

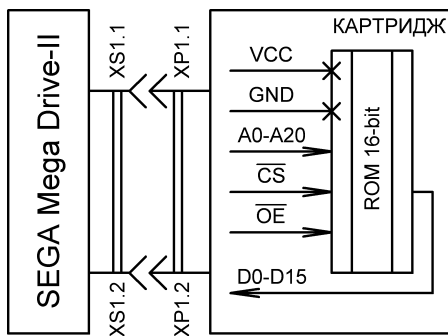
«Вечный» картридж для «SEGA Mega Drive-II»

Сергей Рюмик, г. Чернигов

*Если и стоит что-то делать, так только то, что принято считать невозможным.
(Оскар Уальд)*

При виде надписи «Сделано в Гонконге» сразу же возникает ассоциация с очень дешевой электронной продукцией. А можно ли сделать самодельное устройство по цене в 2-3 раза ниже южно-китайского аналога? В случае с перезаписываемым картриджем для 16-битной игровой приставки «SEGA Mega Drive-II» (MD2) - можно! Интерес к данной теме высказан в 150 сообщениях на Интернет-форуме <http://shedevr.org.ru/forum/viewforum.php?f=13>.

Обобщенная структурная схема картриджа MD2 (рис. 1) содержит 16-разрядное масочное ПЗУ емкостью 4-32 Мбита (0,5-4 Мб), в котором записана игровая программа. Назначение сигналов: A0-A20 - шина адреса, D0-D15 - шина данных, /CS - выбор кристалла, /OE - разрешение выхода, VCC, GND - питание и общий провод.



При нормальной работе на входы /CS, /OE подаются лог. «0», на шине адреса выставляется адрес ячейки, из которой затем считывается информация по шине данных.

ПЗУ может содержать одну 16-разрядную или две 8-разрядные микросхемы. Иногда в картридже присутствует ОЗУ и логика управления [1]. Время выборки ПЗУ не более 120 нс, напряжение питания 5 В, ток потребления 10-30 мА. Картридж вставляется в ISA-подобный слот XS1 приставки MD2.

Перезаписываемые картриджи фирма SEGA официально не выпускала. Во времена расцвета MD2 в 1989-1994 гг еще не существовало дешевых технологических решений компактного хранения и записи больших объемов информации. Из самодельных разработок известны: многоразовый SEGA-картридж с управлением от видеомагнитофона [2], белорусский единственный экземпляр FLASH-картриджа (<http://shedevr.org.ru/stuff/subpages/sega>), его американский прототип (<http://devster.retrodev.com/sega/segarom.png>, 29 Кб).

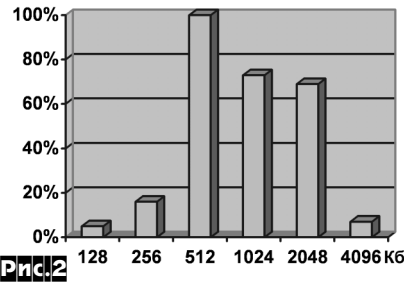
Первое из устройств не имеет прямого выхода на компьютер. Второе - требует больших финансовых затрат из-за двух корпусов ПЗУ в картридже и контроллера в программаторе. Третье - имеет слишком малую емкость. Кроме того, ни одно из перечисленных устройств не может работать с несколькими играми сразу.

В промышленных FLASH-картриджах проблемы решены. Мировым лидером в их производстве являются гонконгская фирма ToToTEK (<http://www.tototek.com>). Ее продукция - это целый спектр FLASH-карт объемом 32-64 Мбит для различных игровых приставок. Программирование происходит через LPT-порт, питание от USB. Недостаток картриджей - высокая стоимость (70-100 USD), плюс расходы на пересылку через таможню.

Предлагается взять лучшее из любительских и профессиональных картриджей и построить новое устройство - низкое по цене и приемлемое по параметрам.

Исходные данные для разработки.

1. Объем картриджа 32 Мбит. Это столько же, как в Tototek MD-PRO 32M, но в два раза меньше, чем в Tototek MD-PRO 64M. Для сведения, картриджи емкостью более 32M - большая редкость. В Интернете упоминается только о двух таких играх: «Super Street Fighter 2» и «Hercules». Остальные 3000 игр укладываются в объем 32M. Следовательно, значительно увеличивать стоимость устройства из-за двух игр нерационально.



2. Число игр в картридже 1-16. На рис. 2 показана гистограмма процентного распределения, составленная на основе анализа 1049

игр на сайте <http://www.emu-russia.km.ru>. Как видно, основная масса игровых программ имеет длину 512-2048 Кб, значит, их удобно группировать в картриджи блоками по 2-8 шт.

3. Разумная стоимость. Цена перезаписываемого картриджа должна не слишком отличаться от стоимости самой приставки. В этом случае будет выгоднее самому сделать «вечный» многоразовый картридж, чем постоянно покупать новые игры. Популярность MD2 в странах СНГ все еще высока, приставка до сих пор служит желанным подарком детям.

Микросхема FLASH-ПЗУ является основным и самым дорогостоящим элементом картриджа. От правильности ее выбора зависит также сложность и стоимость FLASH-программатора.

Различают FLASH-ПЗУ с параллельным (Parallel FLASH) и последовательным (Serial FLASH) интерфейсом. Первые из них содержат отдельные шины адреса и данных, что идеально подходит для картриджа.

По числу линий в шине данных бывают 8-, 16- и 8/16-разрядные FLASH-ПЗУ. В разрабатываемом устройстве можно применить две 8-разрядные или одну 16- (8/16-) разрядную микросхему. Второй вариант, судя по прайсам фирм-поставщиков, дешевле. Если выбирать между моделями 16 и 8/16 бит, то предпочтение следует отдать последним, поскольку программатор для них построить проще. Смена разрядности производится установкой лог. «0» или «1» на одном из выводов микросхемы. При программировании задается режим 8 бит, при запуске игровой программы - 16 бит.

По напряжению питания различают FLASH-ПЗУ с диапазоном: 4,5-5,5 В (Standard); 3,0-3,6 В (Low Voltage); 2,7-3,3 В (Battery Voltage); 1,6-2,2 В (Ultra Low Voltage). Технологические нормы изготовления у них прямо пропорциональны питанию, соответственно от 0,25-0,35 до 0,13-0,15 мкм.

Пятивольтовые ПЗУ перспектив не имеют. Эти «динозавры» производятся небольшой номенклатурой для дооснащения ранее выпущенной продукции и редко достигают объема 16-32M. ПЗУ с номинальным напряжением 1,8 В ориентированы на рынок мобильных телефонов. Их сложно применять в любительских конструкциях из-за корпуса BGA (контакты из шариков припоя). Остаются трехвольтовые ПЗУ. Они потребляют мощность на 60% меньше пятивольтовых и имеют объем 8-128M.

Перечень микросхем, отобранных для картриджа, приведен в табл. 1. Все они имеют примерно одинаковые парамет-

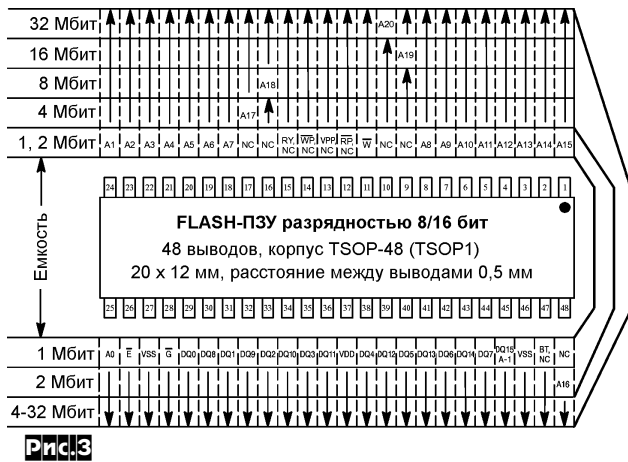
Табл. 1

Микросхема	Фирма
AM29DL32x	AMD
MBM29DL32x	Fujitsu
MX29LV32x	Macronix
LE28DW3212	Sanyo
M29W32x	STM
TC58FVTB32x	Toshiba
W19B32x	Winbond

Примечание - x=0...4

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ

ры: время выборки 70-100 нс, корпус TSOP-48, напряжение питания и программирования 2,7-3,6 В, ток потребления 10-40 мА. Цоколевка выводов у них унифицирована и соответствует нормам JEDEC Standard No.21-C (рис.3). Последняя цифра в названии микросхем обозначает тип архитектуры: 0 - Single Bank, 1-4 - Dual Bank (в один банк может записываться,



а из другого - одновременно считываться информация). Подобную технологию называют RWW (Read While Write). Предусмотрено секторное стирание, длина сектора 8-64 Кб. Имеется аппаратная и программная защита от случайного стирания данных.

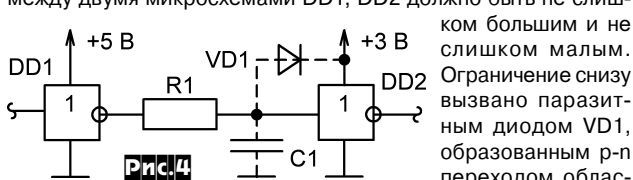
Назначение выводов: A0-A20 входы шины адреса, DQ0-DQ15 - входы-выходы шины данных, /WE - разрешение записи, /RES - начальный сброс, /WP - защита от стирания, RY - выход готовности, /BYTE - выбор режима 8 или 16 бит, /OE - разрешение выхода, /CE - выбор кристалла, VCC, VSS (GND) - питание и общий провод, NC - незадействовано.

Доступ к внутренним регистрам FLASH-ПЗУ производится программно через унифицированный протокол CFI (Common Flash Interface). К счастью, изучать его не придется. От FLASH-ПЗУ картриджа требуется «кандидатский минимум» - записать однократно массив данных, а затем читать его с произвольным доступом. Настраивать режимы не надо, поскольку при включении питания «интеллектуальное» ПЗУ инициализируется как обычное. Главное, подсоединить в схеме лог. «1» на выходы /RES, /WP, /WE и правильно коммутировать сигналы на выводе /BYTE: лог. «1» - режим 16 бит, лог. «0» - 8 бит.

