

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Дисциплина основы электроники
Лабораторный практикум №3

Работу выполнил:
студент группы ИУ7-31Б
Костев Дмитрий

Работу проверил:

Москва, 2020 г.

Цель работы: получение и исследование статических и динамических характеристик германиевого и кремниевого полупроводниковых диодов с целью определение по ним параметров модели полупроводниковых диодов, размещения моделей в базе данных программ схемотехнического анализа. Приобретение навыков расчета моделей полупроводниковых приборов в программах **Multisim** и Mathcad по данным, полученным в экспериментальных исследованиях, а также включение модели в базу компонентов.

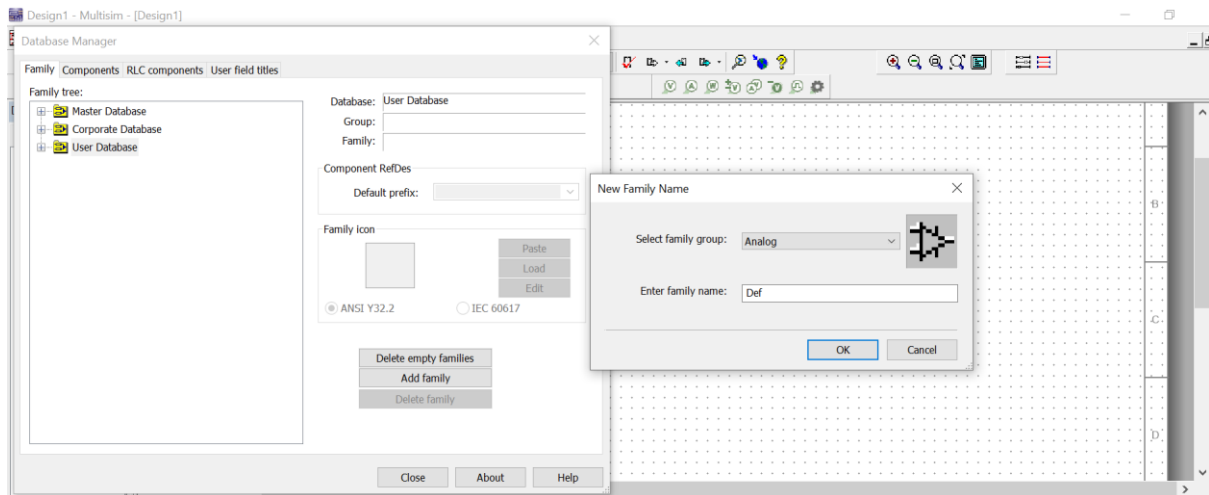
Диод моего варианта:

```
* Variant 10
.model D2d251b D(Is=504f Rs=4.988m Ikf=28.24 N=1 Xti=3 Eg=1.11 Cjo=838.3p
+ M=.4544 Vj=.75 Fc=.5 Isr=4.491u Nr=2 Bv=70.2 Ibv=.5173
+ Tt=24.58n)
```

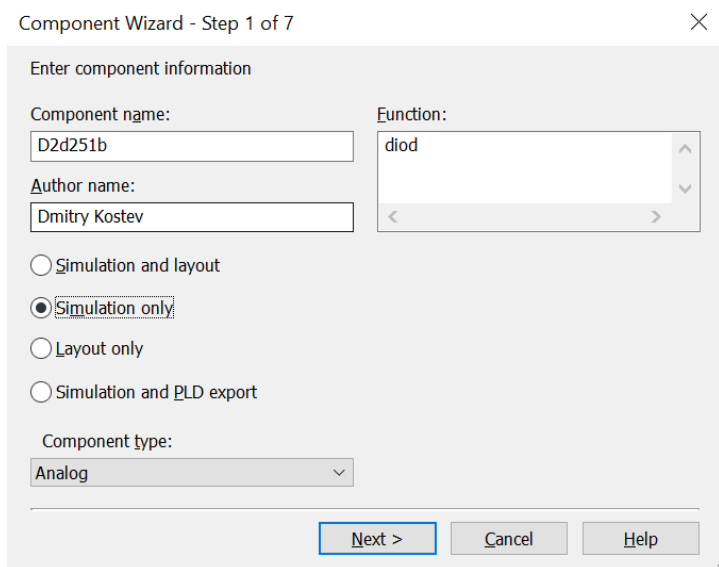
Эксперимент 1

Добавим диод в базу для работы в **Multisim** Создадим новое семейство, где будут размещаться добавленные компоненты.

Окно находится по данному пути: **Tools -> Database -> Database Manager**



Далее запустим мастер создания компонента: **TOOLS -> Component Wizard**. Добавим имя для нового компонента, также можно указать имя автора



Далее видим окно с выбором количества выводов компонента

Component Wizard - Step 2 of 7

Enter package information

Package manufacturer:

Select a package

Package type:

☒ Single section component

☐ Multi-section component

Number of pins:

2

< Back

Next >


Cancel

Help

Выбираем вид Диода:

Component Wizard - Step 3 of 7

Enter symbol information



Symbol set

☒ ANSI Y32.2

☐ IEC 60617

Edit

Copy from DB

Copy to...

< Back

Next >

Cancel

Help

Задаем параметры контактов

Component Wizard - Step 4 of 7

Set pin parameters

Pin table:

Add hidden pin

Delete hidden pin

Symbol pin name	Section	Type	ERC status
A	A	Bidirectional	Include
K	A	Bidirectional	Include

< Back

Next >

Cancel

Help

Теперь добавляем описание диода из библиотеки диодов в соответствии со своим вариантом:

Component Wizard - Step 5 of 7

Select simulation model

Model name: D2d251b

Model data:

```
.model D2d251b D(Is=504f Rs=4.988m Ikf=28.24 N=1 Xti=3 Eg=1.11  
+ M=.4544 Vj=.75 Fc=.5 Isr=4.491u Nr=2 Bv=70.2 Ib  
+ Tt=24.58n)
```


SPICE model type: User-defined

< Back Next > Cancel Help

Для правильной работы модели необходимо назначить узлы графического изображения и модельного представления для однозначного соответствия одному другому

Component Wizard - Step 6 of 7

Symbol:



Model:

```
.MODEL D2d251b D(Is=504f Rs=4.988m  
+ M=.4544 Vj=.75 Fc=.5  
+ Tt=24.58n)
```

Set mapping information between symbol and simulation model

Pin mapping table:

Symbol pin name	Model node name
A	Anode
K	Cathode

< Back Next > Cancel Help

Теперь добавим диод в добавленное ранее семейство компонентов

Family tree:

- User Database
 - Sources
 - Basic
 - Diodes
 - Def MyDiodes
 - Transistors
 - Analog
 - TTL
 - CMOS
 - MCU
 - Advanced_Peripherals
 - Misc Digital
 - Mixed

