

Видеоподсистема ДВК

Набор видеоконтроллеров ЭВМ ДВК-3 представляет собой забавную смесь совсем древних и более современных технологий. Набор состоит из двух плат – текстового терминала КСМ и графического видеоконтроллера КГД. В данном проекте реализованы оба контроллера.

В оригинальной ЭВМ для отображения информации использовался монохромный видеомонитор МС6105, а для ввода – клавиатура МС7004. В данном проекте для отображения используется любой монитор с VGA-входом, для ввода – клавиатура PS/2. Контроллер использует видеорежим 800*600*75 Гц. Этот режим в обязательном порядке поддерживают все мониторы, и ЭЛТ, и современные LCD, даже 4K мониторы могут такое отобразить. Если у монитора нет VGA-входа, можно воспользоваться переходником VGA2HDMI – проверено, работает.

Контроллер КСМ

Этот контроллер представляет собой полноценный алфавитно-цифровой терминал, примерно совместимый с DEC VT52. Контроллер устанавливается в корзину ДВК в виде полноразмерной платы, однако не использует шину МПИ – от корзины он получает только питание. Передача данных производится через последовательный порт, подключаемый перемычкой к разъему ИРПС платы МС1201. Такой способ подключения консоли оператора к ЭВМ использовался еще во времена телетайпов и пишущих машинок, и более характерен для больших ЭВМ, а не персональных. Плата КСМ поддерживает скорости обмена от 75 до 9600 бод. В данном проекте диапазон поддерживаемых скоростей изменен – поддерживаются скорости от 1200 до 115200 бод. Скорости ниже 1200 не имеют практического смысла, а скорости выше 9600 оригинальный контроллер, видимо, не мог поддерживать в силу низкой производительности.

Эран терминала состоит из 25 строк по 80 символов. Верхняя строка – служебная, туда выводится информация о настройках и режимах работы терминала. Остальные 24 строки содержат пользовательские данные. Это соответствует терминалу DEC VT52 – там тоже использовался экран 80*24.

Внутреннее устройство контроллера

Контроллер представляет собой полноценное микропроцессорное устройство. Оригинальный КСМ был построен на процессоре K580BM80A и нескольких БИС из серии 580. В контроллере имеется блок статической рабочей памяти емкостью 1К, ПЗУ с управляющей программой емкостью 2К, ПЗУ знакогенератора емкостью 2К и видеопамять емкостью 16К, выполненная на микросхемах DRAM K565PY6. Видеопамять используется довольно бездарно – половина ее предназначена только для хранения признака наличия курсора в данном знакоместе. В остальной части видеопамати организован буфер для хранения 2 страниц текста – 48 строк по 80 символов.

В данном проекте контроллер построен на процессорном ядре K1801BM2 от уважаемого VSLAV. Писать управляющую программу под систему команд PDP-11, да еще и с EIS, гораздо приятнее и проще, чем под убогий Intel 8080. Кроме процессорного ядра, в контроллер входит модуль RAM размером 4К, предназначенный для хранения управляющей программы и рабочих переменных, модуль ROM размером 4К для хранения шрифтов и двухпортовый модуль RAM размером 2К в качестве видеопамати. Таким образом, общий размер используемой памяти существенно сокращен по сравнению с оригиналом.

Поддерживаемые режимы работы

Управляющая программа полностью поддерживает систему команд оригинального контроллера, в том числе режим HOLD SCREEN и нестандартные ESC-последовательности “раздвижка строки” и “раздвижка страницы”.

Поддерживается псевдографика, причем она отличается от оригинальной псевдографики DEC VT52 как по форме знаков, так и по их кодам (100-137 вместо 137-177).

Реализован автономный режим работы (локальная петля), включающийся кнопкой F10. В этом режиме вводимые с клавиатуры символы и команды сразу попадают на экран, а обмен по интерфейсу не производится. Этот режим можно использовать для проверки и отладки клавиатуры и дисплейного модуля. Такой режим имеется и у оригинального КСМ.

Реализована поддержка звукового сигнала (пищалки), как во всех терминалах DEC, а также в 15ИЭ-00-013. На плате КСМ пищалки нет, но многие программы, и сама ОС RT-11, пользуются звуковым сигналом (передавая код 007), а реализовать эту возможность совсем нетрудно. В управляющую программу добавлена возможность отключения звука кнопкой F9. Ну а кому звук совсем не нужен – просто никуда не подключайте порт buzzer.

