USB-UART-FT232 (в режиме BitBang) в качестве JTAG программатора/отладчика

1. Обновляем список и устанавливаем необходимые пакеты.

```
# apt update && apt-get install -y \
        build-essential \
        libusb-1.0-0-dev \
        jimsh \
        tclsh \
        libusb-dev \
        pkg-config \
        libtool \
        autoconf \
        pip \
        git
```

2. Получаем исходники OpenOCD и переходим в пиректорию с ними.

```
# git clone https://github.com/ntfreak/openocd.git && cd openocd
```

3. Читаем README “less README” и создаем сценарий настройки.

```
# ./bootstrap
```

Пример выхлопа:

```
root@openocd:~/openocd# ./bootstrap
+ aclocal --warnings=all
+ libtoolize --automake --copy
+ autoconf --warnings=all
+ autoheader --warnings=all
+ automake --warnings=all --gnu --add-missing --copy
configure.ac:22: installing 'build-aux/compile'
configure.ac:34: installing 'build-aux/config.guess'
configure.ac:34: installing 'build-aux/config.sub'
configure.ac:17: installing 'build-aux/install-sh'
configure.ac:17: installing 'build-aux/missing'
Makefile.am: installing './INSTALL'
Makefile.am: installing 'build-aux/depcomp'
Makefile.am:24: installing 'build-aux/mdate-sh'
Makefile.am:24: installing 'build-aux/texinfo.tex'
Setting up submodules
Подмодуль «jimtcl» (https://github.com/msteveb/jimtcl.git) зарегистрирован по пути «jimtcl»
Подмодуль «src/jtag/drivers/libjaylink» (https://repo.or.cz/libjaylink.git) зарегистрирован по пути «src/jtag/drivers/libjaylink»
Подмодуль «tools/git2cl» (https://repo.or.cz/git2cl.git) зарегистрирован по пути «tools/git2cl»
Клонирование в «/root/openocd/jimtcl»...
Клонирование в «/root/openocd/src/jtag/drivers/libjaylink»...
Клонирование в «/root/openocd/tools/git2cl»...
Подмодуль по пути «jimtcl»: забрано состояние «2d66360c61d2a89d4008e8bad12ae3aa5f0331e2»
Подмодуль по пути «src/jtag/drivers/libjaylink»: забрано состояние «9aa7a5957c07bb6e862fc1a6d3153d109c7407e4»
Подмодуль по пути «tools/git2cl»: забрано состояние «8373c9f74993e218a08819cbcdbab3f3564bbeba»
Generating build system...
libtoolize: putting auxiliary files in AC_CONFIG_AUX_DIR, 'build-aux'.
libtoolize: copying file 'build-aux/config.guess'
libtoolize: copying file 'build-aux/config.sub'
libtoolize: copying file 'build-aux/install-sh'
libtoolize: copying file 'build-aux/ltmain.sh'
libtoolize: putting macros in AC_CONFIG_MACRO_DIRS, 'm4'.
libtoolize: copying file 'm4/libtool.m4'
libtoolize: copying file 'm4/ltoptions.m4'
libtoolize: copying file 'm4/ltsugar.m4'
libtoolize: copying file 'm4/ltversion.m4'
libtoolize: copying file 'm4/lt~obsolete.m4'
configure.ac:43: installing 'build-aux/ar-lib'
configure.ac:37: installing 'build-aux/compile'
configure.ac:30: installing 'build-aux/missing'
libjaylink/Makefile.am: installing 'build-aux/depcomp'
Bootstrap complete. Quick build instructions:
./configure ...
root@openocd:~/openocd#
```

Скрипт должен отработать без ошибок. Если что то не хватает – доустанавливаем и запускаем bootstrap снова.

4. Указываем нужные нам опции сборки (поддержка чипа r232r, поддержка режима MPSSE и префикс директории, куды мы будем устанавливать собранный openocd)
   ```
   # ./configure --enable-ft232r --enable-ftdi --prefix=$HOME/.opt
   ```

