



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Основы электроники
Лабораторный практикум №7

Студент : Факирзаи Амджад
Группа : ИУ7 - 36Б
Вариант : 19

Цель работы:

Получить навыки в использовании базовых возможностей программы Microcap и знания при исследовании и настройке усилительных, ключевых и логических устройств на биполярных и полевых транзисторах

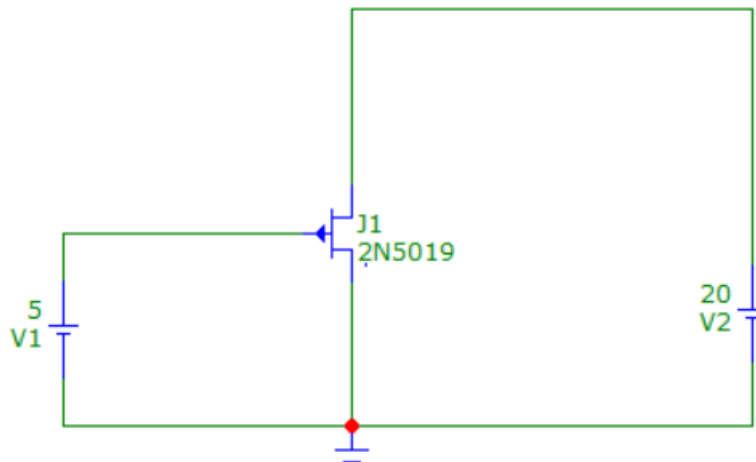
Параметры транзисторов

В работе применяется вариант транзисторов N 19 – модель PJFET 2N5019 , а также модель NMOS IRF533 и модель PMOS IRF9533 из стандартной библиотеки Microcap.

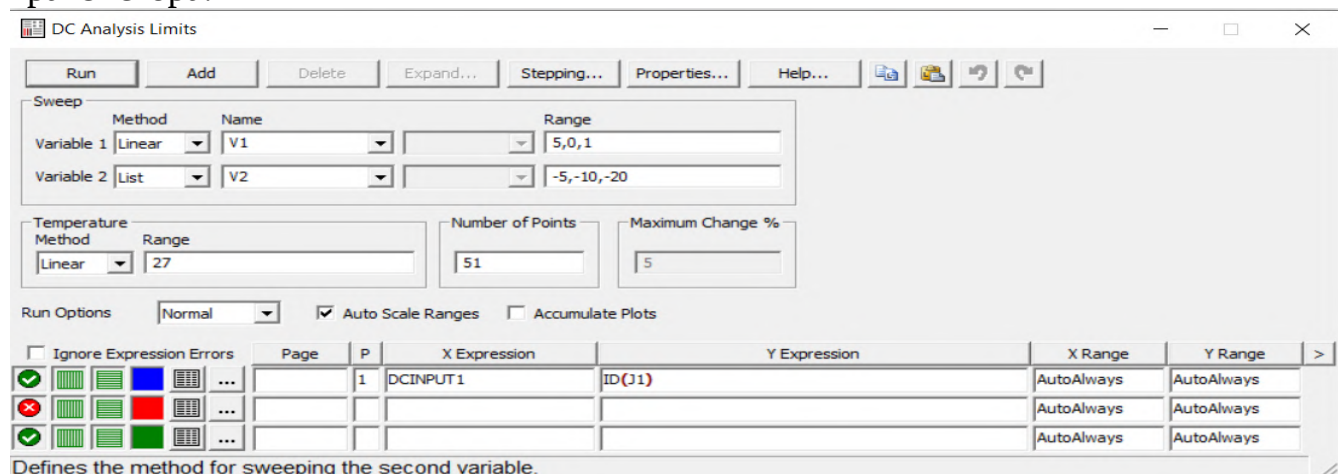
ЭКСПЕРИМЕНТ 7

Характеристики полевого транзистора.

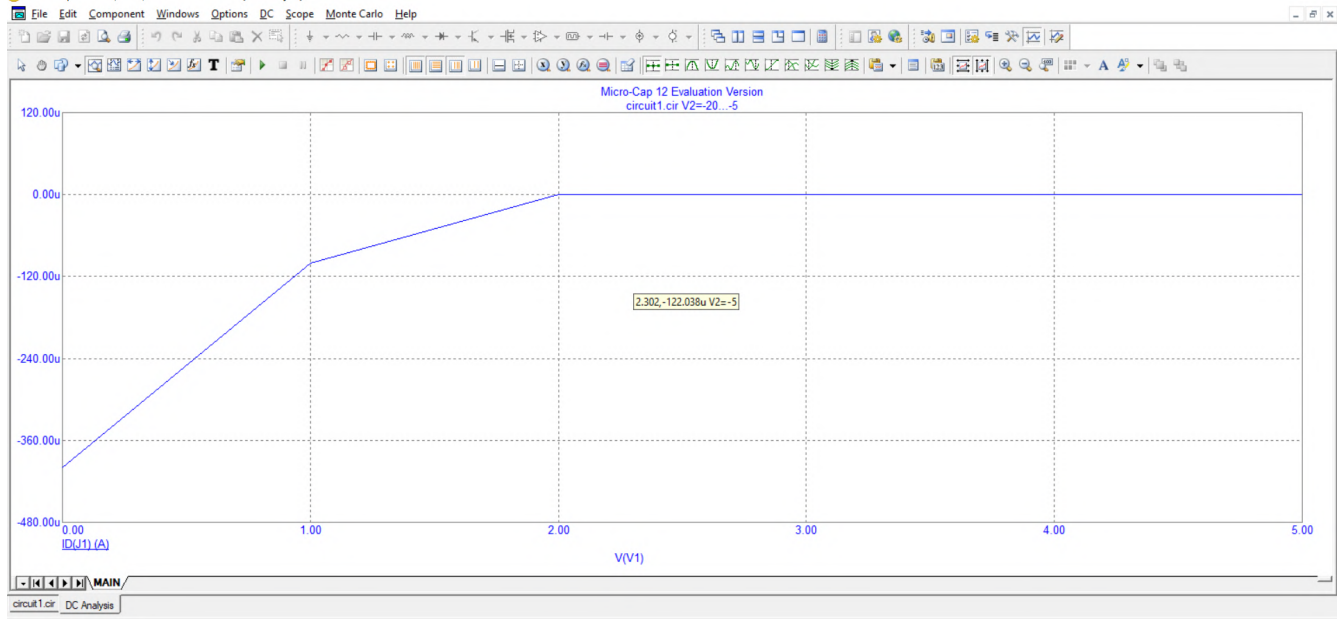
Строим схему с транзистором PJFET:



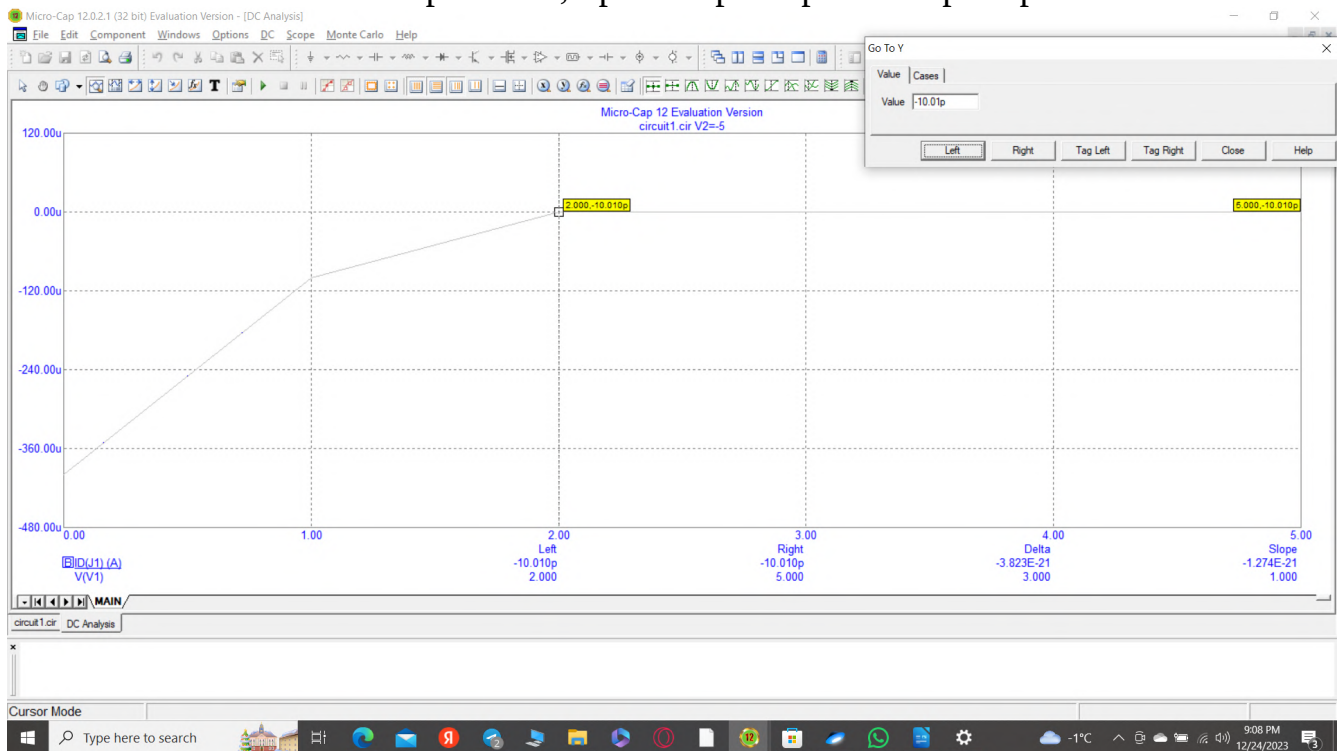
Настроим анализ постоянного тока (DC) для получения переходных характеристик транзистора.

