# Устройства автоматизации измерений RT-Rack.

Инструкция по эксплуатации.
Ревизия 1.0.


**1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ..... 2**

**2. КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ ..... 2**

**3. АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ RT-RACK ..... 3**

**4. НОМЕНКЛАТУРА ЦЕЛЕВЫХ МОДУЛЕЙ СИСТЕМЫ RT-RACK ..... 6**

4.1. Модуль АЦП общего назначения XQMS15 ..... 6
*4.1.1. Технические характеристики ..... 6*
*4.1.2. Подключение к объекту ..... 10*
4.2. Модуль АЦП для опроса ICP датчиков XQMS16 ..... 12
*4.2.1. Технические характеристики ..... 12*
4.3. Прецизионный модуль АЦП XQMS17 ..... 15
*4.3.1. Технические характеристики ..... 15*
*4.3.2. Подключение к объекту ..... 18*
4.4. Тензометрический модуль АЦП XQMS85 ..... 20
*4.4.1. Технические характеристики ..... 20*
*4.4.2. Подключение к объекту ..... 24*

**5. ПОДКЛЮЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА ..... 27**

5.1. Распаковка ..... 27
5.2. Порядок подключения и отключения устройства. ..... 28

**6. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ..... 30**

6.1. Программа Осциллограф-регистратор XQMS_OSC ..... 30
*6.1.1. Назначение программы ..... 30*
*6.1.2. Установка и запуск программы ..... 31*
*6.1.3. Порядок работы с программой ..... 32*
*6.1.4. Главное окно программы ..... 33*
*6.1.5. Конфигурация устройства ..... 34*
6.1.5.1. Конфигурирование модуля XQMS15 ..... 34
6.1.5.2. Конфигурирование модуля XQMS85 ..... 35
6.1.5.3. Установка частоты дискретизации ..... 36
6.1.5.4. Настройки записи в файл ..... 36
*6.1.6. Работа с сохраненным файлом данных ..... 37*
6.1.6.1. Выходные файлы .txt ..... 38
6.1.6.2. Выходные файлы .wav ..... 38
6.2. ПО для самостоятельного программирования ..... 39



**Контакты:**

http://www.R-Technology.ru
Info@R-Technology.ru - Общие вопросы
Sales@R-Technology.ru - Отдел продаж
Support@R-Technology.ru - Техническая поддержка

# 1. Общие сведения

Устройства RT-Rack предназначены для автоматизации измерений и управления в промышленности, стендовом оборудовании и лабораторных исследованиях. В серию RT-Rack входит широкий спектр устройств опроса датчиков, ввода-вывода аналоговой и цифровой информации.

Комбинированные устройства серии RT-Rack состоят из набора целевых модулей, устанавливаемых в единый корпус. Это могут быть модули АЦП, ЦАП, дискретного ввода-вывода, релейной коммутации и т.д., которые могут объединяться в устройство в количестве от одного до шестнадцати, причем в любых комбинациях. Такая масштабируемая модульная архитектура позволяет объединить в одном устройстве все необходимые функции при оптимальной стоимости.

Основные преимущества крейтовой системы RT-Rack по сравнению с крейтовыми системами предыдущего поколения (QMBox):

- **Современный промышленный интерфейс** - гигабитный Ethernet;
- **Гальваническая развязка модулей** – все функциональные модули имеют групповую развязку входов/выходов от прочих цепей крейта;
- **Платформонезависимость** – возможность работы с любыми ОС устройствам верхнего уровня;
- **Мощный вычислитель на борту –** контроллер RT-Rack содержит высокопроизводительный процессорный модуль под управлением ОС Linux, что позволяет в случае необходимости обрабатывать и сохранять данные прямо на борту крейта. К контроллеру могут быть напрямую подключены дисплей и клавиатура/мышь.

# 2. Конструктивное исполнение

Конструктивно устройства серии RT-Rack представляют собой блоки в стандарте «Евромеханика» высотой 3U и шириной 42HP (230 мм, максимум 8 целевых модулей) либо 84HP (480 мм, максимум 16 целевых модулей). Блоки имеют как настольное исполнение, так и исполнение под установку в стандартную 19” стойку.

Несколько блоков могут быть объединены в единую измерительную систему с единой шкалой времени и синхронизацией работы всех целевых модулей.



