



УКРАЇНА

(19) UA (11) 25609 (13) U  
(51) МПК (2006)  
H03K 5/22  
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) u200704477

(22) 23.04.2007

(24) 10.08.2007

(46) 10.08.2007, Бюл. № 12, 2007 р.

(72) Азаров Олексій Дмитрович, Богомолов Сергій Віталійович, Крупельницький Леонід Віталійович

(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, тринадцять біполярних p-n-p та тринадцять біполярних n-p-n транзисторів, причому вхідну шину з'єднано з емітерами першого p-n-p і другого p-n-p біполярних транзисторів, а також з першими виводами 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, емітери п'ятого p-n-p, сьомого p-n-p, дев'ятого p-n-p і одинадцятого p-n-p біполярних транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення, емітери шостого p-n-p, восьмого p-n-p, десятого p-n-p і дванадцятого 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, 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, колектори двадцять першого p-n-p і двадцять п'ятого p-n-p біполярних транзисторів з'єднано з шинами додатного та від'ємного живлення відповідно, емітери двадцять третього p-n-p і двадцять четвертого p-n-p біполярних транзисторів об'єднано, емітери двадцять п'ятого p-n-p і двадцять шостого p-n-p біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано з другими виводами резистора зворотного зв'язку і коригуючого конденсатора, а також з вихідною шиною, який **відрізняється** тим, що у нього введено джерело струму, перший r-типу і другий n-типу польові транзистори, причому виводи джерела струму з'єднано з базами та колекторами сьомого p-n-p і восьмого p-n-p біполярних транзисторів відповідно, а також з базами п'ятого p-n-p і шостого p-n-p біполярних транзисторів відповідно, емітери п'ятнадцятого p-n-p і шістнадцятого p-n-p біполярних транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, колектори п'ятнадцятого p-n-p і шістнадцятого p-n-p біполярних транзисторів з'єднано з витоками першого r-типу і другого n-типу польових транзисторів відповідно, затвори першого r-типу і другого n-типу польових транзисторів з'єднано з колекторами першого p-n-p і другого p-n-p біполярних транзисторів, а також з колекторами дев'ятого p-n-p і десятого p-n-p біполярних транзисторів відповідно, а також з базами 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 дев'ятнадцятого p-n-p і двадцятого 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 базами тринадцятого p-n-p і чотирнадцятого p-n-p біполярних транзисторів відповідно, емітери сімнадцятого p-n-p і вісімнадцятого p-n-p біполярних транзисторів об'єднано, емітери двадцять першого p-n-p і двадцять другого

UA (19) 25609 (13) U

p-n-p біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами двадцять третього p-p-n і двадцять четвертого p-p-p біполярних транзисторів відповідно, а також з базами двадцять п'ятого p-p-p і двадцять шостого p-p-p біполярних транзисторів

відповідно, колектори двадцять першого p-p-p і двадцять другого p-p-p біполярних транзисторів з'єднано з шинами додатного та від'ємного живлення.

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

Відомо вхідний пристрій схеми порівняння струмів [А.с. №1450098, СРСР, Н03К5/24, 1989р.], який містить три резистори, два діоди, чотирнадцять транзисторів, шину нульового потенціалу, шини додатного і від'ємного живлення, вхідну та вихідну шини, причому вхідну шину з'єднано з першим виводом резистора зворотного зв'язку і двох зустрічно ввімкнених діодів, емітеру першого і емітеру другого транзисторів, базу першого з'єднано з базою та колектором третього транзистора, емітер якого з'єднано з шиною нульового потенціалу та з емітером четвертого транзистора, колектор і база якого з'єднані між собою і з базою першого транзистора, колектор якого з'єднаний з базою п'ятого транзистора, колектор якого з'єднаний з базою шостого транзистора і з базами сьомого транзистора, що складається з n паралельно включених транзисторів, емітери яких з'єднані з вихідною шиною, першим виводом другого резистора, другий вивід якого з'єднано з шиною нульового потенціалу. Другими виводами першого резистора і двох зустрічно включених діодів, емітерами восьмого транзистора, що складається з n паралельно включених транзисторів, а колектори - з шиною додатного живлення, з емітерами дев'ятого і десятого транзисторів, бази яких з'єднано з між собою і підключено до колектора десятого транзистора і першого виводу третього резистора, другий вивід якого з'єднано з базою одинадцятого транзистора, колектором та базою дванадцятого транзистора, емітер якого з'єднаний з шиною від'ємного живлення, з емітером одинадцятого транзистора і колекторами восьмого транзистора, яких з'єднано з колектором тринадцятого і базою чотирнадцятого транзисторів, емітер якого з'єднано з емітером шостого транзистора, а колектор другого транзистора з'єднано з базою тринадцятого транзистора. Четвертий резистор, який першим виводом з'єднано з емітерами шостого і чотирнадцятого транзисторів, а колектори і бази яких об'єднано, другий вивід з'єднано з шиною нульового потенціалу, а також з колектором п'ятнадцятого і колектором шістнадцятого транзисторів, базу якого з'єднано з колектором третього транзистора, а емітер з колектором одинадцятого транзистора, при цьому базу п'ятнадцятого транзистора з'єднано з колектором четвертого транзистора, а емітер - з колектором дев'ятого транзистора.

