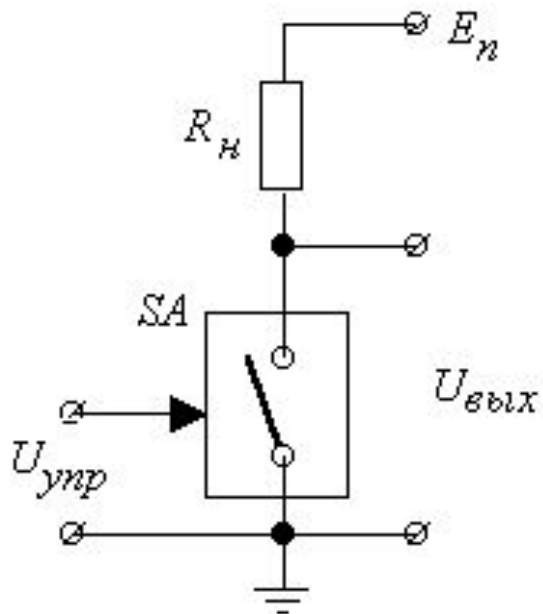


Лабораторная работа № 10

Электронные ключи на биполярных транзисторах

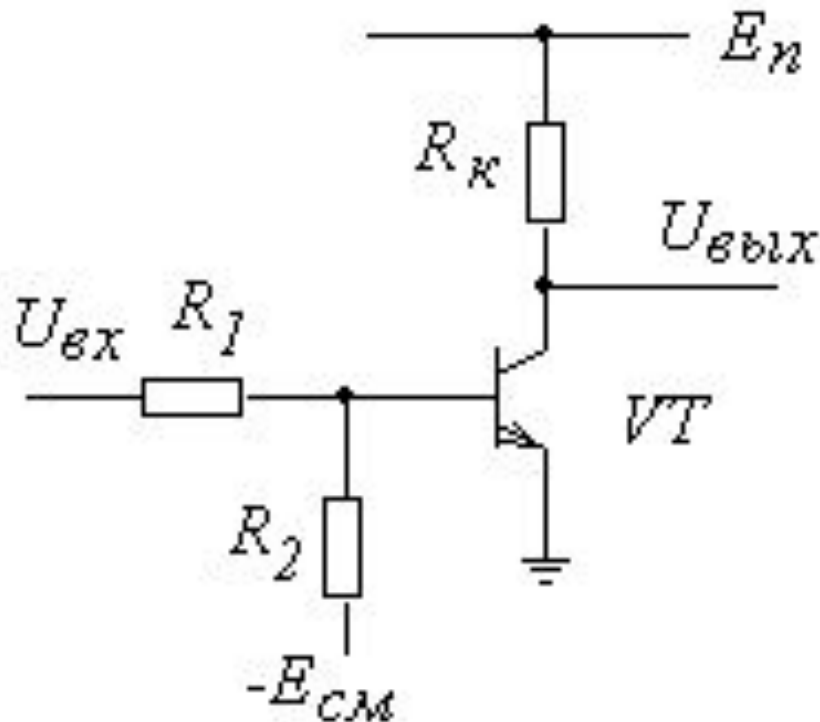
Какими свойствами должен обладать электронный ключ в состоянии **ВЫКЛЮЧЕНО** ?



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

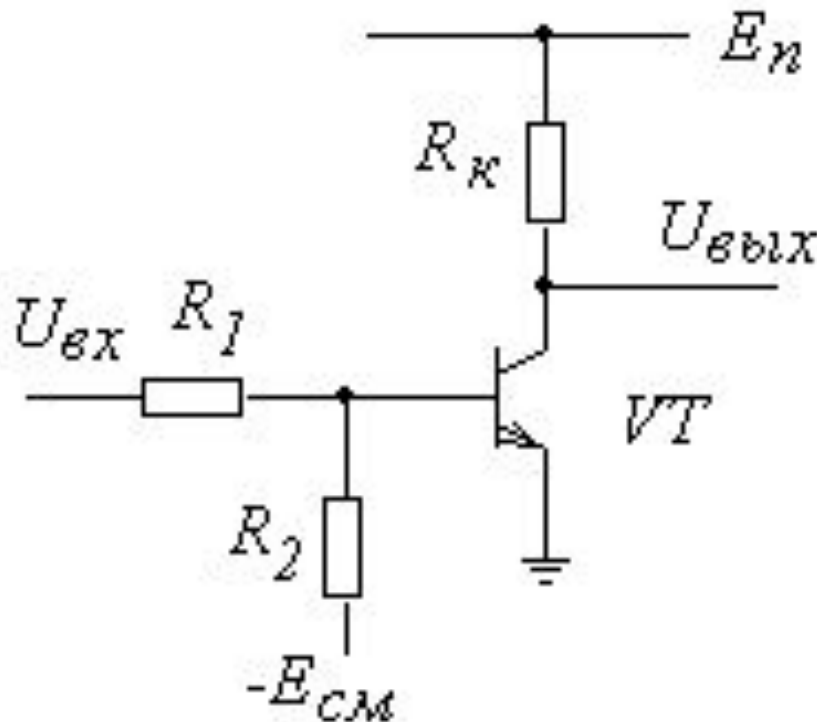
$$I_{\text{КЛ ВЫКЛ}} \rightarrow 0$$

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



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

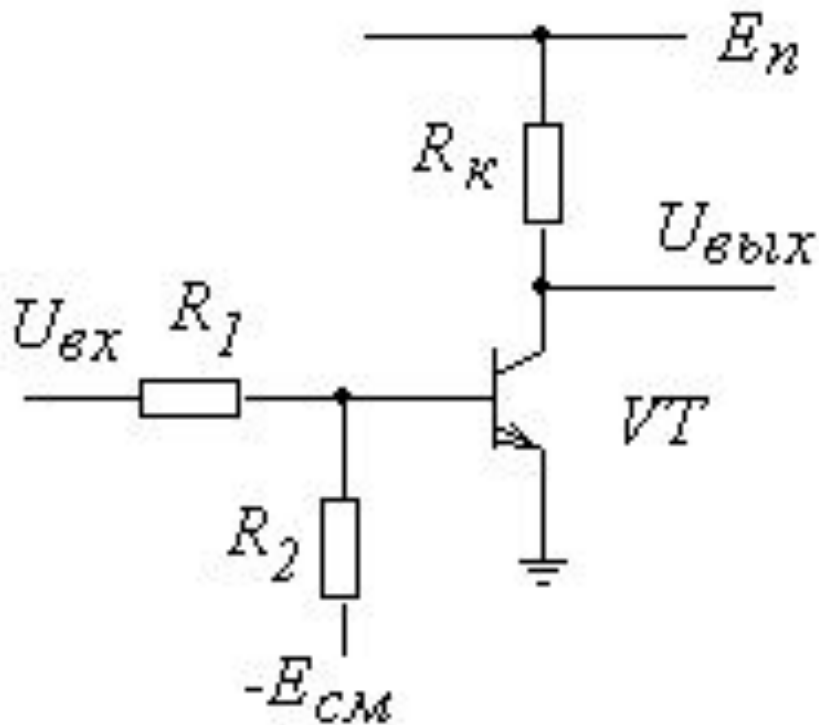
Критерий режима отсечки ?



$$U_{э} < 0$$

$$U_{к} < 0$$

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

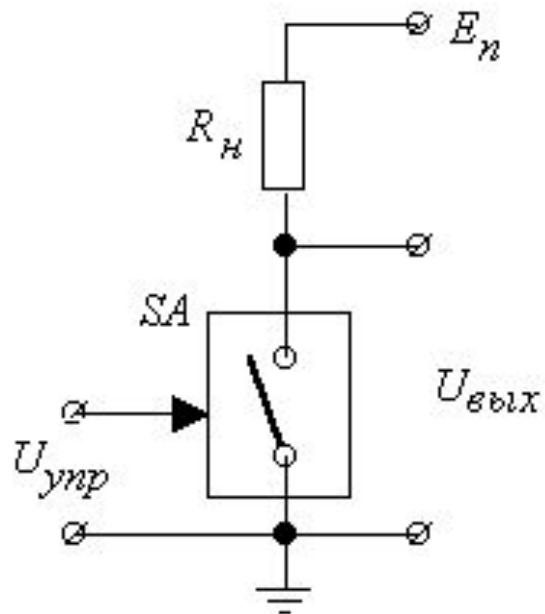


$$U_{\text{к}} < 0 \qquad U_{\text{э}} < 0$$

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

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

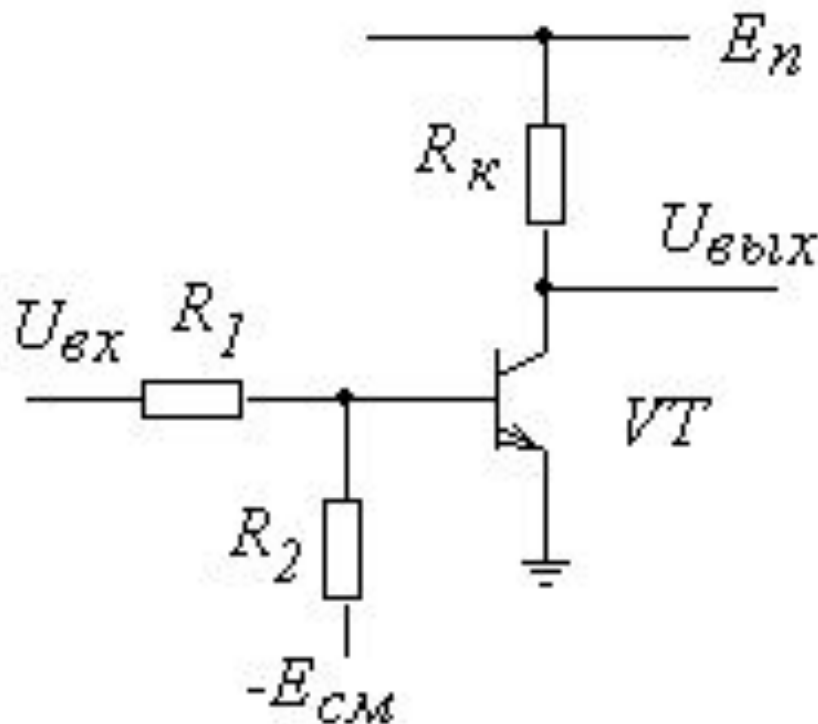
Какими свойствами должен обладать электронный ключ в состоянии **ВКЛЮЧЕНО** ?



$$R_{\text{КЛ ВКЛ}} \rightarrow 0$$

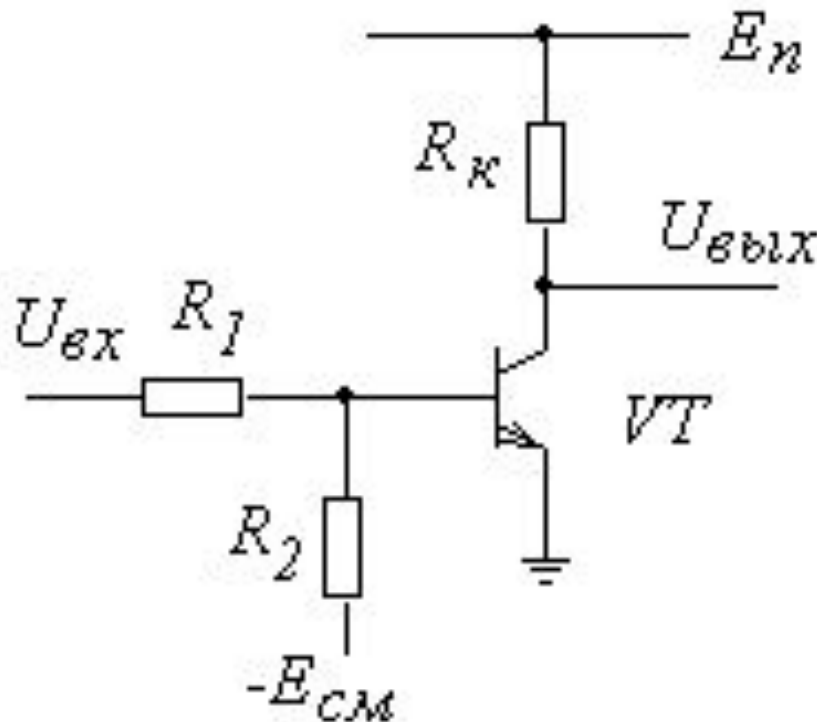
$$U_{\text{КЛ ВКЛ}} \rightarrow 0$$

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



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

Критерий режима **насыщения** ?