Методы сопряжения уровней 3 В - 5 В

Как известно, в MD2 на разъем CARTRIDGE выведены логические сигналы, формируемые от источника 5 В. Однако, в многоразовом картридже будет применено трехвольтовое FLASH-ПЗУ. Как согласовать уровни, чтобы и микросхема не вышла из строя, и быстродействие заметно не ухудшилось?

Простейший способ согласования - резистивный. Сопротивление последовательно включенного резистора R1 (рис.4) между двумя микросхемами DD1, DD2 должно быть не слишком большим и не слишком малым.



Ограничение снизу вызвано паразитным диодом VD1, образованным р-п переходом области стока выходного р-канального транзистора на подложку микросхемы. Согласно нормам JEDEC все входы FLASH-ПЗУ должны выдерживать втекающий ток $I_m=20$ мА. Учитывая долговременную надежность, это значение следует понизить до 3-5 мА [3]. Минимальное сопротивление R1 рассчитывается по приближенной формуле: $R1_{min}[k\Omega] = (U_{вых}[В] - 3,7) / I_m[мА] = (4,5 - 3,7) / 4 = 0,2$ кОм, где $U_{вых}$ - напряжение лог. «1» DD1.

Ограничение сверху для сопротивления R1 вызвано ухудшением формы выходного сигнала из-за паразитного конденсатора C1, состоящего из емкости монтажа 10-20 пФ и входной емкости микросхемы DD2 (6-8 пФ). Если принять допус-

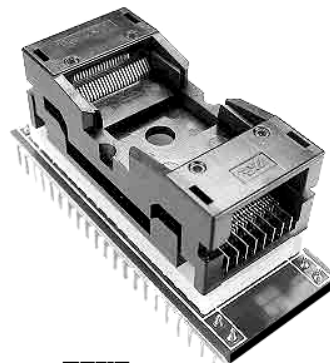
тимую задержку фронтов сигнала не более $t=30$ нс, то максимальное сопротивление R1 рассчитывается по приближенной формуле [3]: $R1_{max}[k\Omega] = 0,88 * t[нс] / C1[пФ] = 0,88 * 30 / 28 = 0,94$ кОм.

Итого, оптимальный диапазон сопротивлений R1 200...940 Ом. Микросхема FLASH-ПЗУ должна иметь время доступа не более 90 нс, чему соответствует, например, MBM29DL323TE90TN ф.Fujitsu.

Другие варианты сопряжения, как то, транзисторные ключи или буферные логические элементы серии HCT либо неоправданно сложны, либо приводят к еще большему ухудшению временных параметров [3].

Программатор FLASH-ПЗУ

Выбрать микросхему для картриджа и обеспечить ее согласование с MD2 - это полдела. Если для программирования потребуется устройство, в несколько раз превосходящее по стоимости саму микросхему, то греш цена такому техническому решению.



Проблема с программатором не надумана. Известные заводские универсальные программаторы UniProg, ChipProg, MultiProg, позволяющие прошивать ПЗУ емкостью 32Мбит с разрядностью 8/16 битов через специальный переходник стоимостью до 100 USD (рис.5). Но это слишком дорогое удовольствие для любителя.

Предлагается вместо промышленного использовать самодельный программатор, а в качестве переходного устройства - ISA-подобную розетку, в которую вставляется собственно картридж с запаянной в нем микросхемой ПЗУ.

Электрическая схема программатора (рис.6) представляет собой упрощенный симбиоз двух устройств: Willem Prog и EzoFlash Programmer (<http://www.willem.org>), но на отечественной элементной базе.

Микросхемы DD1, DD2 - буферные приемники сигналов LPT-порта с третьим состоянием на выходе. Это необходимо, чтобы бесконфликтно читать данные из FLASH-ПЗУ через последовательный сдвиговый регистр DD4 по цепям D0-D7. Выбор адреса записи или чтения производится переносом импульсов, поступающих от компьютера по цепи: XP1:3 - DD1:12 - DD1:11 на вход линейки трех регистров DD5-DD7. Синхроимпульсы CLK у них общие, поступающие от контакта 2 вилки XP1 (DD1:14).

Резисторы R3, R4 «привязывают» входы регистров DD5-DD7 к общему проводу. Тем самым устраняются сбои в момент, когда буфер DD1 переходит в высокоимпедансное состояние. Резисторы R5, DR1 - согласующие по входам LPT-порта. Индикатор HL1 светится во время чтения и записи информации. Индикатор HL2 указывает на исправность стабилизатора питания DA1 (5 В). Питание подается на разъем X1 от обычного сетевого адаптера MD2, «Dendy» или любого другого блока питания, обеспечивающего постоянное напряжение 8-16 В при токе 0,15 А. Конденсаторы C1-C8 снижают помехи по питанию.

Программатор подключается к LPT-порту IBM PC через кабель длиной 1,5-2 м. Режим работы LPT - обычный, SPP. Программное обеспечение свободно распространяется на сайте <http://www.willem.org> для DOS, Widows-9x/XP, Linux.

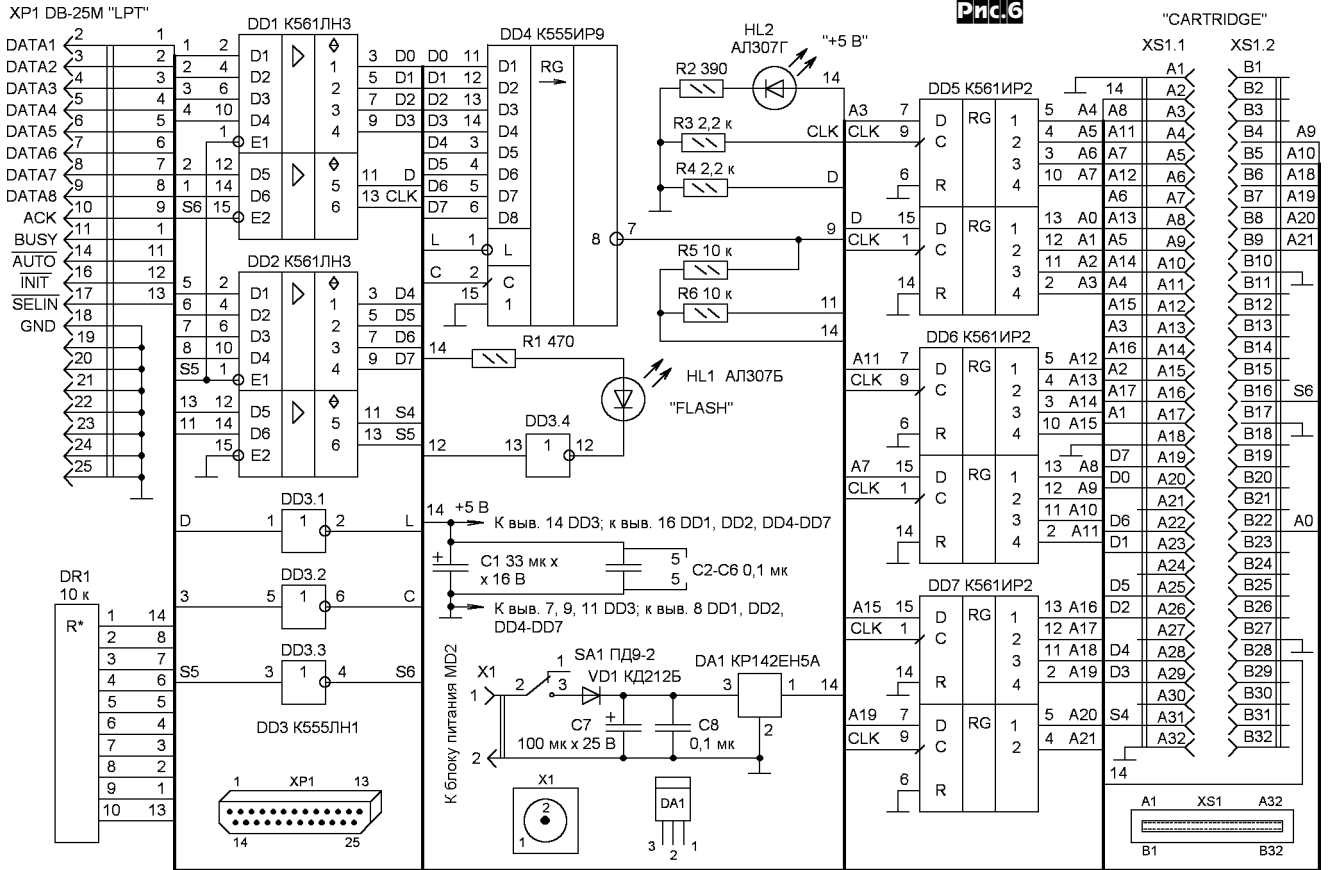
Детали и конструкция программатора

Поскольку устройство содержит небольшое число элементов, его можно выполнить как на печатной плате (файл разводки размещен на сайте PX), так и на «макетке».

Замена микросхем: DD3 - K1533ЛН1, DD4 - KP1533ИР9, DD5-DD7 - K176ИР2. Вместо набора резисторов DR1 НРП-9М можно установить 9 обычных резисторов 10 кОм 0,125 Вт, подключив их между цепями 1-8, 13 и цепью 14.

Розетка XS1 - покупной зарубежный слот на 64 контакта с расстоянием между контактами 2,54 мм. Замена - разъем

Рис.6



CARTRIDGE от неисправной MD2. Подойдет и компьютерный слот шины ISA, но с доработкой, поскольку в нем 62, а не 64 контакта. Доработка выполняется пропилом корпуса в торце. Для фиксации платы картриджа желательно установить сбоку ограничитель, например, металлическую стойку. Крайний ряд контактов картриджа будет электрически «висеть в воздухе», но это не страшно, т.к. сигналы дублируются общим проводом.

