

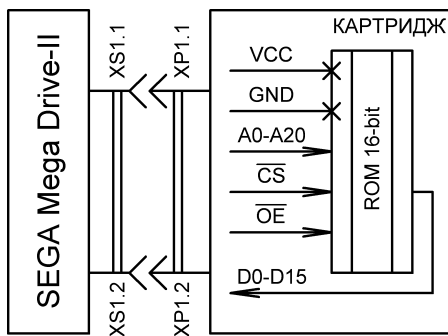
# «Вечный» картридж для «SEGA Mega Drive-II»

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.

формация 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.

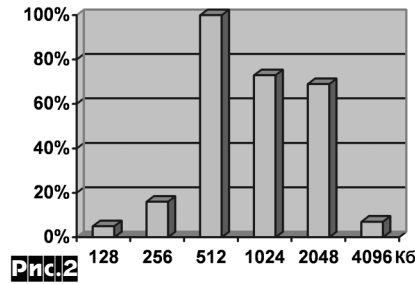
В промышленных FLASH-картриджах проблемы решены. Мировым лидером в их производстве является гонконгская фирма ToToTEK (<http://www.tototek.com>). Ее продукция - это целый спектр FLASH-карт объемом 32-64 Мбит для различных игровых приставок. Программирование происходит через LPT-порт, питание от USB. 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-

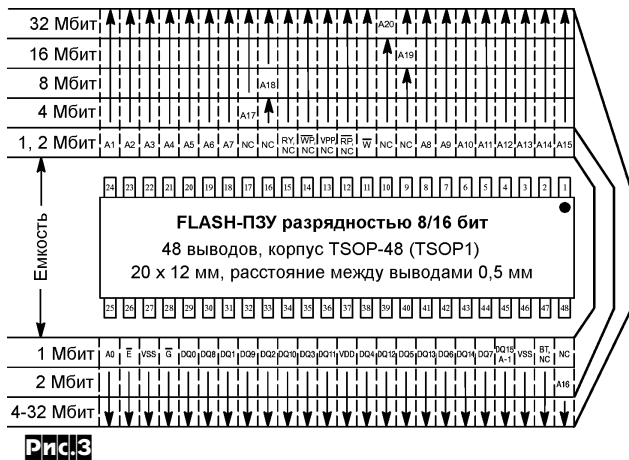
**Табл. 1**

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.

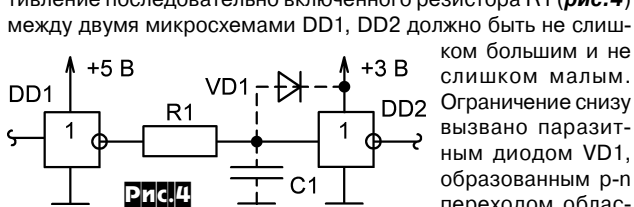
Назначение выводов: A0-A20 входы шины адреса, DQ0-DQ15 - входы-выходы шины данных, /WE - разрешение записи, /RES - начальный сброс, /WP - защита от стирания, RY - выход готовности, /BYTE - выбор режима 8 или 16 бит, /OE - разрешение выхода, /CE - выбор кристалла, VCC, VSS (GND) - питание и общий провод, 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 выводы /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 многообразном 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:  $R1_{min}[k\Omega] = (U_{вых}[В] - 3,7) / I_m[mA] = (4,5 - 3,7) / 4 = 0,2$  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-

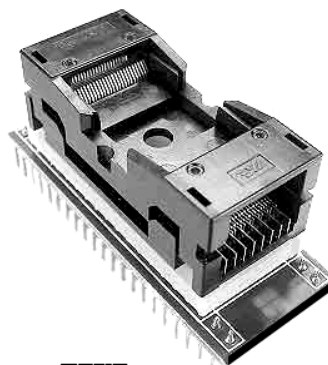
тимую задержку фронтов сигнала не более  $t=30$  нс, то максимальное сопротивление R1 рассчитывается по приближенной формуле [3]:  $R1_{max}[k\Omega] = 0,88 * t[нс] / C1[пФ] = 0,88 * 30 / 28 = 0,94$  кОм.

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.

