


## Підсилювач змінної напруги на біполярному транзисторі за схемою спільний емітер

В даній лабораторній роботі ви навчитеся моделювати підсилювач на біполярному транзисторі в програмному середовищі LTspice.

### Перші кроки в LTspice.

LTspice - це програмне забезпечення для високопродуктивного моделювання електричних схем на основі SPICE (*Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis*). В LTspice ви можете будувати електричні схеми та виконувати дослідження електричних сигналів, які проходять через ці схеми.

LTspice розповсюджується безкоштовно за адресою <http://www.analog.com/en/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>.

Після встановлення та запуску LTspice ви побачите робоче вікно програми яке показано на Рис. 1. Для створення нової схеми ви можете натиснути кнопку , натиснути комбінацію клавіш Ctrl+N або вибрати пункт меню File->New Schematic.

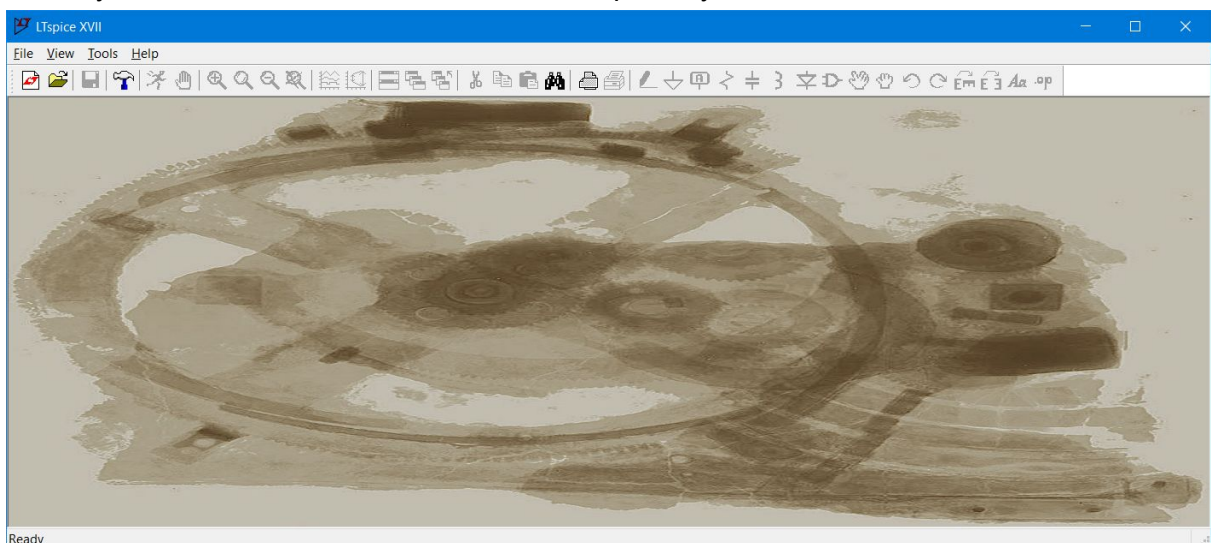









Рис. 1 Робоче вікно програми LTspice.


### Створення електричної схеми.

Робота в LTspice починається зі створення схеми, номінали вибираються пізніше.

Широковживані компоненти можна додати до схеми за допомогою кнопок   , решту компонент та елементів схеми можна додати використовуючи кнопку .

Для позначення потенціалів схеми використовуються кнопки  . Для дослідження ВАХ біполярного транзистора зберемо схему *спільний емітер* як показано на Рис. 2. Для

вибору транзистора після натискання кнопки  слід вибрати npn або pnp. Тип та номінал транзистора вибирає викладач. Щоб вибрати джерело напруги після

натискання кнопки  слід вибрати voltage. На наступному кроці слід вибрати номінал транзистора та напруги живлення V1 та V2. Для цього потрібно навести вказівник миші на необхідний елемент схеми та натиснути праву кнопку миші. Детальніше показано на Рис. 3-5.

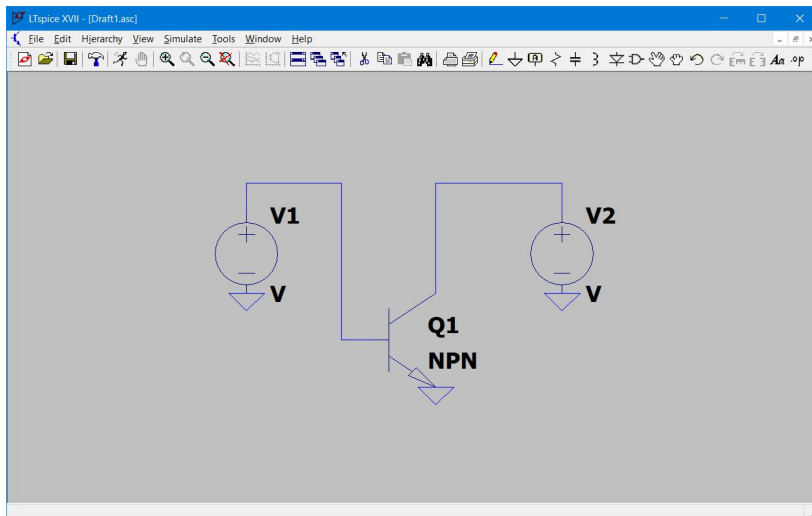


Рис. 2. Схема для дослідження ВАХ рпн транзистора.

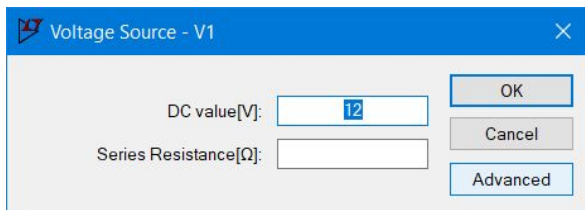


Рис. 3. Вікно налаштувань джерела напруги.

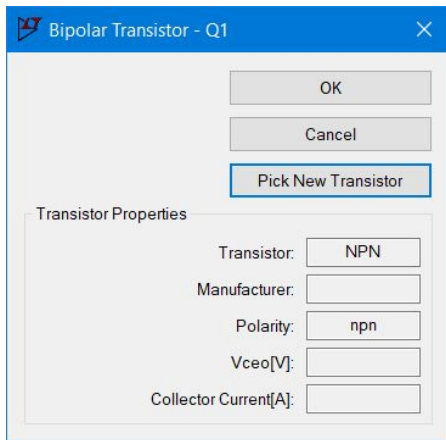


Рис. 4. Вікно налаштувань рпн транзистора.

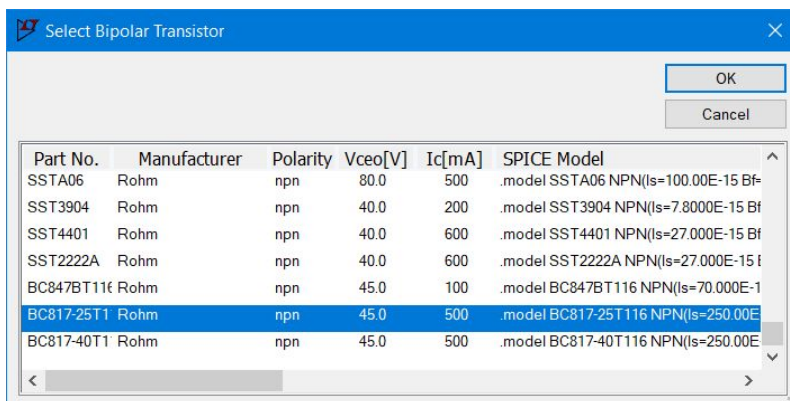


Рис. 5. Вікно вибору транзистора.

### Моделювання вхідних та вихідних ВАХ транзистора.

Для моделювання вхідних ВАХ потрібно вибрати пункт меню Simulate->Edit Simulation Cmd. Далі у вікні вибрати закладку DC sweep та налаштувати зміну напруги джерел v1 та v2 як це показано на Рис. 6.

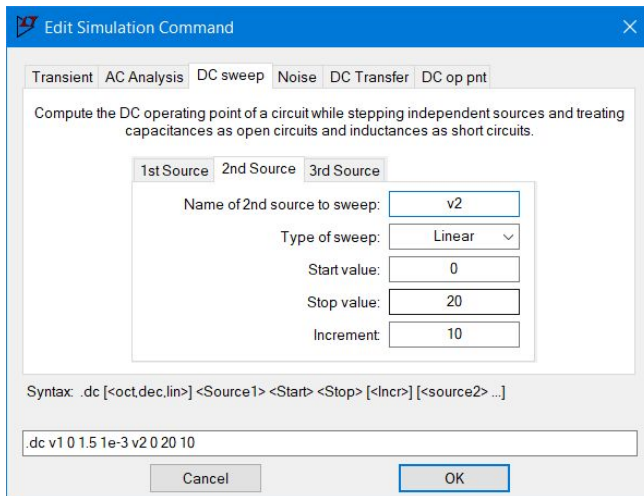




Рис. 6. Вікно налаштувань вибору DC sweep.

Для запуску моделювання слід натиснути кнопку . Після цього з'явиться додаткове вікно для побудови графічних даних. Для побудови вхідної ВАХ транзистора необхідно навести вказівник миші на базу транзистора, при появі піктограми  натиснути ліву кнопку миші. Додатково можна стежити за допоміжними повідомленнями внизу робочого вікна. В результаті у вікні для побудови графіків з'являться необхідні ВАХ як показано на Рис. 7.

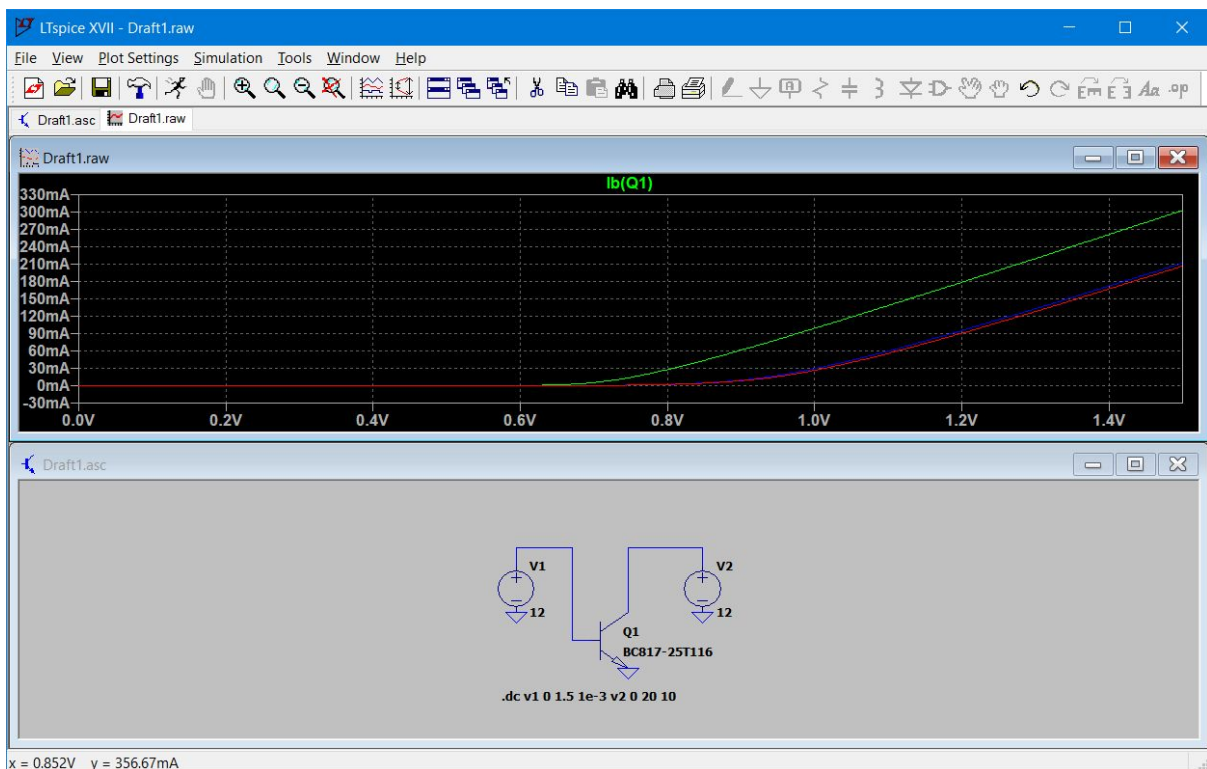


Рис. 7. Робоча схема та вхідна ВАХ транзистора.

Для отримання вихідних ВАХ при різних струмах бази слід замінити джерело напруги  $v1$  джерелом струму  $I1$  та повторити моделювання DC sweep. В результаті ви отримаєте ВАХ як показано на Рис. 8.

Для вибору робочої точки транзистора скористайтеся технічною документацією (datasheet). Знайдіть значення максимальної напруги колектор-емітер, струму колектора та потужності, яку може розсіювати транзистор. Побудуйте криву потужності на графіку вихідних ВАХ. Для цього слід натиснути на графіку праву кнопку миші та вибрати add trace. У вікні, що з'явиться потрібно ввести формулу:  $W/U$ . Де  $W$  - максимальне значення потужності з datasheet, яке потрібно ввести з вказанням розмірності,  $U$  - напруга живлення на виході транзистора.

Змінюючи значення струму у вікні налаштувань симуляції (Simulate -> Edit Simulation Command-> DC sweep ->  $I1$ ) отримайте на графіку декілька кривих струму під кривою потужності (див Рис. 8).

Робочу точку слід обирати не перевищуючи максимальні допустимі значення напруги колектор-емітер, струму колектора та потужності, яку може розсіювати транзистор. Найбільш оптимальним є вибір робочої точки рівновіддалено від кривої потужності та зони роботи транзистора в режимі ключа (біля координати струму, де спостерігається різке зростання струму від початку координат) як показано на Рис. 8 (маркером на вихідній ВАХ транзистора, який можна викликати натиснувши лівою кнопкою миші на надписі графічної залежності, наприклад,  $I_c(Q1)$ ).

Знайдіть і запишіть значення струмів і напруг робочої точки: струм бази  $I_{B0}$  (натиснувши правою кнопкою миші на маркері, що вказує на робочу точку), напругу база-емітер  $U_{BE0}$ , струм колектора  $I_{C0}$  та напругу колектор-емітер  $U_{CE0}$ .

Знайдіть графічним методом з вхідних та вихідних ВАХ транзистора  $h$ -параметри в околі робочої точки. Для знаходження  $h_{11}$ ,  $h_{12}$ ,  $h_{21}$  та  $h_{22}$  скористайтеся двома маркерами. Перемістити маркери з однієї залежності на іншу можна за допомогою стрілок клавіатури.

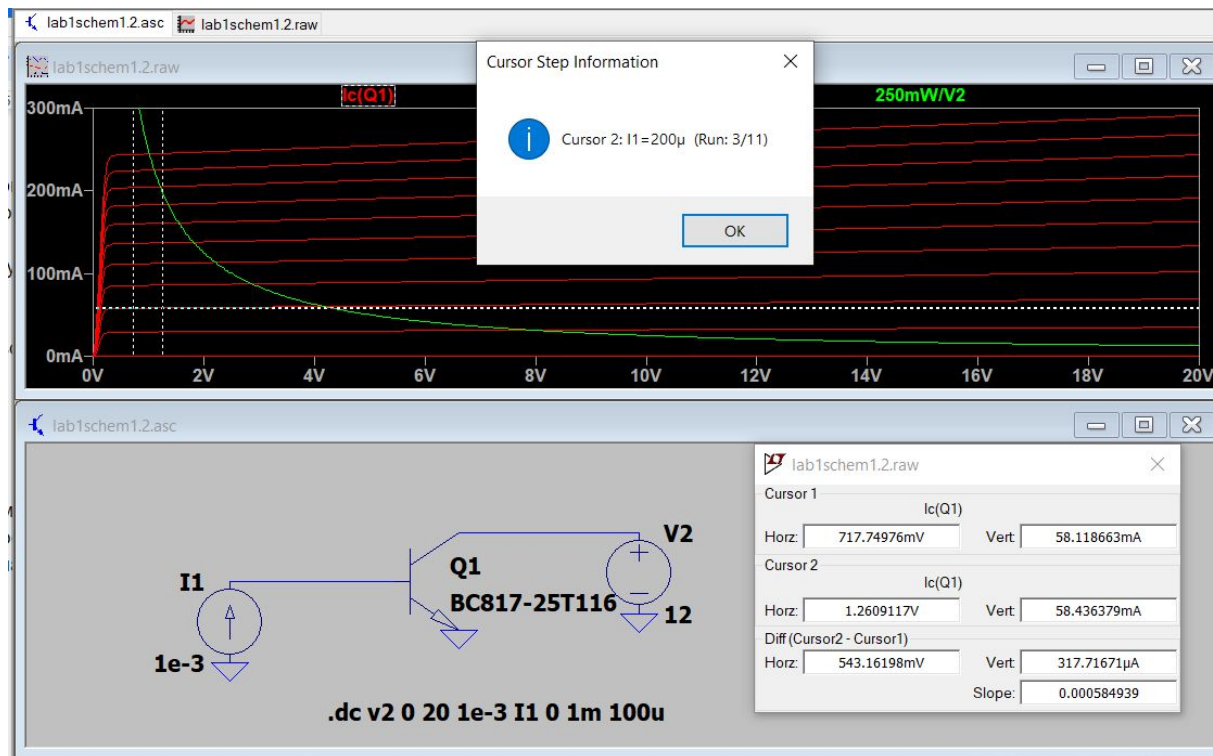


Рис. 8. Робоча схема та вихідна ВАХ транзистора.

### Підсилювач на біполярному транзисторі

Для дослідження підсилювача на біполярному транзисторі зберіть схему, показану на Рис. 9. Конденсатор  $C1$  використовується для розділення постійних напруг, що встановлюють робочу точку транзистора та змінного входного сигналу від джерела  $V1$ . Значення резисторів  $R1$  та  $R2$  оберіть такими щоби задовольнити робочу точку транзистора. Напругу джерела  $V2$  слід вибирати не більшою максимальної напруги  $V_{ce0}$ .

Для визначення коефіцієнту підсилення по напрузі скористайтесь моделюванням Transient. Побудуйте напругу на вході та виході транзистора (див. Рис. 10) та виміряйте за допомогою маркерів амплітуду змінної складової. Отримане значення коефіцієнту підсилення порівняйте з розрахунком з використанням  $h$ -параметрів.

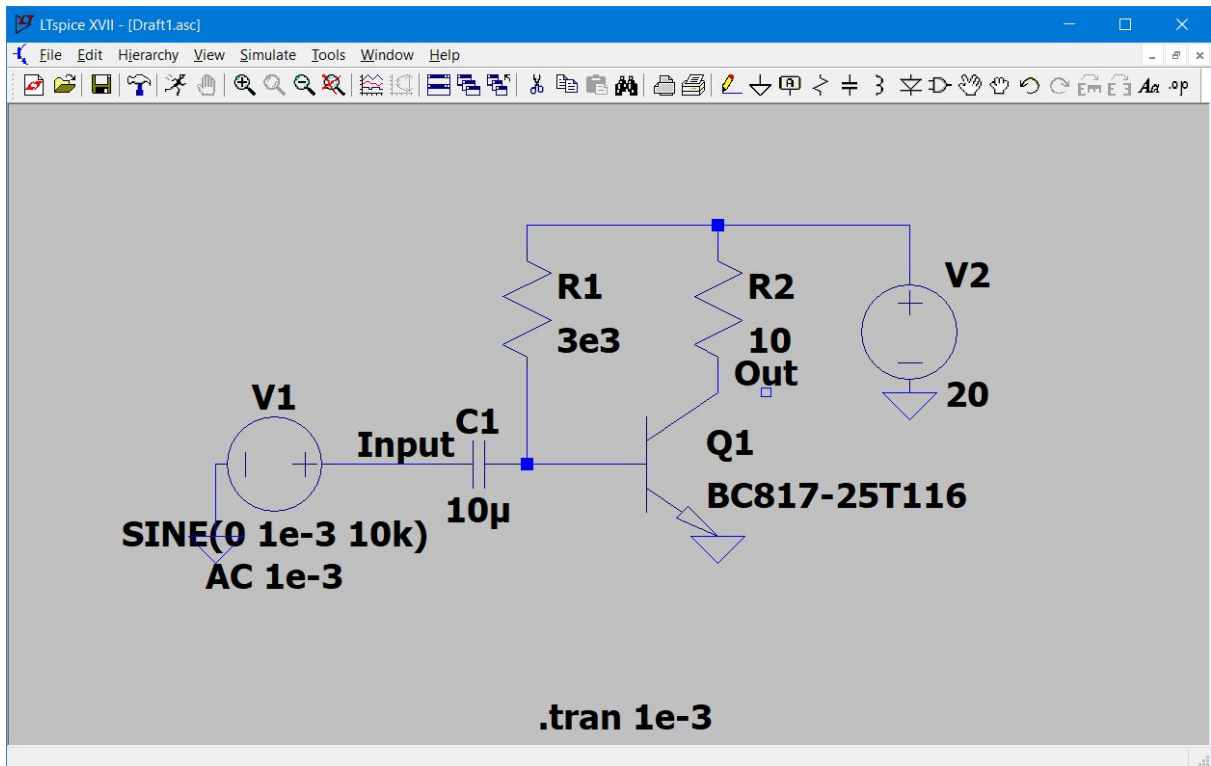


Рис. 9. Підсилювач на біполярному транзисторі.

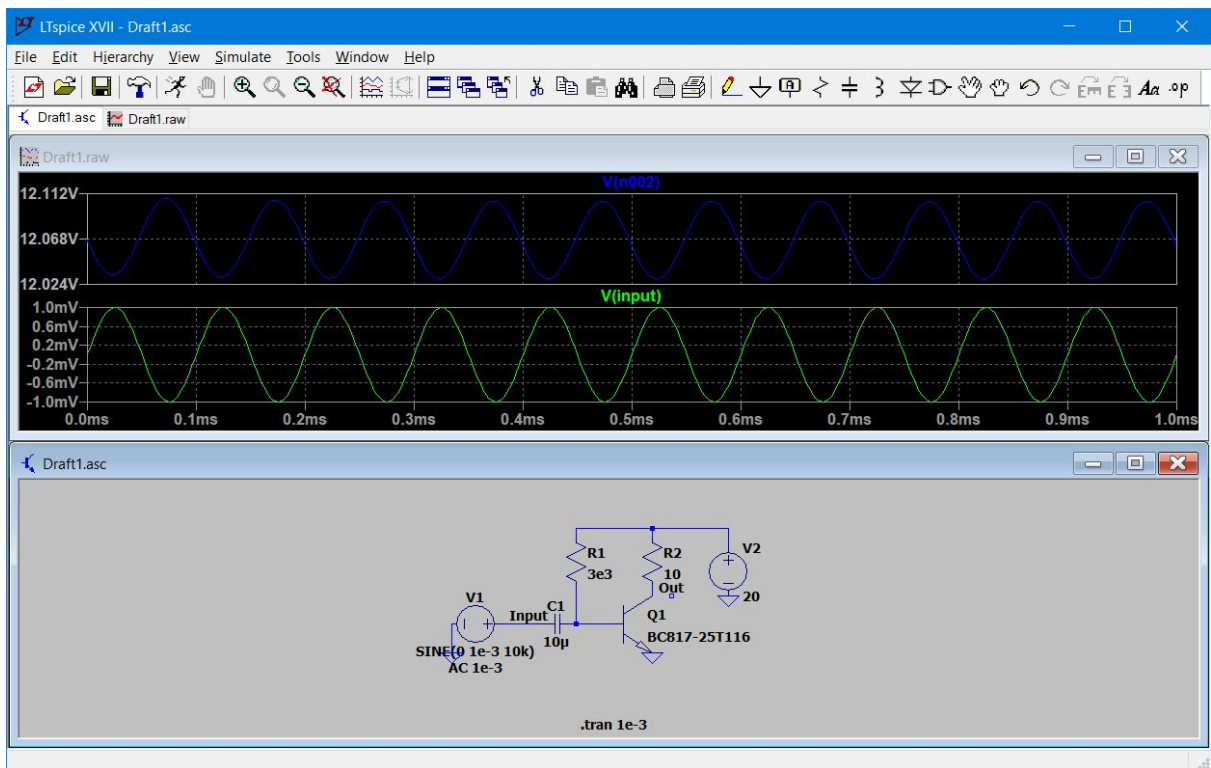


Рис. 10. Сигнали на вході та виході підсилювача.