

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Дисциплина электроника
Лабораторный практикум №7
по теме: «Полевой транзистор»

Работу выполнила:

студентка группы ИУ7-34Б

Татарина Дарья

Работу проверил:

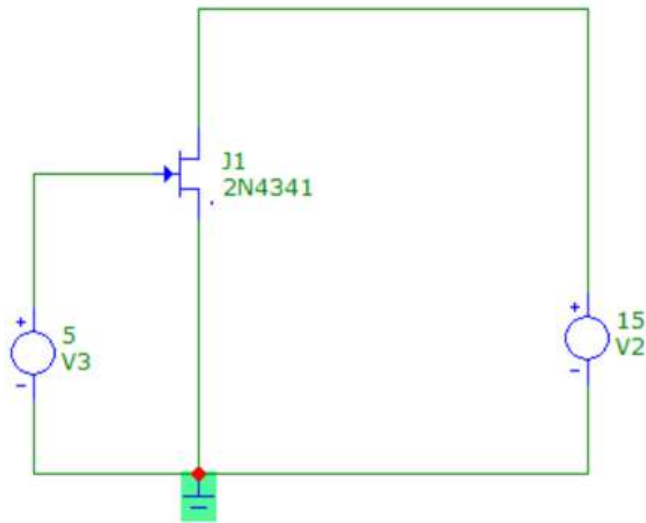
Оглоблин Д.И.

Москва, 2021 г.

Экспериментальная часть

Были использованы транзисторы NJFET 2N434, NMOS IRF533, PMOS IRF9540.

Характеристика NJFET



DC Analysis Limits

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

Sweep

Variable	Method	Name	Range
Variable 1	Linear	V3	0,-5,0.25
Variable 2	List	V2	10,15

Temperature

Method	Range
Linear	27

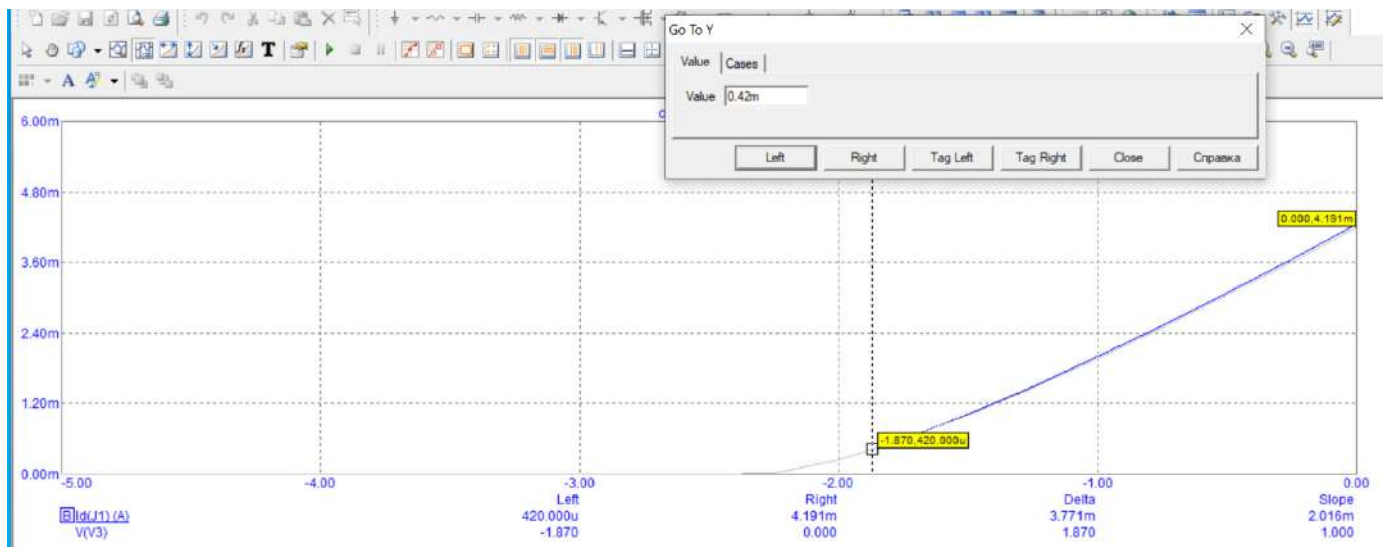
Number of Points: 51

Maximum Change %: 5

Run Options: Normal ☒ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

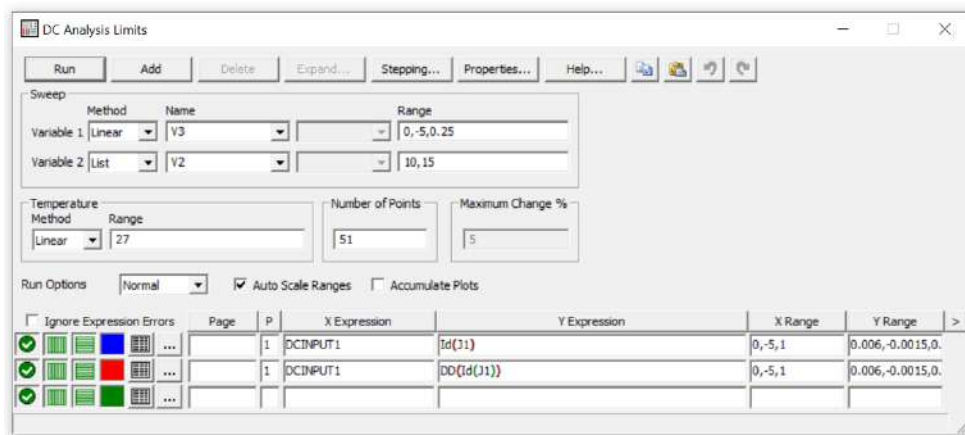
☐ Ignore Expression Errors

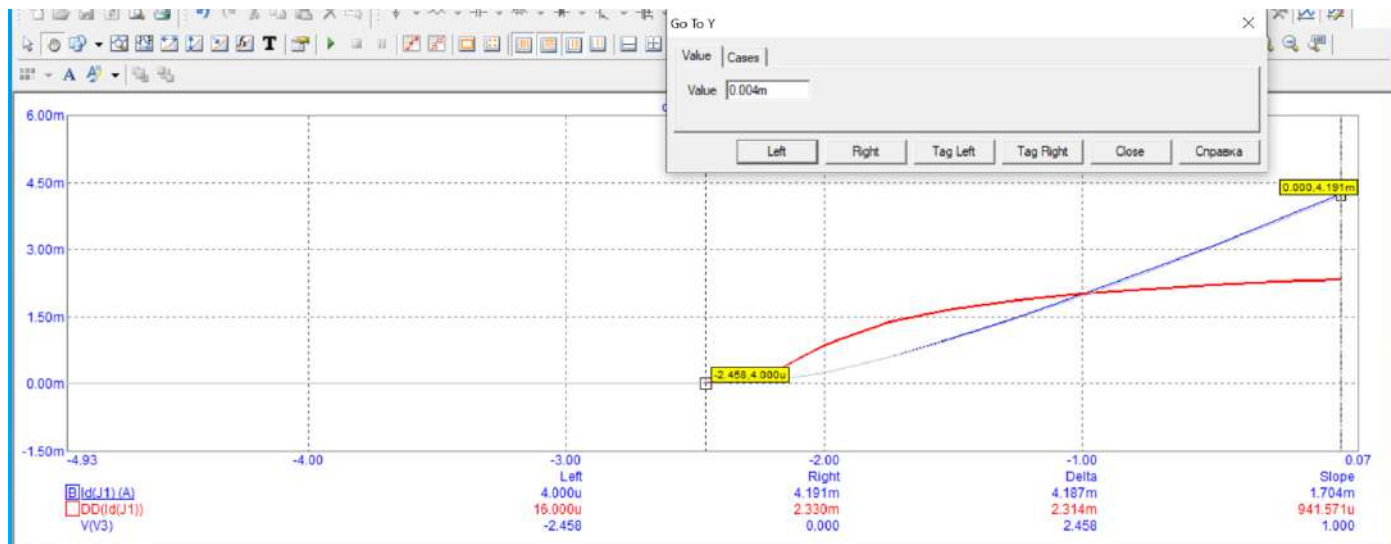
Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range	>
1	1	DCINPUT1	Id(J1)	0,-5,1	0.006,0,0.0012	



На передаточной характеристике NJFET находим, при каком напряжении на затворе ток стока составляет 0,1 начального тока стока (т. е. напряжение, при котором транзистор закрывается). Оно приблизительно равно -1.87 В. По этой же характеристике определяем: начальный ток стока ≈ 4.2 мА, напряжение отсечки (считаем, что это напряжение, при котором ток стока стал не больше 1/1000 исходного) ≈ -2.46 В и, построив дополнительно график производной зависимости тока стока от напряжения на затворе, максимальную крутизну характеристики ≈ 2.3 мА/В. Рассчитываем максимальную крутизну по формуле: $S_{max} = 2 \cdot I_{сисх} / |U_{отсечки}| = 2 \cdot 4.2 \text{ мА} / 2.46 \text{ В} \approx 3.4 \text{ мА/В}$. Расчетное и экспериментальные значения отличаются приблизительно на 1.1 мА/В.

Для той же схемы строим выходную характеристику NJFET. Параметры анализа по постоянному току для получения такой характеристики приведены на скриншотах.





DC Analysis Limits

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

Sweep

Variable	Method	Name	Range
Variable 1	Linear	V2	15,0,1
Variable 2	Linear	V3	0,-3,0.5

Temperature

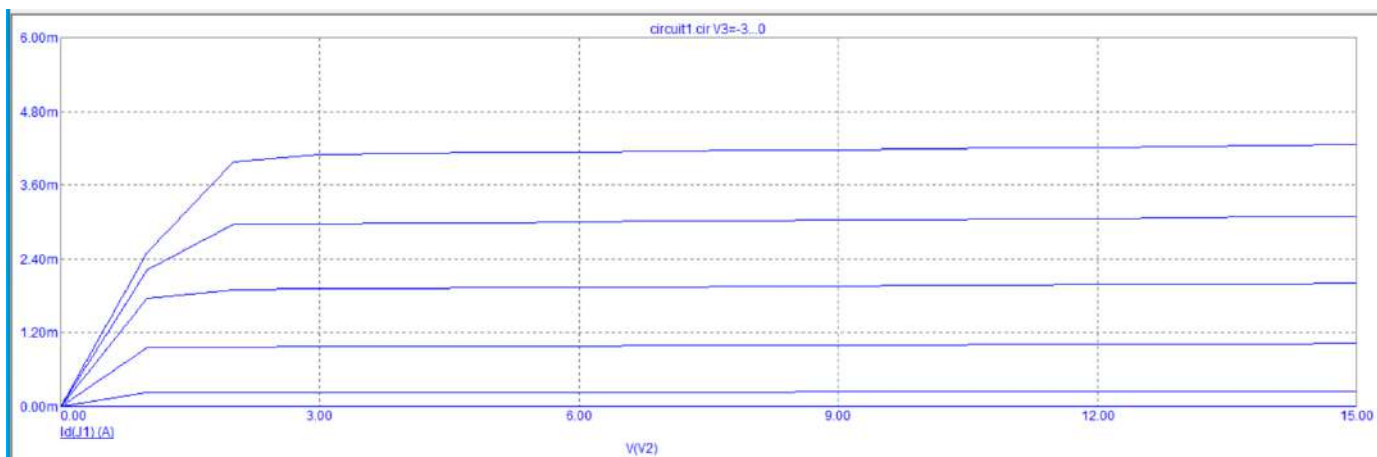
Method	Range
Linear	27

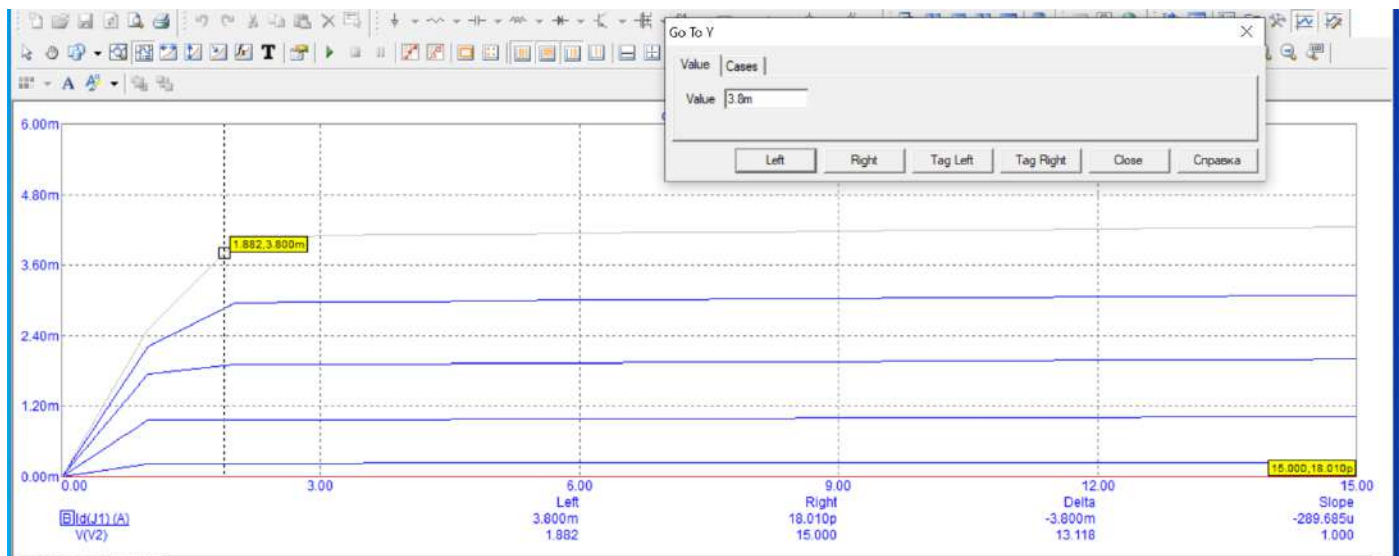
Number of Points: 51

Maximum Change %: 5

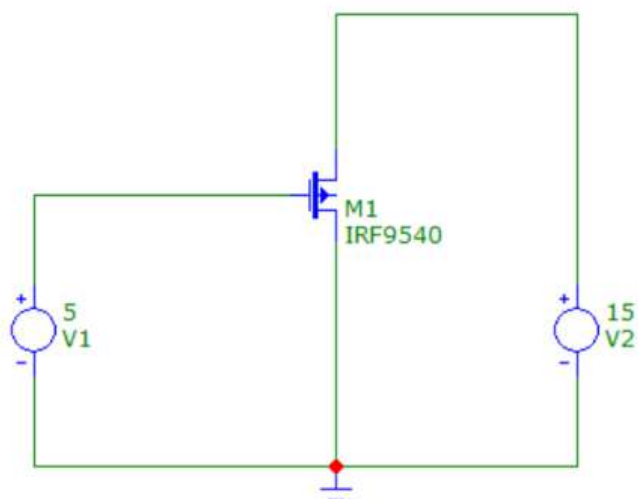
Run Options: Normal ☒ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

Ignore Expression Errors	Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
<input checked="" type="checkbox"/>		1	DCINPUT1	Id(J1)	15,0,3	0.006,0,0.0012
<input checked="" type="checkbox"/>		1	DCINPUT1	DD(Id(J1))	15,0,3	0.006,0,0.0012





Характеристика PMOS



DC Analysis Limits

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

Sweep

Variable	Method	Name	Range
Variable 1	Linear	V1	0,-5,0.25
Variable 2	List	V2	-10,-15

Temperature

Method	Range
Linear	27

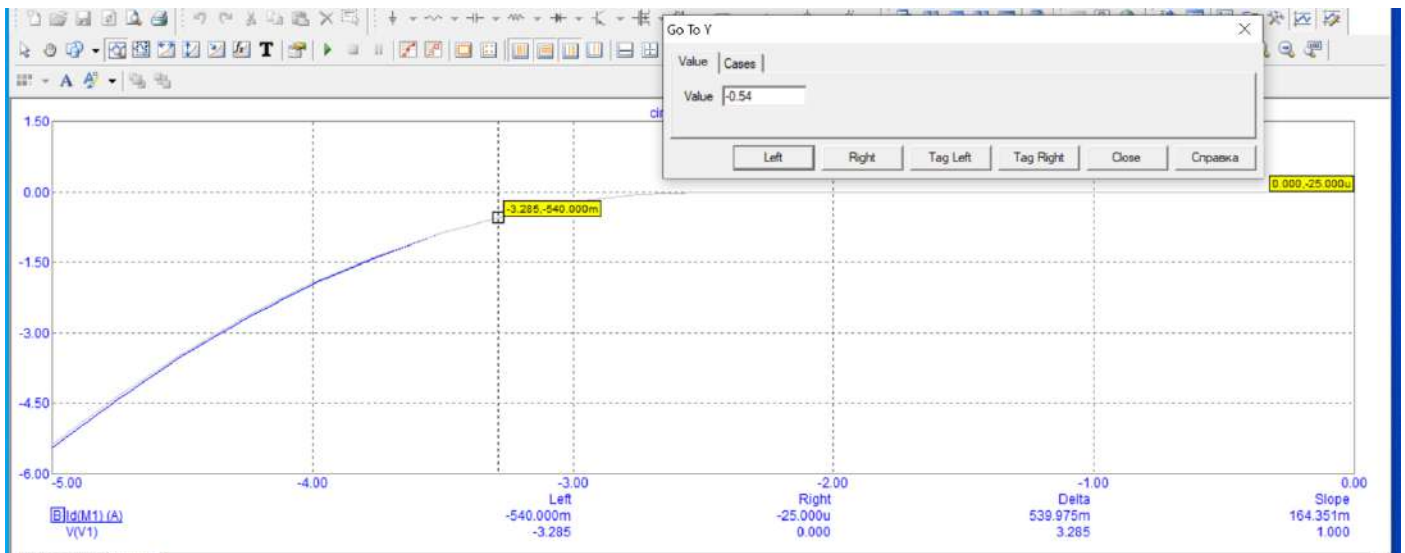
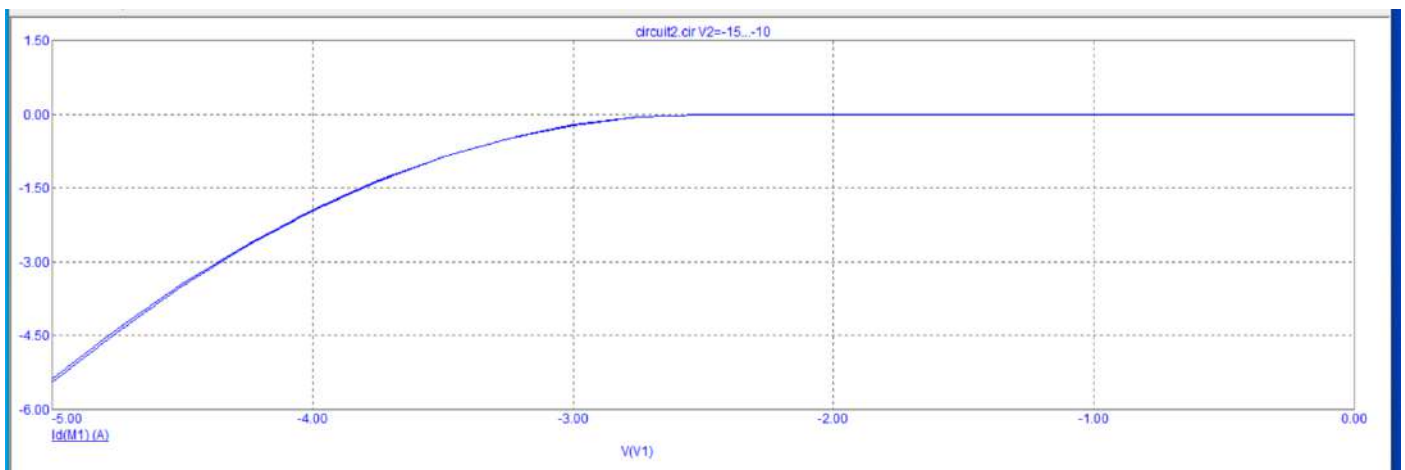
Number of Points: 51

Maximum Change %: 5

Run Options: Normal ☒ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

☐ Ignore Expression Errors

	Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
<input checked="" type="checkbox"/>		1	DCINPUT1	Id(M1)	Auto	Auto
<input checked="" type="checkbox"/>						
<input checked="" type="checkbox"/>						



DC Analysis Limits

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

Sweep

Variable	Method	Name	Range
Variable 1	Linear	V2	0,-15,0.5
Variable 2	Linear	V1	-3,-5,0.5

Temperature

Method	Range
Linear	27

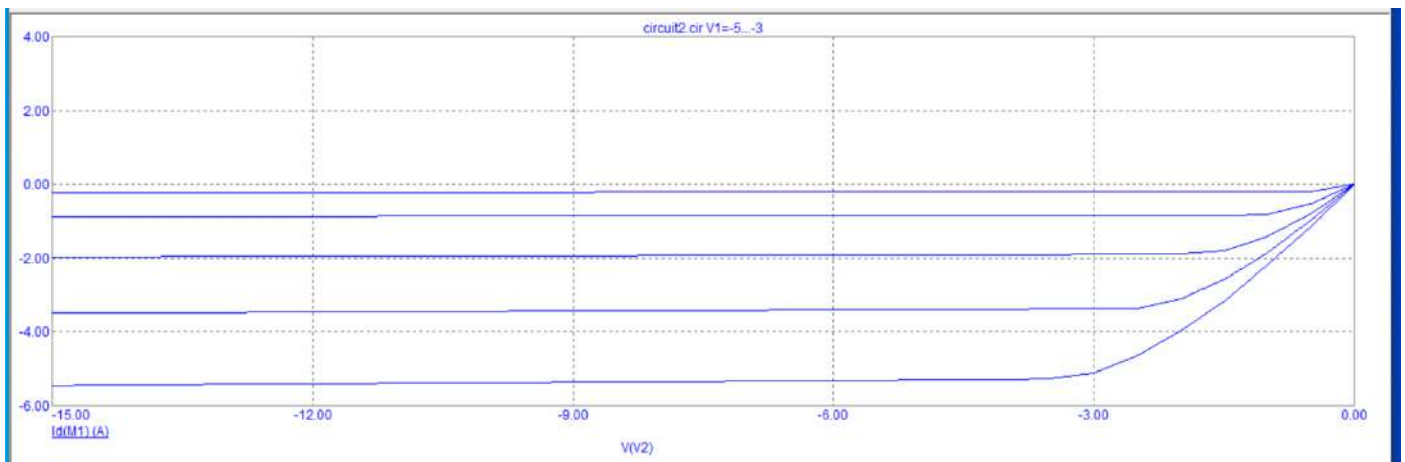
Number of Points: 51

Maximum Change %: 5

Run Options: Normal ☒ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

☐ Ignore Expression Errors

	Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range	>
<input checked="" type="checkbox"/>		1	DCINPUT1	Id(M1)	0,-15,3	4,-6,2	
<input checked="" type="checkbox"/>							
<input checked="" type="checkbox"/>							



JFET как усилитель

Для исследования свойств JFET как усилителя собираем схему. Подаем на вход гармонический сигнал 20mV частотой 1 кГц.

