



УКРАЇНА

(19) UA (11) 46178 (13) U  
(51) МПК (2009)  
H03K 5/00  
G05B 1/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

ОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) ДВОТАКТНИЙ СИМЕТРИЧНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ СТРУМУ

1

2

(21) u200906445

(22) 19.06.2009

(24) 10.12.2009

(46) 10.12.2009, Бюл.№ 23, 2009 р.

(72) АЗАРОВ ОЛЕКСІЙ ДМИТРОВИЧ, ТЕПЛИЦЬКИЙ МИХАЙЛО ЮХИМОВИЧ, ГАРНАГА ВОЛОДИМИР АНАТОЛІЙОВИЧ

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Двотактний симетричний підсилювач струму, який містить резистор зворотного зв'язку, коригуючий конденсатор, шини додатного та від'ємного живлення, вхідну і вихідну шини, шину нульового потенціалу, шістьнадцять n-p-n та шістьнадцять p-n-p біполярних транзисторів, причому вхідну шину з'єднано з емітерами першого n-p-n і другого p-n-p біполярних транзисторів, а також з першими виводами резистора зворотного зв'язку та коригуючого конденсатора, бази і колектори першого p-n-p і другого n-p-n біполярних транзисторів з'єднані з базами третього p-n-p і восьмого p-n-p біполярних транзисторів, а їх емітери об'єднано і підключено до шини нульового потенціалу, базу і колектор четвертого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з базою п'ятого p-n-p біполярного транзистора, а їх емітери підключено до шини додатного живлення, базу і колектор сьомого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з базою шостого p-n-p біполярного транзистора, а їх емітери підключено до шини додатного живлення, базу і колектор десятого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з базою дев'ятого p-n-p біполярного транзистора і колектором дванадцятого p-n-p біполярного транзистора, а їх емітери підключено до шини додатного живлення, базу і колектор шістьнадцятого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з базою п'ятнадцятого p-n-p біполярного транзистора і колектором вісімнадцятого p-n-p біполярного транзистора, а їх емітери підключено до шини від'ємного живлення, бази і колектори тринадцятого p-n-p і дев'ятнадцятого p-n-p біполярних транзисторів з'єднані з базами дванадцятого p-n-p і вісімнадцятого p-n-p, базами чотирнадцятого p-n-p і двадцятого p-n-p біполярних транзисторів відповідно, емітери дванадцятого p-n-p і вісімнадцятого p-n-p, а також тринадцятого p-n-p і дев'ятнадцятого p-n-p біполярних транзисторів об'єднано відповідно, емітери чотирнадцято-

го p-n-p і двадцятого p-n-p біполярних транзисторів об'єднано і підключено до другого виводу конденсатора і другого виводу резистора та вихідної шини, колектори чотирнадцятого p-n-p типу і двадцятого p-n-p типу біполярних транзисторів підключено до шини додатного та від'ємного живлення відповідно, емітери одинадцятого p-n-p і сімнадцятого p-n-p біполярних транзисторів підключено до шини додатного та від'ємного живлення відповідно, базу і колектор двадцять першого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з першим виводом джерела струму і базою двадцять другого p-n-p біполярного транзистора, а емітер з колектором п'ятого p-n-p біполярного транзистора, емітер двадцять другого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з базою і колектором четвертого p-n-p біполярного транзистора, колектор двадцять другого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з базою і колектором двадцять третього p-n-p і базою двадцять четвертого p-n-p біполярних транзисторів, емітер двадцять третього p-n-p біполярного транзистора з'єднано з колектором третього p-n-p біполярного транзистора, а емітер двадцять четвертого p-n-p з колектором і базою першого p-n-p біполярного транзистора, колектор двадцять четвертого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з колектором дев'ятого і базою двадцять п'ятого p-n-p біполярних транзисторів, причому колектор двадцять п'ятого p-n-p біполярного транзистора підключено до шини нульового потенціалу, емітер двадцять шостого p-n-p біполярного транзистора підключено до шини додатного живлення, а базу - до бази і колектора десятого p-n-p біполярного транзистора, базу і колектор двадцять сьомого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з другим виводом джерела струму і базою двадцять восьмого p-n-p біполярного транзистора, а емітер з колектором шостого p-n-p біполярного транзистора, емітер двадцять восьмого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з базою і колектором сьомого p-n-p біполярного транзистора, колектор двадцять восьмого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з базою і колектором двадцять дев'ятого p-n-p і базою тридцятого p-n-p біполярних транзисторів, емітер двадцять дев'ятого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з колектором восьмого p-n-p біполярного транзистора, а емітер тридцятого

