

1.3. СХЕМОТЕХНИКА ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ НА БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРАХ

Цель лекции: изучение основ схемотехники элементной базы приборостроения на биполярных транзисторах. В данном разделе работа всех ЛЭ и реализуемая ими логическая функция рассматриваются для положительной логики.

1.3.1. РЕЗИСТОРНО-ТРАНЗИСТОРНАЯ ЛОГИКА

Резисторно-транзисторная логика (РТЛ) была создана еще до изобретения ИМС, когда существовали только дискретные транзисторы, и представляет собой один из первых типов ЛЭ. Принципиальная схема двухвходового базового ЛЭ РТЛ показана на рис. 1.7.

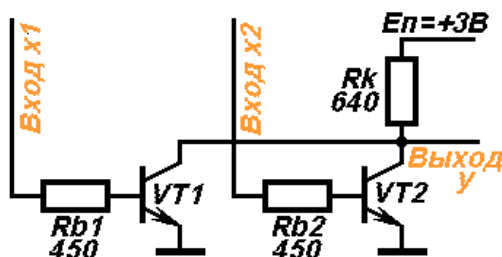


Рис. 1.7. Базовый логический элемент резисторно-транзисторной логики

Если на обоих входах x_1 и x_2 логического элемента присутствуют низкие уровни логических сигналов, то оба транзистора $VT1$ и $VT2$ – закрыты. Ток через резистор Rk не протекает и падения напряжения на нем нет. Поэтому на выходе схемы будет напряжение, соответствующее высокому уровню логического сигнала.

Если хотя бы на одном из входов ЛЭ присутствует высокий уровень логического сигнала, то транзистор, подключенный базой к этому входу, открыт и находится в состоянии насыщения. Коллекторный ток протекает через этот транзистор, и на резисторе Rk есть падение напряжения. Поэтому на выходе элемента присутствует низкий уровень логического сигнала.

Таким образом, элемент реализует логическую функцию «ИЛИ–НЕ»:

x_2	x_1	y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

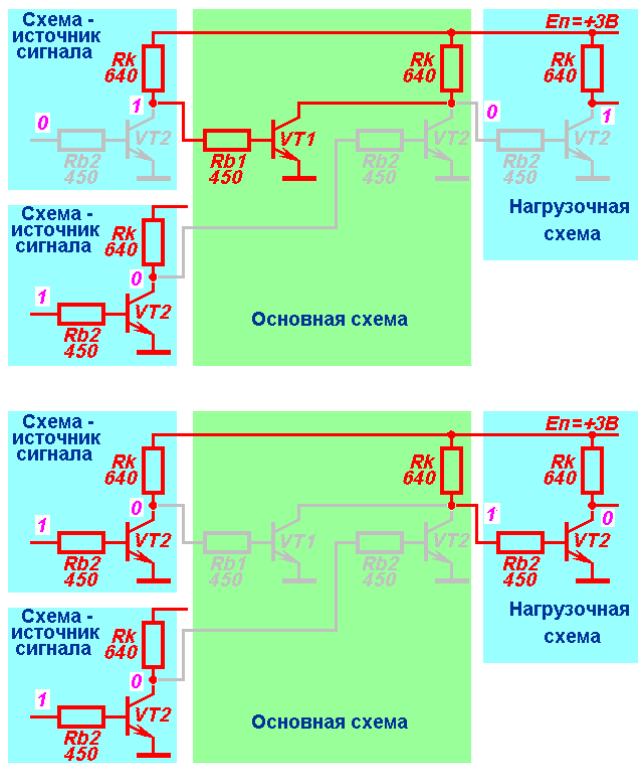


Рис. 1.8. Работа базового ЛЭ РТЛ при уровнях логической «1» (а) и логического «0» (б) на входе основной схемы

При определении запасов помехоустойчивости анализ схемы проводится в предположении, что ЛЭ получает входной сигнал от такого же элемента и работает так, как показано на рис. 1.8, где серым цветом выделены цепи, через которые при данных уровнях логических сигналов протекают токи.

В случае подключения n -нагрузочных схем базовый логический элемент РТЛ работает так, как показано на рис. 1.9. Для этого случая семейство статических передаточных характеристик будет таким, как показано на рис. 1.10.

