

МИНИСТЕРСТВО МОРСКОГО ФЛОТА СССР
ГОСУДАРСТВЕННАЯ МОРСКАЯ АКАДЕМИЯ
ИМЕНИ АДМИРАЛА С. О. МАКАРОВА

Н. И. БОРОДИН, И. П. БУКАНОВ

ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ
И ИМПУЛЬСНОЙ СХЕМОТЕХНИКИ
ТРАНЗИСТОРНО-ТРАНЗИСТОРНЫЕ
ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ
И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Учебное пособие

ФГБОУ ВО "ТУМРФ имени адмирала С.О.Макарова"

МОСКВА
В/О «МОРТЕХИНФОРМРЕКЛАМА»
1991

МИНИСТЕРСТВО МОРСКОГО ФЛОТА СССР

ГОСУДАРСТВЕННАЯ
МОРСКАЯ АКАДЕМИЯ
ИМЕНИ АДМИРАЛА С.О.МАКАРОВА

Н.И.БОРОДИН, И.П.БУКАНОВ

ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ
И ИМПУЛЬСНОЙ СХЕМОТЕХНИКИ
ТРАНЗИСТОРНО-ТРАНЗИСТОРНЫЕ
ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ
И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Учебное пособие

ФГБОУ ВО "ТУМРФ имени адмирала С.О. Макарова"

УДК 621.374

Бородин Н.И., Буканов И.П. Основы цифровой и импульсной схемотехники. Транзисторно-транзисторные логические элементы и их применение: Учеб. пособие. — М.: В/О "Мортехинформреклама", 1991. — 40 с.

Рассматриваются транзисторно-транзисторные логические элементы. Описаны принципиальная схема, принцип работы, основные характеристики базового элемента универсальной серии транзисторно-транзисторной логики. Проведен обзор по модификационным сериям транзисторно-транзисторной логики, причем особое внимание уделено схемам с диодами Шотки. Приведена система условных графических обозначений элементов цифровой техники.

Пособие предназначено для курсантов радиотехнических факультетов высших инженерных морских училищ и студентов радиотехнических специальностей очного и заочного обучения, изучающих цифровую и импульсную схемотехнику.

Рекомендовано советом радиотехнического факультета ЛВИМУ 28 мая 1990 г. (протокол № 8).

Ил. 19, табл. 11, список лит. 10 назв.

Рецензенты: Ю.М. Устинов и А.А. Зирнис.

© В/О "Мортехинформреклама", 1991.

ВВЕДЕНИЕ

Цифровые интегральные микросхемы находят применение в большинстве судовых радиотехнических систем. Причем логические элементы являются простейшими представителями цифровых интегральных схем малой степени интеграции. Несмотря на интенсивную разработку больших интегральных схем, в частности микропроцессоров и микроЭВМ, потребность в элементах с малой степенью интеграции остается большой. Это связано с тем, что такие элементы обеспечивают большую гибкость при разработке логических схем.

Более половины объема мирового производства интегральных схем в настоящее время приходится на долю транзисторно-транзисторной логики. Номенклатура микросхем транзисторно-транзисторной логики весьма разнообразна: от простейших логических элементов до готовых функциональных узлов (счетчиков, регистров, дешифраторов и т.д.). Большим разнообразием отличаются также и модификации серий транзисторно-транзисторной логики: от микромощных до серий с высоким быстродействием, конкурирующих с транзисторной логикой с эмиттерными связями. Наиболее перспективной следует считать транзисторно-транзисторную логику с диодами Шотки. Согласно отечественным и зарубежным прогнозам, именно этот вид логических элементов совместно с комплементарными структурами на полевых транзисторах до 2000 г. будут основной элементной базой радиоэлектронной аппаратуры.

Таким образом, радиоспециалисту, связанному с эксплуатацией судового радиооборудования, необходимо иметь твердые знания по транзисторно-транзисторным логическим элементам.

1. ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Общие сведения о логических элементах

Многовходовые ключевые схемы, соединенные между собой определенным образом, называют логическими элементами. В логических элементах сигнал на входе и выходе является двоичным (бинарным). Он может принимать только два значения: логического нуля "0" и логической единицы "1".

Логические элементы (ЛЭ) реализуют переключательную булеву (логическую) функцию, которую можно записать в виде логического выражения

$$y=f(x_1, x_2, \dots, x_m),$$

где $x_i, i=\overline{1, m}$ — сигналы на входах ЛЭ;

y — сигнал на выходе ЛЭ.

Логическую функцию задают в виде таблиц ее значений y в зависимости от значений аргументов x_i . Такая таблица называется переключательной таблицей или таблицей истинности.

ЛЭ могут реализовывать следующие логические функции.

1. Повторение: $y=x$. ЛЭ, выполняющий логическую операцию повторения, называется повторителем (рис. 1, а); таблицу истинности повторителя отражает табл. 1. Очевидно, что сигнал на выходе повторителя совпадает с сигналом на его входе.

2. Отрицание "НЕ": $y=\bar{x}$ (\bar{x} — отрицание x). ЛЭ, выполняющий логическую операцию отрицания, называется инвертором (рис. 1, б); таблицу истинности инвертора отражает табл. 2. Сигнал "1" на

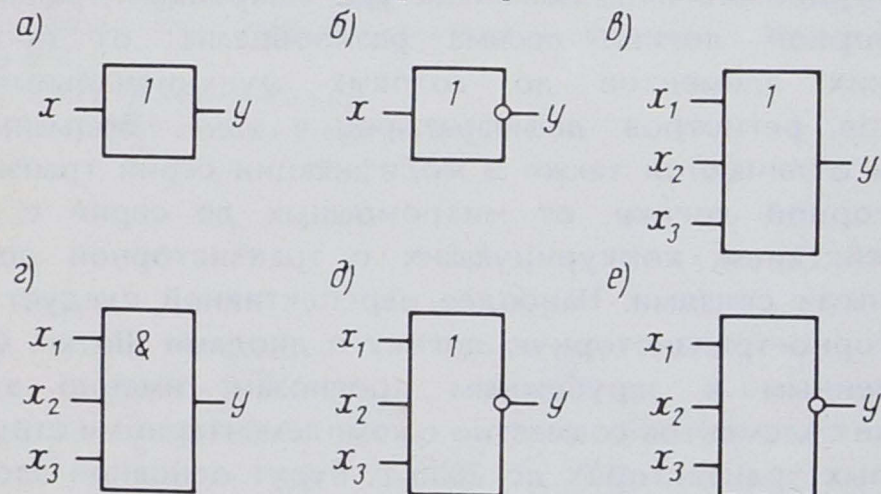


Рис. 1. Условные графические обозначения логических элементов

выходе инвертора имеет место тогда, когда на вход подан сигнал "0". Наоборот, сигнал "0" на выходе инвертора имеет место тогда, когда на вход подан сигнал "1".

3. Функция логического сложения "ИЛИ": $y=x_1+x_2+\dots+x_m=x_1 \vee x_2 \vee \dots \vee x_m$. ЛЭ, выполняющий логическую операцию "ИЛИ", называется дизъюнктом, а чаще всего схемой "ИЛИ" (рис. 1, в); таблицу истинности отражает табл. 3. Очевидно, что наличие хотя бы на одном из входов сигнала "1" определяет сигнал "1" на выходе.

4. Функция логического умножения "И": $y=x_1 x_2 \dots x_m = x_1 \wedge x_2 \wedge \dots \wedge x_m$. ЛЭ, выполняющий логическую операцию "И", называется конъюнктом, а чаще всего схемой "И" (рис. 1, г); таблицу истинности отражает табл. 4. Очевидно, что наличие хотя бы на одном из входов сигнала "0" определяет сигнал "0" на выходе. Сигнал "1" на выходе

конъюнктора имеет место только тогда, когда на все его входы поданы сигналы "1".

Схемы, реализующие простейшие логические операции "И", "ИЛИ", "НЕ", являются основными. С помощью этих схем можно создать логическую схему любой сложности. Совокупность логических элементов "И", "ИЛИ", "НЕ" представляет собой функционально полную систему, или базис. Однако любую логическую схему можно реализовать, используя только две схемы из трех основных, а именно: схемы "И" и "НЕ" или схемы "ИЛИ" и "НЕ". Каждую пару указанных схем можно объединить и получить универсальные логические элементы "И—НЕ" и "ИЛИ—НЕ".

5. Функция отрицания логической функции "ИЛИ":

$$y = \overline{x_1 + x_2 + \dots + x_m} = \overline{x_1 \vee x_2 \vee \dots \vee x_m}.$$

ЛЭ, выполняющий операцию отрицания логической функции "ИЛИ", называется элементом "ИЛИ—НЕ" (рис. 1, д); таблицу истинности отражает табл. 5. Очевидно, что наличие хотя бы на одном из входов сигнала "1" определяет сигнал "0" на выходе.

6. Функция отрицания логической функции "И":

$$y = \overline{x_1 x_2 \dots x_m} = \overline{x_1 \wedge x_2 \wedge \dots \wedge x_m}.$$

ЛЭ, выполняющий операцию отрицания логической функции "И", называется элементом "И—НЕ" (рис. 1, е); таблицу истинности отражает табл. 6. Очевидно, что наличие хотя бы на одном из входов сигнала "0" определяет сигнал "1" на выходе.

По полярности логики различают элементы положительной и отрицательной логики. В зависимости от полярности напряжения питания возможны варианты схемотехнической реализации элементов, приведенные в табл. 7.

Таблица 1

x	y
0	0
1	1

Таблица 2

x	y
0	1
1	0

Таблица 3

x_1	x_2	x_3	y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Таблица 4

x_1	x_2	x_3	y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

Таблица 5

x_1	x_2	x_3	y
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

Таблица 6

x_1	x_2	x_3	y
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

Таблица 7

Вид логики	Полярность напряжения питания	
	положительная	отрицательная
Положительная		
Отрицательная		

Основные требования, предъявляемые к логическим элементам

Электронная схема, реализующая сложную логическую функцию, обычно образуется путем объединения большого количества элементарных логических схем нескольких простых типов. В связи с этим к элементарным ЛЭ предъявляются следующие основные требования: возможность реализовать полный набор логических операций, возможность их объединения в сложную систему.

К основной статической характеристике ЛЭ относится передаточная функция — зависимость выходного напряжения $U_{\text{вых}}$ от входного напряжения $U_{\text{вх}}$. Характеристика снимается для одного из входов x_i , а остальные входы подключаются к цепи, в которой действуют уровни напряжения логического "0" или логической "1" при заданном количестве нагрузок на выходе ЛЭ. Типичная форма передаточной характеристики ЛЭ (повторителя) представлена на рис.2. Для сохранения цифровой формы сигнала передаточная характеристика ЛЭ должна обладать регенеративными (кван-

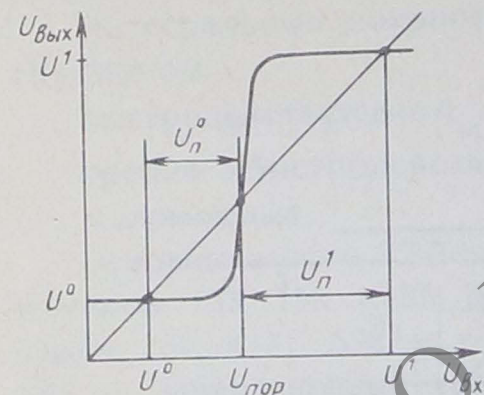


Рис.2. Передаточная характеристика логического элемента

циальным коэффициентом усиления больше единицы.

К основным статическим параметрам относятся: напряжение логической единицы U^1 ; напряжение логического нуля U^0 ; логический перепад $\Delta U = U^1 - U^0$; пороговое напряжение элемента $U_{\text{пор}}$; входное напряжение, малые отклонения от которого в ту или иную сторону приводят к переходу элемента из одного логического состояния в другое.

Помехоустойчивость логических элементов. Помехоустойчивостью называют максимальное значение $U_{\text{п}}$ (см.рис.2) помехи, действующей на входе ЛЭ, при котором еще не нарушается нормальное функционирование ЛЭ.

Различают помехоустойчивость $U_{\text{п}}^0$ логического нуля и помехоустойчивость $U_{\text{п}}^1$ логической единицы: $U_{\text{п}}^0 = U_{\text{пор}} - U^0$; $U_{\text{п}}^1 = U^1 - U_{\text{пор}}$.

