СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

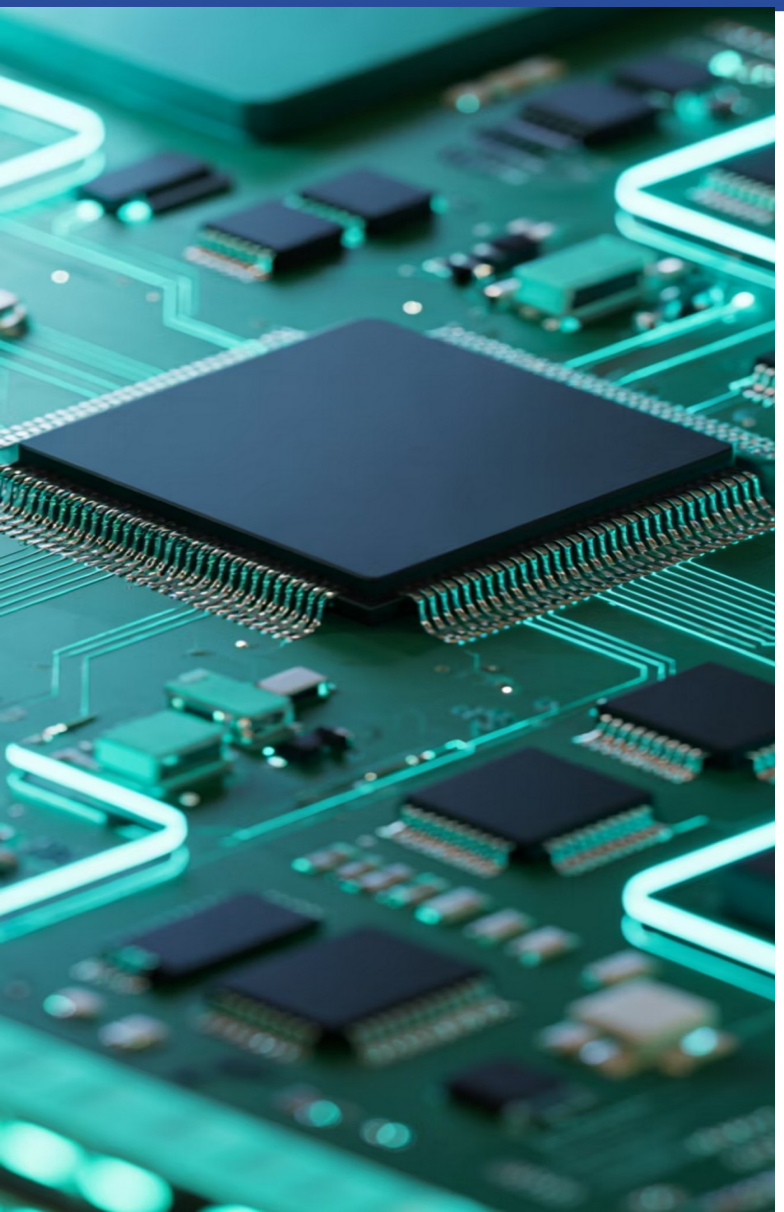
SATBAYEV UNIVERSITY

Цифровая схемотехника

Ержан Асел Ануаркызы,Ph.D., ассоциированный профессор

Assel.yerzhan@satbayev.university

Тема лекции:



Ключевой режим работы транзисторов. Электронные ключи на биполярных и полевых транзисторах

