

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Дисциплина электроника

Лабораторный практикум №1

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

Работу выполнил:

студент группы ИУ7-33Б

Артемьев И.О.

Работу проверил:

Оглоблин Д.И.

Москва, 2020 г.

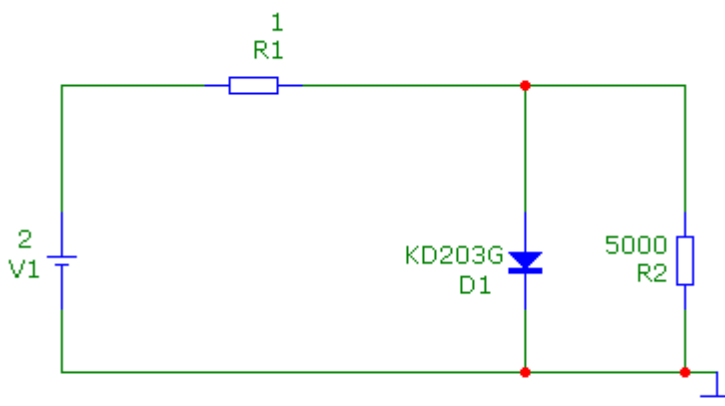
Цель работы - проведение экспериментальных исследований (натурных и модельных в программах схемотехнического анализа MathCad 14 и Micro-Cap 10) полупроводникового диода с целью получения исходных данных для расчёта параметров модели полупроводникового диода и внесение модели в базу данных программ схемотехнического анализа.

Часть 1

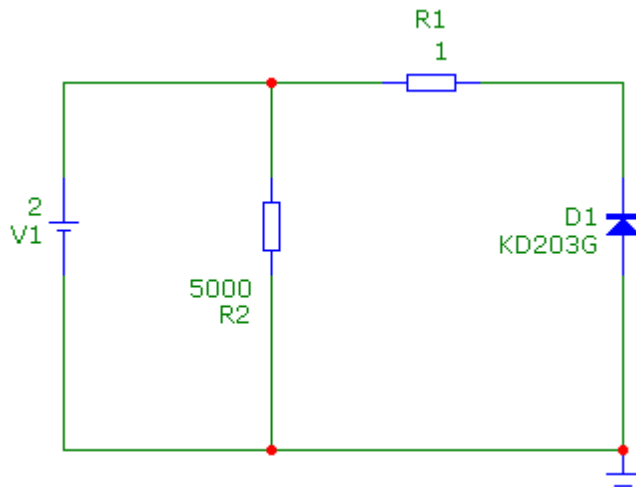
Пункт № 1

Для заданного диода марки KD203G, соответствующий моему варианту, проведем моделирование лабораторного стенда для получения ВАХ диода в программе Micro-Cap 10 как на прямой, так и на обратной ветвях по показанным ниже схемам:

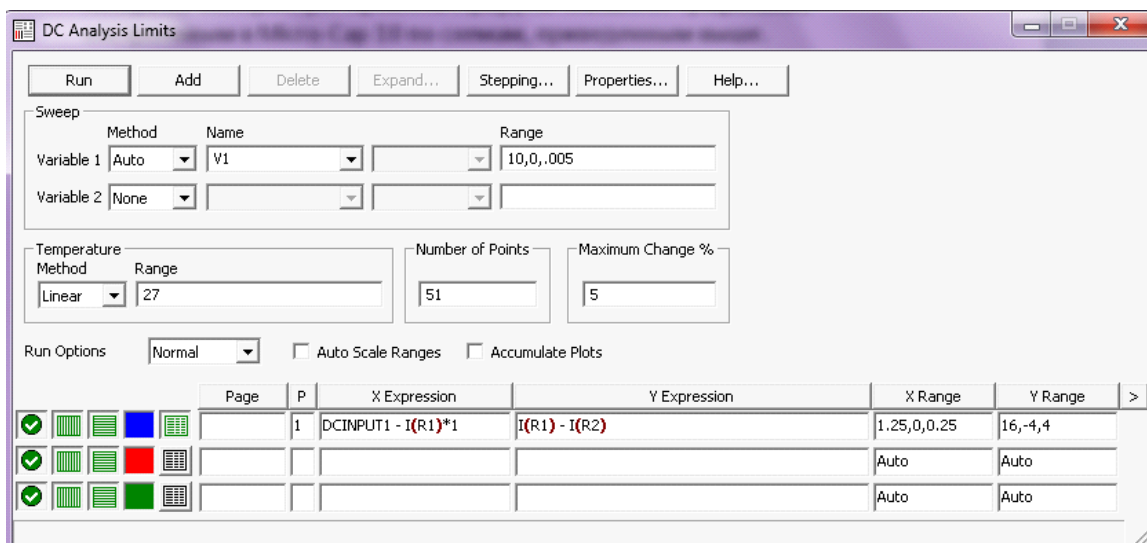
- Схема для снятия ВАХ с прямой ветви

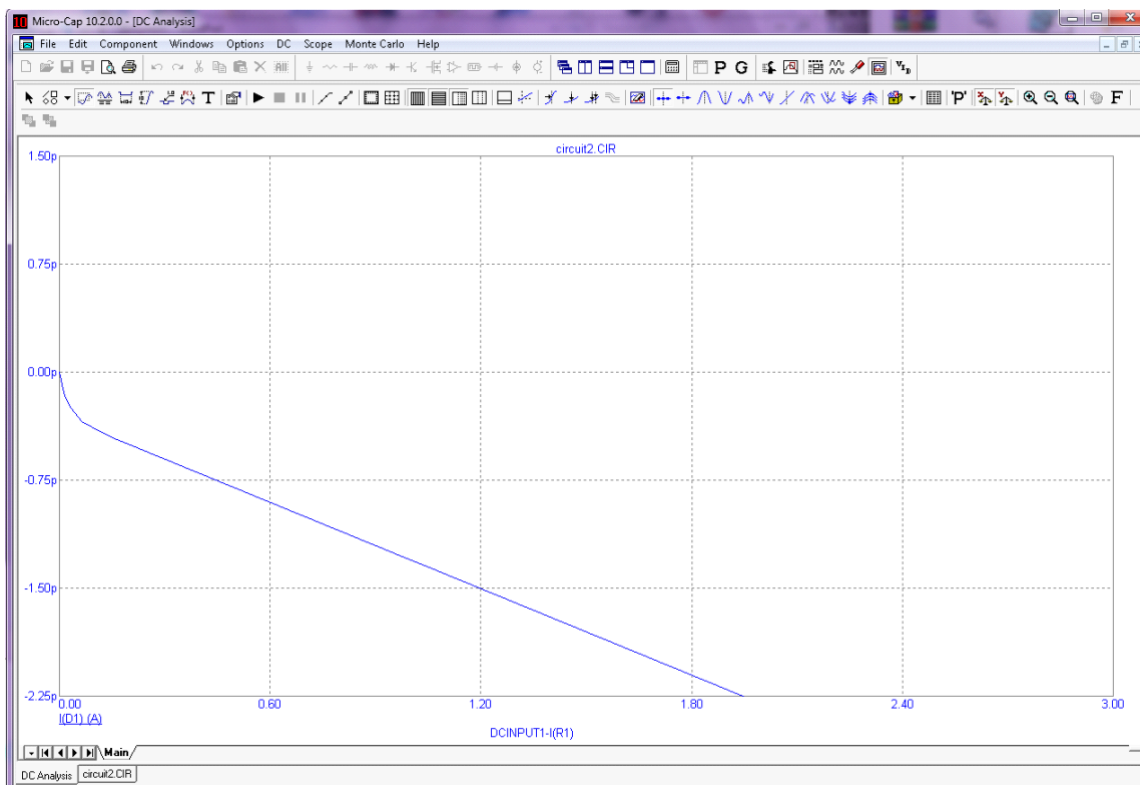
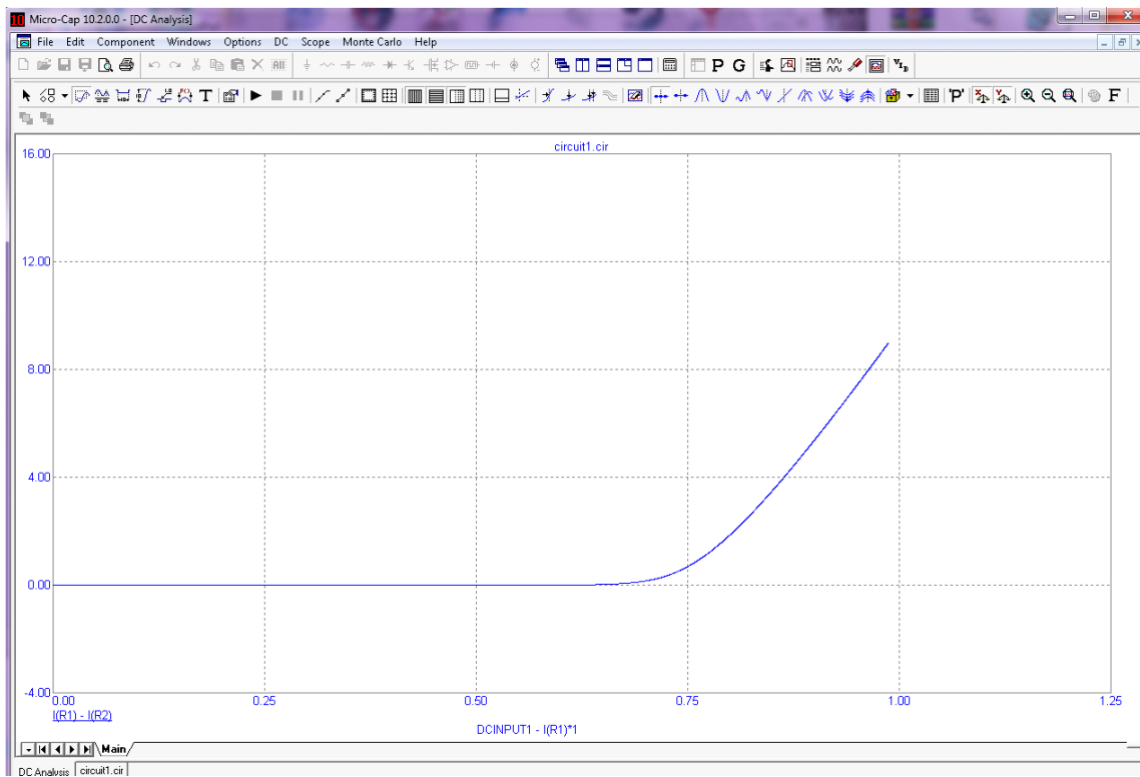


