Положительная и отрицательная логика

Логика называется положительной, если напряжение, соответствующее уровню логической единицы, больше, чем напряжение, соответствующее уровню логического нуля.

&

1

=1

1

1

1

&

=1

Логические элементы Эквивалентные элементы

положительной логики отрицательной логики

Конструктивное исполнение элементов, узлов и устройств ЭВМ:

* Ячейки, модули – это сборочные единицы, в которых отдельные элементы, узлы или устройства установлены в одну несущую конструкцию и электрически связаны между собой в соответствие с принципиальной электрической схемой;
* Интегральные микросхемы (ИС, БИС) – микроэлектронное изделие, выполняющее определенную функцию преобразования и обработки сигнала и имеющее высокую плотность упаковки электрически соединенных элементов и кристаллов.

Серия ЧМС – совокупность чипов микросхем, которые могут выполнять различные функции, но имеют единое конструктивно-технологическое исполнение и предназначены для совместного применения.

Основные характеристики логических элементов

1. Поскольку в современных ЭВМ применяются, в основном, элементы, узлы и устройства, выполненные в виде ИС, БИС, то рассмотрим их характеристики.

Не вдаваясь в схему, ЛЭ можно представить в следующем виде:



Основные электрические параметры цифровых ИС

Параметры напряжения

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Термин | Обозначения | | Определение |
| Между-народные | Отечест-венные |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Напряжение питания | UСС | UИП | Значение напряжения источника питания, обеспечивающего работу ИС в заданном режиме |
| Входное напряжение низкого уровня | UIL |  | Значение напряжения на входе ИС низкого уровня |
| Входное напряжение высокого уровня | UIH |  | Значение напряжения на входе ИС высокого уровня |
| Выходное напряжение низкого уровня | UOL |  | Значение напряжения на выходе ИС низкого уровня |
| Выходное напряжение высокого уровня | UOH |  | Значение напряжения на выходе ИС высокого уровня |
| Пороговое напряжение логической единицы | - |  | Наименьшее значение высокого уровня напряжения на входе ИС, при котором она переходит из одного устойчивого состояния в другое |
| Пороговое напряжение логического нуля | - |  | Наибольшее значение низкого уровня напряжения на входе ИС, при котором она переходит из одного устойчивого состояния в другое |
| Помехоустойчивость |  |  | Наибольшее значение напряжения на входе, при котором еще не происходит изменение уровней входного напряжения (добавляется к или вычитается из ) |

Примечание : здесь и далее определения даны для «положительной» логики, т.е. когда единице соответствует H уровень а нулю – L, для «отрицательной» логики - наоборот.

Параметры тока

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Термин | Обозначения | | Определение |
| Между-народные | Отечест-венные |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Входной ток низкого уровня | IIL |  | Значение входного тока при напряжении низкого уровня на входе ИС |
| Входной ток высокого уровня | IIH |  | Значение входного тока при напряжении высокого уровня на входе ИС |
| Выходной ток низкого уровня | IOL |  | Значение выходного тока при напряжении низкого уровня на выходе ИС |
| Выходной ток высокого уровня | IOH |  | Значение выходного тока при напряжении высокого уровня на выходе ИС |
| Ток потребления при низком уровне выходного напряжения | ICCL |  | Значение тока, потребляемого ИС от источника питания при низком уровне напряжения на выходе |
| Ток потребления при высоком уровне выходного напряжения | ICCH |  | Значение тока, потребляемого ИС от источника питания при высоком уровне напряжения на выходе |
| Средняя потребляемая мощность | PCC |  | Значение мощности, равное полусумме мощностей потребляемых ИС от источников питания в двух различных устойчивых состояниях |

Параметры времени

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Время задержки распространения при включении | tPHL |  | Интервал времени между входным и выходным импульсами при переходе напряжения на выходе ИС от напряжения высокого уровня к напряжению низкого уровня, измеренный на уровне 0,5 или на заданном уровне |
| Время задержки распространения при выключении | tPLH |  | Интервал времени между входным и выходным импульсами при переходе напряжения на выходе ИС от напряжения низкого уровня к напряжению высокого уровня, измеренный на уровне 0,5 или на заданном уровне |
| Время перехода при включении | tTHL |  | Интервал времени, в течение которого на выходе ИС происходит переход от напряжения высокого уровня к напряжению низкого уровня, измеренный на уровнях 0,1 и 0,9 или на заданных значениях напряжения |
| Время перехода при выключении | tTLH |  | Интервал времени, в течение которого на выходе ИС происходит переход от напряжения низкого уровня к напряжению высокого уровня, измеренный на уровнях 0,1 и 0,9 или на заданных значениях напряжения |
| Коэффициент разветвления по выходу | N |  | Число единичных нагрузок, которые можно одновременно подключить к выходу ИС |