Электрическая схема многоразового картриджа (рис. 7) содержит FLASH-ПЗУ DS1 емкостью 32М, двоичный счетчик DD1, стабилизатор напряжения 3 В DA1. Разъем XP1 состоит из двух конструктивных ламелей с одной и с другой стороны печатной платы, которые вставляются в слот MD2 или в розетку XS1 программатора. Режимы работы задаются джамперными переключками XT1-XT4 согласно табл. 2. На синхровход

Табл.2

Число игр	Положение джамперов			
	XT1	XT2	XT3	XT4
1	2-3	2-3	2-3	2-3
2	1-2	2-3	2-3	2-3
4	1-2	1-2	2-3	2-3
8	1-2	1-2	1-2	2-3
16	1-2	1-2	1-2	1-2

С счетчика DD1 поступают короткие импульсы отрицательной полярности при каждом нажатии на кнопку RESET в приставке. Выходные сигналы счетчика коммутируют старшие разряды A17-A20 шины адреса DS1. Получается аппаратное разбиение массива на банки памяти, в каждом из которых находится своя игровая программа.

Переключение режима 8-16 бит происходит автоматически через контакт В27 разъема XP1. Когда картридж вставлен в розетку XS1 программатора, то подается лог. «0», когда в MD2 - лог. «1».

Резисторы R1-R25 согласуют уровни 3 В - 5 В. Резисторы

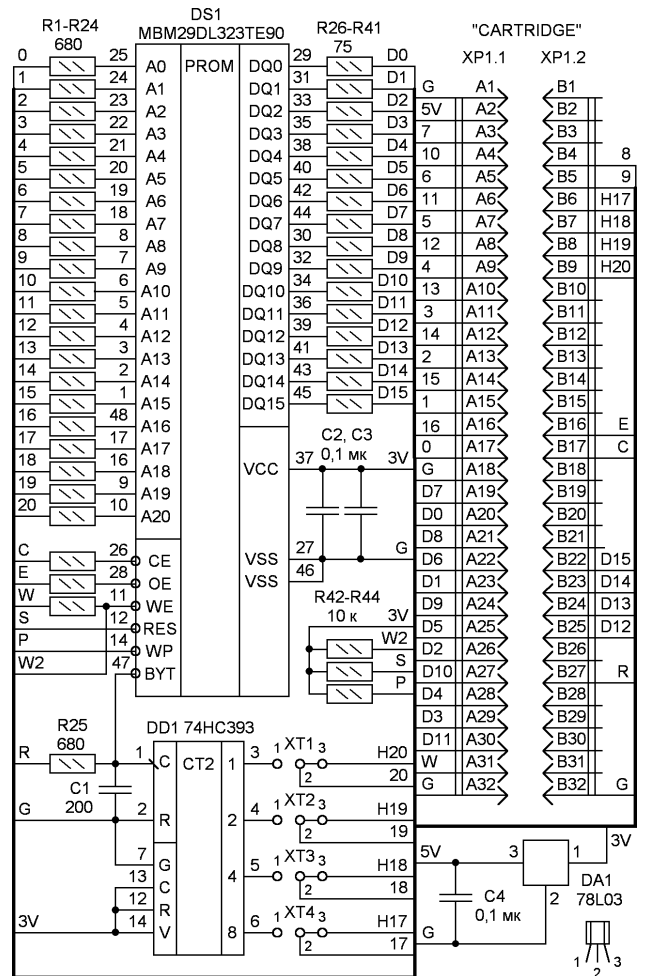


Рис.7

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ

R26-R41 - защитные на случай подачи на вход картриджа напряжения 5 В. Резисторы R42-R44 обеспечивают привязку линий к шине питания. Конденсаторы C1-C4 снижают импульсные помехи.

Детали и конструкция картриджа

Микросхема DS1 - любая из серии MBM29DL32x в корпусе TSOP-48 с нумерацией выводов по часовой стрелке. Для справки, существуют конструктивные разновидности микросхем с направлением выводов против часовой стрелки. Их можно использовать, но с изменением печатной платы.

Расшифровка обозначения MBM29DL323TE90TN согласно DATASHEET (<http://fj.spansion.com/datasheets/e520881.pdf>, 1,4 Мб): «MBM» - ф. Fujitsu, «29» - серия, «DL» - питание 3-3,6 В, «323» - емкость банков 8 и 24М, «TE» - загрузочный сектор в начале, «90» - время доступа 90 нс, «TN» - корпус TSOP-48 (по часовой стрелке). Допустимые замены в обозначении: емкость банков - «320, 321, 322, 324», загрузочный сектор в конце - «BD», время доступа 80 нс - «80». При использовании микросхем других фирм из табл.1 следует внимательно прочитать их DATASHEET и выяснить назначение букв и цифр, чтобы случайно не заказать ПЗУ в BGA-корпусе.

Микросхема DD1 поверхностно-монтируемая, SOP-14, SMD. Вместо нее можно применить любой 4-разрядный двоичный счетчик, работающий при питании 3 В. Подойдет даже K561IE10 с соответствующим изменением раскладки выводов.

Стабилизатор DA1 NJM78L03 ф. New Radio Japan (<http://info.hobbyengineering.com/specs/NJR-ae06004.pdf>, 189 Кб) имеет ограничение по максимальному току 0,1 А. Тем самым уменьшается вероятность пробоя FLASH-ПЗУ при появлении «тиристорного эффекта». Как показывает практика, микросхемы памяти ф. Fujitsu не страдают этим «недугом», очевидно из-за технологических «ноу-хау».

Картридж выполнен на двухсторонней печатной плате толщиной 1,5 мм и габаритами 84 x 68 мм (рисунок топологии размещен на сайте PX). Главное - это точно выдержать дюймовые расстояния между ламелями разъема XP1 и провести тонкие дорожки к микросхеме DS1. Плата рассчитана на установку чип-резисторов и чип-конденсаторов типоразмера 0805 (1206, 0603). Обычные резисторы и конденсаторы тоже могут устанавливаться с формовкой выводов по месту.

Пайку всех SMD-элементов производят паяльником с тонко заточенным жалом под лупой x4 или x6. При такой технологии монтажник 5 разряда вручную производит пайку микросхемы DS1 за 15-20 минут.

Если возникнут сложности с изготовлением печатной платы, то можно разобрать неисправный SEGA-картридж, удалить с него элементы и прикрепить на винтах внешнюю монтажную плату. На последней распаять микросхемы тонким проводом в эмалевой изоляции (http://shedevr.org.ru/stuff/subpages/sega/micro_big.jpg, 52 Кб). Если крупно повезет, то внутри SEGA-картриджа может оказаться микросхема в корпусе TSOP-48, тогда она просто меняется новой.

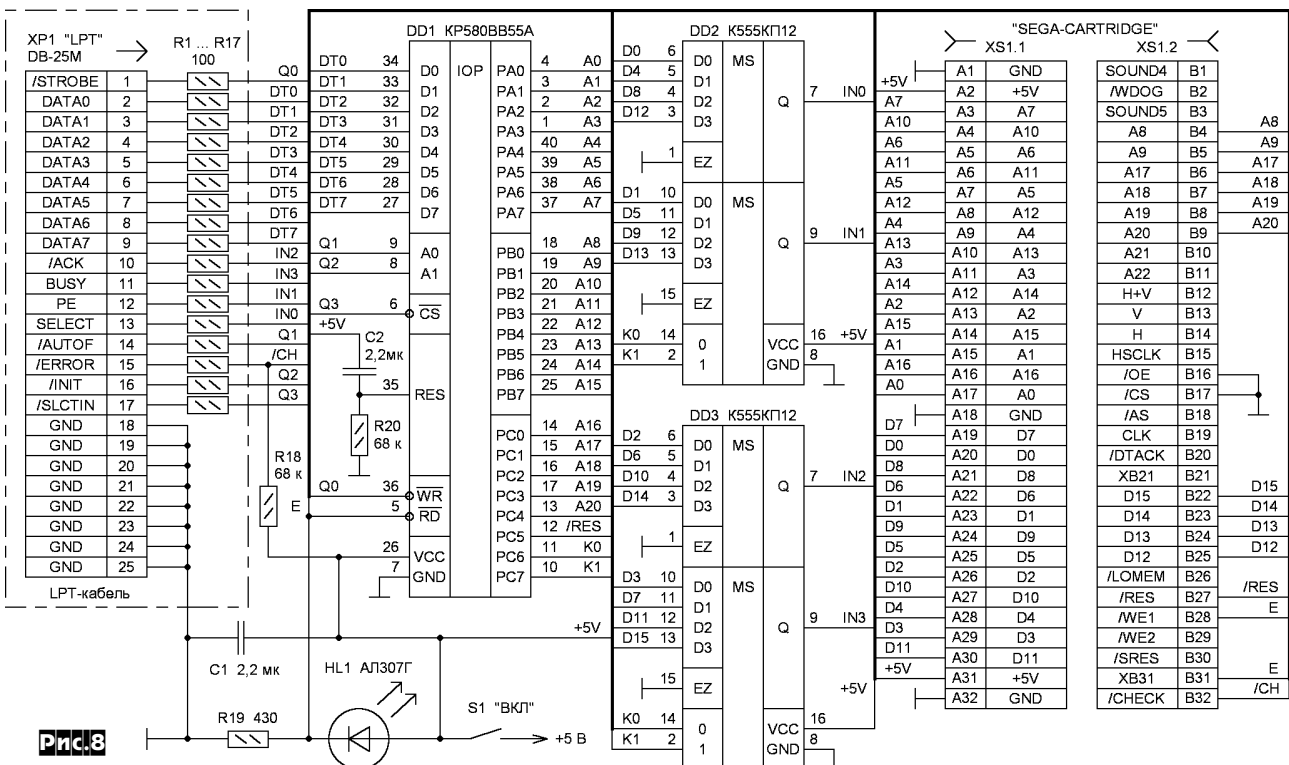
Порядок работы

Первым делом следует запастись бинарными файлами с прошивками игровых программ. По-другому их называют образцами ПЗУ или «ромами». Сделать это можно самостоятельно, перекопировав информацию с имеющихся в наличии картриджей в IBM PC при помощи дампера (рис.8 [1], улучшенный вариант авторского ПО размещен на сайте PX). Другой вариант - приобрести CD с записанными играми или скачать их с Интернета. Оригинальные прошивки размещены на сайте <http://www.emu-russia.km.ru>, русифицированные - <http://shedevr.org.ru>, <http://tv-game.narod.ru>.

