

**ФГБОУ ВПО Пензенский государственный
университет
«Нано- и микроэлектроника»**

**БАЗОВЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ
Элементы КМОП-логики (*k*-МДП)**

(Лекция №3 по КП)

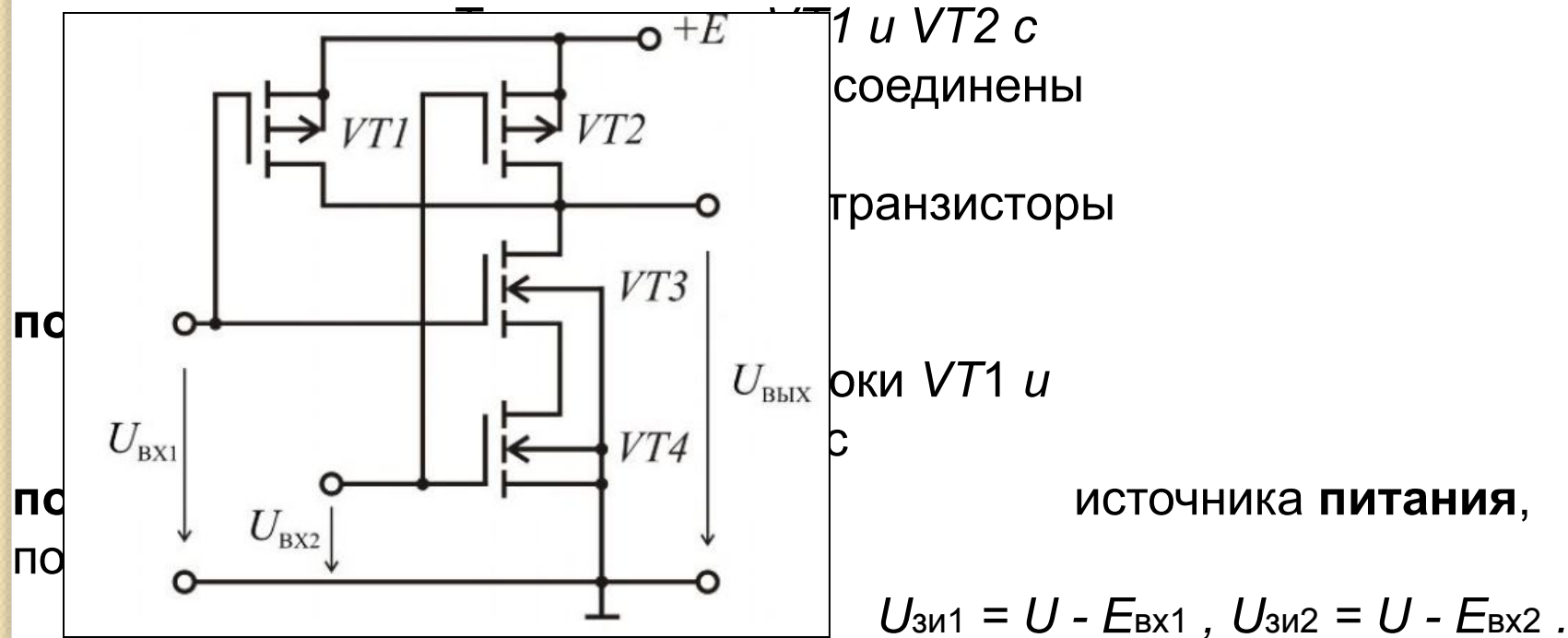
**к.т.н., доцент каф. «НиМЭ»
Аношкин Юрий Владимирович**

2021 г.

К-МДП

Элементы КМОП-логики можно рассматривать как обобщение КМОП-инвертора. Общая закономерность построения таких элементов заключается в том, что **параллельное** соединение транзисторов с каналами **p-типа** сопровождается **последовательным** соединением транзисторов с каналами **n-типа** и **наоборот**.

