

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР**

**КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА**

АРИФМЕТИКО-ЛОГИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО

КУЙБЫШЕВ 1983

В методических указаниях описаны функция и структура арифметико-логического устройства, введены понятия: микрооперация, логическое условие. Подробно представлено описание лабораторной установки, порядок выполнения лабораторной работы и контрольные вопросы для проверки подготовленности студентов.

Составитель - В.П.П а в л о в

Рецензенты: доцент В.Ф.Б у д н и к о в, доцент В.В.С а
з о н о в, е.И. З а г у д а е в

АРИФМЕТИКО-ЛОГИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО

Редактор Е.Д.А н т о н о в а
Техн.редактор Н.М.К а л е н ю к
Корректор Н.С. К у п р и я н о в а

Подписано в печать 9.01.84. Формат 60x84 I/I6.
Бумага оберточная белая. Печать оперативная.
Усл.п.л. I, I6. Уч.-изд.л. I, 0. Т. 250 экз.
Заказ 1575 Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Областная тип. им. В.П.Мяги, г. Куйбышев, ул.Венцека, 60.

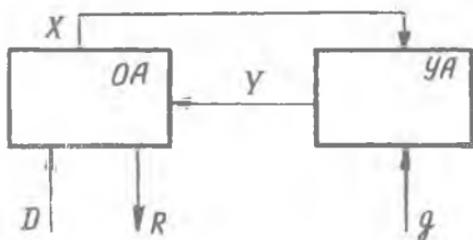
Ц е л ь р а б о т ы : изучение и исследование структуры и функции арифметико-логического устройства, построенного на основе управляющего автомата с жесткой логикой.

1. СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ АЛУ

Арифметико-логическое устройство (АЛУ) служит в ЭВМ для выполнения арифметических и логических операций. АЛУ относится к классу операционных устройств [1]. Функцией операционного устройства является выполнение заданного набора операций $F = \{f_1, \dots, f_c\}$ над входными словами $D = \{d_1, \dots, d_n\}$ с целью вычисления слов $R = \{r_1, \dots, r_a\}$, представляющих результаты операций $R = f_g(D)$, $g = 1, \dots, c$ [1].

Функциональная и структурная организация операционных устройств базируется на принципе микропрограммного управления. Согласно этому принципу любая операция $f_g \in F$, реализуемая устройством, рассматривается как сложное действие, которое разделяется на последовательность элементарных действий, называемых м и к р о о п е р а ц и я - м и . Для определения порядка выполнения микроопераций служат логические условия. Процесс выполнения операций $f_g \in F$ задается в форме алгоритмов. Алгоритм, представленный в терминах микроопераций и логических условий, называется м и к р о п р о г р а м м о й .

В функциональном и структурном отношении операционное устройство в частности АЛУ, рассматривается как композиция операционного и управляющего автоматов (рис. 1).



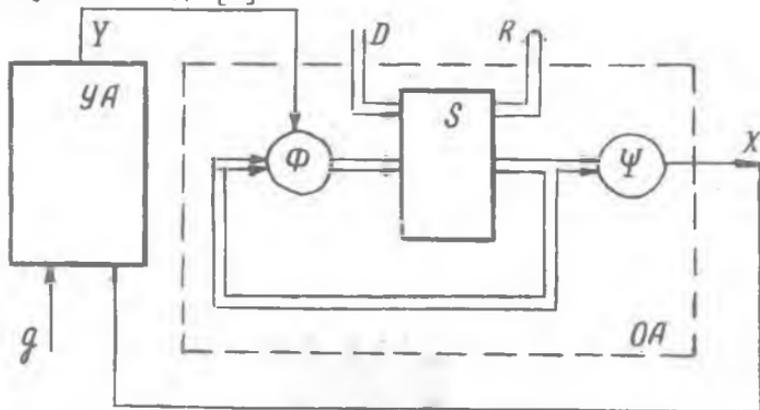
Р и с. 1 Структура операционного устройства

Операционный автомат (ОА) служит для выполнения действий (микроопераций) над информацией и вычисления значений логических условий. Микрооперации, реализуемые ОА, инициируются множеством управляющих сигналов $Y = \{y_1, \dots, y_m\}$, с каждым из которых отождествляется определенная

микрооперация. Значения логических условий, вычисляемых в ОА, отображаются множеством осведомительных сигналов $X = \{x_1, \dots, x_n\}$, каждый из которых отождествляется с определенным логическим условием.

Управляющий автомат (УА) задает порядок выполнения микроопераций в ОА для каждой операции $f_g \in F$. Операция f_g определяется кодом g операции. Функция УА задается алгоритмом (микропрограммой). Для наглядности микропрограмма обычно представляется в виде граф-схемы алгоритма (ГСА). ГСА определяет порядок выполнения микроопераций $y_m \in Y$ и проверки логических условий $x_r \in X$:

В функциональном и структурном отношениях ОА разделяется на три части (рис.2): память S , комбинационную часть Φ , реализующую микрооперации Y , комбинационную схему Ψ , вычисляющую значения логических условий X . Память $S = \{s_1, \dots, s_n\}$ обеспечивает хранение операндов D , промежуточных результатов и конечных результатов R [1].



Р и с. 2 Структурная организация операционного автомата

По форме записи микрооперация - это оператор присваивания, который состоит из левой части, знака присваивания " := " и двоичного выражения. В общем случае микрооперация $y_m \in Y$ - это присваивание слову $S_\alpha \in S$ значения $y_m(S_{\beta_1}, \dots, S_{\beta_n})$, т.е. $y_m : S_\alpha := y_m(S_{\beta_1}, \dots, S_{\beta_n})$ - это присваивание слову S_α результата применения функции (операции) y_m к значениям слов $S_{\beta_1}, \dots, S_{\beta_n}$. Микрооперация $S_\alpha := y_m(S_{\beta_1}, \dots, S_{\beta_n})$ инициируется управляющим сигналом $y_m \in Y$.

