



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«МИРЭА – Российский технологический университет»
РТУ МИРЭА

Институт информационных технологий
Кафедра Вычислительной техники

Отчет по практической работе №5

по дисциплине
«Теория автоматов»

Тема практической работы:
«Сложение чисел с плавающей точкой»

Выполнил студент группы ИВБО-02-19

Проверил ассистент

К. Ю. Денисов

А. С. Боронников

Москва 2021

Содержание

1	Общее строение автомата	3
2	Индивидуальное задание	4
3	Алгоритм работы автомата	5
4	Реализация Операционного автомата	5
5	Реализация управляющего автомата	8
6	Вывод	9
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	10

1 Общее строение автомата

В любом устройстве обработки цифровой информации можно выделить два основных блока – операционный автомат (ОА) и управляющий автомат (УА). Операционный автомат (ОА) служит для хранения слов информации, выполнения набора микроопераций и вычисления значений логических условий, т.е. операционный автомат является структурой, организованной для выполнения действий над информацией. Микрооперации, выполняемые ОА, задаются множеством *управляющих* сигналов $Y \{y_1, \dots, y_M\}$, с каждым из которых отождествляется определенная микрооперация.

Значения логических условий, вычисляемые в операционном автомате, отображаются множеством *осведомительных* сигналов $X = \{x_1, \dots, x_L\}$, каждый из которых отождествляется с определенным логическим условием.

Управляющий автомат (УА) генерирует последовательность управляющих сигналов, предписанную микропрограммой и соответствующую значениям логическим условий. Управляющий автомат задает порядок выполнения действий в ОА, вытекающий из алгоритма выполнения операций. Наименование операции, которую необходимо выполнить в устройстве, определяется кодом g операции, поступающим в УА извне.

В отличие от УА с жесткой логикой, закон функционирования которого обеспечивается определенным образом соединенными логическими элементами, в автоматах, построенных на основе ПЗУ, заданная микропрограмма реализуется в явной форме и хранится в памяти в виде последовательности управляющих слов. Управляющее слово определяет порядок работы устройства в течение одного такта и на-

зывается микрокомандой (МК). Она содержит информацию о микрооперациях, которые должны выполняться в данном такте, и (или) об адресе следующей микрокоманды.

2 Индивидуальное задание

В ходе данной практической работы был реализован автомат, выполняющий сложение чисел с плавающей точкой, где мантисса числа представлена в виде 5 разрядов в доп.коде, а порядок в виде 5-ти разрядного положительного целого числа в смещенном коде ($C = 16$). Управляющий автомат был построен по схеме с регулярной адресацией (последовательный вариант). Рассмотрим строение управляющего автомата. См рисунок 1.

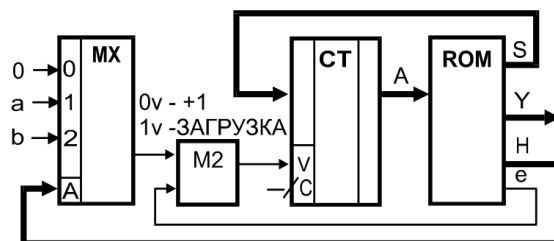


Рис. 1: УА с регулярной адресацией

В конкретной реализации на информационные входы мультиплексора подаются следующие сигналы:

- Константа нуля;
- Ma_IS_NULL (признак нуля мантиссы A);
- Mb_IS_NULL (признак нуля мантиссы B);
- $A < B$ (признак того, что порядок числа A меньше порядка числа B);

- A_IS_ANSWER (признак того, что ответ хранится в регистрах числа A);
- CT_dP_IS_NULL (признак того, что счетчик разницы порядков хранит "ноль");
- CT_Pa_IS_NULL (признак переполнения счетчика порядка числа A в большую сторону);
- CT_Pa_IS_MAX (признак переполнения счетчика порядка числа A в меньшую сторону);
- $|m_a \pm m_b| > 1$ (признак того, что модуль алгебраической суммы операндов больше единицы);
- op_normalized (признак нормализации операндов);

В схему введен элемент M2, позволяющий инвертировать значение входного сигнала, что облегчает распределение микроинструкций по ячейкам управляющей памяти.

