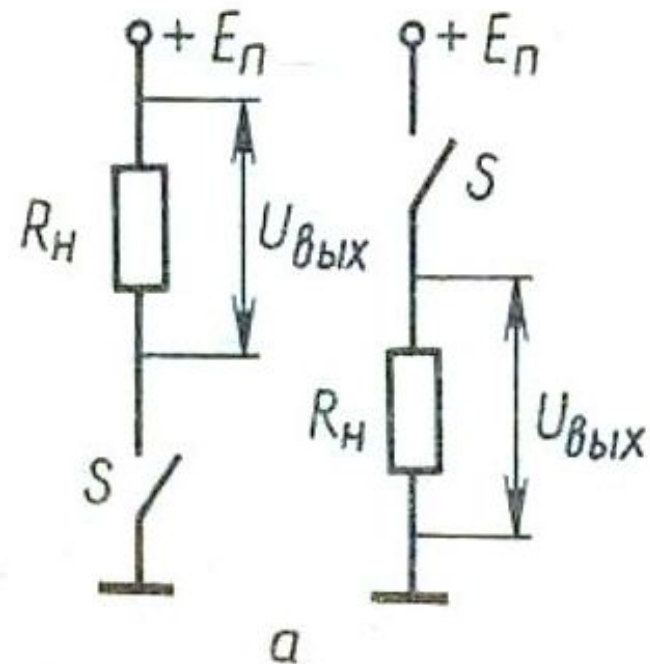


Транзисторные ключи

- ***Ключевой элемент (ключ),*** предназначен для переключения цепей нагрузки под воздействием управляющего сигнала.
- Примером ключа может служить обычный выключатель (тумблер, кнопка).

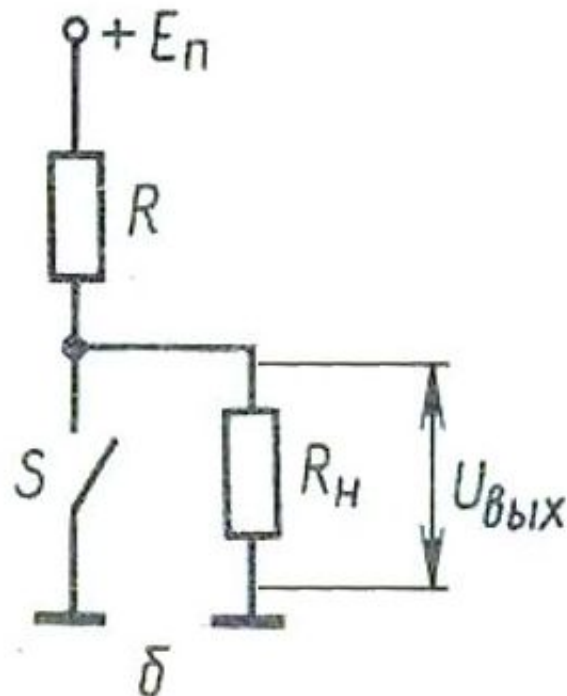
Последовательный ключ

- Коммутирующий элемент S включен последовательно с сопротивлением нагрузки R_H . В замкнутом состоянии (ключ включен) напряжение на R_H равняется напряжению питания.
- В разомкнутом состоянии один конец сопротивления нагрузки никуда не подключается и провод идущий от R_H к S , легко воспринимает всевозможные помехи («наводки»).



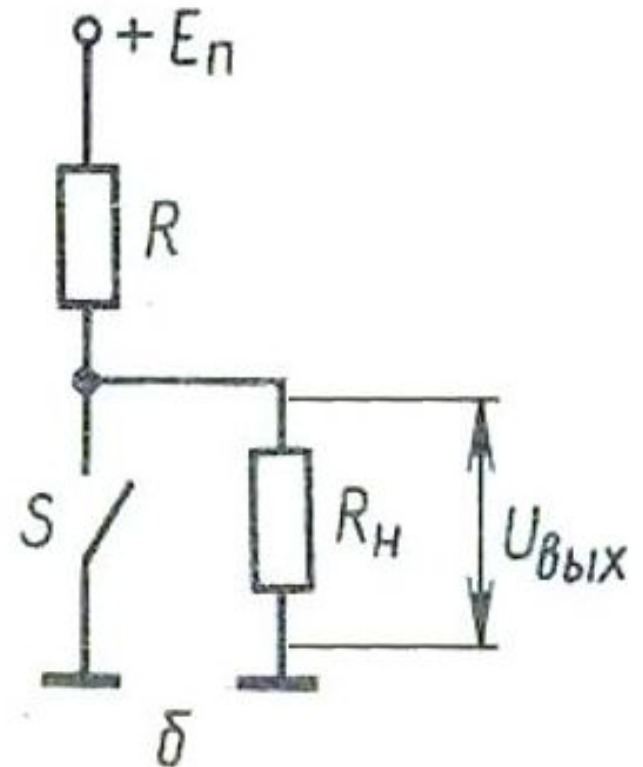
Параллельный ключ

- R_H подключается параллельно контактам коммутирующего элемента S . Когда S замкнут (ключ включен), $U_{\text{вых}} = 0$, так как по цепи течет максимальный ток и все коммутируемое напряжение E_{Π} падает на вспомогательном сопротивлении R .

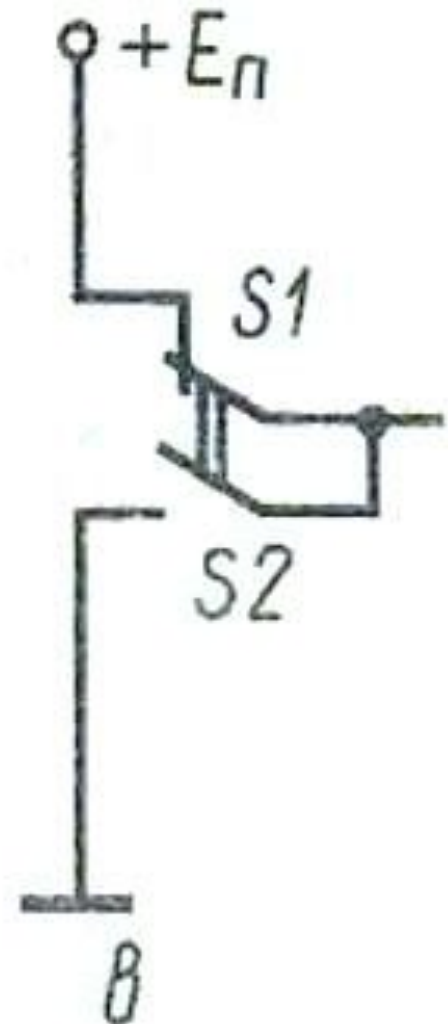


- Когда же ключ выключен, выходное напряжение равно:

$$U_{\text{вых}} = E_{\text{п}} R_{\text{н}} / (R + R_{\text{п}})$$
 — и приближается к $E_{\text{п}}$ при $R_{\text{н}} \gg R$.
- Падение части коммутируемого напряжения на вспомогательном сопротивлении является недостатком параллельного ключа.

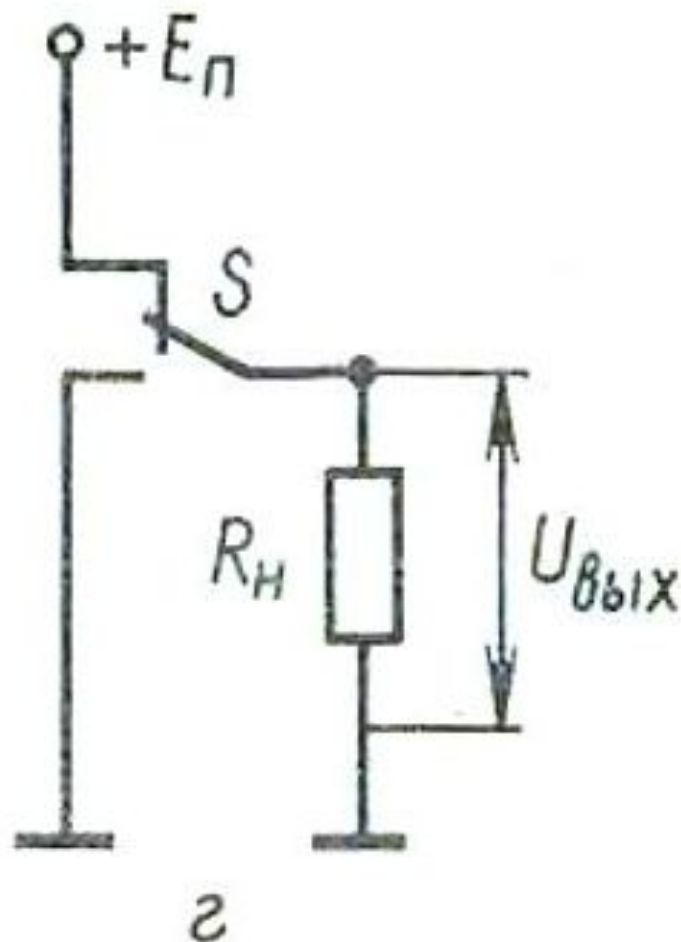


- Два ключа, управляемые таким образом, что когда один из них замкнут, то второй разомкнут, и наоборот, позволяют создать переключатель, свободный от недостатков как последовательного, так и параллельного ключей.



Тумблер

- На практике такое устройство реализуется при помощи одного коммутирующего элемента, называемого тумблером (от англ. *tumble* — опрокидывать, переворачивать).

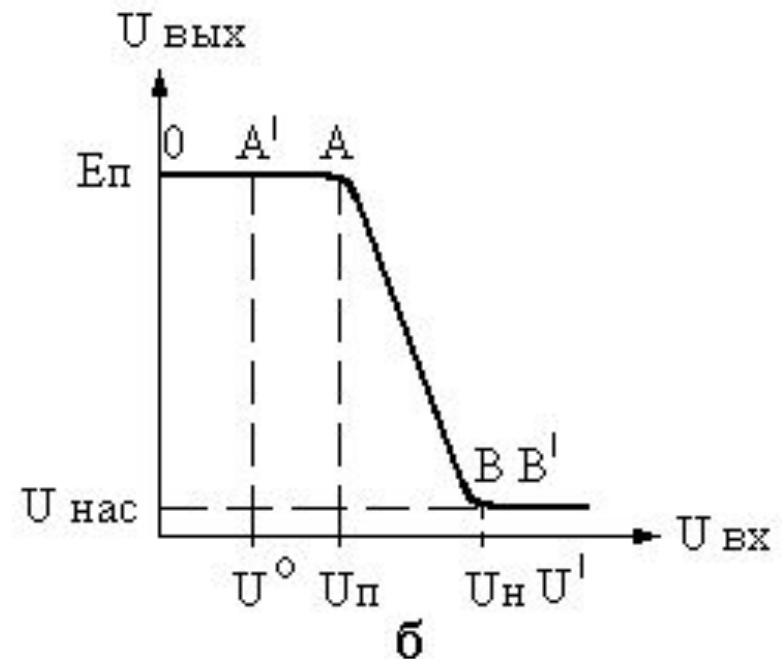
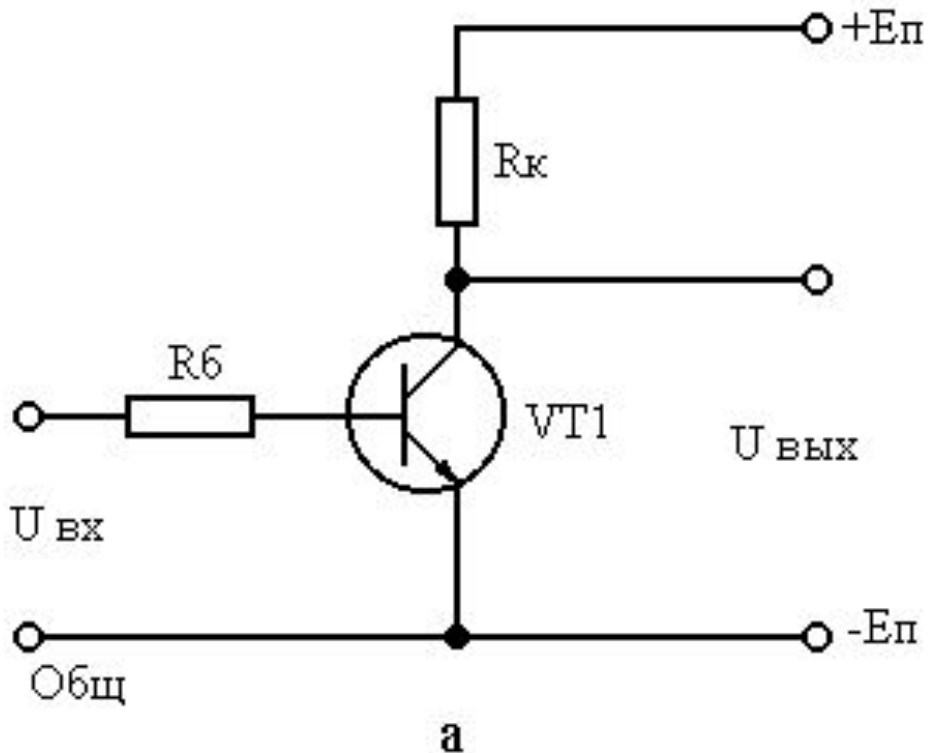


Транзисторный ключ

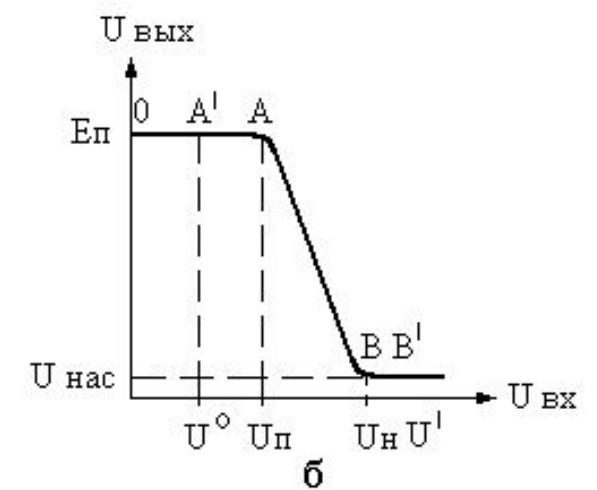
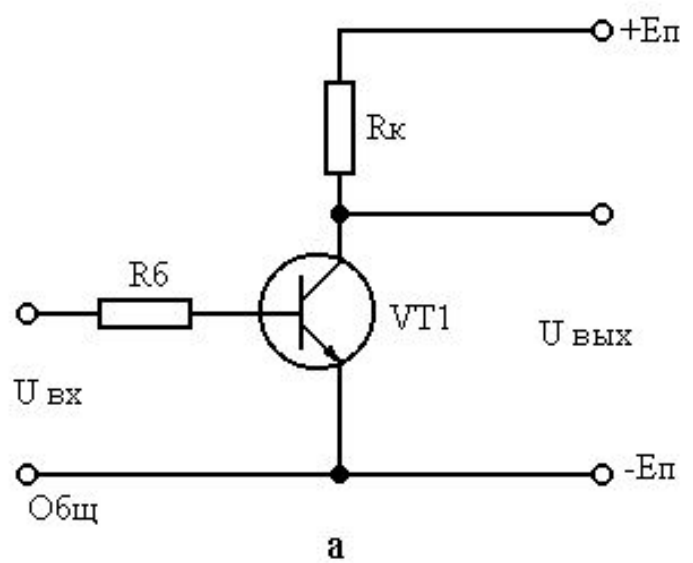
- *Транзисторный ключ*, также как и обычный выключатель, может находиться в одном из двух состояний:
 - разомкнутом (транзистор закрыт) или
 - замкнутом (транзистор открыт).
- Управление ключом, т.е. его переключение, осуществляется входным сигналом.
- Ключи могут быть построены как на **биполярных**, так и на **полевых транзисторах**.

Ключ на биполярных транзисторах

Наибольшее распространение получили ключи, выполненные по схеме с общим эмиттером (ОЭ).



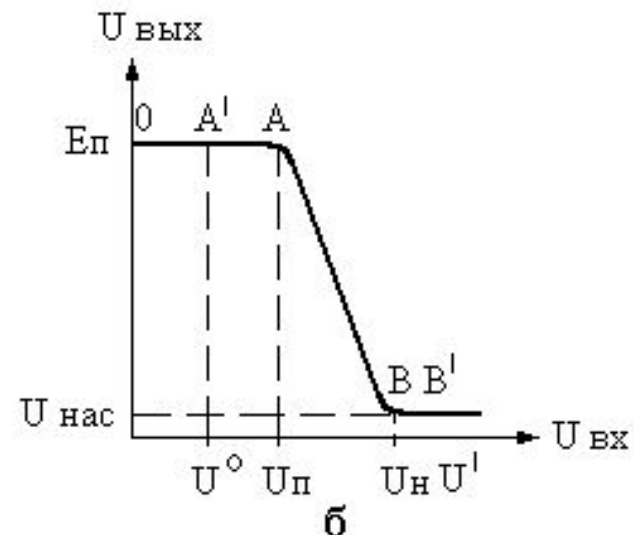
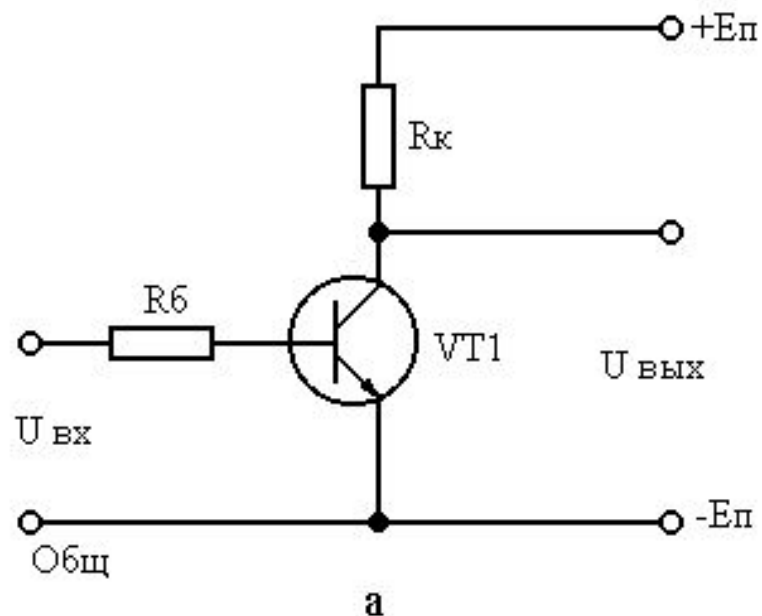
- В схеме применен биполярный транзистор $VT1$ структуры $n-p-n$.
- Нагрузка в виде резистора включена в коллекторную цепь.
- Управляющий сигнал подается в цепь базы через резистор, которым устанавливаются пределы изменения входного тока при заданных пределах изменения напряжения.



- При входном напряжении , меньшем порогового напряжения транзистора
- ($U_{п} = 0,6V$), транзистор закрыт, ток коллектора равен нулю.
- При входном напряжении больше порогового ($u_{вх} > U_{п}$) транзистор открыт, ток определяется проходной характеристикой, а выходное напряжение уравнением

$$u_{вых} = E_{п} - i_{к} R_{к}$$

- Для получения на выходе ключа максимального перепада выходного напряжения, уровни управляющего входного напряжения (ключ закрыт) и (ключ открыт) должны соответствовать режимам отсечки и насыщения (соответственно точки A' и B' на рис. б)

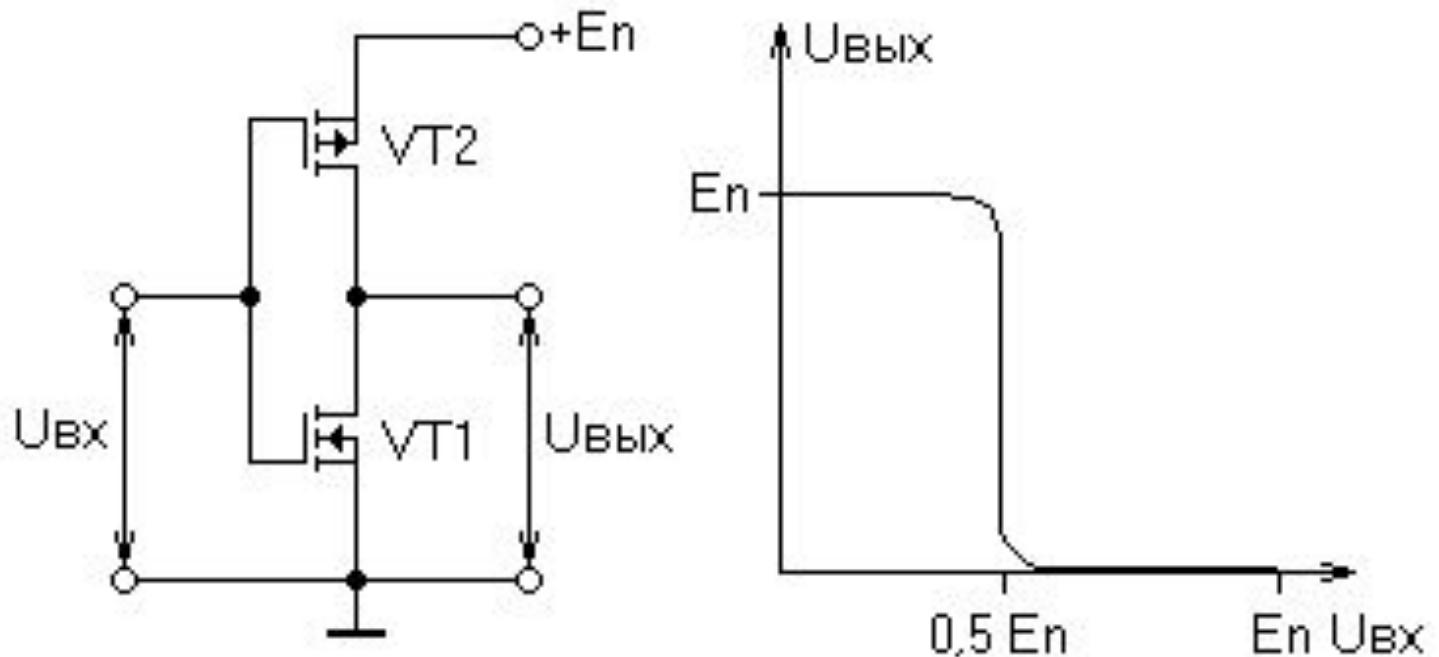


- Изменение состояния ключа (включено-выключено), даже при подаче на его вход идеального прямоугольного импульса, происходит не мгновенно. Время включения и выключения зависит от инерционных свойств, как самого транзистора, так и внешних цепей, подключенных к нему.

Ключи на МДП–транзисторах

- Большое распространение, особенно в микросхемотехнике, получили ключи на комплементарных (дополнительных) МДП–элементах.
- КМДП–элемент представляет собой составной ключ на МДП–транзисторе одного типа (предположим n –канальном) с дополнительным (комплементарным) МДП–транзистором другого типа (p –канальном).

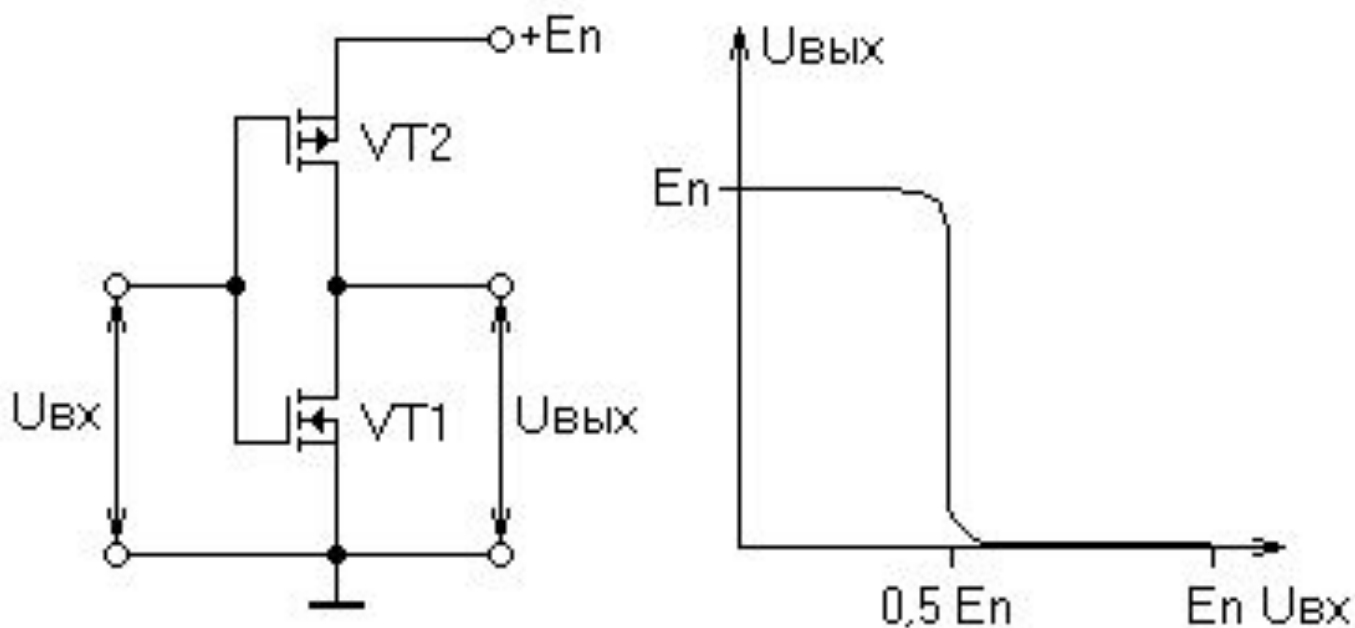
- Пороговое напряжение обоих транзисторов порядка 1,5 В. Подложки транзисторов соединены с истоками, и так как $VT1$ имеет канал n -типа, то исток его соединен с минусом источника питания (общим проводом), а исток транзистора p -типа ($VT2$) соединён с плюсом источника питания.



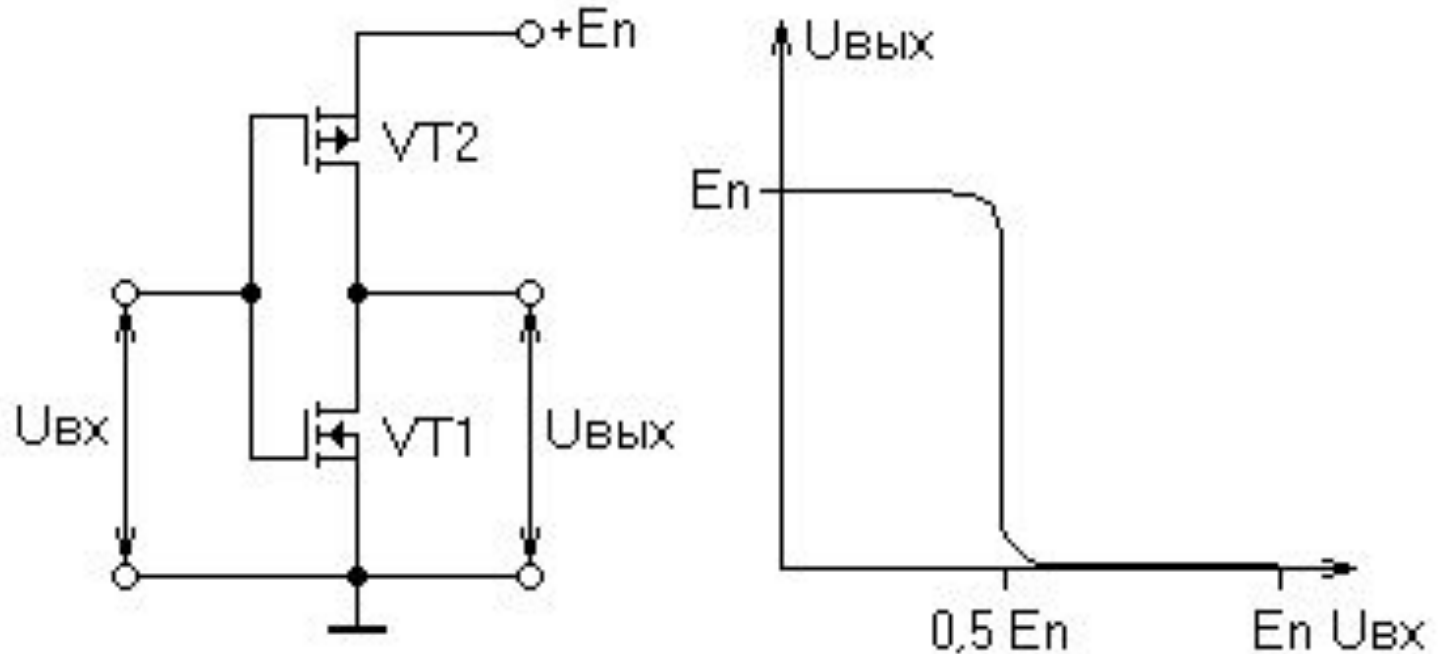
- При подаче на вход напряжения

$$u_{ex} = U^1 \approx E_n$$

- открывается n -канальный транзистор и выход ключа соединяется с общей шиной. $VT2$ при этом заперт, так как напряжение для него близко к нулю.



- Когда $u_{вх} = U^0 \approx 0$,
- открывается p -канальный транзистор, так как для него близко к напряжению питания. Выход ключа через канал транзистора VT2 соединяется с источником питания.



- При входном напряжении, большем
- $U_{Пn}$
- (n -канального транзистора), но меньше
- $E_{П} - U_{Пp}$,
- оба транзистора будут включены, что приводит к большому потреблению тока в момент переключения.

- Передаточные характеристики рассмотренных ключей показывают, что эти ключи изменяют уровень выходного сигнала на противоположный, т.е.
- $u_{\text{вых}} = U^1$ при $u_{\text{вх}} < U_n$
- $u_{\text{вых}} = U^0$ при $u_{\text{вх}} > U_n$
- Такие ключи называются *инвертирующими* (переворачивающими).