

## Лекция 7

### Мультивибратор

#### Цель лекции:

Изучение принципа работы мультивибратора.

#### План лекции:

1. Симметричный мультивибратор на ОУ.
2. Временные диаграммы симметричного мультивибратора.
3. Одновибратор.

Мультивибратором называется электронное устройство, которое предназначено для генерирования периодически повторяющихся прямоугольных импульсов напряжения и может быть использовано в качестве задающего генератора. Мультивибратор относится к релаксационным генераторам, работающим **в режиме автоколебаний**.

Мультивибраторы могут быть построены на дискретных элементах - транзисторах, туннельных диодах и на интегральных микросхемах - операционных усилителях, компараторах. Мультивибраторы делятся на симметричные и несимметричные. В симметричных мультивибраторах длительность импульса  $t_{\text{и}}$  и паузы между ними  $t_{\text{п}}$  совпадают, а в несимметричных  $t_{\text{и}}$  и  $t_{\text{п}}$  различны.

Рассмотрим схему симметричного мультивибратора на операционном усилителе (рис. 1). ОУ выполняет в схеме роль компаратора. Для переключения мультивибратора из одного состояния квазировновесия в другое с выхода ОУ на его неинвертирующий вход подается ПОС с помощью цепи  $R_2 R_3$ . Для нормальной работы устройства необходимо выполнение условия  $K_{\text{д}} \cdot \chi > 1$ , где  $\chi$  коэффициент передачи цепи ПОС.

Автоколебательный режим задается интегрирующей цепью  $C_1 R_1$ , подключенной к инвертирующему входу. Рассмотрим процессы в схеме при возникновении колебаний (рис. 2).

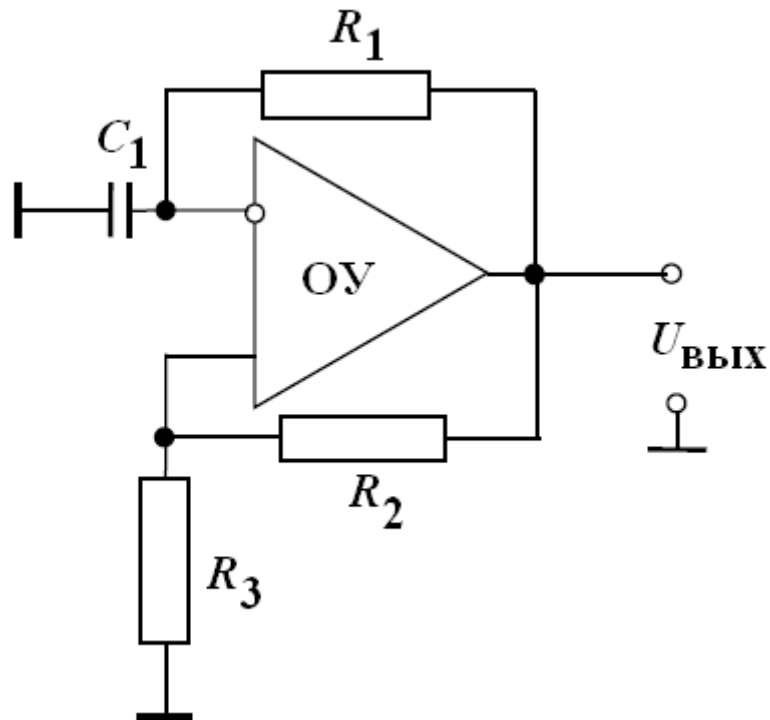


Рис. 1. Схема симметричного мультивибратора на ОУ

Предположим, что конденсатор  $C_1$  был разряжен ( $U_C = 0$ ), а при включении напряжения питания по цепи выхода ОС выходное напряжения стало положительным. В таком случае вследствие действия ПОС инвертирующий вход будет находиться под положительным потенциалом. ПОС не дает возможность иметь выходное напряжение, отличное от максимальных значений. При промежуточных значениях  $U_{\text{вых}}$  за счет ПОС сразу увеличивается до  $U_{\text{вых.max}}^+$  или  $U_{\text{вых.max}}^-$ . За счет напряжения  $U_{\text{вых.max}}^+$  начинает происходить заряд конденсатора током, протекающим через резистор  $R_1$ . При этом на входе  $U_{\text{вх2}}$  напряжение будет равно

$$U_{\text{вх2}} = U_{\text{вых.max}}^+ \cdot \chi, \quad (1)$$

где  $\chi = R_2 / (R_2 + R_3)$ .

Напряжение  $U_C$  увеличивается и при достижении напряжения  $U_{\text{вх}2} = U_C$  произойдет обратный скачок. Тогда за счет ПОС на выходе установится напряжение  $U_{\text{вых.max}}^-$ . На неинвертирующем входе будет напряжение  $U_{\text{вх}2} = U_{\text{вых.max}}^- \cdot \chi$  конденсатор начинает перезаряжаться и напряжение на нем будет стремиться к напряжению  $U_{\text{вых.max}}^+$ .

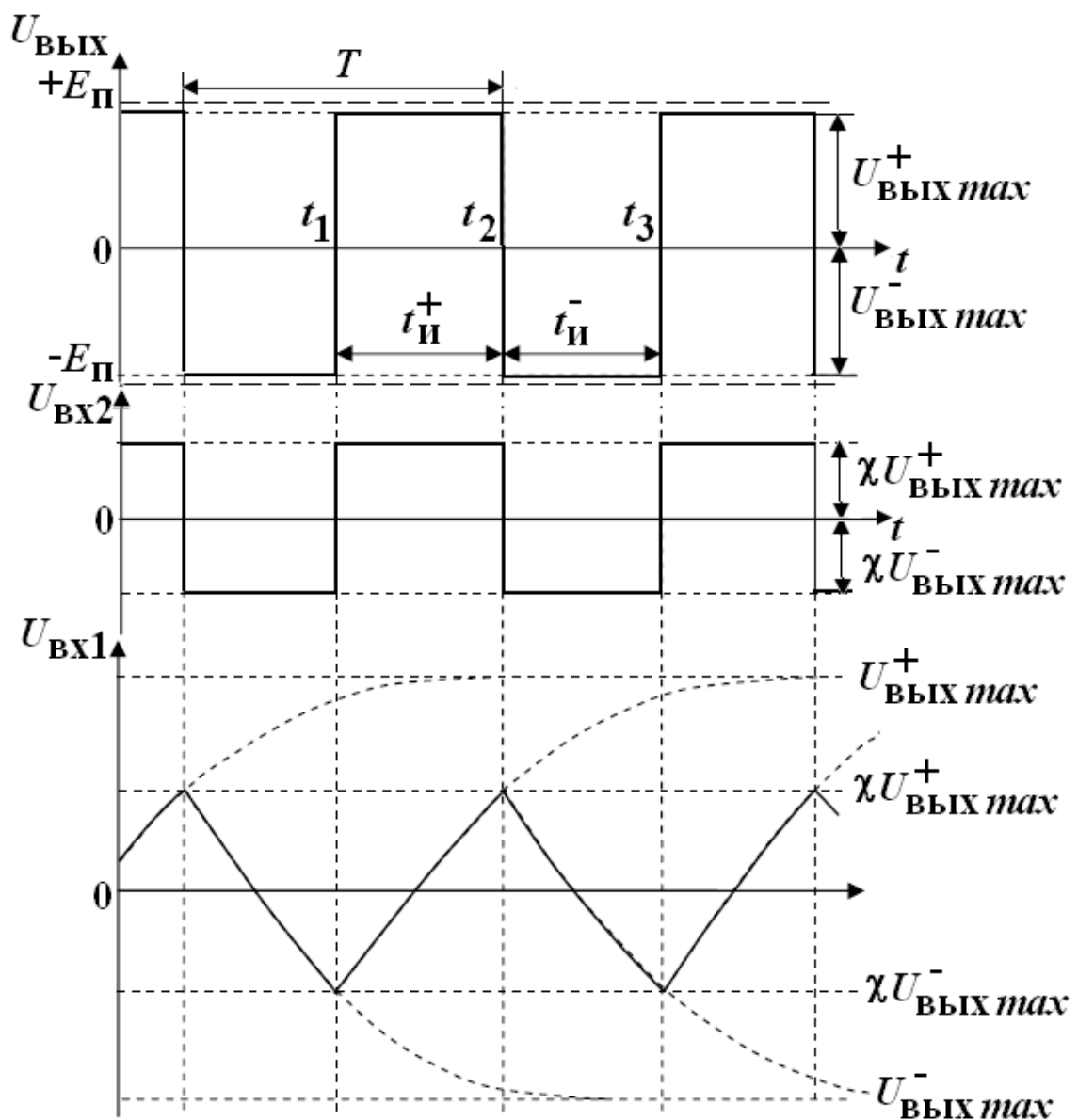


Рис. 2. Временные диаграммы симметричного мультивибратора

При достижении нового значения  $U_{\text{вх}2}$  происходит очередной переброс схемы. Таким образом, в схеме устанавливаются колебания. Рассмотрим временные диаграммы мультивибратора. В момент времени  $t_1$  напряжение  $U_{\text{оп}} = U_{\text{вх}1}$  достигает величины опорного напряжения ОУ срабатывает как компаратор и выходное  $U_{\text{вых}}$  и опорное  $U_{\text{оп}} = U_{\text{вх}2}$  напряжения изменяются на противоположные. С момента времени  $t_1$  устанавливается одно из двух возможных квазистационарных состояний мультивибратора, и начинается перезарядка конденсатора  $C$  от источника питания  $+E_{\text{п}}$ , через резистор обратной связи  $R_1$ . Напряжение  $U_C$  на конденсаторе стремится к напряжению  $U_{\text{вых. max}}^-$ . При  $t = t_2$  напряжение на конденсаторе станет равным  $U_C = -U_{\text{оп}}$ , произойдет очередной переброс схемы, после которого напряжение  $U_C$  начинает стремиться к  $U_{\text{вых. max}}^+$ . Выходное напряжение мультивибратора представляет собой разнополярные прямоугольные импульсы с амплитудой, равной выходным напряжениям насыщения  $U_{\text{вых. max}}^+$  и  $U_{\text{вых. max}}^-$ , и с периодом следования  $T$ . Емкость  $C$ , входящая в цепь отрицательной обратной связи, перезарядается с постоянной времени  $\tau = R_1 C_1$ .

Для данной схемы длительности выходных импульсов  $t_{\text{и}}^+$  и  $t_{\text{и}}^-$  (длительности нахождения мультивибратора в квазистационарных состояниях при  $U_{\text{вых.}} = U_{\text{вых. max}}^+$  и  $U_{\text{вых.}} = U_{\text{вых. max}}^-$ ) одинаковы и равны:

$$t_{\text{и}} = R_1 C_1 \cdot \ln \left( 1 + 2 \frac{R_3}{R_2} \right). \quad (2)$$

Такой мультивибратор называется симметричным. Период следования импульсов  $T$  определяется выражением:

$$T = 2\tau \cdot \ln\left(1 + 2\frac{R_3}{R_2}\right). \quad (3)$$

Таким образом, данный мультивибратор формирует прямоугольные импульсы напряжения.

### Одновибратор

Одновибратор (*ждущий мультивибратор*) предназначен для формирования прямоугольного импульса напряжения требуемой длительности при воздействии на входе короткого запускающего импульса. Следовательно, одновибратор **работает в ждущем режиме**. Устойчивое состояние одновибратора характеризует исходный режим работы (*режим ожидания*). Неустойчивое состояние наступает с приходом входного запускающего импульса. Длительность нахождения в этом состоянии определяется времязадающей цепью схемы. Потом одновибратор возвращается в исходное устойчивое состояние. Выходной импульс формируется в результате следования одного за другим двух тактов переключения схемы.

Схема одновибратора, приведенная на рис. 3, отличается от схемы мультивибратора наличием прямого входа через конденсатор  $C_1$ .

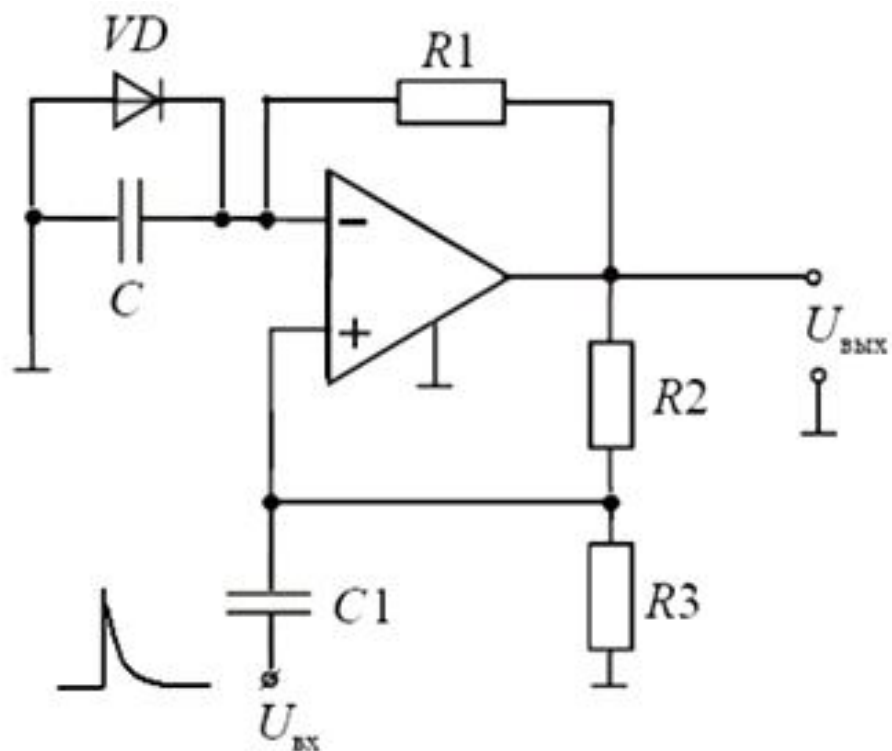


Рис. 3. Схема одновибратора

Для создания ждущего режима работы параллельно конденсатору  $C$  включен диод  $VD_1$ . При показанном на рис. 3 направлении включения диода  $VD_1$  схема запускается входным импульсом напряжения положительной полярности (рис. 4.а).

В исходном состоянии напряжение на выходе одновибратора равно  $U_{\text{ВЫХ.}max}^-$ , что определяет напряжение на неинвертирующем входе ОУ  $U_{(+)} = \chi \cdot U_{\text{ВЫХ.}max}^-$ .

Напряжение на инвертирующем входе ОУ  $U_{(-)}$ , равное падению напряжения на диоде, при протекании тока по цепи с резистором  $R_1$ , близко к нулю. Поступающий входной импульс в момент времени  $t_1$  (рис. 4.21, а) переводит ОУ в состояние  $U_{\text{ВЫХ.}} = U_{\text{ВЫХ.}max}^+$ . На неинвертирующий вход ОУ передается напряжение  $\chi \cdot U_{\text{ВЫХ.}max}^+$ , поддерживающее его изменившееся состояние. Воздействие напряжения положительной полярности на выходе

ОУ вызывает процесс заряда конденсатора  $C$  в цепи с резистором  $R_1$ , в которой конденсатор стремится зарядиться до напряжения  $U_{\text{ВЫХ.max}}^+$ . Однако в процессе заряда емкости напряжение  $U_C$  не достигает  $U_{\text{ВЫХ.max}}^+$ , так как в момент времени  $t_2$  (рис. 4. б-г) при  $U_{(-)} = \chi \cdot U_{\text{ВЫХ.max}}^+$  происходит возврат ОУ в исходное состояние.

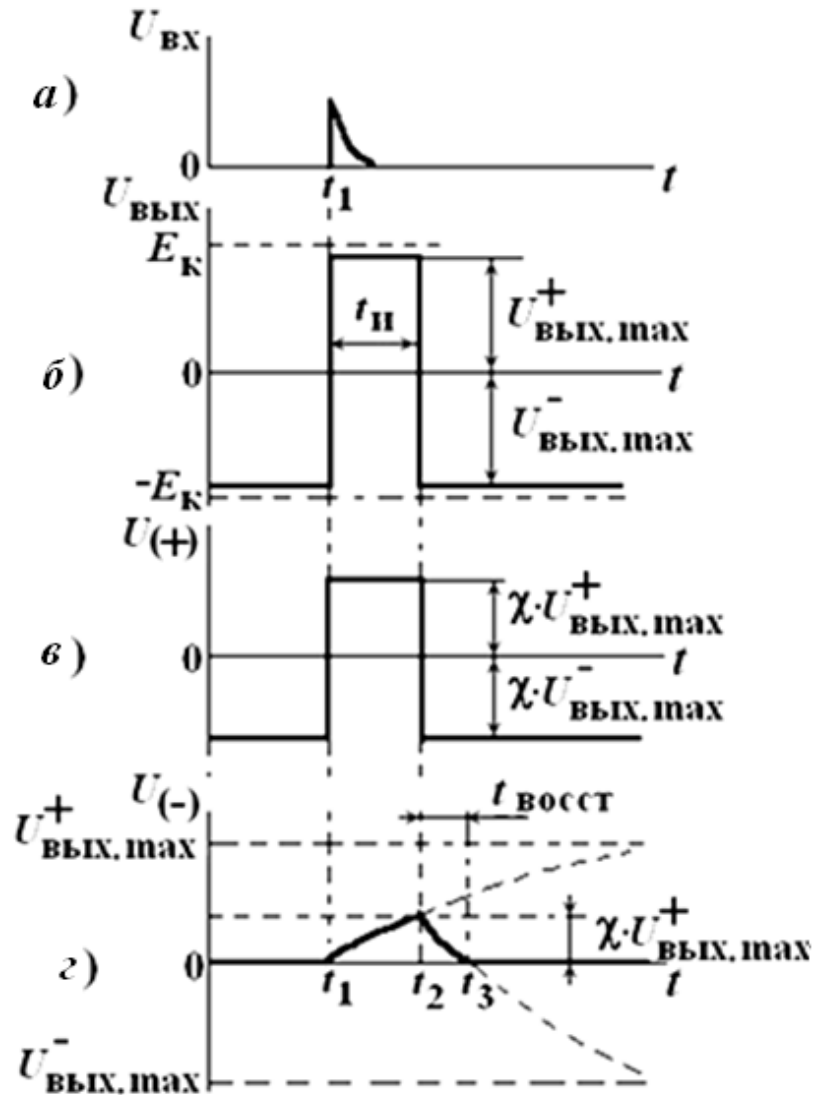


Рис. 4. Временные диаграммы одновибратора

После момента времени  $t_2$  в схеме наступает процесс восстановления исходного напряжения на конденсаторе  $U_C=0$  (рис. 4.21, г), который обуславливается изменившейся полярностью напряжения на выходе ОУ.

Режим восстановления заканчивается тем, что напряжение на конденсаторе достигает напряжения отпирания диода  $VD_1$ , которое можно принять равным нулю. Процесс восстановления исходного состояния схемы должен быть завершен к приходу очередного запускающего импульса.

Длительность импульса одновибратора равна  $t_{\text{и}} = R_1 C \cdot \ln(1 + R_2/R_3)$ , она может регулироваться изменением величины резистора  $R_1$  или соотношения  $R_2/R_3$ . Регулирование  $t_{\text{и}}$  изменением величины  $C$  производится редко вследствие трудности создания на микросхемном уровне переменного конденсатора.