


Лабораторная работа № 7 ДО

КЛЮЧЕВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ТРАНЗИСТОРАХ

Методические указания по выполнению лабораторной работы

Электронный ключ на биполярном транзисторе

1. В операционной системе «Windows» под управлением программы «Schematics» собрать схему согласно рис. 1.
 - Разместить на рабочем поле все необходимые элементы. Для этого войти в библиотеку моделей (**Ctrl-G** или нажать на иконку ) , выбрать и перенести на рабочее поле элементы, необходимые для построения схемы: резисторы – R , источники питания – VDC , земля – $EGND$ и транзистор – QbreakN.
 - Расположить элементы схемы на рабочем поле в соответствии с принципиальной схемой, **не соединяя их**. Для этого отметить элемент, щелкнув один раз левой кнопкой мыши, и перетащить его на нужное место. Если нужно повернуть элемент на 90° – **Ctrl/R**. Если элемент нужно зеркально отразить – **Ctrl/F**.

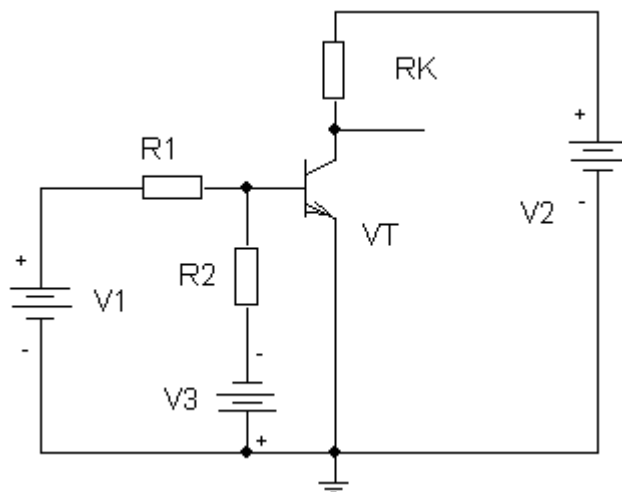




Рис. 1. Рабочая схема ключевого элемента

- Соединить элементы между собой в соответствии с принципиальной схемой. Для этого курсор мыши перевести в режим рисования соединительных линий (**иконка** - ). Подвести карандаш к выводу одного из элементов и щелкнуть и отпустить левую кнопку мыши (ЛКМ). Подвести карандаш к другой точке схемы, снова нажать и отпустить ЛКМ. И так далее.
- Установить в соответствии с расчетом параметры резисторов, конденсаторов и источников питания.

- Сохранить схему в рабочей папке на рабочем диске *D*, например, *D:\Student\name*, где *name* – любое имя **не включающее кириллицу**.
- Проверить работоспособность схемы, сняв передаточную характеристику схемы. Подключить маркер напряжения () на выходе схемы.
- Установить режим расчета передаточной характеристики (*Analisis - Setup... - Sweep DC...*). В этом режиме установить имя источника входного сигнала, пределы его изменения и шаг изменения (рис. 2).

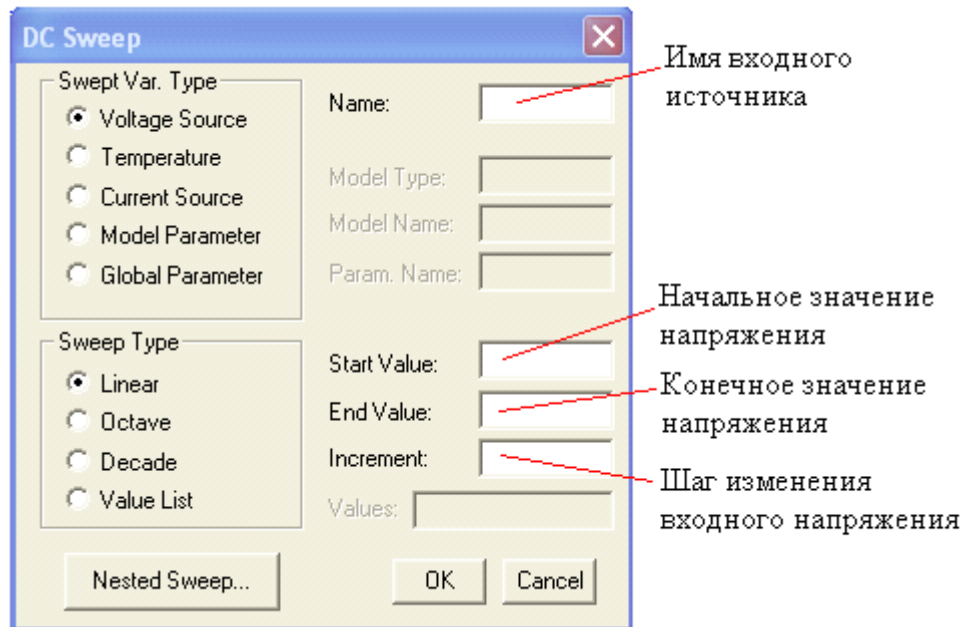





Рис. 2. Задание параметров для расчета передаточной характеристики

- Запустить программу расчета *PSpice*, нажав *F11* или на иконку .
 - Если при построении схемы и задании ее параметров не были допущены ошибки, то в результате анализа в окне программы *Probe* появится передаточная характеристика.
- По передаточной характеристике определить порог включения схемы $U_{\text{вх макс}}^0$ и порог выключения схемы $U_{\text{вх мин}}^1$.
 - Это можно сделать с помощью электронных курсоров, которые становятся доступными после нажатия на пиктограмму . Их можно перемещать левой или правой кнопками мыши.
 - Сравнить порог включения схемы $U_{\text{вх макс}}^0$ и порог выключения схемы $U_{\text{вх мин}}^1$ с заданием. Сделать таблицу сравнения.

Ключевые схемы на полевых транзисторах

Исследование инвертора с резистивной нагрузкой

- В операционной системе «Windows» под управлением программы «Schematics» собрать схему инвертора с резистивной нагрузкой (рис.3).
 - Разместить на рабочем поле все необходимые элементы. Для этого войти в библиотеку моделей (*Ctrl-G* или нажать на иконку ), выбрать и

перенести на рабочее поле элементы, необходимые для построения схемы: резисторы – R , источники питания – VDC , земля – $EGND$ и транзистор – MbreakN.

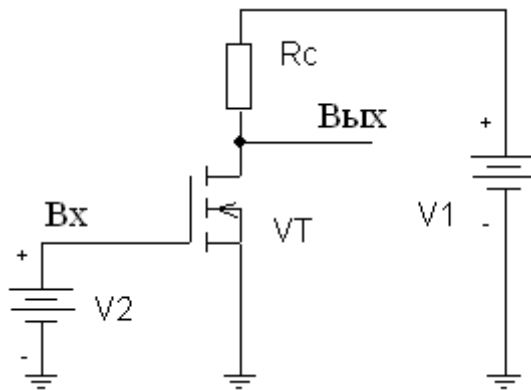


Рис. 3. Рабочая схема инвертора с резистивной нагрузкой

- Расположить элементы схемы на рабочем поле в соответствии с принципиальной схемой, **не соединяя их**.
- Соединить элементы между собой в соответствии с принципиальной схемой.
- Установить в соответствии с расчетом параметры резистора и источников питания.
- Установить параметры полевого транзистора. Для этого щелкнуть транзистор один раз (он окрасится). Войти в интерфейсный диалог: *Edit - Model - Edit instance model (text)...* В окне параметров модели транзистора ввести пороговое напряжение V_o и коэффициент пропорциональности $K_p = 2b$ (рис. 4).
- Сохранить схему в рабочей папке на рабочем диске D , например, $D:\backslash Student\name$, где *name* – любое имя **не включающее кириллицу**.

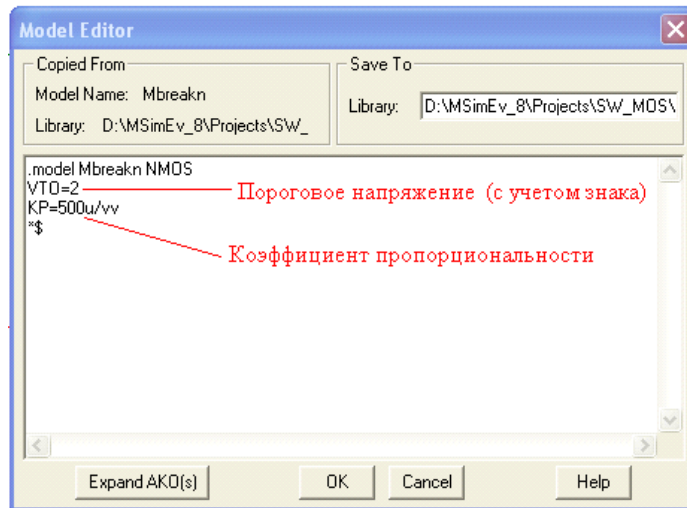



Рис. 4. Окно редактирования параметров полевого транзистора.

2. Проверить работоспособность схемы, сняв передаточную характеристику схемы.

- Подключить маркер напряжения () на выходе схемы.
- Установить режим расчета передаточной характеристики (*Analisis - Setup... - Sweep DC...*). В этом режиме установить имя источника входного сигнала, пределы его изменения и шаг изменения (рис. 5).

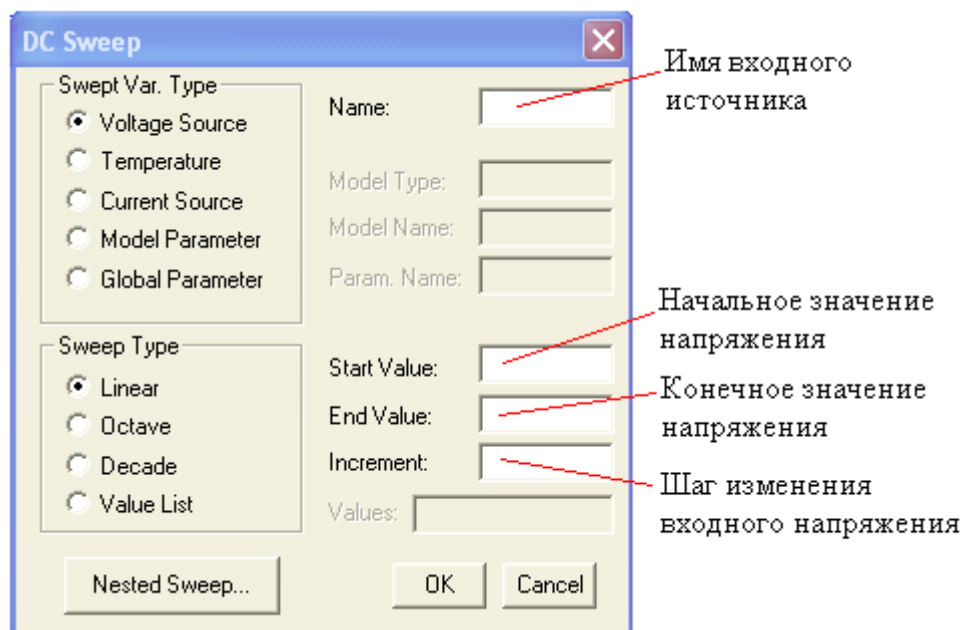




Рис. 5. Задание параметров для расчета передаточной характеристики

- Запустить программу расчета *PSpice*, нажав *F11* или на иконку .
- Если при построении схемы и задании ее параметров не были допущены ошибки, то в результате анализа в окне программы *Probe* появится передаточная характеристика.

3. По передаточной характеристике определить порог включения схемы $U_{\text{вх макс}}^0$ и порог выключения схемы $U_{\text{вх мин}}^1$.
 - Это можно сделать с помощью электронных курсоров, которые становятся доступными после нажатия на пиктограмму .
 - Порог включения схемы $U_{\text{вх макс}}^0$ определяется в точке перехода транзистора из закрытого состояния в пологую область характеристик.
 - Порог выключения схемы $U_{\text{вх мин}}^1$ определяется в точке перехода транзистора из пологой области характеристик в крутую.
4. Исследовать переходные процессы.
 - Подключить к выходу схемы конденсатор, имитирующий емкость нагрузки $C_{\text{н}}=10\text{пФ}$.
 - На вход подключить импульсный источник *VPULSE* с параметрами $U_{\text{вх}}^0=0$, $U_{\text{вх}}^1 = E_{\text{пит}}$, $t_{\text{вх}}=200\text{нс}$ (рис. 6).

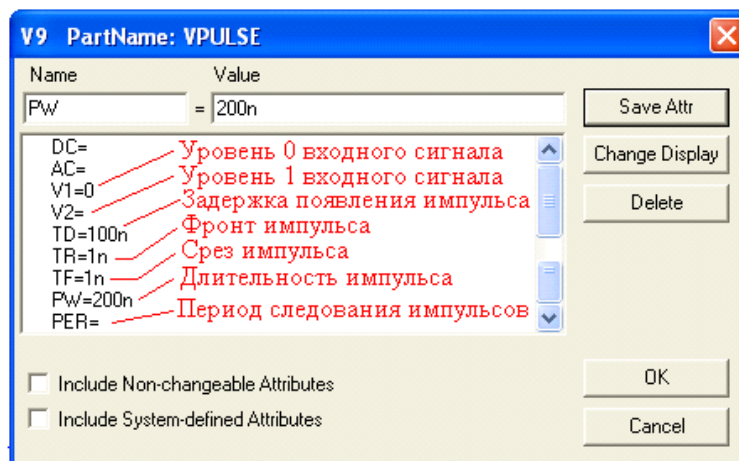



Рис. 6. Окно задания параметров импульсного сигнала

- Установить анализ переходных процессов (команда *Analisis/ Setup...* или пиктограмма ). Для режима *Transient...* установить конечное время анализа, примерно равное 2мкс (рис. 7).

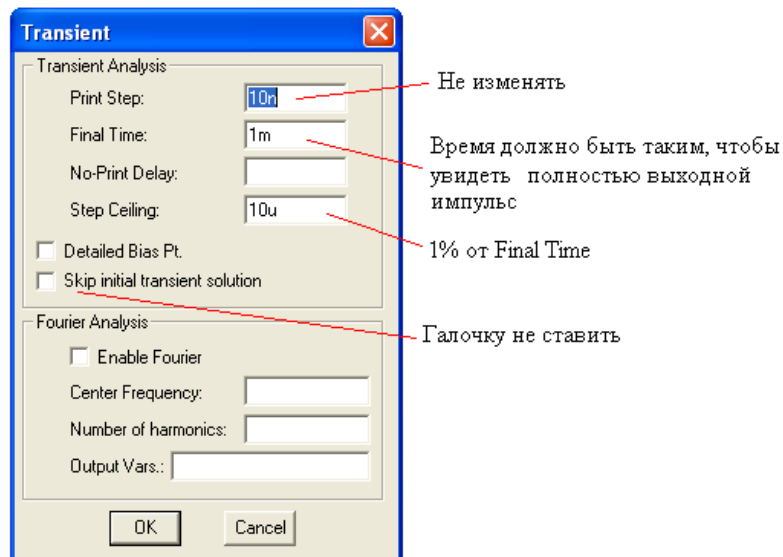


Рис.7. Установка параметров временного анализа

- По полученным осциллограммам определить длительности фронтов включения и выключения схемы (длительности определять по уровням 0.1 и 0.9 от U_m , см. рис. 9).

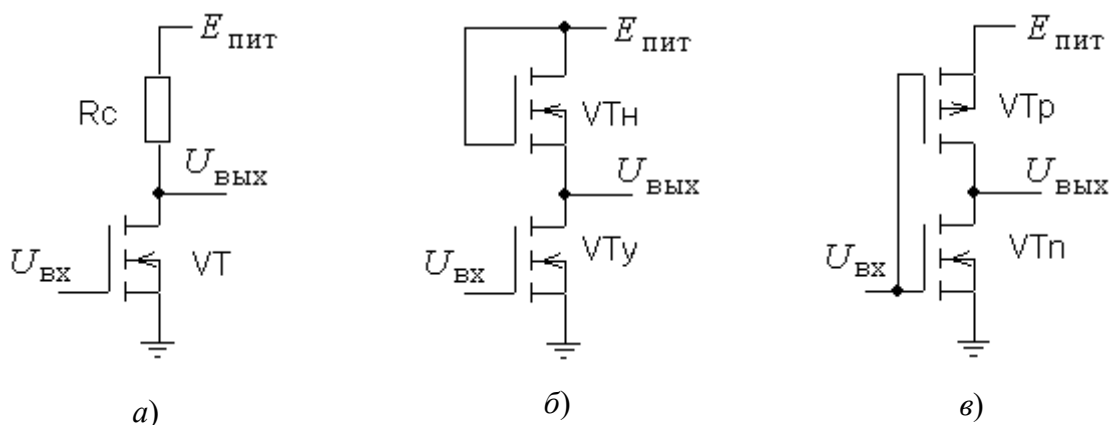


Рис. 8. Ключевые схемы на основе полевых транзисторов.