(19) UA (11) 46178 (13) U

p-n-p з колектором і базою другого p-n-p біполярного транзистора, колектор тридцятого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з колектором п'ятнадцятого і базою тридцять другого p-n-p біполярних транзисторів, причому колектор тридцять другого p-n-p біполярного транзистора підключено до шини нульового потенціалу, емітер тридцять першого p-n-p біполярного транзистора підключено до шини від'ємного живлення, а базу - до бази і колектора шістнадцятого p-n-p біполярного транзистора, який **відрізняється** тим, що введено два p-n-p та два p-n-p біполярних транзистори, причому колектори двадцять шостого p-n-p і тридцять першого p-n-p біполярних транзисторів з'єднано з базами одинадцятого p-n-p і сімнадцятого p-n-p біполярних транзисторів відповідно, а також з емітерами тридцять третього p-n-p і три-

дцять четвертого p-n-p біполярних транзисторів відповідно, емітер двадцять п'ятого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з колектором і базою тридцять третього p-n-p, а також з базою тридцять п'ятого p-n-p біполярних транзисторів, емітер тридцять другого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з колектором і базою тридцять четвертого p-n-p, а також з базою тридцять шостого p-n-p біполярних транзисторів, колектори тридцять п'ятого p-n-p і тридцять шостого p-n-p біполярних транзисторів з'єднано з базами і колекторами тринадцятого p-n-p і дев'ятнадцятого p-n-p біполярних транзисторів відповідно, емітери тридцять п'ятого p-n-p і тридцять шостого p-n-p біполярних транзисторів з'єднано з колекторами одинадцятого p-n-p і сімнадцятого p-n-p біполярних транзисторів відповідно.

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

Відомо двотактний симетричний підсилювач струму (Патент України №25609, бюл. №12, 2007р.), який містить резистор зворотного зв'язку, коригуючий конденсатор, шини додатного та від'ємного живлення, вхідну і вихідну шини, шину нульового потенціалу, тринадцять p-n-p та тринадцять r-p-n біполярних транзисторів, один r-типу і один n-типу польові транзистори, причому вхідну шину з'єднано з емітерами першого p-n-p і другого p-n-p біполярних транзисторів, а також з першими выводами резистора зворотного зв'язку та коригуючого конденсатора, бази першого p-n-p і другого p-n-p біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами третього p-n-p і четвертого p-n-p біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятого p-n-p і шостого p-n-p біполярних транзисторів відповідно, емітери третього p-n-p і четвертого p-n-p біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, бази п'ятого p-n-p і шостого p-n-p біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами сьомого p-n-p і восьмого p-n-p біполярних транзисторів відповідно, а також з выводами джерела струму, емітери п'ятого p-n-p, сьомого p-n-p, дев'ятого p-n-p, одинадцятого p-n-p і п'ятнадцятого p-n-p біполярних транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення, емітери шостого p-n-p, восьмого p-n-p, десятого p-n-p, дванадцятого p-n-p і шістнадцятого p-n-p біполярних транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення, колектори дев'ятого p-n-p і десятого p-n-p біполярних транзисторів з'єднано з колекторами першого p-n-p і другого p-n-p біполярних транзисторів відповідно, а також з базою п'ятнадцятого p-n-p і шістнадцятого p-n-p біполярних транзисторів відповідно, а також з затворами першого r-типу і другого n-типу польових транзисторів, бази дев'ятого p-n-p і десятого p-n-p біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами одинадцятого p-n-p і дванадцятого p-n-p

біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами тринадцятого p-n-p і чотирнадцятого p-n-p біполярних транзисторів відповідно, емітери тринадцятого p-n-p і чотирнадцятого p-n-p біполярних транзисторів об'єднано, бази тринадцятого p-n-p і чотирнадцятого p-n-p біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами сімнадцятого p-n-p і вісімнадцятого p-n-p біполярних транзисторів відповідно, а також з емітерами дев'ятнадцятого p-n-p і двадцятого p-n-p біполярних транзисторів відповідно, емітери сімнадцятого p-n-p і вісімнадцятого p-n-p біполярних транзисторів об'єднано, витоки першого r-типу і другого n-типу польових транзисторів з'єднано з колекторами п'ятнадцятого p-n-p і шістнадцятого p-n-p біполярних транзисторів відповідно, стоки першого r-типу і другого n-типу польових транзисторів з'єднано з базами та колекторами дев'ятнадцятого p-n-p і двадцятого p-n-p біполярних транзисторів відповідно, а також з базами двадцять першого p-n-p і двадцять другого p-n-p біполярних транзисторів відповідно, емітери двадцять першого p-n-p і двадцять другого p-n-p біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами двадцять третього p-n-p і двадцять четвертого p-n-p біполярних транзисторів відповідно, а також з базами двадцять п'ятого p-n-p і двадцять шостого p-n-p біполярних транзисторів відповідно, емітери двадцять третього p-n-p і двадцять четвертого p-n-p біполярних транзисторів об'єднано, колектори двадцять першого p-n-p і двадцять п'ятого p-n-p біполярних транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення, колектори двадцять другого p-n-p і двадцять шостого p-n-p біполярних транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення, емітери двадцять п'ятого p-n-p і двадцять шостого p-n-p біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано з другими выводами резистора зворотного зв'язку та коригуючого конденсатора, а також з вихідною шиною.

Недоліком аналогу є значна нелінійність і низький коефіцієнт передачі.

За прототип взято двотактний симетричний підсилювач струму (Патент України №39796, бюл.

№5, 2009р.), який містить резистор зворотного зв'язку, коригуючий конденсатор, шини додатного та від'ємного живлення, вхідну і вихідну шини, шину нульового потенціалу, тринадцять p-n-p та тринадцять p-n-p біполярних транзисторів, один p-типу і один n-типу польові транзистори, причому вхідну шину з'єднано з емітерами першого p-n-p і другого p-n-p біполярних транзисторів, а також з першими выводами резистора зворотного зв'язку та коригуючого конденсатора, бази і колектори першого p-n-p і другого p-n-p біполярних транзисторів з'єднані з базами третього p-n-p і восьмого p-n-p біполярних транзисторів, а їх емітери об'єднано і підключено до шини нульового потенціалу, база і колектор четвертого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з базою п'ятого p-n-p біполярного транзистора, а їх емітери підключено до шини додатного живлення, база і колектор сьомого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з базою шостого p-n-p біполярного транзистора, а їх емітери підключено до шини від'ємного живлення, база і колектор десятого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з базою дев'ятого p-n-p біполярного транзистора і колектором дванадцятого p-n-p біполярного транзистора, а їх емітери підключено до шини додатного живлення, база і колектор шістнадцятого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з базою п'ятнадцятого p-n-p біполярного транзистора і колектором вісімнадцятого p-n-p біполярного транзистора, а їх емітери підключено до шини від'ємного живлення, бази і колектори тринадцятого p-n-p і дев'ятнадцятого p-n-p біполярних транзисторів з'єднані з базами дванадцятого p-n-p і вісімнадцятого p-n-p, базами чотирнадцятого p-n-p і двадцятого p-n-p біполярних транзисторів та витоками першого p-типу і другого n-типу польових транзисторів відповідно, емітери дванадцятого p-n-p і вісімнадцятого p-n-p, а також тринадцятого p-n-p і дев'ятнадцятого p-n-p біполярних транзисторів об'єднано відповідно, емітери чотирнадцятого p-n-p і двадцятого p-n-p біполярних транзисторів об'єднано і підключено до другого виводу конденсатора і другого виводу резистора та вихідної шини, колектори чотирнадцятого p-n-p типу і двадцятого p-n-p типу біполярних транзисторів підключено до шини додатного та від'ємного живлення відповідно, емітери одинадцятого p-n-p і сімнадцятого p-n-p біполярних транзисторів підключено до шини додатного та від'ємного живлення відповідно, а бази з'єднано із затворами першого p-типу і другого n-типу польових транзисторів, стоки першого p-типу і другого n-типу польових транзисторів з'єднано з колекторами одинадцятого p-n-p і сімнадцятого p-n-p біполярних транзисторів відповідно, база і колектор двадцять першого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з першим виводом джерела струму і базою двадцять другого p-n-p біполярного транзистора, а емітер з колектором п'ятого p-n-p біполярного транзистора, емітер двадцять другого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з базою і колектором четвертого p-n-p біполярного транзистора, колектор двадцять другого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з базою і колектором двадцять третього p-n-p і базою двадцять четвертого p-n-p біполярних транзисторів,