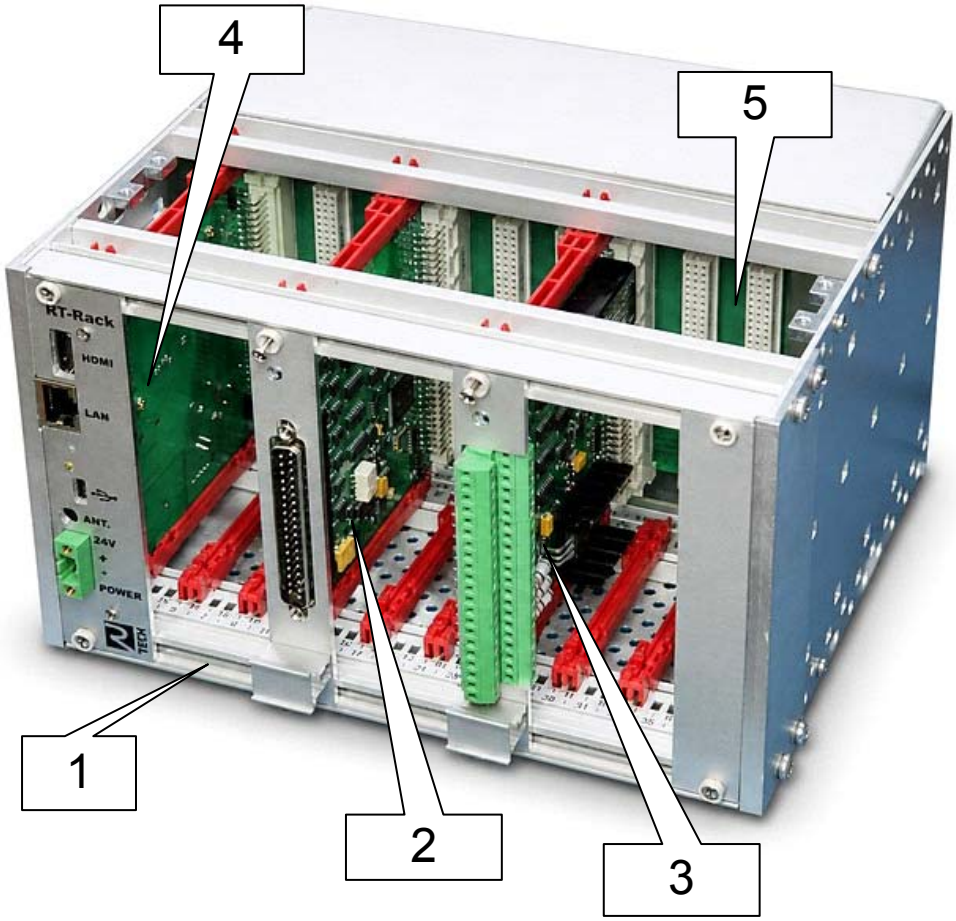
**RT-Rack-8**
**от 1 до 8 модулей**
**230x180x130 мм**



**RT-Rack-16**
**от 9 до 16 модулей**
**480x180x130 мм**

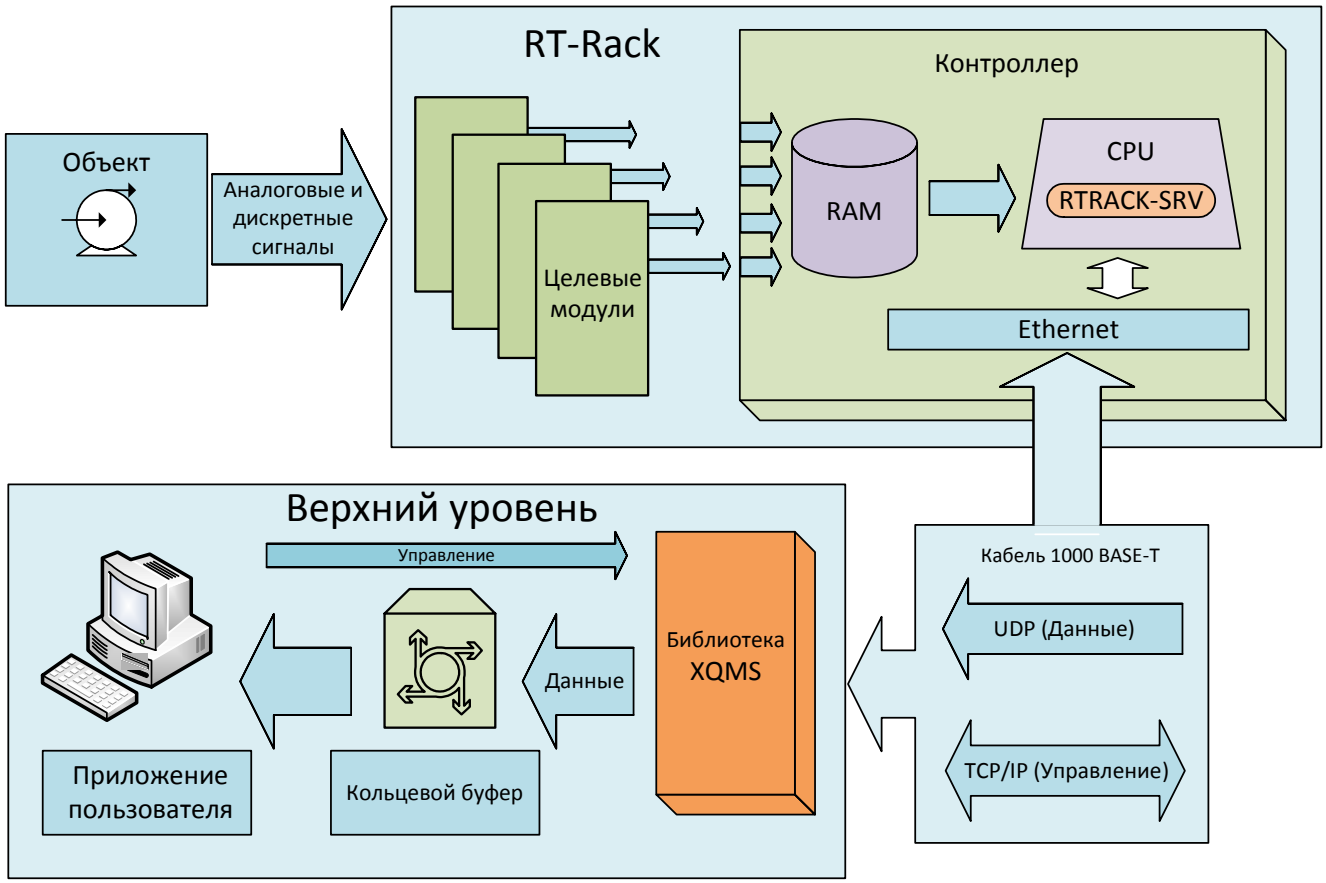
# 3. Архитектура системы RT-Rack

На примере двухмодульного устройства показано внутреннее устройство аппаратуры RT-Rack:




1 – Корпус RT-Rack-8 (конструктив 3U 42HP)
2 – Целевой модуль АЦП типа XQMS17
3 – Целевой модуль АЦП типа XQMS85
4 – Контроллер
5 – Соединительная плата (backplane)

Внутри корпуса модули вставляются в слоты соединительной платы, которая объединяет их в единое устройство и обеспечивает электрическое соединение целевых модулей с модулем контроллера.




Измерительная система на базе аппаратуры RT-Rack может состоять из одного модуля контроллера и от 1 до 8 целевых модулей (в случае 16-модульного конструктивного исполнения в одном корпусе устанавливаются 2 контроллера).

**Контроллер** - Модуль управления системой RT-Rack, осуществляющий взаимодействие с целевыми модулями и верхним уровнем. Имеет на борту внутренний вычислитель под управлением ОС Linux. Основные характеристики вычислителя контроллера:

- Тип процессора - Broadcom BCM2711 ARM Cortex-A72 (ARM v8)
- Количество ядер процессора – 4
- Тактовая частота процессора - 1,5 ГГц
- Оперативная память (RAM) – 4 Гб
- Встроенная память (eMMC) – 8 Гб (может быть увеличена до 32 Гб)
- Видеовыход - HDMI 2.0
- Интерфейс USB 2.0 – 1 шт.
- Операционная система – Linux

Характеристики процессорного модуля, установленного на контроллере, позволяют в случае необходимости производить обработку и сохранение данных прямо на борту крейта, без подключения к верхнему уровню. При этом к контроллеру могут быть напрямую подключены дисплей и клавиатура/мышь.

Взаимодействие целевых модулей RT-Rack с верхним уровнем информационных систем осуществляется посредством контроллера на базе протоколов:

- **TCP/IP** – для управления;
- **UDP** – для передачи данных измерений.

Интерфейс связи: **1000BASE-T**.

Также возможно взаимодействие через внутренний порт TCP/IP с пользовательским приложением, запущенным на вычислителе контроллера под встроенной ОС Linux.

Целевые модули представляют собой источники данных с разрядностью до 18 бит в каждом отсчёте. Модули могут иметь многоканальную организацию (до 32 входов), при этом каждый следующий отсчёт производится со следующего канала по модулю количества активных каналов.

Взаимодействие контроллера с целевыми модулями осуществляется по специализированному интерфейсу. В интерфейсную часть любого модуля по умолчанию входит гальваническая развязка.

Все модули из всех слотов одновременно пишут в память контроллера данные с одного из своих каналов через механизм DMA. Значением ограничения пропускной способности интерфейса модуля является 18 бит X 1 МГц. Таким образом, для 8-ми модульной конфигурации пропускная способность составит 18 бит X 8 МГц.

Неотъемлемым компонентом комплекса является сервер сбора данных - приложение **rtrack_srv**, выполняемое на вычислителе контроллера на всех режимах функционирования (запускается автоматически при загрузке ОС контроллера).

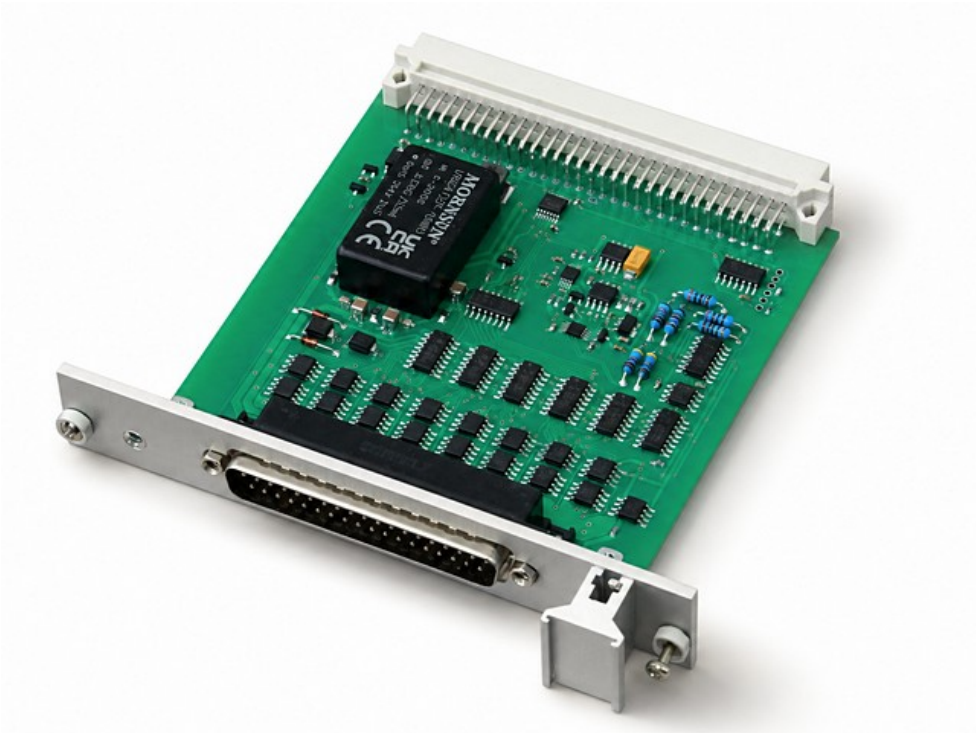
**Важно:** Работа системы не зависит от количества установленных модулей: при 1 или 8 модулях в память контроллера за единицу времени поступает одинаковое количество слов данных. Данные из пустых слотов записываются в аппаратный буфер, но отсеиваются rtrack_srv и не включаются в UDP-кадры.

.

# 4. Номенклатура целевых модулей системы RT-Rack

Устройства состоят из набора целевых модулей, устанавливаемых в единый корпус. Это могут быть модули АЦП, ЦАП, дискретного ввода-вывода, релейной коммутации и т.д., которые могут объединяться в устройство в количестве от одного до восьми, причем в любых комбинациях.

