

УСИЛИТЕЛЬ С ВЫСОКИМ КОЭФФИЦИЕНТОМ УСИЛЕНИЯ С ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ

Жураев Асом Куйлибаевич
Студент второго курса информационной
безопасности Нурафшонский филиал ТУИТ

Аннотация. Представлен усилитель с динамической нагрузкой, обеспечивающий повышение коэффициента усиления и исключаящий искажение формы выходного сигнала. Предлагаемый эффект реализуется путем перераспределения напряжения на динамическом сопротивлении транзистора. Проведено моделирование процесса, которое подтвердило правильность подхода.

Ключевые слова: усилитель, транзистор, динамическое сопротивление, сигнал, ток, затвор, исток, сток, искажение.

Введение: Все большее количество исследований направлено на разработку и изучение работы микроэлектронных устройств на полевых транзисторах, используемых для усиления электрических сигналов в радио- и телекоммуникационных системах. Целью исследования является увеличение коэффициента усиления при сохранении частотного диапазона, устранение искажений усиленного сигнала. Для этого пытаются использовать различные подходы, в том числе шаги по совершенствованию конструкции вплоть до усложнения электронных схем [1-6].

В полевых транзисторах величина выходного (протекающего по каналу) тока регулируется воздействием на основные носители заряда поперечного электрического поля входного сигнала. Коэффициент усиления полевого транзистора определяется отношением выходного напряжения к входному напряжению. Повышенное напряжение подается на нагрузочный резистор последовательно со стоком и источником питания. Для увеличения коэффициента усиления вместо нагрузочного сопротивления используется динамическое сопротивление (нагрузка), например, на полевом транзисторе.

В известных схемах [7] в качестве динамического сопротивления нагрузки стока полевого транзистора используется активный элемент – второй транзистор (динамический), представляющий собой полевой транзистор, внутреннее сопротивление которого зависит от сигнала амплитуда на стоке основного транзистора. Основной транзистор включен по схеме с общим истоком, а динамический транзистор по схеме с общим стоком. Каналы обоих транзисторов соединены последовательно, что обеспечивает равенство их токов.

Основным недостатком одного из известных усилителей напряжения с динамической нагрузкой является то, что коэффициент усиления не превышает 20 и происходит искаженное усиление малых сигналов. Также из-за работы транзисторов в режиме фиксированного максимального тока стока (а не в режиме экономии) появляются тепловые шумы. Кроме того, небольшое увеличение уровня входного сигнала (40 мВ) приводит к переходу транзистора с обратного смещения на прямое,

что приведет к искажению выходного сигнала и, наконец, при снижении напряжения питания с 9 В до 6 В, сигнал искажается, начиная с его входного значения 26 мВ, хотя усиление будет $48 \div 50$.

Среди схем усилителей напряжения с динамической нагрузкой представляет интерес электрическая схема усилителя [8], в которой в цепи динамического полевого транзистора между истоком и затвором введено сопротивление, задающее рабочий ток. При этом второй (основной) транзистор находится в режиме автоматического смещения с помощью сопротивления, включенного в его цепь. В данной работе показана схема усилителя напряжения с динамической нагрузкой на полевом транзисторе, обеспечивающая увеличение коэффициента усиления и устранение искажений выходного сигнала усилителя с динамической нагрузкой по сравнению с вышеперечисленные аналоги [9].

Результаты и обсуждения: В предлагаемой схеме рис. 1 затвор полевого транзистора Q2 подключен к общему выводу источника питания, а входной конденсатор C1 подключен к истоку транзистора Q2, конденсатор C2 подключен к истоку транзистора Q1, сток транзистора Q2 подключен к истоку транзистора Q1 через сопротивление R1, а затвор транзистора Q2 закорочен на исток транзистора Q2

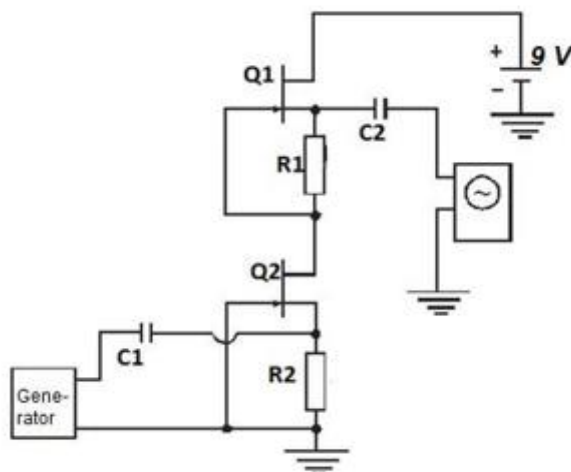


Рис. 1. Предлагаемая схема усилителя с динамической нагрузкой

Для изучения особенностей предлагаемого усилителя было проведено моделирование его работы.

Моделирование режимов работы исследуемого усилителя напряжения проводилось с помощью программ моделирования LabVIEW, Signal Express, MultiSim, UltiBoard от National Instruments.

Для схемы исследуемого усилителя были выбраны два полевых транзистора марки 2N3685 (Q1 и Q2), включенные последовательно через сопротивления R1 и R2 номиналом 620 Ом каждое, с источником питания $V1 = 9В.$, а через транзисторы и сопротивление 796 мкА протекает такой же ток.

На все компоненты схемы (Q1, R1, Q2, R2) подается напряжение 9 В от источника питания (один конец подключен к плюсу источника питания, а другой заземлен к минусу), в этих условиях падение напряжения на участке цепи (Q1, R1, Q2, R2) 4,99В, ток (там же) 796 мкА. Смещение затвора Q1 составляет 4,5 В при 222 пА. Аналогично,

когда смещение затвора транзистора Q2 было равно нулю, ток затвора составлял 19,4 пА, а напряжение и ток на сопротивлении R2 составляли 494 мВ и 796 мкА соответственно.

Запуск усилителя в рабочий режим осуществляется подачей входного сигнала через емкость C1 (выходной сигнал измеряется с емкости C2).

Переменный сигнал V2 от Генератора (частота 400 Гц, 1,414 мВэфф, 00) поступает на вход схемы, в которой исток транзистора Q2 подключен через сопротивление R2 к отрицательному выводу источника питания $V1 = 9В.$, а исток транзистора Q1 подключен к стоку транзистора Q2 через сопротивления R1, при этом сток транзистора Q1 подключен к положительному полюсу источника питания. Затвор Q1 подключен к стоку Q2.

Конденсатор C1 подключен к истоку транзистора Q2, а конденсатор C2 (100 нФ) подключен к истоку транзистора Q1, а затвор транзистора Q2 выведен на отрицательный вывод источника питания.

Подача входного сигнала при постоянном напряжении питания 9В, 796 мкА позволила измерить напряжение на истоке транзистора Q1, равное 65,04 В при токе 796 мкА и смещение на затворе транзистора Q1, равно 64,55 В при токе 11,6 пА. При этом напряжение и ток с истока транзистора Q2 оказались равными 494В и 797 мкА соответственно. Подача входного сигнала при постоянном напряжении питания 9В, 796 мкА позволила измерить напряжение на истоке транзистора Q1, равное 65,04 В при токе 796 мкА и смещение на затворе транзистора Q1, равно 64,55 В при токе 11,6 пА. При этом напряжение и ток с истока транзистора Q2 оказались равными 494В и 797 мкА соответственно.

Временные диаграммы входного и выходного сигналов, измеренные в результате моделирования усилителя с динамической нагрузкой, показали, что при амплитуде входного сигнала $U_{вх}$ 2 мВ выходной сигнал оказался равным 50 мВ, что указывает на выигрыш в 25 раз, т. е. мы имеем выигрыш, равный 25.

Также визуально наблюдается хорошее воспроизведение формы сигнала и фазы смещения $U_{вых}$ от $U_{вх}$, а также уменьшение амплитуды выходного сигнала по отношению к амплитуде входного сигнала. Это показывает, что вклад теплового шума в устройство достаточно мал, но, тем не менее, он значителен, так как в этом случае наблюдается уменьшение интенсивности выходного сигнала сравнения с выходным.

Более тщательное изучение нелинейных характеристик усилителя и выяснение вопроса искажения и точности совпадения (рассогласования) входного и выходного сигналов, что приводит к рассогласованию их формы, показало, что суммарные гармонические искажения не превышают 0,001%.

Заключение: таким образом, исследование поведения усилителя при динамической нагрузке показало возможность значительного увеличения коэффициента усиления, управления суммарными гармоническими искажениями и нелинейностями при качественном и специальном подборе номиналов элементов схемы. В частности, значения входной и выходной емкости влияют на изменения общих гармонических искажений. Оказалось, что величина сопротивления R2 в цепи

основного транзистора Q2 влияет на величину искажения сигнала, в том числе и фазовых сдвигов, но наблюдается увеличение коэффициента усиления схемы.

Литература:

1. Semiconductors: three-dimensional tomorrow. <http://wiki.miem.edu.ru>
2. Ionesco Adrian M., Riel Heike. Tunnel field effect transistors as energy efficient electronic switches // Nature. November 2011. V. 479. ¼ 17 pp. 329–337.
3. Kondratyuk A.V. Analysis of the features of typical designs of field- effect transistors with an insulated gate//Young scientist-2016-¼23- pp.59-66 <https://moluch.ru/archive/127/35054/>.
4. Aripova Z.Kh., Toshmatov Sh.T. Cascode injection-voltaic transistor
5. // Journal of Physics of Semiconductors and Microelectronics, 2019, vol. 1, issue 2, pp. 36-40.
6. Aripov Kh.K., Alimova N.B., Bustanov Kh.Kh., Ob'edkov E.V. and Toshmatov Sh.T. Adapted Electronic Switching Cell with Power Supple from Solar Cell. // Applied Solar Energy Allerton Press, Inc. 2010, -Vol. 45, 2009. -¼2. pp. 9-13.
7. Aripov Kh.K., Alimova N.B. Study of the amplifying properties of a bipolar transistor in the injection-voltaic mode. // Info communications: Networks-Technologies-Solutions. Tashkent, 2009. - No. 1 (9). pp. 22-25.
8. Jessy Russel. Field-effect transistor, VSD, 2912.-80ps.
9. Field effect transistor voltage amplifier. <http://toe-kgeu.ru/automaticelements/197-automaticelements1>
10. Patent for invention ¼ IAP 05322 "Voltage amplifier with dynamic
11. load" / Karimov A.V., Yodgorova D.M., Abdulkhaev O.A., Kamanov
12. B.M. Tashkent, Bul. ¼12 fr. 20.12.2016.