

ВИСОКОТОЧНИЙ ДВОТАКТНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ СТРУМУ ДЛЯ БАГАТОРОЗРЯДНИХ ЦАП І АЦП

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В більшості випадків, як складова частина багаторозрядних ЦАП і АЦП, а також в інформаційно-вимірювальних системах, генераторах сигналів та системах прямого цифрового синтезу застосовуються підсилювальні пристрої, що побудовані на базі підсилювачів напруги або струму з виходом по напрузі. Доцільніше мати підсилювачі з виходом по струму, що можуть працювати із заземленим навантаженням. Такий підхід є новим, практично не розглянутим у науково-технічній літературі, тому поставлена задача створення високоточних двотактних підсилювачів струму для багаторозрядних ЦАП і АЦП є актуальною.

Ключові слова:

Відбивач струму, струм, напруга, вихідний опір, коефіцієнт передачі, похибка лінійності, передатна характеристика, керовані генератори.

Abstract

In most cases, as an integral part of multi-bit DACs and ADCs, as well as in information-measuring systems, signal generators, and direct digital synthesis systems, amplification devices based on voltage or current amplifiers with voltage output are used. It is more advisable to have amplifiers with current output, which can work with a grounded load.

This approach is new, almost not considered in the scientific and technical literature, therefore, the task of creating high-precision push-pull current amplifiers for multi-bit DACs and ADCs is urgent.

Keywords:

Current reflector, current, voltage, output resistance, transmission coefficient, linearity error, transfer characteristic, controlled generators.

У наш час, більшість електричних підсилювальних пристроїв побудовано на базі підсилювачів напруги або струму з виходом по напрузі [1]. Вони застосовуються як елементи в АЦП і ЦАП, а також в інформаційно-вимірювальних та системах реєстрації, генераторах сигналів у системах прямого цифрового синтезу [2] тощо. Це пов'язано з добре відпрацьованою теорією й практикою проектування таких підсилювачів. Водночас в деяких випадках доцільніше мати підсилювачі з виходом по струму.

Однак, сучасні пристрої та системи будують із застосуванням інтегральних схем. При цьому слід мати на увазі, що більшу частину паразитних параметрів цих схем становлять ємності, а напруга за другим законом комутації стрибком на ємності змінитися не може [3], то швидкодія підсилювальних пристроїв може бути більшою, якщо всі операції над сигналами будуть виконуватися за допомогою підсилювачів струму, а не підсилювачів напруги. Відтак, для максимального використання частотних властивостей біполярних транзисторів, потрібно

використовувати саме двотактний підсилювач струму з низькою похибкою лінійності передатної характеристики.

Метою роботи є створення високоточного підсилювача постійного струму, в якому за рахунок зменшення похибки лінійності передатної характеристики та збільшення вихідного опору підвищується точність роботи пристрою, що дає можливість використання двотактного підсилювача постійного струму у високоточних електронних схемах, зокрема у багаторозрядних АЦП і ЦАП.

Отже вихідний опір підсилювальних пристроїв можна істотно збільшити, застосовуючи від'ємний зворотний зв'язок по струму, а зменшити вхідний опір цього ж пристрою — його паралельним уведенням, а зменшити похибку лінійності передатної характеристики (ПЛПХ), за рахунок побудови блока формування струмів, що складається з чотирьох відбивачів струму. Виходячи з цих критеріїв було запропоновано структурну схему двотактного підсилювача постійного струму (ДППС) показано на рис.

Схема містить: ДППС з чотирма парафазними виходами. Два з цих виходів, по яких протікають струми $I'_{\text{вих}}$ і $I''_{\text{вих}}$ умовно є прямими, а інші два, по яких протікають струми $\bar{I}'_{\text{вих}}$ і $\bar{I}''_{\text{вих}}$ — інверсними. При цьому $I'_{\text{вих}}$ і $\bar{I}'_{\text{вих}}$ подаються на прямий та інверсний входи відбивача струму (BC2), а $I''_{\text{вих}}$ і $\bar{I}''_{\text{вих}}$ — відповідно, на входи BC3. Внутрішній вихід BC2 підключено до входу BC1, а внутрішній вихід BC3 до входу BC4. Виходи BC1 та BC2 об'єднано і підключено до кола зовнішнього зворотного зв'язку, зібраного на резисторах R_{\perp} і $R_{\text{н}}$ та вхідної шини (вхід). Зовнішні виходи BC2 і BC3 об'єднано і підключено до вихідної шини (вих.) і резистора навантаження $R_{\text{н}}$.

