

Тема 2.5 Однокристалльные и многокристалльные микропроцессоры

По числу БИС в микропроцессорном комплекте различают микропроцессоры однокристалльные, многокристалльные и многокристалльные секционные. Процессоры даже самых простых ЭВМ имеют сложную функциональную структуру, содержат большое количество электронных элементов и множество разветвленных связей. Реализовать принципиальную схему обычного процессора в виде одной или нескольких БИС практически невозможно из-за специфических особенностей БИС (ограниченность количества элементов, сложность выполнения разветвленных связей, сравнительно небольшое число выводов корпуса). Поэтому необходимо изменять структуру процессора так, чтобы полная принципиальная схема или ее части имели количество элементов и связей, совместимое с возможностями БИС. При этом микропроцессоры приобретают внутреннюю магистральную структуру, т. е. в них к единой внутренней информационной магистрали подключаются все основные функциональные блоки (арифметико-логический, рабочих регистров, стека, прерываний, интерфейса, управления и синхронизации и др.).

Для обоснования классификации микропроцессоров по числу БИС надо распределить все аппаратные блоки процессора между основными тремя функциональными частями: операционной, управляющей и интерфейсной. Сложность операционной и управляющей частей процессора определяется их разрядностью, системой команд и требованиями к системе прерываний; сложность интерфейсной части - разрядностью и возможностями подключения других устройств ЭВМ (памяти, внешних устройств, датчиков и исполнительных механизмов и др.). Интерфейс процессора содержит несколько десятков шин информационных магистралей данных (МД), адресов (МА) и управления (МУ).

Однокристалльные микропроцессоры получают при реализации всех аппаратных средств процессора в виде одной БИС или СБИС. По мере увеличения степени интеграции элементов в кристалле и числа выводов корпуса параметры однокристалльных микропроцессоров улучшаются. Однако возможности однокристалльных микропроцессоров ограничены аппаратными ресурсами кристалла и корпуса. Поэтому более широко распространены многокристалльные микропроцессоры, а также многокристалльные секционные микропроцессоры.

Для получения многокристалльного микропроцессора необходимо провести разбиение его логической структуры на функционально законченные части и реализовать их в виде БИС (СБИС). Функциональная законченность БИС многокристалльного микропроцессора означает, что его части выполняют заранее определенные функции и могут работать автономно, а для построения развитого процессора не требуется организации большого количества новых связей и каких-либо других электронных ИС БИС. (Типичный пример - МПК БИС серии K581).

Операционный процессор ОП служит для обработки данных, управляющий процессор УП выполняет функции выборки, декодирования и вычисления адресов операндов и также генерирует последовательности микрокоманд. Автономность работы и большое быстродействие БИС УП позволяет выбирать команды из памяти с большей скоростью, чем скорость их исполнения БИС ОП. При этом в УП образуется очередь еще не исполненных команд, а также заранее подготавливаются те данные, которые потребуются ОП в следующих циклах работы. Такая опережающая выборка команд экономит время ОП на ожидание операндов, необходимых для выполнения команд программ. Интерфейсный процессор ИП позволяет подключить память и периферийные средства к микропроцессору; по существу, является сложным контроллером для устройств ввода - вывода информации. БИС ИП выполняет также функции канала прямого доступа к памяти.

Выбираемые из памяти команды распознаются и выполняются каждой частью микропроцессора автономно, и поэтому может быть обеспечен режим одновременной работы всех БИС МП, т. е. конвейерный поточный режим исполнения последовательности команд программы (выполнение последовательности с небольшим временным сдвигом). Такой режим работы значительно повышает производительность микропроцессора.

Многокристалльные секционные микропроцессоры получают в том случае, когда в виде БИС реализуются части (секции) логической структуры процессора при функциональном разбиении ее вертикальными плоскостями. Для построения многоразрядных микропроцессоров при параллельном включении секций БИС МП в них добавляются средства "стыковки".