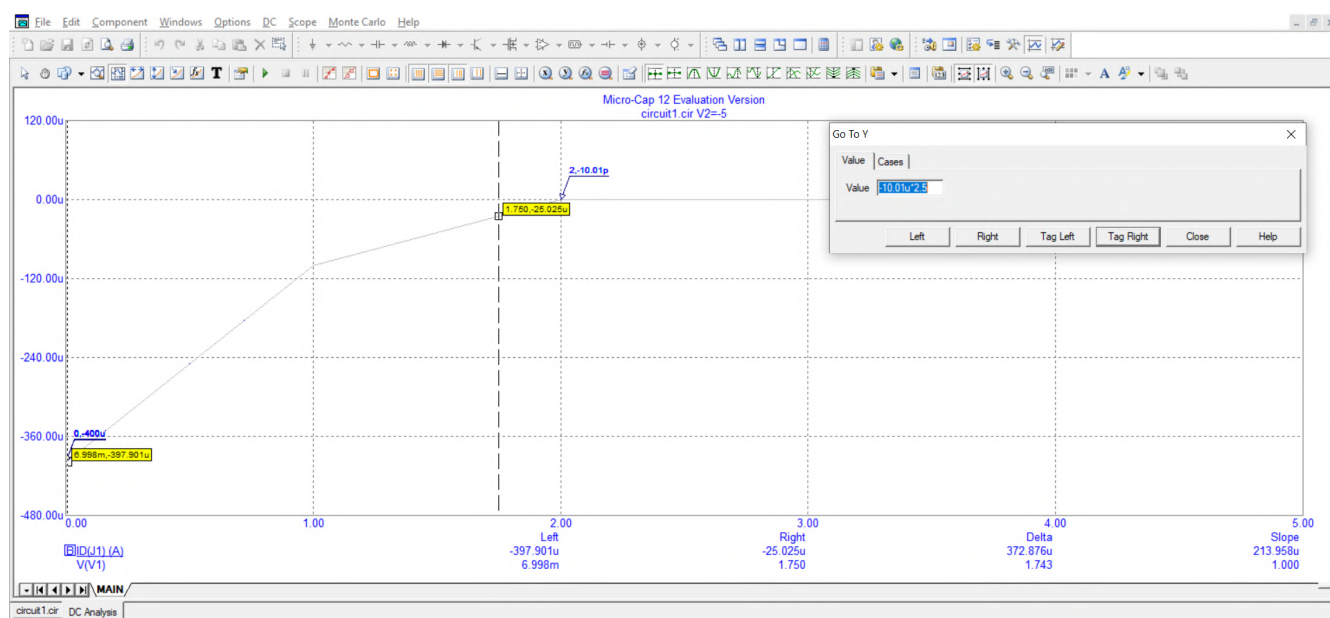


Полученный график:



Вычислим ток стока и напряжение, при котором транзистор закрывается.





Напряжение, при котором транзистор закрывается, приблизительно составляет 1.750В. Начальный ток стока около 10.01 мА.
Напряжение отсечки 2В.

Создаем дополнительный график производной тока стока от напряжения на затворе с целью выявления максимальной крутизны характеристики.

DC Analysis Limits

Run Add Delete Expand... Stepping... Properties... Help...

Sweep

Variable	Method	Name	Range
Variable 1	Linear	V1	5, 0, 1
Variable 2	List	V2	-5, -10, -20

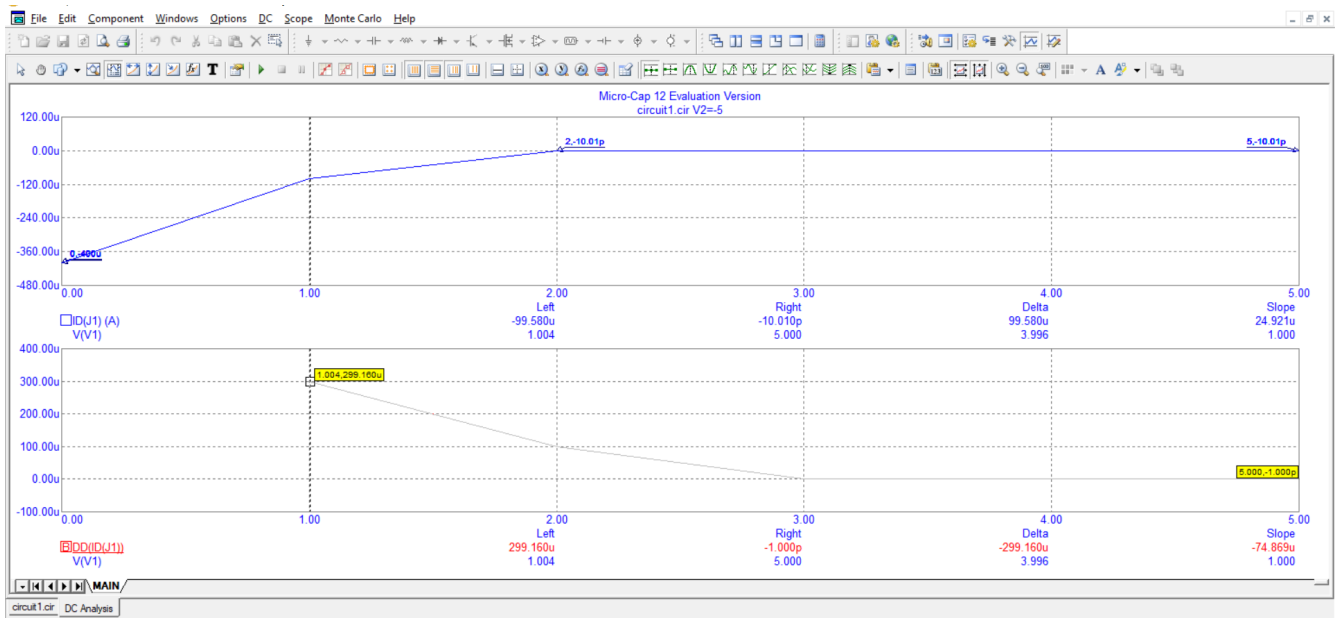
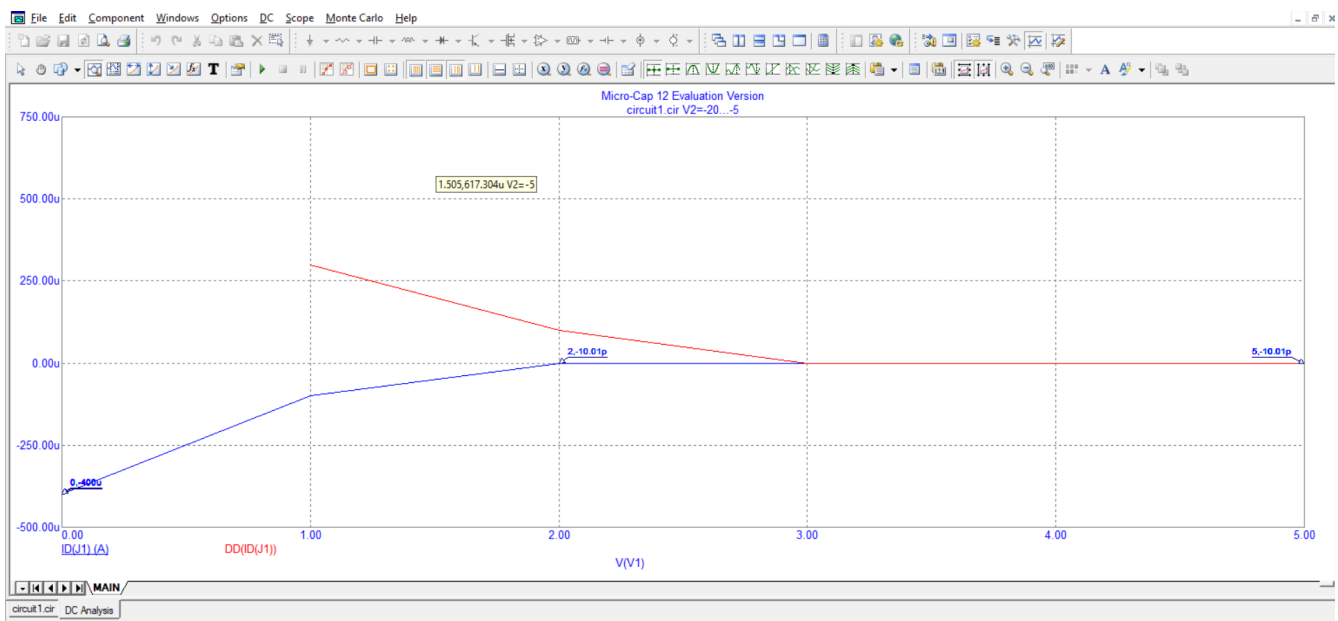
Temperature

