

В рамках выполнения практических заданий и курсового проектирования необходимо разработать программную модель простейшей вычислительной машины Simple Computer. Архитектура Simple Computer представлена ниже.

Для управления моделью (определения начальных состояний узлов Simple Computer, запуска программ на выполнения, отражения хода выполнения программ) требуется создать консоль (см. рисунок 1). Необходимо реализовать трансляторы с языков Simple Assembler и Simple Basic для программирования Simple Computer.

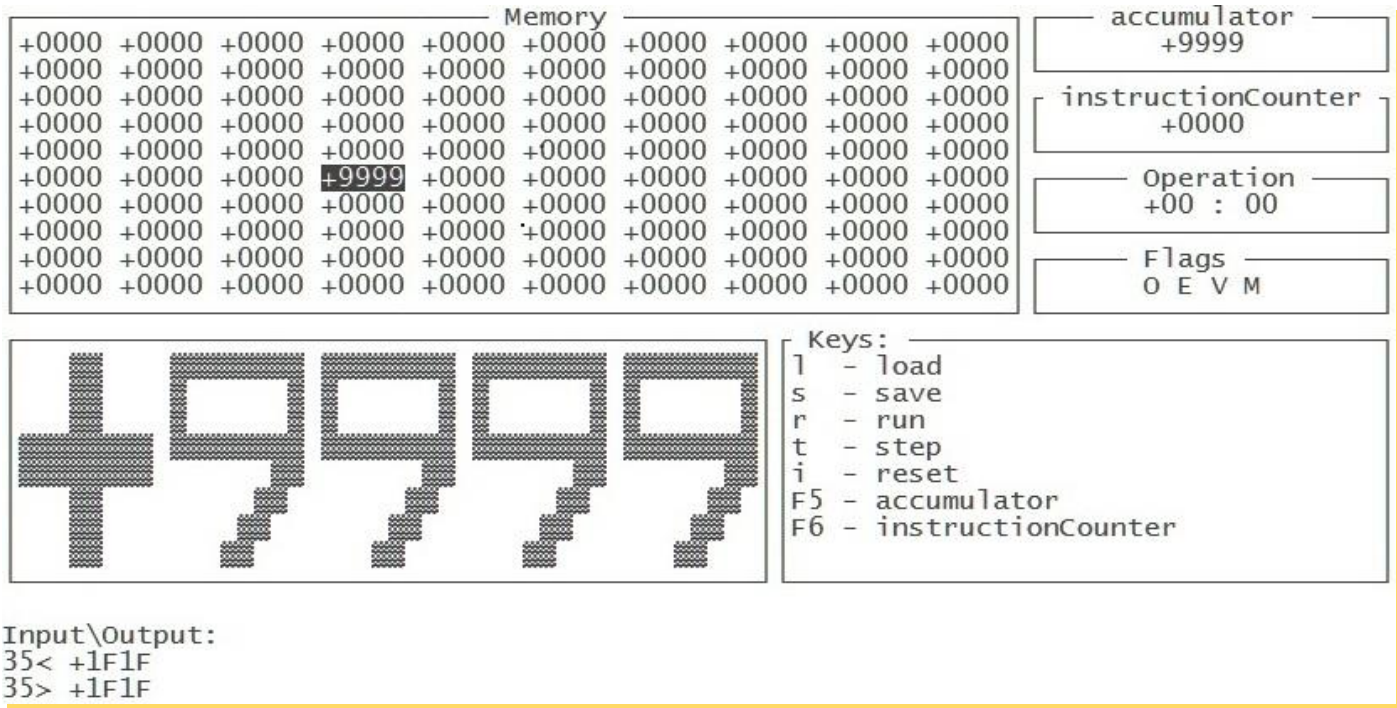


Рисунок 1 – интерфейс консоли управления моделью Simple Computer

АРХИТЕКТУРА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ SIMPLE COMPUTER

Архитектура Simple Computer представлена на рисунке 2 и включает следующие функциональные блоки:

- оперативную память;
- внешние устройства;
- центральный процессор.

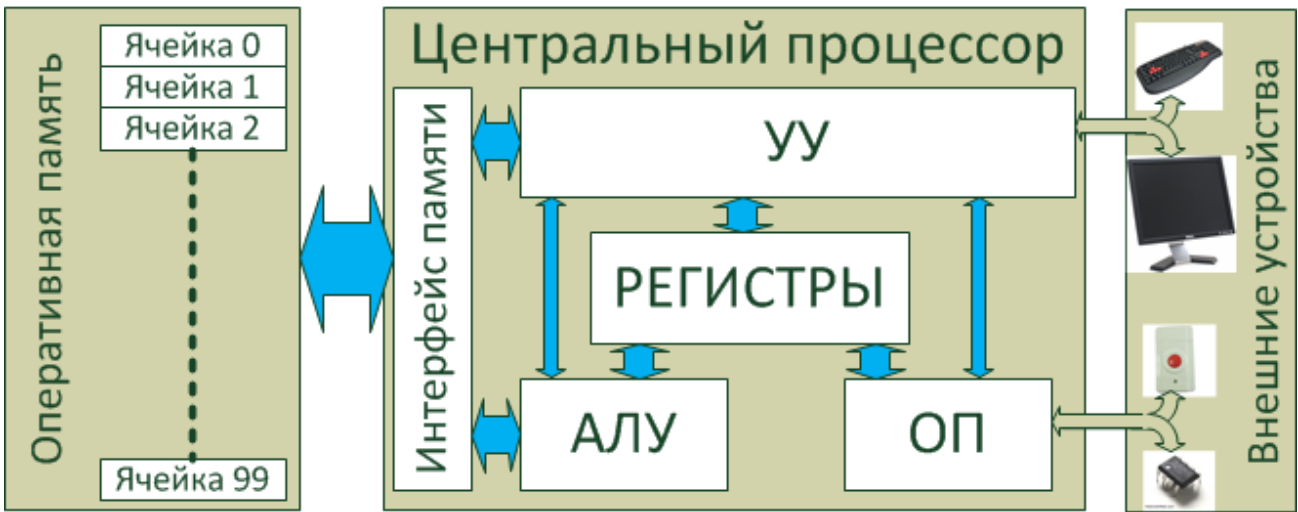


Рисунок 2 – Архитектура вычислительной машины Simple Computer

Оперативная память

Оперативная память – это часть Simple Computer, где хранятся программа и данные. Память состоит из ячеек (массив), каждая из которых хранит 15 двоичных разрядов. Ячейка – минимальная единица, к которой можно обращаться при доступе к памяти. Все ячейки последовательно пронумерованы целыми числами. Номер ячейки является её адресом и задается 7-миразрядным числом. Предполагаем, что Simple Computer оборудован памятью из 100 ячеек (с адресами от 0 до 99₁₀).

Внешние устройства

Внешние устройства включают: клавиатуру и монитор, используемые для взаимодействия с пользователем, системный таймер, задающий такты работы Simple Computer и кнопку «Reset», позволяющую сбросить Simple Computer в исходное состояние.

Центральный процессор

Выполнение программ осуществляется центральным процессором Simple Computer. Процессор состоит из следующих функциональных блоков:

- регистры (аккумулятор, счетчик команд, регистр флагов);
- арифметико-логическое устройство (АЛУ);
- управляющее устройство (УУ);
- обработчик прерываний от внешних устройств (ОП);
- интерфейс доступа к оперативной памяти.

Регистры являются внутренней памятью процессора. Центральный процессор Simple Computer имеет: аккумулятор, используемый для временного хранения данных и результатов операций, счетчик команд, указывающий на адрес ячейки памяти, в которой хранится текущая выполняемая команда и регистр флагов, сигнализирующий об определенных событиях. Аккумулятор имеет разрядность 15 бит, счетчика команд – 7 бит. Регистр флагов содержит 5 разрядов: переполнение при выполнении операции, ошибка деления на 0, ошибка выхода за границы памяти, игнорирование тактовых импульсов, указана неверная команда.

Арифметико-логическое устройство (англ. arithmetic and logic unit, ALU) — блок процессора, который служит для выполнения логических и арифметических преобразований над данными. В качестве данных могут использоваться значения, находящиеся в аккумуляторе, заданные в операнде команды или хранящиеся в оперативной памяти. Результат выполнения операции сохраняется в аккумуляторе или может помещаться в оперативную память. В ходе выполнения операций АЛУ устанавливает значения флагов «деление на 0» и «переполнение».

Управляющее устройство (англ. control unit, CU) координирует работу центрального процессора. По сути, именно это устройство отвечает за выполнение программы, записанной в оперативной памяти. В его функции входит: чтение текущей команды из памяти, её декодирование, передача номера команды и операнда в АЛУ, определение следующей выполняемой команды и реализации взаимодействий с клавиатурой и монитором. Выбор очередной команды из оперативной памяти производится по сигналу от системного таймера. Если установлен флаг «игнорирование тактовых импульсов», то эти сигналы устройством управления игнорируются. В ходе выполнения операций устройство управления устанавливает значения флагов «указана неверная команда» и «игнорирование тактовых импульсов».

Обработчик прерываний реагирует на сигналы от системного таймера и кнопки «Reset». При поступлении сигнала от кнопки «Reset» состояние процессора сбрасывается в начальное (значения всех регистров обнуляются и устанавливается флаг «игнорирование сигналов от таймера»). При поступлении сигнала от системного таймера, работать начинает устройство управления.

Система команд Simple Computer

Получив текущую команду из оперативной памяти, устройство управления декодирует её с целью определить номер функции, которую надо выполнить и операнд. Формат команды следующий (см. рисунок 3): старший разряд содержит признак команды (0 – команда), разряды с 8 по 14 опреде-

ляют код операции, младшие 7 разрядов содержат операнд. Коды операций, их назначение и обозначение в Simple Assembler и приведены в таблице 1.



Рисунок 3 – Формат команды центрального процессора Simple Computer

Таблица 1. Команды центрального процессора Simple Computer

| Операция | | Значение |
|--|-----|--|
| Обозначение | Код | |
| Операции ввода/вывода | | |
| READ | 10 | Ввод с терминала в указанную ячейку памяти с контролем переполнения |
| WRITE | 11 | Вывод на терминал значение указанной ячейки памяти |
| Операции загрузки/выгрузки в аккумулятор | | |
| LOAD | 20 | Загрузка в аккумулятор значения из указанного адреса памяти |
| STORE | 21 | Выгружает значение из аккумулятора по указанному адресу памяти |
| Арифметические операции | | |
| ADD | 30 | Выполняет сложение слова в аккумуляторе и слова из указанной ячейки памяти (результат в аккумуляторе) |
| SUB | 31 | Вычитает из слова в аккумуляторе слово из указанной ячейки памяти (результат в аккумуляторе) |
| DIVIDE | 32 | Выполняет деление слова в аккумуляторе на слово из указанной ячейки памяти (результат в аккумуляторе) |
| MUL | 33 | Вычисляет произведение слова в аккумуляторе на слово из указанной ячейки памяти (результат в аккумуляторе) |
| Операции передачи управления | | |
| JUMP | 40 | Переход к указанному адресу памяти |
| JNEG | 41 | Переход к указанному адресу памяти, если в аккумуляторе находится отрицательное число |
| JZ | 42 | Переход к указанному адресу памяти, если в аккумуляторе находится ноль |
| HALT | 43 | Останов, выполняется при завершении работы программы |
| Пользовательские функции | | |
| NOT | 51 | Двоичная инверсия слова в аккумуляторе и занесение результата в указанную ячейку памяти |
| AND | 52 | Логическая операция И между содержимым аккумулятора и словом по указанному адресу (результат в аккумуляторе) |
| OR | 53 | Логическая операция ИЛИ между содержимым аккумулятора и словом по указанному адресу (результат в аккумуляторе) |
| XOR | 54 | Логическая операция исключающее ИЛИ между содержимым аккумулятора и словом по указанному адресу (результат в аккумуляторе) |
| JNS | 55 | Переход к указанному адресу памяти, если в аккумуляторе находится положительное число |
| JC | 56 | Переход к указанному адресу памяти, если при сложении произошло переполнение |
| JNC | 57 | Переход к указанному адресу памяти, если при сложении не произошло переполнение |
| JP | 58 | Переход к указанному адресу памяти, если результат предыдущей операции четный |
| JNP | 59 | Переход к указанному адресу памяти, если результат предыдущей операции нечетный |
| CHL | 60 | Логический двоичный сдвиг содержимого указанной ячейки памяти влево (результат в аккумуляторе) |
| SHR | 61 | Логический двоичный сдвиг содержимого указанной ячейки памяти вправо (результат в аккумуляторе) |

| | | |
|-------|----|--|
| RCL | 62 | Циклический двоичный сдвиг содержимого указанной ячейки памяти влево (результат в аккумуляторе) |
| RCR | 63 | Циклический двоичный сдвиг содержимого указанной ячейки памяти вправо (результат в аккумуляторе) |
| NEG | 64 | Получение дополнительного кода содержимого указанной ячейки памяти (результат в аккумуляторе) |
| ADDC | 65 | Сложение содержимого указанной ячейки памяти с ячейкой памяти, адрес которой находится в аккумуляторе (результат в аккумуляторе) |
| SUBC | 66 | Вычитание из содержимого указанной ячейки памяти содержимого ячейки памяти, адрес которой находится в аккумуляторе (результат в аккумуляторе) |
| LOGLC | 67 | Логический двоичный сдвиг содержимого указанного участка памяти влево на количество разрядов указанное в аккумуляторе (результат в аккумуляторе) |
| LOGRC | 68 | Логический двоичный сдвиг содержимого указанного участка памяти вправо на количество разрядов указанное в аккумуляторе (результат в аккумуляторе) |
| RCCL | 69 | Циклический двоичный сдвиг содержимого указанного участка памяти влево на количество разрядов указанное в аккумуляторе (результат в аккумуляторе) |
| RCCR | 70 | Циклический двоичный сдвиг содержимого указанного участка памяти вправо на количество разрядов указанное в аккумуляторе (результат в аккумуляторе) |
| MOVA | 71 | Перемещение содержимого указанной ячейки памяти в ячейку, адрес которой указан в аккумуляторе |
| MOVR | 72 | Перемещение содержимого ячейки памяти, адрес которой содержится в аккумуляторе в указанную ячейку памяти. |
| MOVCA | 73 | Перемещение содержимого указанной ячейки памяти в ячейку памяти, адрес которой находится в ячейке памяти, на которую указывает значение аккумулятора |
| MOVCR | 74 | Перемещение в указанный участок памяти содержимого участка памяти, адрес которого находится в участке памяти указанном в аккумуляторе |
| ADDC | 75 | Сложение содержимого указанной ячейки памяти с ячейкой памяти, адрес которой находится в ячейке памяти, указанной в аккумуляторе (результат в аккумуляторе) |
| SUBC | 76 | Вычитание из содержимого указанной ячейки памяти содержимого ячейки памяти, адрес которой находится в ячейке памяти, указанной в аккумуляторе (результат в аккумуляторе) |

Выполнение команд центральным процессором Simple Computer

Команды выполняются последовательно. Адрес ячейки памяти, в которой находится текущая выполняемая команда, задается в регистре «Счетчик команд». Устройство управления запрашивает содержимое указанной ячейки памяти и декодирует его согласно используемому формату команд. Получив код операции, устройство управления определяет, является ли эта операция арифметико-логической. Если да, то выполнение операции передается в АЛУ. В противном случае операция выполняется устройством управления. Процедура выполняется до тех пор, пока флаг «останов» не будет равен 1.

Консоль управления

Интерфейс консоли управления представлен на рисунке 1. Он содержит следующие области:

- “Memory” – содержимое оперативной памяти Simple Computer.
- “Accumulator” – значение, находящееся в аккумуляторе;
- “instructionCounter” – значение регистра «счетчик команд»;
- “Operation” – результат декодирования операции;
- “Flags” – состояние регистра флагов («П» - переполнение при выполнении операции, «0» - ошибка деления на 0, «М» - ошибка выхода за границы памяти, «Т» - игнорирование тактовых импульсов, «Е» - указана неверная команда);
- “Cell” – значение выделенной ячейки памяти в области “Memory” (используется для редактирования);
- “Keys” – подсказка по функциональным клавишам;
- “Input/Output” – область, используемая Simple Computer в процессе выполнения программы для ввода информации с клавиатуры и вывода её на экран.

Содержимое ячеек памяти и регистров центрального процессора выводится в декодированном виде. При этом, знак «+» соответствует значению 0 в поле «признак команды», следующие две цифры – номер команды и затем операнд в шестнадцатеричной системе счисления.

Пользователь имеет возможность с помощью клавиш управления курсора выбирать ячейки оперативной памяти и задавать им значения. Нажав клавишу “F5”, пользователь может задать значение аккумулятору, “F6” – регистру «счетчик команд». Сохранить содержимое памяти (в бинарном виде) в файл или загрузить его обратно пользователь может, нажав на клавиши «l», «s» соответственно (после нажатия в поле Input/Output пользователю предлагается ввести имя файла). Запустить программу на выполнение (установить значение флага «игнорировать такты таймера» в 0) можно с помощью клавиши “r”. В процессе выполнения программы, редактирование памяти и изменение значений регистров недоступно. Чтобы выполнить только текущую команду пользователь может нажать клавишу “t”. Обнулить содержимое памяти и задать регистрам значения «по умолчанию» можно нажав на клавишу “i”.