**ШИНЫ**

**Адресная шина (АВ)**

|  |  |
| --- | --- |
| 2 | 12 |
| Номер устройства | Адрес |

Первые два бита отвечают за выбор устройства

0 – ничего

1 – RAM

2 – RCM

3 - СТЕК

**Контрольная шина (СВ)**

CB[7..0]

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|  |  |  |  | 0 – ничего  1 - выставить регистр данных на шину | 0 – ничего  1 – записать в AR с шины данных | 0 – ничего  1 – выставить AR на шину адреса | 0 – чтение  1 - запись |

**Конвейерная шина**

CB\_convey[7..0]

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|  |  | Предсказание было верное | Конфликт чтения записи | WRITE ready | EXEC ready | OF ready | IF ready |

CB\_convey[15..8]

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 |
| Reg[63] из IF | 0 – ничего  1 – остановить WRITE | 0 – ничего  1 – остановить OF and EXEC | 0 – ничего  1 – перезаписать адрес IF на правильный | Сменить регистры конвейера | Перезаписать регистры конвейера | Запустить конвейер WRITE | Запустить конвейер IF & OF |

**Внутренняя управляющая шина (ICB) и внутренние шины блоков.**

Контролирует направление связи всех внутренних шин с основными. Внутренняя память блока, содержащего микрокоманды имеет ширину 48 бит: ICB[15..0] CB[15..0] AB[15..0].

Младший байт ICB управляет связями всех внутренних шин. ICB[7..0]

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Память микрокоманд в шины блока | | Шины блока в общие шины | | | Общие шины в шины блока | | |
| CB | AB | CB | AB | DB | CB | AB | DB |
| 0 – линия разорвана  1 – линия связана в указанном направлении | | | | | | | |

Старший байт ICB отвечает за различные взаимодействия внутри конкретного блока. В частности старший бит ICB[15] обычно используется для защелкивания входных данных (статическое управление).

**RAM**

Чтение происходит за два такта. Первый такт сменяется адрес, второй так – на шину выставляются правильно прочитанные данные.

**СТЕК**

Стек активируется при выставлении старших бит адресной шины (AB[13..12]) в 1.

Микрокомандами для стека служат младшие биты адресной шины:

|  |  |
| --- | --- |
| Младшие биты | Микрокоманда |
| 0 | - |
| 1 | Увеличить указатель стека |
| 2 | Уменьшить указатель стека |
| 3 | Записать данные в стек |
| 4 | Прочитать данные из стека |
| 5 | Прочитать регистр флагов из стека |

**Извлечение инструкций, Instruction Fetch (IF)**

В reg[39..0] ложится полная инструкция. В reg[40] сохраняется текущее предсказание.

Если команда являлась прыжком, то второй операнд перезаписывается блоком на адрес, который не был выбран для возможности последующей поправки.

Блок имеет следующую последовательность операций:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер ICB | Фронт Срез | Значение |
| 8 | / | Сохранить прочитанную инструкцию (первая половина такта) |
| 9 | \ | В зависимости от предсказания сменить текущий адрес |

Необходимо учесть, что память с инструкциями (IROM) имеет динамическое управление. Переключение инструкции происходит по фронту каждого такта.

Также блок имеет возможность заменить текущий адрес по внешнему сигналу.

**Контрольный модуль (СМ)**

Включает в себя бесконечный итератор, который проходит следующие шаги:

|  |  |
| --- | --- |
| Номер шага | Значение |
| 0 | Запустить все стадии конвейера |
| 1 | Сохранить результаты каждой стадии |
| 2 | Сменить промежуточные регистры |

**Промежуточные регистры**

reg[63]: 1 – работаем 0 – пауза

IF -> OF AND EXEC

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 63..41 | 40 | 39..0 |
| - | предсказание | Прочитанная инструкция |

OF AND EXEC -> WRITE

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 59..56 | 55..48 | 47..32 | 31..0 |
| Старшие 4 бита команды | Флаги операции | Результат операции | Операнды команды |

**Архитектура системы команд (АСК)**

Команда вместе с операндами занимает 40 бит

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 39..32 | 31..16 | 15..0 |
| Команда | Операнд 1 | Операнд 2 |

Биты команды имеют следующий формат

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3..0 |
| Команда является прыжком | 2 операнда | 1 операнд | 0 операндов | Номер команды |

Полный список реализуемых команд

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Обозначение | Битовое представление | HEX представление | DEC представление |
| NOTZ | 00100001 | 21 | 33 |
| AND | 01000010 | 42 | 66 |
| INCS | 00100011 | 23 | 35 |
| ROL | 00100100 | 24 | 36 |
| MOV | 00100101 | 25 | 37 |
| JMP | 10010110 | 96 | 150 |
| PUSH | 00100111 | 27 | 39 |
| POP | 00011000 | 18 | 24 |
| HLT | 00011001 | 19 | 25 |
| JBZ | 10011010 | 9A | 154 |

**Извлечение операндов (OF)**

В блоке извлечения операндов находится два регистра, отвечающие за временное сохранение операндов.

Полная программа блока включает в себя загрузку обоих операндов. Управление количеством загружаемых операндов происходит за счет изменения длины выполняемой микропрограммы (константа длины для внутреннего итератора).

Даже если длина программы равна 0, то на выходе ready имеется мгновенный прыжок (101), который позволяет использовать этот выход для запуска следующего блока выполнения.

Блок полностью полагается на верную кодировку старших четырех бит команды. Если ни один бит, отвечающий за количество аргументов, не выставлен, то блок войдет в бесконечный цикл.

Также происходит проверка не является ли команда командой PUSH. Если это команда PUSH, то блок записи выключается посредством выключения бита 63 регистров WRITE\_IN.

Внутренняя шина блока (ICB[15..8])

|  |  |
| --- | --- |
| Номер бита | Значение |
| 8 | Выставить на шину адреса адрес OP1 |
| 9 | Выставить на шину адреса адрес OP2 |
| 10 | Сохранить OP1 |
| 11 | Сохранить OP2 |

Микропрограмма извлечения операндов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ICB | CB | AB |
| Ничего не делаем | | |
| 00000000\_11000000 | 00000000\_00000000 | 00000000\_00000000 |
| Выставляем адрес первого операнда на шину и защелкиваем данные | | |
| 00000001\_10110001 | 00000000\_00000000 | 00000000\_00000000 |
| Читаем первый операнд и сохраняем его | | |
| 00000101\_10110001 | 00000000\_00000000 | 00000000\_00000000 |
| Читаем второй операнд | | |
| 00000010\_10110001 | 00000000\_00000000 | 00000000\_00000000 |
| Читаем второй операнд и сохраняем его | | |
| 00001010\_10110001 | 00000000\_00000000 | 00000000\_00000000 |

**Запись результата (WRITE)**

Внутренняя шина блока (ICB[15..8])

|  |  |
| --- | --- |
| Номер бита | Значение |
| 8 | 0 – выставить значение 1- выставить флаги |
| 9 | 0 – не выставлять 1 – выставить адрес результата |
| 10 | Всегда ноль чтобы работало (tristate bustri) |

Микропрограмма

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ICB | CB | AB |
| Ничего не делаем | | |
| 00000000\_11000000 | 00000000\_00000000 | 00000000\_00000000 |
| Записываем регистр флагов и защелкиваем данные | | |
| 10000001\_11111000 | 00000000\_00000001 | 00100000\_00000000 |
| Выставляем адрес результата и записываем данные | | |
| 00000010\_10111000 | 00000000\_00000001 | 00100000\_00000000 |
| 00000010\_10111000 | 00000000\_00000001 | 00100000\_00000000 |

**Регистр флагов (FR)**

Имеет адрес 0 в пространстве регистров.

Значащим является только младший байт. Значения старшего байта не определены.

|  |  |
| --- | --- |
| Бит | Значение |
| 0 | 0 – (res != 0) 1 – (res == 0) |
| 1 | 0 – (res > 0) 1 – (res < 0) |
| 2 | Carry бит |
| 3 | Бит переполнения |
| 4 | Стек пуст ошибка чтения |
| 5 | Стек полон ошибка записи |
| 6 |  |
| 7 |  |

**Конвейер (convey)**

Конвейер имеет внутренний итератор, который отвечает за фазу (внутреннюю итерацию) работы конвейера. Основные фазы:

|  |  |
| --- | --- |
| Фаза | Значение |
| 0 | Запуск блоков IF, OF, EXEC, WRITE. |
| 1 |
| 2 | Сохранение результатов в промежуточных регистрах |
| 3 | Смена промежуточных регистров |

0 и 1 фазы выделены для работы всех блоков т.к. параллельно работают блоки (фаза 0 - IF || OF) а потом (фаза 1 - EXEC || WRITE).

Конвейер работает постоянно. Остановка происходит за счет своевременной установки битов reg[63] в 0.

**Контрольный модуль (CM)**

Осуществляет контроль конвейера.

Имеет следующие этапы:

|  |  |
| --- | --- |
| Этап | Значение |
| 0 | Запустить все блоки конвейера, если нет конфликтов чтения-записи |
| 1 | Запустить блок записи, если есть конфликт чтения записи(добавить смену регистров записи и выключение) |
| 2 | Если предыдущий прыжок был с неверным предсказанием, то исправить адрес и сохранить флаг «неверный прыжок» |
| 3 | Перезаписать промежуточные регистры если нет конфликтов чтения-записи |
| 4 | Сменить промежуточные регистры если нет конфликтов чтения-записи |
| 5 | Остановить блок EXEC если выставлен флаг «неверный прыжок»  Перезаписать текущее значение конфликта чтения-записи |

**Операции**

**AND (DEC 66)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ICB | CB | AB |
| Ничего не делаем | | |
| 00000000\_11000000 | 00000000\_00000000 | 00000000\_00000000 |
| Защелкиваем входные данные | | |
| 10000000\_11000000 | 00000000\_00000001 | 00100000\_00000000 |

HLT (DEC 25)