

ЛК 5. СХЕМА СМЕЩЕНИЯ УРОВНЯ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

План

1. Схема смещения (сдвига) уровня.
2. Схемы сдвига уровня с помощью резистивного делителя.
3. Схемы смещения для установления режима покоя усилительного каскада в дискретном исполнении.
4. Подача смещения фиксированным током.
5. Подача смещения фиксированным напряжением.
6. Интегральные многокаскадные усилители.
7. Универсальная схема сдвига уровня напряжения.

Схема смещения (сдвига) уровня

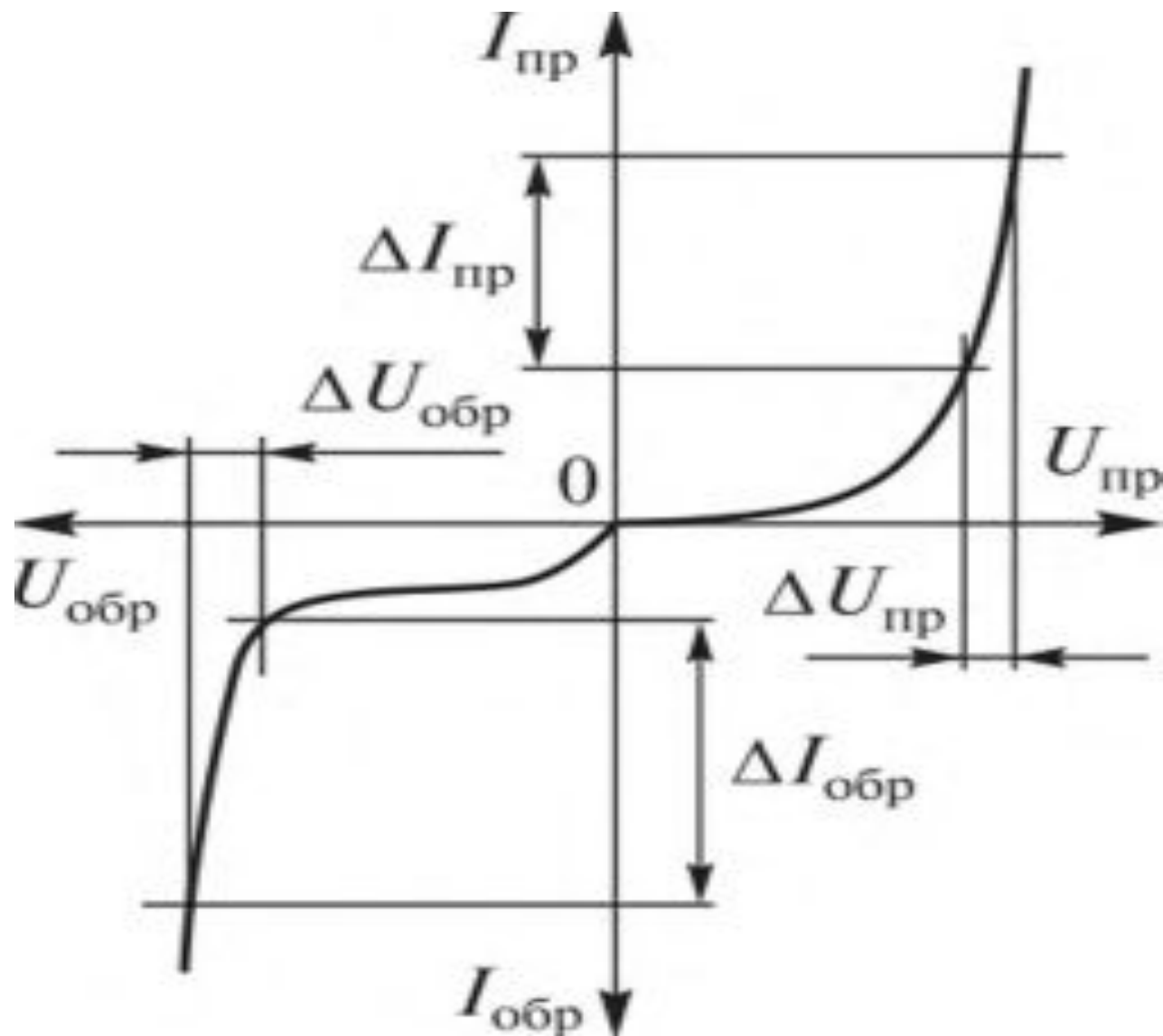
Схемы сдвига уровня предназначены для компенсации (исключения) влияния постоянного напряжения предыдущего каскада на последующий каскад при непосредственной связи между каскадами и исключение изменения режима работы каскада при изменении температуры и питающего напряжения. При этом схема сдвига уровня должна быть построена так, чтобы переменную составляющую, т.е. полезный сигнал, передать на следующий каскад без ослабления. Однако схема сдвига уровня осуществляет не только снижение, но и повышение уровня постоянной составляющей от предыдущего каскада на последующие каскады.

Схема смещения (сдвига) уровня

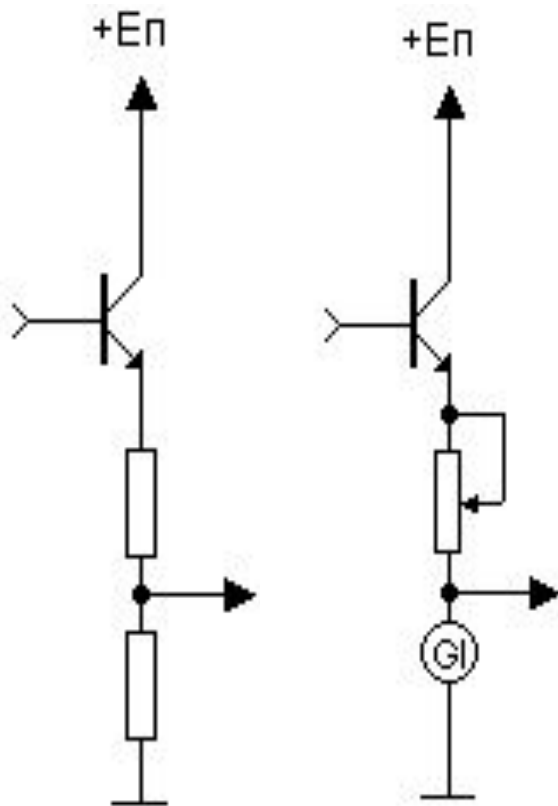
Схема сдвига уровня строится по принципу делителя напряжения. При реализации схем используется характеристика р-п-перехода на линейных участках при прямом и обратном смещениях в режиме лавинного пробоя. Эти участки близки по виду к характеристикам идеального источника ЭДС.

Это означает, что увеличение тока через р-п-переход в этих режимах (I и $U_{\text{обр}}$) не приводит к существенному изменению падения напряжения на переходах $I_{\text{пр}}$ и $U_{\text{обр}}$ соответственно.