Полудуплексный режим (локальное эхо) не реализован в силу полной бесполезности. Не реализована и смена формата кадра последовательного интерфейса – передача всегда идет в режиме 8 бит без контроля четности.

Так же не реализован режим автоматического переноса курсора на следующую строку. Этого режима нет в DEC VT52, и практической пользы от него мало. Наоборот, в этом режиме нарушается работа полноэкранных текстовых редакторов и других подобных программ. Но, при желании, доделать этот режим в управляющую программу совсем не сложно.

Кодировка символов.

Терминал работает в 7-битном режиме. Формат кадра последовательного порта 8-битный (8-N-1), но старший бит байта игнорируется. Поддерживаются 2 набора кодировок символов — КОИ7 Н0/1, и КОИ7 Н2.

В режиме КОИ7 Н0 (режим по умолчанию) терминал работает со стандартной таблицей ASCII, в точности как оригинальный VT52. При этом отображаются малые и большие латинские буквы. Из кодировки Н0 (LAT) можно переключиться в кодировку Н1 (RUS), при этом терминал отображает малые русские буквы вместо больших латинских, и большие русские вместо малых латинских. На экране может отображаться смесь символов обеих кодировок. Переключение между кодировками производится управляющими кодами 016 и 017.

В режиме КОИ7 Н2 терминал отображает только большие латинские и русские буквы, при этом русские буквы занимают место малых латинских стандартной таблицы ASCII. Такой режим использовали терминалы, эксплуатировавшиеся совместно с СМ ЭВМ, например СМ7209 или ВТА-2000-3. Переключение в этот режим и обратно в режим Н0/Н1 производится клавишей F11.

В режиме Н2 эксплуатация оригинальных ОС от DEC невозможна, ибо все сообщения выводятся в искаженном виде (знаменитое ИНЖАЛИД ДЕЖИЦЕ). Но в этом режиме корректно будут работать адаптированные в СССР системы (РАФОС, например), а также многие написанные в те времена программы, использовавшие русский язык, к примеру, экранный редактор USED.

Неотображаемые символы из диапазона 00-37, не распознанные терминалом как управляющие команды, отображаются на экране в виде символов латинского алфавита с кодом 100-137, мигающих с частотой около 3 Гц. Эта особенность отображения имеется не только в оригинальном модуле КСМ, но и во многих терминалах, например 15ИЭ-00-013 и СМ7209. В оригинальном DEC VT52 этой особенности нет, и все нераспознанные управляющие коды игнорируются.

Формат экрана

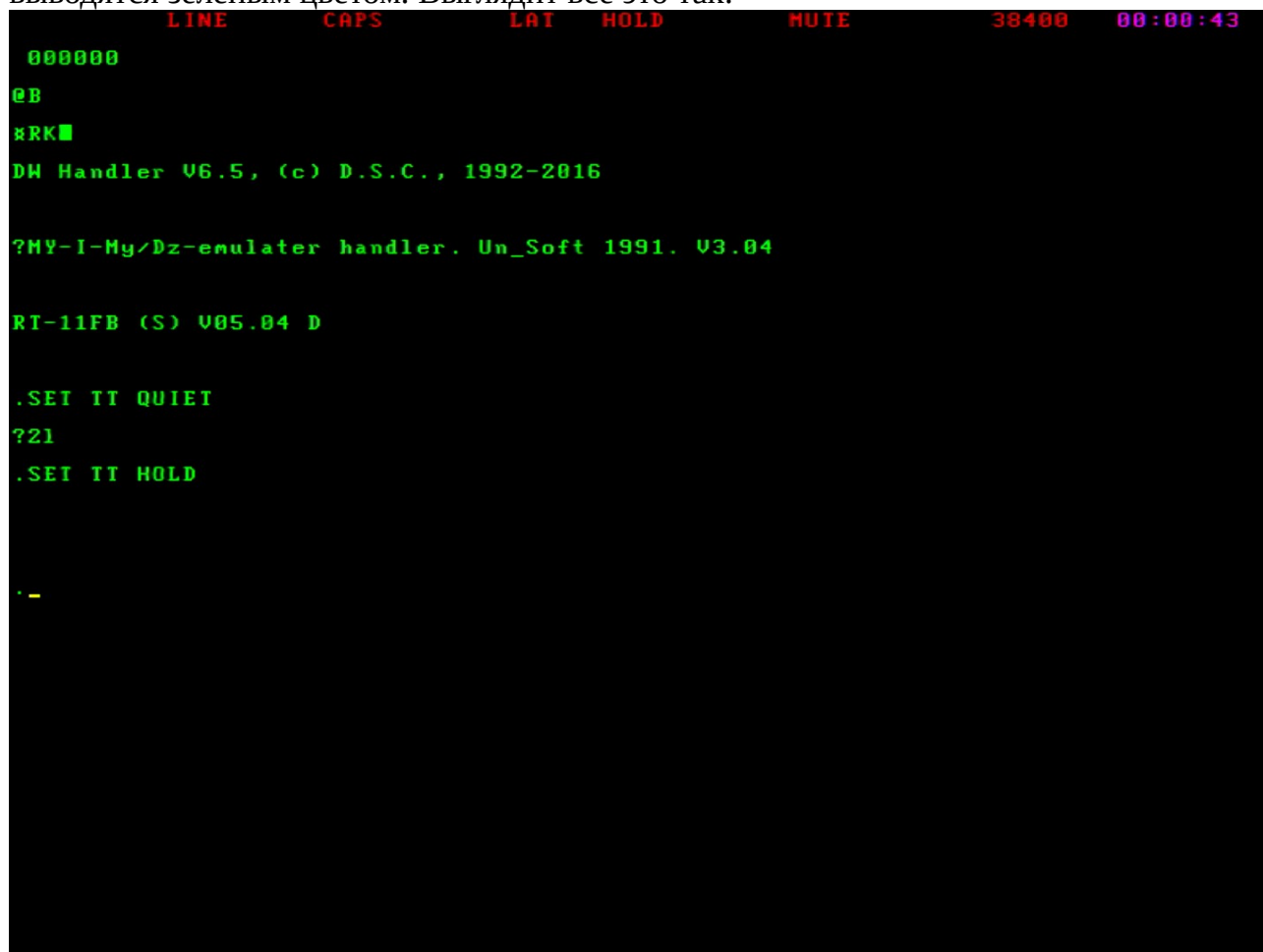
Дисплейный блок КСМ работает в стандартном для всех таких терминалов разрешении 24 пользовательских строки по 80 символов. Самая верхняя строка экрана терминала — служебная строка. В эту строку выводятся буквенные индикаторы режимов работы красного цвета:

LINE	режим связи с ЭВМ.
LOCAL	автономный режим (локальная петля)
CAPS	включен CAPS LOCK.
ALT	включен альтернативный режим дополнительной клавиатуры.
КОИ7	включена кодировка КОИ7 Н2
LAT	включена кодировка Н0
RUS	включена кодировка Н1
HOLD	включен режим HOLD SCREEN
WAIT	терминал ждет команды Scroll для продолжения вывода
MUTE	звуковой сигнал отключен.

У правого края служебной строки отображается текущая скорость последовательного интерфейса, а также время, прошедшее с момента включения дисплея.

Строка состояния данного контроллера отличается внешним видом от соответствующей строки оригинального КСМ. В оригинале ключевые слова выводились русскими буквами, причем часть аббревиатур была малопонятна (типа ЗВЫВ или ДКЛ). Некоторые параметры отображались в виде еще более малопонятных битовых полей. Я считаю, что, например, HOLD выглядит более понятно, чем ЗВЫВ. Однако, если кому-то хочется поностальгировать именно со старым внешним видом строки, то исправить надписи в тексте управляющей программы совсем несложно.

Со строки 2 начинается собственно экран терминала. Пользовательские данные выводятся зеленым цветом. Выглядит все это так:



```
LINE    CAPS    LAT    HOLD    MUTE    38400    00:00:43
000000
0B
8RK
DW Handler V6.5, (c) D.S.C., 1992-2016
?MY-I-Mg/Dz-emulator handler. Un_Soft 1991. V3.04
RT-11FB (S) V05.04 D
.SET IT QUIET
?21
.SET IT HOLD
_
```

Модуль поддерживает 2 типа курсора — подчеркивание и блок размером со знакоместо. Форма курсора переключается клавишей F8. В случае блочного курсора символ, под которым он стоит, отображается инвертированным. Также курсор может быть мигающим или немигающим, этот режим переключается клавишей F7.

Курсор отображается желтым цветом.

Клавиатура.

Алфавитно-цифровое поле клавиатуры используется для ввода букв, цифр и символов. Раскладка букв и символов во всех режимах примерно соответствует

стандартной раскладке АТ-клавиатуры (qwerty/йцукен) с небольшими отличиями, которые легко выявить опытным путем (лень рисовать картинку с раскладкой).

Поле цифровой дополнительной клавиатуры используется в точности так же, как на клавиатуре МС7004 — в стандартном режиме вводятся цифры, в альтернативном — управляющие коды. Клавиши - и + соответствуют стрелкам вверх-вниз. Клавиши Numlock, /, * соответствуют кодам PF1, PF2 и PF3 стандартной клавиатуры VT52 (и расположены в тех же местах). Отсутствующие клавиши влево-вправо перенесены на поле управления курсором, там же продублированы стрелки вверх-вниз.

Управляющие клавиши АТ-клавиатуры имеют следующие значения:

F5	Уменьшение на одну ступень скорости последовательного интерфейса
F6	Увеличение на одну ступень скорости последовательного интерфейса
F7	Переключение формы курсора - блок/подчеркивание
F8	Включение-отключение мигания курсора
F9	Отключение-включение звукового сигнала.
F10	Переключение режимов Line (связь с ЭВМ)/Local (автономный режим)
F11	Включение/отключение кодировки КОИ7 Н2 (все большие буквы)
L-ALT	Переключение кодировки RUS (H1) / LAT (H0)
R-ALT	Ввод кода LF (ПС) — переход на новую строку
Scrollock	Вывод следующей строки в режиме HoldScreen (с shift - вывод страницы)
PgDn	Раздвижка экрана вниз
PgUp	Раздвижка экрана вверх
Home	Установка курсора в начало экрана
Ins	Раздвижка строки вправо

Шрифт.

Оригинальный контроллер КСМ отображает знакоместа формата 8*8. В данной разработке знакоместа имеют размер 8*12, что позволяет использовать более четкий и разборчивый шрифт.

В схему входит ROM размером 4К (созданный в статической памяти FPGA) с образом шрифта знакогенератора. Исходные образы шрифта лежат в ksm-firmware/font/font-*.bin. Раскладка кодов символов внутри файла шрифта:

00-1f (000-037) большие латинские буквы (для индикации управляющих кодов)
20-3f (040-077) цифры и обычные символы
40-5f (100-137) большие латинские буквы
60-7f (140-177) малые латинские буквы
80-9f (200-237) псевдографика
a0-bf (240-277) не используется
c0-df (300-337) малые русские буквы
e0-ff (340-377) большие русские буквы

К проекту приложены 2 шрифтовых файла.

font-main.bin — основной шрифт 8*12, в основном выдраный из какого-то древнего досовского русификатора. Большинство линий символов имеет толщину в 2 пикселя, и шрифт смотрится вполне достойно на современных TFT-мониторах.

font-ksm.bin — шрифт 8*8, выдраный из знакогенератора платы КСМ (терминал 15ИЭ использует такой же шрифт). При использовании этого шрифта экран выглядит в точности таким же, как экран КСМ. Этот шрифт я приложил для ностальгирующих по старым временам, а также для наглядного сравнения корявых древних шрифтов с современными. Чтобы переключить терминал для работы с этим шрифтом, надо подключить файл font-ksm.mif к мегафункции fontrom в качестве файла инициализации памяти. Вот пример изображения, формируемого шрифтом КСМ:

```
LINE      CAPS      LAT      38400  00:02:46
CHESS0.SAV  23  30-May-88      REVERS.SAV  12  17-May-85
 54 Files, 1207 Blocks
 383 Free blocks

.B00 RK2:

Ф040С Ф В03.00
?KMON-F-Invalid command

.R FTMON

***Ф040С-ТМ0С*** МОНИТОР FTMON APR-87
ЗАПУСК: R FTMON  ПОВ.ПУСК: 30124  ВЫХОД: СУ/О

КОМАНДЫ МОНИТОРА
L ИМЯ<ВК> ЗАГРУЖАЕТ ПРОГРАММУ
R ИМЯ<ВК> ЗАГРУЖАЕТ И ЗАПУСКАЕТ ПРОГРАММУ
O ИМЯ<ВК> ЗАГРУЖАЕТ И ВЫПОЛНЯЕТ ПРОГРАММУ ОДИН РАЗ
C ИМЯ<ВК> ВЫПОЛНЯЕТ ЦЕПОЧНЫЙ ФАЙЛ
D<ВК> ВЫВОДИТ СПРАВОЧНЫЙ ФАЙЛ НА ТЕРМИНАЛ
H<ВК> ВЫВОДИТ ЭТО СООБЩЕНИЕ

,
```

Также в каталоге ksm-firmware/font лежат некоторые утилиты для обработки шрифтовых файлов:

font2mif — преобразователь файл шрифта (bin) в формат mif для загрузки в FPGA.

fontlist — выводит на экран изображения всех шрифтов указанного bin-файла

fontextract — извлекает шрифт указанного или всех символов из bin-файла

fontreplace — заменяет указанный символ в bin-файле.

