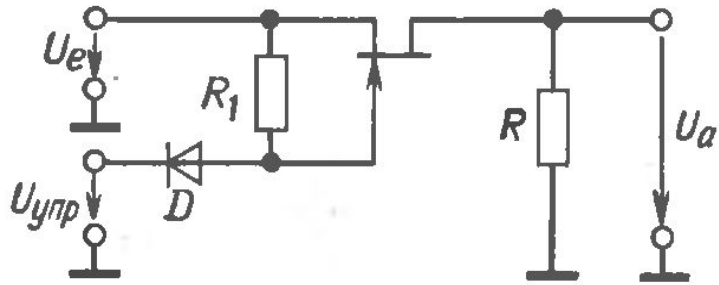


## Упрощенная схема управления коммутатором.

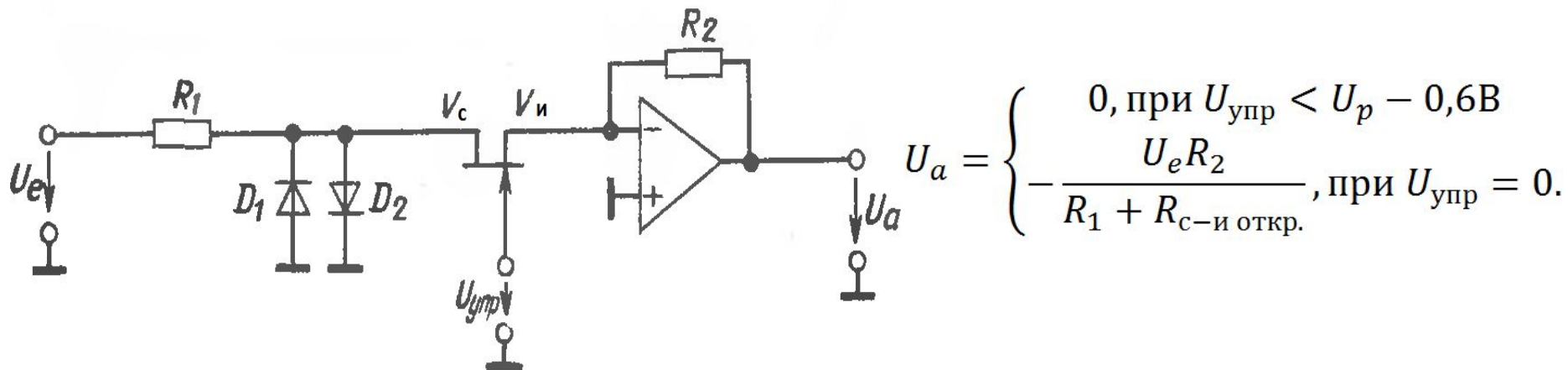


Если  $U_{упр} > U_{емax}$  – диод закроется.  $U_{з-и}$  будет равно 0, транзистор откроется,  $U_e = U_a$ . При достаточно больших отрицательных управляющих напряжениях диод будет открыт, а полевой транзистор закрыт. Напряжение на выходе коммутатора равно нулю.

Частота переключения этого коммутатора невелика. Обычно эти коммутаторы выпускают в интегральном исполнении, когда в одном корпусе объединяются несколько коммутаторов, управляемых общим напряжением. Часто эти коммутаторы выполняются с одним входом или одним выходом. Путем двоичного кода выбирается, какой из коммутаторов подсоединить. Тогда эти коммутаторы называются аналоговыми мультиплексорами. Часто в этих схемах добавляется ОУ.

# Аналоговые коммутаторы на базе операционных усилителей.

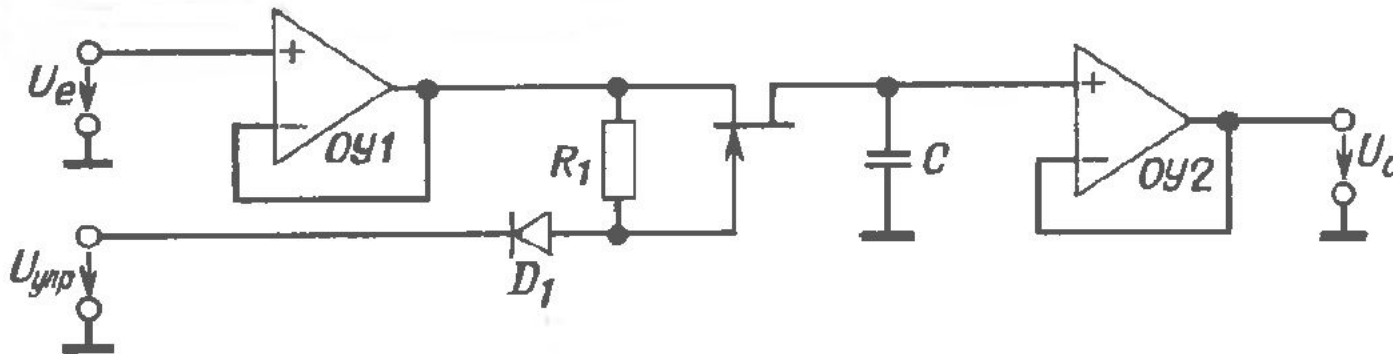
## Коммутатор с улучшенными характеристиками.



Полевой транзистор выполняет роль коммутатора. При  $U_{упр} = 0$  он открыт, независимо от величины входного напряжения. Если его закрыть, потенциал стока возрастает, и, в зависимости от того, какой он имеет знак, открывается первый или второй диод. К суммирующей точке операционного усилителя можно подключить еще несколько идентичных коммутаторов. При этом получится аналоговый мультиплексор. При соответствующем выборе  $R_1$  можно коммутировать входные сигналы любой амплитуды.

## Аналоговые коммутаторы с памятью (схемы выборки-хранения).

Выходное напряжение аналогового коммутатора с памятью в состоянии «Включено» равно входному, а в состоянии «Выключено» должно быть равно тому, каким оно было в момент выключения. Для запоминания используют конденсатор.



$$U_a = \begin{cases} U_e, & \text{при } U_{упр} > U_{emax} \\ const, & \text{при } U_{упр} < U_{emin} + U_p \end{cases}$$

При закрывании транзистора напряжение на конденсаторе остается неизменным, если будет отсутствовать ток разряда. Поэтому ОУ2 выбирается с полевыми транзисторами на входе. Качество коммутатора характеризуется:

1. величина  $\frac{dU_a}{dt} = \frac{I_L}{C}$  где  $I_L$  — ток разряда конденсатора.

2. Временем установки значения  $t_e$  – определяет, насколько долго при самых неблагоприятных условиях длится процесс заряда конденсатора до величины входного напряжения с заданным уровнем допуска.

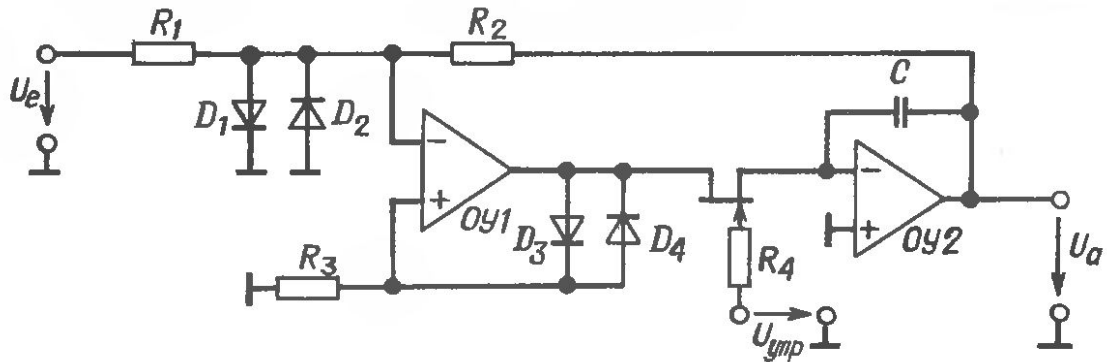
$$t_e = r_{c-и\ откp.} \cdot C \cdot \begin{cases} 4,6 - \text{ для точности } 1\% \\ 6,9 - \text{ для точности } 0,1\% \end{cases}$$

$$\Delta U_a = \frac{C_{з-с}}{C} \Delta U_{упр}$$

3. Время запаздывания определяется как время задержки между моментом снятия управляющего напряжения и фактическим запирающим коммутатора. ( $t_a$ ). Оно тем меньше, чем круче фронт  $U_{упр}$ .

$$t_e \approx 20 \text{ мкс}; \quad \frac{dU_a}{dt} \approx 3 \text{ мВ/с} \quad \Delta U_a \approx 1 \text{ мВ}$$

## Аналоговый коммутатор с памятью, выполненный на базе интегратора.

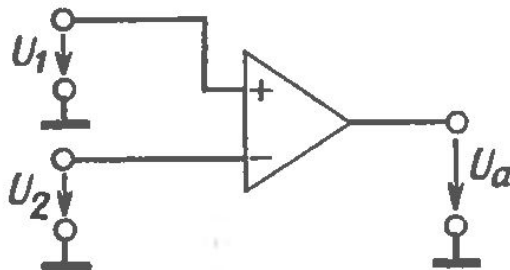


$$U_a = -\frac{R_2}{R_1} U_e \quad \text{— при } U_{упр} = 0$$

$U_a = const$  — при выключенном коммутаторе

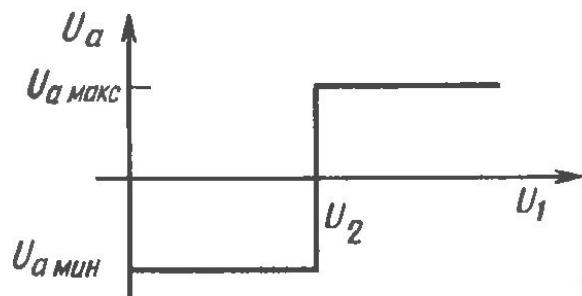
## Компараторы

- разновидность коммутаторов. Осуществляют переключение уровня выходного напряжения, когда непрерывно изменяющийся входной сигнал становится выше или ниже определенного уровня.



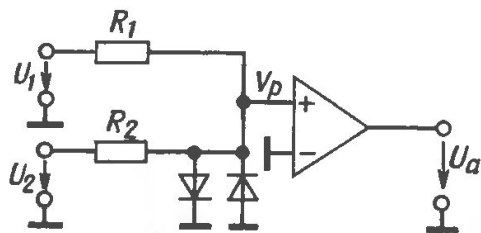
$$U_a = \begin{cases} U_{amax}, & \text{для } U_1 > U_2 \\ U_{amin}, & \text{для } U_1 < U_2 \end{cases}$$

Благодаря высокому коэффициенту усиления схема переключается при очень малых величинах разности и пригодна для сравнения с очень высокой точностью.



Скорость нарастания  $1\text{В/мкс}$ . Существенно меньшей задержки можно добиться используя специальные микросхемы компараторов К544СА1, К544СА2, К544СА3.

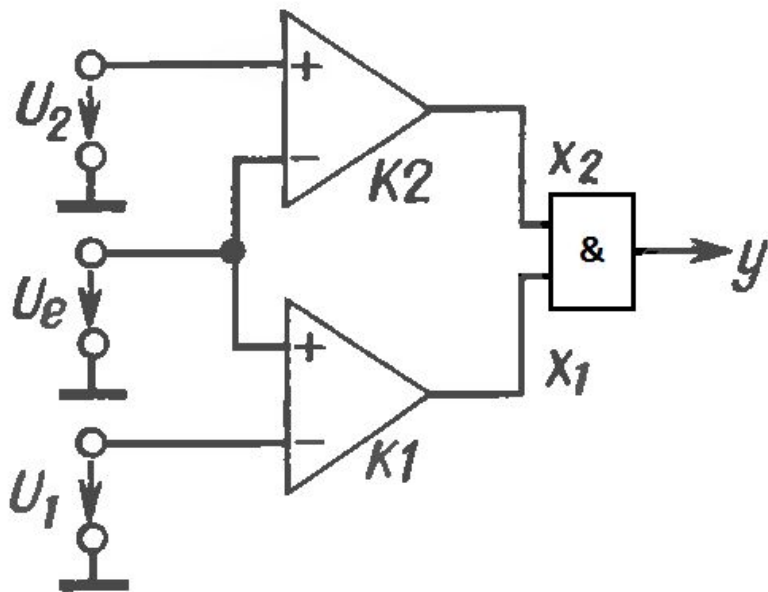
Если требуется сравнить большие напряжения, то используется схема:



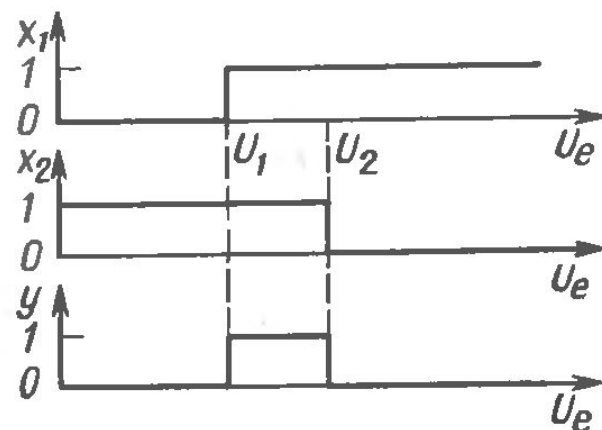
Компаратор срабатывает при переходе  $V_p$  через 0. Сравнимые напряжения должны быть разного знака. Благодаря диодам, напряжение на входе компаратора не может превысить  $\pm 0,6\text{ В}$ .

**Двухпороговый компаратор.**

Фиксирует, находится ли входное напряжение между двумя заданными напряжениями или вне этого диапазона.



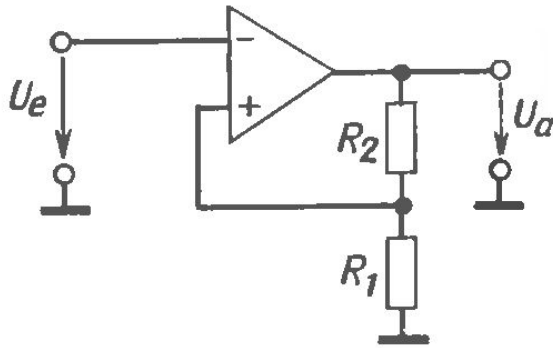
На выходе логического элемента единица будет только тогда, когда  $U_1 < U_e < U_2$ .



### Триггер Шмитта.

Это компаратор, уровни включения и выключения которого не совпадают. Они различаются на величину, называемую гистерезисом переключения.

## Инвертирующий триггер Шмитта.

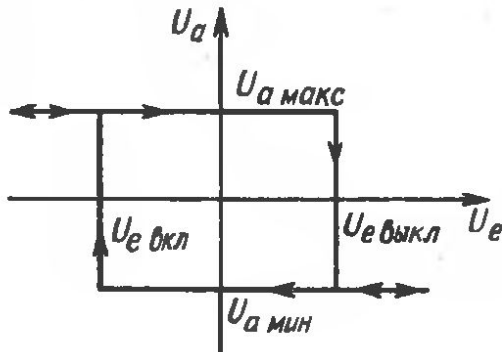


$$U_{e\text{вкл}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{a\text{мин}}$$

$$U_{e\text{выкл}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{a\text{макс}}$$

$$\Delta U_e = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (U_{a\text{макс}} - U_{a\text{мин}}) - \text{гистерезис.}$$

При  $U_e \ll 0$ :



$$V_{p\text{max}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{a\text{макс}}$$

$$V_{p\text{min}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{a\text{мин}}$$

Если к инвертирующему входу приложено большое отрицательное напряжение, то  $U_a = U_{a\text{макс}}$ . На неинвертирующем входе будет потенциал  $V_{p\text{max}}$ . При повышении входного напряжения величина выходного сигнала сначала не меняется, но как только  $U_e$  достигнет значения  $V_{p\text{max}}$ , выходное напряжение начинает падать, а вместе с ним падает скачком  $V_p$ . Они принимают значения:  $U_a \rightarrow U_{a\text{мин}}$ ,  $V_p \rightarrow V_{p\text{мин}}$ . Достигнутое состояние стабильно, и выходное напряжение изменится до значения  $U_{a\text{макс}}$  только тогда, когда входное напряжение достигнет значения  $V_{p\text{мин}}$ .



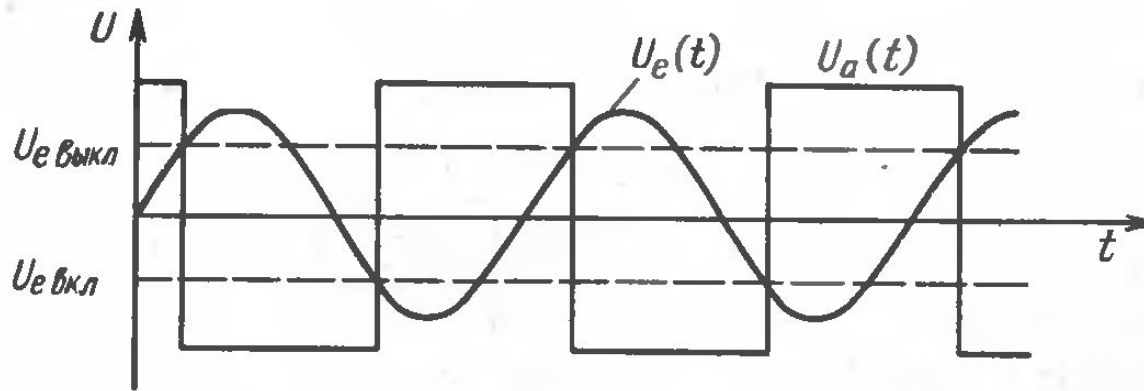
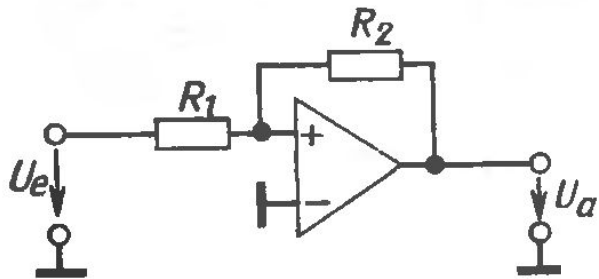


Диаграмма работы инвертирующего триггера Шмитта.

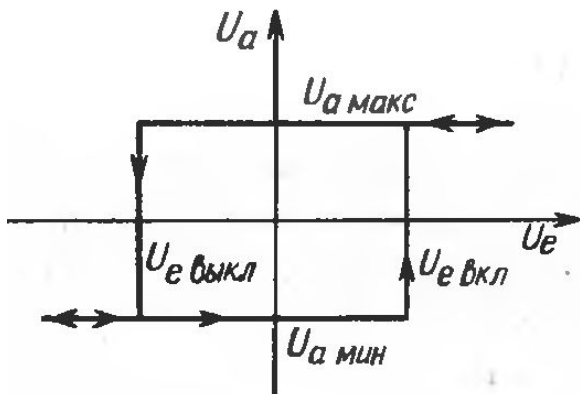
**Неинвертирующий триггер Шмитта.**



$$U_{e\text{вкл}} = -\frac{R_1}{R_2} U_{a\text{min}}$$

$$U_{e\text{выкл}} = -\frac{R_1}{R_2} U_{a\text{max}}$$

$$\Delta U_e = \frac{R_1}{R_2} (U_{a\text{max}} - U_{a\text{min}}) - \text{гистерезис переключения}$$



Передаточная характеристика

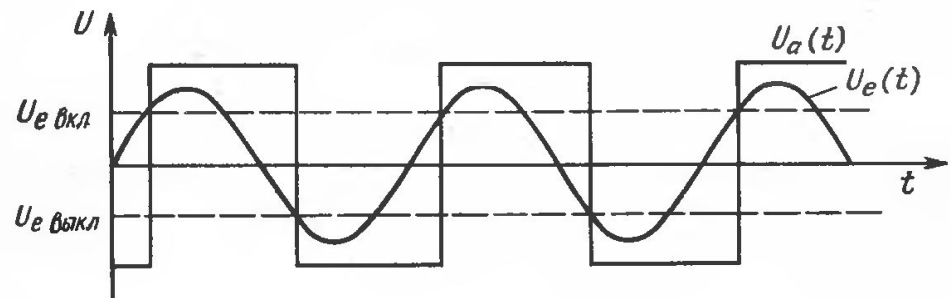
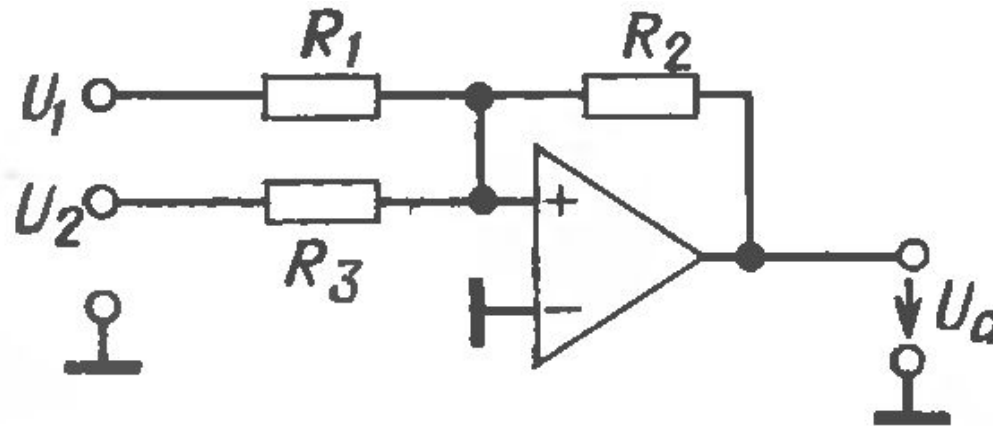


Диаграмма работы неинвертирующего триггера Шмитта.

## Суммирующий триггер Шмитта.



Нижний порог срабатывания:

$$U_{1\text{вкл}} = -\frac{R_1}{R_2} U_{a\text{min}} - \frac{R_1}{R_3} U_2$$

Верхний порог срабатывания:

$$U_{1\text{выкл}} = -\frac{R_1}{R_2} U_{a\text{max}} - \frac{R_1}{R_3} U_2$$

Изменяя  $U_2$  можно сдвигать уровни срабатывания схемы для входного напряжения  $U_1$ . Гистерезис переключения при этом не меняется.