1. Параметры времени характеризуют быстродействие ЛЭ. Иногда применяют среднее время задержки распространения сигнала:

в современных ЛЭ составляет десятки и единицы нс.

В качестве характеристики быстродействия иногда приводится параметр - максимальная частота переключения - .

Рассмотрим это понятие на примере инвертора:



Минимальный период T­min­ переключения ЛЭ будет , где – запас времени после переключения, чтобы переключение было гарантированным.

Грубо принимается .Тогда , а .

Если превысить , то в схемах могут возникнуть некорректные ситуации.

Например:



Входной сигнал на верхнем входе КС будет отставать на один такт от сигнала на нижнем входе.

1. Коэффициент разветвления характеризует нагрузочную способность элемента, которым определяется значение тока, который элемент может отдать в нагрузку без существенного ухудшения его параметров.

Коэффициент разветвления определяется только для случая, когда элемент нагружен на элементы той же серии ИС, обычно N равна 10÷20. Приводится в справочнике. Если элемент нагружен на элементы других серий, входные токи которых отличаются, то тогда надо выполнить расчет.



N=min

Если N<1, то соединение недопустимо.

1. Потребляемая мощность ЛЭ – это мощность, потребляемая им от источника питания. При наличии на входе 0 или 1 потребляемая мощность может быть различна, поэтому часто применяют параметр – средняя потребляемая мощность.

Средняя потребляемая мощность увеличивается при увеличении частоты переключения, т.к. во время переключения тратится энергия на перезаряд паразитных емкостей, могут возникнуть сквозные токи, а транзисторы могут работать не в ключевом, а в активном режиме. Особенно это характерно для элементов КМОП, поэтому для них обычно указывается потребляемая мощность для определения частоты.

1. Помехоустойчивость – это наибольшее напряжение, которое, будучи добавлено к входному сигналу, не вызывает логического переключения.



- напряжение, при котором происходит переключение.

,

.

Однако, переключение точно при возможно только в отдельных элементах. Рассмотрим зависимость , которая называется передаточной характеристикой элемента, для инвертора:



Реальный инвертор имеет более пологий спад из-за ограниченного коэффициента усиления и паразитных параметров.

Кроме того, элементы имеют разброс параметров, поэтому реальная помехоустойчивость снижается.

Для ИС ТТЛ принято считать, что .

Следует также заметить, что выше сказанное о помехоустойчивости, справедливо для медленных изменений входного сигнала (статическая помехоустойчивость).

Если помеха имеет короткую длительность, то следует говорить о динамической помехоустойчивости. Чем короче помеха, тем меньше ее способность переключить элемент.



Зависимость , где - длительность помехи.

При , имеет место как бы статическая помеха.

1. В ВТ обычно применяется соглашение положительной логики, когда условно за «0» принимается низкий уровень напряжения, а за «1»- высокий.

Например, в ИС ТТЛ за «0» принимается напряжение ≤ 0,4В, а за «1» ≥ 2,4В.

1. Кроме электрических характеристик, ИС отличаются функциональным назначением конструктивным исполнением (типом корпуса), устойчивостью к ВВФ, степенью интеграции, надежностью, стоимостью и др.
2. Если посмотреть на микросхему, то на ней видно маркировку, например:



Корпус DIP



Планарный корпус TSOP



Счет выводов против часовой стрелки от ключа.

t подъема еще больше увеличивается при подключении .

Описанный недостаток приводит к ограничению использования схемы на больших частотах. Обычно .

Базовый элемент ТТЛ

1. При рассмотрении базового элемента, обычно пользуются рассмотрением микросхемы 155ЛА1 – четырёхвходовой элемент Шеффера.



VT1 – многоэмиттерный транзистор;

Rб – резистор, определяющий значение тока базы VT1;

VD1-4 -

Rогр – ограничительный резистор, ограничивает сквозной ток составного инвертора на VT3, VT4;

VT3 – транзистор включен по схеме эмиттерного повторителя, что обеспечивает малое выходное сопротивление в состоянии «1» на выходе;

VT4 – транзистор включен по схеме с общим эмиттером, обеспечивает «0» на выходе МСх;

VD5 – диод, необходимый для надежного закрывания VT3, при подаче на все входы «1»;

Rк, VT2, Rэ – фазоинверсный каскад;

Допустимое изменение Uпитания 5 В ±5%. При больших отклонениях схема может не работать.

Рассмотрим работу элемента:

а) Пусть на все входы (Вх 1÷4) поданы «1», тогда VT1 находится в инверсном активном режиме, т.е. переход Б-Э закрыт, а переход Б-К открыт. Следовательно в базу транзистора VT2 протекает ток Iб2=\*Iб1 (значение , VT1 включен по схеме с общей базой), т.е. Iб2Iб1. Следует отметить, что эмиттер VT1 не участвует в образовании Iб2. За счет тока Iб2 транзистор VT2 открывается и входит в режим насыщения, при этом через Rк и Rэ протекают соответствующие токи. За счет этих токов на резисторах образуется падение напряжения. За счет части тока эмиттера VT2 транзистор VT4 открывается и переходит в режим насыщения, т.е. = сотые ÷ десятые доли вольта (max=0.4 В), на выходе схемы имеем «0». Докажем, что VT3 в этот момент закрыт. Предположим, что на выходе VT4=0.1 В. Пусть он находится в насыщенном состоянии, т.е. VT2 также в режиме насыщения, т.е. отсюда В случае отсутствия VD5, VT3 тоже бы находился в открытом состоянии, через каскад протекал бы сквозной ток. Однако , что приводит к надежному запиранию VT3.

б) Пусть на один из входов подан «0», т.е. , транзистор VT1 открывается и входит в режим насыщения. определяется значением Rб. сотые÷десятые доли вольта, т.е. близок к ОВ, транзистор VT2 закрывается. нет, а если бы и был, то в вытекал бы из транзистора. Следовательно начинает падать, а начинает расти. VT3, VT4 меняют свое состояние. VT4 из насыщения переходит в закрытое состояние, а VT3 из закрытого состояния переходит в нормальный активный режим работает, как эмиттерный повторитель. Процесс перехода VT3 из закрытого состояния в нормальный активный режим происходит значительно быстрее, чем переход VT4 в закрытое состояние.

Следовательно, очень короткий отрезок времени существует состояние схемы, когда VT3 и VT4 оба открыты. Через схему выходного каскада протекает сквозной ток. Для уменьшения амплитуды (величины) сквозного тока в этот момент служит Rогр, номиналом несколько десятков Ом. Для различных серий М6х номинал Rогр различны (30÷130 Ом).

Следует еще раз отметить, что , а .

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

При , запас помехоустойчивости для «1» ÷ 2,0 В, а для «0» ÷ 1,0 В.

При нормальном режиме работы VT1, диоды VD1÷VD4 закрыты. При возникновении колебательного процесса на спаде положительного импульса, диоды обрежут амплитуду отрицательной полуволны. Так как процесс колебательный, то амплитуда положительной полуволны также уменьшится. Следовательно, VD1÷VD4: 1) Защищает VT1 от большого Uбэ, а также подвышает помехоустойчивость «0».

2. Элемент И-ИЛИ-НЕ с расширением по ИЛИ.

И-ИЛИ-НЕ (ЛР1)(ЛР1Р)

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

VT1, VT4 – входы «&»;

VT2, VT3, Rк, Rэ – обеспечивает «v»;

VT5, VT6 – «Не»;

х – не логические входы (монтажные) К – коллектора и Э – эмиттера, дает возможность подключать к схеме специальные расширители по «v» для получений большего количества групп коньюнкций.

Расширитель (ЛД1)(ЛД3)

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Можно подключать до 10 расширителей к одному элементу И-ИЛИ-НЕ.

3. Элемент с повышенной нагрузочной способностью.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Базовый элемент имеет коэффициент разветвления (155 серия) 10, а элемент с повышенной нагрузочной способностью – 30.

Элементы серий 1533, 1531 имеют другие коэффициенты разветвления, т.к. входные токи у них значительно меньше. В эмиттере выходного транзистора диод не стоит, т.к. он и так надежно запирается, благодаря наличию двух переходов Б-Э (UбVT3-эVT4 ≅ 1,4 В).

