

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Дисциплина электроника

Лабораторный практикум №1

**по теме: «Исследование характеристик и параметров полупроводниковых
диодов»**

Работу выполнил:

студент группы ИУ7-33

Паламарчук А. Н.

Работу проверил:

Оглоблин Д. И.

Москва, 2023 г.

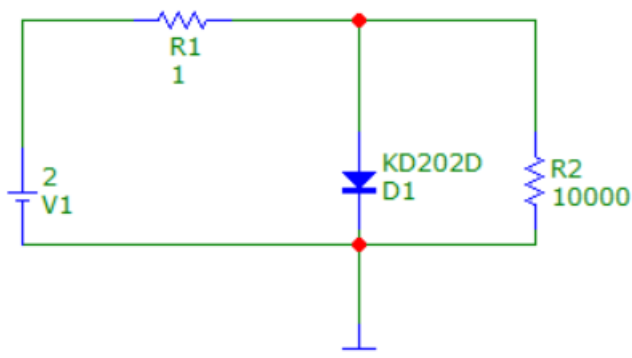
Цель работы - проведение экспериментальных исследований (натурных и модельных в программах схемотехнического анализа MathCad 15 и Micro-Cap 12) полупроводникового диода с целью получения исходных данных для расчёта параметров модели полупроводникового диода и внесение модели в базу данных программ схемотехнического анализа.

Часть 1

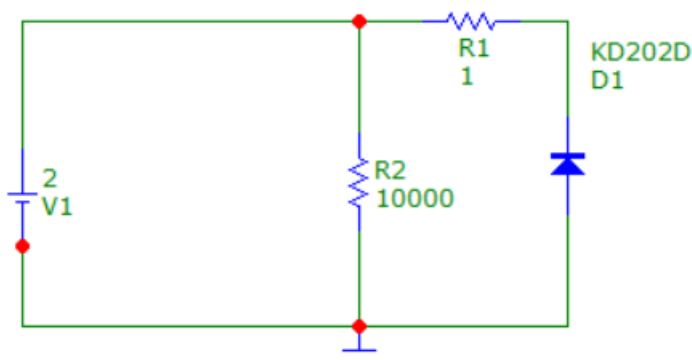
Пункт № 1

Для заданного диода марки KD202D, соответствующий моему варианту, проведем моделирование лабораторного стенда для получения ВАХ диода в программе Micro-Cap 12 как на прямой, так и на обратной ветвях по показанным ниже схемам:

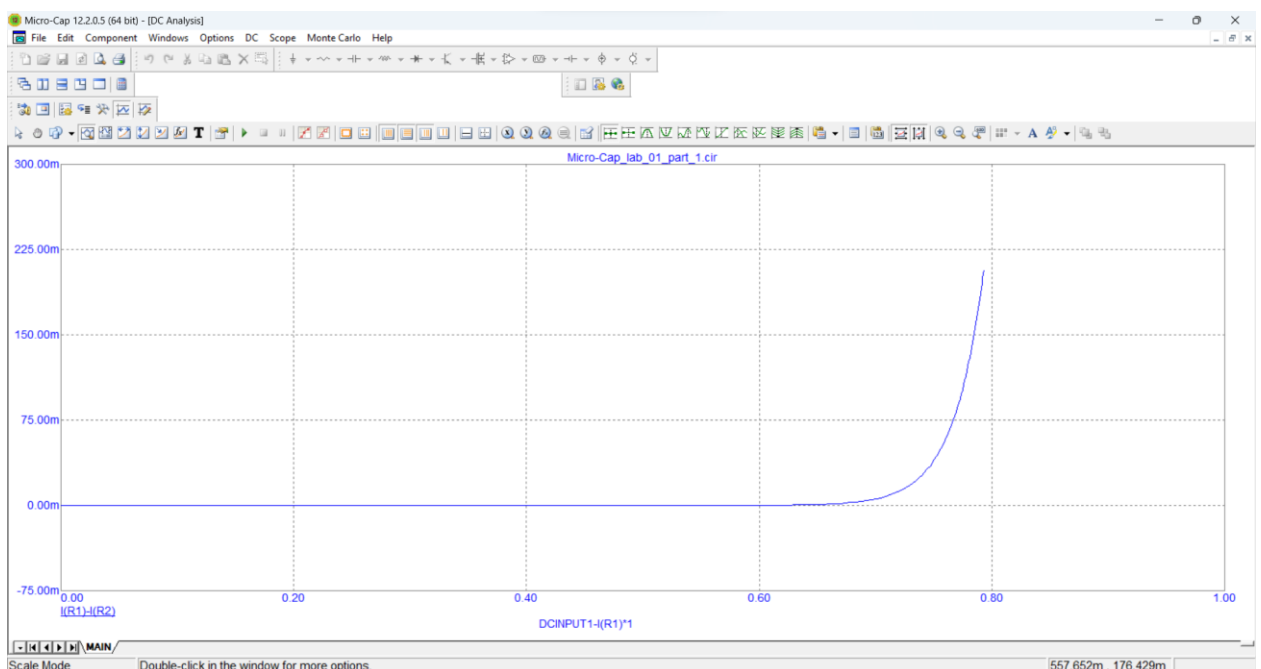
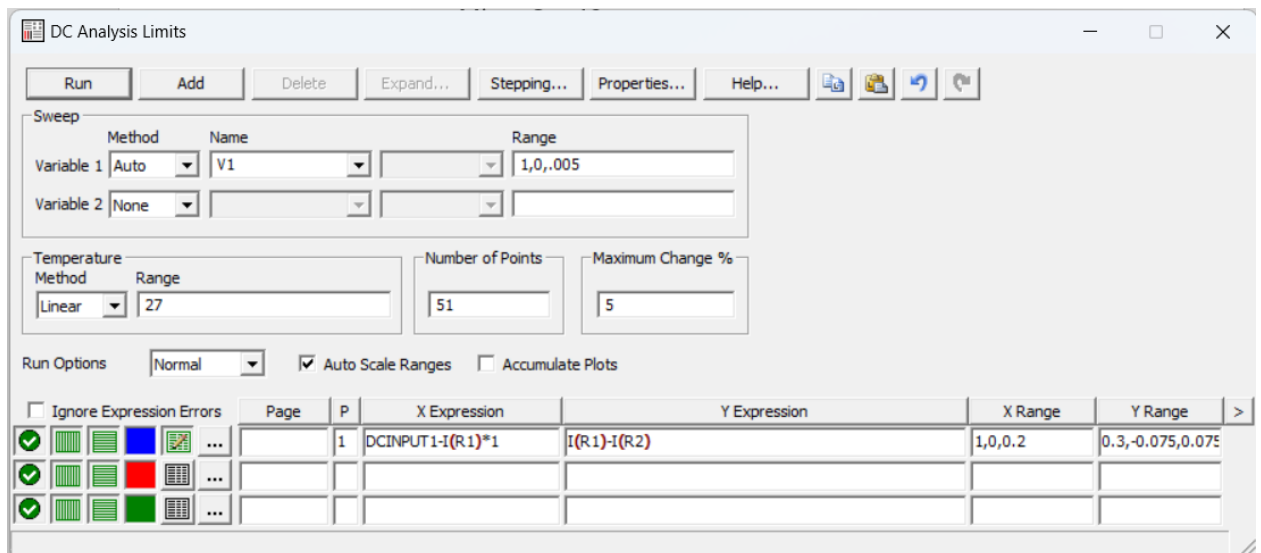
- Схема для снятия ВАХ с прямой ветви

