

УДК 0053.08 (002.21)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. ТАРАСА ГРИГОРОВИЧА ШЕВЧЕНКА  
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

# ЗВІТ

до лабораторної роботи №3:  
«Напівпровідникові діоди»

Месюра М. С.

Київ, 2021

## РЕФЕРАТ

Звіт до ЛР №2: 38 с., 24 рис., 4 джерела.

ОСЦИЛОГРАФ, ЧОТИРИПОЛЮСНИКИ, МОДЕЛЮВАННЯ, МЕТОД СПІВСТАВЛЕННЯ, МЕТОД ФІГУР ЛІСАЖУ, LTSPICE, RC-ФІЛЬТРИ

Об'єкт дослідження — пасивні лінійні чотириполіусники, перетворення сигналів при проходженні через такі чотириполіусники.

Мета роботи — дослідити зміну параметрів прямокутних імпульсів та гармонічних сигналів при проходженні через пасивні лінійні чотириполіусники, опанувати методи вимірювання амплітудно-частотних та фазо-частотних характеристик пасивних RC-фільтрів та їх перехідних характеристик.

Методи дослідження — в роботі використовуються:

- 1) метод співставлення, тобто одночасного спостереження вхідного та вихідного сигналів на екрані двоканального осцилографа із наступним вимірюванням і порівнянням їх параметрів;
- 2) метод фігур Лісажу, який полягає у спостереженні на екрані двоканального осцилографа замкнених кривих, які є результатом накладання двох коливань, що відбуваються у двох взаємно перпендикулярних напрямках (вхідний і вихідний сигнали подаються на пластини горизонтального та вертикального відхилення осцилографа відповідно).

Змодельовано фільтри нижніх, верхніх частот, смуговий, загороджувальний. Використано математичне моделювання. Оброблено отримані результати.

## ЗМІСТ

Частина 1. Теоретичні відомості.	с.
I. Основні означення.....	4
II. Принцип роботи р-n-переходу.....	5
Частина 2. Виконання роботи.	
0. Підготовка загальної схеми	
1. Налаштування джерела напруги.....	6
2. Схема.....	7
I. Випрямлювальний діод.	
1 Напруга.....	10
2. ВАХ.....	11
II. Стабілітрон.	
1. Напруга.....	14
2. ВАХ.....	15
III. Світлодіод.	
1. Напруга.....	17
2. ВАХ.....	18
Висновки.....	25
Джерела.....	38

## Частина 1. Теоретичні відомості.

### I. Основні означення.

**Напівпровідниковий діод** — це напівпровідниковий прилад з одним р-п-переходом і двома виводами.

**р-п-перехід** — перехідний шар, що утворюється на межі двох областей напівпровідника, одна з яких має провідність n-типу, а інша — провідність р-типу.

**Вольт-амперна характеристика (ВАХ) діода** — це залежність сили струму  $I_D$  через р-п-перехід діода від величини і полярності прикладеної до діода напруги  $U_D$ .

**Характериограф** — електронно-променевий прилад, на екрані якого можна спостерігати графіки функцій будь-яких фізичних величин, що можуть бути перетворені у пропорційні їм напруги, наприклад, графіки залежності сили струму  $I_D$  від напруги  $U_D$ .

## II. Принцип роботи р-п-переходу.

Процеси, які відбуваються в області р-п-переходу, є досить складними, проте основні його властивості можна зрозуміти, розглянувши наступну спрощену модель.