Исследование инвертора с нелинейной нагрузкой

1. Собрать схему инвертора на одноканальных полевых транзисторах (рис. 8,б). Параметры транзисторов установить в соответствии с подготовкой к работе.
2. Получить график передаточной характеристики. По передаточной характеристике определить порог включения схемы $U_{\text{вх}}^0$ макс и порог выключения схемы $U_{\text{вх}}^1$ мин.
3. Снять переходной процесс $u_{\text{вых}}(t)$ при $C_n = 10$ пФ. Определить длительности фронтов выходного импульса при включении и выключении схемы

(длительности определять по уровням 0.1 и 0.9 от U_m , см. рис. 9).

Исследование КМОП инвертора

1. Собрать схему инвертора на КМОП транзисторах (рис. 8,в). Установить следующие параметры моделей транзисторов:

```
.model nnMOS NMOS Level=1 Gamma= 0 Xj=0 Tox=1200n Phi=.6 Rs=0
Kp=111u Vto=2.0 Lambda=0.01 Rd=0 Cbd=2.0p Cbs=2.0p Pb=.8 Cgso=0.1p
Cgdo=0.1p Is=16.64p N=1
```

```
.model ppMOS PMOS Level=1 Gamma= 0 Xj=0 Tox=1200n Phi=.6 Rs=0
Kp=55u Vto=-1.5 Lambda=0.04 Rd=0 Cbd=4.0p Cbs=4.0p Pb=.8 Cgso=0.2p
Cgdo=0.2p Is=16.64p N=1
```

2. Получить совмещенные графики передаточной характеристики и характеристики тока потребления. По передаточной характеристике определить порог включения $U_{\text{вх макс}}^0$ и выключения $U_{\text{вх мин}}^1$ схемы. По линии равной передачи определить напряжение переключения инвертора $U_{\text{пер}}$.
3. Снять переходной процесс $u_{\text{вых}}(t)$ при $C_H = 10$ пФ. Определить длительности фронтов выходного импульса при включении и выключении схемы (длительности определять по уровням 0.1 и 0.9 от U_m , см. рис. 9).

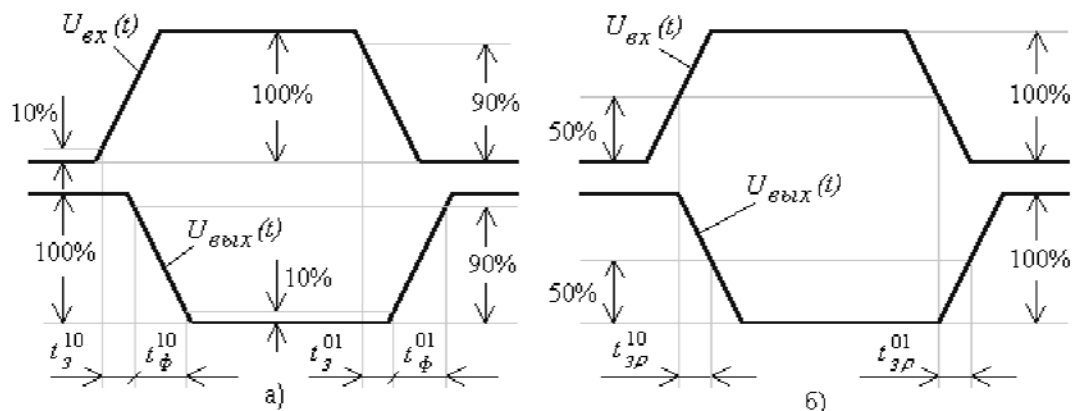


Рис. 9. Переходные процессы в ключе