Нагрузочная способность. Нагрузочной способностью (или коэффициентом разветвления по выходу) $K_{\text{рв}}$ называют максимальное число входов аналогичных ЛЭ, которое может быть нагружено на выход данного элемента без нарушения нормального функционирования.

Коэффициент объединения по входу. Коэффициент m объединения по входу определяет максимальное число входов данного ЛЭ.

Быстродействие. Быстродействие ЛЭ определяют следующие параметры (рис.3):

активное время перехода из состояния логической "1" в состояние логического "0" — $t_{\text{зд}}^{10}$;

активное время перехода из состояния логического "0" в состояние логической "1" — $t_{\text{зд}}^{01}$;

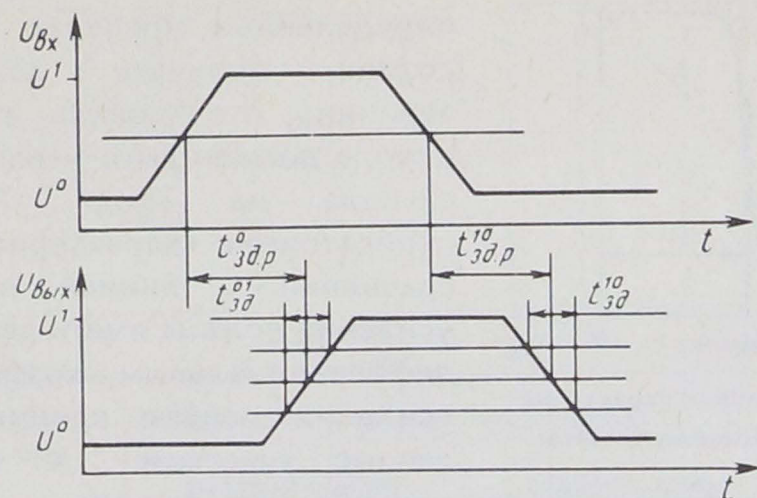


Рис. 3. К определению быстродействия логических элементов

время задержки распространения сигнала при включении ЛЭ — $t_{зд.р.}^{10}$;

время задержки распространения сигнала при выключении ЛЭ — $t_{зд.р.}^{01}$;

среднее время задержки распространения сигнала

$$t_{зд.р. ср.} = (t_{зд.р.}^{10} + t_{зд.р.}^{01}) / 2.$$

Потребляемая мощность:

мощность потребления в состоянии логического "0" — P_n^0 ;

мощность потребления в состоянии логической "1" — P_n^1 ;

средняя мощность потребления в статическом режиме

$$P_{п.ср} = (P_n^0 + P_n^1) / 2.$$

У некоторых ЛЭ в момент переключения потребляемая мощность существенно возрастает. При этом приходится учитывать дополнительную динамическую мощность P_d , величина которой пропорциональна частоте переключения:

$P_{ср} = P_{п.ср} + P_d$, где $P_{ср}$ — средняя потребляемая мощность при максимальной рабочей частоте.

Транзисторно-транзисторная логика

Транзисторно-транзисторные логические элементы (ТТЛ) в настоящее время являются наиболее распространенными цифровыми интегральными микросхемами. Впервые появившись в

1963 г., микросхемы ТТЛ занимают в настоящее время более половины объема мирового производства интегральных схем.

Интегральные микросхемы ТТЛ условно можно разделить на три группы:

быстродействующие ($t_{зд.р. ср.} < 5$ нс);

среднего быстродействия ($t_{зд.р. ср.} = 5-20$ нс);

маломощные.

Основные серии ТТЛ-элементов включают следующий перечень номеров: 133, 155, К155, КМ155 — "стандартные" (универсальные) серии; 130, К131, 599 — серии с "высоким быстродействием"; 134, 158 — "микромощные серии"; 530, К531, 1531, 1533 — серии "с диапазонами Шоттки" высокого быстродействия с малым потреблением мощности; К555, 533 — "микромощные серии с диодами Шоттки".

Основным элементом ТТЛ-схем является интегральный многоэмиттерный транзистор (рис.4). От обычных биполярных транзисторов он отличается тем, что имеет несколько эмиттеров, объединенных общей базой. Эмиттеры расположены так, что отсутствует непосредственное взаимное влияние между ними. Такой транзистор занимает меньшую площадь, а следовательно, имеет малую паразитную емкость, благодаря чему возрастает предельное быстродействие микросхем ТТЛ.

Базовый логический элемент серий ТТЛ является элементом И-НЕ и реализует операцию логического умножения с отрицанием. Принципиальная схема базового элемента серии 155 (рис.5) содержит три каскада: входной (транзистор VT1 и резистор R1); фазорасщепительный (транзистор VT2, резистор R2, а также узел

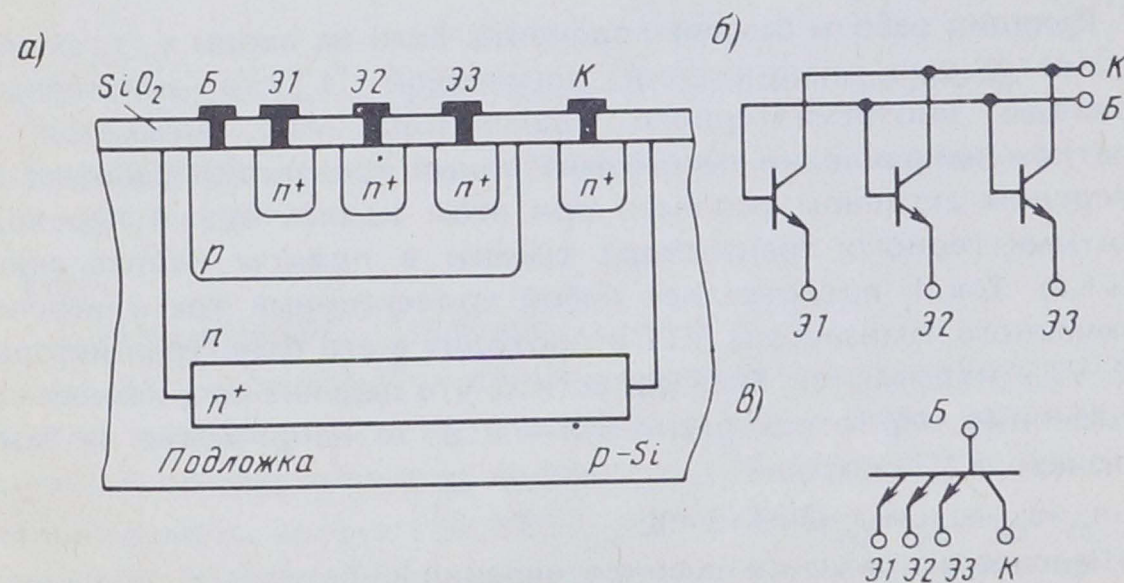


Рис. 4. Многоэмиттерный транзистор: а — физическая структура; б — схема замещения; в — условное графическое обозначение

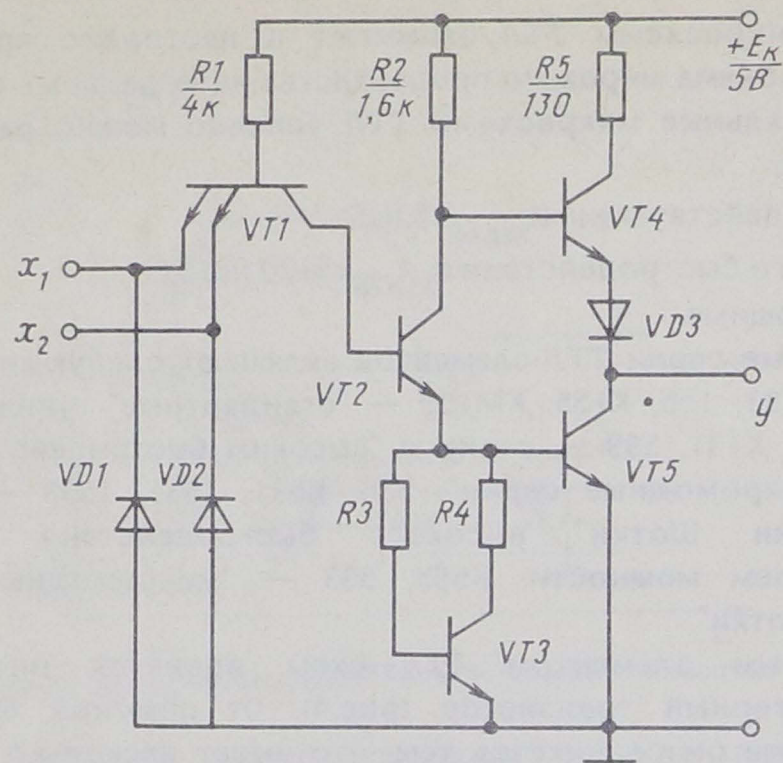


Рис.5. Принципиальная схема базового элемента серии 155

VT3, R3, R4); выходной (транзисторы VT4, VT5, диод VD3). Диоды VD1, VD2 (антизвонные диоды) при нормальном использовании микросхемы смещены в обратном направлении, имеют большое сопротивление и не влияют на работу. Узел VT3, R3, R4 служит для улучшения передаточной характеристики и повышения помехоустойчивости. При приближенном анализе схемы он может быть представлен как резистор номиналом в 1 кОм. Фазорасщепительный и выходной каскад образуют так называемый сложный инвертор.

Принцип работы базового элемента. Если на входы x_1, x_2 схемы поданы уровни напряжения логической "1", то эмиттерные переходы многоэмиттерного транзистора VT1 смещаются в обратном направлении (многоэмиттерный транзистор работает в инверсном активном режиме), при этом коллекторный переход многоэмиттерного транзистора смещен в прямом направлении (рис.6,а). Ток I_1 представляет собой коллекторный ток инверсно включенного транзистора VT1 и проходит в его базу. Транзисторы VT2, VT5 открываются. Если допустить, что падение напряжения на насыщенных переходах равно 0,7–0,8 В, то напряжение на базе транзистора VT1 составит

$$u_{\delta 1} = u_{\delta k1} + u_{\delta 32} + u_{\delta 35} \approx 3 \cdot 0,8 = 2,4 \text{ В.}$$