Database: User Database

Group: Diodes

Family: MyDiodes

Family

Def

☒ ANSI Y32.2 ☐ IEC 60617

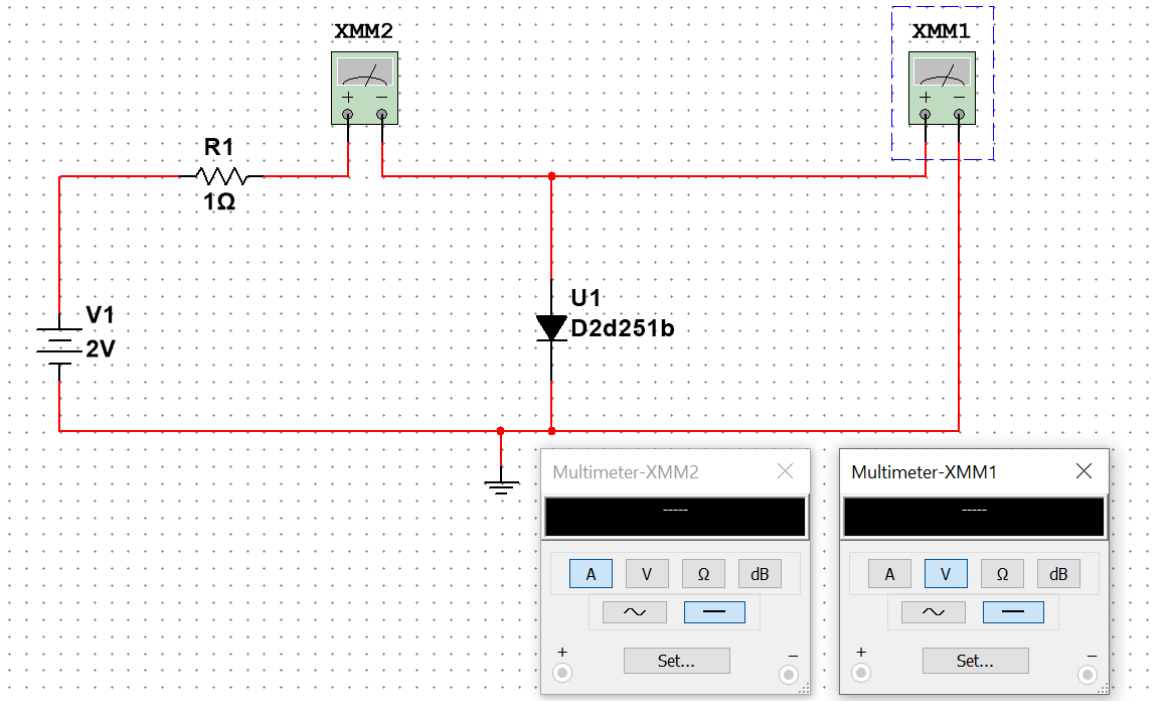
Add family

☒ Place this component

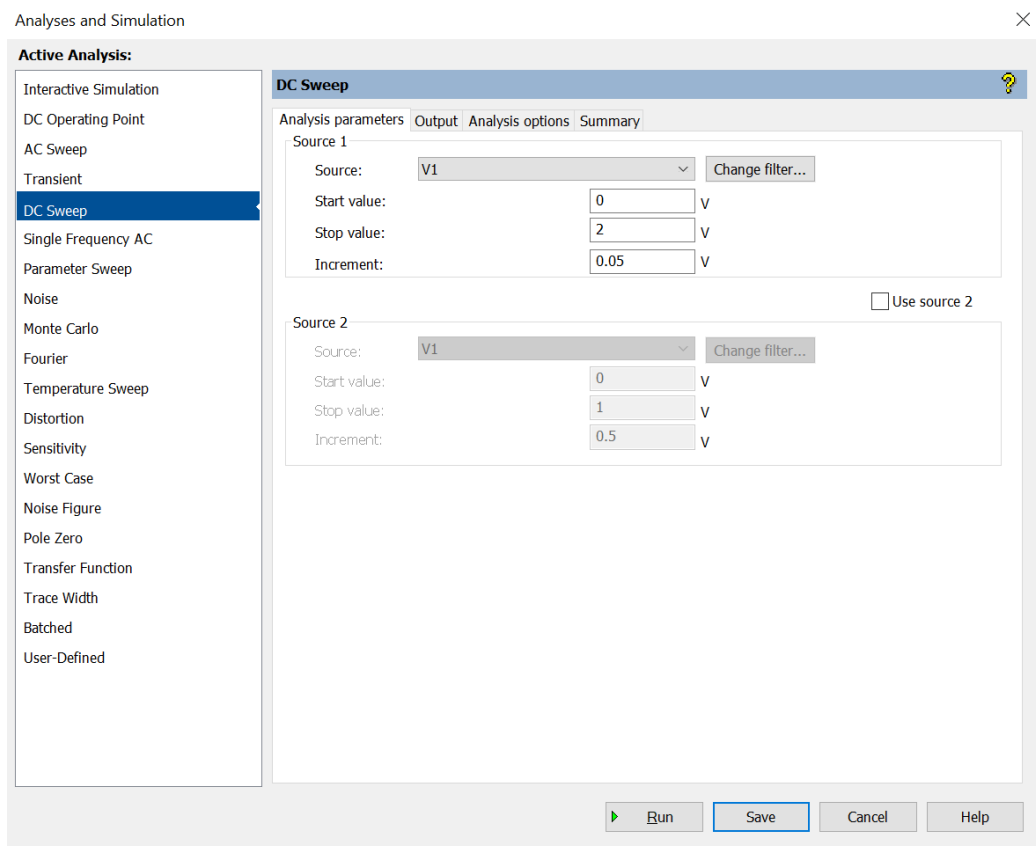
< Back Finish Cancel Help

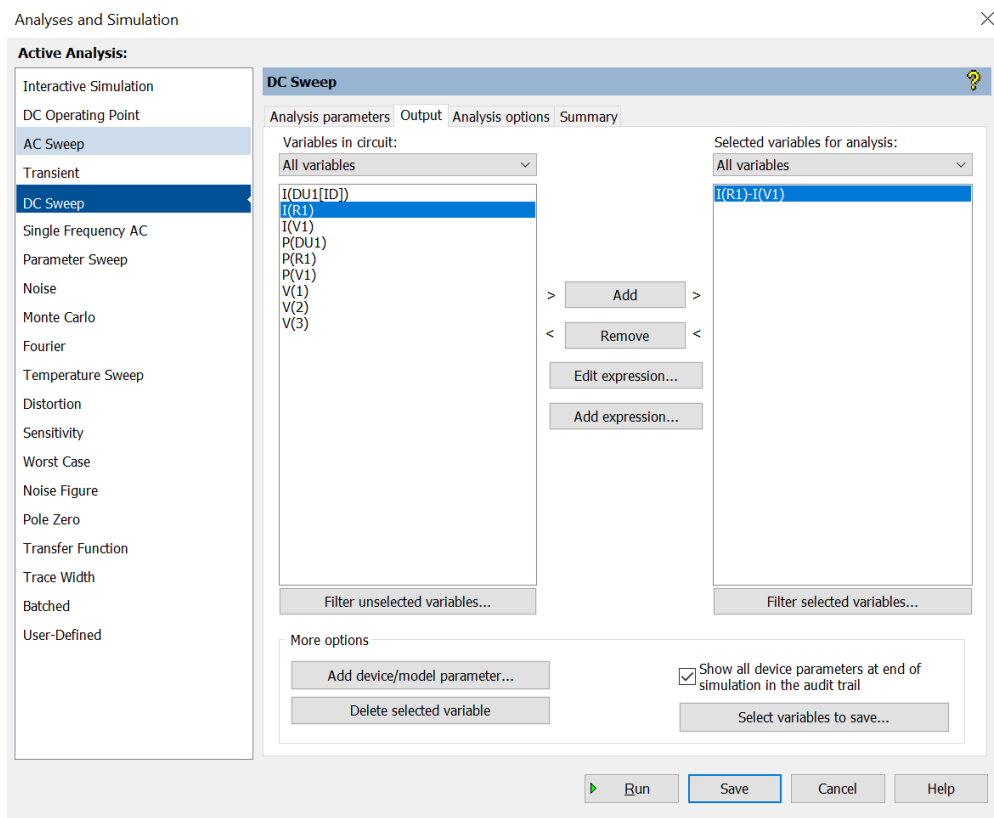
Эксперимент 2