Извлеченный из двоичного файла образ символа представляет собой текстовый прямоугольник размеров 8*12 знаков, в котором пикселя, формирующие изображение, обозначаются символом O, остальные — точкой:

..000...
.00.00..
00...00..
00...00..
00...00..
0000000..
00...00..
00...00..
00...00..
.....
.....

Такая форма удобна для редактирования изображения символа. 2 нижние строки лучше не использовать для размещения изображения, поскольку на этих строках размещается курсор в режиме подчеркивания.

Контроллер КГД

КГД (Контроллер Графического Дисплея) — это монохромный графический контроллер, выводящий на экран изображение размером 400*286. Контроллер подключается прямо к шине МПИ и представлен на ней четырьмя регистрами. Такой подход является более современным по сравнению с подключением через последовательный порт.

КГД не является полноценным видеоконтроллером — он не умеет формировать полный набор видеосигналов, и работает только в паре с модулем КСМ. Поскольку КСМ формирует изображение 800*600, то каждый графический пиксель занимает 2 точки по горизонтали и вертикали. При этом в верхней части экрана остается темное поле высотой в 28 точек. Видеоданные, формируемые текстовым и графическим контроллером, могут выводиться на экран одновременно, накладываясь друг на друга. Также, используя регистры КГД, можно запретить вывод текстовой или графической информации.

Контроллер содержит в себе двухпортовую видеопамять размером 16К, которая доступна через регистры адреса и данных. Видеопамять формируется как мегафункция 2-port altsyncram из внутренней памяти FPGA. Это накладывает серьезные ограничения на тип применяемой FPGA — младшая из серии Cyclone 4 микросхема EP4CE6 не содержит достаточного количества памяти.

Аппаратные особенности

Модуль КСМ умеет управлять звуковым сигналом по коду 007 — этой возможности не было в оригинальном контроллере. Сигнал передается через порт buzzer и принимает значение 1, когда надо включить звук. Его можно прямо подавать на пьезопищалку со встроенным генератором звука. Либо создать таймер/делитель на частоту около 400 Гц и использовать его для генерации звука. Или вообще обойтись без звука, как в настоящем КСМ.

На экране изображение имеет следующие цвета:

- Строка состояния — красный цвет
- Часы — фиолетовый цвет

- Данные пользователя — зеленый цвет
- Графика КГД — белый цвет
- Курсор — желтый цвет.

Если вы хотите получить полностью монохромное изображение, как на древних мониторах, то сигналы `vgared`, `vgagreen`, `vgablue`, выходящие из модуля КСМ, а также сигнал `vgavideo`, выходящий из модуля КГД, надо объединить по схеме ИЛИ и подать на все 3 видео-ЦАП, настроив эти ЦАП на формирование нужного оттенка изображения. Так можно получить черно-зеленое, черно-желтое, черно-белое и любое другое монохромное изображение.

Линии клавиатуры PS/2 Clock и Data должны быть подтянуты к питанию 3.3v. Для этого можно включить внутренние подтягивающие резисторы в FPGA (опция `weak pull-up resistor` в `assignments editor`), или подпаять внешние резисторы 2-5к между каждой линией и 3.3v, если их нет на вашей плате.

В зависимости от подключения разъема VGA может потребоваться переделка схемы управления видео-цап, лежащей в головном модуле `mc1201-02.v`. В данном проекте использовалась плата, на которой установлен 6-битный ЦАП зеленого цвета и 5-битные ЦАП синего и красного цветов, поэтому схема выглядит так:

```
// выбор яркости каждого цвета
assign vgag = (vgagreen == 1'b1) ? 6'b111111 : 6'b000000 ;
assign vgab = (vgablue == 1'b1) ? 5'b11111 : 5'b00000 ;
assign vgar = (vgared == 1'b1) ? 5'b11111 : 5'b00000 ;
```

Если на вашей плате разрядность ЦАП другая или ЦАП вообще отсутствует, этот фрагмент необходимо поправить под ваши нужды.