



# Руководство пользователя

## v1.0

## Оглавление

Введение.....	3
Описание платы.....	4
Что умеет прошивка.....	5
Принцип работы.....	5
Плата.....	6
Назначение разъемов.....	6
Кнопки и переключатели.....	7
Клавиатура.....	7
Горячие клавиши.....	7
Порядок сборки и запуска платы.....	8
Комплектующие.....	8
Монтаж.....	8
Первое включение непрошитой платы.....	8
Прошивка.....	9
Прошивка AVR-микроконтроллера.....	9
Прошивка CPLD EPM3128 и FPGA EP4CE6.....	9
Первое включение после прошивки.....	10
Обновление прошивки – Flash Tool.....	10
Утилита FDIImage.....	12

## Введение

Уважаемый пользователь! Добро пожаловать в мир ретро-компьютеров!

Перед Вами – руководство по отладочной плате Karabas-Pro, на которой можно воссоздать один из очень крутых 8-битных компьютеров 90-х годов – ZX Spectrum совместимый компьютер Profi2+.

Данное руководство пригодится тем, кто собираем плату с нуля, так и тем, кто имеет уже собранную и запущенную плату.

Проект открытый, распространяется по лицензии Open Source Hardware. Все исходные коды проекта, включая дизайн печатной платы и исходные коды прошивок доступны в git-репозитории автора – <https://github.com/andykarpov/karabas-pro>.

Отличительными особенностями данного проекта от других FPGA-проектов являются реальный контроллер дисководов и жесткого диска (Compact Flash), что позволяет безболезненно подключить реальный дисковод либо эмулятор Gotek к плате и пользоваться всем тем софтом, что есть под ZX Spectrum и Profi CP/M, в частности, на реальных дискетах или в виде образов дискет.

### Для старта Вам потребуется:

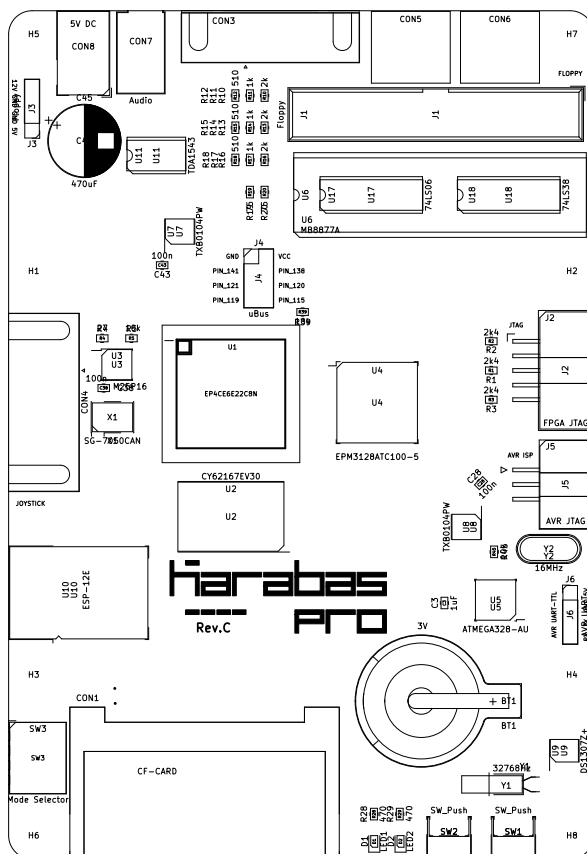
- VGA монитор с поддержкой 50Гц либо телевизор с RGB-входом
- Блок питания 12В 2А (центральный контакт - плюс)
- PS/2 клавиатура и PS/2 мышь
- Устройство вывода звука (наушники либо активные колонки, и тп)
- Механический spectrum (atari)-совместимый либо 3/6 кнопочный SEGA джойстик
- CF-карта
- SD-карта
- 3.5" дисковод или эмулятор Gotek (FlashFloppy)
- Какое-то количество времени и терпения :)

### Если плата не прошита, также потребуются:

- Программатор Altera USB Blaster, byte blaster или другой совместимый
- Программатор AVR (USBasp, TinyISP или любой другой с 6-контактным разъемом)
- ПО Quartus Programmer для прошивки CPLD и FPGA
- ПО avrdude или другое ПО для прошивки AVR

## Описание платы

Печатная плата Karabas-Pro имеет геометрические размеры 3.5” дисководов. Монтажные отверстия на плате предполагают крепление реального дисковода к плате с помощью штатных отверстий.



### На плате содержится:

- FPGA Altera (EP4CE10 в последних ревизиях, начиная с rev.D, EP4CE6 в предыдущих ревизиях, также возможна установка EP3C10)
- Конфигурационное устройство EPCS16 (M25P16, W25Q16, ...)
- CPLD Altera EPM3128
- Статическая память 2Mb (в ревизии Rev.E - 6Mb)
- Контроллер дисководов (BDI) на базе MB8877A
- Контроллер PS/2 клавиатуры, мыши и часов реального времени на базе Atmega 328P
- ЦАП TDA1543 (или TDA1543A)
- Разъем для карт памяти SD

- Разъем для карт памяти Compact Flash
- Разъем DB9 для подключения механического джойстика ZX Spectrum

## Что умеет прошивка

Текущая прошивка выпускается под все ревизии плат (A,B,C,D,DS,E), и позволяет реализовать такое железо:

- Конфигурация Profi со всеми специфическими портами управления конфигурацией (CMR0, CMR1)
- Софт-процессор T80
- 1 Мб памяти по стандарту Profi
- Режим видео-выхода VGA 50Гц (скандаблер) и режим выхода на ТВ
- Видео-режим ZX Spectrum Pentagon (320 строк, 49 Гц)
- Видео-режим расширенного экрана профи (512x240, 50 Гц)
- Поддержка палитры Profi
- Эмуляция Turbosound (2xAY)
- Эмуляция profi covox
- Эмуляция чипа SAA1099 (только для прошивок EP4CE10, EP3C10)
- Эмуляция XT клавиатуры (через 5й бит порта #FE)
- Эмуляция Kempston мыши и Serial мыши (через эмуляцию штатного порта COM1)
- Эмуляция часов реального времени (ВИ1)
- UART по стандарту ZX UNO для доступа к модулю ESP8266 на скорости 115200bps
- 4 переключаемые банка ПЗУ (для плат rev.C)
- Турбо-режим 7МГц
- Экспериментальный режим развертки 60Гц
- Режим “Туро ВГ”
- Новая дешифрация портов для возможности запуска PQ-DOS
- OSD-меню для удобства настройки параметров и часов реального времени

## Принцип работы

После подачи питания FPGA считывает и стартуется конфигурацию из конфигурационной SPI flash-ки. Далее конфигурация FPGA (модуль loader) запускает механизм копирования образов ПЗУ в верхнюю область ОЗУ с помощью прямого обращения к ОЗУ. Компьютер в этот момент находится в сброшенном состоянии. По окончании копирования образов ПЗУ в ОЗУ происходит принудительный сброс конфигурации и компьютер готов к работе.

Параллельно с этим процессом происходит инициализация контроллера клавиатуры, мыши и часов реального времени. В момент старта контроллер также передает состояние всех регистров часов реального времени в FPGA по шине SPI (мастером выступает контроллер). Далее контроллер в бесконечном цикле по SPI передает состояние матрицы клавиатуры ZX Spectrum, раз в секунду передает на сторону FPGA только регистры времени, а по событиям мыши и джойстика – также их состояние.

Внешняя периферия (контроллер BDI, HDD) реализована в CPLD Altera EPM3128, в которую по 8-битной параллельной шине пробрасываются выходные сигналы ZX-шины (ША, ШД, состояние сигналов процессора /WR, /RD, /IORQ, /MREQ, /M1 и другие). В ответ модуль периферии по параллельной 8-битной шине отдает ШД в FPGA.

## Плата

Печатная плата выполнена на фольгированном двустороннем стеклотекстолите марки FR4 толщиной 1.6мм. Геометрические размеры платы: 147 x 101 мм.

## Назначение разъемов

- **CON8** – 5 x 2.1 мм разъем для питания платы от БП (5В 2А для ревизий А,В,С,С1, 12В 2А для ревизий D,DS,E и выше)
- **CON7** – 3.5 мм аудио разъем (TRS)
- **CON3** – 15-контактный D-SUB для подключения VGA монитора или ТВ
- **CON5** – Mini Din 6 для подключения PS/2 клавиатуры
- **CON6** – Mini Din 6 для подключения PS/2 мыши
- **CON4** – 9-контактный D-SUB для подключения механического джойстика
- **CON1** – 50-контактный разъем для подключения карт памяти типа Compact Flash
- **CON2** – разъем для подключения SD карты
- **J6** – 4-контактная гребенка AVR UART (5В TTL)
- **J5** – 6-контактный IDC разъем AVR ISP

- **J2** – 10-контактный IDC разъем JTAG
- **J4** – 8-контактный разъем общего назначения (свободные пины FPGA)
- **J3** – 4-контактная гребенка для подачи 5В для питания дисковод

## Кнопки и переключатели

- **SW1, SW2** – кнопки общего назначения. На данный момент – незадействованы для ревизий А,В. Для плат ревизии С – это сброс и сброс с зажатой кнопкой S для перехода во встроенное меню тестов порта клавиатуры.
- **SW3** – отладочный dip-переключатель (в последних ревизиях отсутствует. Вместо него разведен узел чтения-записи на ленту)

## Клавиатура

Клавиатура умеет работать в 2 режимах:

- Эмуляция расширенной **XT клавиатуры**
- Эмуляция стандартной **40-кнопочной клавиатуры**

В любом из этих режимов от контроллера клавиатуры в FPGA передается матрица состояний ZX-клавиатуры + 5й бит порта #FE для эмуляции расширенной XT клавиатуры.

## Горячие клавиши

- **Menu + F1** – переключает ROMSET 0 - стандартная ПЗУ Профи с Service 2.3 и FatAll от Savelij
- **Menu + F2** – переключает ROMSET 1 – альтернативная ПЗУ Профи с биосом PQ-DOS
- **Menu + F3** – переключает ROMSET 2 - FlashTool by Doctor Max
- **Menu + F4** – переключает ROMSET 3 – FDIImage by Doctor Max
- **Menu + F5** – включает и выключает режим TurboFDC (для ревизий плат D2 и выше, для младших ревизий необходима доработка платы)
- **Menu + F7** – переключает режим стерео для SSG звука (ABC / ACB)
- **Menu + F8** – переключает режим SSG (AY / YM)
- **Menu + F9** – переключает режим **VGA / ТВ** развертки
- **Menu + F10** – переключает режим развертки между стандартным (**50Гц**) и экспериментальным (**60Гц**)

- **Menu + F11** – переключает **Turbo** режим **7МГц, 14МГц** (для плат с EP4CE10, EP3C10) либо стандартный **3.5МГц**
- **Menu + F12** – генерирует событие **NMI**
- **PrtScr** – переключает режим работы клавиатуры **XT** / стандартная **40**-кнопочная клавиатура
- **Pause** – останавливает процессор сигналом **/WAIT**
- **Ctrl+Alt+Del** – сигнал **RESET**
- **Ctrl+Alt+Esc** – сигнал **NMI**
- **Ctrl+Alt+Backspace** – сигнал **RESET** + удержание кнопки **S** для попадания во встроенное меню тестов порта клавиатуры (в **ROMSET 0**)
- **Menu + Tab** – меняет буквы дисководов **A<>B**
- **Menu + J** – переключает режим джойстика **Kempston Atari<>SEGA**
- **Menu + ESC** – откроет / спрячет **OSD** меню

## Порядок сборки и запуска платы

В данном разделе собран коллективный опыт по монтажу и запуску платы. Чтение данной части руководства не гарантирует успех, но приближает его многократно.

## Комплектующие

Очень важно покупать комплектующие у проверенных продавцов, особенно если комплектующие закупаются на сомнительных площадках, типа AliExpress. Автор неоднократно сталкивался с недобросовестными продавцами, которые впаривали перемаркированные и нерабочие детали под видом новых.

## Монтаж

Прежде чем приступать к монтажу – следует внимательно изучить саму печатную плату на предмет заводского брака. Иногда даже известные фабрики допускают брак в виде недотравов или пропущенных переходных отверстий. Важно также проверить с помощью мультиметра, нет ли КЗ по линиям питания (внешним и внутренним).

Далее, автор рекомендует запаять все большие микросхемы поверхностного монтажа – **FPGA, CPLD**, затем микросхемы поменьше – **Atmega328, M25P16** и другие. **DIP**-компоненты на этом шаге пока не запаиваем.