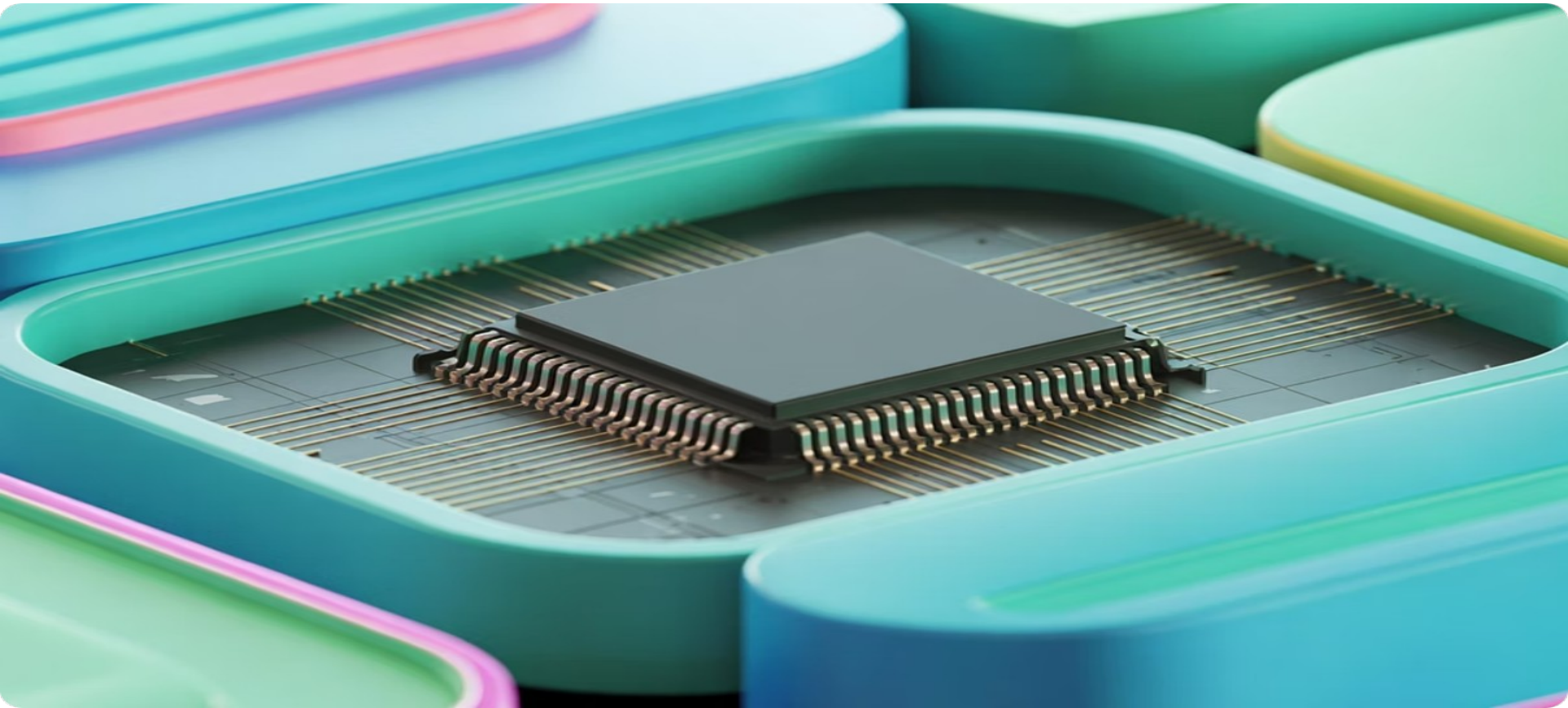
Содержание



1. **Введение**
2. **Транзисторные ключи**
3. **Электронные ключи на основе БТ и ПТ**
4. **Заключение**

По завершению урока Вы будете знать:

1. **Что такое транзистор?**
2. **Принципы работы ключевых режимов транзистора**
3. **Особенности электронных ключей**



Введение

Условие смещения

На эмиттерный переход подаётся **прямое напряжение**, на коллекторный — **обратное**. Это создаёт условие для эффективной работы усилителя.

Физический процесс

Инжекция носителей заряда из эмиттера в базу и их последующий сбор коллектором. Тонкая база позволяет большинству носителей достичь коллектора.

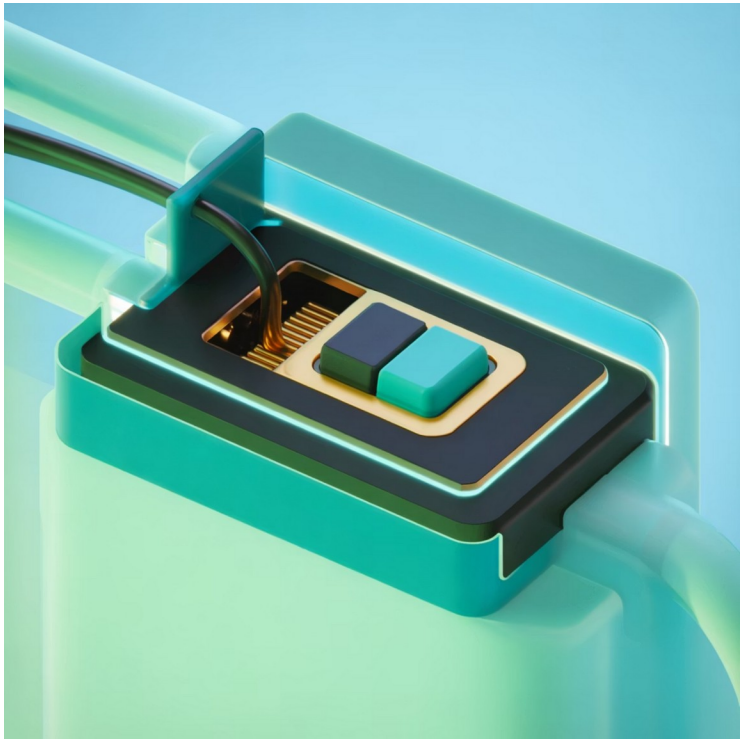
Применение

Используется в **усилителях звука, РЧ-каскадах и операционных усилителях** для линейного усиления мощности и напряжения сигнала.

Режим отсечки: транзистор «выключен»

Транзистор в этом состоянии аналогичен **разомкнутому ключу**: цепь практически разорвана, прохождение рабочего тока заблокировано.

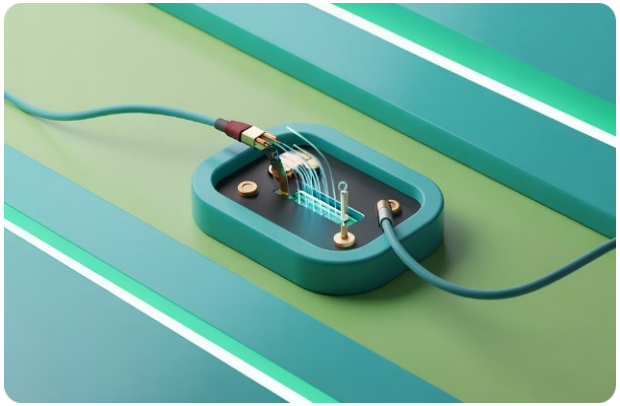
- Именно режим отсечки используется в цифровой логике как состояние логического «0».



Оба перехода
Обратное смещение

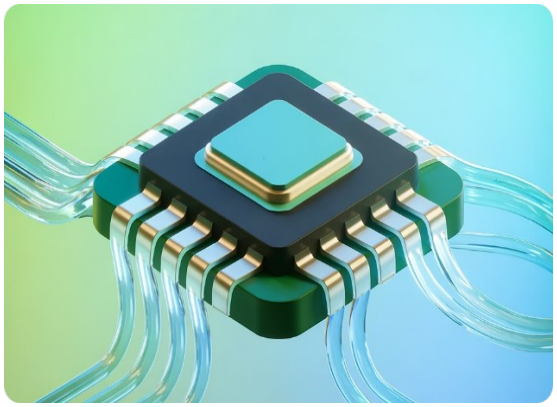
Ток
≈ 0 (минимален)

Режим насыщения: транзистор «полностью открыт»



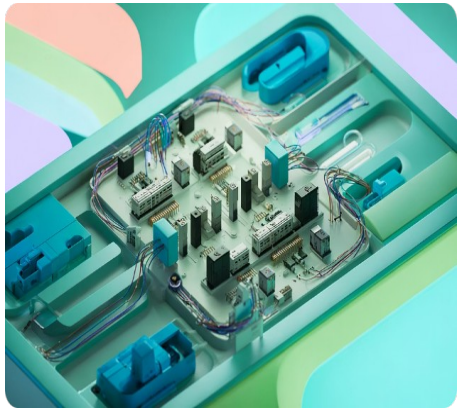
Условие насыщения

Оба перехода — эмиттерный и коллекторный — смещены в **прямом направлении**. База «переполнена» носителями заряда.



Электрические характеристики

Протекает **максимально возможный ток**. Напряжение U_CE падает до минимума (0,1–0,3 В для кремния).



Применение

Используется в **ключевых и переключающих схемах**: реле-драйверы, силовые ключи, цифровая логика (состояние «1»).

Инверсный режим: редкий, но важный

Смещение переходов

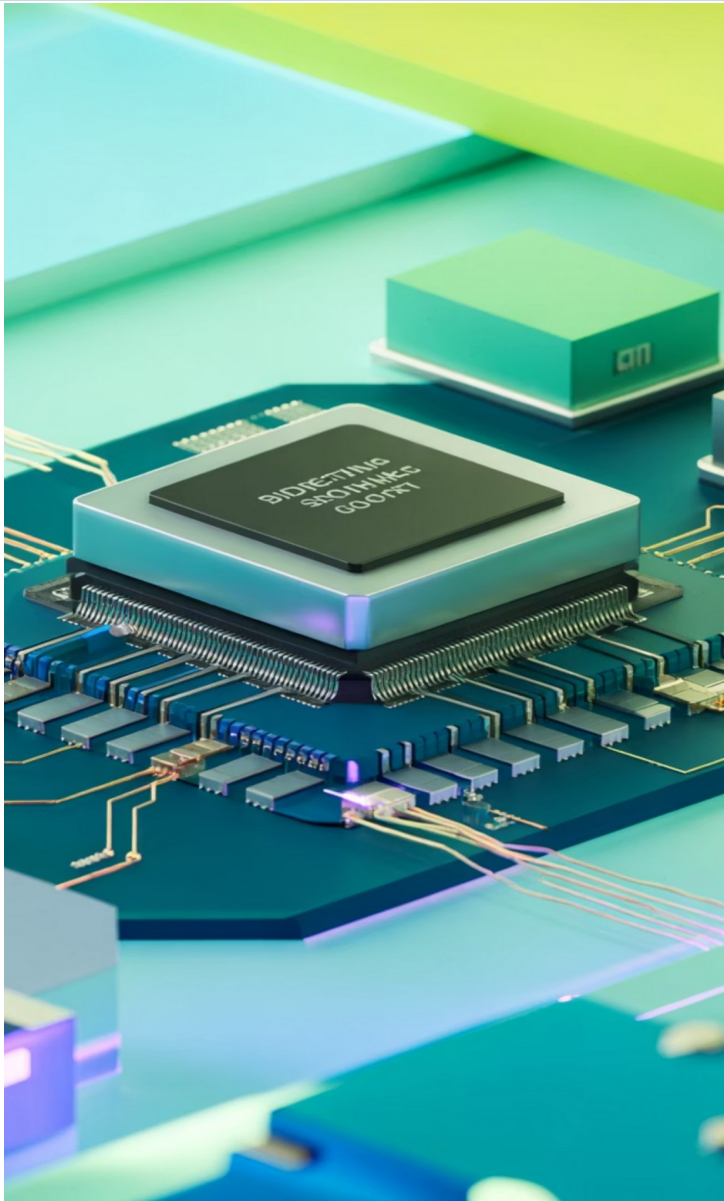
Эмиттерный - обратное,
коллекторный - прямое

Особенность

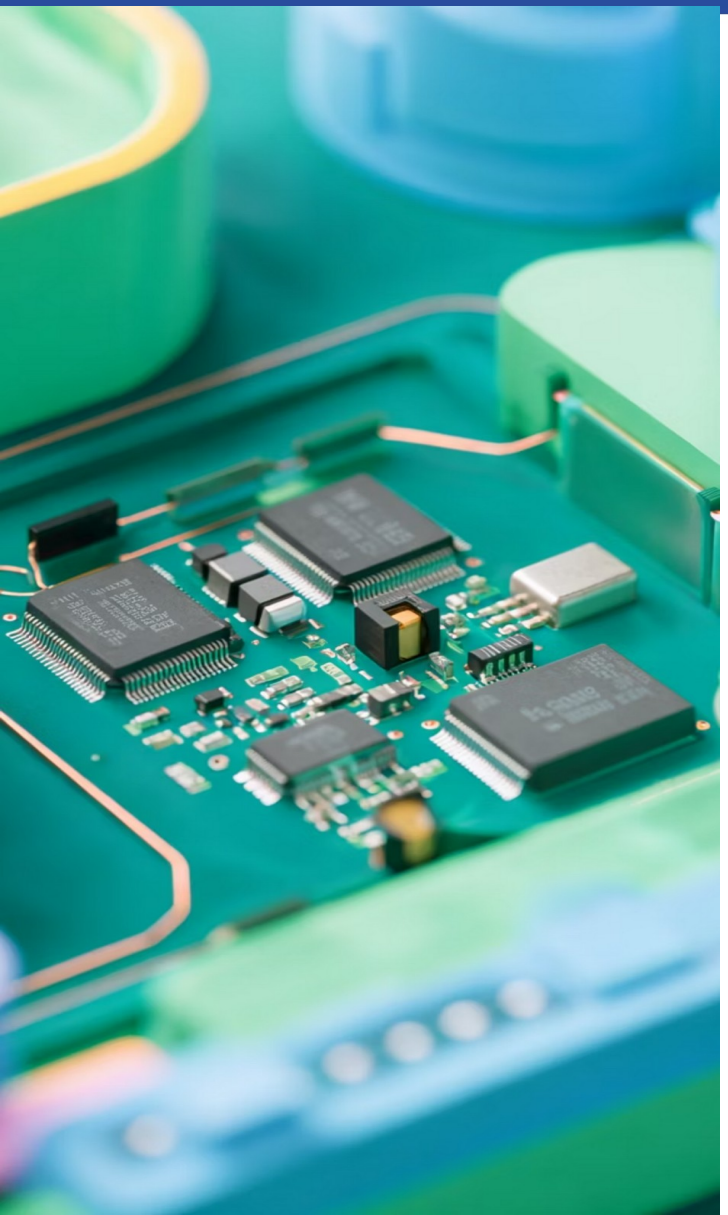
Низкий β, R из-за несимметричной геометрии структуры

