

A2-19 20.06.2020 суббота 3,4 урок.

Каблуков.С.Г. [kabiukovS@mail.ru](mailto:kabiukovS@mail.ru)

## **Тема: Усилители на транзисторах.**

### **Цель :**

Обеспечить усвоение признаков полупроводников и их свойств;  
Добиться усвоения понятий собственная и примесная проводимость полупроводника.

## **I. Теоретический материал. Усилители на транзисторах.**

**ВАЖНО.** Электронный усилитель — прибор, способный усиливать электрическую мощность. Приборы, усиливающие только ток или напряжение (например, трансформаторы) к числу усилителей не относятся. Принцип работы электронного усилителя основан на изменении его активного или реактивного сопротивления электрической проводимости в газах, вакууме и полупроводниках под воздействием сигнала малой мощности. Электронный усилитель может представлять собой как самостоятельное устройство, так и блок (функциональный узел) в составе какой-либо аппаратуры — радиоприёмника, магнитофона, измерительного прибора и т. д.

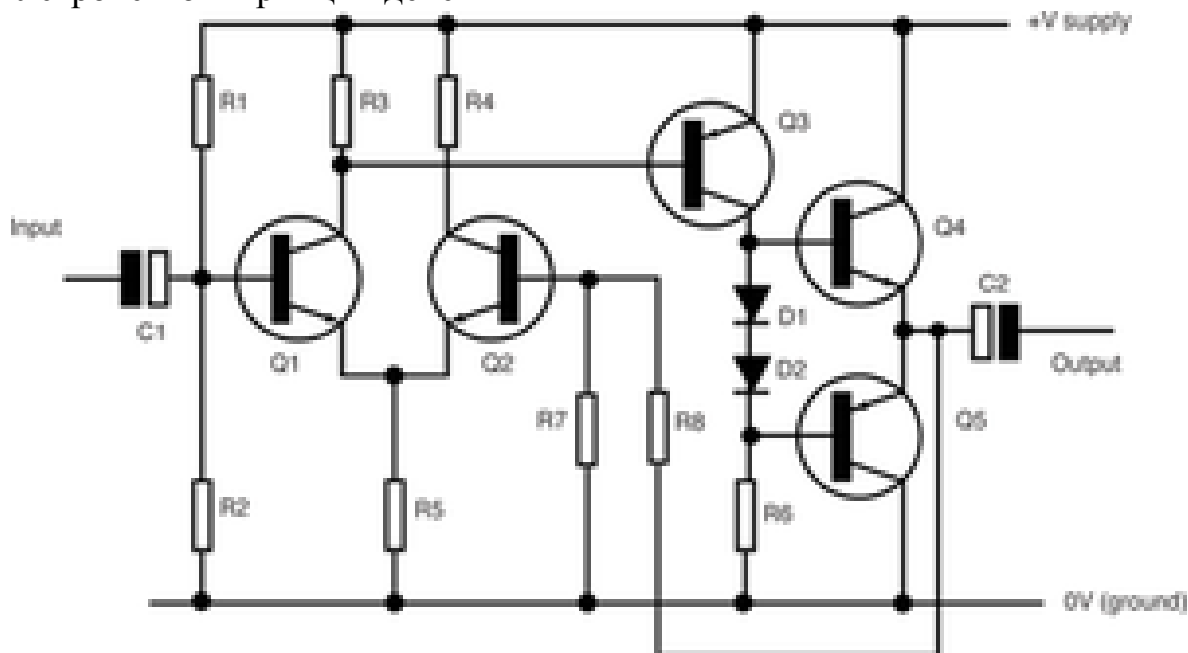
### **История**

1904 год — Ли де Форест на основе созданной им электронной лампы — триода — разработал устройство усиления электрических сигналов (усилитель), состоящее из нелинейного элемента (лампы) и статического сопротивления  $R_a$ , включенного в анодную цепь.

1932 год — Гарри Найквист определил условия устойчивости (способности работать без самовозбуждения) усилителей, охваченных отрицательной обратной связью.