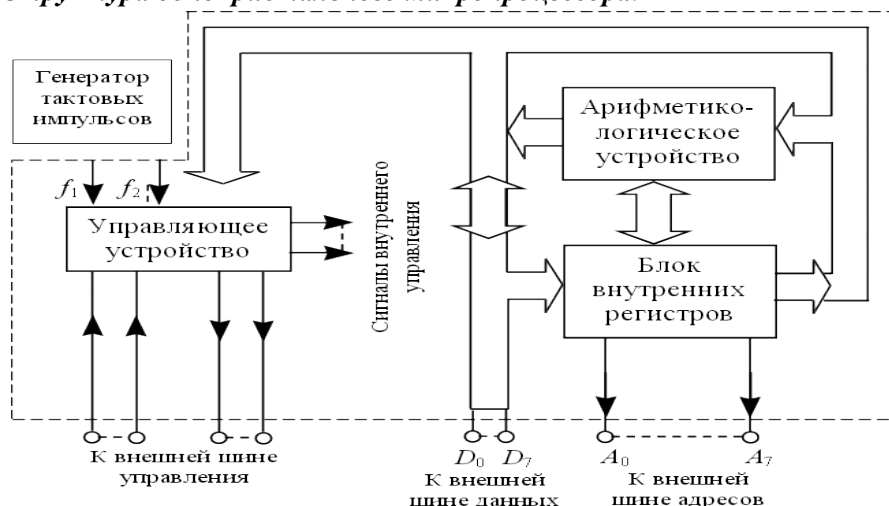
Для создания высокопроизводительных многоразрядных микропроцессоров требуется столь много аппаратных средств, не реализуемых в доступных БИС, что может возникнуть необходимость еще в функциональном разбиении структуры микропроцессора горизонтальными

плоскостями. В результате рассмотренного функционального разделения структуры микропроцессора на функционально и конструктивно законченные части создаются условия реализации каждой из них в виде БИС. Все они образуют комплект секционных БИС МП.

Таким образом, микропроцессорная секция - это БИС, предназначенная для обработки нескольких разрядов данных или выполнения определенных управляющих операций. Секционность БИС МП определяет возможность "наращивания" разрядности обрабатываемых данных или усложнения устройств управления микропроцессором при "параллельном" включении большего числа БИС.

Использование многокристалльных микропроцессорных высокоскоростных биполярных БИС, имеющих функциональную законченность при малой физической разрядности обрабатываемых данных и монтируемых в корпус с большим числом выводов, позволяет организовать разветвление связи в процессоре, а также осуществить конвейерные принципы обработки информации для повышения его производительности.

Структура однокристалльного микропроцессора.



В состав микропроцессора входят арифметико-логическое устройство, устройство управления и блок внутренних регистров.

