РЕФЕРАТ

на тему:

Логические элементы и их электронные аналоги.

содержание

Введение. ……………………………………………………………. 3

Логический элемент И. ……………………………………………... 5

Логический элемент ИЛИ. ………………………………………….. 7

Логический элемент НЕ. ……………………………………………. 8

Логический элемент И-НЕ. …………………………………………12

Логический элемент ИЛИ-НЕ. …………………………………….. 14

Литература. …………………………………………………………. 17

**Введение.**

Математической основой цифровой электроники и вычислительной техники является алгебра логики или булева алгебра (по имени английского математика Джона Буля). В булевой алгебре независимые переменные или аргументы (X) принимают только два значения: 0 или 1. Зависимые переменные или функции (Y) также могут принимать только одно из двух значений: 0 или 1. Функция алгебры логики (ФАЛ) представляется в виде:

Y = F (X1; X2; X3 ... XN ).

Данная форма задания ФАЛ называется алгебраической.

Основными логическими функциями являются:

- логическое отрицание (инверсия)

Y = ;

- логическое сложение (дизьюнкция)

Y = X1 + X2 или Y = X1 V X2 ;

- логическое умножение (коньюнкция)

Y = X1 • X2  или Y = X1 Λ X2 .

К более сложным функциям алгебры логики относятся:

- функция равнозначности (эквивалентности)

Y = X1 • X2 + или Y = X1 X2 ;

- функция неравнозначности (сложение по модулю два)

Y = X1 • + • X2  или Y = X1 X2 ;

- функция Пирса (логическое сложение с отрицанием)

Y = ;

- функция Шеффера (логическое умножение с отрицанием)

Y = ;

*Логический элемент* – это электронное устройство, реализующее одну из логических операций. Логические элементы представляют собой электронные устройства, в которых обрабатываемая информация закодирована в виде двоичных чисел, отображаемых напряжением (сигналом) высокого и низкого уровня. Термин «логические» пришел в электронику из алгебры логики, оперирующей с переменными величинами и их функциями, которые могут принимать только два значения: «истинно» или «ложно». Для обозначения истинности или ложности высказываний используют соответственно символы 1 или 0. Каждая логическая переменная может принимать только одно значение: 1 или 0. Эти двоичные переменные и функции от них называются *логическими переменными* и *логическими функциями*. Устройства, реализующие логические функции, называются *логическими* или *цифровыми устройствами*. Условное графическое изображение цифрового устройства показана на рисунке 1. На входы устройства подают комбинации двоичных переменных Х1, Х2, …, Хn, с выхода снимают комбинации двоичных переменных Y1, Y2, …, Ym. Выходные и входные переменные связаны между собой логической функцией λ.

X1 Y1

λ

X2 Y2

## Xn Ym

Рис.1.

Логические элементы по режиму работы подразделяются на статические и динамические. Статические ЛЭ могут работать как в статическом, так и динамическом (импульсном) режимах. Статические элементы наиболее широко используются в современных микросхемах. Динамические ЛЭ могут работать только в импульсном режиме.

Логические элементы классифицируют также по типу применяемых транзисторов. Наибольшее распространение получили ЛЭ на биполярных и МДП - транзисторах и МДП – транзисторах. Кроме того, интенсивно разрабатываются ЛЭ на арсенид – галлиевых МЕП и ГМЕП – транзисторах. Для каждого из перечисленных типов ЛЭ существует число схемотехнических и конструктивно – технологических разновидностей.

# **Логический элемент И.**

Логическая операция И для двух переменных А и В представляется как А∙В=С, т. е. С=1 только в том случае , когда А=1 и В=1 (если А истинно и В истинно, тогда С истинно). Она обозначается точкой между двумя переменными А и В, которые обычно называют логическими переменными и соответственно этому цифровые операции называют логическими операциями. Схема, осуществляющая операцию И, называется элементом И. Утверждение «истинно» принято отождествлять с состоянием 1 и противоположное утверждение отождествлять с состоянием 0 в цифровой схеме. В соответствии с этим таблица для операции И, охватывающая все возможные комбинации переменных А и В и соответствующей переменной С, показана в таблице 1. для входных и одной выходной переменной. Она называется таблицей истинности или функциональной таблицей. Обобщить табл. 1. На большее число входных переменных. Согласно табл. 1. Выходная переменная С=1 (т.е. «С истинно» получается, только если А и В «истинно». Логически символ для элемента И и диодная логическая схема И для элемента с двумя входами и одним выходом показана на рис. 2, а и 2, б. Блок И обеспечивает логическую 1 на выходе, только если логически представлены все выходы. Такая схема может быть сравнима с системой последовательно включенных ключей (рис. 3). Только если, как это