Sine Source

Name: ☐ Show

Value: ☒ Show

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

Shape:

PART=V2
MODEL=1MHZ
 SMOKE=
 COST=
 POWER=
 SHAPEGROUP=Default
 PACKAGE=

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

Enabled: Columns:

☒ Help Bar [File Link](#)

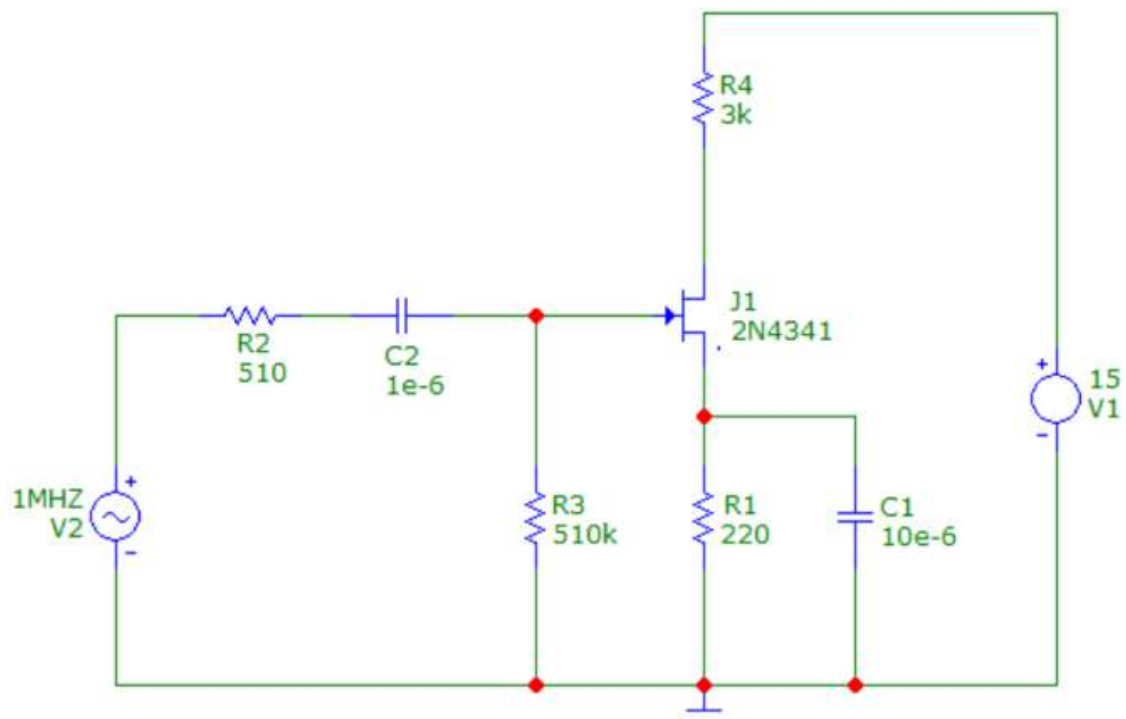
☐ Show Data on Exit

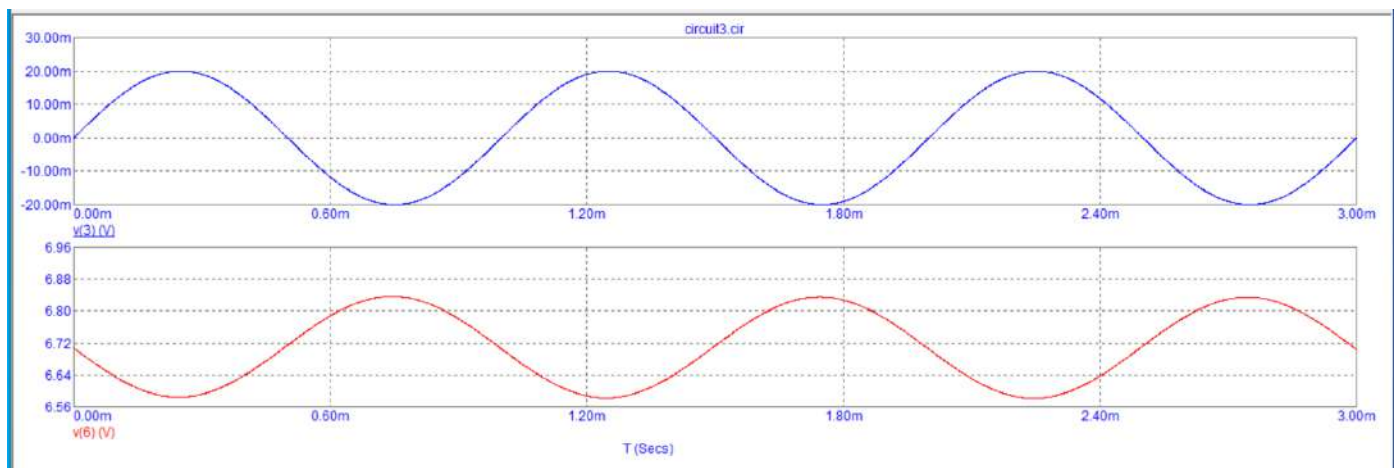
Source: Local page 'Models'

A	<input type="text" value="20m"/>	DC	<input type="text" value="0"/>	F	<input type="text" value="1K"/>
PH	<input type="text" value="0"/>	RP	<input type="text" value="0"/>	RS	<input type="text" value="1m"/>
TAU	<input type="text" value="0"/>				

Voltage vs. Time

1KHZ
1MHZ
 3PHASEA
 3PHASEB
 3PHASEC
 60HZ
 GENERAL





Полевой транзистор в импульсном режиме

Sine Source

Name: MODEL Value: GENERAL

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

Shape: Voltage vs. Time

Border: D₀ Fill: D₀

PART=V1
MODEL=GENERAL
SMOKE=
COST=
POWER=
SHAPEGROUP=Default
PACKAGE=

10KHZ
3PHASEA
3PHASEB
3PHASEC
60KHZ
GENERAL

OK Cancel Font... Add Delete Browse...

New Find... Plot... Syntax... IBIS... Help...

Enabled: TRUE Columns: 3

☒ Help Bar [File Link](#)

☐ Show Data on Exit

Source: Local page 'Models'

A: 5 DC: 0 F: 2k
PH: 0 RP: 0 RS: 1m
TAU: 0

Pulse Source

Name: MODEL Value: PULSE

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

Shape: Voltage vs. Time

Border: D₀ Fill: D₀

PART=V2
MODEL=PULSE
SMOKE=
COST=
POWER=
SHAPEGROUP=Default
PACKAGE=

IMPULSE
PULSE
SAWTOOTH
SQUARE
TRIANGLE

OK Cancel Font... Add Delete Browse...

