

Highlands Computing Centre

Айлейдский вычислительный центр - это довольно нестандартный мод, добавляющий в игру руины древнего города Аэлона, под осыпавшимися сводами которых таится один из величайших секретов древних Айлейдов. Жаждущему запретных знаний путнику стоит обратить свой взор на обширные горные плато Коловии и держать путь к руинам Облачной Вершины, северо-восточнее которых можно обнаружить прекрасно узнаваемые следы айлейдской архитектуры. В одной из уцелевших башен, осветив свой путь светом яркого факела, ищущий может обнаружить небольшой клочок пергамента с подсказкой об имени хранителя ключа от машинного зала.

В помещениях машинного зала можно найти книги по истории Аэлона, дневник человека, его нашедшего, и несколько книг описания машины. Также, в руинах можно найти огромный Лабиринт Хаоса, жутковатую Гробницу, и много чего еще. И, естественно, саму машину. Все вещи выполнены вполне в духе ЛОРа, поэтому не должны нарушать атмосферу. Напротив, игроки, которым понравился официальный мод Обсерватории, которые пользуются Куома Journal Mod, могут найти данный мод достаточно интересным для отыгрыша своих пресонажей.

Машина представляет из себя полноценную Универсальную Автоматическую Цифровую Вычислительную Машину. Игрок может прямо в игре программировать машину и запускать свои программы на выполнение. Говоря формальным языком, машина фон-неймановской архитектуры, одноадресная, разрядность шины данных - 8 бит, шины адреса - 5 бит. Объем системы команд - 8 команд. Объем ОЗУ = $2^5 = 32$ байта. Практика показала, что это идеальный объем для реализации внутри игры.

Автор прилагает специальную инструкцию для тех, кто хочет ощутить себя коловианским Бэббиджем :) Также, это будет полезно всем, кто хочет получше узнать, как же работают ЭВМ.

Поскольку машина программируется напрямую в двоичных кодах, объяснение для пользователя любого уровня заняло бы несколько томов. Поэтому я напишу краткую информацию, которой будет достаточно для знакомого с низкоуровневым программированием игрока.

Вообще говоря, информации вполне достаточно той, что размещена во внутриигровых книгах.

Инструкция по программированию машины

Машина работает согласно программе, заносимой игроком в ее память. Программа состоит из команд и операндов. Каждая команда имеет длину восемь бит, и состоит из двух полей:

[адрес_операнда] [код_команды]

Поля имеют фиксированную длину в 5 и 3 бита соответственно. При этом поле адреса располагается в старшей части.

В двоичном виде это записывается так:

AAAAACCC

где A — адрес

C — команда.

Поскольку машина одноадресная, в ее составе имеется накапливающий сумматор, с которым и производятся все операции. Например, команда суммирования сложит операнд с содержимым сумматора, а команда условного перехода будет проверять содержимое сумматора и выполнять переход на адрес операнда.

Самая простая программа

Для тех, кому лень читать все, или просто поскорее хочется увидеть машину в действии, предназначен этот абзац. Необходимо выполнить следующие действия:

1. Сбросить машину (кнопка 4 (самая дальняя от центра пульта) на правом столе);
2. Нажать вторую кнопку (посередине) на левом столе. Под кнопкой засветится кристалл. Это говорит о включенном режиме ввода команд;
3. Нажать крайнюю правую пластину на центральном столе. Должен загореться кристалл рядом с пластинкой;
4. Нажать вторую кнопку на правом столе;
5. Нажать вторую кнопку (посередине) на левом столе. Кристалл под кнопкой погаснет. Режим ввода команд выключен;
6. Нажать первую (дальше всех от центра) кнопку на левом столе. Загорится кристалл под кнопкой;
7. Нажать первую (ближе всех к центру) кнопку на правом столе;
8. Нажать крайнюю правую пластину на центральном столе. Должен загореться кристалл рядом с пластинкой;
9. Нажать вторую кнопку на правом столе;
10. Запустите машину кнопкой 3 (ближе всех к центру) на левом столе. Под кнопкой загорится кристалл, говорящий о том, что машина работает.

Данная «программа» является демонстрацией универсальной памяти — каждая ячейка изначально содержит нуль, но машина рассматривает это как команду (00000 000 — сложение с числом по адресу 00000, см. далее). Мы лишь заносим единицу в эту самую первую ячейку. Программа лишена останова, поэтому будет выполняться бесконечно. Для ручного останова надо нажать третью кнопку на левом столе.