+V

Таблица 1

### Функциональная таблица (таблица истинности) И

А В Q

0 0 0

0 1 0

1 0 0

1 1 1

Выход

А

В

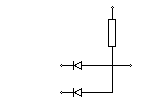


Рис. 2.

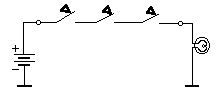
показано на рис. 3, все ключи замкнуты (состояние 1), появляется выходное напряжение и включается индикатор. Более практичной формой для блока И является диодная схема, показанная на рис. 4. Используя положительное напряжение +V для состояния 1 и V=0 для состояния 0, видим, что схема обеспечивает на выходе состояние 1 для +V, только если на все входы подано напряжение +V, или 1. Любой вход при V=0 поддерживает выход в состоянии 0. В самом деле, диоды смещены в положительном направлении и выходное напряжение равно нулю, что означает, что выходное состояние есть 0. Если ко всем тем входам одновременно приложить положительное напряжение несколько больше чем V, то диоды становятся обратно смещенными и выходное напряжение возрастает до V, т. е. наступает состояние 1. Заметим, что если даже один вход находится в состоянии 0, т. е. на соответствующем диоде имеется прямое смещение, то выходной сигнал остается равным нулю. Это объясняется тем что нулевое напряжение на любом входе дает короткое замыкание выхода на землю. В логической форме это означает, что 0 на любом входе создает 0 на выходе.

Операцию, осуществляемую блоком И, не следует смешивать с математической операцией сложения, так как выход блока И не есть сумма входных сигналов, как это следует из функциональной таблицы. Блок И широко используется в цифровых электрических схемах и обозначается символом, показанным на рис. 4,б.

Световой

индикатор

К1 К2 К3



а) б)

Рис.3. Цепочка последовательных Рис.4: а) диодная схема с тремя входами; б) ее

ключей схемы логического И символическое обозначение

Схема простейшего двухвходового элемента И на биполярных транзисторах приведена на рис. 5, а, а на рис. 5, б – диаграмма его работы. Элемент И называют иногда схемой совпадения, так как из диаграммы работы видно, что сигнал 1 на выходе появляется только в том случае, на обоих входах А и В одновременно действуют напряжения логической 1. Поскольку транзисторы VT1 и VT2 соединены последовательно, то ток в цепи может протекать только в случае, если одновременно открыты оба транзистора. Если открыт только один из транзисторов, то ток протекать не будет и напряжение на выходе будет нулевым. Таким образом, схема выполняет логическое умножение И в соответствии с функциональной таблицей И.

Схема логического элемента И в ТТЛ – варианте исполнения приведена на рис. 5, в. Особенность схемы – использование на входе многоэмиттерного транзистора VT1. Если на оба входа А и В поданы напряжения логического 0, то открыты оба перехода база -эмиттер транзистора VT1 и ток проходит только через них, не ответвляясь в переход база – коллектор. Вследствие этого транзистор VT2 закрыт и на выходе Q действует нулевое напряжение. Если на один из входов подается положительное напряжение логической 1, то соответствующий переход база – эмиттер транзистора VT1запирается. Однако основной переход база – коллектор не опирается, ибо конструкция многоэмиттерного транзистора (и режим работы) такова, что ток в цепи база – коллектор может протекать тогда, когда оказываются запертыми все переходы база – эмиттер. Таким образом, только при одновременной подаче на оба входа напряжения логической 1 отпирается переход база – коллектор транзистора VT1, что в свою очередь приводит к отпиранию транзистора VT2 появлению на выходе напряжения логической 1 в полном соответствии с правилом действия логического элемента И.МОП – вариант схемы логического элемента И приведен на рис. 5, г. Здесь, как и в предыдущих схемах, вместо сопротивления нагрузки используется МОП – транзистор с отпирающим напряжением на затворе.

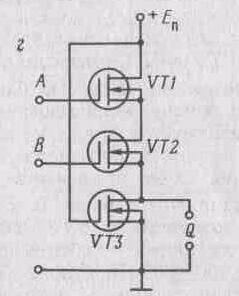
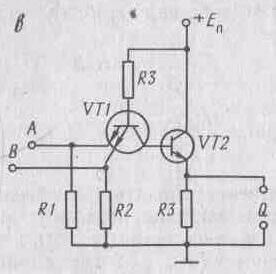
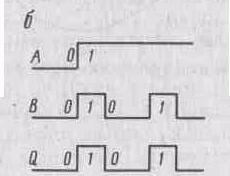
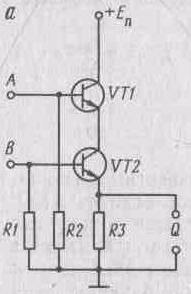


Рис.5. Логический элемент И на биполярных транзисторах (а), диаграммы напряжений на его входах *А, В я* выходе *Q (б);* элемент И, выполненный на многоэмиттерном (б) и МОП-транзисторах (а)

# **Логический элемент ИЛИ.**

Логическое утверждение «Если А или В истинно, тогда Q истинно» записывается так А+В=Q, где знак «+» есть символ, обозначающий операцию ИЛИ. Соответствующая этому определению Функциональная табл. 2. показывает, что выход получается при наличии любого входного сигнала. Принципиальная схема двухвходового логического элемента ИЛИ в ТТЛ-исполнении приведена на рис. 6, а. В соответствии с правилами логического сложения, если на входах А и В действуют сигналы логических 0, переходы база - эмиттер транзисторов VT1 и VT4 открыты и через них протекает ток. При этом, очевидно, через переходы база - кол­лектор в транзисторах VT1 и VT4 ток не протекает, вследствие чего закрыты транзисторы VT2 и VT3 и на их общем сопротивле­нии в цепи эмиттеров R2 нет падения напряжения, т.е. выходной сигнал Q соответствует логическому 0. Если на одном из входов А или В действует сигнал положительной полярности, соответ­ствующий логической 1, то происходят запирание перехода база — эмиттер транзистора VT1 (или VT4) и отпирание перехода база — коллектор. Это приводит к отпиранию транзистора VT2 (или VT3 и появлению на резисторе R2 - на выходе Q — почти полного напряжения источника питания (за вычетом падения напряжения в несколько десятых долей вольта на полностью открытом тран­зисторе VT2 или VT3*.* При подаче сигнала 1 на оба входа А и Воткрываются и оба выходных транзистора VT2 и VT3, что приво­дит к некоторому увеличению напряжения на выходе Q. Таким образом, рассмотренная электронная схема выполняет логиче­ское сложение ИЛИ.

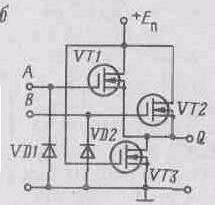
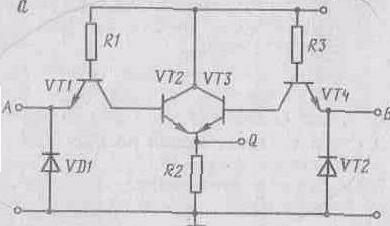


Рис. 6. Логический элемент ИЛИ, выполненный на биполярных (а) и И МОП-транзисторах (б)

Таблица 2

### Функциональная таблица (таблица истинности) ИЛИ

А В Q

0 0 0

0 1 1

1 0 1

1 1 1

Логический элемент ИЛИ на МОП-транзисторах может быть выполнен по схеме, приведенной на рис. 6, *б.* В этой схеме тран­зисторы VT1 и VT2 включаются при подаче на их затворы поло­жительного напряжения логической 1 и выключаются, если дей­ствует напряжение логического 0. Транзистор VT3 используется вместо резистора и постоянно открыт, что приводит к потребле­нию энергии питания, в то время когда открыты транзисторы VT1 и VT2.