Method	Range
Linear	27

Number of Points: 51
Maximum Change %: 5

Run Options: Normal ☒ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

	Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
<input checked="" type="checkbox"/>		1	DCINPUT1	ID(J1)	AutoAlways	AutoAlways
<input checked="" type="checkbox"/>		1	DCINPUT1	DD(ID(J1))	AutoAlways	AutoAlways
<input checked="" type="checkbox"/>					AutoAlways	AutoAlways

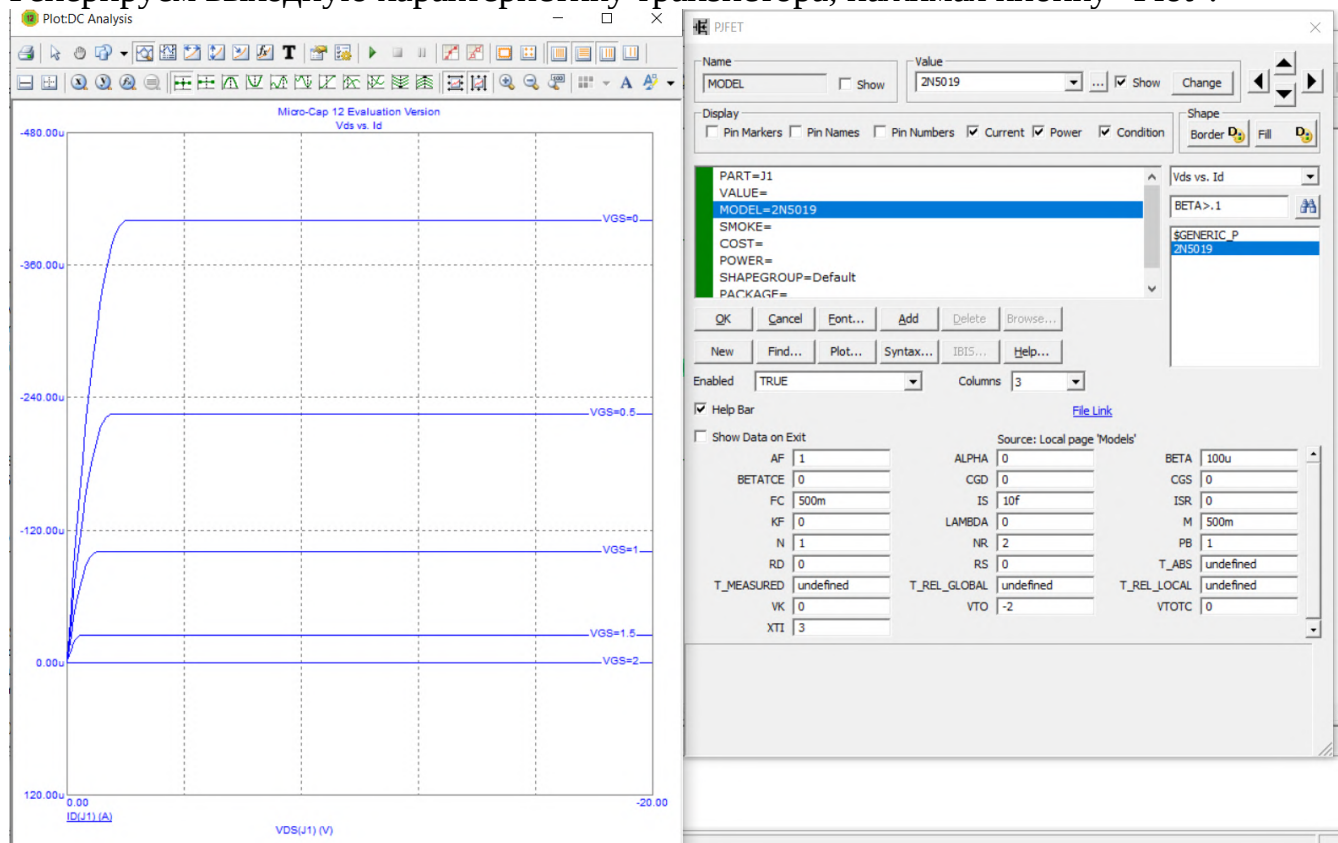


На графике определена максимальная крутизна характеристики, которая составляет 299,160 мА/В.

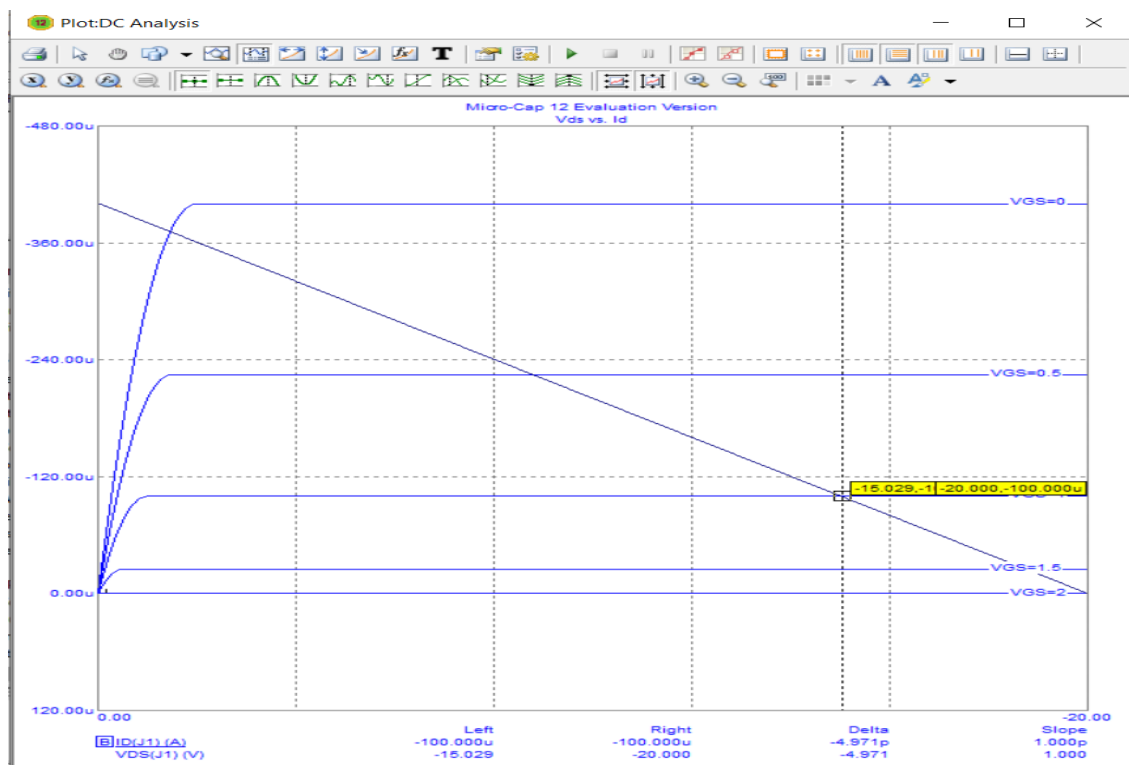
Максимальная крутизна по формуле:

$$S_{\max} = 2 \cdot I_{\text{сисх}} / |U_{\text{отсечки}}| = 2 \cdot 10.01 \text{ мА} / 2 \text{ В} \approx 10.01 \text{ мА/В}.$$

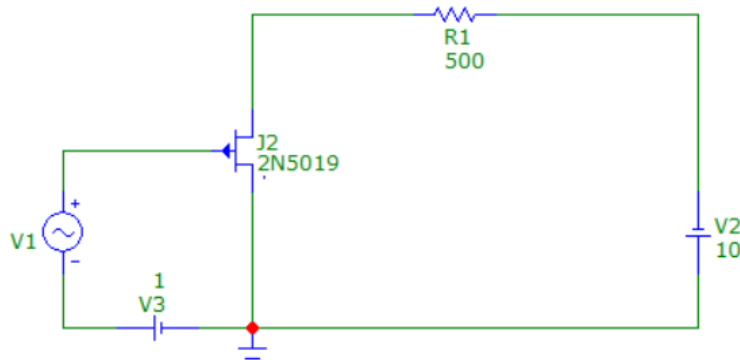
Генерируем выходную характеристику транзистора, нажимая кнопку "Plot".