Недоліками аналогу є значна нелінійність і низький коефіцієнт передачі.

За прототип взято різницевий підсилювач струму [Патент України №11301, бюл. №6, 2005р.], двадцять шість транзисторів, три резистори, шину нульового потенціалу, шини додатного та від'ємного живлення, резистор зворотного зв'язку, вхідну та вихідну шини, причому вхідну шину з'єднано з емітерами першого і другого транзисторів, а також з першими виводами резистора зворотного зв'язку та коригуючого конденсатора, бази першого і другого транзисторів з'єднано з базами та колекторами третього і четвертого транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятого і шостого транзисторів відповідно, емітери третього і четвертого транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, бази п'ятого і шостого транзисторів з'єднано з базами та колекторами сьомого і восьмого транзисторів відповідно, а також з виводами першого резистора, емітери п'ятого, сьомого, дев'ятого, одинадцятого дев'ятнадцятого транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення, емітери шостого, восьмого, десятого, дванадцятого і двадцятого транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення, колектори дев'ятого і десятого транзисторів з'єднано з колекторами першого і другого транзисторів відповідно, а також з базами п'ятнадцятого і шістнадцятого транзисторів відповідно, бази дев'ятого і десятого транзисторів з'єднано з базами та колекторами одинадцятого і дванадцятого транзисторів відповідно, а також з колекторами тринадцятого і чотирнадцятого транзисторів відповідно та з першими виводами другого і третього резисторів, другі виводи другого і третього резисторів з'єднано з базами та колекторами дев'ятнадцятого і двадцятого транзисторів відповідно, а також з емітерами п'ятнадцятого і шістнадцятого транзисторів відповідно, емітери тринадцятого і чотирнадцятого транзисторів об'єднано, бази тринадцятого і чотирнадцятого транзисторів з'єднано з базами та колекторами сімнадцятого і вісімнадцятого транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятнадцятого і шістнадцятого транзисторів відповідно, а також з базами двадцять першого, двадцять другого, двадцять третього транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення, колектори двадцять четвертого, двадцять п'ятого, двадцять шостого транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення, бази двадцять першого, двадцять другого, двадцять третього, двадцять четвертого, двадцять п'ятого, двадцять шостого транзисторів об'єднано та

з'єднано з другими выводами резистора зворотного зв'язку та коригуючого конденсатора, а також з вихідною шиною.

Недоліком прототипу є низький коефіцієнт підсилення по струму, що обмежує галузь використання пристрою.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення двотактного симетричного підсилювача струму, в якому за рахунок введення нових елементів та зв'язків між ними підвищується коефіцієнт підсилення, це розширює галузь використання корисної моделі у різноманітних пристроях імпульсної та обчислювальної техніки, автоматики тощо.

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, тринадцять біполярних п-р-п та тринадцять біполярних р-п-р транзисторів, причому вхідну шину з'єднано з емітерами першого п-р-п і другого р-п-р біполярних транзисторів, а також з першими выводами резистора зворотного зв'язку та коригуючого конденсатора, бази першого п-р-п і другого р-п-р біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами третього п-р-п і четвертого р-п-р біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятого р-п-р і шостого п-р-п біполярних транзисторів відповідно, емітери третього п-р-п і четвертого р-п-р біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, бази п'ятого р-п-р і шостого п-р-п біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами сьомого р-п-р і восьмого п-р-п біполярних транзисторів відповідно, емітери п'ятого р-п-р, сьомого р-п-р, дев'ятого р-п-р і одинадцятого р-п-р біполярних транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення, емітери шостого п-р-п, восьмого п-р-п, десятого п-р-п і дванадцятого п-р-п біполярних транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення, колектори дев'ятого р-п-р і десятого п-р-п біполярних транзисторів з'єднано з колекторами першого п-р-п і другого р-п-р біполярних транзисторів відповідно, а також з базою п'ятнадцятого р-п-р і шістнадцятого п-р-п біполярних транзисторів відповідно, бази дев'ятого р-п-р і десятого п-р-п біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами одинадцятого р-п-р і дванадцятого п-р-п біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами тринадцятого п-р-п і чотирнадцятого р-п-п біполярних транзисторів відповідно, емітери тринадцятого п-р-п і чотирнадцятого р-п-п біполярних транзисторів об'єднано, бази тринадцятого п-р-п і чотирнадцятого р-п-п біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами сімнадцятого п-р-п і вісімнадцятого р-п-п біполярних транзисторів відповідно, колектори двадцять першого п-р-п і двадцять п'ятого р-п-п біполярних транзисторів з'єднано з шинами додатного та від'ємного живлення відповідно, емітери двадцять третього п-р-п і двадцять четвертого р-п-п біполярних транзисторів об'єднано, емітери двадцять п'ятого п-р-п і двадцять шостого р-п-п біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано з другими выводами резистора зворотного зв'язку і коригуючого конденсато-

ра, а також з вихідною шиною, який відрізняється тим, що у нього введено джерело струму, перший р-типу і другий п-типу польові транзистори, причому виводи джерела струму з'єднано з базами та колекторами сьомого р-п-р і восьмого п-р-п біполярних транзисторів відповідно, а також з базами п'ятого р-п-р і шостого п-р-п біполярних транзисторів відповідно, емітери п'ятнадцятого р-п-п і шістнадцятого п-р-п біполярних транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, колектори п'ятнадцятого р-п-п і шістнадцятого п-р-п біполярних транзисторів з'єднано з витками першого р-типу і другого п-типу польових транзисторів відповідно, затвори першого р-типу і другого п-типу польових транзисторів з'єднано з колекторами першого п-р-п і другого р-п-п біполярних транзисторів, а також з колекторами дев'ятого р-п-р і десятого п-р-п біполярних транзисторів відповідно, а також з базами п'ятнадцятого р-п-п і шістнадцятого п-р-п біполярних транзисторів відповідно, стоки першого р-типу і другого п-типу польових транзисторів з'єднано з базами та колекторами дев'ятнадцятого п-р-п і двадцятого р-п-п біполярних транзисторів відповідно, а також з базами двадцять першого п-р-п і двадцять другого р-п-п біполярних транзисторів відповідно, емітери дев'ятнадцятого п-р-п і двадцятого р-п-п біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами сімнадцятого п-р-п і вісімнадцятого р-п-п біполярних транзисторів відповідно, емітери двадцять першого п-р-п і двадцять другого р-п-п біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами двадцять третього п-р-п і двадцять четвертого р-п-п біполярних транзисторів відповідно, а також з базами двадцять п'ятого п-р-п і двадцять шостого р-п-п біполярних транзисторів відповідно, колектори двадцять першого п-р-п і двадцять другого р-п-п біполярних транзисторів з'єднано з шинами додатного та від'ємного живлення.

На кресленні (Фіг.) представлено принципову схему двотактного симетричного підсилювача струму.

Пристій містить вхідну тину 4, яку з'єднано з емітерами першого п-р-п 11 і другого р-п-п 12 біполярних транзисторів, а також з першими выводами резистора зворотного зв'язку 19 та коригуючого конденсатора 18, бази першого п-р-п 11 і другого р-п-п 12 біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами третього п-р-п 6 і четвертого р-п-п 8 біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятого р-п-п 5 і шостого п-р-п 9 біполярних транзисторів відповідно, емітери третього п-р-п 6 і четвертого р-п-п 8 біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу 7, бази п'ятого р-п-п 5 і шостого п-р-п 9 біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами сьомого р-п-п 1 і восьмого п-р-п 3 біполярних транзисторів відповідно, а також з выводами джерела струму 2, емітери п'ятого р-п-п 5, сьомого р-п-п 1, дев'ятого р-п-п 10, одинадцятого

