



УКРАЇНА

(19) UA (11) 26493 (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) u200705169

(22) 11.05.2007

(24) 25.09.2007

(46) 25.09.2007, Бюл. № 15, 2007 р.

(72) Азаров Олексій Дмитрович, Богомолов Сергій Віталійович, Решетнік Олександр Олександрович, Гарнага Володимир Анатолійович

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Двотактний симетричний підсилювач струму, який містить двадцять вісім транзисторів, перше джерело струму, резистор зворотного зв'язку, коригуючий конденсатор, шини додатного та від'ємного живлення, вхідну і вихідну шини, шину нульового потенціалу, причому вхідну шину з'єднано з першими виводами резистора зворотного зв'язку та коригуючого конденсатора, виводи першого джерела струму з'єднано з колекторами дев'ятого і десятого транзисторів відповідно, а також з базами сьомого і восьмого транзисторів відповідно, емітери сьомого, восьмого, дев'ятого і десятого транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, колектори сьомого і восьмого транзисторів з'єднано з базами та колекторами п'ятого і шостого транзисторів відповідно, а також з базами першого і другого транзисторів відповідно, колектори першого і другого транзисторів з'єднано з колекторами третього і четвертого транзисторів відповідно, а також з базами п'ятнадцятого і шістнадцятого транзисторів відповідно, емітери третього і одинадцятого транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення, емітери четвертого і чотирнадцятого транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення, бази третього і четвертого транзисторів з'єднано з базами та колекторами одинадцятого і чотирнадцятого транзисторів відповідно, а також з колекторами дванадцятого і тринадцятого транзисторів відповідно, емітери дванадцятого і тринадцятого транзисторів об'єднано, бази тринадцятого і чотирнадцятого транзисторів з'єднано з базами та колекторами двадцять сьомого і двадцять восьмого транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятнадцятого і шістнадцятого транзисторів відповідно, емітери двадцять сьомого і двадцять восьмого транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, емітери п'ятнадцятого і

шістнадцятого транзисторів з'єднано з колекторами двадцять першого і двадцять другого транзисторів відповідно, а також з базами двадцять третього і двадцять четвертого транзисторів відповідно, бази двадцять першого і двадцять другого транзисторів з'єднано з базами та колекторами двадцять п'ятого і двадцять шостого транзисторів відповідно, а також з емітерами двадцять третього і двадцять четвертого транзисторів відповідно, емітери двадцять першого і двадцять п'ятого транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення, емітери двадцять другого і двадцять шостого транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення, колектори двадцять третього і двадцять четвертого транзисторів з'єднано з базами та колекторами сімнадцятого і вісімнадцятого транзисторів відповідно, а також з базами дев'ятнадцятого і двадцятого транзисторів відповідно, емітери сімнадцятого і вісімнадцятого транзисторів об'єднано, колектори дев'ятнадцятого і двадцятого транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, емітери дев'ятнадцятого і двадцятого транзисторів з'єднано з вихідною шиною та з другим виводом резистора зворотного зв'язку, який **відрізняється** тим, що у нього введено двадцять дев'ятий, тридцятий, тридцять перший, тридцять другий, тридцять третій, тридцять четвертий транзистори та друге джерело струму, причому бази та колектори двадцять дев'ятого і тридцятого транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, емітери двадцять дев'ятого і тридцятого транзисторів з'єднано з емітерами п'ятого і шостого транзисторів відповідно, колектори тридцять першого і тридцять другого транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною від'ємного живлення, бази тридцять першого і тридцять другого транзисторів об'єднано та з'єднано з вхідною шиною, а також з першими виводами резистора зворотного зв'язку та коригуючого конденсатора, емітери тридцять першого і тридцять другого транзисторів з'єднано з емітерами першого і другого транзисторів відповідно, виводи другого джерела струму з'єднано з базами та колекторами одинадцятого, чотирнадцятого, тридцять третього і тридцять четвертого транзисторів відповідно, а також з базами третього і четвертого транзисторів відповідно, а також з колекторами дванадцятого і

(19) UA (11) 26493 (13) U

тринадцятого транзисторів відповідно, емітери тридцять третього і тридцять четвертого транзисторів з'єднано з шинами додатного та від'ємного

живлення відповідно, другий вивід коригуючого конденсатора з'єднано з емітерами сімнадцятого і вісімнадцятого транзисторів відповідно.