Итак, bin-файлы игровых программ получены. Если предполагается разместить в картридже «многоигровку», то игры необходимо скомпоновать в пакет. Ввиду их различной длины, склеивать «в лоб» нельзя. Авторская утилита «Склещик» (файл «writer.exe» размещен на сайте PX) позволяет скомпоновать блоки по 2, 4, 8, 16 игр в диалоговом режиме. При «склейке» длина любой игры приводится к ближайшему большему значению: 2048, 1024, 512, 256 Кб.

Далее подключают программатор к компьютеру, устанавливают картридж (все джамперы в положение 2-3) и запускают программу «EepromM51.exe» (авторы - Mike Coates, Gitti leo, на сайте PX имеется ее копия с заранее внесенными начальными установками). Тестируют программатор: «Help-Test Hardware», должна появиться надпись ОК. Для записи файла в картридж выбирают: «File-Load-<имя bin-файла>-Action-Erase-Action-Program» (рис.9). Время записи полного картриджа - 25 мин. По окончании выключают питание программатора, извлекают картридж, ставят джамперы согласно табл.2 в зависимости от числа игр. Теперь вставляют устройство в MD2 и при необходимости меняют игру кнопкой RESET.

Число допустимых перезаписей картриджа 100000-1000000, время хранения 10-40 лет, что позволяет присвоить ему название «вечный». Если в ознакомительных целях играть по одной игре в день, то осилить весь архив SEGA-игр удастся за несколько лет. Для справки, ознакомительный просмотр не



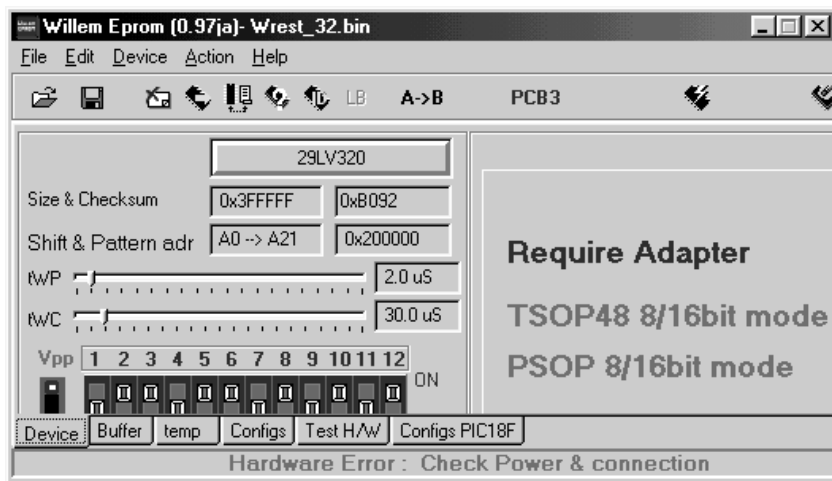


Рис.9

нарушает авторских прав. Считается, что пользователь вправе сделать себе одну копию имеющейся у него программы, не извлекая из этого коммерческой выгоды.

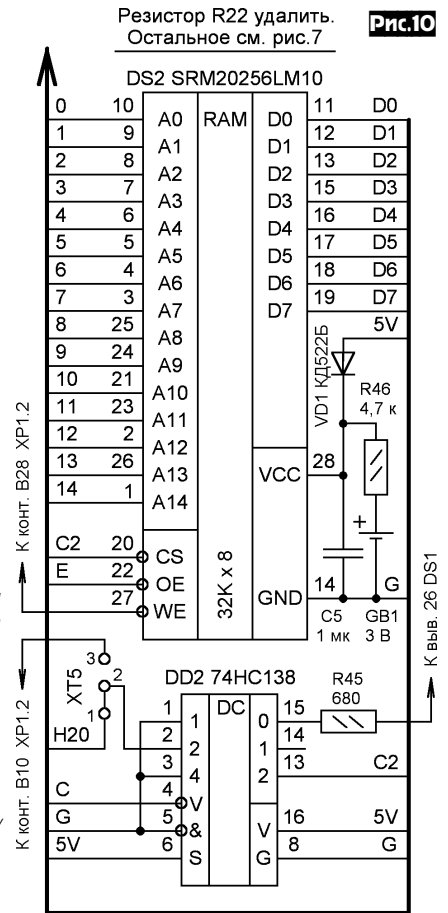
Игровые «гурманы» могут расширить возможности устройства введением в него ОЗУ DS2, дешифратора адреса DD2, развязывающего диода VD1, RC-фильтра R46C5 и батареи GB1 3 В (**рис. 10**). Джампер XT5 переключает адресацию, его положение подбирается экспериментально. После такой модернизации в картридже будут сохраняться отложенные позиции игр. Правда, эта функция имеется далеко не во всех играх, поэтому пользователю предстоит сделать выбор и решить, насколько оправдано усложнение схемы и конструкции.

Говорят, что жизненный цикл приставки заканчивается с продажей последнего картриджа. В странах СНГ «вечнозеленой» MD2 пока такая судьба не грозит. Более того, у нее появились новые поклонники из числа фанов, почувствовавших ностальгию по «старым, добрым» временам, когда за приставкой SEGA можно было днями проводить время.

Литература

1. Рюмик С. «Секретные» порты в «Sega Mega Drive-II». // Радиомир. Ваш компьютер, 2002, №11, с.35-37.
2. Насковец И., Ляхов В. Универсальный видеокomплекс для «SEGA». // Радиолюбитель. Ваш компьютер, 1999, №5, с.23-25.
3. Лещинский С.

Использование микросхем памяти серии AT45DBxxxB в системах с напряжением питания 5 В. - <http://www.atmel.ru/Articles/Atmel23.htm>, 2002.



Многоразовый SEGA-картридж с сохранением позиций



С.М. Рюмик, г. Чернигов

Ежели ты хорошее сделаешь с трудом, труд минется, а хорошее останется.
М.В. Ломоносов

Игровая приставка SEGA-Mega Drive-II (MD2), несмотря на почтенный возраст, до сих пор успешно продается на рынках. Ее охотно покупают детям младшего школьного возраста в качестве обычной игрушки. Одна загвоздка – высокая стоимость SEGA-картриджей, которая доходит до 20...25% цены приставки.

Проблему удешевления эксплуатации MD2 можно решить с помощью многократно перезаписываемого картриджа на основе микросхемы FLASH-ПЗУ объемом 32 Мбит (http://rh.qrz.ru/ZIP/rh604_4751.pdf, 306 Кб). Однако игровым завсегдатям хотелось бы иметь возможность не только зашивать в картридж свои сборники игр, но и надежно сохранять позиции для дальнейшего прохождения.

Как известно, существует целый класс игр с возможностью сохранения или, по-другому, "сейвовки" (жаргон от англ. "save"). Это спортивные, стратегические, логические, ролевые игры.

Их отличает наличие внутри картриджа батарейки и микросхемы ОЗУ, хотя встречаются экземпляры с FLASH- и FRAM-памятью. При выключении питания информация, записанная в ОЗУ, не теряется, а значит, можно будет начинать игру сразу с отложенной позиции или воспользоваться ранее созданными настройками для ее персонажей.

Определить, имеет ли игра функцию сохранения, позволяют бинарные файлы прошивок ПЗУ (англ. "ROM"). Эти файлы ищут в Интернете по ключевым словам "ром SEGA" (<http://www.emurussia.km.ru>). Байты с адресами 100h–1Ffh любого "рома" отданы под служебную информацию. В **табл. 1** приведена расшифровка той части, которая отвечает за "сейвовки". Найти ее легко по буквам "RA" или "RO", которые появляются при просмотре дампа памяти в оболочках типа Windows Commander клавишами <F3>, <3> (**рис. 1**).

Анализ дампов более чем 1000 SEGA-файлов позволяет выделить 4 категории игр (**табл. 2**).

Самой массовой является I категория. Основная программа

100:	53	45	47	41	20	47	45	4E	45	53	49	53	20	20	20	20	SEGA GENESIS
110:	28	43	29	53	45	47	41	20	31	39	39	34	2E	4E	4F	56	(C)SEGA 1994.NOU
120:	50	48	41	4E	54	41	53	59	20	53	54	41	52	20	54	68	PHANTASY STAR Th
130:	65	20	65	6E	64	20	6F	66	20	74	68	65	20	6D	69	6C	e end of the mil
140:	6C	65	6E	6E	69	75	6D	20	20	20	20	20	20	20	20	20	lennium
150:	50	48	41	4E	54	41	53	59	20	53	54	41	52	20	54	68	PHANTASY STAR Th
160:	65	20	65	6E	64	20	6F	66	20	74	68	65	20	6D	69	6C	e end of the mil
170:	6C	65	6E	6E	69	75	6D	20	20	20	20	20	20	20	20	20	lennium
180:	47	4D	20	4D	4B	2D	31	33	30	37	20	2D	30	30	05	CB	GM MK-1307 -004
190:	4A	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	J
1A0:	00	00	00	00	00	2F	FF	FF	00	FF	00	00	00	FF	FF	FF	RA° @ ?
1B0:	52	41	F8	20	00	20	00	01	00	20	3F	FF	20	20	20	20	
1C0:	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
1D0:	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
1E0:	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
1F0:	34	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	4

рис. 1

Таблица 1

Адрес	HEX-код	Катег. игр	Описание функции в служебной области SEGA-картриджа
1B0h–1B1h	"52 41" (иногда "52 4F")	I–IV	Признак наличия в картридже обычного ОЗУ или энергонезависимой памяти (символы RA, иногда RO)
1B2h	"F8" "E8"	I–III IV	Сохранение в обычном ОЗУ только четных байтов. Сохранение в энергонезависимой памяти
1B3h	"20"	I–IV	Символ "пробел"
1B4h–1B7h	"00 20 00 01"	I–IV	Адрес начала ОЗУ (область выше 200000h)
1B8h–1BBh	"00 20 3F FF" "00 20 FF FF" "00 20 00 01"	I–III I–III IV	Адрес окончания обычного ОЗУ 203FFFh (8 Кб). Адрес окончания обычного ОЗУ 20FFFFh (32 Кб). Адрес обращения к энергонезависимой памяти