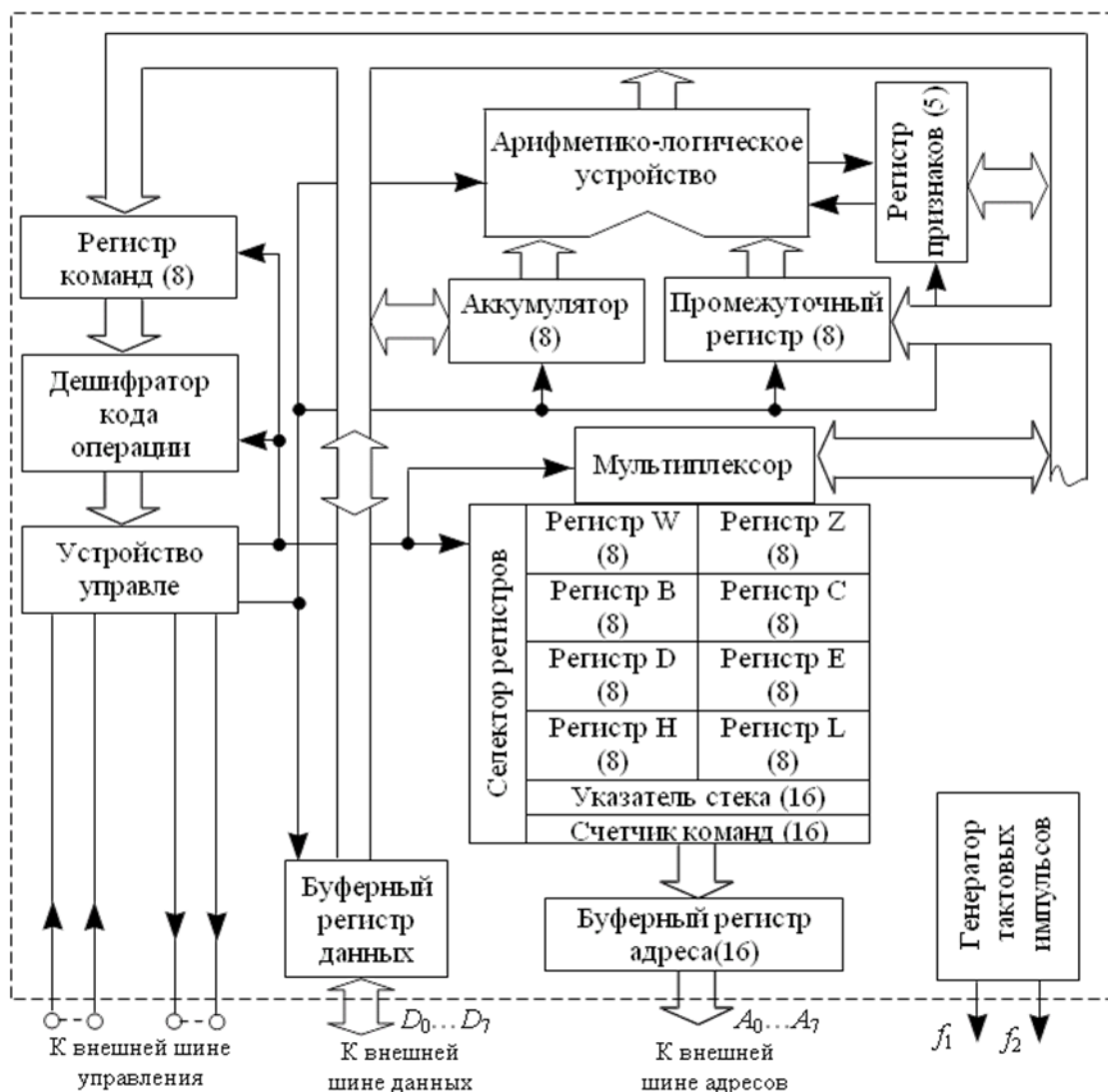
Арифметико-логическое устройство (АЛУ) состоит из двоичного сумматора со схемами ускоренного (параллельного) переноса, сдвигающего регистра и регистра для временного хранения операндов (аргументов функции участвующих в операции). Обычно это устройство выполняет по командам несколько простейших операций: сложение, вычитание, сдвиг, пересылку, логическое сложение (ИЛИ), логическое умножение (И), сложение по модулю 2.

Устройство управления (УУ) управляет работой АЛУ и внутренних регистров в процессе выполнения команды. Согласно коду операции, оно формирует внутренние сигналы управления блоками МП. Адресная часть команды совместно с сигналами управления используется для считывания данных из определенной ячейки памяти или для записи данных в ячейку. По сигналам УУ осуществляется выборка каждой новой, очередной команды.

Блок внутренних регистров (БВР), расширяющий возможности АЛУ, служит внутренней памятью МП и используется для временного хранения данных и команд. Он также выполняет некоторые процедуры обработки информации.

На рисунке далее приведена более подробная структурная схема однокристалльного МП. Здесь блок внутренних регистров содержит регистры общего назначения и специальные регистры: регистр-аккумулятор, буферный регистр адреса, буферный регистр данных, счетчик команд, регистры команд, стека, признаков.

Регистры общего назначения (РОН), число которых может изменяться от 4 до 64, в значительной мере определяют вычислительные возможности МП. Их основная функция – хранение операндов. Но они могут выполнять и роль специальных регистров. Все РОН доступны программисту, который их рассматривает как сверхоперативное запоминающее устройство. Парное расположение регистров В и С, D и E, H и L дает возможность проводить обработку двухбайтовых слов, называемую обработкой «удвоенной точности». Обмен данными с РОН (считывание и запись информации) осуществляется через мультиплексор, причем требуемый регистр выбирается с помощью селектора регистров по сигналу УУ.



Регистр-аккумулятор, обычно называемый просто аккумулятором (встречается также название «накопитель»), предназначен для временного хранения операнда или промежуточного результата арифметических и логических операций, производимых АЛУ. При выполнении какой-либо операции с двумя операндами в этом регистре содержится один из используемых операндов, а после выполнения операции – ее результат. Разрядность регистра равна разрядности информационного слова

Буферный регистр адреса служит для приема и хранения адресной части исполняемой команды. Иначе говоря, в нем содержится адрес слова до выдачи на адресную шину. Возможное количество адресов, т. е. непосредственно адресуемых слов памяти, определяется разрядностью этого регистра. Так, в 16-разрядном регистре, изменяя значения разрядов двухбайтового слова, можно помещать любое из $2^{16} = 65536$ адресов ячеек (слов) памяти.

