

© 1998 р. І.М. Раренко, В.М. Годованюк*, О.О. Боднарчук,
О.Г. Швець, Р.Ф. Вовчук

Чернівецький державний університет ім.Ю.Федьковича, Чернівці
* ВАТ "ЦКБ Ритм", Чернівці

ПОПЕРЕДНІЙ ПІДСИЛЮВАЧ ДЛЯ ФОТОПРИЙМАЧА

Розроблений універсальний попередній підсилювач для фотоприймачів резистивного, діодного та фотомагнітного типів. Динамічний діапазон підсилювача $8 \cdot 10^4$, спектр фіксування ІЧ-випромінювання $10^{-8} < \tau < 10^{-5}$ с.

Universal primary amplifier for photoreceivers of resistive, diode and photomagnetic type was created. Dynamical diapason of amplifier $8 \cdot 10^4$, registration spectrum of IR-radiation $10^{-8} < \tau < 10^{-5}$ s.

Невід'ємною і важливою частиною фотоприймального пристрою (ФПП) різних конструкцій та призначень є попередній підсилювач сигналу, який поступає з фотоприймального елемента. Тут, у першу чергу, задовольняються такі вимоги, як низький шум, збереження форми сигналу на високих частотах модуляції, широкий динамічний та температурний діапазони. Фактично усі ці вимоги враховані нами при розробці чотирьохканального фотоприймального підсилювача сигналів, де кожний з його рівнозначних каналів повинен приймати сигнали, величини яких визначаються в межах п'яти порядків, довжини імпульсів становлять $10^{-8} < \tau < 10^{-5}$ с при частоті повторення до 10^5 Гц, а коефіцієнт підсилення - $K_{\Gamma} \geq 100$. Усі окремі канали такого попереднього підсилювача задовольняють вимогам більшості ФПП, які потрібні як для дослідної роботи, так і для безпосереднього використання в різних фотоприймальних системах, де в якості самих фотоприймачів (ФП) використовують фоторезистори, різного типу фотодіоди і фотомагнітні приймачі. Особливістю цих ФП було те, що вони мали матричну багатоелементну структуру, де фактично ФП кожного каналу складається з i окремих фотоприймальних елементів, з'єднаних паралельно чи послідовно у залежності від виду самого ФП.

Нижче подається опис підсилювача (одного із рівнозначних каналів), складової частини фотоприймального пристрою, призначеного для детектування сигналів імпульсних інфрачервоних лазерів та визначення просторових координат джерел випромінювання.

Попередній підсилювач, виконуючи свою основну функцію – підсилення сигналів низького рівня, що знімаються з фотоприймача, одночасно є джерелом шумових імпульсів. Інтенсивність джерел шуму в попередньому підсилювачі в першу чергу залежить від схемотехнічного рішення його підсилюючих каскадів, їх робочого та температурного режимів.

У ФПП традиційного типу протектований ФП сигнал знімається з опору навантаження R_H , який включений послідовно з ФП. Коефіцієнт передачі в цьому випадку буде максимальним, якщо виконується умова $R_p = R_H$. Але така схема має ряд недоліків, зокрема:

- оскільки вхідне коло є одноланковим RC -фільтром з постійною часу $\tau = R_H C_{вх}$, то при великих значеннях R_H можуть не виконуватись умови щодо інерційності ФПП;

- у багатоелементних ФПП при освітленні i -го елемента сигнал може виникнути і в сусідніх $i-1$ та $i+1$ елементах, причому, чим більше значення R_H , тим більший паразитний сигнал неосвітленого елемента.

Значно кращими параметрами володіють попередні підсилювачі, побудовані по схемі перетворювача струм-напруга на інтегральних операційних підсилювачах (ОП). У цьому випадку вся напруга зміщення прикладається до ФП, а вихідна напруга $I_{\phi} R_H$ залежить тільки від опору R_H , який включається в коло від'ємного зворотнього зв'язку ОП.

Як показує досвід, основним критерієм ефективності функціонування є умова узгодження з першим каскадом попереднього підсилювача,

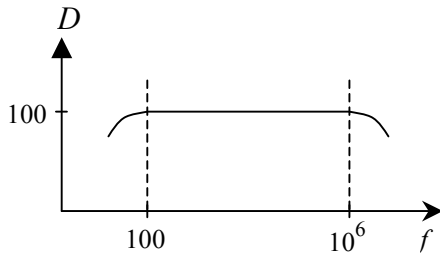


Рис.1. Динамічний діапазон попереднього підсилювача.

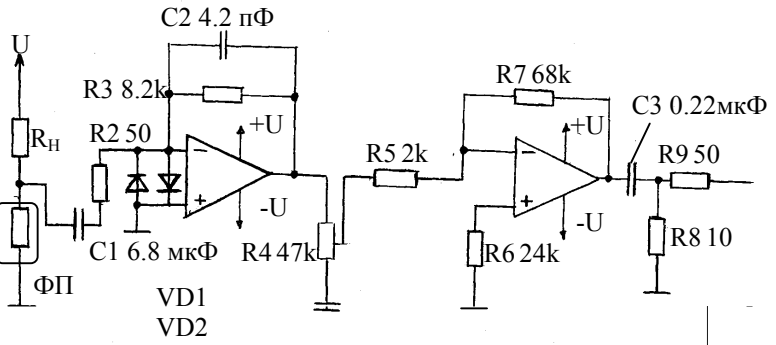


Рис.2. Принципова електрична схема попереднього підсилювача.

Таблиця 1

T, K	263	283	293	313
$R_{вх.сх}, Ом$	95	97	100	103

включаючи комутуючі кола. Коефіцієнт підсилення попереднього підсилювача повинен вар'юватись по відношенню до величини зміни фонові засвітці ФП в межах не менше ± 20 дБ. Цього досягнуто введенням автоматичного регулювання підсилення шляхом зміни глибини від'ємного зворотнього зв'язку (ВЗЗ) підсилювача [1].

Використання цього привело до розширення динамічного діапазону до величини $8 \cdot 10^4$, що необхідно при фіксуванні ІЧ-випромінювання від $10^{-8} < \tau < 10^{-5}$ с понад 10 Вт/м^2 . Введення глибокого ВЗЗ дозволило знизити $R_{вих}$ до величини 200 Ом.

Коефіцієнт підсилення попереднього підсилювача на частоті 5 МГц дорівнює 100. Надмірне збільшення його привело б до зниження динамічного діапазону [1].

Важливою характеристикою, що безпосередньо впливає на порогову чутливість фотоприймача, є шум, складовими якого є тепловий, дробовий та контактний шуми. Для схем на ОП головними є теплові шуми. З роботи [2]:

$$U_{шт} = (1/8) \cdot (R_{1u} \Delta f)^{1/2}, \text{ мкВ}$$

де $R_{1u} = R_{вх.сх} \parallel R_{з3}$, $R_{вх.сх}$ – вхідний опір підсилювача з підключеним приймачем, $R_{з3}$ – опір зворотнього зв'язку.

Для $T=293K$, $R_{вх.сх} \cong 100$, $R_{з3}=27 \text{ кОм}$, а $U_{шт} = (1/8)(0,095 \cdot 15)^{1/2} = 0,14 \text{ мкВ}$.

Провівши дослідження даної схеми підключення фотоприймача, з'ясувалося, що параметр $R_{вх.сх}$ не змінюється в широких межах зміни температури (таблиця 1). Отже, даний пристрій можна використовувати в різних температурних режимах.

Виконавши розрахунки вхідного шумового струму та загальної напруги шуму на вході [3], одержано такі величини:

$$i_{ш} = \sqrt{2gI_{n-T} \Delta f} = 2,5 \cdot 10^{-11} \text{ нА},$$

еквівалентна напруга шуму

$$E_{ш.о} = \sqrt{E_{ш}^2 + 2i_{ш}^2 R_{ист}^2},$$

де $E_{ш.о}$ – сумарний вхідний шум, $E_{ш}^2$ – середнє квадратичне значення шумового струму Шотткі, $R_{ист}$ – опір джерела сигналу на вході ОП. Отримано $E_{ш.о} \cong 5 \text{ мкВ}$.

Така величина шуму практично не впливає на чутливість ФП. В якості активних підсилюючих елементів застосовано малошумлячі широкополосні ОП. Частотна корекція в області ВЧ запобігає збудженню схеми і стабілізує роботу схеми в цілому.

Схема підсилювача 2-каскадна. Приведені вище розрахунки зумовили використання ОП 544УД2А з польовими транзисторами на вході, як найбільш ефективного в даному пристрої [1].

Результати електричних випробувань попереднього підсилювача такі: $f_n=100 \text{ Гц}$, $f_b=10^6 \text{ Гц}$, $\tau_{ф}=1 \text{ мкс}$, $K_{п}=100$, $R_{вих} \leq 200 \text{ Ом}$, $D \geq 10^4$. Динамічний діапазон попереднього підсилювача показано на рис.1, а принципова електрична схема попереднього підсилювача приведена на рис.2.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Алексеевко А.Г. и др. Применение прецизионных аналоговых микросхем. - М.: Радио и связь, 1988.
2. Rookstroh T., Mazumder J. Infrared Thermographic temperature measurement during laser heat treatment // J.Appl.Opt. - 1985. - 24, No. 9. - P.1343.
3. Лусис М. Фолкенберри. Применение операционных усилителей и линейных ИС. - М.: Мир, 1985.