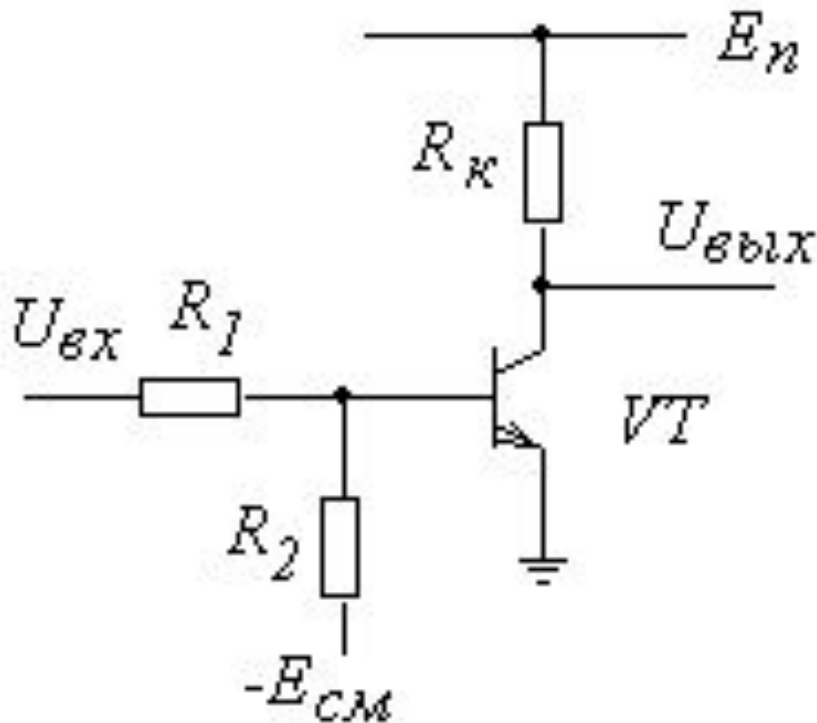


$$U_{э} > 0$$

$$U_{к} > 0$$

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

Токовый критерий насыщения ?



$$U_{\text{э}} > 0$$

$$U_{\text{к}} > 0$$

$$I_{\text{б}} > I_{\text{б гр}}$$

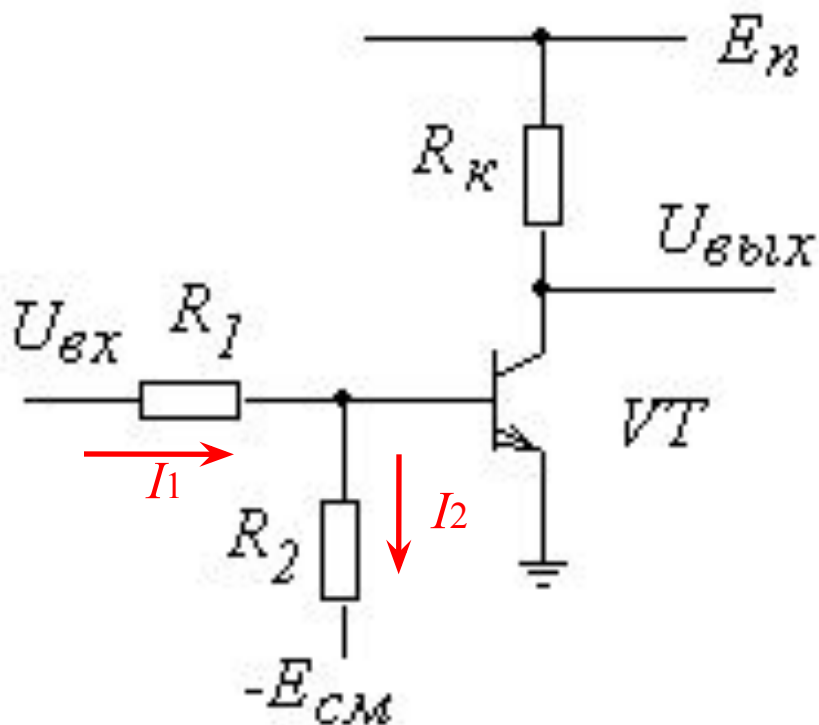
Расшифруйте это условие: $I_{\text{б}} > I_{\text{б гр}}$

$$I_{\text{б}} = I_1 - I_2$$

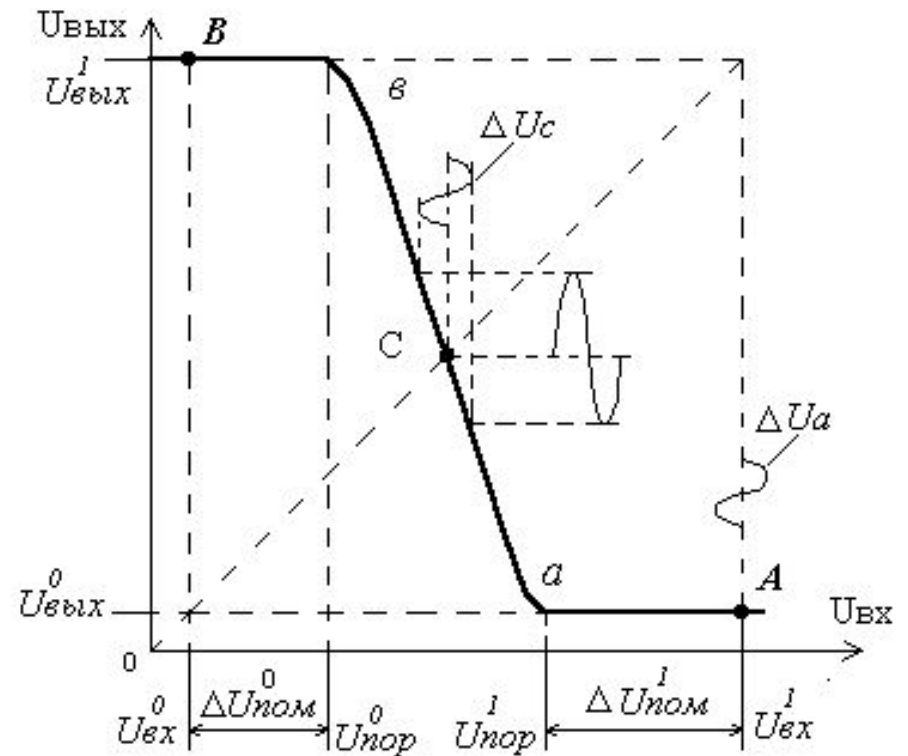
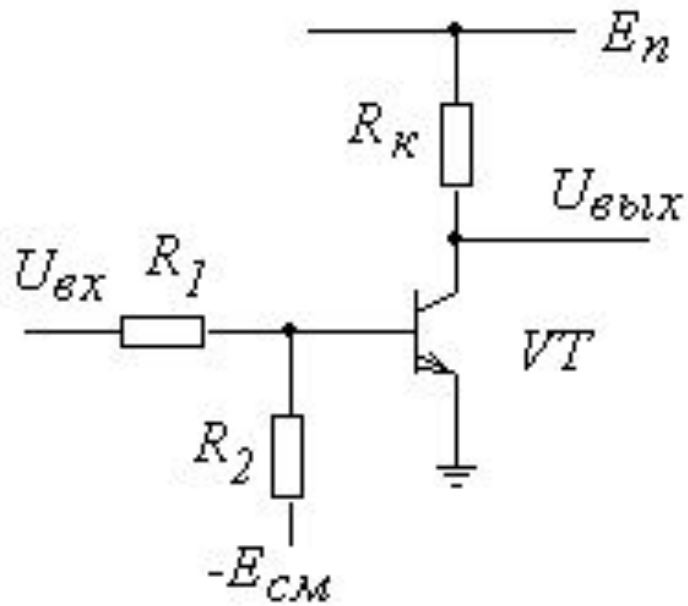
$$I_1 = \frac{U_{\text{вх}} - U_{\text{бн}}}{R_1}$$

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

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

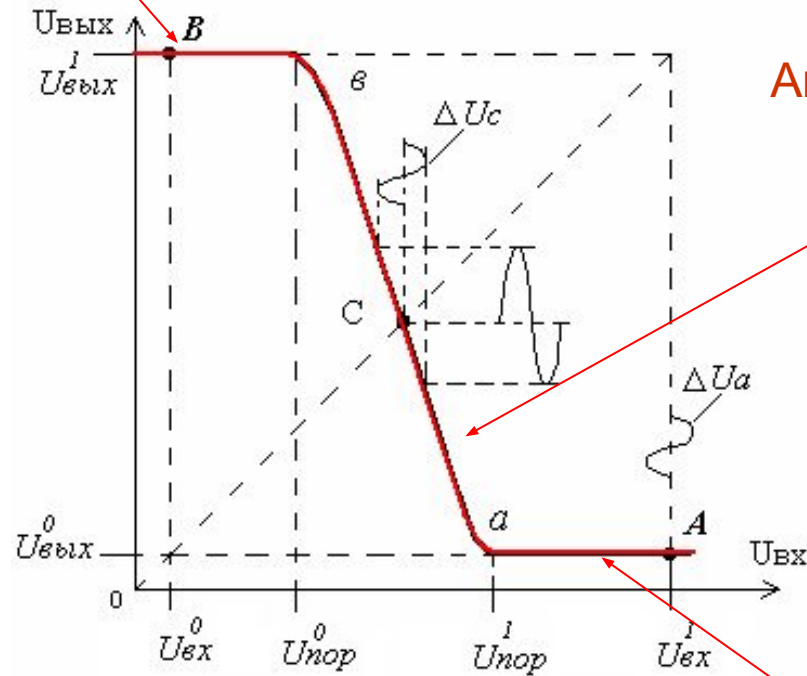
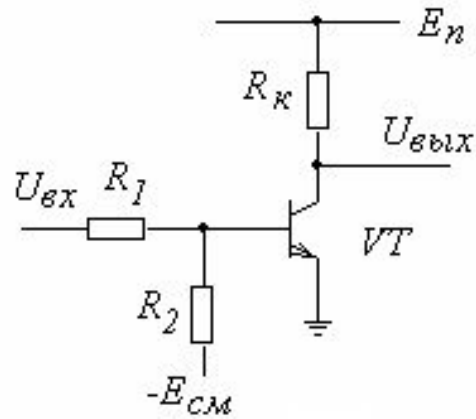


Нарисовать передаточную характеристику инвертора.