Строим стенд моделирования и производим замеры тока и напряжения через мультиметры



Произведем настройку для построения ВАХ





Построим ВАХ для прямого включения

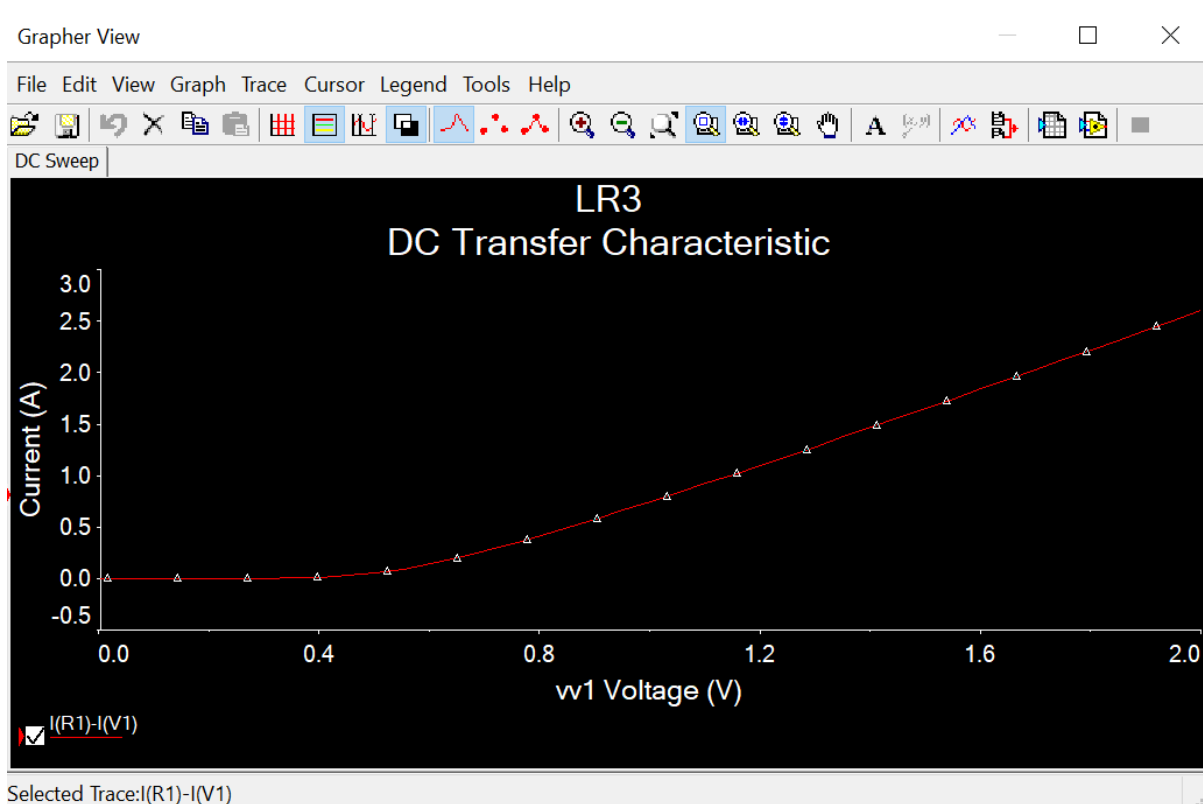
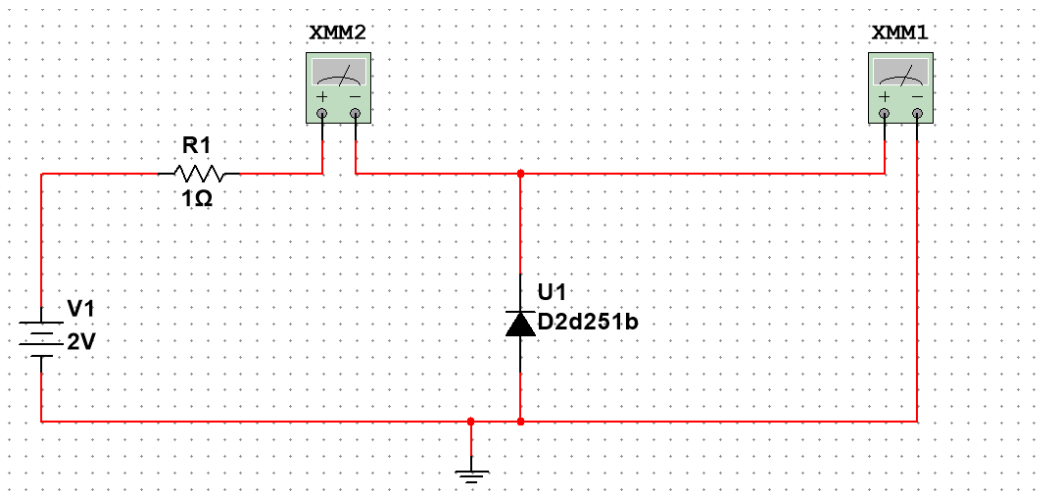
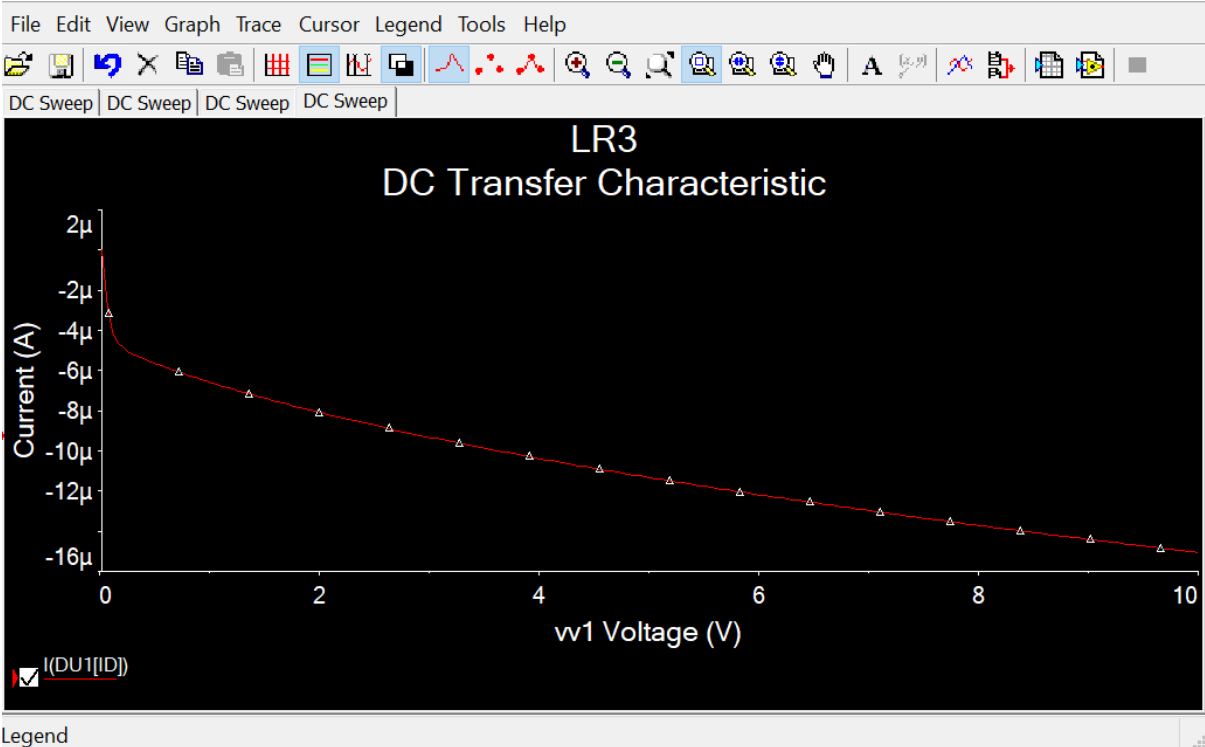


