

Лекция 10: Биполярные транзисторы: структура и функции

Цель лекции - представить структуру и основные функции биполярных транзисторов, а также объяснить их роль в электронных схемах.

Результаты обучения

По окончании лекции студенты должны:

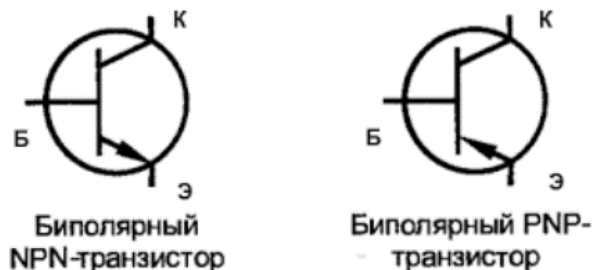
- Знать структуру биполярных транзисторов.
- Понимать основные функции транзисторов, включая усиление сигнала и коммутацию.
- Уметь объяснить принцип работы биполярных транзисторов и их роли в электронных устройствах.
- Понимать различные конфигурации транзисторов, такие как NPN и PNP.

Введение в биполярные транзисторы

- Определение биполярных транзисторов.
- История развития транзисторов.

Биполярные транзисторы (обычно называемые биполярными транзисторами) - это электронные устройства, используемые в электронике для усиления сигналов, генерации сигналов, а также для переключения и управления электрическим током. Они состоят из трех слоев полупроводникового материала с различными типами проводимости.

Биполярные транзисторы имеют три терминала: эмиттер (E), база (B) и коллектор (C). Они работают на принципе управления током через базу для управления током между эмиттером и коллектором.



История развития транзисторов:

- 1947 год: Биполярные транзисторы были изобретены учеными Bell Laboratories - Уильямом Шокли, Джоном Бардином и Уолтером Браттейном. Они представили первый рабочий биполярный транзистор.
- 1950-1960-е годы: В этот период транзисторы стали массово применяться в электронике, заменяя лампы, что существенно улучшило электронные устройства, сделав их более компактными, надежными и энергоэффективными.
- 1970-е годы: С появлением интегральных микросхем возможности транзисторов значительно расширились. Были разработаны микропроцессоры, что стало отправной точкой для развития компьютеров и цифровой электроники.

Современность: Технологии производства транзисторов постоянно совершенствуются. Миниатюризация, увеличение скорости работы, снижение энергопотребления, создание более надежных и функциональных устройств - все это является основными направлениями современного развития транзисторов.

Как было сказано, биполярный транзистор состоит из трех зон - эмиттера (E), базы (B) и коллектора (C), образующих два перехода p-n-p или n-p-n.

- Эмиттер (E): Это область сильно легированного материала. Электроны (в случае n-p-n транзистора) или дырки (в случае p-n-p транзистора) вводятся в эмиттерный регион.
- База (B): База легирована менее интенсивно, чем эмиттер, и это область, через которую происходит управление током. Она тонкая и играет роль управляющего элемента транзистора.
- Коллектор (C): Коллектор имеет более высокое легирование по сравнению с базой. Он принимает большинство электронов (или дырок), проходящих через базу.

Принцип работы биполярного транзистора основан на управлении током коллектора при помощи небольшого тока, подаваемого на базу. Когда на базу подается напряжение, электроны (или дырки) из эмиттера начинают переходить в базу. Доля электронов, которые пересекают базу и достигают коллектора, определяет выходной ток транзистора.

В упрощенной форме можно описать ток коллектора I_c через базу I_b с помощью уравнения:

$$I_c = \beta \cdot I_b$$

где β - это коэффициент усиления по току (транзисторная beta), определяющий, сколько раз выходной ток усиливается относительно базового тока.

Также существует уравнение Эбера-Молла:

$$I_c = I_s \left(e^{\frac{V_{be}}{V_T}} - 1 \right)$$

где I_s - насыщенный ток коллектора-эмиттера, V_{be} - напряжение базы-эмиттера, V_T - тепловое напряжение (приблизительно 26 милливольт при комнатной температуре).

Для биполярных транзисторов коэффициент усиления напряжения A_v может быть выражен через коэффициент усиления по току и другие параметры как:

$$A_v = \beta \cdot R_L$$

Этот коэффициент показывает, насколько раз увеличится амплитуда выходного напряжения по сравнению с входным. R_L - сопротивление нагрузки, к которой подключен коллекторный контур.

Увеличивая коэффициент усиления по току β или снижая сопротивление нагрузки R_L , можно увеличить усиление сигнала.

Режимы работы биполярных транзисторов - активный, насыщение и отсечка - определяются уровнями напряжения и токов, которые подаются на базу, коллектор и эмиттер.