емітери двадцять третього p-n-p біполярного транзистора з'єднано з колектором третього p-n-p біполярного транзистора, а емітер двадцять четвертого p-n-p з колектором і базою першого p-n-p біполярного транзистора, колектор двадцять четвертого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з колектором дев'ятого і базою двадцять п'ятого p-n-p біполярних транзисторів, причому колектор двадцять п'ятого p-n-p біполярного транзистора підключено до шини нульового потенціалу, а емітер з'єднано з колектором двадцять шостого і базою одинадцятого p-n-p біполярних транзисторів, емітер двадцять шостого p-n-p біполярного транзистора підключено до шини додатного живлення, а базу - до бази і колектора десятого p-n-p біполярного транзистора, база і колектор двадцять сьомого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з другим виводом джерела струму і базою двадцять восьмого p-n-p біполярного транзистора, а емітер з колектором шостого p-n-p біполярного транзистора, емітер двадцять восьмого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з базою і колектором сьомого p-n-p біполярного транзистора, колектор двадцять восьмого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з базою і колектором двадцять дев'ятого p-n-p і базою тридцятого p-n-p біполярних транзисторів, емітери двадцять дев'ятого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з колектором восьмого p-n-p біполярного транзистора, а емітер тридцятого p-n-p з колектором і базою другого p-n-p біполярного транзистора, колектор тридцятого p-n-p біполярного транзистора з'єднано з колектором п'ятнадцятого і базою тридцять другого p-n-p біполярних транзисторів, причому колектор тридцять другого p-n-p біполярного транзистора підключено до шини нульового потенціалу, а емітер з'єднано з колектором тридцять першого і базою сімнадцятого p-n-p біполярних транзисторів, емітер тридцять першого p-n-p біполярного транзистора підключено до шини від'ємного живлення, а базу - до бази і колектора шістнадцятого p-n-p біполярного транзистора.

Недоліком прототипу є складність технології виготовлення пристрою в інтегральному виконанні, оскільки в кристалі мікросхеми повинні бути як біполярні так і польові транзистори.

В основу корисної моделі поставлено задачу спрощення технології виготовлення двотактного симетричного підсилювача струму в інтегральному виконанні, оскільки в кристалі мікросхеми використовуються виключно біполярні транзистори.

Поставлена задача досягається тим, що у двотактний симетричний підсилювач струму, який містить резистор зворотного зв'язку, коригуючий конденсатор, шини додатного та від'ємного живлення, вхідну і вихідну шини, шину нульового потенціалу, шістнадцять p-n-p та шістнадцять p-n-p біполярних транзисторів, причому вхідну шину з'єднано з емітерами першого p-n-p і другого p-n-p біполярних транзисторів, а також з першими выводами резистора зворотного зв'язку та коригуючого конденсатора, бази і колектори першого p-n-p і другого p-n-p біполярних транзисторів з'єднані з базами третього p-n-p і восьмого p-n-p біполярних транзисторів, а їх емітери об'єднано і підключено