Применение

Двунаправленные ключи, схемы I^2L-логики, аналоговые коммутаторы



Что такое электронный ключ?



Механические

Электромеханические

Электронные

Особенности ключей на биполярных транзисторах

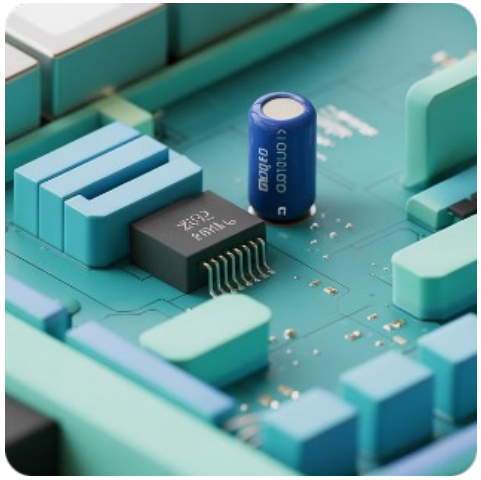
Высокий управляющий ток

Инерционность выключения

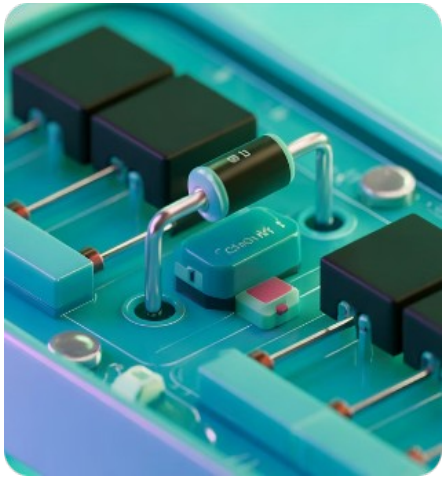
Температурная зависимость

Проблемы параллельной работы

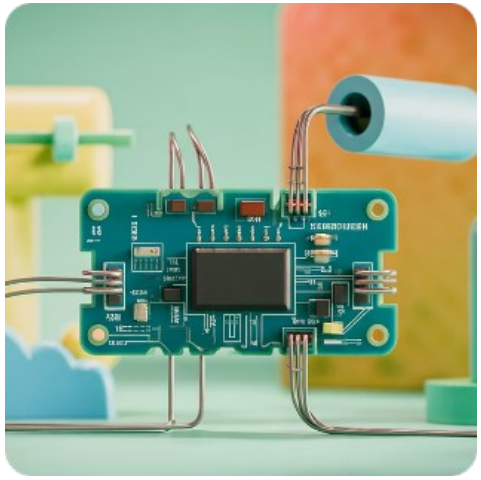
Методы повышения быстродействия биполярных ключей



Форсирующий конденсатор



Диод Шоттки (антинасыщающий диод)