- Схема для снятия ВАХ с обратной ветви



Данный выбор схем объясняется следующими соображениями. Несмотря на то, что идеальных измерительных приборов не существует, все-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 10 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:

0.1999600	0.0000000
0.3999184	0.0000016
0.5967068	0.0031738
0.6905134	0.1093485
0.7184985	0.2813578
0.7352412	0.4646117
0.7478593	0.6519911
0.7583565	0.8414918
0.7675664	1.0322801
0.7759133	1.2239316
0.7836421	1.4162012
0.7909068	1.6089350
0.7978102	1.8020302
0.8044247	1.9954144
0.8108027	2.1890351
0.8169838	2.3828528
0.8229983	2.5768371
0.8288701	2.7709641
0.8346182	2.9652148
0.8402582	3.1595737
0.8458029	3.3540279
0.8512628	3.5485669
0.8566470	3.7431817
0.8619630	3.9378646
0.8672174	4.1326092
0.8724158	4.3274098
0.8775630	4.5222615
0.8826634	4.7171601
0.8877207	4.9121017
0.8927383	5.1070832
0.8977191	5.3021014
0.9026657	5.4971538
0.9075805	5.6922380
0.9124657	5.8873518
0.9173232	6.0824934
0.9221546	6.2776609
0.9269617	6.4728529
0.9317458	6.6680679
0.9365082	6.8633045
0.9412502	7.0585616
0.9459728	7.2538380
0.9506772	7.4491327
0.9553641	7.6444448
0.9600346	7.8397734

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

VAX := READPRN("C:\Users\Anton\Desktop\MC\LR\circuit1.DNO")

	0	1
0	0.2	0
1	0.4	$1.6 \cdot 10^{-6}$
2	0.597	$3.174 \cdot 10^{-3}$
3	0.691	0.109
4	0.718	0.281
5	0.735	0.465
6	0.748	0.652
7	0.758	0.841
8	0.768	1.032
9	0.776	1.224
10	0.784	1.416
11	0.791	1.609
12	0.798	1.802
13	0.804	1.995
14	0.811	2.189
15	0.817	...

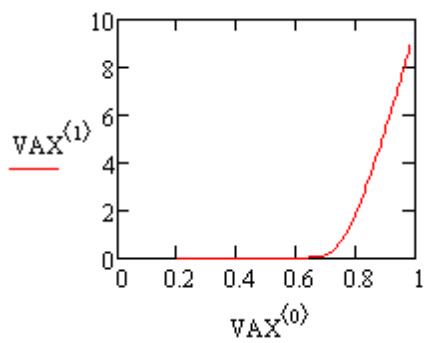
VAX =

	0
0	0.2
1	0.4
2	0.597
3	0.691
4	0.718
5	0.735
6	0.748
7	0.758
8	0.768
9	0.776
10	0.784
11	0.791
12	0.798
13	0.804
14	0.811
15	...

$VAX^{(0)}$ =

	0
0	0
1	$1.6 \cdot 10^{-6}$
2	$3.174 \cdot 10^{-3}$
3	0.109
4	0.281
5	0.465
6	0.652
7	0.841
8	1.032
9	1.224
10	1.416
11	1.609
12	1.802
13	1.995
14	2.189
15	...

