

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Кафедра мікроелектроніки

Лабораторна робота №1
з дисципліни «Технологія інтегральних мікросхем»
тема: «Дослідження дифузійних резисторів інтегральних мікросхем»

Виконав:
Студент 3-го курсу, групи ДП-91
Ремез Сергій Олександрович

Перевірив:
Королевич Любомир Миколайович

1. МЕТА РОБОТИ

Вивчення будови та основних характеристик дифузійних резисторів інтегральних мікросхем.

2. ЗАВДАННЯ

2.1. Виміряти вольт-амперні характеристики резисторів $R_1 - R_6$ інтегральної мікросхеми (рис. 1).

2.2. Дослідити амплітудно-частотну характеристику (АЧХ) коефіцієнта передачі схеми із дифузійним резистором в ролі навантаження – $K_d(f) = E_{\text{вих}}/E_{\text{вх}}$

2.3. За результатами вимірювань побудувати графіки: вольт-амперних характеристик досліджених резисторів; залежностей коефіцієнта передачі схеми із дифузійним резистором та загального опору дифузійного резистора від частоти – $K_d(lgf), Z_d(lgf)$.

2.4. Вирахувати номінальні опори $R_{i,j}$ дифузійних резисторів.

2.5. Пояснити залежність опору дифузійного резистора від напруги, температури і частоти вимірювального сигналу. Провести аналіз паразитних зв'язків дифузійного резистора.

2.6. Запропонувати способи зменшення чи ліквідування впливу паразитної ємності та паразитного транзистора на роботу дифузійного резистора.

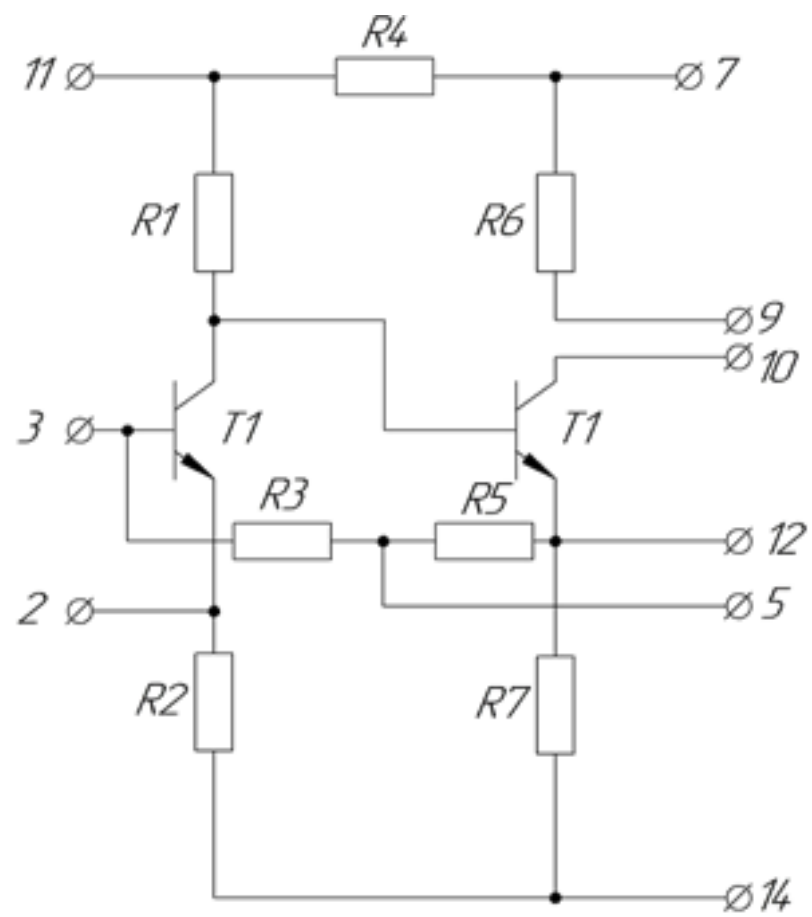


Рис. 1.1. – Схема електрична K122UH1

3. РОЗРАХУНКИ

Масштаби на графіках вираховуються за формулами, відповідно:

$$\Delta U = \Delta X [B / \text{см}]; \Delta I = \frac{\Delta Y}{R_b} [\text{мА} / \text{см}]$$

де $R_b = 50 \text{ Ом}$.

