

ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА ЭВМ

Автор: Моисеенко Павел, ИВТ, 1.2

Pavel
Moiseenko

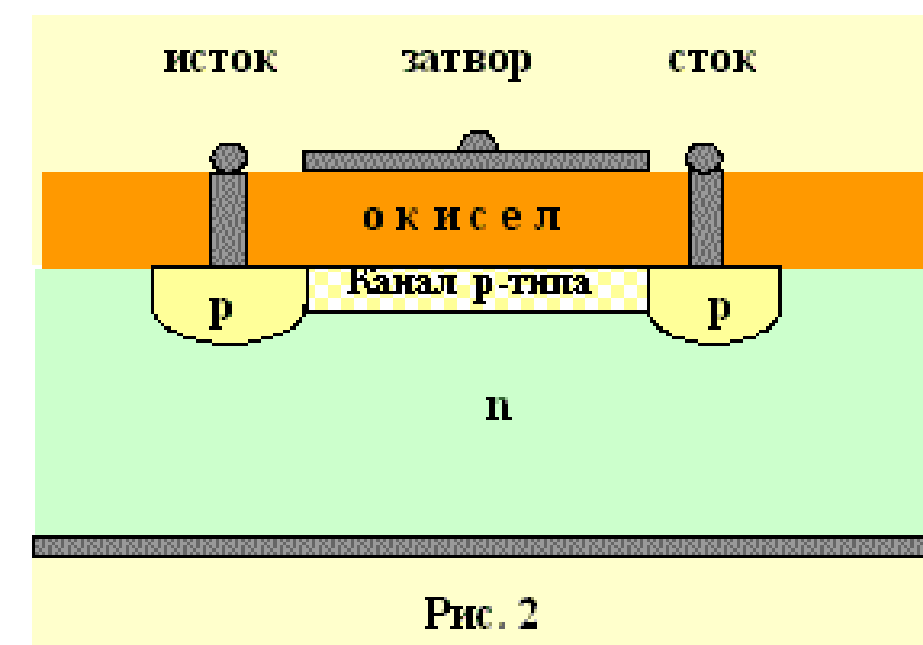
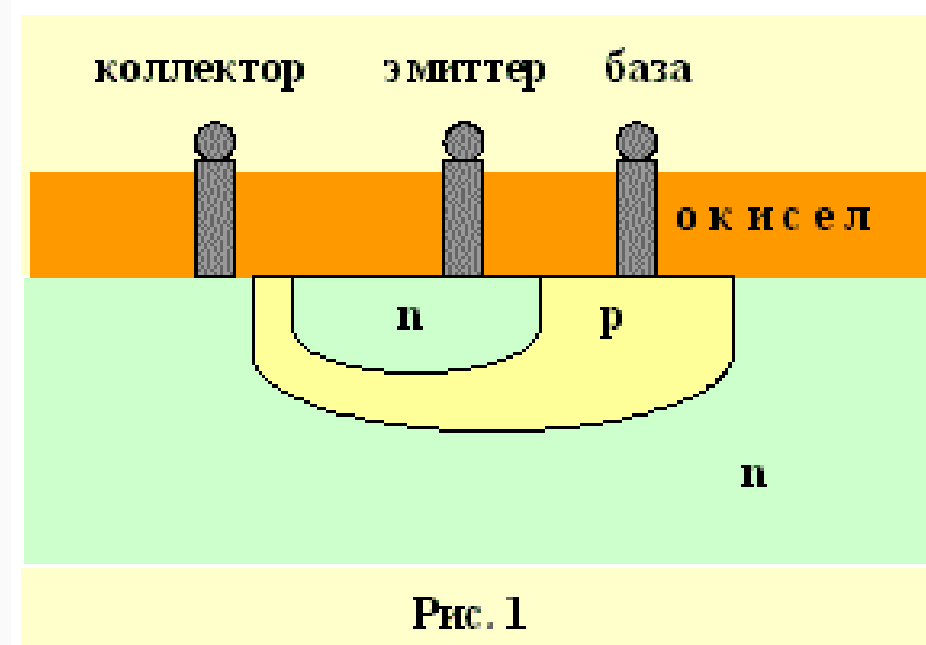


