

Программный эмулятор ЭЦВМ М-20 (первое поколение советских ЭЦВМ) Общее описание проекта.

Автор:

Дмитрий Викторович Стефанков

Версия 0: 29 ноября 2014 года

Версия 13: 10 марта 2015 года

1. Общие сведения

Общие сведения могут найдены в литературе, список которой приведен ниже.

Базовая литература для реализации и тестирования эмулятора ЭЦВМ М-20:

[1963 Ляшенко]

[1961 Шура-Бура]

[1962 Шура-Бура, Штаркман]

Исторические сведения можно найти в Интернете - в википедии или на сайте Виртуального Компьютерного Музея (<http://www.computer-museum.ru>).

Техническую документацию можно посмотреть у С.Вакуленко:

<https://code.google.com/p/m20/>

Важное замечание.

Исторические и технические данные о старых ЭВМ утрачиваются очень быстро. Верность их достаточно трудно проверять, особенно из-за утраты первичной технической документации и действующего оборудования.

Проиллюстрируем это на одном примере для М-20. Во всех сегодняшних источниках по М-20 и старых книгах по М-20 (за исключением одного военного учебника – авторы, видимо, аккуратно конспектировали оригинальное техническое описание) сообщается, что емкость МОЗУ составляет 4096 ячеек или слов. В действительности это нет так. В оригинальном техническом описании М-20 (есть в отделе ДСП РГБ) приведена верная цифра.

Дословно цитирую из части 1, страницы 3, абзаца 4:

«Оперативное запоминающее устройство на ферритовых сердечниках может хранить

до 4095 чисел или команд».

Адресация памяти составляет 4096 слов, а емкость только 4095.

Слово по адресу 0 – это всегда 0 по чтению и записи.

Данный пример крайне показателен.

Отсюда можно ожидать, что возможно ряд сведений о старых ЭВМ либо неверен, либо содержит соответствующие неточности.

Официальная техническая документация по М-20 (по-прежнему с грифом ДСП):

«Универсальная автоматическая быстродействующая цифровая вычислительная машина М-20», ЦБТИ, 1961-1962, 4 тома

«Универсальная автоматическая быстродействующая цифровая вычислительная машина М-20», 1965, 2 тома

2. Цели проекта

Обеспечить достоверную логическую эмуляцию (моделирование) работы и периферийных устройств для ЭЦВМ М-20 для исполнения новых программ или готовых программ для М-20.

Список моделируемого оборудования для М-20:

- 1) Процессор (ЦПУ включает АУ и УУ);
- 2) внутренняя оперативная память (МОЗУ);
- 3) магнитный барабан (МБ);
- 4) магнитная лента (МЛ);
- 5) читающее устройство с перфокарт (ЧУ);
- 6) устройство вывода на перфокарты (ПФ);
- 7) быстродействующее печатающее устройство (БПУ);
- 8) буферный регистр для печати (БР).

Проект для М-20 является базовым проектом для разработки эмуляторов советских универсальных ЭЦВМ первого и второго поколения.

Проект должен помочь выработать общую методику разработки таких эмуляторов и обеспечить базовую реализацию разных частей ЭВМ, так как советские ЭВМ 1-ого и 2-ого поколения с программной точки зрения достаточно схожи друг с другом (хотя там и было несколько разных ветвей развития).

Базовая среда реализации – среда SIMN.

Начальный вариант эмулятора – это эмулятор М-20, созданный С.Вакуленко.

Эмулятор М-20 от С.Вакуленко не является точным эмулятором ЭЦВМ М-20.

Эмулятор Вакуленко имеет в своем составе поддержку ЦПУ, МОЗУ и МБ (+АЦПУ?).

Этот эмулятор более похож на эмулятор ЭЦВМ типа М-20 без полной поддержки периферийных устройств.

Отсутствует документация по работе с эмулятором и нет описания входных и выходных форматов файлов (впрочем, автор предупреждает заранее об этом) .

Ошибки и неточности в эмуляторе Вакуленко есть, но это по существу первая известная реализация ЭЦВМ М-20 **(а первым быть всегда тяжело)**.

Эмулятор Вакуленко помог значительно сократить сроки для начальной реализации и позволил почти сразу начать работу над недостающими частями как магнитные ленты, перфокарты (на М-20 не было перфолент, хотя некоторые считают наоборот).

