**Схемотехника**

**1. Базовые элементы ТТЛ 155-й серии. Схемы, принцип работы, назначение элементов ИЛИ К155ЛА3 и К155ЛР1.**

ТТЛ

Обеспечивает требование быстродействия и потребляемой мощности. В интересах согласования с ЛЭ других типов используются преобразователи уровня в виде схемы с простым инвертором или со сложным инвертором. Для реализации можно использовать диодно-резисторную логику (Шотки) со сложным инвертором.

ЛЭ ТТЛ с простым инвертором

Достоинства

1. Простота технической реализации (на одном кристалле).
2. Малые паразитные емкости, следовательно большое быстродействие.

Недостатки

1. Более низкая помехоустойчивость по сравнению с ДТЛ (U+пом ТТЛ < U+пом ДТЛ, U-пом ТТЛ < U-пом ДТЛ)
2. Малый Kраз (**Kраз***— число единичных нагрузок, одновременно подключенных к выходу ЛЭ*)

Применяется в тех случаях, когда не требуется высокие устойчивость от статических помех и Kраз.

Схема с открытым коллектором.

Можно включать резистор, светодиод, реле, обмотку мощного трансформатора. Схема ТТЛ явл. дальнейшим развитием ДТЛ. Так ДРЛ (диодно-резисторная логика) заменена на МЭТ (многоэмиттерный транзистор) с резистором.

Рис.1

Для реализации операции *y=x1x2*

Рис.2

Рис.3

База–коллектор VT1 выполняют функцию смещающего диода VD3 с схеме ДТЛ. Эквивалент диода VD4 ДТЛ в схеме ТТЛ отсутствует.

Достоинства

1. Отсутствует сопротивление утечки (в ДТЛ R2).
2. МЭТ обеспечивает рассасывание неосновных носителей из области базы VT2

Условия

1. Положительная логика

**1 случай**

x1=x2=1, т.е. Ux1=Ux2=U1 → “1”

МЭТ выполняет следующие функции:

1. Операция “И”

1. Усиление сигнала.
2. VD1, VD2.
3. VD3 в схеме ЛЭ ДТЛ.

VD1 → (база-эмиттер VT1)х1,

VD2 → (база-эмиттер VT1)х2.

Диод смещения VD3 → база-коллектор VT1

Переход база-эмиттер VT1 смещённый в обратном направлении; переход база-коллектор VT1 смещён в прямом направлении, ⇒ режим **активный инверсный**

Uк-э МЭТ ≈ 0,1 В

Uа = Uб-к VT1 о + Uб-эVT2 о – Uк-эVT1 ≈ 1,5 В

VT2, R2 реализуют “НЕ”. Принцип такой же, как в ДТЛ (VT2 открыт, насыщен. Rвых мало (≈ 5..40 Ом) ⇒ **Uy = U0 ≈ 0,2В**

**2 случай**

Ux1 = 0,2В Ux2 = 4В

(Up – Un)VT1 x1 = UИП – Ux1 =5 – 0,2 = 4,8В

Открыт, т.о. Ua = Uб-эVT1 x1 откр. + Ux1 = 0,8 + 0,2 = 1В

Для того, чтобы открыть VT1б-к и VT2э-б требуется

VT2 закрыт.

МЭТ находится в открытом и насыщенном состоянии. Режим активный и насыщенный.

ЛЭ ТТЛ-типа серии К155

1. Краз мало в ТТЛ с простым инвертором
2. Rвых ≈ Rк VT

Для устранения недостатка применяют ТТЛ со сложным инвертором.

Рис.4 ЛЭ ТТЛ-типа со сложным инвертором.

# Состав схемы

1. На VT1 МЭТ и R1 собран коньюнктор .

1. Сложный инвертор (VT2-VT5, R2-R5).
2. Демпфирующий диод VD3.

**Сложный инвертор** включает в себя:

1. VT2 c R2, R3, R4, VT5. С одной стороны фазоразделительный каскад с корректирующей цепочкой VT5, R3, R4.
2. Выходной каскад (VT3, VT4, VD3, R5).
3. Эмиттерный повторитель на VT3 (**ЭП**).
4. Инвертор на VT4.

Назначение VD1, VD2.

Это так называемые демпфирующие диоды — для шунтирования (на корпус) сигнала отрицательной полярности с уровнем более 0,6В. При положительной логике уровни сигналови при UИП = +5В.

1. Входные цепи имеют паразитное С и паразитное L.
2. Наводки (наведённые статические помехи).

Первые создает колебательный контур (**к/к**)

Рис. 5

В момент окончания сигнала (Ua – Uk)VD1,2 = 0 – (-0,8) = 0,8В > UVD3 = 0,6В

⇒ VD1 открыт и ⇒ RVD О = Rпр = 5..20 Ом и устраняется отрицательная полярность в помехе. Положительная помеха влияния не оказывает вследствие своей малости.

МЭТ

VT1, R1 предназначены для реализации операции “И”. Он представляет собой диодную сборку. Сравним с ДТЛ

1. (**б–э**)х1 → VD1 (ДТЛ).

(**б–э**)х2 → VD2 (ДТЛ).

(**б–к**)VT1 → VD3 (диод смещения ДТЛ)

1. Выполняет операцию усиления.
2. При закрывании VT2 c области базы (**p**) осуществляется рассасывание неосновных носителей ⇒ VT1 заменяет Rутечки, включенную в цепь базы транзистора VT1 ДТЛ (R3).

Режим работы транзистора VT1

1. Режим насыщения.
2. Активный инверсный.
3. Происходит в случае воздействия на вход сигнала низкого уровня. В этом случае **б–э** смещаются в прямом направлении, R мало, транзистор открыт и насыщен; **б–к** смещен в обратном направлении, но открыт.
4. Если на x1 и x2 подана “1”, то **б–э** смещены в обратном направлении, R велико, а **б–к** смещен в прямом направлении (R мало).

Рассмотрим назначение VT2

Если замкнуть R3 на корпус и сделать два разрыва (как показано на рис.4). VT2 предназначен для управления VT3 и VT4. В насыщенном состоянии ток IэVT2=Iк+Iб (IнVT2 < IнVT4). Если в точке **k** «–», то в точке **с** «–».

VT3(ЭП)

ЭП имеет Rвых малое при любой нагрузке в эмиттерной цепи. Rвых при выключенном ЛЭ также мало. В случае воздействия на вход «0» закрывается VT3. Этим исключается возможность протекания сквозного тока от источника питания через открытые VT3 и VT4. В случае открытого VT3 VD3 закрывается, т.е. отсутствует недостаток простого инвертора, т.е. мощность потребления меньше.

**1 случай**

U1 = U2 = U1 → “1”

(**б-э**)VT1 смещены в обратном направлении.

(**б-к**)VT1 смещён в прямом направлении. ⇒ VT1 работает в активном инверсном режиме. Потенциал т. а достаточен, чтобы открыть переход(**б-к**)VT1, (**б-э**)VT2, (**б-э**)VT5 и (**б-э**)VT4.

При открытом **p-n** переходе

VT2 открыт и насыщен

Ток протекает по цепи: «+»ИП → R2 → (**к-э**)VT2о.н. → R3 →VT5 → корпус

 R4

VT4 открывается напряжением Uc. Оно создается после открытия VT2 и VT5 током эмиттера VT2.

Корректирующая цепочка предназначена для защиты от статических помех (для увеличения ) по сравнению с ЛЭ без корректирующей цепочки за счет изменения формы. В интересах повышения помехоустойчивости используется VT2 (это VD4 в схеме ДТЛ)

(**б-э**)VT1 → VD4 ДТЛ

(**б-э**)VT2 → VD3 ДТЛ

Uколлектора насыщения VT4=0,1В

**2 случай**

Если на один из входов подать уровень напряжения, соответствующим логическому «0», то через переход (**б-э**)VT1 ток протечет по цепи: «+»ИП → R1 → (**б-э**)VT2 → X1 → корпус

Ua = U(**б-э**)откр.VT1 + UX1 = 0,8 + 0,2 = 1В

Uk = Ua – U(**к-э**)VT1 ­= 1 – 0,1 = 0,9В

VT2-VT4 – закрыты

При VT2 закрытом Uб  ≈ UИП = 5В. VT3, VD3 открыты, ⇒ Uy = UИП – U(**б-э**)VT3 – UVD3о = = 5–1,6 = 3,4В

Параметры ТТЛ со сложным инвертором

Основным параметром в статическом режиме является , , Рпот.ср. (средняя потребляемая мощность).

