

Лабораторная работа № 5 ДО

ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ И УСИЛИТЕЛЬНЫЙ КАСКАД С ОБЩИМ ИСТОКОМ

Методические указания по выполнению лабораторной работы в среде OrCad 9.2»

1. В операционной системе «Windows» под управлением программы «Schematics» собрать схему для снятия вольт-амперных характеристик полевого транзистора (рис. 1).

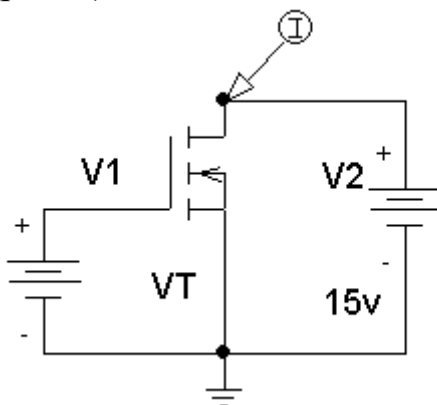





Рис. 1. Рабочая схема для снятия ВАХ полевого транзистора



- Открыть библиотеку элементов () и из нее вытянуть на рабочее поле все требуемые элементы. Искать нужные элементы удобно по их именам: источники постоянного напряжения - *VDC*, полевой МДП-транзистор с индуцированным каналом *n*-типа – *MbreakN3*, полевой МДП-транзистор со встроенным каналом *n*-типа – *MbreakN3D*, земля – *EGND*.
- Красиво расположить элементы на рабочем поле в соответствии с рис. 1, не соединяя их.
- Соединить элементы на рабочем поле 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 левой кнопкой (ЛК). Подвести карандаш к другой точке схемы и снова щелкнуть ЛК. И так далее. Для отмены режима рисования щелкнуть правой кнопкой мыши.
- Ввести обозначения транзистора и источников как на рис. 1. Для этого дважды щелкнуть на элемент, а лучше на его имя. В выплывшем окне откорректировать имя.
- Сохранить схему под оригинальным именем.
- Установить параметры транзистора. Для этого щелкнуть транзистор один раз (он окрасится). Войти в интерфейсный диалог: *Edit - Model - Edit instance model (text)*... В окне параметров модели транзисторов установить курсор в конце первой строки (после наименования типа транзистора *Mbreakn NMOS*) и ввести параметры:
 - K_p =<коэффициент пропорциональности> ($K_p=2b$),
 - V_{to} =<пороговое напряжение>,

где <коэффициент пропорциональности> равен удвоенному значению удельной крутизны транзистора b , а <пороговое напряжение> задано в табл. 1 раздела «Подготовка к работе».

Затем корректно (через *OK*) выйти из режима редактирования.

Внимание: Для упрощения процесса сборки можно воспользоваться прилагаемым файлом *BAX MOSFET.sch*: поместить его в рабочую папку, а затем из программы *Schematics* просто его открыть.

2. Снять стоко-затворную характеристику полевого транзистора $I_c(U_{зи})$ при фиксированном значении напряжения $U_{си} = E_{пит}$ – напряжение питания.
 - Установить напряжение источника в цепи стока V2. Для этого дважды щелкнуть на этот элемент, а лучше на его параметр. В выплывшем окне установить значение параметра $DC = E_{пит}$ – напряжение питания.
 - Установить маркер тока (*Markers – Mark Current into pin*) на сток транзистора VT для задания вывода тока I_c .
 - Установить режим расчета стоко-затворной характеристики (*Analysis – Setup – DC Sweep...*) с параметрами анализа: тип источника – *Current Source*, *Name – V1*; *Sweep Type – Linear*; *Start Value = -5v*; *End Value = +15v*; *Increment = 0.1v*. После выхода из диалога *DC Sweep...* отключить режим расчета схемы по постоянному току *Bias Point Detail*.
 - Произвести расчет (*Analysis - Simulate* или *F11*) и получить стоко-затворную характеристику $I_c(U_{зи})$.
3. По снятой стоко-затворной характеристике для схемы усилительного каскада ОИ (рис. 2, параметры элементов каскада заданы в табл. 1) графически определить ток I_c и напряжение $U_{зи}$. Результаты занести в табл. 2. Для рабочей точки определить крутизну транзистора S в режиме малого сигнала.
 - Войти в интерфейсный диалог *Trace – Add* и нанести на график линию нагрузки $U_{зи} = E_n \frac{R_2}{R_1 + R_2} - I_{и} R_{и}$, записав в окне *Trace Expression* следующее выражение: $I_{co} - V_{V1} / R_{и}$, где $I_{co} = E_n \frac{R_2}{(R_1 + R_2) R_{и}}$ и $R_{и}$ – рассчитанные численные значения.
 - По координатам точки пересечения линии нагрузки и стоко-затворной характеристики транзистора определить ток I_c и напряжение $U_{зи}$.
 - В рабочей точке определить крутизну транзистора S для малого сигнала: $S = \Delta I_c / \Delta U_{зи}$. Для нахождения приращений воспользоваться двумя курсорами или маркером курсора (пиктограмма *Mark Label* ).
4. Снять семейство выходных характеристик $I_c(U_{си})$. Для этого:
 - Установить режим расчета выходной характеристики *DC Sweep...* и параметры анализа: *тип источника – Voltage Source*, *Name = V2*; *Sweep Type – Linear*; *Start Value = 0v*; *End Value = 15v*; *Increment = 0.05v*.
 - В диалоговом окне *Nested Sweep...* задать режим изменения напряжения для источника V1: *тип источника – Voltage Source*, *Name = V1*; *Sweep Type – Linear*; *Start Value = <пороговое напряжение $U_o + 1$ >*; *End Value =*

- <пороговое напряжение U_o+7 >; $Increment = 1v$. Разрешить *Nested Sweep* (расчет семейства характеристик).
- Запустить систему на расчет и получить семейство выходных характеристик.
5. По снятым выходным характеристикам для усилительного каскада ОИ (рис. 2) с параметрами, заданными в подготовке к работе, графически определить ток транзистора I_c и напряжение $U_{си}$. Результат занести в табл. 2. Для рабочей точки по выходным характеристикам определить крутизну транзистора S для малого сигнала: $S = \Delta I_c / \Delta U_{зи}$. Сравнить с предыдущим пунктом.
- Нанести на график линию нагрузки $U_{си}(I_c) = E_{п} - I_c R_c - I_{и} R_{и}$, записав в командной строке окна *Trace Expression* следующее выражение: $(E_{п} - V(V2))/R_{=}$, где $E_{п}$ и $R_{=} = R_c + R_{и}$ – числа, задающие параметры элементов схемы (см. табл. 1).
 - Определить координаты точек пересечения линии нагрузки и выходных характеристик для напряжений $U_{зиi} < U_{зиA}$ и $U_{зиi+1} > U_{зиA}$ (пиктограмма **Mark Label** ). Используя линейную интерполяцию, найти рабочую точку A , ток в рабочей точке $I_{сА}$ и напряжение $U_{сиА}$.
 - С помощью курсоров (пиктограмма **Mark Label** ) определить вблизи точки A ординаты двух характеристик, для которых $U_{си} = \text{const}$, и рассчитать крутизну транзистора S для малого сигнала: $S = \Delta I_c / \Delta U_{зи}$.
6. В операционной системе «Windows» под управлением программы *Schematics* собрать схему согласно рис. 2.

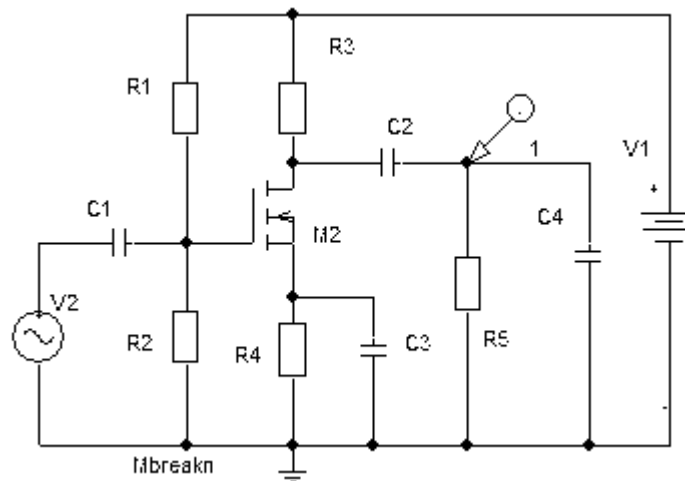







Рис. 2. Рабочая схема каскада ОИ

- Открыть библиотеку элементов (*Draw – GetNewPart*) и из нее вытянуть на рабочее поле все требуемые элементы: резисторы – R , конденсаторы – C , источник питания – VDC , источник входного сигнала – $VSIN$, полевой МДП-транзистор с индуцированным каналом n -типа – $MbreakN3$, полевой МДП-транзистор со встроенным каналом n -типа – $MbreakN3D$, земля – $EGND$ и элемент глобальных имен – $Param$.
- Расположить элементы на рабочем поле, а затем соединить их в соответствии с принципиальной схемой.

Внимание: Для упрощения процесса сборки можно воспользоваться прилагаемым файлом *Ampfl_OI_MOS.sch*, поместить его в рабочую папку, а затем из программы *Schematics* просто его открыть.

- Установить параметры резисторов и источника питания в соответствии с рабочим заданием (табл. 1). Емкости конденсаторов: $C1=1\mu$, $C2=5\mu$, $C3=50\mu$. Сопротивление нагрузки $R5=100k$.
 - Для синусоидального источника входного сигнала установить: $AC=1$; $DC=0$; $VOFF=0$; $VAMPL=\{Ampl\}$; $FREQ=1k$.
 - Установить начальные значения для амплитуды входного сигнала. Для этого щелкнуть по элементу **PARAMETERS** и в диалоговом окне установить: $Name1=Ampl$, $Value1=100mv$.
 - Сохранить схему.
 - Установить параметры транзистора. Для этого щелкнуть транзистор один раз (он окрасится). Войти в интерфейсный диалог: *Edit - Model - Edit instance model (text)*... В окне параметров модели транзисторов установить курсор в конце первой строки (после наименования типа транзистора *Mbreakn NMOS*) и ввести параметры:
 - $Kp=<\text{коэффициент пропорциональности}>$ ($Kp=2b$),
 - $Vto=<\text{пороговое напряжение } U_o>$,
где $<\text{коэффициент пропорциональности}>$, равный удвоенному значению удельной крутизны транзистора b , и $<\text{пороговое напряжение } U_o>$ берутся из табл. 1 раздела «Подготовка к работе».Затем корректно (через *OK*) выйти из режима редактирования.
7. Определить режим схемы по постоянному току и сравнить с результатами расчета. Для этого:
- Установить режим расчета схемы по постоянному току (*Analysis – Setup – Bias Point Detail*).
 - Запустить программу расчета *PSpice (F11)*.
 - Определить потенциалы на стоке, затворе и истоке транзистора, нажав на пиктограмму . Рассчитать напряжения $U_{зи}$ и $U_{си}$.
 - Для определения тока I_c нажать на пиктограмму .
8. Подав на вход синусоидальный сигнал с частотой $f=1kГц$ и амплитудой $U_m=100mB$, проверить работоспособность усилителя. Определить коэффициент усиления $K_{u\text{xx}}$. Сравнить с расчетом.
- Установить режим расчета схемы во временной области (*Analysis – Setup – Transient...*) с параметрами: $PrintStep=20\mu s$; $Final\ Time=5ms$.
 - Установить на входе и выходе схемы маркеры для вывода осциллограмм напряжения (
 - Запустить программу расчета *PSpice* (). В выплывшем окне программы *Probe* с помощью электронных курсоров (пиктограмма **Mark Label** ) определить амплитуду входного и выходного синусоидального сигнала. Коэффициент усиления каскада в режиме холостого хода ($R5 = 100k$) определяется как отношение амплитуд неискаженного выходного сигнала к входному ($K_u = \Delta U_{\text{ВЫХ}} / \Delta U_{\text{ВХ}}$).
 - Повторить расчет, установив $R5 = R_c$.

- Рассчитать выходное сопротивление каскада.
9. Снять амплитудную характеристику усилителя, установив $R5 = 5R_c$.
- Установить режим временного анализа как в п.8. Другие виды анализа отменить.
 - Установить режим автоматического изменения амплитуды входного напряжения. Для этого включить режим параметрического анализа (рис. 3).
 - Запустить схему на расчет и получить семейство осциллограмм выходного напряжения.

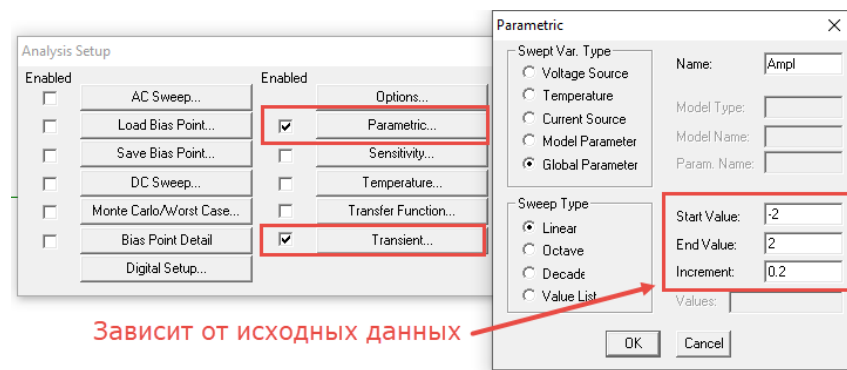




Рис.3. Задание для параметрического анализа

- Создать дополнительный график для параметрического анализа (пиктограмма ) , и затем (пиктограмма ) ввести функцию зависимости амплитуды выходного сигнала от амплитуды входного сигнала $U_{\text{ВЫХ}}(U_{\text{ВХ}})$ (см. рис.4).

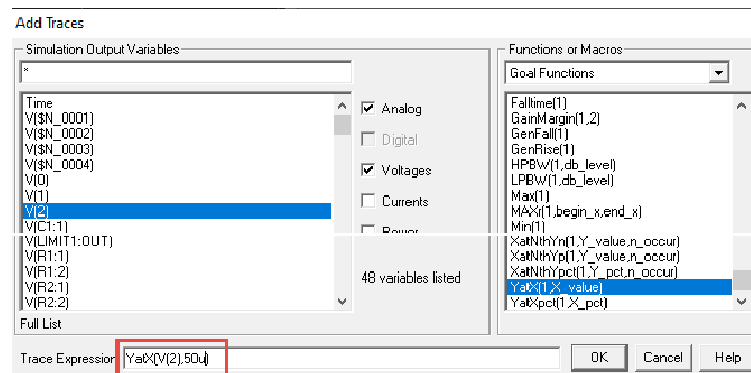


Рис.4. Задание функции V2 в точке 250 мкс

- По амплитудной характеристике определить динамический диапазон входного сигнала $U_{\text{ВХ макс}}$ и коэффициент усиления в режиме малого сигнала.