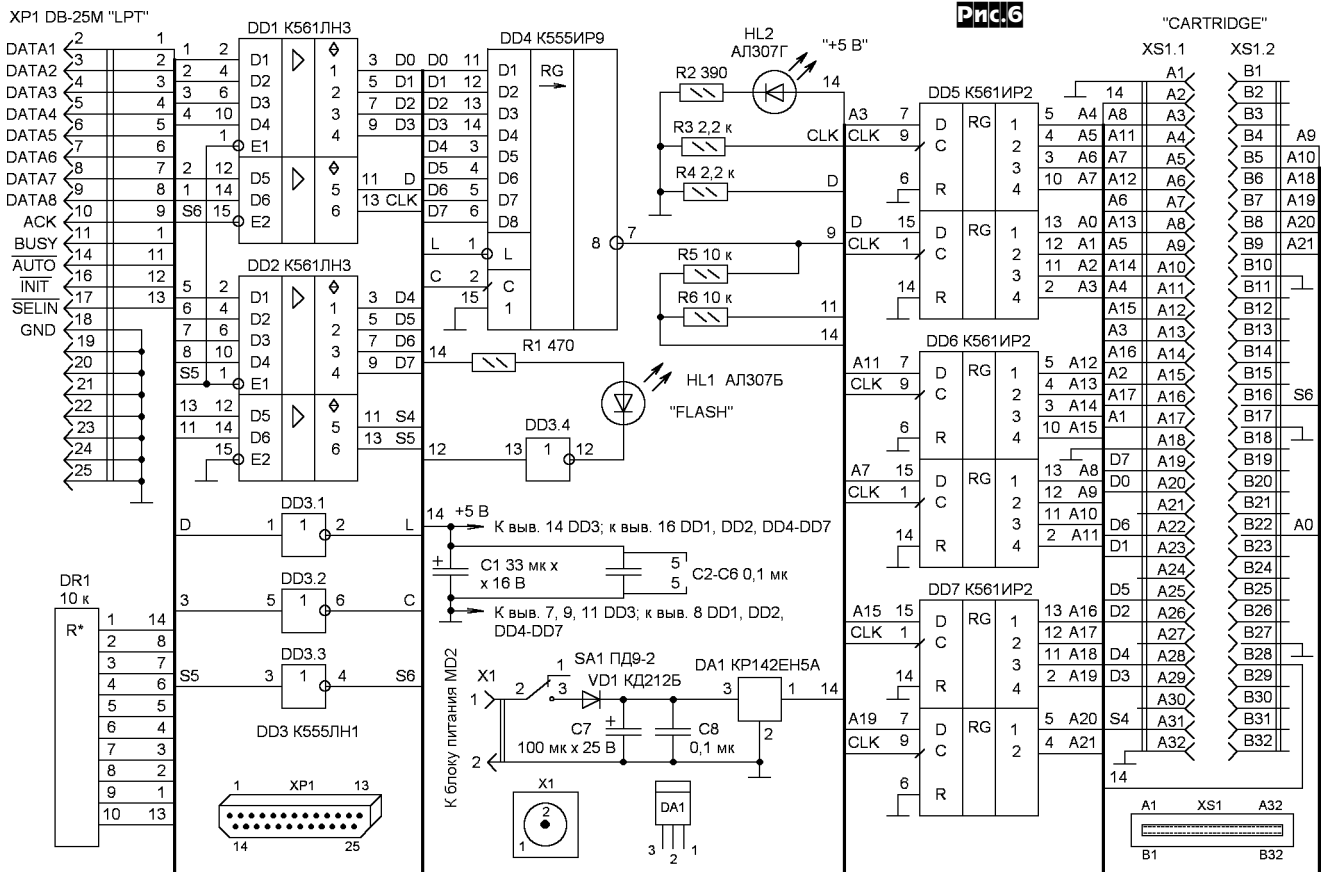
Программатор подключается к LPT-порту IBM PC через кабель длиной 1,5-2 м. Режим работы LPT - обычный, SPP. Программное обеспечение свободно распространяется на сайте <http://www.willem.org> для DOS, Widows-9x/XP, Linux.

### 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



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 перемычками 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

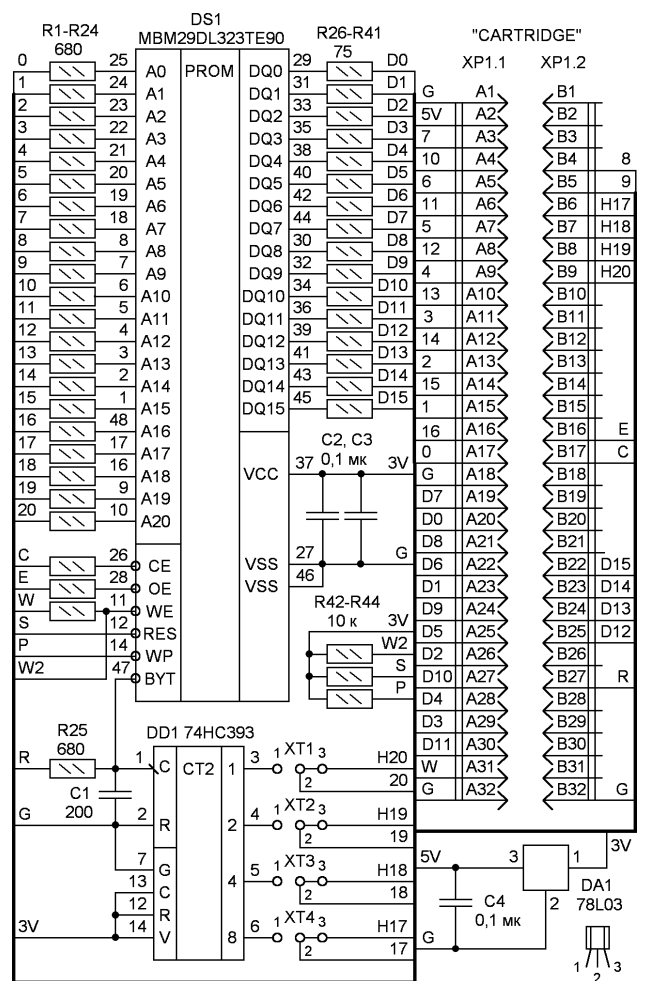


Рис. 7

# 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 лапелями 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 эмаливой изоляции ([http://shedevr.org.ru/stuff/subpages/sega/micro\\_big.jpg](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 «склежке» длина любой игры приводится к ближайшему большому 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