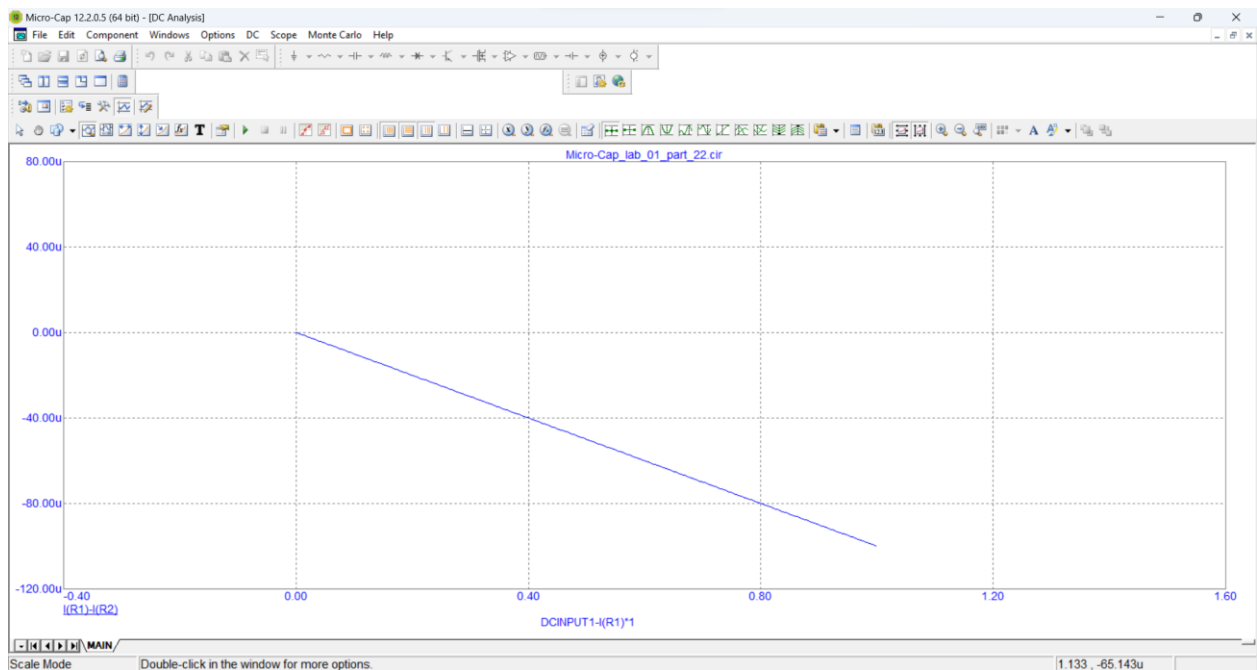


- Схема для снятия ВАХ с обратной ветви



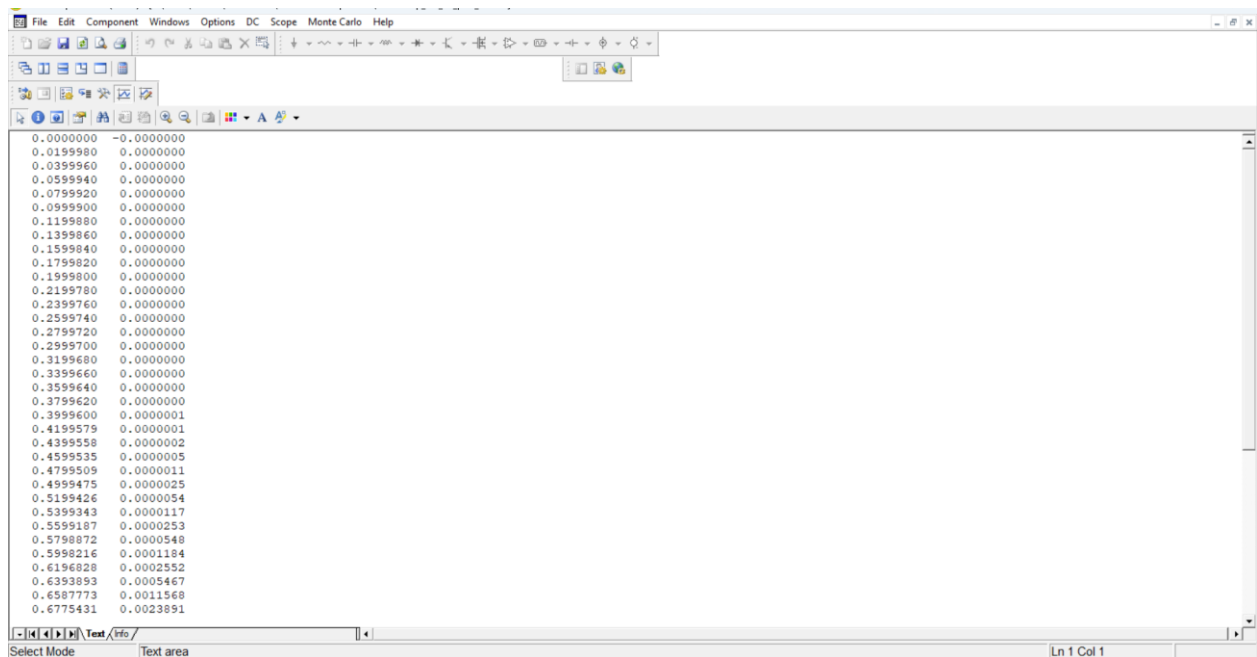
Данный выбор схем объясняется следующими соображениями. Несмотря на то, что идеальных измерительных приборов не существует, всё-таки амперметр должен обладать относительно малым сопротивлением, а вольтметр, наоборот, довольно значительным. При прямом включении диод имеет малое сопротивление, и, если параллельно к нему подключить вольтметр, то потери в токе будут не значительны, т.к. сопротивление вольтметра во много раз превышает сопротивление диода при прямом включении. При обратном включении такая схема не прокатит, т.к. сопротивления диода и вольтметра станут соизмеримы, и потери в токе окажутся весомыми. Поэтому следует точно измерить ток на ветви диода, вставив в нее амперметр, потерями напряжения можно пренебречь, т.к. падение напряжения на диоде при обратном включении будет гораздо больше потерь на амперметре. Проиллюстрируем сказанное графиками, построенным в Micro-Cap 12 по схемам, приведенным выше.