Розглянемо роботу р-п-переходу, утвореного на межі поділу двох середовищ, які являють собою один і той же напівпровідник, в одну з частин якого введені донорні домішки і яка відповідно має провідність n-типу (тобто перше середовище – це матеріал n-типу), а в іншу введені акцепторні домішки і яка має провідність р-типу (друге середовище – матеріал р-типу). Концентрація вільних електронів в матеріалі n-типу набагато більша, ніж концентрація вільних дірок. Тому електрони в матеріалі n-типу називають основними носіями заряду, а дірки – неосновними носіями заряду. В матеріалі р-типу – навпаки: дірки є основними носіями заряду, а електрони – неосновними. Якщо матеріал n-типу привести в контакт з матеріалом р-типу, то почнеться процес дифузії електронів з матеріалу n-типу (де їх концентрація велика) в матеріал р-типу (де їх концентрація мала). Аналогічно, дірки будуть дифундувати з матеріалу р-типу (де їх концентрація велика) в матеріал n-типу (де їх концентрація мала). Зрозуміло, що при двох вищезгаданих процесах матеріал n-типу буде втрачати негативний заряд і набувати позитивного заряду, а матеріал р-типу, навпаки, буде втрачати позитивний заряд і набувати негативного заряду. В результаті в області контакту буде виникати електричне поле, яке буде протидіяти подальшому переходу електронів в р-область та дірок в n-область, і між матеріалом n-типу і матеріалом р-типу виникатиме різниця потенціалів. Ця різниця потенціалів називається **контактною різницею потенціалів  $\varphi_K$** , а вищезгадане електричне поле – полем р-п-переходу  $E_{p-n}$ .

Розглянемо поведінку носіїв заряду після виникнення контактної різниці потенціалів в області р-п-переходу. Для того щоб основні носії заряду (наприклад, електрони з n-області) могли пройти через область контакту, вони повинні подолати потенціальний поріг, зумовлений цією контактною різницею потенціалів. Зрозуміло, що зробити це буде тим важче, чим більшою буде висота порогу. В той же час, неосновні носії (наприклад, дірки з р-області), які опиняються поблизу р-п-переходу, "звалюються" з потенціального порогу в область з іншим типом провідності незалежно від висоти цього порогу! Таким чином, струм, зумовлений переходом через р-п-перехід неосновних носіїв (так званий **струм неосновних носіїв  $I_0$** ), не залежить від висоти потенціального порогу.

Процес зростання висоти порогу під час дифузії носіїв через р-п-перехід припиниться, коли буде досягнута динамічна рівновага між кількістю переходів через р-п-перехід основних і неосновних носіїв заряду одного й того ж самого знаку (наприклад, електронів), тобто коли **струм основних носіїв заряду  $I_{осн}$**  через р-п-перехід зрівняється зі струмом неосновних носіїв  $I_0$ , який протікає у протилежному напрямку.