**Логический элемент НЕ.**

Это операция применяется в случаях, когда требуется иметь противоположные значения переменной. Противоположное значение переменной называется дополнением этой переменной Символически для НЕ оно обозначается чертой над соответствующей переменной величиной: А=Q.

Таблица 3

### Функциональная таблица (таблица истинности) НЕ

А Q

0 0

0 1

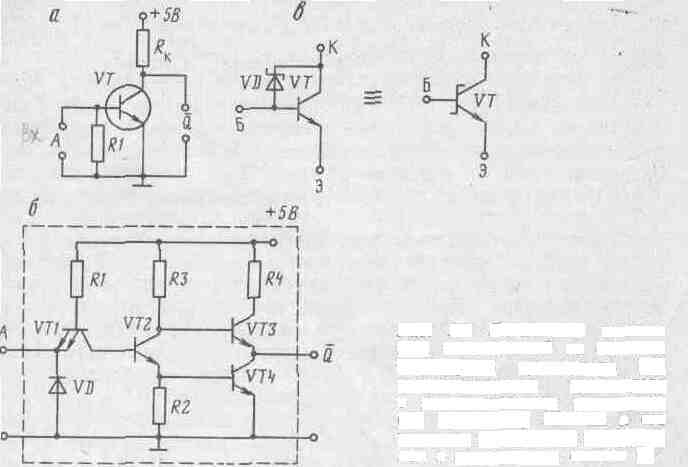
В простейшем случае элемент НЕ инвертор - может быть выпол­нен на биполярном (или поле­вом) транзисторе с общим эмиттером (рис. 7, а). Когда на входе А действует сигнал 0, транзистор VT тока" не проводит и напряже­ние на выходе Q максимально, практически равно напряжению источника питания и соответствует сигналу 1. Если на входе действует положительное напряжение, соответствующее сигналу 1, транзистор VT (n - p - n-типа) отпирается, переходит в режим насыщения и напряжение на выходе Q снижается до уровня 0,1—0,3 В, соответствующее сигналу 0. Таким образом, схема инвертирует входной сигнал. У рассмотренной схемы НЕ много недостатков: малы быстродействие и нагрузочная способность и весьма низка помехоустойчивость. Поэтому на практике исполь­зуют более сложные схемы. В частности, на рис. 7, *б* приведена схема инвертора семейства ТТЛ на основе многоэмиттерного транзистора VT1. При напряжении логического 0 на входе А создаются условия для проте­кания тока в транзисторе VT1 только в цепи перехода эмит­тер-база (на рис. 7, б ука­заны два параллельно соеди­ненных эмиттера, работаю­щих как один), а переход коллектор-база закрыт, вслед­ствие чего нет тока в цепи ба­зы транзистора VT2 и он за­перт. При этом на его кол­лекторе имеется напряжение, близкое к напряжению ис­точника питания. Это напря­жение действует на базу тран­зистора VT3, что приводит к его полному отпиранию. В то же время транзистор VT4 заперт, поскольку на его базу не подается никакого напряжения, так как транзистор VT2 закрыт, ток через него не проходит и на рези­сторе R2 нет напряжения (которое могло бы открыть транзи­стор VT4). Таким образом, поскольку транзистор VT3 открыт, а VT4 закрыт, на выходе Q действует положительное напряжение, близкое к напряжению источника питания, что соответствует логической 1. Если на вход А подается напряжение логической 1, то переход эмиттер - база транзистора VT1 запирается, но создаются условия для протекания тока через его переход коллек­тор - база и тем самым для протекания тока через базу транзи­стора VT2, что приводит к его отпиранию и переходу в режим насыщения. При этом транзистор VT3 запирается (так как на коллекторе VT2 действует слишком низкое напряжение), а тран­зистор VT4 отпирается, так как на его базу подается с рези­стора R2 напряжение в положительной полярности. Таким обра­зом, через малое сопротивление открытого транзистора VT4 выход соединяется с общей шиной «землей» и напряжение на нем оказывается почти нулевым и схема работает как инвертор. Диод VD, включенный на вход А, защищает схему от перегрузки по входу.

Существенно повысить быстродействие инвертора и снизить расход энергии питания позволяет применение диодов Шоттки, включаемых параллельно переходу коллектор - база биполяр­ного транзистора (рис. 7, *в*). Такое соединение называется тран­зистором Шоттки и обозначается в электронных схемах, как пока­зано на рис. 7, *в*. Среднее время задержки сигналов в логических элементах ТТЛШ порядка 1,5 нс при средней потребляемой мощ­ности около 20 мВт на один логический элемент.

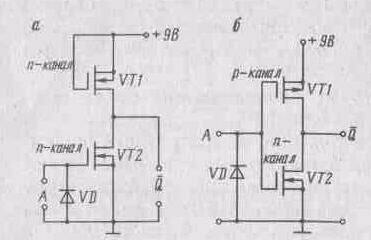
Применение МОП-транзисторов позволяет почти в 10 раз увеличить число активных элементов на кристалле интегральной микросхемы и более чем в 103 раз уменьшить потребление энергии питания по сравнению с биполярными транзисторами. Однако почти в 10—20 раз уменьшается быстродействие (в первую оче­редь, из-за больших емкостей на входе и выходе транзисторов и очень высоких входных сопротивлений).

Инвертор на МОП-транзисторах с n-каналами может быть выполнен по схеме, приведенной на рис. 8, *а.* Транзистор VT1, на затвор которого подается напряжение в отпирающей поляр­ности, выполняет роль резистора (сопротивление которого может быть сделано любым - в пределах от сотен омов до сотен кило-омов - в зависимости от технологии изготовления и напряжения на затворе). Если на входе А действует сигнал 0, то транзистор VT2 закрыт и напряжение на выходе Q практически равно напря­жению источника питания, т. е. соответствует напряжению логи­ческой 1. Когда на вход А действует положительное напряжение, соответствующее напряжению логической 1, то транзистор VT2 открывается (его сопротивление при этом составляет всего 300 - 500 Ом) и напряжение на выходе Q становится весьма малым (де­сятые доли-единицы вольт), что соответствует логическому 0. Существенное повышение быстродействия (и снижение потребле­ния энергии питания) достигается при использовании комплиментарной пары КМОП-транзисторов.

Схема КМОП-инвертора приведена на рис. 8, *б.* Если на входе А схемы действует напряжение логического нуля, то тран­зистор VT1, имеющий р-канал, полностью открыт, поскольку его затвор при этом соединен с общим проводом и поэтому на него подается напряжение в отпирающей полярности относительно истока, соединенного с плюсом источника питания. Транзи­стор VT2 имеющий n-канал, заперт, вследствие чего напряжение на выходе Q максимально и соответствует напряжению логиче­ской 1. Когда на вход А подается положительное напряжение логической 1, то транзистор VT1 запирается, а транзистор VT2 полностью отпирается, вследствие чего напряжение на входе Q становится нулевым. Быстродействие этой схемы по сравнению с предыдущей существенно увеличивается благодаря тому, что заряд-перезаряд паразитных емкостей происходит через весьма малые сопротивления полностью открытых транзисторов VT1 и VT2. Потребление энергии питания снижается до уровня деся­тых долей микроватта на один элемент потому, что схема потреб­ляет ток, в сущности, только во время переключения, когда один транзистор открывается, другой закрывается. В остальное вре­мя — при 0 или 1 — всегда один из транзисторов закрыт и ток от источника питания не потребляется.



*Рис. 7.* Логический элемент НЕ, выполненный на обычном биполярном транзисторе (а); многоэмиттерном транзисторе с дополнительным усилителем (б); Транзистор Шоттки и его условное графическое изображе­ние в электронных схемах (в).



*Рис. 8.* Логический элемент НЕ, выпол­ненный на МОП-транзисторах с n-каналом (а), комплиментарной паре МОП-транзисторов с n- и р-каналами (б).

**Логический элемент И – НЕ.**

Более универсален элемент И-НЕ, позволяющий одновременно с операцией логического умножения выполнить и отрицание, тем более что в большинстве случаев это не усложняет схемы. Например, на рис. 9, *а* приведен МОП-вариант схемы логиче­ского элемента И-НЕ. Транзистор VT1 используется вместо сопро­тивления нагрузки и постоянно открыт, ибо на его затвор подается напряжение в отпирающей полярности. Если на затворы транзи­сторов VT2 и VT3 поданы напряжения логического 0, то они за­перты, тока не проводят и на выходе Q действует почти полное напряжение питания, т. е. напряжение логической 1. Если по­дается напряжение логической 1 только на один из входов А или В, то состояние схемы не изменяется и напряжение на выходе остается неизменным. Однако, если на оба входа действуют на­пряжения логических 1, то оба транзистора VT2 и VT3 отпираются, их внутреннее сопротивление уменьшается (до 500 - 1000 Ом) и напряжение на выходе Q также становится весьма малым, т. е. на выходе действует логический 0 - в полном соответствии с таб­лицей истинности И-НЕ (табл. 4.).

Таблица 4.

### Функциональная таблица (таблица истинности) И-НЕ

A B Q

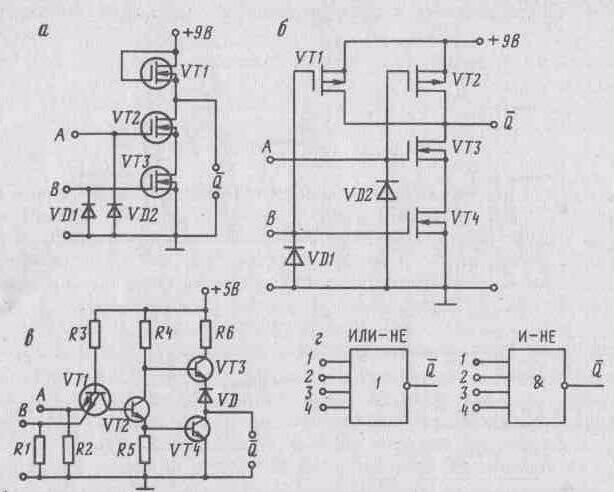
0 0 1

1 0 1

0 1 1

1 1 0

Недостаток схемы - при подаче на входы A и В одновременно напряжений логических 1 схема потребляет ток от источника питания. Если же элемент И-НЕ выполнен на КМОП-транзисторах, то этого не происходит. В частности, на рис. 9, *б* дается схема подобного элемента. Транзисторы VT1 и VT2 имеют р-каналы, вследствие чего, когда на их затворах (входах A, В) дей­ствуют сигналы логических 0, они полностью открыты и на выходе Q имеется положительное напряжение логической 1. При этом транзисторы VT3 и VT4 полностью заперты, ибо имеют n-каналы. Когда на оба входа A, В одновременно действуют положительные напряжения логических 1, транзисторы VT1 и VT2 запираются и напряжение с выхода Q снимается. При этом транзисторы VT3 и VT4 отпираются и выход оказывается соединенным с общим про­водом через малое сопротивление (500 - 1000 Ом). Если на одном из входов действует напряжение логического 0, а на другом - напряжение логической 1, то один из транзисторов с р - каналом (VT1 или VT2) запирается, но другой остается открытым, и поскольку они включены параллельно, на выходе остается напря­жение логической 1. При этом один из транзисторов с n-каналом (VT3 или VT4) оказывается открытым; другой - закрытым, и, поскольку они включены последовательно, шунтирования выхода Q малым сопротивлением не происходит и напряжение на выходе оказывается высоким. Таким образом, сама схема тока не потребляет (разве что в те мгновения, когда происходит про­цесс ее переключения — но это, в среднем, доли микроватта). ТТЛ-вариант схемы логического элемента И-НЕ дан на рис. 5, *в.* Из рассмотрения рисунка вполне очевидно, что схема предста­вляет собой стандартный элемент И (рис. 5, *в*), к которому добавлен выходной стандартный усилитель — от инвертора (см. рис. 7, *б*). Условные изображения логического элемента И-НЕ дана на рис. 9, *г.*



*Рис. 9.* Логический элемент И-НЕ, выполненный на МОП-транзисторах с га-каналами (а), многоэмиттерном биполярном транзисторе и дополнительном усилителе *(б),* комплементарных МОП-транзисторах (в) и условные графические обозначения элементов ИЛИ-НЕ и И-НЕ в электронных схемах *(г)*

**Логические элементы ИЛИ-НЕ.**

Изменив схему логического элемента ИЛИ на МОП-транзисторах возможно получить новый, более универсальный элемент ИЛИ-НЕ, осуществляющий одновременно с логическим сложением ИЛИ и логическое отрицание (инверсию) НЕ. Для этого активные эле­менты должны быть использованы не в режиме повторителей (как в схеме рис. 6, *б*), а в режиме усилителей-инверторов, что легко достигается перенесением общего сопротивления нагрузки из цепи истоков в цепь стоков. На рис. 10, *а* приведена такая схема логического элемента ИЛИ-НЕ. При сигналах логического 0 на входах А и В транзисторы VT2 и VT3 заперты, а поскольку транзистор VT1 постоянно открыт и играет роль сопротивления нагрузки, то на выходе Q действует положительное напряжение логической 1. Если на одном из входов А или В (или одновременно на двух) действует положительное, напряжение, соответствующее логической 1, то транзистор VT2 или VT3 или оба вместе оказы­ваются открытыми и напряжение на выходе Q снижается до нескольких десятых долей-единиц вольт, т. е. до уровня напряжения логического 0.

Таблица 5.

**Функциональная таблица**

(таблица истинности) **ИЛИ-НЕ.**

А В Q

0 0 1

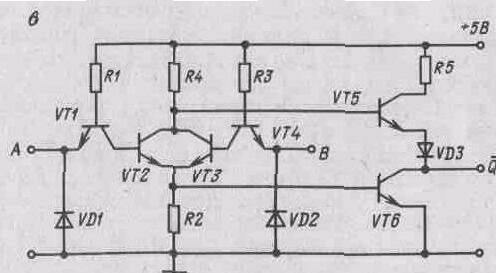
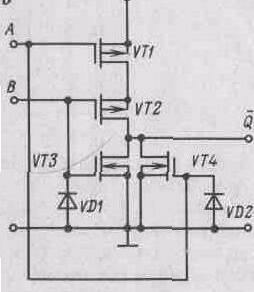
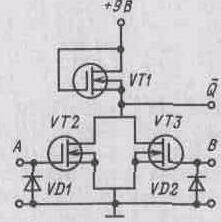
1 0 0

0 1 0

1 1 0

*б*

*а*



*Рис. 10.* Логические элементы ИЛИ-НЕ, выполненные на биполярных тран­зисторах *(а),* МОП-транзисторах с n-каналами (б), комплиментарных парах МОП-транзисторов (*в*).

Существенно снизить потребление энергии питания и увели­чить быстродействие позволяет использование КМОП-транзисторов. В частности, на рис. 10, *б* приведена схема такого вида. Транзисторы VT1 и VT2 имеют р-каналы и открываются, если на их затворы подается напряжение логического 0 (так как на их затворы, соединенные с плюсом источника питания, подается отри­цательное напряжение в отпирающей полярности). При этом тран­зисторы VT3 и VT4, имеющие n-каналы, оказываются запертыми и напряжение на выходе Q близко к напряжению источника питания, т. е. к напряжению логической 1. Если хотя бы на одном из входов действует напряжение логической 1, то один из транзисто­ров VT1 или VT2 закрывается, а поскольку они соединены после­довательно, схема отключается от источника питания и на вы­ходе Q напряжение равно 0. В добавление к этому открывается один из транзисторов VT3 или VT4 (включенных параллельно) и выход соединяется с общим проводом через весьма малое сопро­тивление 100—300 Ом. Таким образом, элемент действует в полном соответствии с таблицей истинности ИЛИ-НЕ (табл. 5.). Следует отметить, что схема чрезвычайно экономична и потребляет ток только в очень краткие мгновения, во время переключения, когда одни транзи­сторы открываются, а другие еще не успели закрыться.