Схема и график для обратной цепи



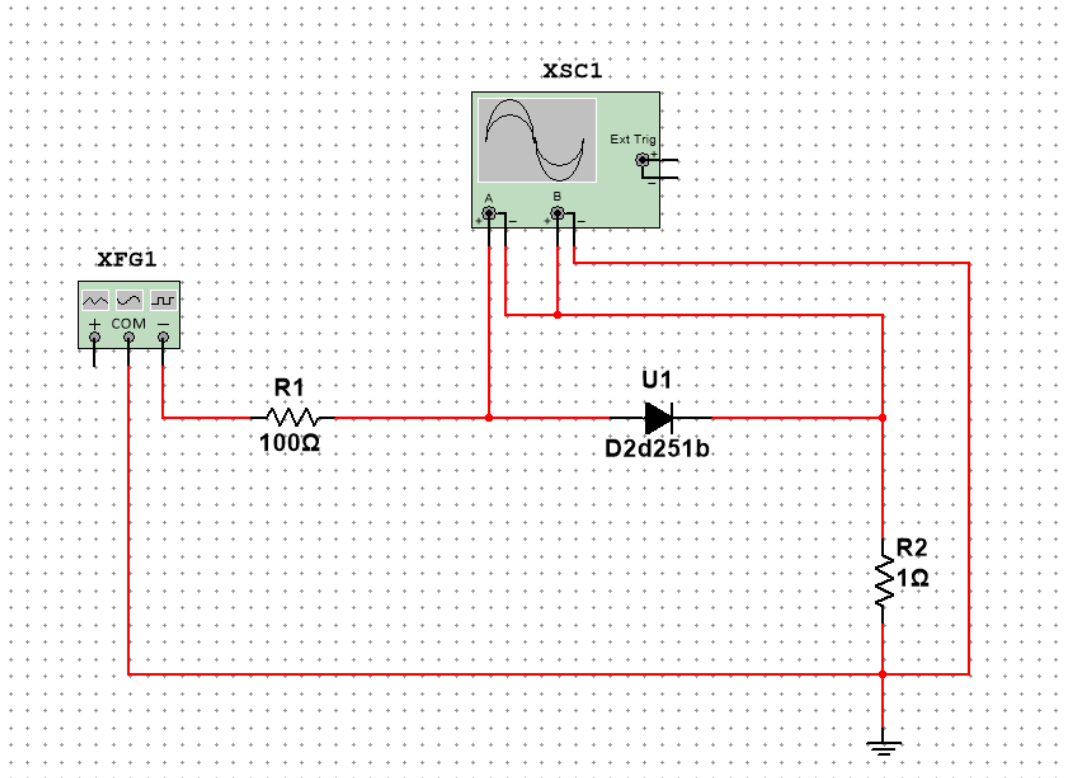
Grapher View



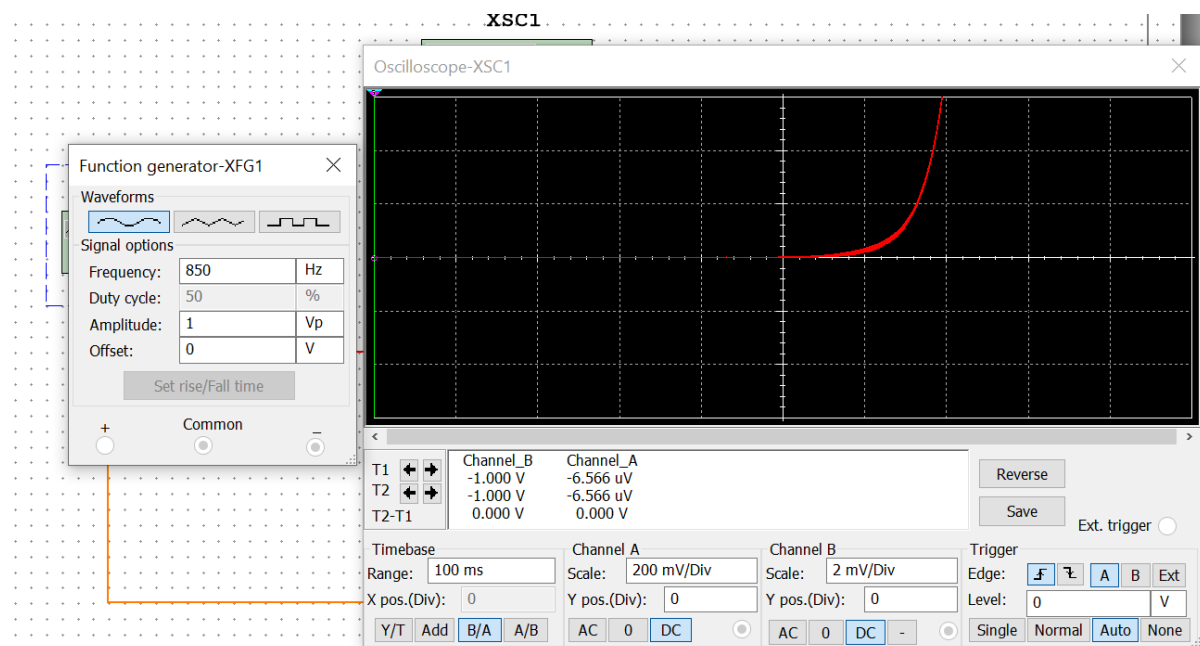
Эксперимент 3

Исследование ВАХ диода с помощью осциллографа и генератора

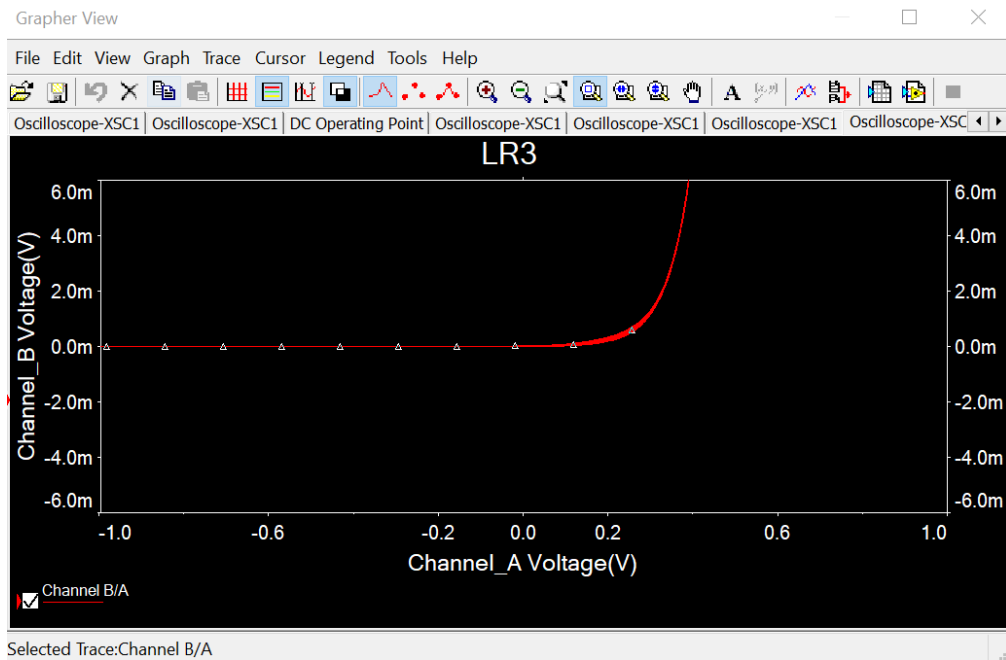
Собираем стенд



Настраиваем приборы и запускаем осциллограф



Передаем данные в GrapherView

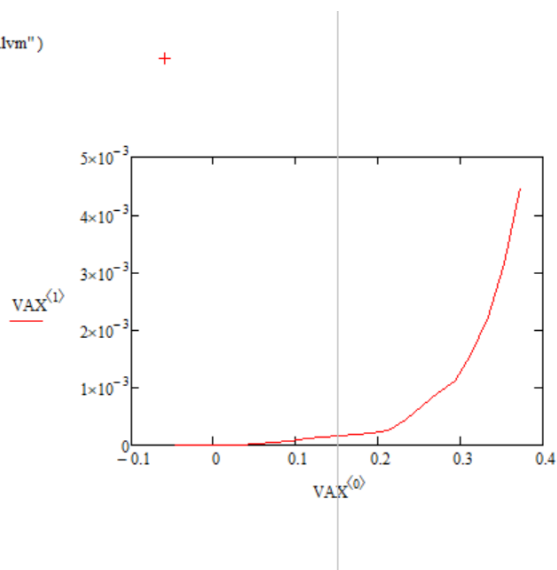


Дальше точки переводим файл с расширение dlm и передаем его в **Mathcad**

$VAX := \text{READPRN}("C:\Users\1\Desktop\JP_3_10\LR3.lvm")$

	0	1
0	-0.047	$5.434 \cdot 10^{-6}$
1	-0.027	$6.627 \cdot 10^{-6}$
2	$-7.108 \cdot 10^{-3}$	$7.82 \cdot 10^{-6}$
3	0.013	$9.013 \cdot 10^{-6}$
4	0.033	$1.021 \cdot 10^{-5}$
5	0.053	$1.984 \cdot 10^{-5}$
6	0.073	$4.831 \cdot 10^{-5}$
7	0.093	$7.678 \cdot 10^{-5}$