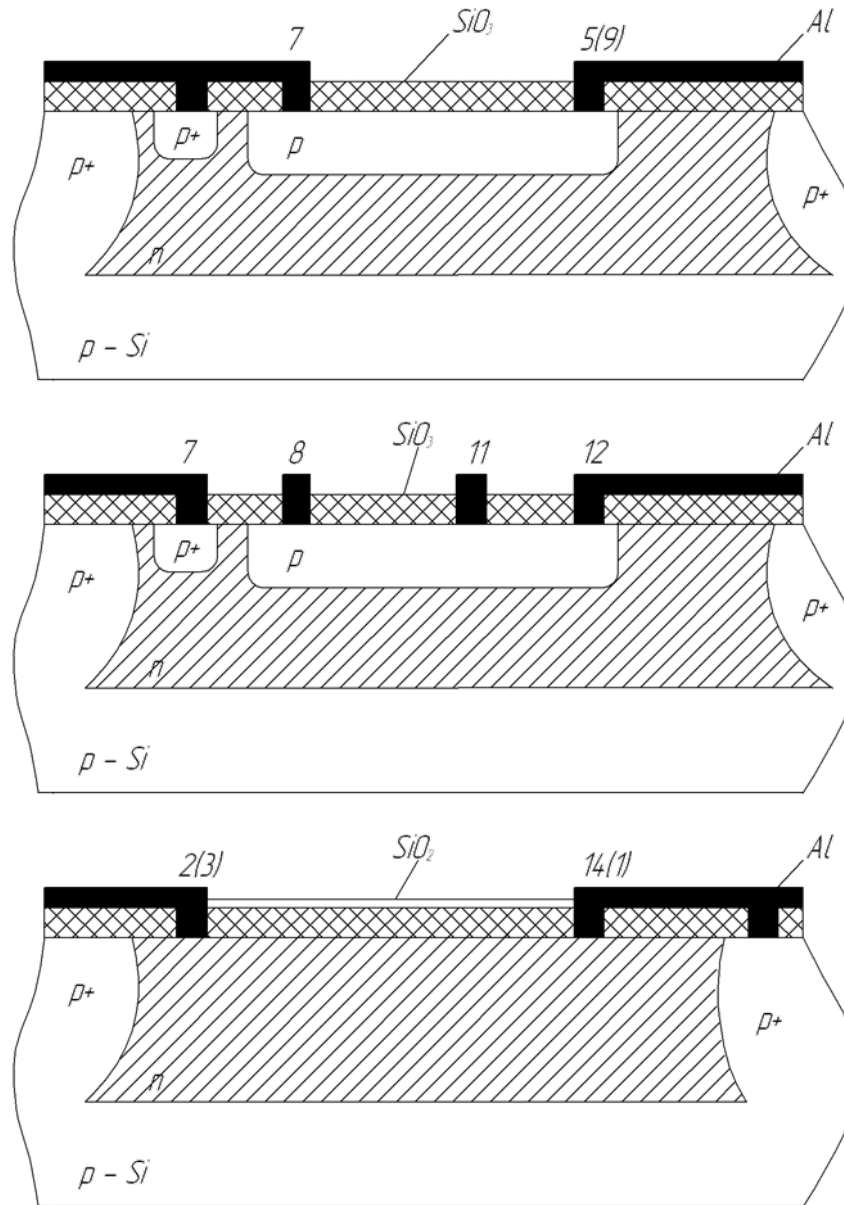


Рис. 1.2. – Розріз структур дифузійних резисторів для К118УД1. (Приклад дифузійного резистора інтегральної мікросхеми)

Спочатку складемо загальну схему, в якій замінимо всі транзистори на їх еквівалентні моделі. Для цього візьмемо модель Еберса-Молла:

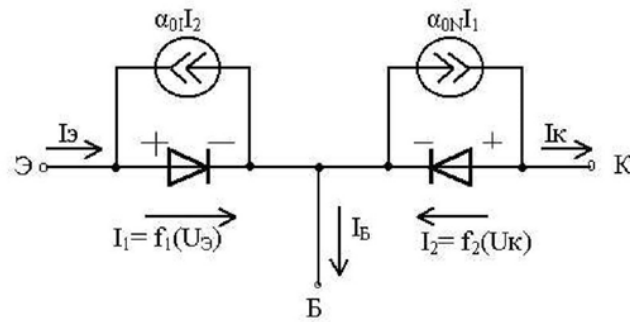


Рис. 1.3. – Еквівалентна модель Еберса-Молла (n-p-n транзистор)

Замінивши транзистори, отримаємо схему з якою далі будемо працювати:

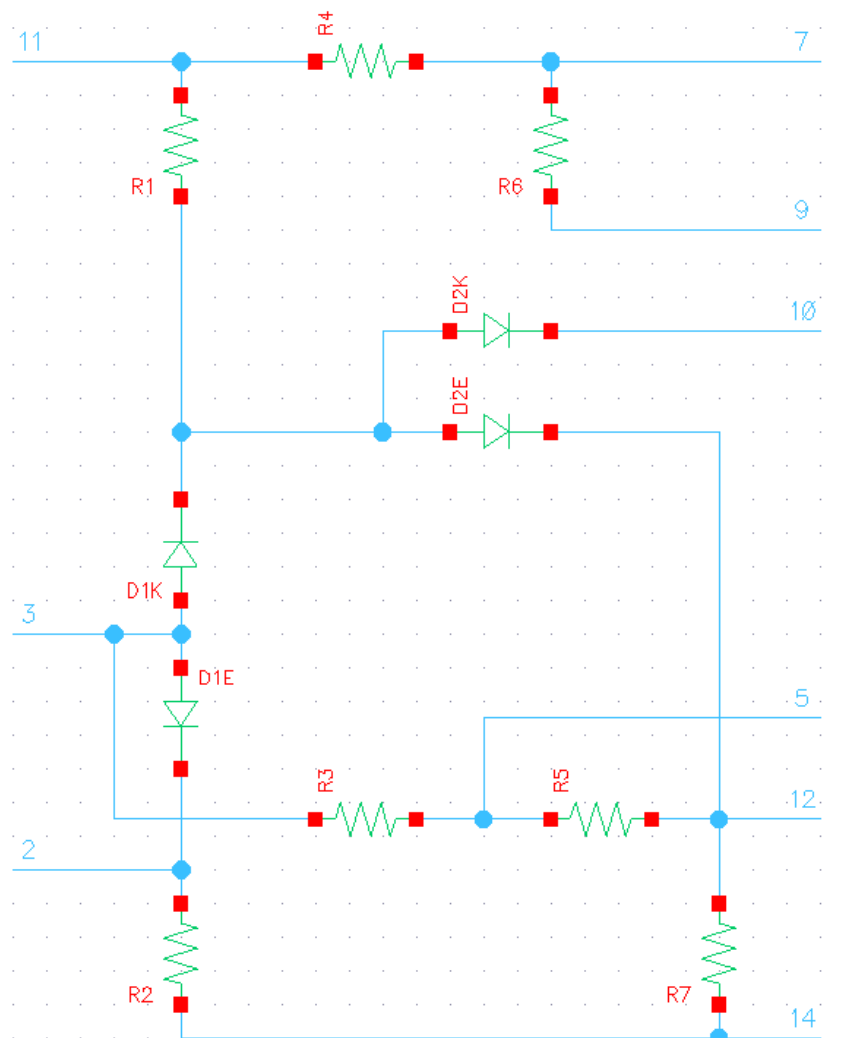


Рис. 1.4. – Схема електрична K122УН1 з заміною на еквівалентні моделі транзисторів

