МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра радиотехники и электродинамики
наименование кафедры

Разработка программы для расчета базовых схем транзисторных усилительных каскадов

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 4071 группы

направления 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств»
код и наименование направления

института физики
наименование факультета

Рябикина Александра Алексеевича
фамилия, имя, отчество

Научный руководитель
доцент кафедры радиотехники
и электродинамики, к.ф.-м.н., доцент _____ Слепченков М.М.
должность, уч. степень, уч. звание дата, подпись инициалы, фамилия

Зав. кафедрой радиотехники и электродинамики
д.ф.-м.н., профессор _____ О.Е. Глухова
должность, уч. степень, уч. звание дата, подпись инициалы, фамилия

Саратов 2022 г.

Введение. Одним из основных разделов радиоэлектроники является анализ и синтез усилительных схем, предназначенных для линейного усиления аналоговых сигналов [1,2]. Несмотря на широкое использование в настоящее время в усилительных схемах операционных усилителей, в ряде случаев для усиления сигналов применяются и транзисторные схемы, зачастую являющиеся наиболее простыми и дешевыми. В связи с этим актуальной задачей является изучение схемотехники транзисторных усилительных каскадов, методов их проектирования и расчета основных параметров. Целью данного работы является разработка программного пакета для расчета базовых схем усилительных каскадов на биполярных транзисторах при выполнении лабораторных работ по схемотехнике и радиоэлектронике в рамках учебного процесса подготовки бакалавров по направлению 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств». Работа состоит из трех глав. Первая глава посвящена описанию схем транзисторных усилительных каскадов с общей базой, общим эмиттером, общим коллектором и схемы мультивибратора. Вторая глава содержит описание интерфейса и функциональных возможностей программы расчета каскадов. В третей главе приведены этапы верификации созданной программы. Представлены результаты расчета схем усилительных каскадов и мультивибратора, результаты симуляция работы исследуемых схем усилительных каскадов и мультивибратора в программе LTspice, а также снятые характеристики схем на макетных платах.

Основное содержание работы. Разработанная программа предназначена для расчета схем усилительных каскадов на биполярных транзисторах с общим эмиттером, общей базой, общим коллектором, также схемы симметричного мультивибратора. Программа может выполнять расчет параметров цепи и номиналов используемых компонентов. Расчетная часть программы написана на языке C#, графическая часть программы написана на декларативном языке разметки XAML в среде разработке Visual Studio 2019. На рис. 1 продемонстрирован пользовательский интерфейс программы.

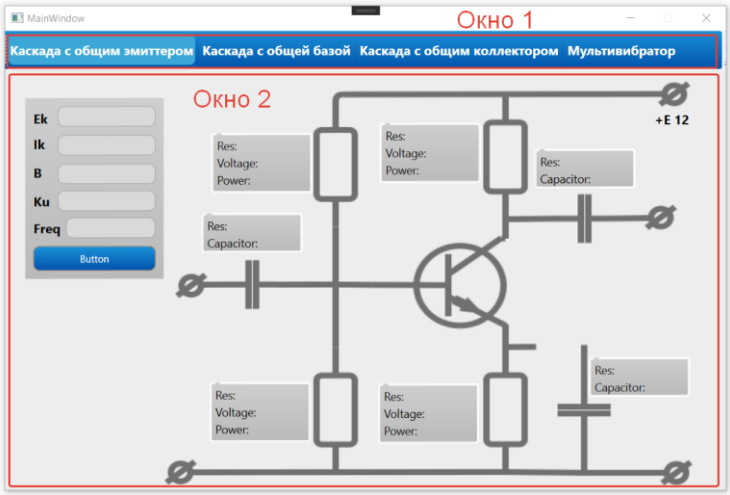

Рис. 1. Общий вид программы.

Рабочее поле программы состоит и двух частей: верхней панели (Окно 1) и основной панели (Окно 2). На верхней панели можно выбрать, какой тип схемы будет рассчитан, нажав соответствующую кнопку. Верификация программы проходила в три этапа. Первый этап представлял собой проведение расчетов параметров схемы с помощью программы. Второй этап заключался в симуляции работы схем с предварительно рассчитанными параметрами в программном пакете LtSpice. Третий этап заключался в экспериментальной проверке рассчитанных значений на специально изготовленной макетной плате.

Проведем расчеты описанных типовых схем транзисторных усилительных каскадов с ОЭ, ОБ, ОК и схемы мультивибратора с помощью написанной программы. Результаты расчета ключевых рабочих параметров для каждой схемы представлены на рис. 2-5.

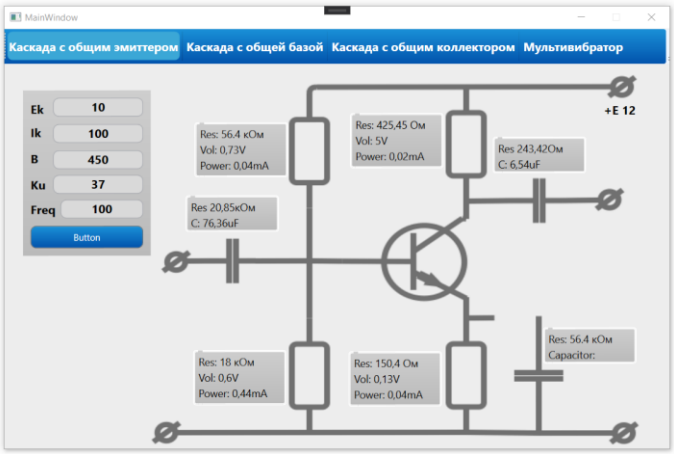

Рис. 2. Расчет каскада с ОЭ.

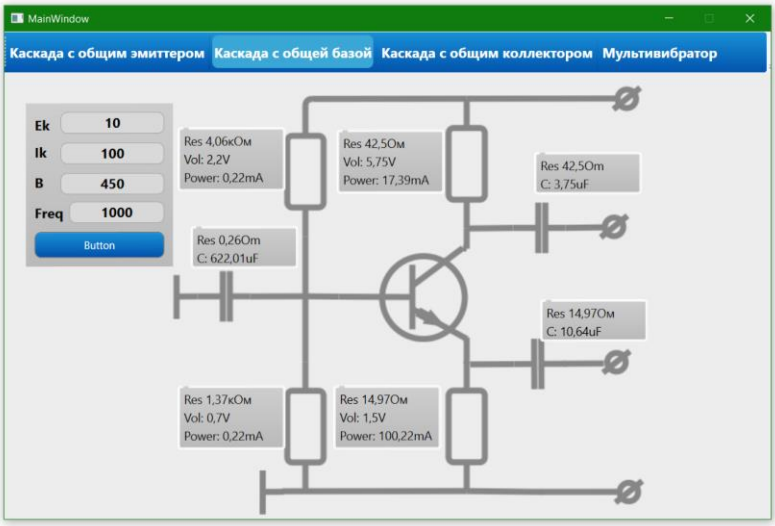

Рис. 3. Расчет каскада с ОБ.

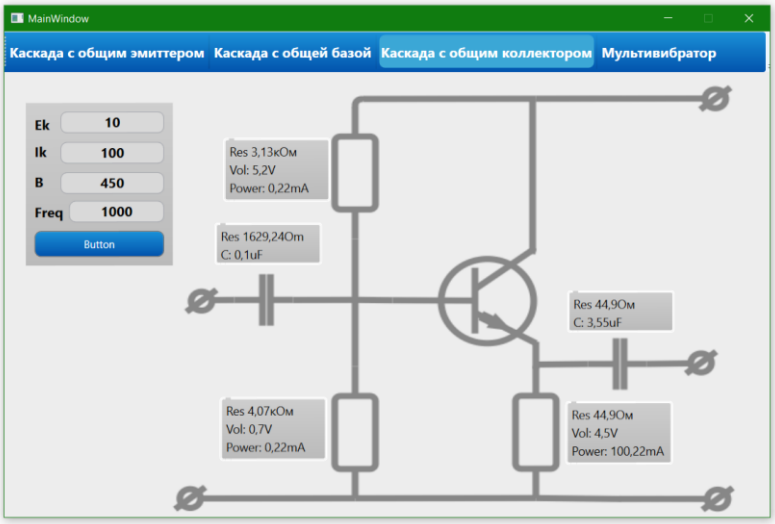

Рис. 4. Расчет каскада с ОК.

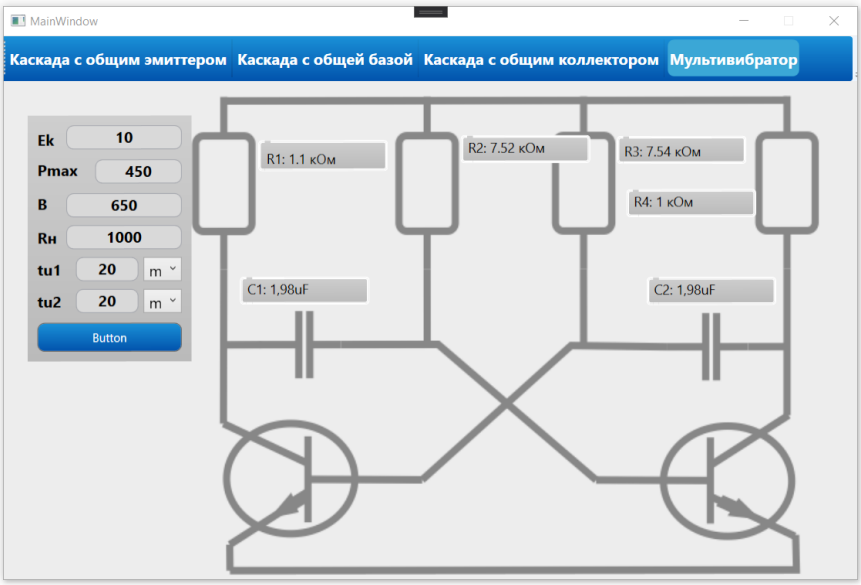

Рис. 5. Расчет мультивибратора.

Симуляция работы схем с предварительно рассчитанными параметрами проводилась в программном комплексе LTspice. На рис. 6 показана простроенная в LTspice схема транзистора усилительного каскада с ОЭ.

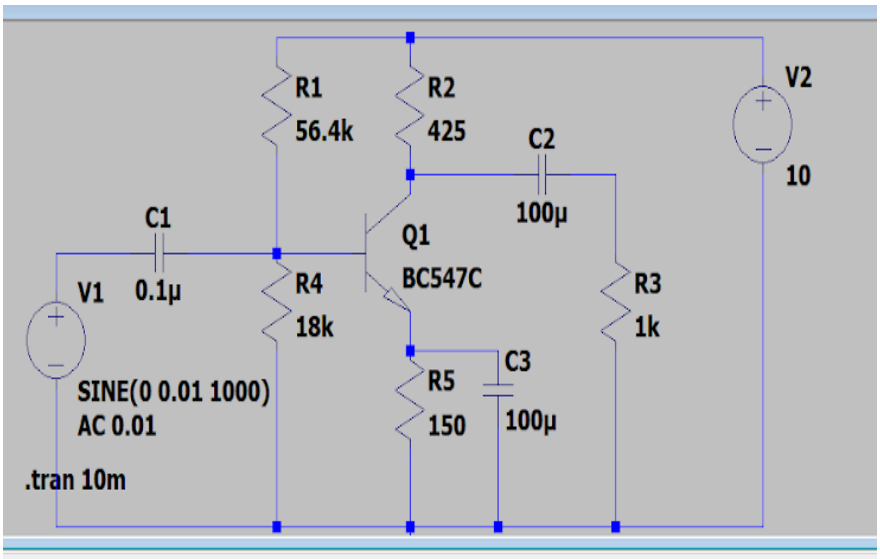

Рис. 6. Схема каскада с ОЭ в программе в программе LTspiece.

Результаты снятия входного сигнала с генератора и выходного сигнала с усилителя для данной схемы с помощью виртуального измерительного оборудования комплекса LTspice представлены на рис. 7.

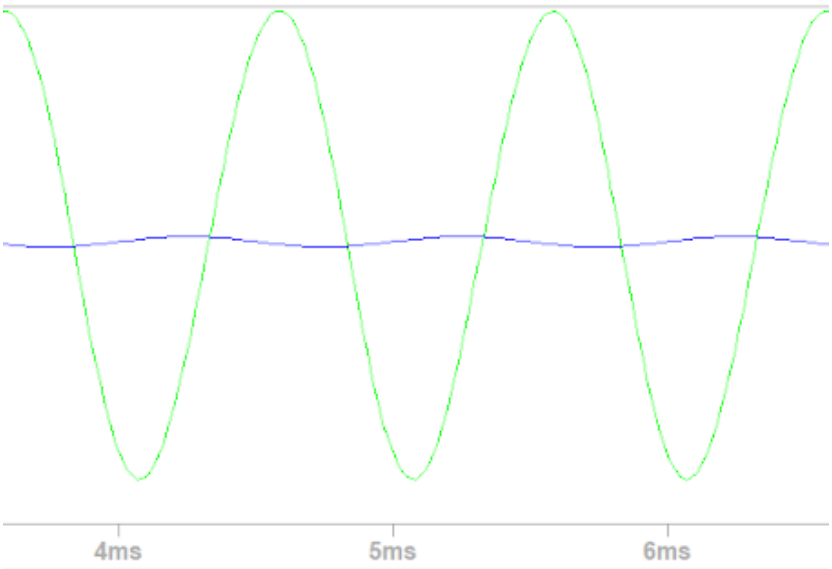

Рис. 7. График симуляции работы схемы усилительного каскада с ОЭ по напряжению в программе LTspiece. Синий график - входной сигнал с генератора. Зеленый график - выходной сигнал с усилителя.

На рис. 8 показана схемы каскада с ОБ, а на рис. 21 представлены результаты симуляции работы каскада в программе LTspiece.

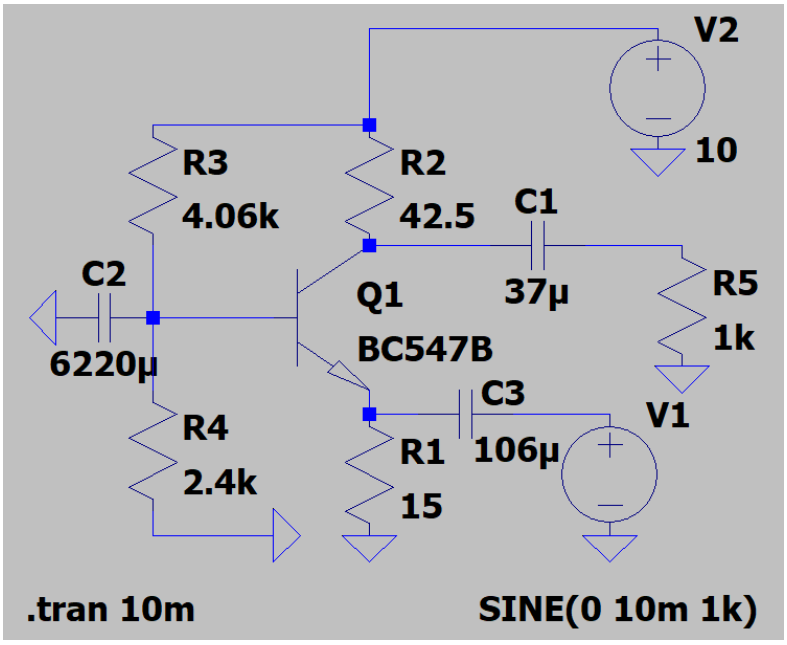

Рис. 8. Схема каскада с ОБ в программе в программе LTspiece.

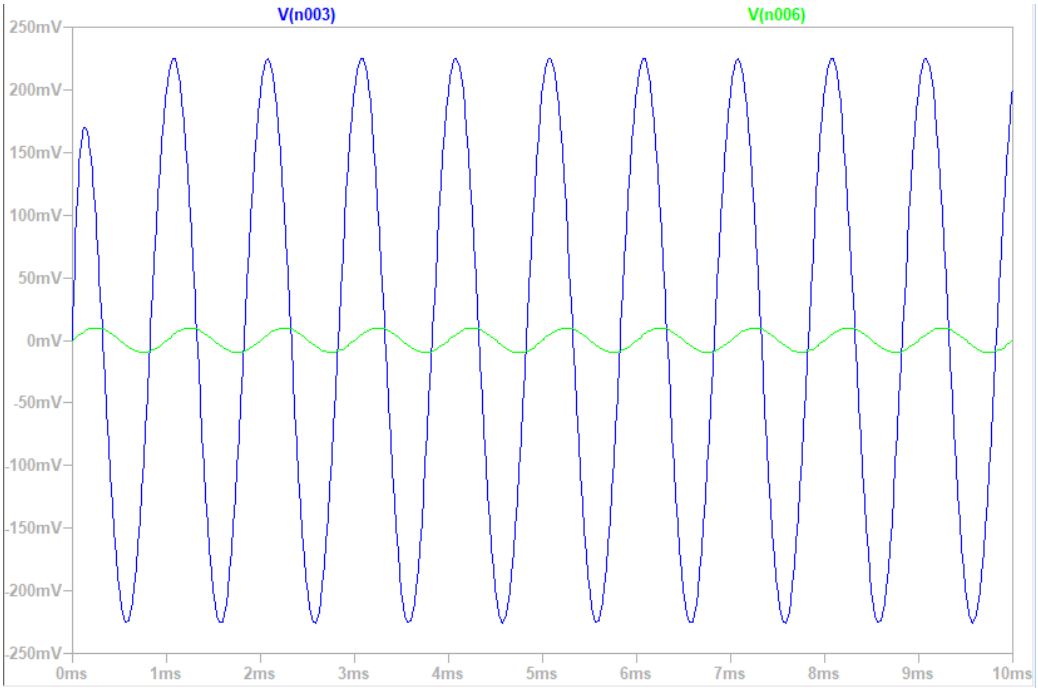

Рис. 9. Результаты симуляции работы каскада с ОБ по напряжению в программе LTspiece. Синий график - выходной сигнал с усилителя. Зеленый график - входной сигнал с генератора.

На рис. 10 показана схемы каскада с ОК. На рис. 11 представлены результаты симуляции работы каскада с ОК в программе LTspiece.

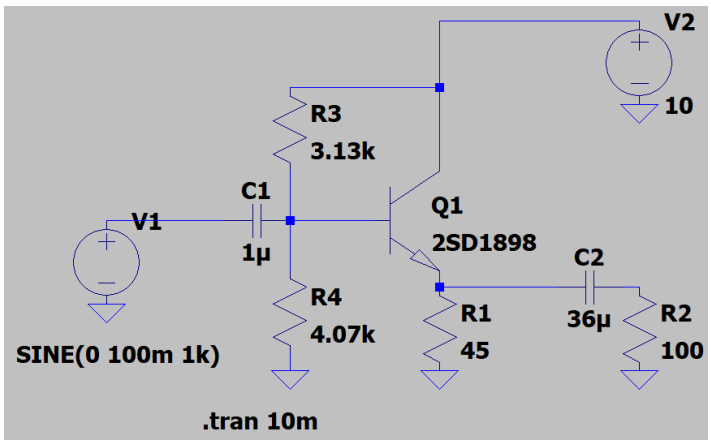

Рис. 10. Схема каскада с ОК в программе LTspiece.

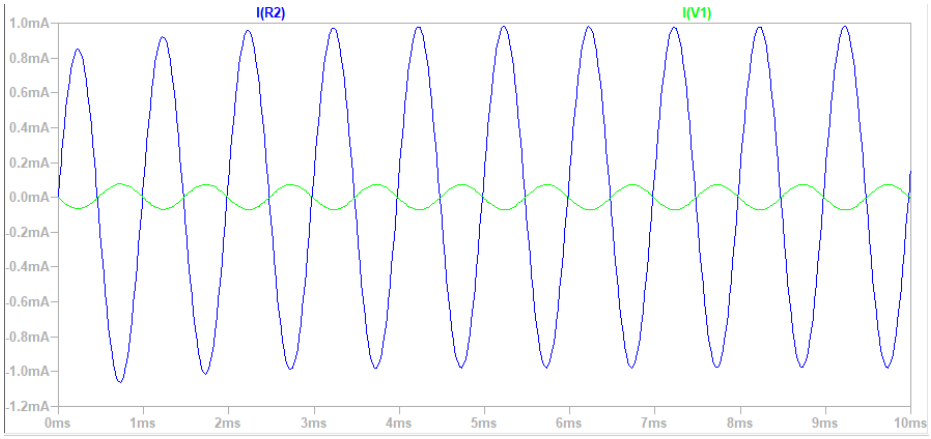

Рис. 11. График симуляции работы схемы каскада с ОК по току в программе в программе LTspiece. Синий график - выходной сигнал с усилителя. Зеленый график - входной сигнал с генератора.

На рис. 12 показана схемы мультивибратора на биполярных транзисторах. На рис. 13 представлены результаты симуляции работы мультивибратора в программе LTspiece.

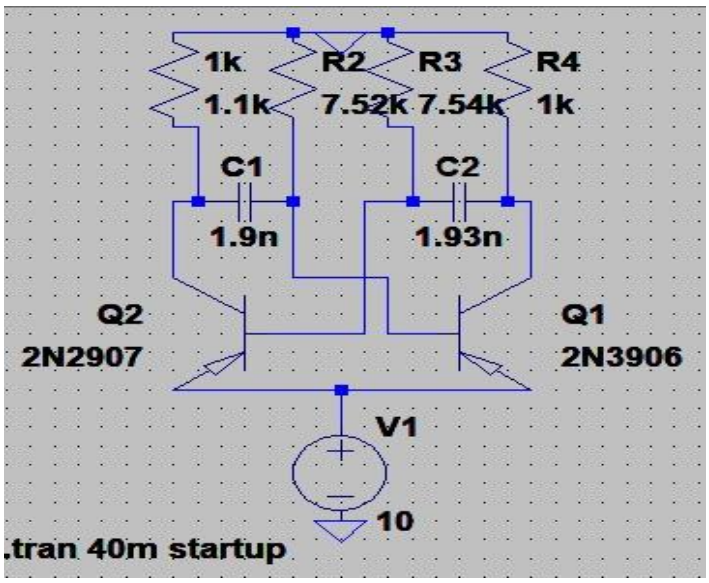

Рис. 12. Схема мультивибратора мультивибратора в программе LTspiece.

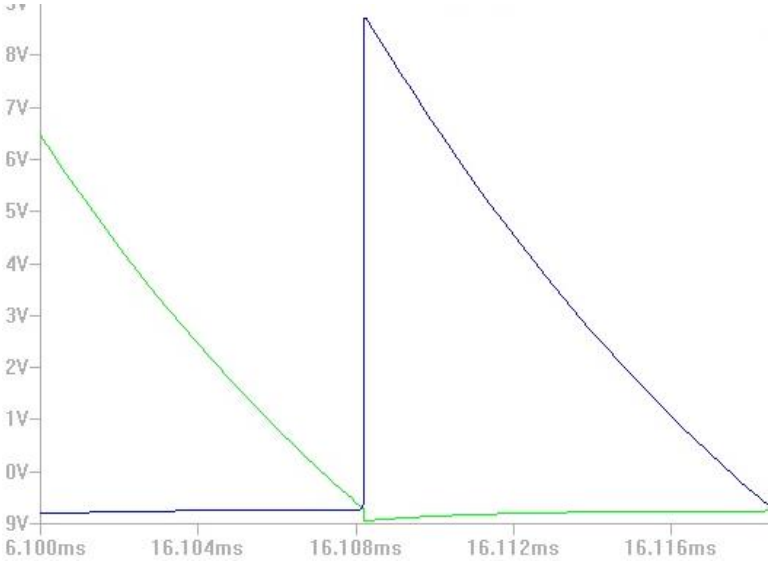

Рис. 13. График симуляции работы мультивибратора в программе LTspiece. Синий график - выходной сигнал с усилителя. Зеленый график - входной сигнал с генератора.

Все исследуемые схемы собирались на макетной плате. Измерения проводились на осциллографе Hantek DSO4254B, мультиметре Victor 8245, лабораторном блоке питания Wanptec KPS3010D и генераторе сигналов KKMOON FY6900. В качестве основного транзистора был взят ksp2222ata. Для примера покажем вид изготовленного макета схемы каскада с общим эмиттером (рис. 14) и результаты экспериментальных исследований работы схемы (рис. 15).

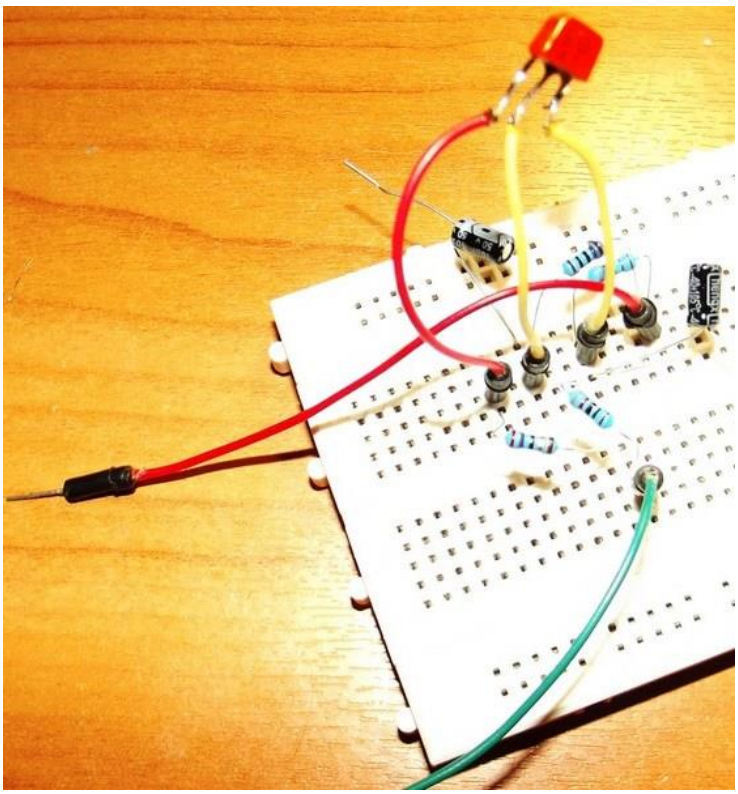

Рис. 14. Макет схемы усилительного каскада с ОЭ.

