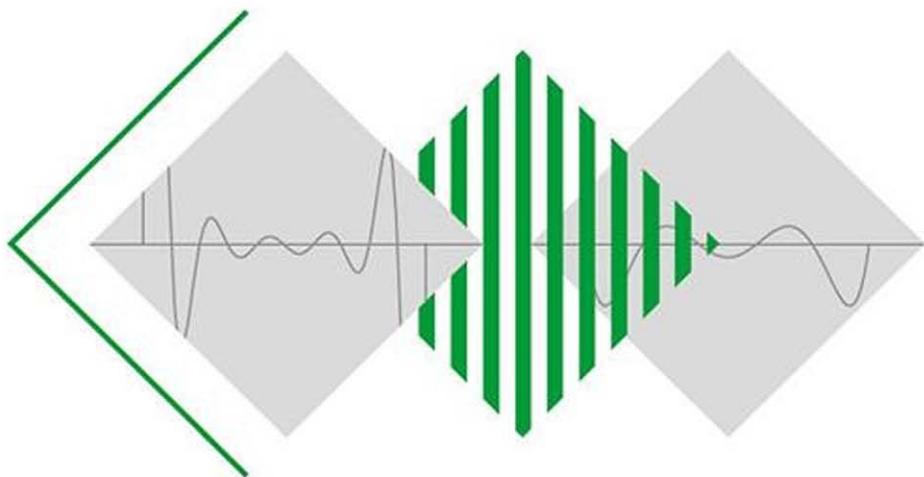


УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ  
МГТУ им. Н.Э. БАУМАНА

И.А. Васильев

# ОСНОВЫ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТЕХНИКИ С ЭЛЕМЕНТАМИ МОДЕЛИРОВАНИЯ В СРЕДЕ MULTISIM



УДК 621.3.049.77  
ББК 32.973  
В19

Издание доступно в электронном виде по адресу  
[ebooks.bmstu.press/catalog/72/book1945.html](http://ebooks.bmstu.press/catalog/72/book1945.html)

Факультет «Фундаментальные науки»  
Кафедра «Электротехника и промышленная электроника»

*Рекомендовано Научно-методическим советом  
МГТУ им. Н.Э. Баумана в качестве учебного пособия*

**Васильев, И. А.**  
В19 Основы микропроцессорной техники с элементами моделирования в среде Multisim : учебное пособие / И. А. Васильев. — 2-е изд., испр. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. — 56, [4] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-5070-1

Даны основы применения микроконтроллеров для управления электронными устройствами. Приведены примеры подключения к микропроцессору внешних устройств с параллельным и последовательным интерфейсом. Рассмотрено управление программой микропроцессора по флагам простейшего кнопочного пульта и прерывание исполнения программы от внешнего устройства и таймера микроконтроллера.

Для студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана, обучающихся по специальности «Техническая физика» и изучающих курс «Цифровая электроника».

УДК 621.3.049.77  
ББК 32.973

ISBN 978-5-7038-5070-1

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017  
© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018,  
с изменениями  
© Оформление. Издательство  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018

## Оглавление

<b>Предисловие</b> .....	3
<b>Введение</b> .....	4
<b>Основные условные обозначения</b> .....	5
<b>Лекция 1</b> .....	6
1.1. Понятие «архитектура процессора» .....	6
1.2. Как устроен компьютер. Регистры общего назначения, арифметико-логическое устройство, стек.....	8
1.3. Интерфейс «общая шина» .....	10
1.4. Специальный вычислитель на дискретных элементах .....	12
Контрольные вопросы и задания .....	15
<b>Лекция 2</b> .....	16
2.1. Команды процессора.....	16
2.2. Программирование микроконтроллеров на алгоритмическом языке программирования С .....	18
2.3. Начальные этапы освоения.....	19
Контрольные вопросы и задания .....	27
<b>Лекция 3</b> .....	28
3.1. Описание типа переменной .....	28
3.2. Массивы и индексные скобки .....	30
3.3. Организация вычислительного процесса .....	31
Контрольные вопросы и задания .....	38
<b>Лекция 4</b> .....	39
4.1. Синхронная передача данных по интерфейсу SPI .....	39
4.2. Подключение АЦП к выводам интерфейса SPI.....	42
4.3. Подключение ЦАП к выводам интерфейса SPI.....	45
Контрольные вопросы и задания .....	48
<b>Лекция 5</b> .....	49
5.1. Подключение устройств с параллельным интерфейсом к микропроцессору .....	49
5.2. Прерывание программы микроконтроллера.....	52
Контрольные вопросы и задания .....	57
<b>Заключение</b> .....	58
<b>Литература</b> .....	58

# Лекция 1

## 1.1. Понятие «архитектура процессора»

*Процессор* — электронный логический автомат, способный исполнять конечное число команд и реализующий строго заданную программу.

Процессор состоит из большого числа элементарных переключателей (транзисторов) — миллиарда и более для современных многоядерных процессоров. Изменение структуры процессора осуществляется путем переключения транзисторов под управлением команд процессора.