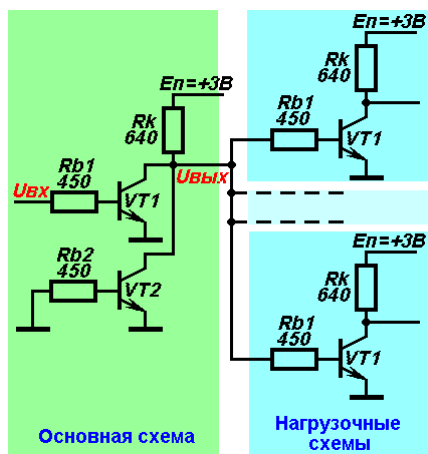


Рис. 1.9. Нагрузка базового элемента РТЛ на n -логических элементов

Для $n = 1$ переход в состояние логического 0 на выходе начинается при $U_{вх} = 0,85 \div 0,9$ В. Напряжение падает до $U_{кэнас} \approx 0,2$ В. Для нахождения рабочих точек меняют местами оси и находят пересечения двух кривых. В этих точках и будут рабочие точки логического элемента при уровнях входного сигнала равном 0 и 1.

Можно показать, что в РТЛ ЛЭ при нагрузке на n -логических элементов величина выходного напряжения U_A будет равна:

$$U_A = U_{БЭ} + \frac{(E_{п} - U_{БЭ}) \frac{R_b}{n}}{R_k + \frac{R_b}{n}}.$$

Для схем РТЛ при увеличении количества ЛЭ, подключенных к выходу, значение запаса помехоустойчивости по положительной помехе практически не меняется, а для отрицательной помехи сильно уменьшается.

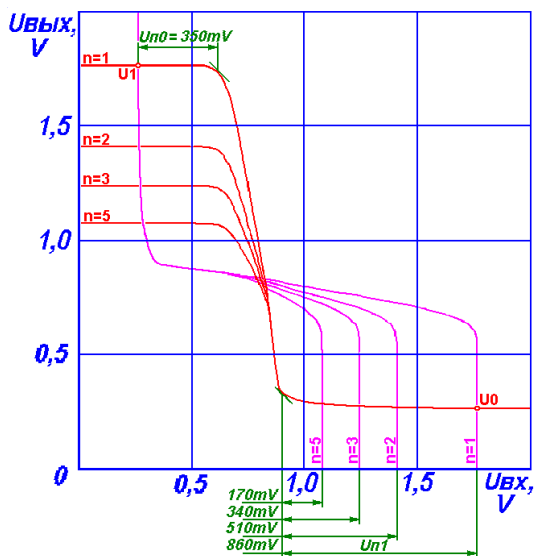


Рис. 1.10. Статические передаточные характеристики ЛЭ РТЛ при работе на разное число нагрузочных схем

Как видно из представленной характеристики, при $n = 5$ запас помехоустойчивости по отрицательной помехе составляет всего 170 мВ, что крайне мало.

1.3.2. Недостатки ЛЭ РТЛ

К недостаткам следует отнести:

1. Зависимость уровня логической «1» от числа нагрузочных схем.
2. Уменьшение запаса статической помехоустойчивости по отрицательной помехе при увеличении числа нагрузочных схем.

В настоящее время схемы РТЛ не выпускаются и для построения цифровых устройств практически не применяются. В данном разделе они были рассмотрены с единственной целью – дать представление о том, с чего начиналась схемотехника полупроводниковых ЛЭ и какими недостатками она обладала.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЛЕКЦИИ 3

Вопрос 1. Каким параметром характеризуется нагрузочная способность логического элемента?

Ответы:

- 1 Коэффициентом разветвления по выходу.
- 2 Коэффициентом объединения по входу.
- 3 Потребляемой мощностью

Вопрос 2. По какой характеристике ЛЭ можно определить его запасы статической помехоустойчивости?

Ответы:

1. По статической передаточной характеристике
2. По зависимости тока потребления от изменения напряжения питания
3. По зависимости характеристике запасов динамической помехоустойчивости

Вопрос 3. Каков основной недостаток схем РТЛ?

Ответы:

- 1 Уменьшение запаса статической помехоустойчивости по отрицательной помехе от числа нагрузочных схем.
- 2 Зависимость уровня логической «1» от числа нагрузочных схем.
- 3 Зависимость тока потребления от числа нагрузочных схем.
- 4 Малый размах уровня логического сигнала.

Вопрос 4. Какую логическую функцию выполняет ЛЭ РТЛ?

Ответы:

- 1 Логическую функцию «И-НЕ»
- 2 Логическую функцию «ИЛИ-НЕ»
- 3 Логическую функцию «ИЛИ»

Вопрос 5. На сколько ЛЭ можно нагрузить ЛЭ РТЛ, чтобы размах уровней логического сигнала был не менее 1 вольт?

Ответы:

- 1 На 2 ЛЭ
- 2 На 3 ЛЭ
- 3 На 5 ЛЭ