8	0.113	$1.052 \cdot 10^{-4}$
9	0.133	$1.337 \cdot 10^{-4}$
10	0.153	$1.622 \cdot 10^{-4}$
11	0.173	$1.907 \cdot 10^{-4}$
12	0.193	$2.191 \cdot 10^{-4}$
13	0.213	$2.476 \cdot 10^{-4}$
14	0.233	$4.41 \cdot 10^{-4}$
15	0.253	...

$VAX =$



Рассчитаем параметры диода через Given Minerr и сравним экспериментальную VAX с теоретической

$$U_d := VAX^{(0)} \quad I_d := VAX^{(1)}$$

$$R_b := 0.001 \quad I_{s0} := 0.0000001 \quad m := 0.02 \quad F_t := 0.02$$

Given

$$U_{d10} = I_{d10} \cdot R_b + \ln \left[\frac{(I_{s0} + I_{d10})}{I_{s0}} \right] \cdot m \cdot F_t$$

$$U_{d15} = I_{d15} \cdot R_b + \ln \left[\frac{(I_{s0} + I_{d15})}{I_{s0}} \right] \cdot m \cdot F_t$$

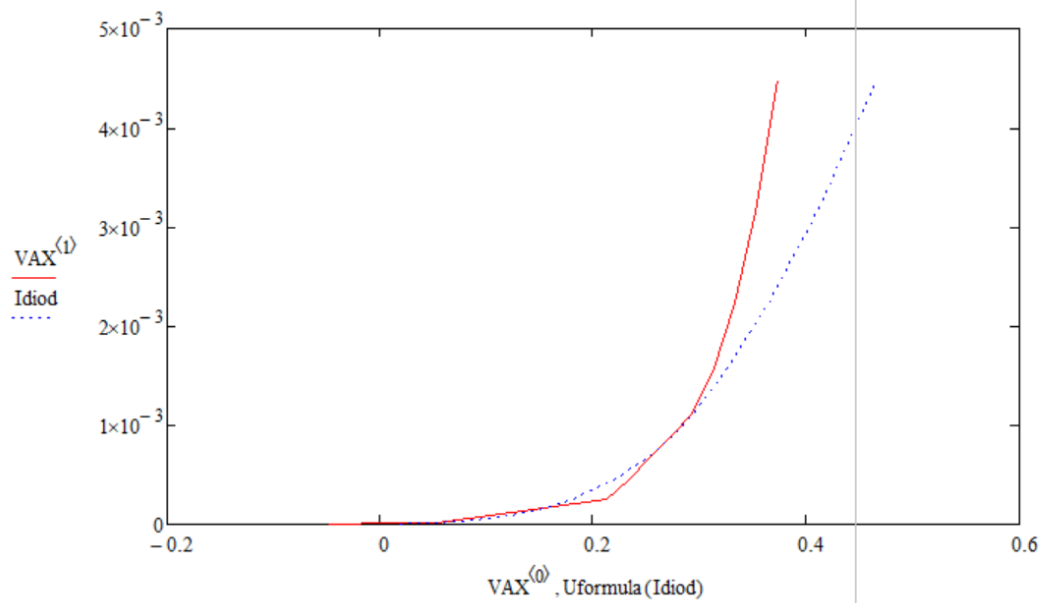
$$U_{d17} = I_{d17} \cdot R_b + \ln \left[\frac{(I_{s0} + I_{d17})}{I_{s0}} \right] \cdot m \cdot F_t$$

$$U_{d5} = I_{d5} \cdot R_b + \ln \left[\frac{(I_{s0} + I_{d5})}{I_{s0}} \right] \cdot m \cdot F_t$$

$$Diod_P := \text{Minerr}(I_{s0}, R_b, m, F_t) = \begin{pmatrix} 1.522 \times 10^{-5} \\ 26.247 \\ 2.116 \\ 0.029 \end{pmatrix}$$

$$I_{diod} := VAX^{(1)} \quad R_{b1} := Diod_P_1 \quad I_{s01} := Diod_P_0 \quad NFt1 := Diod_P_2 \cdot Diod_P_3$$

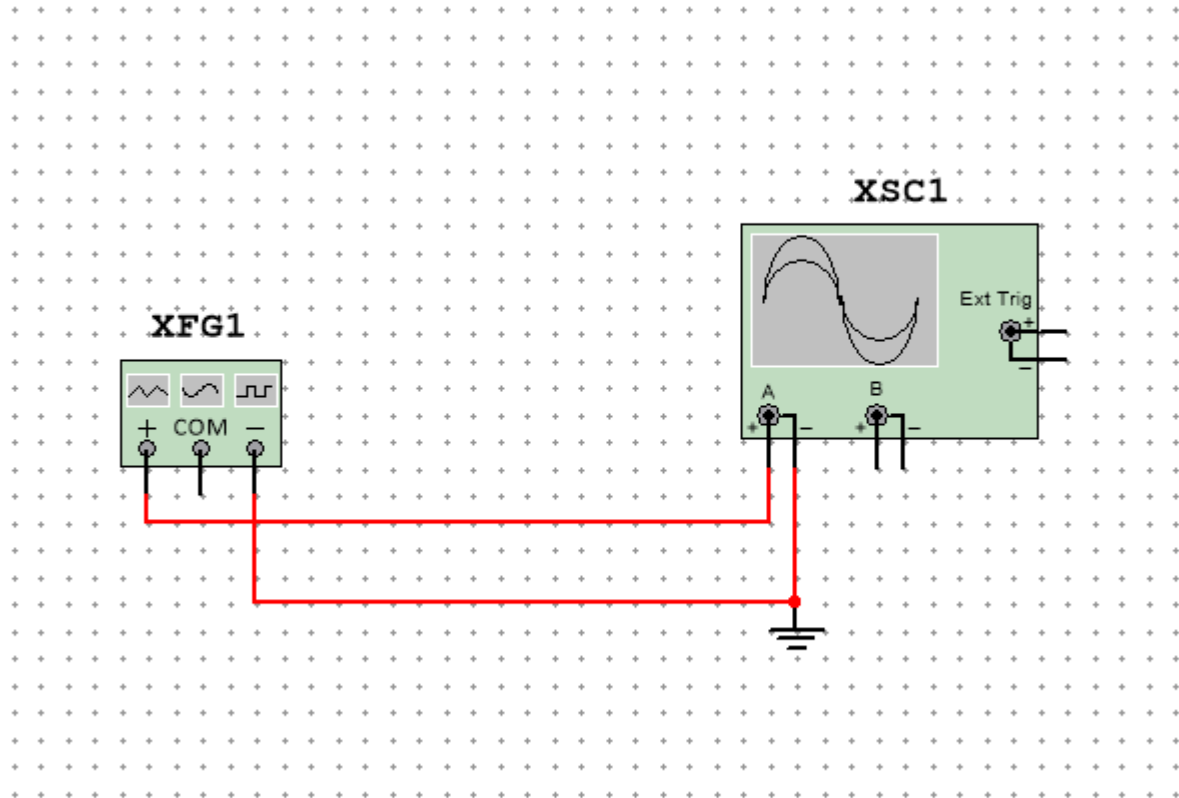
$$U_{formula}(I_{diod}) := I_{diod} \cdot R_{b1} + NFt1 \cdot \ln \left[\frac{(I_{diod} + I_{s01})}{I_{s01}} \right]$$