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

Відомо різницевий підсилювач струму [Патент України №11301, бюл. №6, 2005р.], який містить резистор зворотного зв'язку, шину нульового потенціалу, додатну і від'ємну шини живлення, вхідну та вихідну шини. Перший вивід резистора зворотного зв'язку з'єднано з вхідною шиною та емітерами першого і другого транзисторів, база другого транзистора з'єднана з базою і колектором третього транзистора та колектором четвертого транзистора, база четвертого транзистора з'єднана з базою і колектором п'ятого транзистора та першим виводом другого резистора, емітери п'ятого і четвертого транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення, другий вивід другого транзистора з'єднано з базою і колектором шостого транзистора та колектором сьомого транзистора, колектор сьомого транзистора з'єднано з базою і колектором восьмого транзистора, емітери шостого і сьомого транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення, база першого транзистора з'єднана з базою і колектором восьмого транзистора, емітери третього і восьмого транзисторів з'єднано з шиною нульового потенціалу, колектор другого транзистора з'єднано з базою дев'ятого транзистора, колектор дев'ятого транзистора з'єднано з базою і колектором десятого транзистора та базою тринадцятого транзистора, емітер десятого транзистора з'єднано з емітером одинадцятого транзистора, база і колектор одинадцятого транзистора з'єднано з базою чотирнадцятого транзистора і колектором дванадцятого транзистора, база дванадцятого транзистора з'єднана з колектором першого транзистора, колектор тринадцятого транзистора з'єднано з шиною додатного живлення, емітери тринадцятого і чотирнадцятого транзисторів з'єднано з вихідною шиною, колектор чотирнадцятого транзистора та емітери п'ятнадцятого, шістнадцятого, сімнадцятого транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення, колектор п'ятнадцятого транзистора з'єднано з колектором другого транзистора, база п'ятнадцятого транзистора з'єднана з базою і колектором сімнадцятого транзистора та колектором двадцять другого транзистора та з першим виводом третього резистора, другий вивід третього резистора з'єднано з базою і колектором сімнадцятого транзистора та колектором дев'ятого транзистора, емітери вісімнадцятого, дев'ятнадцятого, двадцятого транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення, колектор вісімнадцятого транзистора з'єднано з колектором першого транзистора, база вісімнадцятого транзистора з'єднано з базою і колектором дев'ятнадцятого транзистора, колектор двадцять першого транзистора та першим

виводом четвертого резистора, другий вивід четвертого резистора, з'єднаний з базою і колектором двадцятого транзистора та колектором дванадцятого транзистора, емітери двадцять першого і двадцять другого транзисторів з'єднані між собою, база тринадцятого транзистора з'єднана з базами двадцять третього і двадцять четвертого транзисторів, колектори двадцять третього і двадцять четвертого транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення, емітери двадцять третього і двадцять четвертого транзисторів з'єднано з вихідною шиною, бази двадцять п'ятого і двадцять шостого транзисторів з'єднано з базою чотирнадцятого транзистора, колектори двадцять п'ятого і двадцять шостого транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення, емітери двадцять п'ятого і двадцять шостого транзисторів з'єднано з вихідною шиною, другий вивід транзистора зворотного зв'язку з'єднано з вихідною шиною, перший вивід корегуючого конденсатора з'єднано з емітерами першого і другого транзисторів, другий вивід корегуючого конденсатора з'єднано з вихідною шиною.

До недоліків слід віднести низьку точність завдання коефіцієнта передачі схеми, яка визначається низьким значенням коефіцієнта підсилення по струму при розірваній петлі зворотного зв'язку.

За прототип обрано двотактний симетричний підсилювач струму [Патент України №18599, Н03К5/00, G05B1/00, бюл. №11, 2006р.], який містить коригуючий конденсатор, резистор зворотного зв'язку, джерело струму, шини додатного і від'ємного живлення, шину нульового потенціалу, вхідну і вихідну шини, двадцять вісім транзисторів, причому вхідну шину з'єднано з емітерами першого та другого транзисторів та першими виводами резистора зворотного зв'язку і коригуючого конденсатора, базу першого транзистора з'єднано з базою та колектором п'ятого транзистора, а також з колектором сьомого транзистора, який в свою чергу підключений базою до бази та колектора дев'ятого транзистора, сьомий та дев'ятий транзистори підключені емітерами до шини додатного живлення, колектор та база десятого та база восьмого транзисторів об'єднані, емітери десятого та восьмого транзисторів з'єднані з шиною від'ємного живлення, колектор восьмого транзистора з'єднано з колектором і базою шостого транзистора та базою другого транзистора, емітери п'ятого та шостого транзисторів підключені до шини нульового потенціалу, колектор першого транзистора з'єднано з базою п'ятнадцятого транзистора, а також з колектором третього транзистора, колектор другого транзистора з'єднано з базою шістнадцятого та колектором четвертого транзисторів, базу третього транзистора з'єднано з колектором і базою одинадцятого транзистора, а також з колектором дванадцятого транзистора, базу четвертого

транзистора з'єднано з колектором та базою чотирнадцятого транзистора, а також з колектором тринадцятого транзистора, емітери дванадцятого та тринадцятого транзисторів об'єднано, емітери сімнадцятого та вісімнадцятого транзисторів об'єднано емітери дев'ятнадцятого та двадцятого транзисторів об'єднано та з'єднано з вихідною шиною, а також з другими виводами резистора зворотного зв'язку і коригуючого конденсатора, емітери четвертого, чотирнадцятого та колектор двадцятого транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення, емітери третього, одинадцятого та колектор дев'ятнадцятого транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення, колектор двадцять першого транзистора з'єднано з базою двадцять третього транзистора, базу двадцять першого транзистора з'єднано з базою та колектором двадцять п'ятого транзистора та емітером двадцять третього транзистора, колектор двадцять третього транзистора з'єднано з базою та колектором сімнадцятого транзистора, а також з базою дев'ятнадцятого транзистора, колектор двадцять другого транзистора з'єднано з базою двадцять четвертого транзистора, базу двадцять другого транзистора з'єднано з базою та колектором двадцять шостого транзистора та емітером двадцять четвертого транзистора, колектор двадцять четвертого транзистора з'єднано з базою та колектором вісімнадцятого транзистора, а також з базою двадцятого транзистора, базу та колектор двадцять сьомого транзистора з'єднано з колектором п'ятнадцятого транзистора, а також з базою дванадцятого транзистора, базу та колектор двадцять восьмого транзистора з'єднано з колектором шістнадцятого транзистора, а також з базою тринадцятого транзистора, емітери двадцять сьомого та двадцять восьмого транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, джерело струму першим виводом з'єднано з базою та колектором дев'ятого транзистора, а також з базою сьомого транзистора, другий вивід джерела струму з'єднано з базою та колектором десятого транзистора, а також з базою восьмого транзистора.

Недоліком прототипу є низький коефіцієнт підсилення вхідного сигналу, що звужує галузь застосування.

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 вхідного сигналу, 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 двадцять вісім транзисторів, перше джерело струму, резистор зворотного зв'язку, коригуючий конденсатор, шини додатного та від'ємного живлення, вхідну і вихідну шини, шини нульового потенціалу, причому вхідну шину з'єднано з першими виводами резистора зворотного зв'язку та коригуючого конденсатора, виводи першого джерела струму з'єднано з колекторами дев'ятого і десятого транзисторів відповідно, а також з база-

ми сьомого і восьмого транзисторів відповідно, емітери сьомого, восьмого, дев'ятого і десятого транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, колектори сьомого і восьмого транзисторів з'єднано з базами та колекторами п'ятого і шостого транзисторів відповідно, а також з базами першого і другого транзисторів відповідно, колектори першого і другого транзисторів з'єднано з колекторами третього і четвертого транзисторів відповідно, а також з базами п'ятнадцятого і шістнадцятого транзисторів відповідно, емітери третього і одинадцятого транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення, емітери четвертого і чотирнадцятого транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення, бази третього і четвертого транзисторів з'єднано з базами та колекторами одинадцятого і чотирнадцятого транзисторів відповідно, а також з колекторами дванадцятого і тринадцятого транзисторів відповідно, емітери дванадцятого і тринадцятого транзисторів об'єднано, бази тринадцятого і чотирнадцятого транзисторів з'єднано з базами та колекторами двадцять сьомого і двадцять восьмого транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятнадцятого і шістнадцятого транзисторів відповідно, емітери двадцять сьомого і двадцять восьмого транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, емітери п'ятнадцятого і шістнадцятого транзисторів з'єднано з колекторами двадцять першого і двадцять другого транзисторів відповідно, а також з базами двадцять третього і двадцять четвертого транзисторів відповідно, бази двадцять першого і двадцять другого транзисторів з'єднано з базами та колекторами двадцять п'ятого і двадцять шостого транзисторів відповідно, а також з емітерами двадцять третього і двадцять четвертого транзисторів відповідно, емітери двадцять першого і двадцять п'ятого транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення, емітери двадцять другого і двадцять шостого транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення, колектори двадцять третього і двадцять четвертого транзисторів з'єднано з базами та колекторами сімнадцятого і вісімнадцятого транзисторів відповідно, а також з базами дев'ятнадцятого і двадцятого транзисторів відповідно, емітери сімнадцятого і вісімнадцятого транзисторів об'єднано, колектори дев'ятнадцятого і двадцятого транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, емітери дев'ятнадцятого і двадцятого транзисторів з'єднано з вихідною шиною та з другим виводом резистора зворотного зв'язку, введено двадцять дев'ятей, тридцятій, тридцять перший, тридцять другий, тридцять третій, тридцять четвертий транзистори та друге джерело струму, причому бази та колектори двадцять дев'ятого і тридцятого транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, емітери двадцять дев'ятого і тридцятого транзисторів з'єднано з емітерами п'ятого і шостого транзисторів відповідно, колектори тридцять першого і тридцять другого транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною від'ємного живлення, бази тридцять першого і тридцять другого транзисторів об'єднано та з'єднано з вхідною шиною, а також з першими виво-

дами резистора зворотного зв'язку та коригуючого конденсатора, емітери тридцять першого і тридцять другого транзисторів з'єднано з емітерами першого і другого транзисторів відповідно, виводи другого джерела струму з'єднано з базами та колекторами одинадцятого, чотирнадцятого, тридцять третього і тридцять четвертого транзисторів відповідно, а також з базами третього і четвертого транзисторів відповідно, а також з колекторами дванадцятого і тринадцятого транзисторів відповідно, емітери тридцять третього і тридцять четвертого транзисторів з'єднано з шиною додатного та від'ємного живлення відповідно, другий вивід коригуючого конденсатора з'єднано з емітерами сімнадцятого і вісімнадцятого транзисторів відповідно.

На кресленні представлено принципову схему двотактного симетричного підсилювача струму.

Пристрій містить вхідну шину 4, яку з'єднано з базами тридцять першого 14 і тридцять другого 15 транзисторів, а також з першими виводами резистора зворотного зв'язку 26 та коригуючого конденсатора 25, колектори тридцять першого 14 і тридцять другого 15 транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу 8, емітери тридцять першого 14 і тридцять другого 15 транзисторів з'єднано з емітерами першого 13 і другого 16 транзисторів відповідно, бази першого 13 і другого 16 транзисторів з'єднано з базами та колекторами п'ятого 6 і шостого 10 транзисторів відповідно, а також з колекторами сьомого 5 і восьмого 11 транзисторів відповідно, емітери п'ятого 6 і шостого 10 транзисторів з'єднано з емітерами двадцять дев'ятого 7 і тридцять дев'ятого 9 транзисторів відповідно, бази та колектори двадцять дев'ятого 7 і тридцять дев'ятого 9 транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу 8, бази сьомого 5 і восьмого 11 транзисторів з'єднано з виводами першого джерела струму 2, а також з колекторами дев'ятого 1 і десятого 3 транзисторів відповідно, емітери сьомого 5 і дев'ятого 1 транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення 41, емітери восьмого 11 і десятого 3 транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення 43, колектори першого 13 і другого 16 транзисторів з'єднано з базами п'ятнадцятого 28 і шістнадцятого 31 транзисторів відповідно, а також з колекторами третього 12 і четвертого 17 транзисторів відповідно, емітери третього 12, тридцять третього 18 і одинадцятого 21 транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення 41, емітери четвертого 17, тридцять четвертого 20 і чотирнадцятого 24 транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення 43, бази третього 12 і четвертого 17 транзисторів з'єднано з базами та колекторами одинадцятого 16, чотирнадцятого 24, тридцять третього 18, тридцять четвертого 20 транзисторів відповідно, а також з колекторами дванадцятого 22 і тринадцятого 23 транзисторів відповідно, а також з виводами другого джерела струму 19 відповідно, бази дванадцятого 22 і тринадцятого 23 транзисторів з'єднано з базами та колекторами двадцять сьомого 29 і двадцять восьмого 30 транзисторів відповідно, а також з колекторами п'ятнадцятого 28 і шістнадцятого 31 транзисторів відповідно, емітери двадцять сьомого 29 і двадцять восьмого 30 транзисторів об'єднано та з'єднано з

