# Ответы на вопросы «Электроника и схемотехника»

[Ответы на вопросы «Электроника и схемотехника» 1](#_Toc168497916)

[1. Определение и классификация обратных связей. 4](#_Toc168497917)

[2. Примеры схем в ООС. 6](#_Toc168497918)

[3. Влияние ООС на коэффициент усиления по U. 7](#_Toc168497919)

[4. Влияние ООС на входное сопротивление усилителя. 8](#_Toc168497920)

[5. Влияние ООС на выходное сопротивление усилителя. 9](#_Toc168497921)

[6. Влияние ООС на диапазон усиливаемых частот, частотные и нелинейные искажения. 11](#_Toc168497922)

[7. Определение и внутренняя схемотехника операционного усилителя. 12](#_Toc168497923)

[8. Эквивалентная схема, система параметров и классификация ОУ. 14](#_Toc168497924)

[9. Понятие идеального ОУ. Общая схема включения ОУ. 16](#_Toc168497925)

[10. Частные случаи схем включения ОУ: дифференциальный, инвертирующий, не инвертирующий усилители; Повторитель напряжения. 17](#_Toc168497926)

[11. Выполнение математических операций на ОУ: сложение, интегрирование, дифференцирование, логарифмирование. 18](#_Toc168497927)

[12. Применение ОУ в измерительных устройствах: измерительный усилитель, оптико-электронный преобразователь, преобразователь температуры. 19](#_Toc168497928)

[13. Определение компаратора напряжения, сравнение однополярных сигналов, амплитудные передаточные характеристики. 20](#_Toc168497929)

[14. Компаратор для сравнения разнополярных сигналов. 21](#_Toc168497930)

[15. Компаратор с гистерезисом. 22](#_Toc168497931)

[16. Генератор прямоугольных импульсов на ОУ. 23](#_Toc168497932)

[17. Назначение, функция преобразования и система параметров ЦАП. 24](#_Toc168497933)

[18. ЦАП с двоично-взвешенными сопротивлениями. 25](#_Toc168497934)

[19. ЦАП с резистивной матрицей R-2R. 26](#_Toc168497935)

[20. Назначение, функция преобразования, система параметров и классификация АЦП. 27](#_Toc168497936)

[21. АЦП двойного интегрирования. 28](#_Toc168497937)

[22. АЦП параллельного действия. 29](#_Toc168497938)

[23. Логический элемент ТТЛ. 30](#_Toc168497939)

[24. Функции базовых логических элементов. 31](#_Toc168497940)

[25. Комбинационные схемы на основе базовых логических элементов. 32](#_Toc168497941)

[26. Законы алгебры логики в комбинационных схемах. 33](#_Toc168497942)

[27. Одноразрядные полусумматор и сумматор. 34](#_Toc168497943)

[28. Преобразователь кода и дешифратор. 35](#_Toc168497944)

[29. Мультиплексор и демультиплексор. 36](#_Toc168497945)

[30. Триггеры. 37](#_Toc168497946)

[31. Регистры. 38](#_Toc168497947)

[32. Счётчики. 39](#_Toc168497948)

# Определение и классификация обратных связей.

Обратная связь – это связь, обеспечивающая передачу части выходного сигнала обратно на вход схемы.

**Рисунок стр. №1 (тетрадь)**

(Описание элементов рисунка)

1. Усилитель с коэффициентом усиления , охватываемый обратной связью;
2. Цепь обратной связи с коэффициентом передачи ;
3. Устройство смешивания входного сигала и сигнала обратной связи;

Наиболее часто реализуются 2 варианта: ;

Классификация обратной связи:

1. По типу обратной связи:
   1. Положительная;
   2. Отрицательная;
2. По частотной зависимости **γ**:
   1. Частотно-зависимая;
   2. Частотно-независимая;
3. По месту возникновения:
   1. Внешняя;
   2. Внутренняя (как правило не устранима);
4. По числу охватываемых каскадов усилителя:
   1. Общая;
   2. Местная;

**Рисунок стр. №2 (тетрадь)**

1. По зависимости от уровня входного сигнала:
   1. Линейный;
   2. Нелинейный;
2. По способу получения сигнала ОС:
   1. По напряжению;
   2. По току;
   3. Смешанная;

**Рисунок и формулы стр. №2 (тетрадь)**

1. По способу введения сигнала ОС во входную цепь усилителя:
   1. Последовательная;
   2. Параллельная;
   3. Комбинированная;

**Рисунок и описание стр. №3 (тетрадь)**

# Примеры схем в ООС.

1. Последовательная ООС по току:

**Рисунок стр. №4 (тетрадь)**

Усилением охватываемым ОС-ю является БТ, входы которого – выходы управляющего перехода Б-Э;

ООС реализована на RЭ;

В активном режиме при протекании тока IЭ на RЭ падает UОС, которое минусом через R2 воздействует на Б транзистора;

UБЭ, UОБР. СВ. и UВХ образуют последовательный замкнутый контур;

**Рисунок стр. №4 (тетрадь)**

Связь отрицательная, т.к. UВХ и UОС включены встречно;

Связь по току, т.к. UОС пропорционально IЭ, который пропорционален IН;

1. Параллельная ООС по U:

**Рисунок стр. №5 (тетрадь)**

R (ОС И СМЕЩ.) БТ является RОС, через который с одной стороны обеспечивается протекание IБ БТ и его активного режима, а с другой стороны при увеличении IВХ R, за счёт уменьшения UК, оттягивает часть IВХ, не давая ему поступать в Б, т.е. связь отрицательная;

Связь параллельна, т.к. присутствует узел «а»;

Связь по U, т.к. ток цепи ОС пропорционален UВЫХ (UК);

# Влияние ООС на коэффициент усиления по U.

**Рисунок стр. №5 (тетрадь)**

Для цепи справедливы выражения:

1. ;
2. ;
3. ;

Найдём коэффициент усиления схемы с ООС как

– глубина обратной связи;

– петлевое усиление;

Выводы к последней формуле:

1. Введение отрицательного ОС приводит к уменьшению коэффициента усиления по напряжению;
2. При больших значениях KU, когда γ \* KU много больше. Из пункта «1» => в выражении , Единицей можно пренебречь, тогда и перестаёт зависеть от KU;

# Влияние ООС на входное сопротивление усилителя.

Зависит от способа введения сигнала во входную цепь усилителя, т.е. от типа связи (последовательная или параллельная);

1. Последовательная:

**Рисунок стр. №6 (тетрадь)**

Вывод: У последовательной ООС выше RВХ; (RВХ ОС > RВХ);

1. Параллельная:

**Рисунок стр. №7 (тетрадь)**

Вывод: RВХ ОС < RВХ;

# Влияние ООС на выходное сопротивление усилителя.

Зависит от способа съёма сигнала обратной связи с выходной цепи, т.е. от вида связи: по напряжению (U) или по току (I);

1. По напряжению:

**Рисунок стр. №12 (тетрадь)**

Здесь усилитель, охватываемый обратной связью со стороны представлен эквивалентным источником напряжения (EВЫХ, RВЫХ);

Предполагаем, что к выходу подключён внешний источник напряжения (UВЫХ) положительной полярности; Рассчитав ток (IВЫХ), созданный этим источником можно найти:

На вход усилителя сигнал не подаётся, но на выходе появляется отрицательное напряжение (EВЫХ) за счёт прохождения UВЫХ по цепи обратной связи (ООС) на вход усилителя и далее на выход;

Поскольку усилитель инвертирующий, то EВЫХ будет отрицательного знака;

Вывод: ООС по напряжению приводит к уменьшению RВЫХ;

1. По току:

**Рисунок стр. №13 (тетрадь)**

Полярность EВЫХ обусловлена действием ООС по току («-»), которое стремится уменьшить IВЫХ;

Вывод: ООС по току приводит к увеличению RВЫХ;

# Влияние ООС на диапазон усиливаемых частот, частотные и нелинейные искажения.

При введении ООС снижается коэффициент усиления по напряжению, увеличивается (расширяется) диапазон усиливаемых частот (уменьшаются частотные искажения), уменьшаются нелинейные искажения (коэффициент гармоник);

**Рисунок стр. №14 (тетрадь)**

# Определение и внутренняя схемотехника операционного усилителя.

ОУ – это усилитель постоянного тока с двумя входом и одним выходом, предназначенный для выполнения математических операций в аналоговой форме представления информации;

Усилитель разности входных сигналов:

**Рисунок стр. №14 (тетрадь)**

Синфазный входной сигнал:

Дифференциальный входной сигнал:

Используется понятие идеального ОУ, для которого считается, что усиливается только дифференциальный сигнал, а коэффициент усиления по синфазному сигналу равен «0»;

Простейшая схема ОУ:

**Рисунок стр. №15 (тетрадь)**

ОУ содержит три каскада:

1. ДУ – дифференциальный усилитель – усиливает разность входных сигналов по напряжению (U);
2. КСУ – каскад сдвига уровня напряжения (U);
3. ВыхК – выходной каскад – обеспечивает усиление по току (I);

Note: ГСТ – схема, которая генерирует ток заданного значения (имеет высокое выходное напряжение);

Note: VT работает в активном режиме, поэтому имеет большое сопротивление со стороны K, что обеспечивает стабилизацию тока (I);

* ДУ:

Если на вход подаётся синфазный сигнал, то изменяется напряжение (U) на Э у VT1 и VT2, при этом ток остаётся неизменным, т.к. он стабилизирован ГСТ1 => Напряжение (U) на выходе ДУ не изменяется;

При подаче дифференциального сигнала ток одного транзистора увеличивается, а другого уменьшается. Это приводит к изменению напряжения (U) на выходе;

Как видно из схемы вх1 – не инвертирующий, а вх2 – инвертирующий;

* КСУ:

???

Между выходом ДУ и выходом КСУ происходит сдвиг напряжения на постоянную величину, определяемую током ГСТ2 и сопротивлением R3;

* ВыхК:

Реализован по двух ступенчатой схеме, в которой выходные транзисторы VT4 и VT5 обеспечивают усиление по току (I) положительных и отрицательных полуволн соответственно;

# Эквивалентная схема, система параметров и классификация ОУ.

Эквивалентная схема определяет набор рабочих параметров ОУ, которые определяют его свойства;

**Рисунок стр. №16 (тетрадь)**

1. Входные параметры:
   1. Входное дифференциальное и синфазное сопротивление (R);

* 1. Входной ток (I [мкА]) и разность входных токов;
  2. Температурный коэффициент разности входных токов;
  3. Напряжение смещения нуля – это дифференциальное UВХ при котором UВЫХ = 0;
  4. Температурный дрейф напряжения (U) смещения нуля;

1. Выходные параметры:
   1. Выходное сопротивление (R);

(Предельное выходные параметры EП = 2…3 В, I = 6…20 мкА);

* 1. А ???

1. Параметры передачи:
   1. Дифференциальный коэффициент усиления;
   2. Коэффициент ослабления синфазного сигнала;
   3. Частота среза АЧХ (верхняя частота);

**Рисунок стр. №17 (тетрадь)**

* 1. Частота единого усиления f1, на которой коэффициент усиления КД уменьшается до «1» [МГц];
  2. Скорость нарастания выходного напряжения при ступенчатом входном воздействии ???

# -Понятие идеального ОУ. Общая схема включения ОУ.

# -Частные случаи схем включения ОУ: дифференциальный, инвертирующий, не инвертирующий усилители; Повторитель напряжения.

# -Выполнение математических операций на ОУ: сложение, интегрирование, дифференцирование, логарифмирование.

# -Применение ОУ в измерительных устройствах: измерительный усилитель, оптико-электронный преобразователь, преобразователь температуры.

# -Определение компаратора напряжения, сравнение однополярных сигналов, амплитудные передаточные характеристики.

# -Компаратор для сравнения разнополярных сигналов.

# -Компаратор с гистерезисом.

# -Генератор прямоугольных импульсов на ОУ.

# Назначение, функция преобразования и система параметров ЦАП.

ЦАП – функциональный узел (устройство), формирующий на выходе величину (обычно U), пропорциональную входному двоичному коду;

KЦАП – коэффициент преобразования;

EОП – опорное напряжение;

N – десятичный эквивалент двоичного кода;

EОП определяет диапазон выходных напряжений;

Согласно этой функции зависимости выходного напряжения (UВЫХ) от кода N возможны ЦАП трёх функций:

**Рисунок стр. №23 (тетрадь)**

Реальная функция преобразования имеет вид:

**Рисунок стр. №23 (тетрадь)**

Параметры:

1. Разрядность входного двоичного кода [10, 16, 24 и более];
2. Разрешающая способность – изменение выходного напряжения (U) при изменении входного кода (N) на единицу младшего разряда; – единица младшего разряда (EMP); – шаг квантования;
3. Абсолютная погрешность преобразования в конечную точку шкалы – отклонения от реального выходного напряжения при максимальном входном коде от идеального (расчётного);
4. Нелинейность – максимальное отклонение действительного напряжения на выходе от расчётного;
5. Дифференциальная нелинейность – отклонение действительного шага квантования от его среднего значения ;
6. Напряжение смещения нуля – напряжение на выходе ЦАП при нулевом входном коде;
7. Время установления выходного сигнала – интервал времени с момента изменения входного кожа до момента, когда выходной сигнал войдёт в зону, меньшую EMP относительно установленного значения;

**Рисунок стр. №24 (тетрадь)**

Базовая схема – схема инвертирующего включателя ОУ, реализуемая по типу сумматора с управляющими ключами;

**Рисунок стр. №24 (тетрадь)**

Входные результаты выписаны в виде ряда с двоично-взвешенными сопротивлениями, изменяющимися в соответствии с весом разрядов двоичного числа разрядностью n;

Общее сопротивление на вход ОУ удобнее представить в виде проводимостей результатов;

EX: , где

;

|  |  |
| --- | --- |
| КОД | Y |
| 00 |  |
| 01 |  |
| 10 |  |
| 11 |  |

(n = 2; EMR = 1; UВЫХ = -EОП \* RОС / RВХ = -EОП \* RОС \* YΣ);

Входные резисторы включены ключами K, выполненными в виде МДП – транзисторов, управляющиеся цифровыми сигналами, соответствующими разрядам входных двоичного кода;

Главный недостаток – широкий диапазон сопротивлений входных резисторов;

(Схема применяется при не большой разрядности);

# -ЦАП с двоично-взвешенными сопротивлениями.

# ЦАП с резистивной матрицей R-2R.

**Рисунок стр. №25 (тетрадь)**

Свойства:

1. Матрица содержит резисторы только 2-х номиналов R и 2R, что прощает её изготовление;
2. При протекании тока в каждом узле ток делится пополам, т.к. сопротивление правой части схемы по отношению к узлу всегда равно 2R;

Т.о. в этой схеме вертикальные токи, протекающие через 2R являются двоично-взвешенными;

1. Удобно изготавливать R-2R интегральным способом, в виде микросхемы. Когда при изменяющемся значении R хорошо воспроизводится соотношение R и 2R;

Два варианта включения по напряжению и по току (Чаще по току);

**Рисунок стр. №26 (тетрадь)**

Поскольку на инвертирующем входе ОУ А1 всегда присутствует 0 В, то ток, протекающий через входные резисторы ОУ всегда одинаков независимо от положения ключей Ki (Он протекает на общий провод, когда ключ в нижнем положении или на вход схемы через RОС, когда ключ в горизонтальном положении);

Т.о. в зависимости от состояния ключей, которое определяется входным двоичным кодом, изменяется IОС и выходное напряжение;

Каждый ключ реализован в виде двух МДП-транзисторов (один на землю, др. на вход);

Функция преобразования:

Схема ЦАП с матрицей R-2R используется ≈ в 80-90 % ЦАП;

# Назначение, функция преобразования, система параметров и классификация АЦП.

Предназначены для преобразования аналоговой величины в двоичный код;

Функция преобразования:

N – десятичный эквивалент двоичного кода;

**Рисунок стр. №27 (тетрадь)**

Параметры:

1. Число разрядов двоичного кода отражающих аналоговую величину (N);
2. Разрешающая способность – минимальное изменение сигнала на входе, при котором код на выходе изменяется в EMP;
3. Абсолютная погрешность преобразования в конечную точку шкалы в EMP;
4. Напряжение смещения нуля – напряжение на входе, при котором выходной код равен «0»;
5. Нелинейность – максимальное отклонение действительной характеристики от расчётов ;
6. Дифференциальная нелинейность – отклонение действительного шага квантования от его среднего значения (по шкале напряжения);
7. Максимальная частота преобразования – максимальное число преобразований напряжения в код в секунду;
8. Время одного преобразования;

Классификация:

**Рисунок стр. №28 (тетрадь)**

**+ смотри в телефон и интернет**

# АЦП двойного интегрирования.

**Рисунок и описание стр. №29 (тетрадь)**

**Рисунок стр. №29 (тетрадь)**

Принцип работы:

Используются два временных интервала: интегрирования входного напряжения за фиксированное t и интегрирования ???

Т.о. достигается линейная зависимость длительности интервала t2??? от уровня, входного интегрируемого, напряжения;

Другая часть схемы предназначена для изменения длительности интервала t2???;

Такая схема не чувствительна к изменению чувствительность компаратора и интегратора, позволяет преобразовать напряжение в коды большой разрядности и применяется в измерительной технике (амперметр, вольтметр);

Достоинства схемы:

1. Преобразование не зависит от стабильности R1 и C1, а только от UСМ компаратора, т.к. при интегрировании они вычитаются;
2. Преобразование не зависит от ???

Недостатки схемы:

???

# АЦП параллельного действия.

**Рисунок стр. №30 (тетрадь)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Двоичный код | Двоичный позиционный код |
| 1 | 001 | 0001 |
| 2 | 010 | 0011 |
| 3 | 011 | 0111 |
| 4 | 100 | 1111 |

A1, A2, A3 – компараторы, опорное напряжение на инвертирующих входах которых возрастает через фиксированную величину – шаг квантования;

При подаче напряжения на входную часть компараторов, на которых входное напряжение больше опорного переключается в состояние «1», т.о. на входе декодера формируется двоичный позиционный код, который декодером преобразуется в двоичный код;

Недостаток: Большие аппаратные затраты, где компараторов 2N-1 (N – разрядность двоичного кода);

Преимущество: Высокое быстродействие (выполнение параллельных операций);

# Логический элемент ТТЛ.

# Функции базовых логических элементов.

# Комбинационные схемы на основе базовых логических элементов.

# Законы алгебры логики в комбинационных схемах.

# Одноразрядные полусумматор и сумматор.

# Преобразователь кода и дешифратор.

# Мультиплексор и демультиплексор.

# Триггеры.

# Регистры.

# Счётчики.