Оглавление

1. Понятие об элементной базе ЭВМ. Два типа транзисторов. Полупроводниковые интегральные схемы
2. Представление о технологии изготовления полупроводниковых интегральных схем
3. Структура и принцип работы базовых электронных элементов
4. Видео
5. Источники

1. Понятие об элементной базе ЭВМ. Два типа транзисторов. Полупроводниковые интегральные схемы

Вычислительные устройства, в которых кодирование и обработка информации осуществляются в двоичной системе счисления, называются цифровыми устройствами. Они состоят из множества элементов, которые электрическим воздействием легко перевести в одно из двух устойчивых состояний. Элементы цифровых устройств предназначены для запоминания информации, ее арифметической и логической обработки, формирования и усиления сигналов управления, преобразования и отображения входной и выходной информации и т. д.



Основой большинства элементов современных ЭВМ является транзистор - полупроводниковый прибор, способный преобразовывать электрические сигналы. Существует два типа транзисторов: биполярный с двумя взаимодействующими электронно-дырочными переходами (рис. 1) и униполярный, или полевой (рис. 2). В полевом транзисторе управляющий электрод - затвор - изолирован от тела полупроводника слоем диэлектрика, обычно двуокиси кремния, вот почему этот прибор называют еще МОП- или МДП-транзистором, подчеркивая его структуру: металл - окисел (диэлектрик) - полупроводник. Из сравнения рис. 1 и 2 видно, что изготовить МДП-транзистор проще, чем биполярный, так как в этом случае на поверхности подложки - полупроводника п-типа - достаточно лишь сформировать две небольшие области полупроводника р-типа и покрыть всю поверхность слоем окисной пленки, в то время как в первом случае нужно провести два процесса формирования микрообластей с разной проводимостью. Интегральная схема (ИС) – это логический, запоминающий или какой-либо другой элемент цифрового устройства. Конструктивно ИС выполняется на монокристаллической пластинке кремния размером в несколько квадратных миллиметров путем формирования с помощью специальной технологии отдельных микрокомпонентов. Конструкция полевого транзистора проще, чем биполярного, поэтому на МДП-транзисторе миниатюризацию элементов ИС осуществить легче. При одинаковой функциональной сложности МДП ИС занимают площадь на кристалле в несколько раз меньше, чем биполярные. Кроме того, из-за более простой технологии изготовления МДП-приборов возможно делать ИС с большей функциональной сложностью, чем на биполярных полупроводниках. Число элементов в ИС характеризует её степень интеграции. В соответствии с этим, все ИС условно делят на малые (МИС - до 10^2 элементов на кристалл), средние (СИС - до 10^3), большие (БИС - до 10^4), сверхбольшие (СБИС - до 10^6), ультрабольшие (УБИС - до 10^9) и гигабольшие (ГБИС - свыше 10^9 элементов на кристалл). Сейчас по МДП-технологии разработаны сверхбольшие и ультрабольшие интегральные схемы (СБИС и УБИС). Однако МДП ИС имеют и недостатки. Главный из них - сравнительно низкое быстродействие. По этому параметру биполярные ИС превосходят МДП в 10 и более раз, однако потребляемая энергия их существенно больше, чем МДП ИС. Таким образом, каждый тип ИС имеет свои достоинства и недостатки, которые и определяют их место в электронной аппаратуре.

