

### ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ПО ФИЗИЧЕСКИМ ОСНОВАМ ЦИФРОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ. ТРАНЗИСТОРНЫЙ КАСКАД С ОБЩЕЙ БАЗОЙ

Настоящая статья представляет вторую из шести виртуальных лабораторных моделей электронных устройств, предназначенных для изучения физических основ цифровой электроники – транзисторный каскад с общей базой (ОБ). Модель построена с применением одного нелинейного элемента – полупроводникового транзистора и может быть использована для демонстрации работы входного узла логических элементов транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ).

На рис. 1 представлена схема устройства.

С целью обеспечения преемственности представляемых моделей и унификации всего комплекса задание параметров схемы (но-

минальных значений величин сопротивлений резисторов и коэффициента усиления транзистора) и значений входных воздействий осуществляется с применением тех же управляющих элементов, что и в ранее представленной модели транзисторного каскада с общим эмиттером (ОЭ); содержатся те же средства запуска и остановки; рабочие значения сигналов иллюстрируются движением «заряженных частиц», имитирующих протекающий ток в участках цепей, скорость перемещения которых пропорциональна величине токов; индицируются напряжения в узлах. В схеме применен тот же биполярный *n-p-n* транзистор.

Для проведения экспериментов рекомендуется установить следующие параметры:  $R_1 = 25$  кОм,  $R_2 = 0,5$  кОм,  $\beta = 80$ . Напряжение электропитания  $E = 5$  В.

Целью проведения экспериментов является сопоставление работы каскадов с ОЭ и с ОБ и выявление различий с обоснованием их причин. Так, в отличие от схемы с ОЭ, в схеме с ОБ транзистор находится в состоянии отсечки при подаче входного напряжения  $U_{вх} = (4,4-5,0)$  В, при этом  $U_{вых}$  по-прежнему равно напряже-

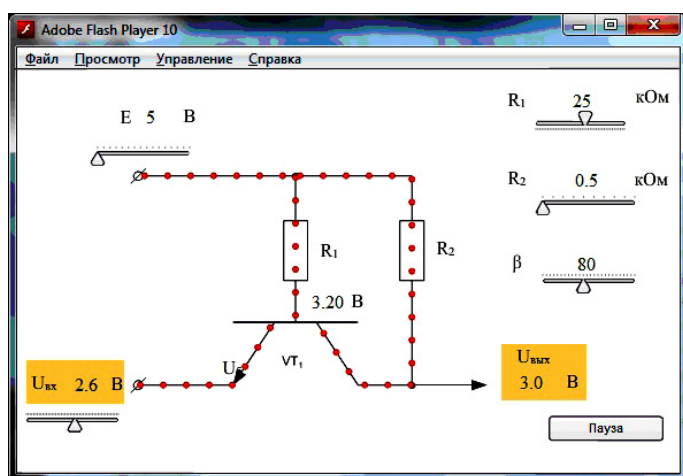
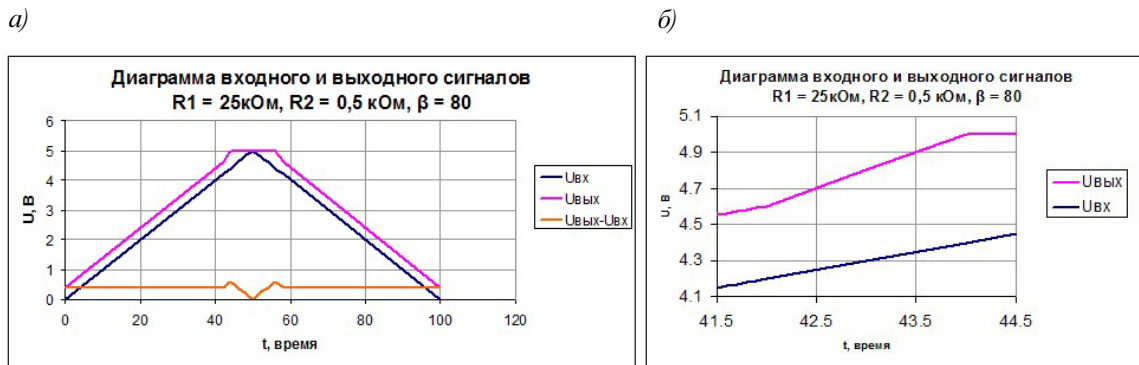


Рис. 1. Транзисторный каскад с общей базой



**Рис. 2.** Временная диаграмма входного и выходного сигналов

нию питания  $E$ . Транзистор «открывается», то есть выходит из состояния отсечки при переходе «вниз» границы  $U_{\text{вх}} = 4,4$  В. При понижении  $U_{\text{вх}}$  до 4,2 В значения силы тока коллектора  $I_{\text{к}}$  и напряжения  $U_{\text{вых}}$  изменяются пропорционально значению силы тока базы  $I_{\text{б}} = (U_{\text{вх}} - 0,6) / R_1$ , что соответствует линейному режиму работы транзистора. Диапазон  $U_{\text{вх}}$  от 4,2 В до 0 В соответствует режиму насыщения транзистора, однако  $U_{\text{вых}}$  при этом не является постоянной величиной и определяется как  $U_{\text{вх}} + 0,4$  В.

Как и при изучении каскада с ОЭ, рекомендуется «вручную» построить временные диаграммы входного и выходного сигналов, представленные на рис. 2а, исходя из предположения, что  $U_{\text{вх}}$  изменяется с постоянным шагом во всем диапазоне (0–5) В и изменение значений осуществляется с равными промежутками времени. На рис. 2б представлен участок той же диаграммы, на котором за счет масштабирования уменьшенного диапазона демонстрируется переход между режимами транзистора: линейный режим соответствует диапазону  $U_{\text{вх}}$  от 4,2 В до 4,4 В, режим насыщения – от 0 В до 4,2 В, режим отсечки – от 4,4 В до 5 В.

На полученной таким образом диаграмме можно выделить только одно устойчивое состояние выходного сигнала, соответствующее режиму отсечки транзистора, режим же насыщения, хоть и является нелинейным, устойчивое состояние сигнала не формирует и поэтому на графике не виден отчетливо. Для его выделения рекомендуется на том же рисунке построить график для разности

потенциалов коллектора и эмиттера. Этот эффект позволяет ввести понятие обратной отрицательной связи (ООС), обеспечиваемой резистором  $R_1$ .

Как и в схеме с общим эмиттером, изменением значений  $R_1, R_2, \beta$  в при одинаковой форме входного сигнала можно исследовать крутизну переходов цифрового сигнала, определяющую частотные (скоростные) характеристики устройства (примеры представлены на рис. 3).

Таким образом, представленная модель, как и модель схемы с ОЭ, позволяет продемонстрировать основные принципы работы цифровых электронных устройств и может быть использована как в качестве сопроводительного материала на лекционных занятиях соответствующих дисциплин, так и в качестве средства проведения лабораторных и практических работ.



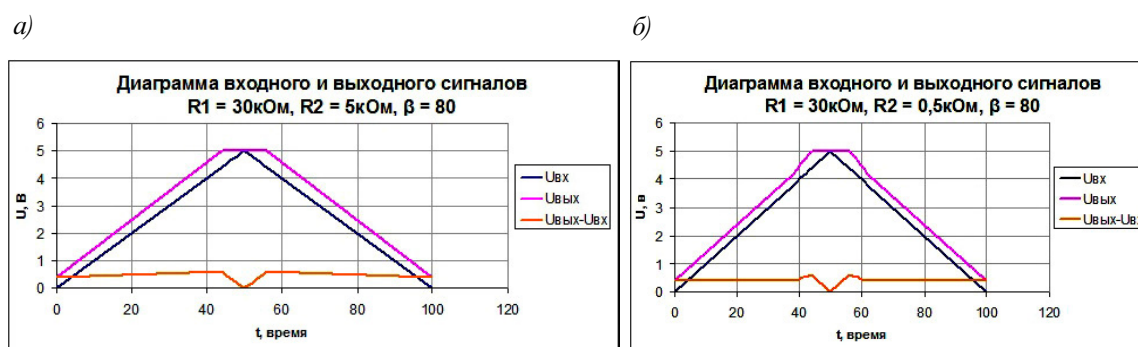


Рис. 3. Временные диаграммы входных и выходных сигналов

Планируется публикация остальных моделей комплекса.

Заинтересовавшихся читателей приглашаем к сотрудничеству по расширению номенклатуры виртуальных лабораторных мо-

делей, а также внедрению их в учебный процесс образовательных учреждений. Обращаться по электронной почте – Новиков Василий Викторович [novikov.vz@gmail.com](mailto:novikov.vz@gmail.com).



Наши авторы, 2012.  
Our authors, 2012.

*Гриншпун Дмитрий Михайлович,  
декан факультета среднего  
профессионального образования  
НИУ ИТМО,*

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