## 4.1. Модуль АЦП общего назначения XQMS15



Модуль XQMS15 – многоканальный модуль АЦП, имеющий 16 дифференциальных / 32 с общей землей входных каналов.

Модуль обладает улучшенными характеристиками в части межканального прохождения и коммутационных шумов за счёт буферизации аналоговых входов.

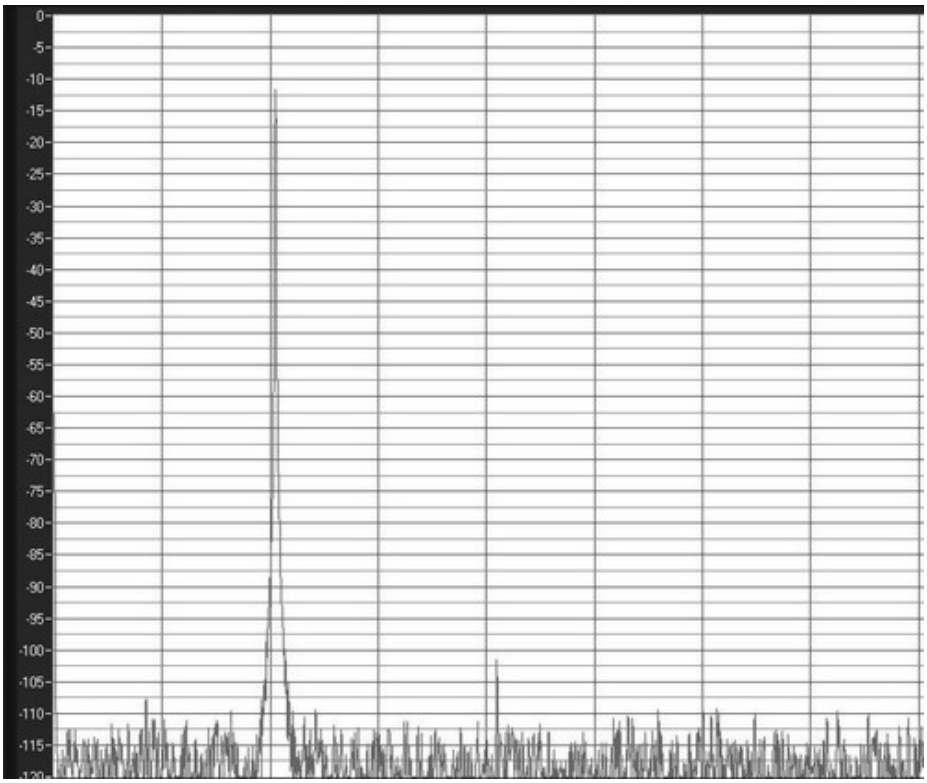
- Разрядность АЦП: 16 бит
- Макс. частота дискретизации: 500 кГц
- Низкое межканальное прохождение
- Малошумящий усилитель сигнала
- Групповая гальваническая развязка аналоговых входов
- Низкие входные ток и ёмкость при любых режимах работы
- Четыре входных диапазона: ±10В, ±2.5В, ±0.625В, ±0.156В (задаются программно, отдельно для каждого канала)

### 4.1.1. Технические характеристики

| | |
|---|---|
| Количество входов (дифф / с общ. земл.) | 16/32 |
| Диапазоны входного сигнала | ±10 В, ±2.5 В, ±0.625 В, ±0.156 В |
| Максимальная общая скорость оцифровки данных | 0.5 Мегасэмплов / сек |
| Максимальная частота дискретизации, на канал | 500 кГц |

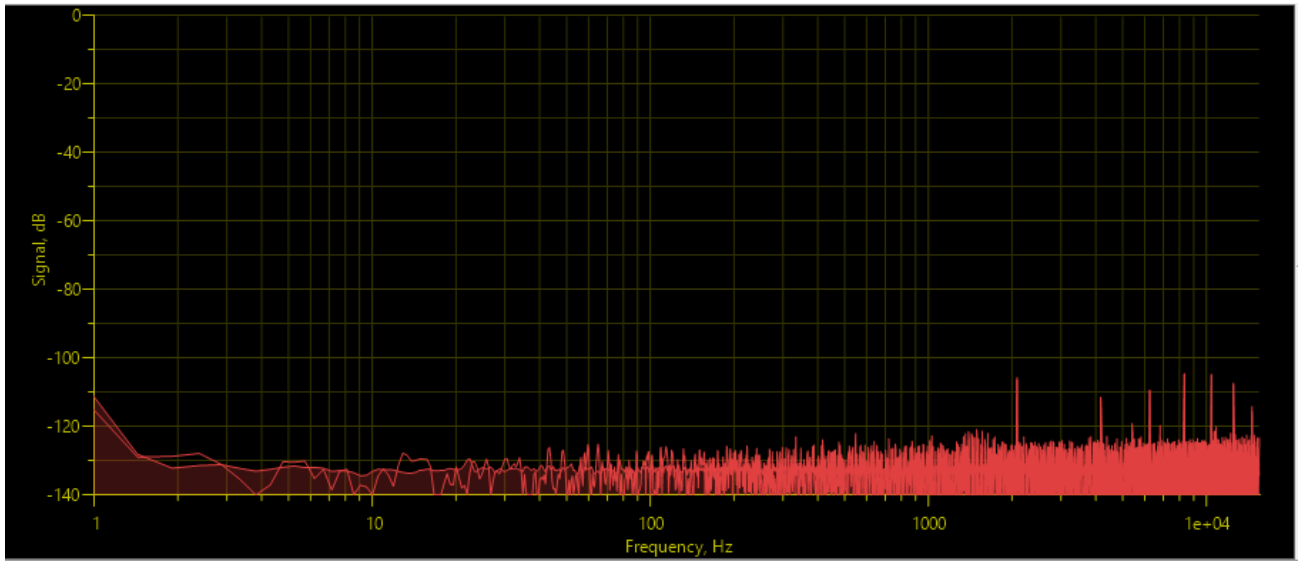
| | |
|---|---|
| Разрядность АЦП | 16 бит |
| Гальваническая развязка | Присутствует |
| Пределы допускаемой приведенной к диапазону измерений погрешности измерений напряжения постоянного тока (16-кан. режим)<br>- в диапазоне ±10 В<br>- в диапазоне ±2,5 В<br>- в диапазоне ±0,625 В<br>- в диапазоне ±0,156 В | <br><br><br><br>±0,005 %<br>±0,01 %<br>±0,02 %<br>±0,05 % |
| Подавление синфазной помехи (для входного сигнала 5В, 10 кГц) | -75 дБ (тип.) |
| Подавление межканального прохождения<br>(при частоте переключения каналов 500 кГц, для диапазонов ±10В, ±2.5В, ±0.625В) | -83 дБ (тип) |
| Защита входов от перенапряжения:<br>- Постоянное напряжение (10 секунд)<br>- Импульс (1 мс) | <br>±15 В<br>±50 В |