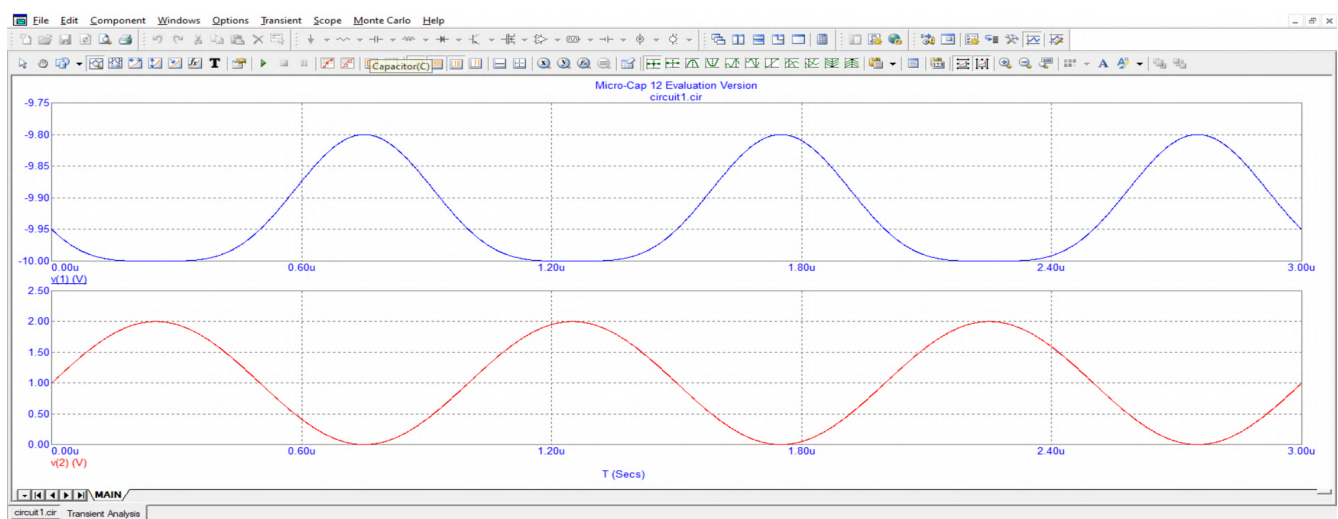
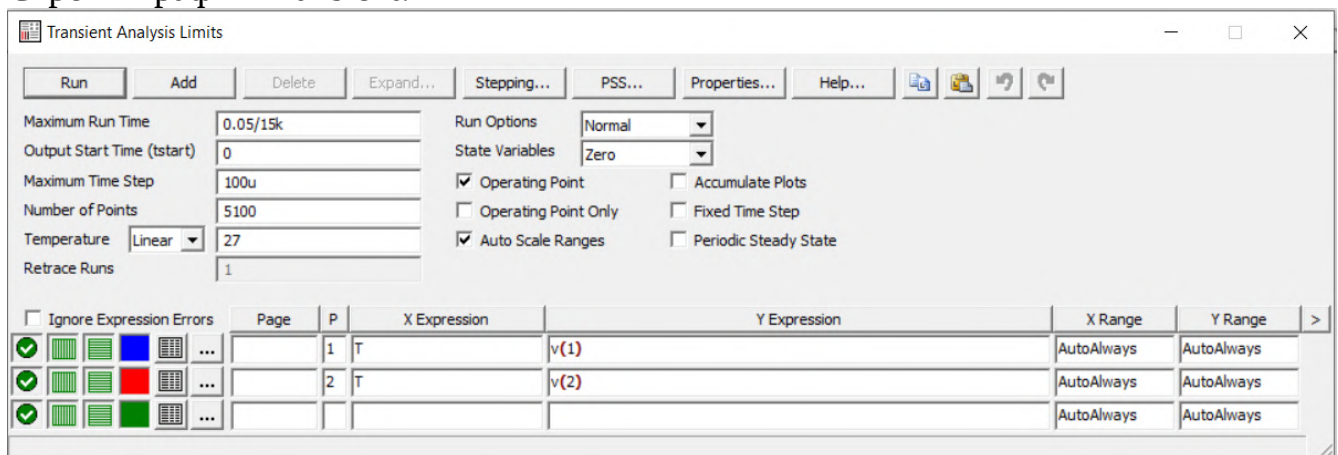
Построим нагрузочную прямую и вычислим рабочую точку.



По графику Епит = 20 В, Урт = 15 В, Id = 100 мА $R_d = (E_{пит} - U_{рт})/I_d$. $R_d = 500$ Ом
 Строим схему усилитель:



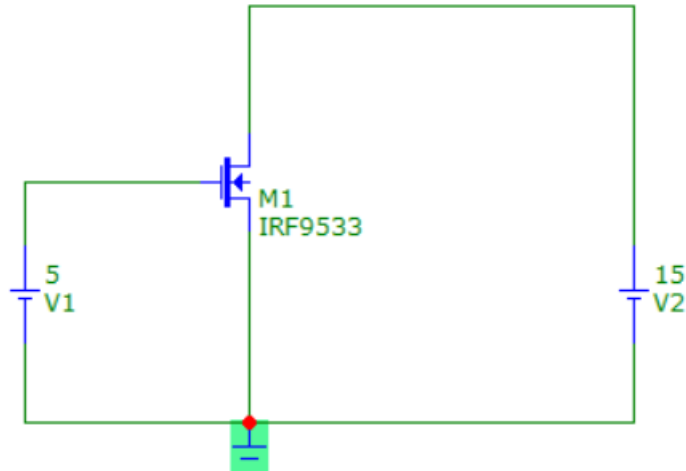
Строим график Transient:



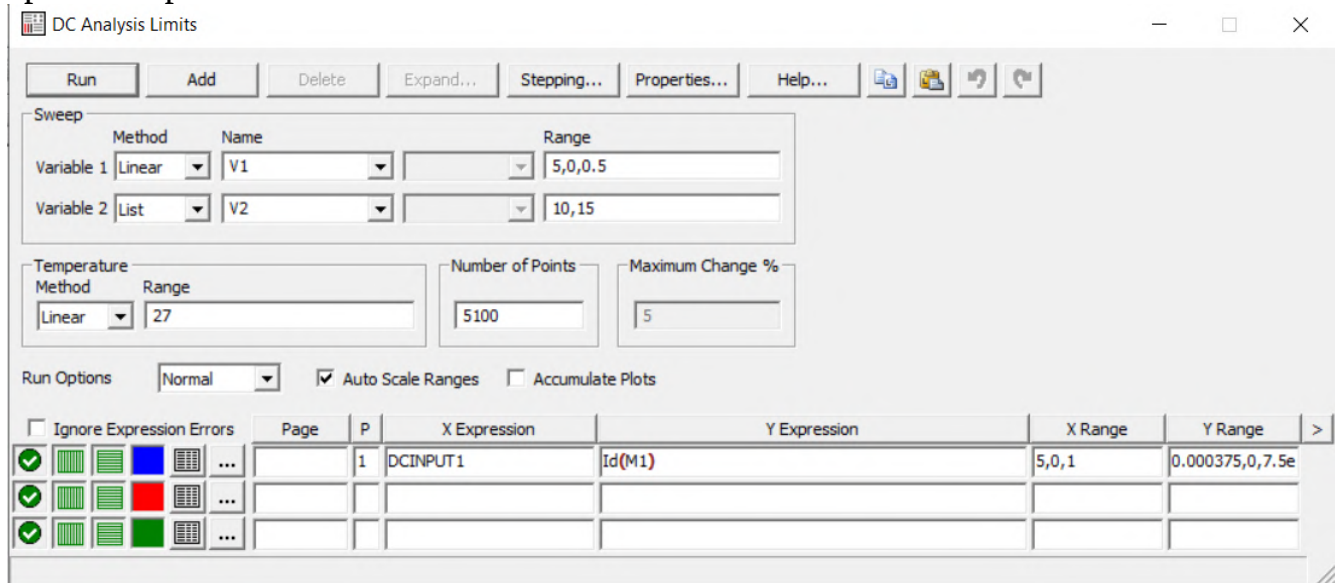
Коэффициент усиления приблизительно равен $2 / 0.2 = 10$

