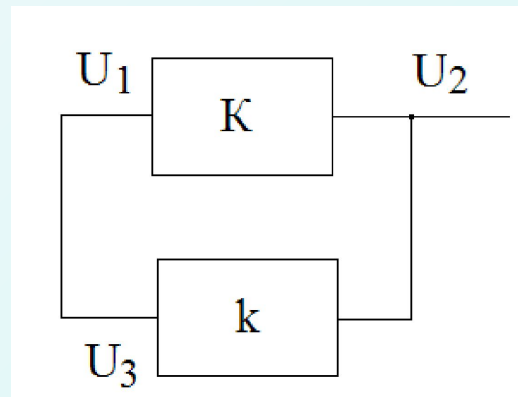


Генераторы на ОУ

- Генератором называют электронное устройство формирующее переменное напряжение требуемой формы.

Различают генераторы гармонических (например, синусоидальных) колебаний, а также генераторы релаксационных колебаний, к которым относятся генераторы прямоугольных, треугольных, пилообразных и т.д. колебаний.

Рассмотрим блок-схему генератора:



$$U_2 = K * U_1;$$

фазовый сдвиг между U_1 и U_2 составляет α .

$$U_3 = k * U_2;$$

фазовый сдвиг между U_2 и U_3 составляет β .

Очевидно, что схема будет генерировать незатухающие колебания, если

$$U_1 = U_3 = const. \quad U_3 = k * K * U_1$$

Генераторы на ОУ

- Таким образом, генерация наступит в том случае, если

$$K * k = 1.$$

Это соотношение называют балансом амплитуд.

Второе условие генерации заключается в обеспечении баланса фаз:

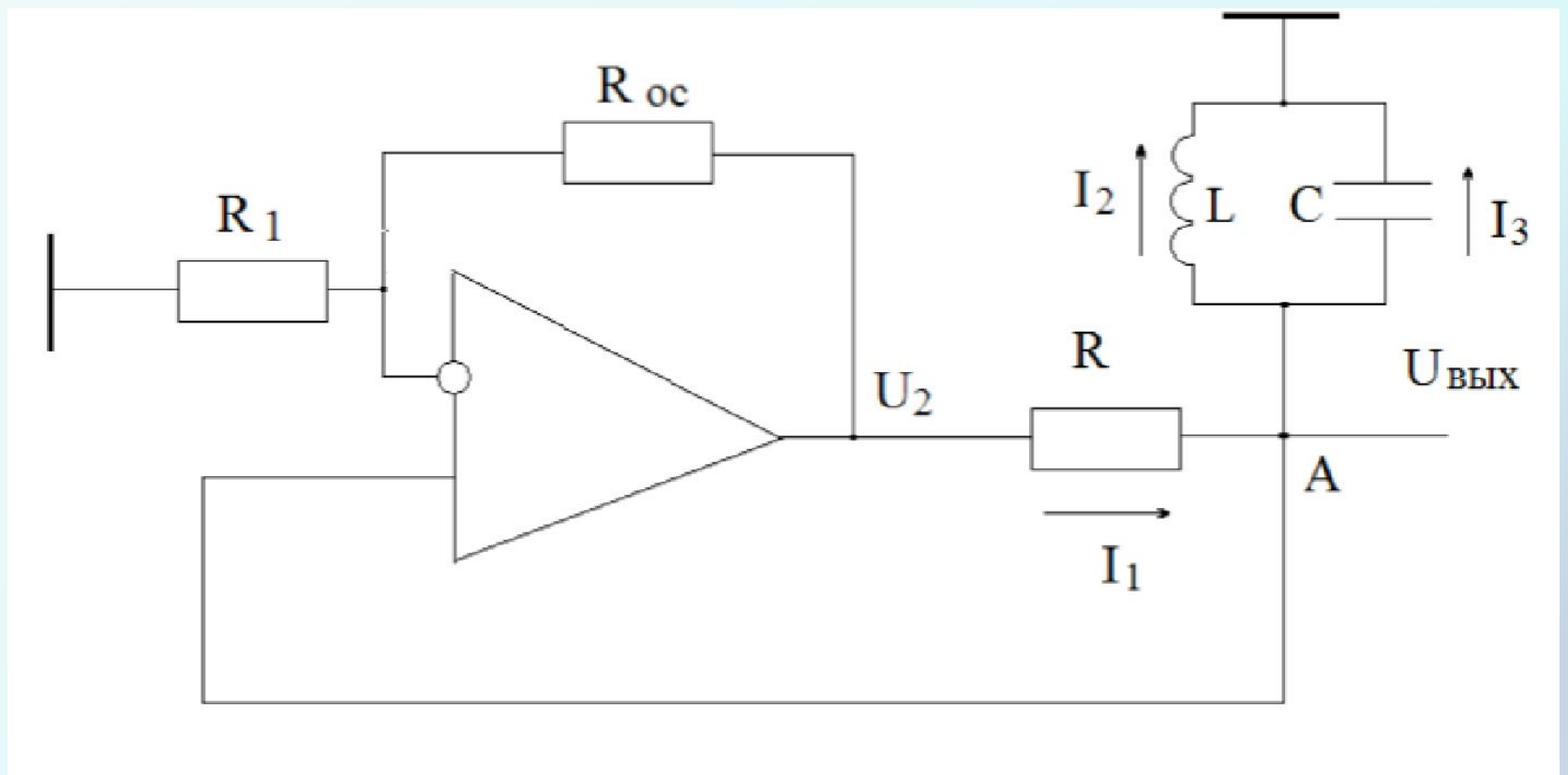
$$\alpha + \beta = 2\pi * n$$

$n=0, 1, 2, \dots, n$ – любое число

В этом случае фаза выходного напряжения и фаза входного напряжения совпадают.

Баланс фаз означает, что сигнал на входе должен находиться в той же фазе, что и на выходе.

Генератор с LC-контуром



- Для узла А в соответствии с законом Кирхгофа запишем соотношение токов:

$$I_1 = I_2 + I_3; \text{ или } I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

$$I_1 = \frac{U_2 - U_{\text{ВЫХ}}}{R}; \quad I_2 = C \frac{dU_{\text{ВЫХ}}}{dt}; \quad U_{\text{ВЫХ}} = L \frac{dI_3}{dt}; \quad I_3 = \frac{1}{L} \int U_{\text{ВЫХ}} dt$$

$$\frac{U_2 - U_{\text{ВЫХ}}}{R} - C \frac{dU_{\text{ВЫХ}}}{dt} - \frac{1}{L} \int U_{\text{ВЫХ}} dt = 0$$

т.к. $U_2 = K * U_{\text{ВЫХ}}$

$$\frac{K * U_{\text{ВЫХ}} - U_{\text{ВЫХ}}}{R} - C \frac{dU_{\text{ВЫХ}}}{dt} - \frac{1}{L} \int U_{\text{ВЫХ}} dt = 0$$

Перепишем последнее уравнение:

$$-\frac{U_{\text{ВЫХ}}(1 - K)}{RC} - \frac{dU_{\text{ВЫХ}}}{dt} - \frac{1}{LC} \int U_{\text{ВЫХ}} dt = 0$$

Умножаем все члены уравнения на (-1) и дифференцируем:

- $$\ddot{U}_{\text{ВЫХ}} + \frac{(1-K)}{RC} \dot{U}_{\text{ВЫХ}} + \frac{1}{LC} U_{\text{ВЫХ}} = 0$$

Обозначим:

$$\gamma = \frac{(1-K)}{2RC}; \quad \omega^2_0 = \frac{1}{LC}$$

С учетом принятых обозначений уравнение имеет вид:

$$\ddot{U}_{\text{ВЫХ}} + 2\gamma \dot{U}_{\text{ВЫХ}} + \omega^2_0 U_{\text{ВЫХ}} = 0$$

Это уравнение имеет следующее решение:

$$U_{\text{ВЫХ}}(t) = U_0 * e^{-\gamma t} * \sin(\sqrt{\omega^2_0 - \gamma^2} t)$$

Возможны три варианта:

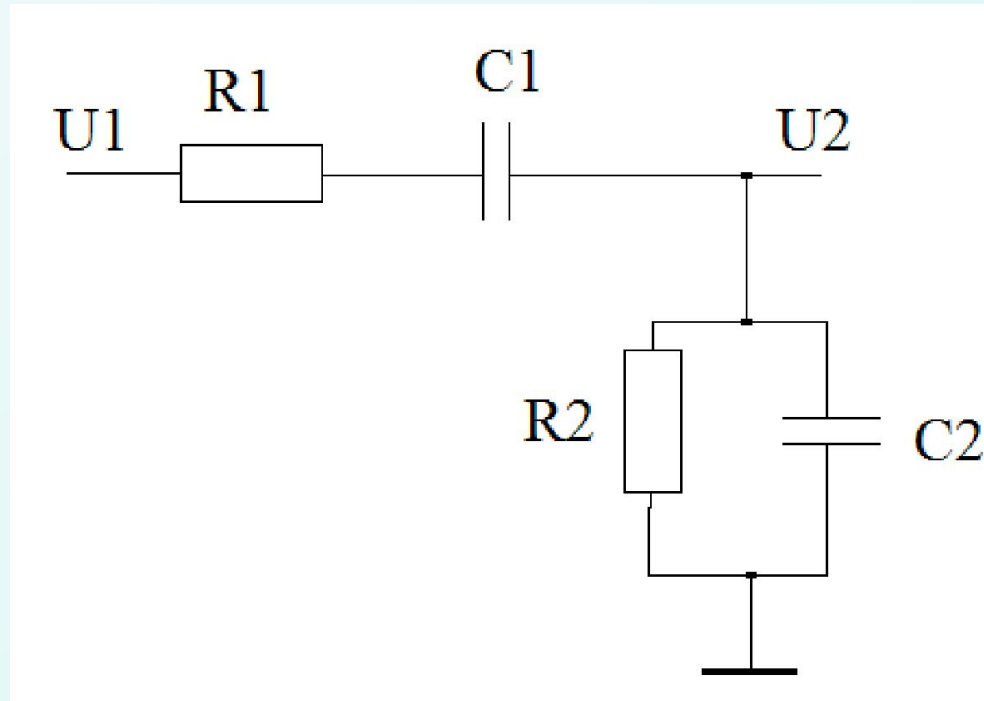
$\gamma = 0$, $U_{\text{ВЫХ}}(t) = U_0 * \sin \omega_0 t$ где $\omega_0 = \frac{2}{\sqrt{LC}}$ устойчивые автоколебания

$\gamma > 0$, $U_{\text{ВЫХ}}(t)$ – на выходе расходящийся процесс, система не устойчива

$\gamma < 0$, $U_{\text{ВЫХ}}(t)$ – выходная координата затухает по экспоненциальному закону

Генератор гармонических колебаний с мостом Вина

В основе генератора используется мост Вина



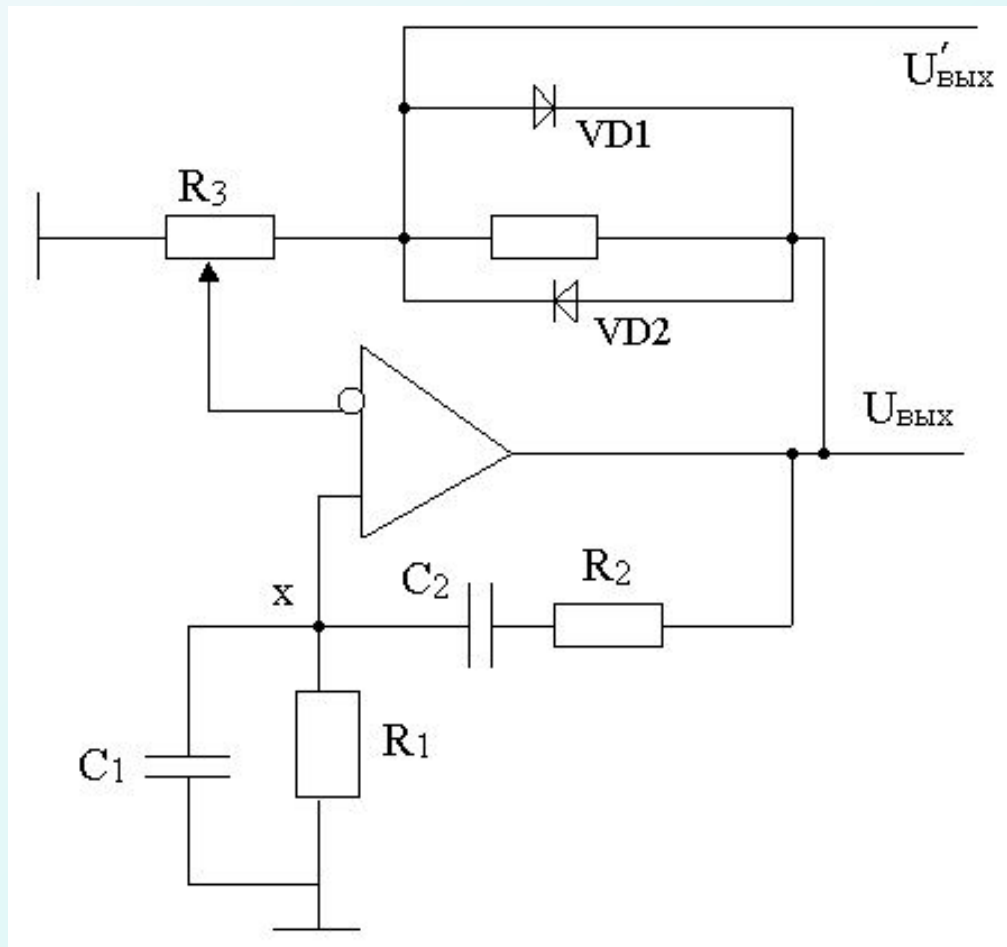
Этот мост имеет коэффициент передачи на частоте:

$$f = \frac{1}{2\pi RC} \quad \text{где} \quad C = C_1 = C_2; \quad R = R_1 = R_2;$$

равный $\frac{1}{3}$, а фазовый сдвиг, равный π .

Генератор гармонических колебаний с мостом Вина

Схема генератора



Коэффициент передачи ОУ по инвертирующему входу должен составлять 3.

$$K = 1 + \frac{R_{oc}}{R_3}$$

Задаем C и рассчитываем R согласно формуле:

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

Для обеспечения баланса амплитуд отношение

$$\frac{R_{oc}}{R_3} \rightarrow 2$$

Диоды VD1 и VD2 служат для ограничения амплитуды выходного сигнала $U_{вых}$.

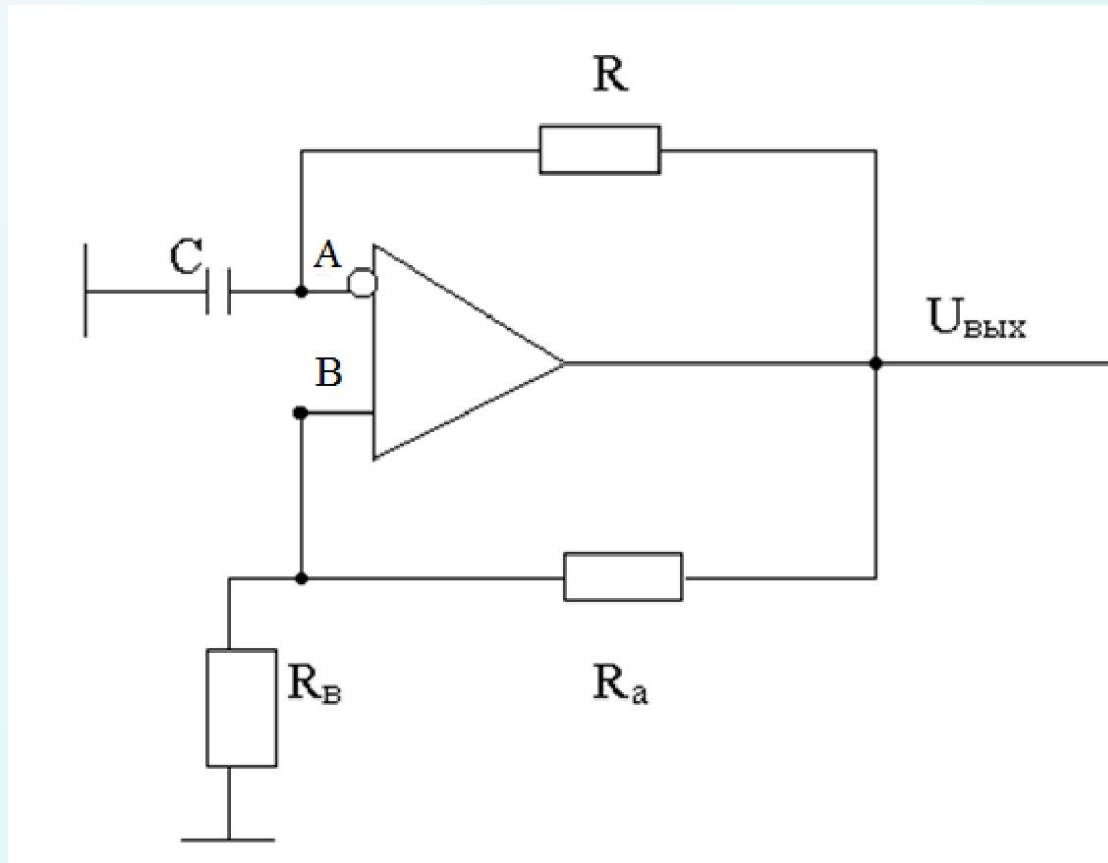
Если $U_{вых} > 0,6$ В один из диодов открывается и шунтирует R_{oc} , при этом амплитуда $U_{вых}$ падает. $U_{вых}$ не может превышать 0,6 В.

Для уменьшения линейных искажений конденсаторы необходимо подобрать с точностью до 1%, и резисторы до 0,01%

Генераторы релаксационных колебаний

Генератор прямоугольных колебаний

Схема генератора:



Выходное напряжение генератора колеблется между значениями $+U_{\text{вых,max}}$ и $-U_{\text{вых,max}}$ ОУ, создавая колебания прямоугольной формы. Период T колебаний генератора определяется произведением RC и соотношением R_A/R_B .

- При включении E_p обязательно присутствует U_{cm} . Это напряжение поступает на делитель напряжения R_1 - R_2 . При этом потенциал точки В

$$U_B = \frac{U_{cm} * R_2}{R_1 + R_2}$$

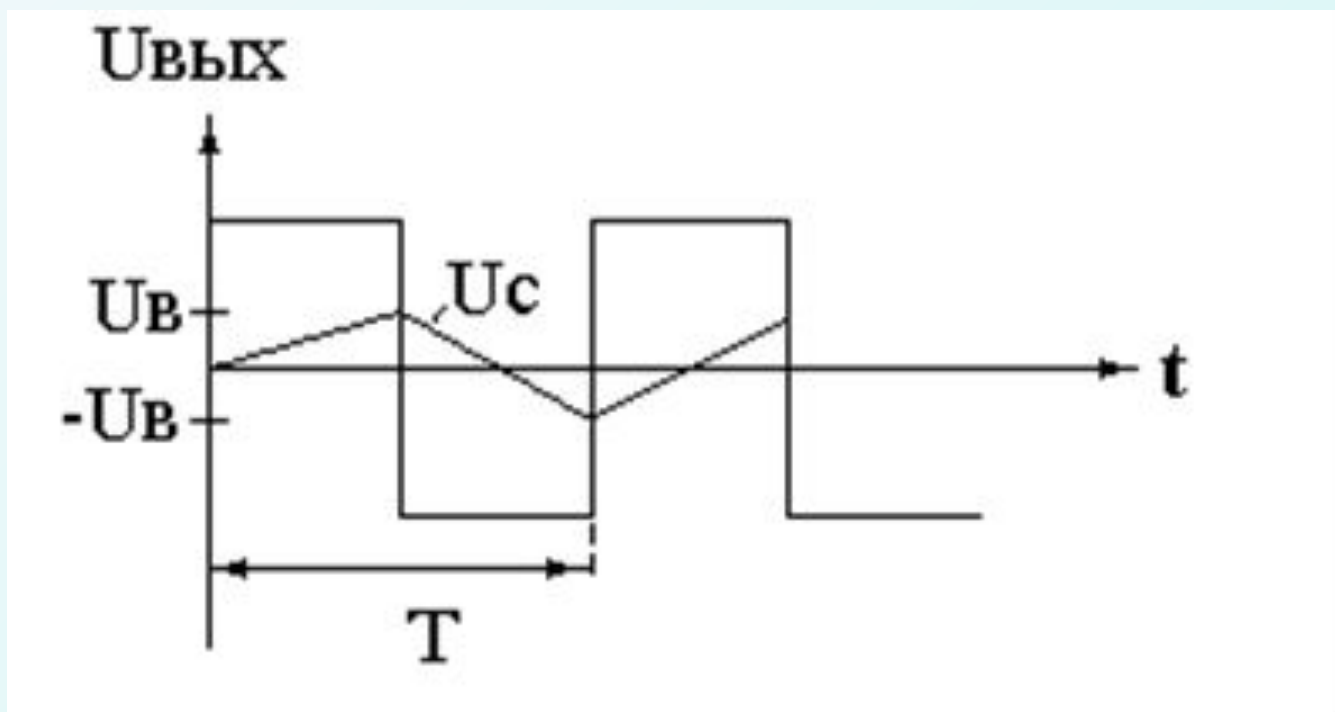
Потенциал точки А равен нулю. Следовательно U_B оказывается полностью приложенным между входами ОУ и усиливается в K_{ou} раз, что приводит к переходу ОУ в состояние насыщения. $U_{вых} = +U_{нас}$.

В момент насыщения ОУ начинает заряжаться конденсатор С через сопротивление R. Как только U_C станет немного больше U_B , $U_{вых}$ станет стремиться к $-U_{нас}$. При этом часть этого напряжения поступает на неинвертирующий вход ОУ.

Конденсатор С начинает перезаряжаться от $+U_B$ до $-U_B$ и как только значение U_C станет меньше U_B , напряжение на выходе ОУ вновь станет равным $+U_{нас}$.

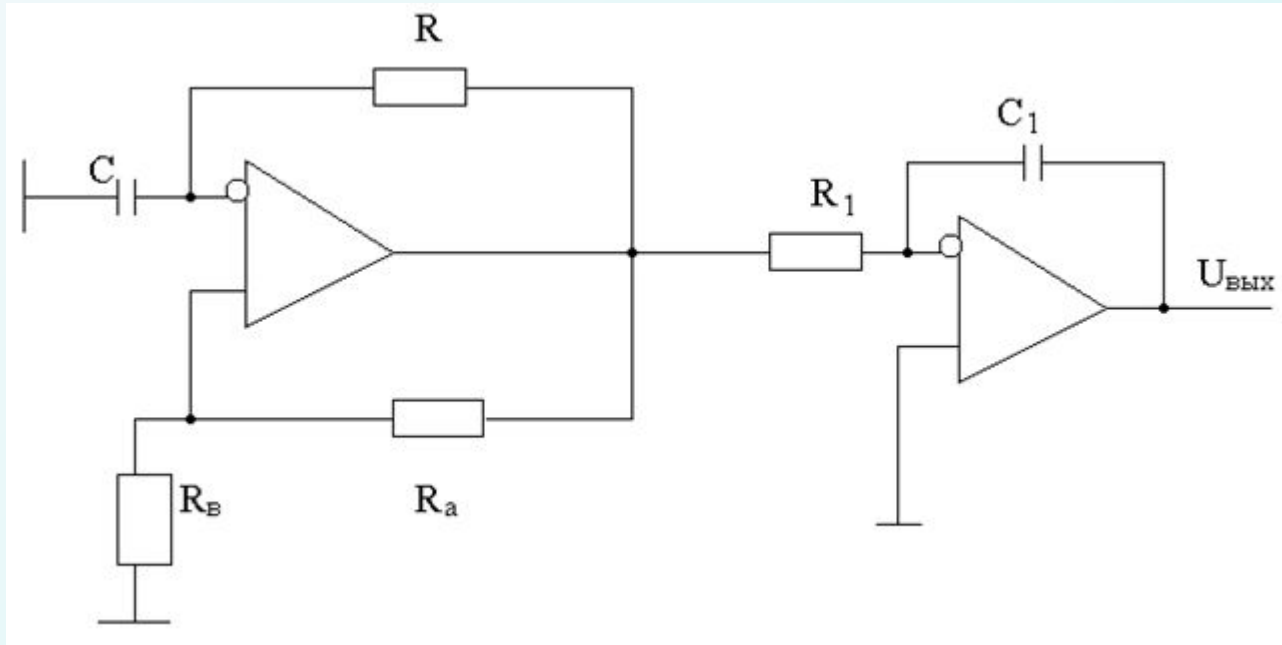
Период Т колебаний генератора определяется произведением $R_{oc}C$ и соотношением R_1/R_2

Процедура генерации прямоугольных импульсов поясняется временными диаграммами напряжений на выходе ОУ и конденсаторе УС



Генератор треугольных колебаний

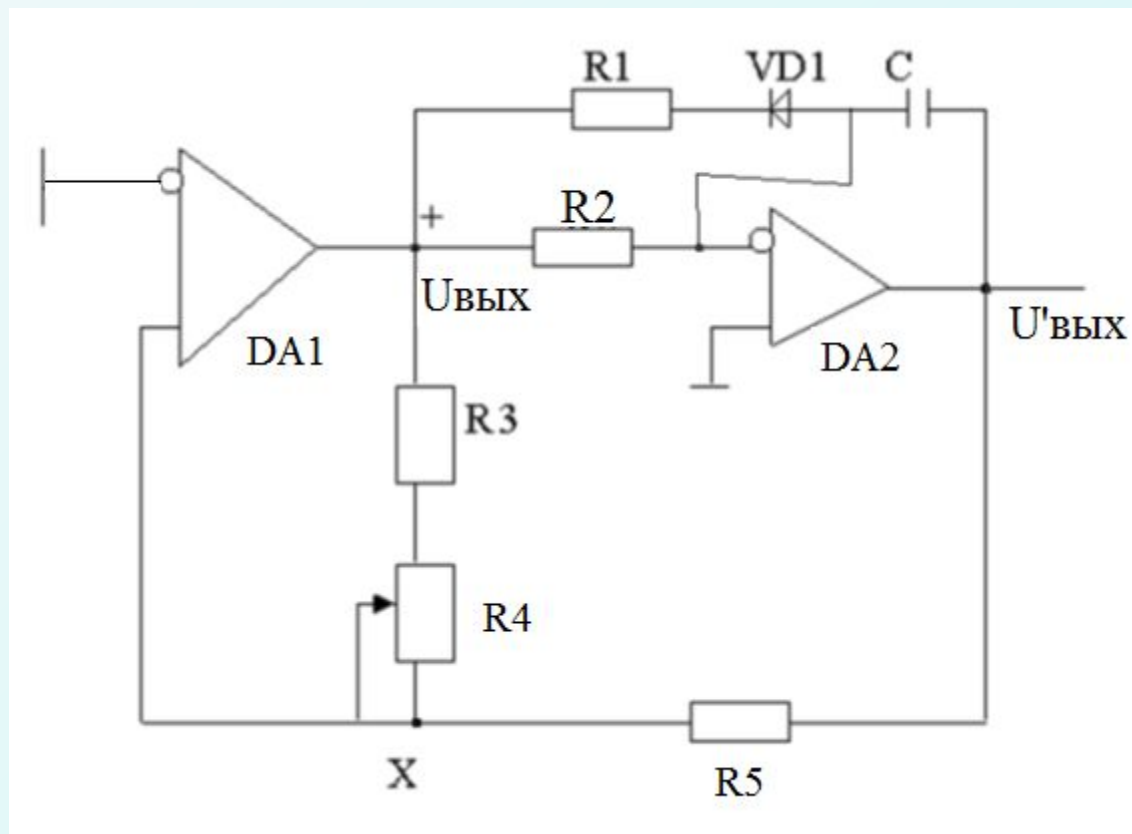
Схема генератора:



От предыдущей схемы она отличается наличием интегратора. Частота генерируемых колебаний определяется сопротивлением R и соотношением R_a/R_b . В генераторе треугольных колебаний, как и в генераторе колебаний прямоугольных форм, предельная частота выходного сигнала ограничена скоростью нарастания ОУ. Амплитуду треугольных колебаний можно регулировать в некоторых пределах, изменяя сопротивление R_1 .

Генератор пилообразных колебаний

Пилообразные колебания отличаются от треугольных временем нарастания и спада. Генератор пилообразных колебаний состоит из двух каскадов: детектора нуля и интегратора.



При включении напряжения питания конденсатор полностью разряжен, однако на выходе есть $U_{\text{см}}$. Часть этого напряжения по цепи обратной связи через R5 поступает на вход детектора нуля.

- Допустим $U_{см} > 0$, тогда $U_{вых} = +U_{нас}$.

Положительное напряжение $U_{вых}$ закрывает диод VD1 и конденсатор C начинает заряжаться током, проходящим через R2. $U'_{вых}$ растет при этом в отрицательном направлении: $U'_{вых} \rightarrow -U_{нас}$.

R3, R4, R5 представляет собой делитель напряжения, на который подается разность потенциалов $U_{вых}$ и $U'_{вых}$.

Номиналы подобраны таким образом, чтобы при определенном значении $U'_{вых}$ потенциал точки X стал немного меньше 0.

Как только $U_x < 0$, детектор нуля меняет свое состояние: $U_{вых}$ станет равным $-U_{нас}$.

Отрицательное напряжение $U_{вых}$ вскроет диод VD1 и конденсатор начнет перезаряжаться в положительном направлении через R1 и VD1, но поскольку $R1 \ll R2$ и постоянная времени $R1 \cdot C$ существенно меньше, потенциал точки X скорее достигнет порога срабатывания детектора нуля (конденсатор C перезаряжается очень быстро).

Как только U_x перейдет через ноль, детектор нуля изменит свое состояние: $U'_{вых} = +U_{нас}$.

Параметры пилы:

$$T1 = R2 \cdot C$$

$$T2 = R1 \cdot C$$

Осциллограммы выходных напряжений:

