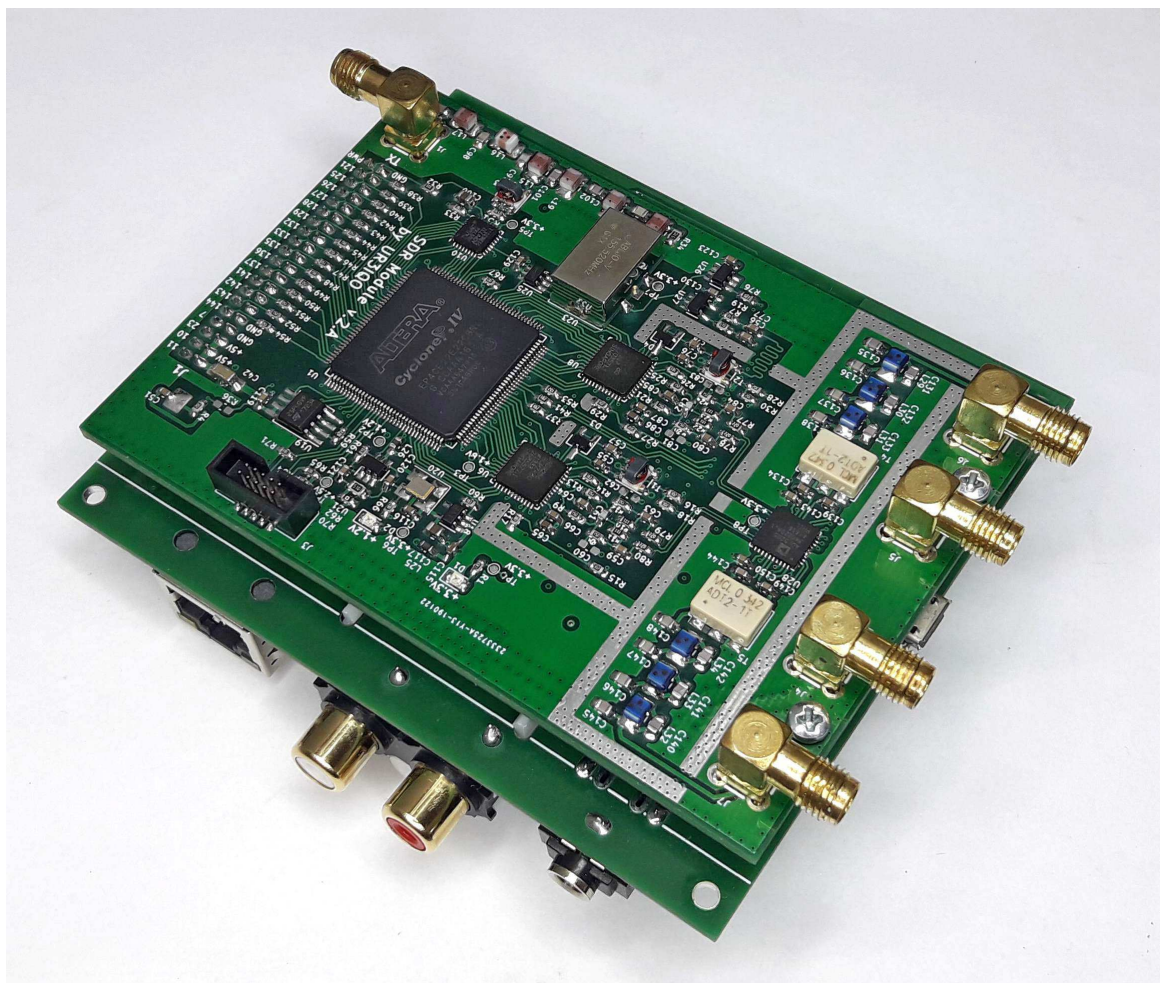


AngeliaLite - OpenHPSDR совместимый трансивер

Олег Скидан UR3IQO



Введение

AngeliaLite предназначен для использования в качестве основы OpenHPSDR совместимого трансивера. Для того чтобы получить полноценный SDR КВ трансивер достаточно добавить фильтры на вход приемника и усилитель мощности с ФНЧ. Также **AngeliaLite** удобен для работы на УКВ/СВЧ диапазонах - достаточно подключить трансвертер, чтобы получить полноценный SDR УКВ трансивер.

AngeliaLite состоит из двух плат - SDR модуля и интерфейсной платы.

У SDR модуля два входа приемников (каждый с программируемым УВЧ и 14битным АЦП AD9255) и один выход передатчика (используется 14битный ЦАП AD9744). Также на плате SDR модуля установлены ПЛИС Cyclone 4 EP4CE22E22, конфигурационная память, а также все необходимые компоненты для питания и тактирования различных элементов модуля. Тактирование модуля осуществляется от малошумящего кварцевого генератора ABLJO-155.52MHz. Тактовая частота АЦП 77.76MHz, ЦАП работает на частоте 155.52MHz.

Интерфейсная плата содержит Ethernet PHY, стандартные интерфейсы ALEX, ОС, интерфейсы для подключения манипулятора телеграфного ключа и РТТ, четыре аналоговых входа, диагностические светодиоды, импульсный стабилизатор +5В (который позволяет трансиверу работать в широком диапазоне питающих напряжений с минимальным нагревом и хорошей эффективностью) и микроконтроллер (который используется для управления IP/MAC адресацией и обеспечивает работу стандартных интерфейсов OpenHPSDR).

Принципиальные схемы обеих плат, а также исходный код для ПЛИС и скомпилированные прошивки для ПЛИС и микроконтроллера доступны на GitHub (<https://github.com/UR3IQO/AngeliaLite>).

Прошивка ПЛИС основана на исходном коде проекта OpenHPSDR Angelia, NCO используется от проекта HermesLite2. В исходный код было внесено много изменений для того, чтобы в ПЛИС с небольшой логической емкостью вместить четыре приемника. Также изменения потребовались в силу других частот дискретизации АЦП/ЦАП (все децимационные/интерполяционные фильтры были заново пересчитаны, а децимационный КИХ фильтр приемника был полностью переписан заново), а также использования другого чипа Ethernet PHY.

AngeliaLite имеет некоторые ограничения по сравнению с оригинальным проектом OpenHPSDR Angelia:

- Максимально поддерживаемая частота дискретизации на выходе DDC 192kSPS.
- На плате нет аудиокодека.
- Подключение по Ethernet осуществляется со скоростью 100Mbit/s.
- В диапазоне 50МГц АЦП работает во второй зоне Найквиста. На плате установлены ФНЧ с частотой среза около 60МГц, поэтому требуется дополнительная фильтрация, чтобы подавить наложения. Достаточно простого ФНЧ с частотой среза 30МГц и полосового фильтра на диапазон 50МГц.
- На плате нет драйвера передатчика. Поэтому может потребоваться дополнительное усиление сигнала для подключения усилителя мощности.
- Для обновления прошивки потребуется Altera USBBlaster или аналогичный JTAG адаптер

В прошивке ПЛИС реализован "новый" протокол OpenHPSDR (протокол второй версии). **AngeliaLite** может работать с программами **SDR Console v3** и **Thetis**.

Параметры

Общие

Архитектура	DDC/DUC трансивер с прямой оцифровкой
Интерфейс	Ethernet (100Mb/s)
Стабильность ТСХО	± 0.5 ppm
Подключение приемника	Два SMA разъема (отдельный вход для каждого АЦП)
Подключение передатчика	SMA разъем
Вес	Около 100гр
Размеры (сборка из двух плат)	100mm x 85mm x 35mm

Питание

Напряжение источника питания	8..15V DC
Потребляемый ток	<0.5A

Приемник

Архитектура приемника	Прямая оцифровка
АЦП	Два 14 битных АЦП работающих с частотой дискретизации 77.76MSPS и синхронизированных по фазе. Поддерживается до 4х независимых приемников подключаемых к любому АЦП
Диапазон частот	1..35MHz (первая зона Найквиста) 45..65MHz (вторая зона Найквиста) возможен прием ниже 1MHz с некоторым ухудшением параметров
Входная фильтрация	ФНЧ с частотой среза 60MHz
Аттенюатор	0..31dB с шагом 1dB

Передатчик

Архитектура передатчика	Прямое формирование на частоте передачи
ЦАП	14 бит @ 155.52MSPS
Выходная мощность	-3..-5dBm
Фазовый шум на выходе передатчика	-140dBc/Hz (при отстройке более 1kHz и установленной максимальной мощности)

Интерфейсы

RCA PTT вход, PTT выход
3.5mm Jack для подключения CW манипулятора
Штырьевые разъемы с шагом 2.54mm (для подключения ПФ ALEX, 7 свободно программируемых выходов, аналоговые входы - 4 канала и мониторинг напряжения питания), два цифровых входа
SMA разъем для входа/выхода опорного сигнала с частотой 10MHz
SMA разъем с опорным сигналом 155.52MHz
RJ45 Ethernet разъем подключения компьютерной сети

Измерения параметров приемников

Измерения BDR/RMDR/IMD3 DR проводились с использованием ультра малошумящих кварцевых генераторов (уровень бокового шума менее -180дБн/Гц при отстройке более 10кГц). Полоса пропускания приемника при проведении тестов была 500Гц.

