

## МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ МІКРОСХЕМИ ОПЕРАЦІЙНОГО ПІДСИЛЮВАЧА

Спичак В. В., студент

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Більшість вимірювальних електронних пристроїв в своєму складі мають один або декілька операційних підсилювачів. Параметри операційних підсилювачів постійно покращуються і, відповідно, значно розширюється їх номенклатура. Метою даної роботи є створення операційного підсилювача, який зможе створити гідну конкуренцію закордонним.

На сьогоднішній день існує багато різних програмних пакетів для моделювання схем і дослідження їх характеристик при різноманітних умовах експлуатації. В даному випадку для моделювання було використано програмний пакет *MicroCAP9*, що відрізняється від інших своєю простотою, доступністю, великою функціональністю, а також в своєму складі містить велику бібліотеку сучасних елементів [1].

Схема, що моделюється, приведена на рис.1. Її найближчим закордонним аналогом є підсилювач  $\mu A741HC$  ( $\mu A741PC$ ) з такими основними електричними параметрами: напруга живлення  $\pm 15V$ , коефіцієнт підсилення  $\approx 30000$ , вхідний опір  $400\text{ кОм}$ .

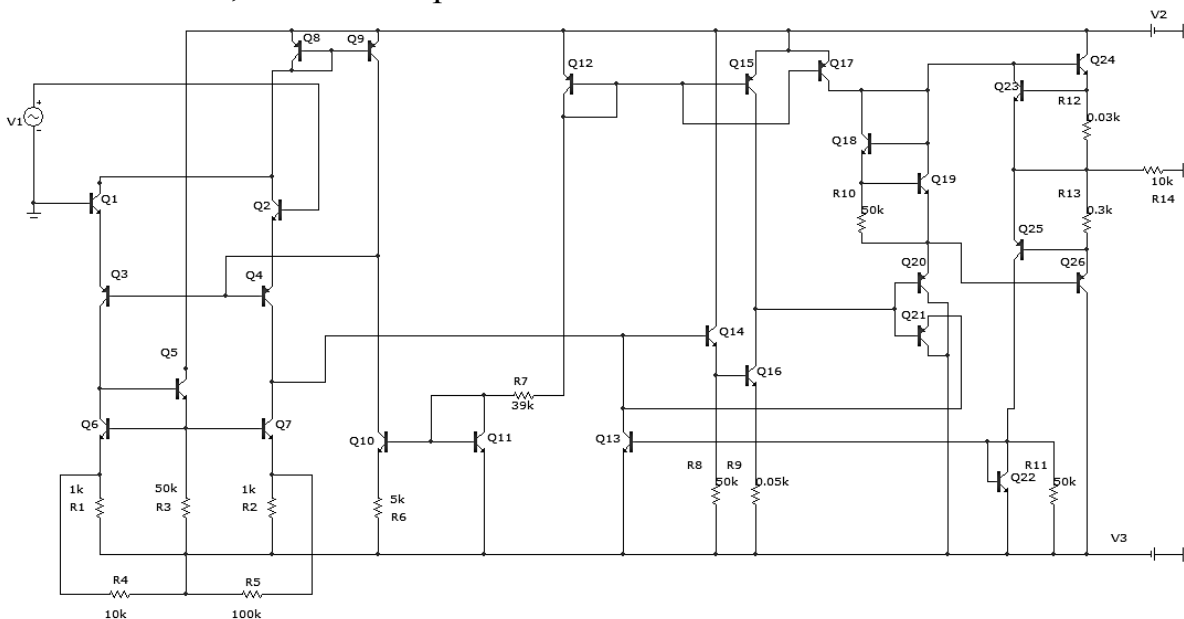


Рис.1. Схема операційного підсилювача

При моделюванні (за умов змінювання активних і пасивних елементів та їх параметрів) досліджувалися: перехідні процеси, режими по постійному струму, амплітудно-частотна та фазо-частотна характеристики, коефіцієнт підсилення.

Перший каскад схеми є диференційний підсилювач за схемою «спільний колектор» — «спільна база» — «спільний емітер». Оскільки вхідні транзистори  $Q1$  і  $Q2$  ввімкнені за схемою «спільний колектор» (СК), то напруга на колекторах не змінюється і через транзистори протікає однаковий струм. У вхідних транзисторах не відбувається модуляції товщини бази і не змінюється вхідна напруга зміщення  $U_{0S}$ .

На транзисторах  $VT3$  і  $VT4$   $p-n-p$ -типу створено підсилювальний каскад за схемою «спільна база» (СБ), який ввімкнено послідовно із вхідними транзисторами  $Q1$  і  $Q2$ . Застосування на вході диференційного підсилювача послідовно ввімкнених каскадів, складених за схемами «спільний колектор» — «спільна база» (СК — СБ), дало можливість значно підвищити вхідний опір схеми. У колекторних колах транзисторів  $Q3$  і  $Q4$  ввімкнено активні навантаження за схемою джерела стабільного струму на транзисторах  $Q5$ ,  $Q6$ ,  $Q7$  і резисторах  $R1$  —  $R3$ . Навантаження створено за схемою «спільний емітер». Резистори  $R1$  і  $R2$  ввімкнено, щоб підвищити динамічний внутрішній опір навантажувального джерела струму. Застосування активних навантажень дало значний вииграш у коефіцієнті підсилення без застосування високоомних резисторів. Якщо пари транзисторів  $Q1$ ,  $Q2$  і  $Q6$ ,  $Q7$  добре узгоджені, то колекторні струми через кожен із транзисторів будуть однакові. Напруга живлення складає  $\pm 5$  В, коефіцієнт підсилення першого каскаду 380, що є більшим ніж в найближчого аналога [2].

Згідно опису  $\mu A741HC$  коефіцієнт підсилення другого каскаду складає 120. В нашому випадку в другому каскаді схеми використовуються такі ж моделі транзисторів як і в першому, що дало змогу добитися коефіцієнта підсилення порядку 220.

Третій каскад схеми являє собою схему захисту виходу при коротких замкненнях, що допускає роботу підсилювача в даному режимі нескінченно довго. Недоліком такої схеми є звуження діапазону вихідних напруг операційного підсилювача.

Результуючий коефіцієнт підсилення схеми близький до 84000. Це свідчить про те, що параметри розробленого операційного підсилювача близькі до тих, якими характеризуються сучасні підсилювачі і при цьому значно збільшується область застосування порівняно з аналогом.

#### **Література**

1. Амелина М. А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap / М. А. Амелина, С. А. Амелин — Смоленск: НИУ МЭИ, 2012. — 617 с.
2. Прищепа М. М. Мікроелектроніка частина 2 — Елементи мікросхеми техніки / Під ред. М. М. Прищепи — К. : Вища школа, 2006. — 504 с.