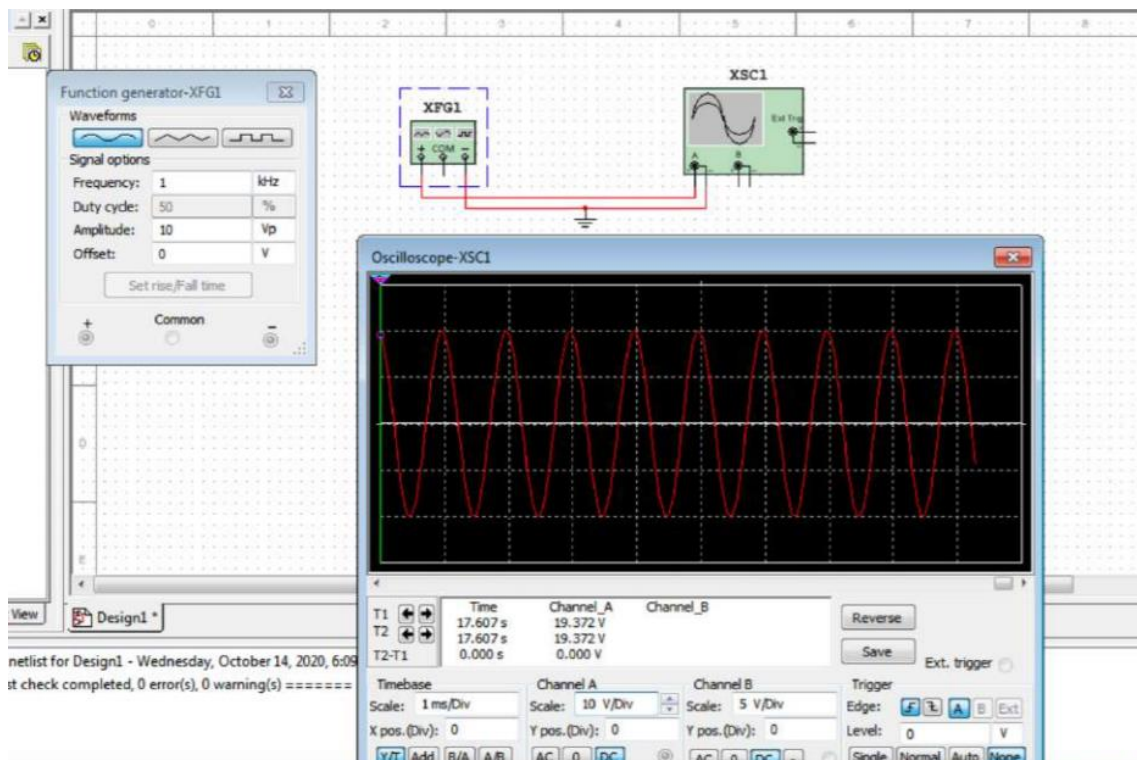
Эксперимент 4

Исследование выпрямительных свойств диода с помощью осциллографа

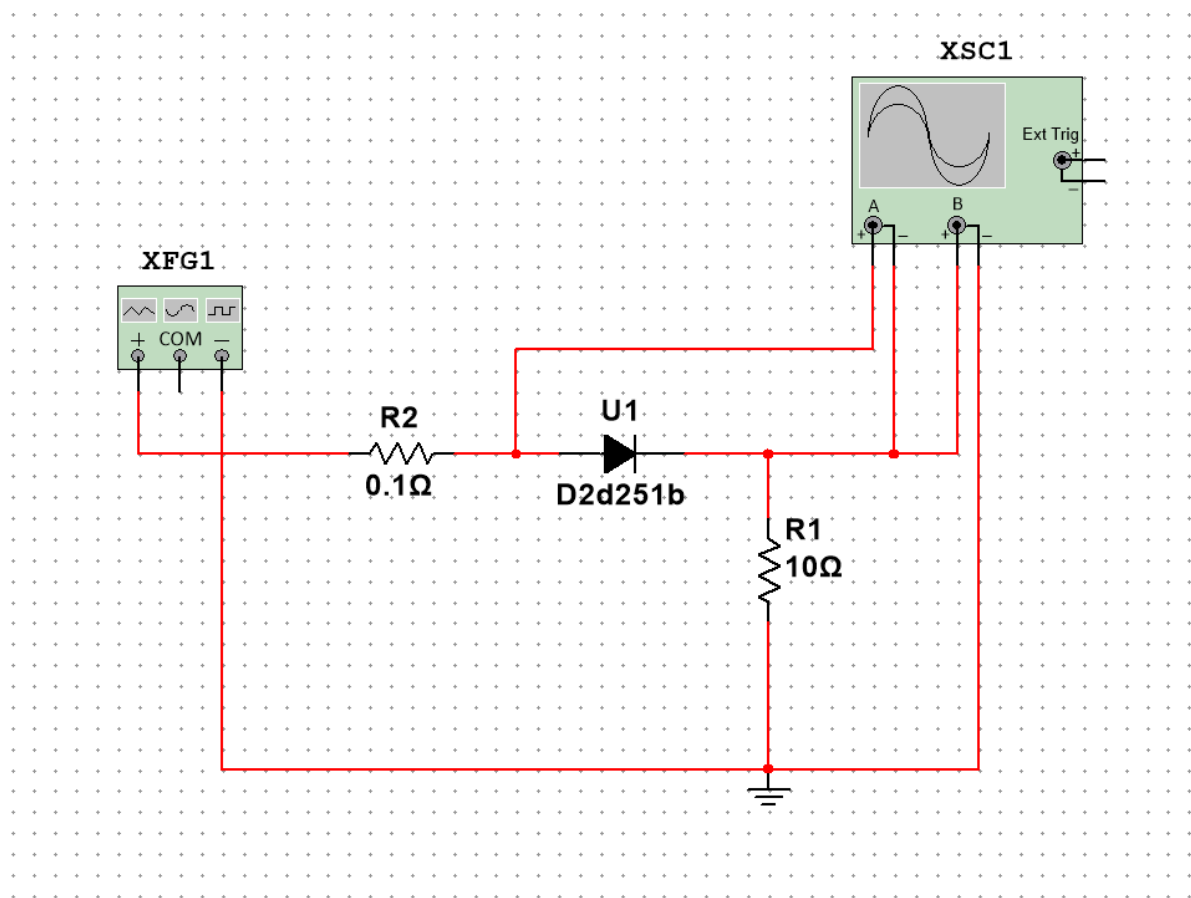
Собираем стенд моделирования и настраиваем осциллограф