3 Алгоритм работы автомата

Опишем алгоритм работы автомата с помощью блок схемы. См. рисунок 2 и 3 в [Приложении А](#).

После построения алгоритма работы автомата следует перейти к реализации операционной части.

4 Реализация Операционного автомата

Построим операционный автомат, выполняющий сложение двух чисел в формате с плавающей точкой. Приведем названия и назначе-

ния каждого из регистров, используемых в данном устройстве. См. таблицу 1.

Идентификатор	Назначение
RG_Ma	Универсальный сдвиговый регистр. Хранит разряды мантиссы А
CT_Mb	Счетчик. Хранит разряды мантиссы В
CT_Pa	Счетчик. Хранит разряды порядка числа А
CT_Pb	Счетчик. Хранит разряды порядка числа В
CT_dP	Счетчик. Хранит разряды разницы порядков чисел А и В
REG_SUM	Триггер. Хранит разряд сигнала переноса суммы мантисс чисел А и В

Таблица 1: Регистры операционного автомата

Укажем необходимые признаки, которые впоследствии будут вырабатываться управляющим автоматом. См. таблицу 2.

Признак	Назначение
S	Хранит адрес следующей операции
H	Адресный вход мультиплексора
$R0$	Сигнализирует об окончании операции деления
$overflow$	Сигнализирует об ошибке обработки – переполнение
L_Ma	Загрузка в регистр RG_Ma
$SHIFT_Ma$	Правый сдвиг регистра RG_Ma если $SHIFT_Ma_Left = 0$ и левый, если $SHIFT_Ma_Left = 1$
RST	Асинхронный сброс всех элементов
$COUNT_Pa$	Счет. Декремент счетчика, если $L_CT_Pa == 1$
L_CT_Pa	Загрузка счетчика CT_Pa
$CHANGE$	Выбор источника загрузки в регистры мантисс и порядка чисел А и В
e	Управляющий сигнал для счетчика. Если $e = 1$, следует выполнить загрузку, а если $e = 0$ – инкрементировать счетчик.

Таблица 2: Осведомительные сигналы (признаки)

С целью реализации левого и правого сдвига в регистре RG_Ma был построен элемент памяти, позволяющий выбрать направление сдвига с помощью двух управляющих сигналов. Данный элемент был размещен в отдельном файле и загружался в основной файл как внешняя библиотека Logisim. Устройство данного регистра можно увидеть на рисунке 7 в Приложении А.

При выполнении операции сложения предполагается, что числа, переданные на вход находятся в нормализованном виде, то есть имеют вид, представленный на сноске 1.

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} &\leq |M| < 1 \\ M &= 0.1XXXX \\ M &= 1.0XXXX \\ M &= 1.00000 \end{aligned} \tag{1}$$

Результат суммы также нормализуется в соответствии с данными правилами. Числа, представленные в ином виде считаются ненормализованными и не обрабатываются цифровым устройством.

Стоит отметить, что для формирования правильного выходного результата необходимо выполнить нормализацию значений суммы в зависимости от вида операндов. Для каждой комбинации операндов реализована отдельная операция нормализации. См таблицу 3.

Соединим все элементы в соответствии с алгоритмом задачи. См. рисунки 4 и 5 в приложении Приложении А.

Комбинация	Коррекция
$ m_a \pm m_b \geq 1$	Мантисса не нормализована. Сдвинуть регистр мантиссы вправо, загрузить сигнал переноса сумматора. Увеличить порядок результата на 1. При этом может произойти переполнение счетчика в большую сторону
$\frac{1}{2} \leq m_a \pm m_b < 1$	Нормализация результата не требуется
$ m_a \pm m_b < \frac{1}{2}$	Мантисса не нормализована. Сдвигая мантиссу влево, уменьшать порядок, при этом может произойти переполнение порядка в отрицательную сторону

Таблица 3: Нормализация результата

5 Реализация управляющего автомата

Приступим к построению управляющего автомата, определяющего последовательность выполнения микрокоманд для сложения двух чисел в формате с плавающей точкой.

Определим разрядность ПЗУ, участвующего в построении УА по схеме с постоянной адресацией. Адрес должен иметь 5 разрядов — текущее значение параметра S . Микрокоманда представлена в виде 22 бит — 15 признаков, расположенных в следующем порядке: S , $R0$, RST , L_ma , $SHIFT_Ma$, $SHIFT_Ma_LEFT$, L_CT_Pa , $COUNT_Pa$, $CHANGE$, L_CT_dP , $COUNT_dP$, m_n , H , e . Адрес текущей команды хранится в 5 -ти разрядном счетчике. К входам мультиплексора подключены сигналы, значения которых анализируются в данном состоянии автомата. Они описаны выше. См. [список](#).

Заполним память в соответствии в алгоритмом, подключим ПЗУ, мультиплексор и счетчик последовательным способом. См рисунок [6](#) в [Приложении А](#).

Ввод и вывод результатов осуществляется с помощью блока ввода и вывода. Числа передаются в нормализованном формате со смещением порядка в $C=16$. См. рисунок [8](#) в [Приложении А](#).

6 Вывод

В ходе данной практической работы было рассмотрено строение и работа управляющего автомата, построенного по схеме регулярной адресацией. Используя полученные знания на практике, на основе данного управляющего автомата построено вычислительное устройство (операционный и управляющий автомат), реализующее операцию сложения двух чисел в формате с плавающей точкой.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

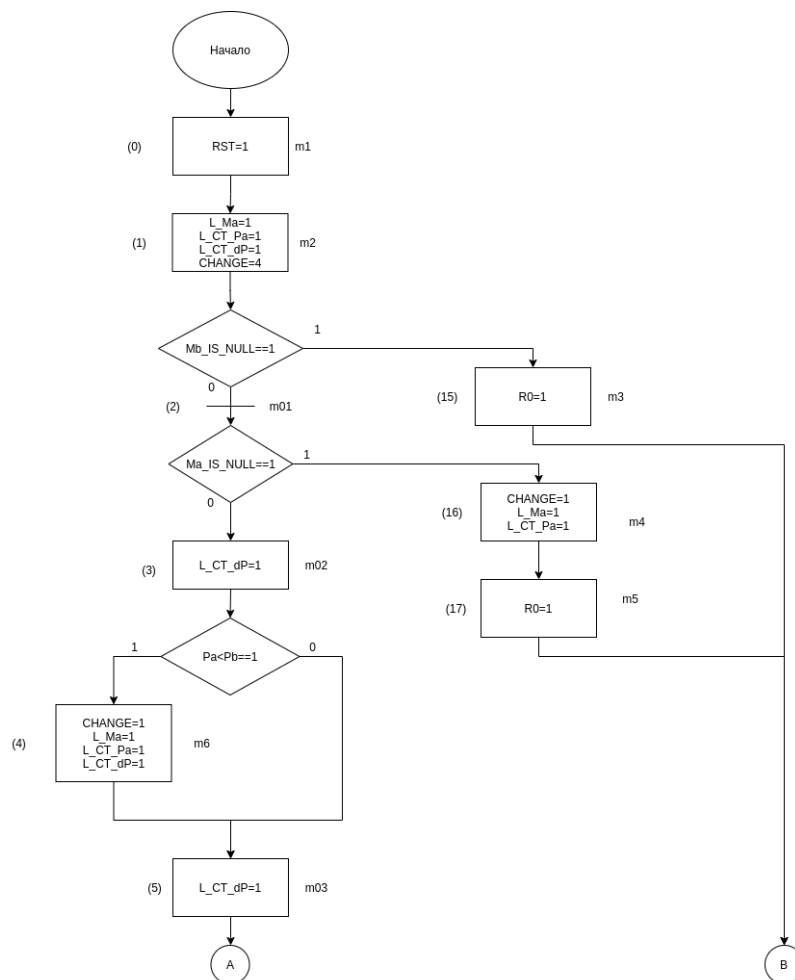


Рис. 2: Алгоритм сложения чисел с плавающей точкой. Часть 1

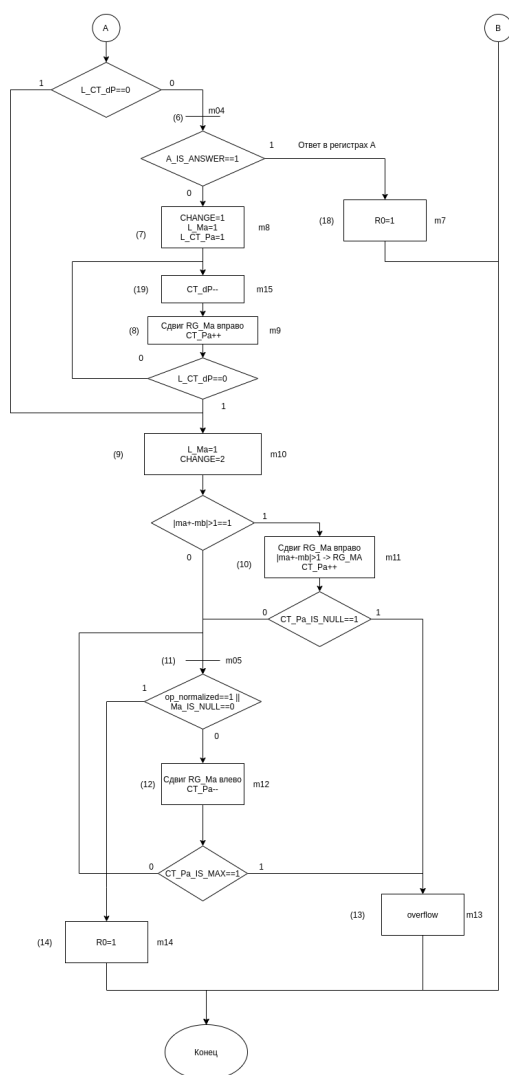


Рис. 3: Алгоритм сложения чисел с плавающей точкой. Часть 2

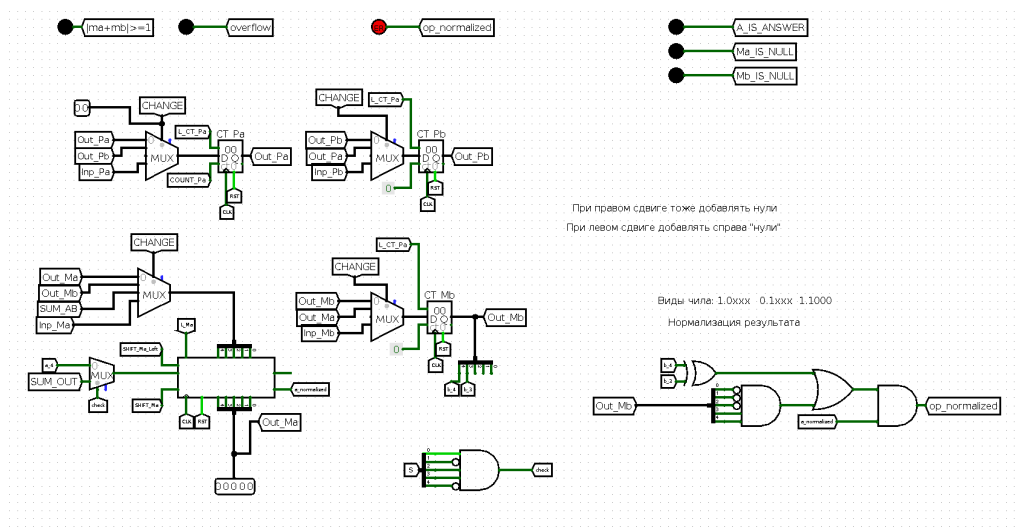


Рис. 4: Схема операционного автомата, часть 1

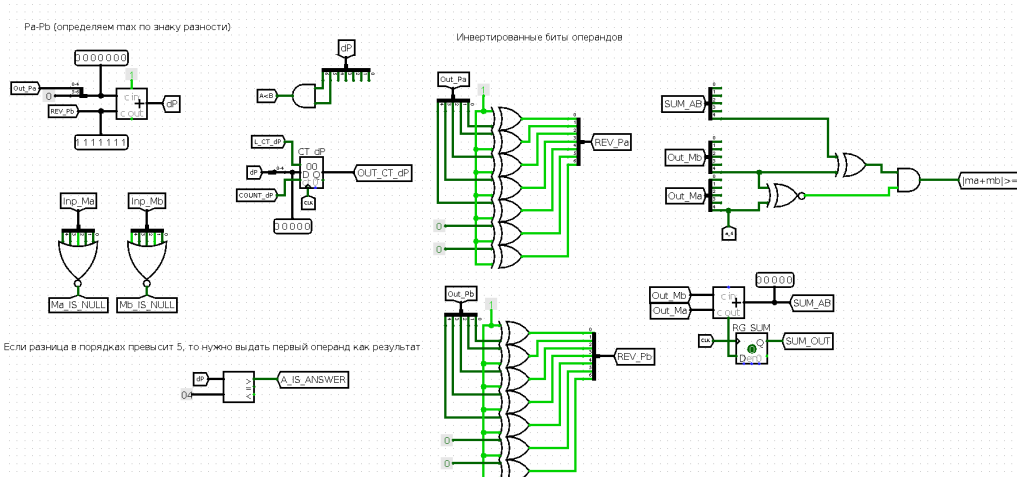


Рис. 5: Схема операционного автомата, часть 2

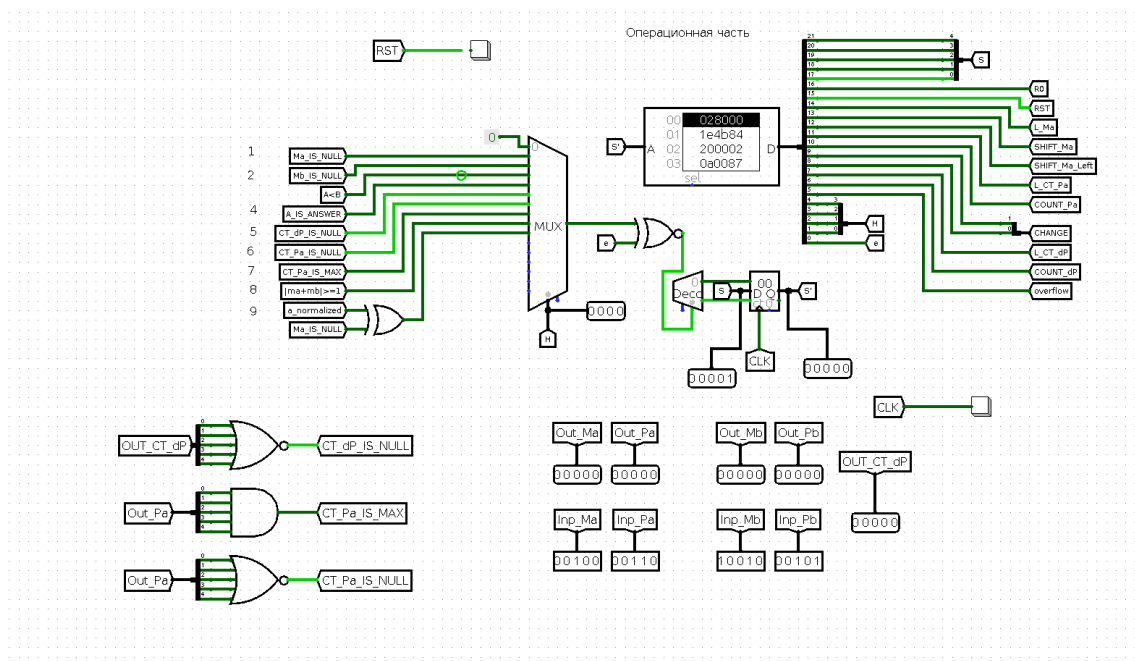


Рис. 6: Схема управляющего автомата

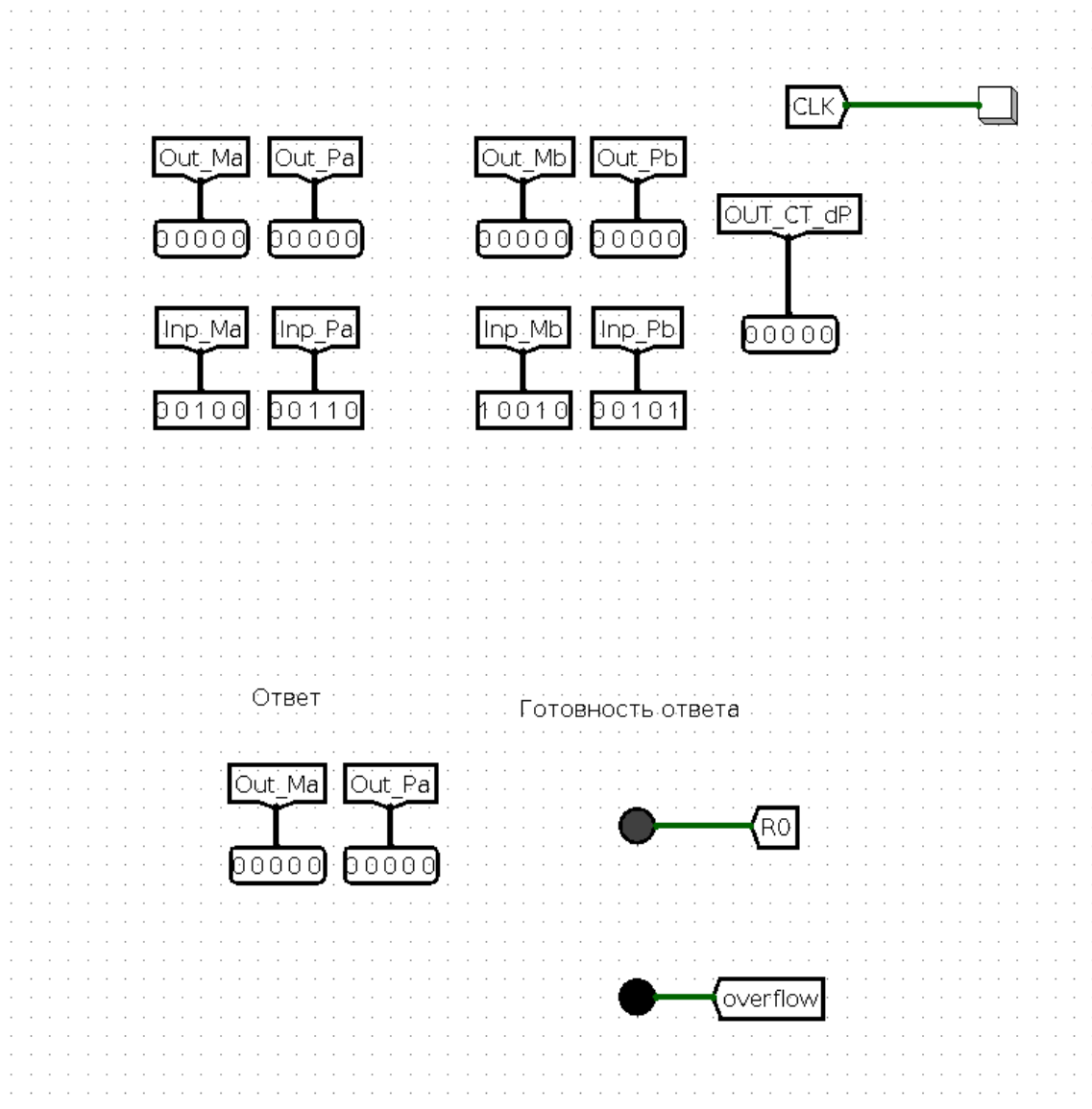


Рис. 8: Блок ввода-вывода