Генератор тока на VT5 помогает быстрее выключить VT6, благодаря активному рассасыванию заряда из базы VT6 через усилитель на VT5.

Элемент с ОК

Требует установку внешнего резистора. (И-НЕ К155ЛА7, 8 и др.)

(И-ИЛИ-НЕ К531ЛР10)

При выборе величины R должны быть учтены допуски на Еn (обычно ∆ Еn=±0,5 В) и на сигнальные потенциалы. Ограничения на выбор R:

где N – число элементов-передатчиков с ОК;

n0, n1 – числа входов- приемников для сигналов «0» и «1», с учетом объединения входов;

, - токи утечки элементов-передатчиков при действии на ОШ сигналов «0» и «1»

существенно (для К155ЛА8 ),

несущественно, можно принять ,

R следует выбирать возможно малым для получения приемлемого быстродействия.

4. Элемент с открытым коллектором.

Элемент с открытым коллектором имеет более простую схему.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | 155 ЛА8 (2И-НЕ)  155 ЛА7 (4И-НЕ) до 5 В  155 ЛН3  ЛН4  ЛН5  ЛП4  ЛП9  ЛА11 |
|  |  |  |

Логические элементы с открытым коллектором: (ЛА7…ЛА11, ЛА13, ЛА18), (ЛИ2, ЛИ4, ЛИ5).

Основное применение:

а) организация монтажной логики, в том числе шин и магистральных передатчиков данных

б) управление нестандартной нагрузкой (реле, лампочки, светодиоды, электровеники, кишковороты, электро-люминесцентные индикаторы и т.д.).

Обычный элемент: Элемент с ОК:



Имеются мощные элементы с ОК с . (155ЛА18 )

а)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  |  |  | | --- | --- | --- | | f1 | f2 | F | | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 0 | | 1 | 0 | 0 | | 1 | 1 | 1 | |

Монтажное И по «1» по отношению к и . ИЛИ по «0» по отношению к и . И-ИЛИ-НЕ по отношению к входным переменным. Если на выходе одной из схем «0», через протекает ток и уходит на «землю» через транзистор открытого элемента. Выход – 0 В.

Рассмотрим расчет минимального номинала Rк. Пусть и МСх с ОК нагружена на два логических входа. , тогда – крайний случай при двух подключенных входах. Коэффициент 0,7 для надежности.

Если элемент нагружен на большее количество входов должно быть больше, так как ток через элемент с ОК не должен превышать максимального значения.

Обычно рассчитывают так, что токи составляют 70÷80% от предельных (максимальных) значений. При работе элемента с ОК, выбирают после расчета кратно 100 Ом ().

При работе ЛЭ с ОК в качестве шинного формирователя:

1. Выбирают ЛЭ с повышенной нагрузочной способностью;
2. - 50, 75, 120 Ом в зависимости от волнового сопротивления линии связи.

5. Элемент с тремя состояниями (элемент с отмечаемым выходом)

Элемент с тремя состояниями стоится на основе базового элемента, но добавляется каскад на VT5, VD2, R1,R2, обеспечивающий возможность управления отключением выхода от питания и земли.

Основное назначение – реализация монтажных функций и обслуживание проводника шины данных.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Это ЛА17, ЛА19, ЛН6, ЛП8, ЛП10, ЛП11.

Если на управляющий вход подать «0», транзистор VT5 закрыт и работа схемы обусловлена информационным входом.

Если на управляющий вход подать «1», в базу транзистора VT5 протекает ток, транзистор открывается , т.е. на втором эмиттере VT1 , что приводит к зарыванию транзистора VT2. В базовом эмиттере VT2 отсутствует ток, что в такой ситуации приводит к открыванию VT3. В таком случае при открытом VT5 через VT2 протекает ток, т.е. , что приводит к закрыванию VT3. Закрыты оба транзистора сложного инвертора. На выходе схемы отсутствует напряжение. Несколько схем, подключенных к проводнику и находящихся в состоянии Z, не влияют друг на друга. Схема в третьем состоянии.

P.S. В некоторой литературе R2 не рисуют, однако, для нормальной работы схемы он нужен.