Падение напряжения на сопротивлении R1 будет

$$u_{R1} = E_k - u_{\delta 1} = 5 - 2,4 = 2,6 \text{ В.}$$

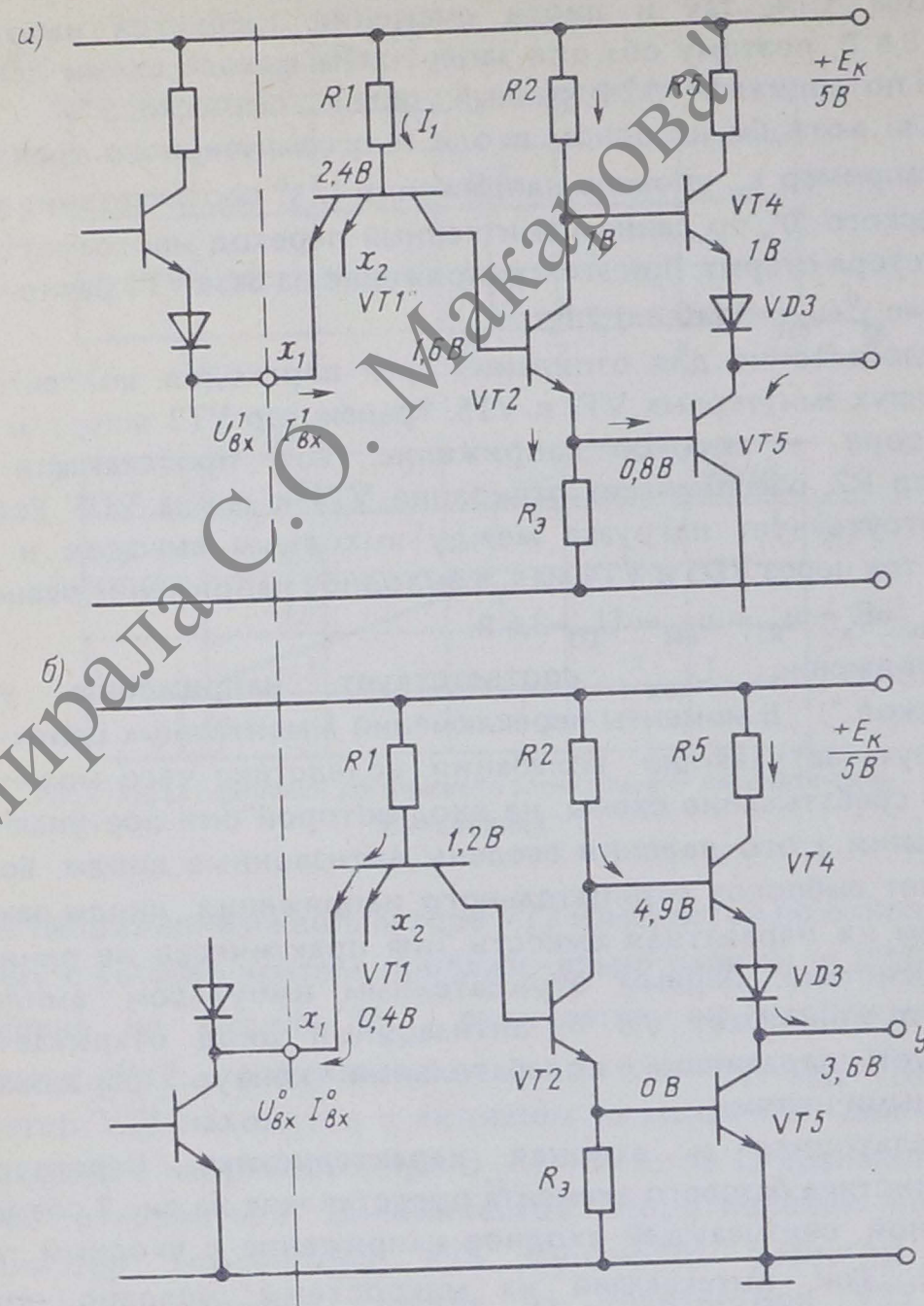


Рис.6. TTL-элемент: а — открытое состояние; б — закрытое состояние

а ток

$$I_{R1} = I_1 = u_{R1} / R1 = 2,6 / 4 \cdot 10^3 = 0,65 \text{ мА.}$$

Когда транзистор VT5 открыт и насыщен, напряжение $u_{\delta 35} = 0,8 \text{ В}$, и если принять, что для насыщенного транзистора напряжение $u_{\delta 32} = 0,2 \text{ В}$, то напряжение на коллекторе VT2 составит 1 В. При этом напряжение на коллекторе VT5 $u_{\delta 5} = 0,2 \text{ В}$. Если бы не было диода смещения VD3, то не исключена возможность, что транзистор VT4 был бы открыт. При наличии диода для отпириания как эмиттерного

перехода VT4, так и диода смещения требуется напряжение 0,7 — 0,8 В, поэтому оба они заперты. На выходе схемы действует низкий потенциал $U^0 \approx 0,2$ В, равный уровню логического "0".

Если хотя бы на одном входе многоэмиттерного транзистора VT1, например x_1 , уровень напряжения $U_{вх}^0$ соответствует уровню логического "0", то данный эмиттерный переход многоэмиттерного транзистора открыт. При этом напряжение на базе VT1 равно:

$$u_{б1} = u_{вх}^0 + u_{бэ1} \approx 0,4 + 0,8 = 1,2 \text{ В.}$$

что недостаточно для отпирания трех переходов: коллекторного VT1 и двух эмиттерных VT2 и VT5. Транзистор VT2 заперт, и на его коллекторе — высокое напряжение. Ток, протекающий через резистор R2, обеспечивает отпирание VT4 и диода VD3. Если при этом отсутствует нагрузка между выходным выводом и общей шиной, ток через VD3 и VT4 мал, а выходное напряжение равно:

$$U_{вых}^1 = E_k - u_{R5} - u_{кэ4} - U_{D3} \approx 3,6 \text{ В.}$$

Напряжение $U_{вых}^1$ соответствует напряжению уровня логической "1". В моменты переключений в монтажных цепях могут возникнуть затухающие колебания, вследствие чего может быть ложное срабатывание схемы, на вход которой они поступают. Для исключения этого явления введены антизвонные диоды. Если на входе нет выбросов отрицательного напряжения, диоды закрыты, при этом их паразитная емкость 1пФ практически не влияет на быстродействие. Первым отрицательным импульсом, амплитуда которого превышает 0,8 В, антизвонный диод открывается и шунтирует паразитный колебательный контур, образованный монтажными цепями.

Передаточная и входная характеристики. Передаточная характеристика базового элемента представлена на рис.7 совместно со входной, связывающей входное напряжение с входным током: $I_{вх} = f(U_{вх})$. Ток, вытекающий из микросхемы, условно показан отрицательным.

По передаточной характеристике можно определить ряд основных статических параметров. Пусть на выходе базового ТТЛ-элемента высокий уровень логической "1". При увеличении напряжения на соответствующем эмиттере многоэмиттерного транзистора растет напряжение на его базе, отличаясь от входного на значение $u_{бэ1}$ насыщения. Ток, вытекающий из входной цепи уменьшается, а ток, втекающий в базу транзистора VT2, увеличивается. При входном напряжении $U_{вх} = 0,7$ В (точка В на передаточной характеристике) транзистор VT2 открывается и начинают течь токи $I_{к2}$ и $I_{э2}$. Пока транзистор VT5 закрыт, а VT4 работает в активном

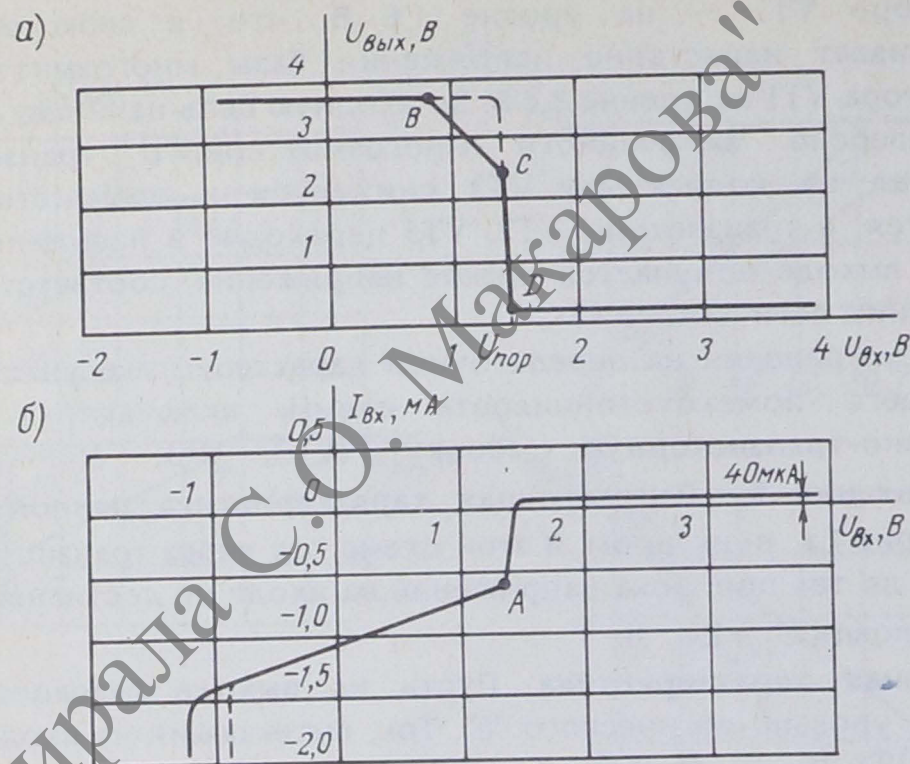


Рис.7. Характеристики логического элемента: а — передаточная; б — входная

режиме. Напряжение на коллекторе VT2 изменяется по отношению к входному с коэффициентом, приблизительно равным $-R2/R_3 \approx -1,6$. Напряжение на выходе $U_{вых}$ отличается от напряжения на коллекторе VT2 приблизительно на величину $u_{бэ4} + U_{D3}$ (пока транзистор VT4 находится в активном режиме). При дальнейшем росте входного напряжения при $U_{вх} = 1,4$ В (точка С) транзистор VT5 начинает открываться. Динамическое сопротивление перехода база—эмиттер транзистора VT5 шунтирует резистор R_3 , и коэффициент усиления каскада на транзисторе VT2 резко возрастает. Имеет место случай положительной обратной связи, когда при увеличении входного напряжения увеличивается коэффициент передачи каскада на транзисторе VT2. Поэтому участок от точки С до точки D (граница насыщения транзистора VT5) практически вертикален. При некотором входном напряжении вблизи точки С наблюдается момент, когда транзисторы VT2, VT4, VT5 схемы открыты. ТТЛ-элемент потребляет от источника максимальный ток (до 30 мА). Именно поэтому при переключении ТТЛ-элемента на фронтах наблюдаются резкие скачки тока, потребляемого от источника питания.

Переход база—эмиттер транзистора VT5 ограничивает нарастание напряжения на эмиттере VT2 на уровне 0,8 В, а на

коллекторе VT1 — на уровне 1,6 В, что, в свою очередь, ограничивает нарастание напряжения базы многоэмиттерного транзистора VT1 на уровне 2,4 В. Во входную цепь начинает втекать ток инверсно включенного многоэмиттерного транзистора. Потенциал на коллекторе VT2 снижается и транзистор VT4 запирается, а транзисторы VT2, VT5 переходят в насыщение, при этом на выходе получается низкое напряжение, соответствующее напряжению логического «0».

Для устранения на передаточной характеристике участка ВС, снижающего помехоустойчивость схемы, включают в схему резистивно-транзисторную сборку (VT3, R3, R4) взамен сопротивления R_3 . Передаточная характеристика данной схемы дана на рис.7,а пунктиром. В этой схеме ток через транзистор VT5 не течет до тех пор, пока напряжение на входе не достигнет порогового уровня $U_{вх} \approx 1,4$ В.

Входная характеристика. Пусть на выходе базового ТТЛ-элемента уровень логического "0". Ток, вытекающий из входов при $U_{вх} = U^0, I_{вх}^0 = -(E_k - u_{бэ1} - U_{вх}^0) / R1$.

Для универсальной серии с учетом возможного разброса значений R1 в справочниках указывается типовое значение максимального тока $I_{вх}^0 = -1,6$ мА. С ростом входного напряжения ток линейно уменьшается, пока не будет достигнут порог переключения элемента. Динамическое входное сопротивление

$$R_{вх}^0 = \Delta U_{вх}^0 / \Delta I_{вх}^0 \approx R1$$

и составляет единицы килоом (типовое значение 4 кОм).

С ростом входного напряжения входной ток меняет знак. Многоэмиттерный транзистор работает в инверсном включении, при этом коэффициент передачи тока β_{11} оказывается равным 0,005—0,05. Ток, втекающий в каждый из закрытых входов при $U_{вх} = U^1, I_{вх}^1 = \beta_{11} I_{R1} = \beta_{11} (E_k - u_{бк1} - u_{бэ2} - u_{бэ5}) / R1$. Типовые значения тока $I_{вх}^1$ составляют десятки микроампер. С повышением $U_{вх}$ ток $I_{вх}^1$ возрастает и при $U_{вх} = 4$ В может достичь предельно допустимого значения 40 мкА. Динамическое входное сопротивление элемента определяется сопротивлением утечки VT1 и составляет величину порядка 2 МОм.

При наличии на входах антизвонных диодов входная характеристика будет иметь вид, показанный на рис.7,б пунктиром.

Выходная характеристика. Выходной характеристикой логического элемента называют зависимость $I_{вых} = f(U_{вых})$, где $I_{вых}$ — выходной ток и напряжение соответственно.

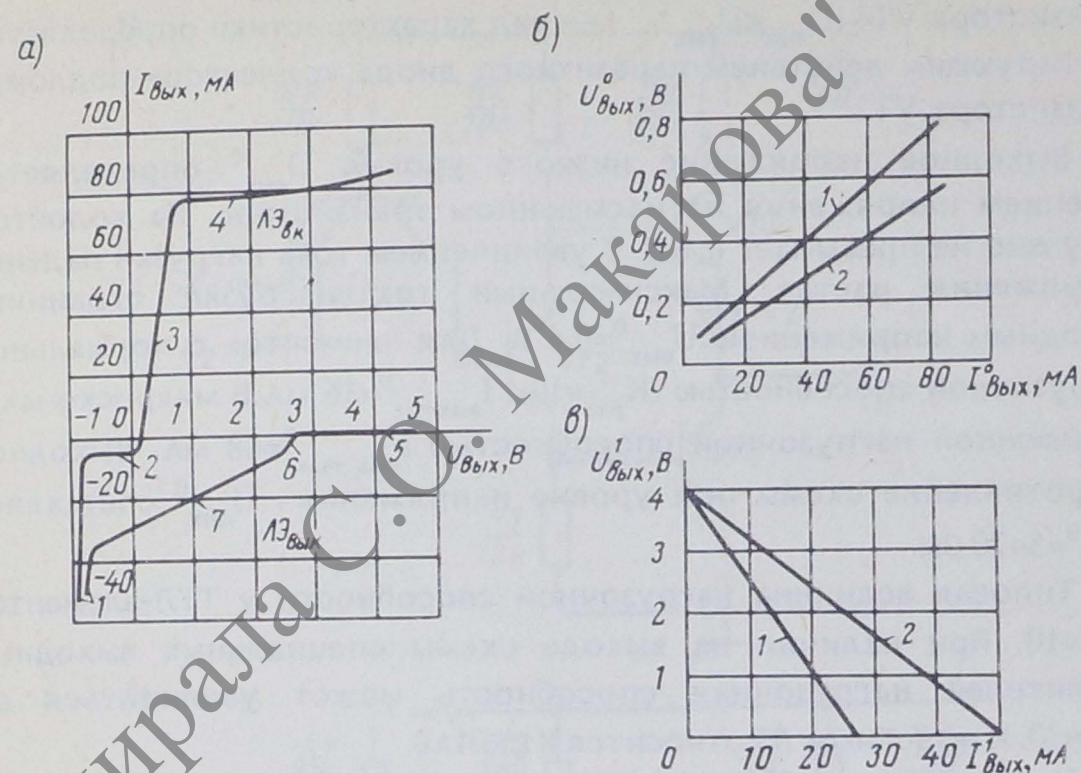


Рис.8. Выходная характеристика логического элемента: а — общий вид; б — для открытого состояния; в — для закрытого состояния

Характеристики снимаются при отключенной нагрузке для двух состояний элемента: элемент выключен или закрыт (на выходе элемента уровень напряжения $U_{вых}^1$) и элемент включен или открыт (на выходе элемента уровень напряжения $U_{вых}^0$). За положительное направление выходного тока принимается такое направление, когда ток входит в элемент. Выходная характеристика определяет нагрузочную способность микросхемы. Выходной характеристикой включенного ТТЛ-элемента является выходная характеристика транзистора VT5, при этом транзистор VT4 и диод VD3 закрыты. На рис.8,а представлена выходная характеристика ТТЛ-элемента. Для включенного элемента на характеристике можно выделить участки, характерные для режимов работы транзистора VT5: 4 — соответствует насыщению транзистора VT5, 3 — соответствует активному режиму работы, 2 — соответствует инверсному активному режиму работы транзистора VT5 ($U_{вых}$ принимает отрицательное значение).

В случае, когда элемент выключен, транзистор VT5 закрыт, а транзистор VT4 и диод VD3 проводят. Для выключенного элемента на характеристике можно выделить участки, определяющие режимы работы транзистора VT4: 5 — соответствует режиму отсечки VT4 (при этом $U_{вых} > U_{вых}^1$), 7 — соответствует активному режиму работы

транзистора VT4 ($U_{\text{вых}} < U_{\text{вых}}^1$), 1 — вид характеристики определяется шунтирующим действием паразитного диода коллектор—подложка транзистора VT5.

Выходное напряжение низкого уровня $U_{\text{вых}}^0$ определяется падением напряжения на насыщенном транзисторе. На холостом ходу оно не превышает 0,1 В. С увеличением тока нагрузки падение напряжения растет. Максимальный ток нагрузки ограничен выходным напряжением $U_{\text{вых}}^0 = 0,4$ В. Для элементов с нормальной нагрузочной способностью ($K_{\text{раз}} = 10$) $I_{\text{вых max}}^0 = 16$ мА. В микросхемах с повышенной нагрузочной способностью $I_{\text{вых max}}^0 = 48$ мА. Выходное сопротивление схемы при уровне напряжения $U_{\text{вых}}^0$ составляет $R_{\text{вых}}^0 = 5 \div 20$ Ом.

Типовая величина нагрузочной способности у ТТЛ-элементов $K_{\text{раз}} = 10$. При наличии на выходе схемы специальных выходных усилителей нагрузочная способность может увеличиться до $K_{\text{раз}} = 30$. К подобным ЛЭ относится К155ЛА6.

На рис.8,б,в для большей наглядности и удобства практического использования приведены линейно аппроксимированные нагрузочные характеристики $U_{\text{вых}}^1 = f(I_{\text{вых}}^1)$ и $U_{\text{вых}}^0 = f(I_{\text{вых}}^0)$ для двух разновидностей ЛЭ: типового (1) и с повышенной нагрузочной способностью (2).

Помехоустойчивость. Помехоустойчивость ЛЭ определяется по передаточной характеристике (см.рис.7,а). Если учесть, что в нормальных условиях выходное напряжение логического нуля $U_{\text{вых}}^0 \leq 0,4$ В, а логической единицы $U_{\text{вых}}^1 \geq 2,4$ В, то помехоустойчивость по уровню "0" равна:

$$U_{\text{п}}^0 = U_{\text{пор}} - U_{\text{вх}}^0 = 1,4 - 0,4 = 1,0 \text{ В}$$

(причем действует помеха только положительной полярности); помехоустойчивость по уровню "1" равна:

$$U_{\text{п}}^1 = U_{\text{вх}}^1 - U_{\text{пор}} = 2,4 - 1,4 = 1,0 \text{ В}$$

(причем действует помеха только отрицательной полярности).

Реальная помехоустойчивость у ТТЛ-элементов выше 1,0 В, поскольку уровни $U_{\text{вх}}^0 \approx 0,1 \div 0,2$ В, а $U_{\text{вх}}^1 \approx 4,0$ В. Следовательно, помехоустойчивость $U_{\text{п}}^0 \approx 1,2 \div 1,3$ В, $U_{\text{п}}^1 \approx 2,6$ В.

Разновидности ТТЛ-элементов

В настоящее время разработано большое количество модификаций ТТЛ-элементов. Модификация, как правило, преследует одну или несколько целей, среди которых можно выделить увеличение нагрузочной способности; уменьшение задержек распространения сигналов; уменьшение мощности потребления и т.д.

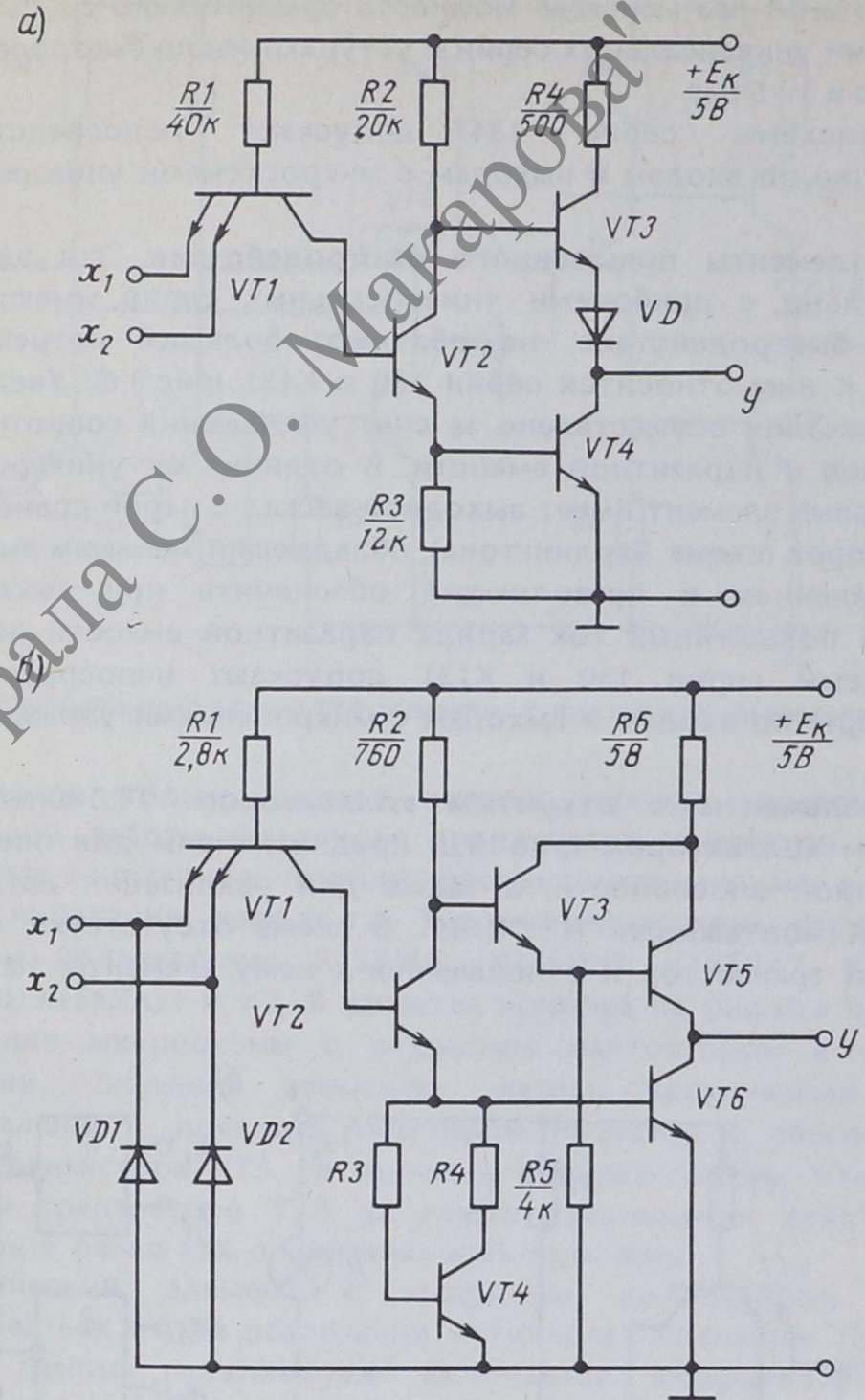


Рис.9. Принципиальная схема базового элемента: а — микромощной серии 134; б — повышенного быстродействия серии 130

Микромощные ТТЛ-элементы. Эти микросхемы сравнительно с приборами универсальных серий потребляют меньше энергии, но обладают и меньшим быстродействием. К ним относятся представленные на рис.9,а серии 134, КР134, 734 (бескорпусные). Уменьшение потребляемой мощности достигается увеличением номиналов резисторов. Микромощные ТТЛ-элементы рассеивают

Примерно в 10 раз меньшую мощность сравнительно со сходными элементами универсальных серий и уступают им по быстродействию примерно в 3—5 раз.

Микросхемы серии 134 допускают непосредственное сопряжение по входам и выходам с микросхемами универсальных серий

ТТЛ-элементы повышенного быстродействия. Эти элементы сравнительно с приборами универсальных серий имеют более высокое быстродействие, но обладают большим потреблением энергии. К ним относятся серии 130 и К131 (рис.9,б). Увеличение быстродействия осуществлено за счет уменьшения сопротивления резисторов и паразитной емкости. В отличие от универсальных схем базовый элемент имеет выходной каскад с парой совмещенных транзисторов (схема Дарлингтона), обладающий меньшим выходным сопротивлением и позволяющий обеспечить при выключении элемента повышенный ток заряда паразитной емкости нагрузки. Микросхемы серий 130 и К131 допускают непосредственное сопряжение по входам и выходам с микросхемами универсальных серий.

ТТЛ-элементы с открытым коллектором. ТТЛ-элементы с открытым коллектором (рис.10,а) предназначены для повышения нагрузочной способности, а также для реализации логических операций монтажного "И", "ИЛИ". В схеме отсутствуют верхний выходной транзистор и относящиеся к нему элементы. На выходе

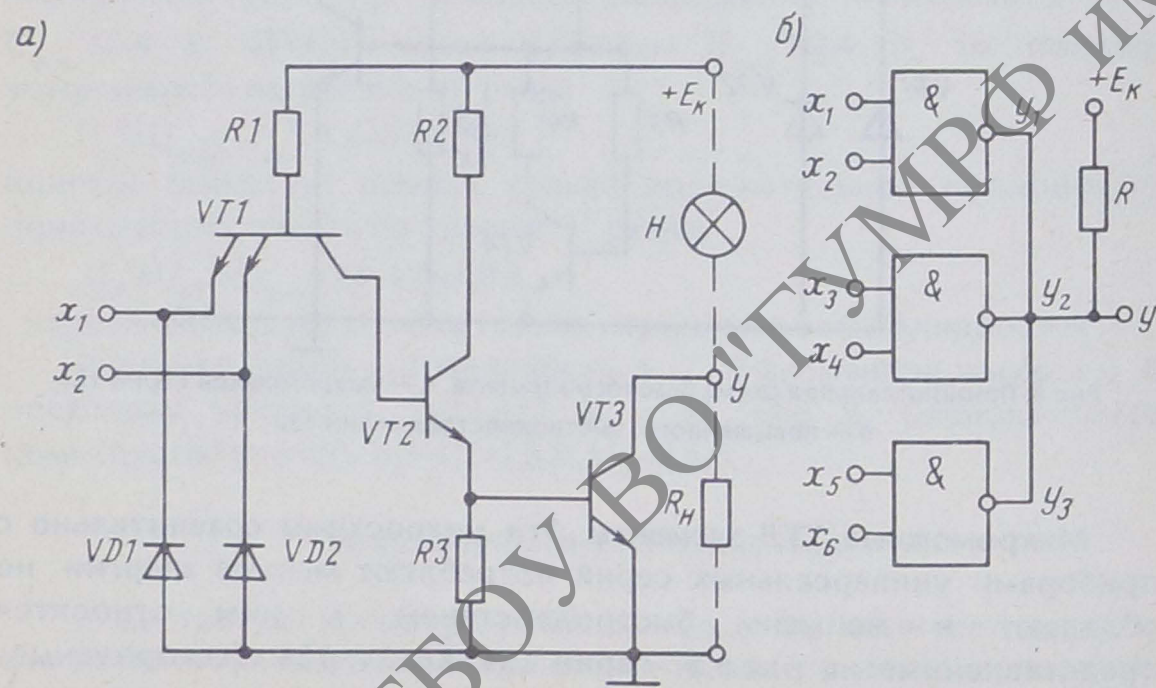


Рис.10. ТТЛ-элемент с открытым коллектором: а — принципиальная схема; б — объединение выходов по схеме монтажной логики

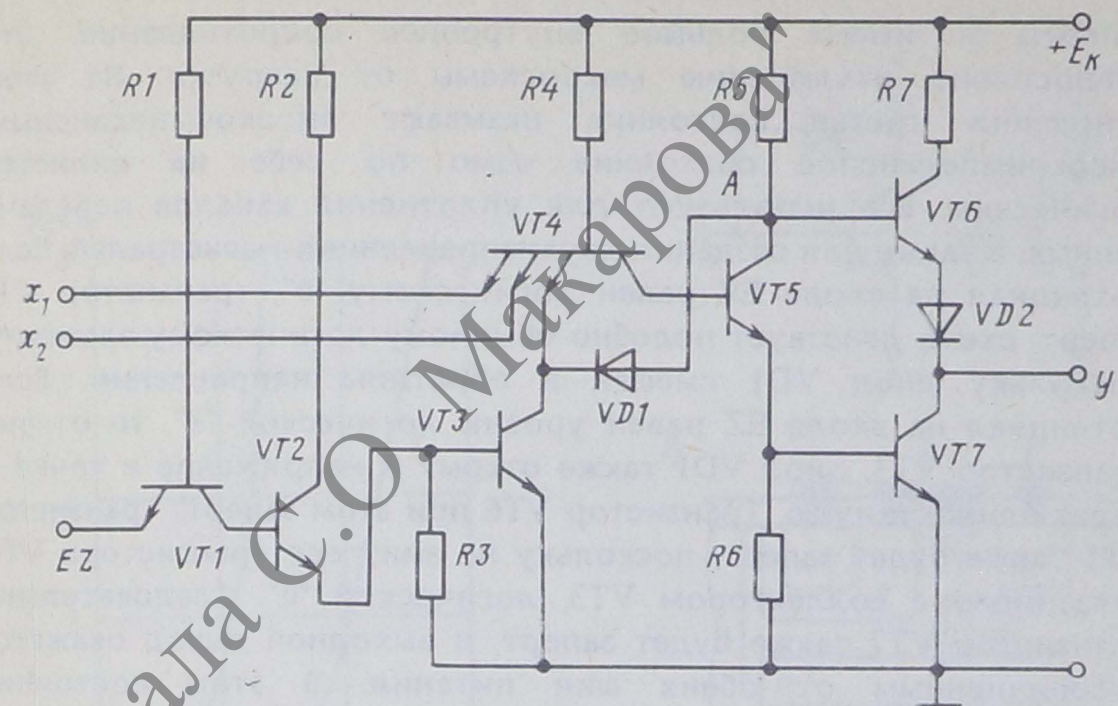


Рис.11. Принципиальная схема ТТЛ-элемента с тремя выходными состояниями

формируется только сигнал низкого уровня, поэтому для нормальной работы выходного транзистора коллектор следует подключать к источнику питания через внешнюю нагрузку: резистор, элемент индикации, реле и т.д. Типовые микросхемы серии 155 с открытым коллектором: К155ЛН2, К155ЛН3, К155ЛА7, К155ЛА8, К155ЛА10, К155ЛА11 и т.д. В качестве примера на рис.10,а показано применение микросхемы с открытым коллектором в системе индикации. Внешние элементы: лампа накаливания Н и сопротивление R_n показаны пунктиром. Резистор R_n обеспечивает защиту транзистора VT3. Ее значение выбирают таким, чтобы при закрытом транзисторе VT3 на лампе накаливания действовало напряжение, равно 15% от номинальной величины.

Логический элемент с открытым коллектором может использоваться и для реализации логических операций. При этом вместо лампы накаливания включается сопротивление R. Логические элементы с открытым коллектором допускают параллельное подключение нескольких выходов к общей нагрузке. Объединение выходов называют монтажной (проводной) логикой (рис.10,б). При таком соединении, если на выходе хотя бы одного элемента будет потенциал логического "0", то тот же потенциал окажется и на выходе всей системы (монтажное "И").

ТТЛ-элементы с тремя выходными состояниями (рис.11). Существует категория микросхем, способных принимать такое состояние на выходе, при котором оконечные транзисторы бывают

заперты и имеют большое внутреннее сопротивление. Это равносильно отключению микросхемы от нагрузки. На этом основании третье состояние называют высокоимпедансным. Высокоимпедансное состояние само по себе не является логическим. Его используют для уплотнения каналов передачи данных, а также для создания двухнаправленных магистралей. Если потенциал на входе EZ равен логическому "0", транзистор VT3 заперт, схема действует подобно обычному логическому элементу, поскольку диод VD1 смещен в обратном направлении. Если потенциал на входе EZ равен уровню логической "1", то открыт транзистор VT3, диод VD1 также открыт и напряжение в точке А будет близко к нулю. Транзистор VT6 при этом заперт. Транзистор VT5 также будет заперт, поскольку на эмиттере транзистора VT4, связанного с коллектором VT3, логический "0". Следовательно, транзистор VT7 также будет заперт, и выходной вывод окажется отсоединенным от обеих шин питания. В этом состоянии микросхема потребляет значительно меньшую мощность. Типовые логические элементы, имеющие высокоимпедансное состояние: K155ЛН6, K155ЛП8, K155ЛП10, K531АП3, K531АП4 и др.

ТТЛ-элементы с диодами Шотки

ТТЛ-элементы с диодами Шотки (ТТЛШ-элементы) среди других изделий ТТЛ имеют максимальное быстродействие в сочетании с умеренным потреблением мощности.

Применение диодов Шотки в транзисторных ключах позволяет либо существенно уменьшить, либо полностью исключить время рассасывания избыточного заряда и тем самым снизить задержку выключения.

По принципу работы диоды Шотки принципиально отличаются от диодов с р-п-переходом. В диодах Шотки накопления неосновных носителей не происходит, так как перенос тока в них обусловлен переходом (эмиссией) основных носителей из полупроводника в металл. Благодаря этому их время выключения очень мало (до 100 пс) и не зависит от температуры. Другое достоинство диодов Шотки состоит в том, что для отпирания их требуется напряжение 0,2—0,4 В против 0,4—0,7 В для диодов с р-п-переходом. Вольт-амперная характеристика диода Шотки (1) в сравнении с аналогичной характеристикой диода с р-п-переходом (2) показана на рис.12.

Диод Шотки, открываясь при напряжении 0,2—0,4 В, фиксирует этот уровень напряжения на коллекторном переходе, не позволяя переходу открыться, а транзистору войти в режим насыщения. При

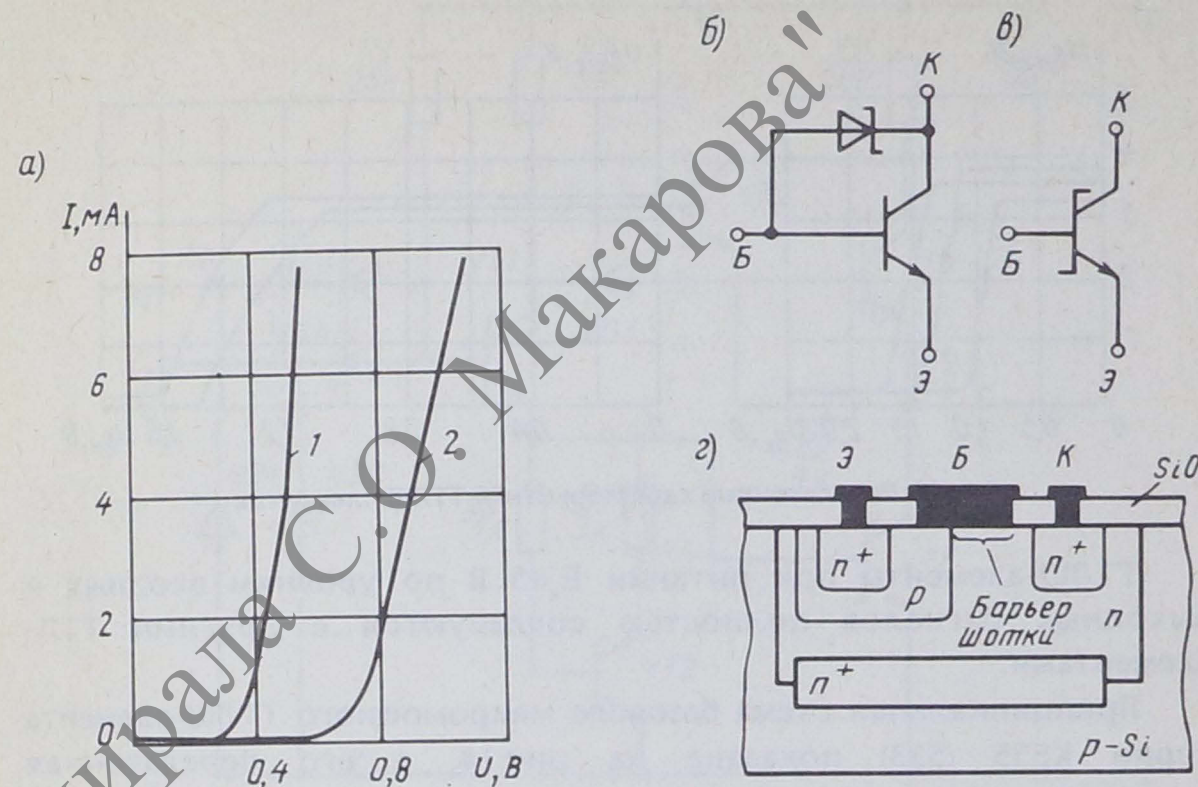


Рис.12. Транзистор с диодом Шотки: а — вольт-амперные характеристики р-п-перехода и диода Шотки; б — схема замещения; в — условное графическое обозначение; г — физическая структура

этом не происходит накопления избыточных зарядов. Благодаря этому при запираии транзистора исключается задержка, вызываемая рассеиванием избыточного заряда.

Принципиальная схема базового ТТЛШ-элемента серий 530 и КР531 идентична схеме ТТЛ-элемента повышенного быстродействия (см.рис.11). Причем биполярные транзисторы и диоды заменены на транзисторы и диоды Шотки. Передаточная характеристика логического элемента серии 530(КР531) показана на рис.13,а (кривая 2). Микросхемы серий 530 и КР531 имеют типовое время задержки 5 нс на логический элемент при средней мощности потребления 19 мВт. Они в настоящее время вытеснили микросхемы серии 130.

Выигрыш в быстродействии ТТЛШ-элементов приводит к некоторому ухудшению статических параметров элемента. Увеличивается напряжение уровня логического «0» ($U_{\text{вых}}^0 \leq 0,5 \text{ В}$), что ухудшает помехоустойчивость по сравнению с обычной схемой ТТЛ.

В микросхемах ТТЛШ-элементов, как и в универсальных сериях ТТЛ, переключения сопровождаются бросками тока в цепи питания. Потребляемая мощность быстро растет с частотой переключения. Мощность потребления логического элемента по сравнению со статическим режимом при частоте переключения 50 МГц удваивается, а при 100 МГц утраивается.

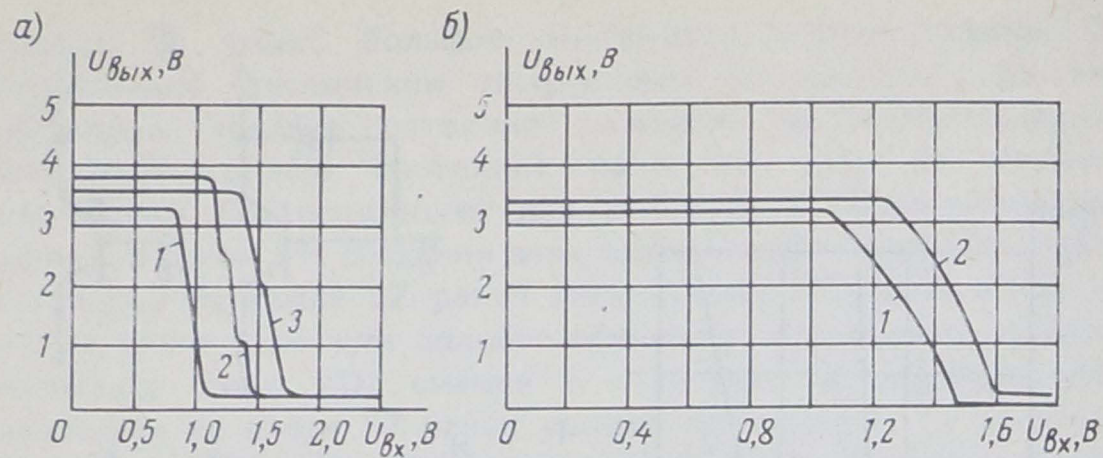


Рис. 13. Передаточные характеристики ТТЛШ-элементов

ТТЛШ-элементы при питании $E_c=5$ В по уровням входных и выходных сигналов полностью согласуются с другими ТТЛ-элементами.

Принципиальная схема базового микромощного ТТЛШ-элемента серии К555 (533) показана на рис.14, а его передаточная характеристика — на рис.13,а (кривая 1). В электрической схеме вместо многоэмиттерного транзистора использована матрица диодов Шотки, в качестве транзистора VT4 — обычный биполярный транзистор, так как он не входит в режим насыщения. Диод Шотки повышает быстродействие схемы. Реализация логической функции "И" на диодах Шотки позволила повысить быстродействие элемента, а также увеличить максимально допустимое напряжение между входами до 7 В вместо 5,5 В для ТТЛ-элементов с многоэмиттерным транзистором. Схемотехнические изменения привели к уменьшению величины напряжения $U_{пор}$ до 1,1 В и, следовательно, к снижению помехоустойчивости.

В микромощных ТТЛШ-элементах сочетаются сравнительно высокое быстродействие с умеренным потреблением мощности. По сравнению с универсальным элементом ТТЛ (серия 155) при одинаковом быстродействии потребляемая мощность в 5 раз меньше. В настоящее время микросхемы серии К555 вытесняют из аппаратуры серию К134.

Усовершенствование технологии позволило в последние годы освоить новые серии микросхем ТТЛ с диодами Шотки: 1530, 1533, КР1533, 1531, КР1531.

Серии 1530 и 1533 являются усовершенствованными и в период 1979—1982 гг. ТТЛШ-элементами. Основная особенность технологии

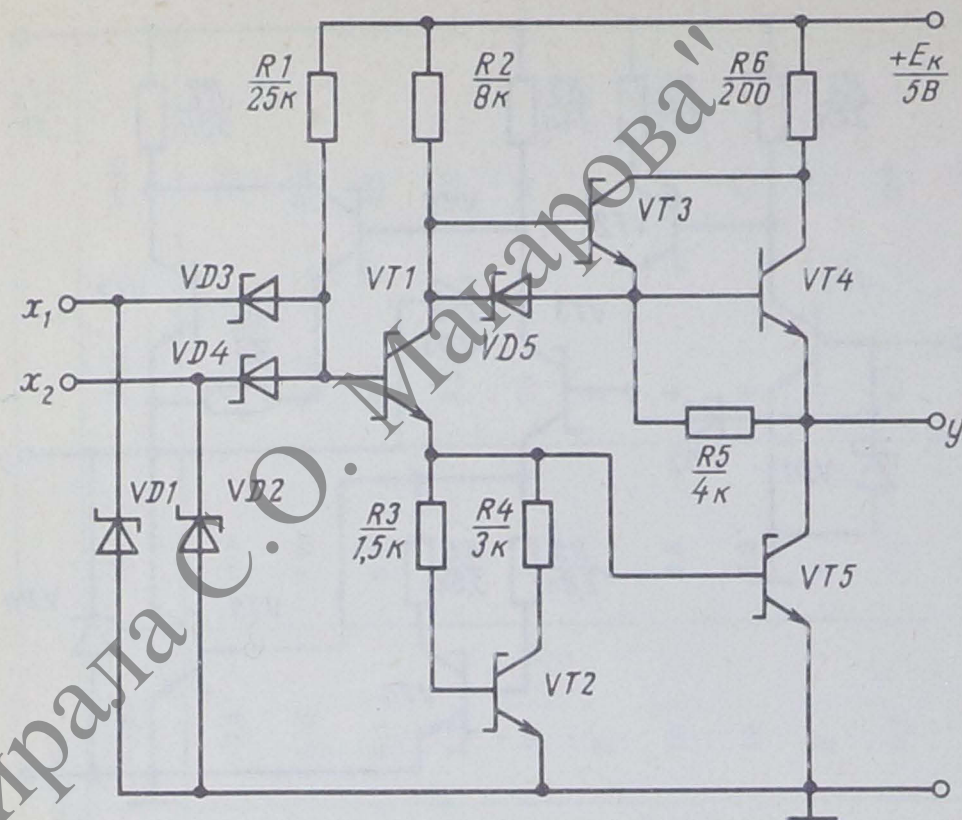


Рис. 14. Принципиальная схема базового микромощного ТТЛШ-элемента серии К555

— замена операции диффузии на ионную имплантацию при внесении в полупроводниковый материал необходимых примесей. При этом удалось уменьшить размеры транзисторов в интегральной схеме, уменьшить величины паразитных емкостей и тем самым увеличить быстродействие.

ТТЛШ-элементы серии 1530 является быстродействующим усовершенствованным вариантом, обладая временем задержки распространения 2,7 нс (частоты переключения 200 МГц) при потребляемой мощности 19 мВт на один логический элемент. Серия 1530 является целесообразной заменой для высокоскоростных видов логических схем (даже серии с эмиттерными связями). Передаточная характеристика логического элемента серии 1530 представлена на рис.13,б (кривая 2).

ТТЛШ-элементы серии 1533 являются усовершенствованными микромощными элементами серии К555. Принципиальная схема базового элемента представлена на рис.15,а, а его передаточная характеристика — на рис.13,б (кривая 2). По сравнению с ТТЛШ-элементами серии К555 эти схемы рассеивают в 2 раза меньшую мощность (1 мВт на логический элемент) и имеют в 2 раза более

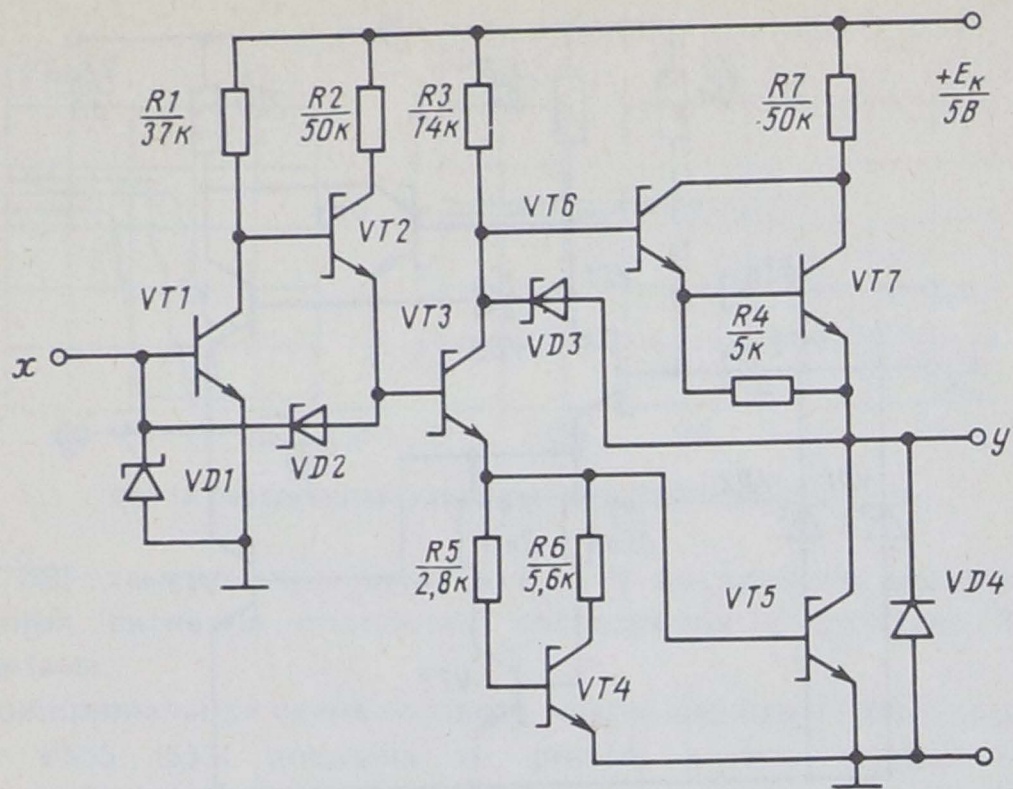


Рис. 15. Принципиальная схема усовершенствованного базового микромощного ТТЛШ-элемента серии 1533

высокое быстродействие (среднее время распространения сигнала равно 4 нс).

Новое семейство ТТЛШ-элементов серий 1531, КР1531 построено на основе усовершенствованной изопланарной технологии. В этой серии достигнут компромисс между быстродействием и потребляемой мощностью. Новая технология позволила существенно снизить размеры элементов интегральной схемы, уменьшить величину паразитных емкостей. ТТЛШ-элементы при среднем времени распространения сигнала 3,8 нс имеют среднюю мощность потребления на один элемент в 5 раз меньше, чем элементы серии 531. По сравнению с микросхемами серий К1533 и К533 элементы серии 1531 имеют повышенную помехоустойчивость и уменьшенный входной ток. Передаточная характеристика логического элемента серии 1531 представлена на рис. 13,а (кривая 3). Наблюдается увеличение напряжения $U_{пор}$ до 1,6 В.

В табл. 8 представлены параметры логических элементов ТТЛ и ТТЛШ основных серий. Условные графические изображения некоторых из них приведены на рис. 16.