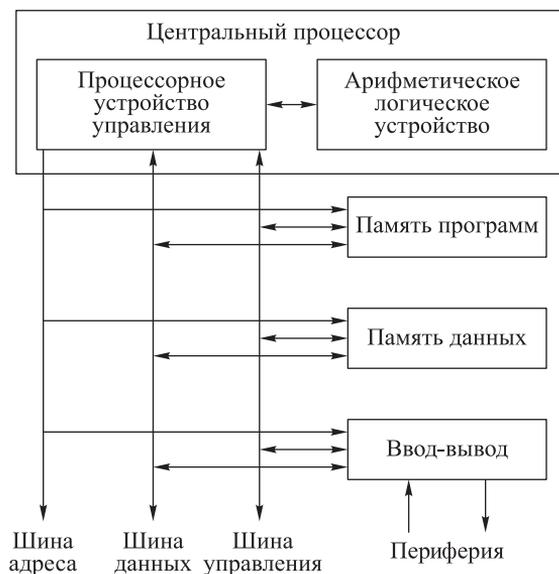
Число команд относительно невелико (обычно менее 250 для универсальных процессоров или нескольких десятков для специальных совсем простых процессоров). Огромное разнообразие функций процессорного устройства можно наблюдать на примере ЭВМ, поскольку из сравнительно небольшого набора команд может быть создано огромное число программ с различными функциями и вычислениями. Этим свойством процессор радикально отличается от обычных логических автоматов, выполняющих простые логические операции. Для изменения функций такого автомата необходимо преобразовать его структуру (заменить микросхему, переключить перемычки и т. п.). Для изменения функций процессора достаточно переработать программу процессора, тогда один и тот же процессор сможет обслуживать станок с числовым программным управлением или синтезировать музыку в караоке-микрофоне.

На основе процессора может быть создана сложная ЭВМ или сравнительно простое устройство в виде отдельной микросхемы, называемой микроконтроллером.

Простейшая структура ЭВМ показана на рис. 1.1.

Ядром ЭВМ является центральный процессор. Задача процессора — после выполнения команды «Пуск» выполнить программу управления, размещенную в памяти компьютера. Ритм работы процессора задается кварцевым тактовым генератором частоты. Именно частоту тактового генератора называют рабочей частотой процессора. После выбора команды «Пуск» специальный программный счетчик РС (Program Counter) указывает адрес первой команды, после исполнения которой содержимое РС увеличивается на единицу (инкремент), что обеспечивает переход к следующей команде программы. Далее процесс продолжается до завершения выполнения всей программы.

Описанная процедура работы слишком примитивна для конструирования процессора, но вполне пригодна для пояснения принципа его действия.



**Рис. 1.1.** Простейшая структура ЭВМ

В конце 1940-х годов правительство США поручило научным коллективам Принстонского и Гарвардского университетов разработку вычислительного устройства для решения задач прицеливания при управлении зенитным огнем. Коллектив Принстонского университета, возглавляемый фон Нейманом, предложил процессор с последовательной структурой выбора команд и данных из постоянного и оперативного запоминающих устройств (ПЗУ и ОЗУ соответственно). Память в этом процессоре адресуется как единое целое, что значительно упрощает его конструкцию.

Гарвардский университет представил разработку процессора, где программа, данные и оперативная информация о состоянии процессора (стек) располагались в разных банках памяти. Это значительно усложняет процессор, однако при этом увеличивается быстродействие благодаря возможности выполнения параллельных (одновременных) операций. Выбор следующей команды может происходить одновременно с исполнением предыдущей, и нет нужды прерывать работу процессора на время выбора команды.

В итоге за основу разработок была принята концепция фон Неймана, поскольку в эпоху ламповой электроники простота и надежность имели решающее значение. Справедливости ради следует отметить, что работы над машиной с памятью для команд программы и результатов вычислений были практически завершены, когда к проекту присоединился фон Нейман. Но благодаря личному авторитету фон Нейман опубликовал доклад о машине от своего имени, обходя препятствия, связанные с режимом секретности. В университетах США и Великобритании доклад фон Неймана был распространен

ограниченным тиражом, тем не менее являлся первой научной публикацией по проблемам создания вычислительных машин.

В современных процессорах применяются обе концепции организации памяти, при этом в «принстонских» процессорах введен режим предвыбора последующей команды во время выполнения предыдущей, что еще более сократило принципиальные различия между двумя концепциями.

Под *архитектурой процессора* понимают его внутреннюю организацию: структуру распределения адресного пространства, число регистров общего назначения, число портов ввода-вывода и т. п.

Часто в литературе по микропроцессорам при определении их архитектуры используют термины «гарвардская» и «принстонская». В настоящее время различные фирмы-производители развивают ту или иную архитектуру. Применение того или иного процессора в значительной мере зависит от вкусов разработчика и типа решаемой задачи. Дать однозначный ответ на вопрос о том, какая архитектура лучше, практически невозможно.

При обсуждении вопроса об архитектуре процессора часто используют следующие обозначения:

- RISC (Reduced Instruct Set Computers) — компьютеры с сокращенной системой команд;
- CISC (Complex Instruction Set Computers) — компьютеры со сложной системой команд.

Обычно считается, что процессоры RISC имеют большее быстродействие.

## **1.2. Как устроен компьютер. Регистры общего назначения, арифметико-логическое устройство, стек**

Как должен быть устроен компьютер? Приведем дословную цитату из доклада фон Неймана, первой научной публикации на эту тему:

«Поскольку законченное устройство будет универсальной вычислительной машиной, оно должно содержать несколько основных органов, таких как органы арифметики, памяти, управления и связи с оператором. Мы хотим, чтобы после начала вычислений работа машины не зависела от оператора. <...> Очевидно, что машина должна быть способна запоминать некоторым образом не только цифровую информацию, необходимую для данного вычисления, но также и команды, управляющие программой, которая должна производить вычисления над этими числовыми данными. <...> Если, однако, приказы (команды) машины свести к числовому коду и если машина сможет некоторым образом отличать число от приказа (команды), то орган памяти можно использовать для хранения как чисел, так и приказов (команд). <...> Если память для приказов (команд) является просто органом памяти, то должен существовать еще орган, который может автоматически выполнять приказы (команды), хранящиеся в памяти. Мы будем называть этот орган управляющим. <...> Поскольку наше устройство должно быть вычислительной машиной, в нем должен иметься арифметический орган — устройство, способное складывать, вычитать, умножать и делить. <...> Наконец, должен