Выходы элементов с тремя устойчивыми состояниями можно объединять между собой для организации монтажной логики. Однако. Следует отметить, что при таком объединении категорически запрещается одновременная подача «0» на управляющие входы двух и более элементов, т.к. в зависимости от информации на этих элементах могут возникнуть сквозные токи, что приведет к выходу из строя того или иного элемента. Для гарантии элементы надо включать через паузу. Схема организации третьего устойчивого состояния используется в некоторых (т.е. существуют регистры с обычными выходами и с выходами, имеющими три состояние (отключаемые)) регистрах, мультиплексорах, большинстве шинных формирователей.

6. Транзисторный ключ с диодом Шоттки.

В последнее время с целью повышения быстродействия элементов, используется схемотехника на основе диодов Шоттки.

Использование диода позволяет предотвратить вход открытого транзистора в глубокое насыщение. В результате чего резко повышается быстродействие схем.

Рассмотрим еще раз работы обычного транзисторного ключа. При «0» на входе, транзистор закрыт, на выходе . При подаче «1» на вход, транзистор открывается и входит в насыщение т.е. в базе накапливается заряд.

 При этом оба перехода К и Э находятся в прямом включении. Переход обратно в закрытое состояние происходит долго, т.к. необходимо вывести транзистор из режима насыщения (рассосать заряд).

Подключим к базе и коллектору транзистора VD Шоттки . При подаче «1» на вход ключа, диод открывается при , т.е. уменьшается до 0,4 В, при этом часть базового тока транзистора будет уходить через VD непосредственно на землю через открытый переход К-Э. Транзистор никогда не войдет в режим глубокого насыщения.

Обозначение транзистора с диодом Шоттки



Диоды Шоттки не накапливают заряд, поэтому их быстродействие выше обычных диодов.

7. Базовый элемент серии К531 (аналог 74S)

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

В элементах серии К531 применены транзисторы с диодами Шоттки.

В эмиттер VT2 вместо резистора включен генератор тока на VT6. Все это позволило увеличить быстродействие (уменьшить tзар вдвое). Составной транзистор на VT3, VT4, позволил повысить нагрузочную способность при логической единице на выходе. R6 создает необходимое напряжение на базе VT4 для открытия.

1. Базовый элемент серии К555 (аналог 74LS)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  | | |
|  | ТТЛШ | | ТТЛ |
|  | ≥ 2,5 В | | 2,4 В |
|  | ≤ 0,5 В | | 0,4 В |
|  | ≤ 20 мА | | 40 мА |
|  | ≤ 0,4 мА | | 1,6 мА |
|  | ≤ 0,4 мА | | 0,4 мА |
|  | ≤ 8 мА | | 16 мА |
|  | 20 | | 10 |

Вместо многоэмиттерного транзистора использованы диоды Шоттки, VD7 уменьшает задержку включения ИС К555, в основном за счет энергии ёмкости нагрузки, заменили серию К155.

Ёмкость разгружается через R6, VD7, VT1 и базу VT5, ускоряя его включение.

Диоды Шоттки на входе не имеют накопления базового заряда, увеличивающего время включения входного транзистора, и обеспечивают стабильность времени переключения в диапазоне температур.

VT3 и VT5 без диода Шоттки, т.к. работают в активном режиме. Серия К555 имеет пониженную потребляемую мощность (~85 раз меньше элементов К155).

1. В более современных ТТЛШ применяется входной каскад с дополнительным усилителем тока. Это серии К1531, К1533, которые имеют высокое быстродействие, низкую потребляемую мощность и высокую нагрузочную способность.
2. Сравнительная характеристика ИС ТТЛ (ТТЛШ)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Серия ТТЛ (ТТЛШ) | | Параметры | | | Нагрузка | | |
| отечественные | зарубежные | tзд.р, НС | Pпот, мВт | Э, пДж | Сн, пФ | Rн, кОм | Нагруз. спос, N |
| К134 | SN74L | 33 | 1 | 33 | 50 | 4 | 10 |
| К155 | SN74 | 10 | 10 | 100 | 15 | 0,4 | 10 |
| К531 | SN74S | 3 | 20 | 60 | 15 | 0,28 | 10 |
| К555 | SN74LS | 10 | 2 | 20 | 15 | 2 | 20 |
| КР1531 | SN74F | 3 | 4 | 12 | 15 | 0,28 | 10 |
| КР1533 | SN74ALS | 4 | 2 | 8 | 15 | 2 | 20 |

Э = tзд.р. ∙ Pпот – энергия переключения. Параметр, который позволяет сравнивать различные серии элементов.