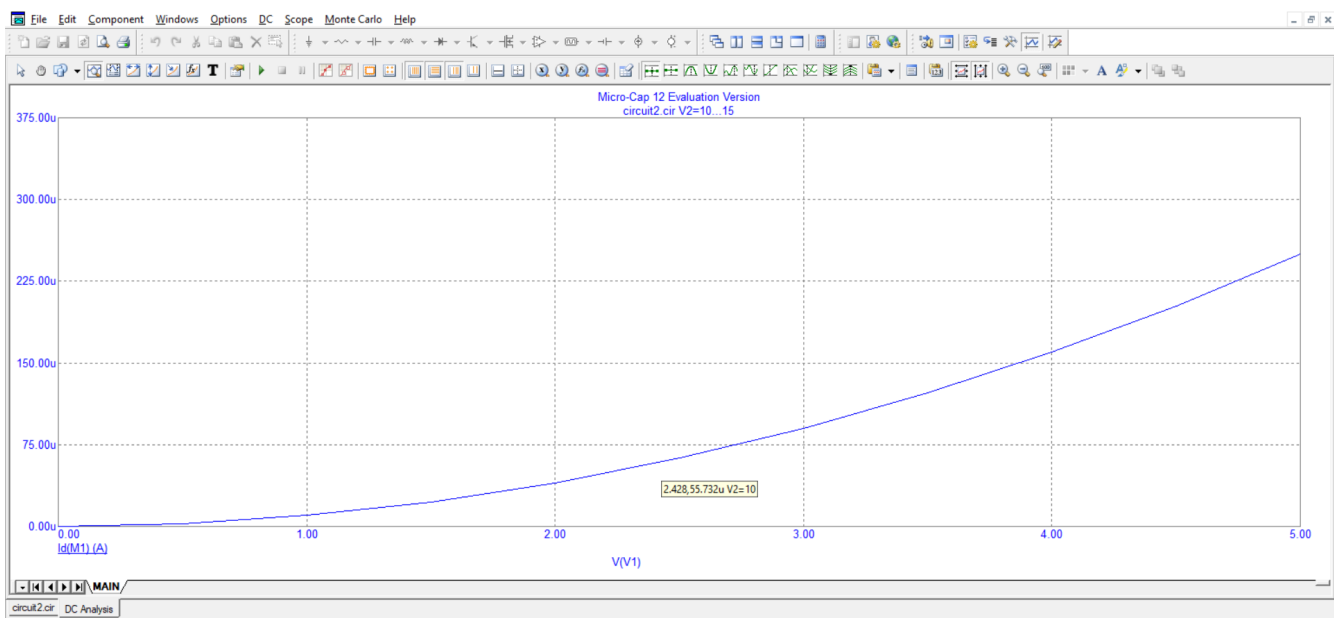
Аналогично получаем характеристики NMOS.

Переходные характеристики NMOS:

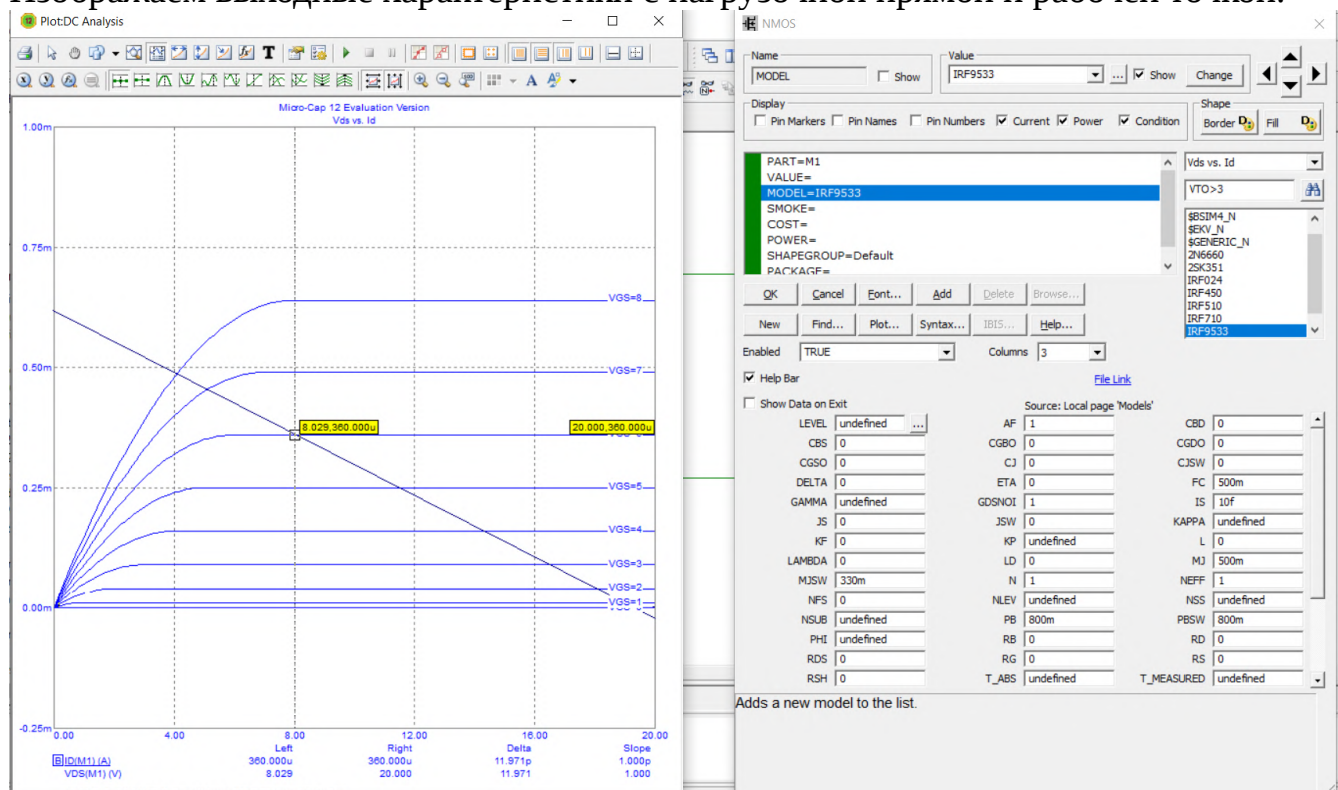


Настроим анализ постоянного тока (DC) для получения переходных характеристик транзистора.



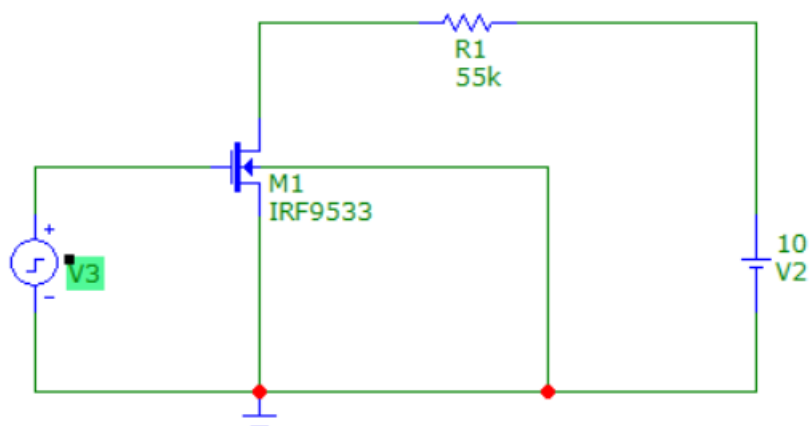


Изображаем выходные характеристики с нагрузочной прямой и рабочей точкой.

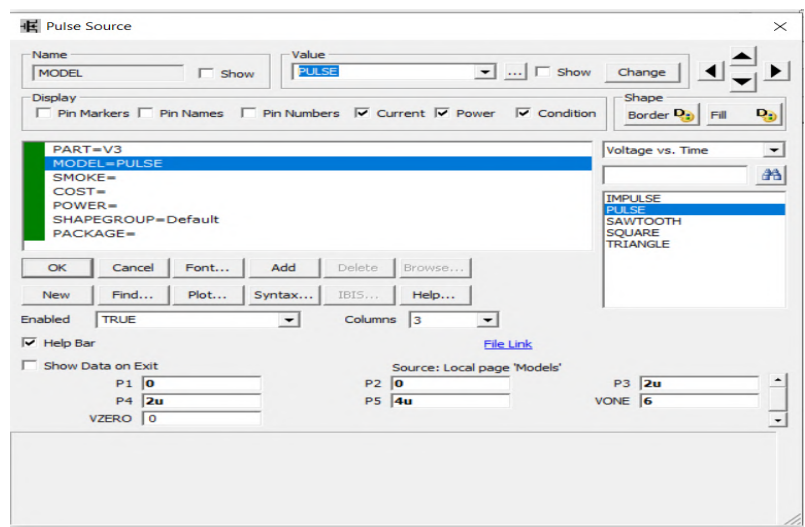


Сопротивление стока: $R_d = E_{пит} / I_d = 20 \text{ В} / 360 \text{ мкА} = 55 \text{ кОм}$. $V_{one} = V_{gs} = 6 \text{ В}$.