Схема смещения (сдвига) уровня

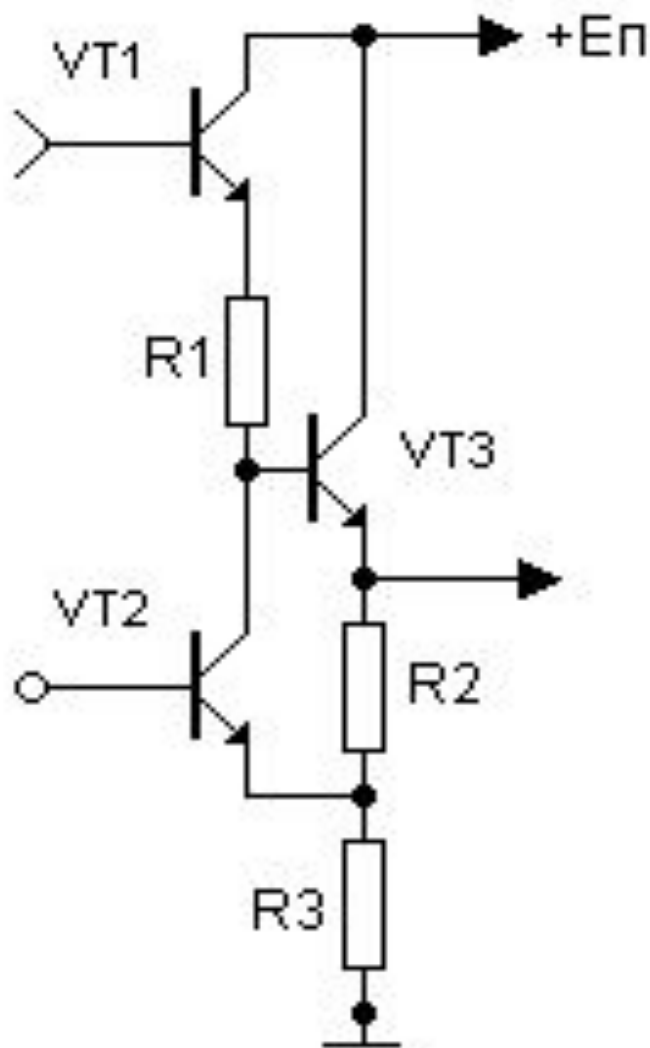


Простейшая схема сдвига уровня с помощью резистивного делителя



Напряжение сдвига уровня пропорционально резисторам R_1 , R_2 . При этом неизбежно происходит потеря коэффициента передачи. Применение генератора тока вместо резистора R_2 позволяет устранить этот недостаток. При этом смещение по постоянному току зависит как от номинала резистора, так и от тока ГСТ и равно $I \cdot R_1$. При необходимости подстройки напряжения смещения резистор R_1 выбирают построечным или делают регулируемым ГСТ. Схема сдвига уровня с коэффициентом передачи больше единицы.

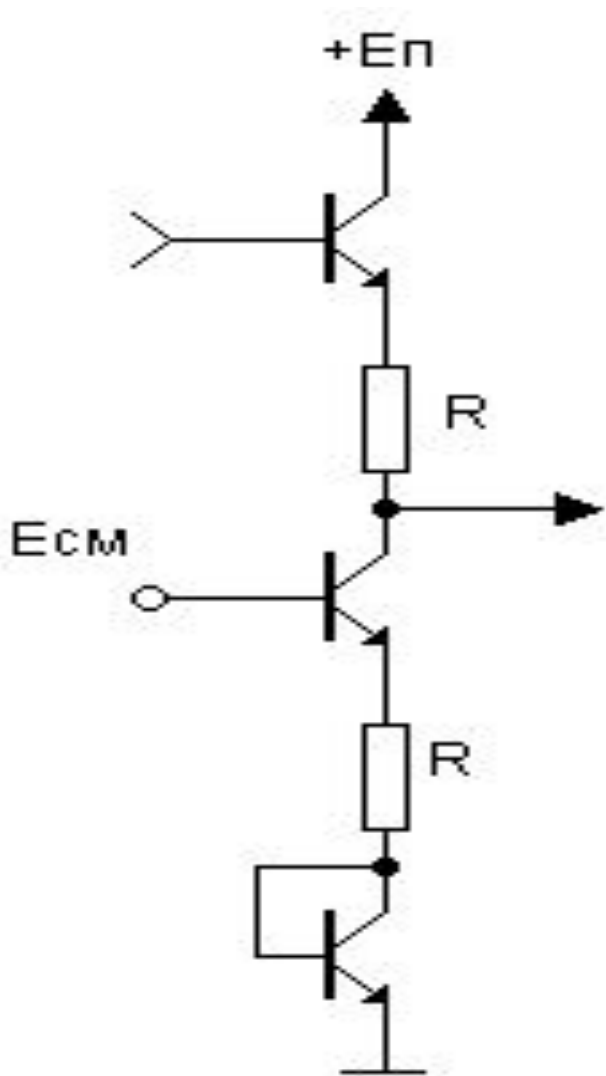
Схема сдвига уровня с помощью резистивного делителя



Благодаря положительной обратной связи с делителем на резисторах R2, R3 превращает генератор тока на VT2, R3 в активный источник тока (АИТ).

Относительно простую схему сдвига уровня сигнала без изменения его фазы можно получить с помощью каскада с общей базой.