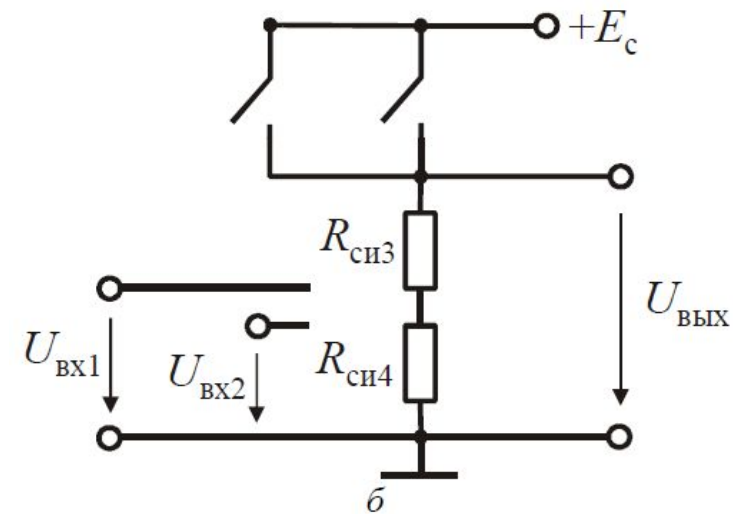
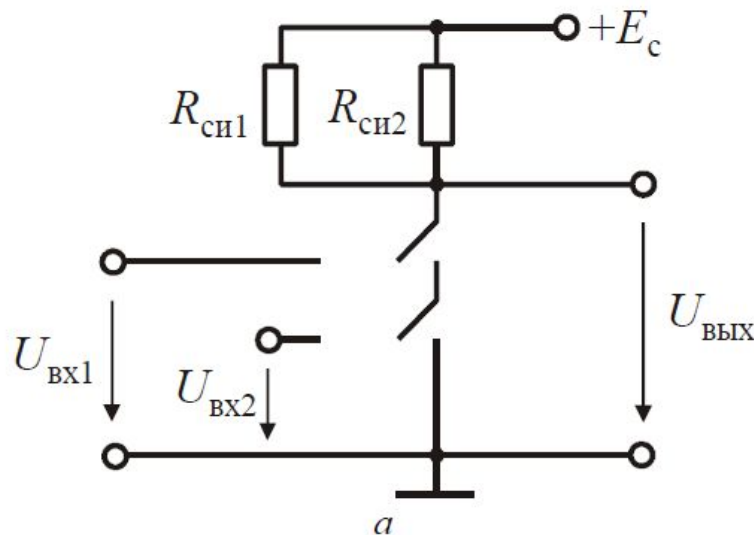
Схема КМОП-элемента, реализующего операцию **2И-НЕ**, показана на рисунке.



к-МДП

Пусть на обоих входах действует **напряжение низкого** уровня: $U_{ВХ1} = U_{ВХ2} = 0$. Поскольку $U_{зи3} = U_{ВХ1} = 0$, $U_{зи4} = U_{ВХ2} = 0$, транзисторы $VT3$ и $VT4$ **закрыты**. При этом $U_{зи1} = U_{зи2} = -E$ и транзисторы $VT1$ и $VT2$ **открыты**.

Упрощенно цепь на рисунке выше можно представить **эквивалентной схемой**, показанной на рисунке а. Напряжения на открытых транзисторах $VT1$ и $VT2$ пренебрежимо **малы**, и выходное напряжение $U_{ВЫХ} \gg E$.