(Зная всегда надо подхватить или отобрать. Но что-то точно надо делать.)

Сформулируем примерный список требований к эмуляторам:

- 1) логическая достоверность программной эмуляции аппаратной реализации ЭЦВМ;
- 2) нет цели полностью эмулировать ЭЦВМ – нужно обеспечить эмуляцию в объеме, достаточном для запуска готовых или разрабатываемых команд;
- 3) обязательно сохранять исторические черты ЭЦВМ, которые возможно кажутся сегодня анахронизмом, но их реализация позволяет сохранить историческую достоверность и позволяет увидеть трудности и сложности работы на ЭЦВМ прошлых лет(например, ввод и вывод только в числах);
- 4) можно реализовать альтернативные возможности (см п.3), но только как альтернативные, иначе задачи исторической реконструкции не будут решены верно;
- 5) тестовые и контрольные задачи для проверки достоверности работы;
- 6) готовые образы ПО и данных (на ПФК,ПФЛ,МБ,МЛ) для демонстрации работы ЭЦВМ;
- 7) документация по эмулятору и по работе с ним (с примерами!);

3. Этапы реализации

1. Базовая реализация

Реализовать эмуляцию частей оборудования М-20, приведенных выше.

Разработать методику для проверки достоверности реализации.

Разработать тестовый набор программ для проверки достоверности работы

различных частей М-20.

Подготовить готовые образы ПО на ПФК, МБ, МЛ.

2. Запуск ИС-2 и СПП

Найти и подготовить к запуску ИС-2 (редакция 1961 года).

Найти и подготовить к запуску ИС-2 (редакция 1965 года).

Разработать тестовый набор программ для проверки достоверности работы ИС-2 на М-20.

Подготовить готовые образы ПО на ПФК, МБ, МЛ.

3. Кросс-ПО

Разработать дизассемблер для М-20.

Разработать автокод для М-20.

Разработать кросс-компиляторы для следующих ЯП: Фортран, Алгол, Бейсик, АЛМО.

Разработать тестовый набор программ для проверки достоверности работы кросс-ПО.

Подготовить готовые образы ПО на ПФК, МБ, МЛ.

4. Запуск ПО для М-20

Найти готовые программы для М-20 и попробовать запустить их (желательно обеспечить возможность сверки результатов).

Разработать демонстрационные программы для иллюстрации работы на М-20.

Подготовить готовые образы ПО на ПФК, МБ, МЛ.

4. Текущее состояние эмулятора для М-20

Состояние на 3 ноября 2014 г. (этап 1 – базовая реализация).

Сборка эмулятора Вакуленко.

Состояние на 23 ноября 2014 г. (этап 1 – базовая реализация).

Реализован весь список моделируемого оборудования для М-20:

- 1) Процессор (ЦПУ - АУ и УУ);
- 2) внутренняя оперативная память (МОЗУ);
- 3) магнитный барабан (МБ);
- 4) магнитная лента (МЛ);
- 5) читающее устройство с перфокарт (ЧУ);
- 6) устройство вывода на перфокарты (ПФ);
- 7) быстродействующее печатающее устройство (БПУ);

8) буферный регистр для печати (БР).

Эмулятор имеет четкое логическое разделение между своими модулями.

Набраны все базовые тесты из [1963 Ляшенко], есть дополнительные тестовые примеры.

Эмулятор не проходит примерно 10 тестов из 150 тестовых примеров. Также нет уверенности в точной реализации различных операций АЛУ (исправленная реализация АЛУ перенесена из эмулятора Вакуленко). Исправления в модуль ЦПУ внесены, поэтому проходят практически все тесты, но есть проблемы.

Возможно в модуле ЦПУ надо перейти к табличной реализации функций.

Начать разработку унифицированных групп тестовых и контрольных задач для автоматической проверки достоверности работы частей ЭЦВМ в эмуляторе.

Состояние на 27 декабря 2014 г. (этап 1 – базовая реализация).

Исправлены ошибки в реализации периферии ЭЦВМ М-20. Проходят все тесты из [1963 Ляшенко]. Однако реализация машинной арифметики не соответствует пока реальной ЭЦВМ М-20, что выяснилось на тестовых прогонах, например, при использовании СП 010 (перевод чисел из двоичной системы счисления в десятичную).