Логическое условие $x_\ell \in X$ - это булева функция $x_\ell := \psi_\ell(S_{\beta_1}, \dots, S_{\beta_n})$. Вычисление значений логических условий осуществляется схемами ψ_ℓ ОА.

Основные характеристики ОУ - быстродействие и затраты оборудования. Быстродействие ОУ обычно задается вектором (V_1, \dots, V_G) , в котором $V_1 = 1/t_1, \dots, V_G = 1/t_G$. Здесь t_1, \dots, t_G - средние значения времен выполнения операций f_1, \dots, f_G . Значения t_1, \dots, t_G определяются по алгоритмам операций f_1, \dots, f_G изложенными в [1] методами и характеризуются суммарным числом тактов, затрачиваемых на выполнение каждой операции.

Затраты оборудования в ОУ складываются из затрат оборудования в ОА и УА.

2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

В лабораторном макете представлено АЛУ, назначением которого является реализация пяти операций: четырех арифметических - сложения, вычитания, умножения и деления, и одной логической - сложения по модулю 2 (исключающее ИЛИ). Арифметические операции выполняются над семиразрядными двоичными числами (операндами) в формате с фиксированной запятой. Реализация одной из пяти операций задается кодом операции (КОП).

2.1. Структура и функции ОА АЛУ

Структура ОА предопределяется набором операций F , реализация которых возлагается на АЛУ. Рассмотрим структуру ОА АЛУ, функцией которого является реализация пяти указанных операций $F = \{+, -, \times, /, \oplus\}$.

Выполнение операции алгебраического (с учетом знаков) сложения двоичных чисел, представленных в прямом коде в формате с фиксированной запятой, обычно сводится к арифметическому сложению операндов, представленных в обратном или дополнительном кодах. Это вызвано тем, что операция арифметического сложения достаточно проста и реализуется схемой сумматора.

Например, алгебраическое сложение операндов, представленных в дополнительном коде, осуществляется по правилу:

$$C := \begin{cases} A+B & , \text{ если } A \geq 0, B \geq 0, \\ A+B_q & , \text{ если } A \geq 0, B < 0, \\ A_q+B & , \text{ если } A < 0, B \geq 0, \\ A_q+B_q & , \text{ если } A < 0, B < 0. \end{cases}$$

Формирование дополнительного кода осуществляется по правилу:

$$A_q := \bar{A} + 1.$$

Обычно в АЛУ по результату операции C формируется признак результата ПР:

$$\text{ПР} := \begin{cases} 0, & \text{если } C = 0, \\ 1, & \text{если } C < 0, \\ 2, & \text{если } C > 0, \\ 3, & \text{если } |C| \geq 1. \end{cases} \quad (1)$$

Условие $|C| \geq 1$ означает переполнение разрядной сетки в формате с фиксированной запятой.

Для того чтобы зафиксировать переполнение, в сумматоре можно использовать модифицированный дополнительный (или обратный) код. В этом случае для представления знака числа отводится два разряда: 00 - знак плюса, 11 - знак минуса. Значения 01 или 10 в знаковых разрядах рассматриваются как переполнение.

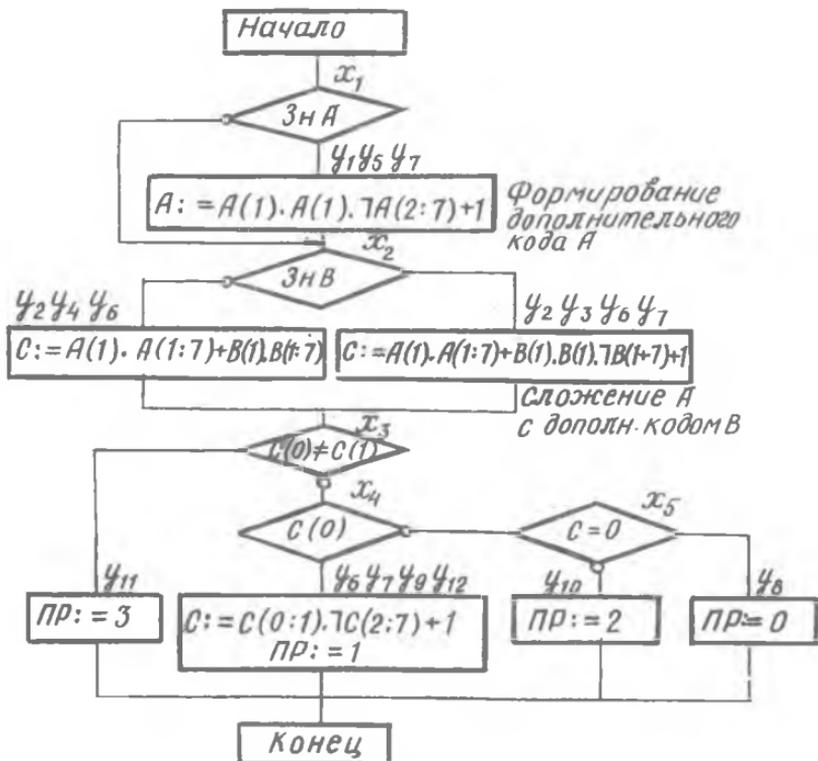
С учетом сказанного алгоритм алгебраического сложения чисел, представленных в прямом коде, можно представить в виде:

1. Если операнд A отрицательный, то сформировать дополнительный код операнда A по правилу $A := \bar{A} + 1$.

2. Если операнд B отрицательный, то сложить A с дополнительным кодом операнда B ; в противном случае сложить A и B .

3. Сформировать признак результата по правилу (I).

Алгоритм, представленный в форме ГСА, изображен на рис. 3. Микрооперация $C := C(0:1) \cdot 7C(2:7) + 1$ означает формирование дополнительного кода и служит для преобразования отрицательного результата в прямой код.



Р и с.3. ГСА операции алгебраического сложения

Операция алгебраического вычитания в АЛУ обычно сводится к сложению путем предварительной инверсии знака B :

$$C = A - B = A + (-B).$$

В форме ГСА алгоритм вычитания представлен на рис. 4.