до шини нульового потенціалу, база і колектор четвертого р-п-п біполярного транзистора з'єднано з базою п'ятого р-п-п біполярного транзистора, а їх емітери підключено до шини додатного живлення, база і колектор шостого р-п-п біполярного транзистора з'єднано з базою шостого р-п-п біполярного транзистора, а їх емітери підключено до шини від'ємного живлення, база і колектор десятого р-п-п біполярного транзистора з'єднано з базою дев'ятого р-п-п біполярного транзистора і колектором дванадцятого р-п-п біполярного транзистора, а їх емітери підключено до шини додатного живлення, база і колектор шістнадцятого р-п-п біполярного транзистора з'єднано з базою п'ятнадцятого р-п-п біполярного транзистора і колектором вісімнадцятого р-п-п біполярного транзистора, а їх емітери підключено до шини від'ємного живлення, бази і колектори тринадцятого р-п-п і дев'ятнадцятого р-п-п біполярних транзисторів з'єднані з базами дванадцятого р-п-п і вісімнадцятого р-п-п, базами чотирнадцятого р-п-п і двадцятого р-п-п біполярних транзисторів відповідно, емітери дванадцятого р-п-п і вісімнадцятого р-п-п, а також тринадцятого р-п-п і дев'ятнадцятого р-п-п біполярних транзисторів об'єднано відповідно, емітери чотирнадцятого р-п-п і двадцятого р-п-п біполярних транзисторів об'єднано і підключено до другого виводу конденсатора і другого виводу резистора та вихідної шини, колектори чотирнадцятого р-п-п типу і двадцятого р-п-п типу біполярних транзисторів підключено до шини додатного та від'ємного живлення відповідно, емітери одинадцятого р-п-п і сімнадцятого р-п-п біполярних транзисторів підключено до шини додатного та від'ємного живлення відповідно, база і колектор двадцять першого р-п-п біполярного транзистора з'єднано з першим виводом джерела струму і базою двадцять другого р-п-п біполярного транзистора, а емітер з колектором п'ятого р-п-п біполярного транзистора, емітер двадцять другого р-п-п біполярного транзистора з'єднано з базою і колектором четвертого р-п-п біполярного транзистора, колектор двадцять другого р-п-п біполярного транзистора з'єднано з базою і колектором двадцять третього р-п-п і базою двадцять четвертого р-п-п біполярних транзисторів, емітер двадцять третього р-п-п біполярного транзистора з'єднано з колектором третього р-п-п біполярного транзистора, а емітер двадцять четвертого р-п-п з колектором і базою першого р-п-п біполярного транзистора, колектор двадцять четвертого р-п-п біполярного транзистора з'єднано з колектором дев'ятого і базою двадцять п'ятого р-п-п біполярних транзисторів, причому колектор двадцять п'ятого р-п-п біполярного транзистора підключено до шини нульового потенціалу, емітер двадцять шостого р-п-п біполярного транзистора підключено до шини додатного живлення, а базу - до бази і колектора десятого р-п-п біполярного транзистора, база і колектор двадцять сьомого р-п-п біполярного транзистора з'єднано з другим виводом джерела струму і базою двадцять восьмого р-п-п біполярного транзистора, а емітер з колектором шостого р-п-п біполярного транзистора, емітер двадцять восьмого р-п-п біполярного транзистора з'єднано з базою і колектором сьомо-

го р-п-п біполярного транзистора, колектор двадцять восьмого р-п-п біполярного транзистора з'єднано з базою і колектором двадцять дев'ятого р-п-п і базою тридцятого р-п-п біполярних транзисторів, емітер двадцять дев'ятого р-п-п біполярного транзистора з'єднано з колектором восьмого р-п-п біполярного транзистора, а емітер тридцятого р-п-п з колектором і базою другого р-п-п біполярного транзистора, колектор тридцятого р-п-п біполярного транзистора з'єднано з колектором п'ятнадцятого і базою тридцять другого р-п-п біполярних транзисторів, причому колектор тридцять другого р-п-п біполярного транзистора підключено до шини нульового потенціалу, емітер тридцять першого р-п-п біполярного транзистора підключено до шини від'ємного живлення, а базу - до бази і колектора шістнадцятого р-п-п біполярного транзистора, введено два р-п-п та два р-п-п біполярних транзисторів, причому колектори двадцять шостого р-п-п і тридцять першого р-п-п біполярних транзисторів з'єднано з базами одинадцятого р-п-п і сімнадцятого р-п-п біполярних транзисторів відповідно, а також з емітерами тридцять третього р-п-п і тридцять четвертого р-п-п біполярних транзисторів відповідно, емітер двадцять п'ятого р-п-п біполярного транзистора з'єднано з колектором і базою тридцять третього р-п-п, а також з базою тридцять п'ятого р-п-п біполярних транзисторів, емітер тридцять другого р-п-п біполярного транзистора з'єднано з колектором і базою тридцять четвертого р-п-п, а також з базою тридцять шостого р-п-п біполярних транзисторів, колектори тридцять п'ятого р-п-п і тридцять шостого р-п-п біполярних транзисторів з'єднано з базами і колекторами тринадцятого р-п-п і дев'ятнадцятого р-п-п біполярних транзисторів відповідно, емітери тридцять п'ятого р-п-п і тридцять шостого р-п-п біполярних транзисторів з'єднано з колекторами одинадцятого р-п-п і сімнадцятого р-п-п біполярних транзисторів відповідно.

На кресленні представлено принципову схему двотактного симетричного підсилювача струму.

Пристрій містить вхідну шину 6, яку з'єднано з емітерами першого р-п-п 18 і другого р-п-п 18 біполярних транзисторів, а також з першими виводами резистора зворотного зв'язку 35 та коригуючого конденсатора 34, бази і колектори першого р-п-п 18 і другого р-п-п 19 біполярних транзисторів з'єднані з базами третього р-п-п 10 і восьмого р-п-п 12 біполярних транзисторів, а їх емітери об'єднано і підключено до шини нульового потенціалу 11, база і колектор четвертого р-п-п 7 біполярного транзистора з'єднано з базою п'ятого р-п-п 1 біполярного транзистора, а їх емітери підключено до шини додатного живлення 42, база і колектор сьомого р-п-п 15 біполярного транзистора з'єднано з базою шостого р-п-п 5 біполярного транзистора, а їх емітери підключено до шини від'ємного живлення 46, база і колектор десятого р-п-п 22 біполярного транзистора з'єднано з базою дев'ятого р-п-п 16 біполярного транзистора і колектором дванадцятого р-п-п 23 біполярного транзистора, а їх емітери підключено до шини додатного живлення 42, база і колектор шістнадцятого р-п-п 25 біполярного транзистора з'єднано з базою п'ятнадцятого р-п-п 21

біполярного транзистора і колектором вісімнадцятого р-п-п 24 біполярного транзистора, а їх емітери підключено до шини від'ємного живлення 46, бази і колектори тринадцятого р-п-п 38 і дев'ятнадцятого р-п-п 39 біполярних транзисторів з'єднані з базами дванадцятого р-п-п 23 і вісімнадцятого р-п-п 24, базами чотирнадцятого р-п-п 43 і двадцятого р-п-п 45 біполярних транзисторів відповідно, емітери дванадцятого р-п-п 23 і вісімнадцятого р-п-п 24, а також тринадцятого р-п-п 38 і дев'ятнадцятого р-п-п 39 біполярних транзисторів об'єднано відповідно, емітери чотирнадцятого р-п-п 43 і двадцятого р-п-п 20 біполярних транзисторів об'єднано і підключено до другого виводу конденсатора 34 і другого виводу резистора 35 та вихідної шини 44, колектори чотирнадцятого р-п-п 43 типу і двадцятого р-п-п 45 типу біполярних транзисторів підключено до шини додатного 42 та від'ємного 46 живлення відповідно, емітери одинадцятого р-п-п 36 і сімнадцятого р-п-п 41 біполярних транзисторів підключено до шини додатного 42 та від'ємного 46 живлення відповідно, база і колектор двадцять першого р-п-п 2 біполярного транзистора з'єднано з першим виводом джерела струму 3 і базою двадцять другого р-п-п 8 біполярного транзистора, а емітер з колектором п'ятого р-п-п 1 біполярного транзистора, емітер двадцять другого р-п-п 8 біполярного транзистора з'єднано з базою і колектором четвертого р-п-п 7 біполярного транзистора, колектор двадцять другого р-п-п 8 біполярного транзистора з'єднано з базою і колектором двадцять третього р-п-п 9 і базою двадцять четвертого р-п-п 17 біполярних транзисторів, емітер двадцять третього р-п-п 9 біполярного транзистора з'єднано з колектором третього р-п-п 10 біполярного транзистора, а емітер двадцять четвертого р-п-п 17 з колектором і базою першого р-п-п 18 біполярного транзистора, колектор двадцять четвертого р-п-п 17 біполярного транзистора з'єднано з колектором дев'ятого р-п-п 16 і базою двадцять п'ятого р-п-п 28 біполярних транзисторів, причому колектор двадцять п'ятого р-п-п 28 біполярного транзистора підключено до шини нульового потенціалу 29, емітер двадцять шостого р-п-п 26 біполярного транзистора підключено до шини додатного живлення 42, а базу - до бази і колектора десятого р-п-п 22 біполярного транзистора, база і колектор двадцять сьомого р-п-п 4 біполярного транзистора з'єднано з другим виводом джерела струму 3 і базою двадцять восьмого р-п-п 14 біполярного транзистора, а емітер з колектором шостого р-п-п 5 біполярного транзистора, емітер двадцять восьмого р-п-п 14 біполярного транзистора з'єднано з базою і колектором сьомого р-п-п 15 біполярного транзистора, колектор двадцять восьмого р-п-п 14 біполярного транзистора з'єднано з базою і колектором двадцять дев'ятого р-п-п 13 і базою тридцятого р-п-п 20 біполярних транзисторів, емітер двадцять дев'ятого р-п-п 13 біполярного транзистора з'єднано з колектором восьмого р-п-п 12 біполярного транзистора, а емітер тридцятого р-п-п 20 з колектором і базою другого р-п-п 19 біполярного транзистора, колектор тридцятого р-п-п 20 біполярного транзистора з'єднано з колектором п'ятнадцятого р-п-п 21 і базою тридцять дру-

гого р-п-п 31 біполярних транзисторів, причому колектор тридцять другого р-п-п 31 біполярного транзистора підключено до шини нульового потенціалу 30, емітер тридцять першого р-п-п 33 біполярного транзистора підключено до шини від'ємного живлення 46, а базу - до бази і колектора шістнадцятого р-п-п 25 біполярного транзистора, колектори двадцять шостого р-п-п 26 і тридцять першого р-п-п 33 біполярних транзисторів з'єднано з базами одинадцятого р-п-п 36 і сімнадцятого р-п-п 41 біполярних транзисторів відповідно, а також з емітерами тридцять третього р-п-п 27 і тридцять четвертого р-п-п 32 біполярних транзисторів відповідно, емітер двадцять п'ятого р-п-п 28 біполярного транзистора з'єднано з колектором і базою тридцять третього р-п-п 27, а також з базою тридцять п'ятого р-п-п 37 біполярних транзисторів, емітер тридцять другого р-п-п 31 біполярного транзистора з'єднано з колектором і базою тридцять четвертого р-п-п 32, а також з базою тридцять шостого р-п-п 40 біполярних транзисторів, колектори тридцять п'ятого р-п-п 37 і тридцять шостого р-п-п 40 біполярних транзисторів з'єднано з базами і колекторами тринадцятого р-п-п 38 і дев'ятнадцятого р-п-п 39 біполярних транзисторів відповідно, емітери тридцять п'ятого р-п-п 37 і тридцять шостого р-п-п 40 біполярних транзисторів з'єднано з колекторами одинадцятого р-п-п 36 і сімнадцятого р-п-п 41 біполярних транзисторів відповідно.

Пристрій працює таким чином.

Вхідний сигнал у вигляді струму поступає на вхідну шину 6. Якщо вхідний струм втікає у схему, то другий р-п-п 19 біполярний транзистор привідкривається, а перший р-п-п 18 біполярний транзистор призакривається. Відповідно тридцятий р-п-п 20 біполярний транзистор привідкривається, а двадцять четвертий р-п-п 17 біполярний транзистор призакривається. Відповідно сімнадцятий р-п-п 41 та тридцять шостий р-п-п 40 біполярні транзистори привідкриваються, а одинадцятий р-п-п 36 та тридцять п'ятий р-п-п 37 біполярні транзистори призакриваються. При цьому потенціал точки об'єднання емітерів тринадцятого р-п-п 38 і дев'ятнадцятого р-п-п 39 біполярних транзисторів зменшується і прямує до  $-E_{ж}$ . При цьому точка об'єднання емітерів чотирнадцятого р-п-п 43 і двадцятого р-п-п 45 біполярних транзисторів, а також вихідна шина 44 відслідковує потенціал точки об'єднання емітерів тринадцятого р-п-п 38 і дев'ятнадцятого р-п-п 39 біполярних транзисторів і також зменшується та наближається до  $-E_{ж}$ .

Якщо вхідний струм втікає у схему, то другий р-п-п 19 біполярний транзистор призакривається, а перший р-п-п 18 біполярний транзистор привідкривається. Відповідно тридцятий р-п-п 20 біполярний транзистор призакривається, а двадцять четвертий р-п-п 17 біполярний транзистор привідкривається. Відповідно сімнадцятий р-п-п 41 та шостий р-п-п 40 біполярні транзистори призакриваються, а одинадцятий р-п-п 36 та тридцять п'ятий р-п-п 37 біполярні транзистори привідкриваються. При цьому потенціал точки об'єднання емітерів тринадцятого р-п-п 38 і дев'ятнадцятого р-п-п 39 біполярних транзисторів збільшується і прямує до  $+E_{ж}$ . При цьому точка об'єднання емі-

терів чотирнадцятого n-p-n 43 і двадцятого p-n-p 45 біполярних транзисторів, а також вихідна шина 44 відслідковує потенціал точки об'єднання емітерів тринадцятого p-n-p 38 і дев'ятнадцятого p-n-p 39 біполярних транзисторів і також збільшується та наближається до  $+E_{ж}$ .

Джерело струму 3 та п'ятий p-n-p 1, двадцять перший p-n-p 2, двадцять сьомий p-n-p 4, шостий p-n-p 5, а також четвертий p-n-p 7, двадцять другий p-n-p 8, двадцять восьмий p-n-p 14 і сьомий p-n-p 15 біполярні транзистори утворюють схему завдання режиму по постійному струму.

Перший p-n-p 18, другий p-n-p 19, третій p-n-p 10, восьмий p-n-p 12, двадцять третій p-n-p 9, двадцять четвертий p-n-p 17, а також двадцять дев'ятий p-n-p 13 і тридцятий p-n-p 20 біполярні транзистори утворюють двотактний симетричний вхідний каскад.

П'ятнадцятий p-n-p 21, шістнадцятий p-n-p 25, тридцять перший p-n-p 33 та тридцять четвертий p-n-p 32, а також дев'ятий p-n-p 16, десятий p-n-p 22, двадцять шостий p-n-p 26 та тридцять третій p-n-p 27 біполярні транзистори являють собою відбивачі струму, які завдають струм зміщення для

двонаправленого відбивача струму, побудованого на дванадцятому p-n-p 23, тринадцятому p-n-p 38, вісімнадцятому p-n-p 24 і дев'ятнадцятому p-n-p 39 біполярних транзисторах, а також підсилювальних каскадів, що побудовані на тридцять другому p-n-p 31 і двадцять п'ятому p-n-p 28 біполярних транзисторах відповідно.

Одинадцятий p-n-p 34 та тридцять п'ятий 37 p-n-p біполярні транзистори, а також сімнадцятий p-n-p 41 біполярний та тридцять шостий другий p-n-p 40 біполярні транзистори утворюють підсилювальні каскади.

Тринадцятий p-n-p 38, дев'ятнадцятий p-n-p 39, чотирнадцятий p-n-p 43, двадцятий p-n-p 45 біполярні транзистори утворюють двотактний симетричний вихідний каскад.

Коригуючий конденсатор 34 коригує АЧХ і запобігає генерації. Резистор зворотного зв'язку 35 задає коефіцієнт підсилення.

Шини додатного 42 і від'ємного 46 живлення, а також шини нульового потенціалу 11, 29 та 30 забезпечують потрібний рівень напруги для живлення схеми.