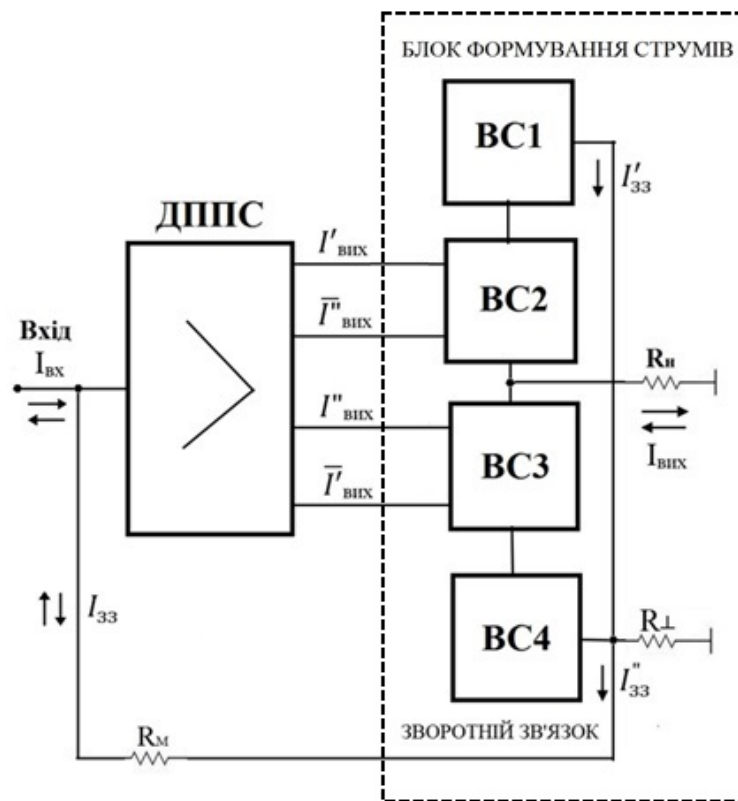


Рис. 1. Структурна схема високоточного ППС для багаторозрядних ЦАП і АЦП.

Виходячи з даної структури був побудований ДППС та проведено комп'ютерне моделювання в програмному забезпеченні MicroCAP12. В результаті моделювання було отримано малосигнальний вихідний опір схеми $R_{\text{вих}}$, та похибку лінійності передатної характеристики $\Delta_{\text{л}}$, результати зображено на графіках, рис. 2, 3.

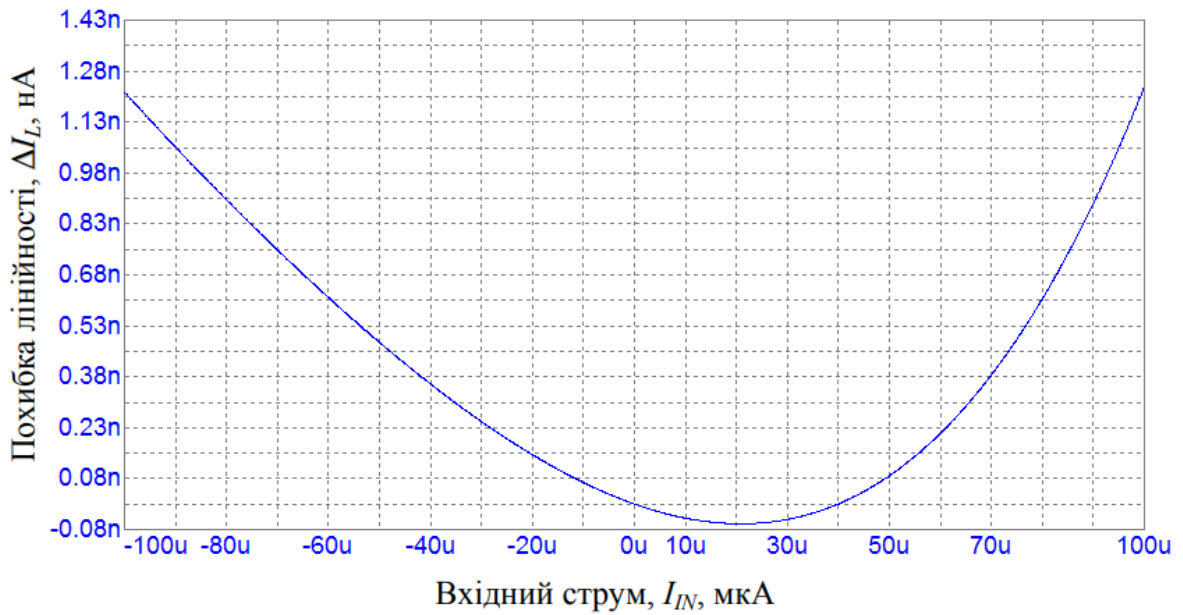


Рис. 2. Залежність похибки лінійності Δ_L від вхідного струму I_{IN} при $K_{III} = 10$.

