

### 3 Лабораторная работа №3

#### «Исследование транзисторов и ключевых схем на биполярных и униполярных транзисторах»

##### 3.1 Цель работы

Экспериментальные исследования характеристик биполярных и униполярных транзисторов и ключевых схем. Приобретение практических навыков измерения электрических параметров и регистрации временных диаграмм с помощью электро- и радиоизмерительных приборов.

##### 3.2 Постановка задачи

3.2.1 А. Создать на рабочем поле симулятора схему для измерения ВАХ биполярного n-p-n транзистора (рис.2.3). Тип транзистора и напряжение источника питания выбирается согласно варианту. В качестве источника входного сигнала использовать источник напряжения 1,5 В и потенциометр РОТ-НГ. Снять зависимость тока  $I_b$  базы от напряжения  $U_{бэ}$  база-эмиттер. Входной ток изменять от 0 до 500 мкА.

3.2.2 Снять зависимость тока коллектора  $I_k$  от тока базы  $I_b$  и определить коэффициент усиления транзистора по току  $\beta$ .

3.2.3 В. Создать на рабочем поле симулятора схему транзисторного ключа (инвертора) на n-p-n транзисторе. Тип транзистора выбирается согласно варианту.

3.2.4 Подключить на вход ключа генератор прямоугольных импульсов, а выход ключа соединить со входом 2-го канала осциллографа. Первый вход осциллографа подключить к генератору прямоугольных импульсов. Амплитуду импульсов установить равной 3В, форма импульсов – меандр. Длительности передних и задних фронтов – 1 мкс. В качестве нагрузки применить резистор сопротивлением 20 кОм.

3.2.5 Снять осциллограммы входных и выходных импульсов при частотах прямоугольной последовательности 10, 50 и 100 кГц. Измерить время задержки переключения ключа при переходе из режима отсечки в насыщение и обратно.

3.2.6 Создать на рабочем поле симулятора схему транзисторного ключа (инвертора) на КМОП-транзисторах (см. рисунок Приложения Б). Для этой цели использовать транзисторную пару 2SJ118 и 2SK1058.

3.2.7 Повторить пп. 4.5 и 4.6 для инвертора на КМОП-транзисторах.

3.2.8 Измерить величину потребляемого тока при изменении частоты переключения инвертора от 10 до 100 кГц.

### 3.3 Ход работы

3.3.1 В рабочем пространстве симулятора была построена схема для измерения ВАХ транзистора (Рисунок 3.1). Была снята зависимость тока базы  $I_b$  от напряжения база-эмиттер  $U_{бэ}$  (Таблица 3.1).

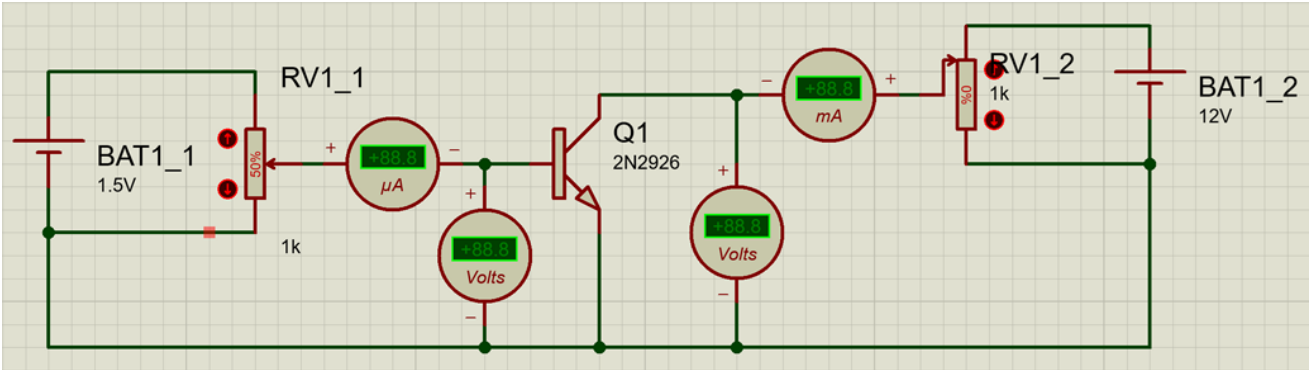


Рисунок 3.1 – Схема снятия ВАХ транзистора

1 – Зависимость силы тока базы от напряжения база-эмиттер

Сила тока базы $I_b$ , мкА	Напряжение база-эмиттер $U_{бэ}$ , В
11,8	0,7
62,9	0,75
272	0,8
474	0,83

3.3.2 Снята зависимость тока коллектора от тока базы. Определён коэффициент усиления транзистора по току  $\beta$ .

3.3.3 На рабочем столе симулятора создана схема транзисторного ключа (инвертора) на n-p-n транзисторах.

3.3.4 К составленной схеме добавлен генератор прямоугольных импульсов. Рисунок 3.2 отображает получившуюся схему.

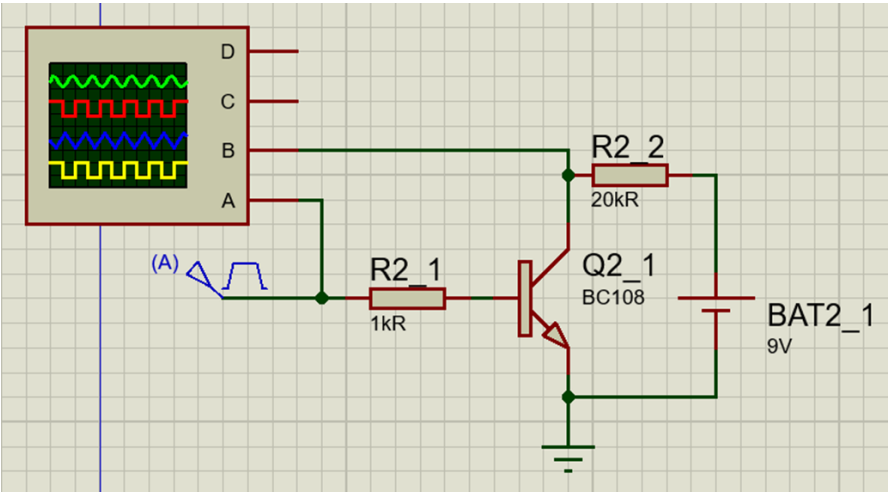


Рисунок 3.1 – Схема инвертора на n-p-n транзисторе

3.3.5 Были сняты осциллограммы входных и выходных импульсов при разных частотах генератора (Рисунки 3.3 – 3.5). На основе осциллограмм были определены задержки при переключении транзистора из режима отсечки в режим насыщения.

2 – Время переключения n-p-n транзистора при разных частотах генератора

Частота генератора, кГц	Время переключения, нс
10	0,1
50	0,2
100	0,3

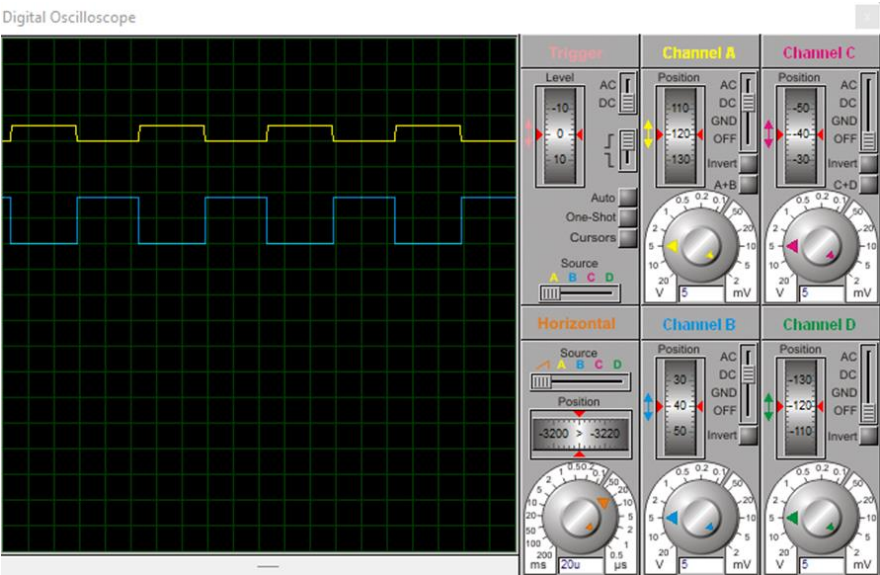


Рисунок 3.2 – Осциллограмма инвертора на n-p-n транзисторе (10 кГц)

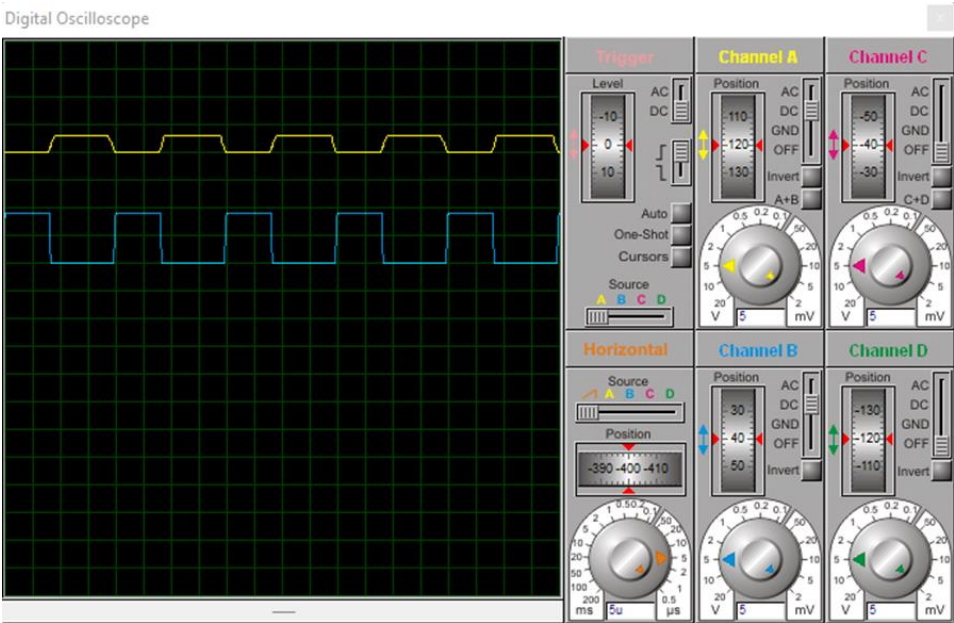


Рисунок 3.4 – Осциллограмма инвертора на n-p-n транзисторе (50 кГц)

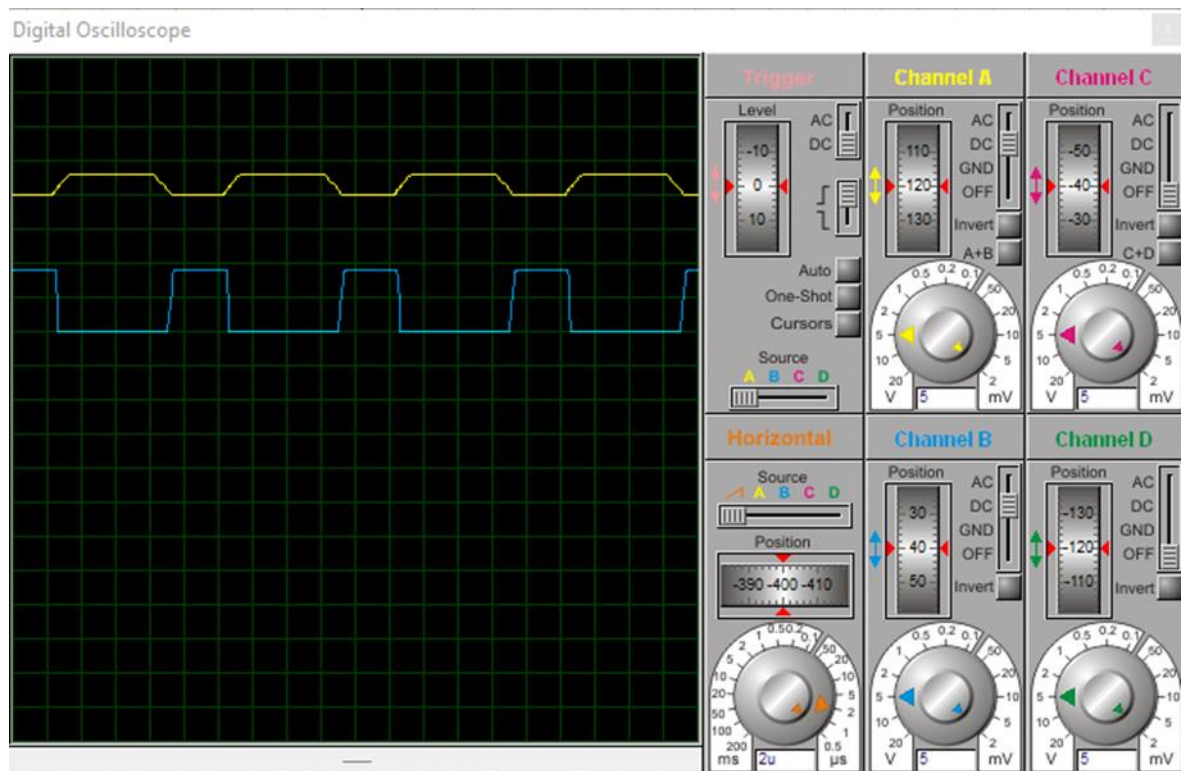


Рисунок 3.5 – Осциллограмма инвертора на n-p-n транзисторе (100 кГц)

3.3.6 На рабочем столе симулятора была создана схема транзисторного ключа на КМОП-транзисторах (Рисунок 3.6).

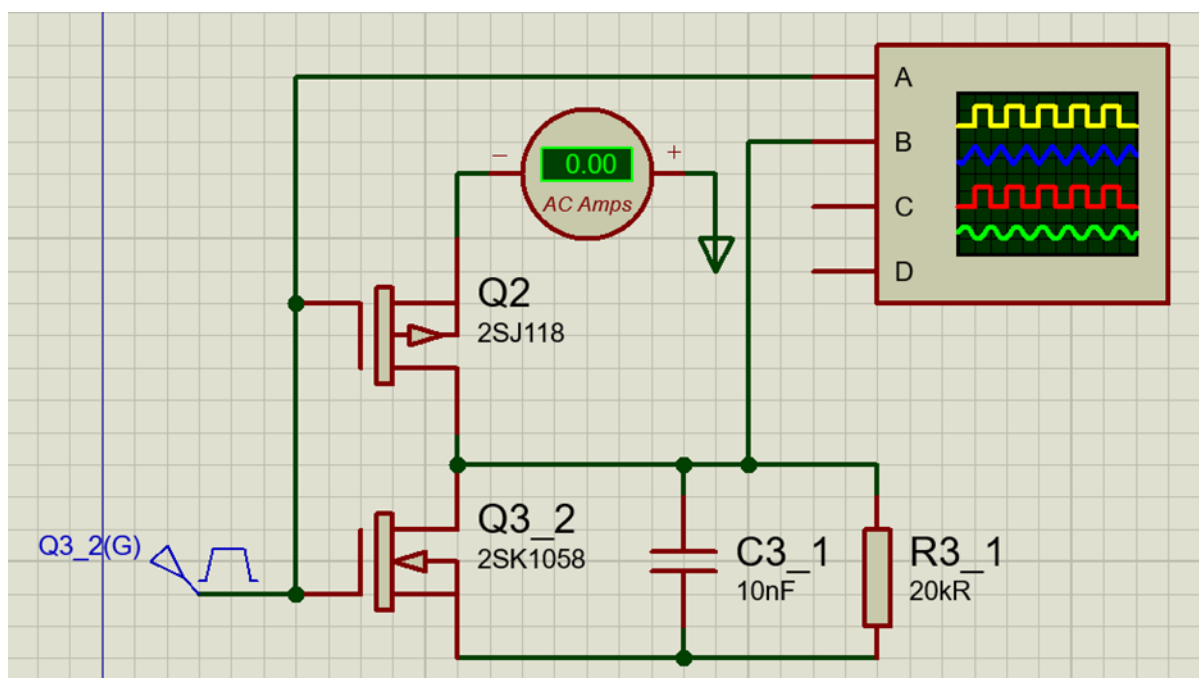


Рисунок 3.6 – Схема инвертора на КМОП-транзисторах

3.3.7 Со схемы инвертора на КМОП-транзисторах были сняты осциллограммы входных и выходных импульсов при разных частотах генератора (Рисунки 3.7 – 3.9). На основе приведённых осциллограмм были определены задержки при переключении транзистора из режима отсечки в режим насыщения и наоборот (Таблица 3.2).

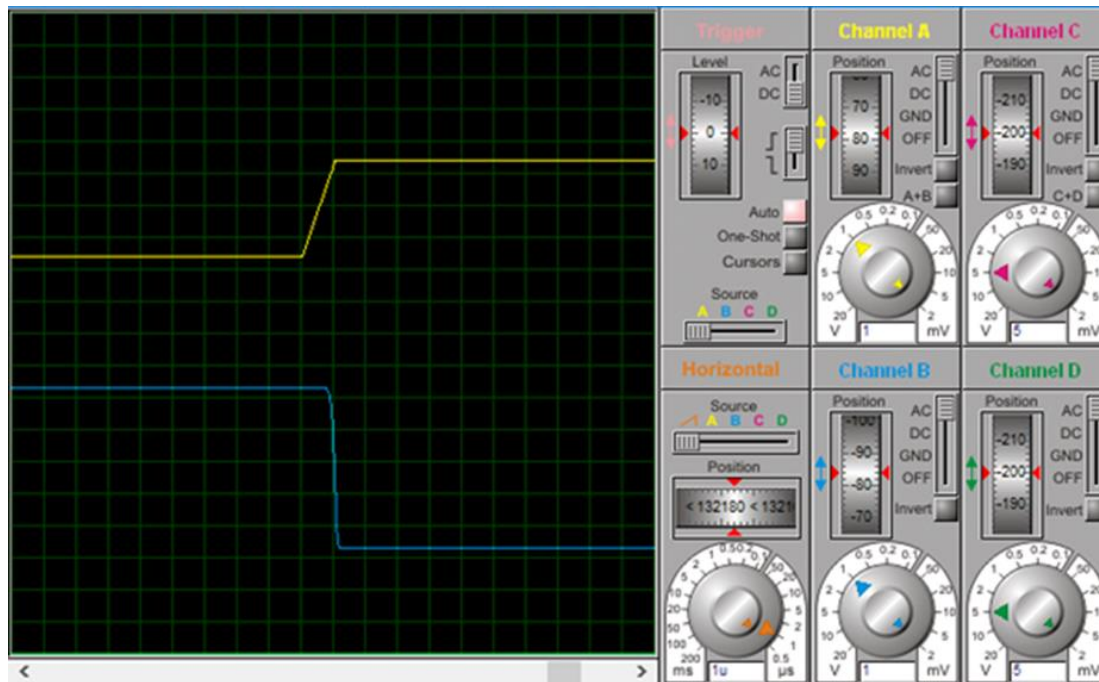


Рисунок 3.7 – Осциллограмма инвертора на КМОП-транзисторах (10 кГц)

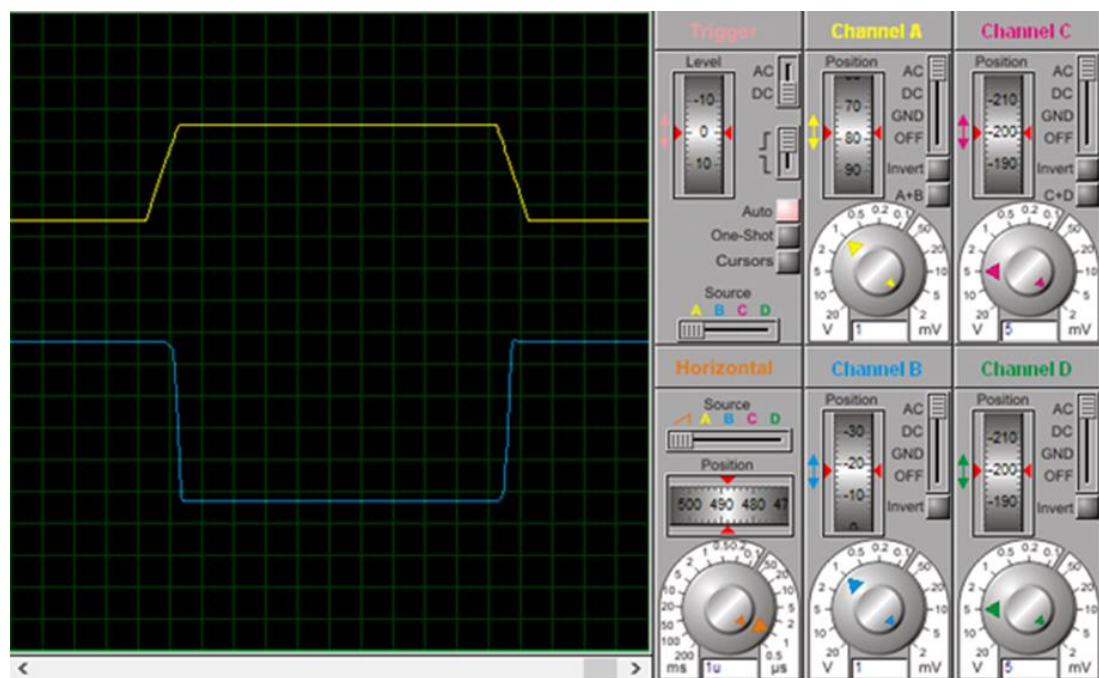


Рисунок 3.8 – Осциллограмма инвертора на КМОП-транзисторах (50 кГц)



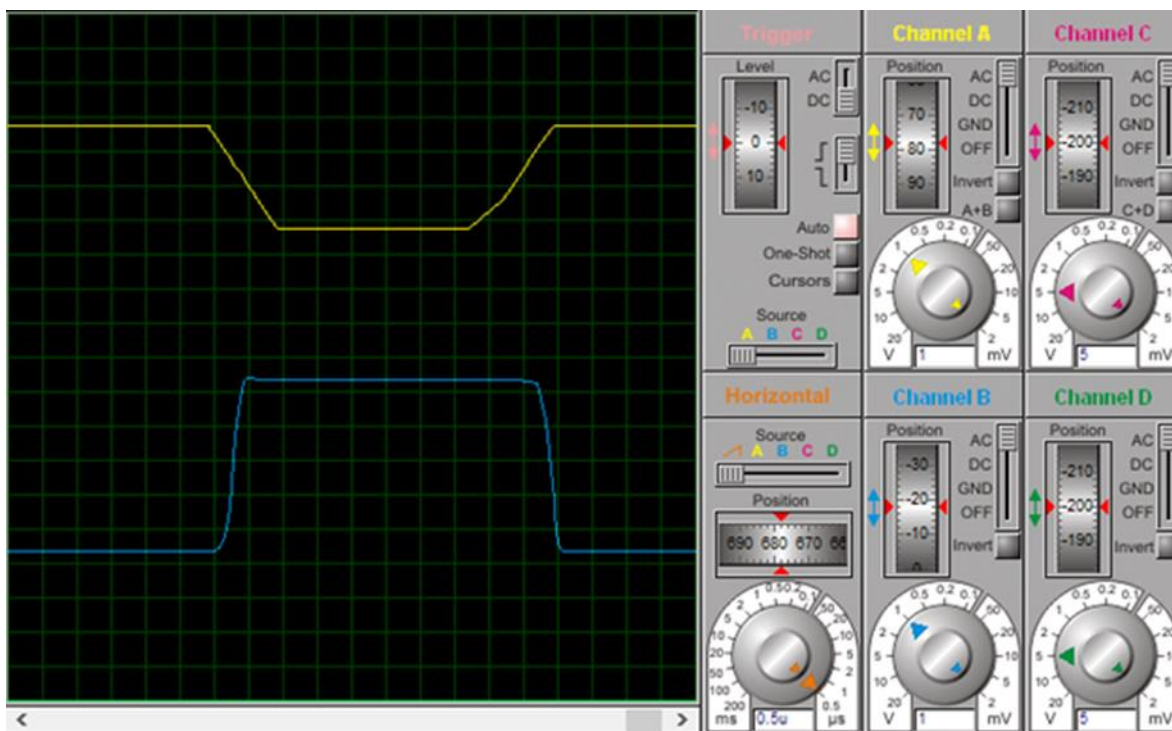


Рисунок 3.9 – Осциллограмма инвертора на КМОП-транзисторах (50 кГц)

### 3 – Время переключения КМОП-транзистора при разных частотах генератора

Частота генератора, кГц	Время переключения, нс
10	0,2
50	0,5
100	0,6

#### Вывод

При выполнении данной лабораторной работы были получены навыки построения схем с использованием n-p-n и КМОП-транзисторов. Также в ходе выполнения работы было сделано несколько выводов:

1. По составленным графикам ВАХ определено, что напряжение на коллекторе-эмиттере при повышении силы тока возрастает, но при прохождении определённой точки рост напряжения замедляется.

2. Приведённые ранее в таблицах результаты исследований показывают основные отличия КМОП от n-p-n транзисторов. Таким образом сделан вывод, что хоть время переключения у КМОП-транзистора выше, но стоимость производства и количество потребляемой энергии значительно ниже в сравнении с n-p-n транзисторами.