3.1. Дифузійний резистор R_1 (7-9)

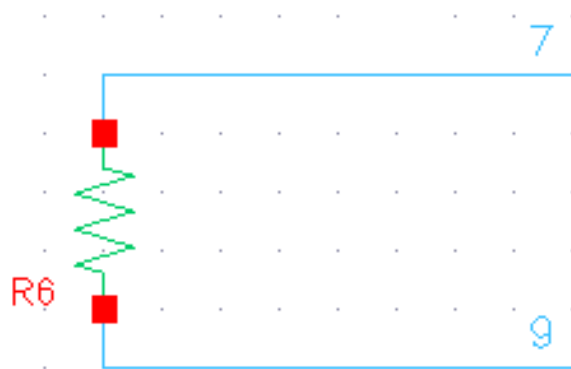


Рис. 2.1. Еквівалентна схема R_1

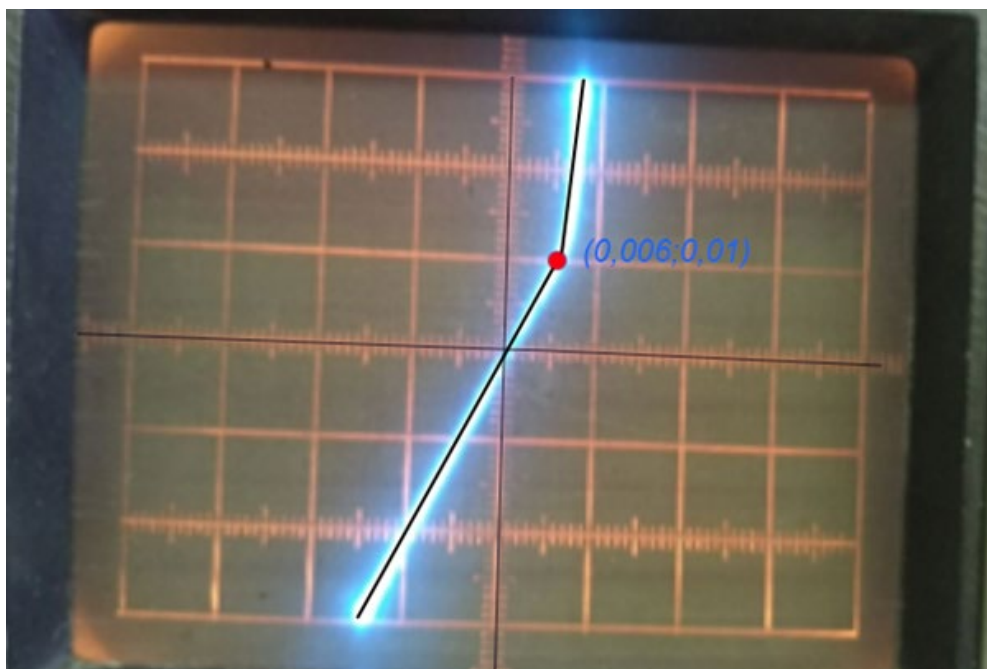


Рис. 2.2. R_1 ($\Delta X = 0,01$; $\Delta Y = 0,01$)

$$\Delta U = 0,006 \frac{\text{В}}{\text{см}}; \quad \Delta I = \frac{0,01}{50} = 0,0002 \frac{\text{А}}{\text{см}};$$

$$R_1 = \frac{\Delta U}{\Delta I} = 30 \text{ Ом};$$

При додатньому напрямку ВАХ, залежність має не лінійну складову, але еквівалентна схема складається з кола з одним послідовно під'єднаним резистором. Така поведінка може бути пояснена впливом паразитної ємності.

3.2. Дифузійний резистор R_2 (2-14)