1. Активный режим:

В активном режиме транзистор находится в рабочем состоянии и используется для усиления сигнала. В этом режиме транзистор находится между насыщением и отсечкой.

2. Режим насыщения:

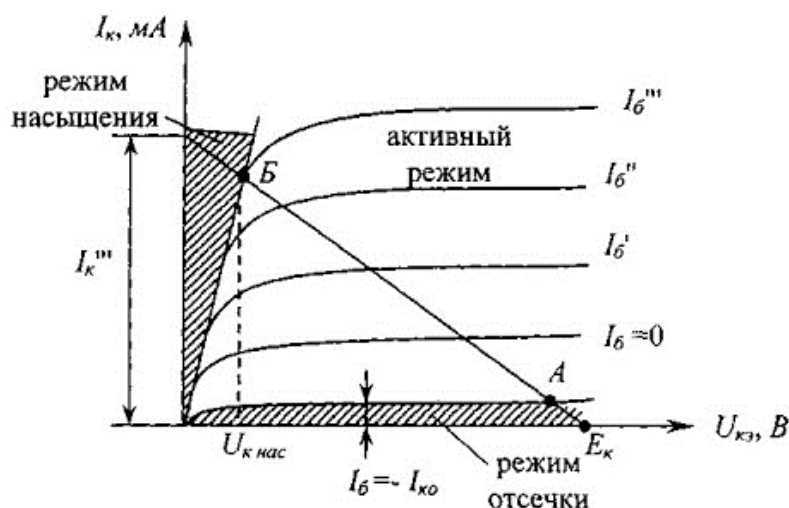
В режиме насыщения транзистор находится в полностью включенном состоянии, где коллекторно-эмиттерное напряжение V_{CE} обычно очень низкое, близкое к нулю. В этом режиме ток коллектора почти не зависит от тока базы и определяется в основном нагрузкой.

Условие для режима насыщения: $V_{CE} < V_{CE_{sat}}$, где $V_{CE_{sat}}$ - насыщенное коллекторно-эмиттерное напряжение, которое обычно указывается в даташите транзистора.

3. Режим отсечки (катание):

В режиме отсечки транзистор находится в выключенном состоянии. В этом состоянии нет тока коллектора (практически), и транзистор полностью выключен.

Условие для режима отсечки: $V_{CE} > V_{CE_{sat}}$, где $V_{CE_{sat}}$ - насыщенное коллекторно-эмиттерное напряжение.



Применение биполярных транзисторов в современной электронике

Биполярные транзисторы имеют широкий спектр применений в современной электронике. Вот некоторые из ключевых областей и способы, как они используются:

Усилители сигналов: Одно из основных применений биполярных транзисторов - усиление сигналов. Они используются в усилителях звука, радиосистемах, телевизорах и других аудио- и видеоустройствах для увеличения амплитуды сигналов.

Логические схемы: Биполярные транзисторы используются в цифровой электронике для создания логических элементов, таких как инверторы, И-ИЛИ-НЕ, триггеры и другие основные логические блоки. Хотя они могут быть менее эффективными, чем более современные устройства (например, MOSFET-транзисторы), они все еще используются в некоторых специальных приложениях.

Источники питания: В некоторых источниках питания используются биполярные транзисторы для регулирования выходного напряжения, управления током и обеспечения стабильности питания в различных устройствах.

Аналоговая и смешанная схемотехника: Биполярные транзисторы применяются в аналоговой электронике, такой как операционные усилители, и других устройствах, где требуется точность и стабильность в обработке аналоговых сигналов.

Усилители мощности: В высокопотребляющих устройствах, таких как аудиоусилители для больших колонок, радиопередатчики и другие системы, биполярные транзисторы используются для усиления мощности сигналов.

Импульсные источники и ключи: Биполярные транзисторы могут использоваться в импульсных источниках и в качестве ключей для управления током в цепях, где требуется быстрое переключение.

Автомобильная электроника: Они находят применение в автомобильной электронике, в системах зажигания, управления двигателем, системах безопасности и других подсистемах автомобиля.

Стоит отметить, что несмотря на прогресс и развитие новых технологий, биполярные транзисторы по-прежнему играют важную роль в электронике и могут использоваться в различных приложениях благодаря своей надежности, точности и способности усиливать как малые, так и большие сигналы.

Заключение

Лекция о биполярных транзисторах представляет студентам важные знания о структуре и функциях транзисторов, их роли в электронных схемах и применении в современной электронике. Понимание биполярных транзисторов является ключевым компонентом для разработки и анализа электронных устройств и систем.