New Find... Plot... Syntax... IBIS... Help...

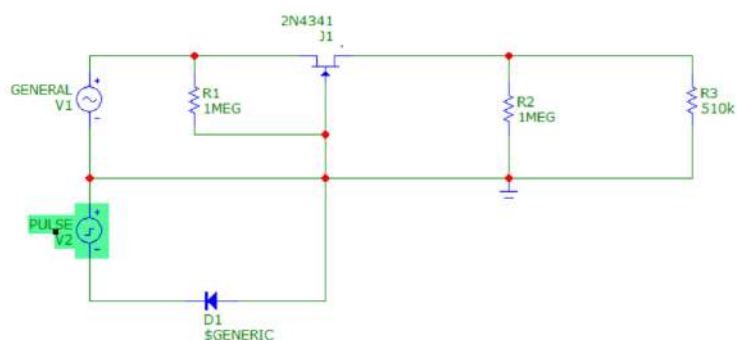
Enabled: TRUE Columns: 3

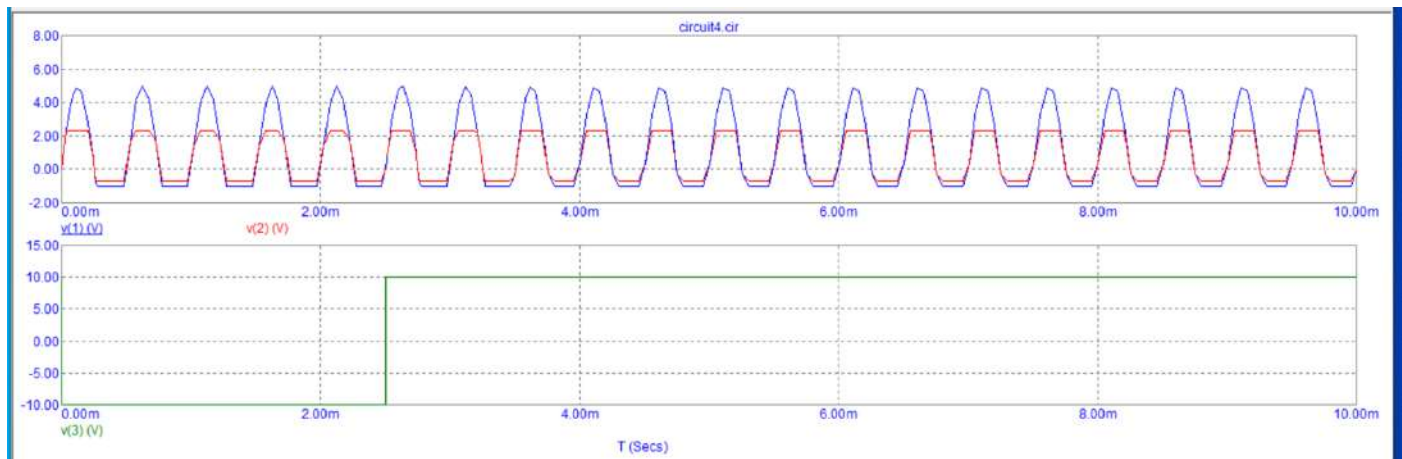
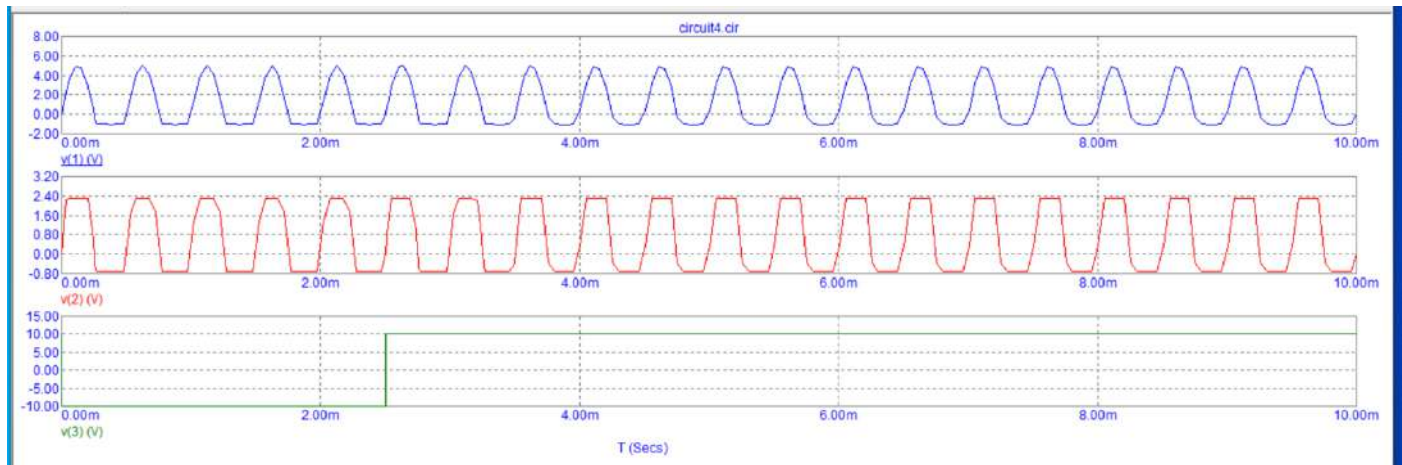
☒ Help Bar [File Link](#)

☐ Show Data on Exit

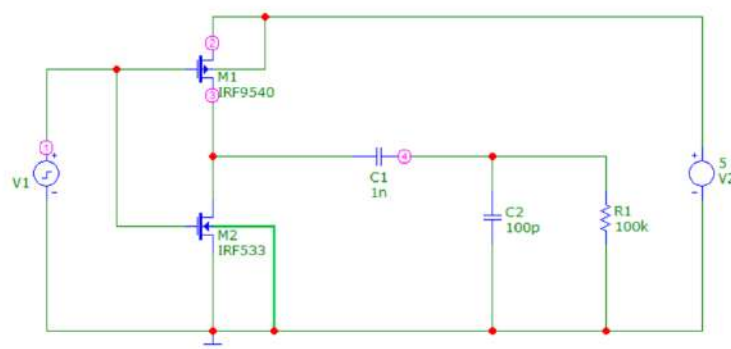
Source: Local page 'Models'

P1: 100n P2: 110n P3: 2.5m
P4: 2.501m P5: 5.001m VONE: 10
VZERO: -10

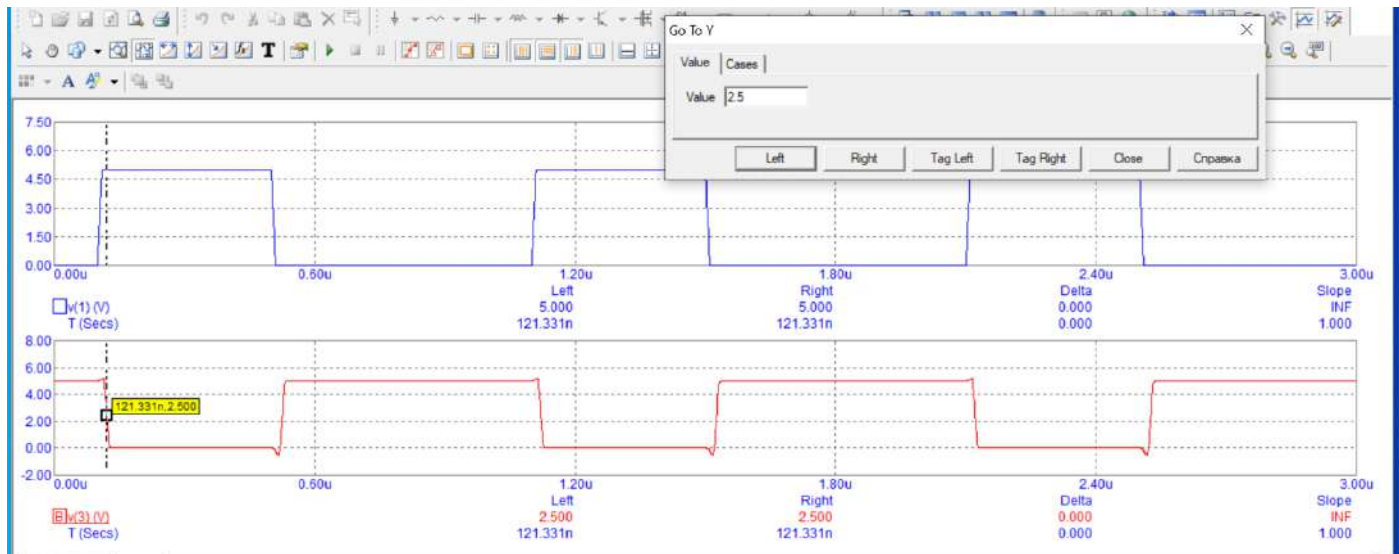
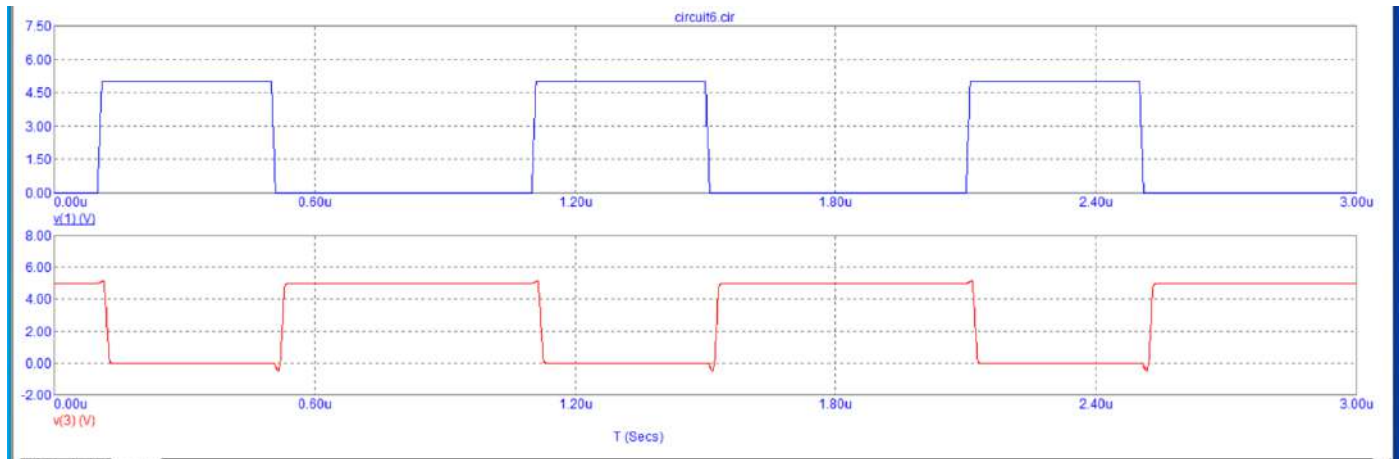




Инвертор на основе КМОП ключа



Transient Analysis Limits						
Run	Add	Delete	Expand...	Stepping...	PSS...	Properties...
Maximum Run Time	3u			Run Options	Normal	
Output Start Time (tstart)	0			State Variables	Zero	
Maximum Time Step	1n			<input checked="" type="checkbox"/> Operating Point	<input type="checkbox"/> Accumulate Plots	
Number of Points	5100			<input type="checkbox"/> Operating Point Only	<input type="checkbox"/> Fixed Time Step	
Temperature	Linear	27		<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(1)		3e-6,0,6e-7	7.5,0,1.5
<input checked="" type="checkbox"/>	2	T	v(3)		3e-6,0,6e-7	8,-2,2



DC Analysis Limits

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

Sweep

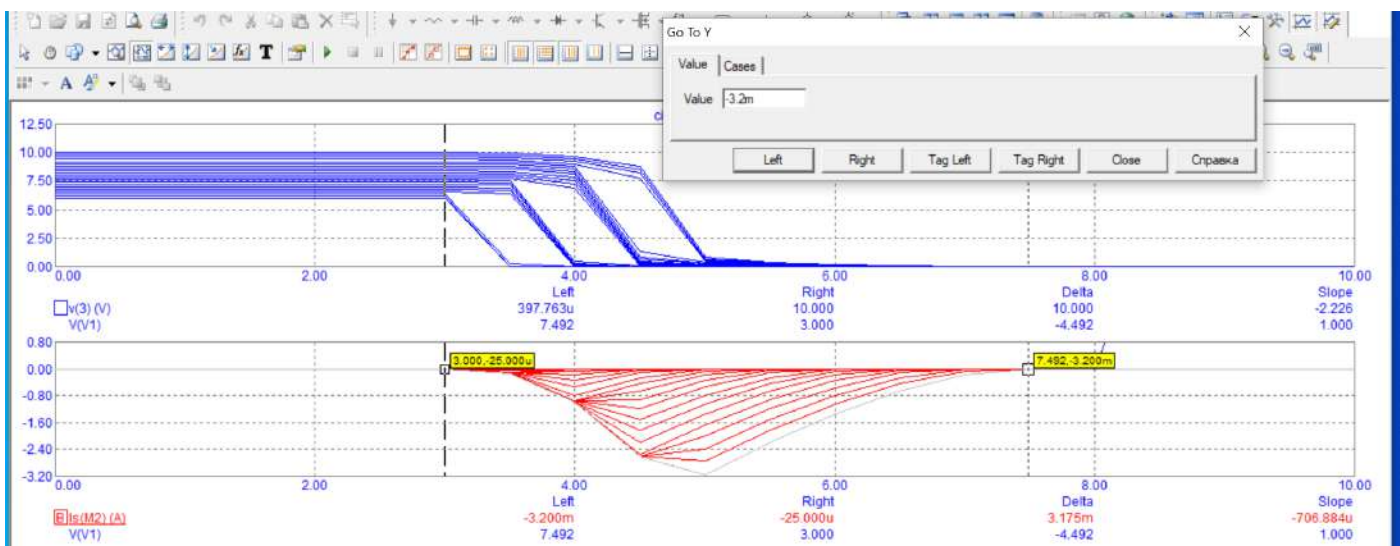
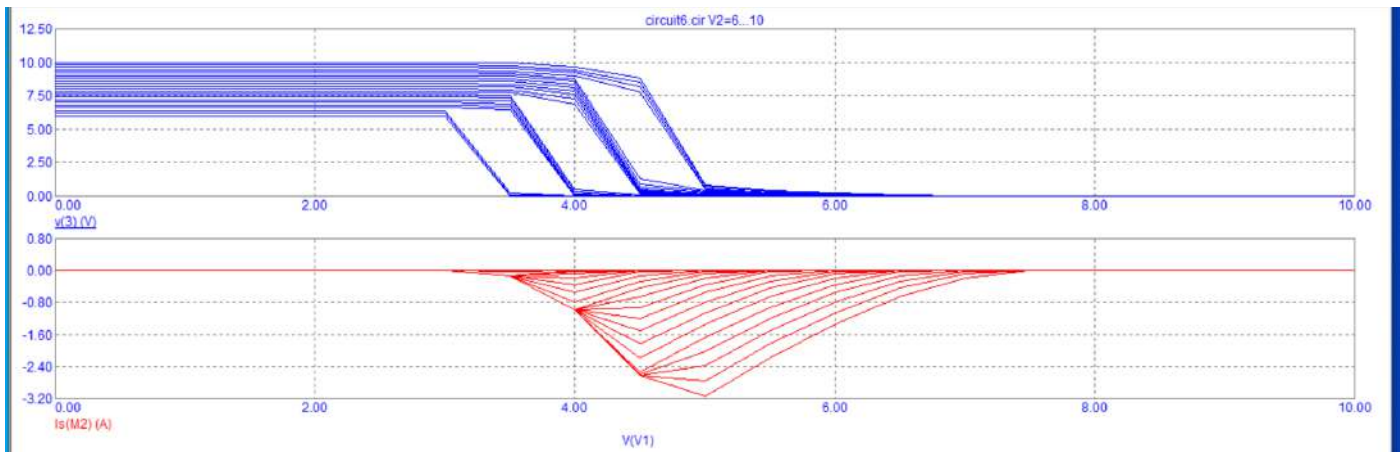
Variable	Method	Name	Range
Variable 1	Linear	V1	10,0..5
Variable 2	Linear	V2	10,6..2

Temperature

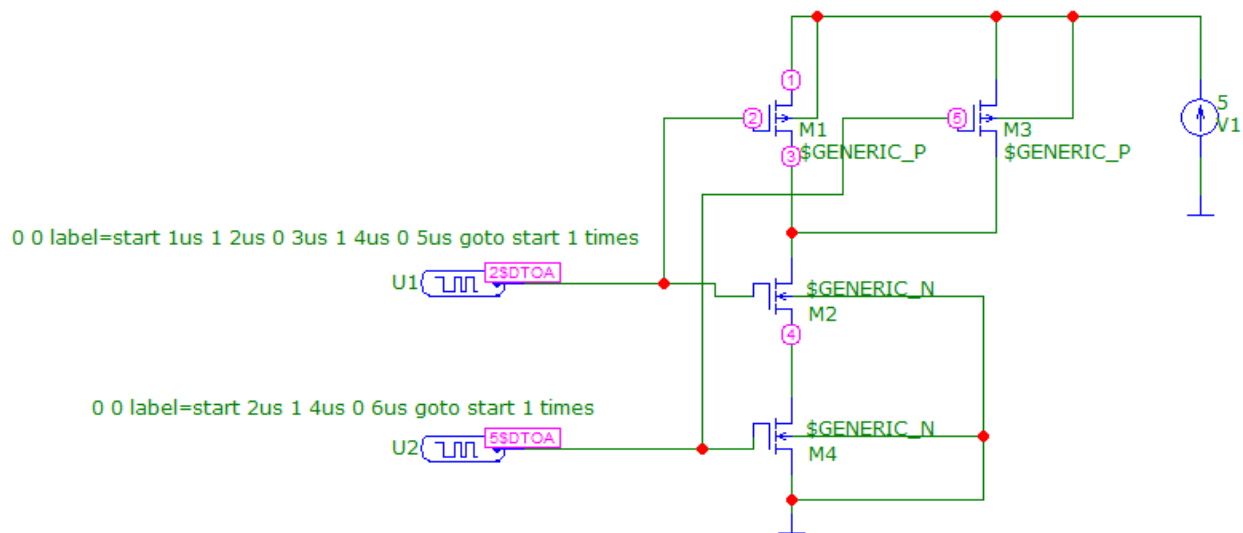
Method	Range	Number of Points	Maximum Change %
Linear	27	5100	5

Run Options: Normal ☒ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

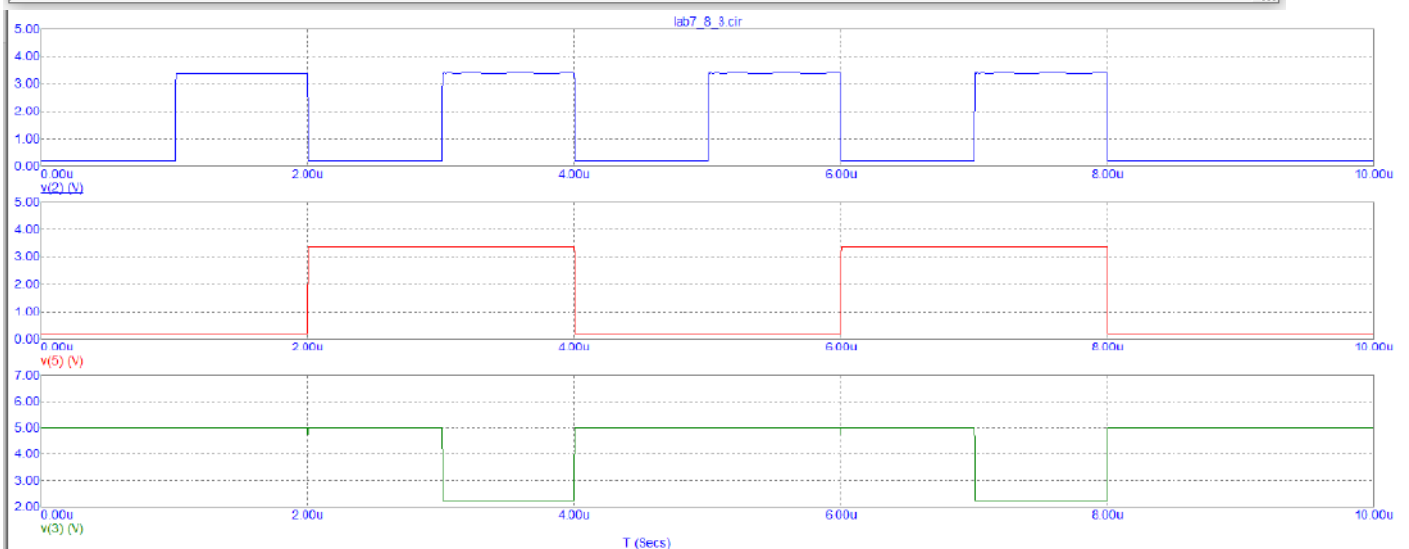
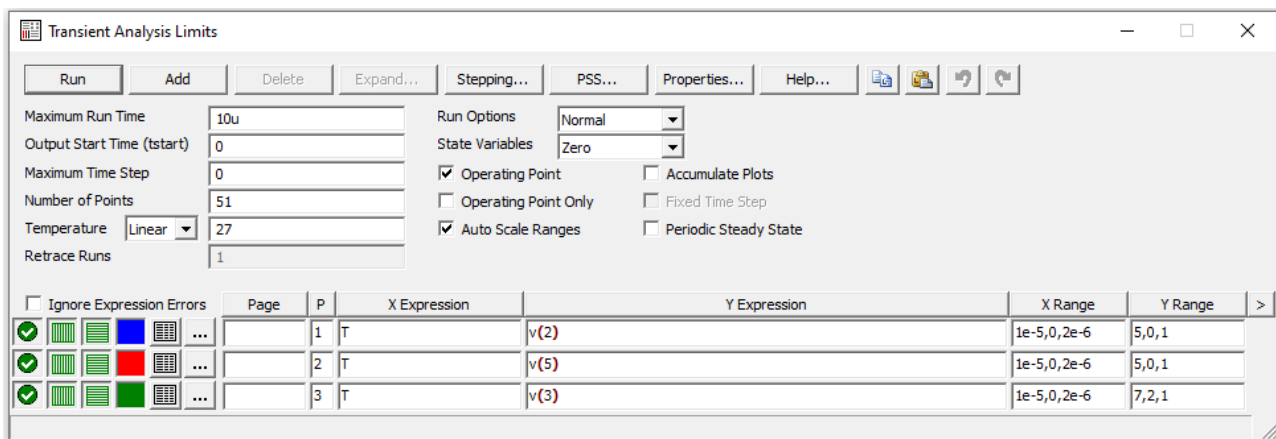
Ignore Expression Errors	Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
<input checked="" type="checkbox"/>		1	DCINPUT1	v(3)	10,0,2	12.5,0,2.5
<input checked="" type="checkbox"/>		2	DCINPUT1	is(M2)	10,0,2	0.8,-3.2,0.8
<input checked="" type="checkbox"/>					Auto	Auto