## Частина 2. Виконання роботи.

### 0. Підготовка загальної схеми.

#### 1. Налаштування джерела напруги.

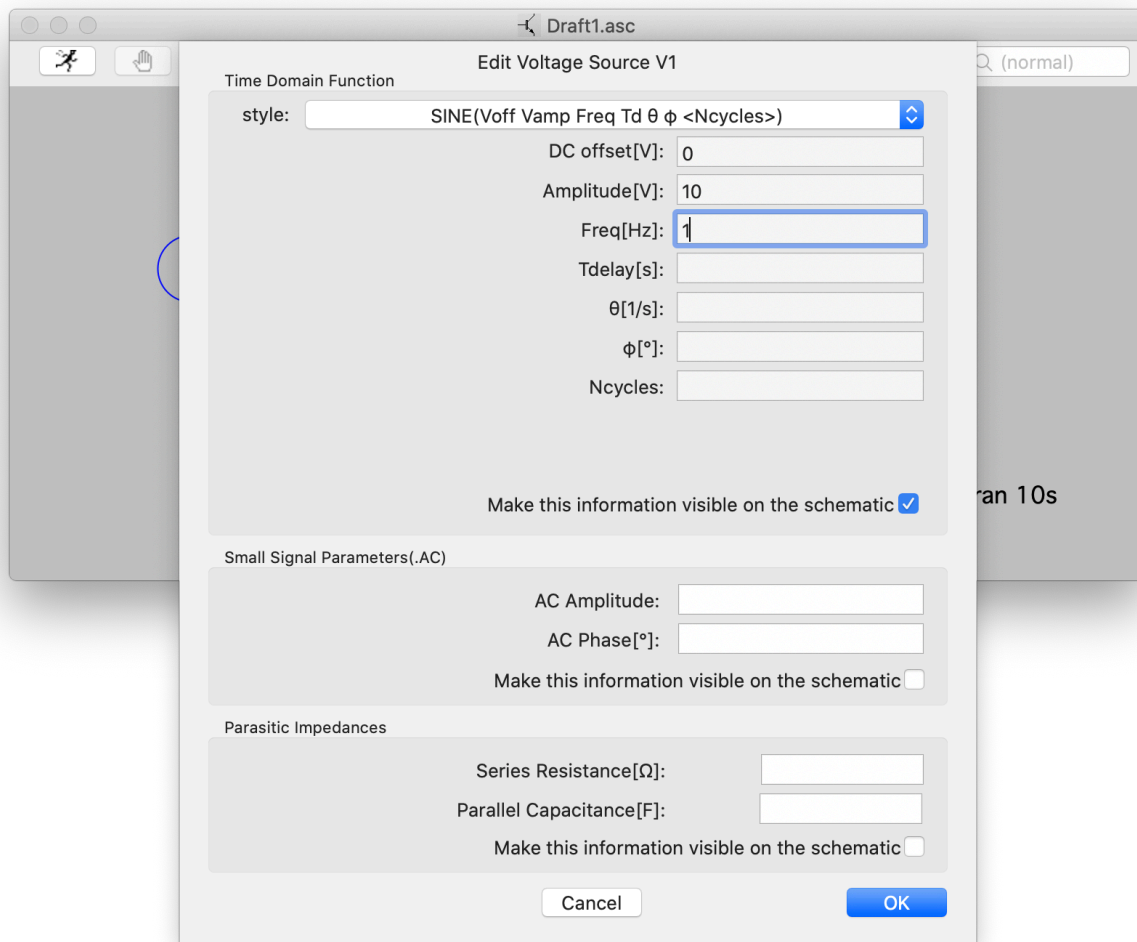


