

1. Аналоговая форма представления информации. Описание линейных систем в частотной и временной области.

Аналоговая форма представления информации – представление протекания процессов в доступной, легко читаемой для человека форме. На физическом уровне логические и запоминающие элементы работают с аналоговым представлением информации. АФП информации является незащищенным от воздействия помех. Объемы информации, передаваемые с помощью АФП в технических системах, могут быть очень большими. Точность реализации функции, в качестве ее количественной характеристики, является абсолютная погрешность $\delta_a(x, y) = |R(x, y) - A(x, y)|$ или относительная погрешность $\delta_r(x, y) = \frac{R(x, y) - A(x, y)}{|A(x, y)|}$, либо

приведенная относительная погрешность (max относит.):

$$\delta_{rp}(x, y) = \frac{R(x, y) - A(x, y)}{\max |A(x, y)|}, \text{ где } R - \text{реальная, } A -$$

эталонная. Функционально выделяют приборную и методическую погрешности. Факторы, определяющие точность реализации ф-ции: -внешние, случайные или регулярные воздействия (наводки); -внутренние нефункциональные воздействия (помехи); -технологические отклонения значений схемных параметров; -ограниченный диапазон существования схемных элементов; -неэквивалентность реальной и идеальной ф-ций схемных узлов. *Примеры.* Для гармонического сигнала $A(t) = A_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$ возможны три вида периодических сигналов (модуляции):

$A(t) = A(t) \sin(\omega t + \varphi)$ -амплитудная,

$A(t) = A_0 \sin(\omega(t) + \varphi_0)$ -частотная, $A(t) = A_0 \sin(\omega_0 t + \varphi(t))$ - фазовая.

Описание линейных систем в частотной и временной области.

Передаточная характеристика – отношение выходной величины ко входной. Она полностью описывает свойства линейной системы, имеющей один вход и один выход и может быть функцией времени или частоты.

Передаточная х-ка: $H(p) = \frac{Y(p)}{X(p)}$, импульсная х-ка:

$$h(t) = \frac{Y(t)}{X(t)},$$

переходная х-ка: $g(t) = \frac{Y(t)}{\sigma(t)}$. $X(t)$ - импульс Дирака, $\sigma(t)$ -

единичный скачек. Импульсные и переходные характеристики позволяют определить реакцию системы на непериодическое воздействие, определяем с помощью интеграла Дюамеля:

$$Y(t) = \int_t h(t - \tau) X(\tau) d\tau$$

Из известной передаточной характеристики можно определить импульсную и переходную. Передаточную характеристику можно представить в виде отношения двух полиномов:

$$\overline{H}(j\omega) = \frac{1 + j\omega a_1 - \omega^2 a_2 + j\omega^3 a_3 + \dots}{1 + j\omega b_1 - \omega^2 b_2 + j\omega^3 b_3 + \dots} = H(\omega) e^{j\varphi(\omega)}$$

при $p=j\omega$, $\overline{H}(p) = \text{Re}[\overline{H}] + j\text{Im}[\overline{H}]$. При $\overline{H}(p)=0$ p – «нуль», при

$\overline{H}(p) \rightarrow \infty$ p – «полус». Передаточная ф-ция $\overline{H}(p)$ определяет амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) $H(\omega)$ и фазо-частотную характеристику (ФЧХ) $\varphi(\omega)$:

$$H(\omega) = \sqrt{[\text{Re}[\overline{H}]]^2 + [\text{Im}[\overline{H}]]^2} \quad \varphi(\omega) = \arctg \frac{\text{Im}(\overline{H})}{\text{Re}(\overline{H})} \text{ Коэффициент}$$

передачи – это модуль, или действительная составляющая передаточной функции, которая задается в натуральном или в логарифмическом масштабе. Определяем коэффициент по току, напряжению или

мощности: $K_i = I_{\text{вых}} / I_{\text{вх}}; K_u = U_{\text{вых}} / U_{\text{вх}}; K_p = P_{\text{вых}} / P_{\text{вх}}$ Фазовая

скорость $T_p = \frac{-\varphi(\omega) + 2\pi k}{\omega} \quad k = \dots -2, -1, 0, 1, 2, \dots$

групповое время задержки $T_p = -\frac{d\varphi(\omega)}{d\omega}$. Понятие искажений

справедливо только для сигналов состоящих из нескольких гармоник. *Линейные искажения* – это изменение формы сигнала во времени, вызываемое различными условиями передачи его частотных составляющих. Для того, чтобы передача сигнала в линейной системе была неискаженной необходимо: $H(\omega) = H_0 = \text{const}, \varphi(\omega) = -(\omega T_0 + k\pi) \quad k = \dots -2, -1, 0, 1, 2, \dots$

Идеальные линейные системы передают гармонические

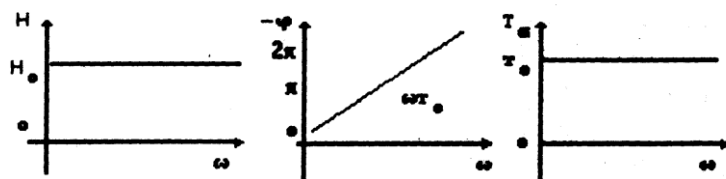


рис. 1.2. Частотные характеристики идеальной линейной системы.

сигналы без искажений.

Активные компоненты электронной схемы – элементы, которые вырабатывают энергию (источник тока/напряжения). *Пассивные компоненты* электронной схемы – элементы, которые только потребляют энергию (все остальные).

2. Биполярный транзистор. Основные схемы включения.

Биполярный транзистор — трёхэлектродный полупроводниковый прибор, один из типов транзистора. Электроды подключены к трём последовательно расположенным слоям полупроводника с чередующимся типом примесной проводимости. По этому способу чередования различают $n p n$ и $p n p$ транзисторы (n (negative) — электронный тип примесной проводимости, p (positive) — дырочный). В биполярном транзисторе, в отличие от других разновидностей, основными носителями являются и электроны, и дырки (от слова «би» — «два»). Схематическое устройство транзистора показано на втором рисунке.

Электрод, подключённый к центральному слою, называют базой, электроды, подключённые к внешним слоям, называют коллектором и эмиттером. На простейшей схеме различия между коллектором и

эмиттером не видны. В действительности же коллектор отличается от эмиттера, главное отличие коллектора — большая площадь $p - n$ -перехода. Кроме того, для работы транзистора абсолютно необходима малая толщина базы.

Принцип действия транзистора

В активном режиме работы транзистор включён так, что его эмиттерный переход смещён в прямом направлении (открыт), а коллекторный переход смещён в обратном направлении. Для определённости рассмотрим $p n p$ транзистор, все рассуждения повторяются абсолютно аналогично для случая $n p n$ транзистора, с заменой слова «электроны» на «дырки», и наоборот, а также с заменой всех напряжений на противоположные по знаку. В $p n p$ транзисторе электроны, основные носители тока в эмиттере, проходят через открытый переход эмиттер-база (инжектируются) в область базы. Часть этих электронов рекомбинирует с основными носителями заряда в базе (дырками), часть диффундирует обратно в эмиттер. Однако, из-за того что базу делают очень тонкой и сравнительно слабо легированной, большая часть электронов, инжектированных из эмиттера, диффундирует в область коллекторного перехода захватывает электроны (напомним, что они — неосновные носители в базе, поэтому для них переход открыт), и пронесёт их в коллектор. Ток коллектора, таким образом, практически равен току эмиттера, за исключением небольшой потери на рекомбинацию в базе, которая и образует ток базы ($I_3 = I_6 + I_k$). Коэффициент α , связывающий ток эмиттера и ток коллектора ($I_k = \alpha I_3$) называется коэффициентом передачи тока эмиттера. Численное значение коэффициента α 0.9 — 0.999. Чем больше коэффициент, тем эффективней транзистор передает ток. Этот

Схемы включения

Схема включения с общей базой Любая схема включения транзистора характеризуется двумя основными показателями: коэффициент усиления по току $I_{\text{вых}}/I_{\text{вх}}$. Для схемы с общей базой $I_{\text{вых}}/I_{\text{вх}} = I_k/I_3 = \alpha$ ($\alpha < 1$) входное сопротивление $R_{\text{вхб}} = U_{\text{вх}}/I_{\text{вх}} = U_{\text{бз}}/I_3$. Входное сопротивление для схемы с общей базой мало и составляет десятки Ом, так как входная цепь транзистора при этом представляет собой открытый эмиттерный переход транзистора.

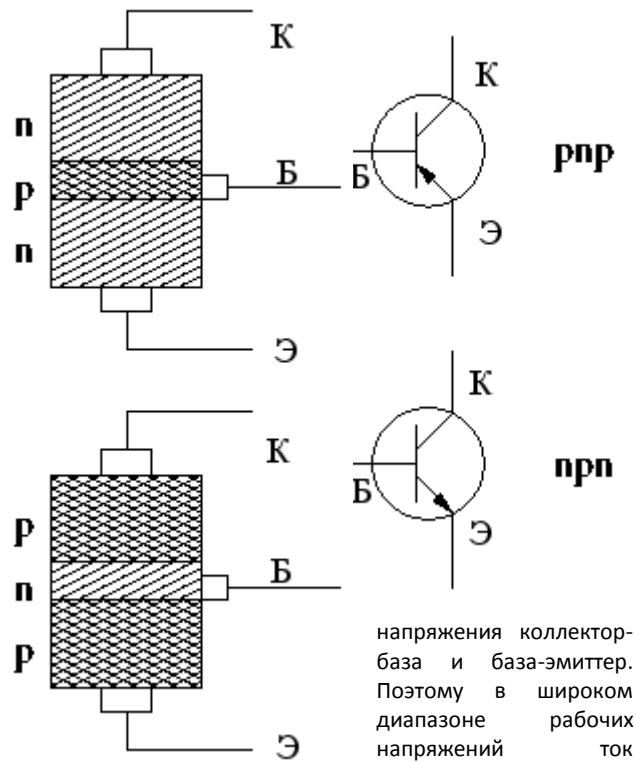
Недостатки схемы с общей базой: Схема не усиливает ток, так как $\alpha < 1$ Малое входное сопротивление Два разных источника напряжения для питания.

Достоинства: Хорошие температурные и частотные свойства.

Схема включения с общим эмиттером

$$I_{\text{вых}} = I_k \quad I_{\text{вх}} = I_6 \quad U_{\text{вх}} = U_{\text{бз}} \quad U_{\text{вых}} = U_{\text{кз}}$$

коэффициент мало зависит от



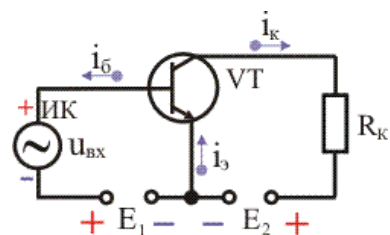
напряжения коллектор-база и база-эмиттер. Поэтому в широком диапазоне рабочих напряжений ток коллектора пропорционален току базы, коэффициент пропорциональности равен $\beta = \alpha / (1 - \alpha) \approx (10 - 1000)$. Таким образом, изменяя малый ток базы, можно управлять значительно большим током коллектора.

Режимы работы биполярного транзистора

Нормальный активный режим Переход эмиттер — база включен в прямом направлении (открыт), а переход коллектор — база — в обратном (закрыт) **Инверсный активный режим** Эмиттерный переход имеет обратное включение, а коллекторный переход — прямое. **Режим насыщения** Оба $p-n$ перехода смещены в прямом направлении (оба открыты). **Режим отсечки** В данном режиме оба $p-n$ перехода прибора смещены в обратном направлении (оба закрыты).

Основные параметры транзистора:

Коэффициенты усиления: по току $k_I = \Delta I_{\text{вых}} / \Delta I_{\text{вх}}$ по напряжению $k_U = \Delta U_{\text{вых}} / \Delta U_{\text{вх}}$ по мощности $k_P = \Delta P_{\text{вых}} / \Delta P_{\text{вх}}$
Сопротивления: входное $R_{\text{вх}} = U_{\text{вх}} / I_{\text{вх}}$ выходное $R_{\text{вых}} = U_{\text{вых}} / I_{\text{вых}}$



Достоинства: Большой коэффициент усиления по току Большое входное сопротивление Можно обойтись одним источником питания

Недостатки: Худшие температурные и частотные свойства по сравнению со схемой с общей базой. Выходное переменное напряжение инвертируется относительно входного.

Схема с общим коллектором

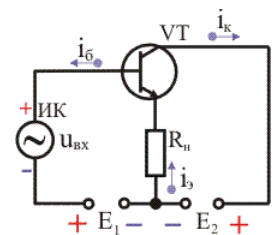
$$I_{\text{вых}} = I_3 \quad I_{\text{вх}} = I_6 \quad U_{\text{вх}} = U_{\text{бк}} \quad U_{\text{вых}} = U_{\text{кз}}$$

Достоинства: Большое входное сопротивление

Малое выходное сопротивление

Недостатки: Не усиливает напряжение

Схему с таким включением также называют «эмиттерным повторителем».



Основные показатели биполярного транзистора
для различных схем его включения

Вид схемы	Токи		Напряжения		Основные параметры			Примечание
	$I_{вх}$	$I_{вых}$	$U_{вх}$	$U_{вых}$	k_I	k_U	$R_{вх}$	
1. общей базой	$I_Э$	I_K	$U_{ЭБ}$	U_H	α	$\alpha \frac{R_H}{R_{вх Б}}$	$\frac{U_{ЭБ}}{I_Э}$	$k_I < 1, k_U > 1$
2. общим эмиттером	$I_Б$	I_K	$U_{ЭБ}$	U_H	β	$\beta \frac{R_H}{R_{вх Б}}$	$\frac{U_{ЭБ}(\beta+1)}{I_Э}$	$k_I > 1, k_U > 1$
3. общим коллектором	$I_Б$	$I_Э$	$U_{КБ}$	U_H	$\beta+1$	$\frac{R_H}{R_H + R_{вх Б}}$	$R_H(\beta+1)$	$k_I > 1, k_U < 1$