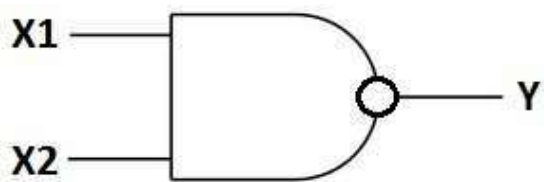


Логический элемент 2И-НЕ на полевых транзисторах NMOS и PMOS



Запускаем временной анализ. В результате действительно получаем моделирование работы логической функции 2И-НЕ: выходной сигнал равен единице тогда и только тогда, когда хотя бы один из входных сигналов равен 0.

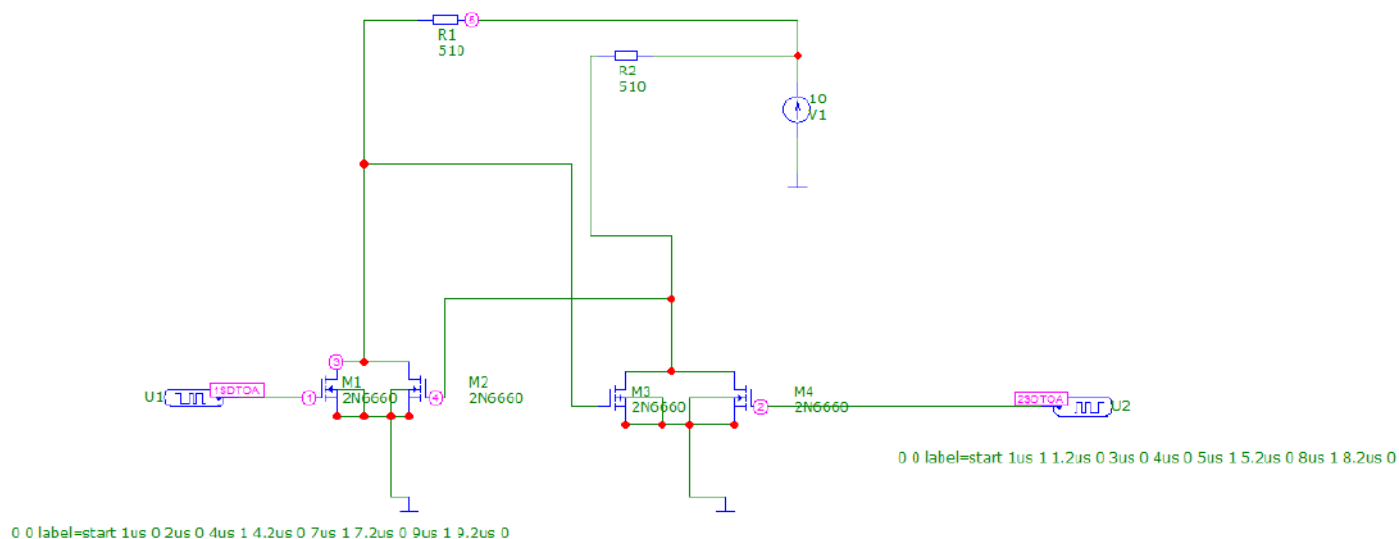




Вход X1	Вход X2	Выход Y
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Устройство ячейки триггера статической памяти

Собираем схему триггера.



Запускаем временной анализ с параметрами, показанными.

Transient Analysis Limits

Run

Add

Delete

Expand...

Stepping...

PSS...

Properties...

Help...

Maximum Run Time

10u

Run Options

Normal

Output Start Time (tstart)

0

State Variables

Zero

Maximum Time Step

1n

Operating Point

Accumulate Plots

Operating Point Only

Fixed Time Step

Temperature

Linear

27

Auto Scale Ranges

Periodic Steady State

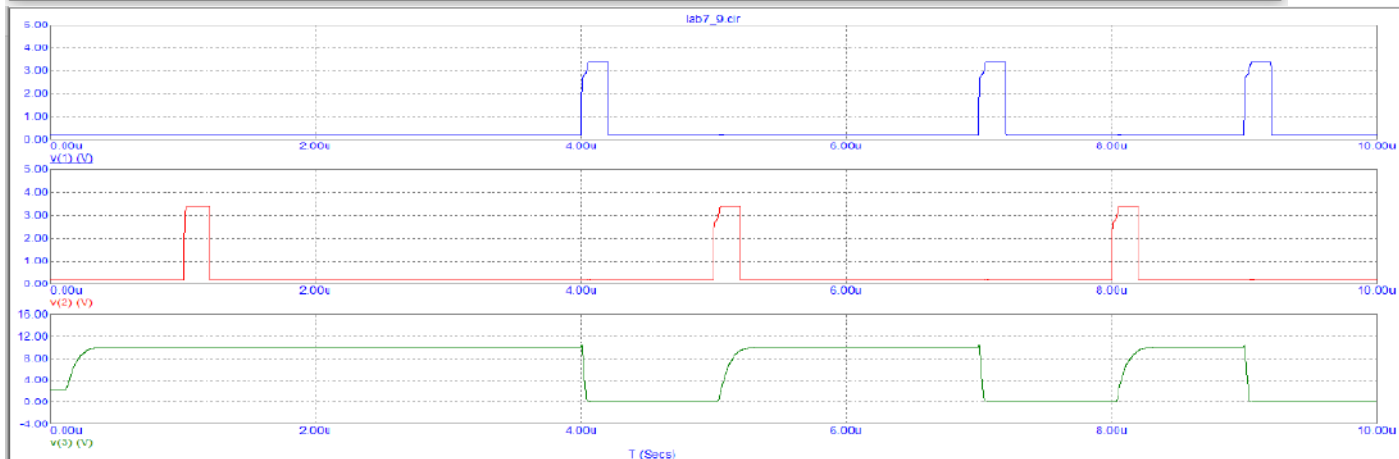
Retrace Runs

1

Ignore Expression Errors

Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
1	1	T	v(1)	1e-5,0,2e-6	5,0,1
2	2	T	v(2)	1e-5,0,2e-6	5,0,1
3	3	T	v(3)	1e-5,0,2e-6	16,-4,4

Specifies how many Retrace runs to do. The total run time will be this number times the Time Range.



Выходную последовательность можно приблизительно записать так (в том же виде, в котором задаются команды для генераторов STIM): 0 0 0.1us 1 4us 0 5us 1 7us 0 8us 1 9us 0.