Таблица 2

Категория	ПЗУ, Мб	ОЗУ, Кб	FLASH, Кб	Число игр	Радиоэлементы в картридже, отвечающие за сохранение позиций
I	0,5...2	1...32	-	148	Дешифратор, ОЗУ, батарейка
II	3	8...32	-	7	Дешифратор, ОЗУ, регистр, батарейка
III	4	32	-	2	Дешифратор, ОЗУ, регистр, батарейка
IV	0,25...4	-	0,1...8	23	Дешифратор, FLASH (FRAM), регистр

Примечание. Всего проанализировано 1088 файлов с прошивками SEGA-игр

Таблица 3

№	Название игры (картридж с ОЗУ и батарейкой)	Год	ПЗУ, Мб	ОЗУ, Кб	Адресное пространство ОЗУ
1	Beyond Oasis	1994	3	8	200001h–203FFFh
2	Hard Ball 95	1995	3	32	300001h–30FFFFh
3	Hybrid Front	1993	3	32	200001h–20FFFFh
4	NBA Hangtime	1996	3	8	300001h–303FFFh
5	Phantasy Star-4	1994	3	8	200001h–203FFFh
6	The Story of Thor	1994	3	8	200001h–203FFFh
7	World Series Baseball 98	1997	3	32	200001h–20FFFFh

ПЗУ в этих играх занимает область адресного пространства от 0–07FFFFh до 0–1FFFFFh (0,5...2 Мб). Обращение к ОЗУ производится по строго фиксированным адресам в диапазоне 200000h–20FFFFh. В реальных картриджах переключением между ПЗУ и ОЗУ обычно занимается микросхема дешифратора из серий 74xx138, 74xx139. По схеме ее несложно включить в состав многоразового картриджа.

Игр II категории мало (**табл. 3**), зато в их число входят культовые: "Phantasy Star-4" и "Beyond Oasis" ("The Story of Thor"), которые по праву считаются одними из лучших для MD2 и которые сложно пройти без сохранений. Как ни парадоксально, но отсутствие "сейвовки" в этих шедеврах резко снижает ценность многоразового картриджа в глазах игроков. Значит, придется обеспечить их поддержку.

В фирменных картриджах II категории для переключения между ПЗУ и ОЗУ используют специальный регистр, информация в который записывается импульсами с контакта B31 картриджа при обращении по адресам A130xxh [1]. Полная реализация регистра в самодельном картридже приведет к усложнению схемы. К счастью, есть более простое решение, подсказанное игрой "NBA Hangtime", а именно: изменить коды программ так, чтобы обращение к ОЗУ происходило по адресам 300000h–30xxxxh вместо 200000h–20xxxxh. Это можно сделать с помощью приема, известного у программистов как "патч" (англ. "patch" – заплатка), когда исходный файл обрабатывается специальной программой, которая автоматически изменяет коды по нужным адресам.

Для примера на **рис. 2** показан внешний вид программы ISPEXE, в которой автору статьи удалось "пропатчить" игру "Phantasy Star-4" (файл "P_Star4 cartridge.exe" имеется на сайте журнала "Радиоаматор"

<http://www.ra-publish.com.ua>). В схему многоцветного картриджа надо дополнительно ввести всего лишь два диода и резистор, расширяющие возможности дешифратора.

В категорию III вошли игры "Triple Play Baseball" и "Triple Play Gold". В них ПЗУ занимает весь объем 4 Мб, поэтому свободного места для ОЗУ не остается. Вводить в картридж сложный переключатель памяти ради двух игр (далеко не самых интересных по содержанию) технически не целесообразно. Нужно четко понимать, что создание универсального картриджа, поддерживающего абсолютно все SEGA-игры, приведет к неоправданному усложнению конструкции. Пустить "пыль в глаза", сделав громоздкий программно-аппаратный комплекс, конечно, можно, но для массового повторения это не годится.

Игры IV категории батареек и ОЗУ не имеют. Их функцию выполняют перепрограммируемые ПЗУ, сделанные по технологии FLASH или FRAM. К сожалению, в этой категории единообразия в схематехнике не наблюдается. Фирмы Acclaim и SEGA не смогли договориться о едином стандарте и даже в своих играх использовали разные приемы. Подавляющее большинство игр IV категории сделаны на японском языке, без знания которого основная проблема сохранения позиций вообще теряет смысл. Тем не менее, в качестве эксперимента можно довольно легко сделать приставку к многоцветному картриджу для прохождения отдельных игр.

Электрическая схема картриджа

На рис.3 показана базовая схема многоцветного картриджа, рассчитанного на игры I и II категорий. Разумеется, все остальные SEGA-игры (а их с разнородностями около 3000 шт.), в том числе игры III и IV категорий будут запускаться, но не сохраняться. Исключение – сверхбольшие игры "Super Street Fighter-2", "Hercules", которые физически не помещаются в картридж, а также многоигровки "7-in-1", "15-in-1", не работающие на эмуляторах из-за аппаратных нюансов [1]. Всего в картридже за один раз может быть записано 1, 2, 4, 8 или 16 разных игр. Переключаются они последовательно друг за другом при нажатии кнопки сброса, что на передней панели MD2. Количество допустимых перезаписей более 1 млн. (!), при времени хранения 20 лет.

Основой устройства является FLASH-ПЗУ DS1 фирмы AMD разрядностью 8/16 бит, емкостью 32 Мбит и параметрами: $T_{\text{выб}}=90$ нс, $U_{\text{пит}}=2,7...3,6$ В, $I_{\text{тен}}<16$ мА, корпус TSOP-48 с межцентровым расстоянием 0,5 мм.

Назначение выводов: A0–A20 – входы шины адреса, DQ0–DQ15 – входы-выходы шины данных, /WE – разрешение записи, /RES – начальный сброс, /WP – защита от стирания, /BYT – выбор режима 8 или 16 бит, /OE – разрешение выхода, /CE – выбор кристалла, VCC, GND (VSS) – питание и общий провод, остальные выводы не задействованы.

Внутренняя структура FLASH-ПЗУ весьма сложная. Поддерживаются такие интеллектуальные функции, как запись с параллельным считыванием информации из разных блоков, посекторное стирание, программная защита, загрузочный boot-сектор и т.д. Для SEGA-картриджа дело обстоит проще. При начальном включении питания FLASH-ПЗУ настраивается на обыч-

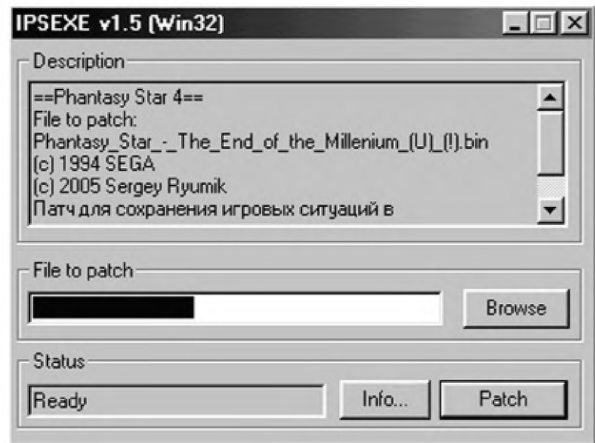


рис.2

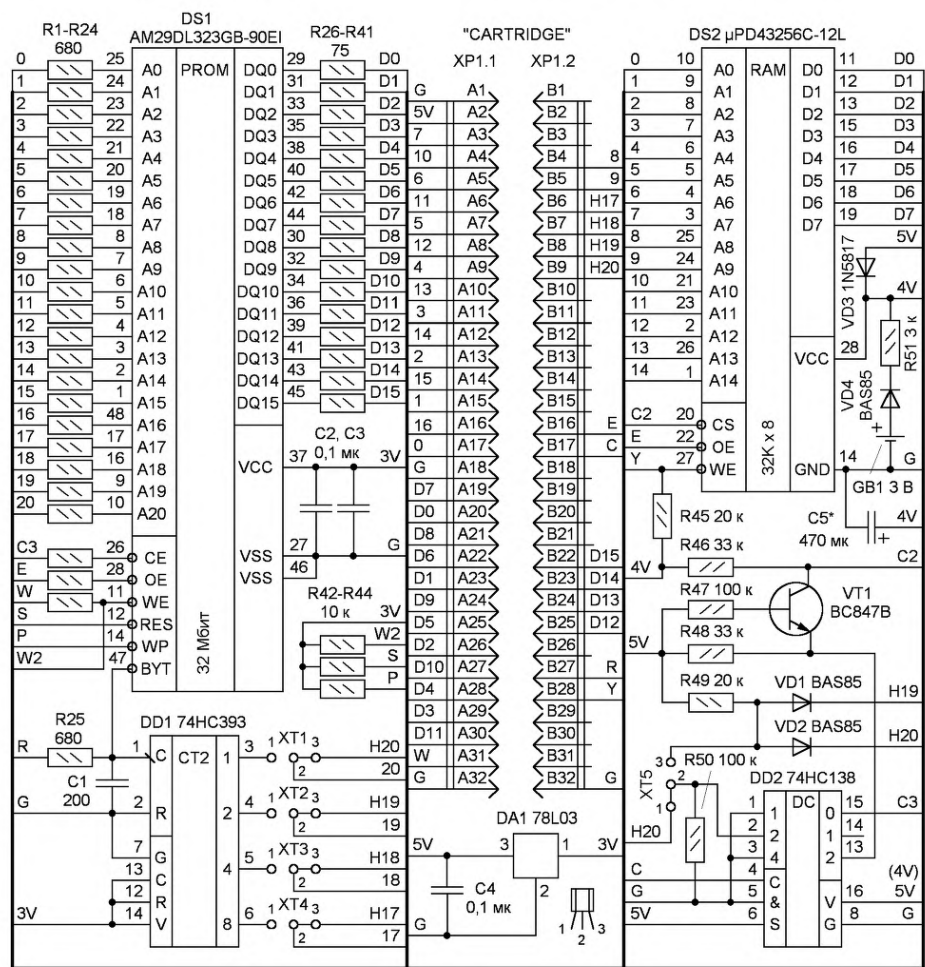


рис.3

ное чтение данных, поэтому никаких дополнительных манипуляций с управляющими сигналами проводить не надо. Главное, подать в схеме лог."1" на выходы /RES, /WP, /WE и правильно коммутировать сигналы на выводе /BYT: лог."1" – режим 16 бит, лог."0" – 8 бит.