Схема сдвига уровня с помощью резистивного делителя



Применение транзистора VT3 повышает точность передачи сигнала, т.к. компенсирует изменения напряжения база-эмиттерного перехода транзистора VT2. Вообще, строго говоря, таких транзисторов необходимо устанавливать два и последовательно - для компенсации изменения напряжения переходов транзисторов VT1, VT2.

СХЕМЫ СМЕЩЕНИЯ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ РЕЖИМА ПОКОЯ УСИЛИТЕЛЬНОГО КАСКАДА В ДИСКРЕТНОМ ИСПОЛНЕНИИ

Рабочий режим или режим покоя определяется значением напряжения смещения на входе усилителя.

Существует ряд технических приёмов, которые осуществляют подачу напряжения смещения во входную цепь усилителя от источника питания выходной цепи (E_{II}).

Такие схемы называются *схемами смещения*.

СХЕМЫ СМЕЩЕНИЯ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ РЕЖИМА ПОКОЯ УСИЛИТЕЛЬНОГО КАСКАДА В ДИСКРЕТНОМ ИСПОЛНЕНИИ

Схемы смещения служат для установления рабочего режима транзистора в усилительном каскаде и должны обеспечивать высокую стабильность работы на постоянном токе, малую зависимость этих режимов от свойств конкретного транзистора и условий его работы.

Рассмотрим их для случая, когда усилительным элементом является БТ, включенный по схеме с ОЭ.

ПОДАЧА СМЕЩЕНИЯ ФИКСИРОВАННЫМ ТОКОМ

В дискретной схемотехнике подачу напряжения смещения производят с помощью резистора R_B (рис. 1, а). В режиме покоя напряжение смещения на базе:

$$U_{B0} = E_{\Pi} - I_{B0} \cdot R_B, \quad (1)$$

где ток I_{B0} и напряжение $U_{BЭ0}$ определяют по входной статической характеристике транзистора, исходя из требуемого положения начальной рабочей точки. Из (1) можно определить сопротивление резистора:

$$R_B = (E_{\Pi} - U_{B0}) / I_{B0}. \quad (2)$$

ПОДАЧА СМЕЩЕНИЯ ФИКСИРОВАННЫМ ТОКОМ

Значения R_B обычно составляют десятки и сотни кОм.

При серийном изготовлении в интегральном исполнении этот способ не применяется, т.к. не обеспечивает высокой стабильности и определенности положения рабочей точки в режиме покоя.

Связано это с тем, что $I_B \approx I_K / \beta$, а β сильно меняется от образца к образцу.