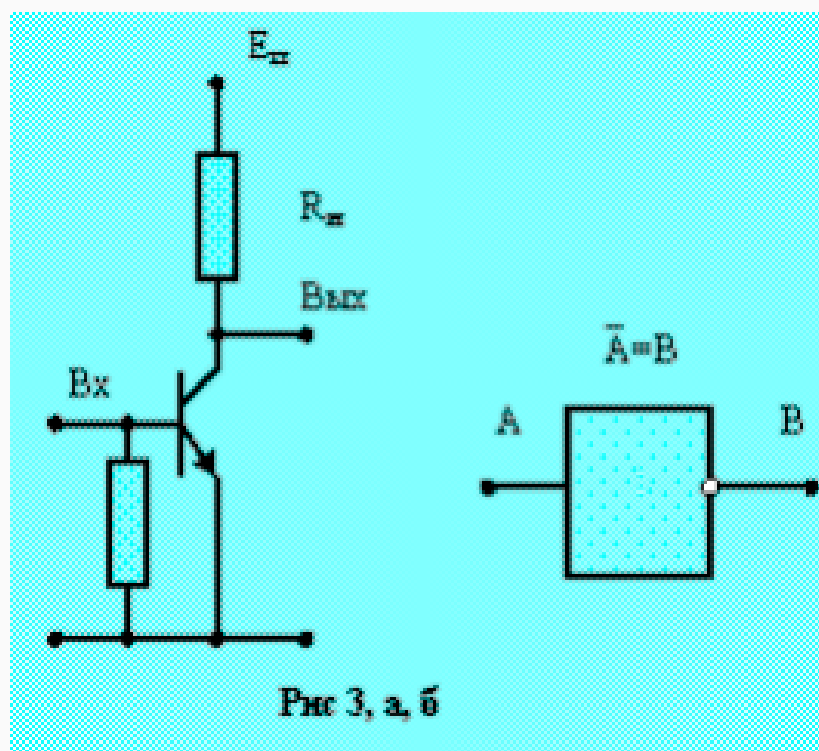
2. Представление о технологии изготовления полупроводниковых интегральных схем

Первый образец транзистора был создан в 1948 г., а затем понадобилось 11 лет поисков технологических решений, чтобы научиться делать простейшие интегральные схемы на биполярных полупроводниках. В результате родилась так называемая планарная технология, которая к настоящему времени настолько усовершенствована, что по праву считается одной из наиболее изящных технологий, разработанных человечеством. Технология изготовления ИС включает в себя совокупность механических, физических и химических способов обработки различных материалов (полупроводников, диэлектриков, металлов) с применением трех классов физико-химических процессов: удаления, нанесения и перераспределения вещества. В планарной технологии используются процессы окисления, фотолитографии, диффузии, эпитаксиального наращивания пленок, химического и ионно-плазменного травления и ряд других операций. В частности, для формирования рисунка микросхем используется метод фотолитографии, заключающийся в том, что на поверхность кристалла с нанесенным фоточувствительным слоем через фотошаблон с будущим рисунком ИС воздействует пучок ультрафиолетового излучения (длина волны порядка 0,1 - 0,3 мкм), который "выжигает" участки фотослоя между линиями рисунка. Минимальные размеры рисунка достигают 0,3 - 0,5 мкм. Наряду с фотолитографией используется электролитография, позволяющая получать элементы рисунка размером до 0,1 мкм (100 нм), и рентгенолитография с длиной волны излучения 3 - 5 нм, дающая возможность получать размеры элементов менее 100 нм. Линейные размеры микроэлементов в последних разработках СБИС и УБИС достигли величин порядка 35 - 50 нм. По оценкам специалистов, технологический предел ширины линий рисунка составит около 15 нм. Столь малые размеры деталей полупроводниковых приборов позволяют на одном кристалле размером 1 см² разместить сотни миллионов отдельных компонентов электронной схемы. По планарной технологии микросхемы обычно изготавливают целыми группами, когда на одной пластине кремния диаметром до 250 мм одновременно формируются десятки и сотни отдельных ИС. Для размещения схемных деталей ИС средней степени интеграции отводится площадь 2,5х2,5 мм², для БИС - площадь 6х6 мм², для СБИС - до 10х10 мм², для УБИС свыше 1 см². После завершения процесса формирования ИС пластина кремния разрезается на отдельные кристаллы, которые затем монтируются в пластмассовые корпуса и проходят тщательный контроль на пригодность схемы к работе.