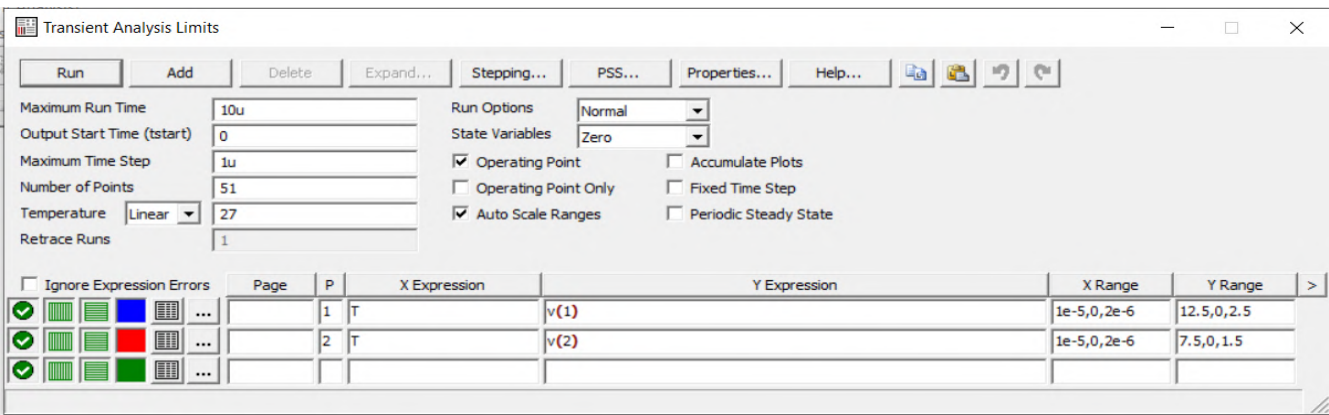
Строим схему ключа на транзисторе:

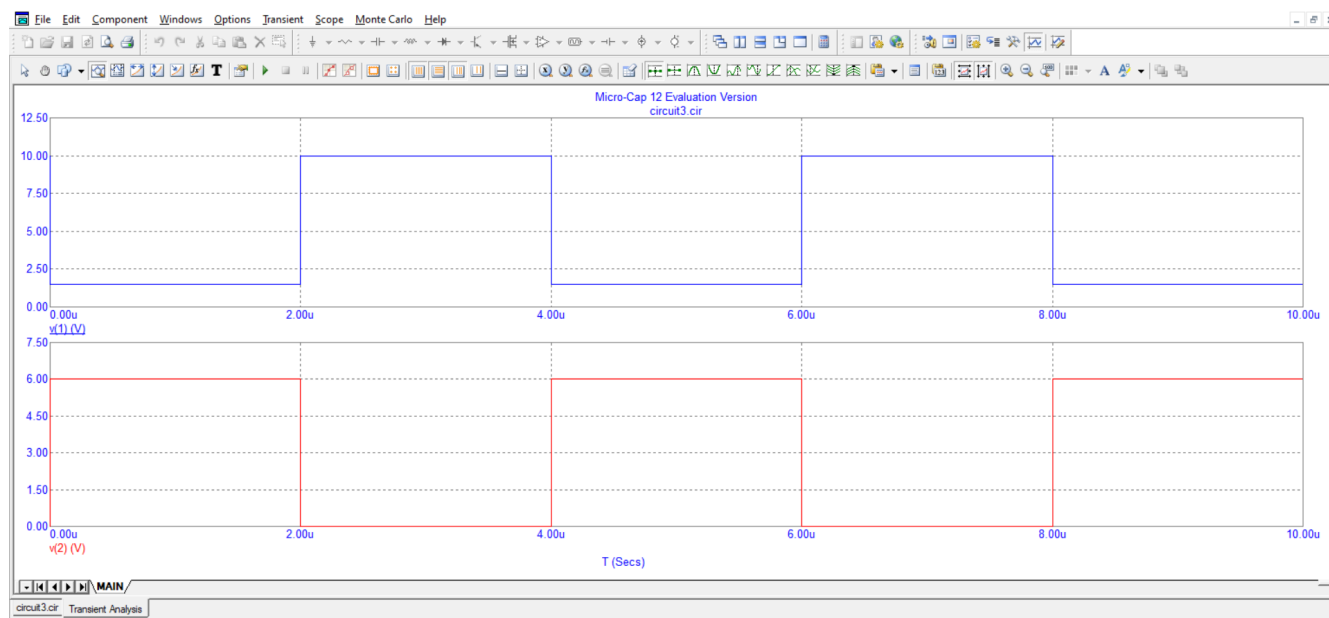


Параметры генератора



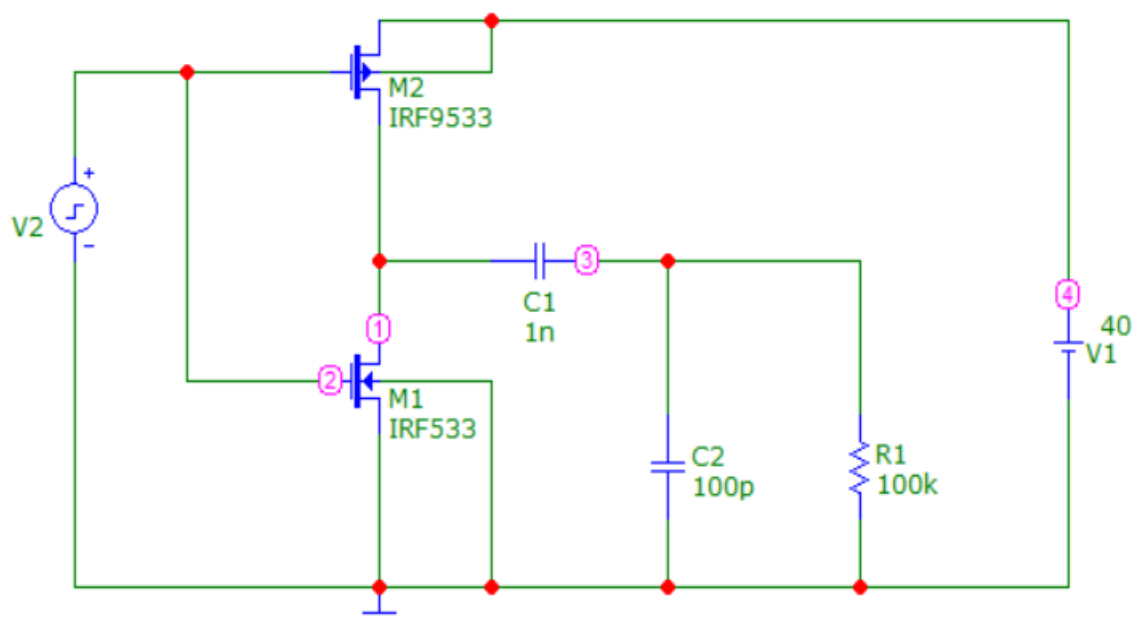
Строим график с помощью Transient:





ЭКСПЕРИМЕНТ 8.

Комплементарные схемы. Инвертор на основе КМОП ключа.



Настраиваем Transient:

Transient Analysis Limits

Run Add Delete Expand... Stepping... PSS... Properties... Help...