Счетчик DD1 формирует на своих выходах логические уровни в двоичном коде, которые переключают старшие разряды FLASH-ПЗУ. Каждой из 16 возможных игр соответствует свой код, который меняется при поступлении от MD2 сигнала сброса через контакт B27 разъема XP1. Контакты соединителей XT1–XT4 закорачиваются внешними джамперами и определяют число игр согласно табл.4.

Дешифратор DD2 обеспечивает отдельный доступ к FLASH-ПЗУ DS1 и ОЗУ DS2 в зависимости от состояния старшего раз-

Остальное см. рис.3

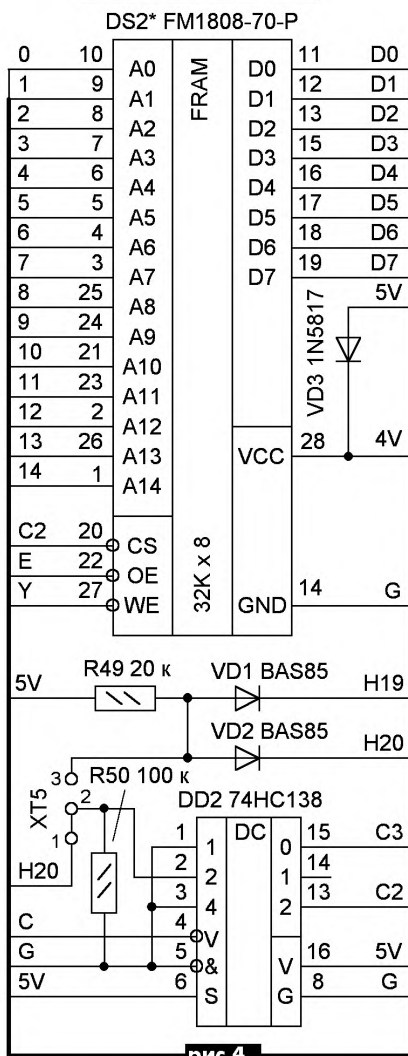


рис.4

ряда адреса A20 (сигнал H20, 200000h). Режим работы определяется положением джампера между контактами соединителя XT5 (табл.5). Элементы R49, VD1, VD2 представляют дешифратор адреса 300000h-3FFFFFFh для игр II категории. Резистор R50 нужен, чтобы вход 2 микросхемы DD2 не "висел в воздухе" при отсутствии джампера. Питание на дешифратор может подаваться от цепи 5 В или 4 В (проверяется по устойчивости сохранения игр).

Объем ОЗУ выбран 32 Кб, чтобы захватить весь спектр игр I и II категорий. Микросхема DS2 по назначению – это стандартное статическое ОЗУ с архитектурой 32Кx8 и параметрами: Твыб=120 нс, Упит=4,5...5,5 В, Icp=25 мА, корпус DIP-28, изготовитель - японская фирма NEC.

Стабилизатор питания DA1 выдает напряжение 3 В при токе до 100 мА, имеет защиту от КЗ. Конденсаторы С1-С4 снижают импульсные помехи.

Резисторы R1-R25 согласуют уровни 5 В от MD2 с уровнями 3 В для DS1. Резисторы R26-R41 – защитные на случай подачи на вход картриджа напряжения 5 В при неисправной приставке или программаторе. Резисторы R42-R44 "привязывают" информационные линии к шине питания.

Элементы VT1, R46-R48, R51, VD3, VD4,

Таблица 4

Число игр	XT1	XT2	XT3	XT4
1	2-3	2-3	2-3	2-3
2	1-2	2-3	2-3	2-3
4	1-2	1-2	2-3	2-3
8	1-2	1-2	1-2	2-3
16	1-2	1-2	1-2	1-2

Таблица 5

XT5	Назначение
1-2	Для игр I категории с ПЗУ до 2 Мб
2-3	Для игр II категории с ПЗУ 3 Мб
Отсутствует	Для остальных игр без сохранения

GB1 входят в типовую схему защиты ОЗУ от потери информации [2]. Такое решение часто встречается в реальных картриджах, оно выдержало испытание временем.

Резистор R45 установлен по рекомендациям из Интернета. Опытные ремонтники, в частности *HardWareMan*, сталкивались с проблемой, когда в картридже с игрой "Shining in the Darkness" наблюдалась потеря данных, а установка этого резистора восстанавливала работоспособность. Проблема актуальна для ОЗУ с низким потреблением тока из серий 43x, 42xL.

Конденсатор С5 в реальных картриджах обычно отсутствует, да и в многократном картридже без него можно обойтись. Его рекомендуют ставить, если есть желание заменить подсевшую батарейку GB1 без потери "сейвовок". В этом случае конденсатор С5 емкостью 470...1000 мкФ даст "передышку" на полчаса для замены батарейки, главное случайно не замкнуть его выводы.

Альтернативный вариант – удалить батарейку и поставить вместо нее малогабаритный ионистор емкостью 0,22...0,47 Ф, например, DLC-196-5,5 В-0,22 Ф (фирма ВСcomponents). Он держит питание ОЗУ несколько суток. Для его подзарядки следует периодически включать MD2 с картриджем в работу. Единственное, что после первой подачи питания надо подождать несколько минут, не делая "сейвовок", пока ионистор не зарядится до напряжения работы ОЗУ.

Практическое замечание. Ставить ионистор вместо конденсатора С5 нельзя из-за чрезмерно большого зарядного тока.

Существует еще один оригинальный способ сохранения данных. Речь идет о перезаписываемом FRAM. Это относительно новый тип энергонезависимой памяти, основанный на физических свойствах сегнетоэлектриков. Пленка из этих материалов создается на основе сплавов окислов металлов. Отсюда и проникла в название памяти буква "F" – "ферро", хотя железо в их числе не значится.

Для справки, сегнетоэлектрики способны при изменении своих физических параметров вырабатывать электрический ток или, наоборот, при приложении к ним электрического напряжения изменять физические свойства. В ряде случаев после прекращения воздействий изменения в материале сохраняются, что делает этот класс соединений применимым для использования в качестве носителя информации в запоминающих устройствах.

Основным преимуществом FRAM является высокая скорость записи данных и произвольная адресация. По сути, это ОЗУ при поданном питании и ПЗУ при его отсутствии. Батарейка для хранения данных здесь не нужна.

Первые элементы FRAM были созданы фирмой Ramtron (<http://www.ramtron.com>) еще в 1984 г. Лицензию у нее приобрели все крупнейшие производители памяти, среди которых Hitachi, Toshiba, IBM, Rohm, Samsung Electronics, Infineon, Texas Instrument, Fujitsu. Однако до сих пор фирма Ramtron является законодателем моды, выпускающая более 30 разновидностей ферроэлектрической памяти.

Схема включения FRAM в многократном картридже показана на рис.4. Эта схема была предложена и успешно опробована на практике Еленой Огарковой (Россия, г. Москва, aka Cruel). По цоколевке выводов FRAM DS2* полностью совпадает с ОЗУ DS2, поэтому в печатной плате ничего менять не надо, зато из схемы выводится десяток элементов.

Основные параметры FRAM: Твыб=70 нс, Упит=4,5...5,5 В, Iп<25 мА, число циклов запись-чтение больше 10 миллиардов при времени хранения 10 лет, корпус DIP-28, фирма-изготовитель Ramtron.

Различают FRAM с напряжением питания 5 В (FM1808-70-P) и 3,3 В (FM18L08-70-P). Оба типа можно устанавливать в многократном картридже, только в последнем случае надо заменить диод Шотки VD3 обычным диодом КД522Б, чтобы облегчить работу микросхемы. Кстати, число циклов запись-чтение в FM18L08 и время хранения данных вообще не ограничены!

Достоинством предложенного решения является упрощение схемы и повышение надежности хранения информации. Кроме того, не надо заботиться о периодической смене батарейки. Недостаток (хотелось бы верить, временный) относительно высокая цена.

(Окончание следует)

Литература

1. Рюмик С.М. "Секретные" порты в "Sega Mega Drive-II" // РадиоМир. Ваш компьютер. – 2002. – №11. – С.35–37.
2. Рюмик С.М. Замена микросхемы ОЗУ в Sega-картридже // Радиоаматор. – 2000. – №9. – С.27–28.



Многоразовый SEGA-картридж с сохранением позиций

С.М. Рюмик, г. Чернигов

(Окончание. Начало см. в ПА 10/2005)

Все предшествующие схемы были рассчитаны на сохранение позиций в играх I и II категорий. Любителям экспериментов предлагается пойти чуть дальше и сделать приставку к базовому картриджу по схеме, показанной на **рис.5**. Вновь вводятся элементы: DD3, DD4, DS3, R52, R53, XT6, XT7. Это позволяет расширить игровую базу и сохранять позиции в играх типа "NBA Jam" (IV категория).

Микросхема DS3 является последовательным электрически перепрограммируемым FLASH-ПЗУ (EEPROM) фирмы Atmel объемом 2 кбит (256x8). В нем при отсутствии питания хранятся отложенные позиции игр. Интерфейс связи – I²C с нагрузочными резисторами R52, R53.