Все должно пройти без ошибок. Результат работы конфигуратора (список поддерживаемых устройств):

```
OpenOCD configuration summary
--------------------------------------------------
MPSSE mode of FTDI based devices        yes
ST-Link Programmer                      yes (auto)
TI ICDI JTAG Programmer                 yes (auto)
Keil ULINK JTAG Programmer              yes (auto)
Altera USB-Blaster II Compatible        yes (auto)
Bitbang mode of FT232R based devices    yes
Versaloon-Link JTAG Programmer          yes (auto)
TI XDS110 Debug Probe                   yes (auto)
CMSIS-DAP v2 Compliant Debugger         yes (auto)
OSBDM (JTAG only) Programmer            yes (auto)
eStick/opendous JTAG Programmer         yes (auto)
Olimex ARM-JTAG-EW Programmer           yes (auto)
Raisonance RLink JTAG Programmer        yes (auto)
USBProg JTAG Programmer                 yes (auto)
Andes JTAG Programmer                   yes (auto)
CMSIS-DAP Compliant Debugger            no
Nu-Link Programmer                      no
Cypress KitProg Programmer              no
Altera USB-Blaster Compatible           no
ASIX Presto Adapter                     no
OpenJTAG Adapter                        no
Linux GPIO bitbang through libgpiod     no
SEGGER J-Link Programmer                yes (auto)
Bus Pirate                              yes (auto)
Use Capstone disassembly framework      no
```

5. Собираем OpenOCD
   ```
   # make
   ```
6. Что бы не засорять систему, мы создадим директорию в хомяке, куда установим OpenOCD. Так же добавим в файл “.bashrc” путь до директории в переменную $PATH, куда будет установлен бинарник openocd. Это необходимо для того, что бы ваш интерпретатор знал, где искать исполняемый файл, установленный в ручную мимо менеджера пакетов.
   ```
   # mkdir $HOME/.opt
   # nano $HOME/.bashrc
   ```

Добавьте в конец файла:

```
if [ -d "$HOME/.opt/bin" ] ; then
    PATH="$HOME/.opt/bin:$PATH"
fi
```

И перечитаем переменные среда командой

```
# source $HOME/.bashrc
```

7. Наконец устанавливаем собранный OpenOCD
   ```
   # make install
   ```
8. Копируем свежеустановленный файл конфигурации интерфейса и берем его за основу для настройки нашего отладчика на базе микросхемы ft232rl

```
cp -a $HOME/.opt/share/openocd/scripts/interface/ft232r/radiona_ulx3s.cfg $HOME/ft232rl_jtag.conf
```

Открываем в нашем любимом, текстовом редакторе и допиливаем необходимый минимум.

Для этого необходимо прописать в него VID&PID нашего адаптера. VID и PID, можно посмотреть в выводе команды lsusb при подключенном (usb-uart ft232) адаптере.

```
root@openocd:~# lsusb
Bus 001 Device 002: ID 0403:6001 Future Technology Devices International, Ltd FT232 Serial (UART) IC
Bus 001 Device 001: ID 1d6b:0001 Linux Foundation 1.1 root hub
```

Здесь мы видим, что в первой строке, устройство 002 на шине 001, с идентификатором производителя и устройства: 0403:6001 и есть наш USB-UART Future Technology Devices International, Ltd FT232 Serial (UART) IC . Эти два шестнадцатеричных числа, нужно указать аргументами в параметре “ft232r_vid_pid”, не забыв указать перед ними “0x”.

Так же нужно подключить конфигурационный файл для нашего таргета (cc2538), дописав в конце

“source [find target/cc2538.cfg]” (сам файл лежит здесь $HOME/.opt/share/openocd/scripts/target/cc2538.cfg). Еще нужно немного подправить наш файл, что бы OpenOCD не ругался на deprecated формат конфигурации (убрать андерлайны). Настройка маппинга ножек, описывается так “ft232r tdo_num CTS” – здесь вывод микросхемы ft232 “CTS”, используется как вывод “DO” JTAG отладчика.