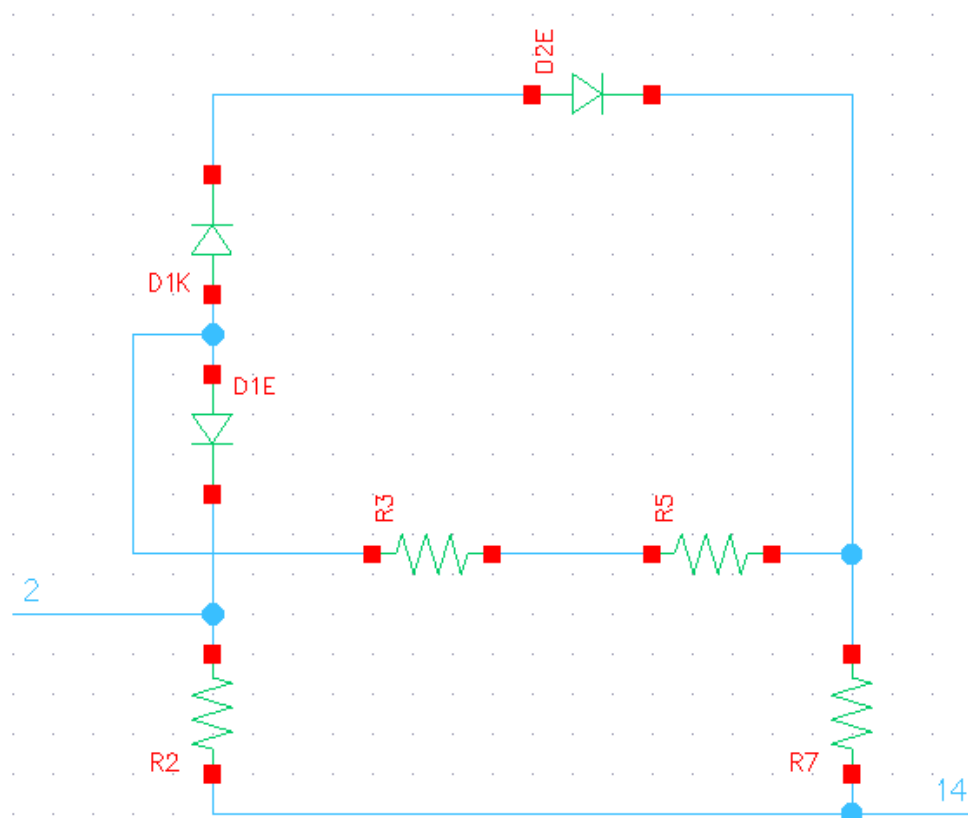


Рис. 3.1. Еквівалентна схема R_2

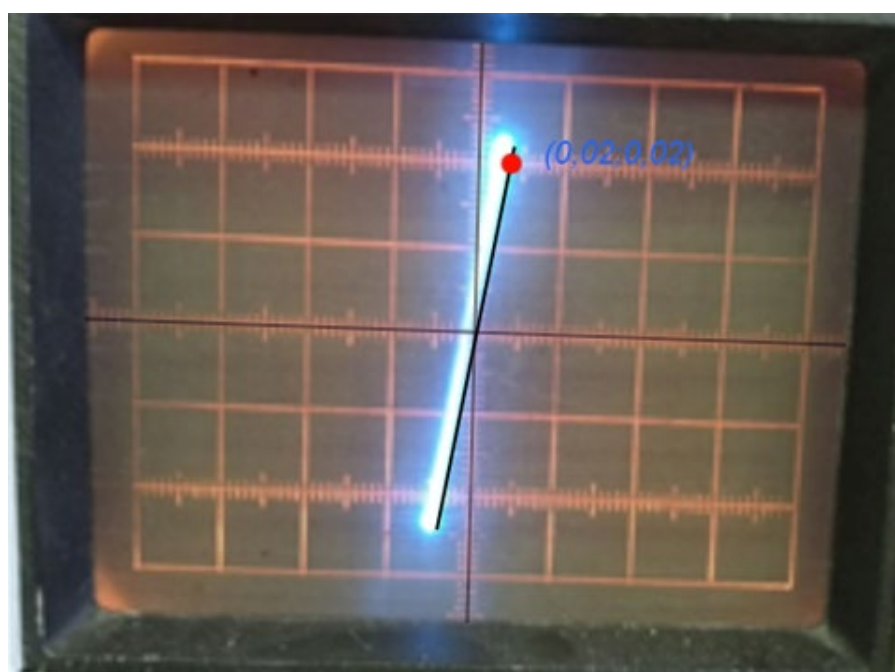


Рис. 3.2. R_2 ($\Delta X = 0,05$; $\Delta Y = 0,01$)

$$\Delta U = 0,02 \frac{\text{В}}{\text{см}}; \quad \Delta I = \frac{0,02}{50} = 0,0004 \frac{\text{А}}{\text{см}};$$

$$R_2 = \frac{\Delta U}{\Delta I} = 50 \text{ Ом};$$

Еквівалентна схема – дільник напруги. При додатньому і зворотньому напрямі усі резистори включені у схему.

3.3. Дифузійний резистор R_3 (14-5)