Передаточная характеристика инвертора

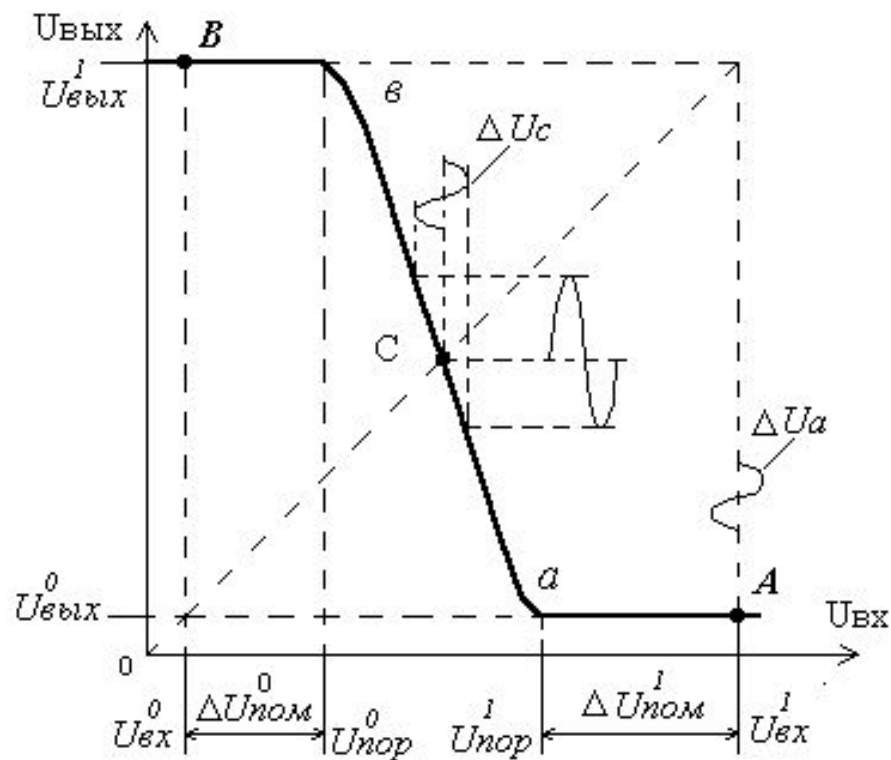
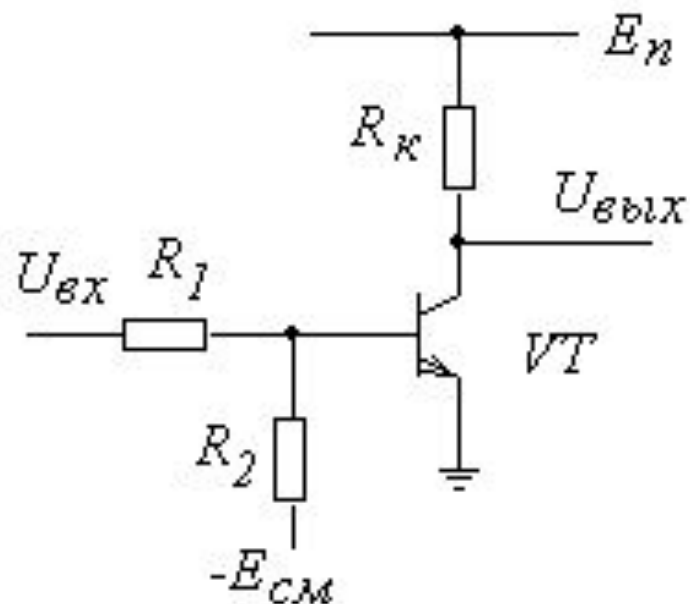
Режим отсечки



Активный режим

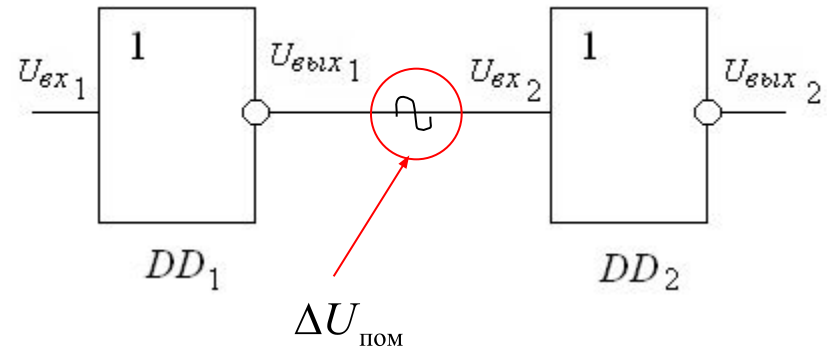
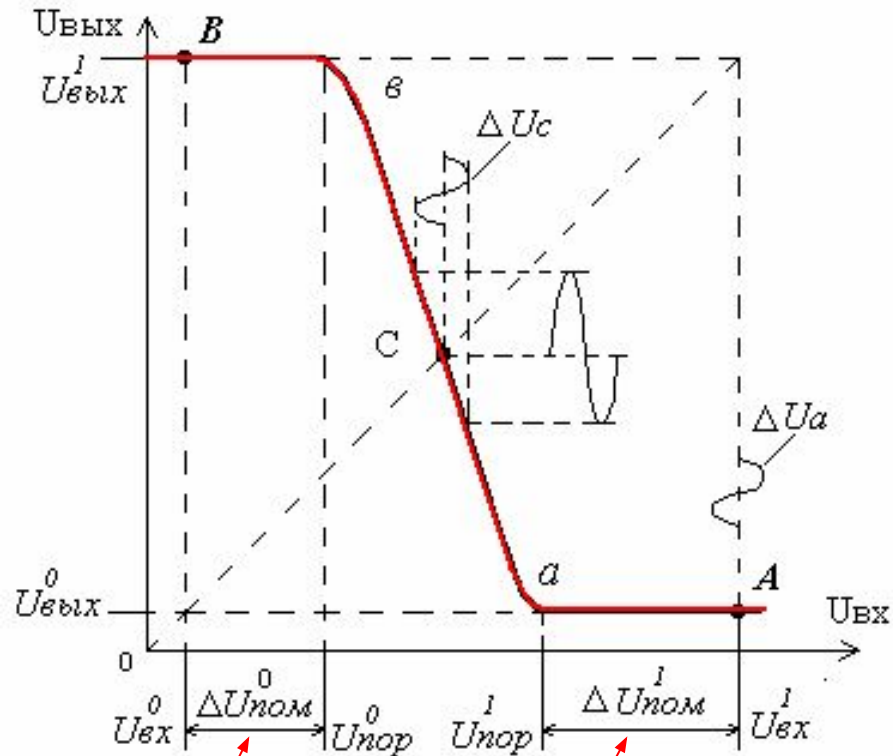
Режим насыщения

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

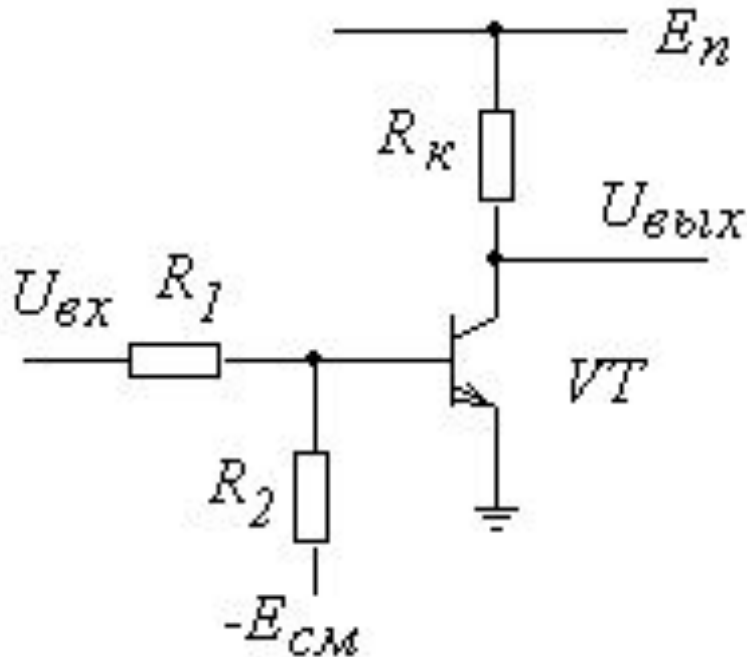


$$\Delta U_{\text{пом}}^0$$

$$\Delta U_{\text{пом}}^1$$

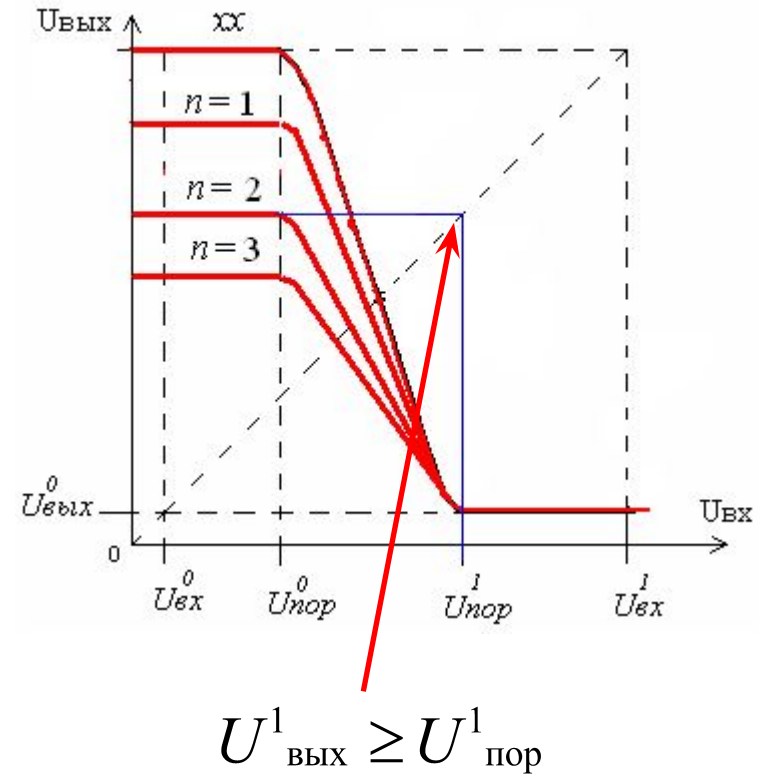
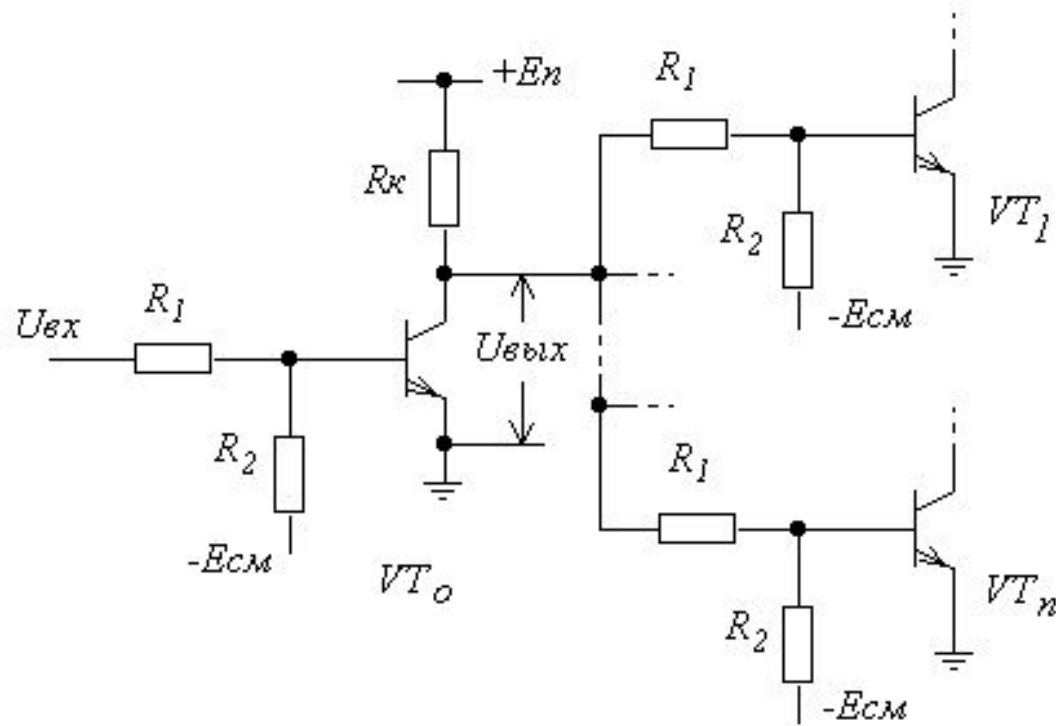
Помехоустойчивость - это максимально допустимое напряжение помехи, действующей на входе ключа наряду с регулярным сигналом, при которой еще не происходит изменение логических (информационных) состояний схемы.

