

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ **09.03.01 Информатика и вычислительная техника**

по домашньому заданню № 3

Дисциплина: Электроника

В.А. Карпухин
(И.О. Фамилия)

2021 г.

Исследование характеристик и параметров ТТЛ - ключа со сложным инвертором.

Задание:

Вариант 19.

Таблица 1 – Данные варианта

№	Р _{пот.} ср., мВт	В	В _и	f _α , МГц	R _б , Ом	C _{бэ} , пФ	C _{кб} , пФ
19	5	110	0.22	620	110	3.19999	2.8

1. Для приведенной ниже схемы ТТЛ-ключа осуществить расчет сопротивлений резисторов R1, R2, R3 и R4, исходя из заданных значений напряжения источника питания Eк и средней потребляемой ключом мощности Р_{потр ср} = ½(Р_{потр}¹ + Р_{потр}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÷40) и R3'=R3''=R3.

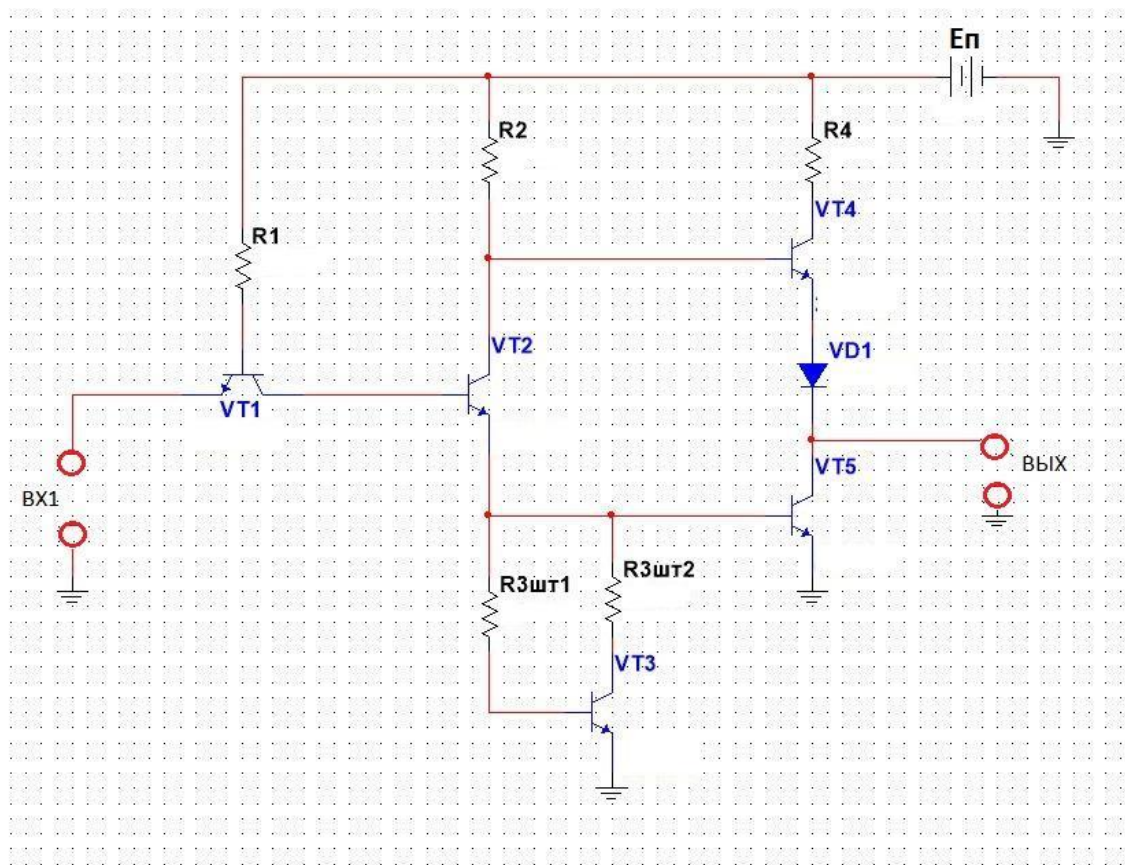


Рисунок 1 – Схема ТТЛ — ключа

VD1 – выполнен на эмиттерном переходе транзистора.

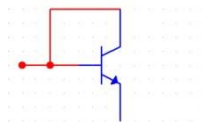


Рисунок 2 – Схема ТТЛ — ключа

Все транзисторы в схеме имеют одинаковые параметры.

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» $U_{\text{вых}}^{\text{«1»}} = f_3(I_{\text{н}})$ и $U_{\text{вых}}^{\text{«0»}} = f_4(I_{\text{н}})$ и определить по ним

максимально допустимую величину нагрузочных токов во включенном и выключенном состояниях ключа

(при этом считать допустимыми $U_{\text{ВЫХ МИН}}^{\text{"1"}} = 2,4\text{В}$ и $U_{\text{ВЫХ МАКС}}^{\text{"0"}} = 0,3\text{В}$)

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.

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

Цель работы:

В теории и на практике изучить работу ТТЛ-ключа со сложным инвертором и процессы возникающие в ходе его работы.

Решение:

$$\tau_a = 1 / (2 * \pi * f_a) = 1 / (2 * 3.14 * 620 * 10^6) = 2,56 * 10^{-10} c$$

$$\tau_R = 10 * \tau_a * (B + 1) = 10 * 2,56 * 10^{-10} * 111 = 2.85 * 10^{-7} c$$

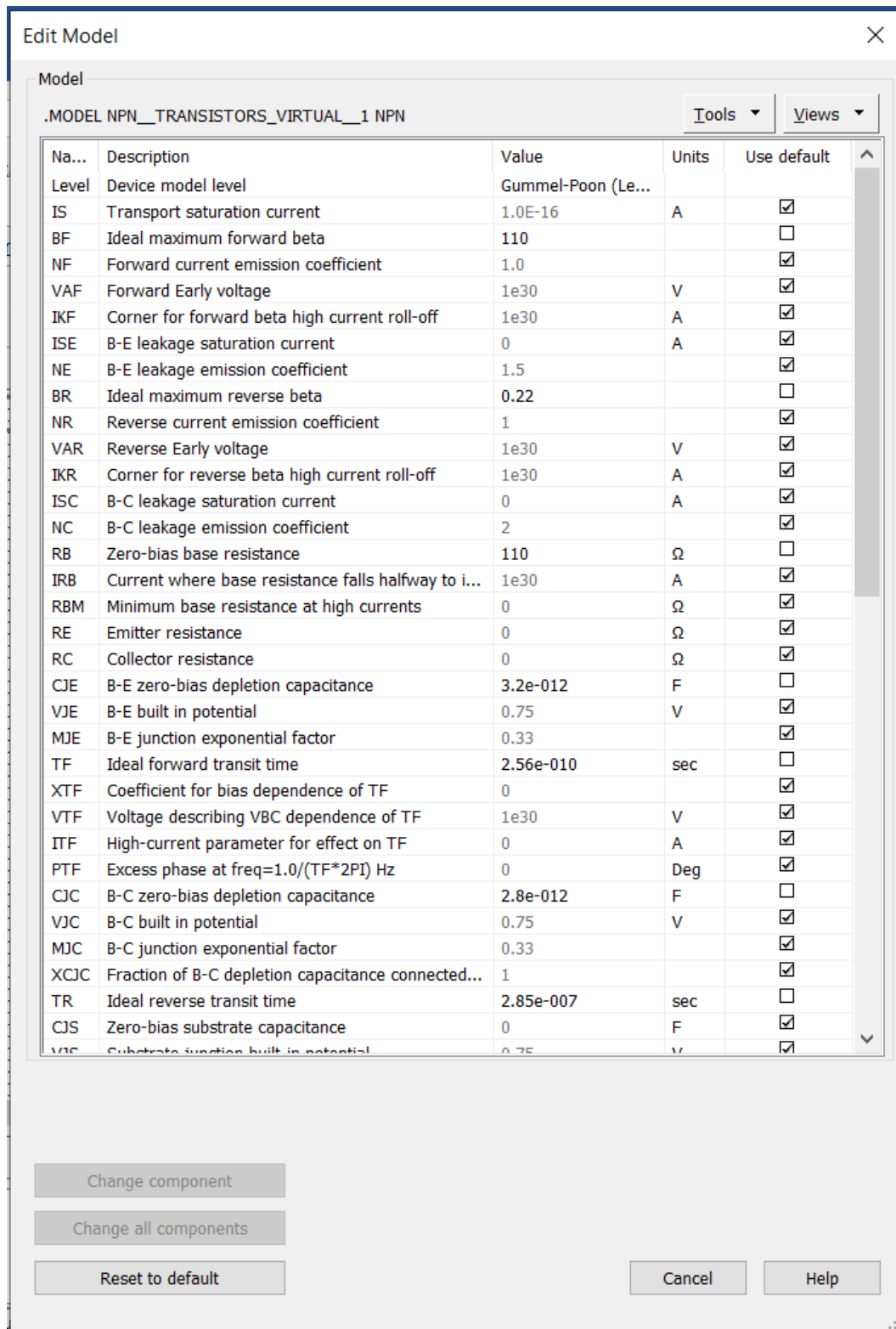


Рисунок 1 –SPICE-модель

На рисунке 1 изображена SPICE-модель транзистора

Расчет сопротивлений:

Рассмотрим каскад при логическом нуле на входе и логической единице на выходе.

$$P_{\text{потр ср}} = \frac{1}{2}(P_{\text{потр}}^{''1''} + P_{\text{потр}}^{''0''}) = 5 \text{ мВт} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$$

Для логического нуля:

$$P_{\text{потр}}^{''0''} = E_n I_{R1}^{''0''} = E_n \frac{E_n - U_{\text{BX}}^{''0''} - U_{\text{БЭ1}}}{R_1} = 5 * \frac{5 - 0 - 0,7}{R_1} = \frac{21,5}{R_1}$$

Для логической единицы:

$$\begin{aligned} P_{\text{потр}}^{''1''} &= E_n (I_{R1}^{''1''} + I_{R2}^{''1''}) \\ &= E_n \left(\frac{E_n - (U_{\text{БЭ2}} + U_{\text{БК 1}} + U_{\text{БЭ5}})}{R_1} + \frac{E_n - (U_{\text{КЭ2}} + U_{\text{БЭ5}})}{R_1} \right) = \\ &= 5 * \left(\frac{5 - 0,7 * 3}{R_1} + \frac{5 - 0,8}{\frac{R_1}{2,5}} \right) = \frac{66,5}{R_1} \end{aligned}$$

Затем:

$$P_{\text{потр ср}} = \frac{1}{2}(P_{\text{потр}}^{''1''} + P_{\text{потр}}^{''0''}) = 5 \cdot 10^{-3} = \frac{21,5}{R_1} + \frac{66,5}{R_1}$$

$$R_1 = \frac{21,5 + 66,5}{5 * 10^{-3}} = \frac{44}{5 * 10^{-3}} = 8800 \text{ Ом}$$

$$R_2 = \frac{R_1}{2,5} = 3520 \text{ Ом}$$

$$R_3 = \frac{R_2}{1,6} = 2200 \text{ Ом}$$

$$R_4 = R_1 / 30 = 293.33 \text{ Ом}$$

$$R_3' = R_3'' = R_3 = 2200 \text{ Ом}$$

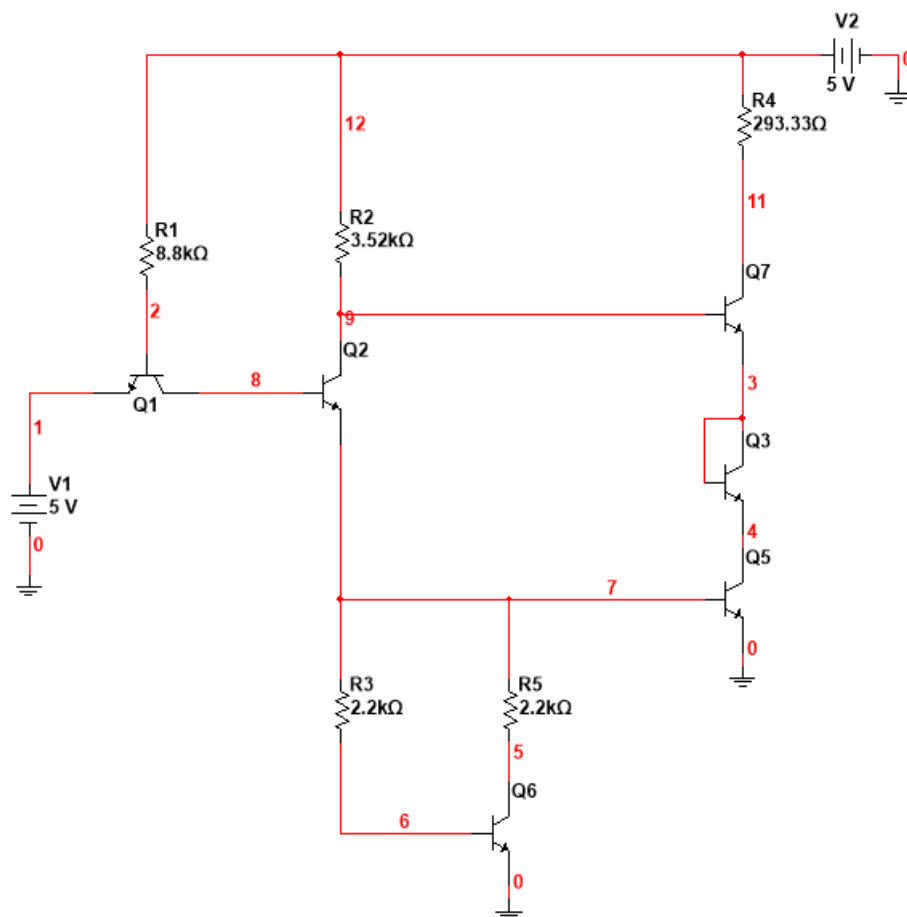


Рисунок 2 – Схема

При логической единице на входе(V1) получаем логический ноль на выходе. (Рисунок 3)

При логическом нуле на входе (V1) получаем логическую единицу на выходе. (Рисунок 4)

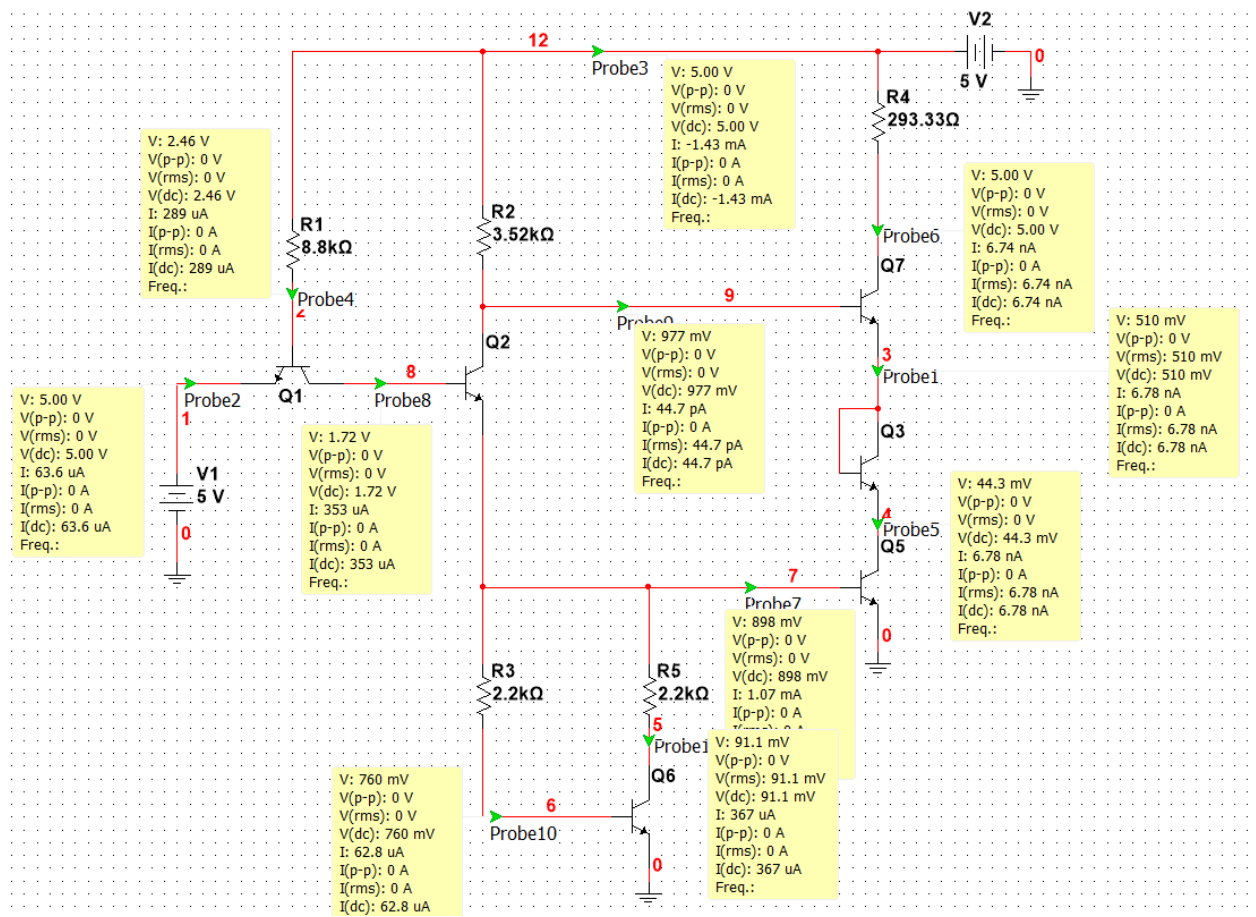


Рисунок 3 – Потенциал при логической единице

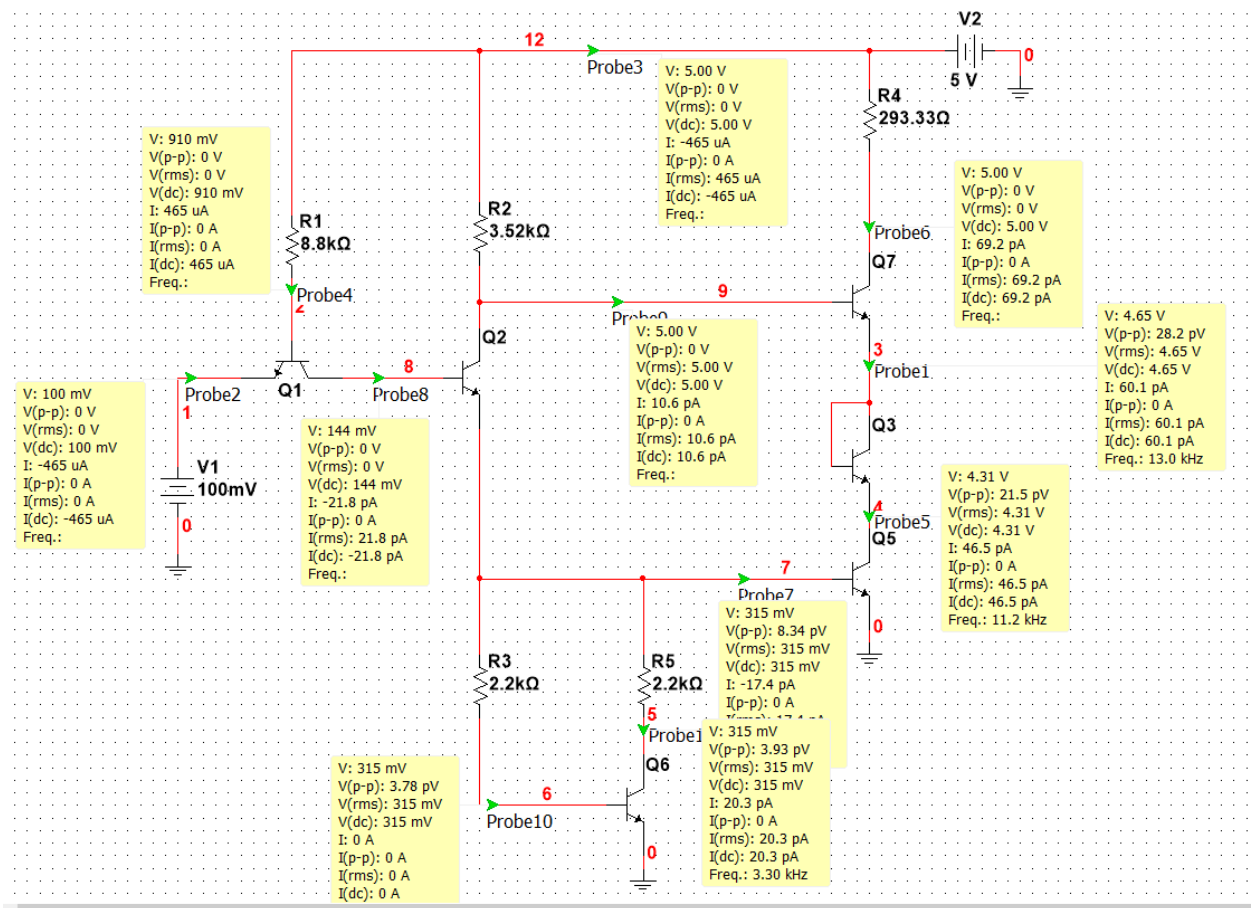


Рисунок 4 – Потенциал при логическом нуле

Передаточная характеристика ключа:

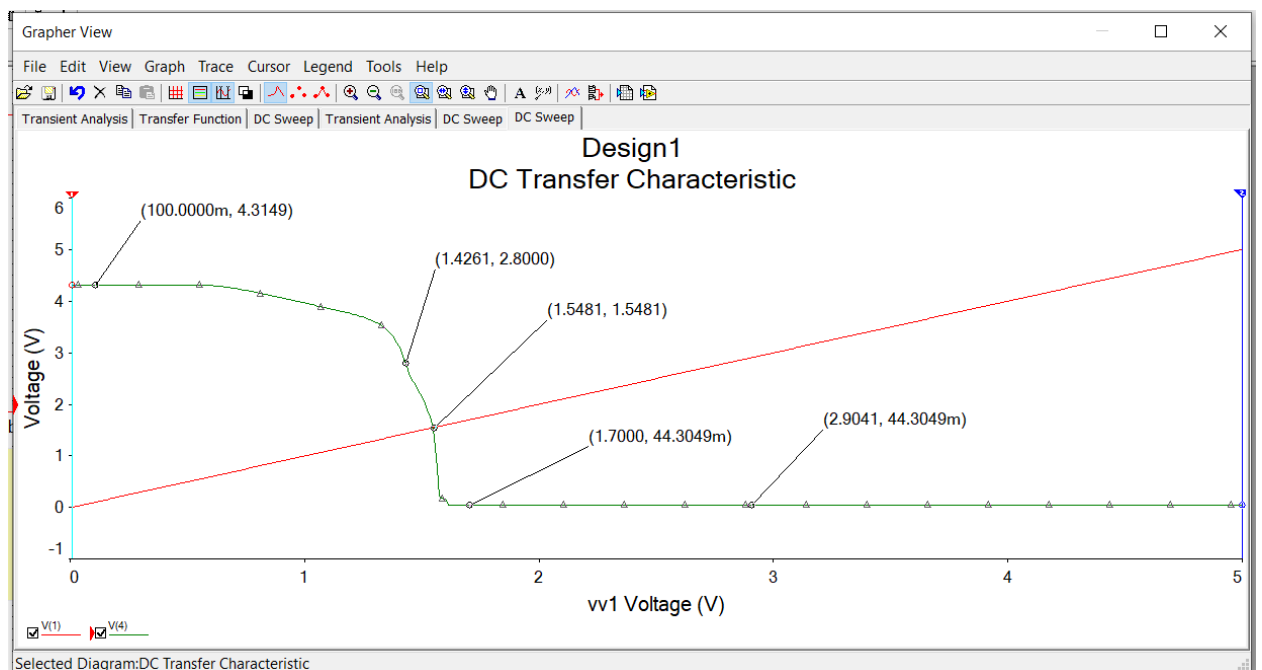


Рисунок 5 – Передаточная характеристика

На рисунке 5 изображена передаточная характеристика ключа $U_{\text{ВЫХ}} = f_1(U_{\text{ВХ}})$.

Определим уровни сигнала при логическом нуле и единице:

$$U_{\text{ВХ}}^{\text{"0"}} = 0.1\text{В}$$

$$U_{\text{ВЫХ}}^{\text{"0"}} = 4.31\text{В}$$

$$U_{\text{ВХ}}^{\text{"1"}} = 2.9\text{В}$$

$$U_{\text{ВЫХ}}^{\text{"1"}} = 44.3\text{мВ}$$

Определим пороговое напряжение:

$$U_{\text{ПОР}} = 1.55\text{В}$$

Определим допустимые помехи:

$$U_{\text{П}}^{\text{"0"}} = 1.4 - 0.1 = 1.3\text{В}$$

$$U_{\text{П}}^{\text{"1"}} = 2.9 - 1.7 = 1.2\text{В}$$

$$U_{\text{min}}^{\text{"0"}} = 0.1\text{В}$$

$$U_{\text{max}}^{\text{"0"}} = 1.5\text{В}$$

$$U_{\text{min}}^{\text{"1"}} = 1.7\text{В}$$

$$U_{\text{max}}^{\text{"1"}} = 2.9\text{В}$$

Входная характеристика ключа:

Построим входную характеристику ключа $I_{\text{ВХ}} = f_2(U_{\text{ВХ}})$. Она изображена на рисунке 6 ниже.

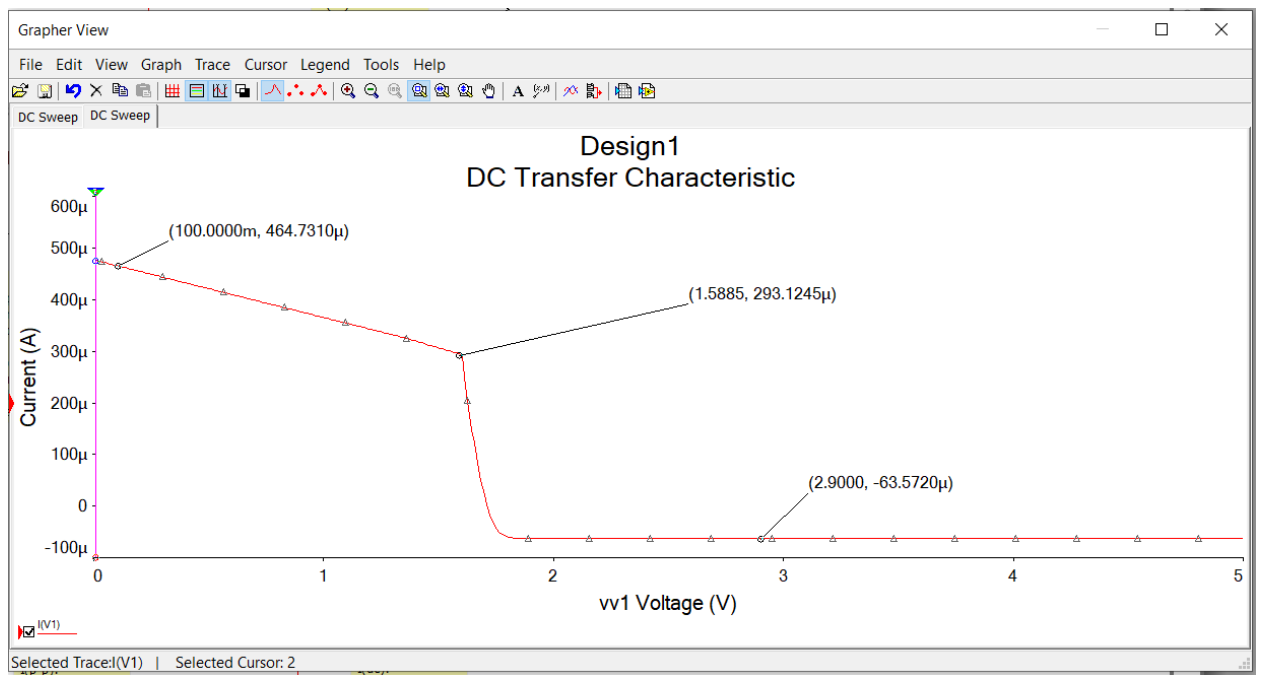


Рисунок 6 –Входная характеристика

Найдем входные токи при логических единице и нуле:

$$I_0 = 464,37 \mu\text{A вх}$$

$$I_1 = -63,57 \mu\text{A вх}$$

Выходные характеристики ключа:

Заменим нагрузку на источник постоянного тока.

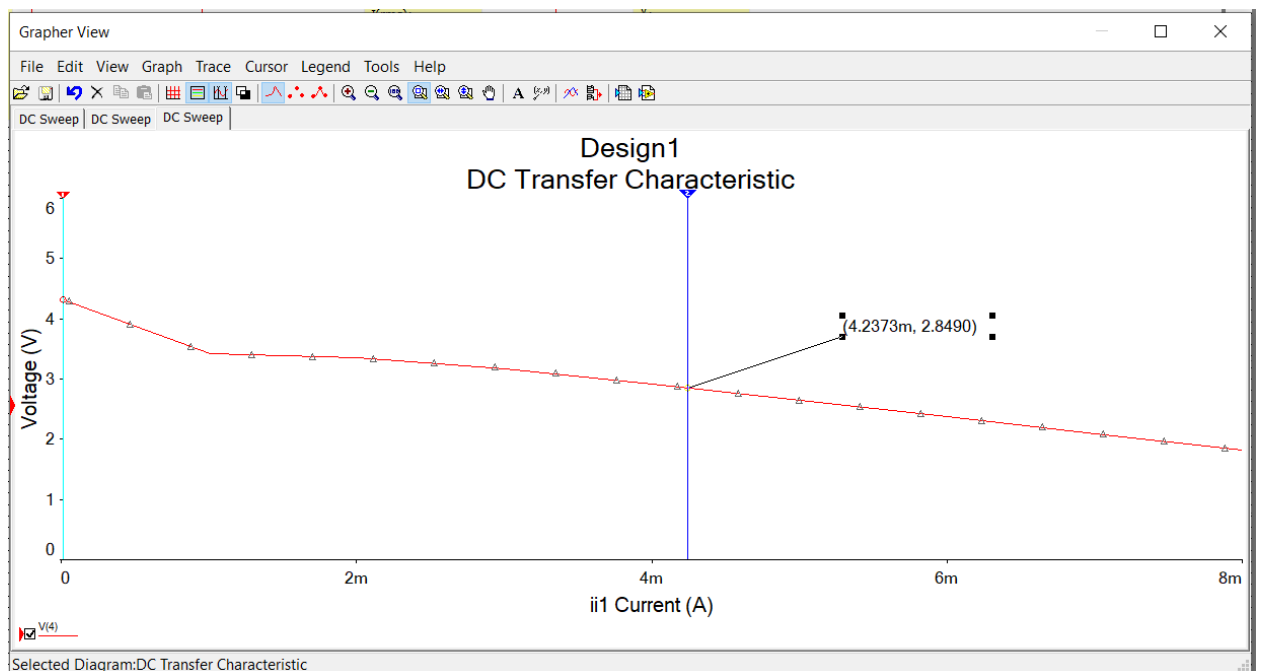


Рисунок 7 – Выходная характеристика ключа

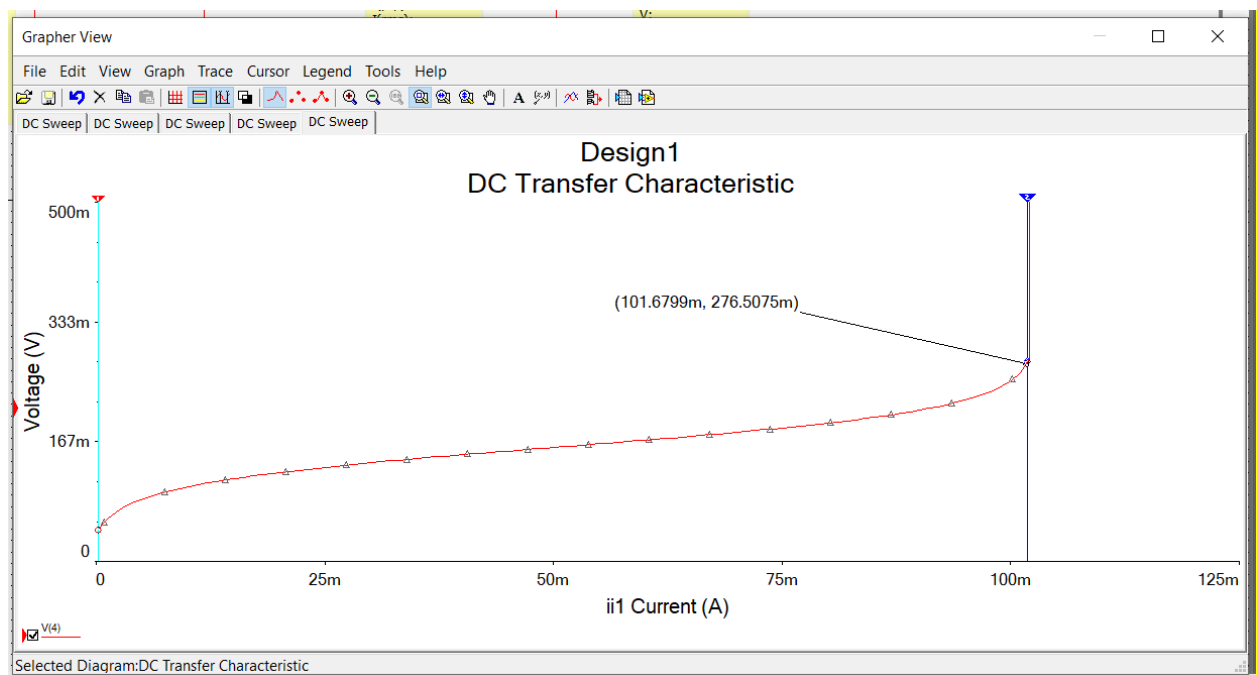


Рисунок 8 – Выходная характеристика ключа

Построим выходную характеристику ключа при логической единице (Рисунок 7), а также при логическом нуле (Рисунок 8). Определим максимально допустимую величину нагрузочного тока во включенном состоянии ключа:

$$I_1 = 4,24\text{мА}$$

$$I_0 = 277\text{мА}$$

Коэффициент разветвления ключа:

Вычислим максимальный допустимый коэффициент разветвления ключа во включённом состоянии:

$$K_p^1 = I_{\text{нмакс}}^1 / I_{\text{вх}}^1 = 4,24 \cdot 10^3 / 63,57 = 66.69$$

Вычислим максимальный допустимый коэффициент разветвления ключа во выключенном состоянии:

$$K_p^0 = I_{\text{нмакс}}^0 / I_{\text{вх}}^0 = 277 / 464,37 = 0,597$$

Переходная характеристика ключа в различных состояниях:

Заменим источник питания на генератор прямоугольных импульсов с частотой равной 620 Гц. Определим временные параметры ключа, подключив к выходу нагрузку, равную 10 аналогичным ключам.

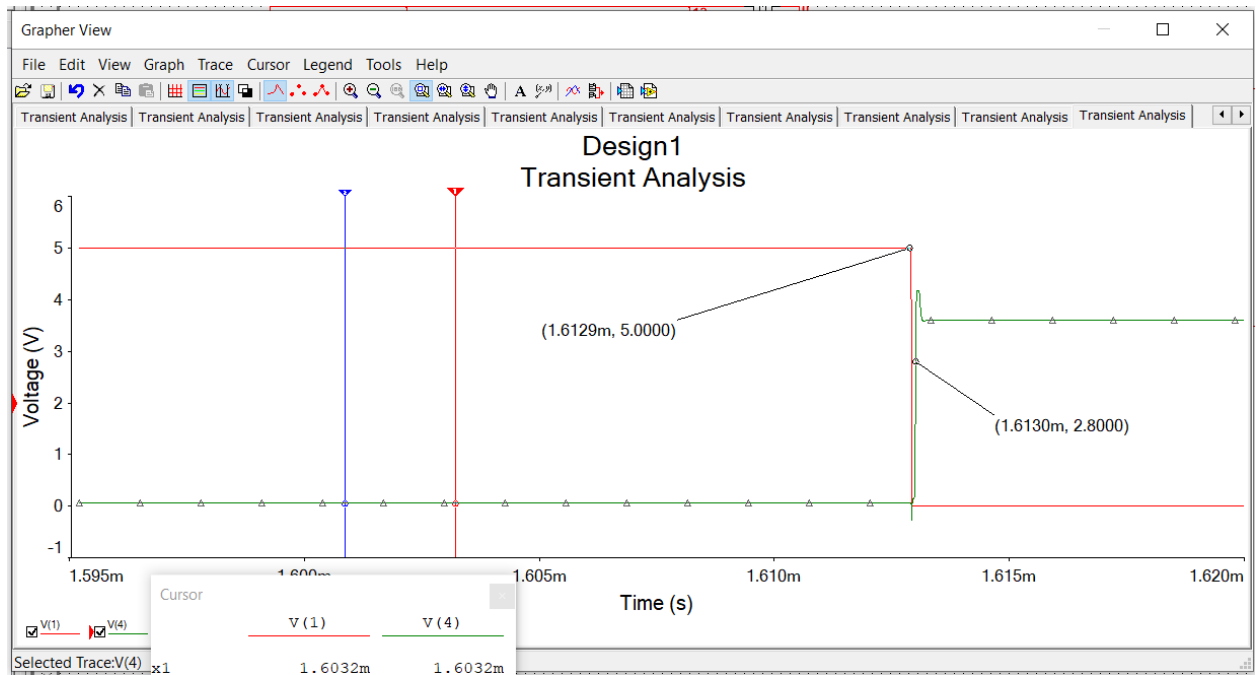


Рисунок 9 – Переходная характеристика

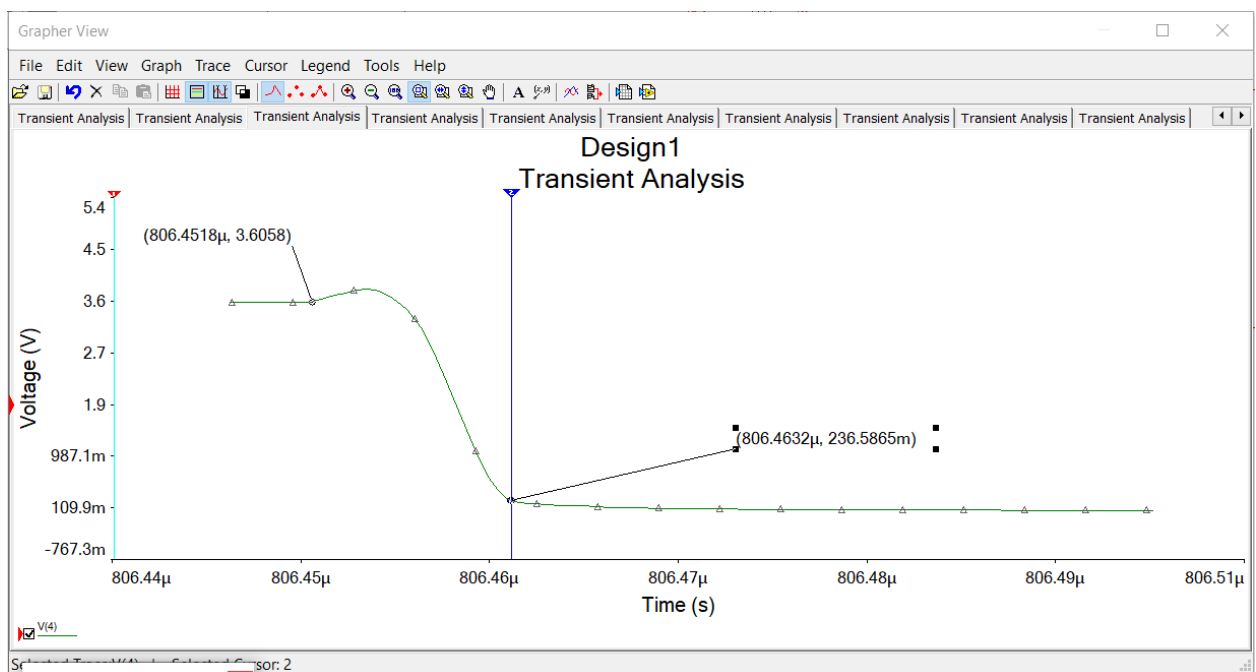


Рисунок 10 – Переходная характеристика

$$t_{01} = 1,6130 - 1,6129 = 0,1 \text{ мкс}$$

$$t_{10} = 806,4632 - 806,4518 = 11,4 \text{ нс}$$

$$t_{cp} = 0,5 * (t_{10} + t_{01}) = 0,5 * (11,4 * 10^{-9} + 0,1 * 10^{-6}) = 0,0000000557 \text{ с}$$

Вывод:

Осуществлён расчет сопротивлений резисторов схемы ТТЛ-ключа, исходя из заданных значений напряжения источника питания E_k и средней потребляемой ключом мощности; смоделированы статические состояния ключа и его потенциальные картины в каждом состоянии; построена передаточная характеристика ключа $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$ и определены уровни сигнала при логическом нуле и единице на входе и выходе, пороговые напряжения и допустимые помехи; построена входная характеристика ключа $I_{\text{вх}} = f(U_{\text{вх}})$ и определены входные токи ключа при подаче на вход логических нуля и единицы; построены выходные характеристики ключа, определены максимально допустимые величины нагрузочных токов во включенном и выключенном состояниях ключа; вычислены допустимые коэффициенты разветвления ключа в каждом логическом состоянии.

Список используемых источников:

- 1) Электроника – О.В. Миловзоров, И.Г. Панков
- 2) Электронные устройства автоматики – Г.В. Королев