

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра электроники

Лабораторная работа №5
«Исследование полевых транзисторов»

Проверил:

Выполнили:
ст. гр.

Минск 202__

Порядок выполнения работы:

1 Ознакомиться с методическим описанием лабораторной работы. (Теоретическое описание лабораторной работы изложено в методическом пособии [1], стр. 41-48).

2 Получить у преподавателя необходимый комплект для проведения лабораторной работы.

3 Уточнить тип исследуемых транзисторов у преподавателя.

4 Собрать схему (рисунок 1) для исследования параметров полевого транзистора с управляющим р-п переходом.

5 Определить максимальный ток стока $I_{сmax}$ и записать полученное значение в соответствующее поле.

6 Исследовать сток-затворную характеристику полевого транзистора с управляющим р-п переходом. Полученные результаты записать в таблицу 1. (Качественный вид и описание сток-затворной характеристики представлены в методическом пособии [1], стр. 45).

7 Исследовать выходные характеристики полевого транзистора для трех вариантов входного напряжения ($U_{зи}$). Полученные результаты записать в таблицы 2 – 4. (Качественный вид и описание выходных характеристик полевого транзистора представлены в методическом пособии [1], стр. 45).

8 Собрать схему (рисунок 2) для исследования параметров полевого МДП транзистора с индуцированным каналом.

9 Определить и записать значение порогового напряжения открытия транзистора ($U_{пор}$).

10 Исследовать сток-затворную характеристику полевого транзистора с индуцированным каналом. Полученные результаты записать в таблицу 5. (Качественный вид и описание сток-затворной характеристики представлены в методическом пособии [1], стр. 45).

11 Исследовать выходные характеристики полевого транзистора для трех вариантов входного напряжения ($U_{зи}$). Полученные результаты записать в таблицы 6 – 8. (Качественный вид и описание выходных характеристик полевого транзистора представлены в методическом пособии [1], стр. 45).

12 Собрать схему для исследования логических элементов (рисунок 3). Исследовать таблицу истинности собранной схемы и определить тип логического элемента. Аналогично выполнить для второй схемы (рисунок 4).

13 Предоставить измеренные данные на проверку преподавателю.

Порядок оформления отчета:

1 По измеренным данным построить соответствующие графики.

2 По построенным графикам рассчитать дифференциальные параметры полевого транзистора с управляющим р-п переходом и полевого транзистора с индуцированным каналом в окрестностях рабочей точки.

3 Записать общие выводы по проделанной лабораторной работе.

[1] – Электронные приборы. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие. В 2 частях. Часть 1: Активные компоненты полупроводниковой электроники / А. Я. Бельский – Минск : БГУИР, 2012

1 Цель работы

Изучить устройство, принцип действия, классификацию, области применения полевых транзисторов (ПТ). Экспериментально исследовать статические вольт-амперные характеристики (ВАХ) транзисторов и рассчитать дифференциальные параметры полевых транзисторов в заданной рабочей точке.

2 Ход работы

2.1 Исследование сток-затворной характеристики ПТ с управляющим p-n переходом в схеме с общим истоком (ОИ)

Для исследования сток-затворной характеристики ПТ собрана цепь по схеме, представленной на рисунке 1.

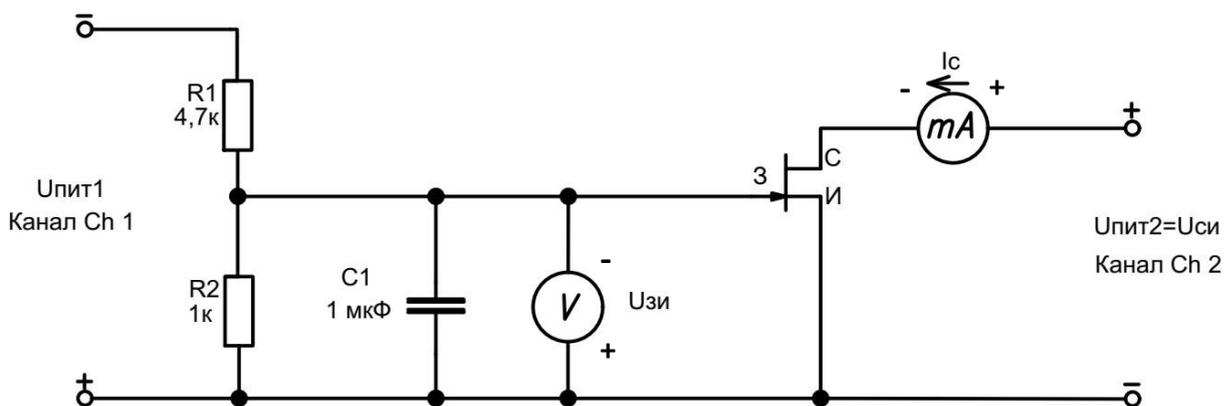


Рисунок 1 – Схема исследования характеристик ПТ в схеме с ОИ

Перед исследованием сток-затворной характеристики было определено значение максимального тока стока $I_{c\max}$ при $U_{зи} = 0\text{В}$, $U_{си} = 4\text{В}$, которое составило $y = \dots \text{мА}$ (для каждого транзистора определяется экспериментально). Результаты исследований занесены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты измерения (изменять значение $U_{пит1}$) сток-затворной характеристики ПТ $I_c=f(U_{зи})$, при фиксированном значении $U_{си} = 4\text{В}$

$I_c, \text{мА}$	$y =$	$0,9y =$	$0,8y =$	$0,7y =$	$0,6y =$	$0,5y =$
$U_{зи}, \text{В}$	0	$x_1 =$			$x_2 =$	
$I_c, \text{мА}$	$0,4y =$	$0,3y =$	$0,2y =$	$0,1y =$	$0,05y =$	0
$U_{зи}, \text{В}$		$x_3 =$				

Значения в ячейках, обозначенных x_1, x_2, x_3 , будут использованы в дальнейшем

2.2 Исследование выходных характеристик ПТ с управляющим р-п переходом в схеме с общим истоком (ОИ)

Семейство выходных характеристик $I_c=f(U_{си})$ измерено для трех фиксированных значений входного напряжения затвор-исток $U_{зи} = x_1; x_2; x_3$ В. Результаты исследований занесены в таблицу 2, таблицу 3 и таблицу 4 соответственно.

Таблица 2 – Результаты измерения (изменять значение $U_{пит2}$) выходной характеристики ПТ $I_c=f(U_{си})$, при фиксированном значении $U_{зи} = x_1$ (из таблицы 1) = В

$U_{си}, В$	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,25	0,1	0
$I_c, мА$											0

Таблица 3 – Результаты измерения (изменять значение $U_{пит2}$) выходной характеристики ПТ $I_c=f(U_{си})$, при фиксированном значении $U_{зи} = x_2$ (из таблицы 1) = В

$U_{си}, В$	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,25	0,1	0
$I_c, мА$											0

Таблица 4 – Результаты измерения (изменять значение $U_{пит2}$) выходной характеристики ПТ $I_c=f(U_{си})$, при фиксированном значении $U_{зи} = x_3$ (из таблицы 1) = В

$U_{си}, В$	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,25	0,1	0
$I_c, мА$											0

2.3 Исследование сток-затворной характеристики ПТ с индуцированным каналом в схеме с общим истоком (ОИ)

Для исследования сток-затворной характеристики ПТ собрана цепь по схеме, представленной на рисунке 2.

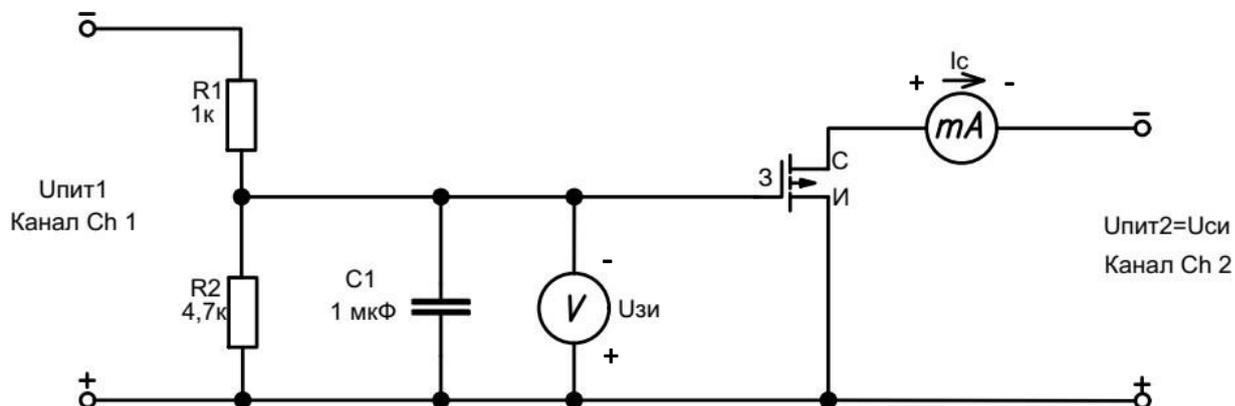


Рисунок 2 – Схема исследования характеристик ПТ в схеме с ОИ

Перед исследованием сток-затворной характеристики определить значение порогового напряжения $U_{пор} = \dots \text{ В}$, при котором ток стока составляет 10 мкА (напряжение $U_{си} = 4\text{ В}$). Результаты исследований занесены в таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты измерения (изменять значение $U_{пит1}$) сток-затворной характеристики ПТ $I_c = f(U_{зи})$, при фиксированном значении $U_{си} = 4\text{ В}$

$I_c, \text{ мА}$	0	0,01	$0,1 \pm 0,05$	$0,5 \pm 0,1$	$1 \pm 0,1$	$2 \pm 0,1$	$3 \pm 0,1$
$U_{зи}, \text{ В}$	0	$U_{пор} =$					$x_4 =$
$I_c, \text{ мА}$	$4 \pm 0,1$	$5 \pm 0,1$	$6 \pm 0,1$	$7 \pm 0,1$	$8 \pm 0,1$	$9 \pm 0,1$	$10 \pm 0,1$
$U_{зи}, \text{ В}$			$x_5 =$			$x_6 =$	

Значения в ячейках, обозначенных x_4, x_5, x_6 , будут использованы в дальнейшем

2.4 Исследование выходных характеристик ПТ с индуцированным каналом в схеме с общим истоком (ОИ)

Семейство выходных характеристик $I_c=f(U_{си})$ измерено для трех фиксированных значений входного напряжения затвор-исток $U_{зи} = x_4; x_5; x_6$ В. Результаты исследований занесены в таблицу 6, таблицу 7 и таблицу 8 соответственно.

Таблица 6 – Результаты измерения выходной характеристики ПТ $I_c=f(U_{си})$, при $U_{зи} = x_4$ (из таблицы 5) = В (Изменять значение $U_{пит2}$)

$U_{си}, В$	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,25	0,1	0
$I_c, мА$											0

Таблица 7 – Результаты измерения выходной характеристики ПТ $I_c=f(U_{си})$, при $U_{зи} = x_5$ (из таблицы 5) = В (Изменять значение $U_{пит2}$)

$U_{си}, В$	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,25	0,1	0
$I_c, мА$											0

Таблица 8 – Результаты измерения выходной характеристики ПТ $I_c=f(U_{си})$, при $U_{зи} = x_6$ (из таблицы 5) = В (Изменять значение $U_{пит2}$)

$U_{си}, В$	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,25	0,1	0
$I_c, мА$											0

2.5 Исследование логических элементов на основе полевых транзисторов

Современные интегральные микросхемы представляют собой набор логических элементов, которые выполнены, в свою очередь, на полевых либо биполярных транзисторах. Поскольку полевые транзисторы имеют низкие затраты энергии на их управление, в отличие от биполярных, то микросхемы на полевых транзисторах получили наибольшее распространение. Простейшие логические элементы (И, И-НЕ, ИЛИ, ИЛИ-НЕ, исключающее ИЛИ, исключающее ИЛИ-НЕ) могут быть реализованы как в виде отдельных микросхем базовой логики, так и в составе сложных интегральных микросхем (регистры, счетчики, мультиплексоры, дешифраторы, триггеры).

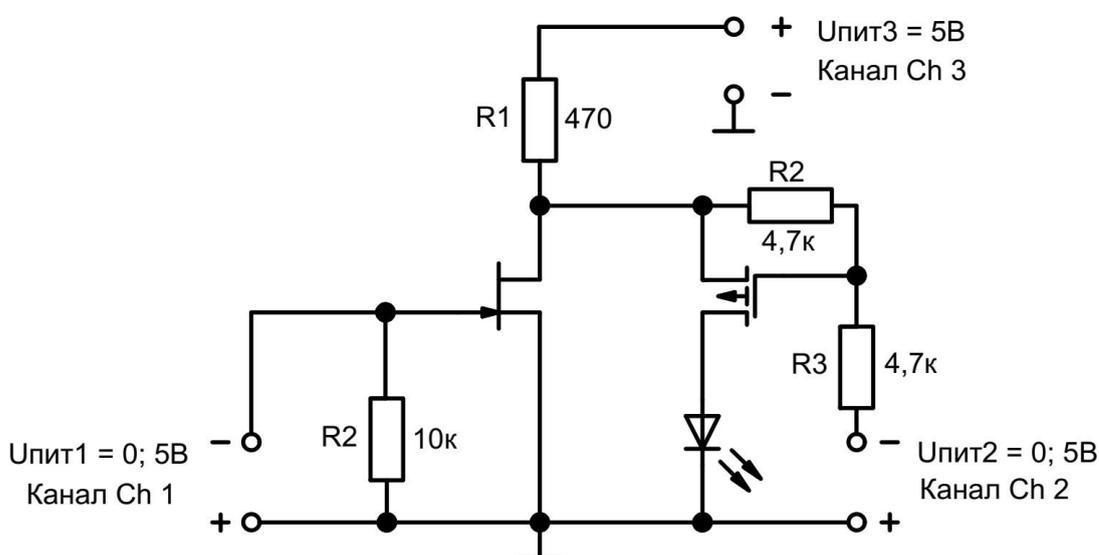


Рисунок 3 – Логический элемент на полевых транзисторах

Для исследования логического элемента собрана схема (рисунок 3). Напряжение на канале Ch3 источника питания составляет 5В. Логические сигналы подаются на затворы полевых транзисторов (0 либо 5 В) каналами источника питания Ch1 и Ch2. Логическая «1» соответствует 5В источника питания, «0» – 0В. Логический выход выполнен в виде светодиода. Горящий светодиод соответствует логической «1» выхода, потухший – «0». Для определения типа логического элемента построена таблица истинности (таблица 9).

Таблица 9 – Таблица истинности первого логического элемента

Ch1	Ch2	Выход
«0»	«0»	
«0»	«1»	
«1»	«0»	
«1»	«1»	

По таблице 9 определили, что схема на рисунке 3 представляет собой логическое

Аналогичным образом исследована схема, представленная на рисунке 4. Для определения типа логического элемента построена таблица истинности (таблица 10).

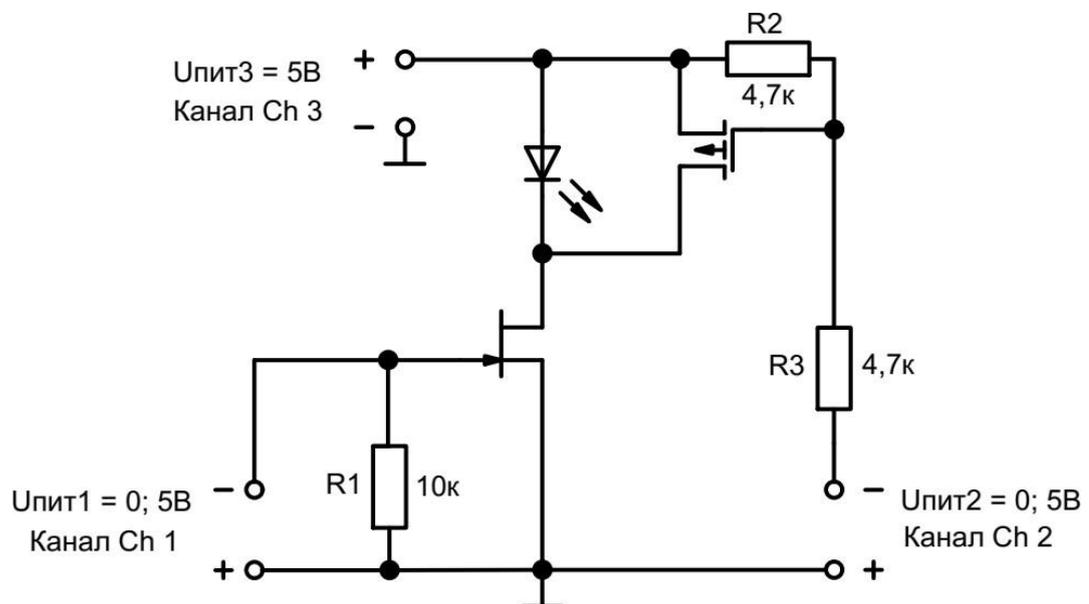


Рисунок 3 – Логический элемент на полевых транзисторах

Таблица 10 – Таблица истинности второго логического элемента

Ch1	Ch2	Выход
«0»	«0»	
«0»	«1»	
«1»	«0»	
«1»	«1»	

По таблице 10 определили, что схема на рисунке 4 представляет собой логическое

2.6 Результаты экспериментальных исследований

По результатам измерений ПТ с управляющим р-п переходом и ПТ с индуцированным каналом в схеме с ОИ построены графики сток-затворных и выходных характеристик этих ПТ (рисунки 5, 6, 7, 8).

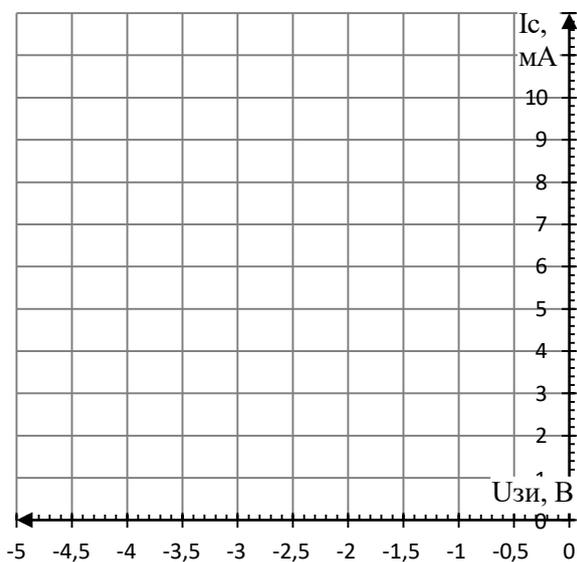


Рисунок 5 – Сток-затворная характеристика ПТ с управляющим р-п переходом

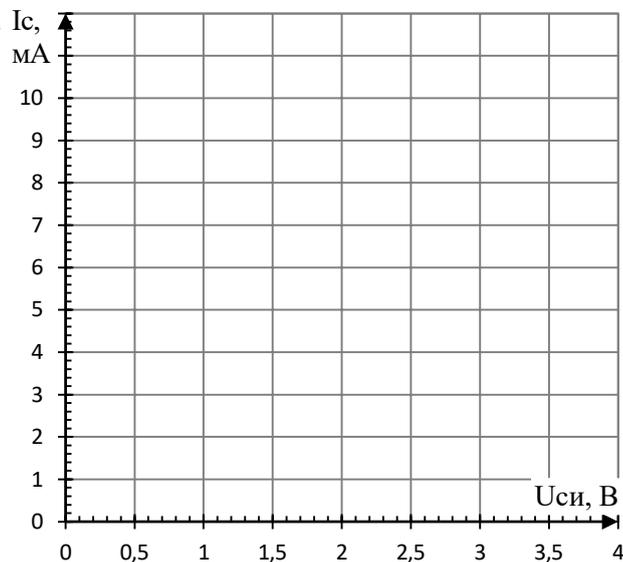


Рисунок 6 – Выходные характеристики ПТ с управляющим р-п переходом

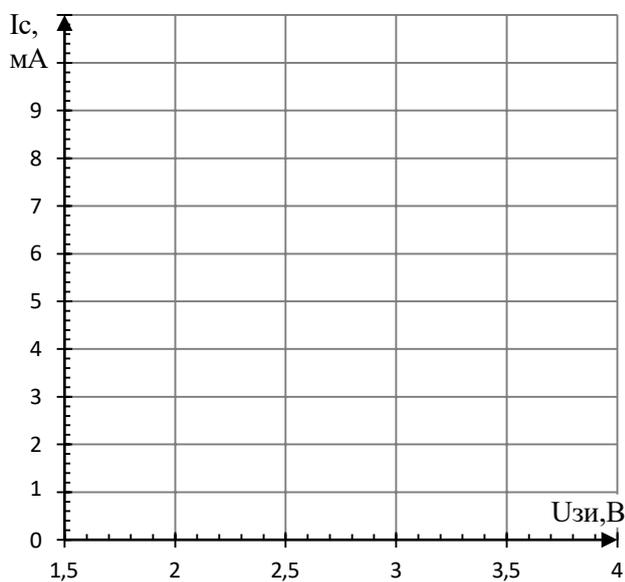


Рисунок 7 – Сток-затворная характеристика ПТ с индуцированным каналом

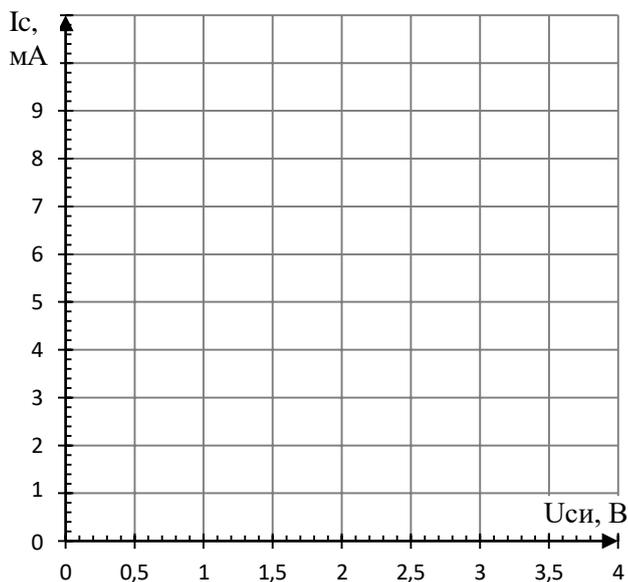


Рисунок 8 – Выходные характеристики ПТ с индуцированным каналом

2.7 Расчет дифференциальных параметров ПТ в схеме с ОИ

По построенным графикам характеристик ПТ в схеме с ОИ рассчитаны их дифференциальные параметры в окрестностях рабочих точек:

- 1) для транзистора с управляющим р-п переходом $U_{си} = 2,5 \text{ В}$ и $U_{зи} = x_2 \text{ В}$ (из таблицы 1);

$$S =$$

$$Ri =$$

$$\mu =$$

- 2) для транзистора с индуцированным каналом $U_{си} = 2,5 \text{ В}$ и $U_{зи} = x_5 \text{ В}$ (из таблицы 5).

$$S =$$

$$Ri =$$

$$\mu =$$

3 Выводы