Пункт №2

Полученные данные ВАХ сохраняю в виде текстового файла в формате, пригодном для передачи данных в программу MCAD и строю график:



Для анализа нашей ВАХ и нахождения физических параметров диода воспользуемся программой MathCAD.

VAX := READPRN("C:\Users\Natalie\Downloads\circuit2.DNO")

VAX =

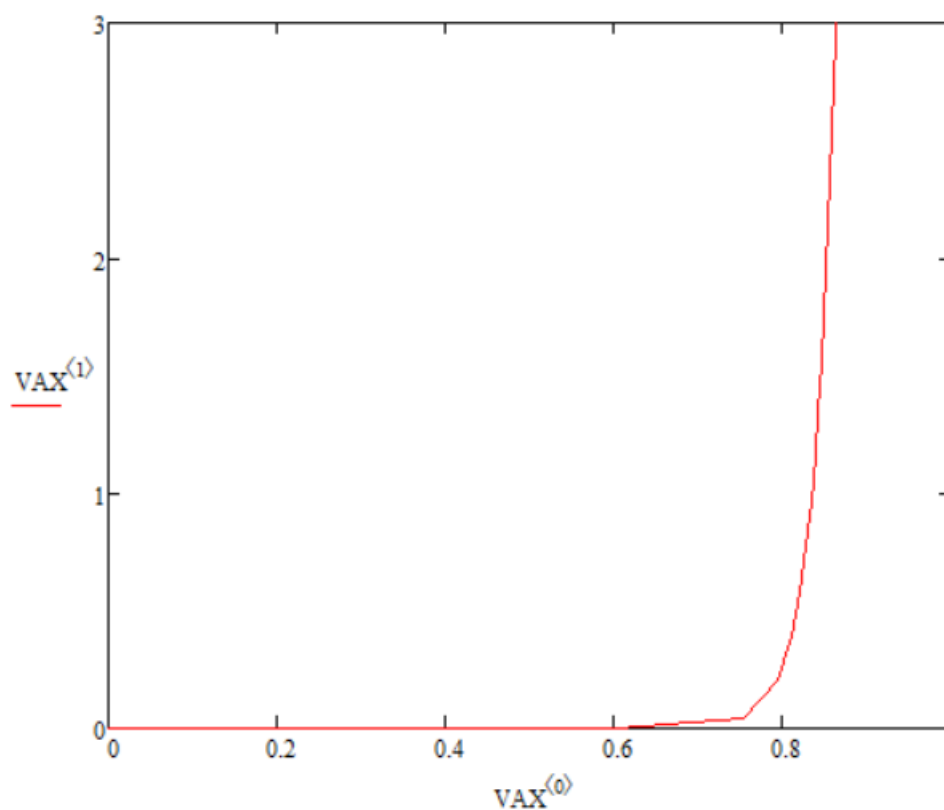
	0	1
0	0	0
1	0.2	0
2	0.4	$1 \cdot 10^{-7}$
3	0.6	$1.184 \cdot 10^{-4}$
4	0.754	0.046
5	0.793	0.207
6	0.809	0.39
7	0.82	0.58
8	0.827	0.773
9	0.833	0.967
10	0.838	1.162
11	0.842	1.358
12	0.845	1.555
13	0.848	1.752
14	0.851	1.949
15	0.854	...

VAX⁽⁰⁾ =

	0
0	0
1	0.2
2	0.4
3	0.6
4	0.754
5	0.793
6	0.809
7	0.82
8	0.827
9	0.833
10	0.838
11	0.842
12	0.845
13	0.848
14	0.851
15	...

VAX⁽¹⁾ =

	0
0	0
1	0
2	$1 \cdot 10^{-7}$
3	$1.184 \cdot 10^{-4}$
4	0.046
5	0.207
6	0.39
7	0.58
8	0.773
9	0.967
10	1.162
11	1.358
12	1.555
13	1.752
14	1.949
15	...



Пункт №3

Находим параметры диода в MCAD. Следуя инструкции из методички

$$Ud1 := 0.75404 \quad Id1 := 0.045881$$

$$Ud2 := 0.79301 \quad Id2 := 0.20691$$

$$Ud3 := 0.8329 \quad Id3 := 0.96702$$

$$Rb := \frac{(Ud1 - 2 \cdot Ud2 + Ud3)}{Id1} \quad Rb = 0.02$$

$$NFt := \frac{(3Ud2 - 2Ud1) - Ud3}{\ln(2)} \quad NFt = 0.055$$

$$Io := Id1 \cdot \exp\left[\frac{(Ud3 - 2 \cdot Ud2)}{NFt}\right] \quad Io = 5.051 \times 10^{-8}$$

Given

$$x := 0$$

$$Rb := 1$$

$$Is0 := 0.0000001$$

$$m := 2$$

$$Ft := 0.02$$

$$F(x) := x \cdot Rb + \ln\left[\frac{(Is0 + 0.001)}{Is0}\right] \cdot m \cdot Ft$$

$$F(x) = 0.368$$

$$0.75404 = 0.045881Rb + \ln\left[\frac{(Is0 + 0.045881)}{Is0}\right] \cdot m \cdot Ft$$

$$0.79301 = 0.20691 \cdot Rb + \ln\left[\frac{(Is0 + 0.20691)}{Is0}\right] \cdot m \cdot Ft$$

$$0.81968 = 0.58023Rb + \ln\left[\frac{(Is0 + 0.58023)}{Is0}\right] \cdot m \cdot Ft$$

$$0.8329 = 0.96702Rb + \ln\left[\frac{(Is0 + 0.96702)}{Is0}\right] \cdot m \cdot Ft$$

$$\text{Diod_P} := \text{Minerr}(\text{Is0}, \text{Rb}, \text{m}, \text{Ft})$$

$$\text{Diod_P} = \begin{pmatrix} 1.007 \times 10^{-14} \\ 1.912 \times 10^{-6} \\ 1.603 \\ 0.016 \end{pmatrix}$$

$$\text{Diod_P}_0 = 1.007 \times 10^{-14}$$

$$\text{Diod_P}_1 = 1.912 \times 10^{-6}$$

$$\text{Diod_P}_2 = 1.603$$

$$\text{Diod_P}_3 = 0.016$$

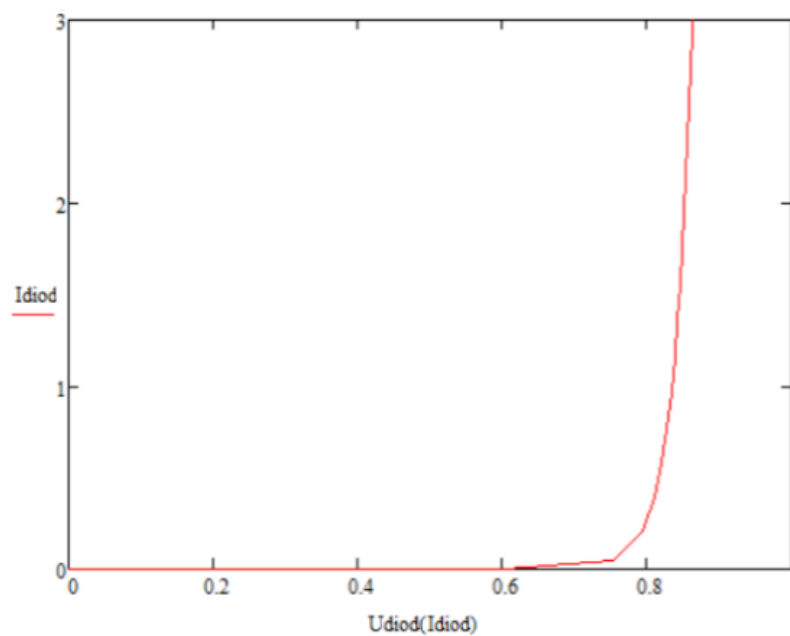
$$\text{Id} := 10^{-3}$$

$$\text{F}(\text{Id}) := \text{Id} \cdot \text{Diod_P}_1 + \ln \left[\frac{(\text{Diod_P}_0 + \text{Id})}{\text{Diod_P}_0} \right] \cdot (\text{Diod_P}_2 \cdot \text{Diod_P}_3)$$

$$\text{F}(\text{Id}) = 0.655$$

$$\text{Idiod} := 0, 10^{-5} \dots 3$$

$$\text{Udiod}(\text{Idiod}) := \text{Idiod} \cdot \text{Rb} + \text{NFt} \cdot \ln \left[\frac{(\text{Idiod} + \text{Is0})}{\text{Is0}} \right]$$



$$(VAX^{(0)})_{45} = 0.888$$

$$Iproverka := (VAX^{(1)})_{45}$$

$$(VAX^{(1)})_{45} = 8.112$$

$$Udiod(Iproverka) = 8.987$$

$$Idiod := VAX^{(1)}$$