Как следует из ГСА операций сложения (см.рис.3) и вычитания (см. рис.4) ОА АЛУ, функцией которого является реализация этих двух операций, должен выполнять следующие микрооперации:

$$\begin{aligned}
 \psi_1: \Sigma_1 &:= \text{ЗНА. ЗНА. } \Gamma A(2:7); & \psi_8: \text{ПР} &:= 0; \\
 \psi_2: \Sigma_1 &:= \text{ЗНА. } A(1:7); & \psi_9: \text{ПР} &:= 1; \\
 \psi_3: \Sigma_2 &:= \text{ЗНВ. ЗНВ. } \Gamma B(2:7); & \psi_{10}: \text{ПР} &:= 2; \\
 \psi_4: \Sigma_2 &:= \text{ЗНВ. } B(1:7); & \psi_{11}: \text{ПР} &:= 3; \\
 \psi_5: A &:= \Sigma; & \psi_{12}: \Sigma_2 &:= C(0:1). \Gamma C(2:7); \\
 \psi_6: C &:= \Sigma; & \psi_{13}: \text{ЗНВ} &:= \Gamma \text{ЗНВ}; \\
 \psi_7: \text{P} &:= 1; & &
 \end{aligned}$$



Р. и с.4. ГСА операции вычитания

и формировать следующие логические условия:

$$\begin{aligned}
 x_1 &= \begin{cases} 1, & \text{если } \text{ЗНА} = 1 \\ 0, & \text{если } \text{ЗНА} = 0 \end{cases} \\
 x_2 &= \begin{cases} 1, & \text{если } \text{ЗНВ} = 1 \\ 0, & \text{если } \text{ЗНВ} = 0 \end{cases} \\
 x_3 &= \begin{cases} 1, & \text{если } C(0) \neq C(1) \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases} \\
 x_4 &= \begin{cases} 1, & \text{если } C(0) = 1 \\ 0, & \text{если } C(0) = 0 \end{cases} \\
 x_5 &= \begin{cases} 1, & \text{если } C(1:7) = 0 \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}
 \end{aligned}$$

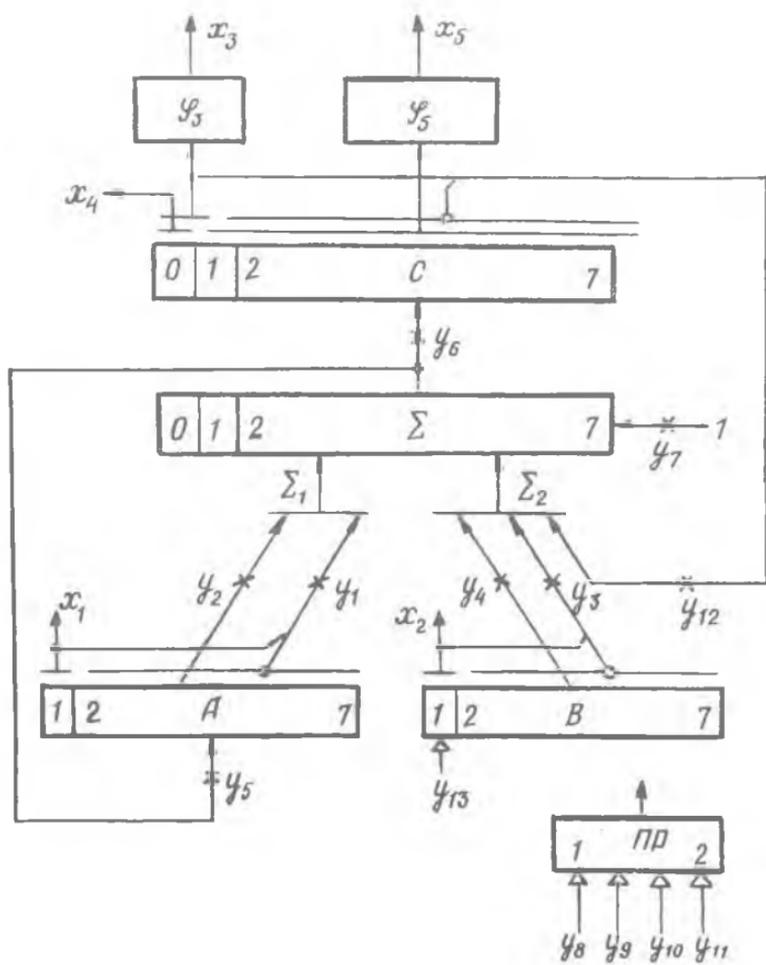
Структура ОА, назначением (функцией) которого является реализация микроопераций $\psi_1 - \psi_{13}$ и формирование логических условий $x_1 - x_5$, представлена на рис. 5.

Выполнение операций умножения и деления в АЛУ сводится к операциям арифметического сложения с помощью сумматора и сдвига. Алгоритмы операций умножения и деления в форме ГСА представлены на рис.6,7.

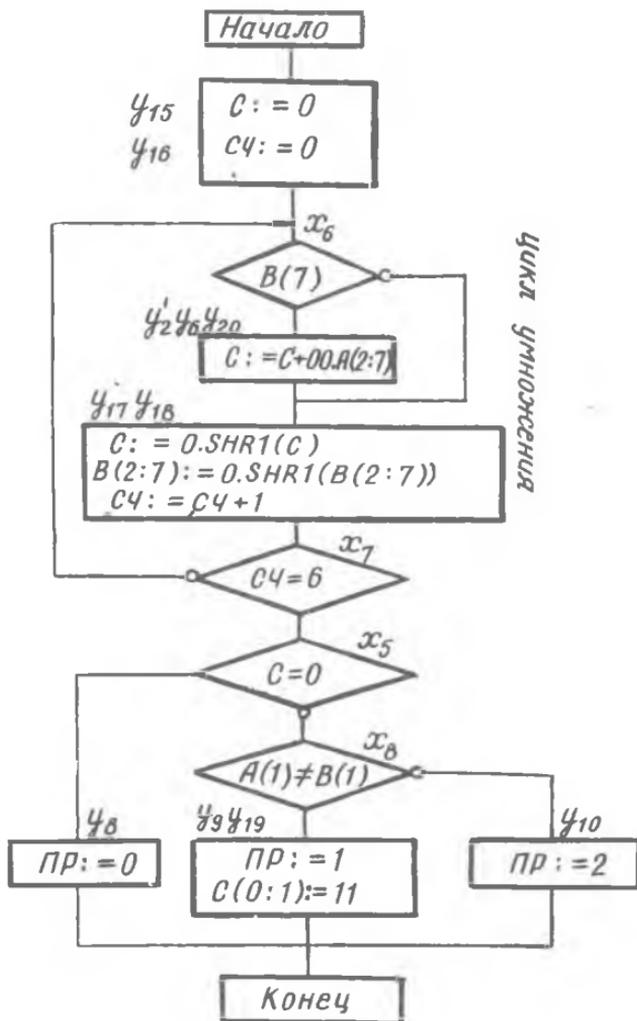
Кроме арифметических операций АЛУ выполняет также и логические операции. В качестве примера рассматривается логическая операция "исключающее ИЛИ" (сложение по модулю 2), алгоритм которой в форме ГСА представлен на рис.8. ОА АЛУ для этой операции имеет структуру, представленную на рис. 9. Он реализует микрооперации:

$$\psi_{14}: C := A \oplus B; \quad \psi_8: \text{ПР} := 0; \quad \psi_9: \text{ПР} := 1;$$

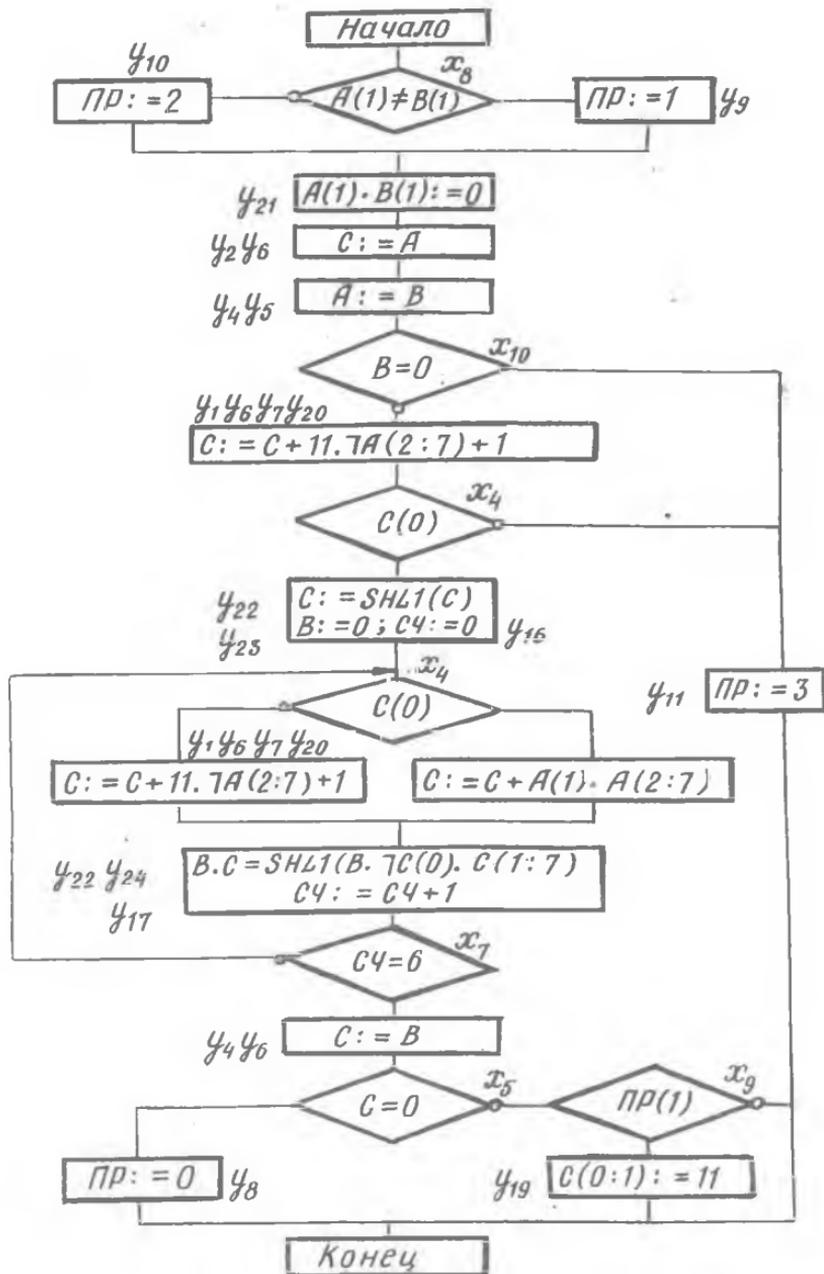
и формирует осведомительный сигнал x_5 , единичное значение которого свидетельствует о нулевом результате.



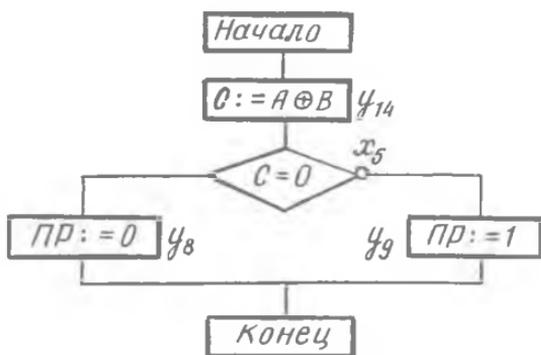
Р и с. 5. Структура ОА АЛУ, реализующего операции сложения и вычитания



Р и с. 6. ГСА операции умножения

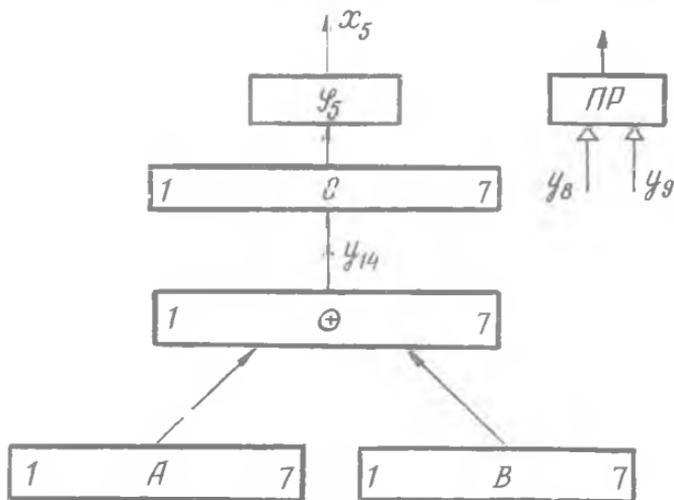


Р и с. 7. ГСА операции деления



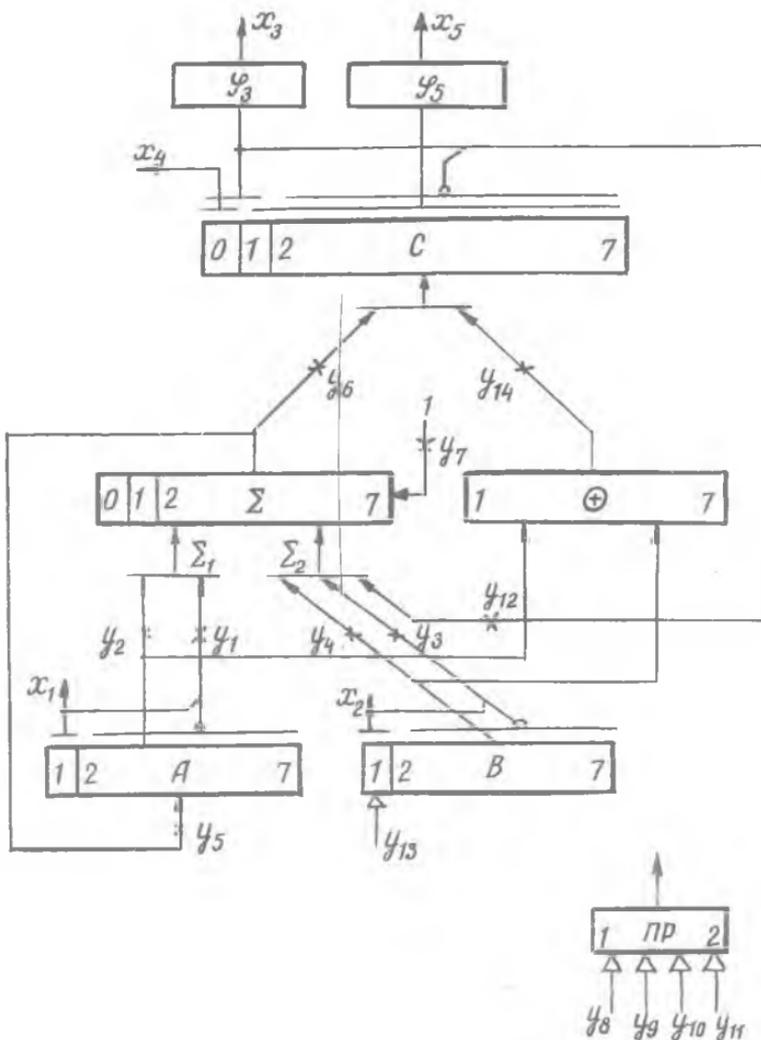
Р и с. 8. ГСА операции "исключающее ИЛИ"

Построение структуры ОА, входящего в состав АЛУ, назначением которого является реализация операций f_1, \dots, f_c , производится путем объединения (склеивания) структурных схем, предназначенных для реализации операций f_1, \dots, f_c . Целью объединения является минимизация затрат оборудования в ОА.



Р и с. 9. Структура ОА АЛУ, реализующего операцию "исключающее ИЛИ"

Поэтому при объединении структур одноименные схемы различной разрядности склеиваются в одну схему, разрядность которой равна максимальной разрядности склеиваемых схем. Например, ОА, реализующий операции сложения, вычитания и сложения по модулю 2, полученный объединением структур, представленных на рис. 5, 9, имеет вид, показанный на рис. 10. Произведено склеивание регистров С (0:7) (см. рис. 5) и С (1:7) (см. рис. 9) в регистр С (0:7) объединенной структуры (рис. 10).



Р и с. 10. Структура ОА АЛУ, предназначенного для реализации операций сложения, вычитания и "исключающее ИЛИ"

Аналогично выполнено склеивание регистров А, В, ПР. В результате склеивания в объединенной структуре имеется четыре регистра: А, В, С, ПР вместо восьми. Выигрыш в оборудовании очевиден.

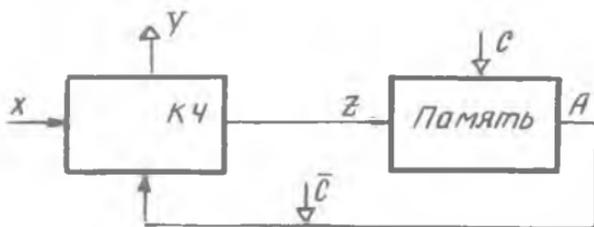
2.2. Структура и функции УА

Функцией УА АЛУ является выработка управляющих сигналов $Y = \{y_1, \dots, y_m\}$ в последовательности, задаваемой алгоритмом операции $fg \in P$, g - код операции fg [1,2]. УА может быть построен двумя способами:

- на основе принципа программного управления;
- на основе автоматов с памятью (конечных автоматов).

В основе первого способа лежит использование управляющих слов (микрокоманд). Каждое управляющее слово - микрокоманда, имеет адресную структуру и задает код выполняемой микрооперации (микроопераций) и адреса переходов. Для хранения микрокоманд используется постоянная память.

УА, построенный на основе автоматов с памятью, называют УА с жесткой логикой. Автомат с жесткой логикой имеет структуру, представленную на рис. II.



Р и с. II. Структура УА с жесткой логикой

Здесь КЧ - комбинационная часть автомата, назначением которой является выработка управляющих сигналов $Y = \{y_1, \dots, y_m\}$; c - сигналы синхронизации; z - сигналы возбуждения памяти автомата. Память автомата используется для отображения состояний автомата.

Память автомата обычно строится на триггерах T_1, \dots, T_n . Состояние памяти характеризуется двоичным набором T_1, \dots, T_n , который называется кодом состояния автомата. Для кодирования автомата, имеющего N состояний, очевидно, потребуется не менее $n = \log_2 N$ триггеров. Переключение автомата из состояния a_i в состояние a_j производится путем переключения триггеров T_1, \dots, T_n сигналами возбуждения. Пусть для определенности в памяти используются триггеры с раздельными входами типа J, K . Для установки триггера T_m памяти в единичное состояние необходим сигнал $J_m = 1$, а в нулевое - сигнал $K_m = 1$.

Формирование сигналов возбуждения J_m , K_m триггеров памяти и выходных сигналов Y_m осуществляется КЧ автомата.

Синтез УА с жесткой логикой осуществляется на основе ГСА операций $P = \{f_1, \dots, f_n\}$, реализация которых возлагается на ОУ, в частности, на АЛУ [2].

2.3. Синхронизация работы АЛУ

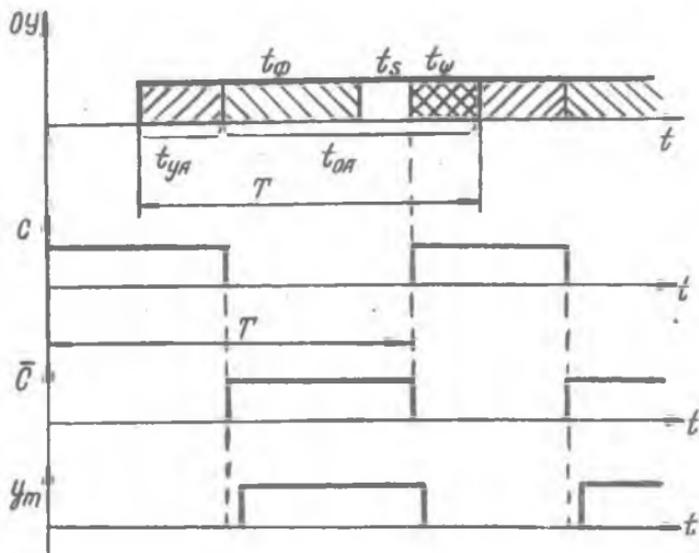
Технически наиболее простым способом организации работы ОУ, в частности, АЛУ, во времени является способ синхронизации. При синхронном способе функционирование ОУ осуществляется тактами. За один такт длительностью T операционное устройство выполняет одну или несколько совместимых микроопераций [1]. Как видно из структуры ОУ, представленной на рис.2, процедура выполнения микроопераций в ОУ состоит из следующих этапов:

выработка управляющих сигналов Y в УА;

выполнение микроопераций схемами Φ ОА;

занесение результата микроопераций в память S ;

формирование осведомительных сигналов X схемами Ψ ОА (рис.12).



Р и с. 12. Временная диаграмма работы ОУ

Процедура повторяется периодически с периодом T . При этом длительность такта T рассчитывается следующим образом:

$$T = t_{yA} + \max\{t_1, \dots, t_M\} + t_s + \max\{t_{x_1}, \dots, t_{x_L}\},$$

где t_1, \dots, t_M - время выполнения микроопераций, возбуждаемых сигналами y_1, \dots, y_M ; t_{x_1}, \dots, t_{x_L} - время формирования сигналов x_1, \dots, x_L .

Технически синхронизация сводится к подаче сигналов синхронизации C в УА (см. рис. II), причем начало синхриимпульса C удобно привязывать к моменту формирования осведомительных сигналов X .

2.4. Описание лицевой панели макета

На лицевой панели макета справа расположен ОА АЛУ, слева - УА АЛУ. Структура ОА АЛУ (рис.13) получена путем объединения структур, реализующих операции сложения, вычитания, умножения, деления и исключающего ИЛИ. В этой структуре, кроме микроопераций $y_1 - y_{13}$ и логических условий $x_1 - x_5$, списанных выше, реализуются следующие микрооперации:

$$y_{15}: C := 0;$$

$$y_{16}: C4 := 0;$$

$$y_{17}: C4 := C4 + 1;$$

$$y_{18}: C, B(2:7) := 0. SHR1(C, B(2:7));$$

$$y_{19}: C(0:1) := 11;$$

$$y_{20}: \Sigma_2 := C;$$

$$y_{21}: A(1), B(1) := 0;$$

$$y_{22}: C := SHL1(C);$$

$$y_{24}: B.C = SHL1(B.7C(0).C(1:7));$$

$$y_{23}: B := 0;$$

$$y_2': \Sigma_1 := 00.A(2:7)$$

и формируются следующие логические условия:

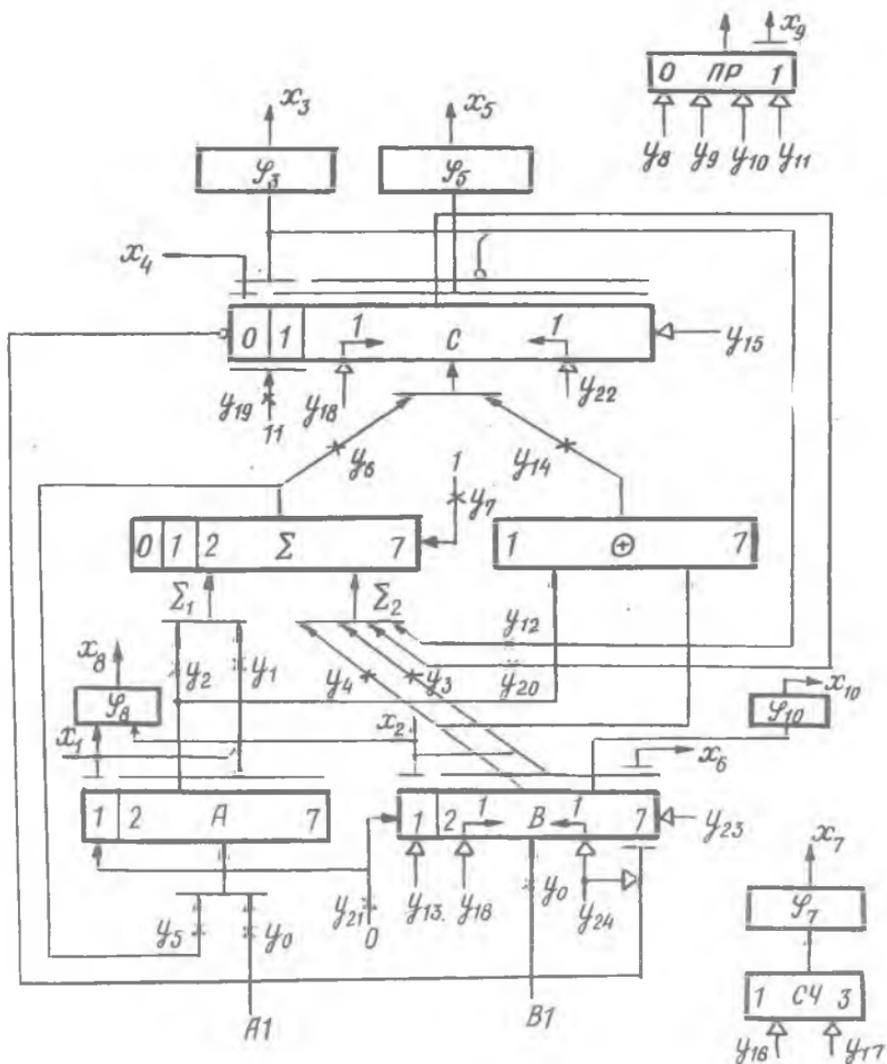
$$x_6 = \begin{cases} 1, & \text{если } B(7) = 1, \\ 0, & \text{если } B(7) = 0, \end{cases}$$

$$x_7 = \begin{cases} 1, & \text{если } C4 = 0_{10}; \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

$$x_8 = \begin{cases} 1, & \text{если } A(1) \neq B(1), \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

$$x_9 = \begin{cases} 1, & \text{если } ПР(1) = 1, \\ 0, & \text{если } ПР(1) = 0 \end{cases}$$

$$x_{10} = \begin{cases} 1, & \text{если } B(2:7) = 0, \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$



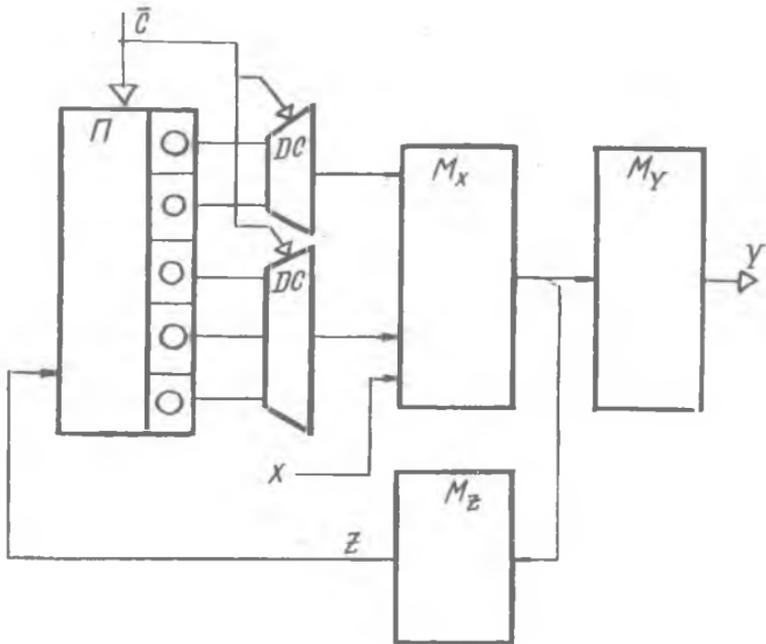
Р и с. 13. Структура ОА

y_A , выполненный по схеме с жесткой логикой, реализует пять указанных операций, коды g которых представлены в таблице I.

Коды операций

Наименование операции	Двоичный код
Сложение	010
Вычитание	001
Умножение	011
Деление	100
Сложение по модулю 2	101

Структура УА изображена на лицевой панели (рис.14).



Р и с. 14. Структура УА

Здесь Π - память автомата, выполненная на пяти J, K - триггерах; M_x, M_y, M_z - комбинационная часть автомата; матрица M_x реализует термы функций Y, Z ; матрица M_y вырабатывает сигналы микроопераций $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_{24}\}$; матрица M_z формирует сигналы возбуждения $Z = \{z_1, \dots, z_5, k_1, \dots, k_5\}$, по которым переключается память автомата; DC - дешифратор состояний автомата; \bar{C} - сигнал синхронизации АЛУ; КОП - код операции.

Кроме того, в левом нижнем углу макета расположены два тумблера, задающие режимы работы: АВТОМАТ/ШАГ и РАБОТА/СТОП.

Режим работы АЛУ определяется режимом работы процессора, в состав которого входит АЛУ. Для задания режима работы процессора служит тумблер РАБОТА/СТОП. В режиме РАБОТА процессор после нажатия кнопки ПУСК реализует последовательность команд программы до тех пор, пока на регистр команд не будет выбрана команда ОСТАНОВ. Режим СТОП используется для покомандного выполнения программы. В этом режиме процессор после каждого нажатия кнопки ПУСК реализует одну команду программы и останавливается. Следовательно, в режиме СТОП АЛУ выполняет операцию, заданную кодом операции, и останавливается в ожидании следующего кода операции. В режиме РАБОТА АЛУ в макете многократно выполняет операции, заданную КОП. Таким образом, тумблер РАБОТА/СТОП служит для управления на уровне команд.

Тумблер АВТОМАТ/ШАГ служит для задания режима работы собственно АЛУ. В режиме АВТОМАТ АЛУ выполняет микропрограмму операции, которая задана кодом операции КОП на лицевой панели, от начала до конца. Причем, если макет находится в режиме РАБОТА, то выполнение заданной операции производится многократно (циклически). В режиме СТОП заданная операция выполняется однократно.

В режиме ШАГ АЛУ выполняет одну микрокоманду (группу совместимых МО, указанных в одной операторной вершине ГСА) после каждого нажатия кнопки ПУСК независимо от положения тумблера РАБОТА/СТОП, т.е. потактно. Таким образом с помощью этих двух тумблеров в макете можно задать 3 режима работы:

- РАБОТА - АВТОМАТ ;
- СТОП - АВТОМАТ ;
- РАБОТА (или СТОП) - ШАГ.

В первом случае операция, заданная КОП, выполняется многократного (циклически), во втором - однократно, в третьем - потактно.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Для двух заданных преподавателем операций построить объединенную структуру ОА. Функцию ОА представить списком микроопераций и логических условий. Убедиться, что полученные вами микрооперации и логические условия можно реализовать с помощью макета.

2. Исследовать работу АЛУ в однократном режиме при выполнении заданных операций. Результаты занести в таблицу 2.

3. Исследовать работу АЛУ в потактном режиме, фиксируя в каждом такте сигналы микроопераций, которые вырабатывает УА, и значения осведомительных сигналов, формируемые в ОА. Результаты представить в виде таблицы 3 для каждой операции. Оценить быстродействие АЛУ при выполнении каждой операции.

Т а б л и ц а 2

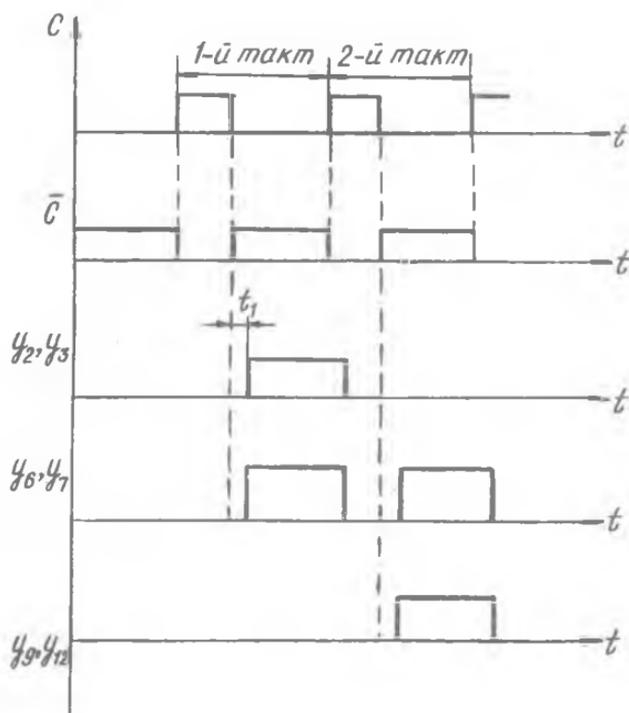
Операнды				Результаты операций			
Правильная дробь		Двоичный код		сложения		вычитания	
А	В	а	В	Сумма	ПР	Разность	ПР
1/4	-1/2	0,010000	1,100000	1,010000	01	0,110000	10
...							

Т а б л и ц а 3

Операция	Операнды		Номер такта	Сигналы МО	Осведомительные сигналы
	А	В			
Сложение	1/4	-1/2	1	$y_2 y_3 y_6 y_7$	$x_1 = 0, x_2 = 1$
			2	$y_6 y_7 y_{12} y_9$	$x_3 = 0, x_4 = 1$
Вычитание	1/4	-1/2	1	y_{13}	$x_1 = 0, x_2 = 1$
			2	$y_2 y_4 y_6$	$x_1 = 0, x_2 = 0$
			3	y_{10}	$x_3 = 0, x_4 = 0, x_5 = 0$

4. Исследовать работу АЛУ в циклическом режиме. С этой целью для каждой операции снять осциллограммы сигналов, представленных в таблице 3, и представить их в виде временной диаграммы (рис. 15). Замерить параметры сигналов:

частоту, амплитуду и длительность сигналов синхронизации C ;
 задержку сигналов микроопераций относительно $\bar{C} - t_1$;
 длительность сигналов МО.



Р и с. 15. Временная диаграмма работы ОУ при выполнении операции сложения чисел (см.табл.2)

4. ОТЧЕТ О РАБОТЕ

1. Результаты исследований по каждому пункту задания.
2. ГСА заданных операций.
3. Структура АЛУ.

К о н т р о л ь н ы е в о п р о с ы

1. Понятие микрооперации. Форма записи.
2. Что такое логическое условие? Его назначение.
3. Назначение ОУ, АЛУ.
4. Назначение и структура ОА.
5. Назначение и структура УА. Способы построения.
6. Назначение сигнала синхронизации C .
7. Основные характеристики ОУ.
8. Нарисуйте временную диаграмму работы АЛУ для заданной преподавателем операции и выбранных вами операндов.
9. Оцените быстродействие АЛУ для заданной операции.
10. Что такое такт работы ОУ?
11. В каких режимах может работать лабораторный макет?
12. Чем объясняется сдвиг сигналов МО Y_m относительно сигнала \bar{C} ?
13. От чего зависит быстродействие ОУ ?
14. В чем различие между операцией и микрооперацией ?
15. К каким элементарным действиям сводится в АЛУ выполнение операций: сложения; вычитания; умножения; деления? Почему ?

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Майоров С.А., Новиков Г.И. Структура электронных вычислительных машин. -Л: Машиностроение, 1979.
2. Баранов С.И. Синтез микропрограммных автоматов. -Л: Энергия, 1979.