Тестовых примеров стало больше. Большинство работает верно.

Добавлена поддержка кодовых страниц (CP-1251 и CP-866) для русского языка.

Состояние на 17 января 2015 г. (этап 2 – Запуск ИС-2).

Реализация машинной арифметики стала более или менее соответствовать ожидаемым результатам. ИС-2 редакции 1961 и 1965 годов запускается успешно. Несколько СП введены и успешно запускаются (т.е. проходят тесты с ожидаемыми результатами).

Для каждой СП приходится готовить тесты и это крайне трудоемкий процесс.

Состояние на 28 февраля 2015 г. (этап 3,4 – Кросс-ПО, Запуск ПО для М-20).

Встроенный дизассемблер есть. Автокод для М-20 реализован. У автокода нет промышленного качества, но может успешно транслировать большинство программ.

Про трансляторы пока придется забыть. Образы МЛ, МБ и ПФК есть.

Демонстрационные и учебные примеры есть.

Несколько реальных программ для М-20 удалось найти. Но либо из-за ошибок в них самих (неверные к/с, ошибки или опечатки авторов при наборе текста) или из-за возможных неточностей реализации операций М-20 в эмуляторе, ни одна из программ не просчиталась до конца, чтобы можно было сравнить результаты просчетов на реальной ЭЦВМ М-20 и эмуляторе М-20.

По этому вопросу продолжим искать реальные программы для М-20.

Поддержаны в эмуляторе и автокоде все 8-разрядные русские кодировки:

CP866 OEM, CP1251 ANSI, KOI8-R, UTF-8.

Вместе с А.В. Ионовым попробовали сделать другую реализацию арифметических операций. Не все получилось. Возможно, позже удастся вернуться к этому вопросу.

На сегодняшний день разработка эмулятора М-20 завершена.

Не удалось достичь всех целей, но первый полный эмулятор М-20 все-таки появился.

Ниже приводится текущий список реализованного (и еще нет) для эмулятора М-20.

Состояние на 10 марта 2015 г. (этап 3,4 – Кросс-ПО, Запуск ПО для М-20).

Неожиданно удалось найти в РГБ книгу [1963 ЛВИКА]. Содержит комплексный тест (КТ-1 или КТ-2). Очень хотелось проверить насколько реализация эмулятора соответствует реальному оборудованию. Описание тестов и их прохождение приведено в отдельной таблице. До конца пройти тесты не удалось. Часть найденных ошибок и неточностей исправлена. Но главная причина – ошибки в реализации арифметики на границах разрядных сеток.

А.В. Ионов предполагает, что ему удастся поправить нашу реализацию. Надеюсь, что результаты его работы мы увидим еще в этом столетии.

А в целом, эмулятор получился. Большая часть тестов все-таки пройдена.

Таблица списка реализации эмулятора М-20.

Оборудование/свойство/Возможность	Статус (состояние)
Процессор (ЦПУ включает АУ и УУ)	Реализовано. В рабочем состоянии.
Внутренняя оперативная память (МОЗУ)	Реализовано. В рабочем состоянии.
Магнитный барабан (МБ)	Реализовано. В рабочем состоянии.
Магнитная лента (МЛ)	Реализовано. В рабочем состоянии.
Читающее устройство с перфокарт (ЧУ)	Реализовано. В рабочем состоянии.
Устройство вывода на перфокарты (ПФ)	Реализовано. В рабочем состоянии.
Быстродействующее печатающее устройство (БПУ)	Реализовано. В рабочем состоянии.
Буферный регистр для печати (БР)	Реализовано. В рабочем состоянии.
Поддержка русских кодировок для сообщений (cp866, cp1251, koi8r, utf8)	Реализовано. Успешно работает.
Улучшенные отладочные возможности: печать состояния регистров, печать состояния ячеек памяти и другие	Реализовано. Исключительно полезно.
Профилирование запуска программы (время и число исполнений каждой машинной инструкции)	Реализовано. Полезно и любопытно.
Готовые образы ПО на ПФК, МБ, МЛ	Реализовано. И можно сгенерировать еще больше.
Тестовый набор программ для проверки достоверности работы различных частей М-20	Реализовано. Постоянно используется для проверки.