Коммутацию сигналов SCL, SDA обеспечивают два повторителя с Z-состоянием на микросхеме DD4. Триггеры DD3 синхронизируют моменты записи и чтения информации, поступа-

Остальное см. рис.3 (рис.4)

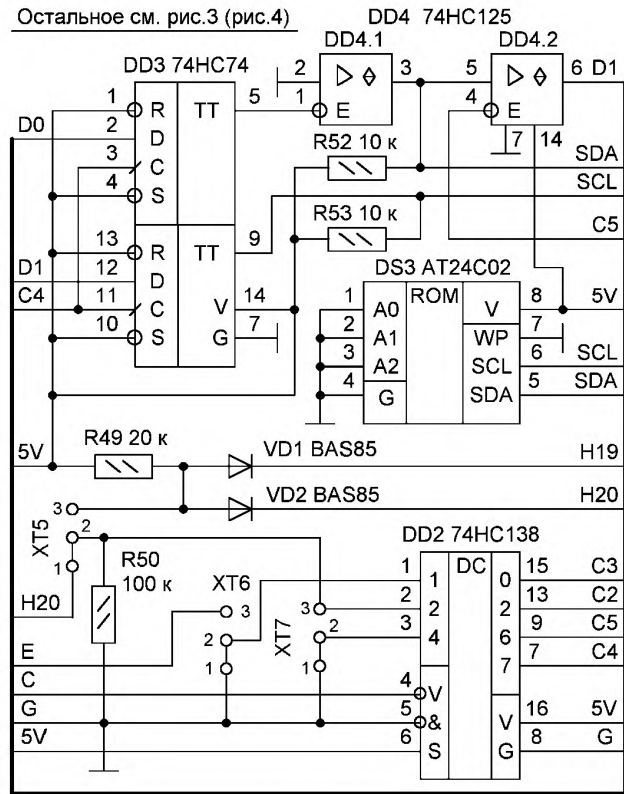


рис.5

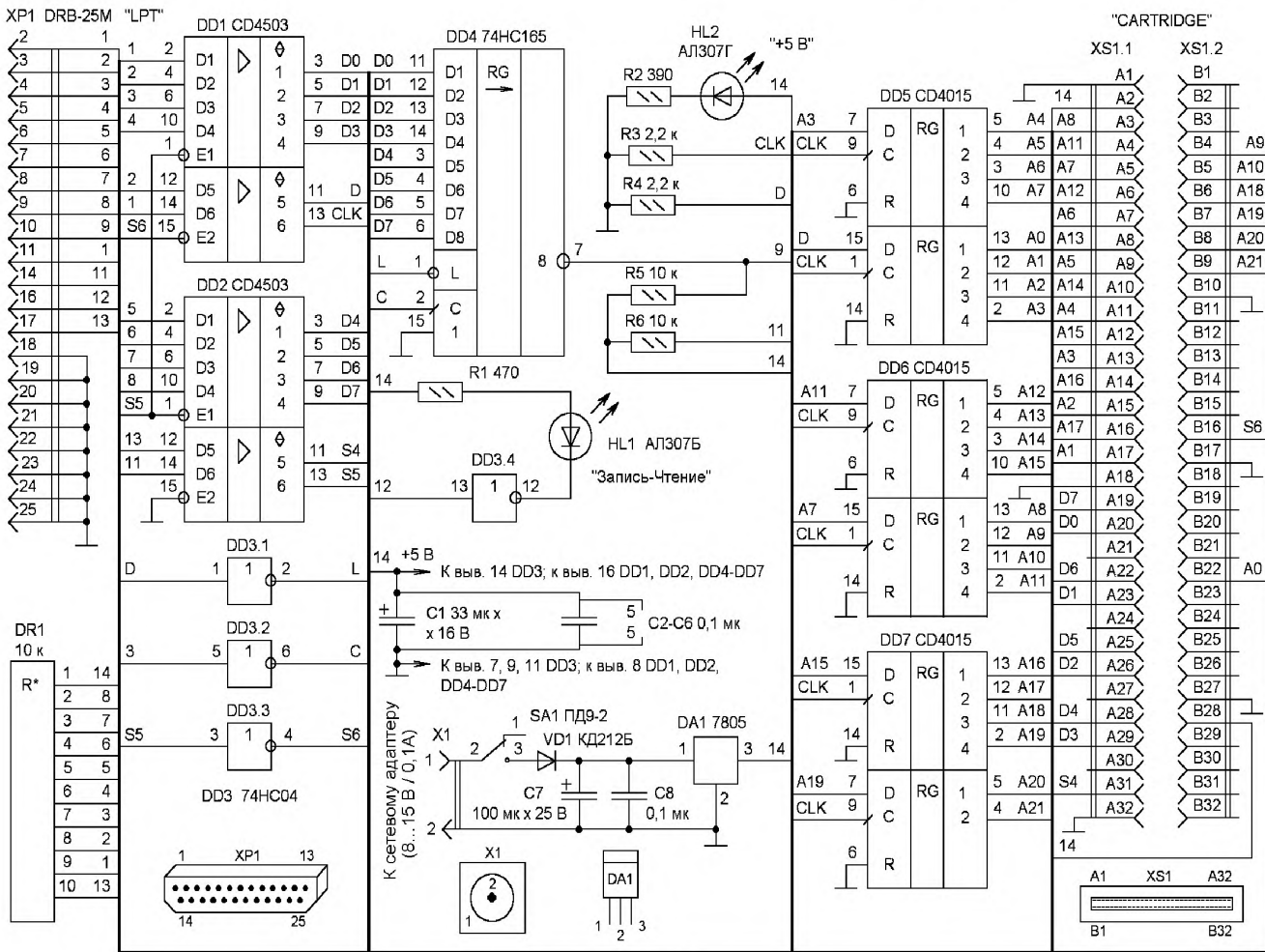


рис.6



ющей по шине данных D0, D1 из центрального процессора MC68000 игровой консоли.

Дешифратор DD2 используется от "старой" схемы, но в нем, благодаря соединителям XT6, XT7, сделано разделение каналов. Выбор игр производится джамперами согласно табл.6. В частности, вывод 15 DD2 активизируется при обращении к основному FLASH-ПЗУ DS1, вывод 13 – к ОЗУ DS2 для игр I и II категории, выходы 9, 7 – к EEPROM DS3 для игр IV категории.

Таблица 6

XT5	XT6	XT7	Назначение
1-2	1-2	1-2	Для игр I категории с ОЗУ до 2 Мб
2-3	1-2	1-2	Для игр II категории с ОЗУ 3 Мб
1-2	2-3	2-3	Для игр IV категории (NBA Jam)
Отсутствует	1-2	1-2	Для остальных игр без сохранения

Программатор

Программирование FLASH-ПЗУ DS1 проводится в составе картриджа с помощью упрощенного варианта программатора EzoFlash Programmer (<http://www.ezoflash.com/>) – рис.6. Микросхемы DD1, DD2 – буферные приемники сигналов LPT-порта компьютера. Картридж подключается к слоту XS1. Для чтения данных из FLASH-ПЗУ картриджа используется последовательный сдвиговый регистр DD4. Установка текущего адреса ячейки записи или чтения производится по цепи: XP1:3 – DD1:12 – DD1:11 через линейку из трех регистров DD5–DD7. Синхроимпульсы CLK у них общие, поступающие от контакта 2 вилки XP1 (DD1:14-DD1:13).

Резисторы R3, R4 "привязывают" входы регистров DD5–DD7 к общему проводу. Тем самым устраняются сбои в момент, когда буферы DD1 переходят в Z-состояние. Резисторы R5, R6, DR1 – согласующие. Индикатор HL1 светится во время чтения и записи информации. Индикатор HL2 указывает на исправность стабилизатора напряжения DA1 (5 В).

Питание подается на разъем X1 от обычного сетевого адаптера MD2 или любого другого блока питания, обеспечивающего постоянное напряжение 8...16 В при токе не менее 100 мА. Конденсаторы C1–C8 снижают помехи по питанию.

Программатор подключается к LPT-порту IBM PC через кабель длиной 1,5...2 м с распайкой жгута из 25 проводов по схеме "один к одному". Режим работы LPT – обычный, SPP.

Конструкция и детали

Элементы базовой схемы устройства размещаются внутри стандартного пластмассового корпуса SEGA-картриджа. Этому способствует применение поверхностно монтируемых элементов: чип-резисторов 1206 или 0805, микросхем в корпусе SOP, SMD-транзисторов, SMD-диодов. Микросхема DS2 имеет DIP-корпус и может быть установлена в 28-выводную панель.

Монтаж микросхемы DS1 надо проводить под микроскопом или лупой с кратностью увеличения 4...8. На жале паяльника должно быть минимум припой. Остатки флюса нужно смыть чистым спиртом, после чего просушить плату. Правильность соединений надо проверить омметром, включенным в режим измерения p-n-переходов. Омметр должен показывать примерно одинаковые сопротивления между ламелью A32 конструктивного разъема XP1 и остальными ламелями шины адреса (шины данных), иначе придется еще раз пропаять DS1.

Если не удастся самостоятельно изготовить печатную плату лазерно-утюжным способом, то можно выполнить обычный монтаж проводками на основе неисправного SEGA-картриджа, который имеет микросхему в корпусе TSOP-48. Такие картриджи иногда встречаются.

Программатор можно выполнить как на печатной плате, так и на обычной монтажной. Слот XS1 рассчитан на межцентровое расстояние 2,54 мм. Подойдет компьютерный разъем шины ISA с установкой в нем механического фиксатора, ограничивающего число контактов до 64.

Фото внешнего вида программатора в сборе с картриджем показано на рис.7. Файлы разводки печатных плат картриджа с FRAM и программатора (PCAD-2001) имеются на сайте журнала "Радиоаматор" <http://ra-publish.com.ua>.

Схему, показанную на рис.5, лучше выполнить в виде приставки, временно соединяемой с базовым картриджем проводками. Почему? Как подчеркивалось ранее, игры IV категории имеют непохожие друг на друга модификации, поэтому в каждом конкретном случае надо адаптировать схему сопряжения или ставить программные "патчи".

