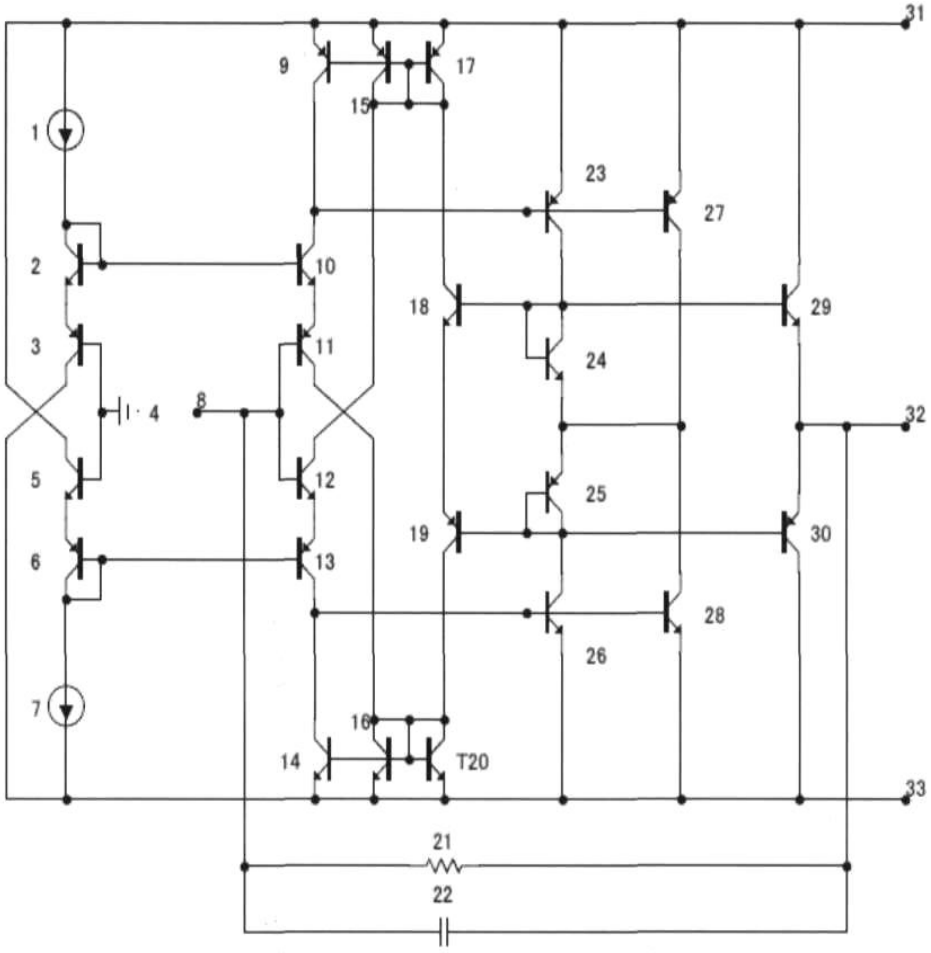
Резистор зворотного зв'язку 21 задає коефіцієнт підсилення.

Коригуючий конденсатор 22 забезпечує стійкість роботи схеми.

Шини додатного 31 і від'ємного 33 живлення, а також шина нульового потенціалу 4 забезпечують потрібний рівень напруги для живлення схеми.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Двотактний симетричний підсилювач струму, що містить перше та друге джерела струму, резистор зворотного зв'язку, коригуючий конденсатор, шини додатного та від'ємного живлення, вхідну і вихідну шини, шину нульового потенціалу, двадцять два біполярних транзисторів, причому вхідну шину з'єднано з першим виводом резистора зворотного зв'язку, а також з емітерами одинадцятого і дванадцятого біполярних транзисторів, емітери одинадцятого і дванадцятого біполярних транзисторів з'єднано з емітерами третього і четвертого біполярних транзисторів відповідно, колектори третього і четвертого біполярних транзисторів з'єднано з базами п'ятого і шостого та дев'ятнадцятого і двадцятого біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами дев'ятого і десятого біполярних транзисторів відповідно, бази третього і четвертого біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами першого і другого біполярних транзисторів відповідно, а також з першими виводами першого і другого джерел струму, емітери першого і другого біполярних транзисторів з'єднано з емітерами сьомого і восьмого біполярних транзисторів відповідно, бази сьомого і восьмого біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, другі виводи першого і другого джерел струму, а також емітери п'ятого, шостого, дев'ятого, десятого, тринадцятого, чотирнадцятого біполярних транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, бази дев'ятого і десятого біполярних транзисторів з'єднано з базами і колекторами тринадцятого і чотирнадцятого біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятнадцятого і шістнадцятого біполярних транзисторів відповідно, емітери п'ятнадцятого і шістнадцятого біполярних транзисторів об'єднано, бази п'ятнадцятого і шістнадцятого біполярних транзисторів з'єднано з базами і колекторами сімнадцятого і вісімнадцятого біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятого і шостого біполярних транзисторів відповідно, емітери дев'ятнадцятого і двадцятого біполярних транзисторів з'єднано із шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, емітери сімнадцятого і вісімнадцятого біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано із колекторами дев'ятнадцятого і двадцятого біполярних транзисторів відповідно, а також з другим виводом резистора зворотного зв'язку та з другим виводом коригуючого конденсатора та з вихідною шиною, емітери двадцять першого і двадцять другого біполярних транзисторів з'єднано із шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, бази дев'ятого і десятого біполярних транзисторів з'єднано з базами і колекторами тринадцятого, двадцять першого і чотирнадцятого, двадцять другого біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятнадцятого, дванадцятого і шістнадцятого, одинадцятого біполярних транзисторів відповідно, колектори сьомого і восьмого біполярних транзисторів з'єднано з другими виводами першого і другого джерел струму відповідно, а також із шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, який **відрізняється** тим, що у нього введено двадцять третій та двадцять четвертий транзистори, причому бази двадцять третього та двадцять четвертого біполярних транзисторів з'єднані з базами п'ятнадцятого та шістнадцятого біполярних транзисторів відповідно, а також з колектором та базою сімнадцятого та вісімнадцятого біполярних транзисторів відповідно, колектори двадцять третього та двадцять четвертого біполярних транзисторів під'єднано до шин додатного і від'ємного живлення відповідно, емітери двадцять третього та двадцять четвертого біполярних транзисторів з'єднані між собою, а також з другим виводом резистора зворотного зв'язку та з другим виводом коригуючого конденсатора та з вихідною шиною.



Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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