

10-15-2019

A NEW KIND OF VOLTAGE AMPLIFIER ON THE FIELD-EFFECT TRANSISTOR WITH DYNAMIC LOAD

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/semiconductors>

Recommended Citation

(2019) "A NEW KIND OF VOLTAGE AMPLIFIER ON THE FIELD-EFFECT TRANSISTOR WITH DYNAMIC LOAD," *Euroasian Journal of Semiconductors Science and Engineering*: Vol. 1 : Iss. 5 , Article 7.
Available at: <https://uzjournals.edu.uz/semiconductors/vol1/iss5/7>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Euroasian Journal of Semiconductors Science and Engineering by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

УДК:621.315.592.2

**НОВАЯ РАЗНОВИДНОСТЬ УСИЛИТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ
НА ПОЛЕВОМ ТРАНЗИСТОРЕ С ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ**

Каримов Абдулазиз Вахитович, д.ф.-м.н., профессор, заведующий лабораторией Физико-технического института НПО «Физика-Солнце» АН РУз, Ташкент, Узбекистан. e-mail: karimov@uzsci.net.

Каманов Бекзод Махрамович*, ассистент кафедры Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, Узбекистан. e-mail: bekozod.kamanov@bk.ru

Ёдгорова Дилбара Мустафаевна, д.т.н., профессор, заведующий лабораторией в НИИ физики полупроводников и микроэлектроники при НУУз, Ташкент, Узбекистан. e-mail: yodgorova@uzsci.net

Каримов Абдувахоб Абдусатторович, к.ф.-м.н., доцент кафедры Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, Узбекистан. e-mail: karimov14011986@mail.ru

***Аннотация.** Приводятся результаты исследования особенностей коэффициента усиления усилителя напряжения на полевых транзисторах с динамической нагрузкой. Экспериментально показано, что по мере увеличения значения входного сопротивления коэффициент усиления напряжения увеличивается без искажений формы выходного сигнала.*

***Ключевые слова:** схема с динамической нагрузкой, усилитель напряжения, полевой транзистор, входной сигнал, модуляция канала.*

**A NEW KIND OF VOLTAGE AMPLIFIER ON THE FIELD-EFFECT TRANSISTOR
WITH DYNAMIC LOAD**

Karimov Abdulaziz Vakhitovich, Dr. of Phys. and Math. Sc., Professor, Head of the Laboratory of the Physical-Technical Institute NGO "Physics-Sun" of ASUZ, Tashkent, Uzbekistan. e-mail: karimov@uzsci.net.

Kamanov Bekzod Makhramovich*, assistant teacher of the Department of Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Tashkent, Uzbekistan. e-mail: bekozod.kamanov@bk.ru

Yodgorova Dilbara Mustafayevna, Dr. of Tech. Sc., Professor, Head of the Laboratory of the Institute of Semiconductor Physics and Microelectronics at the NUUZ, Tashkent, Uzbekistan. e-mail: yodgorova@uzsci.net

Karimov Abduvakhob Adusattorovich, Cand. of Phys. and Math. Sc., Ass. Professor of Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Tashkent, Uzbekistan. e-mail: karimov14011986@mail.ru

***Abstract.** The results of a study of the features of the gain of a voltage amplifier using field-effect transistors with dynamic load are presented. It was experimentally shown that as the input resistance value increases, the voltage gain increases without distorting the shape of the output signal.*

***Keywords:** dynamic load circuit, voltage amplifier, field effect transistor, input signal, channel modulation.*

1. Введение

В последнее время все большее внимание исследователей обращено к проблемам разработки и исследованию микроэлектронных устройств на полевых транзисторах, используемых для усиления электрических сигналов в радио и телекоммуникационных системах. Основная задача состоит в увеличении коэффициента усиления при сохранении частотного диапазона и исключение искажений усиленного сигнала. Для этого используются различные подходы, от усовершенствования конструкции до усложнения электронных схем [1-3].

В полевых транзисторах управление величиной выходного (протекающего по каналу) тока осуществляется воздействием на основные носители зарядов поперечным электрическим полем входного сигнала. Коэффициент усиления полевого транзистора определяется отношением выходного напряжения к входному $K = U_{\text{вых}} / U_{\text{вх}}$. Усиленное напряжение создается на нагрузочном сопротивлении, соединенном последовательно к стоку и источнику питания. Для увеличения коэффициента усиления вместо нагрузочного сопротивления используют динамическое сопротивление (нагрузку), например, на полевом транзисторе.

В известных схемах [4] в качестве динамического сопротивления стоковой нагрузки полевого транзистора используют активный элемент – второй полевой транзистор, внутреннее сопротивление которого зависит от амплитуды сигнала на стоке основного транзистора. Основной транзистор включён по схеме с общим истоком, а динамический по схеме с общим стоком. Каналы обоих транзисторов соединены последовательно, что обеспечивает равенство их токов.

Основным недостатком данного усилителя напряжения с динамической нагрузкой является ограниченность коэффициента усиления до 20 и искаженное усиление малых сигналов. При этом транзисторы находятся в режиме фиксированного максимального тока стока, а не в экономичном режиме, что способствует появлению теплового шума. Кроме того, при незначительном увеличении уровня входного сигнала (40 мВ) выходной сигнал будет искажаться из-за перехода транзистора из режима обратного смещения на режим прямого смещения. А при снижении напряжения питания с 9 В до 6 В искажения сигнала начинаются при входном сигнале начиная с 26 мВ, хотя коэффициент усиления будет составлять 48÷50.

Среди схем усилителей напряжения с динамической нагрузкой представляет интерес электрическая схема усилителя [5], приведенная на рис. 1. В ней в нагрузочном полевом транзисторе VT1 между истоком и затвором введено сопротивление R1, что задает рабочий ток. При этом второй транзистор тоже находится в режиме автоматического смещения сопротивлением R2.

Данное устройство тоже не позволяет обеспечить высокий коэффициент усиления полезного сигнала и исключить искажения выходного сигнала при увеличении уровня входного сигнала, поскольку переходы затвор-исток у первого и второго транзисторов находятся под различными потенциалами. По сравнению с известными схемами наличие сопротивления между истоком и затвором второго транзистора позволило увеличить коэффициент усиления до 130.

2. Результаты и их обсуждение

В настоящей работе приведена новая схема усилителя напряжения с динамической нагрузкой на полевом транзисторе обеспечивающая увеличение коэффициента усиления и исключение искажения формы выходного сигнала усилителя с динамической нагрузкой по сравнению с известными аналогами.

Отличие предлагаемой схемы [6], рис. 2, заключается в том, что затвор основного полевого транзистора (КП303Ж) соединен к общему выводу блока питания, а входной конденсатор C_1 соединен к истоку первого транзистора 1.

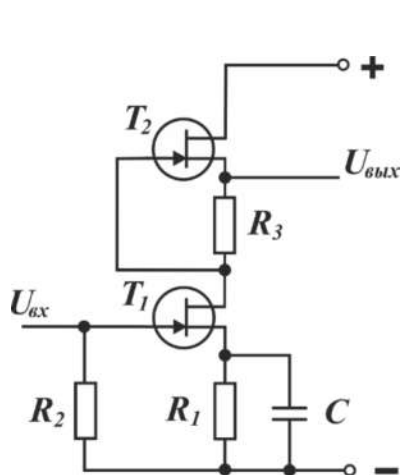


Рис. 1. Усилитель напряжения с динамической нагрузкой

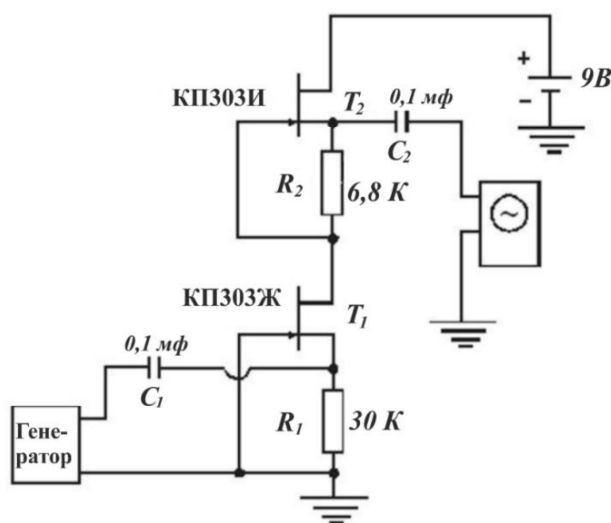


Рис. 2. Электронная схема предлагаемого усилителя напряжения с динамической нагрузкой

Соединение затвора первого транзистора непосредственно к минусу блока питания, к которому также соединено сопротивление, контактирующее с электродом истока, обеспечивает, как и во втором полевом транзисторе, режим смещения перехода затвор-исток через сопротивление. В результате увеличивается выходное динамическое сопротивление, способствуя повышению выходного напряжения.

Подача полезного сигнала, вместо затвора, к истоку первого транзистора через первый конденсатор обеспечивает более глубокую модуляцию канала полевого транзистора и соответствующее увеличение коэффициента усиления полевого транзистора.

Обеспечение равенства токов отдельно взятых первого и второго транзисторов путем подбора величин сопротивлений способствуют исключению искажения формы выходного сигнала и получению максимального значения коэффициента усиления.

Как показано на рис. 2 в предлагаемом последовательном соединении двух транзисторов выводы истока через сопротивление соединены с выводом затвора, и затвор первого транзистора соединен к выводу истока второго транзистора. Относительно рабочего напряжения, управляющие р-п-переходы, находятся в запирающем режиме. В результате каждый транзистор превращается в двухполюсник - диод и ток одного транзистора выравнивается током второго транзистора, как и в двухбарьерных диодных структурах [7].

Модулируемый переход управляет параметрами второго перехода за счет перераспределения напряжения, F приложенного от внешнего источника питания. Так как рабочие токи стока у обоих транзисторов подобраны одинаковыми, то семейство темновых стоковых характеристик в области насыщения качественно остается без изменений, рис. 3, но увеличивается напряжение насыщения и изменяется механизм насыщения.

Предлагаемая схема (рис. 2) с динамической нагрузкой собрана на двух полевых транзисторах 1-го типа КП303Ж с максимальным током стока 1,8 мА и напряжением отсечки канала 1,0 В и 2-го типа КП303И с максимальным током стока 3,5 мА и напряжением отсечки канала 1,9 В, соответствующих двух сопротивлений 30 кОм и 68 кОм. При этом измеренные токи стока отдельно взятых первого и второго транзисторов равны между собой. Затвор каждого полевого транзистора закорочен на исток через указанные сопротивления, причем сток первого транзистора соединен к истоку второго транзистора, а питание от батареи напряжением 9 вольт подается к выводам стока второго транзистора и затвора первого транзистора. Полезный сигнал $U_{вх}$ подается от генератора звуковых сигналов ГЗ-109 через конденсатор 0,1 мкФ к истоку. Выходной сигнал снимается с истока второго полевого транзистора через конденсатор 0,1 мкФ и фиксируется осциллографом С1-70. На вход можно подавать полезный сигнал от 1 до 100 мВ (при напряжении питания 9,0 В). Коэффициент усиления каскада [8-10]

$$K_n = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} \quad (1)$$

или коэффициент усиления в средней части частотного диапазона

$$K_{cp} = SR_n \quad (2)$$

где S - крутизна характеристики полевого транзистора. Здесь в качестве нагрузки - R_n выступает сопротивление динамического каскада.

Для заданного частотного диапазона 400 Гц и входного сигнала 2 мВ при сопротивлении равном 30 кОм получен коэффициент усиления синусоидального сигнала равный 3000, рис. 4.

Наблюдаемое увеличение коэффициента усиления с увеличением величины сопротивления закорачивающего исток на затвор обусловлено увеличением толщины обедненного слоя у истоковой части за счет повышения запирающего напряжения, снимаемого с резистора, в результате глубина модуляции базовой области увеличивается.

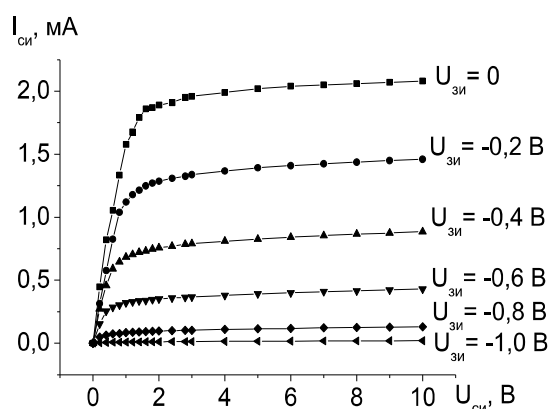


Рис. 3. Стоковая вольтамперная характеристика полевого транзистора КП303Ж

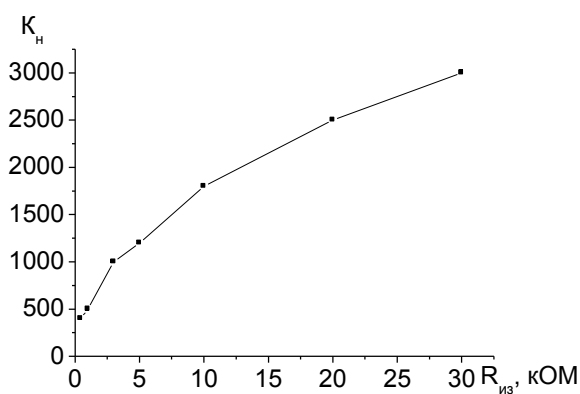


Рис. 4. Зависимость коэффициента усиления усилителя с динамической нагрузкой от входного сопротивления

3. Заключение

Экспериментально показано, что в усилителе напряжения с динамической нагрузкой на двух полевых транзисторах, в котором затвор каждого полевого транзистора закорочен на исток через сопротивление. Причем сток первого транзистора соединен к истоку второго транзистора, а питание подается к выводам стока второго транзистора и затвора первого транзистора. Полезный сигнал подается через конденсатор к истоку первого транзистора и снимается через конденсатор с истока второго транзистора, при равных значениях токов стока каждого транзистора получают максимальное значение коэффициента усиления без всяких искажений формы выходного сигнала.