 на VT3 мало ⇒ Kраз высок!

Рис. 6

при X2

ЛЭ включен, т.е. VT2 и VT4 открыты и насыщены. VT3 и VD3 закрыты.

При Uвых = U0 ⇒

ЛЭ ТТЛ-типа с открытым коллектором

Применение: в случае включения в выходной каскад таких компонентов, как реле, светодиод, трансформатор и т.д. и в случае включения резистора в коллекторную цепь с подачей более высокого напряжения питания (до 30В).

Рис.7

ЛЭ ТТЛ-типа с 3-мя состояниями выхода

**Roff** — высокое выходное сопротивление

Рис.8

Фрагмент таблицы истинности:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| X1 | X2 | X3 | Y |
| 1 | 1 | 1 | Roff |
| 0 | 1 | 0 | 1 |

Состав схемы:

1. Коньюнктор (VT1, R1). В точке 1 .
2. Сложный инвертор с корректирующей цепочкой: фазоразделительный каскад, корректирующая цепочка, ЭП.

Кроме этих компонентов в схему включены VT6, R6, R7. Коллекторная цепь VT6 включена в коллекторную цепь VT2 в точке **а**. Это необходимо для реализации третьего состояния схемы. Рассмотрим принцип работы с использованием таблицы истинности. Пусть на входах высокий уровень (1 поз. таблицы). В этом случае VT6 **открыт и насыщен**. Сопротивление VT6 мало (составляет rвых VT6 = rн =5..20 Ом). Из этого следует, что U(к-э)нVT6 ≅ 0,2В. ⇒ Ua = 0,2В. Определим, какое U в т.1 Uк = UбVT2. VT1 – активный инверсный режим. U1 > Ua ⇒ VT2 – активный инверсный режим. Ток течет по цепи:

«+»ИП → R1 → **б-к** VT1→ **б-к** VT2 → **к-э** VT6 → корпус → «–»ИП.

U1 = U(б-к)оVT2 + U(к-э)насVT6 = 1В

В этом случае закрыт VT5. Дальше цитата Тимошенко В.С.: «А в каком же состоянии VT4 и VD1? Да они же закрыты!!!». ⇒ на выходе высокое сопротивление Roff.

**2 позиция таблицы.** VT6 закрыт, Rк-э высокое.

Вывод: в случае подачи на вход X3 U0 при положительной логике VT6 закрыт и схема ЛЭ может иметь 2 состояния – включенное и выключенное.

Базовые ЛЭ ЭСЛ-типа 500-ой серии.

Достоинства: ЛЭ ЭСЛ-типа применяются в быстродействующих устройствах, т.к. она (ЭСЛ) имеет малое tздр (время задержки). Это обусловлено:

 (1), где Uл – логический перепад. (Примечание. Для ТТЛ с простым инвертором )

Если в (1) при Cн = const уменьшить Uл, то tздр уменьшается.

ЛЭ ЭСЛ имеет малый уровень логического перепада, дост. Большой ток зарада Cпар, ⇒ длительность положительного перепада схемы мала. Рассмотрим состав, принцип работы и назначение элементов схемы. При положительной логике U1 = – 0,9В, U0 = – 1,7В, опорное напряжение .

«ИЛИ–ИЛИ–НЕ»

Рис.9

1. Токовый переключатель.
2. Источник опорного напряжения.
3. Эмиттерные повторители.
4. VT1, VT2 – левое плечо дифференциального усилителя.

 R1, R2, R5

 R3, R4 – сопротивления утечки.