$VAX^{(1)}$ =



Пункт № 3

Находим параметры диода в MCAD. Следуя инструкции из методички.

- Методом трех ординат и методом вычислительного блока

$$\text{Id3} := \max(\text{VAX}^{\langle 1 \rangle}) \quad \text{Id3} = 9.012$$

$$\text{nMax} := \text{match}(\text{Id3}, \text{VAX}^{\langle 1 \rangle})$$

$$\text{nMax} = (49)$$

$$\text{Ud3} := (\text{VAX}^{\langle 0 \rangle})_{49} \quad \text{Ud3} = 0.988$$

$$\text{Ud1} := \text{linterp}\left(\text{VAX}^{\langle 1 \rangle}, \text{VAX}^{\langle 0 \rangle}, \frac{\text{Id3}}{4}\right) = 0.813$$

$$\text{Id1} := \frac{\text{Id3}}{4}$$

$$\text{Ud2} := \text{linterp}\left(\text{VAX}^{\langle 1 \rangle}, \text{VAX}^{\langle 0 \rangle}, \frac{\text{Id3}}{2}\right) = 0.877$$

$$\text{Id2} := \frac{\text{Id3}}{2}$$

$$\text{Rb} := \frac{(\text{Ud1} - 2\text{Ud2} + \text{Ud3})}{\text{Id1}} = 0.021$$

$$\text{NFt} := \frac{[(3\text{Ud2} - 2\text{Ud1}) - \text{Ud3}]}{\ln(2)} = 0.026$$

$$\text{Is0} := \text{Id1} \cdot \exp\left[\frac{(\text{Ud2} - 2\text{Ud1})}{\text{NFt}}\right] = 6.438 \times 10^{-13}$$

$$\text{Idiod} := 0, 10^{-5} \dots 0.023$$

$$R_b := 1$$

$$I_{s0} := 0.0000001$$

$$\underline{m} := 2$$

$$F_t := 0.02$$

Given

$$0.718 = 0.282 \cdot R_b + \ln \left[\frac{(I_{s0} + 0.282)}{I_{s0}} \right] \cdot m \cdot F_t$$

$$0.735 = 0.465 \cdot R_b + \ln \left[\frac{(I_{s0} + 0.465)}{I_{s0}} \right] \cdot m \cdot F_t$$

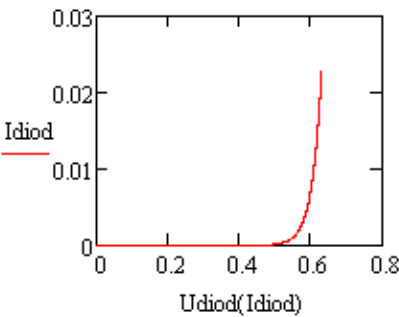
$$0.749 = 0.652 \cdot R_b + \ln \left[\frac{(I_{s0} + 0.652)}{I_{s0}} \right] \cdot m \cdot F_t$$

$$0.758 = 0.841 \cdot R_b + \ln \left[\frac{(I_{s0} + 0.841)}{I_{s0}} \right] \cdot m \cdot F_t$$

$$\text{Diod_P} := \text{Minerr}(I_{s0}, R_b, m, F_t)$$

$$\text{Diod_P} = \begin{pmatrix} 4.412 \times 10^{-11} \\ 0.01 \\ 1.78 \\ 0.018 \end{pmatrix}$$

$$U_{diod}(I_{diod}) := I_{diod} \cdot R_b + N F t \cdot \ln \left[\frac{(I_{diod} + I_{s0})}{I_{s0}} \right]$$



$$U_{formula}(I_{diod}) := I_{diod} \cdot R_b + N F t \cdot \ln \left[\frac{(I_{diod} + I_{s0})}{I_{s0}} \right]$$

Idiod =

0
$1 \cdot 10^{-5}$
$2 \cdot 10^{-5}$
$3 \cdot 10^{-5}$
$4 \cdot 10^{-5}$
$5 \cdot 10^{-5}$
$6 \cdot 10^{-5}$
$7 \cdot 10^{-5}$
$8 \cdot 10^{-5}$
$9 \cdot 10^{-5}$
$1 \cdot 10^{-4}$
$1.1 \cdot 10^{-4}$
$1.2 \cdot 10^{-4}$
$1.3 \cdot 10^{-4}$
$1.4 \cdot 10^{-4}$
...

$$I_{diod} := VAX^{(1)}$$

Idiod =

	0
0	0
1	$1.6 \cdot 10^{-6}$
2	$3.174 \cdot 10^{-3}$
3	0.109
4	0.281
5	0.465
6	0.652
7	0.841
8	1.032
9	1.224
10	1.416
11	1.609
12	1.802
13	1.995
14	2.189
15	...