р-п-р 14 і п'ятнадцятого р-п-р 20 біполярних транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення 34, емітери шостого р-п-р 9, восьмого р-п-р 3, десятого р-п-р 13, дванадцятого р-п-р 17 і шістнадцятого р-п-р 27 біполярних транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення 36, колектори дев'ятого р-п-р 10 і десятого р-п-р 13 біполярних транзисторів з'єднано з колекторами першого р-п-р 11 і другого р-п-р 12 біполярних транзисторів відповідно, а також з базою п'ятнадцятого р-п-р 20 і шістнадцятого р-п-р 27 біполярних транзисторів відповідно, а також з затворами першого р-типу 21 і другого п-типу 26 польових транзисторів, бази дев'ятого р-п-р 10 і десятого р-п-р 13 біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами одинадцятого р-п-р 14 і дванадцятого р-п-р 17 біполярних транзисторів відповідно, а також з колекторами тринадцятого р-п-р 15 і чотирнадцятого р-п-р 16 біполярних транзисторів відповідно, емітери тринадцятого р-п-р 15 і чотирнадцятого р-п-р 16 біполярних транзисторів об'єднано, бази тринадцятого р-п-р 15 і чотирнадцятого р-п-р 16 біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами сімнадцятого р-п-р 23 і вісімнадцятого р-п-р 24 біполярних транзисторів відповідно, а також з емітерами дев'ятнадцятого р-п-р 22 і двадцятого р-п-р 25 біполярних транзисторів відповідно, емітери сімнадцятого р-п-р 23 і вісімнадцятого р-п-р 24 біполярних транзисторів об'єднано, витоки першого р-типу 21 і другого п-типу 26 польових транзисторів з'єднано з колекторами п'ятнадцятого р-п-р 20 і шістнадцятого р-п-р 27 біполярних транзисторів відповідно, стоки першого р-типу 21 і другого п-типу 26 польових транзисторів з'єднано з базами та колекторами дев'ятнадцятого р-п-р 22 і двадцятого р-п-р 25 біполярних транзисторів відповідно, а також з базами двадцять першого р-п-р 28 і двадцять другого р-п-р 31 біполярних транзисторів відповідно, емітери двадцять першого р-п-р 28 і двадцять другого р-п-р 31 біполярних транзисторів з'єднано з базами та колекторами двадцять третього р-п-р 29 і двадцять четвертого р-п-р 30 біполярних транзисторів відповідно, а також з базами двадцять п'ятого р-п-р 32 і двадцять шостого р-п-р 33 біполярних транзисторів відповідно, емітери двадцять третього р-п-р 29 і двадцять четвертого р-п-р 30 біполярних транзисторів об'єднано, колектори двадцять першого р-п-р 28 і двадцять п'ятого р-п-р 32 біполярних транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення 34, колектори двадцять другого р-п-р 31 двадцять шостого р-п-р 33 біполярних транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення 36, емітери двадцять п'ятого р-п-р 32 і двадцять шостого р-п-р 33 біполярних транзисторів об'єднано та з'єднано з другими выводами резистора зворотного зв'язку 19 та коригуючого конденсатора 18, а також з вихідною шиною 35.

Пристрій працює таким чином.

Вхідний сигнал у вигляді струму поступає на вхідну шину 4. Якщо вхідний струм витікає у схему, то другий р-п-р 12 біполярний транзистор привідкривається, а перший р-п-р 11 біполярний транзистор прикривається. Відповідно шістнадцятий р-п-р 27 біполярний та другий п-типу 26 польовий

транзистори привідкриваються, а п'ятнадцятий р-п-р 20 біполярний та перший р-типу 21 польовий транзистори прикриваються. При цьому потенціал точки об'єднання емітерів сімнадцятого р-п-р 23 і вісімнадцятого р-п-р 24 біполярних транзисторів зменшується і прямує до - Е<sub>ж</sub>. При цьому точка об'єднання емітерів двадцять третього р-п-р 29 і двадцять четвертого р-п-р 30 біполярних транзисторів відслідковує потенціал об'єднання емітерів сімнадцятого р-п-р 23 і вісімнадцятого р-п-р 24 біполярних транзисторів і також зменшується та наближається до - Е<sub>ж</sub>. При цьому потенціал на вихідній шині 35 повторює значення точки об'єднання емітерів двадцять третього р-п-р 29 і двадцять четвертого р-п-р 30 біполярних транзисторів і також зменшується та наближається до - Е<sub>ж</sub>.

Якщо вхідний струм витікає зі схеми, то другий р-п-р 12 біполярний транзистор прикривається, а перший р-п-р 11 біполярний транзистор привідкривається. Відповідно шістнадцятий р-п-р 27 біполярний та другий п-типу 26 польовий транзистори прикриваються, а п'ятнадцятий р-п-р 20 біполярний та перший р-типу 21 польовий транзистори привідкриваються. При цьому потенціал точки об'єднання емітерів сімнадцятого р-п-р 23 і вісімнадцятого р-п-р 24 біполярних транзисторів збільшується і прямує до Е<sub>ж</sub>. При цьому точка об'єднання емітерів двадцять третього р-п-р 29 і двадцять четвертого р-п-р 30 біполярних транзисторів відслідковує потенціал об'єднання емітерів сімнадцятого р-п-р 23 і вісімнадцятого р-п-р 24 біполярних транзисторів і також збільшується та наближається до Е<sub>ж</sub>. При цьому потенціал на вихідній шині 35 повторює значення точки об'єднання емітерів двадцять третього р-п-р 29 і двадцять четвертого р-п-р 30 біполярних транзисторів і також збільшується та наближається до Е<sub>ж</sub>.