Рис. 1. Параметри джерела напруги

## 2. Схема.

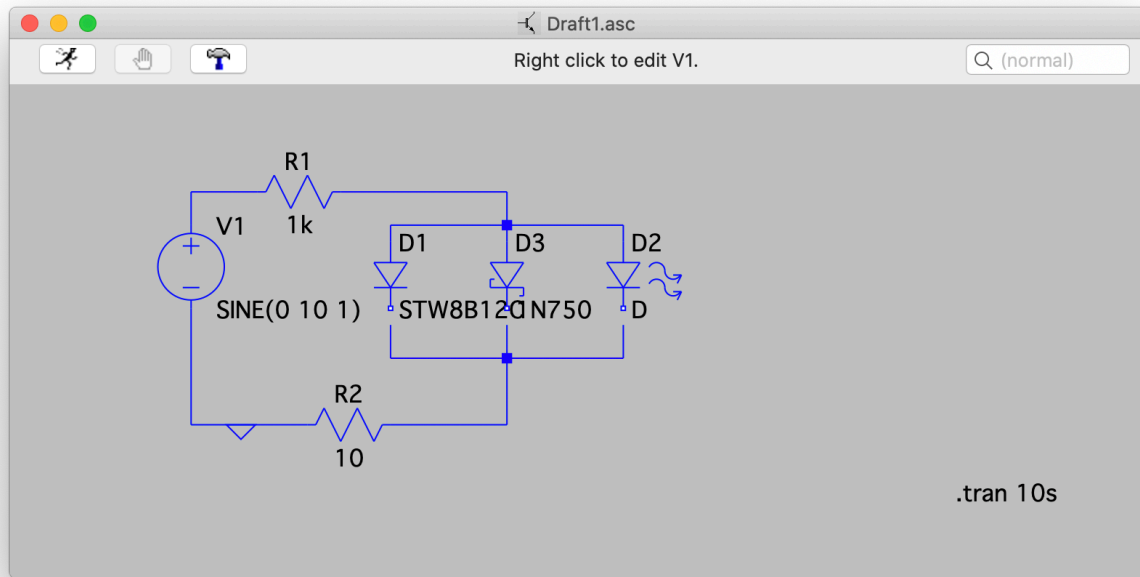


Рис. 2. Загальна схема  
(усі ключі розімкнено)

I. Випрямлювальний діод.

1. Напруга.