ТТЛ-вариант конструктивного исполнения схемы ИЛИ-НЕ на биполярных транзисторах приведен на рис. 10, *в.* Из рассмо­трения рисунка видно, что схема объединяет в себе двухвходовый элемент ИЛИ (рис. 6, *а*) и инвертор НЕ (см. рис. 7, *б).* Если на входах А и В действуют напряжения логических 0, то переходы база - эмиттер транзисторов VT1 и VT4 открыты и через них протекает ток, минуя переходы база - коллектор. Вследствие этого заперты суммирующие транзисторы VT2 и VT3. Поэтому на базу транзистора VT5 через резистор R4 подается напряжение питания, полностью его отпирающее, в результате чего на выход Q поступает положительное напряжение, соответствующее логи­ческой 1. Транзистор VT6, включенный параллельно выходу Q, при этом заперт и тока не проводит, ибо на его базу не подается напряжение (с резистора R2). Если хотя бы на одном из входов А или В действует напряжение логической 1, один из суммирующих транзисторов VT2 или VT3 отпирается, напряжение в точке соеди­нения их коллекторов резко падает, что приводит к запиранию транзистора VT5 и на вход перестает поступать положительное напряжение. При этом оказывается открытым транзистор VT6 шунтирующий своим малым сопротивлением выход, поскольку на его базу начинает подаваться напряжение, снимаемое с рези­стора R2, включенного в цепь эмиттеров суммирующих транзи­сторов VT2, VT3 (один из которых проводит ток). Таким образом, схема работает в полном соответствии с табл. 5. Условное изображения логического элемента ИЛИ-НЕ дана на рис. 9, *г.*

В рассмотренных схемах логических элементов для упроще­ния показывалось, как правило, лишь два входа. Это совсем не означает, что в реальных схемах их только два - их может быть значительно больше, до 8-10. И есть специальные устройства - расширители, которые позволяют увеличить число входов. Однако в случае необходимости можно увеличить число входов элементов И-НЕ или ИЛИ-НЕ способом наращивания, объединяя последо­вательно-параллельно несколько отдельных микросхем с мень­шим числом входов. При этом может возник­нуть проблема: что делать с оставшимися свободными входами? Если применены элементы И в ТТЛ-исполнении, то все свободные входы надо соединить вместе и подключить через резистор в 1 - 2 кОм к плюсу источника питания (+5 В). Свободные входы можно соединить с используемыми, но это не всегда жела­тельно, ибо увеличивается нагрузка на источник сигнала. В МОП и КМОП-схемах И свободные входы можно соединять непосред­ственно с плюсом источника питания.

Несколько сложнее наращивание в случае элементов ИЛИ-НЕ, И-НЕ, где приходится использовать дополнительные инверторы.

В современной цифровой технике в настоящее время доминируют четыре семейства логических микросхем в интегральном исполнении: ТТЛ; ТТЛШ; КМОП и ЭСЛ, выпускаемые во всем мире сотнями миллионов штук ежегодно. При этом наиболее широко применяются для построения цифровых информационно-измерительных геофизических устройств микросхемы ТТЛ, ТТЛШ и КМОП. Цифровые микросхемы семейства ЭСЛ, пока не имеющие себе равных по быстродействию (доли наносекунды), потребляют слишком много энергии питания и используются преимущественно для создания сверхбыстродействующих ЭВМ универсального применения.

Все логические элементы выпускаются в виде микросхем в ин­тегральном исполнении и маркируются стандартным семиэлемент­ным кодом. При этом третий элемент маркировки — две буквы — обозначает: ЛИ — элемент И; ЛН — элемент НЕ; ЛЛ — эле­мент ИЛИ; ЛА — элемент И-НЕ; ЛЕ — элемент ИЛИ-НЕ; ЛС — элемент И-ИЛИ; ЛБ — элемент И-НЕ/ИЛИ-НЕ; ЛР — элемент И-ИЛИ-НЕ; Л К — элемент И-ИЛИ-НЕ/И-ИЛИ; ЛМ— элемент ИЛИ-НЕ/ИЛИ; ЛД — расширители; ЛП — прочие типы элементов (в том числе исключающее ИЛИ); ХЛ — многофунк­циональные элементы.

Список использованной литературы

1. Бобровников Л. З. Радиотехника и электроника. М. Недра, 1990 г.
2. Гутников В. С. Интегральная электроника в измерительных приборах. Л. Энергия, 1978 г.
3. Ямпольский В. С. Основы автоматики и вычислительной техники. М. Просвещение, 1991 г.
4. Нефёдов В. И. Основы радиоэлектроники. М. Высшая школа, 1994 г.