ИС-2 1961 года	Реализовано. Но пока не работает.
ИС-2 1963 года	Реализовано. Успешно работает.
ИС-2 1965 года	Реализовано. Успешно работает. (Не предоставляется для эмулятора М-20, так как предназначена ЭЦВМ типа М-20)
СПП 1961 года	Частично реализовано. Успешно работает. Кроме СП 37.
Тестовый набор программ для проверки достоверности работы ИС-2 и СПП на М-20	Реализовано. Постоянно используется для проверки.
Дизассемблер для М-20	Реализован как встроенный. Пока достаточно.
Автокод для М-20	Реализовано. Успешно созданы рабочие программы при помощи автокода. (Найти оригинальные автокоды для М-20 пока не удалось).
Кросс-компиляторы для следующих ЯП: Фортран, Алгол, Бейсик, АЛМО	Не реализовано. (Больше хочется найти оригинальное ПО)
Реальные программы для М-20	Удалось найти несколько. Но пока нет ни одного удачного полного запуска.
Демонстрационные программы для иллюстрации работы на М-20	Реализовано. Программы успешно запускаются на эмуляторе М-20.

5. Комплексный тест (КТ-1 или КТ-2)

Найден в книге [1963 ЛВИКА]. Примерно соответствует заводским тестам М-20 (если верить описанию). Текст составлен в МГУ и предоставлен ЛВИКА.

Набор тестов занял два дня. Проверка заняла два дня. Необходимые изменения и исправления вносились в эмулятор в ходе прохождения тестов.

Сами тесты и результаты их прохождения можно найти в соответствующих каталогах.

Тесты являются зацикленными (т.е. бесконечными), поэтому в командных файлах запусках стоят ограничения на число проходов с использованием точек останова (breakpoint в SIMN).

Тесты запускаются либо с перфокарт, либо с магнитного барабана 1.

Общий объем тестов – 123 перфокарты.

Выбор теста и задание их параметров осуществляется через регистры клавиатурного ввода.

Таблица комплексного теста для эмулятора М-20.

Название части КТ	Контрольная сумма	Краткое описание	Способ запуска	Выполнение части КТ (теста)
Программа запись тестов на МБ-1	Есть. Сходится.	Тесты должны быть в памяти ЭЦВМ. Программа записывает их нужным образом на магнитный барабан №1.	С перфокарт	Успешно работает
Полный комплексный тест	Есть. Не сходится.	Предназначен для проверки всех цепей машины М-20.	С перфокарт С МБ-1	Частично пройден успешно (большая часть тестов пройдена)
Тест питания и “шапка”	Есть. Сходится.	Управление КТ. Исполнение теста питания перед каждым тестом.	С перфокарт С МБ-1	Успешно работает
Тест № 1	Есть. Не сходится.	Проверка цепей анализа на “0” (“нет 0”).	С перфокарт С МБ-1	Не пройден. (При выборе реализации арифметики по Шуре-Буре и Штаркмане проходим большую часть теста).
Тест № 2	Есть. Не сходится.	Проверка цепей выработки признака w.	С перфокарт С МБ-1	Успешно пройден (надо проверить команды

				циклического сложения и вычитания)
Тест № 3	Есть. Сходится.	Проверка СМА на переменном коде.	С перфокарт С МБ-1	Успешно пройден
Тест № 4	Есть. Не сходится.	Проверка операций управления.	С перфокарт С МБ-1	Успешно пройден
Тест № 5	Есть. Сходится.	Проверка операций умножения	С перфокарт С МБ-1	Не пройден
Тест № 6	Есть. Не сходится.	Сводный тест. Проверка арифметических и логических операций.	С перфокарт С МБ-1	Не пройден
Тест № 7	Есть. Сходится.	Проверка СМЧ на переменном коде.	С перфокарт С МБ-1	Успешно пройден
Тест № 10	Есть. Сходится.	Проверка СМП на переменном коде.	С перфокарт С МБ-1	Успешно пройден
Тест № 11	Есть. Сходится.	Тест МЗУ-1. Проверка МЗУ (барабан, лента, печать, перфорация) на переменном коде.	С перфокарт С МБ-1	Успешно пройден
Тест № 12	Есть. Сходится.	Тест МЗУ-2. Проверка МБ в режиме записи групп одинаковых кодов – “1” и “0”.	С перфокарт С МБ-1	Успешно пройден
Тест № 13	Есть. Не сходится.	Тест МЗУ-3. Проверка всех режимов при обращении к МБ, МЛ и выводе на	С перфокарт С МБ-1	Успешно пройден