1. Некоторые рекомендации по использованию ТТЛ ИС в схемах.

Все входы элементов (неиспользованные) должны быть подключены.

- Если в схеме И-НЕ некоторые входы не используются, то их надо подключить:

а) через резистор 1 кОм к источнику питания 5В;

б) или соединить с другим задействованным входам (при этом к выходу предыдущего элемента добавится соответствующее количество единичных нагрузок);

в) или подключить к выходу свободного инвертора, вход которого надо заземлить.

- Если в схеме ИЛИ-НЕ некоторые выводы не используются, то их надо:

а) подключить к земле;

б) или соединить с используемым входом (нагрузка на предыдущий элемент увеличится).

- Выходы микросхем нельзя подключать к +5 В;

- Замыкание выхода на землю допускается;

- Напряжение питания не должно превышать 7 В;

- Для развязки по питанию микросхем серии 155, надо 0,1мкФ на корпус, К555 – 0,1 мкФ на 4 корпуса.

КМДП логические элементы

1. Общие сведения о полевых транзисторах.

Полевые транзисторы с диэлектриком на основе окислов кремния называют МОП-транзисторами (металл-окисел-полупроводник).

При использовании других диэлектриков применяют общий термин: МДП-транзисторы (металл-диэлектрик-полупроводник).

КМДП – пара транзисторов, дополняющих друг друга каналами разного типа: p и n каналами







1. Комплементарный МДП-инвертор

При , VT2 закрыт, VT1 открыт, . Сопротивление VT1 ~ 1000 Ом. При . VT2 открыт, VT1 закрыт, . .

При , возможен сквозной ток, но он действует кратковременно, только в режиме переключения.

КМДП-инвертор считается базовым элементом. В статических режимах инвертор потребляет очень малую мощность, имеет высокую помехоустойчивость и широкий диапазон питающих напряжений ( от 3 до 15 В), высокую нагрузочную способность (до 1000 входов при частотах несколько кГц).

Имеются технологические и конструктивные преимущества (в 3 раза меньше число технологических операций и более высокая степень интеграции (на 30 %)).

В связи с тем, что КМДП ИС имеют высокое входное сопротивление (~1014 Ом), в сочетании с малой толщиной диэлектрика (0,1…0,15 мкм), статический заряд, если не применять специальных мер, способен пробить диэлектрик и вывести ИС из строя.

Однако, во время работы на вход нельзя подавать напряжение, превышающее Uип, более чем на 0,2 В. В этом случае активизируются паразитные биполярные транзисторы, что приводит к открыванию VT1 и лавинообразному включению (?) структуры, которая поддерживает открытое состояние. Если входной ток не ограничен по внешним резисторам, то пара может разрушиться. Если быстродействие позволяет, то в цепь затвора надо включать резистор.

В ИС 1554 приняты меры от «защелкивания», однако надо помнить, что входы ИС не должны быть в обрыве после подачи питания, иначе из-за высокого сопротивления возможно логическое срабатывание.

1. КМДП элемент ИЛИ-НЕ



VT1 и VT2 включены последовательно, а VT3, VT4 – параллельно.

Если хотя бы на один вход подается высокий уровень, то VT3 или (и) VT4 открываются, а VT1 или VT2 или оба закрываются. На выходе будет низкий уровень напряжения.

Таблица истинности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| X1 | X2 | Y |
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

т.е. ИЛИ-НЕ для высоких входных уровней.



1. КМДП элемент И-НЕ



VT1 и VT2 включены параллельно, а VT3, VT4 – последовательно.

Если на оба входа подаются высокие уровни, то VT1 и VT2 закрыты, а VT3, VT4 - открыты, в результате на выходе будет низкий уровень. Если хотя бы на один вход подается низкий уровень, то хотя бы один из транзисторов VT1 или VT2 будет открыт, и хотя бы один из VT3 или VT4 закрыт. В результате на выходе будет высокий уровень.

Таблица истинности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| X1 | X2 | Y |
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

,

, т.е. И-НЕ для высоких входных уровней.



1. Основные параметры КМОП элементов.

* при 200С

при 200С

С ростом температуры наблюдается увеличение входных токов, так для 564 серии при t = 1250С. Входное сопротивление ~1012Ом, т.е. можно считать, что ИС управляется напряжением.

* Uпит для серии 564, 561 (3÷15 В) для К176 – 9 В.

Серия 1554 - Uпит=5 В (принципы построения ЛЭ иные).

* Гарантированная помехоустойчивость ЛЭ в состоянии «0» и «1» составляет ÷30% от напряжения питания, т.е. статическая помехоустойчивость у КМОП ЛЭ выше, чем у ТТЛ.

; .

* и отличаются соответственно от ОВ и от Uпит­ ­не более чем на 10 мВ при t0 200C и не более чем на 50 мВ при 1250С. Следует отметить, что для входных сигналов существуют ограничения и , в противном случае может проявляться эффект зацикливания.
* При каскадном включении КМОП схем обеспечивается очень большой коэффициент разветвления по выходу, т.е. один выход может быть нагружен несколькими десятками подобных же схем.
* и существенно зависят от напряжения питания и конкретного типа элемента.



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип МСх | мА | мА |
| ЛЕ5 | 0,9 | 0,5 |
| ЛА7 | 0,45 | 0,55 |
| ЛН1 | 5,3 | 0,5 |
| ЛН2 | 8,0 | 1,25 |
| ТМ2 | 0,9 | 0,6 |
| КТ3 | 7,2 | 7,2 |

Например для МСх 561, 564 при Uпит=+5 В значения выходных токов нужно уменьшить в 2 раза по сравнению с Uпит=10 В. В рекомендациях по применению, к выходу КМОП МСх допускается подключать только один вход ТТЛ МСх.

* tзд – время задержки существенно зависит от типа МСх и от напряжения питания, причем tзд обратно пропорционально значению Uпит.

561, 564 при Uпит=10 В

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип МСх | , нс | , нс | Примеч.1 | Примеч. 2 |
| ЛЕ5 | 90 | 80 |  |  |
| ЛН1 | 230 | 180 |
| ИМ1 | 270 | 270 | От инф. входа суммы до выхода CR | 140, 140 от CR до CR |
| ТМ2 | 420 | 420 | Для тактовых входов | fmax 4,5 мГц |
| ТВ1 | 250 | 250 | fmax 8 мГц |
| ИР11 | 300 | 300 | fmax 3,5 мГц |

Из таблицы видно, что КМОП (серий 561, 564, но не 1554) в классическом варианте на порядок медленнее ТТЛ.

* Iпотр=I1+I2+I3,

где I1 – ток утечки обратно смещенных p-n переходов;

I2 – ток перезаряда емкости нагрузки;

I3 – сквозной ток выходного каскада.

Ток утечки I1 характеризует ток потребления в режиме покоя, и для одного элемента составляет величину нескольких десятков нА.

Ток перезаряда I2 пропорционален частоте входного сигнала и на предельных тактовых частотах при максимальной емкости нагрузки становится равным нескольким мА. Для 561, 564 при Uпит=10 В.

Чтобы сквозные токи не достигали недопустимых величин, на длительности фронта и среза выходного импульса накладываются четкие ограничения – они не должны быть более нескольких десятков нс (<100 нс).



* Pпотр=P1+P2+P3, Pi аналогичны соответствующим для потребляемого тока.

При максимальных токовых частотах и максимально допустимой нагрузке мощность потребления КМОП МСх приближается к ТТЛ.



1. Серия КР1554 (Аналог 74АС).

Это быстродействующая КМОП серия. Повышение быстродействия достигается за счет уменьшения емкостей переходов, улучшения схем и др. Цоколевка микросхем совпадает с цоколевкой принципиальных схем серий 155, 1533 (74).

Имеет высокую нагрузочную способность по выходу: выходной ток высокого и низкого уровня 24 мА. Напряжение питания (2÷6)В.

В статическом режиме Iпотр≈4мкА для ЛЭ (при 250С) и 8 мкА – для ИС средней степени интеграции.

При увеличении температуры на каждые 100С Iпотр увеличивается в 2 раза.

Температура окружающей среды от -45 до 850С.

В динамическом режиме потребляемая мощность увеличивается:



Выходные уровни напряжения «0» и «1» гарантируются при входных уровнях высокого и низкого уровня соответственно 70% и 30% от Uсс.