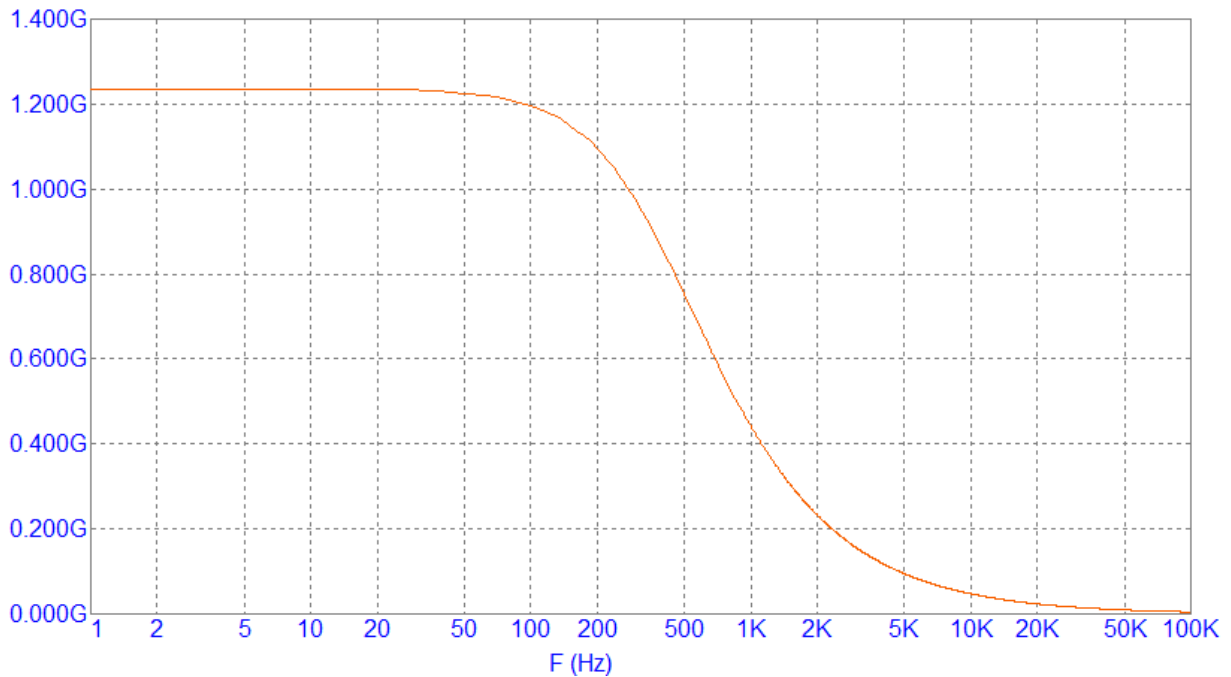


Рис. 3. Вихідний опір $R_{вих}$ схеми при $K_{III} = 10$.

Отже, в результаті комп'ютерного моделювання характеристик, здійсненого за допомогою інтегрованого пакету MicroCAP 12, отримані такі результати: $R_{вих} = 1,2$ гОм, $\Delta_L = 1,2$ нА.

Враховуючи абсолютне значення Δ_L , маємо відносну похибку лінійності $\delta I_L = 1,2 \cdot 10^{-4} \%$ при $I_{вих} = 1,0$ мА, таке значення цієї похибки дає змогу використовувати вказаний ДППС в АЦП і ЦАП із нормуванням метрологічних статичних характеристик з розрядністю $n = 16 \dots 18$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дж. Грэм, Дж. Тоби, и Л. Хьюлсман «*Проектирование и применение операционных усилителей,*» В. Л. Левин, и И. М. Хейфец, пер. с англ., И. Н. Теплюк, Ред. Москва: изд-во «Мир». Редакция литературы по новой технике, 1974.
2. Леонид Ридико, «DDS: прямой цифровой синтез частоты,» *Компоненты и технологии*, № 7, 2001. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://kit-e.ru/assets/files/pdf/2001_07_50.pdf .
3. Г. В. Зевеке, П. А. Ионкин, А. В. Нетушил, и С. В. Страхов, Основы теории цепей. Москва: Энергия, 1975. 752 с. Методи цифрового калібрування відмовостійкого ЦАП із ваговою надлишковістю / Азаров О. Д., Кадук О. В., Дудник О. В., Росощук А. В. // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія – 2011, №1, с. 4-13.

Азаров Олексій Дмитрович – доктор техн. наук, професор, декан факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Генеральницький Євгеній Сергійович – аспірант факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Oleksyi D. Azarov - Dr. Sc., Professor, Dean of the Faculty of Information Technology and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Yevhenii S. Heneralnytskyi - PhD, graduate student of the Faculty of Information Technology and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia