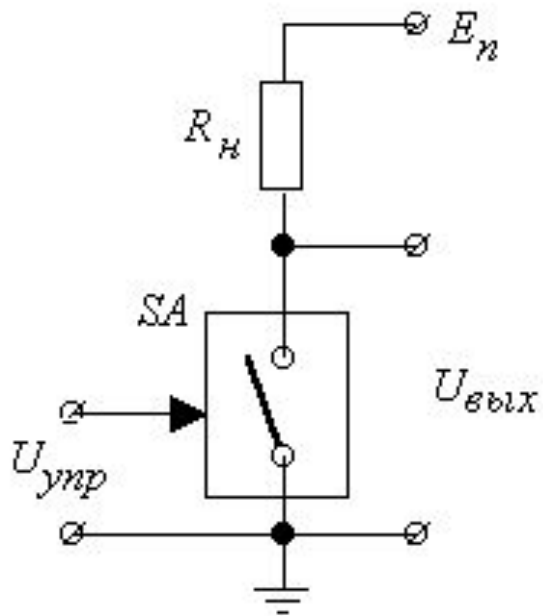


# Лабораторная работа № 10

# Электронные ключи на биполярных транзисторах

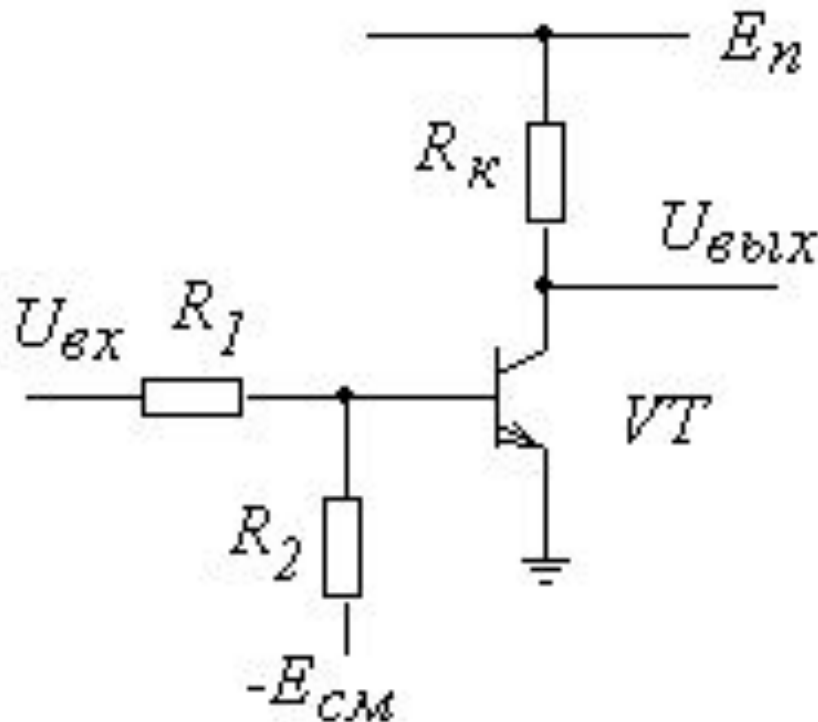
Какими свойствами должен обладать электронный ключ в состоянии **ВЫКЛЮЧЕНО** ?



$$R_{\text{КЛ ВЫКЛ}} \rightarrow \infty$$

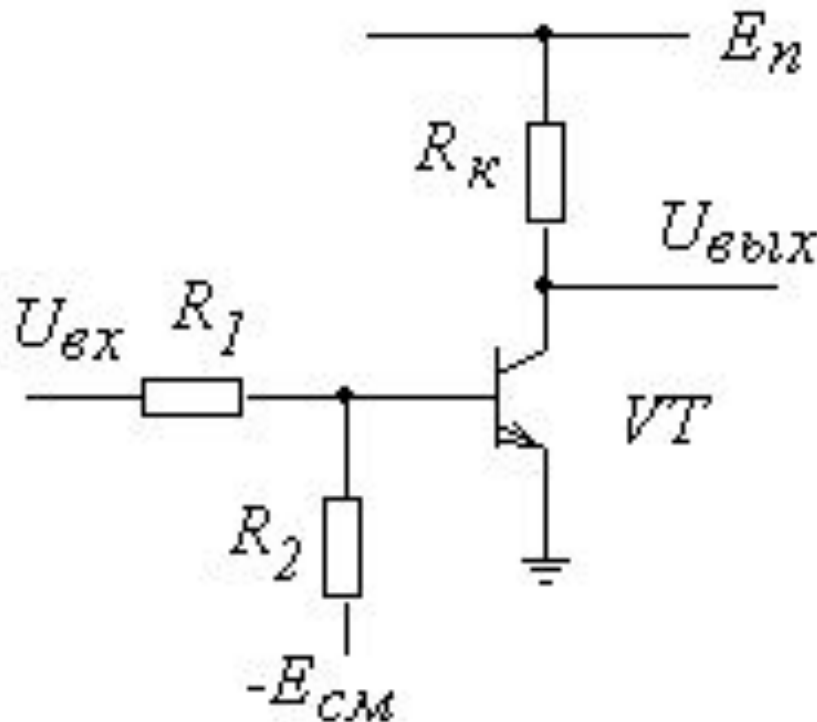
$$I_{\text{КЛ ВЫКЛ}} \rightarrow 0$$

В каком режиме должен работать транзистор  $VT$ , если транзистор как ключ **ВЫКЛЮЧЕН** ?



В выключенном состоянии транзистор (ключ) работает в режиме отсечки.

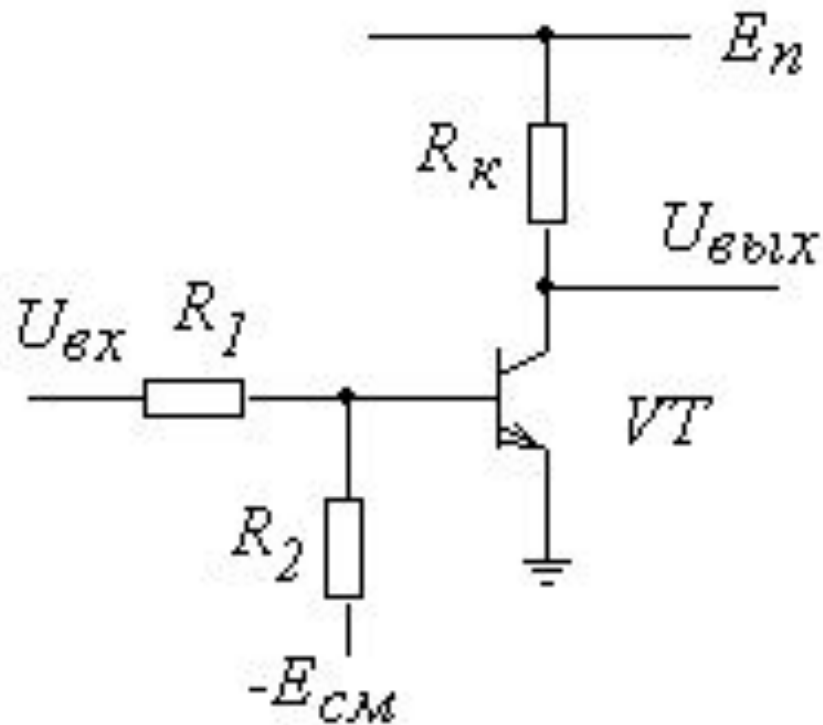
Критерий режима отсечки ?



$$U_{э} < 0$$

$$U_{к} < 0$$

Как в данной схеме для транзистора VT обеспечить **режим отсечки** ?

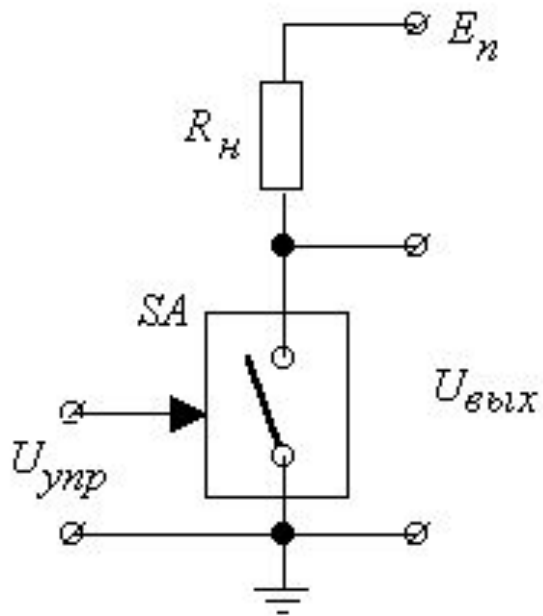


$$U_{\text{к}} < 0 \qquad U_{\text{э}} < 0$$

$$U_{\text{э}} = U_{\text{бэ}} = \frac{\frac{U_{\text{вх}}}{R_1} - \frac{|E_{\text{см}}|}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} < 0$$

$$U_{\text{вх}} < \frac{|E_{\text{см}}| \cdot R_1}{R_2}$$

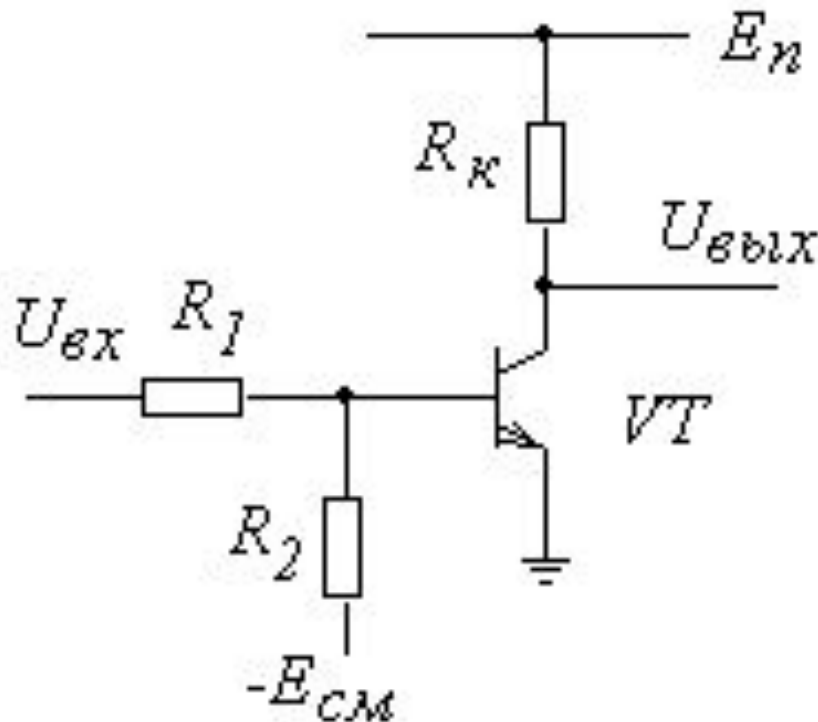
Какими свойствами должен обладать электронный ключ в состоянии **ВКЛЮЧЕНО** ?



$$R_{\text{КЛ ВКЛ}} \rightarrow 0$$

$$U_{\text{КЛ ВКЛ}} \rightarrow 0$$

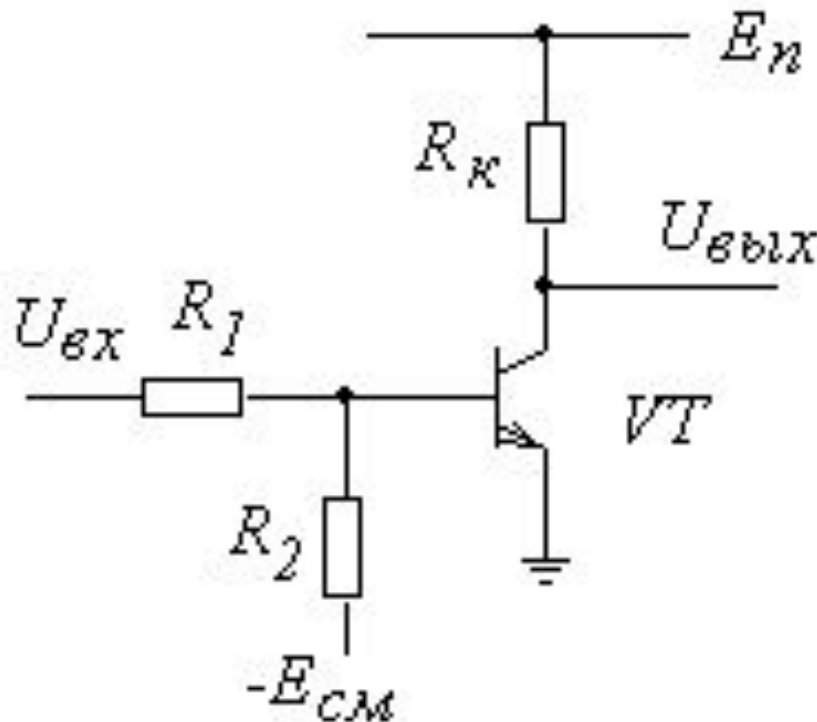
В каком режиме должен работать транзистор  $VT$ , если транзистор как ключ **ВКЛЮЧЕН** ?





Во включенном состоянии транзистор (ключ) работает в режиме насыщения.

Критерий режима **насыщения** ?

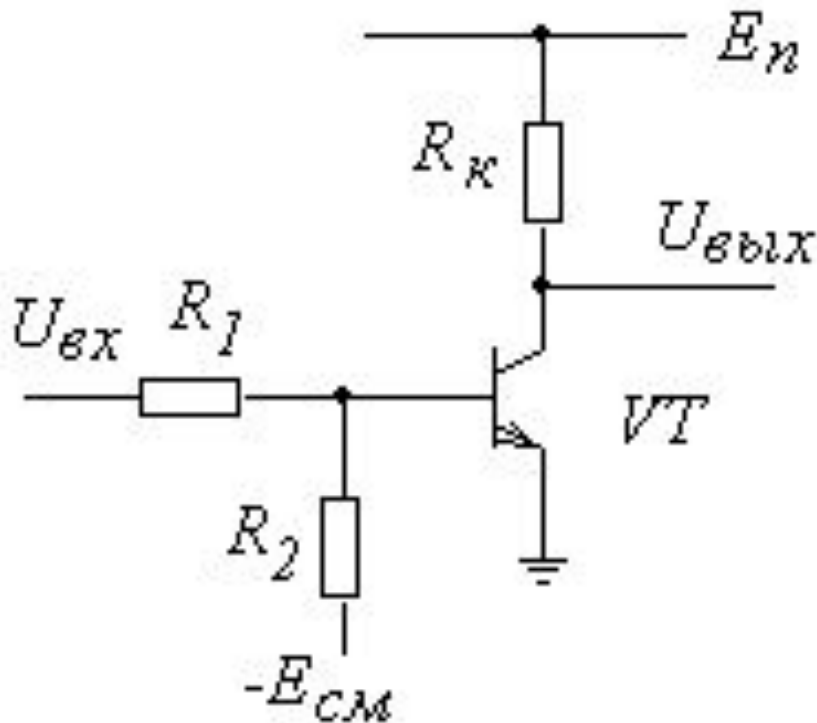


$$U_{э} > 0$$

$$U_{к} > 0$$

Как в данной схеме для транзистора VT обеспечить **режим насыщения**?

Токовый критерий насыщения ?



$$U_{\text{э}} > 0$$

$$U_{\text{к}} > 0$$

$$I_{\text{б}} > I_{\text{б гр}}$$

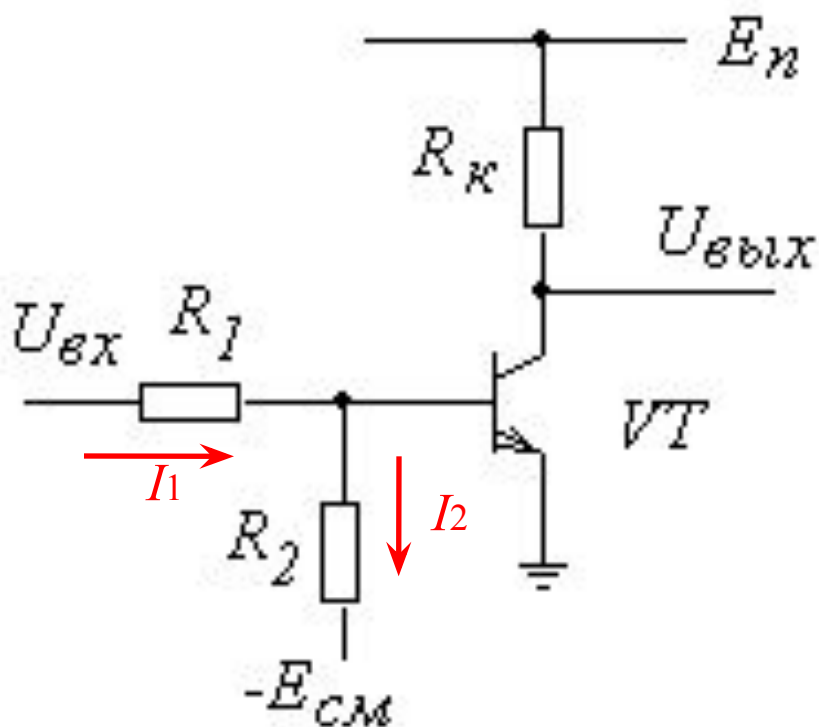
Расшифруйте это условие:  $I_{\text{б}} > I_{\text{б гр}}$

$$I_{\text{б}} = I_1 - I_2$$

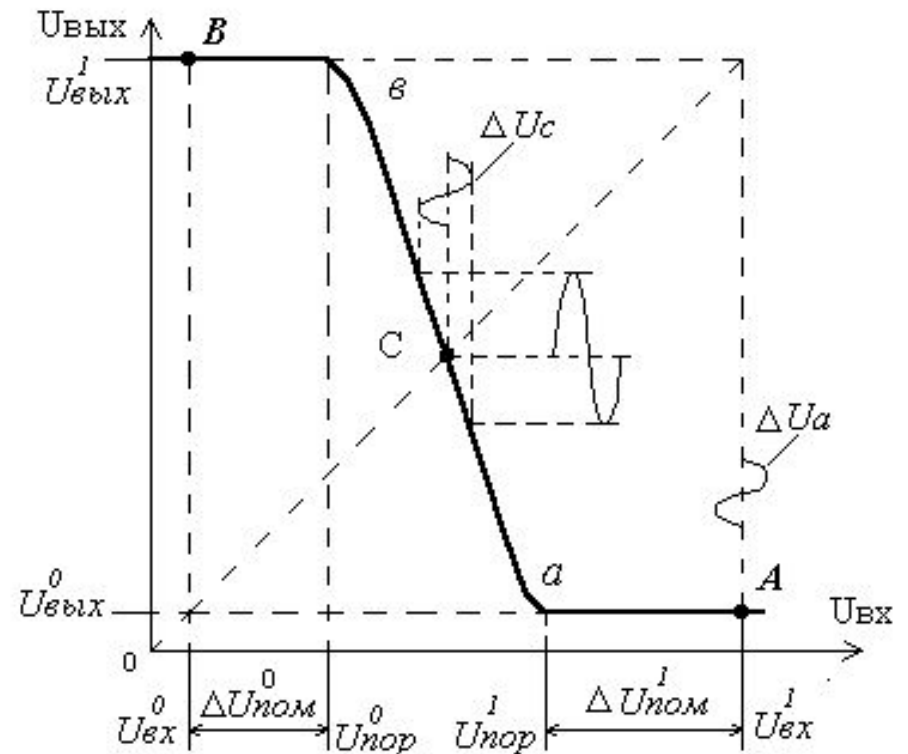
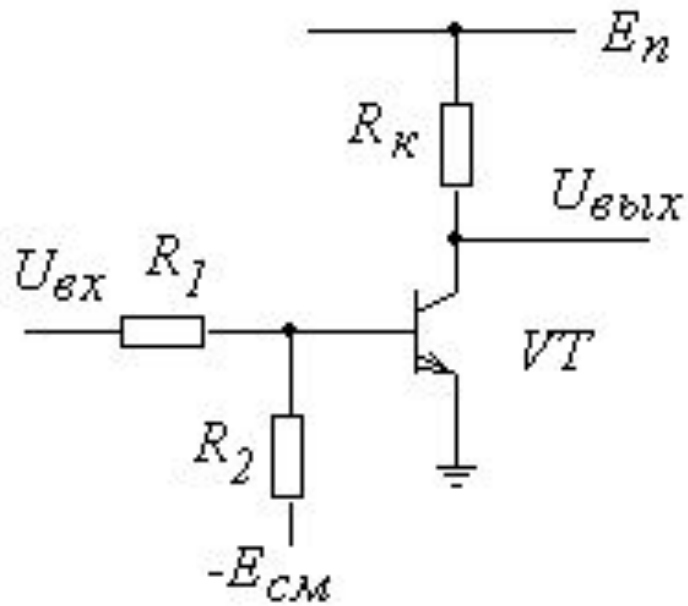
$$I_1 = \frac{U_{\text{вх}} - U_{\text{бн}}}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{U_{\text{бн}} + |E_{\text{см}}|}{R_2}$$

$$I_{\text{б гр}} = \frac{E_{\text{пит}} - U_{\text{кн}}}{R_{\text{к}} \cdot \beta}$$

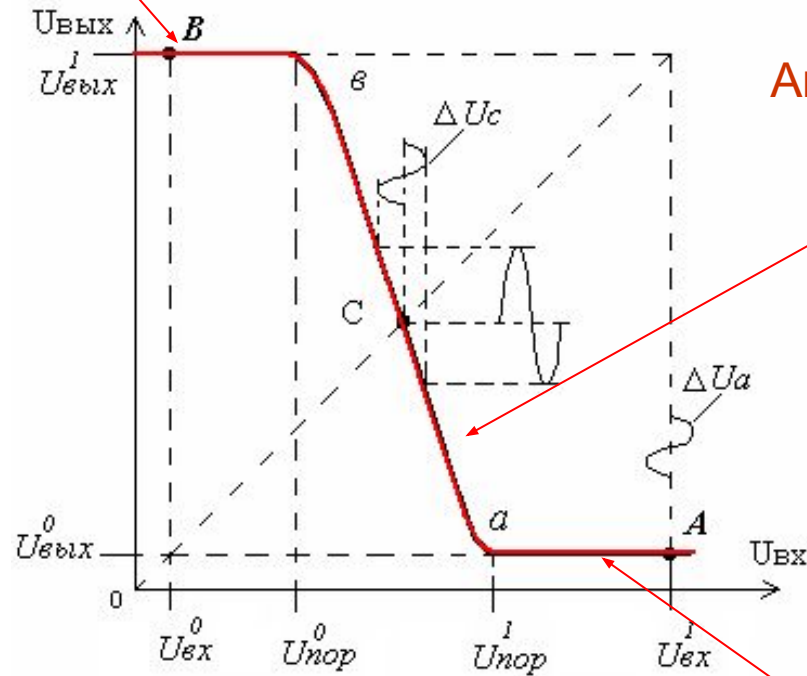
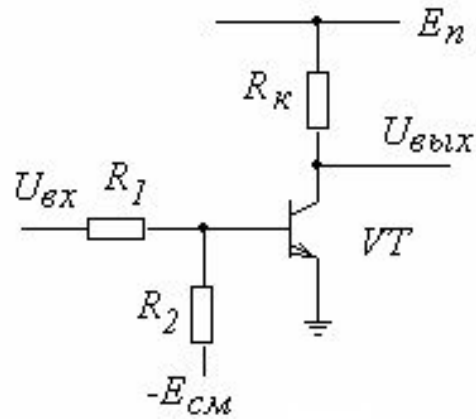


Нарисовать передаточную характеристику инвертора.



# Передаточная характеристика инвертора

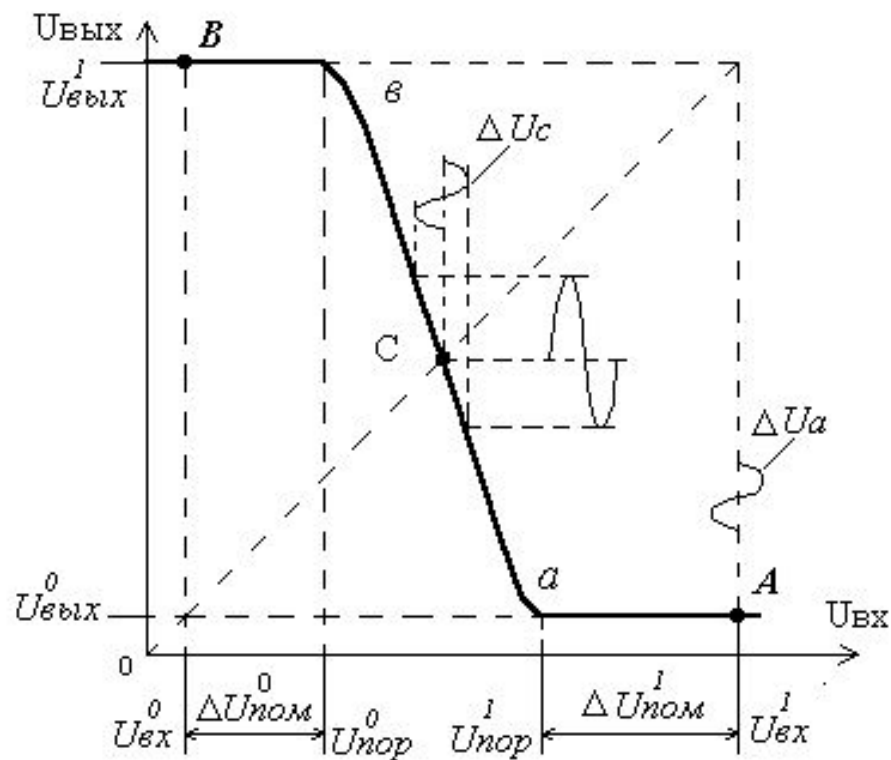
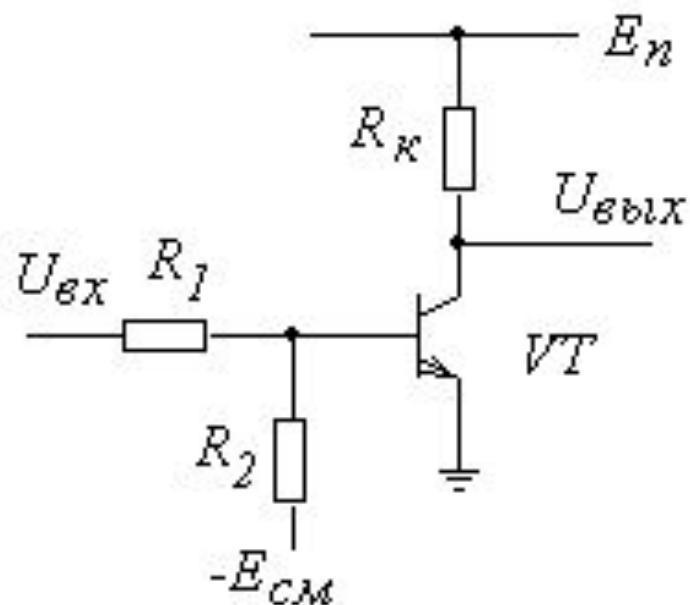
Режим отсечки



Активный режим

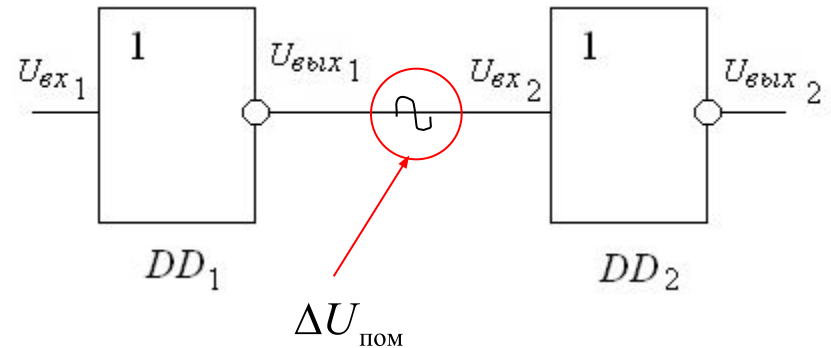
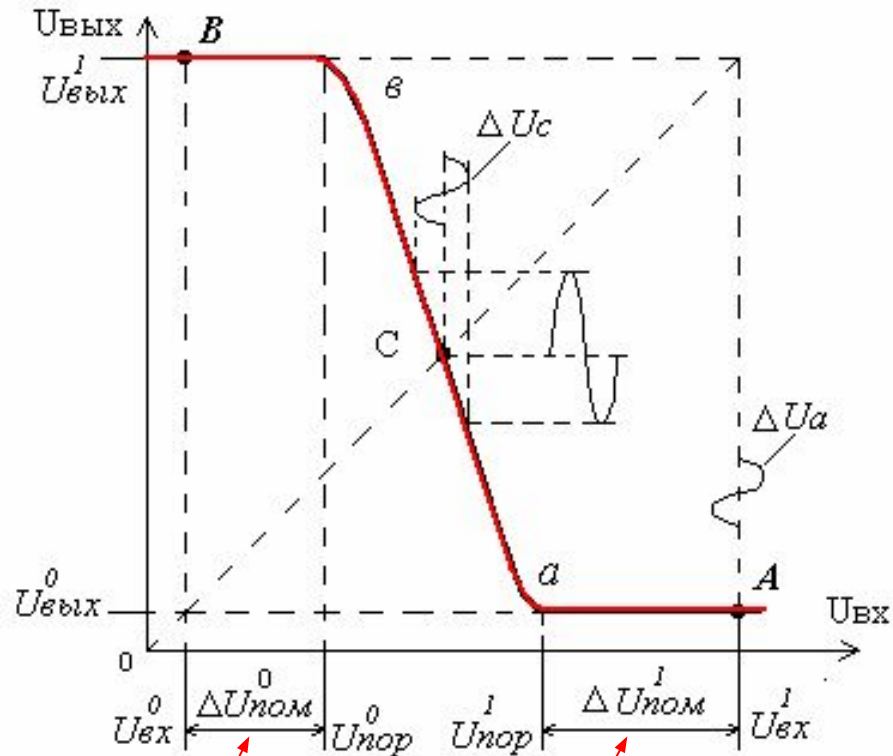
Режим насыщения

Дайте определение **помехоустойчивости**.



**Помехоустойчивость** - это максимально допустимое напряжение помехи, действующей на входе ключа наряду с регулярным сигналом, при которой еще не происходит изменение логических (информационных) состояний схемы.

# Помехоустойчивость

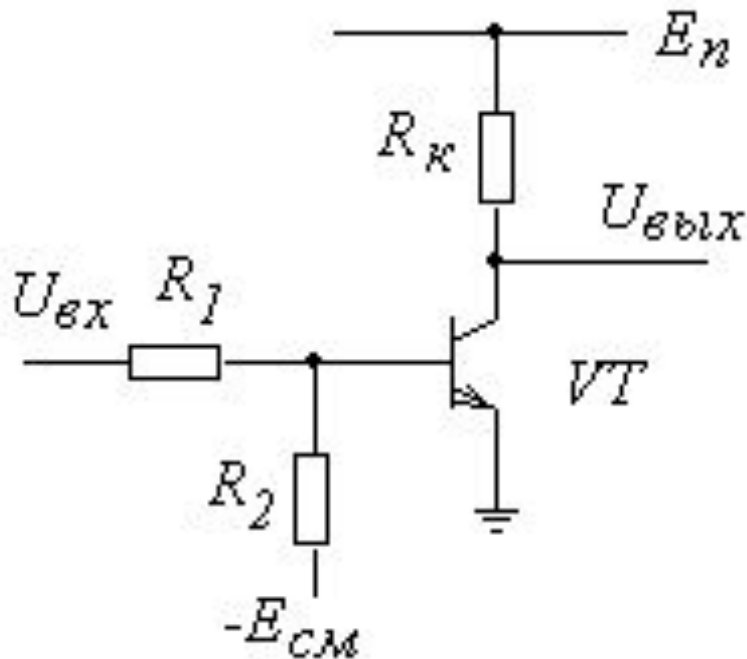


$$\Delta U_{\text{пом}}^0$$

$$\Delta U_{\text{пом}}^1$$

**Помехоустойчивость** - это максимально допустимое напряжение помехи, действующей на входе ключа наряду с регулярным сигналом, при которой еще не происходит изменение логических (информационных) состояний схемы.

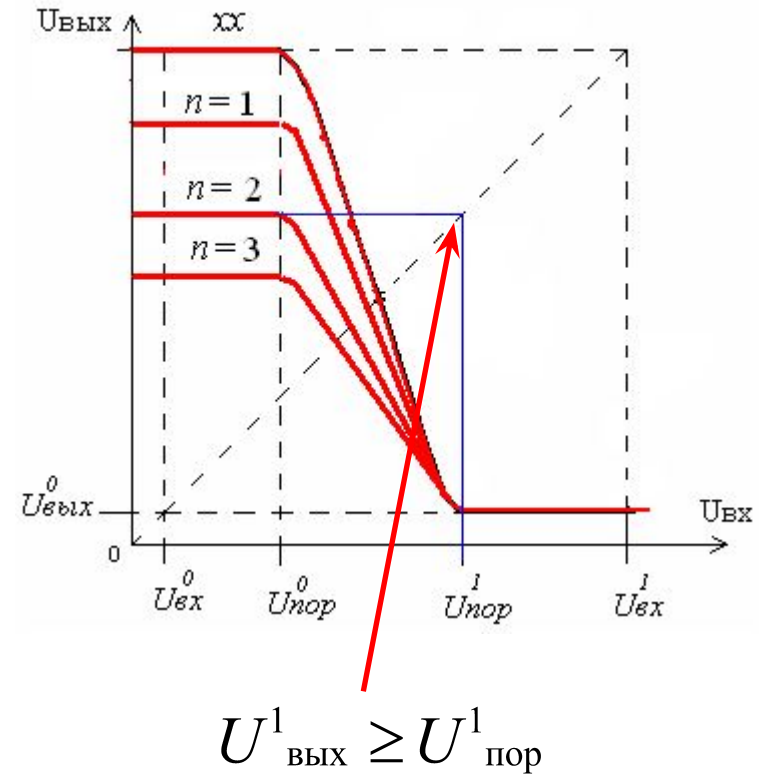
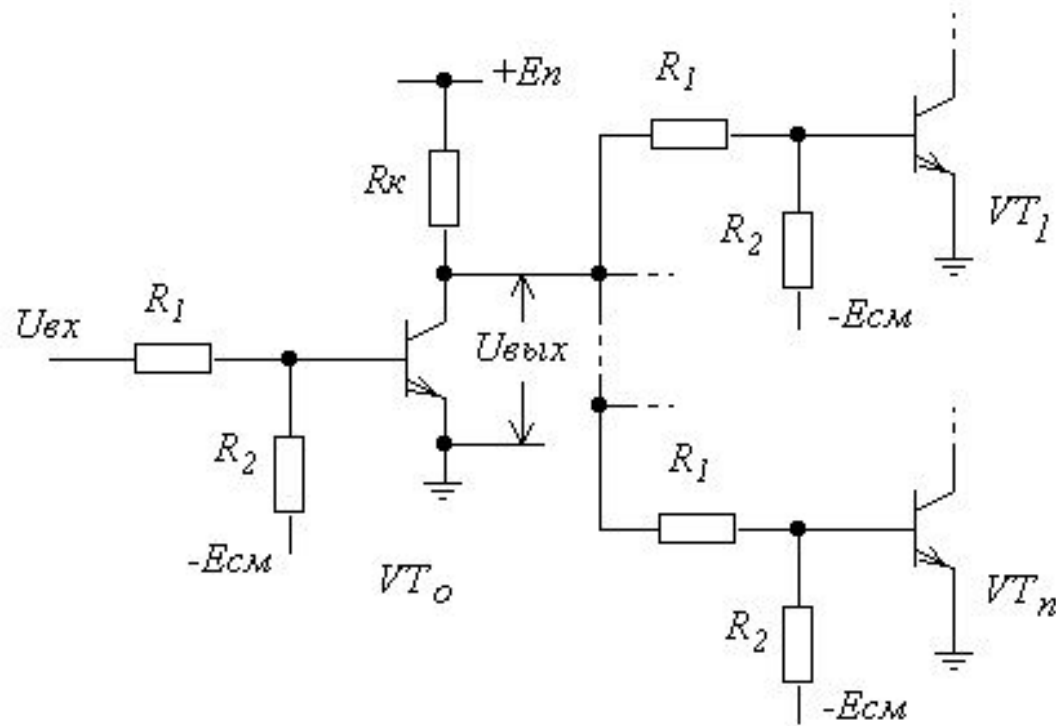
Дайте определение **нагрузочной способности** (коэффициента разветвления).



**Нагрузочная способность** логического элемента – это максимальное число аналогичных схем, которые можно подключить к выходу данной схемы без нарушения режимов работы любой из них.



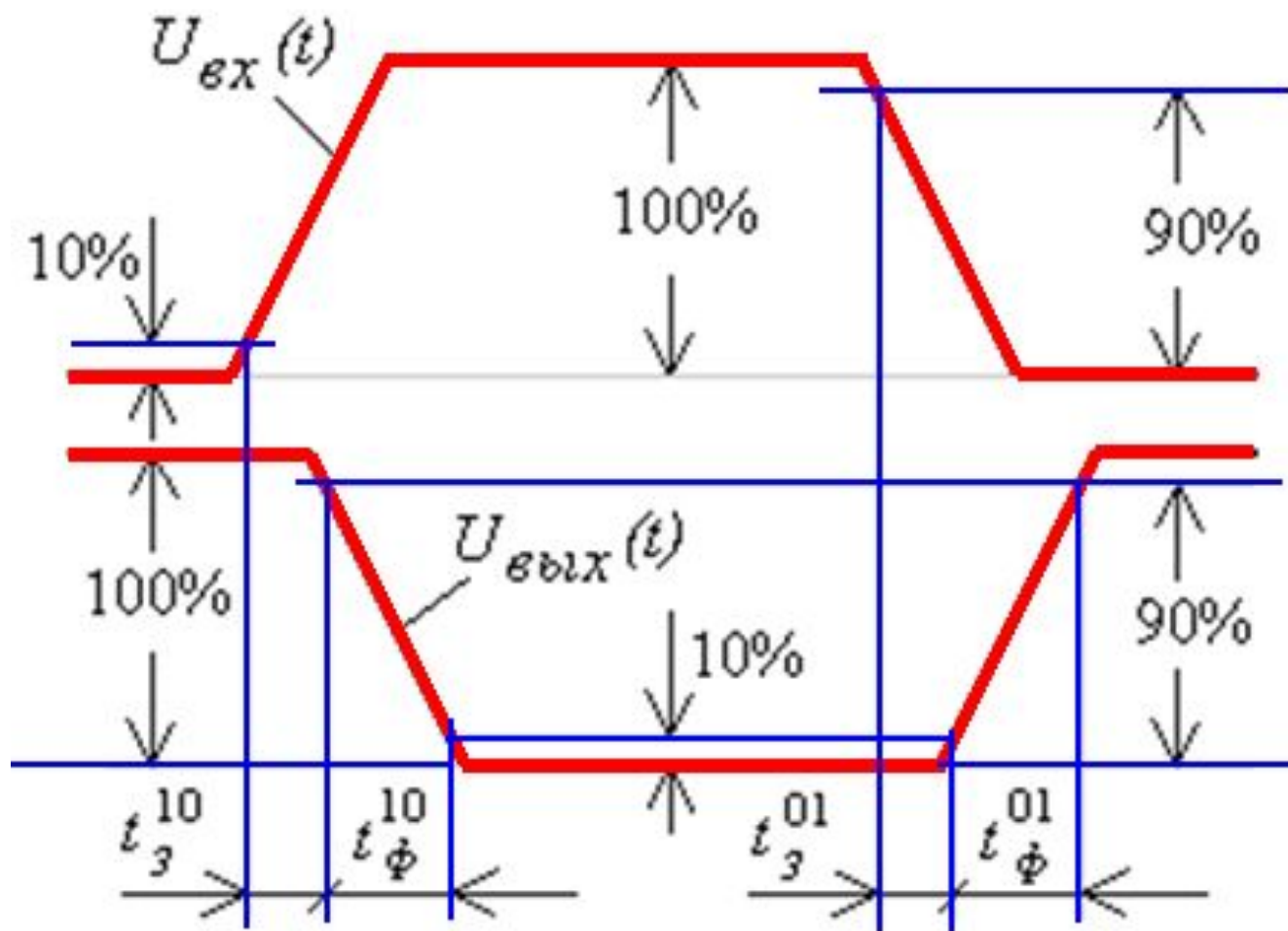
# Нагрузочная способность инвертора



**Нагрузочная способность** логического элемента – это максимальное число аналогичных схем, которые можно подключить к выходу данной схемы без нарушения режимов работы любой из них.

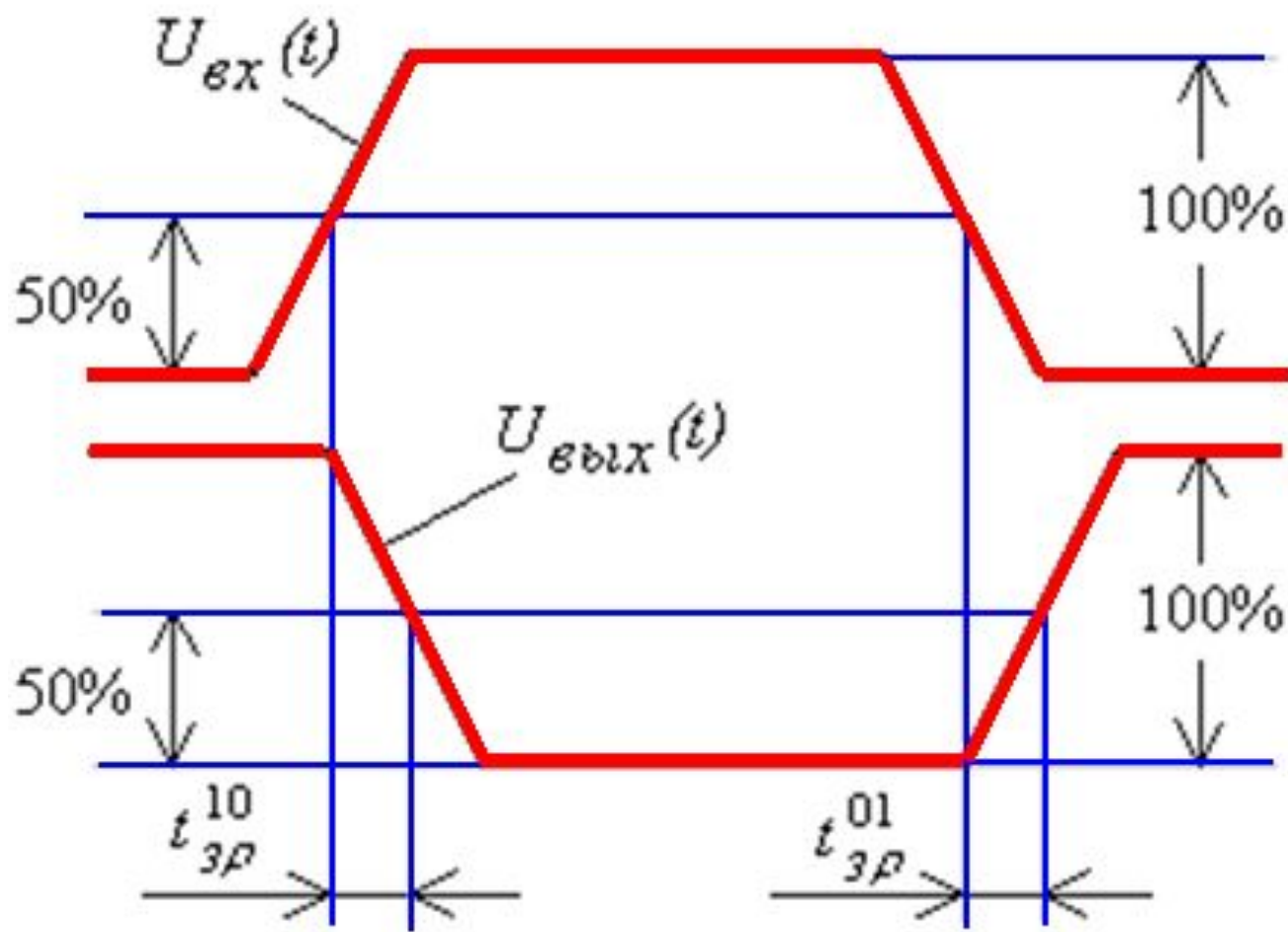
Как экспериментально определить быстродействие ключа ?

## Методика 0,1 – 0,9



Как экспериментально определить быстродействие ключа ?

## Методика 0,5



# Электронные ключи на полевых транзисторах

# Достоинства применения полевых транзисторах в цифровых схемах

## 1. Технологичнее

- Меньше технологических операций
- Меньше площадь логической схемы на кристалле
- Больше процент выхода

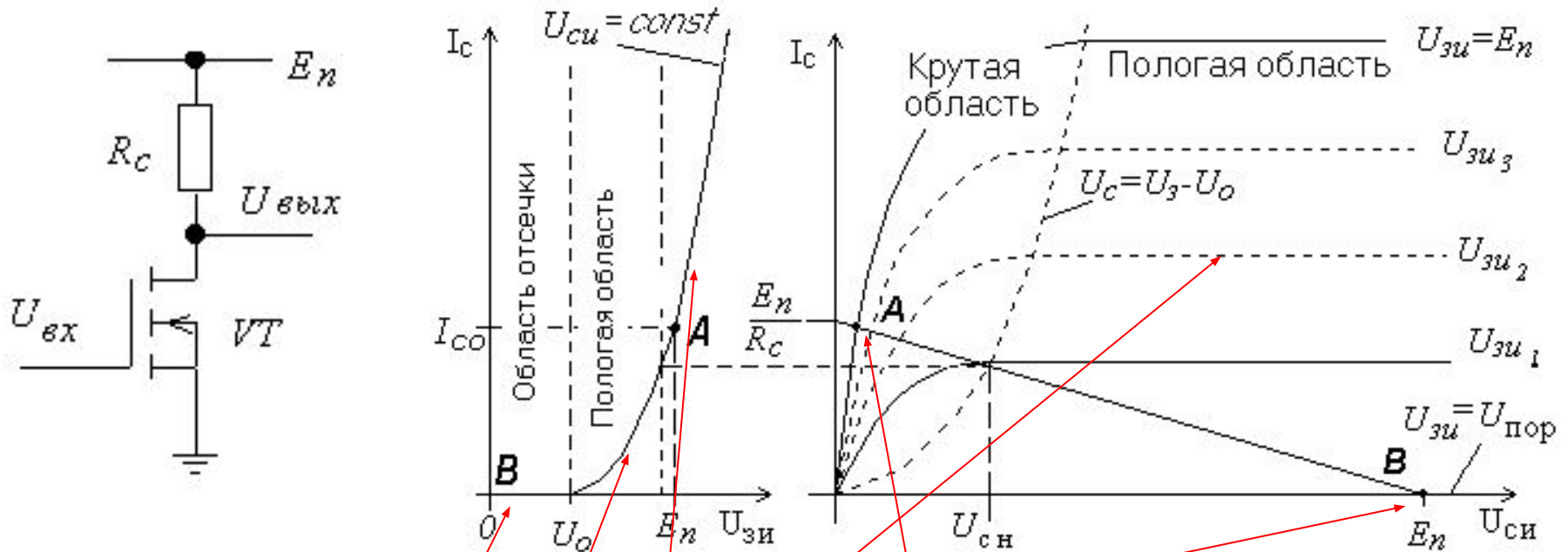
## 2. Меньше стоимость ИС

## 3. Не требуют дополнительного источника

## 4. Не нагружает источник входного сигнала

## 5. Малое потребление от источника питания

# Инвертор на полевых транзисторах с резистивной (линейной) нагрузкой

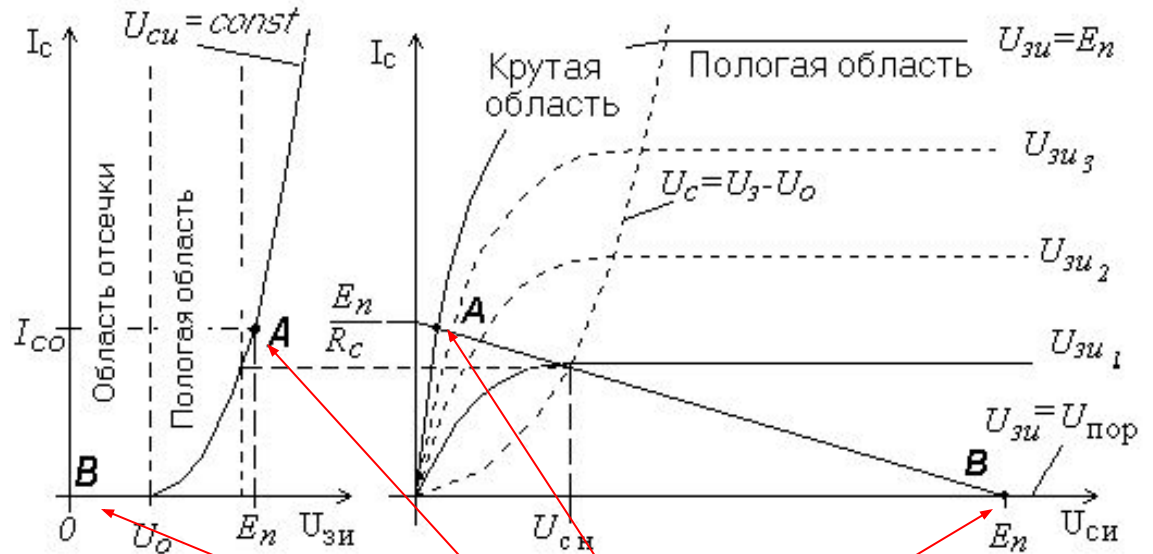
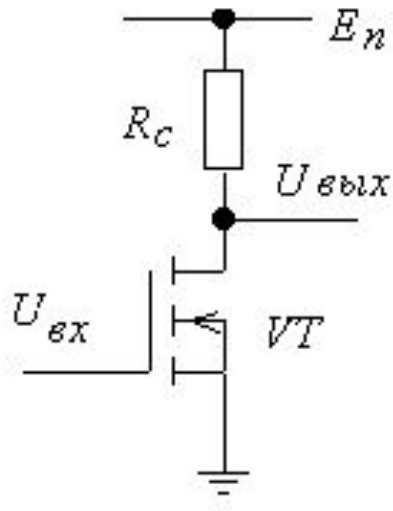


Область отсечки, соответствующая режиму закрытого транзистора

Активная область, соответствующая пологой области ВАХ

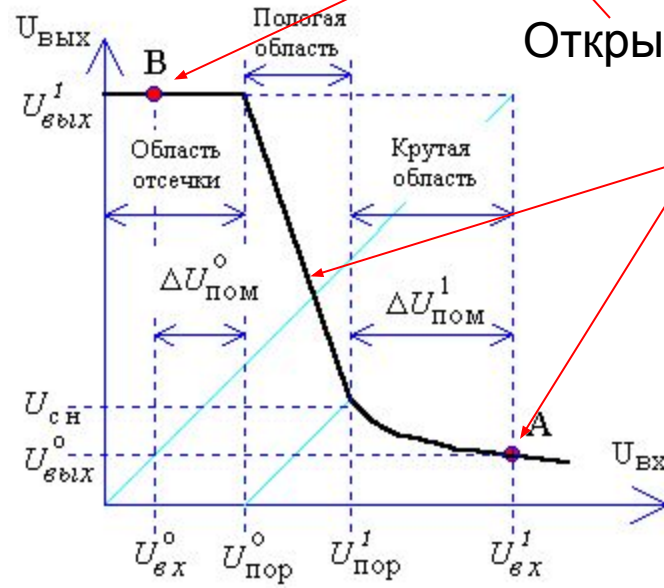
Крутая область ВАХ и максимальная проводимость канала.

# Рабочий режим инвертора



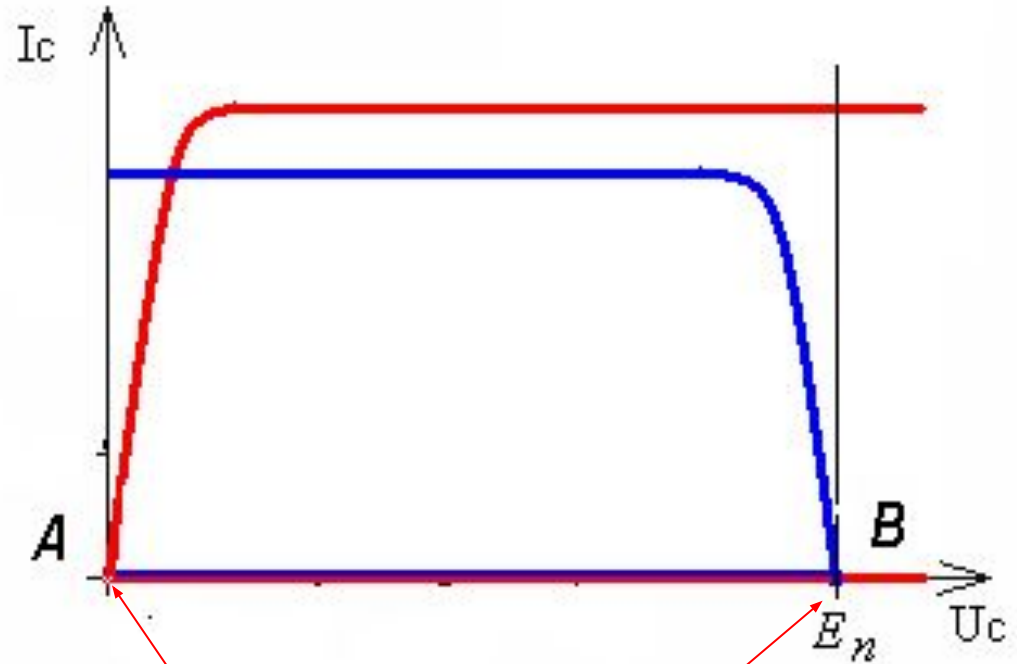
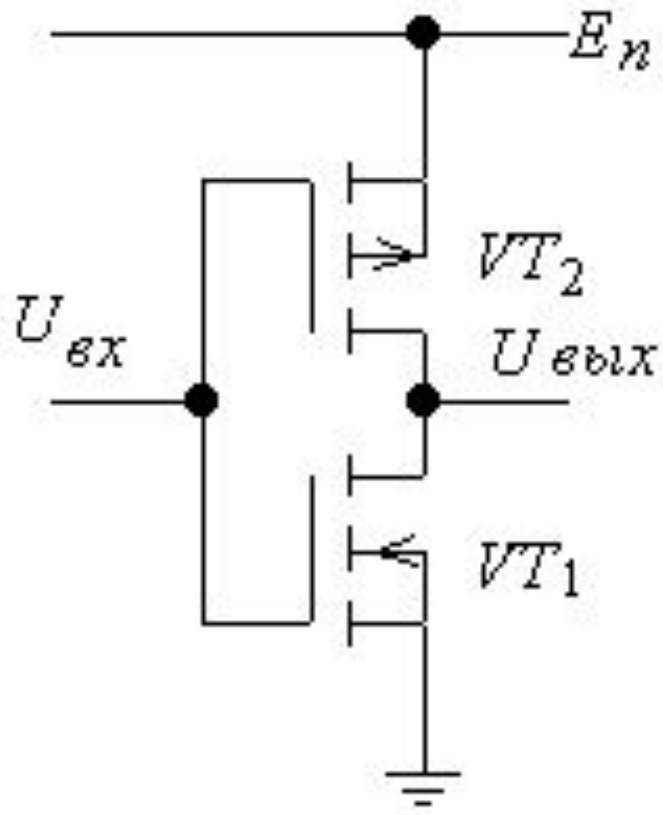
Закрытое состояние

Открытое состояние



$$K_u = \Delta U_{вых} / \Delta U_{вх} = -SR_c$$

# Инвертор на полевых транзисторах с нелинейной нагрузкой (КМОП технология)

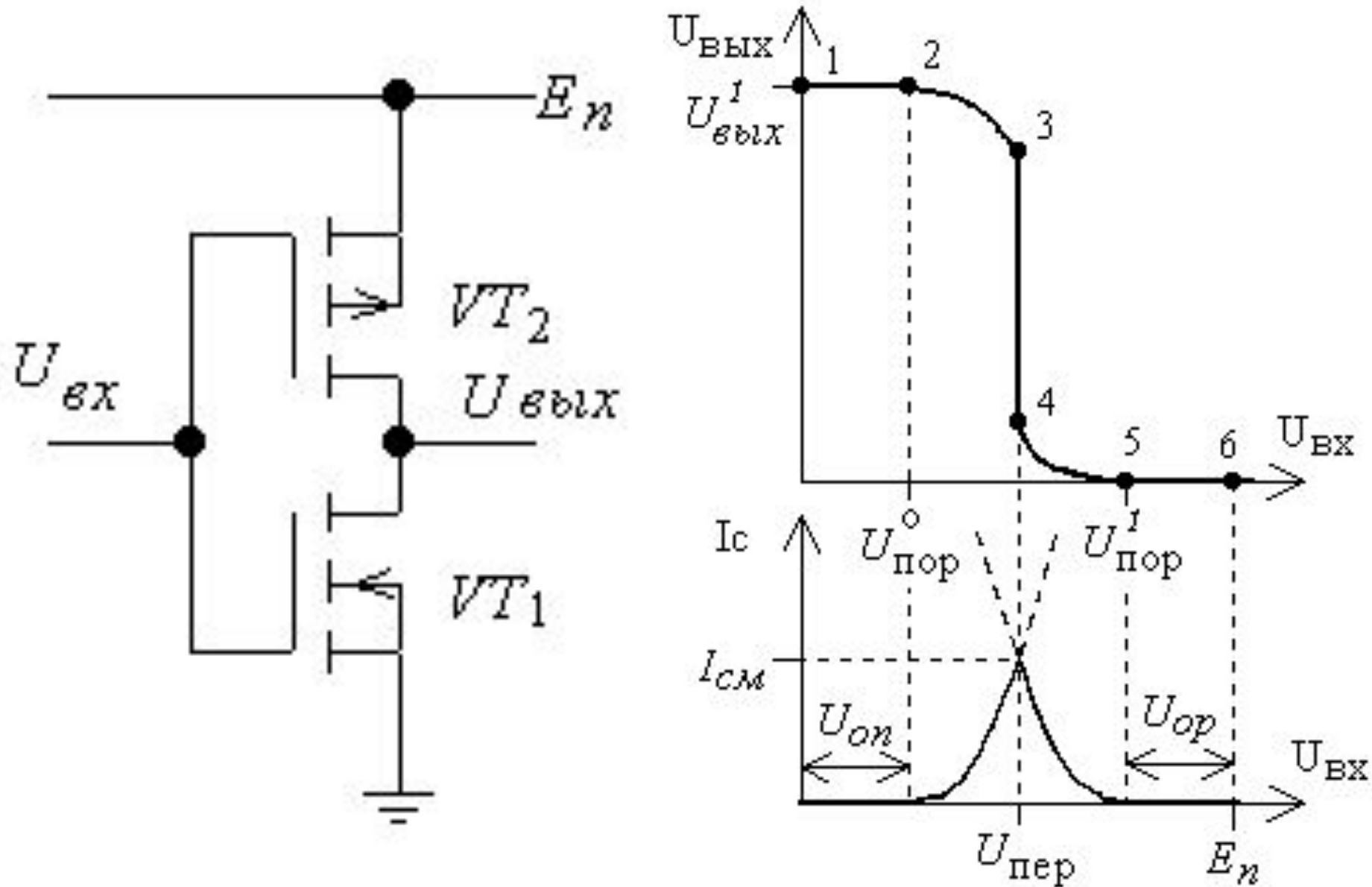


$$U_{\text{ВЫХ}}^1 = E_n - U_{\text{си2}} = E_{\text{П}}$$

$$U_{\text{ВЫХ}}^0 = U_{\text{си1}} \approx 0$$



# Передаточная характеристика КМОП-инвертора



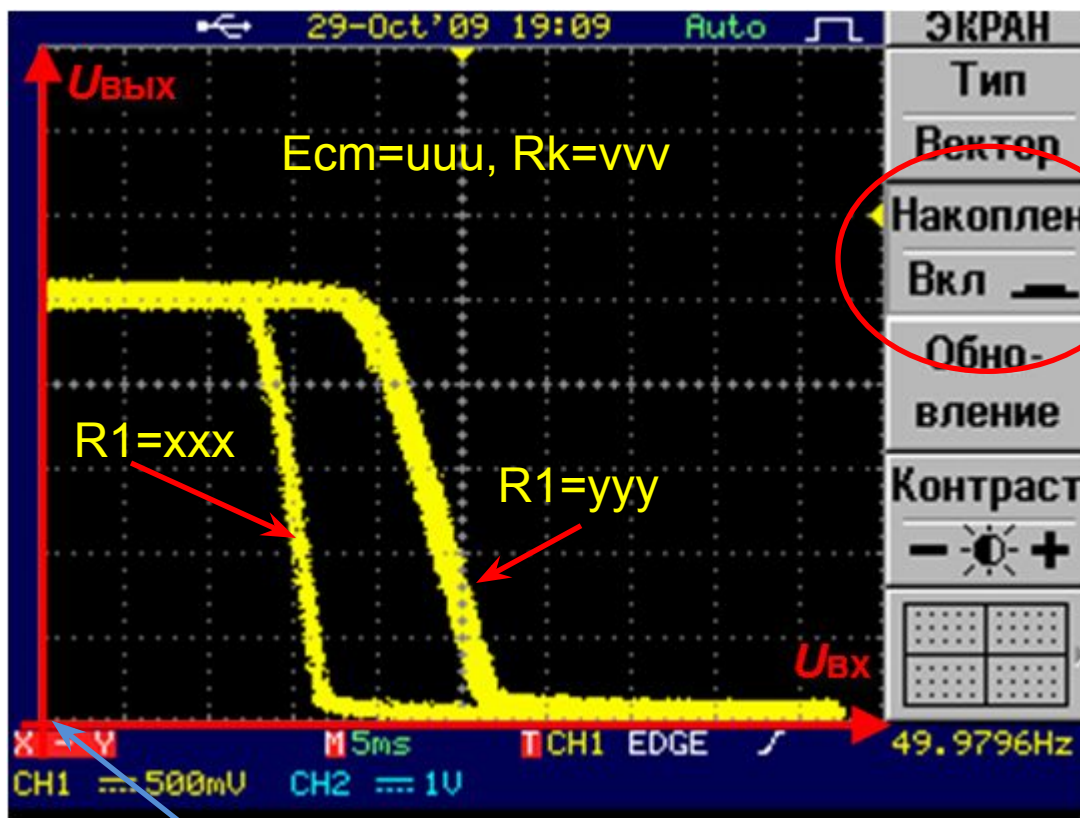
# Методические указания

Для исследования в схеме ключей переходных процессов на их входы подаются импульсы от генератора GFG-3015 с **выхода ТТЛ**.

**Параметры сигнала ТТЛ:  $U_{\text{ВЫХ}} = 5 \text{ В}$**

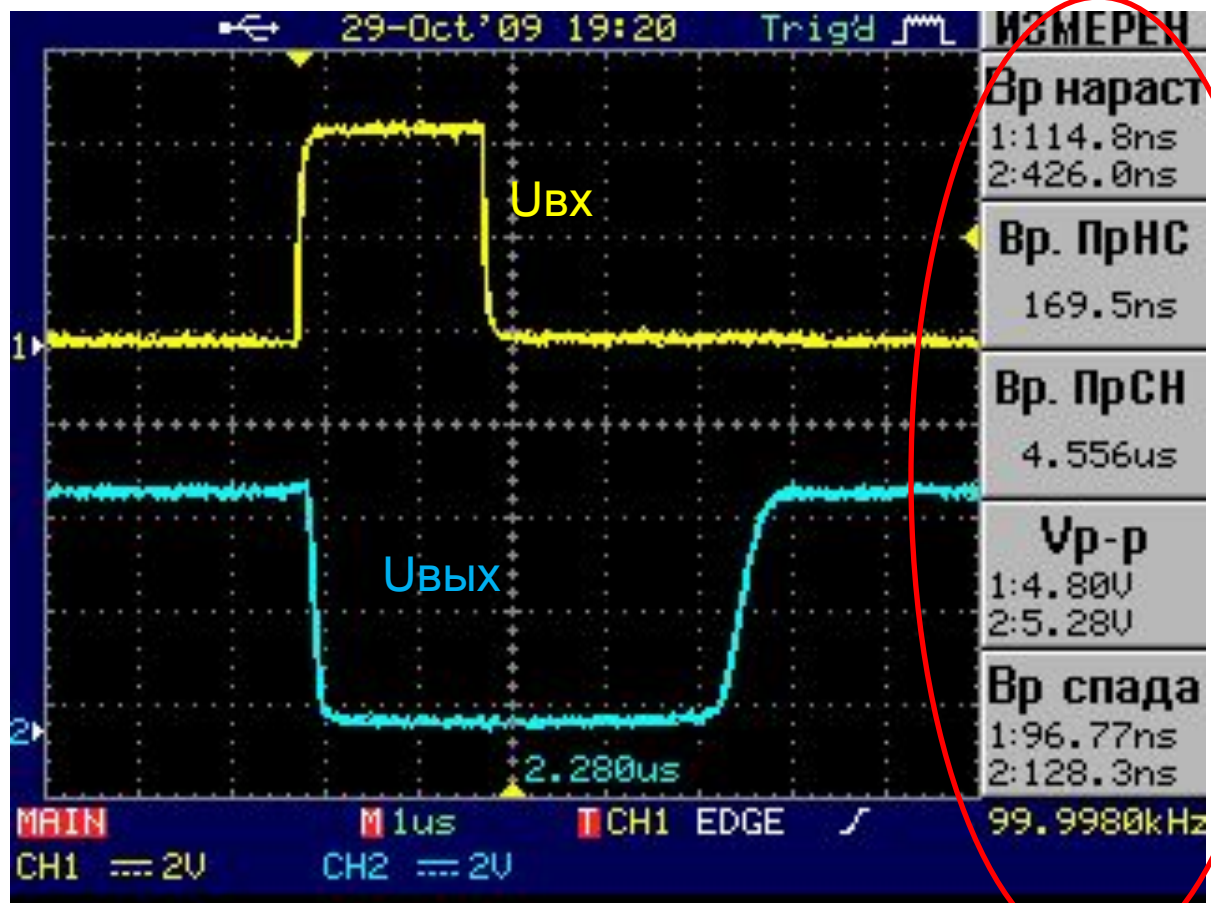


# Передаточная характеристика



Начало координат

# Переходные процессы



# Переходные процессы





09-Nov'09 18:12

Auto



ГОР.МЕНЮ

Основн  
разверт

Выдел.  
окна

Растяжка  
окна

Само-  
писец

X-Y

Линия равной  
передачи (ЛРП)

Упор0

Упер

Упор1

X - Y

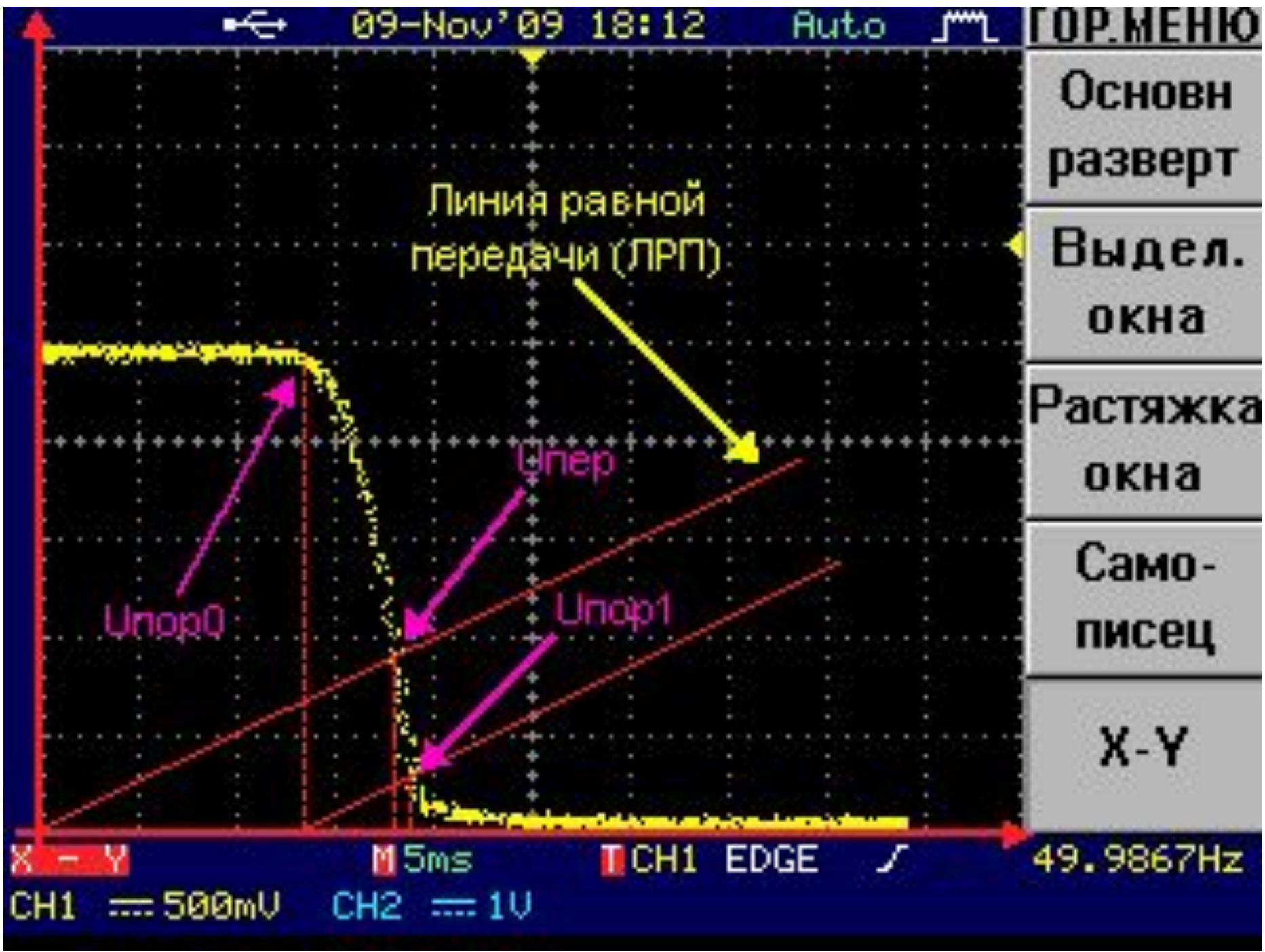
M 5ms

CH1 EDGE

49.9867Hz

CH1 == 500mV

CH2 == 1V





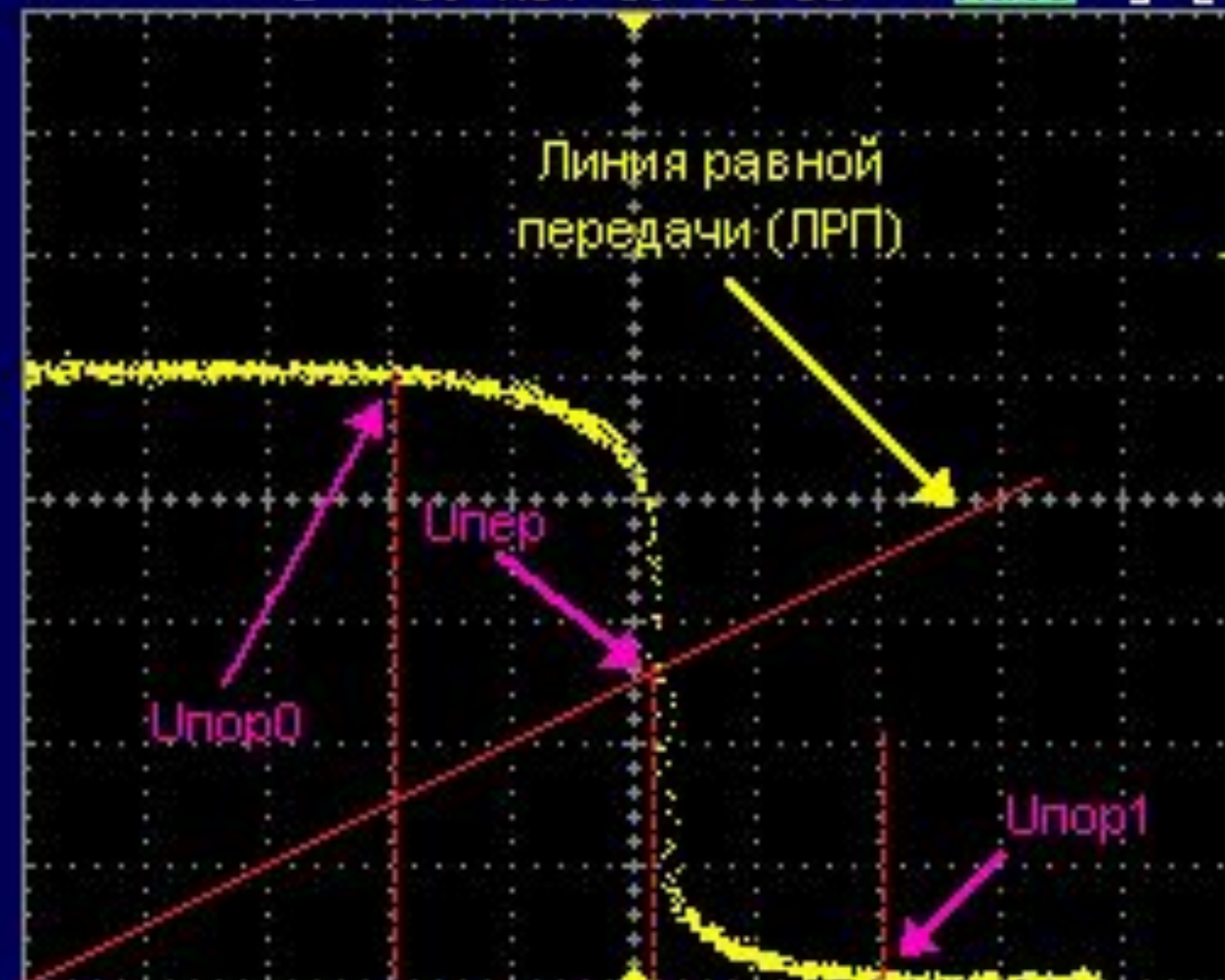
09-Nov'09 18:13

Auto



ГОР. МЕНЮ

Линия равной передачи (ЛРП)



Основн  
разверт

Выдел.  
окна

Растяжка  
окна

Само-  
писец

X-Y

X - Y

M 5ms

CH1 EDGE

49.9834Hz

CH1 = 500mV

CH2 = 1V





10-Nov'09 19:58

Auto



ЭКРАН

$U_{\text{ВЫХ}}$

Схема с резистивной  
нагрузкой

КМОП инвертор

$U_{\text{ВХ}}$

Тип

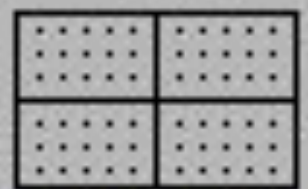
Вектор

Накоплен

Вкл

Обно-  
вление

Контраст



X - Y

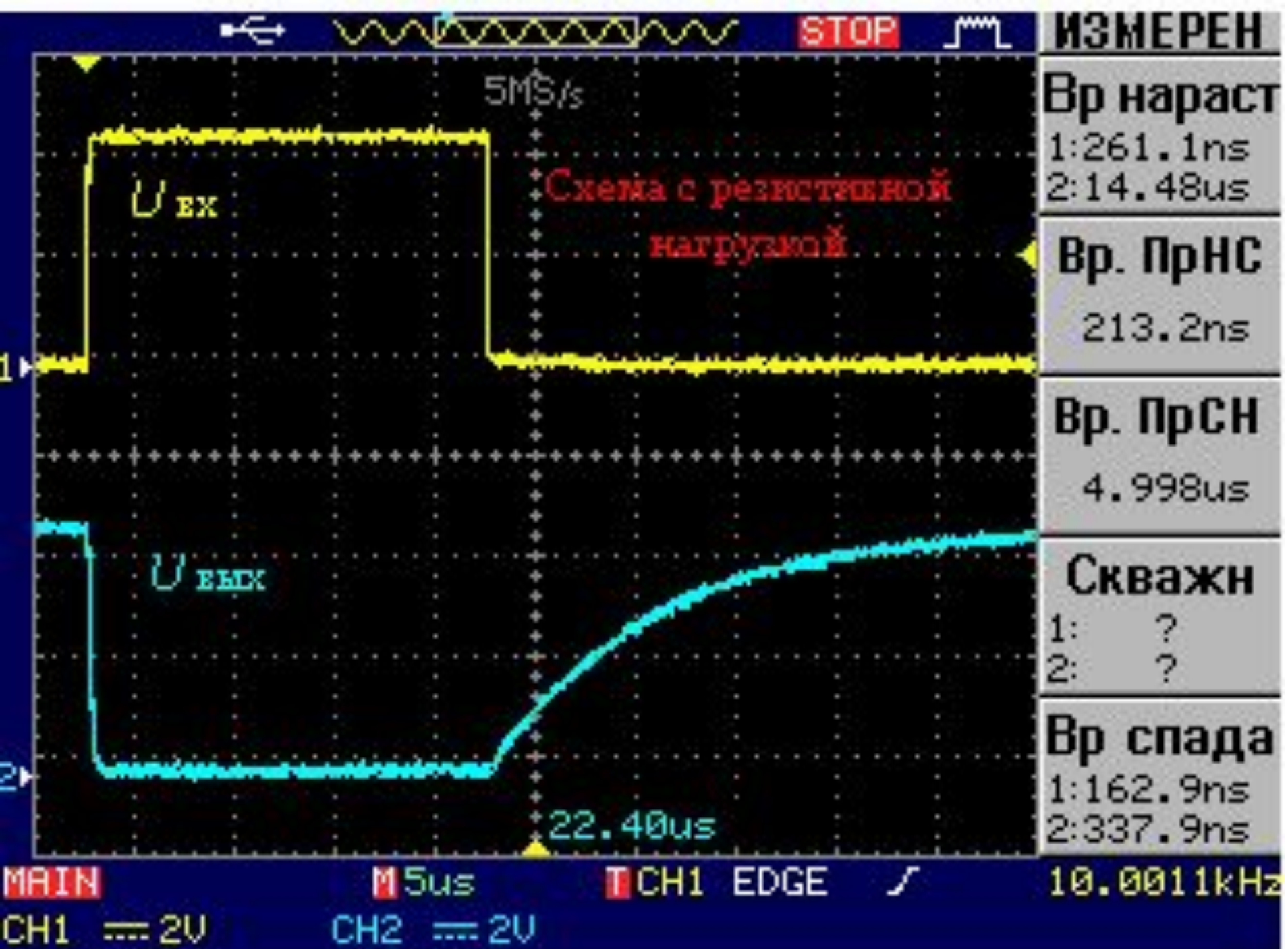
M 5ms

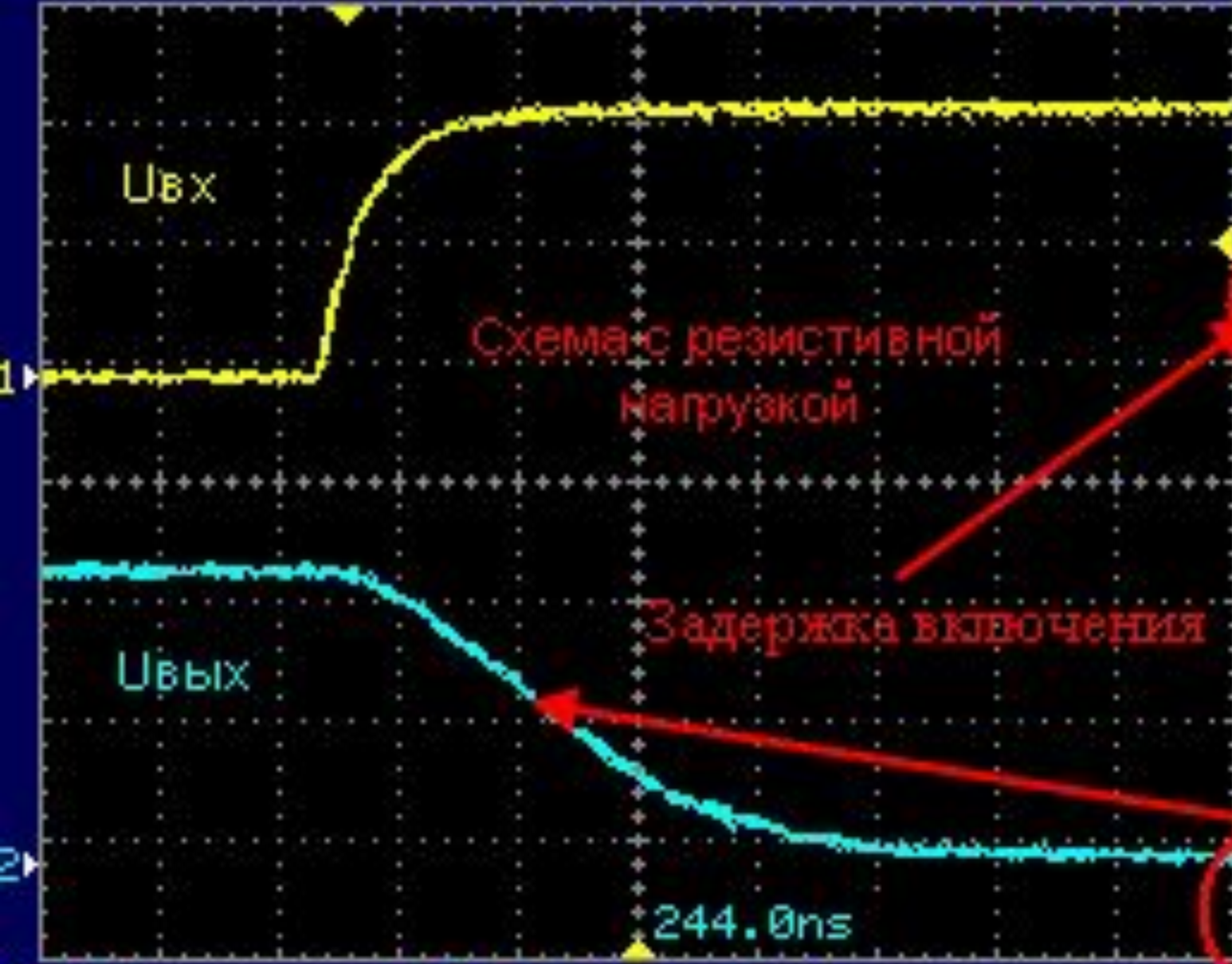
CH1 EDGE

49.9894Hz

CH1 == 500mV

CH2 == 1V





Вр нараст	1: 88.32ns
2:	?

Вр. ПрНС	164.2ns
----------	---------

Вр. ПрСН	-299.8ns
----------	----------

Скважн	1: ?
2:	?

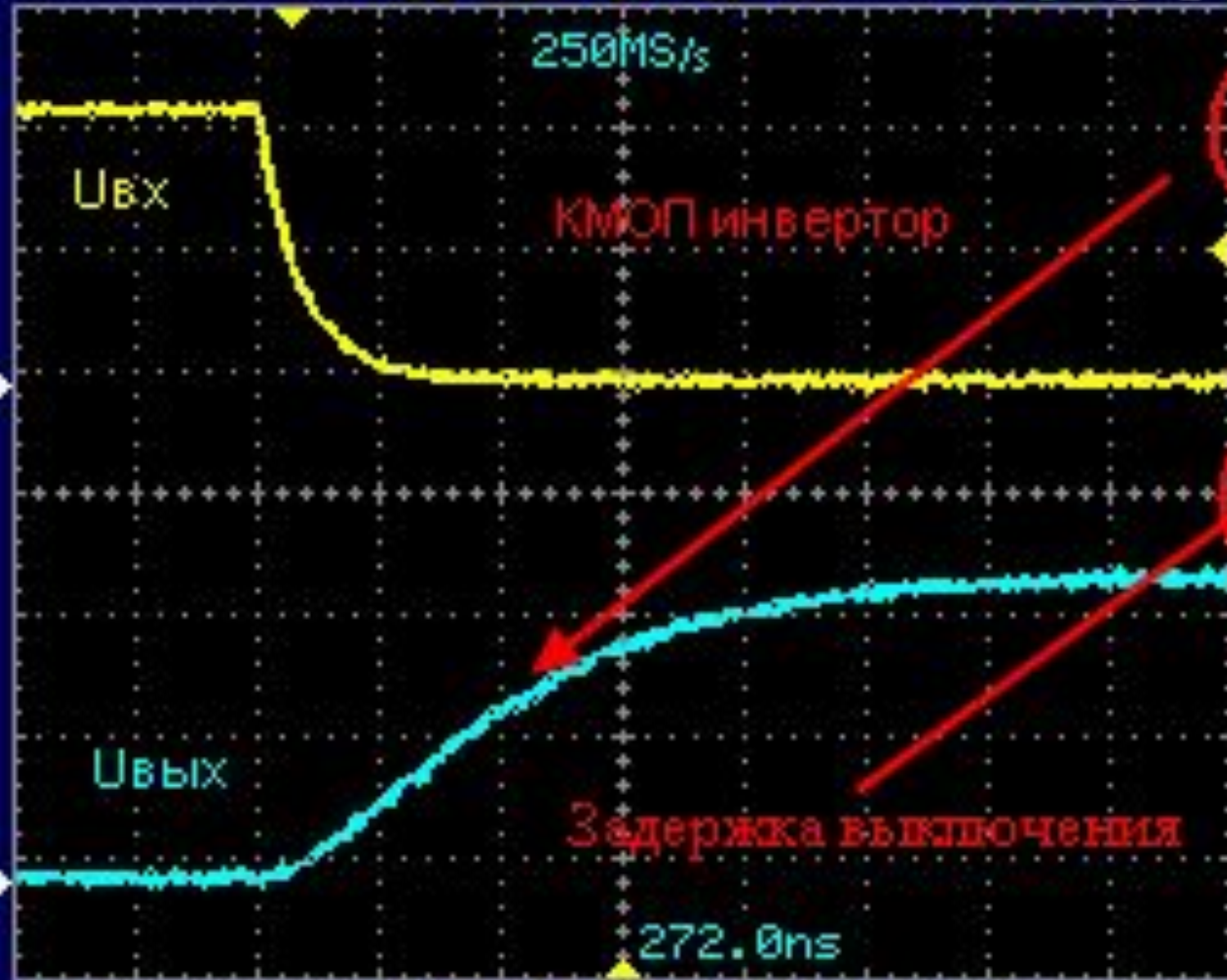
Вр спада	1: ?
2:	276.6ns



10-Nov'09 19:49

Trig'd

ИЗМЕРЕН



Вр нараст  
1: ?  
2: 347.2ns

Вр. прИС  
-256.4ns

Вр. ПрСН  
153.0ns

Скважн  
1: ?  
2: ?

Вр спада  
1: 79.73ns  
2: ?