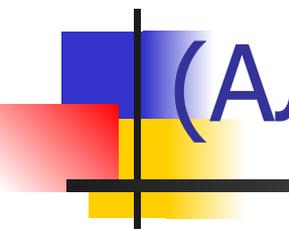


# Тема занятия: АРИФМЕТИЧЕСКИ- ЛОГИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО

(АЛУ)

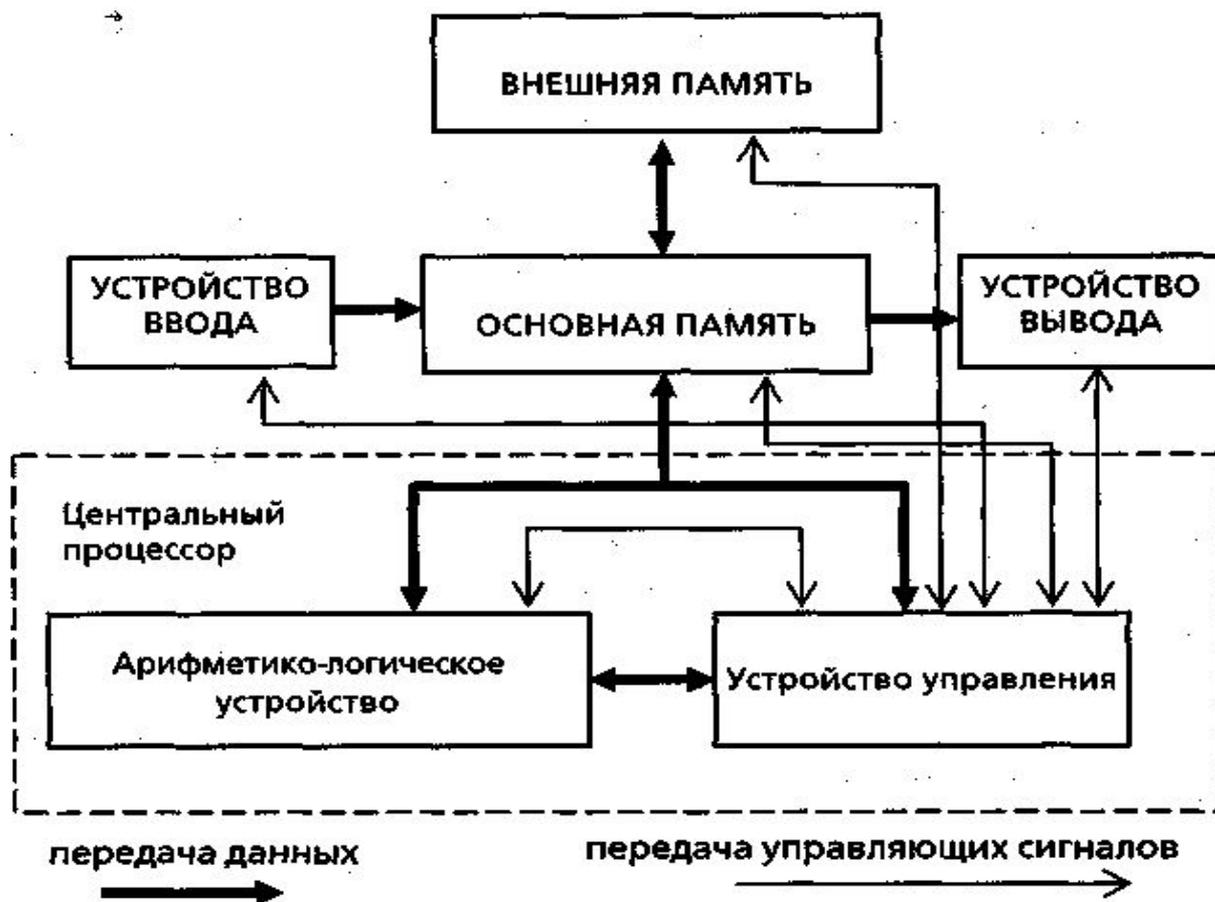


---

# **Электронно-вычислительная машина (ЭВМ) – это**

электронное устройство,  
которое предназначено для  
ввода, обработки, выдачи и  
хранения информации и в  
котором вычислительный  
процесс управляется  
программой.

# ЭВМ должна состоять из нескольких блоков, каждый из которых выполняет вполне определённую функцию:



- Процессор является центральной частью ЭВМ, обеспечивает обработку цифровой информации в соответствии с программой, при этом он непрерывно взаимодействует с операционной памятью, получая из нее команды и операнды и отправляя в память результаты вычислений, организует выполнение операций ввода-вывода. Процессор обеспечивает совместную и согласованную работу всех частей, а именно, как и в любом вычислительном устройстве, - операционной и управляющей.

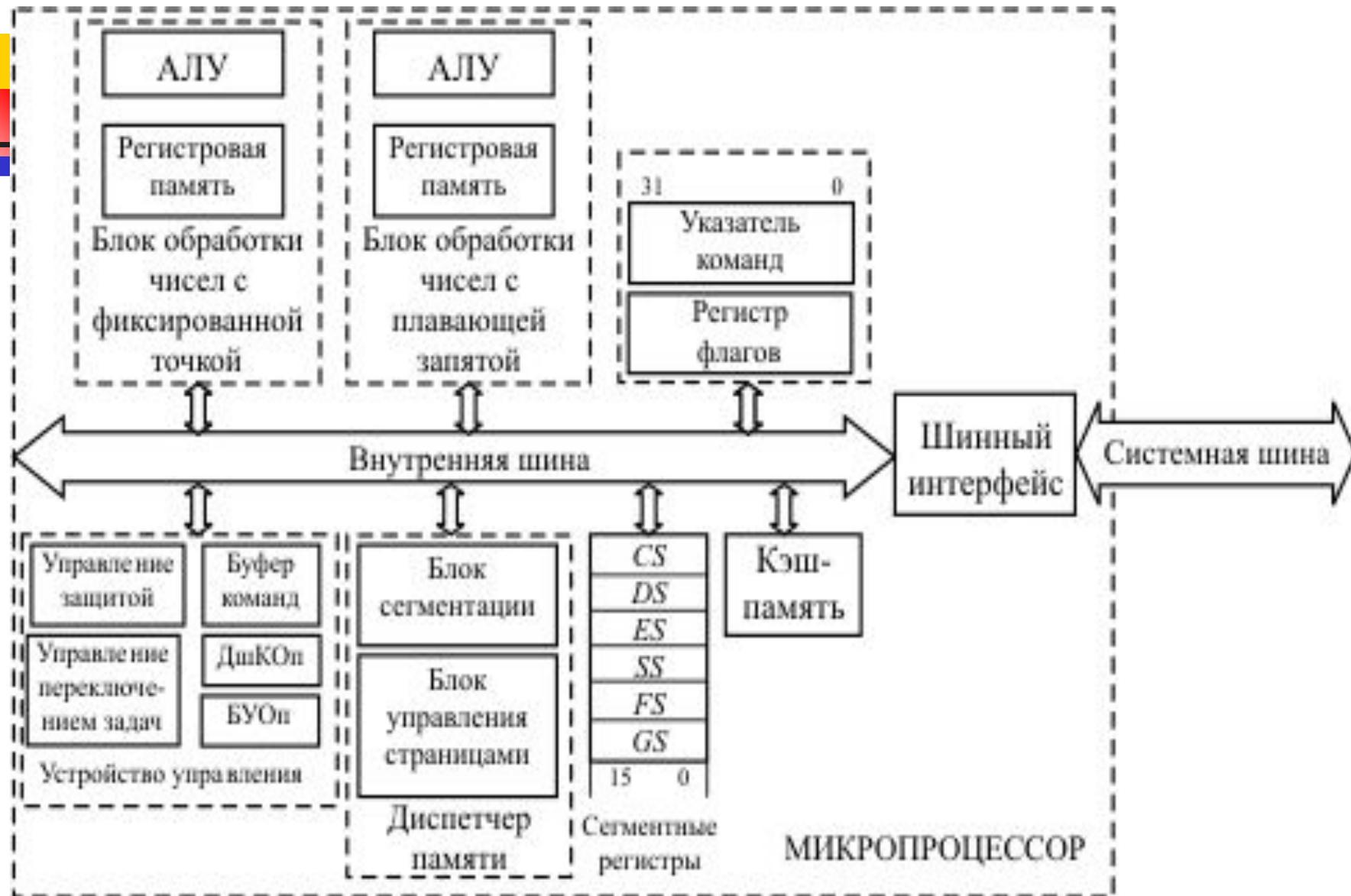
# Структура микропроцессора

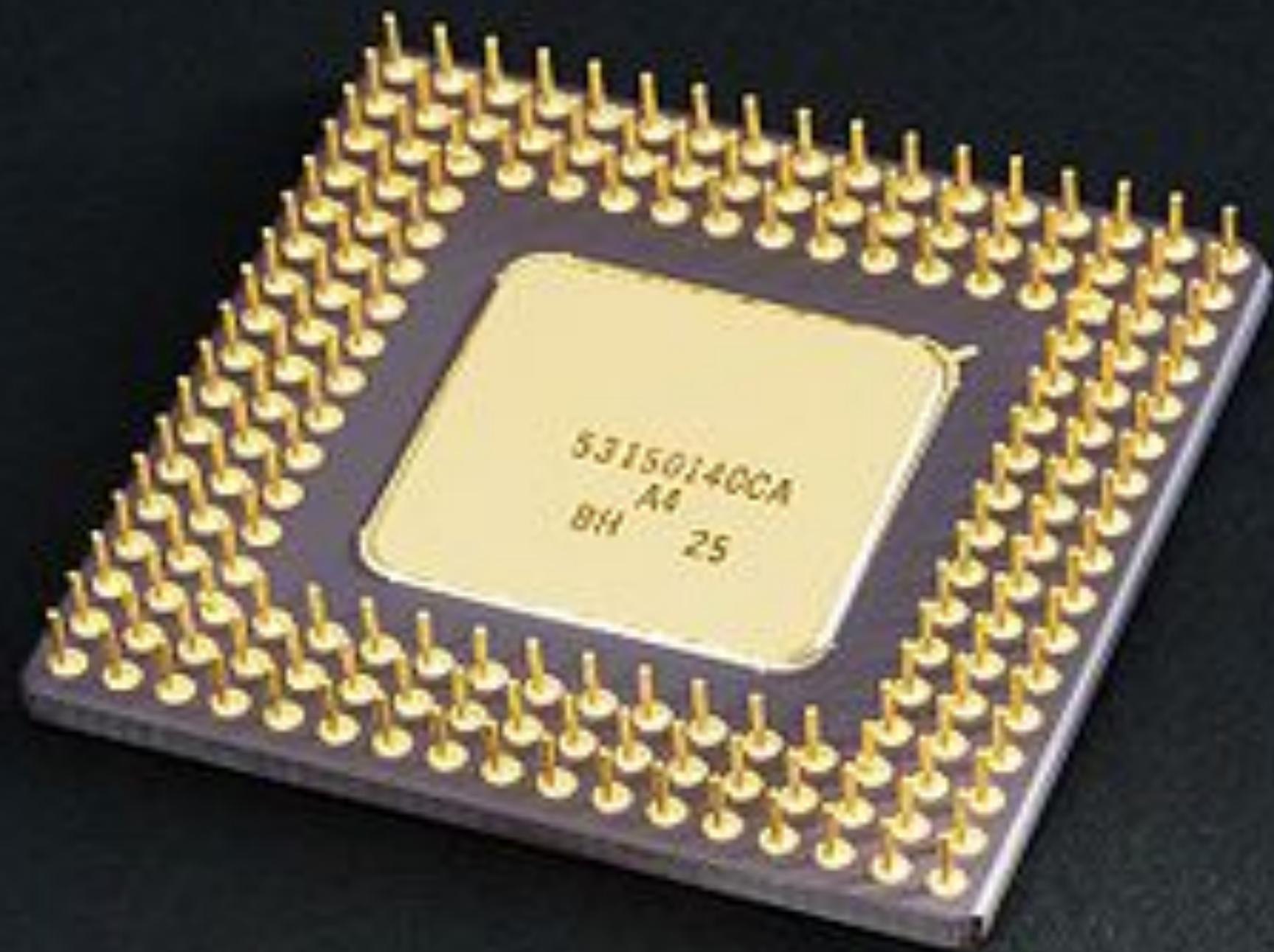
Процессор-это полупроводниковое устройство, состоящее из одной или нескольких программно-управляемых больших интегральных схем (БИС), включающих все средства, необходимые для обработки информации и управления, и рассчитанное на совместную работу с устройствами памяти и ввода-вывода информации.

Процессор состоит из трех основных блоков:

- **арифметически-логического устройства**
- **блока регистров**
- **устройства управления**
- В общем случае процессор включает в себя:  
арифметически-логическое устройство, которое производит арифметические и логические операции над данными;  
регистры, в которых хранятся данные, счетчики, адреса команд и данных; внешние интерфейсы для связи с остальными устройствами компьютера.

# Структура 32-разрядного микропроцессора





53150140CA  
A4  
BH 25

Арифметическо-логическое устройство  
**Арифметически-логическое устройство (АЛУ)** —  
блок процессора, который служит для  
выполнения логических, в том числе и  
арифметических, преобразований над словами,  
называемыми в этом случае операндами.

~~(АЛУ)~~ — это практически сердце процессора. Это  
то, что позволяет процессору складывать,  
вычитать, а также выполнять базовые  
логические операции вроде И\ИЛИ. Так как  
каждый компьютер должен уметь выполнять эти  
простые функции, АЛУ всегда присутствует в  
процессоре. То, как производитель организует  
АЛУ, определяет в дальнейшем общую  
производительность процессора.

# Классификация АЛУ

По способу действия над операндами АЛУ делятся на последовательные и параллельные.

В последовательных АЛУ операнды представляются в последовательном коде, а операции производятся последовательно во времени над их отдельными разрядами. В параллельных АЛУ операнды представляются параллельным кодом и операции совершаются параллельно во времени над всеми разрядами операндов.

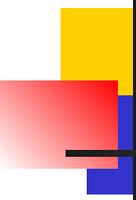
По способу представления чисел различают АЛУ:

- для чисел с фиксированной точкой;
- для чисел с плавающей точкой;
- Для десятичных чисел.

По характеру использования элементов и узлов АЛУ делятся на блочные и многофункциональные. В блочном АЛУ операции над числами с фиксированной и плавающей точкой, десятичными числами и алфавитно-цифровыми полями выполняются в отдельных блоках, при этом повышается скорость работы, так как блоки могут параллельно выполнять соответствующие операции, но значительно возрастают затраты оборудования. В многофункциональных АЛУ операции для всех форм представления чисел выполняются одними и теми же схемами, которые коммутируются нужным образом в зависимости от требуемого режима работы.

По своим функциям АЛУ является операционным блоком, выполняющим микрооперации, обеспечивающие приём из других устройств (памяти) операндов, их преобразование и выдачу результатов преобразования в другие устройства. Арифметическо-логическое устройство управляется управляющим блоком, генерирующим управляющие сигналы, инициирующие выполнение в АЛУ определённых микроопераций. Генерируемая управляющим блоком последовательность сигналов определяется кодом операции команды и оповещающими сигналами.

- Арифметически-логическое устройство (АЛУ) - выполняет все арифметические и логические преобразования данных.
- Устройство управления - электронный блок компьютера, включающий в работу устройства, блоки, электронные элементы и цепи в зависимости от содержания текущей команды.
- ~~Регистр - ячейка памяти в виде совокупности триггеров, предназначенных для хранения одного данного в двоичном коде.~~
- Количество разрядов в регистре определяется разрядностью микропроцессора
- Регистры общего назначения - образуют сверхоперативную и служат для хранения операндов участвующих в вычислениях, а также результатов вычислений.
- Операндом называются - исходные данные, над которыми производятся различные действия в арифметическом устройстве.
- Регистр команд - служит для хранения команды, выполняемой в текущий момент времени.
- Счетчик команд - регистр, указывающий адрес ячейки памяти, где хранится следующая команда.
- Стек (стековая память) - совокупность связанных между собой регистров для хранения упорядоченных данных. Первый выбирается из стека данное попавшее туда последним, и наоборот.



АЛУ реализует важную часть процесса обработки данных. Она заключается в выполнении набора простых операций.

Операции АЛУ подразделяются на три основные категории:

*арифметические, логические и операции над битами.*

Арифметической операцией называют процедуру обработки данных, аргументы и результат которой являются числами (сложение, вычитание, умножение, деление,...). Логической операцией именуют процедуру, осуществляющую построение сложного высказывания (операции И, ИЛИ, НЕ,...). Операции над битами обычно подразумевают сдвиги.



Сплошные стрелки — это управляющие связи (по ним идут сигналы управления), а пунктирные стрелки — это информационные связи (по ним идут данные, информация). К устройствам ввода/вывода относятся клавиатура, мышь, монитор, дисковод, CD ROM, принтер, сканер, микрофон, звуковые колонки, плоттер и т.д.

- По форме представления чисел: АЛУ для чисел с фиксированной точкой, с плавающей, для двоично кодированных десятичных.

По принципу действий: АЛУ последовательного действия с поразрядной обработкой информации и АЛУ параллельного действия с одновременной обработкой информации.

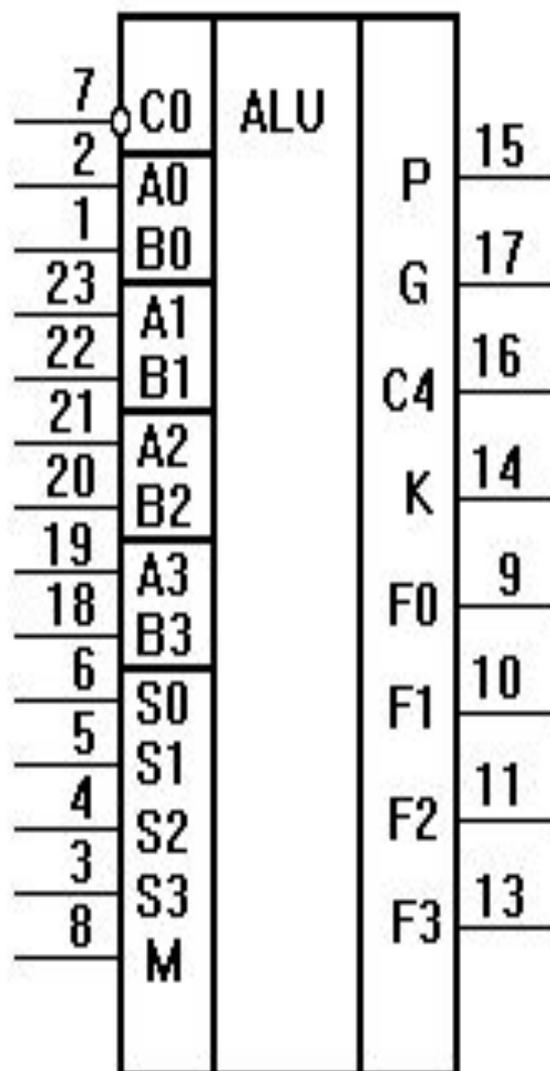
По степени использования: блочные и универсальные АЛУ.

# История

- Разработчик компьютера ENIAC, Джон фон Нейман, был первым создателем АЛУ. В 1945 году он опубликовал ~~первые научные работы по новому компьютеру,~~ названному EDVAC (Electronic Discrete Variable Computer). Годом позже он работал со своими коллегами над разработкой компьютера для Принстонского института новейших исследований (IAS). Архитектура этого компьютера позже стала прототипом архитектур большинства последующих компьютеров. В своих работах фон Нейман указывал устройства, которые, как он считал, должны присутствовать в компьютерах. Среди этих устройств присутствовало и АЛУ. Фон Нейман отмечал, что АЛУ необходимо для компьютера, поскольку оно гарантирует, что компьютер будет способен выполнять базовые математические операции включая сложение, вычитание, умножение и деление.

# Операции в АЛУ

- Все выполняемые в АЛУ операции являются логическими операциями (функциями), которые можно разделить на следующие группы:
- операции двоичной арифметики для чисел с фиксированной точкой;
- операции двоичной (или шестнадцатеричной) арифметики для чисел с плавающей точкой;
- операции десятичной арифметики;
- операции индексной арифметики (при модификации адресов команд);
- операции специальной арифметики;
- операции над логическими кодами (логические операции);
- операции над алфавитно-цифровыми полями.



Выводы:  $+U_{ИП} - 24$ ; общий - 12.

A0-A3, B0-B3 - входные сигналы

F0-F3 - выходные сигналы

C0 - входной перенос

C4 - выходной перенос

S0-S3 - выбор функций, выполняемых арифметико-логическим устройством

M=1 - логические функции

M=0 - арифметико-логические функции

Примечание: входной и выходной переносы в отличие от остальных сигналов представлены инверсным кодом

Рис. 2.12

# Операции АЛУ

S	Логические функции (M = 1)	Арифметико-логические функции (M = 0)
0	A	$A + C_1$
1	$\overline{A \vee B}$	$A \vee B + C_1$
2	AB	$A \vee B + C_1$
3	0	$1 + C_1$
4	AB	$A + AB + C_1$
5	B	$A \vee B + AB + C_1$
6	$A \oplus B$	$A + B + C_1$
7	AB	$AB + 1 + C_1$
8	$A \vee B$	$A + AB + C_1$
9	$\overline{A \oplus B}$	$A + B + C_1$
10	B	$A \vee B + AB + C_1$
11	AB	$AB + 1 + C_1$
12	1	$A + A + C_1$
13	$A \vee B$	$A \vee B + A + C_1$
14	$A \vee B$	$A \vee B + A + C_1$
15	A	$A + 1 + C_1$

$i$	$E_3$	$E_2$	$E_1$	$E_0$	Арифметические операции $M = 0$	Логические операции $M = 1$
0	0	0	0	0	$A + C0$	$\bar{A}$
1	0	0	0	1	$(A \vee B) + C0$	$\overline{A \vee B}$
2	0	0	1	0	$(A \vee \bar{B}) + C0$	$\bar{A} \& B$
3	0	0	1	1	$1 + C0$	<b>0</b>
4	0	1	0	0	$A + (A \& \bar{B}) + C0$	$\overline{A \& B}$
5	0	1	0	1	$(A \vee B) + (A \& \bar{B}) + C0$	$\bar{B}$
6	0	1	1	0	$A + \bar{B} + C0$	$A \oplus B$
7	0	1	1	1	$1 + (A \& \bar{B}) + C0$	$A \& \bar{B}$
8	1	0	0	0	$A + (A \& B) + C0$	$\bar{A} \vee B$
9	1	0	0	1	$A + B + C0$	$\overline{A \oplus B}$
10	1	0	1	0	$(A \vee \bar{B}) + (A \& B) + C0$	$B$
11	1	0	1	1	$1 + (A \& B) + C0$	$A \& B$
12	1	1	0	0	$A + A + C0$	<b>1</b>
13	1	1	0	1	$(A \vee B) + A + C0$	$A \vee \bar{B}$
14	1	1	1	0	$(A \vee \bar{B}) + A + C0$	$A \vee B$
15	1	1	1	1	$1 + A + C0$	$A$

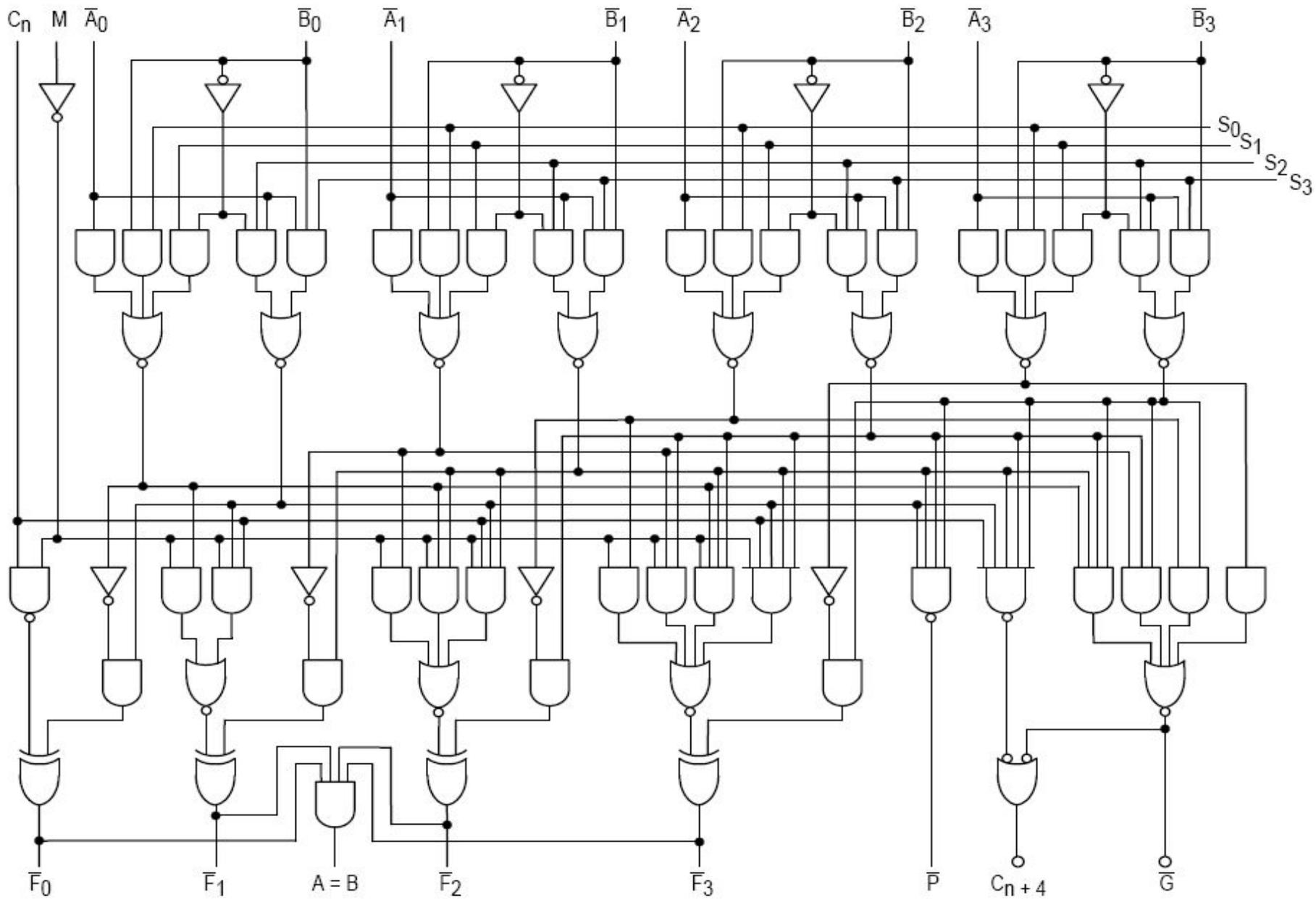


Схема 4-битного АЛУ 74181

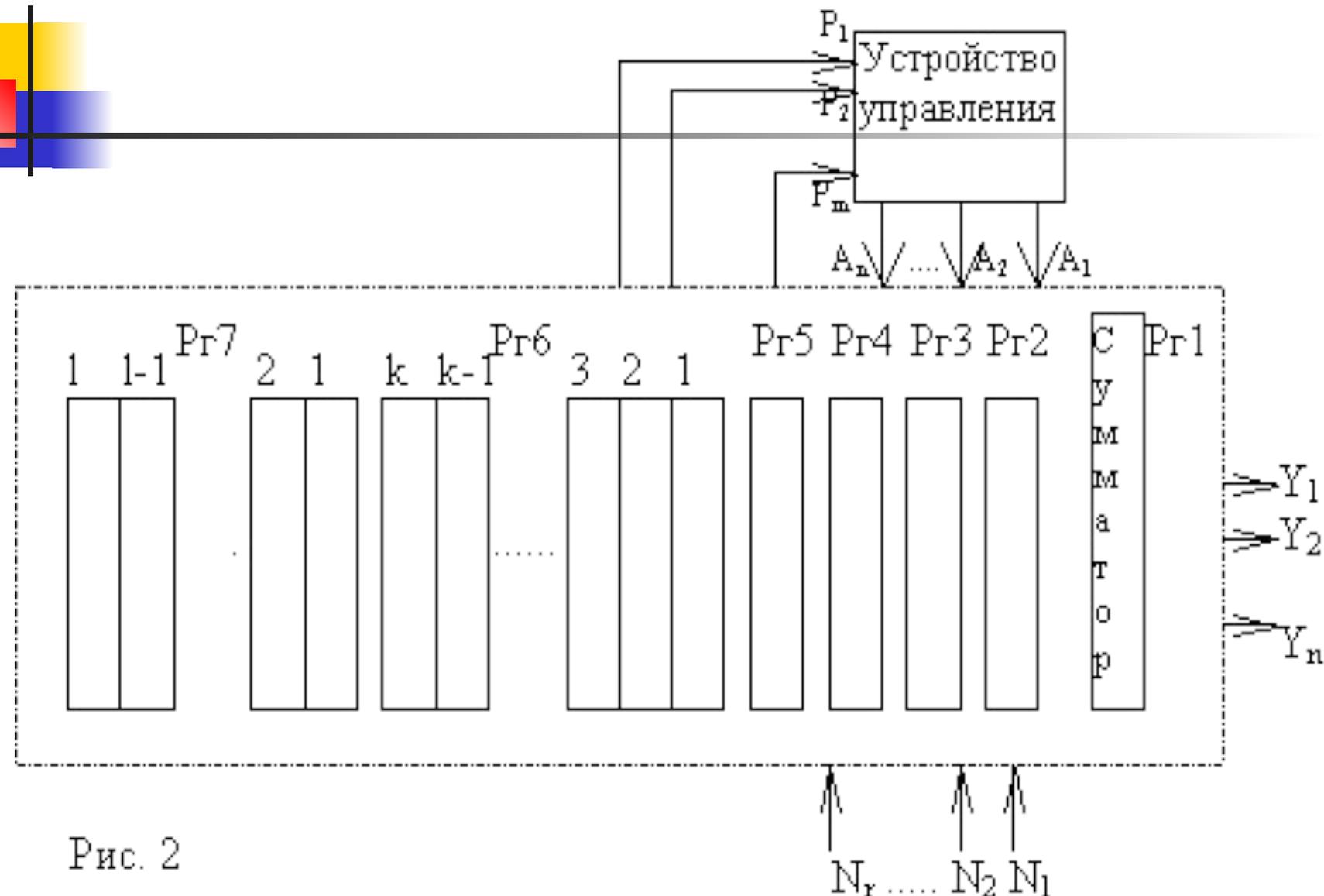
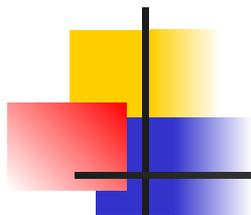
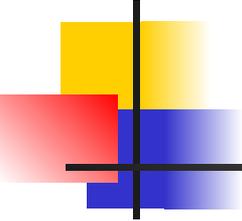


Рис. 2

- 
- 
- В состав АЛУ входят регистры Rг1 – Rг7, в которых обрабатывается информация, поступающая из оперативной или пассивной памяти N1, N2, ...NS; логические схемы, реализующие обработку слов по микрокомандам, поступающим из устройства управления.

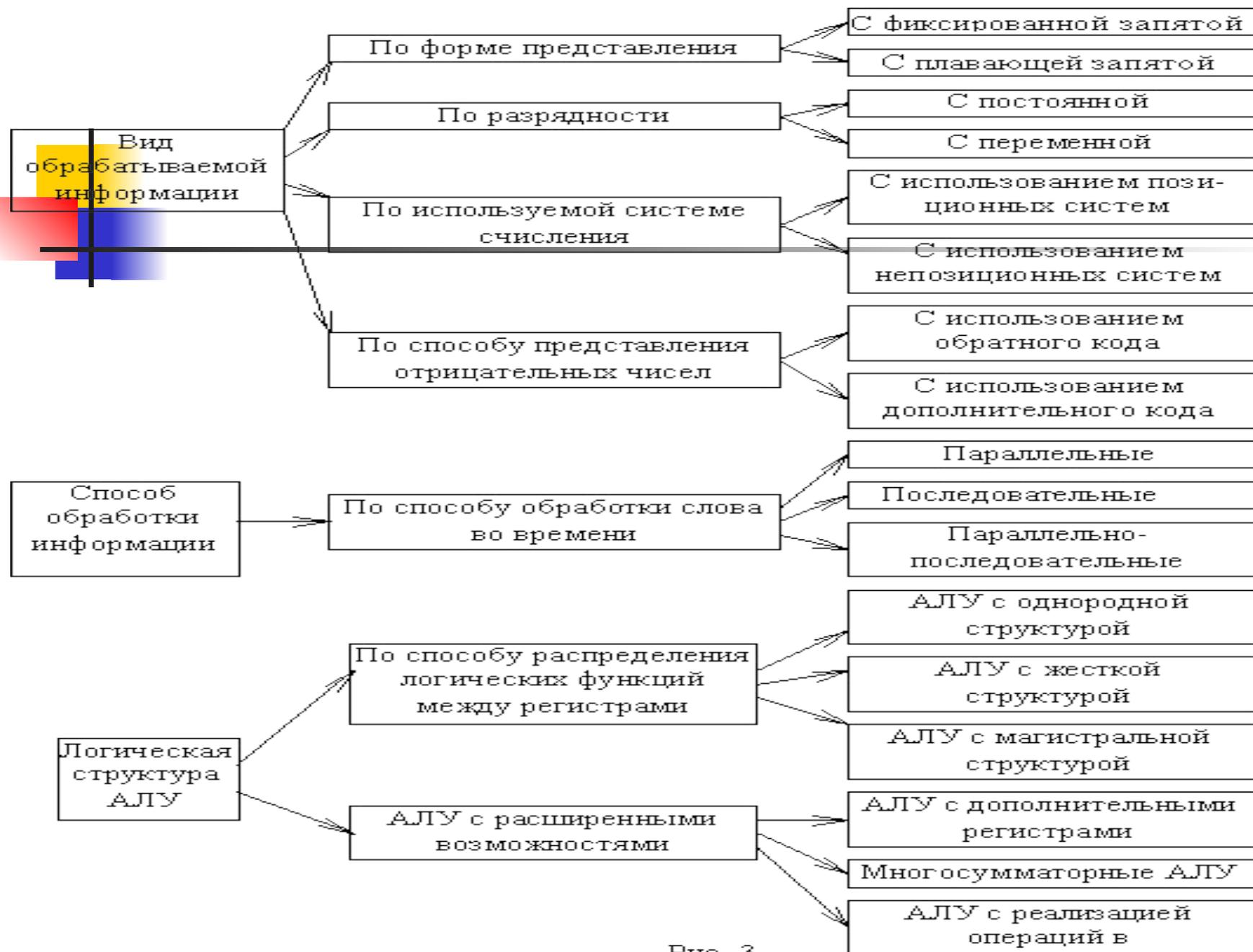


Рис. 3

# Алгоритмы сложения (вычитания) и умножения в АЛУ

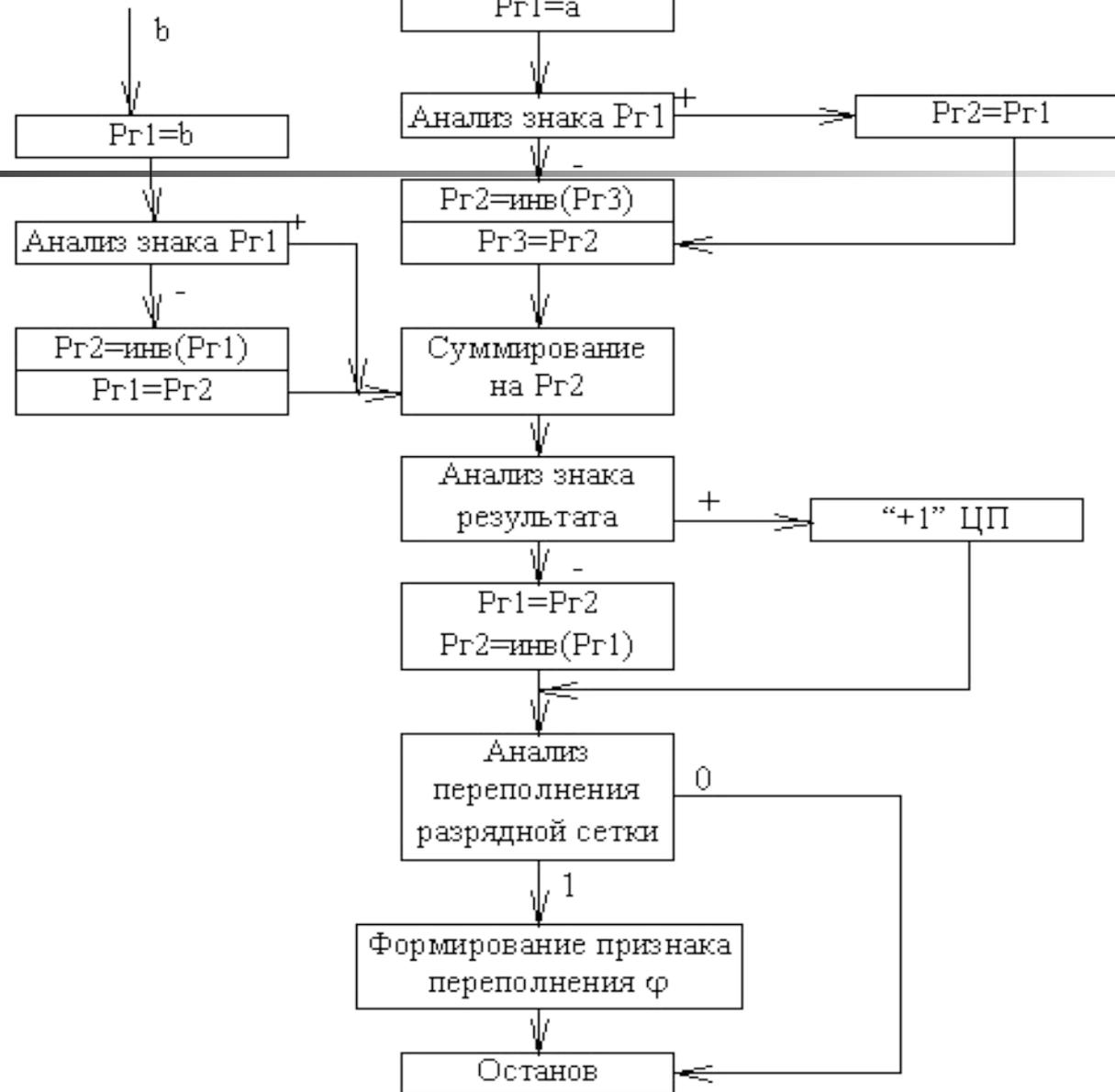


Рис.4

1. Первое слагаемое  $a$  устанавливается на  $R_1$ , анализируется его знак: если знак отрицательный, то операнд инвертируется и передается на  $R_3$ , если положительный - передается без инверсии через  $R_2$  на  $R_3$
2. Второе слагаемое также устанавливается на  $R_1$  и анализируется его знак: если знак отрицательный, то операнд инвертируется, если положительный - сразу начинается суммирование операндов на  $R_2$  ( сумматоре)
3. После суммирования анализируется знак результата: если результат отрицательный, то он инвертируется, если положительный - добавляется "+1" ЦП к младшему разряду результата и выполняется анализ признаков переполнения
4. В случае переполнения разрядной сетки машины формируется признак переполнения  $j$ , если переполнение отсутствует, то выполняется переход на конец микропрограммы сложения