Замкнемо перший ключ.

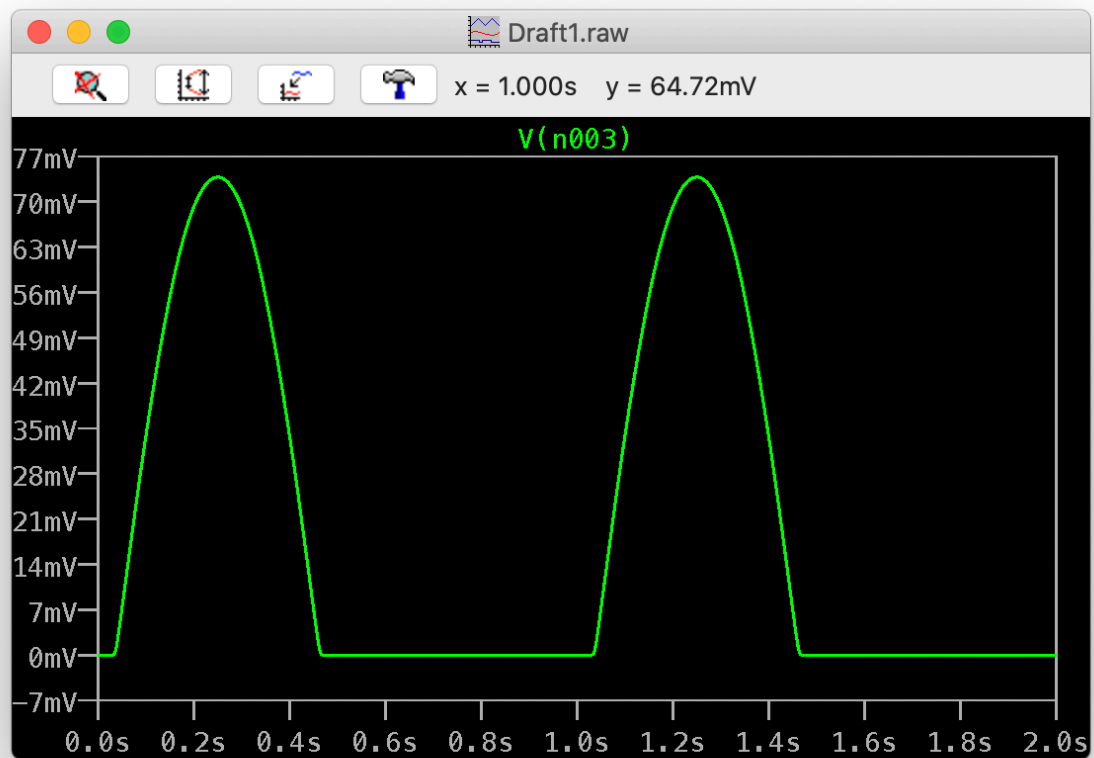


Рис. 3. Напруга на діоді



## 2. BAX.

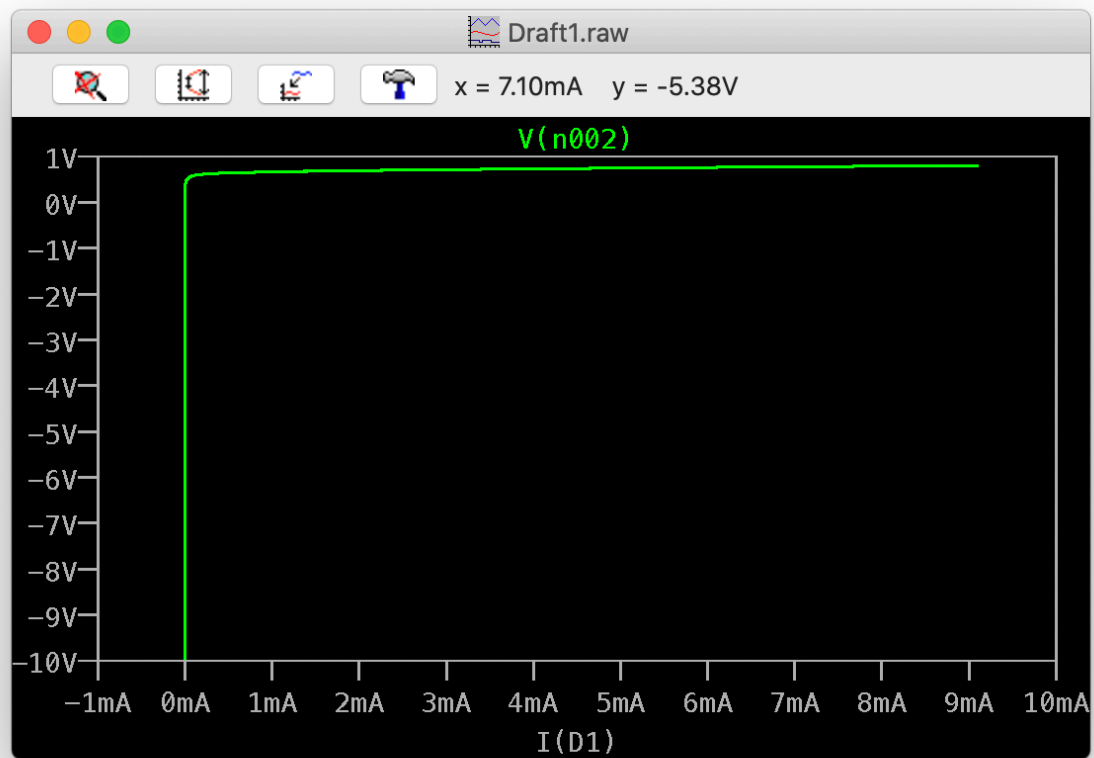


Рис. 4. BAX діода

## II. Стабілітрон.

### 1. Напруга.

Замкнемо другий ключ.