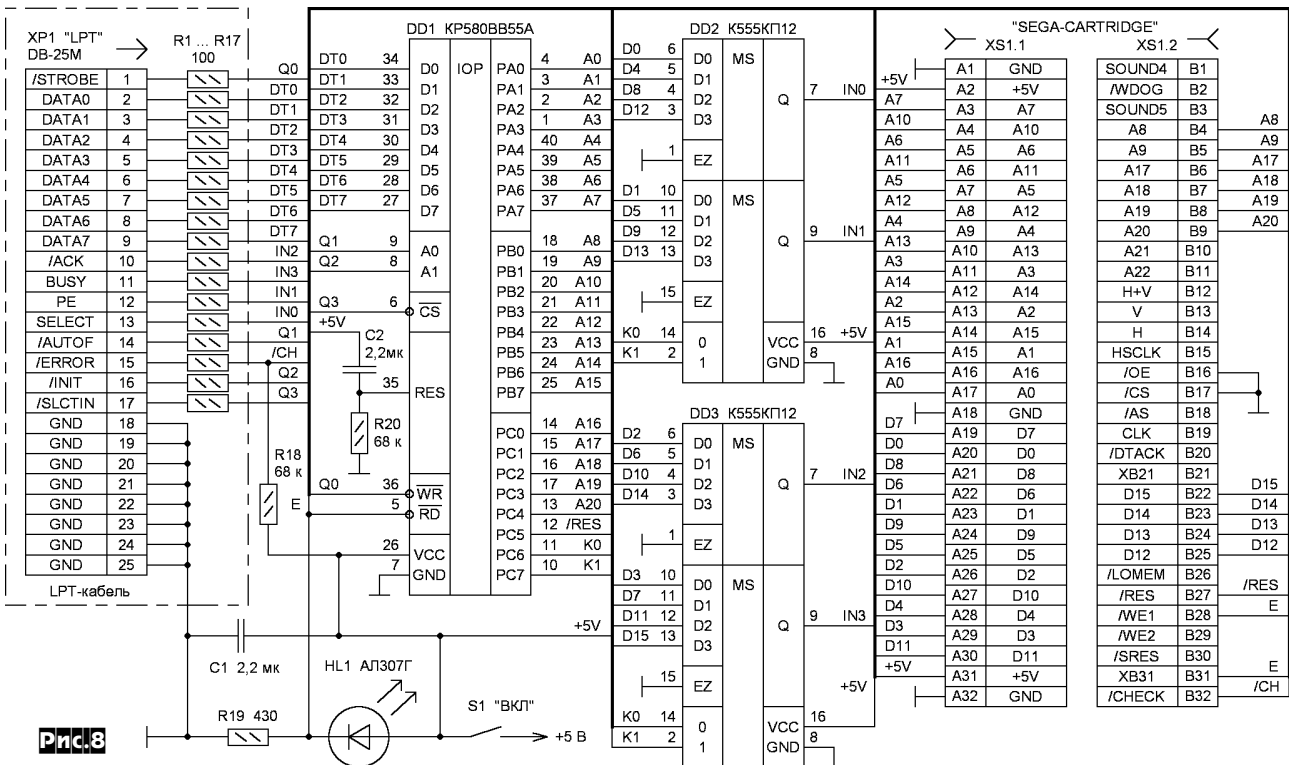
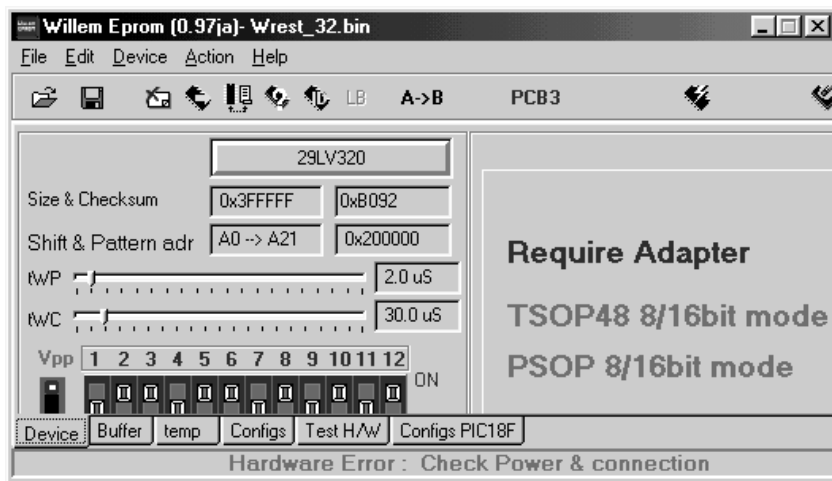


Рис.8



**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.