ПОДАЧА СМЕЩЕНИЯ ФИКСИРОВАННЫМ ТОКОМ

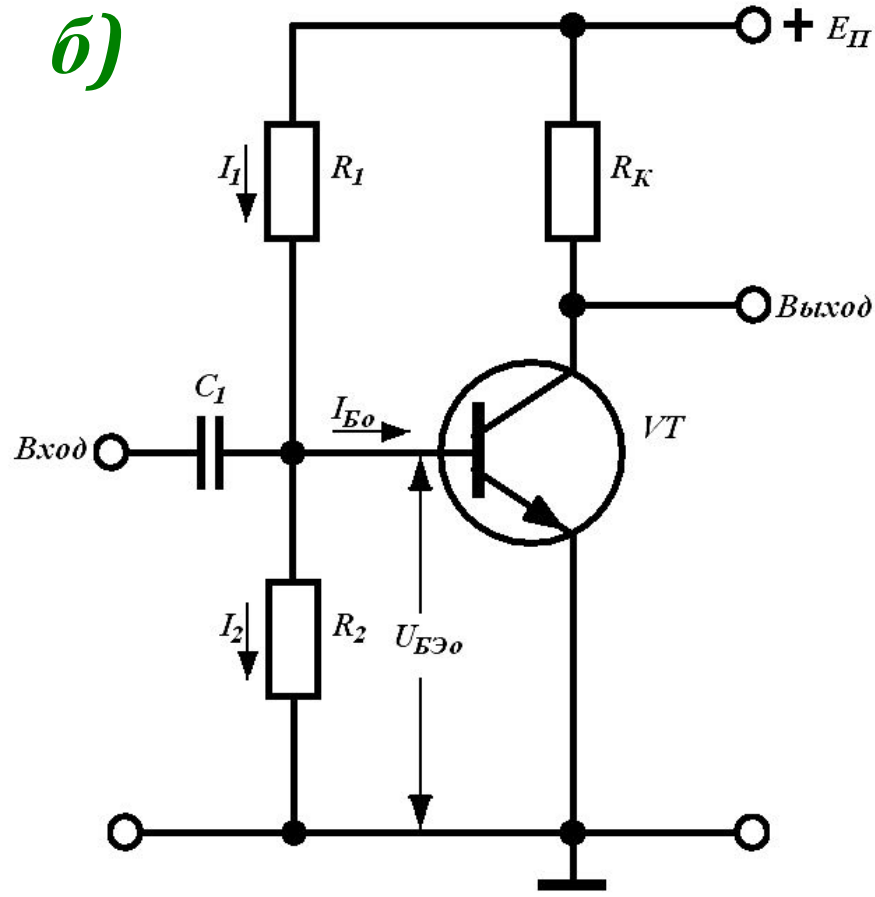
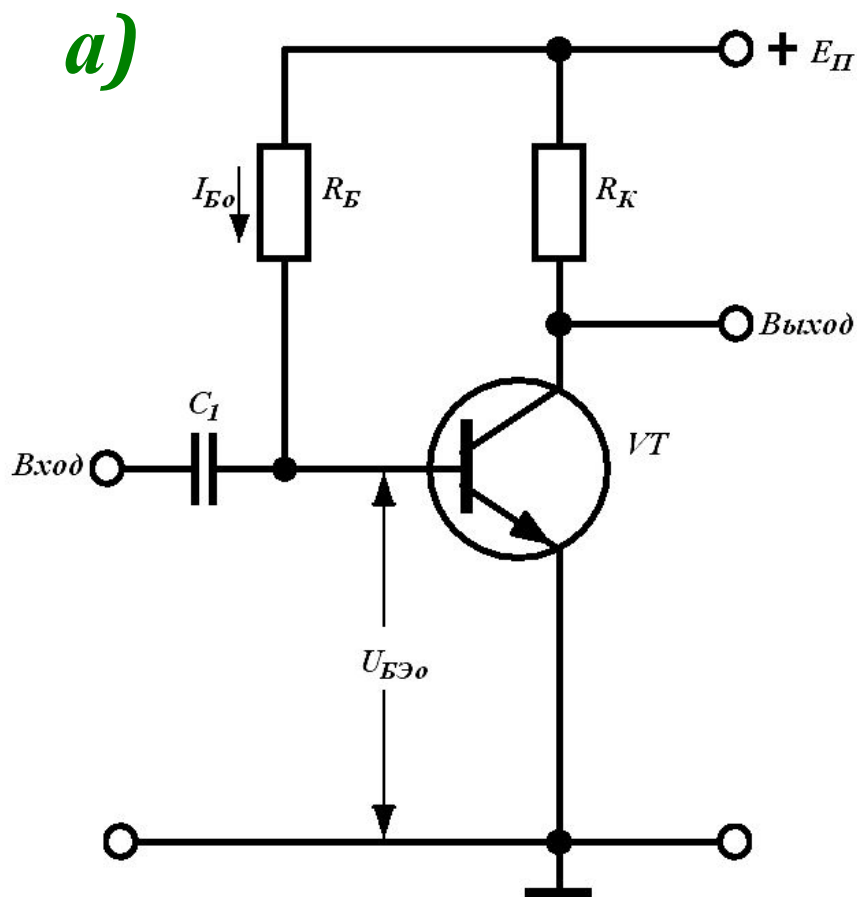


Рис. 1. Подача смещения фиксированным током (а) и напряжением (б).

ПОДАЧА СМЕЩЕНИЯ ФИКСИРОВАННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ

Напряжение смещения создаётся делителем напряжения с резисторами R_1 и R_2 (рис.1,б), через которые проходят токи делителя I_1 и I_2 .

Согласно схеме:

$$E_{\Pi} = I_1 R_1 + I_2 R_2 \text{ и } I_2 R_2 = U_{\text{БЭ0}} .$$

Из этих уравнений можно определить сопротивления делителя:

$$R_1 = (E_{\Pi} - U_{\text{БЭ0}}) / I_1 \text{ и}$$

$$R_2 = U_{\text{БЭ0}} / I_2 \quad (3)$$

ПОДАЧА СМЕЩЕНИЯ ФИКСИРОВАННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ

При расчёте схемы сопротивления R_1 и R_2 выбирают такими, чтобы токи I_1 и I_2 были в 3÷5 раз больше тока I_{B0} .

В этом случае изменения тока базы I_{B0} , вызванные дестабилизирующими факторами, не вызывают заметного изменения напряжения смещения $U_{BЭ0}$, т.е. от конкретных свойств транзистора.

Однако, такой способ подачи напряжения смещения неэкономичен, так как делитель потребляет значительный ток.

ПОДАЧА СМЕЩЕНИЯ ФИКСИРОВАННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ

Кроме того, резистор R_2 , будучи подключённым, параллельно входу транзистора, заметно уменьшает входное сопротивление каскада.

И, наконец, предполагается, что выходное сопротивление источника сигнала в процессе работы остается постоянным.

Если оно не постоянно, то его изменения будут восприниматься усилителем как сигнал.

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МНОГОКАСКАДНЫЕ УСИЛИТЕЛИ

Интегральные многокаскадные усилители постоянного тока строятся по схемам с непосредственными связями между каскадами (без помощи конденсаторов). При этом на базу каждого каскада поступает не только полезный сигнал, но и возрастающая постоянная составляющая напряжения с коллектора предыдущего каскада. Для устранения указанного явления используются схемы сдвига уровня постоянного напряжения, называемые также *трансляторами уровня*.

Схемы сдвига уровня

- Схемы сдвига должны устранять постоянную составляющую на входе очередного каскада и без изменений передать переменную составляющую – сигнал.
- Простейшей схемой сдвига уровня является эмиттерный повторитель. Действительно, у него уровень выходного (эмиттерного) потенциала ниже уровня базового потенциала на величину U^* , а сигнал передаётся с коэффициентом 1 .

Схемы сдвига уровня

Величина U^* называется *напряжением открытого перехода*.

Дело в том, что в нормальном токовом режиме, когда прямые токи лежат в диапазоне $I = 10^{-3} \div 10^{-4}$ А, напряжение на кремниевом переходе U меняется всего в пределах $0,65 \div 0,7$ В.

В микрорежиме, когда токи лежат в диапазоне $I = 10^{-5} \div 10^{-6}$ А, соответствующие изменения напряжения составляют $0,52 \div 0,57$ В.

Схемы сдвига уровня

Таким образом, в зависимости от диапазона токов прямые напряжения несколько различаются, но в пределах диапазона их можно считать постоянными и рассматривать как параметр.

Для него вводится специальное обозначение U^* .

Принято при комнатной температуре считать $U^*=0,7 \text{ В}$ в нормальном режиме, а в микрорежиме $U^*=0,5 \text{ В}$.

Универсальная схема сдвига уровня напряжения

Если нужно понизить уровень на величину $2U^*$, то в эмиттерную цепь повторителя включают прямосмещённый диод. Когда необходимо сместить уровень на величину не кратную U^* , то используется универсальная схема сдвига уровня, основанная на использовании ГСТ и показанная на рис.2.

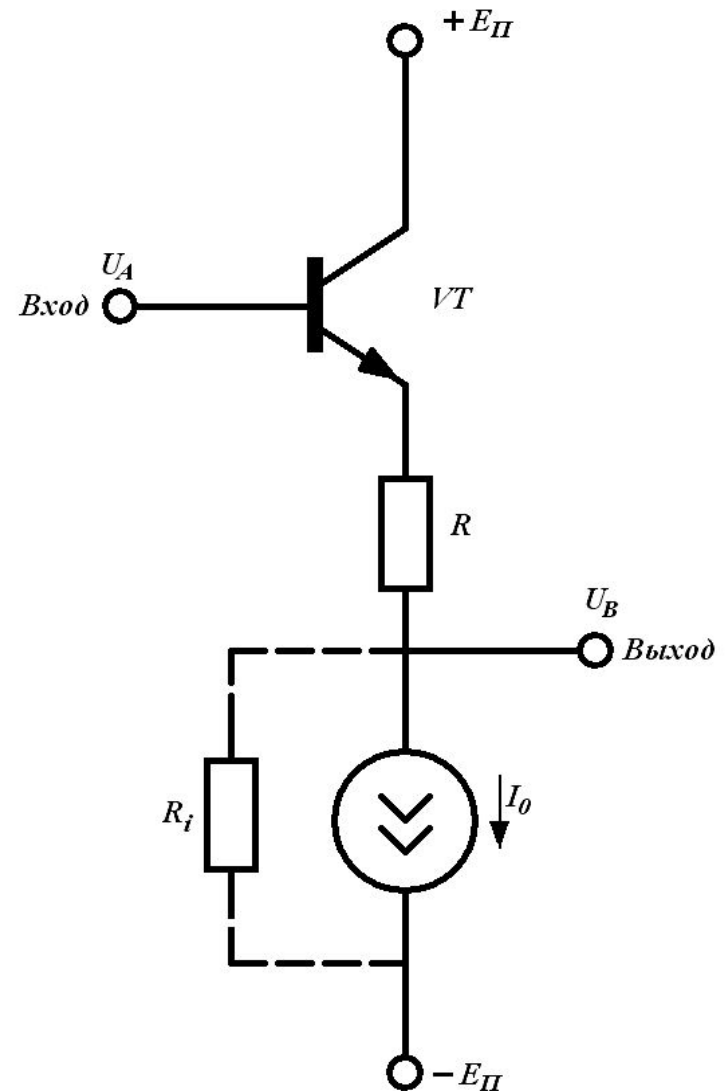


Рис.2. Универсальная схема сдвига уровня напряжения.

Схемы сдвига уровня

ГСТ включён в цепь транзистора VT, база которого непосредственно соединяется с выходом предшествующего каскада. Так как ток эмиттера VT задан ГСТ, то напряжение на эмиттерном переходе этого транзистора будет автоматически устанавливаться таким, чтобы обеспечивать протекание тока I_0 . Следовательно, каким бы ни был потенциал точки A , потенциал точки B будет равен:

$$U_B = U_A - U_{БЭ} - RI_0 . \quad (4)$$

Схемы сдвига уровня

При заданном U_A значение $U_{БЭ}$ однозначно соответствует значению I_0 и, следовательно, можно выбрать такое значение R , чтобы U_B имело также заранее заданное значение.

Нетрудно убедиться в том, что в схеме сигнал на выходе устройства (точка B) повторяет сигнал на входе (точка A). Действительно, на основании (4),

$$\Delta U_A = \Delta U_B - \Delta U_{БЭ},$$

поскольку $I_0 = const$.

Схемы сдвига уровня

Но как было сказано, изменение потенциала базы не может вызвать изменения значения $U_{БЭ}$, поскольку потенциал эмиттера транзистора практически мгновенно следует за изменением потенциала базы.

Следовательно, $\Delta U_{БЭ} = 0$ и $\Delta U_A = \Delta U_B$. Это справедливо, если динамическое сопротивление ГСТ $R_i = \infty$. Как правило, сопротивление R_i лежит в пределах $100 \text{ кОм} \div 1 \text{ МОм}$, а $R = 1 \div 2 \text{ кОм}$. Поэтому коэффициент передачи сигнала оказывается близким к единице.

Контрольные вопросы

1. Схема смещения (сдвига) уровня.
2. Схемы сдвига уровня с помощью резистивного делителя.
3. Схемы смещения для установления режима покоя усилительного каскада в дискретном исполнении.
4. Подача смещения фиксированным током.
5. Подача смещения фиксированным напряжением.
6. Интегральные многокаскадные усилители.
7. Универсальная схема сдвига уровня напряжения.