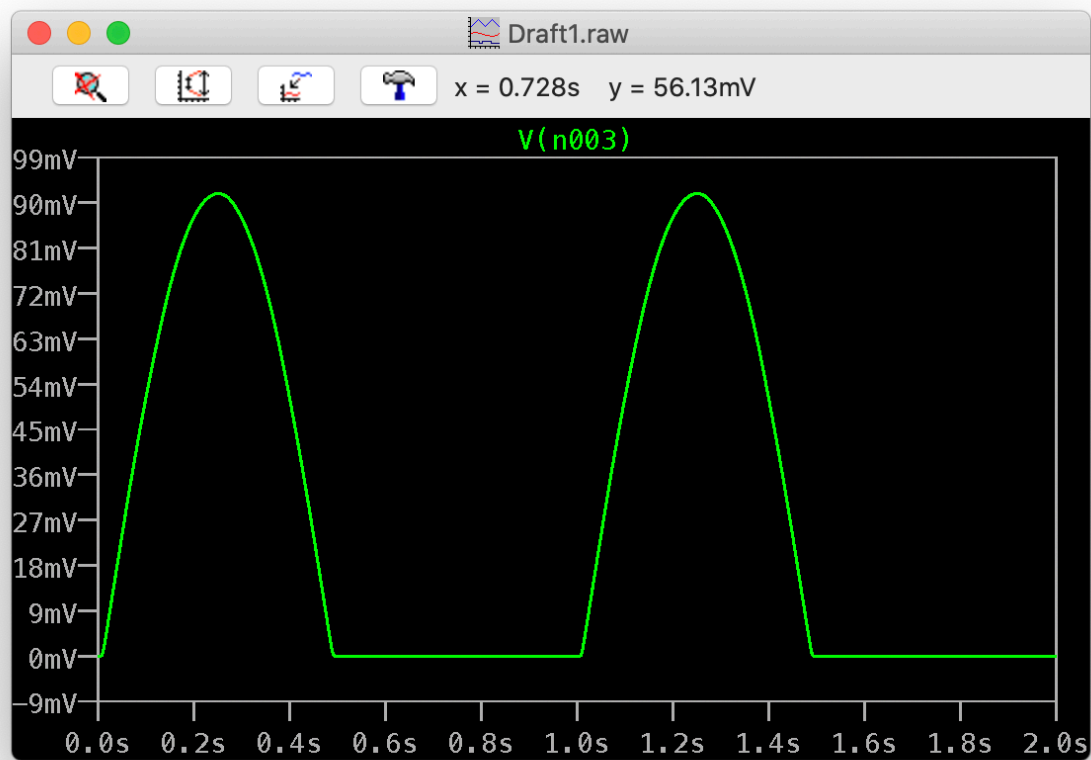


Рис. 5. Напруга на діоді

## 2. BAX.

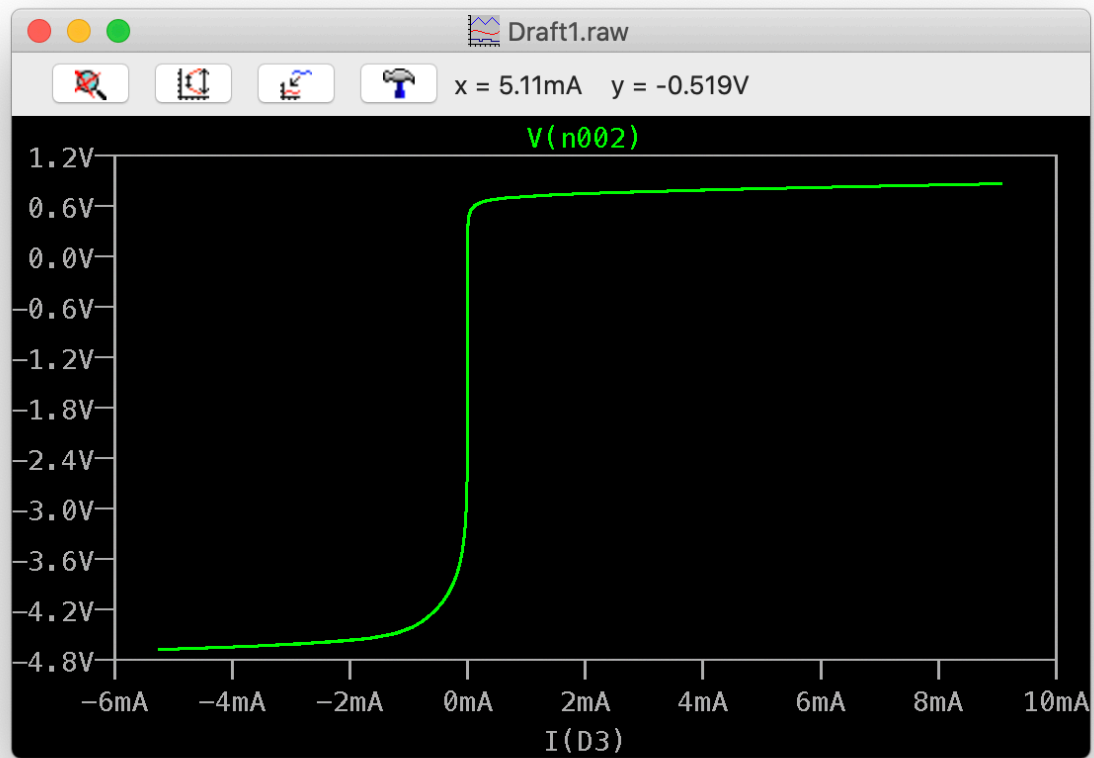


Рис. 6. BAX діода

### III. Світлодіод.

#### 1. Напруга.

Замкнемо третій ключ.