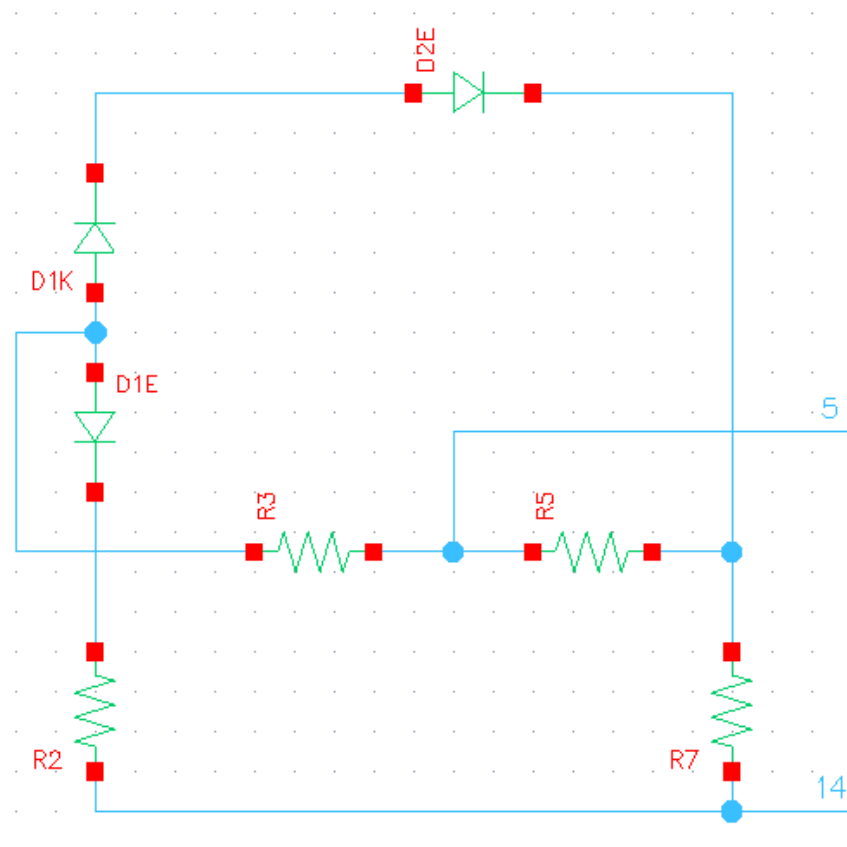


Рис. 4.1. Еквівалентна схема R_3

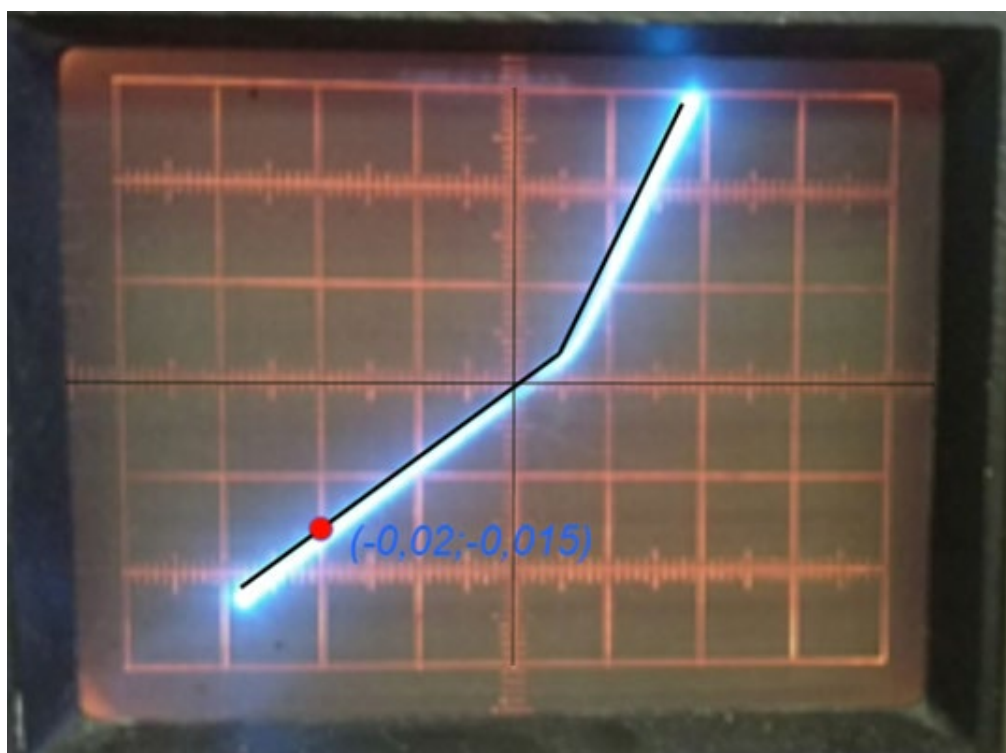


Рис. 4.2. R_3 ($\Delta X = 0,01$; $\Delta Y = 0,01$)

$$\Delta U = -0,02 \frac{\text{В}}{\text{см}}; \quad \Delta I = \frac{-0,015}{50} = -0,0003 \frac{\text{А}}{\text{см}};$$

$$R_3 = \frac{\Delta U}{\Delta I} = 66 \text{ Ом};$$

Відразу можемо сказати що в схемі R5 та R7 присутні завжди, незалежно від напрямку.

Рис. 4.2. немає необхідності віддзеркалити горизонтально та вертикально.

Як бачимо, на додатньому напрямку ВАХ є викривлення, воно пов'язане з тим, що при русі струму у напрямку 5-14 діод D1Е знаходиться у «відкритому» стані і включає в схему резистори R2 і R3. В цьому напрямі задіяні R2, R3, R5 та R7.

При напрямку 14-5 діод є «закритим» і виключає резистори R2 і R3. В цьому напрямі задіяні лише R5 та R7.

3.4. Дифузійний резистор R_4 (3-5)