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.

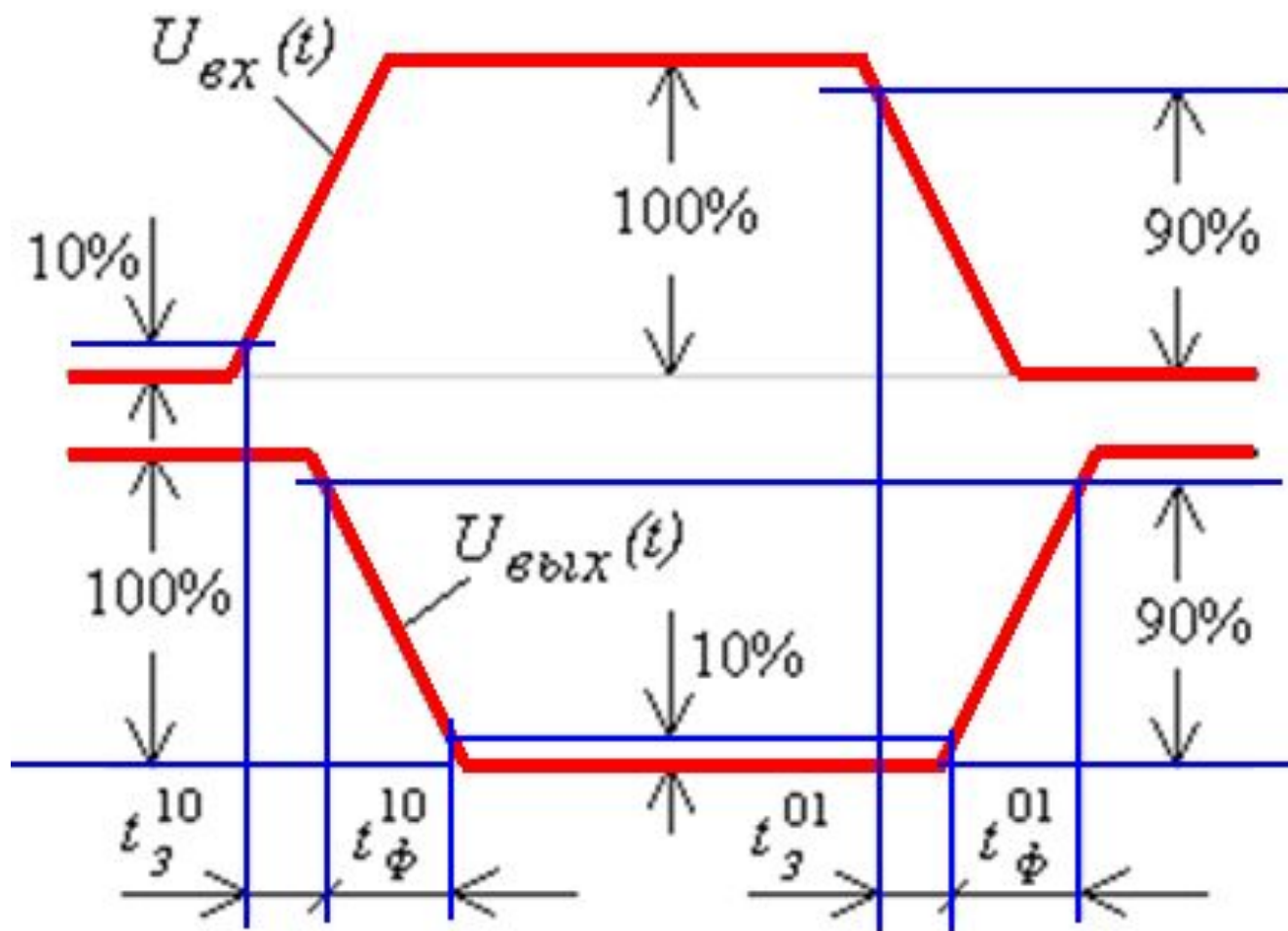
Нагрузочная способность инвертора



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

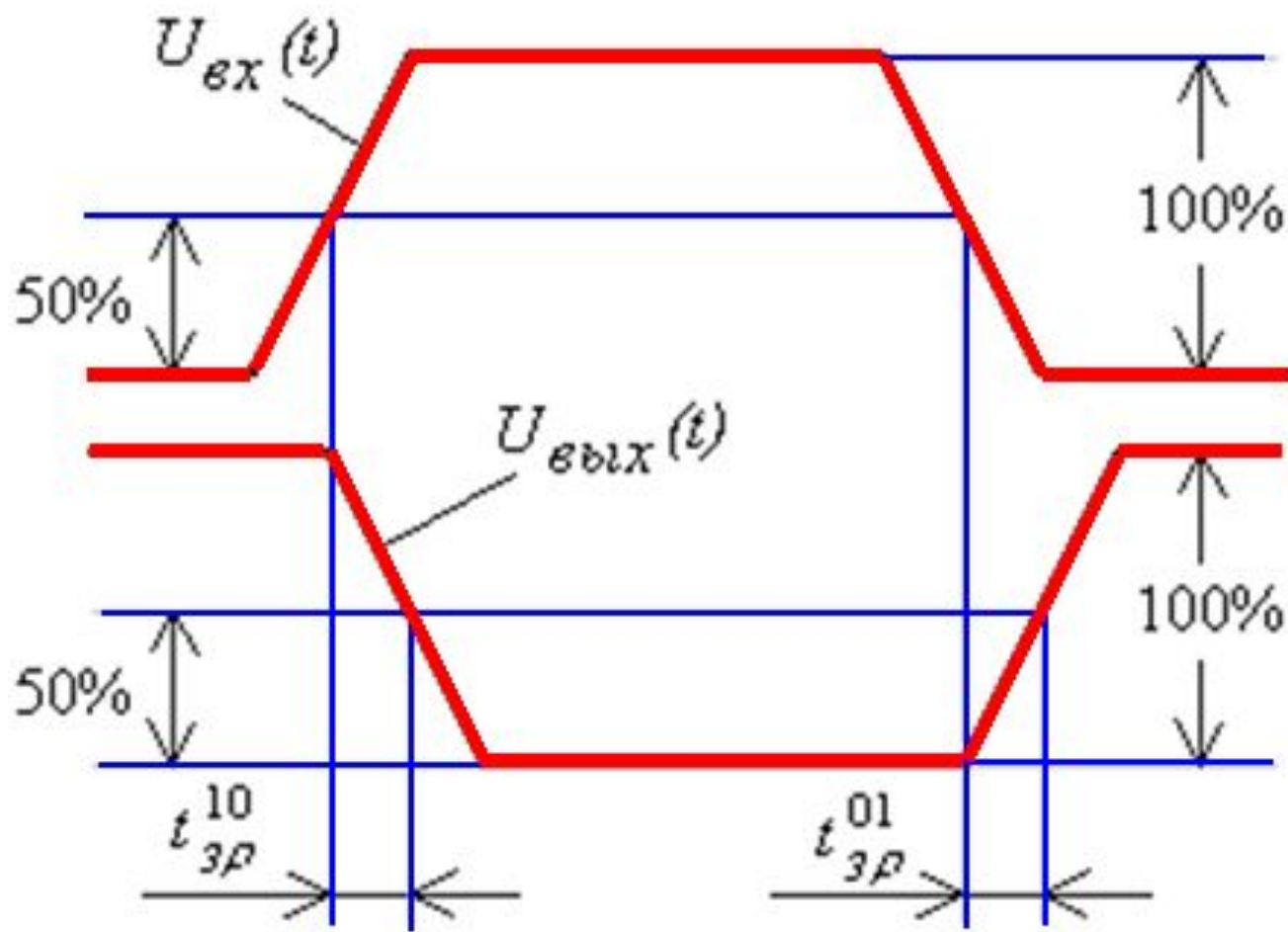
Как экспериментально определить быстродействие ключа ?

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

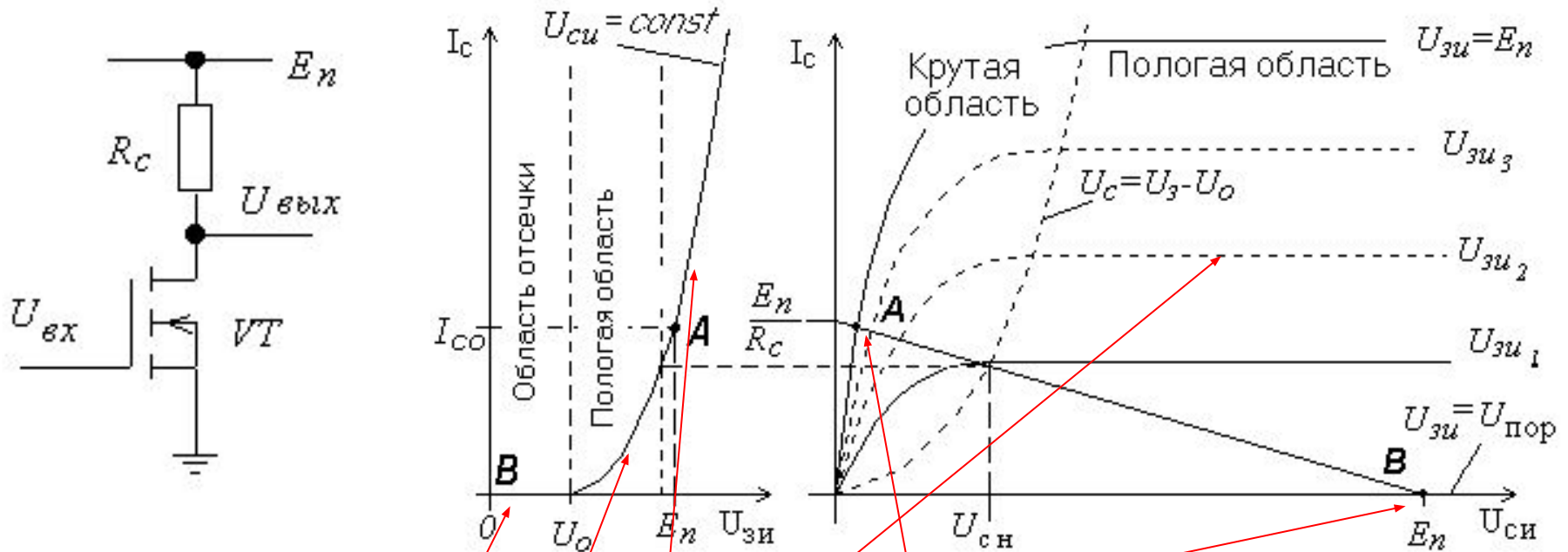
2. Меньше стоимость ИС

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

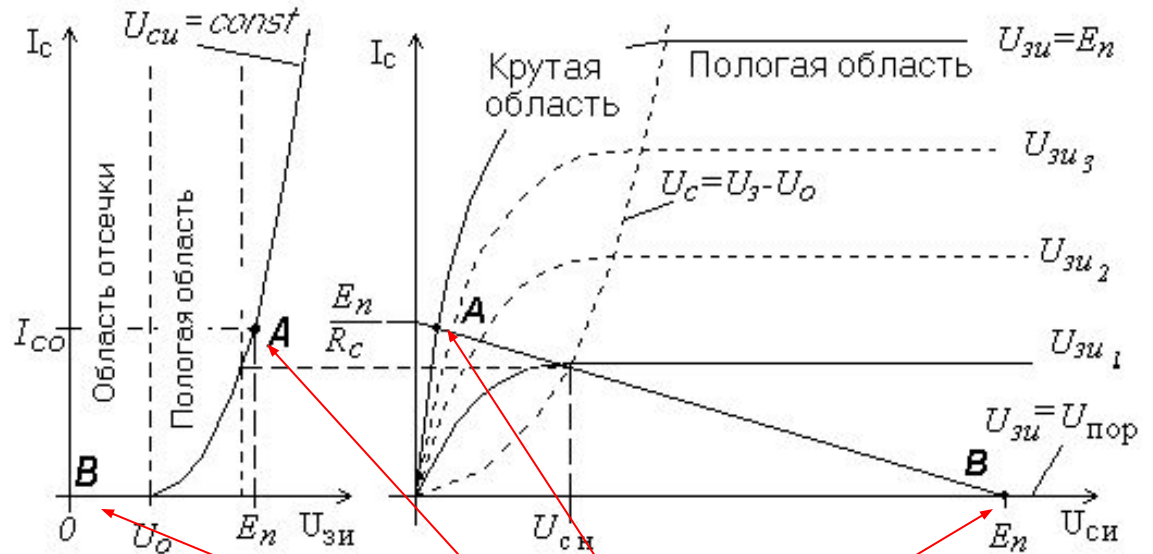
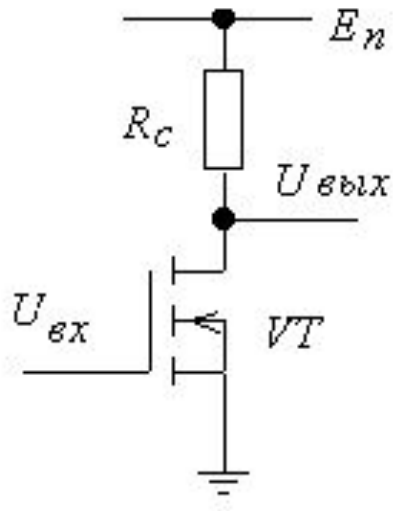


Область отсечки, соответствующая режиму закрытого транзистора

Активная область, соответствующая пологой области ВАХ

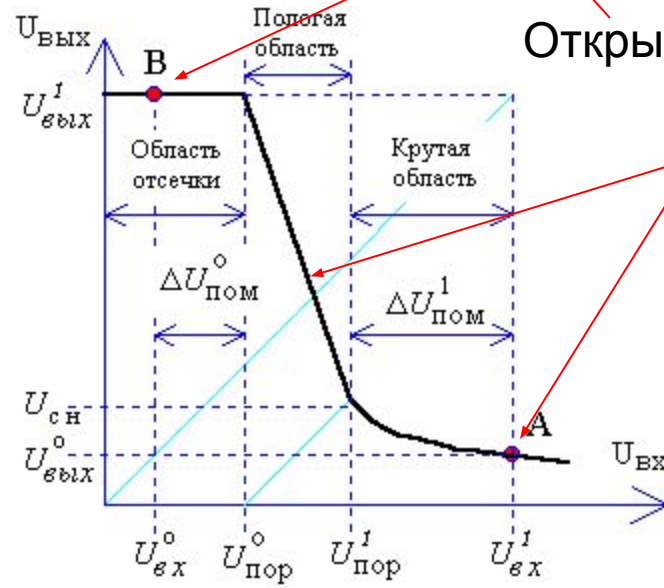
Крутая область ВАХ и максимальная проводимость канала.

Рабочий режим инвертора



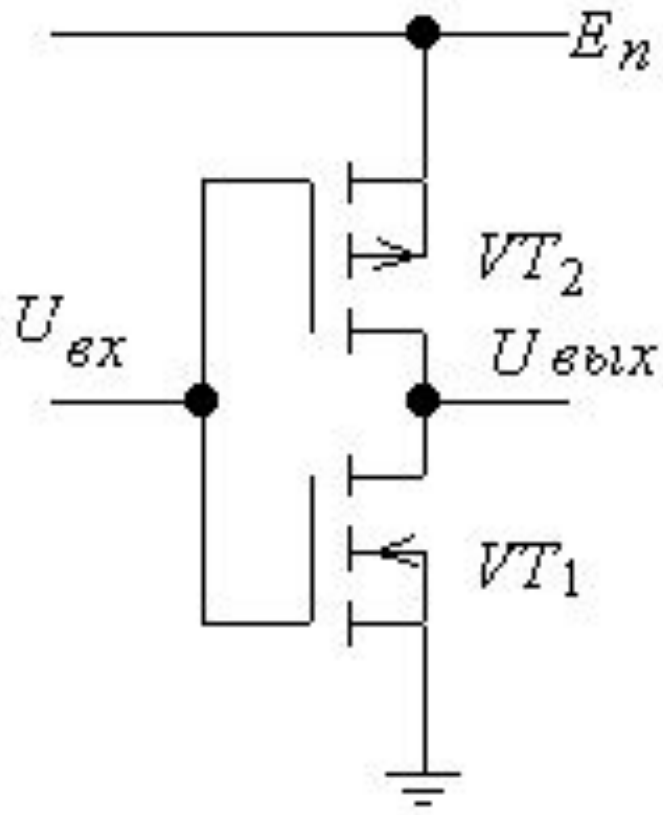
Закрытое состояние

Открытое состояние



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

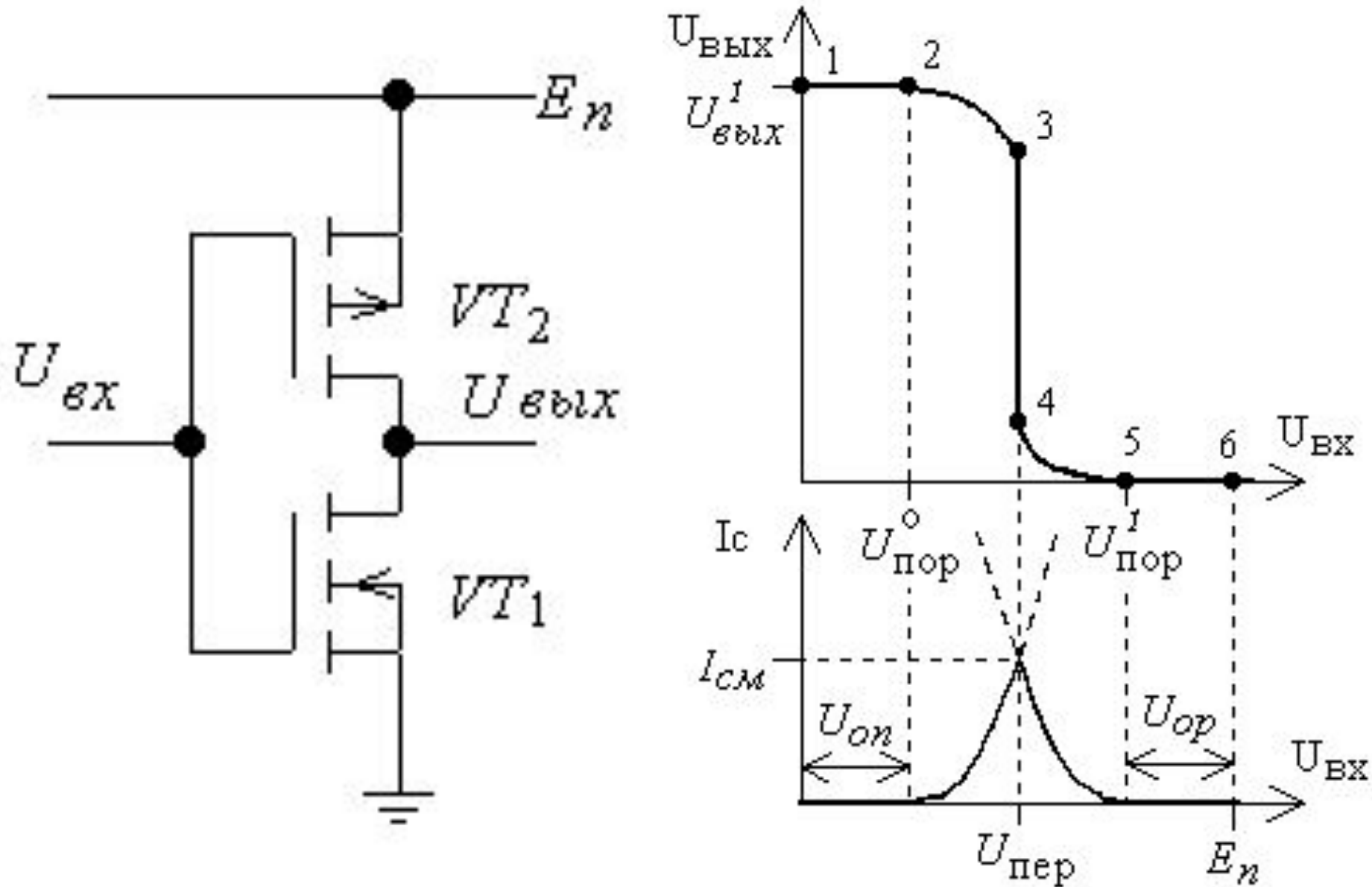
Инвертор на полевых транзисторах с нелинейной нагрузкой (КМОП технология)