Далее необходимо запаять все пассивные и активные 2 и 3-выводные **smd**-компоненты (резисторы, конденсаторы, генератор, светодиоды).



После того, как все SMD-компоненты запаяны - плату желательно отмыть от остатков флюса. После чего можно приступать к запаиванию выводных компонентов – разъемов, кнопок, штырьков, держателей и тп.

## Первое включение непрошитой платы

Перед первым включением желательно провести оптический контроль качества пайки, а также прозвонить линии питания на предмет КЗ. Бывает так, что из-за брака smd-конденсаторов они уже изначально пробиты. Далее желательно подать питание (в зависимости от ревизии платы – 5В либо 12В) от ЛБП с защитой, выставив ток на 200мА. Если защита не сработала – значит можно подключать штатный БП :)

## Прошивка

Теперь можно приступать к прошивке. Порядок прошивки особо не важен, но желательно первым прошить контроллер клавиатуры, а затем CPLD с FPGA.

Для прошивки платы воспользуйтесь заранее собранным релизом, который можно найти на github'е по адресу: <https://github.com/andykarpov/karabas-pro/releases>

## Прошивка AVR-микроконтроллера

Для прошивки Atmega328, подключите программатор в соответствующий разъем **J5 (AVR ISP)**. Если программатор не обеспечивает подачу 5В собственными средствами, запитайте плату штатным БП.

**Пример** вызова avrdude из командной строки для прошивки контроллера:

```
avrdude -c usbasp -p m328p -U flash:w:karabas_pro_revD.hex -U lfuse:w:0xFF:m -U hfuse:w:0xD7:m -U efuse:w:0xFF:m
```

При использовании других программаторов, прошивайте файл **karabas\_pro\_revD.hex** с такими фьюзами:

- Low: 0xFF
- High: 0xD7
- Extended: 0xFF

У некоторых пользователей возникают трудности с прошивкой extended fuse, и его прошивку можно опустить, так как значение efuse влияет только на brown out detection level.

Для более старых плат есть прошивки с именами **karabas\_pro\_revA.hex** для плат Rev.A, **karabas\_pro.hex** – для плат до Rev.C включительно (с двумя светодиодами).

## Прошивка CPLD EPM3128 и FPGA EP4CE6

Для прошивки CPLD и FPGA достаточно скачать и установить standalone-версию **Quartus Programmer**. Она достаточно небольшая и нет необходимости скачивать и устанавливать многогигабайтный дистрибутив Quartus. Версия Quartus Programmer, в принципе, не важна. Можно брать любую последнюю – должно работать.

### Порядок прошивки:

Откройте в Quartus Programmer файл **karabas\_pro\_revDS\_tda1543.cdf** или **karabas\_pro\_revDS\_tda1543a.cdf** (в зависимости от того, какой тип ЦАП установлен на плате).

Далее необходимо выставить галочки **Program/Configure** напротив CPLD и FPGA (во всех строчках) и нажать на кнопку **Start**.

После успешного программирования необходимо отключить от платы питание.

**Важно:** для плат **revE** используйте файлы **karabas\_pro\_revE\_tda1543\*.cdf**, для плат ревизий **A,B,C,D** – используйте файл **karabas\_pro\_tda1543\*.cdf**.

### Первое включение после прошивки

После того, как плата собрана и прошита – к ней можно подключить клавиатуру, мышь, VGA монитор, блок питания и включить. Если все ок, на плате нет непропаев и залипонов – плата в настройке не нуждается и через 1-2с после подачи питания на экране должна появиться заставка меню тестов Profi.

## Обновление прошивки – Flash Tool

Для обновления прошивки FPGA без использования USB Blaster'а в одном из банков ПЗУ расположена утилита **Flash Tool or Doctor Max**. С помощью данной утилиты можно обновлять конфигурацию FPGA и заменять содержимое ромсетов с SD-карты, без использования USB Blaster'а.

Для перехода в ромбанк **Flash Tool** можно воспользоваться комбинацией **Menu+F3**.

На SD карту необходимо предварительно положить gbf-файл прошивки FPGA и/или образы ромсетов ПЗУ (rom или bin файлов).



После выбора действия (прошиваем Firmware или один из 4x ROMSET'ов), необходимо подтвердить свои намерения принятием соглашения:



Далее необходимо выбрать файл прошивки и дождаться завершения процесса записи:



После того, как все необходимые манипуляции с flash-памятью завершены – необходимо передернуть питание платы, чтобы изменения вступили в силу: данные из flash-памяти считались в ОЗУ при старте.

## Утилита FDIimage

Для быстрого и удобного развертывания образов FDI, PRO, TRD, SCL на реальные диски по хоткею **Menu+F4** доступна утилита **FDIimage** от **Doctor Max**.

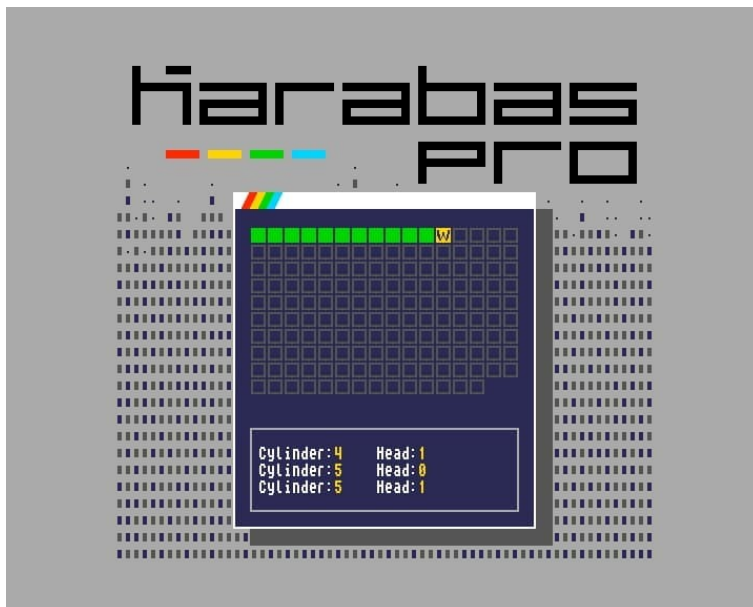
С помощью данной утилиты можно с SD или CF карты выбрать файл образа дискеты и распаковать его на дискету.



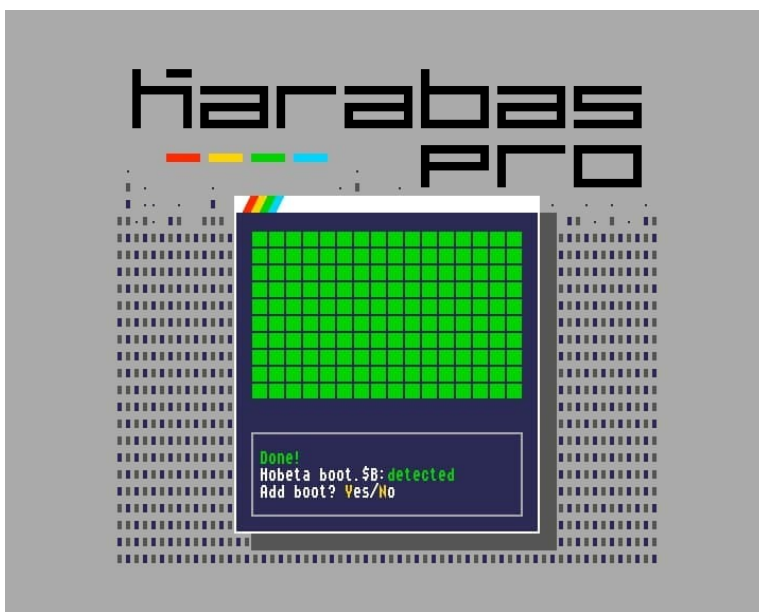
На стартовом экране утилита предлагает выбрать дисковод (A или B), источник поиска файлов (SD или CF карта) и перейти на следующий шаг – выбора образа диска. Далее необходимо выбрать нужный образ для распаковки:



После чего откроется диалог записи образа на дискету.



По окончании процесса можно переключиться в нужный (0-й или 1-й) ромсет для использования записанной дискеты.



Однако, если при распаковке SCL образа в нем отсутствовал boot-файл, но в корне карты-источника присутствует **boot.\$B**, то утилита спросит, добавить ли найденный boot на дискету.