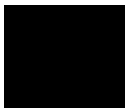


Лекция 1. Операционный усилитель

Автор: Александр
02.03.2009 13:36

Операционный усилитель (ОУ, OpAmp) — усилитель постоянного тока с дифференциальным входом и, как правило, единственным выходом, имеющий высокий коэффициент усиления. ОУ почти всегда используются в схемах с глубокой отрицательной обратной связью, которая, благодаря высокому коэффициенту усиления ОУ, полностью определяет коэффициент передачи полученной схемы. На рисунке показано схематичное изображение ОУ



здесь:

$V+$: неинвертирующий вход

$V-$: инвертирующий вход

V_{out} : выход

V_{S+} : плюс источника питания (также может обозначаться как V_{DD} , V_{CC} , или V_{CC+})

V_{S-} : минус источника питания (также может обозначаться как V_{SS} , V_{EE} , или V_{CC-})

Указанные пять выводов присутствуют в любом ОУ, они абсолютно необходимы для его функционирования. Помимо этого, некоторые ОУ могут иметь дополнительные выходы, предназначенные для:

- установки тока покоя
- частотной коррекции
- балансировки (коррекции смещения)
- и ряда других функций.

Выводы питания (V_{S+} и V_{S-}) могут быть обозначены по-разному (см. выводы питания интегральных схем). Вне зависимости от обозначений смысл остаётся одним и тем же. Часто выводы питания не рисуют на схеме, чтобы не загромождать её несущественными деталями, при этом способ подключения этих выводов явно не указывается или даже считается очевидным (особенно часто это происходит при изображении одного усилителя из микросхемы с четырьмя усилителями с общими выводами питания). При обозначении ОУ на схемах можно менять местами инвертирующий и неинвертирующий входы, если это удобно; выводы питания, как правило, всегда располагают единственным способом (положительный вверху).

Идеальный операционный усилитель

Для того, чтобы рассматривать функционирование ОУ в режиме с обратной связью, необходимо вначале ввести понятие идеального операционного усилителя. Идеальный

Лекция 1. Операционный усилитель

Автор: Александр
02.03.2009 13:36

ОУ является физической абстракцией, то есть не может реально существовать, однако позволяет существенно упростить рассмотрение работы схем на ОУ благодаря использованию простых математических моделей.

Идеальный ОУ описывается формулой (1) и обладает следующими характеристиками:

- Бесконечно большой коэффициент усиления с разомкнутой петлей обратной связи $G_{openloop}$. [2]
- Бесконечно большое входное сопротивление входов V_- и V_+ . Другими словами, ток, протекающий через эти входы, равен нулю.
- Нулевое выходное сопротивление выхода ОУ.
- Бесконечно большая скорость нарастания напряжения на выходе ОУ.
- Полоса пропускания: от постоянного тока до бесконечности.

Идеальный ОУ, охваченный отрицательной обратной связью, поддерживает одинаковое напряжение на своих входах

Дифференциальный усилитель (вычитатель)



Данная схема предназначена для получения разности двух напряжений, при этом каждое из них предварительно умножается на некоторую константу (константы определяются резисторами).

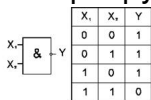
$$V_{out} = V_2 \left(\frac{(R_f + R_1) R_g}{(R_g + R_2) R_1} \right) - V_1 \left(\frac{R_f}{R_1} \right)$$

Входное сопротивление (между входными выводами) равно $Z_{in} = R_1 + R_2$

В случае, когда $R_1 = R_2$ и $R_f = R_g$, имеем:

$$V_{out} = \frac{R_f}{R_1} (V_2 - V_1)$$

Инвертирующий усилитель



Инвертирует и усиливает напряжение (то есть умножает напряжение на отрицательную константу).

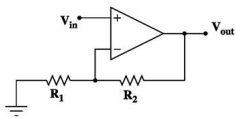
$$V_{out} = -V_{in} (R_f / R_{in})$$

- $Z_{in} = R_{in}$ (Поскольку V_- – является виртуальной землей)
- Третий резистор с сопротивлением, равным (сопротивление параллельно соединенных резисторов R_f и R_{in}), устанавливаемый (при необходимости) между неинвертирующим входом и землей, уменьшает ошибку, возникающую из-за тока смещения.

Лекция 1. Операционный усилитель

Автор: Александр
02.03.2009 13:36

Неинвертирующий усилитель



Усиливает напряжение (умножает напряжение на константу, большую единицы)

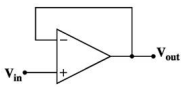
$$V_{out} = V_{in} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$Z_{in} = \infty$$

(на практике — входное сопротивление операционного усилителя: от 1 МОм до 10 ТОм)

- Третий резистор с сопротивлением, равным (сопротивление параллельно соединенных резисторов R_f и R_{in}), устанавливаемый (при необходимости) между точкой подачи входного сигнала V_{in} и неинвертирующим входом, уменьшает ошибку, возникающую из-за тока смещения.

Повторитель напряжения



Используется как буферный усилитель, для исключения влияния низкоомной нагрузки на источник с высоким выходным сопротивлением.

$$V_{out} = V_{in}$$

(на практике — входное сопротивление операционного усилителя: от 1 МОм до 10 ТОм)