$$U_{\text{ВЫХ}}^1 = E_n - U_{\text{СИ2}} = E_{\text{П}}$$

$$U_{\text{ВЫХ}}^0 = U_{\text{СИ1}} \approx 0$$

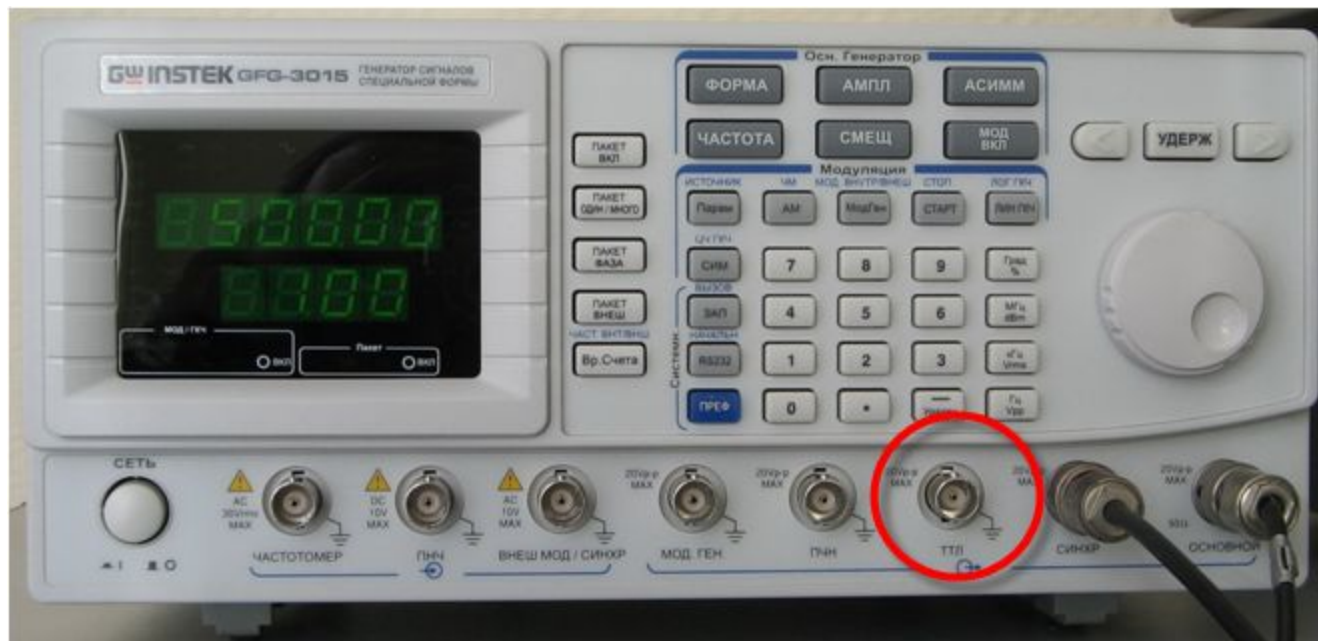
Передаточная характеристика КМОП-инвертора