Динамические характеристики (при Ucc = 5±10% В). Максимальная длительность фронта и спада импульса не должна превышать 100 нс. Максимальная емкость нагрузки ≤ 500 пФ.

Частота переключения D-триггера – 150 МГц (для 1533 – 50 МГц).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| tзд.р = | тип 4,0 нс | для ЛА3 | (для 1533 | ) |
| макс 8,5 нс |
| tзд.р = |  | для ТМ2 | (для 1533 | ) |

Серия 1554 управляет ТТЛ и другими МОП-сериями напрямую.

Работы ТТЛ-серии на 1554



Схема входов и выходов ИС серии 1554:



Для исключения помех рекомендуется подключать один конденсатор 0,1 мкФ на 3 ИС при числе выходов микросхемы ≤4 и 1 на каждый ИС при числе выходов ИС >4. Энергия переключения для 1554 Э = 0,01 пДж (для 1533 6,0 пДж).

7.Рекомендации по применению КМОП ЛЭ

1) Неиспользуемые входы нельзя оставлять свободными, т.к. из-за высокго входного сопротивления возможно ложное срабатывание от помех;

2) Для ИЛИ-НЕ неиспользуемые входы необходимо заземлить, а для И-НЕ – соединить с Uип;

3) неиспользуемые входы можно соединять с используемыми, при этом в случае с И-НЕ увеличится входной ток единицы из-за параллельного включения верхних транзисторов, а в случае ИЛИ-НЕ увеличивается вытекающий ток, а, следовательно, повышается нагрузочная способность (если нет буферных каскадов).

Интегральная инжекционная логика (И2Л)

1. Базовый элемент И2Л.

Стремление понизить потребляемую мощность, повысить быстродействие, упростить технологию изготовления микросхем, привело к созданию элементов И2Л.



В элементе И2Л отсутствуют резисторы, изготовление которых в интегральной технологии сложнее, чем полупроводниковых элементов.

Роль резисторов выполняет многоколлекторный транзистор VT1, работающий в активном режиме, т.е. обладающий по цепи Э-К необходимым сопротивлением.

Транзисторы VT2,VT3, выполняют логическую функцию, а транзистор VT4 - инвертирующий усилитель, устраняющий влияние последующих элементов на работу VT2, VT3.

Активный режим работы транзистора VT1 задается выбором напряжения источника питания Uип, достаточно малой величины.

Транзистор VT1 называется инжектором, т.к. ток его коллекторов является результатом инжекции дырок через эмиттерный переход.

1. Если Uвх1 = Uвх2 ≤ 0,1 В, то VT2 и VT3 закрыты, UкVT2 = UкVT3 = Uк3VT1 = UбэVT4 ≅ Uип – Uэк3VT1, VT4 открыт, UкVT4 ≤ 0,1В.
2. Если Uвх1 или Uвх2, или на обоих входах напряжение ≥ 0,7 В, то VT2 (VT3), открыты, UкVT2 = UкVT3 = Uк3VT1 = UбэVT4 = 0,1 В.

VT4 закрыт и если он нагружен на вход аналогичного элемента, то UкVT4 = Uбэ следующего транзистора, таким образом, для положительного уровня напряжения реализуется функция ИЛИ.

Напряжение питания Uип выбирается небольшим, т.к. в противном случае через VT1 и открытые нижние транзисторы будут протекать большие токи. Диапазон напряжений 0,8 – 1,0 В.

Разница между напряжениями «0» и «1» небольшая: ~ 0,1 В для «0» и ≤ 0,7 В для «1», т.е. помехоустойчивость невелика.

Положительными свойствами элементов И2Л являются:

Небольшие потребляемые токи (доли мА) и высокое быстродействие.

Высокое быстродействие достигается за счет того, что при небольшом перепаде между нулем и единицей паразитные емкости перезаряжаются быстро, а транзисторы не работают в режиме глубокого насыщения.

Недостатки:

Кроме невысокой помехоустойчивости также существует несовместимость с уровнями ТТЛ. В связи с этим отдельные ЛЭ по технологии И2Л не изготовляются, но эта технология применяется для реализации БИС микропроцессорных комплектов (К584) и БИС ЗУ (К541). Внутри БИС при коротких связях не возникает существенных помех, а вопросы совместимости с ТТЛ решаются с помощью встроенных согласователей уровней.