MDS / NF / FS level / BDR

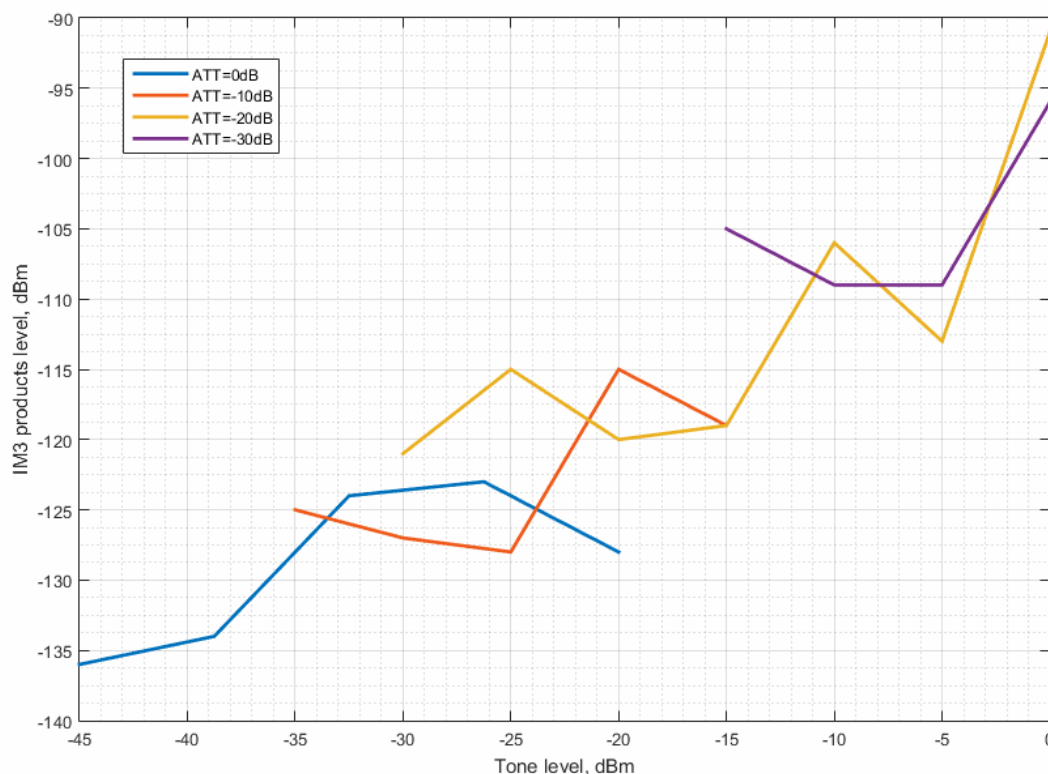
ATT	MDS	NF	Уровень FS	BDR
0dB	-133dBm	14dB	-13dBm	120dB
-10dB	-127dBm	20dB	-2dBm	125dB
-20dB	-117dBm	30dB	+9dBm	126dB
-30dB	-107dBm	40dB	-	-