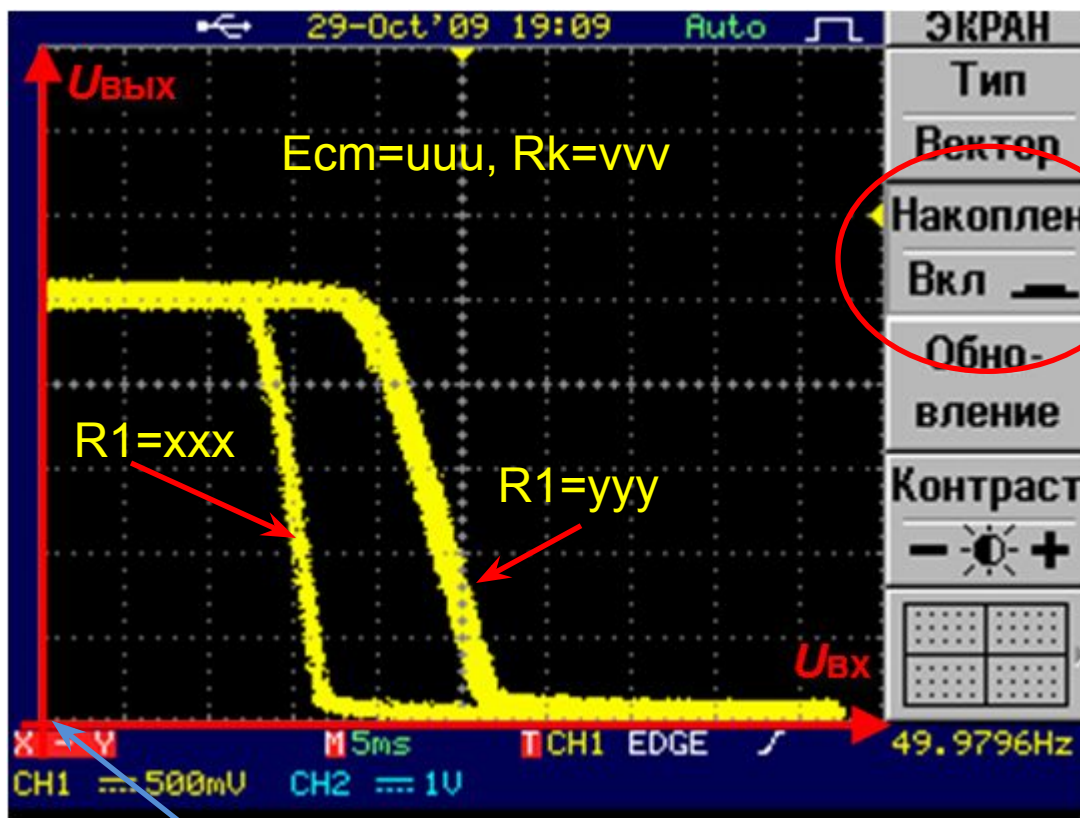
Методические указания

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

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

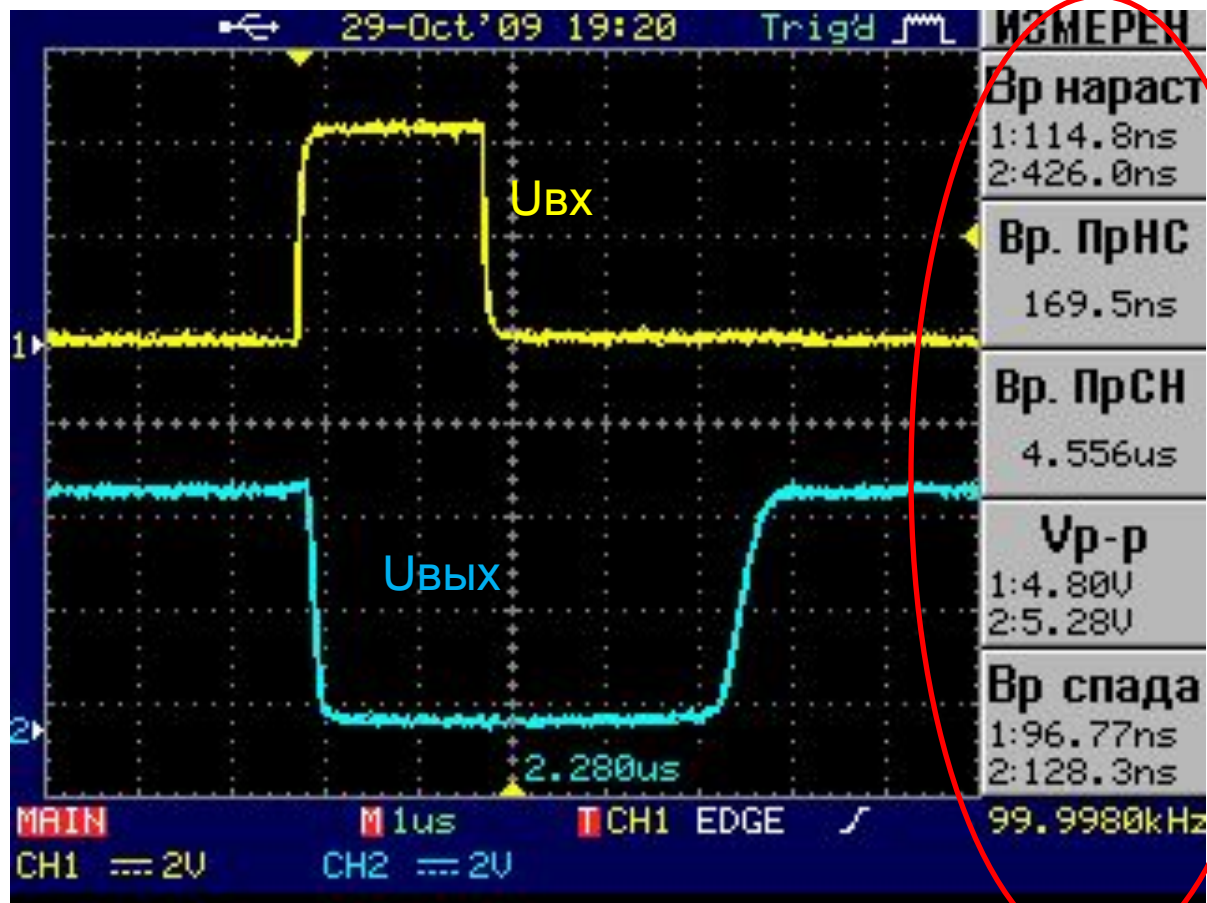


Передаточная характеристика



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

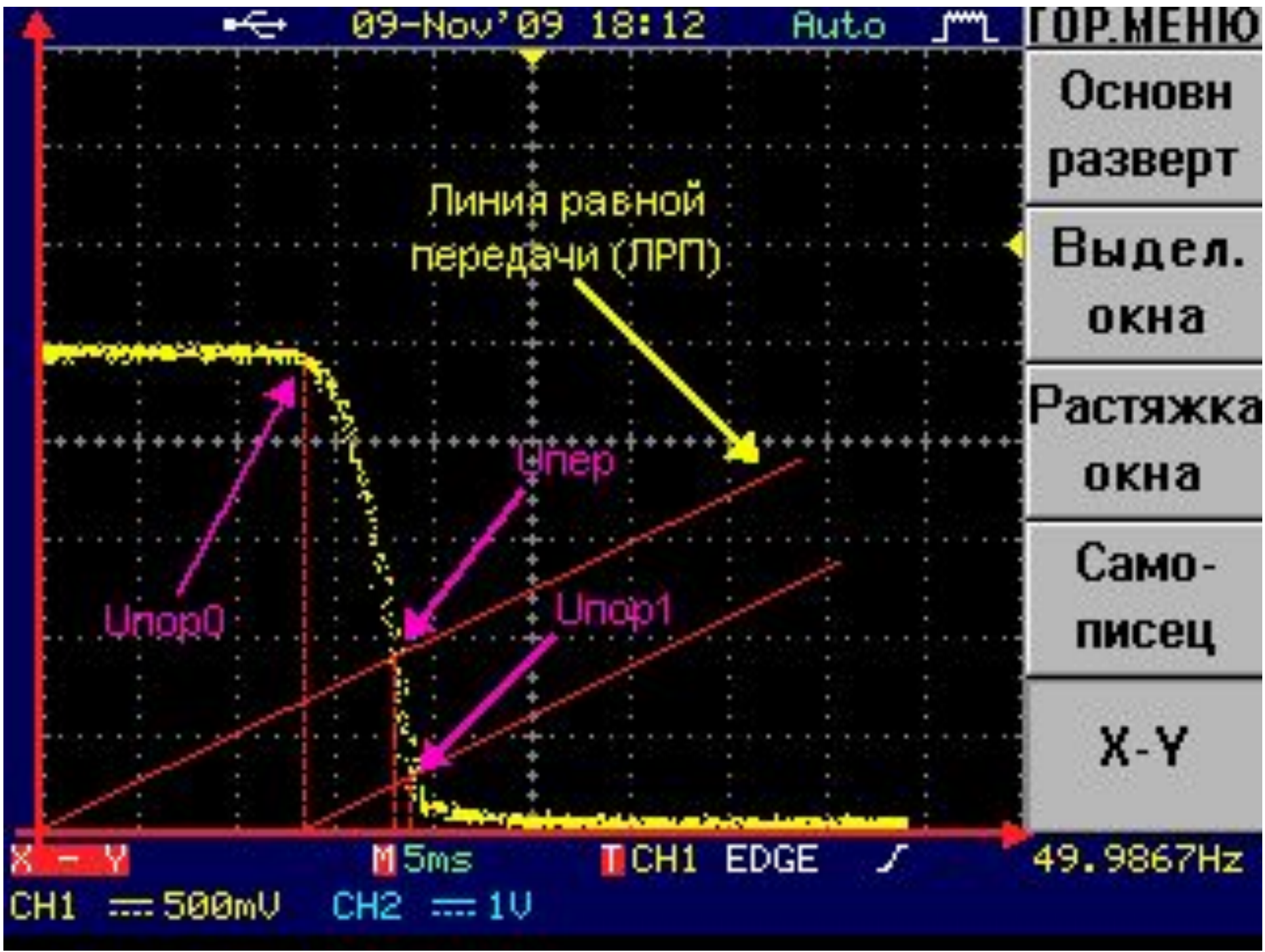
M 5ms

CH1 EDGE

49.9867Hz

CH1 == 500mV

CH2 == 1V





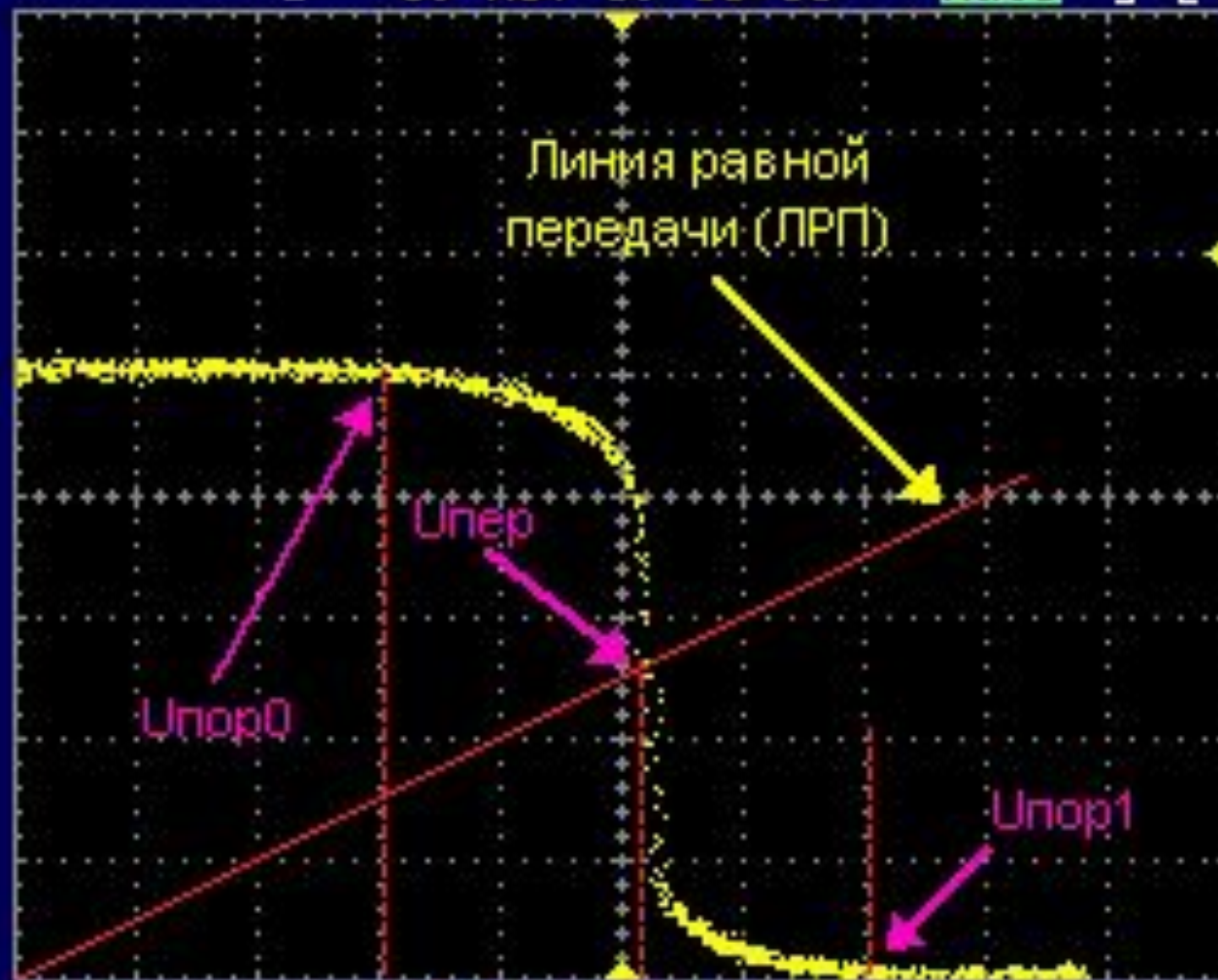
09-Nov'09 18:13

Auto



ГОР.МЕНЮ

Линия равной
передачи (ЛРП)