Система команд

- 000 — суммирование
- 001 — вычитание
- 010 — условный переход, если число на сумматоре — нуль (положительный или отрицательный — не имеет значения, проверяются только младшие семь бит)
- 011 — условный переход, если число на сумматоре отрицательно
- 100 — безусловный переход
- 101 — копирование числа из сумматора по адресу операнда
- 110 — взятие числа по адресу операнда и занесение на сумматор (с предварительным обнулением)
- 111 — останов (в данном случае адрес операнда не имеет значения)

Примеры команд

- 00100 001 — вычтеть содержимое ячейки 00100 из содержимого сумматора
- 10000 011 — перейти на адрес 10000, если на сумматоре отрицательное значение
- 10000 100 — перейти на адрес 10000, без проверок
- 00000 110 — установить на сумматоре число из ячейки 00000
- 11111 111 — остановить исполнение программы

Пример программы

Для примера приведем программу целочисленного деления. Допустим, делимое хранится по адресу 30 (11110), а делитель — по адресу 31 (11111). Упрощенный алгоритм выглядит следующим образом:

1. Загрузить на сумматор число из ячейки 30
2. Вычтеть содержимое ячейки 31
3. Проверить сумматор на нулевое значение, если нуль — перейти на пункт 5
4. Проверить сумматор на отрицательное значение, если да — перейти на пункт 10
5. Занести содержимое сумматора в ячейку 30
6. Загрузить на сумматор число из ячейки 29 (11101)
7. Увеличить на единицу содержимое сумматора, сложив с числом из ячейки 28 (11100)
8. Занести содержимое сумматора в ячейку 29
9. Перейти на пункт 1
10. Загрузить содержимое ячейки 29 на сумматор
11. Останов.

Замечание: пункт 3 необходим, чтобы предотвратить ошибку деления кратных чисел. Если делимое делится на делитель без остатка, то на последней итерации вычитания содержимое сумматора будет равно делителю. В результате вычитания на сумматоре появится так называемый «отрицательный нуль» - число 10000000. При этом, значение частного все еще должно быть инкрементировано (пункты 6-8).

Итого, нам потребовалось 11 команд и 4 ячейки для хранения переменных. 15 из 32 байт памяти использовано. Приведенный алгоритм можно сократить, как минимум, на две операции, но в целях повышения наглядности мы не станем этого делать.

Теперь запишем программу в кодах машины

Адрес	Команда	Описание
00000	11110 110	Загрузить на сумматор число из ячейки 30 (11110)
00001	11111 001	Вычесть содержимое ячейки 31 (11111)
00010	00100 010	Проверить сумматор на нулевое значение, если нуль — перейти на пункт 5 (адрес 00100)
00011	01001 011	Проверить сумматор на отрицательное значение, если да — перейти на пункт 10 (адрес 01001)
00100	11110 101	Занести содержимое сумматора в ячейку 30
00101	11101 110	Загрузить на сумматор число из ячейки 29 (11101)
00110	11100 000	Увеличить на единицу содержимое сумматора, сложив с числом из ячейки 28 (11100)
00111	11101 101	Занести содержимое сумматора в ячейку 29
01000	00000 100	Перейти на пункт 1 (адрес 00000)
01001	11101 110	Загрузить содержимое ячейки 29 на сумматор
01010	11111 111	Останов
11100	00000 001 (данные)	Единица
11101	00000 000 (данные)	Ячейка хранения частного
11110	00010 100 (данные)	Число 20 (делимое)
11111	00000 011 (данные)	Число 3 (делитель)

Результат целочисленного деления 20 на 3 должен быть такой: 00000110 (десятичное 6). В качестве эксперимента можно перезадать данные по адресам 11101 — 11111.

Порядок ввода таков:

11. Сбросить машину (кнопка 4 (самая дальняя от центра пульта) на правом столе);
12. Нажать вторую кнопку (посередине) на левом столе. Под кнопкой засветится кристалл. Это говорит о включенном режиме ввода команд;
13. Начать ввод команд, набирая их на пластинах. После каждой команды нажимать вторую кнопку на правом столе. Текущий адрес нигде не отображается, поэтому **будьте внимательны!** При подозрении на ошибку введите адрес, где ошиблись, и начинайте с того же места;
14. Когда дойдете до команды Останов и введете ее, нажмите еще раз вторую кнопку на левом столе, чтобы остановить ввод команд. Кристалл при этом погаснет;
15. Нажмите первую (дальше всех от центра) кнопку на левом столе. Загорится кристалл

- под кнопкой. Включено ожидание ввода нового значения указателя;
16. Введите адрес, откуда хотите начать ввод (в нашем случае — это начало блока данных, адрес 11100). Ввод адреса должен быть смещен в сторону младших разрядов, т. е., на пластинах надо набрать число 000 11100 (три старших нуля добавлены);
 17. Нажмите вторую кнопку на правом столе. Кристалл ожидания ввода адреса при этом погаснет;
 18. Активируйте режим ввода команд (кнопка 2, стол Л);
 19. Введите все четыре переменных, так же, словно бы это были команды (машина фон-неймановской архитектуры не делает различий между данными и командами);
 20. Отключите режим ввода команд;
 21. Запустите машину кнопкой 3 (ближе всех к центру) на левом столе. Под кнопкой загорится кристалл, говорящий о том, что машина работает. Когда кристалл погаснет, на сумматоре появится ответ (если все набрано правильно, это будет число 6 (00000110)).