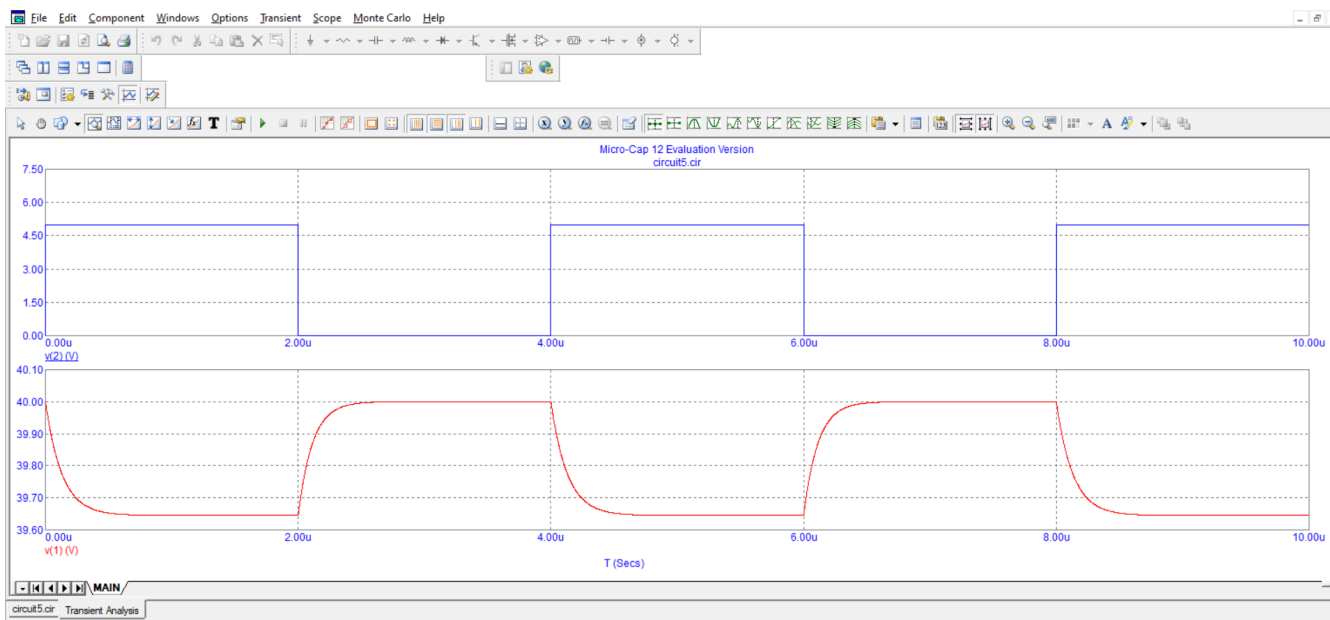
Maximum Run Time: 10u
Output Start Time (tstart): 0
Maximum Time Step: 1n
Number of Points: 5100
Temperature: Linear 27
Retrace Runs: 1

Run Options: Normal
State Variables: Zero

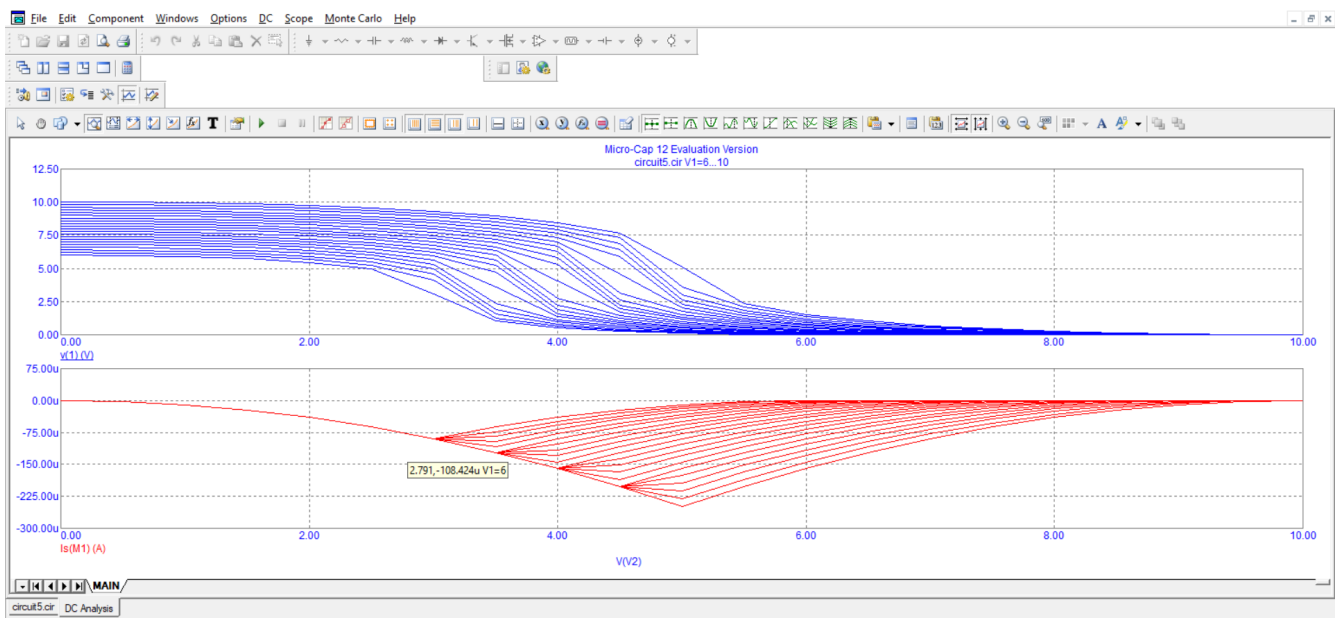
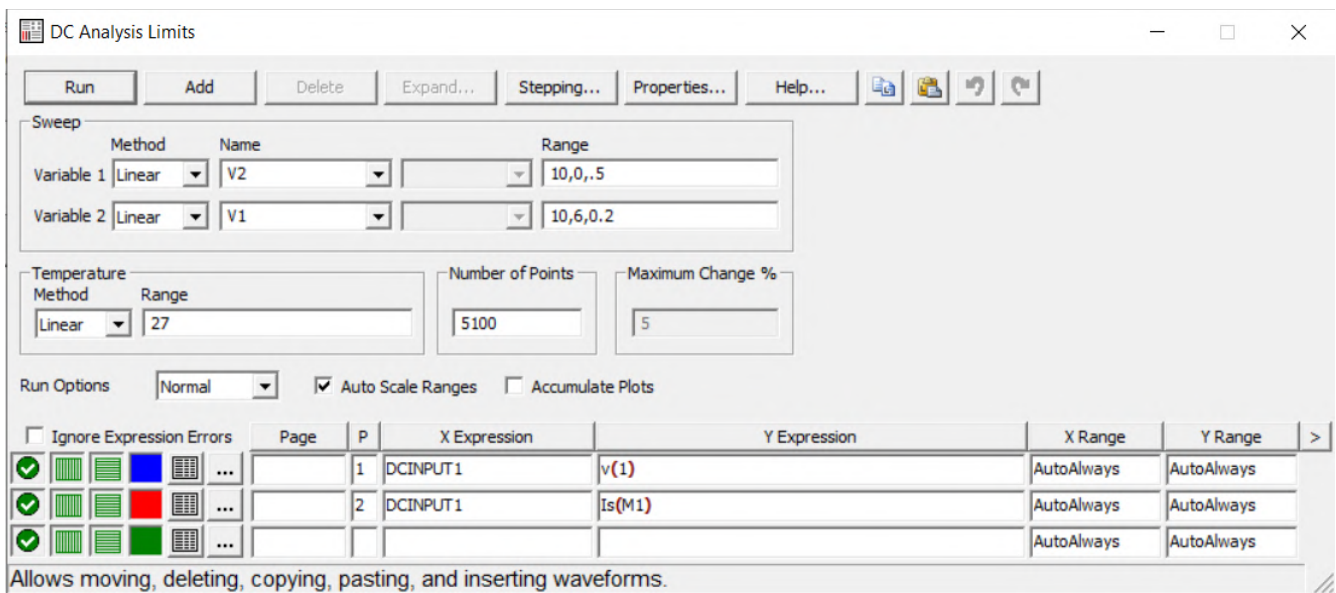
☒ Operating Point ☐ Accumulate Plots
☐ Operating Point Only ☐ Fixed Time Step
☐ Auto Scale Ranges ☐ Periodic Steady State

☐ Ignore Expression Errors

Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
1	1	T	v(2)	AutoAlways	AutoAlways
2	2	T	v(1)	AutoAlways	AutoAlways
				AutoAlways	AutoAlways