		печать или перфорацию.		
Тест № 14	Нет	Проверка МОЗУ на переменном коде с долблением.	С перфокарт С МБ-1	Успешно пройден
Тест № 15	Нет	Тест перфорации.	С перфокарт С МБ-1	Успешно пройден
Тест № 16	Нет	Тест печати "8" и "10".	С перфокарт С МБ-1	Успешно пройден

6. Проблемы, недостатки, иные трудности

1. Из документации осталось неясным как записывалась контрольная сумма для устройств если а) на МБ записываем 4096 кодов, б) на МЛ в зону записываем число кодов равных числу кодов размера этой зоны.

(После чтения оригинальной документации с грифом «ДСП» в РГБ возможный ответ найден)

2. Из документации осталось неясным до конца точное представление десятичной и восьмеричной печати на БПУ и ПФ.

(После чтения оригинальной документации с грифом «ДСП» в РГБ возможный ответ найден).

3. Что означает при вызове ССП x0y в признаках адресов?

(Ответ в книге «Библиотека стандартных программ» 1961 г. на странице 13.)

4. Версия ИС-2 из [1961 Шура-Бура] дает ошибку при вызове любой ССП. Почему?

(Есть расхождения по использованию ячеек или может быть эмулятор в чем-то не соответствует реальной машине М-20)

5. Для листингов программ мало или просто нет проверочных данных.

(С этим ничего не сделаешь)

6. Нет контрольных сумм для приведенных машинных кодов. Трудно проверять достоверность исполнения. Данная проблема характерна для всех источников, включая и книгу [1961 Шура-Бура]. Более или менее положение улучшилось после 1965 года (но и там есть неверные контрольные суммы, опечатки и ошибки при наборе).

(С этим ничего не сделаешь)

7. Плохое, запутанное, неточное или противоречивое описание реализации

арифметических операций для ЭЦВМ М-20 или ЭЦВМ типа М-20.
(С этим ничего не сделаешь)

7. Краткие итоги

1. Первый полный эмулятор ЭЦВМ М-20 есть (все-таки первый в мире!).
2. Время реализации достаточно больше (может быть до 3-4 месяцев).
3. Главная проблема – отсутствие оригинальных контрольных задач, тестовых комплектов (это всегда будет головной болью для реализаций советских ЭЦВМ).
4. Это была первая реализация. На ней было получено множество «шишек», но удалось «вжиться» в предметную область и для следующих работ получен важный опыт.
5. Пройдена большая часть тестов из комплексного теста 1963 года.
6. Дело не закончено – оно будет продолжаться как будет время и возможности.

8. Список использованной литературы

В списке литературы присутствуют только те источники, которые есть у автора в твердом или электронном виде. Ссылки на источники, недоступные автору, не могут быть приведены (хотя бы потому, что они не просматривались и не анализировались).

[1963 Ляшенко]

Ляшенко В.Ф.

"Программирование для электронной цифровой вычислительной машины М-20"
1963, Москва, Советское радио

[1967 Ляшенко]

Ляшенко В.Ф.

"Программирование для цифровых вычислительных машин М-20, БЭСМ-3М, БЭСМ-4, М-220"
1967, Москва, Советское радио

[1974 Ляшенко]

Ляшенко В.Ф.

"Программирование для ЦВМ с системой команд типа М-20"

Изд. 2-е. Перераб. и допол.

1974, Москва, Советское радио

[1967 Черепанов, Ширнюк]

Г.И.Черепанов, В.Н.Ширнюк

"Краткое описание электронной цифровой вычислительной машины 'М-20'"

1967, Ленинград, ЛВИКА им. А.Ф.Можайского

[1975 Павлов, Посохов]

Павлов Б.М., Посохов И.Н.

"Математическое обеспечение ЭВМ типа М-20"

Библиотечка программиста.

1975, Москва, Наука

[1962 Наталуха]

Наталуха Р.Г.

"Сборник стандартных подпрограмм и блоков,используемых при решении задач на ЭВМ УРАЛ-1 и М-20"

1962, Киев, КВИРУ ПВО

[1961 Шура-Бура]

(ред. М.Р.Шура-Бура)

"Библиотека стандартных программ "

1961, Москва, ЦБТИ

[1963 Агеев, Королев]

М.И.Агеев, В.М.Королев

"Программирование для электронной цифровой машины М-20"

1963, Москва

[1970 Ахашев, Квасов]

В.Л.Ахашев, В.А.Квасов

"Вопросы технической эксплуатации ЦВМ М-20"

1970, Академия Противоздушной Обороны

[1965 Бабенко и др.]

Л.П.Бабенко, Л.И. Довгополая, Г.М.Корниенко, Е.Л.Ющенко

"Система автоматического программирования для машины М-20. Транслятор с адресного

языка. Справочное руководство."

1965, Киев, Наукова Думка

[1965 ИС2 и ЭФ для М-20]

Вопросы математической эксплуатации вычислительных машин. Выпуск 2.

Стандартные подпрограммы для машин типа М-20 №1.

"Интерпретирующая система и элементарные функции"

1965, Москва, ВЦ АН СССР

[1973 Лавров]

С.С.Лавров

"Введение в программирование"

1973, Москва, Наука

[1977 Лавров]

Лавров С.С.

"Введение в программирование" (Издание 2-е, исправленное и дополненное)

1977, Москва, Наука

[1966 Иванов и др.]

Иванов Л. А., Бунакова А. А., Лоскутов Н.Г., Давыденко В. П., Домашев И.П., Саитов В.И., Богатырев Ю.В., Горшков Л.Е.

"Программирование для ЭЦМ оперативно-тактических и инженерно-технических задач"

1966, Ленинград, Военная Краснознаменная Академия Связи

[1965 Гутер и др.]

Гутер Р.С., Овчинский Б.В., Резниковский П.Т.

"Программирование и вычислительная математика. Учебное пособие."

1965, Москва, Наука

[1971 Гутер и др.]

Гутер Р.С., Резниковский П.Т., Резник С.М.

"Программирование и вычислительная математика" (Выпуски 1 и 2)

1971, Москва, Наука

[1967 Прохоров и др.]

Прохоров В.И., Погорелко И.А., Яковлев В.А.

"Основы программирования для электронных цифровых вычислительных машин"

1967, Москва, Высшая Школа

[1971 Исаев и др.]

Исаев И.П., Бирюков И.В., Перова А.А., Матвеевичев
"Вычислительная техника в инженерных и экономических расчетах"
1971, Москва, Транспорт

[1963 ЛВИКА]

Тех.редактор Ф.А.Маханова

"Комплексный тест"

1963, Ленинград, Ленинградская Военная Инженерная Академия

9. Список разработчиков ЭЦВМ М-20 и программистов

Список составлен по техническому описанию М-20 (1961 и 1965 гг.)
и по книге Шуры-Буры 1961 года.

Разработчики М-20:

акад. **С.А. Лебедев** (гл.конструктор)

Сулим М.К. (зам. гл.конструктора)

Кондрашов А.Ф.

Левшин В.И.

Соловьев А.А.

Кутеянцев И.В.

Алексеев А.А.

Кривоносов Э.И.

Тяпкин М.В.

Разработчики ИС-2 и СПП:

М.Р. Шура-Бура (ИС-2, СП 10,33,36,100)

В.И. Собельман (СП 00,01,03,06,11,12,13,15,16,27,30,40,42,43,47,50)

В.В. Ковда (СП 04,05)

В.С. Штаркман (СП 02)

В.В. Мартынюк (СП 32,34,35,41,53,54,51,52,55,56,60,61,62)

Т.А. Шаргина (СП 37)

Т.П. Кузнецова (СП 17,20,45)

Г.М. Кириллова (СП 41,53,54,51,52,53,55,56,60,61,62)

Т.А. Тросман (СП 07,21,22,23,24,25,26,47)

10. Список благодарностей

Приведен в общем руководстве по проекту.