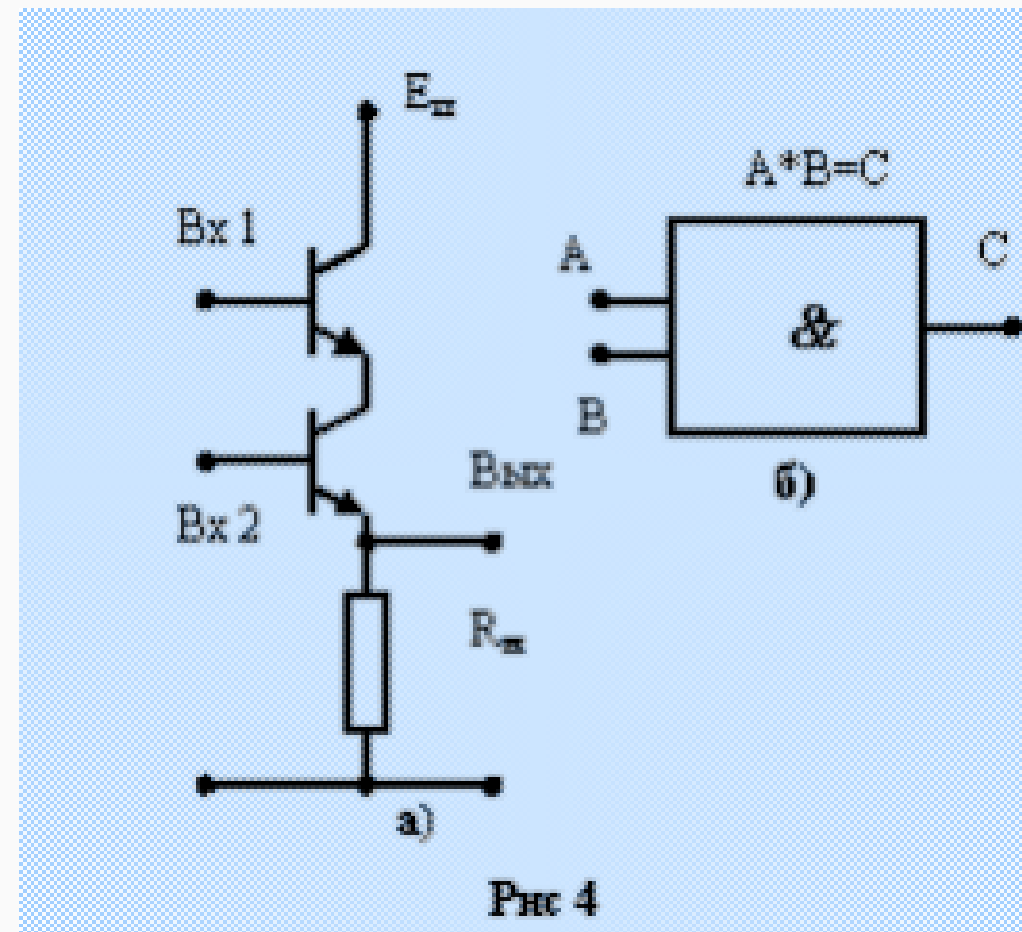
3. Структура и принцип работы базовых электронных элементов

Все многообразие устройств ЭВМ базируется на ограниченном наборе типовых электронных элементов. Поэтому принцип действия даже сверхсложного компьютера легко понять, если предварительно разобраться в структуре и принципе работы базовых электронных элементов, к которым относятся инвертор (ключ), вентиль и триггер.