Ненасыщенные ключи

Преимущества ключей на полевых транзисторах

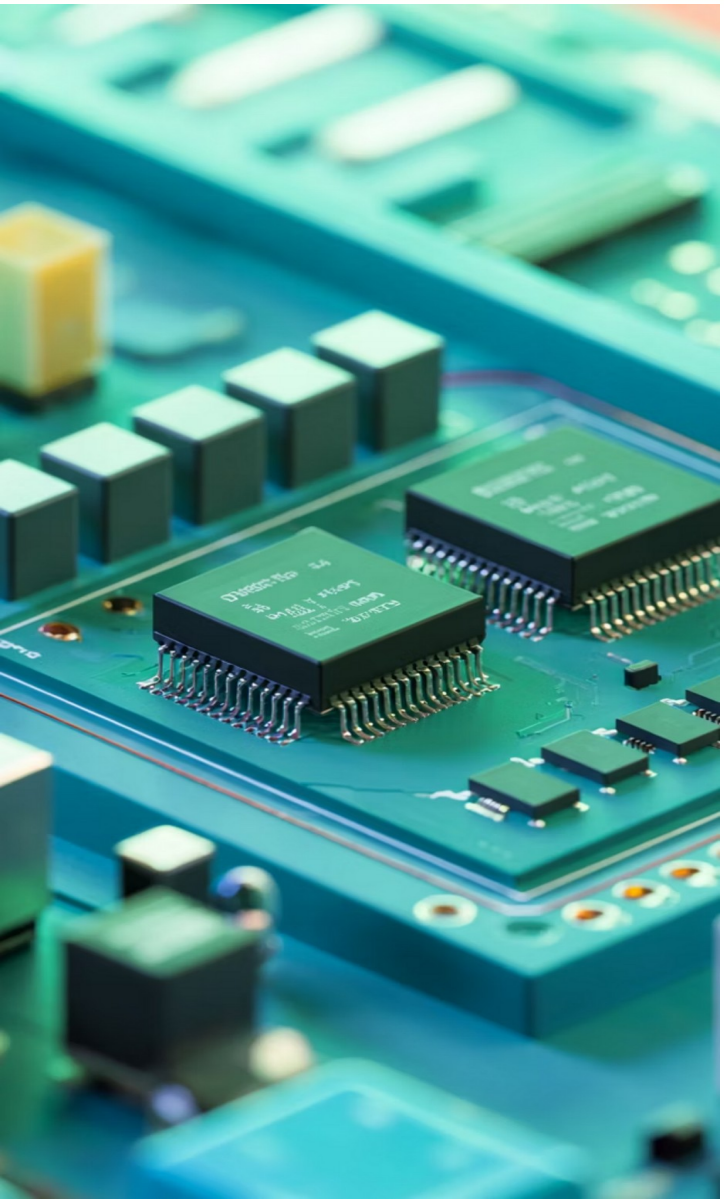
Высокое быстродействие

Низкое энергопотребление управления

Высокая эффективность

Возможность интеграции

Современные разработки и примеры применения



Силовые преобразователи

DC-DC конверторы, инверторы солнечных панелей — работа на частотах 20–500 кГц. MOSFET снижают потери до 1–2% от мощности.

Системы зажигания автомобилей

Электронные ключи управляют первичной обмоткой катушки зажигания, обеспечивая точный момент и энергию искры в любых условиях.

Импульсные источники питания

Блоки питания компьютеров, зарядные устройства — КПД 90–98% достигается благодаря высокочастотным транзисторным ключам.

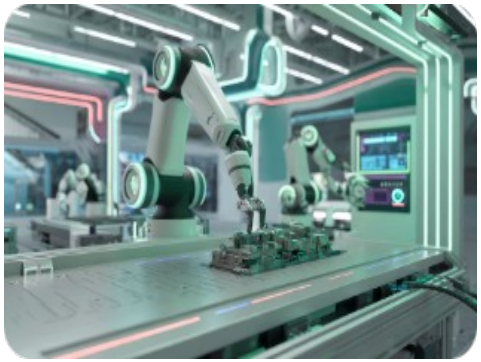
Заключение



Электромобил и и энергетика



Умные системы и IoT



Робототехника

- Постоянное совершенствование технологий - повышение быстродействия, снижение размеров и стоимости - делает транзисторные ключи ключевым элементом технологий будущего.