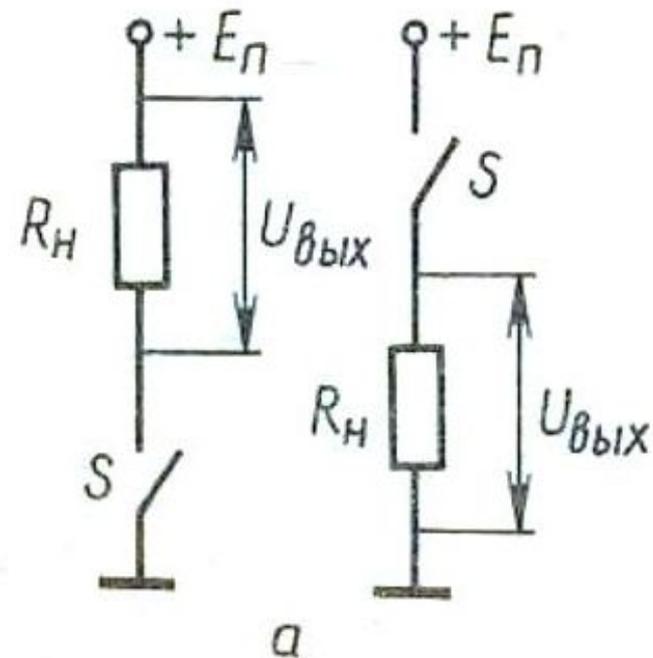


# Транзисторные ключи

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

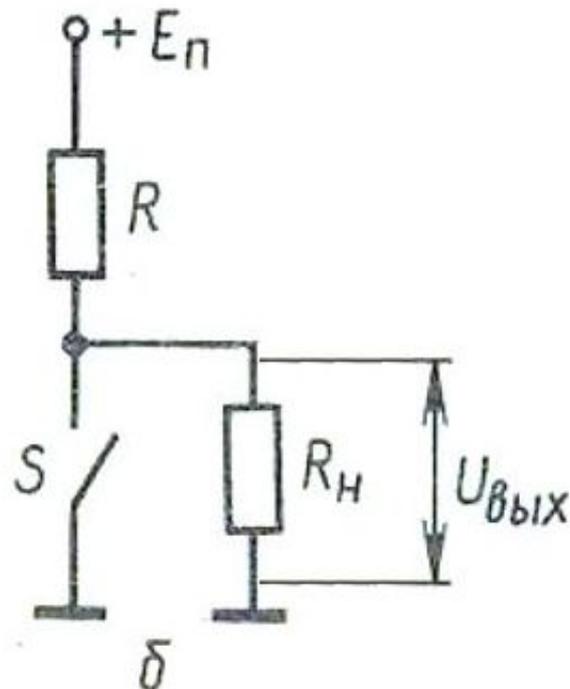
# Последовательный ключ

- 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»).

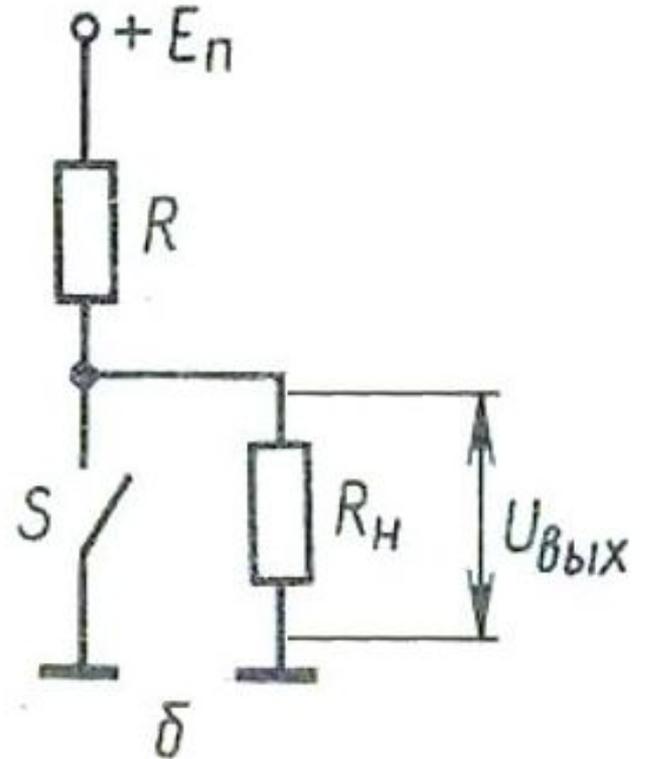


# Параллельный ключ

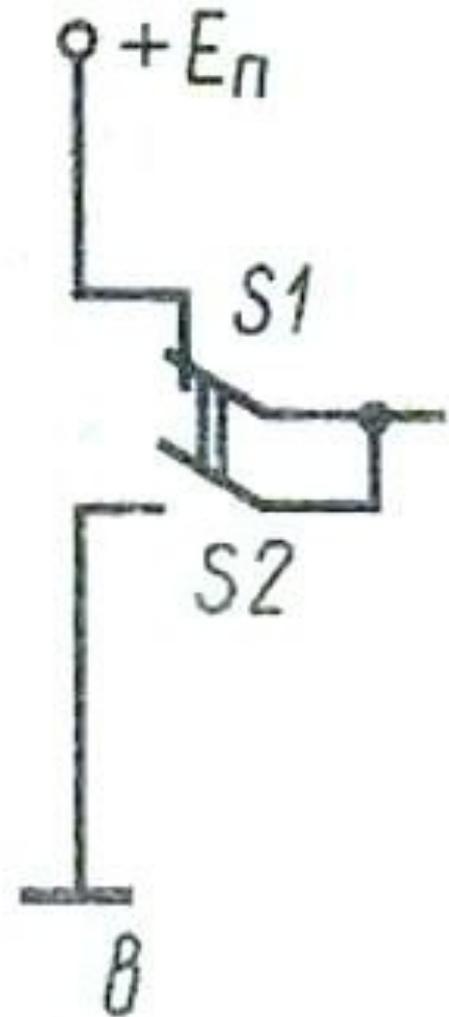
- $R_H$  подключается параллельно контактам коммутирующего элемента  $S$ . Когда  $S$  замкнут (ключ включен),  $U_{\text{вых}} = 0$ , так как по цепи течет максимальный ток и все коммутируемое напряжение  $E_{\Pi}$  падает на вспомогательном сопротивлении  $R$ .



- 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.

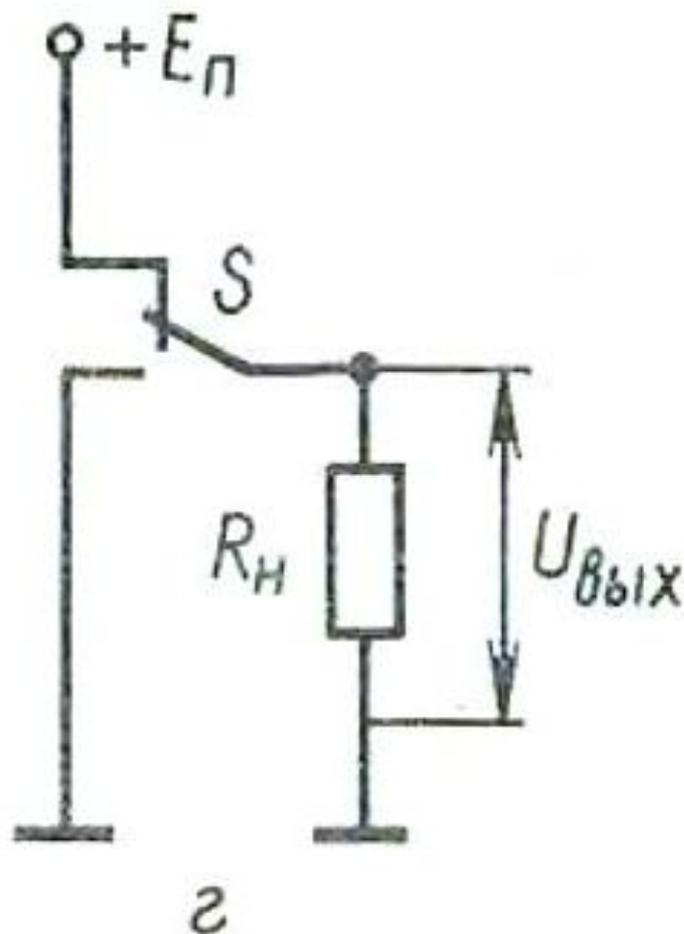


- Два ключа, управляемые таким образом, что когда один из них замкнут, то второй разомкнут, и наоборот, позволяют создать переключатель, свободный от недостатков как последовательного, так и параллельного ключей.



# Тумблер

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

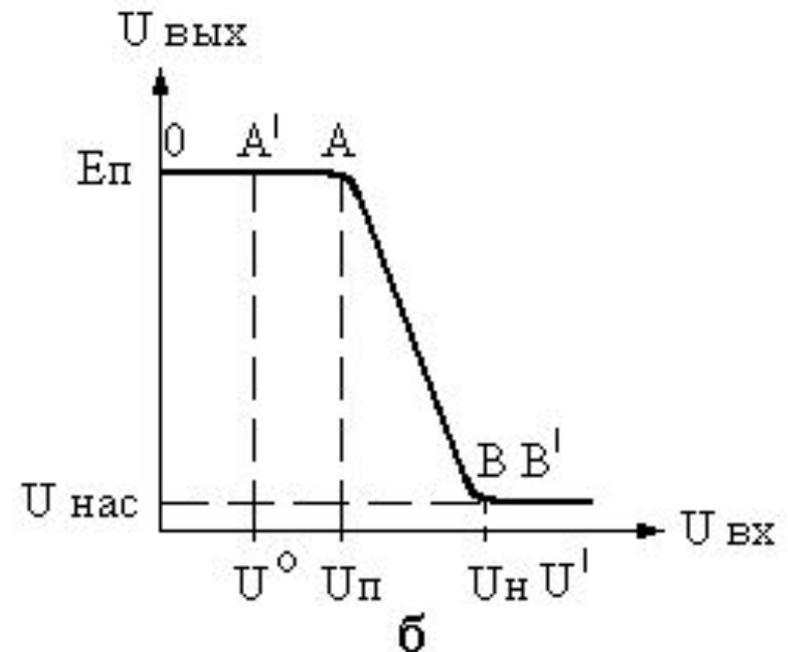
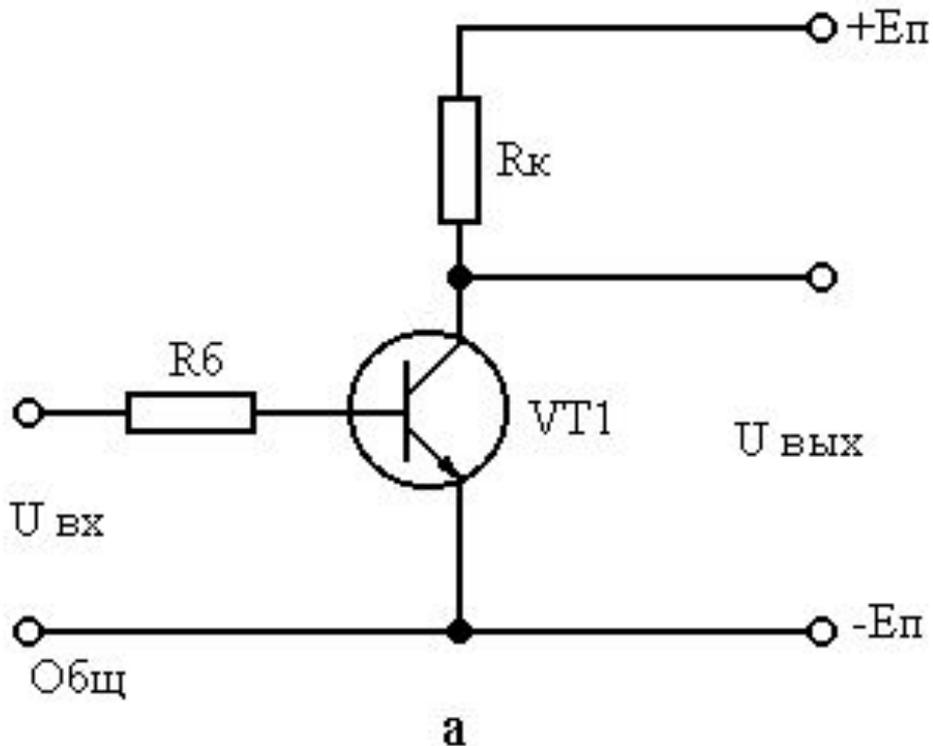


# *Транзисторный ключ*

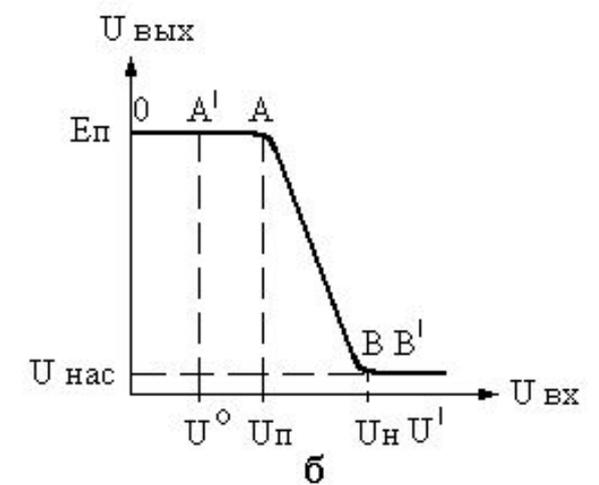
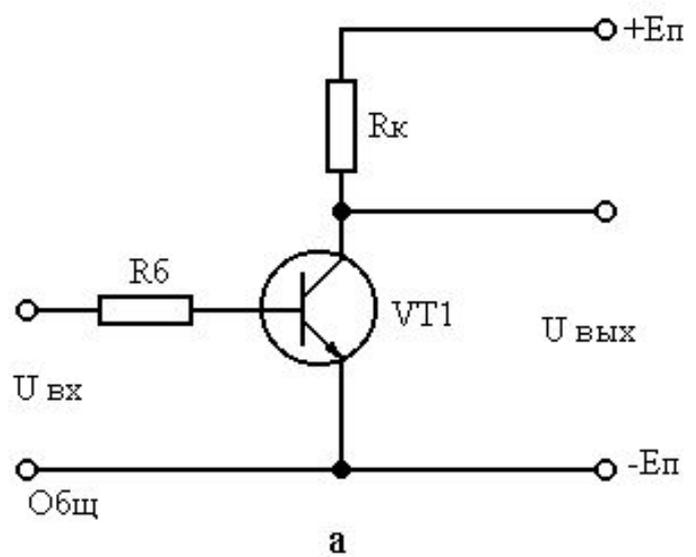
- *Транзисторный ключ*, также как и обычный выключатель, может находиться в одном из двух состояний:
  - разомкнутом (транзистор закрыт) или
  - замкнутом (транзистор открыт).
- Управление ключом, т.е. его переключение, осуществляется входным сигналом.
- Ключи могут быть построены как на **биполярных**,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

# Ключ на биполярных транзисторах

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



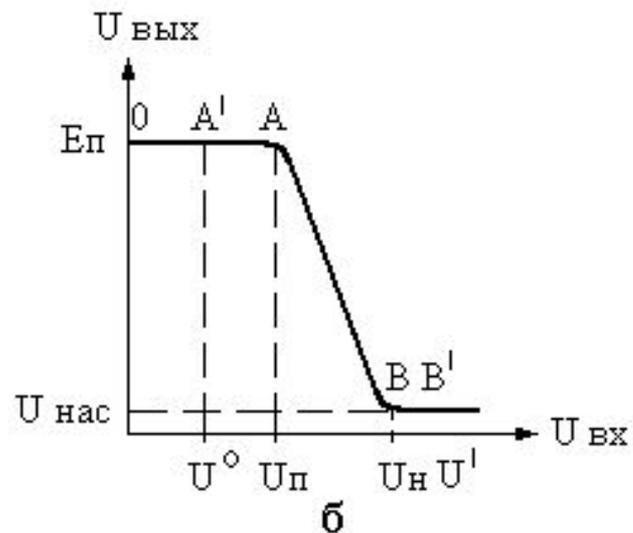
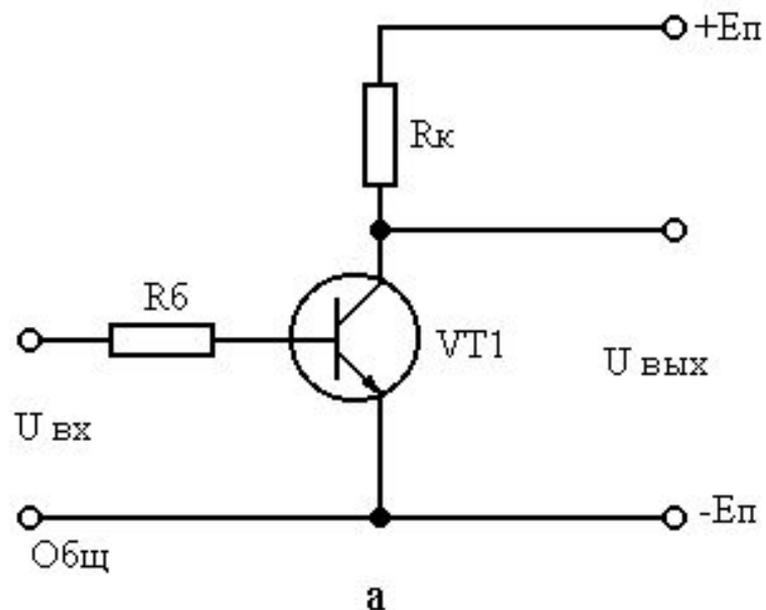
- В схеме применен биполярный транзистор  $VT1$  структуры  $n-p-n$ .
- Нагрузка в виде резистора включена в коллекторную цепь.
- Управляющий сигнал подается в цепь базы через резистор, которым устанавливаются пределы изменения входного тока при заданных пределах изменения напряжения.



- 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)

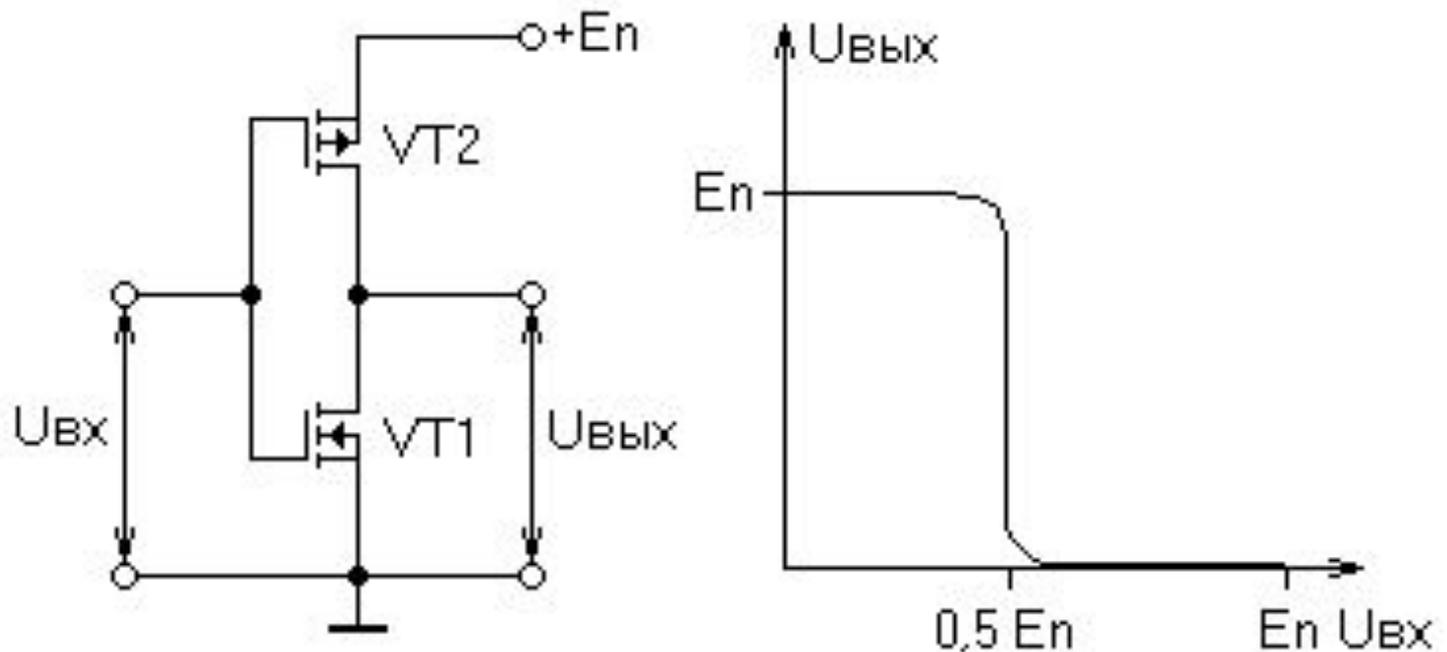


- Изменение состояния ключа (включено-выключено), даже при подаче на его вход идеального прямоугольного импульса, происходит не мгновенно. Время включения и выключения зависит от инерционных свойств, как самого транзистора, так и внешних цепей, подключенных к нему.

# 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).

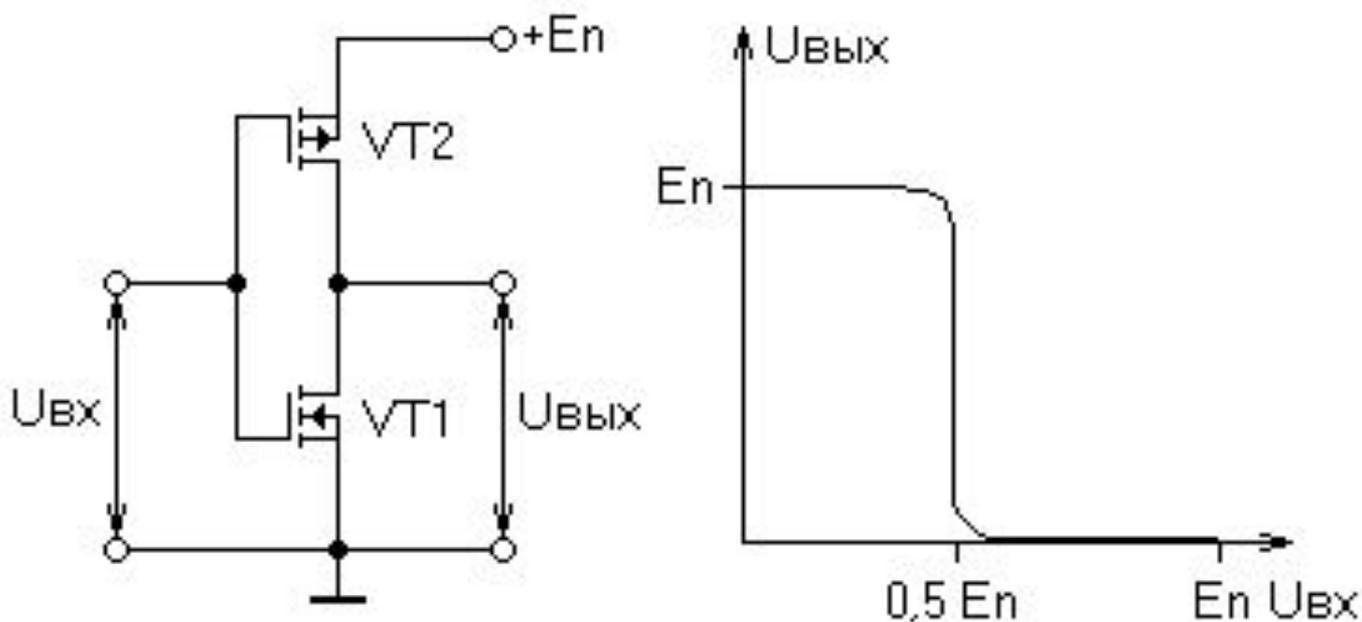
- Пороговое напряжение обоих транзисторов порядка 1,5 В. Подложки транзисторов соединены с истоками, и так как  $VT1$  имеет канал  $n$ -типа, то исток его соединен с минусом источника питания (общим проводом), а исток транзистора  $p$ -типа ( $VT2$ ) соединён с плюсом источника питания.



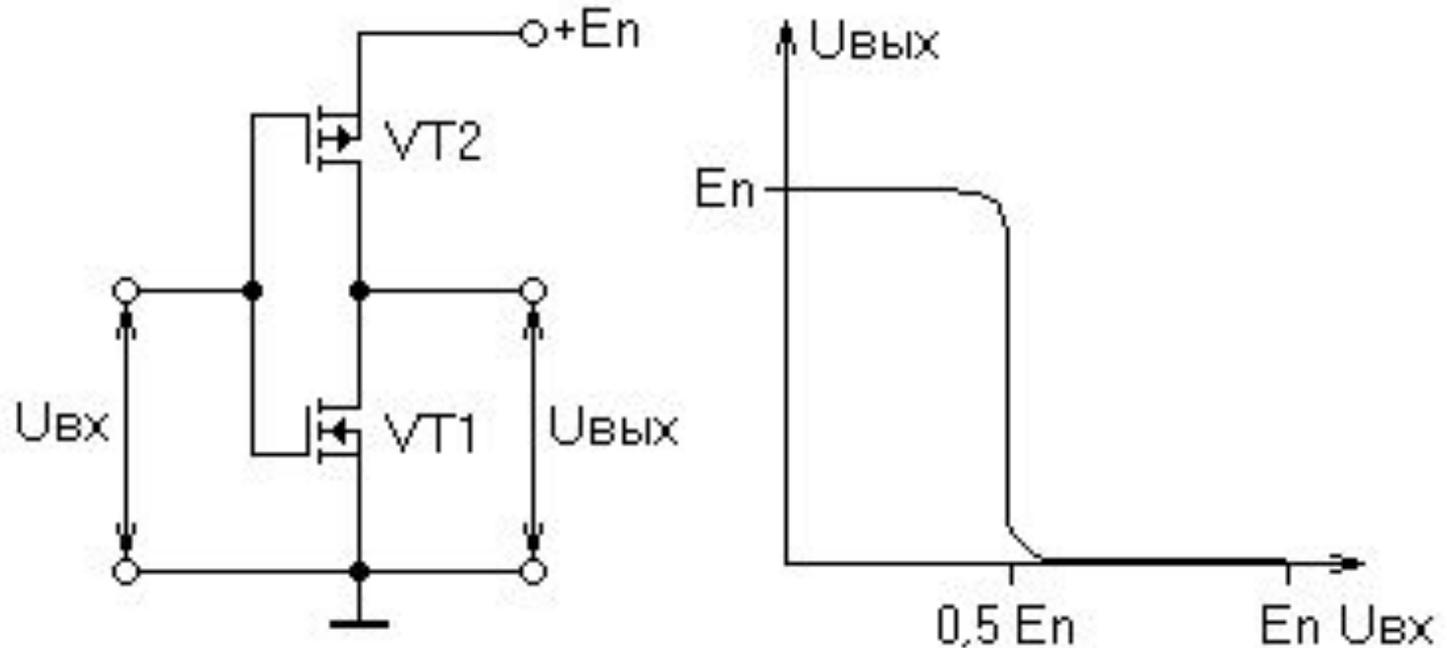
- При подаче на вход напряжения

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

- 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).