

Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю. М. Потєбні

Кафедра: Електроніки, інформаційних систем та програмного
забезпечення

Лабораторна робота №4

з дисципліни Аналогова та оптохемотехніка

Підсилювальний каскад на польовому транзисторі

Студента (ки) 2 курсу, групи _____

(прізвище та ініціали)

Викладач _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

м. Запоріжжя – 2024 рік

Мета роботи: побудова і вивчення режимів роботи підсилювального каскаду на МДП транзисторі.

4.1 Короткі теоретичні відомості

Підсилювачі на польових транзисторах мають високий вхідний опір, що становить $10^{12} \dots 10^{14}$ Ом, і рівень власних шумів нижчий, ніж в біполярних транзисторів. Тому їх широко застосовують для побудови датчиків.

Принципи побудови підсилювальних каскадів на МДП і біполярних транзисторах аналогічні. Особливість полягає в тому, що польовий транзистор управляється по вхідному колу напругою, а не струмом. Схема підсилювального каскаду на МДП транзисторі при його включенні із загальним витоком показана на рисунку 4.1.

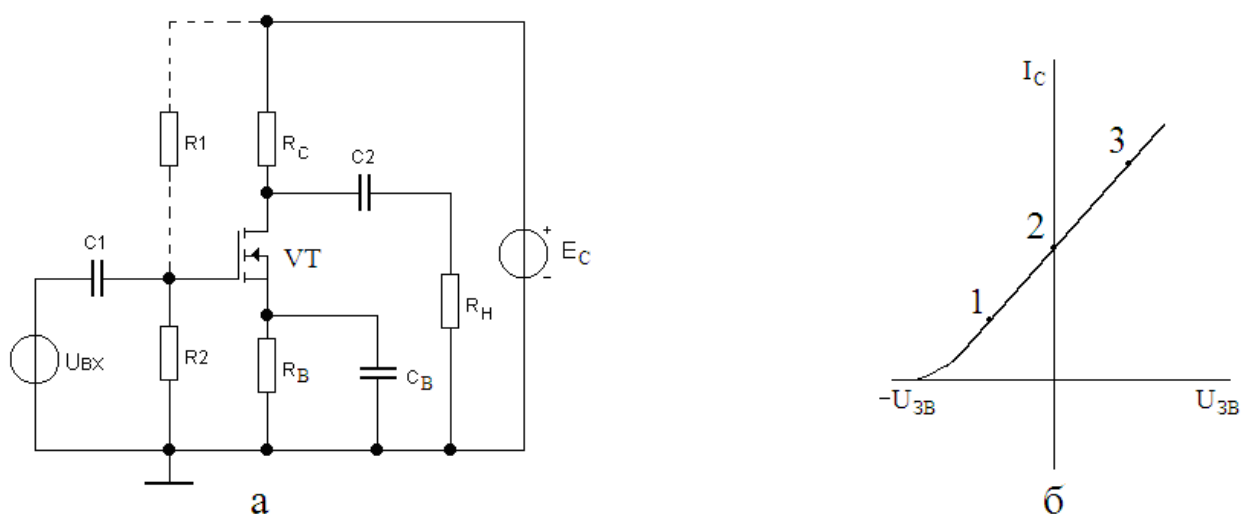


Рисунок 4.1 - Схема підсилювального каскаду

Тут конденсатори $C1$ і $C2$ не пропускають постійну напругу і являються розділовими. Резистор R_C – навантаження транзистора. Резистор R_H – навантаження каскаду. Коло R_B , C_B бере участь в завданні положення робочої точки РТ на динамічній витоко-затворній характеристиці (рис. 4.1б). При протіканні струму транзистора на резисторі R_B створюється постійна напруга витоку:

$$U_B = I_C \cdot R_B \quad (4.1)$$

Аби ця напруга не змінювалася при пульсаціях струму I_C , застосовують шунтуючий конденсатор C_B . Дільник напруги живлення $R1$, $R2$ впливає на завдання режиму роботи каскаду. Якщо позначити вихідну напругу цього дільника як U_{dil} , то напруга $U_{ЗВ}$ між затвором і витоком може бути знайдена у вигляді:

$$U_{ЗВ} = U_{dil} - U_B = U_{dil} - I_C \cdot R_C \quad (4.2)$$

Розглянемо прийоми для зміни положення РТ на динамічній характеристиці. Тут можна виділити три випадки (рис. 4.1б).

Для вибору крапки 1, де $U_{ЗВ} < 0$, необхідно знижувати напругу дільника U_{dil} і збільшити опір резистора R_B . Для вибору режиму в крапці 2, де

$U_{3B} = 0$, можна просто виключити з схеми резистор $R1$. Коло R_B , C_B видаляється, а витік заземляється. Для вибору крапки 3, необхідно збільшувати U_{dil} і зменшувати R_B .

Динамічна виток-затворна характеристика може бути отримана графоаналітичним способом при накладенні лінії навантаження на сімейство вихідних характеристик транзистора. Крутість цієї характеристики S_δ може розглядатися як динамічна крутість, яка визначає коефіцієнт посилення K_U каскаду по напрузі:

$$K_U = S_\delta \cdot R_C = \frac{S \cdot R_i \cdot R_C}{R_B + R_i} \quad (4.3)$$

Тут S – статична крутість характеристики; R_i – внутрішній опір МДН транзистора.

Використовуючи цю формулу, можна оцінити величину S_δ , знаючи коефіцієнт посилення K_U .

$$S_\delta = \frac{K_U}{R_C} = \frac{U_{m\text{ вих}}}{U_{m\text{ вх}}} \cdot \frac{1}{R_C} \quad (4.4)$$

У еквівалентній схемі каскаду по змінному струму опори R_C і R_H включені паралельно. Тому реально транзистор працює на еквівалентному опорі навантаження:

$$R_{CH} = R_C \parallel R_H = \frac{R_C \cdot R_H}{R_C + R_H} \quad (4.5)$$


При цьому формула (4.3) для розрахунку коефіцієнта посилення наводиться до вигляду:

$$K_U = S_\delta \cdot R_{CH} = \frac{S \cdot R_i \cdot R_{CH}}{R_i + R_{CH}} \quad (4.5)$$

Таким чином, зменшення опору зовнішнього навантаження R_H істотно впливає на посилення і знижує його

4.2 Опис віртуального стенду EWB

Схема стенду приведена на рисунку 4.2. Тут позитивна напруга між затвором і витком задається ділником $R1$, $R2$ і колом $R4$, $C3$. Вхідний сигнал поступає від функціонального генератора. У схемі передбачений двохпроменевий осцилограф і вимірювач нелінійних характеристик, які підключені до входу і виходу підсилювача.

Для управління приладами необхідно викликати їх лицьову панель подвійним клацанням миші на їх зображенні. Видалення панелі виконується клацанням миші на розташованому в правому верхньому кутку приладу символу .

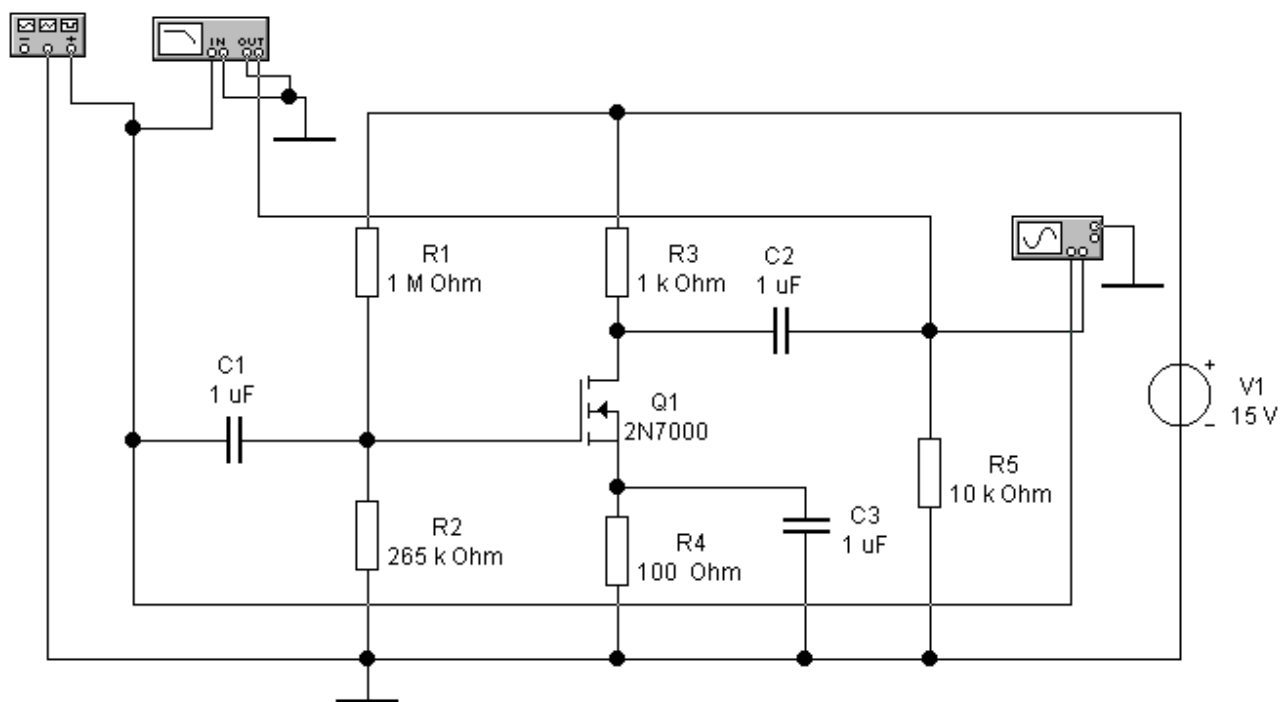


Рисунок 4.2 - Схема EWB стенду

4.3 Порядок виконання роботи

Зібрати EWB стенд (рис. 4.2).

1. При моделюванні використовується $R_B = 0$; $C_B = 0$; $R_1 = 10^8$ кОм або виключений; $R_C = 4,1$ кОм; $R_H = 43$ кОм; $R_2 = 100$ кОм; $C_1 = C_2 = 1$ мкФ; $E_C = 15$ В. При необхідності задати джерело синусоїдального сигналу з амплітудою $U_{m\text{вх}} = 0,25$ В і частотою $f = 5$ кГц.

2. Спостереження форми вихідного сигналу виконати в режимі Transient Analysis. При роботі на лінійній ділянці характеристики вихідний сигнал не повинен спотворюватися. Вимірявши амплітуду вихідного сигналу $U_{m\text{вих}}$, обчислити коефіцієнт посилення K_U .

3. Визначення впливу зовнішнього навантаження виконати моделюванням по пункту 2 при різних $R_H = 0,5; 2; 4; 10$ кОм. Результати моделювання занести в таблицю 3.1

Таблиця 4.1 – Зміна вихідного сигналу

R_H , кОм	0,5	2	4	10	Примітка
$U_{m\text{вих}}$, В					$U_{m\text{вх}} =$
K_U					

4. Спостереження форми вихідного сигналу при негативній напрузі $U_{ЗВ}$. Ввести $R_B = 0,5$ кОм, $C_B = 20$ мкФ. Повторити виміри по пункту 2.

5. Спостереження частотних характеристик каскаду виконати в режимі AC Analysis. Знайти граничні частоти.

4.4 Вміст звіту

1. Мета роботи.
2. Схема каскаду на МДН транзисторі.
3. Осцилограми по пункту 2 моделювання і розрахунок величини K_U .
4. Розрахунок величини динамічної крутості по формулі (3.4) при відомому R_C .
5. Таблиця 3.1 з розрахунком величин K_U .
6. Представлення частотних характеристик по пункту 5.
7. Пояснення результатів і висновки.

4.5 Контрольні питання

1. Способи завдання режимів спокою в МДН каскадах.
2. Вплив елементів кола витоку.
3. Вплив опору навантаження на посилення.
4. Частотні характеристики схеми.