Джерело струму 2 та сьомий р-п-р 1, п'ятий р-п-р 5, третій р-п-р 6, а також восьмий р-п-р 3, шостий р-п-р 9, р-п-р 10, четвертий р-п-р 8 біполярні транзистори утворюють схему завдання режиму по постійному струму.

Перший р-п-р 11 та другий р-п-р 12 біполярні транзистори утворюють двотактний симетричний вхідний каскад.

Дев'ятий р-п-р 10 та одинадцятий р-п-р 14, а також десятий р-п-р 13 та дванадцятий р-п-р 17 біполярні транзистори являють собою відбивачі струму, які завдають струм зміщення для парафазних відбивачів струму, що побудовані на тринадцятому р-п-р 15, сімнадцятому р-п-р 28, дев'ятнадцятому р-п-р 22, а також на чотирнадцятому р-п-р 16, вісімнадцятому р-п-р 24, двадцятим р-п-р 25 біполярних транзисторах.

П'ятнадцятий р-п-р 20 біполярний та перший р-типу 21 польовий, а також шістнадцятий р-п-р 27 біполярний та другий п-типу 26 польовий транзистори утворюють підсилювальні каскади. Використання першого р-типу 21 та другого п-типу 26 польових транзисторів у каскадному вмиканні забезпечує режим автоматичного завдання робочої точки та значно підвищує вихідний опір підсилювальних каскадів, що призводить до підвищення

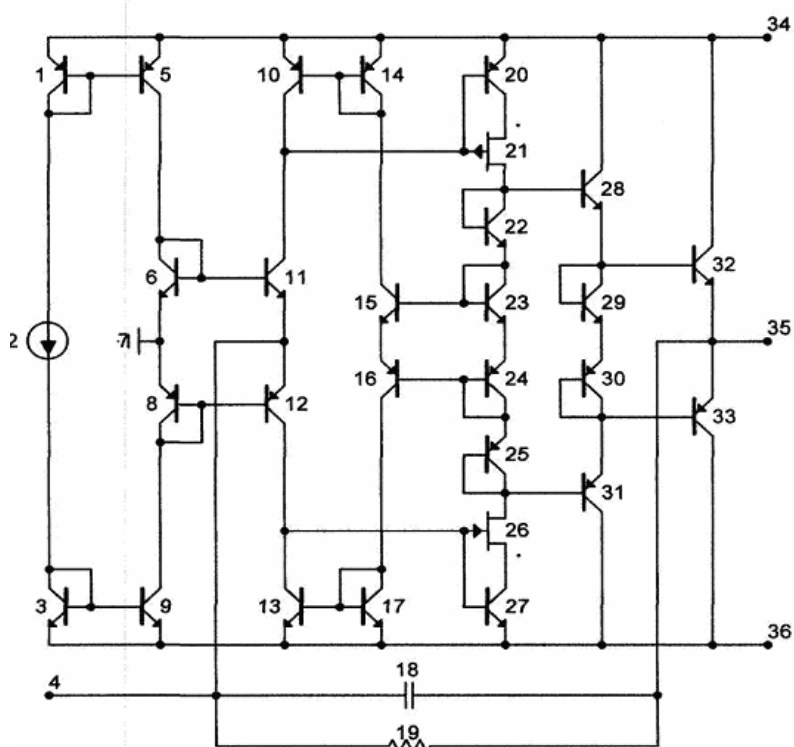
точності роботи схеми за умови змінення напруги живлення, а також збільшення підсилення схеми.

Коригуючий конденсатор 18 коригує АЧХ і запобігає генерації. Резистор зворотного зв'язку 19 задає коефіцієнт підсилення.

Сімнадцятий n-p-n 23, дев'ятнадцятий n-p-n 22, двадцять перший n-p-n 28, двадцять третій n-p-n 29, двадцять п'ятий 32, а також вісімнадцятий p-

n-p 24, двадцятий p-n-p 25, двадцять другий p-n-p 31, двадцять четвертий p-n-p 30, двадцять шостий p-n-p 33 біполярні транзистори утворюють двотактний симетричний вихідний каскад.

Шини додатного 34 і від'ємного 36 живлення забезпечують потрібний рівень напруги для живлення схеми.



Фіг.