Таблица 8

Параметр	Серия			
	ТТЛ-элементы		ТТЛШ-элементы	
$I_{ex}^0, \text{мА}$	К155 (133)	-1,6	530 (К531)	-2
	К130 (К131)	-2,3	533	-0,4
$I_{ex}^1, \text{мА}$	К155 (133)	0,04	533	0,02
	К130 (К131)	0,07	533	0,02
$U^0, \text{В}$	К155 (133)	0,4	533	0,4
	К130 (К131)	0,35	533	0,4
$U^1, \text{В}$	К155 (133)	2,4	533	2,5
	К130 (К131)	2,4	533	2,5
$K_{раз}$	К155 (133)	10	533	10
	К130 (К131)	10	533	10
m	К155 (133)	8	533	2
	К130 (К131)	8	533	2
$t_{здp}^{10}, \text{нс}$	К155 (133)	15	533	10
	К130 (К131)	22	533	10
$t_{здp}^{01}, \text{нс}$	К155 (133)	22	533	2
	К130 (К131)	44	533	2
$P_{п.ср.}, \text{мВт}$	К155 (133)	0,4	533	0,7
	К130 (К131)	1,3	533	0,7
$U_n^0, \text{В}$	К155 (133)	0,4	533	0,7
	К130 (К131)	1,3	533	0,7
$U_{пор}^1, \text{В}$	К155 (133)	1,3	533	1,1
	К130 (К131)	1,3	533	1,1
$I_{ex}^0, \text{мА}$	К155 (133)	-1,6	1533	-0,2
	К130 (К131)	-2,3	1533	-0,2
$I_{ex}^1, \text{мА}$	К155 (133)	0,04	1533	0,02
	К130 (К131)	0,07	1533	0,02
$U^0, \text{В}$	К155 (133)	0,4	1533	0,4
	К130 (К131)	0,35	1533	0,4
$U^1, \text{В}$	К155 (133)	2,4	1533	2,5
	К130 (К131)	2,4	1533	2,5
$K_{раз}$	К155 (133)	10	1533	20
	К130 (К131)	10	1533	20
m	К155 (133)	8	1533	2
	К130 (К131)	8	1533	2
$t_{здp}^{10}, \text{нс}$	К155 (133)	15	1533	30
	К130 (К131)	22	1533	30
$t_{здp}^{01}, \text{нс}$	К155 (133)	22	1533	4
	К130 (К131)	44	1533	4
$P_{п.ср.}, \text{мВт}$	К155 (133)	0,4	1533	0,8
	К130 (К131)	1,3	1533	0,8
$U_n^0, \text{В}$	К155 (133)	0,4	1533	0,8
	К130 (К131)	1,3	1533	0,8
$U_{пор}^1, \text{В}$	К155 (133)	1,3	1533	1,4
	К130 (К131)	1,3	1533	1,4

II. УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЦИФРОВОЙ ТЕХНИКИ

Система условных графических обозначений цифровых интегральных схем

Цифровые микросхемы разрабатываются и выпускаются предприятиями-изготовителями сериями. К серии согласно ГОСТ 17021—88 относят совокупность типов микросхем, которые могут выполнить различные функции, но имеют единое конструктивно-технологическое исполнение и предназначены для совместного применения. Тип интегральной микросхемы — интегральная микросхема конкретного функционального назначения и определенного конструктивно-технологического и схемотехнического решения, имеющая свое условное обозначение. Под типоминималом интегральной микросхемы понимается микросхема конкретного типа, отличающаяся от других микросхем того же типа одним или несколькими параметрами.

Группа типов микросхем — совокупность типов микросхем в пределах одной серии, имеющих аналогичное функциональное назначение и принцип действия, свойства которых описываются одинаковым или близким составом электрических параметров.

Интегральные микросхемы по конструктивно-техническому исполнению делятся на три группы: полупроводниковые, гибридные, прочие. Указанным группам присвоены следующие цифры: 1,5—7 — полупроводниковые (обозначение 7 присвоено бескорпусным схемам); 2,4,8 — гибридные; 3 — прочие микросхемы.

По характеру выполняемых функций микросхемы подразделяются на подгруппы (генераторы, триггеры и др.) и виды (генераторы прямоугольных сигналов, гармонических сигналов и др.).

Классификация цифровых интегральных микросхем по функциональному назначению приведена в табл. 9.

Обозначение микросхемы должно состоять не менее чем из четырех элементов. Первый элемент — цифра, соответствующая конструктивно-технической группе. Второй элемент — две-три цифры, присвоенные данной серии как порядковый номер разработки. Первые два элемента составляют три-четыре цифры и определяют полный номер серии микросхемы. Третий элемент — две буквы, соответствующие подгруппе и виду. Четвертый элемент — порядковый номер разработки микросхемы в данной серии, в которой может быть несколько одинаковых по функциональному

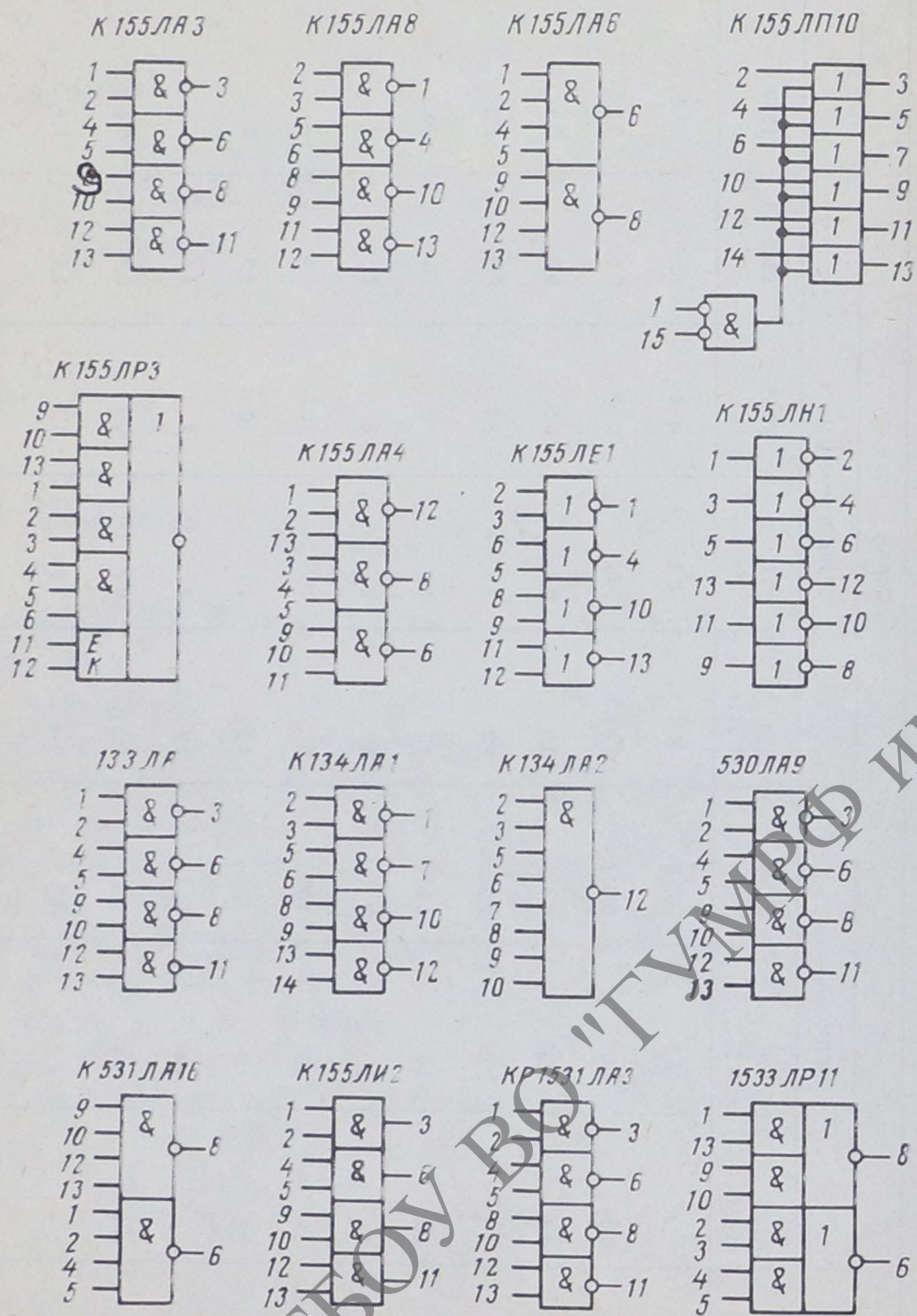


Рис. 16. Условные графические обозначения некоторых логических элементов ТТЛ и ТТЛШ основных серий

признаку микросхем. Он может состоять как из одной, так и из нескольких цифр.

Буква, добавляемая в конце условного обозначения, определяет технологический разброс электрических параметров данного типонамала.

Для микросхем, используемых в устройствах широкого применения, в начале обозначения ставится буква К. Для характеристики материала и типа корпуса перед цифровым обозначением серии могут быть добавлены следующие буквы: Р — пластмассовый корпус типа ДИП; А — пластмассовый планарный корпус; М — металлокерамический корпус типа ДИП; Е — металлополимерный корпус типа ДИП; И — стеклокерамический планарный корпус; С — стеклокерамический корпус типа ДИП; Н — керамический "безвыводный" корпус, Б — бескорпусный вариант.

Пример условного обозначения микросхемы представлен на рис.17.

Таблица 9

Условное обозначение подгрупп и видов микросхем

Подгруппа и вид	Обозначение	Подгруппа и вид	Обозначение
Формирователи:		ИЛИ—НЕ	ЛЕ
импульсов	АГ	И	ЛИ
прямоугольной		И—ИЛИ—НЕ/И—ИЛИ	ЛК
формы		ИЛИ	ЛЛ
импульсов	АФ	ИЛИ—НЕ/ИЛИ	ЛМ
специальной		НЕ	ЛН
формы		Прочие	ЛО
Генераторы:		И—ИЛИ—НЕ	ЛР
прямоугольных	ГГ	И—ИЛИ	ЛС
сигналов		Преобразователи:	
сигналов	ГФ	цифроаналоговые	ПА
специальной формы		аналого-цифровые	ПВ
Схемы цифровых устройств:		уровня	ПУ
арифметико-логические	ИА	(согласования)	
шифраторы	ИБ	Схемы сравнения:	
дешифраторы	ИД	по напряжению	СА
счетчики	ИЕ	(компараторы)	
комбинированные	ИК	Триггеры:	
сумматоры	ИМ	дешифраторы	ИД
прочие	ИП	типа JK (универсальные)	ТВ
регистры	ИР	динамические	ТД
Логические элементы:		комбинированные	ТК
И—НЕ	ЛА	Шмитта	ТЛ
И—НЕ/ИЛИ—НЕ	ЛБ	типа Д	ТМ
расширители	ЛД	прочие	ТП
		типа	ТР
		типа Т	ТТ

Подгруппа и вид	Обозначение	Подгруппа и вид	Обозначение
Схемы запоминающих устройств:		диодов	НД
матрицы ПЗУ	РВ	конденсаторов	НЕ
ПЗУ (масочные)	РЕ	резисторов	НР
матрицы ОЗУ	РМ	транзисторов	НТ
ПЗУ с возможностью многократного программирования	РР	функциональные (в том числе матрицы резисторов типа R-2R)	НФ
ПЗУ с возможностью однократного программирования	РТ	Схемы вычислительных средств:	
ОЗУ	РУ	сопряжения с магистралью	ВА
ПЗУ с ультрафиолетовым стиранием	РФ	синхронизации интерфейса	ВБ
Коммутаторы и ключи:		контроллеры	ВГ
напряжения	КН	микроЭВМ	ВЕ
прочие	КП	микропроцессоры	ВМ
тока	КТ	микропроцессорные секции	ВС
Многофункциональные схемы:		микропрограммного управления	ВУ
цифровые	ХЛ	функциональные преобразователи информации	ВХ
цифровые матрицы (в том числе ПЛМ)	ХМ		
Схемы задержки:			
пассивные	БМ		
прочие	БП		
активные	БР		
Наборы элементов:			

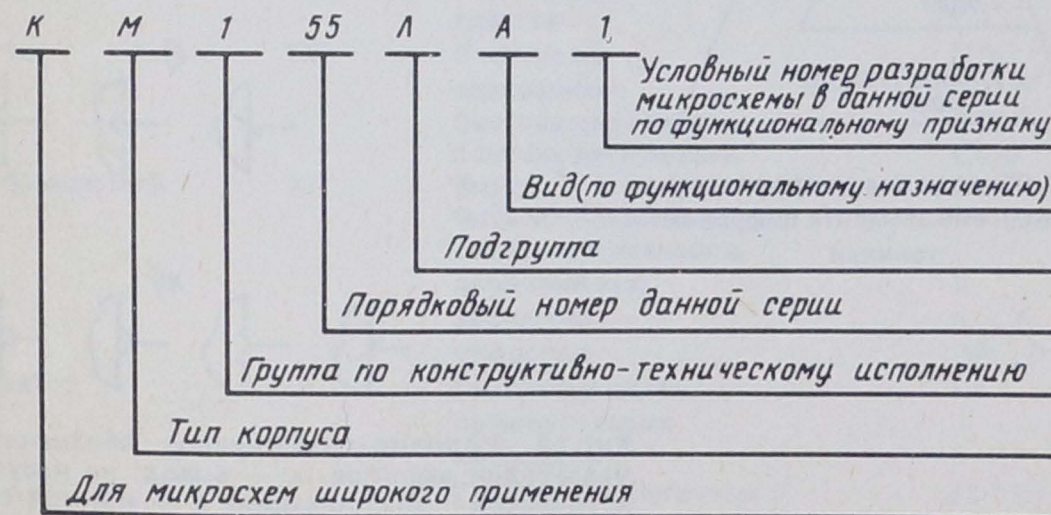


Рис.17. Пример условного обозначения цифровых интегральных схем

Условное графическое обозначение элементов цифровой техники

Электрические схемы для изделий цифровой вычислительной техники должны выполняться в соответствии с ГОСТ 2.751—73, ГОСТ 2.702—75, ГОСТ 2.708—81 и ГОСТ 2.743—82.

Все линии связи схемы подразделяются на входящие и выходящие. Начало входящих линий изображают, начиная с левой стороны и (или) сверху листа. Входящие линии заканчивают на правой стороне и (или) внизу листа.

Функциональные схемы выполняют на изделие и функциональные части изделия. Функциональные части на схеме изображают в виде прямоугольников. Разрешается поворачивать на 90° условное графическое обозначение функциональных частей.

На электрической принципиальной схеме элементы цифровой техники изображают в виде условно-графических обозначений по ГОСТ 2.743—82 (рис.18).

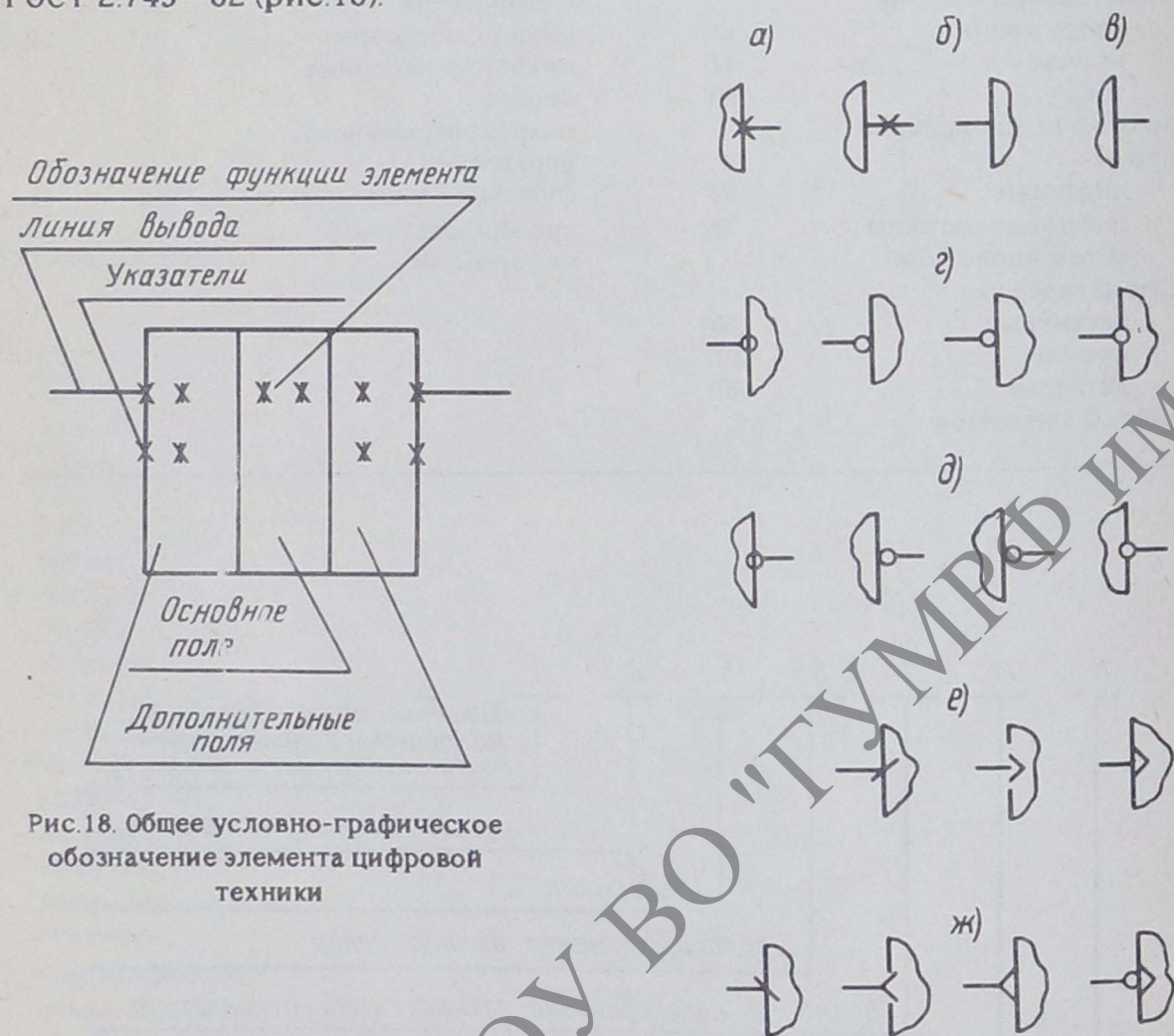


Рис.18. Общее условно-графическое обозначение элемента цифровой техники

Рис.19. Условно-графическое обозначение указателей выводов: а — вывод, не несущий логической информации; б — прямой статический вход; в — прямой статический выход; г — инверсный статический вход; д — инверсный статический выход; е — прямой динамический вход; ж — инверсный динамический вход

В основном поле условно-графических обозначений элементов и устройств помещают следующую информацию:

в строке 1 — символ функции по ГОСТ 2.743—82;

в строке 2 — полное или сокращенное наименование, или тип, или код элемента (устройства);

в последующих строках — буквенно-цифровое обозначение или порядковый номер.

Условно-графические обозначения указателей выводов представлены на рис.19. Обозначение выводов устройств (номера контактов) указывается сверху или в разрыве соответствующих линий связи с условно-графическим обозначением логических элементов.

Обозначения основных функций элементов цифровой техники и их производных приведены в табл.10, основных меток выводов элементов, указывающих их функциональное назначение, — в табл.11.

Таблица 10

Основные функции элементов цифровой техники и их производных			
Основная функция	Обозначение	Производящая функция	Обозначение
Логика	L	Логическое И	&
		Логическое ИЛИ, повторитель	1
		Исключающий ИЛИ	=1
Элемент монтажной логики	O, X	Монтажное ИЛИ	1 O, 1 X
		Монтажное И	& O, & X
Регистр	RG	Регистр с реверсивным сдвигом	RG
Счетчик	CT	Счетчик по основанию n	CTn
		Счетчик двоичный	CT2
		Счетчик десятичный	CT10
Преобразователь	X/Y	Вместо X, Y могут быть использованы следующие значения:	
		двоичный код	B
		аналоговая цифровая	n, ^, A #, D
Генератор	G	Генератор серии прямоугольных импульсов	Gn
		Генератор одиночных импульсов	Л, G1
Триггер	T	Триггер двухступенчатый	TT

Основная функция	Обозначение	Производящая функция	Обозначение
Дешифратор	DC		
Шифратор	CD		
Мультиплексор	MUX		
Ключ	SW		
Триггер Шмитта	TH, \int		
Демультимплексор	DMX		
Задержка	\dashv , DI		
Память	M	Оперативное запоминающее устройство с произвольным доступом	RAM
		Постоянное запоминающее устройство, программируемое маскированием	ROM
		Постоянное запоминающее устройство с электрическим программированием	PROM
		Постоянное запоминающее устройство с многократным программированием	RPROМ

Таблица 11

Основные метки выводов элементов цифровой техники

Наименование	Обозначение
Установка в состояние "лог.1"	S
Установка в состояние "лог.0"	R
Установка универсального JK-триггера в состояние "лог.1"	J
Установка универсального JK-триггера в состояние "лог.0"	K
Информационный вход универсального D-триггера	D
Счетный вход	T
Вход тактовых импульсов	C
Выбор кристалла	CS

Наименование	Обозначение
Открытый вывод, общее обозначение	\diamond, \boxtimes
Открытый вывод соединен с коллектором транзистора p-n-p, эмиттером транзистора p-n-p, стоком p-канального полевого транзистора, истоком n-канального полевого транзистора	$\overline{\square}, \boxtimes >$
Открытый вывод соединен с коллектором транзистора p-n-p, эмиттером транзистора p-n-p, истоком p-канального полевого транзистора, стоком n-канального полевого транзистора	$\square, \boxtimes <$
Выход с высокоимпедансным состоянием (третьим состоянием)	\diamond, Z
Входы параллельной загрузки данных в счетчики, регистры	D0-Dn
Адрес	A

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородин Н.И. Импульсные устройства на морском транспорте. — М.: Транспорт, 1987. — 264 с.
2. Зельдин Е.А. Цифровые интегральные схемы в информационно-измерительной аппаратуре. — Л.: Энергоатомиздат, 1986. — 280 с.
3. Шило В.Л. Популярныe цифровые микросхемы: Справочник. — М.: Радио и связь, 1987. — 352 с.
4. Янсен И. Курс цифровой электроники. Т.1. Основы цифровой электроники и ИС. Пер. с англ. — М.: Мир, 1987. — 332 с.
5. Соломатин Н.М. Логические элементы ЭВМ. — М.: Высшая школа, 1987. — 144 с.
6. Преснухин Л.Н., Воробьев Н.В., Шишкевич А.А. Расчет элементов цифровых устройств. — М.: Высшая школа, 1982. — 384 с.
7. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник/Под ред. С.В. Якубовского. — М.: Радио и связь, 1989. — 496 с.
8. Димитрова М.И., Ванков И.Д. Импульси схеми и устройства. — София: Техника, 1989. — 465 с.
9. Конов К.И. Импульси и цифрови схеми с интегрални ТТЛ елементи. — София: Техника, 1988. — 390 с.
10. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры: Справочник/Под ред. Э.Т. Романычевой. — М.: Радио и связь, 1989. — 448 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
I. Логические элементы	-
Общие сведения о логических элементах	-
Основные требования, предъявляемые к логическим элементам	6
Транзисторно-транзисторная логика	8
Разновидности ТТЛ-элементов	16
ТТЛ-элементы с диодами Шотки	20
II. Условные графические обозначения элементов цифровой техники	27
Система условных графических обозначений цифровых интегральных схем	-
Условное графическое обозначение элементов цифровой техники	30
Список литературы	34

Св. план 1991 г.

Николай Иннокентьевич Бородин
Иван Петрович Буканов

Основы цифровой и импульсной схемотехники
Транзисторно-транзисторные логические элементы
и их применение

Редактор **А. Я. Сеяранова**
Технический редактор **Н. А. Монахова**
Корректор **Г. Л. Шуман**

Сдано в набор 15.01.91.	Подписано в печать 23.05.91.	Формат 60x90/16.
Печать офсетная.	Гарнитура кириллик совет.	Печ. л. 2,5. Уч.-изд. л. 1,7.
Тираж 500.	Изд. № 1165-В. Заказ тип. № 879.	Цена 80 к.

В/О "Мортехинформреклама"
125080, Москва, Волоколамское шоссе, 14

Отпечатано в типографии "Морьяк"
с позитивных пленок, изготовленных В/О "Мортехинформреклама"
г. Одесса, ул. Ленина, 26

ТИПОГРАФИЯ "ТУМРФ имени адмирала С.О. Макарова"

80 коп.

ФГБОУ ВО "ТУМРФ имени адмирала С.О. Макарова"