Рис. 7. Напруга на діоді

## 2. BAX.

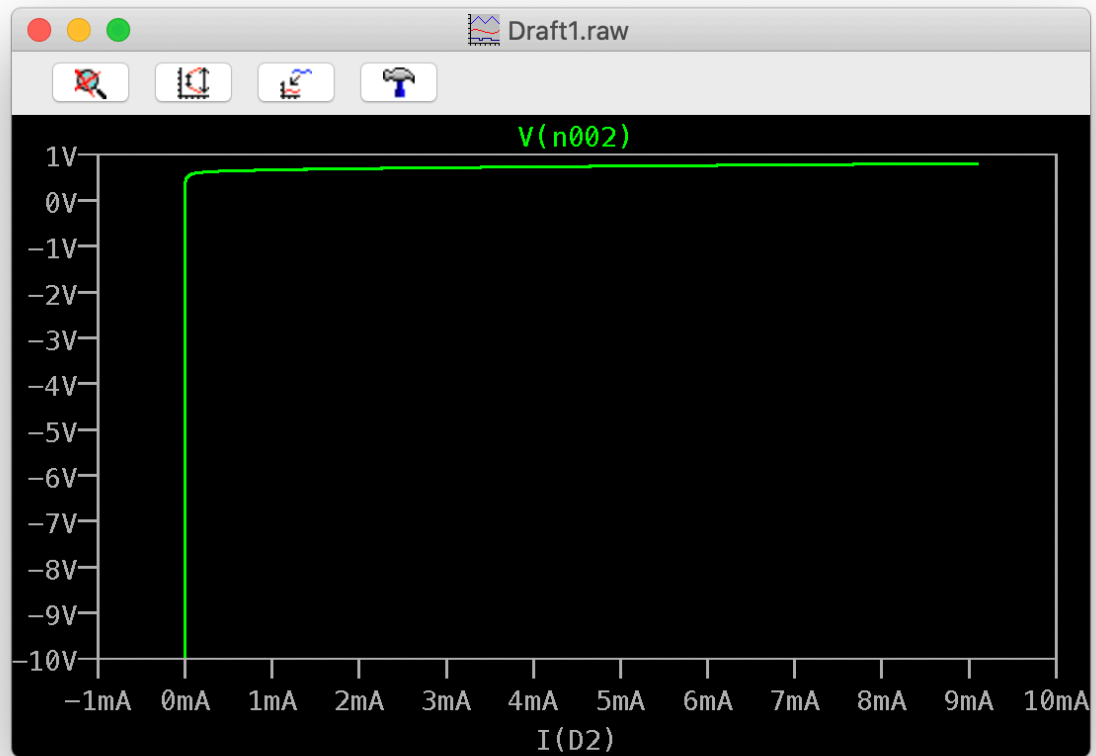


Рис. 8. BAX діода

**Висновок:** за допомогою даної лабораторної роботи вдалось дослідити ВАХ діодів. При дослідження використовувалось спільна схема і три типи напівпровідникових діодів: випрямлювальний, стабілізатор та світлодіод. Їхнє почергове підключення регулювалось замкненням відповідного ключа.

Усі покази отримано за допомогою комп'ютерного моделювання у програмі LTspice ® та за допомогою її вбудованих можливостей Waveform Data.

### Використані джерела:

Методичні вказівки до практикуму «Основи радіоелектроніки» для студентів фізичного факультету / Упоряд. О.В.Слободянюк, Ю.О.Мягченко, В.М.Кравченко.- К.: Поліграфічний центр «Принт лайн», 2007.- 120 с.

Ю.О. Мягченко, Ю.М. Дулич, А.В.Хачатрян "Вивчення радіоелектронних схем методом комп'ютерного моделювання" : Методичне видання. – К.: 2006.- с.