Основн
разверт

Выдел.
окна

Растяжка
окна

Само-
писец

X-Y

X - Y

M 5ms

T 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

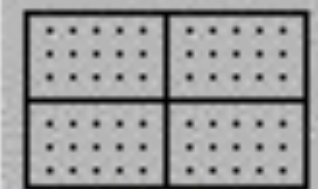
Вектор

Накоплен

Вкл

Обно-
вление

Контраст



X - Y

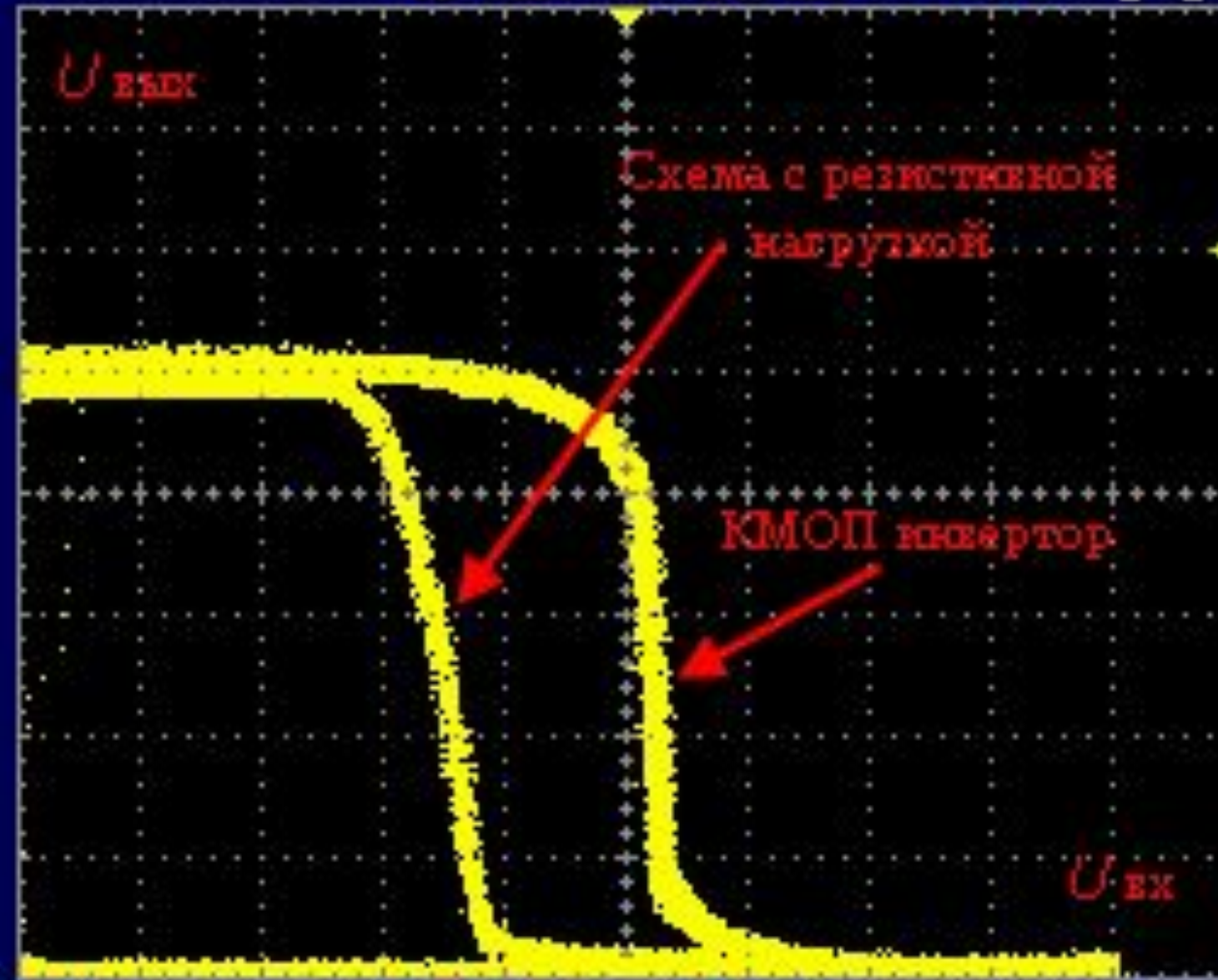
M 5ms

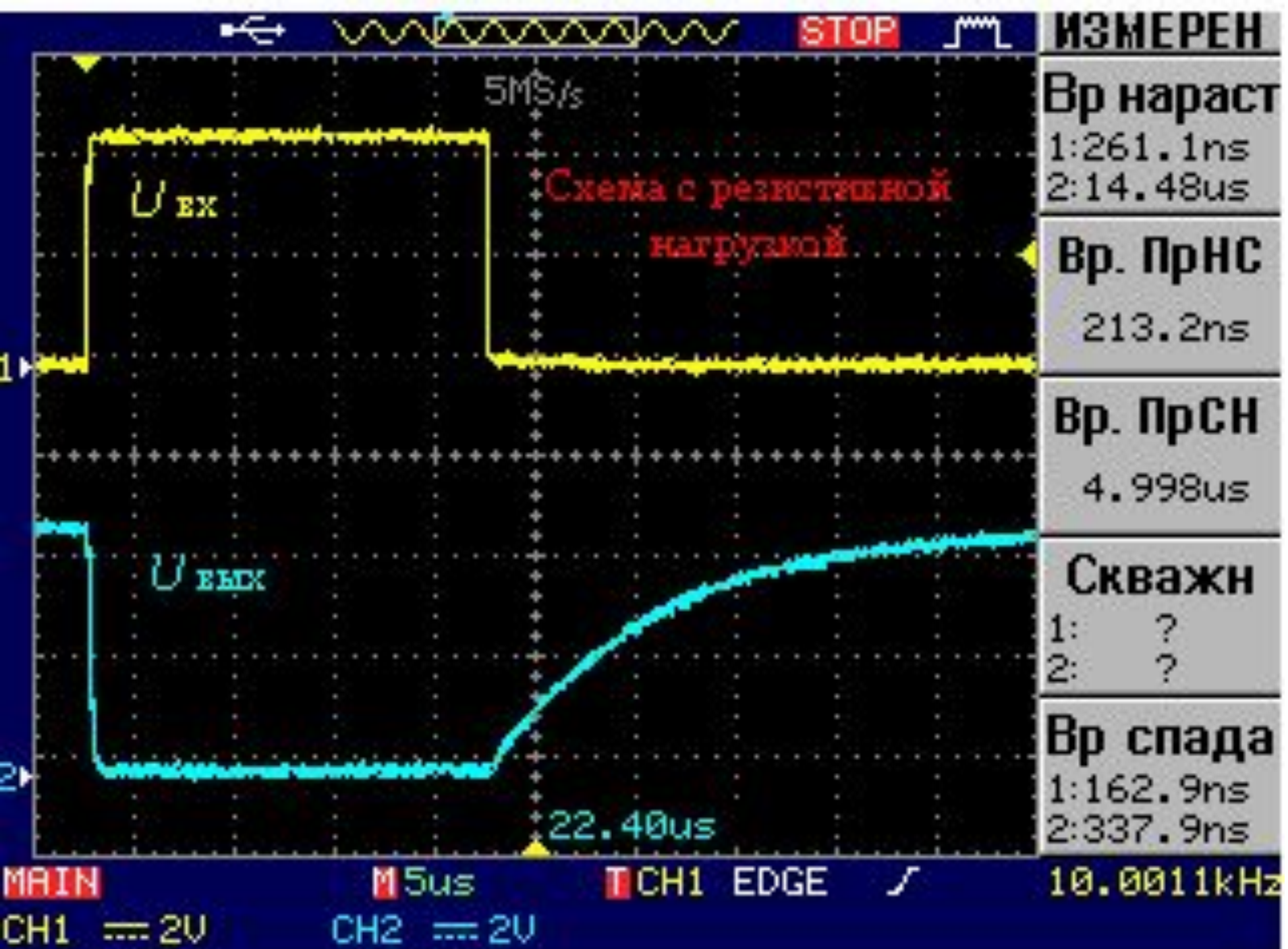
CH1 EDGE

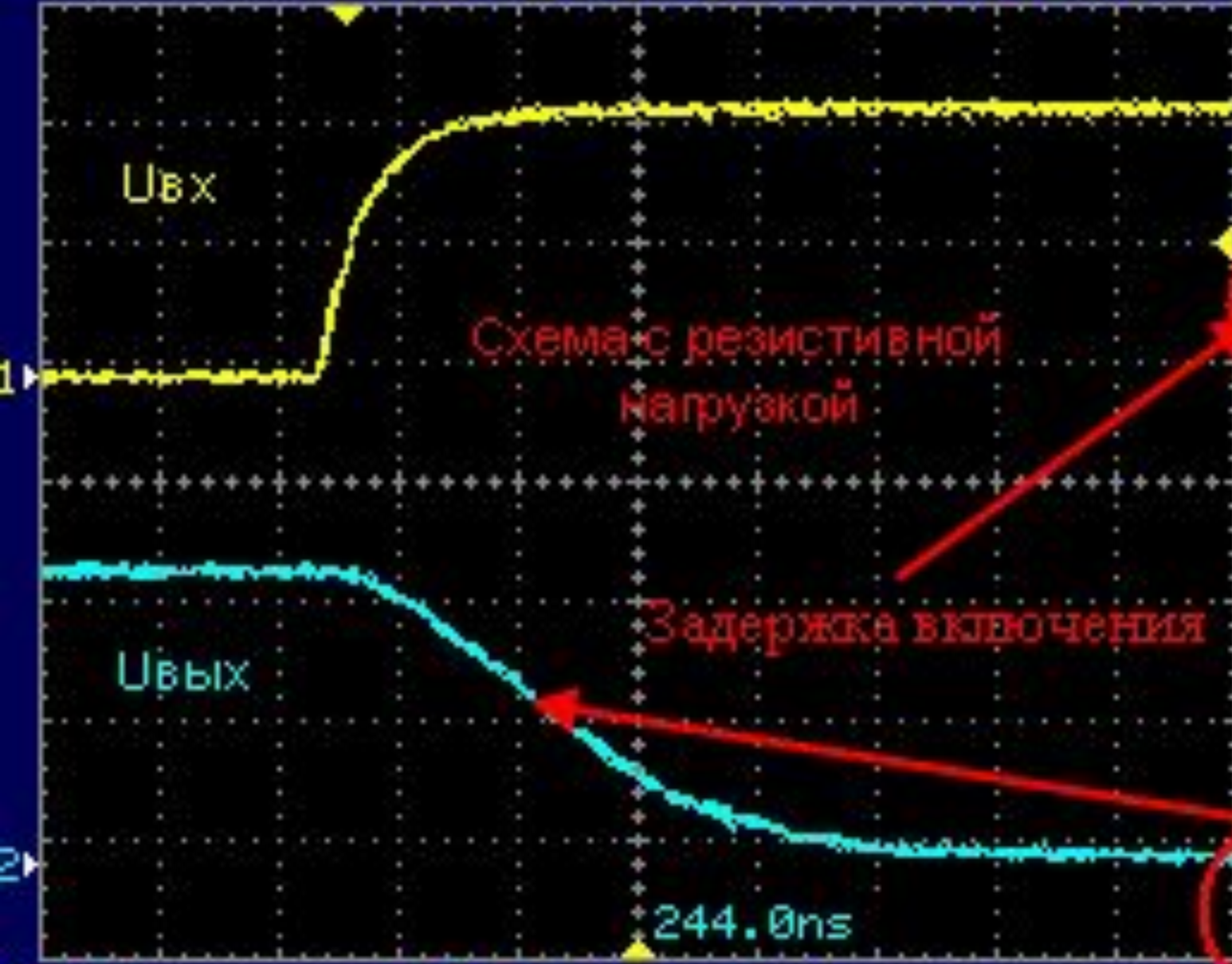
49.9894Hz

CH1 == 500mV

CH2 == 1V







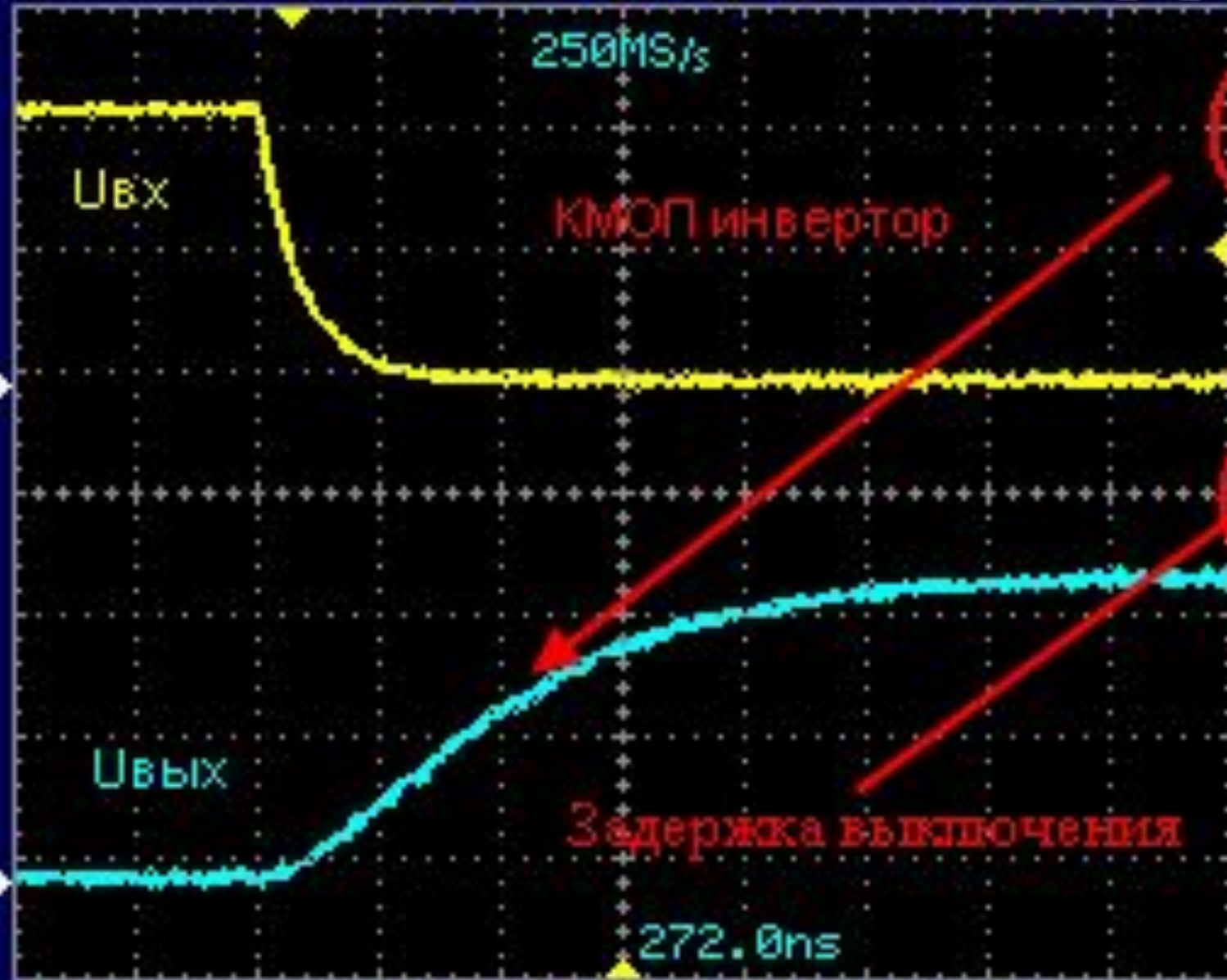
Вр нараст
1: 88.32ns
2: ?

Вр. ПрНС
164.2ns

Вр. ПрСН
-299.8ns

Скважн
1: ?
2: ?

Вр спада
1: ?
2: 276.6ns



Вр нараст
1: ?
2: 347.2ns

Вр. прИС
-256.4ns

Вр. ПрСН
153.0ns

Скважн
1: ?
2: ?

Вр спада
1: 79.73ns
2: ?