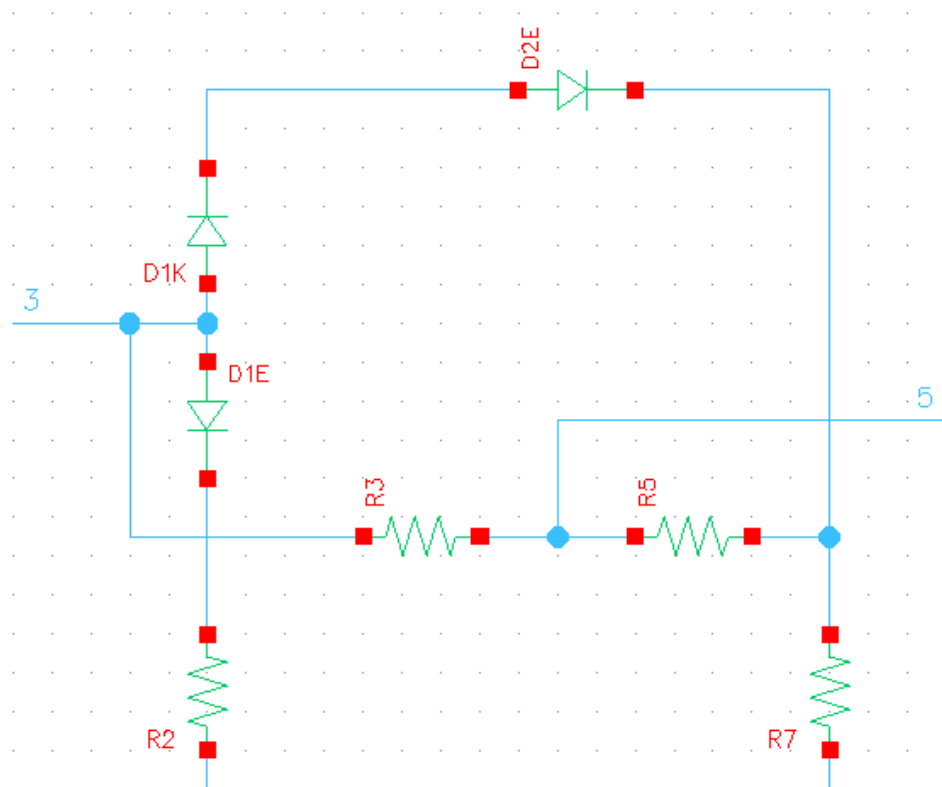


Рис. 5.1. Еквівалентна схема R_4

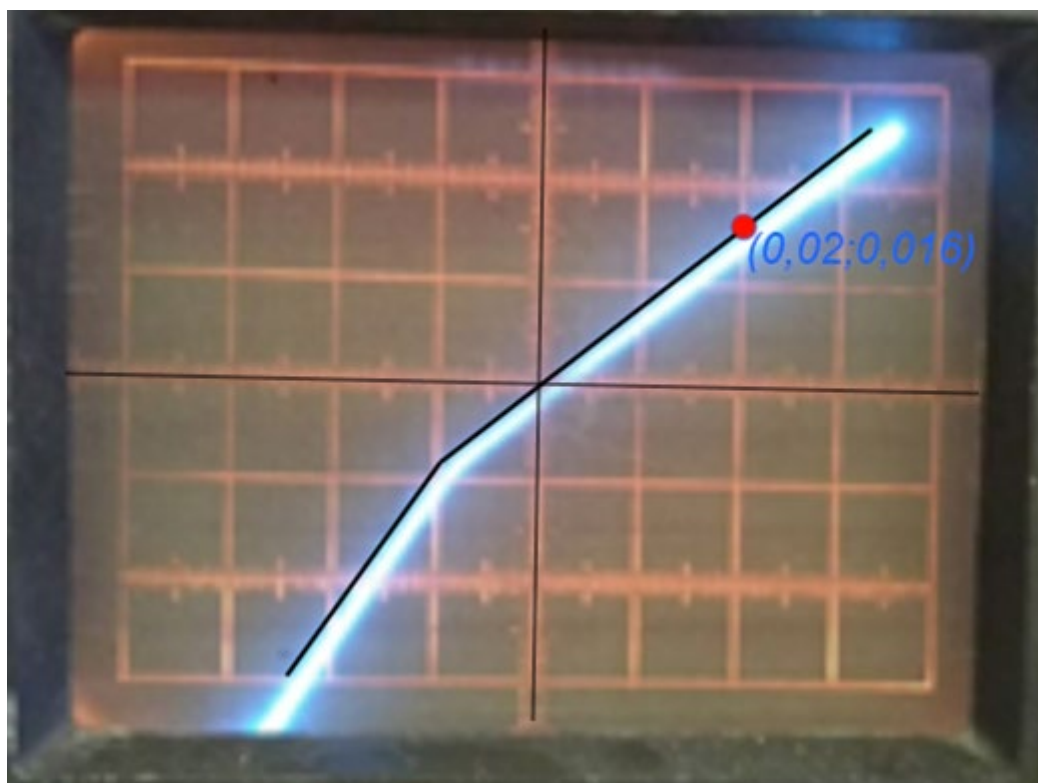


Рис. 5.2. R_4 ($\Delta X = 0,01$; $\Delta Y = 0,01$)

$$\Delta U = 0,02 \frac{\text{В}}{\text{см}}; \quad \Delta I = \frac{0,016}{50} = 0,00032 \frac{\text{А}}{\text{см}};$$

$$R_4 = \frac{\Delta U}{\Delta I} = 62 \text{ Ом};$$

Відразу можемо сказати що в схемі R3 присутній завжди, незалежно від напрямку.

Рис. 5.2. необхідно віддзеркалити горизонтально та вертикально, щоб отримати правильне викривлення (напрями помінялись місцями).

Як бачимо, на додатньому напрямку ВАХ є викривлення, воно пов'язане з тим, що при русі струму у напрямку 3-5 діод D1E знаходиться у «відкритому» стані і включає в схему резистори R2, R5 та R7. В цьому напрямі задіяні R2, R3, R5 та R7.

При напрямку 5-3 діод є «закритим» і виключає резистори R2, R5 та R7. В цьому напрямі задіяний лише R3.

3.5. Дифузійний резистор R_5 (5-12)

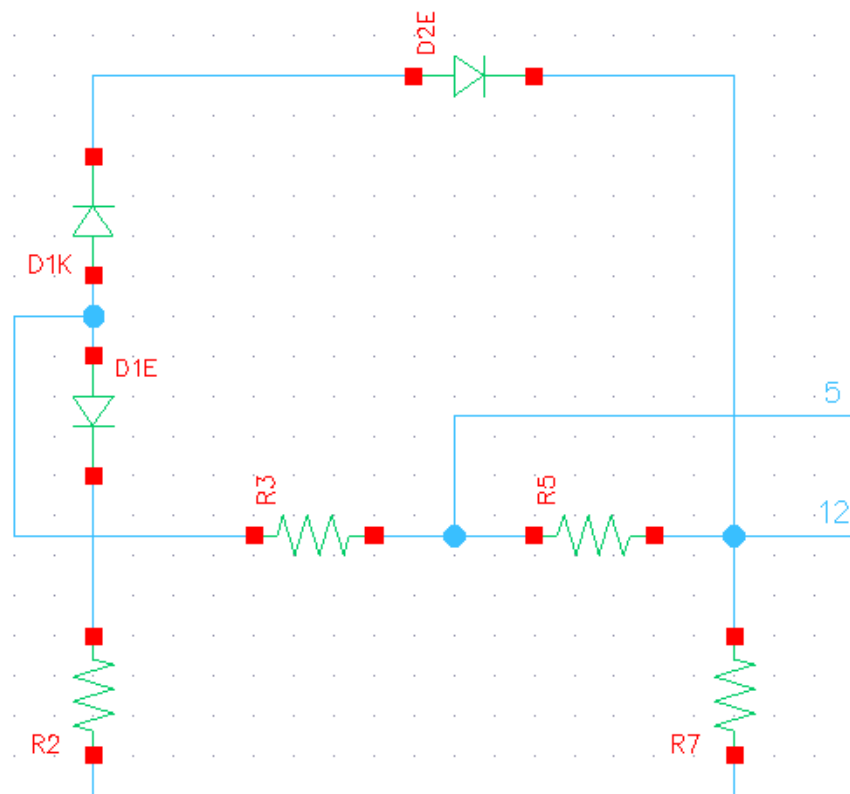


Рис. 6.1. Еквівалентна схема R_5

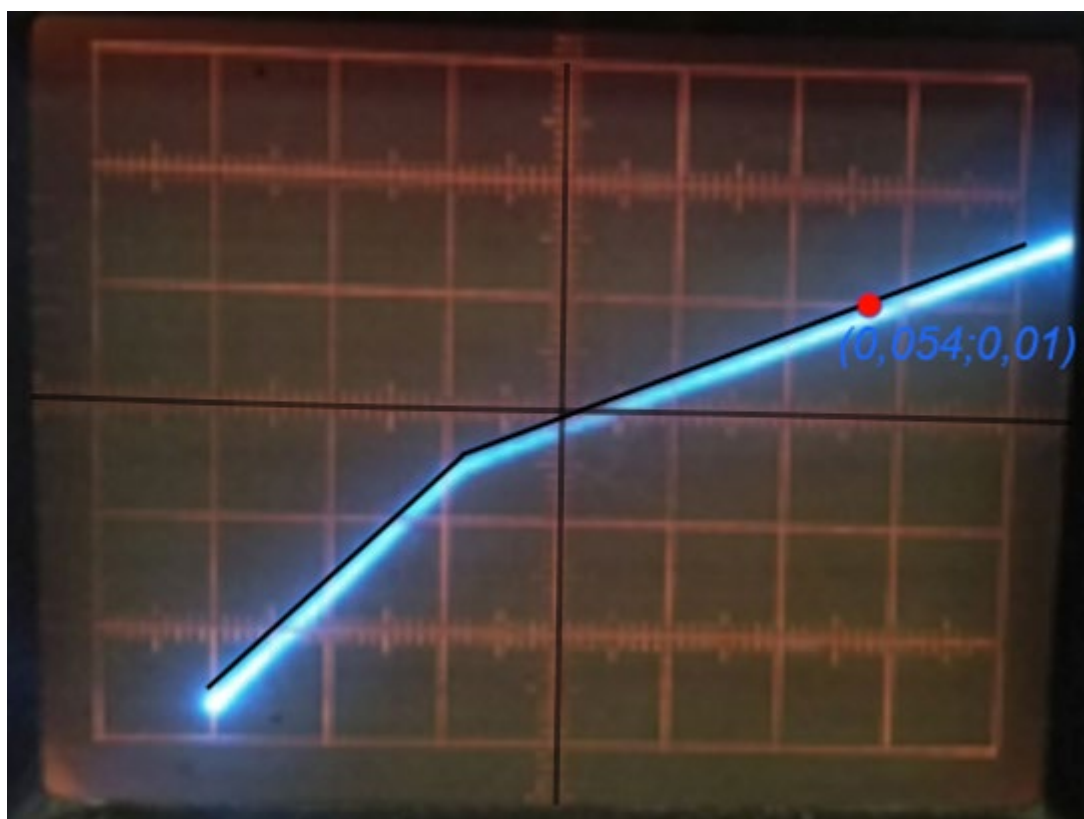


Рис. 6.2. R_5 ($\Delta X = 0,02$; $\Delta Y = 0,01$)

$$\Delta U = 0,054 \frac{\text{В}}{\text{см}}; \quad \Delta I = \frac{0,01}{50} = 0,0002 \frac{\text{А}}{\text{см}};$$

$$R_5 = \frac{\Delta U}{\Delta I} = 270 \text{ Ом};$$

Відразу можемо сказати що в схемі R5 присутній завжди, незалежно від напрямку.

Рис. 6.2. необхідно віддзеркалити горизонтально та вертикально, щоб отримати правильне викривлення (напрями помінялись місцями).

Як бачимо, на додатньому напрямку ВАХ є викривлення, воно пов'язане з тим, що при русі струму у напрямку 5-12 діод D1E знаходиться у «відкритому» стані і включає в схему резистори R2, R3 та R7. В цьому напрямі задіяні R2, R3, R5 та R7.

При напрямку 12-5 діод є «закритим» і виключає резистори R2, R3 та R7. В цьому напрямі задіяний лише R5.

3.6. Дифузійний резистор R_6 (12-14)

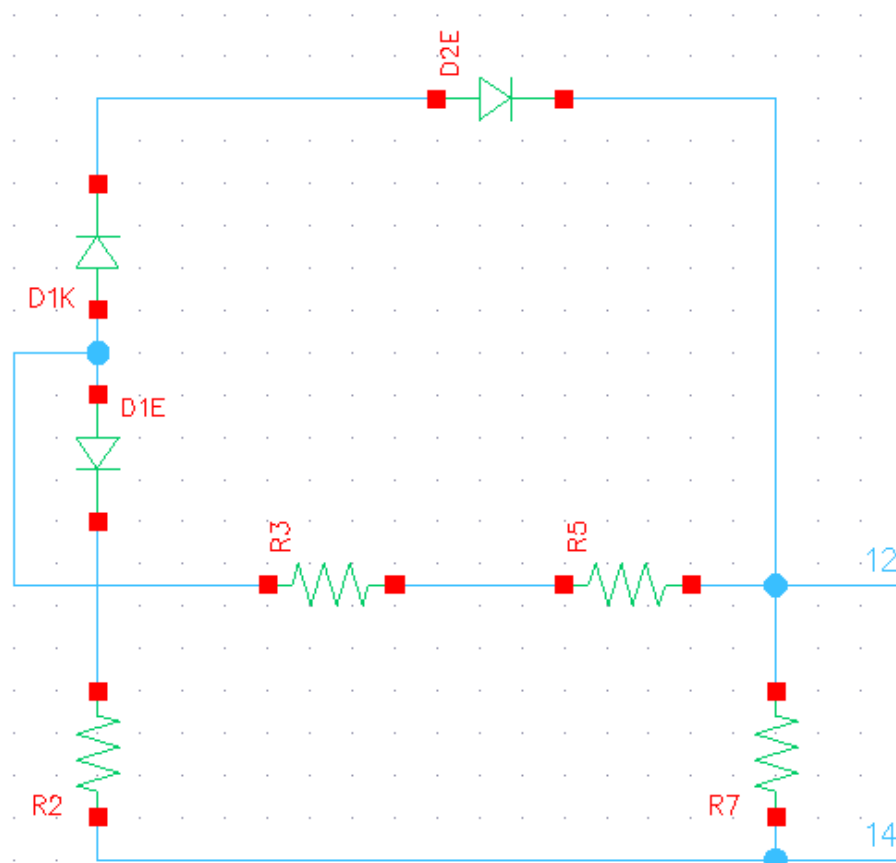


Рис. 7.1. Еквівалентна схема R_6

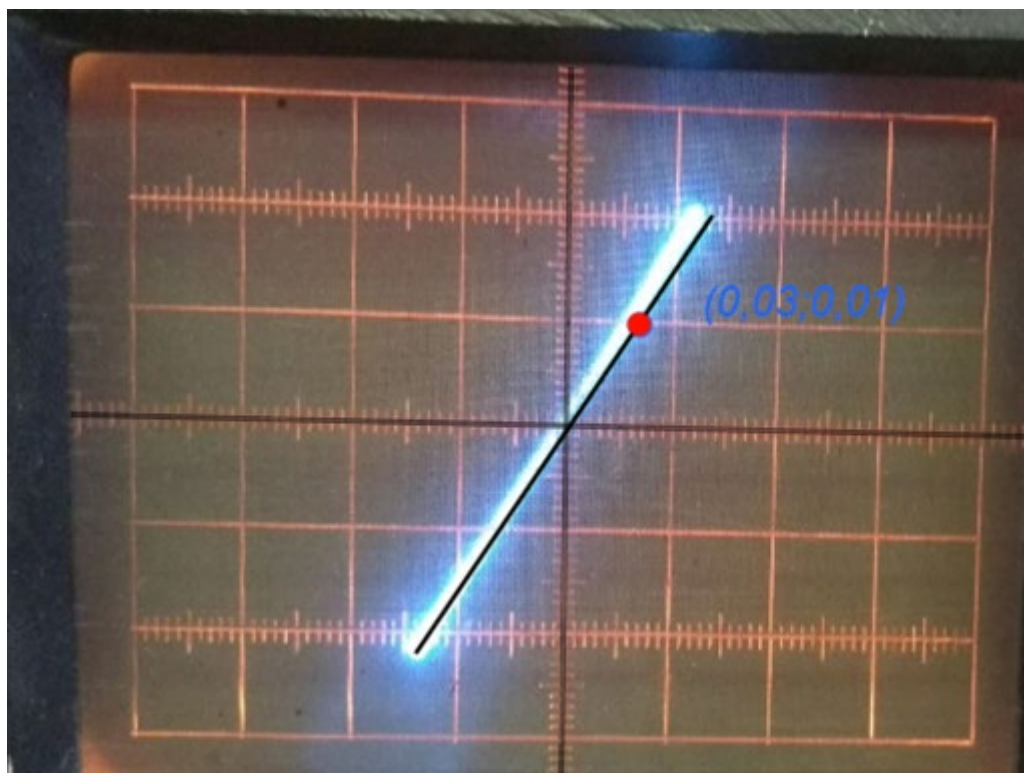


Рис. 7.2. R_6 ($\Delta X = 0,05$; $\Delta Y = 0,01$)

$$\Delta U = 0,003 \frac{\text{В}}{\text{см}}; \quad \Delta I = \frac{0,01}{50} = 0,0002 \frac{\text{А}}{\text{см}};$$

$$R_6 = \frac{\Delta U}{\Delta I} = 15 \text{ Ом};$$

Еквівалентна схема – дільник напруги. При додатньому і зворотньому напрямі усі резистори включені у схему.

4. ВИСНОВОК

У ході лабораторної роботи було досліджено зв'язки дифузійного резистора інтегральної мікросхеми. Було розглянуто розріз структур резистора, та його електричну схему, та отримано ВАХ 6 зв'язків.

Не всі ВАХ мають пряму лінійну залежність, що можна пояснити присутністю паразитної ємності та областей з різним рівнем легування. Також, можна сказати, що деякі зв'язки мають різне значення опору на додатньому та зворотному напрямках струму, це пов'язано насамперед з присутністю біполярних транзисторів в структурі, які еквівалентно замінюються схемою Ебберса-Молла.

	7 – 9	2 – 14	14 – 5	3 – 5	5 – 12	12 – 14
$R, \text{Ом}$	30	50	66	62	270	15

Аналізуючи номінали опорів, можна сказати, що дифузійний резистор виготовлений на основі емітерного переходу. Емітерна область містить найбільшу концентрацію домішок і має найменший питомий опір - як наслідок, емітерні дифузійні резистори – це резистори з малим опором.

Оскільки структура має бар'єрну ємність, дифузійний резистор є залежним від частоти. Методи позбавлення від паразитної ємності полягають в основному у оптимальному підборі напівпровідникових матеріалів та геометричної структури.