Буферный регистр данных используется для временного хранения выбранного из памяти слова перед выдачей его во внешнюю шину данных. Его разрядность определяется количеством байтов информационного слова.

Счетчик команд содержит адрес ячейки памяти, в которой помещены байты выполняемой команды. Обычно команды определенной программы находятся в последовательно расположенных ячейках памяти: число, указывающее адрес каждой последующей ячейки, на единицу больше числа, отмечающего адрес данной ячейки. Поэтому переход к следующей команде достигается увеличением числа, содержащегося в счетчике команд, на единицу. В ходе выполнения текущей команды, т. е. при передаче команды из памяти в МП, содержимое счетчика команд увеличивается на единицу и образуется адрес очередной команды. Если после данной команды требуется использовать команду, хранимую не в соседней, а в другой, например, удаленной ячейке памяти, то по сигналу УУ в счетчик команд заносится адрес удаленной ячейки.

Регистр команд принимает и хранит код очередной команды, адрес которой находится в счетчике команд. По сигналу УУ в него передается из регистра хранимая там информация.

Регистры стека делятся на стек и указатель стека. Название «стек» происходит от английского слова *stack*, что в дословном переводе означает штабель (дров), кipa (бумаг) и др. В МП стек представляет собой набор регистров, хранящих адреса команд возврата при обращении к подпрограммам или состояния внутренних регистров при обработке прерываний. Этот набор организован таким образом, что слово адреса или данных выбирается по принципу: «вошедший последним – выходит первым». При записи в стек очередного слова все находящиеся в нем слова сдвигаются на один регистр вниз. После выборки слова из стека оставшиеся слова сдвигаются на один регистр вверх. Стек может быть выполнен не только на внутренних регистрах МП, составляя его часть, но и находиться в ОЗУ, занимая там выделенную для него зону. В последнем случае стек получается более глубоким, емким, однако для обращения к нему необходим специальный регистр – указатель стека.

Указатель стека хранит адреса последней занятой ячейки стека, которую называют вершиной. Содержащееся в указателе число указывает, где находится вершина стека. Когда в стек записывается очередное слово, то число в указателе стека соответственно увеличивается. Извлечение слова из стека сопровождается, наоборот, уменьшением числа, заполняющего указатель стека. Кроме такой процедуры, предусматривается возможность считывания без разрушения содержимого любой ячейки стека при неизменном числе, хранимом в указателе стека.

Регистр признаков представляет собой набор триггеров – флажков. В зависимости от результатов операций, выполняемых АЛУ, каждый триггер устанавливается в состояние 0 или 1. Флажковые биты, определяющие содержимое регистра, индицируют условные признаки: нулевого результата, знака результата, переполнения и т. п. Эта информация, характеризующая состояние процессора, важна для выбора дальнейшего пути вычислений.

Разрядность внутренней шины данных, т. е. количество передаваемых по ней одновременно (параллельно) битов числа, соответствует разрядности слов, которыми оперирует МП. Очевидно, что разрядность внутренней и внешней шин данных должна быть одной и той же. У восьмиразрядного МП внутренняя шина состоит из восьми линий, по которым можно передавать последовательно восьмиразрядные слова – байты. Следует иметь в виду, что по шине данных передаются не только обрабатываемые АЛУ слова, но и командная информация. Следовательно, недостаточно высокая разрядность шины данных может ограничить состав (сложность) команд и их число. Поэтому разрядность шины данных относят к важным характеристикам микропроцессора – она в большой мере определяет его структуру (числа разрядов указаны на рисунке в скобках рядом с названиями блоков).

Шина данных МП работает в режиме двунаправленной передачи, т. е. по ней можно передавать слова в обоих направлениях, но не одновременно. В этом случае требуется применение специальных буферных схем и мультиплексного режима обмена данными между МП и внешней памятью. Мультиплексный режим (от английского слова *multiple* – многократный, множественный), иногда называемый многоточечным – режим одновременного использования канала передачи большим числом абонентов с разделением во времени средств управления обменом.