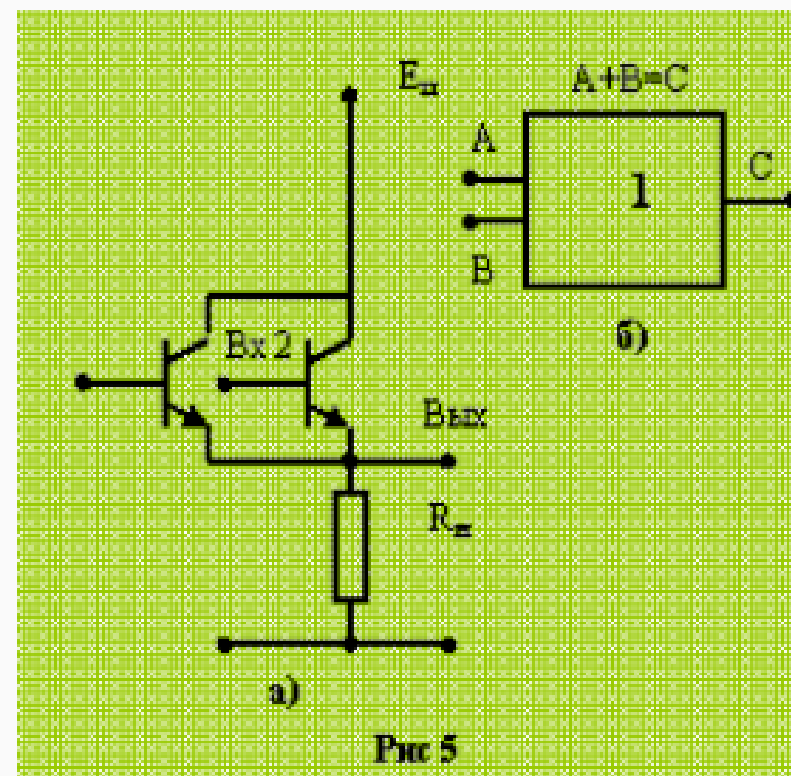
Инвертор. На рис. 3, а представлена схема электронного ключа на биполярном транзисторе, реализующая логическую функцию «НЕ» (отрицание), а на рис. 3, б - его условное обозначение. При подаче на вход схемы сигнала низкого уровня (логического «0») транзистор будет заперт, т. е. ток через него проходить не будет, и на выходе будет сигнал высокого уровня (напряжение источника питания E_p , логическая «1»). Если же на вход схемы подать сигнал высокого уровня (логическую «1»), то транзистор «откроется», начнет пропускать электрический ток. На его выходе за счет падения напряжения на сопротивлении нагрузки R_n установится напряжение низкого уровня (логический «0»). Таким образом, схема преобразует (инвертирует) сигналы одного уровня в другой, тем самым выполняя логическую функцию «НЕ».



Вентиль. На рис. 4,а изображена схема вентили на биполярных транзисторах, реализующего логическую функцию «И», а на рис. 4,б – его условное обозначение. Функция «И» - логическое умножение, ее результат С равен единице, когда оба аргумента, и А, и В, равны единице. Если на входы Vx1 и Vx2 поданы сигналы низкого уровня (логические «0»), то оба транзистора закрыты, ток через них не проходит, выходное напряжение на Rн близко к 0. Пусть на один из входов подано напряжение высокого уровня (логическая «1»). Тогда соответствующий транзистор откроется, однако другой останется закрытым, и ток через транзисторы и сопротивление нагрузки Rн по-прежнему не будет проходить. Следовательно, при подаче напряжения высокого уровня лишь на один из транзисторов схема не переключается и на выходе остается напряжение низкого уровня. И лишь при одновременной подаче на входы сигналов высокого уровня (логических «1») на выходе мы также получим сигнал высокого уровня: открытые транзисторы практически не оказывают сопротивление току, все напряжение падает на сопротивлении нагрузки, потенциал вывода Vых становится высоким.



На рис. 5, а приведена схема вентиля на биполярных транзисторах, реализующего логическую функцию «ИЛИ», а на рис. 5, б дано его условное обозначение. Функция «ИЛИ» - логическое сложение, ее результат C равен единице, если хотя бы один из аргументов равен единице. Здесь транзисторы включены параллельно друг другу. Если оба закрыты, то их общее сопротивление велико и на выходе будет сигнал низкого уровня (логический «0»). Достаточно подать сигнал высокого уровня (логическую «1») на один из транзисторов, как схема начнет пропускать ток и на сопротивлении нагрузки установится также сигнал высокого уровня (логическая «1»). Показано ("Бинарная логика, законы алгебры логики"), что любая сколь угодно сложная логическая функция может быть разложена на комбинацию элементарных логических функций «НЕ», «И» и «ИЛИ», так что из инвертора и соответствующих вентилях можно построить электронную логическую схему, выполняющую любое запланированное действие. Там же показано, что вместо трёх вышеперечисленных логических функций, можно использовать всего лишь одну комбинированную логическую функцию «И-НЕ» или «ИЛИ-НЕ». Эти логические элементы получаются из «И» и «ИЛИ» путём переноса сопротивления нагрузки R_n из эмиттерной цепи в коллекторную (как в схеме инвертора).



Триггер. Триггером называется электронное устройство с двумя устойчивыми состояниями, одно из которых характеризуется высоким (логическая «1»), а второе низким (логический «0») уровнем выходного сигнала. Триггер состоит из двух вентилях. На рис. 6,а показан триггер, составленный из двух вентилях «ИЛИНЕ» (точно так же для этой цели используются и вентили «И-НЕ»), а на рис 6,б – его условное обозначение. Рассмотрим работу этой схемы. Пусть в начальный момент времени входы R, S и выход Q имеют низкий логический уровень. Для переключения триггера в состояние $Q=1$ необходимо на вход S подать «1». На входе соответствующего вентиля будут действовать входные логические сигналы: «0» (с выхода Q) и «1» (со входа S). На его выходе возникает инвертированная «1», т. е. «0». Следовательно, через некоторое время Dt , в течение которого входной сигнал $S=1$ достигнет выхода вентиля, состояние выхода Q изменится с «1» на «0». Теперь на входы второго вентиля будет действовать новая пара сигналов: «0» на вход R и «0» с выхода Q. Следовательно, еще через Dt на выходе этого вентиля возникнет инвертированный сигнал «0», т. е. «1». Таким образом, через время $2Dt$ после подачи входного сигнала $S=1$ на выходе Q триггера логический «0» изменится на логическую «1». Следующее переключение триггера произойдет, если на вход R подать сигнал высокого уровня, и т. д. Триггер может работать бесперебойно лишь с периодом, не меньшим $4Dt$. В современных транзисторных вентилях Dt составляет единицы наносекунд (10^{-9} с), поэтому быстродействие электронных элементов вычислительных устройств очень большое, достигающее сотен миллионов переключений в секунду.

Регистр. Из триггеров (они бывают и других типов, отличных от рассмотренного) строятся многие элементы ЭВМ, например регистры. Они предназначены для приема, временного хранения и передачи информации в двоичном коде. Каждый триггер регистра используется для ввода, хранения и вывода одного разряда двоичного числа. Регистр, предназначенный для хранения информации, называют накопительным. Существуют также сдвигающие регистры, в которых двоичную информацию можно перемещать поразрядно влево и вправо, а также счетные регистры, предназначенные для преобразования десятичных чисел в двоичные и обратно. На основе базовых элементов строятся различные микросхемы ЭВМ, например, процессор, память, сумматор, дешифратор, мультиплексор и др.

**Плейлист видео по теме "Элементная
база":**

**[https://www.youtube.com/playlist?
list=PL58RnB0p16KwEF-
W24amF_W591G9jU8Sr](https://www.youtube.com/playlist?list=PL58RnB0p16KwEF-W24amF_W591G9jU8Sr)**

ИСТОЧНИКИ

- <http://www.schoolinfo1.narod.ru/elements.htm>
- <http://www.schoolinfo1.narod.ru/elements1.htm>
- <http://www.schoolinfo1.narod.ru/elements2.htm>