RMDR / шум

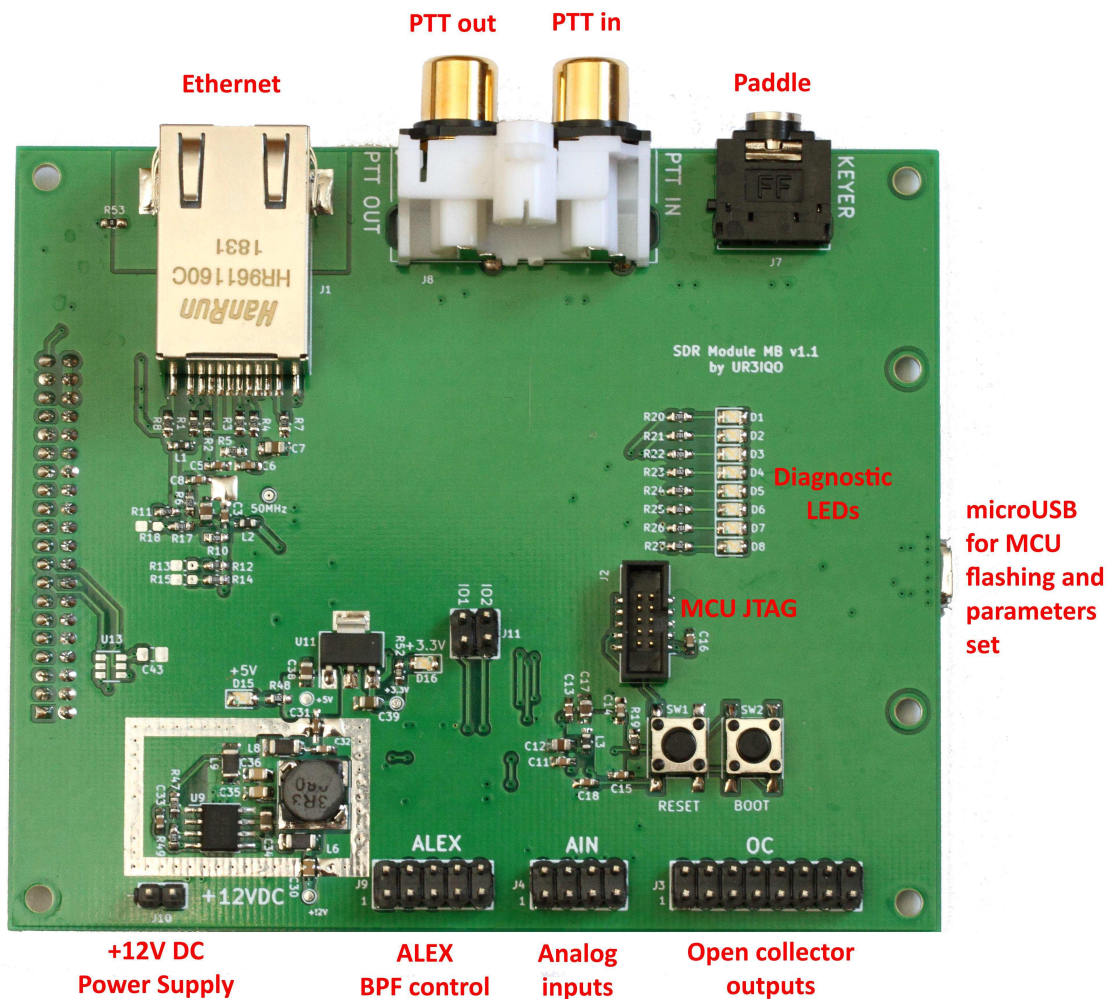
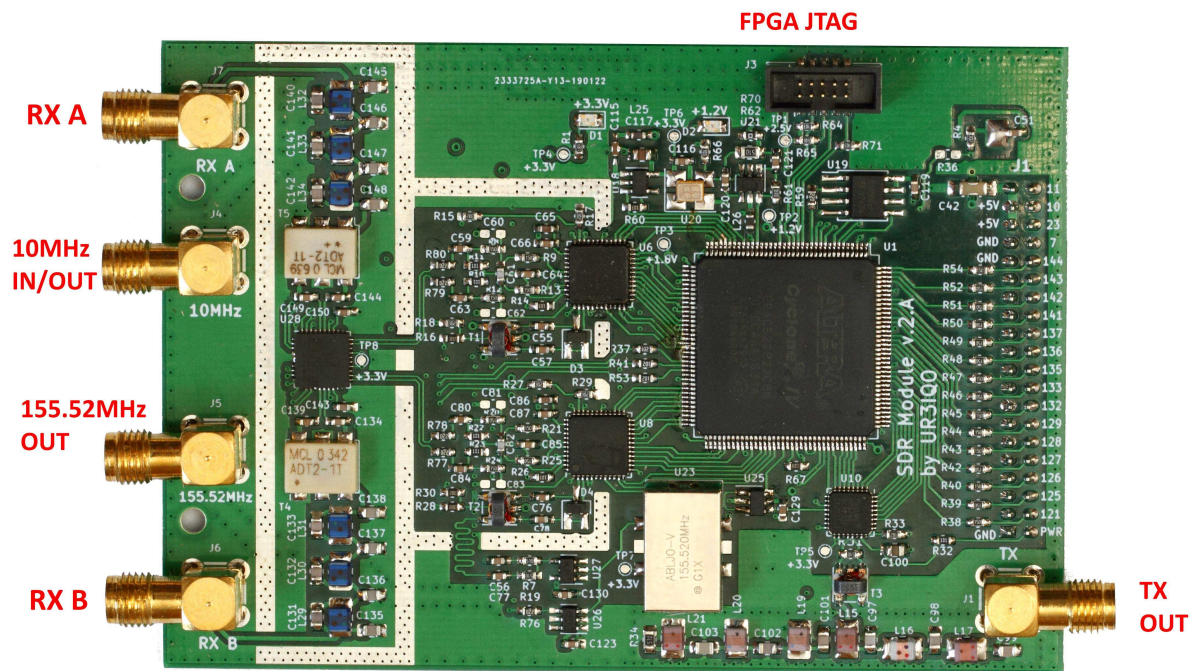
Отстройка	RMDR	Шум
1kHz	111dB	-138dBc/Hz
2kHz	113dB	-140dBc/Hz
5kHz	117dB	-144dBc/Hz
10kHz	121dB	-148dBc/Hz
20kHz	124dB	-151dBc/Hz

Динамический диапазон по интермодуляции третьего порядка

У приемников с прямой оцифровкой уровень продуктов интермодуляции может не следовать кубическому закону. Поэтому традиционные методы, используемые, чтобы охарактеризовать ДД приемника по интермодуляции третьего порядка, плохо подходят. ДД приемника по интермодуляции третьего порядка приведен в виде графика, показывающего уровень продуктов интермодуляции в зависимости от уровня испытательного двухтонового сигнала (по оси X приведены уровни одного тона двухтонового тестового сигнала) для разных установок коэффициента усиления DVGA (приведены значения соответствующие установкам аттенюатора в программах Thetis и SDR Console):



Подключения плат



Использование USB порта на интерфейсной плате

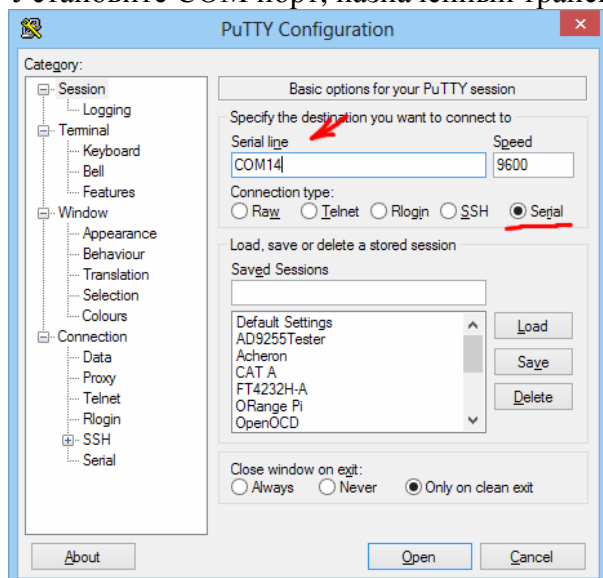
С помощью USB порта на интерфейсной плате возможно:

- загрузить/обновить прошивку контроллера
- выбрать метод назначения IP адреса и установить статический IP адрес
- проверить MAC адрес платы и серийный номер
- проверить версию прошивки контроллера
- установить параметры принудительного включения "дизеринга" АЦП

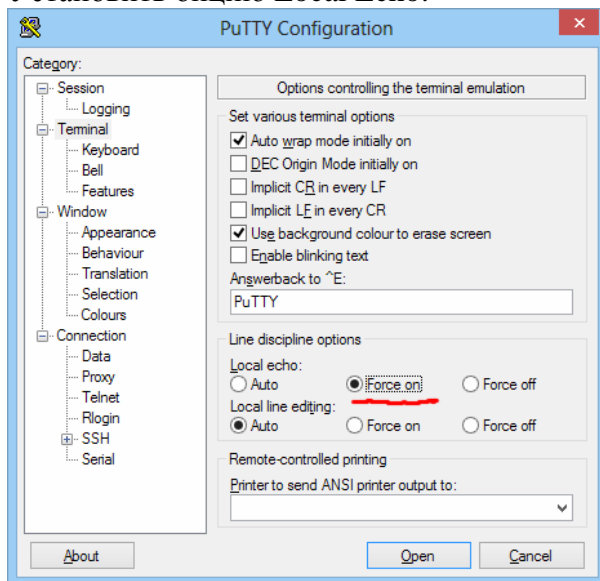
Подключение к сервисной консоли AngeliaLite

Подключите порт microUSB на интерфейсной плате к компьютеру и включите питание трансивера. ОС компьютера установит драйвера виртуального COM порта и назначит ему номер. Откройте Менеджер устройств (Device Manager), чтобы узнать номер назначенного COM порта. Запустите терминальную программу (в примерах далее будет использоваться программа PuTTY).