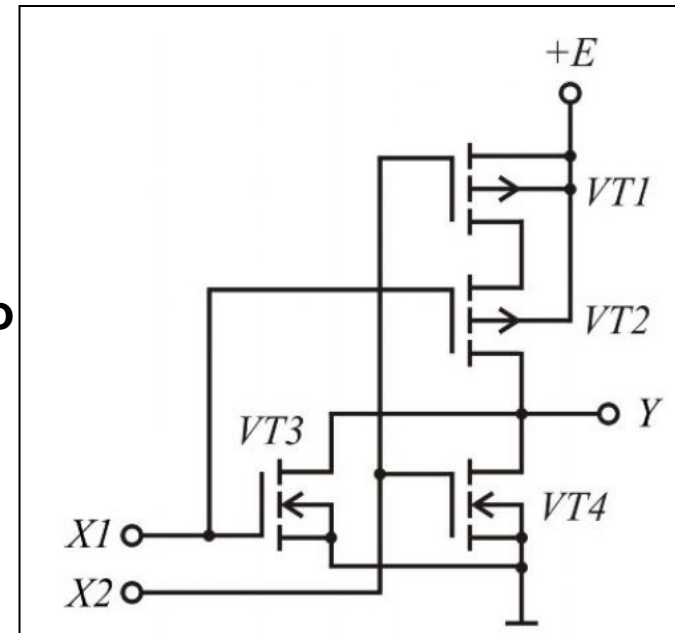
к-МДП

Рассмотрим случай, когда $U_{вх1} = U_{вх2} = E$. Теперь $U_{зи1} = U_{зи2} = 0$ и транзисторы $VT1$ и $VT2$ закрыты, а $VT3$ и $VT4$ – открыты.

Логический элемент можно представить эквивалентной схемой, показанной на рисунке б выше. Выходное напряжение $U_{вых} \approx 0$. Таким образом, схема реализует таблицу истинности логического элемента **2И-НЕ**.

Логический элемент имеет **два** входа. Каждый **новый** вход требует включения **двух** дополнительных транзисторов:

p-канального в параллельную цепь и **n**-канального в последовательную. Это приводит к **увеличению** площади, занимаемой логическим элементом на кристалле. Увеличивается и **паразитная** емкость, ограничивающая **быстродействие** схемы. Поэтому **число** входов у элементов КМОП-логики, как правило, не превышает **четырёх**. КМОП-элемент, реализующий операцию **2ИЛИ-НЕ**, показан на рисунке. Здесь **p**-канальные транзисторы включены **последовательно**, а **n**-канальные – **параллельно**.



k-MДП

КМОП-элементы **ИЛИ-НЕ** занимают на кристалле значительно **большую площадь**, чем элементы **И-НЕ**. Это объясняется тем, что последовательно соединенные **p-канальные** транзисторы должны иметь большую **ширину** канала, чем при параллельном соединении. Действительно, два **последовательно** соединенных **p-канальных** транзистора можно рассматривать как один с каналом **длиной** $2L$. Для согласования с **n-канальными** транзисторами они должны иметь канал **шириной**: $2W_p = 2W_n \mu_n / \mu_p$.

Поэтому в **схемах** высокой степени интеграции для экономии площади кристалла **целесообразно** использовать элементы **И-НЕ**.

В настоящее время КМОП-технологии являются **доминирующими** при производстве цифровых интегральных схем и практически **вытеснили** логику на основе **биполярных** транзисторов. КМОП-логика используется в цифровых интегральных схемах как **малой** (1–10 логических элементов на кристалле) и **средней** (10–100 ЛЭ), так и **большой** степени **интеграции**. Это обусловлено следующими причинами.

К-МДП

1. Логические элементы, изготовленные по **КМОП-технологии**, потребляют значительно **меньшую мощность**, чем логические элементы на основе **биполярных** транзисторов как в **статическом**, так и в **динамическом** режимах. Потребление **мощности** КМОП-элементами обусловлено в основном перезарядом **паразитных емкостей** при переключении элемента из одного логического состояния в другое.
2. Поскольку входы схем являются **изолированными** затворами МОП-транзисторов, то входные **токи** очень **малы**. Поэтому коэффициент **разветвления** по выходу очень **высок**. Высокое входное сопротивление МОП-транзисторов позволяет использовать накопленный заряд для **хранения** входной информации. Это свойство широко используется в микросхемах **памяти**.
3. МОП-транзистор **занимает** на кристалле значительно **меньшую** площадь, чем биполярный. Современные технологии производства СБИС позволяют создавать МОП-транзисторы с **длиной** канала 0.06 мкм. Уменьшение геометрических размеров, а также **малое** потребление **мощности** дают возможность изготавливать СБИС, которые содержат **десятки миллионов** МОП-транзисторов.

Спасибо
за
ВНИМАНИЕ