

Лабораторная работа №8

Исследование резисторного каскада на полевом транзисторе с коррекцией и компьютерным моделированием характеристик

Цель работы

Цель работы — изучить работу однокаскадного резисторного усилителя на полевом транзисторе, определить его малосигнальные параметры, исследовать влияние элементов коррекции на частотную и переходную характеристики, а также выполнить компьютерное моделирование для анализа поведения каскада.

Оборудование

- Полевой транзистор (n-канальный MOSFET или JFET)
- Резисторы различных номиналов
- Осциллограф
- Генератор сигналов
- Мультиметр
- Источник питания
- ПО LTspice или Multisim

Краткие теоретические сведения

Резисторный каскад на полевом транзисторе является базовым элементом аналоговой схемотехники и широко используется в предварительных усилителях и усилителях малой мощности. Полевой транзистор обладает высоким входным сопротивлением, что делает его отличным выбором для согласования с высокоомными источниками сигналов.

В усилителе на MOSFET управление током осуществляется напряжением на затворе. В линейном режиме ток стока описывается характеристикой:

$$I_d \approx k \cdot (V_{GS} - V_{th})^2$$

Верхняя часть схемы содержит нагрузочный резистор R_d , который формирует выходной сигнал. Чем больше R_d , тем выше усиление по напряжению, однако уменьшается полоса пропускания.

Резистор R_s в истоке создаёт отрицательную обратную связь, уменьшая зависимость режима работы от разбросов параметров транзистора и повышая линейность.

Коэффициент усиления в малосигнальном режиме можно приближённо оценить как:

$$K_u \approx g_m \cdot R_d$$

где g_m — крутизна передаточной характеристики транзистора, определяемая производной dI_d/dV_{GS} .

Коррекция частотных свойств осуществляется с помощью шунтирующих конденсаторов:

- конденсатор C_s параллельно R_s увеличивает усиление на высоких частотах;
- конденсатор C_g устраняет падение усиления на низких частотах;
- конденсатор C_{ds} формирует верхнюю границу полосы пропускания.

Моделирование в LTspice позволяет построить:

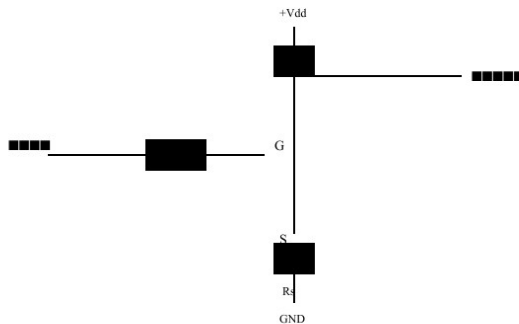
- АЧХ (амплитудно-частотную характеристику);
- ФЧХ (фазочастотную характеристику);
- переходную характеристику;
- спектр выходного сигнала для расчёта коэффициента гармоник.

Малосигнальные параметры усилителя:

- входное сопротивление: $R_{вх} \approx 10^6 \dots 10^9$ Ом (для MOSFET);

- выходное сопротивление $\approx R_d$;
- усиление по напряжению K_u зависит от g_m и R_d ;
- полоса пропускания определяется постоянными времени входных и выходных цепей.

Принципиальная схема каскада



Ход работы

1. Собрать схему резисторного каскада на полевом транзисторе.
2. Определить рабочую точку, измерив напряжения V_{GS} , V_{DS} и ток стока.
3. Измерить коэффициент усиления по напряжению.
4. Исследовать влияние R_s и R_d на характеристики усилителя.
5. Построить модель в LTspice и получить АЧХ, ФЧХ и переходную характеристику.
6. Сравнить экспериментальные данные с результатами моделирования.

Контрольные вопросы

1. Как определяется рабочая точка полевого транзистора?
2. Что такое крутизна g_m и как она влияет на усиление?
3. Как изменяется усиление при добавлении конденсатора C_s ?

4. Почему входное сопротивление каскада очень велико?

5. Как R_d влияет на частотную характеристику?

Литература

Лукин С.А. — Аналоговые схемы на полевых транзисторах. — М.: Академия, 2021. — 320 с.

Жданов В.Ю. — Полевые транзисторы: теория и практика. — СПб.: Лань, 2020. — 290 с.

Кравцов Д.И. — Основы схемотехники. — М.: ИНФРА-М, 2019. — 350 с.