Установите COM порт, назначенный трансиверу:



Установить опцию Local Echo:



Теперь нажмите кнопку Open, откроется окно терминала с сервисной консолью AngeliaLite.

Команды сервисной консоли AngeliaLite начинаются с одной буквы (которая определяет команду), далее может следовать один или несколько параметров, заканчивается команда точкой с запятой (;).

Вывод информации о доступных командах

Введите **H;** чтобы вывести список доступных команд с кратким описанием:

```
>H;

Commands list:
H; - this message
I; - show IP address
I xxx.xxx.xxx.xxx; - set static IP address
I DHCP; - obtain IP address from DHCP server or use APIPA address if DHCP fails
P; - show 10MHz PLL status
P xxx; - set reference mode:
      xxx = ON - normal operation.
      xxx = OFF - disable 10MHz PLL.
D; - show dither override status
D x; - set dither override:
      x = 0 - disable dither override.
      x = 1 - dither override on ADC1.
      x = 2 - dither override on ADC2.
      x = 3 - dither override on both ADCs.
M; - show MAC address
V; - show firmware version and serial
OK;
>
```

Проверка версии прошивки контроллера и серийного номера платы

Введите **V**; чтобы вывести версию прошивки контроллера и серийный номер трансивера:

```
>V;  
AngeliaLite service console. Designed by Oleg Skydan UR3IQO.  
v0.64.209 from 16092020.  
S/N 00000003F00000000000000042  
Type h; for help  
OK;  
>
```

Проверка MAC адреса

Введите **M**; чтобы вывести MAC адрес трансивера:

```
>M;  
M :  
OK;  
>
```

Проверка и установка IP адреса

Введите **I**; чтобы вывести текущий IP адрес трансивера:

```
>I;  
I DHCP;  
OK;  
>
```

Введите **I xxx.xxx.xxx.xxx**; чтобы установить статический IP адрес xxx.xxx.xxx.xxx:

```
>I 192.168.100.1;  
I 192.168.100.1;  
OK;  
>
```

Введите **I DHCP**; чтобы использовать DHCP сервис для установки IP адреса или APIPA адрес, если получить адрес с помощью DHCP не получится:

```
I DHCP;  
OK;  
>
```

ВНИМАНИЕ: для того, чтобы изменения вступили в силу необходимо перезапустить трансивер (т.е. выключить и затем включить питание).

Проверка и установка параметров принудительного включения "дизеринга" АЦП

В данном трансивере использованы АЦП для которых рекомендуется функцию "дизеринга" держать включенной. Однако не все программы предоставляют возможности управления этой функцией. Поэтому имеется механизм принудительного включения "дизеринга" посредством сервисной консоли.

Введите **D**; чтобы проверить параметры принудительного включения "дизеринга":

```
>D;  
D 3;  
OK;  
>
```


Введите **D x**; чтобы изменить параметры принудительного включения "дизеринга":

```
>D 0;  
D 0;  
OK;  
>
```

В таблице ниже приведено описание значений параметра **x** :

Значение параметра	Описание
0	принудительное включение "дизеринга" АЦП отключено, функция управляется SDR программой на компьютере
1	принудительное включение "дизеринга" включено для АЦП1
2	принудительное включение "дизеринга" включено для АЦП2
3	принудительное включение "дизеринга" включено для обоих АЦП

Закройте программу терминала по окончании работы с сервисной консолью и отключите USB кабель.

Загрузка/обновление прошивки контроллера

Для загрузки/обновления прошивки контроллера Вам потребуется программа DfuSe Demo доступная для загрузки с сайта ST:

<https://www.st.com/en/development-tools/stsw-stm32080.html>

Подключите USB порт на интерфейсной плате к компьютеру, нажмите и удерживайте кнопку BOOT на интерфейсной плате и подайте питание. Также можете при поданном питании нажать кнопку RESET, удерживая кнопку BOOT нажатой. Далее отпустите кнопку BOOT. Контроллер запустится в режиме DFU загрузчика и Вы сможете обновить/загрузить прошивку используя DFU файл с AngeliaLite GitHub: <https://github.com/UR3IQO/AngeliaLite/tree/master/Firmware/MCU>

Процесс обновления/загрузки прошивки описан в документации программы DfuSe Demo.