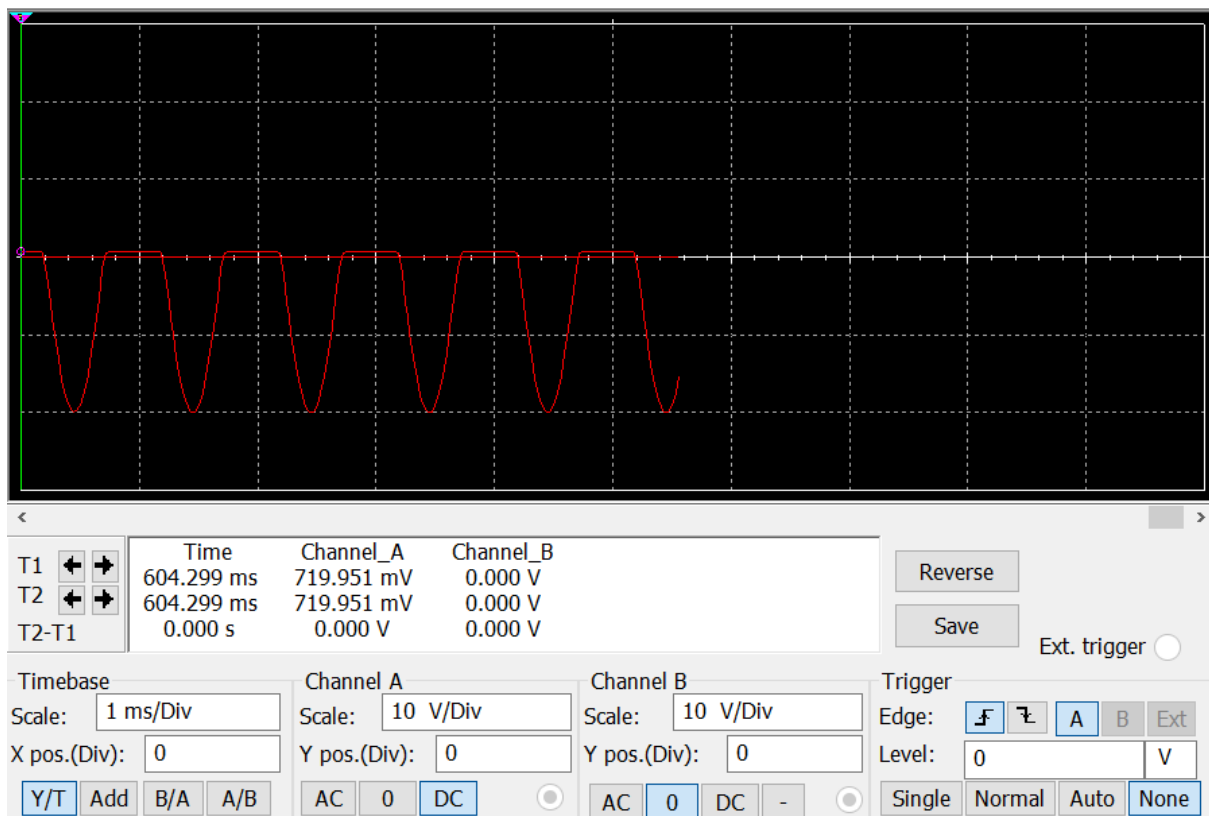
Показания осциллографа



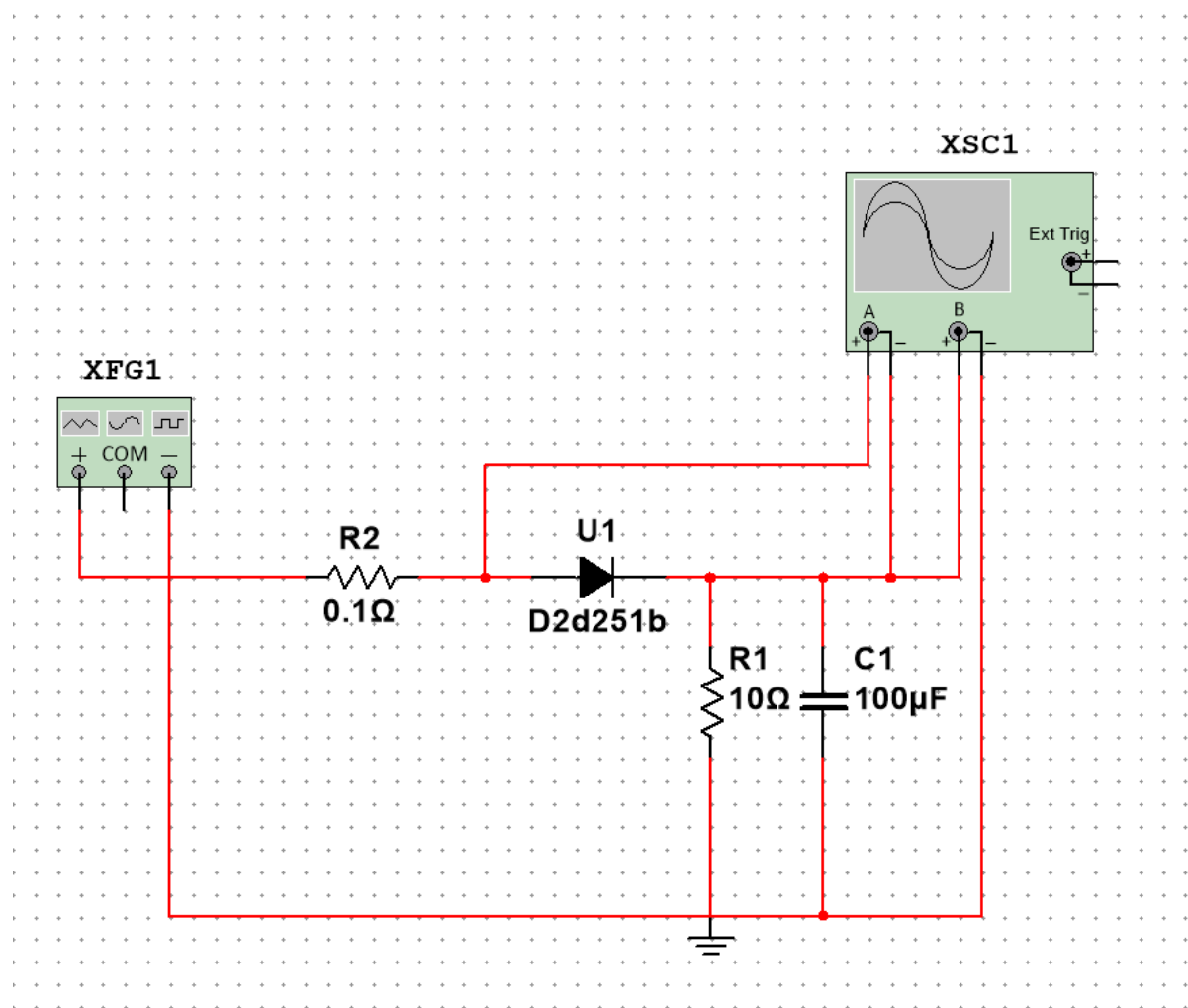
Подключаем свой диод в схему

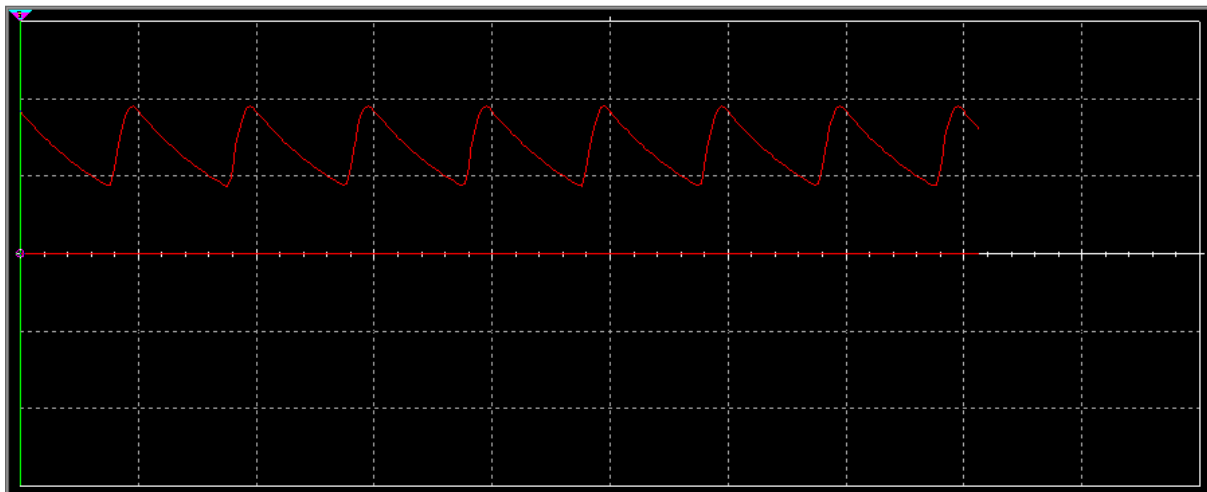


Oscilloscope-XSC1



Добавим в схему накопительный конденсатор





Timebase: Scale: 1 ms/Div, X pos.(Div): 0, Y/T, Add, B/A, A/B

Channel A: Scale: 10 V/Div, Y pos.(Div): 0, AC, 0, DC

Channel B: Scale: 10 V/Div, Y pos.(Div): 0, AC, 0, DC, -

Trigger: Edge: f, A, B, Ext, Level: 0, V, Single, Normal, Auto, None

	Time	Channel_A	Channel_B
T1	2.776 s	0.000 V	18.624 V
T2	2.776 s	0.000 V	18.624 V
T2-T1	0.000 s	0.000 V	0.000 V

Reverse, Save, Ext. trigger