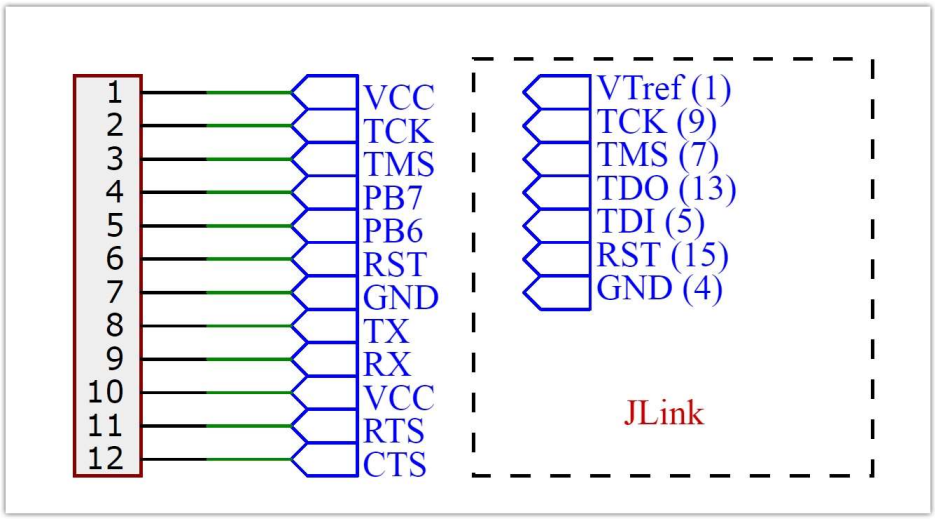
В итоге, наш готовый конфиг выглядит так:

```
adapter driver ft232r
adapter speed 1000
ft232r vid_pid 0x0403 0x6001
ft232r tck_num DSR
ft232r tms_num DCD
ft232r tdi_num RI
ft232r tdo_num CTS
ft232r trst_num RTS
ft232r srst_num DTR
source [ find target/cc2538.cfg ]
```

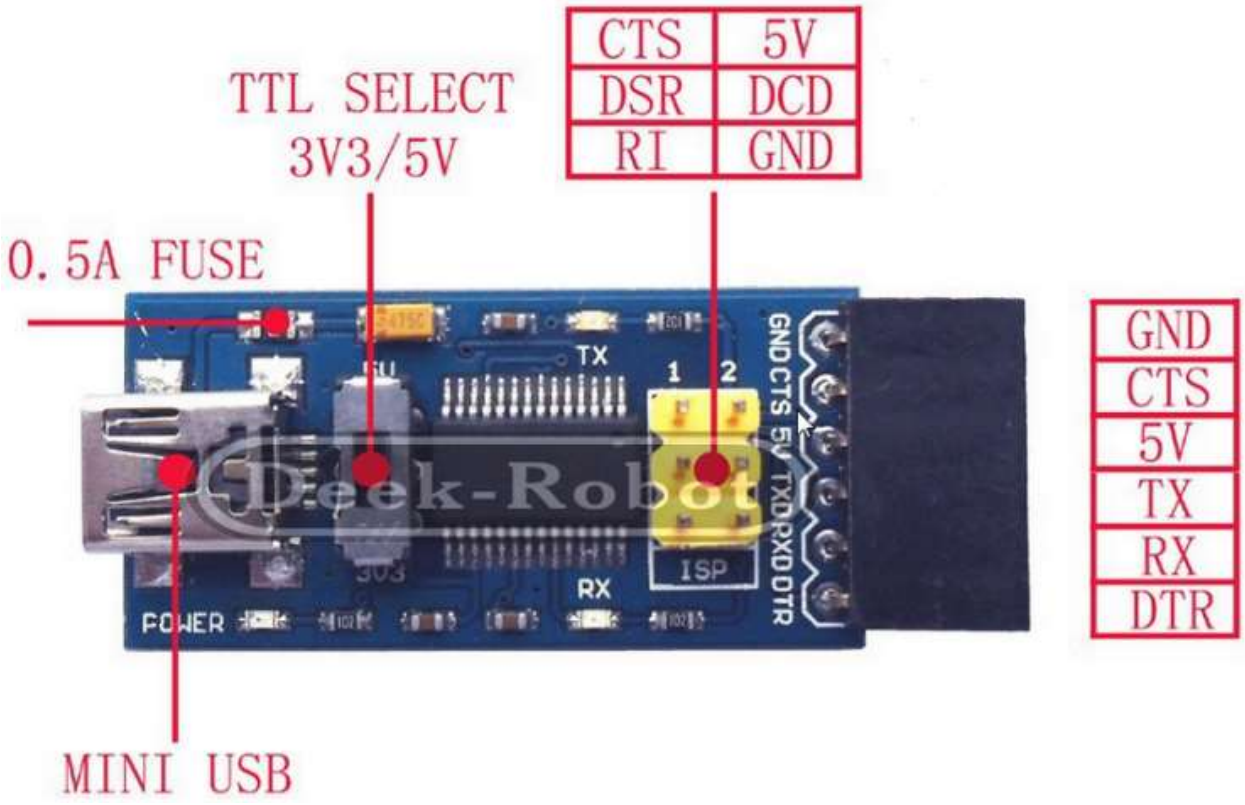
9. Подключение.
   Из наших настроек, видно, что ножки ft232, линий данных последовательного интерфейса: DSR, DCD, RI, CTS, RTS, DTR, определены как линии данных JTAG: TCK, TMS, TDI, TDO, TRST, SRST соответственно.

   DSR > TCK
   DCD > TMS
   RI > TDI
   CTS > TDO
   RTS > TRST
   DTR > SRST

Я использую только 4 линии JTAG (TCK, TMS,), без RST – этого вполне хватит.



Мой адаптер выглядит так (только с красной маской)



Переводим переключатель уровней в положение 3V3!
Питание таргета от пина 5V – не допустимо! На нем всегда 5V, вне зависимости от положения переключателя 3V3/5V!

При питании таргета от внешнего источника тока 3.3V, не забывайте, что между отладчиком и таргетом, должна быть общая земля!

Подключаем линии данных JTAG, между нашим отладчиком (USB-UART-FT232R) и таргетом (CC2538) в соответствии с распиновкой вашего адаптера и файла настройки. Проверяем все цепи!

Подключаем отладчик в USB порт компьютера и подаем питание на таргет.

10. Запускаем OpenOCD указав ему нашу конфигурацию.
    ```
    # openocd -f $HOME/ft232rl_jtag.conf
    ```

Если видим в что то типа:

```
Error: JTAG scan chain interrogation failed: all ones
Error: Check JTAG interface, timings, target power, etc.
Error: Trying to use configured scan chain anyway...
Error: cc2538.jrc: IR capture error; saw 0x00 not 0x01
```

то еще раз проверяем соединения и все напряжения питания!

Если наш отладчик удачно определил таргет, то вывод будет примерно такой:

```
Info : only one transport option; autoselect 'jtag'
Info : Listening on port 6666 for tcl connections
Info : Listening on port 4444 for telnet connections
Info : clock speed 100 kHz
Info : JTAG tap: cc2538.jrc tap/device found: 0x8b96402f (mfg: 0x017 (Texas Instruments), part: 0xb964, ver: 0x8)
Info : JTAG tap: cc2538.cpu enabled
Info : cc2538.cpu: hardware has 6 breakpoints, 4 watchpoints
Info : starting gdb server for cc2538.cpu on 3333
Info : Listening on port 3333 for gdb connections
```

Отладчик нашел таргет и готов с ним работать. Нам нужно telnet подключение, доступное на пору 4444. Tcl доступен на порту 6666, GDB сервер на порту 3333. Открываем свободный терминал и с помощью telnet клиента, подключаемся на локальный порт 6666 (так же можно указать в конфигурации параметр “bindto 0.0.0.0” для удаленного подключения к хосту с другого компьютера):

```
openocd@openocd:~$ telnet localhost 4444
Trying ::1...
Trying 127.0.0.1...
Connected to localhost.
Escape character is '^]'.
Open On-Chip Debugger
>
```

Получаем приглашение “>” командной строки. Справка по командам доступна по “help”.

Просмотр регистров командой reg:

```
> reg
===== arm v7m registers
(0) r0 (/32)
(1) r1 (/32)
(2) r2 (/32)
(3) r3 (/32)
(4) r4 (/32)
(5) r5 (/32)
(6) r6 (/32)
(7) r7 (/32)
(8) r8 (/32)
(9) r9 (/32)
(10) r10 (/32)
(11) r11 (/32)
(12) r12 (/32)
(13) sp (/32)
(14) lr (/32)
(15) pc (/32)
(16) xPSR (/32)
```

```
(17) msp (/32)
(18) psp (/32)
(20) primask (/1)
(21) basepri (/8)
(22) faultmask (/1)
(23) control (/3)
===== Cortex-M DWT registers
```

Делаем доступным BSL загрузчик командами :

```
> mww 0x400D300C 0x7F800
> mww 0x400D3008 0x0205
```

В дальнейшем можно пользоваться cc2538-bsl для загрузки прошивки в модуль через UART:

```
# ./cc2538-bsl.py -p /dev/ttyUSB0 -b 115200 -w ./cc2538-prog/MODKAMRU_V3_UART-no-flow-control.hex
```

Drag (ɔ)