шиною нульового потенціалу 8, емітери п'ятнадцятого 28 і шістнадцятого 31 транзисторів з'єднано з базами двадцять третього 34 і двадцять четвертого 37 транзисторів відповідно, а також з колекторами двадцять першого 27 і двадцять другого 32 транзисторів відповідно, бази двадцять першого 27 і двадцять другого 32 транзисторів з'єднано з базами та колекторами двадцять п'ятого 33 і двадцять шостого 38 транзисторів відповідно, а також з емітерами двадцять третього 34 і двадцять четвертого 37 транзисторів відповідно, емітери двадцять першого 27 і двадцять п'ятого 33 транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення 41, емітери двадцять другого 32 і двадцять шостого 38 транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення 43, колектори двадцять третього 34 і двадцять четвертого 37 транзисторів з'єднано з базами та колекторами сімнадцятого 35 і вісімнадцятого 36 транзисторів відповідно, а також з базами дев'ятнадцятого 39 і двадцятого 40 транзисторів відповідно, емітери сімнадцятого 35 і вісімнадцятого 36 транзисторів об'єднано та з'єднано з другим виводом коригуючого конденсатора 25, колектори дев'ятнадцятого 39 і двадцятого 40 транзисторів з'єднано з шиною додатного 41 і від'ємного 43 живлення, емітери дев'ятнадцятого 39 і двадцятого 40 транзисторів об'єднано та з'єднано з другим виводом резистора зворотного зв'язку 26, а також з вихідною шиною 42.

Пристрій працює таким чином.

Вхідний сигнал у вигляді струму поступає на вхідну шину 4. Якщо вхідний струм втікає у схему, то тридцять другий 15 транзистор привідкривається, а тридцять перший 14 транзистор призакривається, при цьому другий 16 транзистор привідкривається, а перший 13 транзистор призакривається. Відповідно шістнадцятій 31 та двадцять четвертий 37 транзистори привідкриваються, а п'ятнадцятій 28 та двадцять третій 34 транзистори призакриваються. При цьому потенціал точки об'єднання емітерів сімнадцятого 35 і вісімнадцятого 36 зменшується і прямує до $-E_{ж}$. При цьому потенціал вихідної шини 42 відслідковує потенціал точки об'єднання емітерів сімнадцятого 35 і вісімнадцятого 36 транзисторів і також зменшується та наближається до $-E_{ж}$.

Якщо вхідний струм витікає зі схеми, то тридцять другий 15 транзистор призакривається, а тридцять перший 14 транзистор привідкривається, при цьому другий 16 транзистор призакривається, а перший 13 транзистор привідкривається. Відповідно шістнадцятій 31 та двадцять четвертий 37 транзистори призакриваються, а п'ятнадцятій 28 та двадцять третій 34 транзистори привідкриваються. При цьому потенціал точки об'єднання емітерів сімнадцятого 35 і вісімнадцятого 36 збільшується і прямує до $E_{ж}$. При цьому потенціал вихідної шини 42 відслідковує потенціал точки об'єднання емітерів сімнадцятого 35 і вісімнадцятого 36 транзисторів і також збільшується та наближається до $E_{ж}$.

Джерело струму 2 та дев'ятий 1, сьомий 5, п'ятий 6, двадцять дев'ятий 7, а також десятий 3, восьмий 11, шостий 10, тридцять дев'ятий 9 транзистори

утворюють схему завдання режиму по постійному струму каскадів пристрою.

Відбивачі струму побудовані на третьому 12, тридцять третьому 18 і одинадцятому 21, а також четвертому 17, тридцять четвертому 20 і чотирнадцятому 24 транзисторах, а також друге джерело струму 19 завдають режим роботи по постійному струму парафазного відбивача струму, що побудований на дванадцятому 22, двадцять сьомому 29, тринадцятому 23 і двадцять восьмому 30 транзисторах, що у свою чергу задає режим роботи підсилювальних каскадів на п'ятнадцятому 28 і шістнадцятому 31 транзисторах.

Відбивачі струму за схемою Уїлсона на двадцять першому 27, двадцять другому 32, двадцять третьому 34, двадцять четвертому 37, двадцять п'ятому 33, двадцять шостому 38 транзисторах відповідно завдають режим роботи по постійному струмові вихідного каскаду.

Коригуючий конденсатор 25 коригує АЧХ і запобігає генерації. Резистор зворотного зв'язку 26 задає коефіцієнт підсилення.

Тридцять перший 14 та тридцять другий 15 транзистори утворюють двотактний симетричний вхідний каскад. Сімнадцятий 35, вісімнадцятий 36, дев'ятнадцятий 39, двадцятий 40 транзистори утворюють вихідний каскад.

Використання такого вхідного каскаду забезпечує збільшення коефіцієнту підсилення χ разів у порівнянні з прототипом, що визначається, як:

$$\chi = \frac{\beta_{p-n-p} \cdot \beta_{n-p-n}}{\beta_{p-n-p} + \beta_{n-p-n}}.$$

Шини додатного 41 і від'ємного 43 живлення, а також шина нульового потенціалу 42 забезпечують потрібний рівень напруги для живлення схеми.