Восьмиразрядное арифметико-логическое устройство выполняет все арифметические и логические операции. На первый вход АЛУ поступает байт из восьмиразрядного аккумулятора, а на второй вход – из восьмиразрядного промежуточного регистра (регистр временного хранения). Результат сложения указанных двух байтов передается с выхода АЛУ через внутреннюю шину данных в аккумулятор. Такая организация удовлетворяет одноадресной организации микропроцессора. Для нее характерно то, что один из операндов, участвующих в обработке, всегда находится в аккумуляторе, адрес которого задан неявно. Поэтому при выполнении операции сложения двух операндов требуется указывать только один адрес – второго операнда, содержащегося, например, в одном из восьми регистров общего назначения (РОН). К АЛУ подключены регистр признаков, предназначенный для хранения и анализа признаков результата операции.

Многокристалльные микропроцессоры. В многокристалльных микропроцессорах используется несколько микросхем, каждая из которых реализует отдельный узел процессора. Как правило такими узлами являются секции АЛУ, блок микропрограммного управления, специальное постоянное запоминающее устройство, содержащее команды, представляющие собой последовательности микроинструкций процессора, а также узлы, обеспечивающие работу микропроцессора. Обычно секции АЛУ выпускаются с определенной разрядностью, но возможно параллельное соединение секций, что дает возможность получения вычислительных систем

практически любой разрядности. Такие микропроцессоры применяются в мощных и быстродействующих устройствах, в частности, предназначенных для управления сложными объектами, производствами и т.д.

Однокристалльные микро-ЭВМ отличаются тем, что в одной БИС реализован не только микропроцессор, но и другие узлы микроЭВМ, обычно ОЗУ, память программ, тактовый генератор, несложный контроллер прерываний, последовательные и/или параллельные порты, таймеры и т.д. Существуют специализированные однокристалльные микроЭВМ для обработки аналоговых сигналов, содержащие еще и многоканальные аналогово-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. Однокристалльные микроЭВМ - наиболее универсальные устройства, однако обычно их производительность невелика, поэтому они используются в несложных управляющих системах, в измерительных приборах, в бытовой технике, в электронных игрушках и других подобных вещах.

Однокристалльные микропроцессоры получают при реализации всех аппаратных средств процессора в виде одной БИС или СБИС (сверхбольшой интегральной схемы). По мере увеличения степени интеграции элементов в кристалле и числа выводов корпуса параметры однокристалльных микропроцессоров улучшаются. Однако возможности однокристалльных микропроцессоров ограничены аппаратными ресурсами кристалла и корпуса. Для получения многокристалльного микропроцессора необходимо провести разбиение его логической структуры на функционально законченные части и реализовать их в виде БИС (СБИС). Функциональная законченность БИС многокристалльного микропроцессора означает, что его части выполняют заранее определенные функции и могут работать автономно.

Для построения многоразрядных микропроцессоров при параллельном включении секций БИС МП в них добавляются средства «стыковки». Для создания высокопроизводительных многоразрядных микропроцессоров требуется столь много аппаратных средств, не реализуемых в доступных БИС, что может возникнуть необходимость еще в функциональном разбиении структуры микропроцессора горизонтальными плоскостями. В результате рассмотренного функционального разделения структуры микропроцессора на функционально и конструктивно законченные части создаются условия реализации каждой из них в виде БИС. Все они образуют комплект секционных БИС МП.

Таким образом, микропроцессорная секция — это БИС, предназначенная для обработки нескольких разрядов данных или выполнения определенных управляющих операций. Секционность БИС МП определяет возможность «наращивания» разрядности обрабатываемых данных или усложнения устройств управления микропроцессором при «параллельном» включении большего числа БИС.

Многокристалльные секционные микропроцессоры имеют разрядность от 2—4 до 8—16 бит и позволяют создавать разнообразные высокопроизводительные процессоры ЭВМ.

Использование в многокристалльных микропроцессорных высокоскоростных биполярных БИС, имеющих функциональную законченность при малой физической разрядности обрабатываемых данных и монтируемых в корпус с большим числом выводов, позволяет организовать разветвление связи в процессоре, а также осуществить конвейерные принципы обработки информации для повышения его производительности.