



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)

ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

КАФЕДРА КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ (ИУ6)

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

ОТЧЕТ

По домашней работе №3

Название: Исследование характеристик и параметров ТТЛ-ключа со сложным инвертором

Дисциплина: Электроника

Студент

ИУ-426

(Группа)

18.05.21 *А.В. Астахов*

(Подпись, дата)

С.В. Астахов

(И.О. Фамилия)

Преподаватель

(Подпись, дата)

(И.О. Фамилия)

Задание

1. Для приведенной ниже схемы ТТЛ-ключа осуществить расчет сопротивлений резисторов R1, R2, R3 и R4, исходя из заданных значений напряжения источника питания E_k и средней потребляемой ключом мощности $P_{\text{потр ср}} = \frac{1}{2}(P_{\text{номр}^1} + P_{\text{номр}^0})$. При расчете иметь ввиду, что транзисторы ТТЛ-ключа могут находиться либо в состоянии отсечки или в насыщении. Также необходимо учесть, что с целью получения максимального быстродействия схемы между сопротивлениями резисторов установлены следующие соотношения: $R1/R2=2,5$, $R2/R3=1,6$, $R1/R4=(20 \div 40)$ и $R3'=R3''=R3$.
2. Смоделировать статические состояния ключа, подавая на вход лог «1» и лог «0», его потенциальную картину в каждом состоянии (потенциалы во всех узлах схемы).
3. Построить передаточную характеристику ключа $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$ и извлечь из неё следующую информацию: уровни сигнала при логическом нуле и единице на входе и выходе, пороговые напряжения и допустимые помехи.
4. Построить входную характеристику ключа $I_{\text{вх}}=f(U_{\text{вх}})$ и определить входные токи ключа при подаче на вход логических нуля и единицы.
5. Построить выходные характеристики ключа в состояниях «1» и «0» $U_{\text{вых}}^1 = f_3(I_{\text{н}})$ и $U_{\text{вых}}^0 = f_4(I_{\text{н}})$ и определить по ним максимально допустимую величину нагрузочных токов во включенном и выключенном состояниях ключа (при этом считать допустимыми $U_{\text{вых мин}}^1 = 2,4 \text{ В}$ и $U_{\text{вых макс}}^0 = 0,3 \text{ В}$)
6. Используя полученную информацию вычислить допустимый коэффициент разветвления ключа в каждом логическом состоянии $K_p = \frac{I_{\text{н макс}}}{I_{\text{вх}}}$
7. Смоделировать переходную характеристику ключа $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$ в различных состояниях, подавая на вход прямоугольные импульсы с идеальными перепадами и определить временные параметры ключа $t_{\text{зад}}^{10}, t_{\text{зад}}^{01}$ и $t_{\text{зад ср}} = \frac{1}{2}(t_{\text{зад}}^{10} + t_{\text{зад}}^{01})$

Исходные данные для расчета и моделирования.

$$E_n = 5 \text{ В} \quad \tau_R = (3 \div 20) \tau_\alpha (B+1)$$

Исходные данные

Задание к ДЗ №3 для гр. ИУ6-42							
Вариант №	Рпот. ср., мВт	В	Вu	f _а , МГц	R _б , Ом	Сбэ, пФ	Скб, пФ
1	5	200	0.4	800	200	5	1

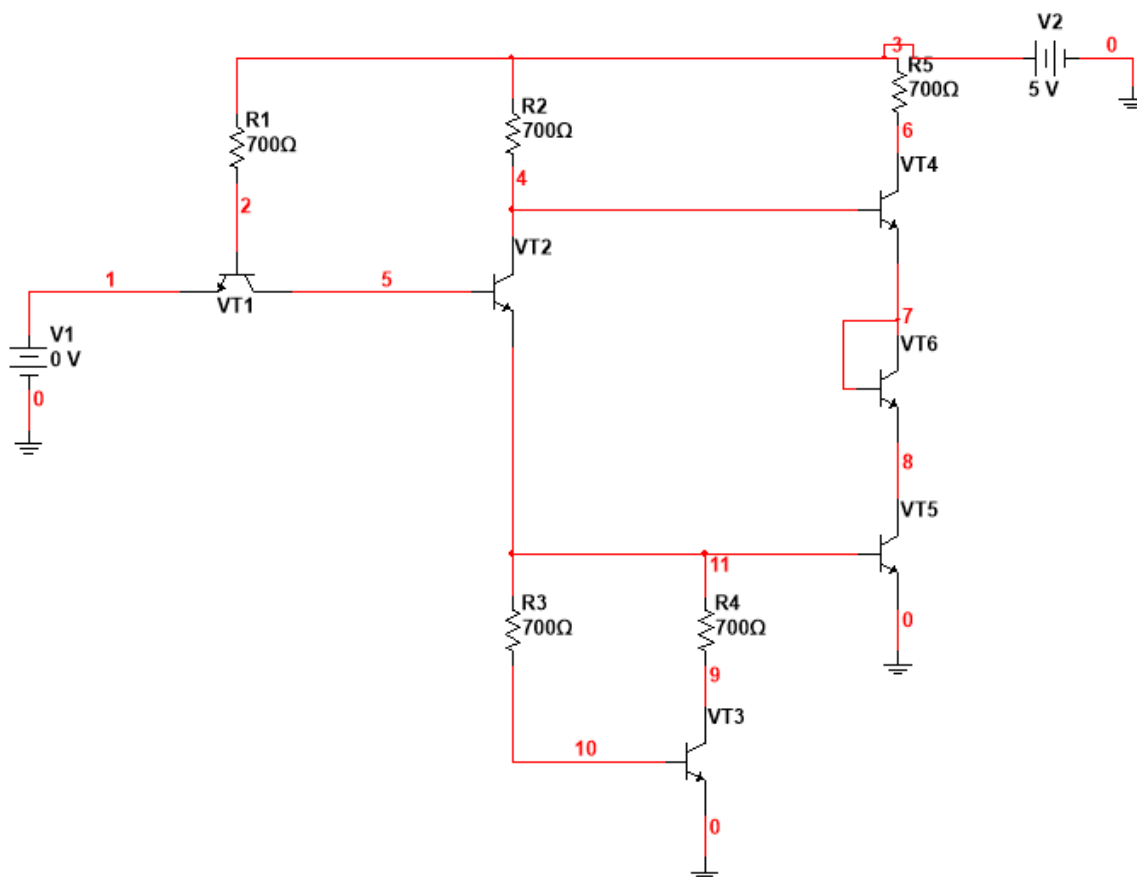
Исходная схема

(нумерация резисторов для удобства изменена)

Рассчитаем параметры транзисторов

$$\tau_a = 1 / (2 \pi f_a) = 1 / (2\pi * 800 * 10^6) = 0.20e-9 \text{ с}$$

$$\tau_R = (3/20) \tau_a (B+1) = (3/20) * 0.20e-9 * 201 = 6.01e-9 \text{ с}$$



Часть 1

Мощность , рассеиваемая во включенном состоянии

$$P_{\text{потр } 1} = P_{R1} + P_{R2} + P_{R4} + P_{VT1} + P_{VT2} + P_{VT3};$$

$$P_{\text{потр } 1} = R_1 * I_{R1}^2 + R_2 * I_{R2}^2 + R_4 * I_{R4}^2 + (U_{бк} + 2 * U_{бэ}) * I_{R1} + (U_{кэ} + U_{бэ}) * I_{R2} + U_{кэ} * I_{R4};$$

$$I_{R1} = (E - 2 * U_{бэ} - U_{бк}) / R_1 = 2,9 / R_1 ;$$

$$I_{R2} = (E - U_{бэ} - U_{кэ}) / R_2 = 4 / R_2 ;$$

$$I_{R4} = (U_{69} - U_{к9}) / R_4 = 0,4 / R_4;$$

$$P_{\text{потр } 1} = 14,5 / R_1 + 20 / R_2 + 0,28 / R_4 ;$$

Мощность , рассеиваемая в выключенном состоянии

$$P_{\text{потр } 0} = P_{R1} + P_{R5} + P_{VT6} + P_{VT1} + P_{VT4};$$

$$P_{\text{потр } 0} = R_1 * I_{R1}^2 + R_5 * I_{R5}^2 + U_{69} * I_{R1} + (U_{VT6} + U_{к9}) * I_{R5};$$

$$I_{R1} = 4,3 / R_1;$$

$$I_{R5} = 0,7 / R_5;$$

$$P_{\text{потр } 0} = 21,5 / R_1 + 1,19 / R_5;$$

По условию $R_1 / R_2 = 2,5$; $R_2 / R_3 = 1,6$; $R_3 = R_4$; $R_1 / R_5 = (20 \dots 40)$;

Пусть $R_1 = 30 R_5$, тогда

$$P_{\text{потр } 1} = 14,5 / R_1 + 20 / R_2 + 0,28 / R_4 = 22,5 / R_1$$

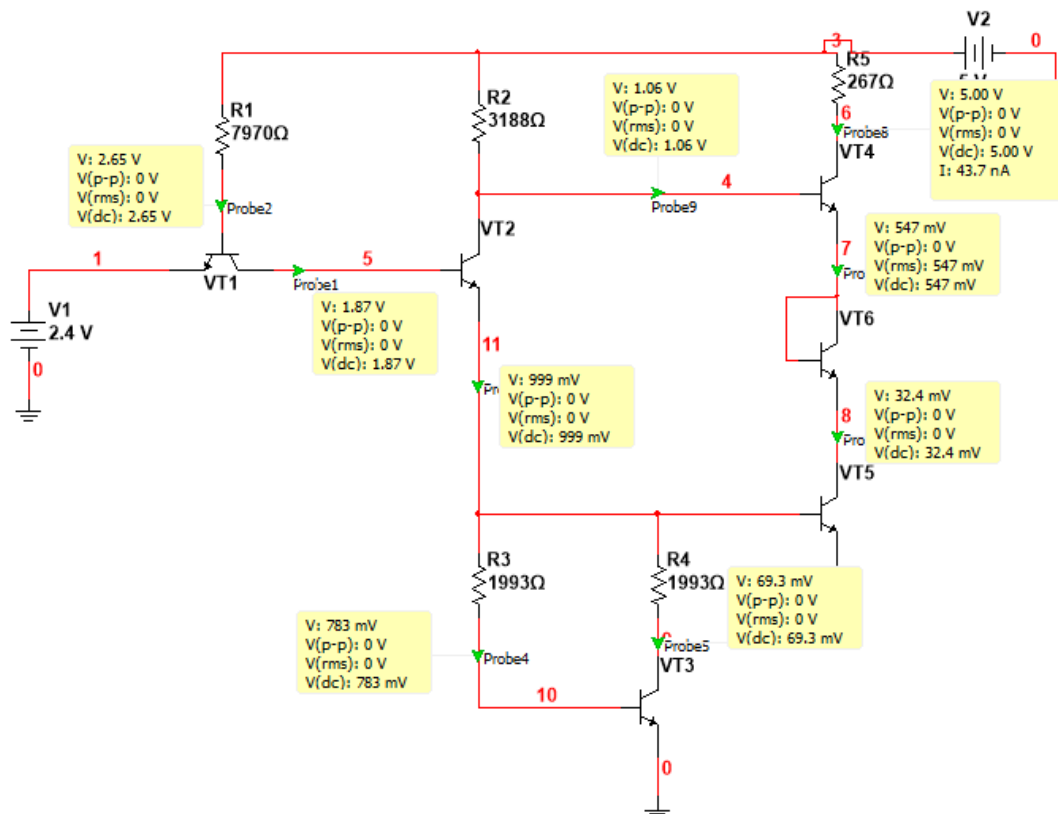
$$P_{\text{потр } 0} = 21,5 / R_1 + 1,19 / R_5 = 57,2 / R_1;$$

$$P_{\text{ср потр}} = \frac{1}{2} (P_{\text{потр } 1} + P_{\text{потр } 0}) = 39,85 / R_1 = 0,005 \text{ Вт}$$

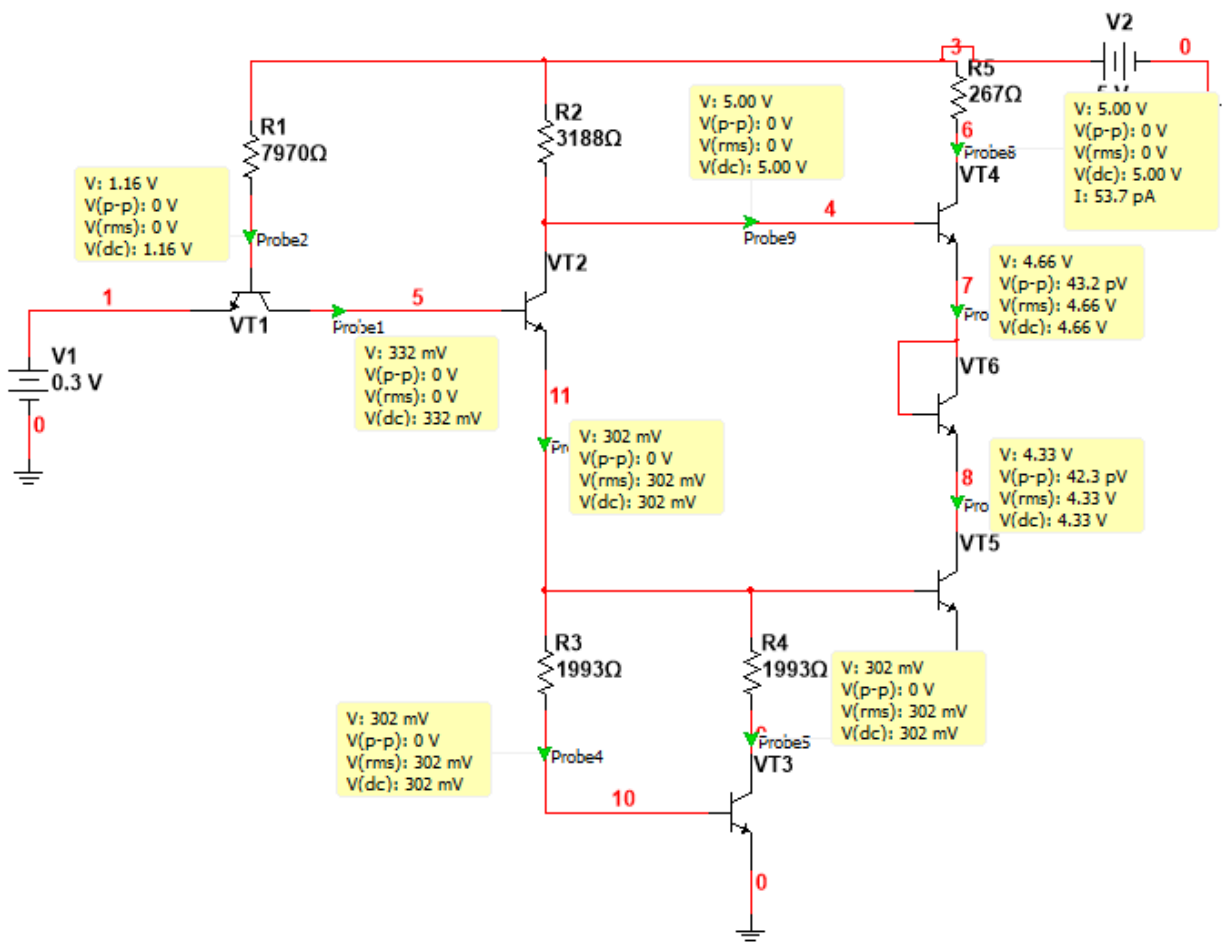
Отсюда $R_1 = 7970 \text{ Ом}$; $R_2 = 3188 \text{ Ом}$; $R_3 = R_4 = 1993 \text{ Ом}$; $R_5 = 267 \text{ Ом}$

Часть 2

Статическое состояние ключа при логической «1» на входе (см. первые строки подписей)

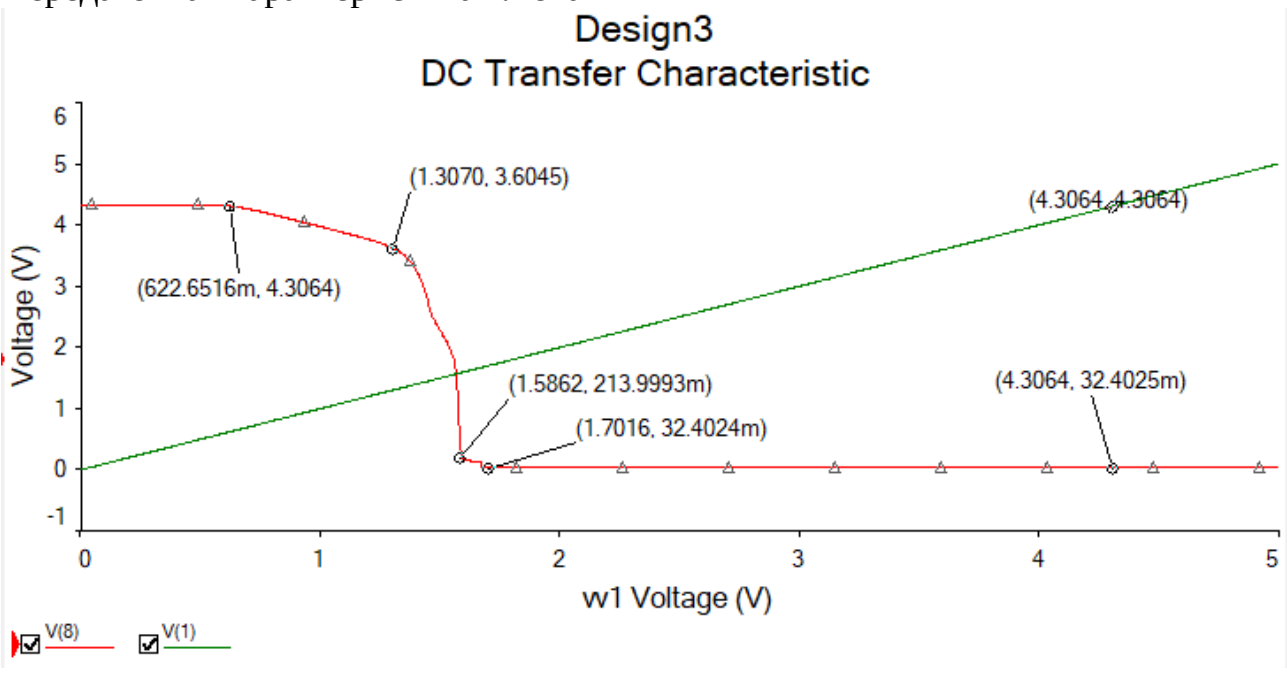


Статическое состояние ключа при логическом «0» на входе (см. первые строки подписей)



Часть 3

Передаточная характеристика ключа



$$U_{BX}^0 = 0.3 \text{ В}$$

$$U_{BX1} = 4.3 \text{ В}$$

$$U_{ВЫХ}^0 = 4.3 \text{ В}$$

$$U_{ВЫХ}^1 = 0.032 \text{ В}$$

$$U_{пор}^0 = 0.622 \text{ В}$$

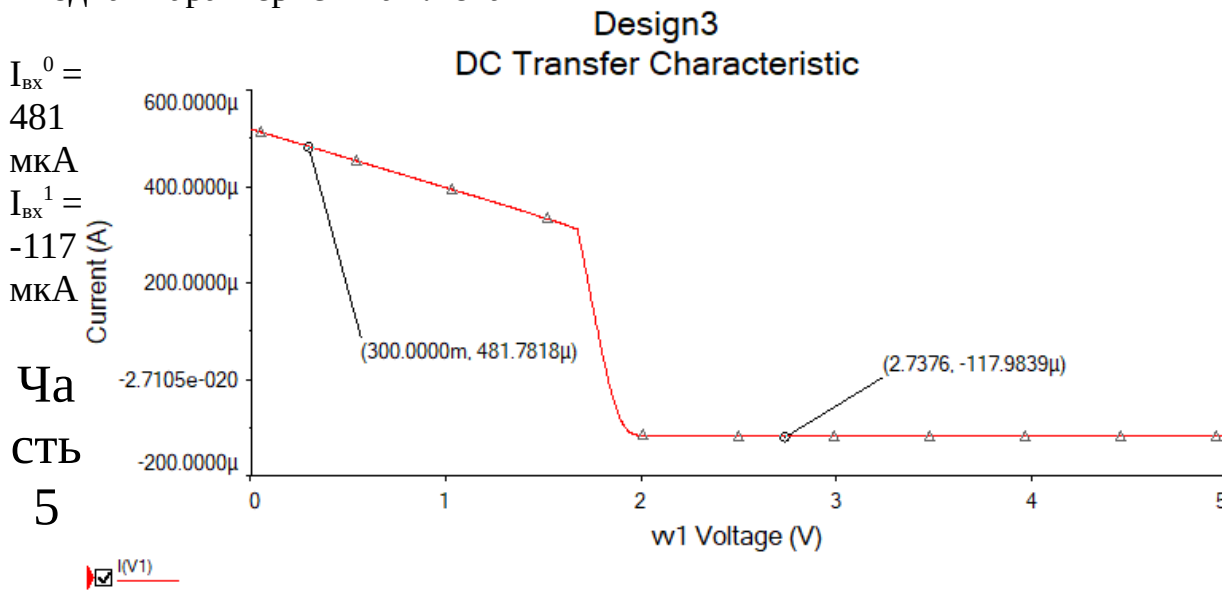
$$U_{пор}^1 = 1.58 \text{ В}$$

$$U_{пом}^0 = |U_{пор}^0 - U_{BX}^0| = 0.32 \text{ В}$$

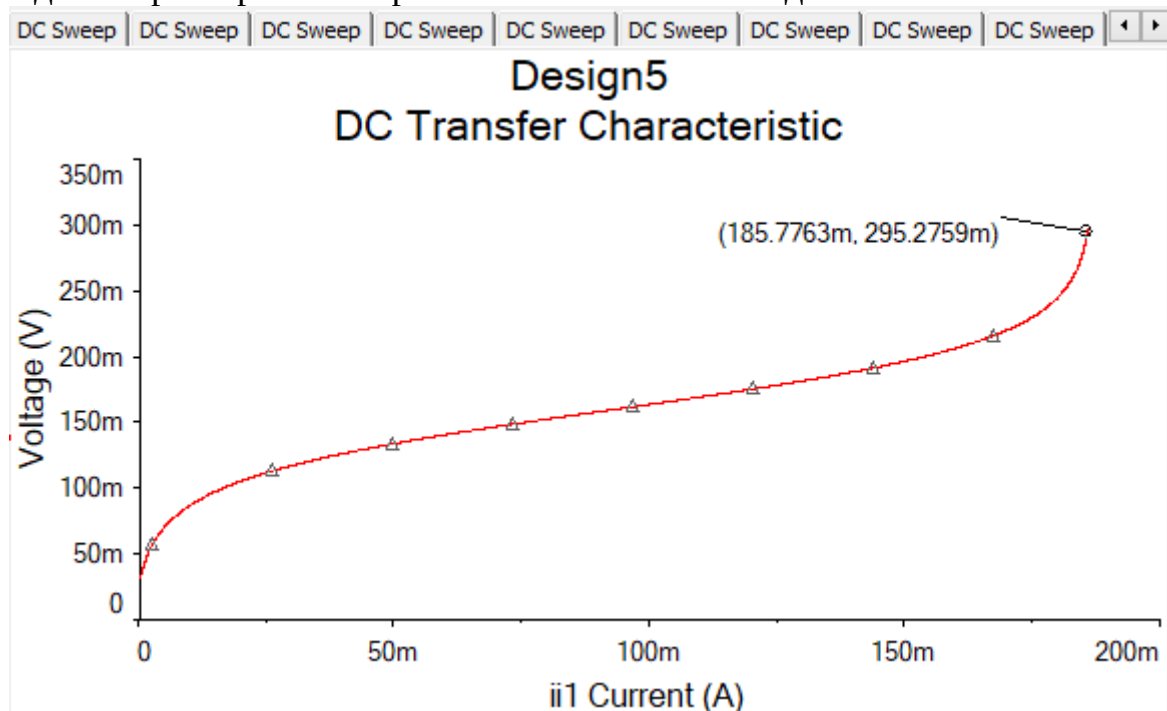
$$U_{пом}^1 = |U_{пор}^1 - U_{BX}^1| = 2.72 \text{ В}$$

Часть 4

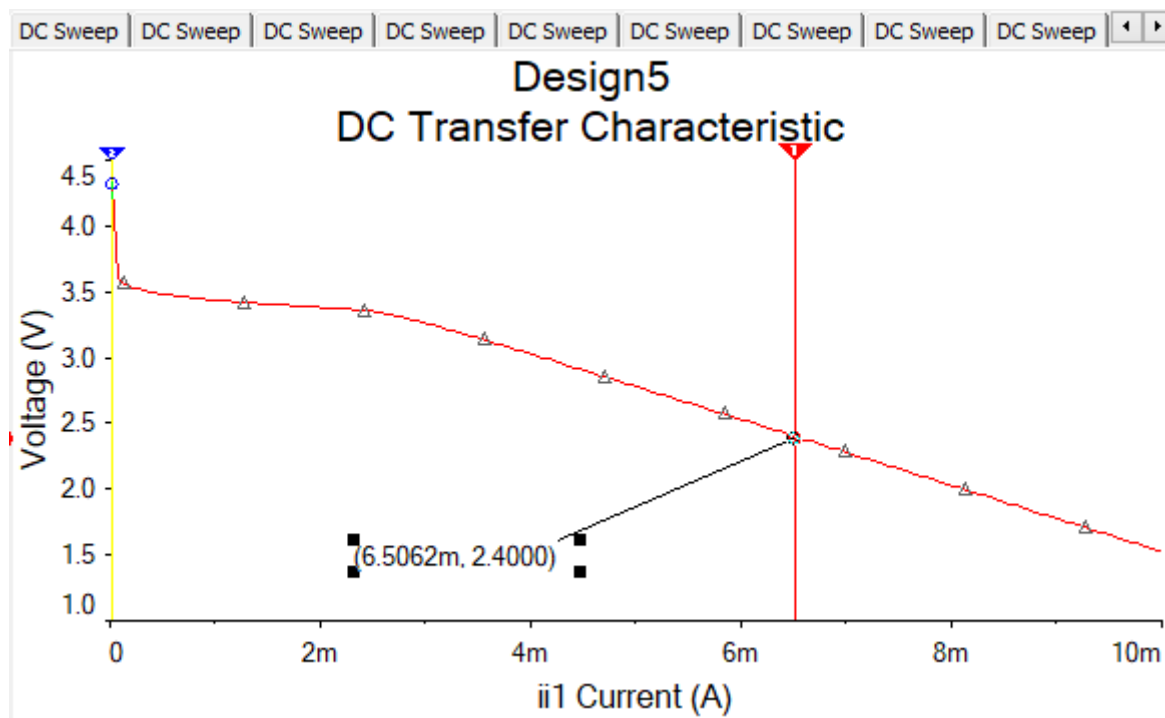
Входная характеристика ключа



Выходная характеристика при логическом 0 на выходе



Выходная характеристика при логической 1 на выходе



Как видно из графиков

$$I_{\max}^0 = 6.5 \text{ mA}$$

$$I_{\max}^1 = 0.186 \text{ A}$$

Часть 6

Учитывая, что ключ инвертирующий:

$$K_{p1} = I_{\max 1} / I_{\text{вх}0}$$

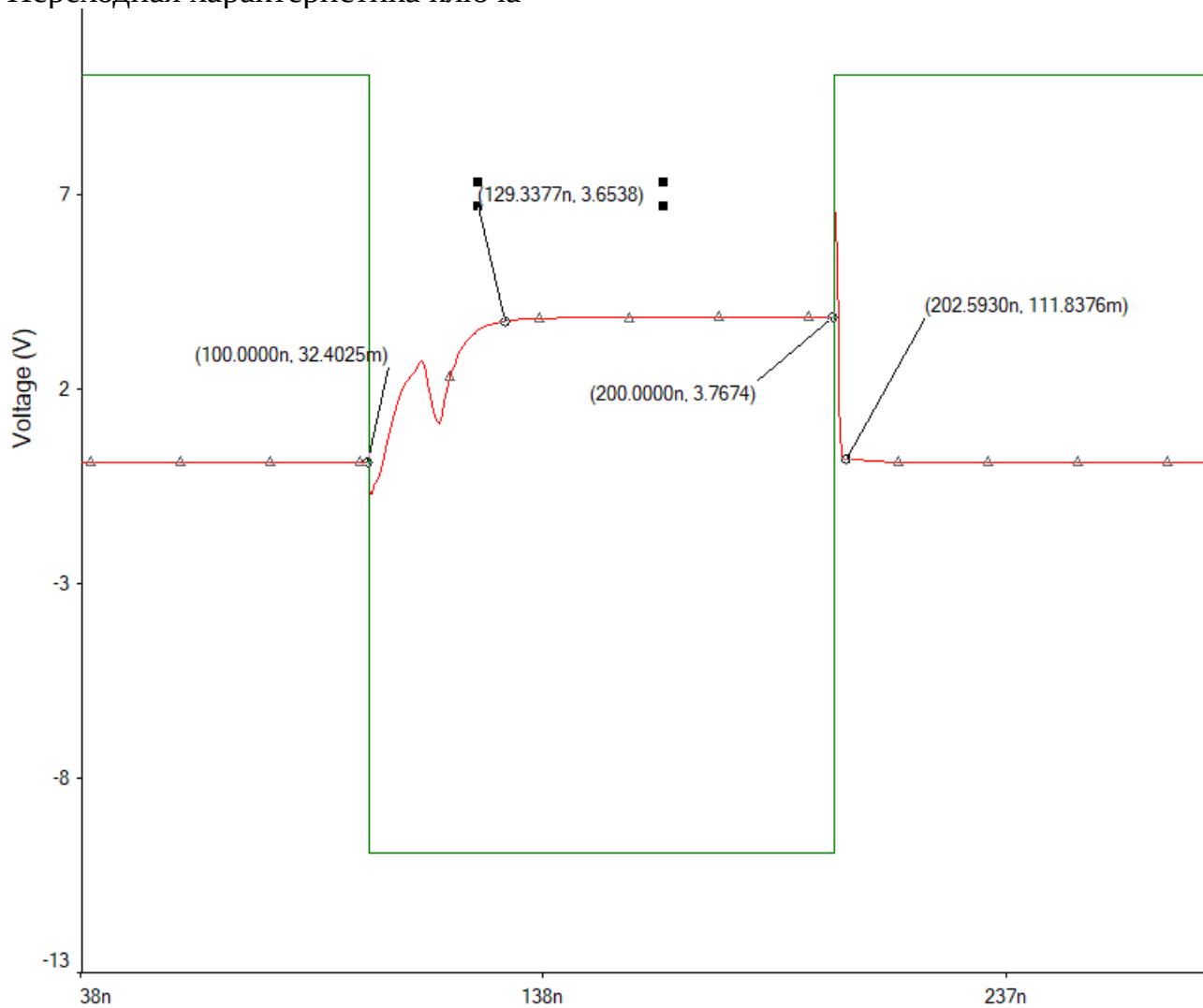
$$K_{p0} = I_{\max 0} / I_{\text{вх}1}$$

$$K_{p1} = 1590$$

$$K_{p0} = 13$$

Часть 7

Переходная характеристика ключа



$$t_{\text{зад}}^{10} = 29\text{e-}9 \text{ c}$$

$$t_{\text{зад}}^{01} = 2\text{e-}9 \text{ c}$$

$$t_{\text{зад ср}} = \frac{1}{2} (t_{\text{зад}}^{10} + t_{\text{зад}}^{01}) = 15.5 \text{ e-}9 \text{ c}$$

Вывод

1. В ходе данной работы были найдены сопротивления, обеспечивающие максимальное быстродействие ТТЛ-ключа

$$R_1 = 7970 \text{ Ом}; R_2 = 3188 \text{ Ом}; R_3 = R_4 = 1993 \text{ Ом};$$

$$R_5 = 267 \text{ Ом}$$

2. Были смоделированы статические состояния ключа и получены его потенциальные картины в каждом состоянии (см. рисунки к части 2)

3. Была построена передаточная характеристика, с помощью которой были получены уровни сигнала:

$$U_{\text{вх}}^0 = 0.3 \text{ В}$$

$$U_{\text{вх1}} = 4.3 \text{ В}$$

$$U_{\text{вых}}^0 = 4.3 \text{ В}$$

$$U_{\text{вых}}^1 = 0.032 \text{ В}$$

$$U_{\text{пор}}^0 = 0.622 \text{ В}$$

$$U_{\text{пор}}^1 = 1.58 \text{ В}$$

$$U_{\text{пом}}^0 = |U_{\text{пор}}^0 - U_{\text{вх}}^0| = 0.32 \text{ В}$$

$$U_{\text{пом}}^1 = |U_{\text{пор}}^1 - U_{\text{вх}}^1| = 2.72 \text{ В}$$

4. Была построена входная характеристика ключа, с помощью которой были получены входные токи:

$$I_{\text{вх}}^0 = 481 \text{ мкА}; I_{\text{вх}}^1 = -117 \text{ мкА}$$

5. Были построены выходные характеристики ключа, с помощью которых были получены максимальные нагрузочные токи:

$$I_{\text{max}}^0 = 6.5 \text{ мА}; I_{\text{max}}^1 = 0.186 \text{ А}$$

6. Были вычислены коэффициенты разветвления:

$$K_{p1} = 1590; K_{p0} = 13$$

7. Были определены временные параметры схемы:

$$t_{\text{зад}}^{10} = 29 \text{ е-}9 \text{ с}$$

$$t_{\text{зад}}^{01} = 2 \text{ е-}9 \text{ с}$$

$$t_{\text{зад ср}} = \frac{1}{2} (t_{\text{зад}}^{10} + t_{\text{зад}}^{01}) = 15.5 \text{ е-}9 \text{ с}$$

Список литературы

1. С.Р. Иванов «Электронные ключи: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу “Электроника”»
2. В.А. Карпухин «Электронный мультимедийный конспект лекций по разделу “Базовые элементы цифровых устройств”»