Результаты измерений для собранной схемы с ОЭ с помощью цифрового осциллографа представлены на рис. 15. Коэффициент усиления каскада составил 8 раз.

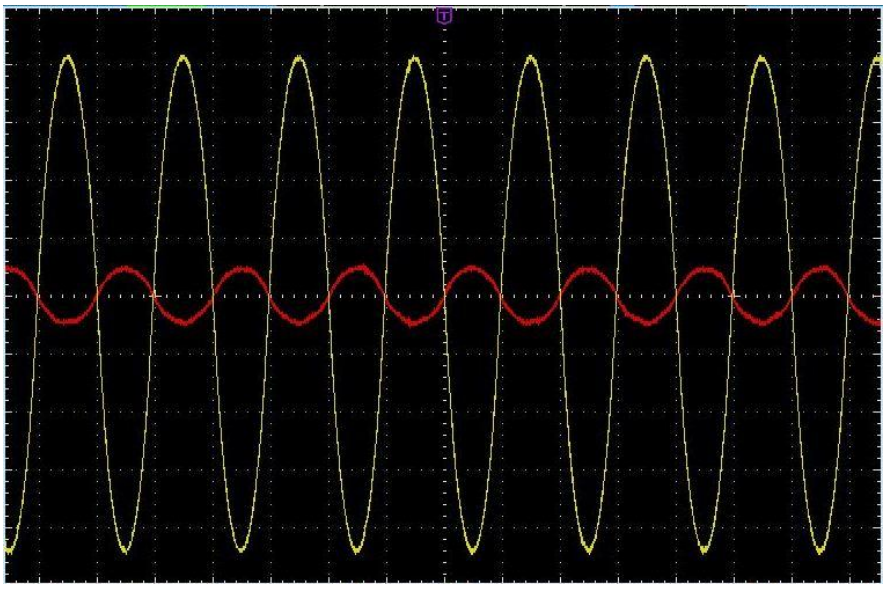

Рис. 15. Результаты измерений для собранной схемы с ОЭ с помощью цифрового осциллографа. Жёлтый график- выходной сигнал с усилителя. Красный график - входной сигнал с генератора.

Заключение. Разработана программа для автоматизации проведения расчетов транзисторных усилительных каскадов, обладающая удобным для пользователя графическим интерфейсом. В программе реализованы типовые схемы транзисторных усилителей, наиболее часто встречающихся при изучении общих и специальных курсов по схемотехнике и радиоэлектронике. Данная программа позволяет производить расчет электронных компонентов проектируемого устройства исходя из требуемых характеристик на создаваемое устройство. Время расчета схем сокращается с использованием данной программы значительно сокращается, а графический интерфейс разработанной программы интуитивно понятен для пользователя. В программе представлены варианты четыре распространенных схем, особенности которых подойдут под задачи пользователя. Разработанная программа позволяет минимизировать издержки труда.

Библиографический список

[1] Электроника © ЦДЮТТ / Арасланов М. // http://m-elek.h1n.ru: URL: http://m-elek.h1n.ru/elektronic/praktik/calculation/raschet-kaskad-oe.html (дата обращения 27.05.2021).

[2] Электроника © ЦДЮТТ / Аверин А.Л. // https://lektsii.org: URL: https://lektsii.org/9-21567.html (дата обращения 14.05.2021).

[3] М.С. Родюков, Н.Н. Коновалов / Расчёт усилительного каскада с общим эмиттером / Родюков М.С., Коновалов Н.Н.: МЦНМО, Москва – 2011. – 36 с.

[4] А.А. Титов / Расчет элементов высокочастотной коррекции усилительных каскадов на полевых транзисторах / Титов А.А.: ТУСУР, Томск – 2006. – 17 с.