

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Дисциплина электроника
Лабораторный практикум №7
по теме: «ПОЛЕВОЙ ТРАНЗИСТОР »

Работу выполнил:
студент группы ИУ7-33Б

Артемьев Илья
Работу проверил:
Оглоблин Д.И.

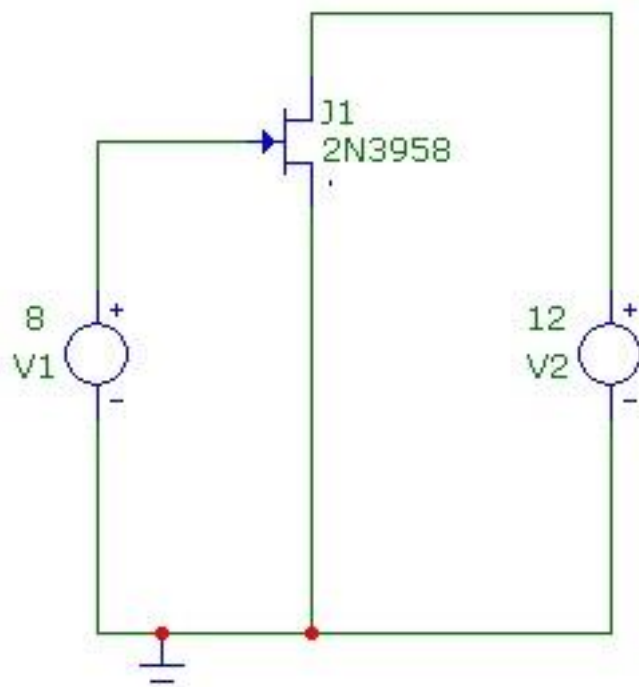
Москва, 2020 г.

Цель работы:

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

Эксперимент 7

NJFET транзистор – 2N3958



Передаточная характеристика:

DC Analysis Limits

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

Sweep

Variable	Method	Name	Range
Variable 1	Linear	V1	-0.5,-5,0.1
Variable 2	List	V2	2,5,10

Temperature

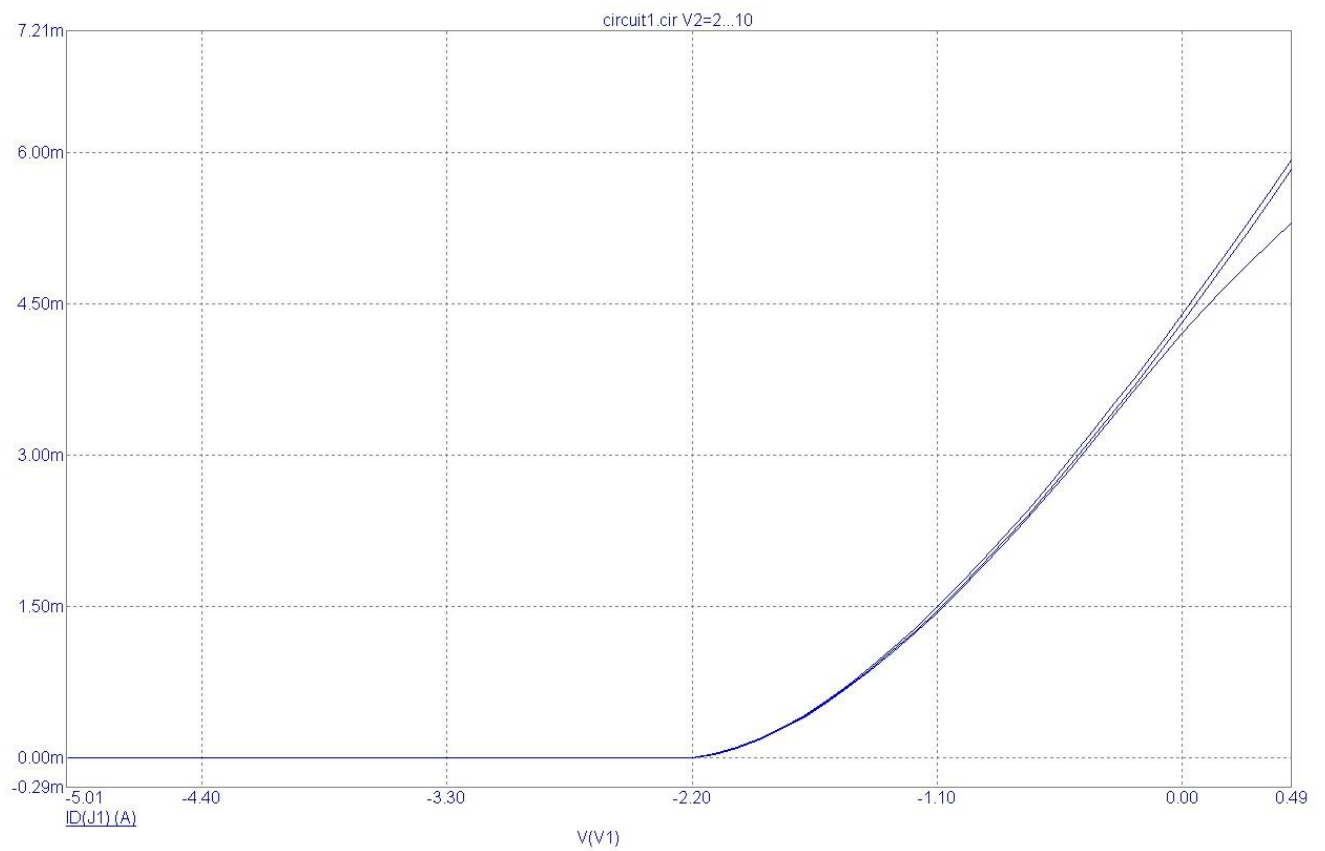
Method	Range
List	27

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
1	1	DCINPUT1	ID(J1)	AutoAlways	AutoAlways
				AutoAlways	AutoAlways
				AutoAlways	AutoAlways



На графике видно, что $U_{отс} = 2.2V$.

Расчет крутизны транзистора:

$$S_{max} = 2 * I_{нач} / U_{отс}$$

U	I _{нач}	S _{max}
2	4.198mA	3.82mA
5	4.307mA	3.92mA
10	4.396mA	3.99mA

Выходная характеристика:

DC Analysis Limits

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

Sweep

Variable	Method	Name	Range
Variable 1	Linear	V2	10,0,2
Variable 2	Linear	V1	0.5,-5,0.1

Temperature

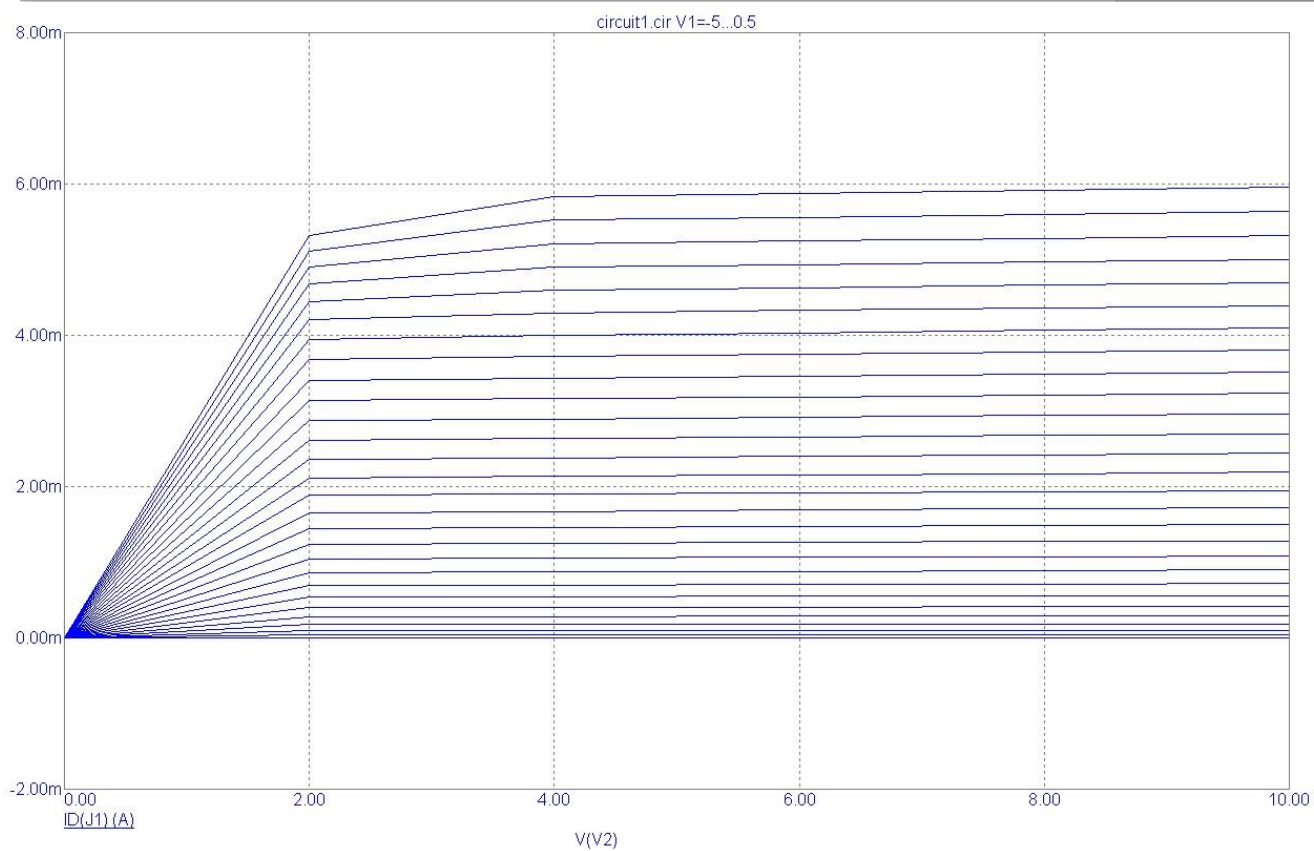
Method	Range
List	27

Number of Points 51 **Maximum Change %** 5

Run Options Normal ☐ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

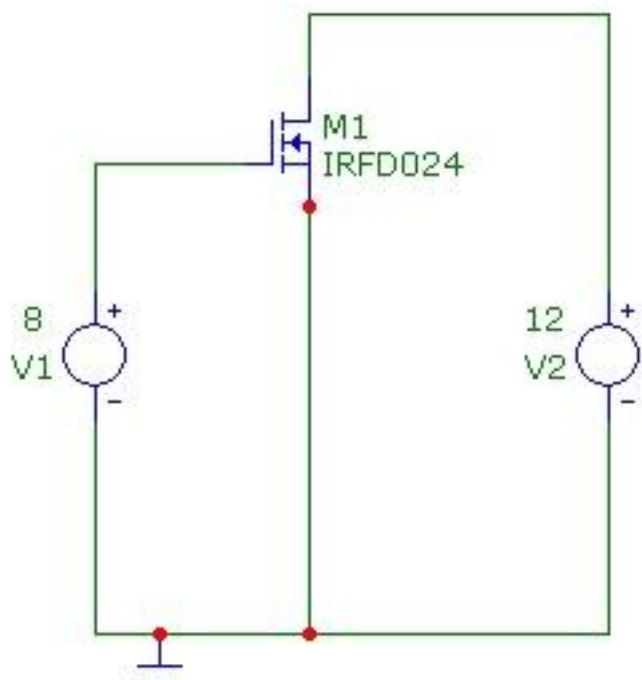
Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
1	1	DCINPUT1	ID(J1)	AutoAlways	AutoAlways
				AutoAlways	AutoAlways
				AutoAlways	AutoAlways

Runs the analysis.



Из графика видно, что крутая область идет на промежутке от 0В до 4В, дальше идет область насыщения.

NMOS транзистор – IRFD024



Передаточная характеристика:

DC Analysis Limits

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

Sweep

Variable	Method	Name	Range
Variable 1	Linear	V1	8,-4,0.1
Variable 2	List	V2	2,5,10

Temperature

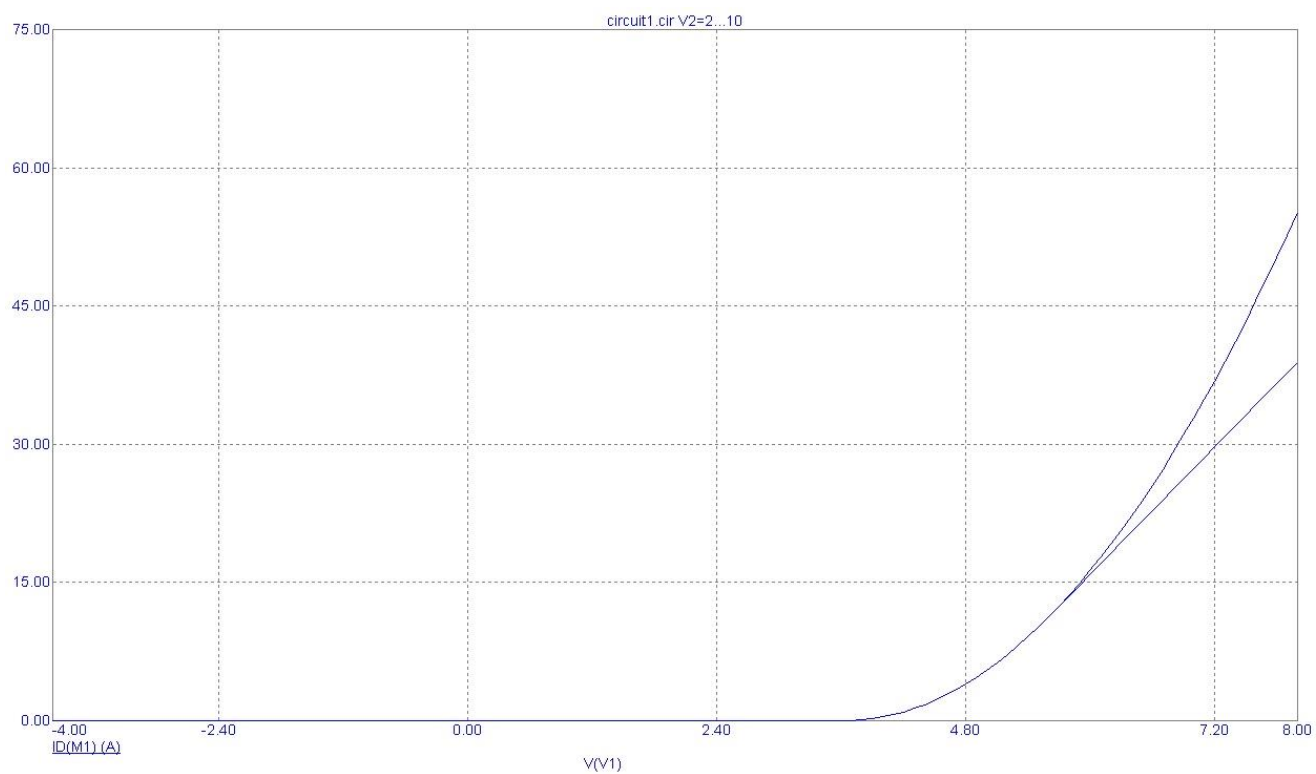
Method: List Range: 27

Number of Points: 51

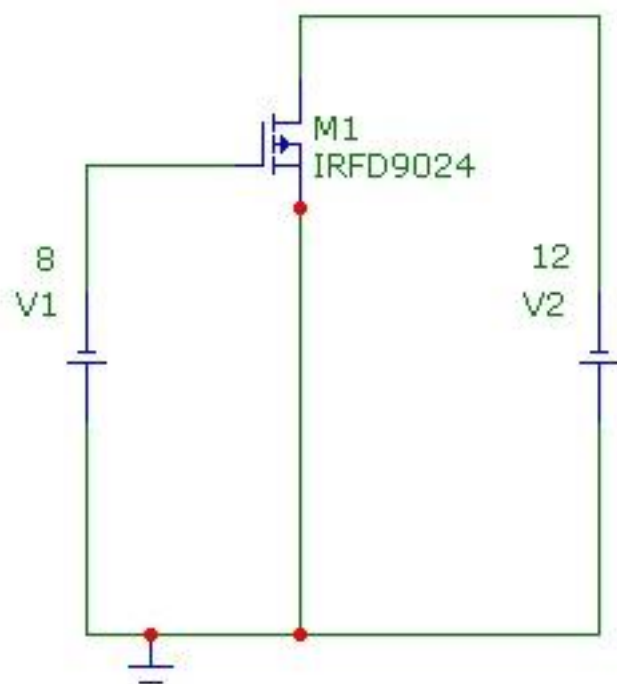
Maximum Change %: 5

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(M1)	AutoAlways	AutoAlways	
<input checked="" type="checkbox"/>					AutoAlways	AutoAlways	
<input checked="" type="checkbox"/>					AutoAlways	AutoAlways	



PMOS транзистор – IRFD9024



Выходная характеристика:

DC Analysis Limits

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

Sweep

Variable	Method	Name	Range
Variable 1	Linear	V2	10,0,2
Variable 2	Linear	V1	5,-0.5,0.1

Temperature

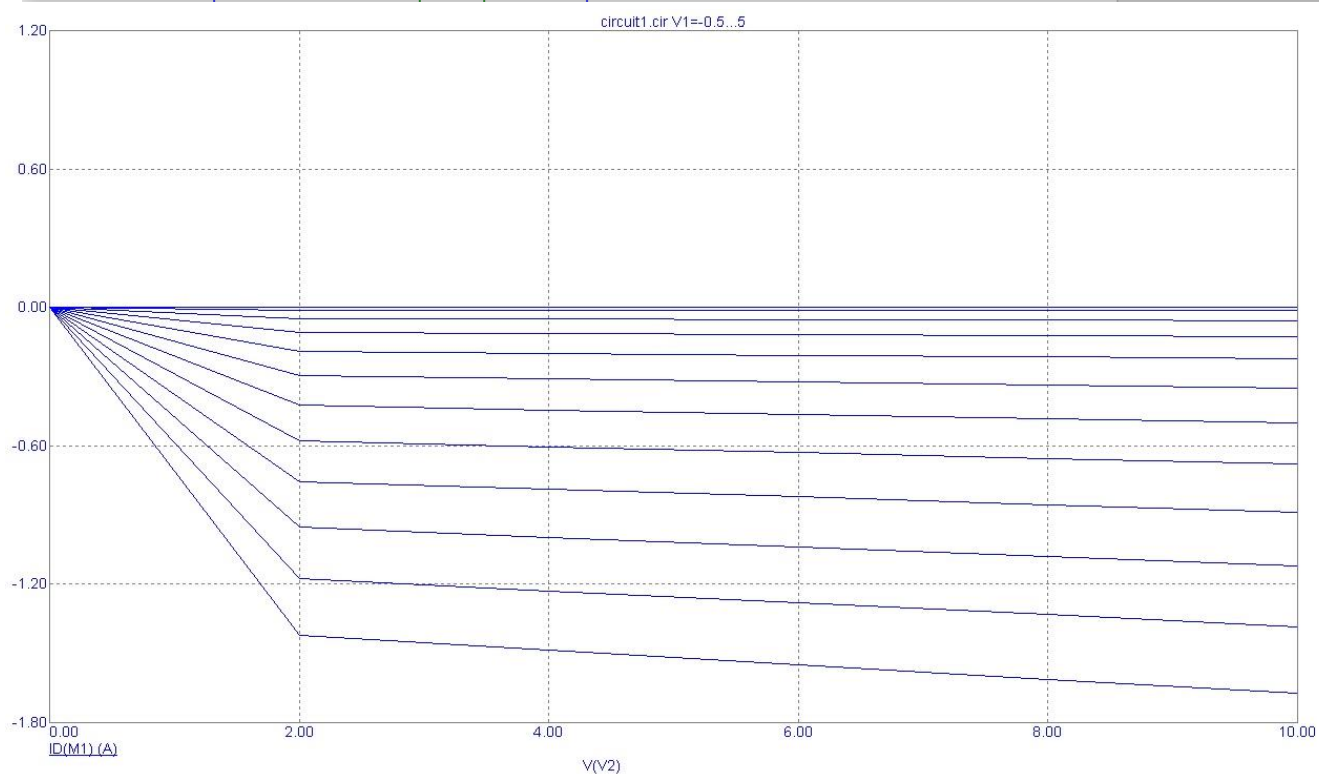
Method	Range
Linear	27

Number of Points: 51

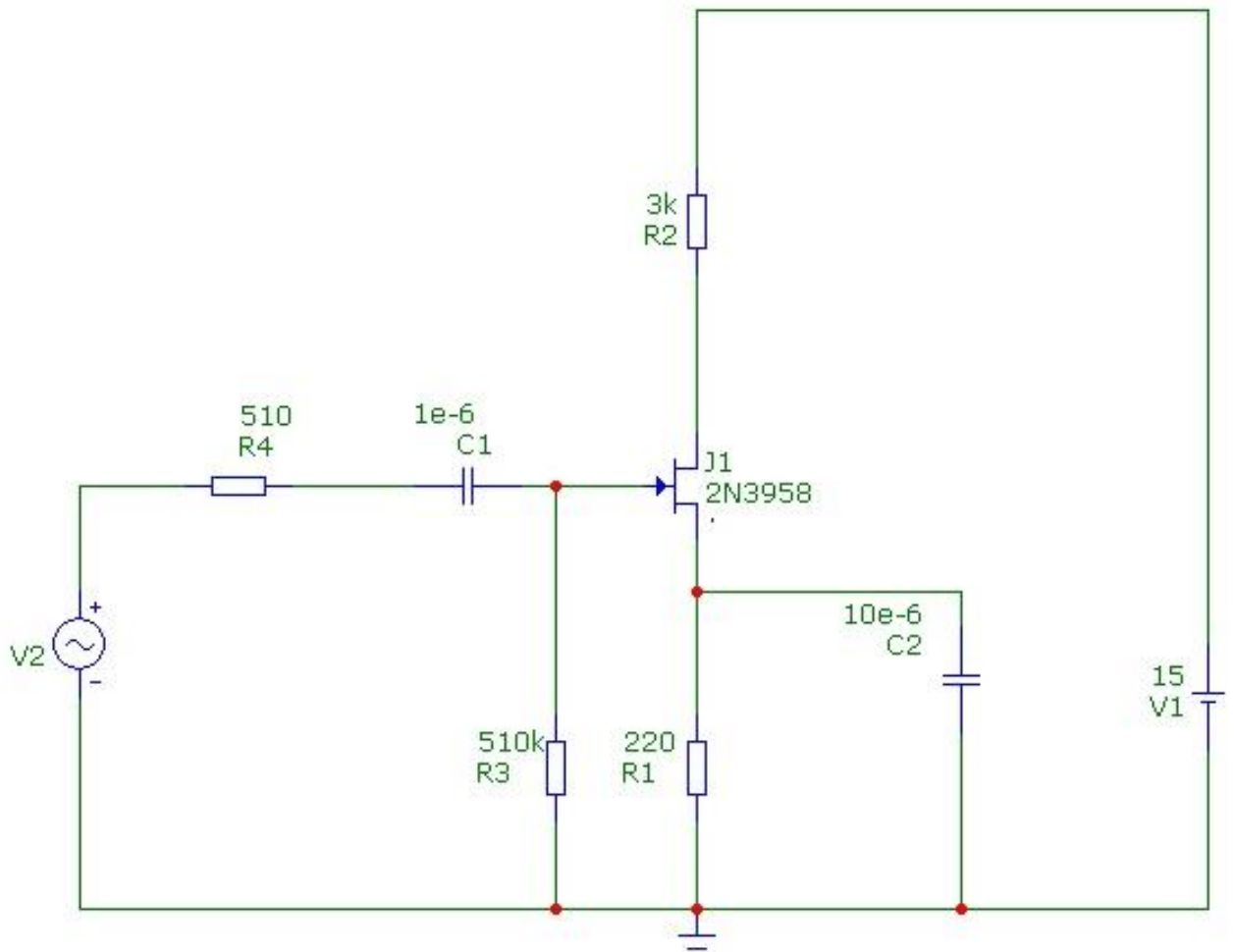
Maximum Change %: 5

Run Options: Normal ☒ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
1	1	DCINPUT1	ID(M1)	10,0,2	4,-6,2



Крутая область идет на промежутке от 0В до 2В, дальше идет область насыщения



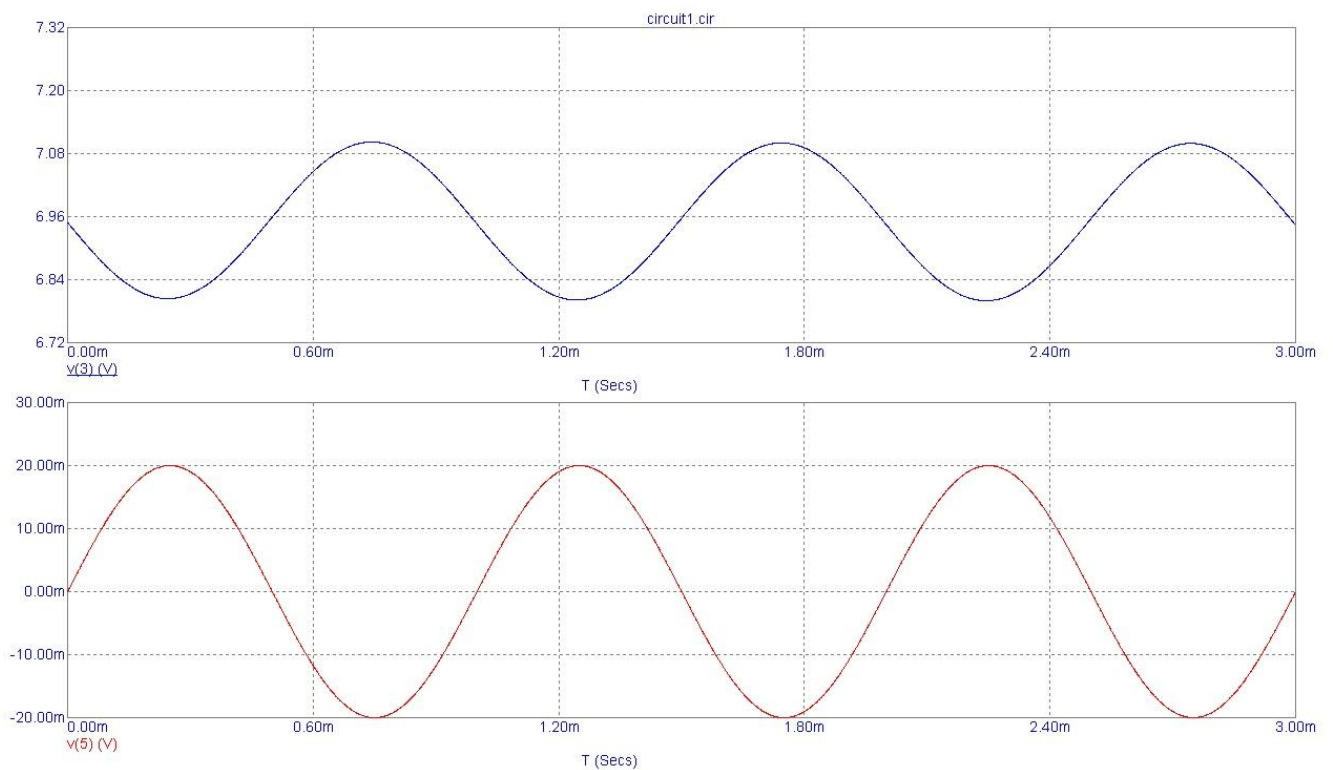
Transient Analysis Limits

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

Time Range: 3m
Maximum Time Step: 1u
Number of Points: 5100
Temperature: Linear 27
Retrace Runs: 1

Run Options: Normal
State Variables: Zero
☒ Operating Point
☐ Operating Point Only
☐ Auto Scale Ranges
☐ Accumulate Plots
☐ Fixed Time Step
☐ Periodic Steady State

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



Коэффициент усиления по напряжению:

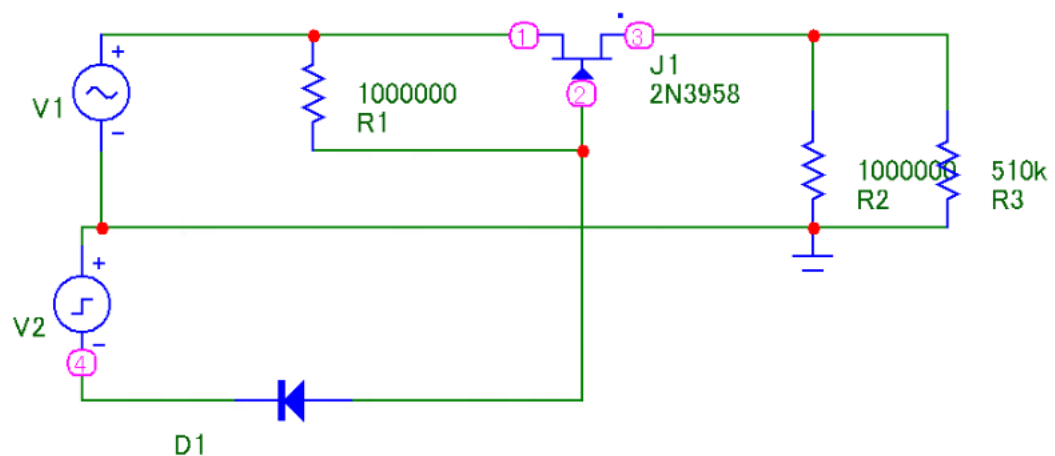
$$M1 = 7.102 - 6.801 = 0.301$$

$$M2 = 20\text{m} + 20\text{m} = 40\text{m}$$

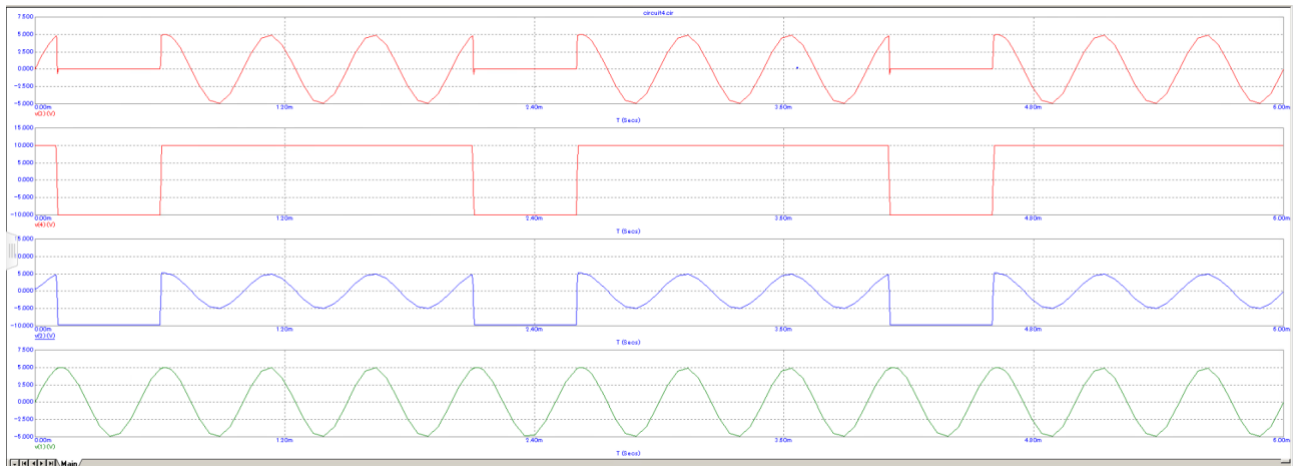
$$M = M1 / M2 = 7.525$$

Эксперимент 8

Соберем схему ключа с управляющим p-n переходом.

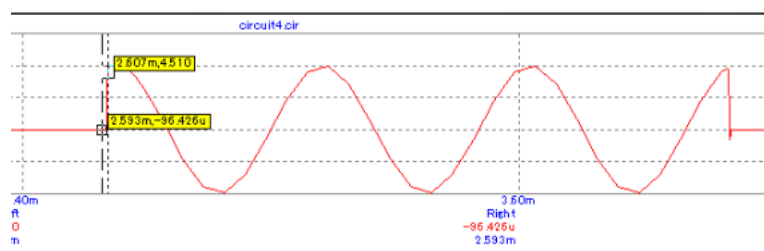


Определим входной и выходной сигналы:



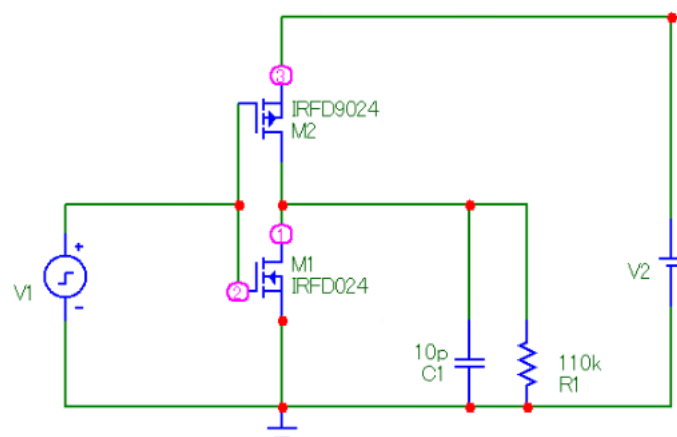
Ключ закрыт при управляющем сигнале -10, диод пропускает ток. При нулевом входном сигнале транзистор заперт. Когда значение входного напряжения превышает пороговое напряжение, транзистор открывается.

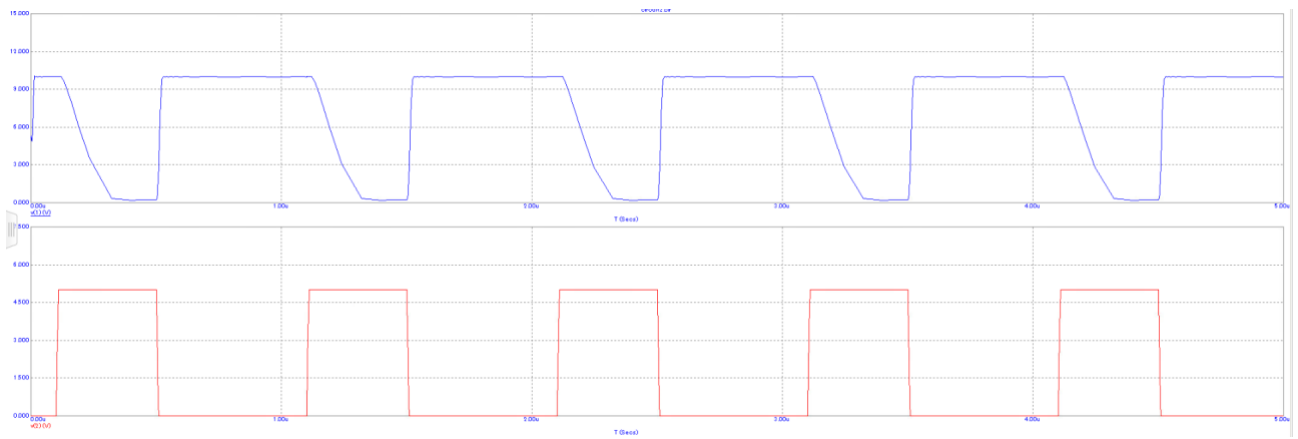
В закрытом состоянии 0. В открытом 10.



Величина выброса 4,5

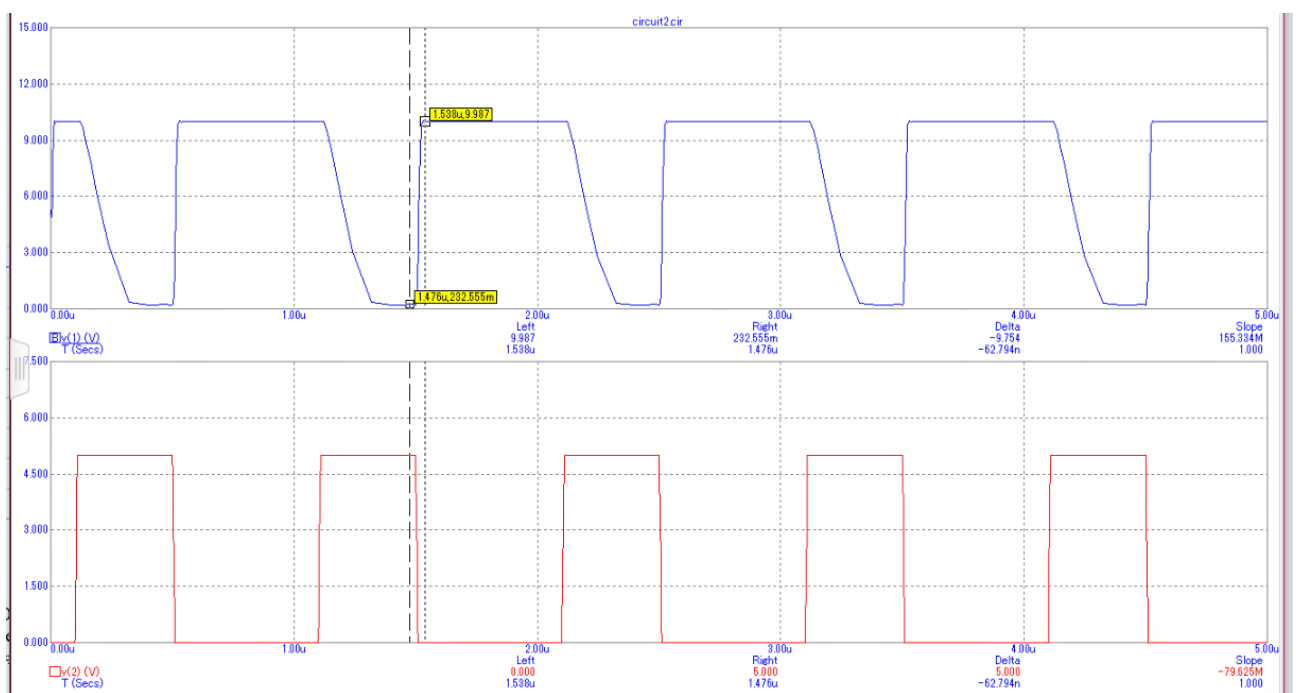
Соберем схему КМОП цифрового ключа.



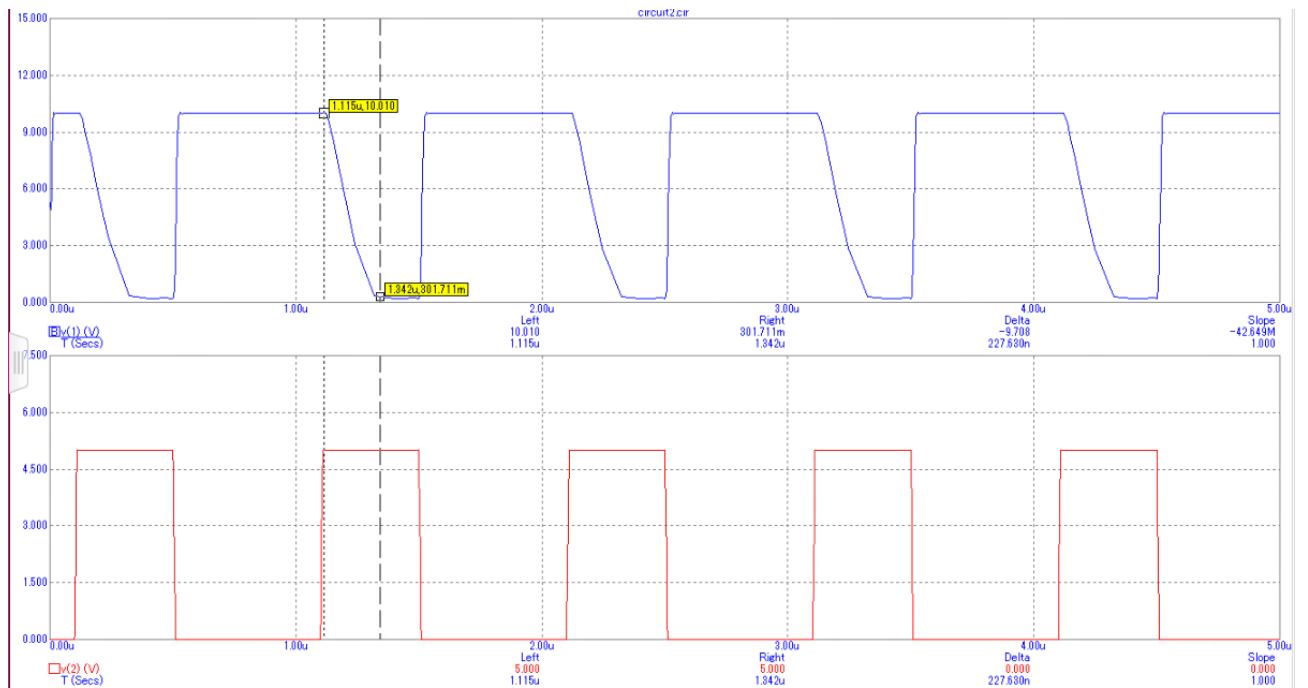


Посчитаем задержку

$$t_{01} = 0.062$$



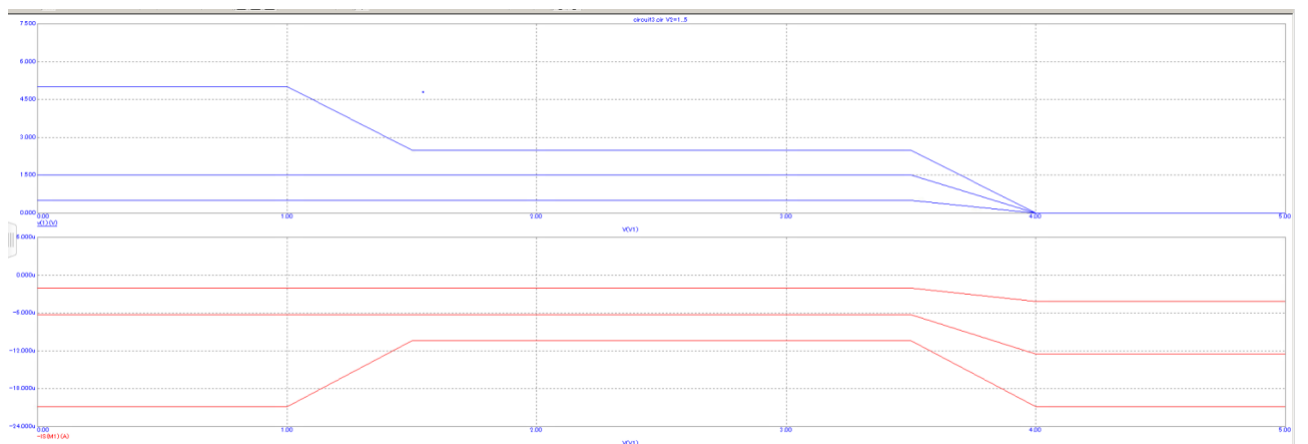
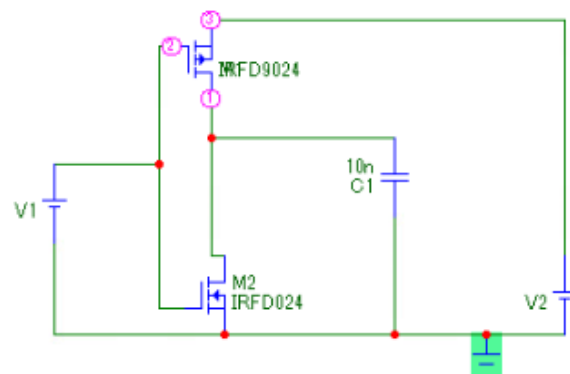
$$t_{10} = 0.227$$



$$t_{\text{зад}} = (t_{01} + t_{10})/2$$

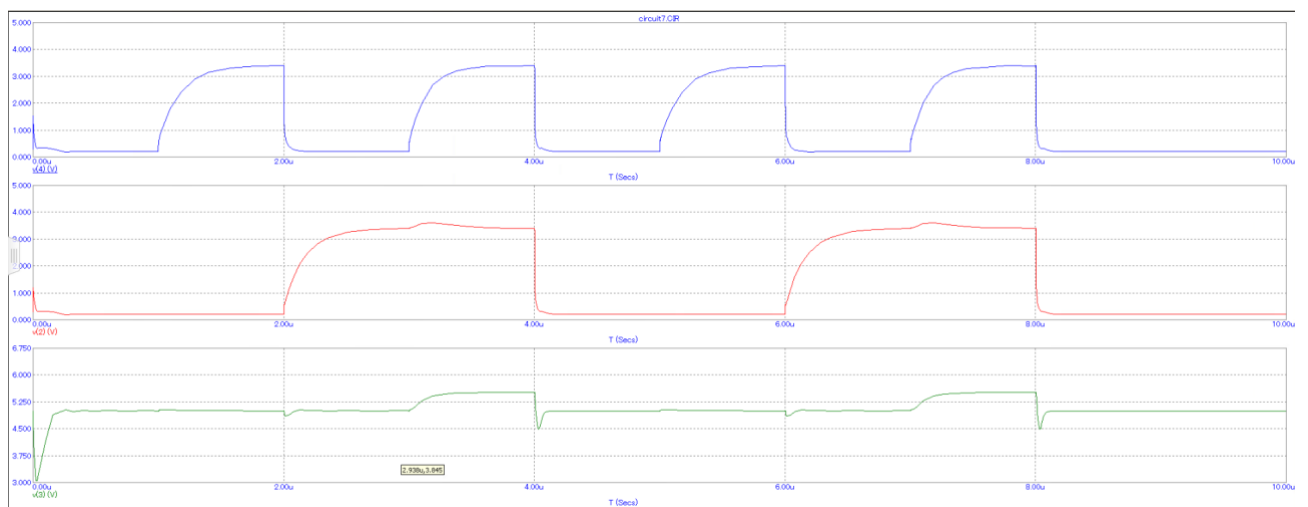
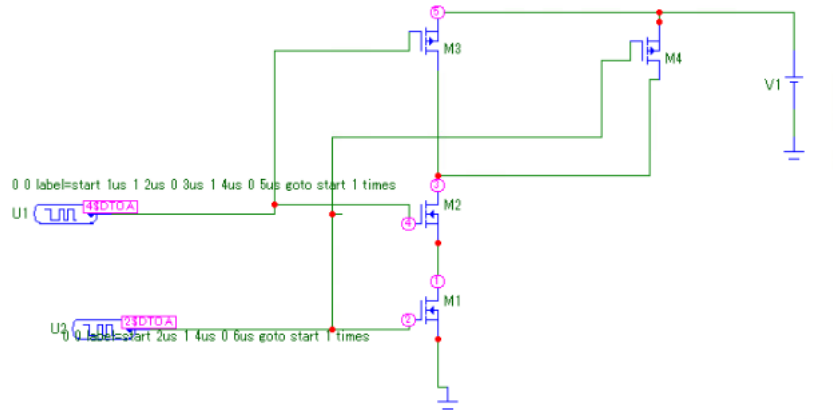
$$t_{\text{зад}} = 0.144$$

Получим передаточную характеристику для схемы:

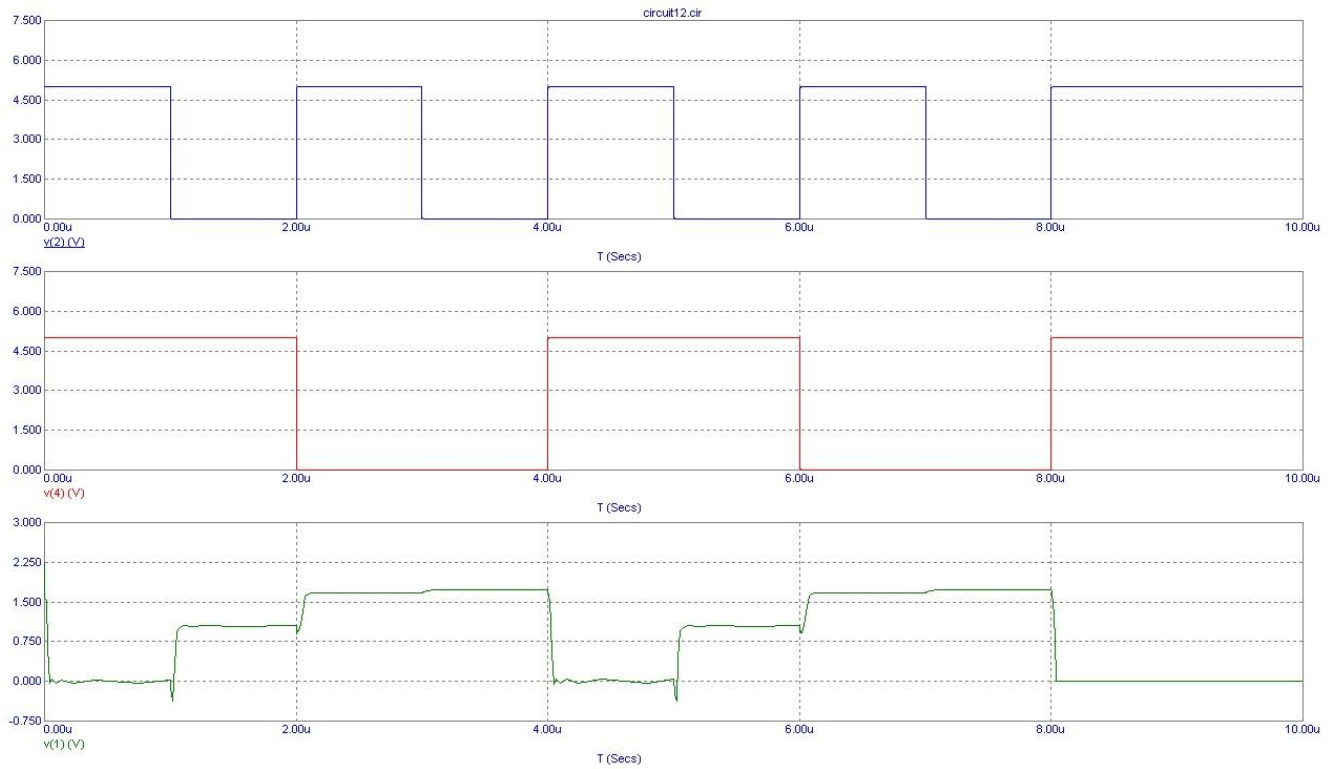
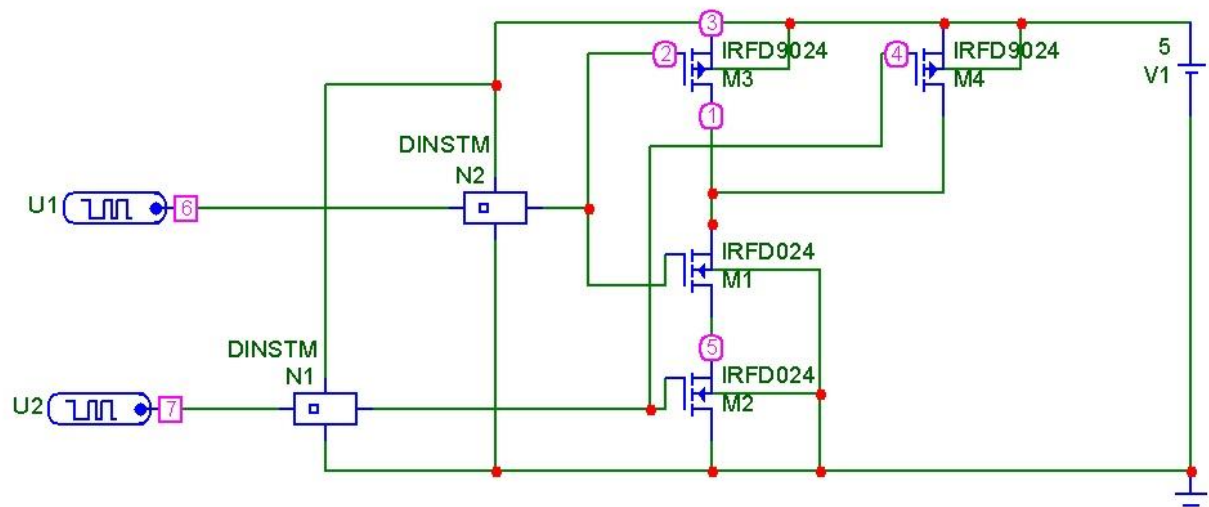


Входное напряжение, при котором открываются транзисторы: 1В

Соберем стенд для исследования работы логического элемента 2И-НЕ.

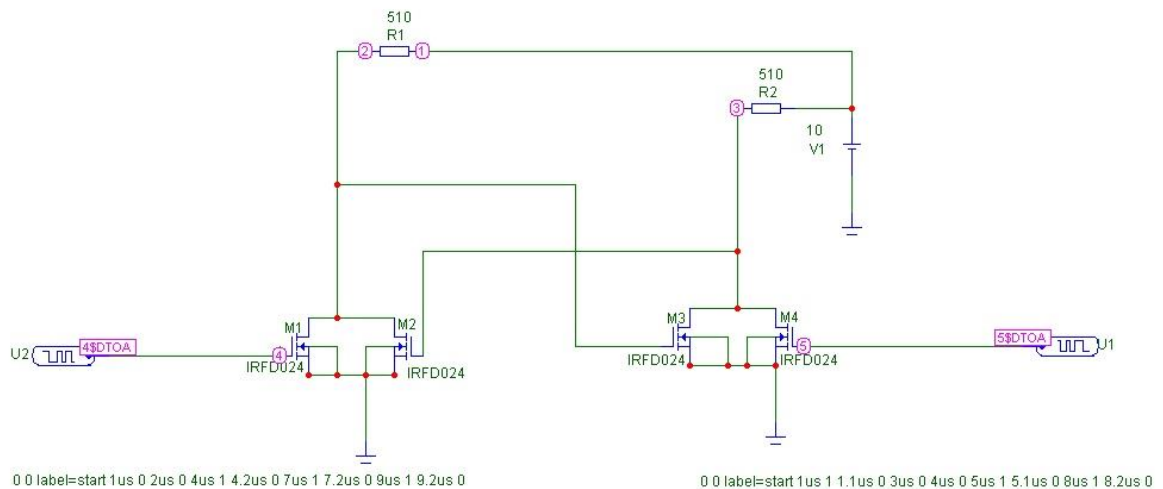


Поскольку данные полученной характеристики не удовлетворяют эксперименту, добавим в схему DtoA устройства:



Эксперимент 9

“Устройство триггера ячейки статической памяти”



Run		Add	Delete	Expand...	Stepping...	PSS...	Properties...	Help...
Time Range	10u	Run Options		Normal				
Maximum Time Step	0.1u	State Variables		Zero				
Number of Points	5100	<input checked="" type="checkbox"/> Operating Point		<input type="checkbox"/> Accumulate Plots				
Temperature	Linear 27	<input type="checkbox"/> Operating Point Only		<input type="checkbox"/> Fixed Time Step				
Retrace Runs	1	<input type="checkbox"/> Auto Scale Ranges		<input type="checkbox"/> Periodic Steady State				
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(4)	AutoAlways	AutoAlways			
<input checked="" type="checkbox"/>	3	T	V(2)	AutoAlways	AutoAlways			