Литература

1. Полупроводники: трехмерное завтра». <http://wiki.miem.edu.ru>.
2. Ionescu Adrian M., Riel Heike. Tunnel field_effect transistors as energy_efficient electronic switches // Nature. November 2011. V. 479. № 17. P. 329–337.
3. Кондратюк А.В. Анализ особенностей типовых конструкций полевых транзисторов с изолированным затвором // Молодой ученый. - 2016. - №23. - С. 59-66. - URL <https://moluch.ru/archive/127/35054/>
4. Джесси Рассел. Полевой транзистор, VSD, 2012. - 80 стр.
5. Усилитель напряжения на полевом транзисторе. <https://infopedia.su/7x49d4.html>
6. Патент на изобретение № IAP 05322 “Усилитель напряжения с динамической нагрузкой” / Каримов А.В., Ёдгорова Д.М., Абдулхаев О.А., Каманов Б.М. Бюл., №12 от 20.12.2016г.
7. Karimov A.V. and Yodgorova D.M. Some Features of Photocurrent Generation in Single and Multibarrier Photodiode Structures. Semiconductors, 2010, Vol. 44, No. 5, pp. 647–652.
8. Усилители низкой частоты на полевых транзисторах. http://zpostbox.narod.ru/fet_based_ac_amplifiers.html

9. Милехин А.Г. Радиотехнические схемы на полевых транзисторах. «Энергия». Москва. -1976. -С. 29-31.

10. Corina Maria Diniş, Corina Daniela Cuntan, Gabriel Nicolae Popa, Angela Jagăr. Study of low-signal amplifiers with field-effect transistors. Acta technica corviniensis – bulletin of engineering. Faculty of engineering – hunedoara, Romania. 2009, Fascicule 2, April-June, Tome 1. P.59-66.

References

1. “*Poluprovodniki: trekhmernoe zavtra*” [Semiconductors: three-dimensional tomorrow]. <http://wiki.miem.edu.ru>. (In Russ.)
 2. Ionescu Adrian M., Riel Heike. Tunnel field effect transistors as energy efficient electronic switches. Nature. November 2011. V. 479. № 17. pp. 329–337.
 3. Kondratyuk A.V. *Analiz osobennostei tipovykh konstruksii polevykh tranzistorov s izolirovannym zatvorom* [Analysis of Features of Typical Designs of Field Transistors with Isolated Gate] - URL <https://moluch.ru/archive/127/35054/> (In Russ.)
 4. Dzhessi Rassel. *Polevoi tranzistor*, [Field effect transistor] *VSD* [MPA]. 2012, p. 80. (in Russ.)
 5. *Usilitel' napryazheniya na polevom tranzistore*. [Field transistor voltage amplifier] <https://infopedia.su/7x49d4.html> (In Russ.)
 6. *Patent na izobretenie № IAP 05322 “Usilitel' napryazheniya s dinamicheskoi nagruzkoj”* [Patent for invention № IAP 05322 "Voltage amplifier with dynamic load]/ Karimov A.V., Jodgorova D.M., Abdulhaev O.A., Kamanov B.M. Bul., №12 ot 20.12.2016. (In Russ.)
 7. Karimov A.V. and Yodgorova D.M. Some Features of Photocurrent Generation in Single and Multibarrier Photodiode Structures. Semiconductors, 2010, Vol. 44, No. 5, pp. 647–652.
 8. *Usiliteli nizkoi chastoty na polevykh tranzistorakh*. [Low frequency amplifiers on field transistors] http://zpostbox.narod.ru/fet_based_ac_amplifiers.html (In Russ.)
 9. Milehin A.G. *Radiotekhnicheskie skhemy na polevykh tranzistorakh. Energiya*. [Radio engineering shems on field transistors]. Moscow, 1976, pp. 29-31. (In Russ.)
 10. Corina Maria Diniş, Corina Daniela Cuntan, Gabriel Nicolae Popa, Angela Jagăr. Study of low-signal amplifiers with field-effect transistors. Acta technica corviniensis – bulletin of engineering. Faculty of engineering – hunedoara, Romania. 2009, Fascicule 2, April-June, vol. 1, pp. 59-66.
-