 На **б** VT1 и VT2 подаются входные сигналы.

 На **б** VT3 поступает опорное напряжение –1,3В.

 Uл = U1 – U0 = 0,8В

1. Делитель R7R8, диоды VD1 и VD2, ЭП VT4R6, VT3.
2. VT5R9 (R9 и R10 в схему ЛЭ в интегральном исполнении не входят).

 VT6R10

 U(б-э)оVT5,6 = 0,8В

**Работа**

X1 = X2 = 0

U1 = – 0,9В

U0 = – 1,7В

Uоп = –1,3В

VT1 и VT2 закрыты. Iк1,2 = 0. VT3 открыт. При этом Uc=–(Uоп) + (–U(б-э)VT3) = (–1,3) + (–0,75) = = –2,05В

Что с VT3? Проверим: (Uб – Uэ)VT3 = (–1,3) – (–2,05) = 0,75 — он открыт.

(Uб – Uэ)VT1,2 = (–U0) – (–Uc) = (–1,7) – (–2,05) = 0,35В < Uэз = 0,6В ⇒ VT1,2 – закрыты.

Т.к. через R1 при закрытых VT1 и VT2 протекает ток IбVT5 (ЭП) по цепи:

«+»ИП → R1 → **б-э** VT5→ R9 → «–»ИП

Режим работы VT5 подобран так, что он всегда открыт и через него течет ток:

«+»ИП → R1 → **к-э** VT5 → R9 → «–»ИП

Uб-эVT5o = –0,8В

Uy1 = (Ua + Uб-эVT5) = (–0,1) + (–0,8) = –0,9В → U1 = – 0,9В

Uc = Uб-эVT3o + Uоп = (–0,75) + (–1,3) = –2,05В

через R2 протекает ток IкVT3, IбVT6.  Т.о. создается напряжение Uб = (IкVT3 + IбVT6) R2 = –0,9В

Uy2 = Uб + Uб-эVT6o = (–0,9) + (–0,8) = –1,7В

 ИЛИ–НЕ В этом случае y2 = «0»

 ИЛИ y1 = «1»

X1 = X2 = 1

В этом случае VT1,2 открыты, но ненасыщены ⇒ отсутствует избыточность зарядов в цепи базы ⇒ tздр мало.

VT3 закрыт

Uc = UX1,2 + Uб-эVT1,2o = (–0,9) + (–0,75) = –1,65В. Через R2 протекает только Iб.

y1 = «0»

y2 = «1»

Источник опорного напряжения предназначен для создания стабильного напряжения (–1,3В). Включаются R7, R8.

Т.к. температура изменяется, то требуется температурная компенсация VD1,2, VT4, R6

VD1,2 — для термокомпенсации (для обеспечения пропорционального изменения тока делителя). В точке **d** в зависимости от toC меняется потенциал.

Работа источника опорного напряжения (ИОН).

Если соединить базу VT3 с точкой d и убрать VD1,2 (закоротить), т.е. исключить VT4 (ЭП) и R6, чтобы мы имели .

Когда VT3 открыт, то имеем недостаток: через R7 кроме Iдел протекает IбVT7 ⇒

(Iдел + IбVT3) R7 = , IбVT3 = I ( to )

Как видно, постоянство опорного напряжения на базе VT3 не обеспечивается. Для ликвидации этого недостатка вкл. VT4R6. Тогда через делитель R7R8 всегда протекает ток равный Iдел + IбVT4. Но и в этом случае не обеспечивается стабильность напряжения, т.к. IбVT4 = I ( to ). Существует необходимость ввести диоды VD1,2, в которых R меняется в зависимости от изменения to ⇒ изменяется ток Iдел. Этим компенсируется изменение токов IбVT4 и IбVT3 от температуры и обеспечивается температурная стабилизация.

Определим потенциал т. **d**.

Т.к. UбVT3 = Ud + Uб-эVT4, то

Ud =–Uб-эVT4 + UбVT3 = –(Uоп) – (–Uб-эVT4) = –1,3 – (–0,75) = –0,55В

 Uоп