Возможные замены деталей

Микросхема DS1 AM29DL320–324 (AMD), MBM29DL320–324 (Fujitsu), MX29LV320–324 (Micronix) с временем выборки 90 нс. Печатная плата рассчитана на нумерацию выводов DS1 от 1 до 48 против часовой стрелки, если смотреть сверху. Бывают микросхемы с нумерацией выводов по часовой стрелке, поэтому надо проследить по DATASHEET, чтобы буквы в названии этому соответствовали, например, MBM29DL323TE90TN, AM29DL323GB-90EI.

Микросхема ОЗУ DS2 любая с организацией 32Kx8 и временем выборки 70...120 нс, например UT62256CPC-70LL. Перечень микросхем замены приведен в [2].

Микросхемы, которыми можно заменить последовательное EEPROM DS3, обычно имеют в названии цифры "2402", например 24LC02B (Microchip). Исключение – ЭКР1568PP2.

Транзистор VT1 любой маломощный структуры p-n-p в корпусе SOT-23 или KT315Б с коррекцией печатной платы. Литиевая батарея GB1 имеет напряжение 3 В и типоразмер CR2030 (2 см в диаметре). Ее лучше установить в держатель, который применяется в компьютерных материнских платах.

Диоды Шотки VD1, VD2 допускается заменить обычными BAS32L, КД522Б, убедившись на практике в устойчивости работы дешифратора DD2.

Микросхемы в программаторе имеют прямые отечественные аналоги: 74HC04=K555ЛН1, 74HC165=K555ИР9, CD4503=K561ЛН3, CD4015=K561ИР2.

Стоимость деталей (ориентировочная, по прайсам фирм-дистрибуторов Украины и России): FLASH-ПЗУ стоит \$7–9, FRAM-ПЗУ – \$8–10, ОЗУ – \$3–4, чип-резисторы – \$0,005, SMD-диоды – \$0,06, микросхемы средней степени интеграции в SOP-корпусе – \$0,15–0,2, стабилизатор 3 В – \$0,3–0,4, примерная стоимость всех деталей программатора без печатной платы составляет \$3–4.

Порядок работы

1. Скачать с Интернета файлы "ромов", например, с русифицированными играми <http://shedevr.org.ru>.
2. Определить число игр 1, 2, 4, 8, 16, которые хотелось бы записать в картридж. Общий объем не более 4 Мб (32 Мбит).

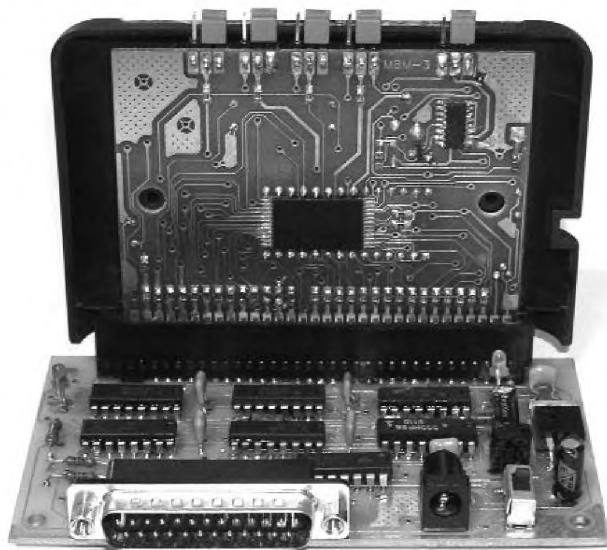


рис.7

Желательно скомпоновать игры в сборники с одинаковым форматом: Европа, США, Япония.

3. Произвести "склейку" сборника игр с помощью авторской программы "writer.exe" (имеется на сайте журнала "Радиоаматор"). Игры II категории, кроме HardBall-95 и NBA Hangtime, предварительно обработать авторскими "патчами" (имеются на сайте журнала "Радиоаматор").

4. Скачать с Интернета версии "0.97g", "0.97ja" программы "EpromM51.exe" (авторы – M. Coates, G. leo), <http://www.willem.org/ZIP/epr097g.zip>, 454 Кб, <http://www.willem.org/ZIP/epr097ja.zip>, 671 Кб. Версия "0.97g" надежнее считывает, а версия "0.97ja" быстрее записывает игры в картридж.

5. Установить джамперы в картридже в следующие положения: XT1–XT4 – 2–3, XT6, XT7 – 1–2, XT5 – отсутствует. Состыковать картридж с программатором, последний соединить кабелем с LPT-портом компьютера, при этом должны слабо загореться индикаторы HL1, HL2. Подать питание 5 В на программатор, индикаторы должны засветиться ярче.

6. Запустить программу "EpromM51.exe". В меню "Device" установить тип микросхемы 29LV320. Протестировать программатор "Help-Test Hardware", должна появиться надпись: "Hardware present". Проверить идентификационный код микросхемы "Action-Get ID", для AM29DL323 должны появиться надписи: "Manufacture 0x01 AMD", "Device code 0x53", для MBM29DL323 – "Manufacture 0x04 Fujitsu", "Device code 0x50". Если не получается – искать ошибки в монтаже.

7. Для записи игр в картридж выбрать: "File-Load-<имя "склеенного" bin-файла>-Action-Erase-<время на стирание 40 с>-Action-Program". Время записи файла объемом 4 Мб – около 25 мин.

8. По окончании выключить питание программатора, извлечь картридж, установить джамперы, согласно табл.4–6, в зависимости от числа игр и категории I, II. Теперь запустить многоразовый картридж на приставке и, нажимая последовательно кнопку RESET на MD2, выбрать игру на экране телевизора.

Обсуждение результатов

В ходе экспериментов с картриджем, имеющим сохранение позиций, были получены некоторые неожиданные результаты. Например, удалось запустить игру "HardBall-95" (II категория, **рис.8**), которая на эмуляторах KEGA Fusion34, Gens-2.12, Gens32-1.65 выдавала сообщение об отсутствии ОЗУ: "SRAM failure".

Кроме того, для картриджа "Sonic_and_Knuckles_&_Sonic_3" не пришлось имитировать сложный аппаратный дешифратор адреса. Формально этот картридж имеет объем 4 Мб, но не относится к III категории. Если файл его "рома" разделить средствами Windows Commander ровно на 2 части, то получатся 2 отдельные игры I категории: "Sonic & Knuckles" (1994 г.) и "Sonic The Hedgehog 3" (1993 г.). Каждая из них успешно запускается и сохраняет позиции в многоразовом картридже.

Если "распутать" сложные связи между дешифратором IC4, регистром IC3 и логическими элементами IC5, IC6, то станет



рис.8

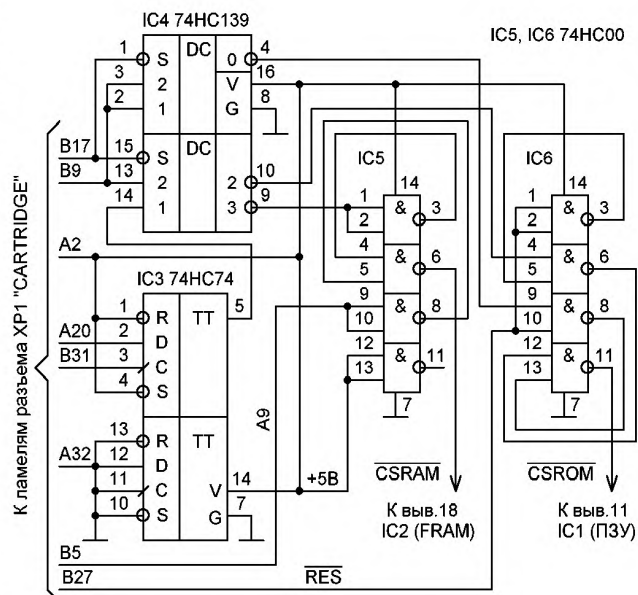


рис.9

ясно, что адресное пространство разбито на 2 банка: 0-1FFFFFFh для игрового ПЗУ IC1 (SEGA-MPR-16343-MX), 200000h и далее – для FRAM-ПЗУ сохранения позиций IC2 (FM1208S-200CC). Переключение банков производится программно при обращении центрального процессора MD2 к регистру A130F1h и генерации короткого импульса на контакте B31 слота подключения картриджа.

Возникает вопрос, как же ОЗУ DS2 смогло заменить реальную микросхему FRAM-ПЗУ FM1208S (512x8) вместе с дешифратором адреса? На **рис.9** показана часть схемы фирменного японского картриджа с игрой "Sonic The Hedgehog 3", фото внешнего вида - <http://www.zone.ee/collector20/sonic3.inside.cartridge.jpg?2>.

Если "распутать" сложные связи между дешифратором IC4, регистром IC3 и логическими элементами IC5, IC6, то станет ясно, что адресное пространство разбито на 2 банка: 0-1FFFFFFh для игрового ПЗУ IC1 (SEGA-MPR-16343-MX), 200000h и далее – для FRAM-ПЗУ сохранения позиций IC2 (FM1208S-200CC). Переключение банков производится программно при обращении центрального процессора MD2 к регистру A130F1h и генерации короткого импульса на контакте B31 слота XP1.

В многоразовом картридже сигнал B31 не задействован, но это не мешает нормальному сохранению игр, поскольку адресные пространства ОЗУ и ПЗУ программно и физически разделены.

Подводя итог, можно заметить, что было бы хорошо иметь подобный многоразовый картридж эдак лет 10 назад в период "бума" вокруг MD2. К сожалению, в то время еще отсутствовали дешевые однокристальные FLASH-ПЗУ большой емкости...

А вот ностальгия осталась. За теми SEGA-играми, с которых все начиналось, которые не были тогда русифицированы или о которых много говорилось, но поиграть так и не удалось. Сейчас к ним можно вновь вернуться и смотреть на большом экране цветного телевизора 72-74 см по диагонали, со стерео- [3] или даже псевдоквадрозвук [4].

Литература

2. Рюмик С.М. Замена микросхемы ОЗУ в Sega-картридже//Радиоаматор. – 2000. – №9. – С.27–28.
3. Рюмик С.М. Стереозвук в приставке "SEGA"//Радиоаматор. – 2001. – №10. – С.36–37.
4. Рюмик С.М. Псевдоквадра в "Sega Mega Drive-2"//Радио. – 2001. – №6. – С.20–22.