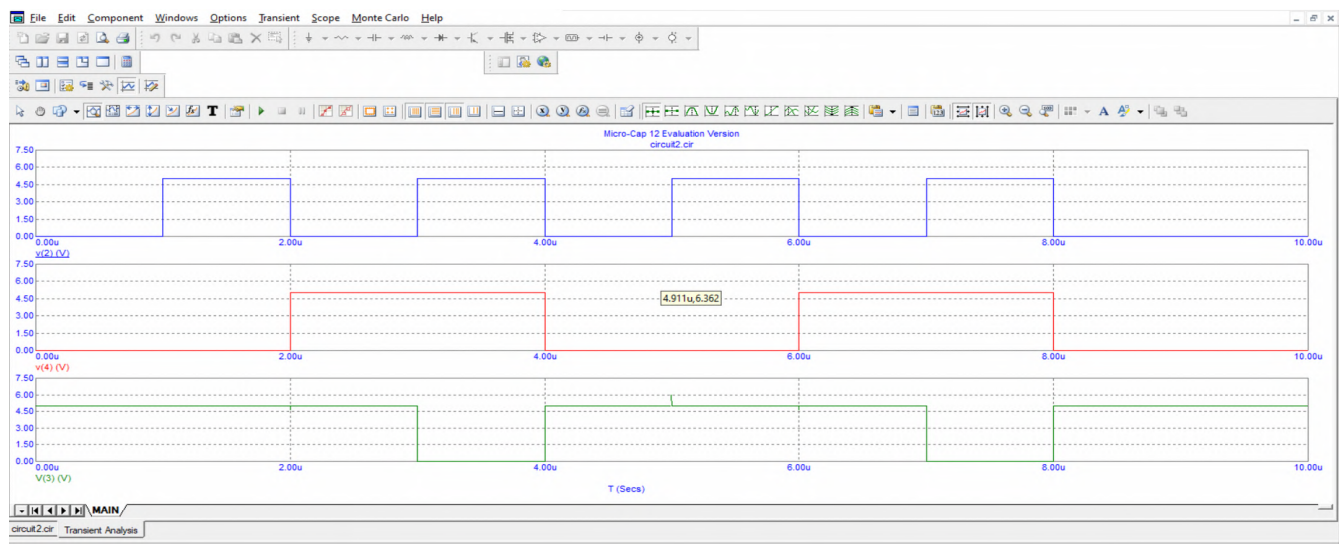
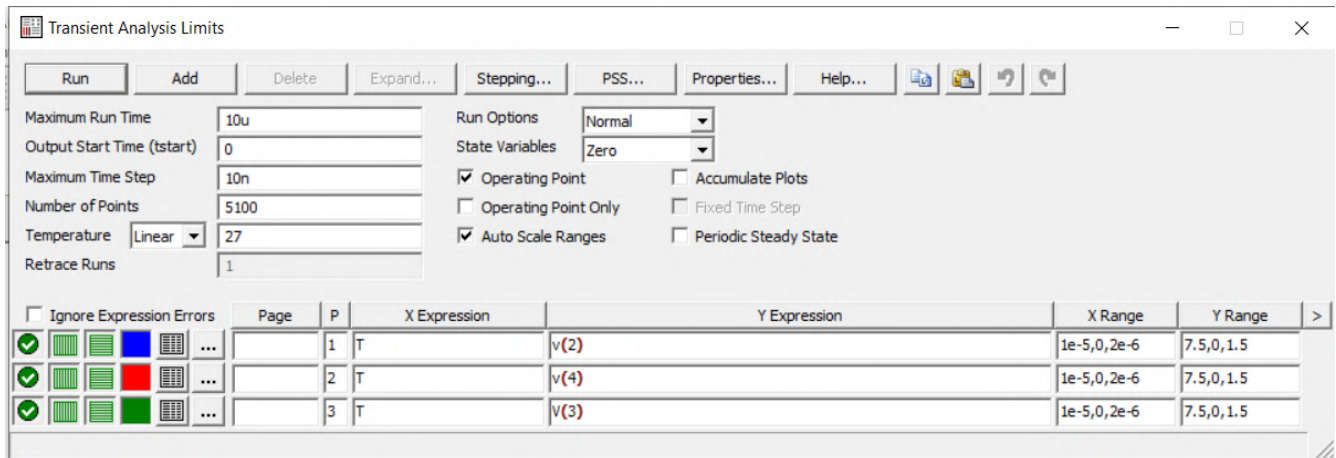
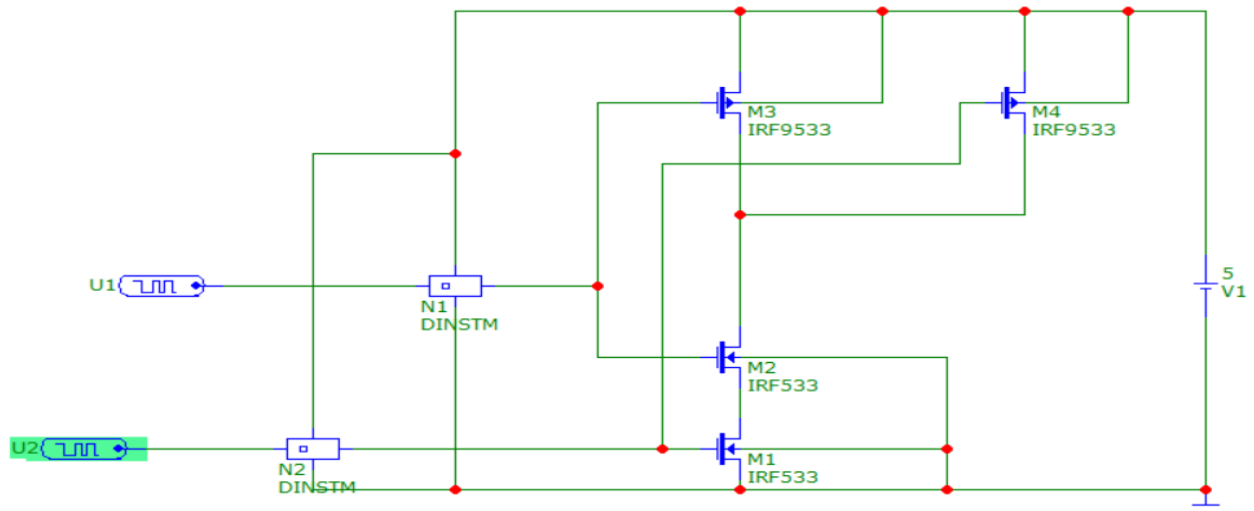


Настроим анализ постоянного тока (DC) для получения переходных характеристик транзистора.



Получим передаточные характеристики с помощью анализа по постоянному току. Исходя из полученных характеристик, определим напряжения, при которых открываются транзисторы – 3 В и 5.03 В, а также максимальный ток – 0.24 мА. Здесь, как и ранее, в качестве "нулевого" уровня тока выбрано значение тока в 1/1000 от максимального.

Разрабатываем логический элемент 2И-НЕ:



Разрабатываем структуру ячейки триггера статической памяти.



MODEL ☐ Show ☒ Show

Display ☐ Pin Markers ☐ Pin Names ☐ Pin Numbers ☒ Current ☒ Power ☒ Condition

PART=M5
VALUE=
MODEL=IRF533
SMOKE=
COST=
POWER=
SHAPEGROUP=Default
PACKAGE=TO-220AB

OK Cancel Font... Add Delete Browse...
New Find... Plot... Syntax... IBIS... Help...

Enabled Columns

☒ Help Bar [File Link](#)

☐ Show Data on Exit

LEVEL	<input type="text" value="undefined"/>	...
CBS	<input type="text" value="0"/>	
CGSO	<input type="text" value="983.162p"/>	
DELTA	<input type="text" value="0"/>	
GAMMA	<input type="text" value="0"/>	
JS	<input type="text" value="10n"/>	
KF	<input type="text" value="0"/>	

Source: Global library located at IRPMOS.LBR

AF	<input type="text" value="1"/>	CBD	<input type="text" value="1.05702n"/>
CGBO	<input type="text" value="0"/>	CGDO	<input type="text" value="531.765p"/>
CJ	<input type="text" value="0"/>	CJSW	<input type="text" value="0"/>
ETA	<input type="text" value="0"/>	FC	<input type="text" value="500m"/>
GDSNOI	<input type="text" value="0"/>	IS	<input type="text" value="10f"/>
JSW	<input type="text" value="0"/>	KAPPA	<input type="text" value="undefined"/>
KP	<input type="text" value="20u"/>	L	<input type="text" value="2u"/>

Description: Unit cost for Bill of Materials calculation of total circuit cost.
Syntax: [value]
Example: .07

Run		Add	Delete	Expand...	Stepping...	PSS...	Properties...	Help...				
Maximum Run Time	100u			Run Options	Normal							
Output Start Time (tstart)	0			State Variables	Zero							
Maximum Time Step	1u			<input checked="" type="checkbox"/> Operating Point	<input type="checkbox"/> Accumulate Plots							
Number of Points	51			<input type="checkbox"/> Operating Point Only	<input type="checkbox"/> Fixed Time Step							
Temperature	Linear			<input checked="" type="checkbox"/> Auto Scale Ranges	<input type="checkbox"/> Periodic Steady State							
Retrace Runs	1											

<input type="checkbox"/> Ignore Expression Errors	Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
<input checked="" type="checkbox"/>		1	T	v(5)	AutoAlways	AutoAlways
<input checked="" type="checkbox"/>		2	T	v(3)	AutoAlways	AutoAlways
<input checked="" type="checkbox"/>		3	T	v(6)	AutoAlways	AutoAlways

Полученный график:

