

Гриншпун Дмитрий Михайлович,
Новиков Василий Викторович

ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ПО ФИЗИЧЕСКИМ ОСНОВАМ ЦИФРОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ. ТРАНЗИСТОРНЫЙ КАСКАД С ОБЩИМ ЭМИТТЕРОМ

Настоящая статья представляет первую из шести виртуальных лабораторных моделей электронных устройств, предназначенных для изучения физических основ цифровой электроники – транзисторный каскад с общим эмиттером. Модель построена на базе одного нелинейного элемента – полупроводникового транзистора и может быть использована для:

- демонстрации режимов работы биполярного транзистора;
- демонстрации формирования цифровых сигналов и зависимости условий перехода между их устойчивыми состояниями от параметров схемы;
- демонстрации простейшей реализации логического инвертора.

На рис. 1 представлена схема устройства. Модель обеспечивает возможность задания параметров схемы (номинальных значений величин сопротивлений резисторов и коэффициента усиления транзистора) и значений входных воздействий, а также содержит средства запуска и остановки. Рабочие значения сигналов иллюстрируются движением «заряженных частиц», имитирующих протекающий ток в участках цепей, скорость перемещения которых пропорциональна величине токов, и индикацией напряжений в узлах.

В схеме применен биполярный $n-p-n$ транзистор, наименования выводов которого и токов представлены на рис. 2.

Буквами Б, К, Э обозначены база, коллектор и эмиттер, соответственно. $I_б, I_к, I_э$ – соответствующие им токи.

Представленный в модели биполярный транзистор может находиться в одном из трех состояний:

1. *Режим отсечки.* Силы токов $I_б = I_к = I_э = 0$.
2. *Линейный (активный) режим* $I_к = I_б \cdot \beta$, где β – коэффициент усиления по току.

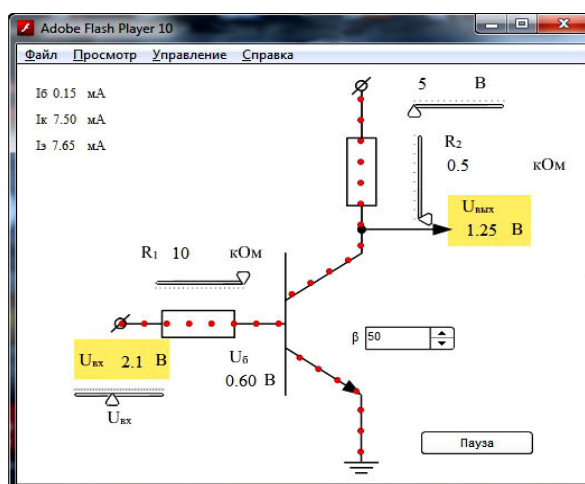


Рис. 1. Транзисторный каскад с общим эмиттером

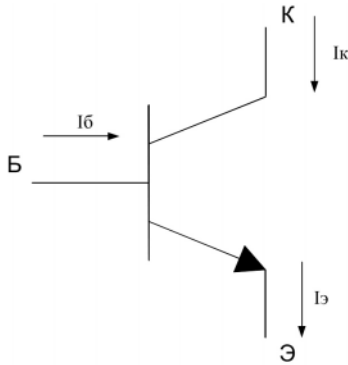


Рис. 2. Условное графическое обозначение биполярного транзистора

3. *Режим насыщения.* Напряжение между коллектором и эмиттером $U_{кэ}$ составляет 0,4 В.

Для демонстрации переходов между состояниями рекомендуется установить следующие параметры: $R_б = 10$ кОм, $R_к = 1$ кОм, $\beta = 50$. Напряжение электропитания $E = 5$ В.

При подаче входного напряжения $U_{вх} = (0-0,6)$ В транзистор находится в режиме отсечки и выходное напряжение $U_{вых}$ равно напряжению питания E . Транзистор «открывается», то есть выходит из состояния отсечки, при переходе границы $U_{вх} = 0,6$ В. При увеличении $U_{вх}$ до 1,6 В значение силы

тока коллектора $I_к$ и $U_{вых}$ изменяется прямо пропорционально значению силы тока базы $I_б = (U_{вх} - 0,6) / R_б$, что соответствует линейному режиму работы транзистора. Диапазон $U_{вх}$ от 1,6 В до 5 В соответствует режиму насыщения транзистора, что видно по неизменному значению $U_{вых} = 0,4$ В.

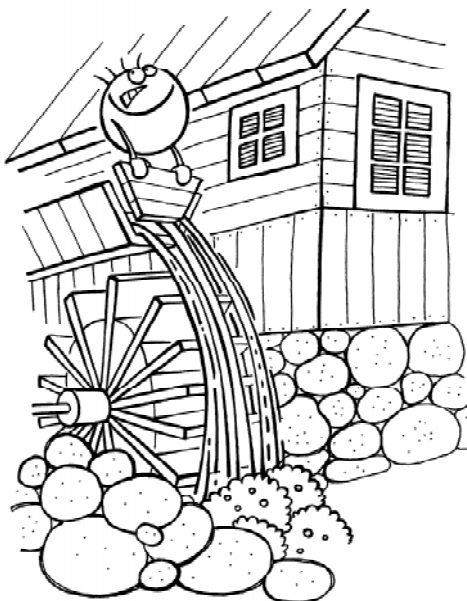
При проведении экспериментов рекомендуется «вручную» построить временные диаграммы входного и выходного сигналов, представленные на рис. 3, исходя из предположения, что $U_{вх}$ изменяется с постоянным шагом во всем диапазоне (0–5) В и изменение значений осуществляется с равными промежутками времени.

На полученной таким образом диаграмме можно выделить два устойчивых состояния $U_{вых}$ (5 В и 0,4 В) соответствующие цифровым значениям «1» и «0» соответственно.

Изменением значений R_1, R_2, β при одинаковой форме входного сигнала можно исследовать крутизну переходов цифрового сигнала, определяющую частотные (скоростные) характеристики устройства (примеры представлены на рис. 4).

Следует отметить, что рассмотренный транзисторный каскад позволяет выполнить логическую функцию инверсии. Так, приняв значения из диапазона от 0 В до 0,7 В за логический «0» и от 2,5 В до 5 В за логическую «1» и подавая на вход значения из этих диапазонов, то есть $U_{вх} = \langle 0 \rangle$ или $U_{вх} = \langle 1 \rangle$, на выходе можно видеть $U_{вых} = \langle 1 \rangle$ или $U_{вых} = \langle 0 \rangle$, соответственно.

Таким образом, представленная модель транзисторного каскада с общим эмиттером



Транзистор «открывается»...



Рис. 3. Временная диаграмма входного и выходного сигналов

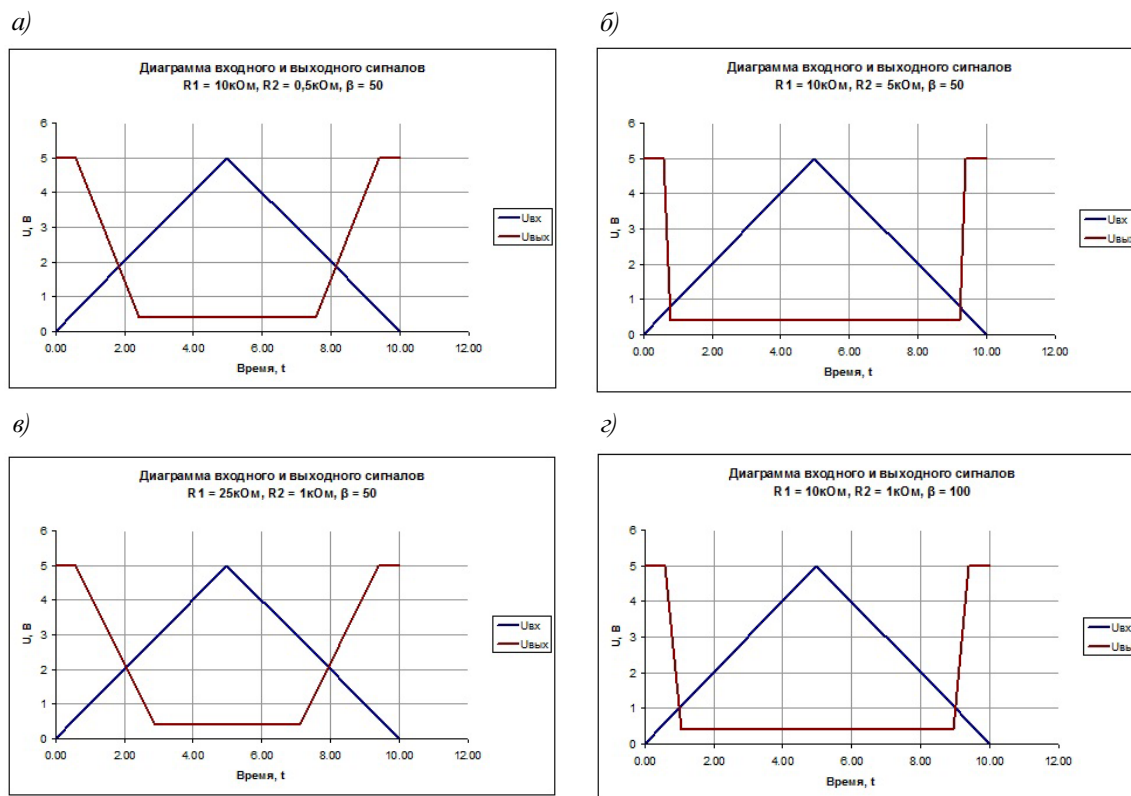


Рис. 4. Временные диаграммы входных и выходных сигналов

позволяет продемонстрировать основные принципы работы цифровых электронных устройств и формирования цифровых сигналов. Она может быть использована как в качестве сопроводительного материала на лекционных занятиях соответствующих дисциплин, так и в качестве средства проведения лабораторных и практических работ.

Планируется публикация остальных пяти моделей комплекса. Заинтересовавшихся читателей приглашаем к сотрудничеству по расширению номенклатуры виртуальных лабораторных моделей, а также внедрению их в учебный процесс образовательных учреждений. Обращаться по электронной почте novikov.vz@gmail.com (Новиков Василий Викторович).

Гриншпун Дмитрий Михайлович,
декан факультета среднего
профессионального образования
НИУИТМО,

Новиков Василий Викторович,
студент (магистр) кафедры
интеллектуальных технологий
в гуманитарной сфере
естественнонаучного факультета
НИУИТМО.



Наши авторы, 2012.
Our authors, 2012.