1942 год — в США построен первый операционный усилитель — усилитель постоянного тока с симметричным (дифференциальным) входом и значительным собственным коэффициентом усиления (более 1000) как самостоятельное изделие. Основным назначением данного класса усилителей стало его использование в аналоговых вычислительных устройствах для выполнения математических операций над электрическими сигналами. Отсюда его первоначальное название — решающий. **ЗАПОМНИТЕ.**

## Устройство и принцип действия



УНЧ с обратной связью. Типичная схема

## Структура усилителя

Усилитель представляет собой в общем случае последовательность каскадов усиления (бывают и однокаскадные усилители), соединённых между собой прямыми связями.

В большинстве усилителей, кроме прямых, присутствуют и обратные связи (межкаскадные и внутрикаскадные). Отрицательные обратные связи позволяют улучшить стабильность работы усилителя и уменьшить частотные и нелинейные искажения сигнала. В некоторых случаях обратные связи включают термозависимые элементы (термисторы, позисторы) — для температурной стабилизации усилителя или частотнозависимые элементы — для выравнивания частотной характеристики.

Некоторые усилители (обычно УВЧ радиоприёмных и радиопередающих устройств) оснащены системами автоматической регулировки усиления (АРУ) или автоматической регулировки мощности (АРМ). Эти системы позволяют поддерживать приблизительно постоянный средний уровень выходного сигнала при изменениях уровня входного сигнала.

Между каскадами усилителя, а также в его входных и выходных цепях, могут включаться аттенюаторы или потенциометры — для регулировки усиления, фильтры — для формирования заданной частотной характеристики и различные функциональные устройства — нелинейные и др.

Как и в любом активном устройстве, в усилителе также присутствует источник первичного или вторичного электропитания (если усилитель

представляет собой самостоятельное устройство) или цепи, через которые питающие напряжения подаются с отдельного блока питания.

### Каскады усиления

Каскад усиления — ступень усилителя, содержащая один или несколько усилительных элементов, цепи нагрузки и связи с предыдущими или последующими ступенями.

В качестве усилительных элементов обычно используются электронные лампы или транзисторы (биполярные, полевые), а в некоторых случаях могут применяться и двухполюсники, например, туннельные диоды (используется свойство отрицательного сопротивления) и др. Полупроводниковые усилительные элементы (а иногда и вакуумные) могут быть не только дискретными (отдельными) но и интегральными (в составе микросхем), часто в одной микросхеме реализуется полностью законченный усилитель.

В зависимости от способа включения усилительного элемента различаются каскады с общей базой, общим эмиттером, общим коллектором (эмиттерный повторитель) (у биполярного транзистора), с общим затвором, общим истоком, общим стоком (истоковый повторитель) (у полевого транзистора) и с общей сеткой, общим катодом, общим анодом (у ламп)

Каскад с общим эмиттером (исток, катодом) — наиболее распространённый способ включения, позволяет усиливать сигнал по току и напряжению одновременно, сдвигает фазу на  $180^\circ$ , то есть является инвертирующим.

Каскад с общей базой (затвором, сеткой) — усиливает только по напряжению, применяется редко, является наиболее высокочастотным, фазу не сдвигает.

Каскад с общим коллектором (сток, анодом) — называется также повторителем (эмиттерным, истоковым, катодным), усиливает ток, оставляя напряжение сигнала равным исходному. Применяется в качестве буферного усилителя. Важными свойствами повторителя являются его высокое входное и низкое выходное сопротивления, фазу не сдвигает.

Каскад с распределенной нагрузкой — каскад, занимающий промежуточное положение между схемой включения с общим эмиттером и общим коллектором. Как вариант каскада с распределенной нагрузкой, выходной каскад усилителя мощности «двухподвес». Важными свойствами являются задаваемый элементами схемы фиксированный коэффициент усиления по напряжению и низкие нелинейные искажения. Выходной сигнал дифференциальный.

Каскодный усилитель — усилитель, содержащий два активных элемента, первый из которых включен по схеме с общим эмиттером (исток, катодом), а второй — по схеме с общей базой (затвором, сеткой). Каскодный усилитель обладает повышенной стабильностью работы и малой входной ёмкостью. Название усилителя произошло от словосочетания «КАСКаД через катОД» (англ. CASCade to cathODE)[2]

Каскады усиления могут быть одноктактными и двухтактными.

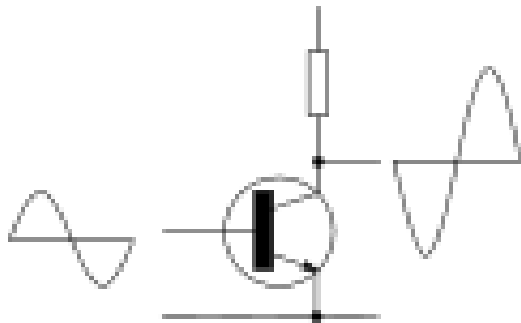
Одноктактный усилитель — усилитель, в котором входной сигнал поступает во входную цепь одного усилительного элемента или одной группы элементов, соединённых параллельно.

Двухтактный усилитель — усилитель, в котором входной сигнал поступает одновременно во входные цепи двух усилительных элементов или двух групп усилительных элементов, соединённых параллельно, со сдвигом по фазе на  $180^\circ$ .

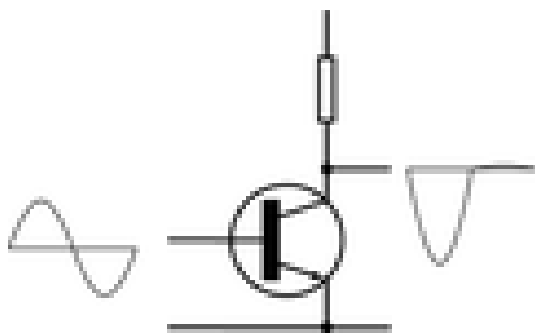
Режимы (классы) мощных усилительных каскадов

Подробное рассмотрение темы: Классификация электронных усилителей

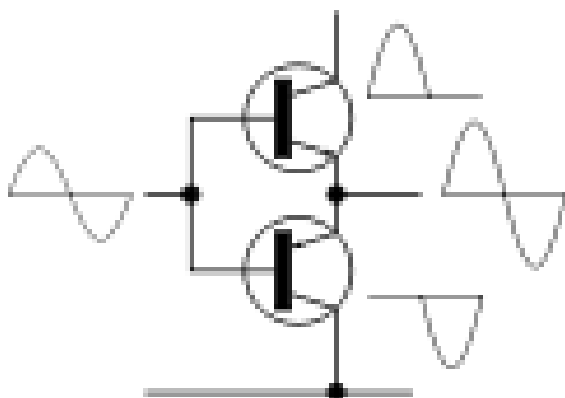
Особенности выбора режима мощных каскадов связаны с задачами повышения экономичности питания и уменьшения нелинейных искажений. В зависимости от способа размещения начальной рабочей точки усилительного прибора на статических и динамических характеристиках различают следующие режимы усиления



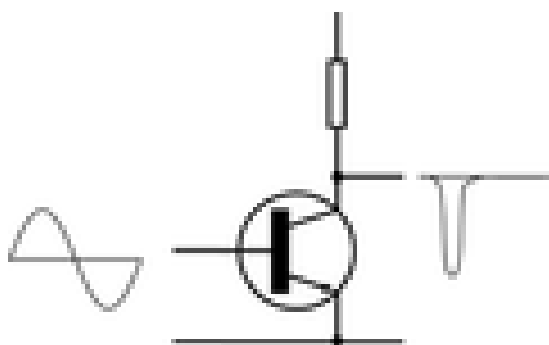
Режим А



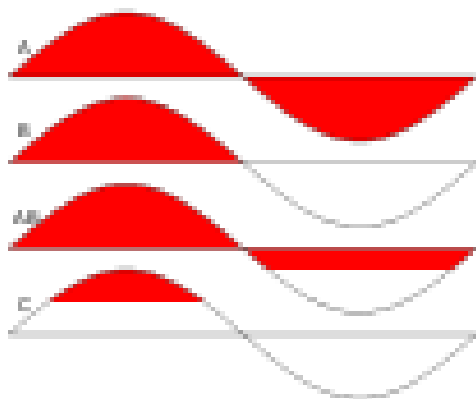
Режим В



Режим В, двухтактный каскад



Режим С



**Вопросы для ответов в письменной форме:**

1. Электронный усилитель - что это.
- 2 . В качестве усилительных элементов что используется .
3. В качестве усилительных элементов что используется.

Рекомендуемое время работы – 1 час.20 мин