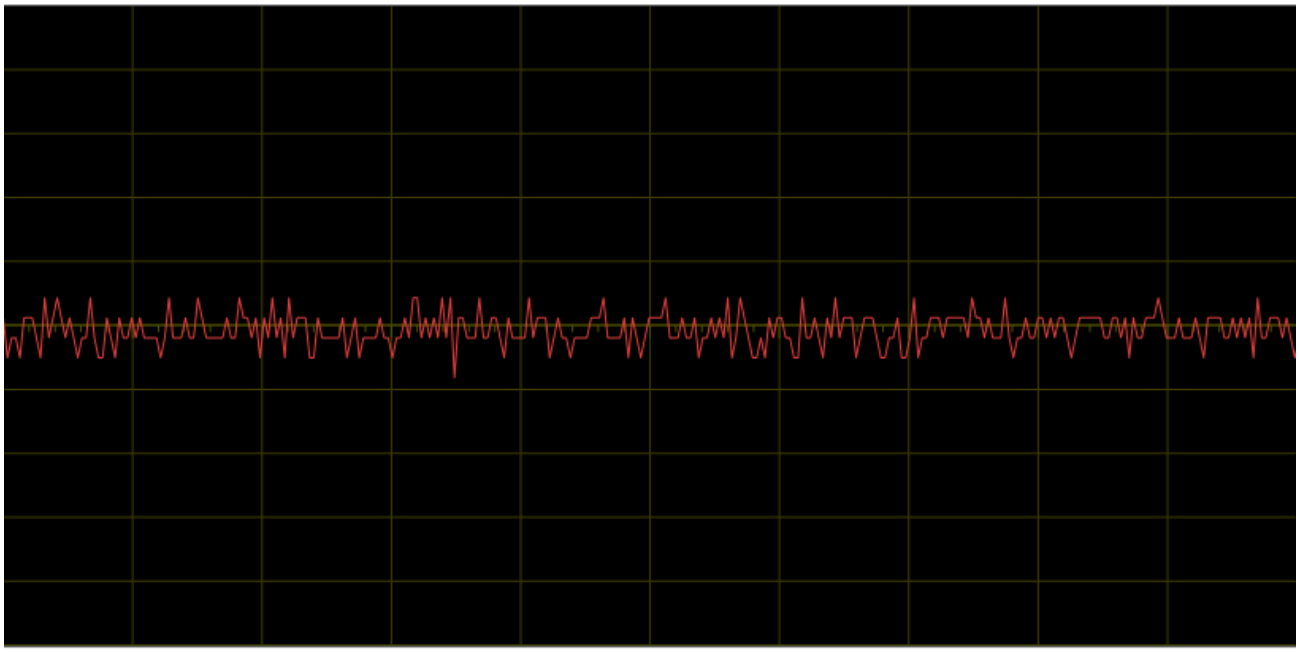
На рисунках ниже представлены типичные характеристики канала АЦП модуля XQMS15:




**Нелинейные искажения. Сигнал – синус 10 кГц амплитудой 3В.**

**Частота работы АЦП - 500 кГц. Входной диапазон - ±10 В**

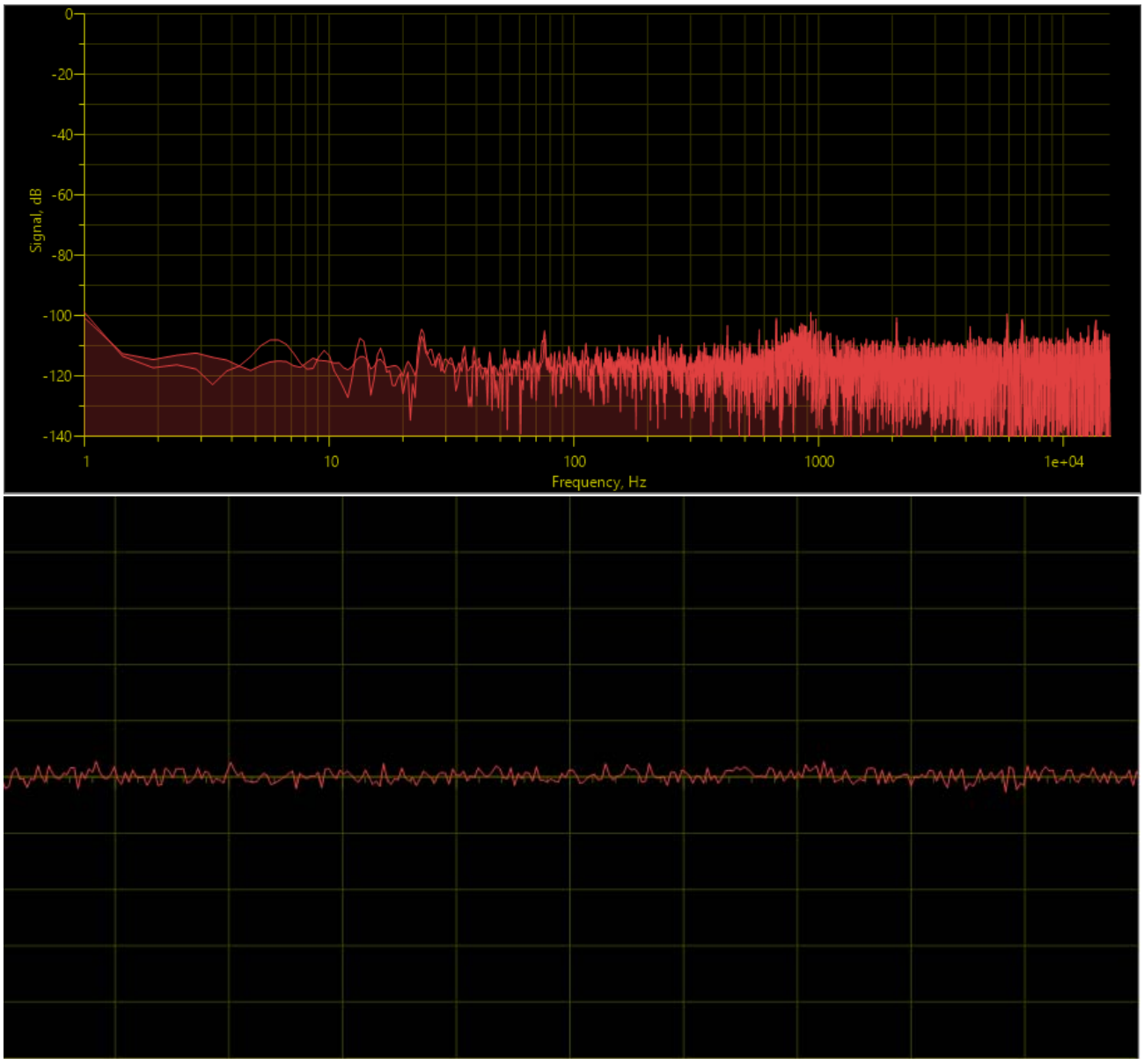


**Входной диапазон  ±10 В.**

**Шум в полосе ½ fАЦП при частоте работы АЦП 500 кГц.**

**Вертикальная развёртка на осциллограмме – 1 мВ/клетка.**




**Входной диапазон ±0.625 В.**

**Шум в полосе ½ fАЦП при частоте работы АЦП 500 кГц.**

**Вертикальная развёртка на осциллограмме – 1 мВ/клетка.**

### 4.1.2. Подключение к объекту

Входной разъем модуля XQMS15 описан в следующей таблице, где:

Пары входов Xn – Yn – входы n-ного дифференциального канала;

NC – контакт не подключается;

| N линии | Назначение | N линии | Назначение |
|---|---|---|---|
| 1 | *Выход **+15В** (аналоговое питание)*[1] | 20 | **SYN** – вход внешней синхронизации |
| 2 | *Выход **-15В** (аналоговое питание)* | 21 | **AGND32** – аналоговая земля для режима «с общей землей» |
| 3 | **AGND** – аналоговая земля | 22 | вход X16 |
| 4 | вход Y16 | 23 | вход X15 |
| 5 | вход Y15 | 24 | вход X14 |
| 6 | вход Y14 | 25 | вход X13 |
| 7 | вход Y13 | 26 | вход X12 |
| 8 | вход Y12 | 27 | вход X11 |
| 9 | вход Y11 | 28 | вход X10 |
| 10 | вход Y10 | 29 | вход X9 |
| 11 | вход Y9 | 30 | вход X8 |
| 12 | вход Y8 | 31 | вход X7 |
| 13 | вход Y7 | 32 | вход X6 |
| 14 | вход Y6 | 33 | вход X5 |
| 15 | вход Y5 | 34 | вход X4 |
| 16 | вход Y4 | 35 | вход X3 |
| 17 | вход Y3 | 36 | вход X2 |
| 18 | вход Y2 | 37 | вход X1 |
| 19 | вход Y1 | | |



Необходимо учитывать, что аналоговая земля AGND гальванически отвязана от корпуса прибора.

При подключении источников аналогового сигнала необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

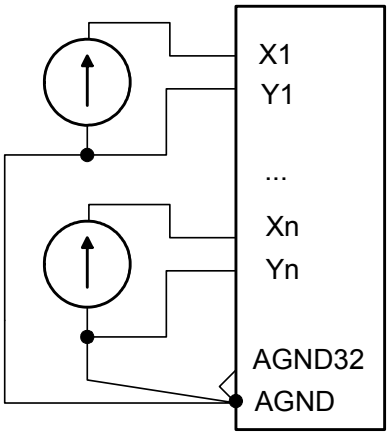
1. При дифференциальном подключении измеряется именно разность напряжений между инвертирующим и неинвертирующим входами канала, т.е. дифференциальное напряжение. Тем не менее, необходимо помнить, что **напряжение относительно аналоговой земли модуля на обоих входах (синфазное напряжение) не должно превышать допустимого диапазона входного сигнала**.
2. Правильное подключение сигнала к дифференциальному входу — это всегда **трехпроводное соединение**. Необходимо разделять сигнальные провода, подключенные к высокоимпедансному входу, и общий провод заземления. Таким образом, исключается протекание большого тока по сигнальным проводам, снижающее точность измерений.

[1] Предназначены для питания малопотребляющих пользовательских устройств. Не рекомендуется отбирать по выходам аналогового питания более 20 мА.

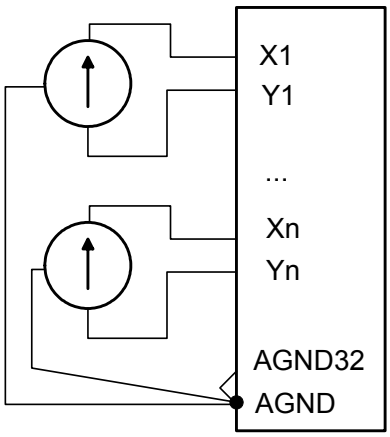
3. При подключении нескольких источников сигнала к модулю желательно, чтобы их общие провода соединялись **только в одной точке** — на контакте **AGND** входного разъема модуля. Это исключит образование «земляных петель», являющихся источником дополнительных помех.

На следующем рисунке приведены примеры корректного дифференциального подключения однофазных и двухфазных (дифференциальных) источников сигнала. Обратите внимание, что подключение к дифференциальному входу даже однофазных источников сигнала должно осуществляться тремя проводами!

Подключение однофазных источников сигнала




Подключение дифференциальных источников сигнала

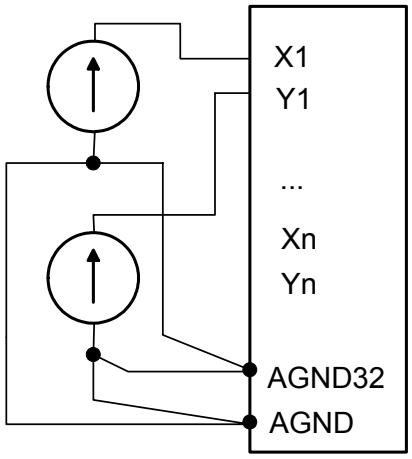



**Дифференциальное подключение сигналов**

Дифференциальное подключение источника сигнала снижает уровень синфазных помех. Помимо этого, дифференциальные входы позволяют подключать источники сигнала таким образом, чтобы токи сигнальных цепей не протекали через один общий провод, что повышает точность измерений.

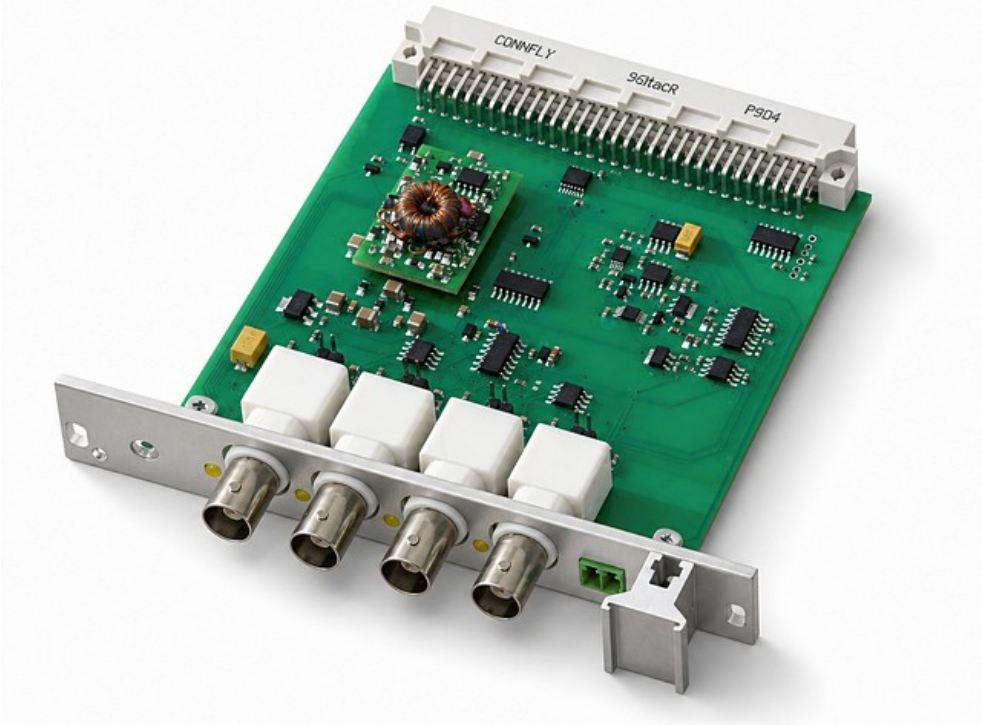
Для удвоения числа входных каналов используется недифференциальное подключение, т.н. режим с общей землей, в котором источники сигнала должны подключаться к устройству по схеме, приведенной ниже:

Подключение источников сигнала в 32х канальном режиме




**Подключение сигналов в режиме «с общей землей»**

## 4.2. Модуль АЦП для опроса ICP датчиков XQMS16




Модуль XQMS16 – 4-канальный модуль АЦП, предназначенный для опроса ICP датчиков (пьезоэлектрические датчики со встроенным усилителем заряда).

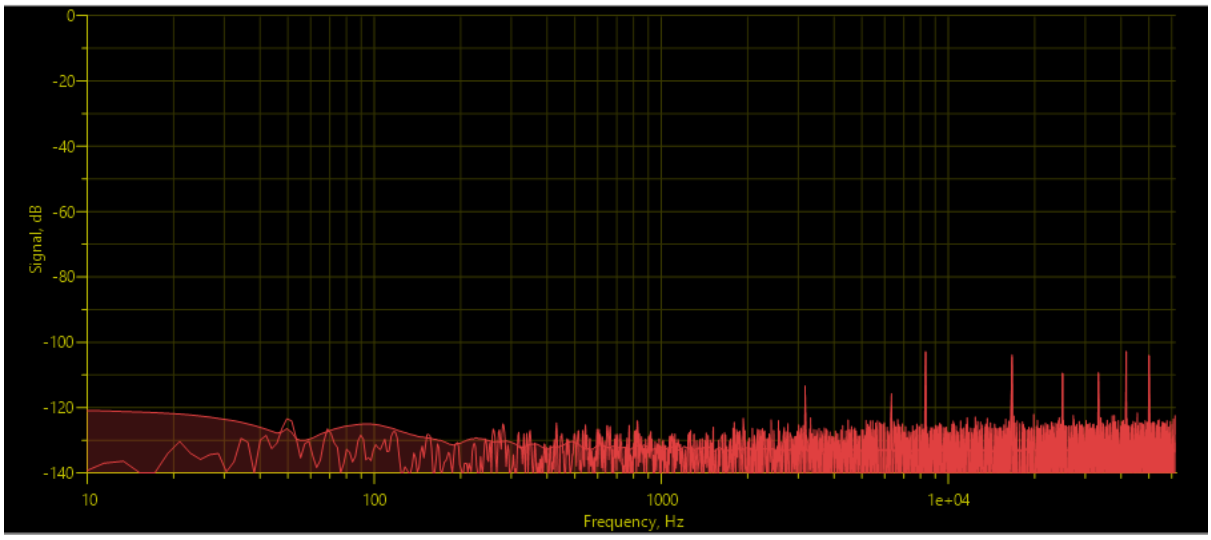
- Макс. частота дискретизации: 500 кГц
- Встроенные источники питания датчиков с индивидуальным управлением
- Малошумящий усилитель сигнала
- Групповая гальваническая развязка аналоговых входов
- Четыре входных диапазона: ±10В, ±2.5В, ±0.625В, ±0.156В (задаются программно, отдельно для каждого канала)

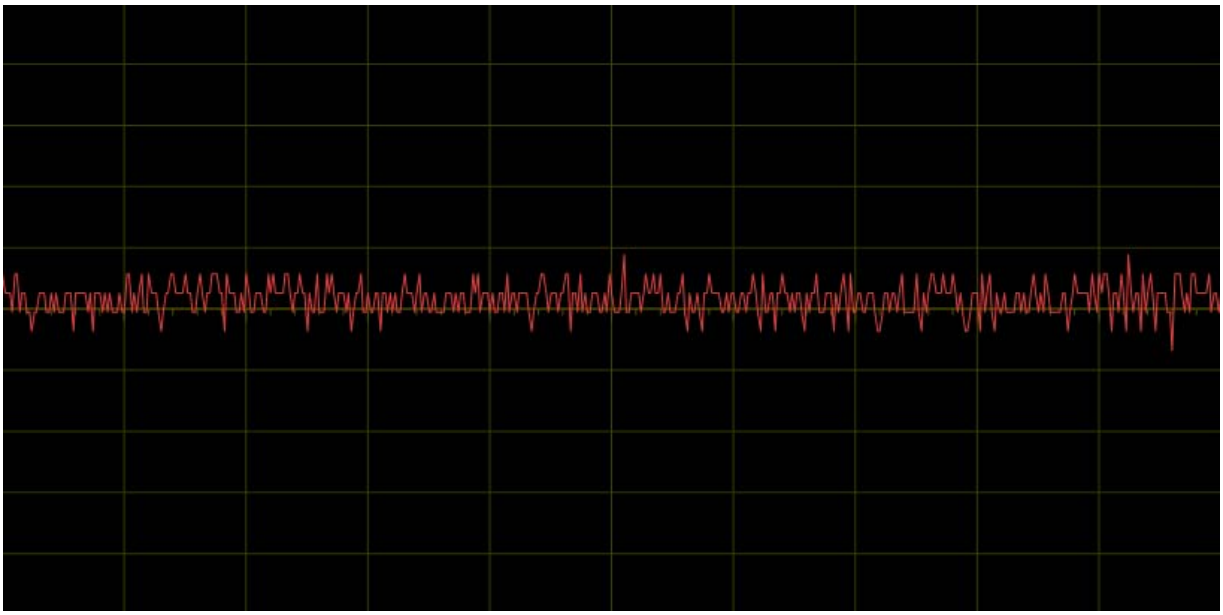
### 4.2.1. Технические характеристики

| | |
|---|---|
| Количество входов | 4 |
| Тип входных разъёмов | BNC |
| Диапазоны входного сигнала | ±10 В, ±2.5 В, ±0.625 В, ±0.156 В |
| Диапазон частот по уровню -3дБ | 2..80000 Гц, фильтр НЧ/ВЧ 1-го порядка |
| Питание датчиков | не менее 20В,<br>стабилизированный ток 3.5 мА ±10%,<br>управляется программно поканально |
| Максимальная общая скорость оцифровки данных | 0.5 Мегасэмплов / сек |
| Максимальная частота дискретизации, на канал | 500 кГц |
| Разрядность АЦП | 16 бит |

| | |
|---|---|
| Гальваническая развязка | Присутствует |
| Пределы допускаемой приведенной к диапазону измерений погрешности измерений напряжения постоянного тока (тестовый режим измерения по постоянному току)<br>- в диапазоне ±10 В<br>- в диапазоне ±2,5 В<br>- в диапазоне ±0,625 В<br>- в диапазоне ±0,156 В | <br><br><br><br>±0,005 %<br>±0,01 %<br>±0,02 %<br>±0,05 % |
| Подавление межканального прохождения (при частоте переключения каналов 500 кГц) | -80 дБ (тип) |

На рисунках ниже представлены типичные характеристики канала АЦП модуля XQMS16:

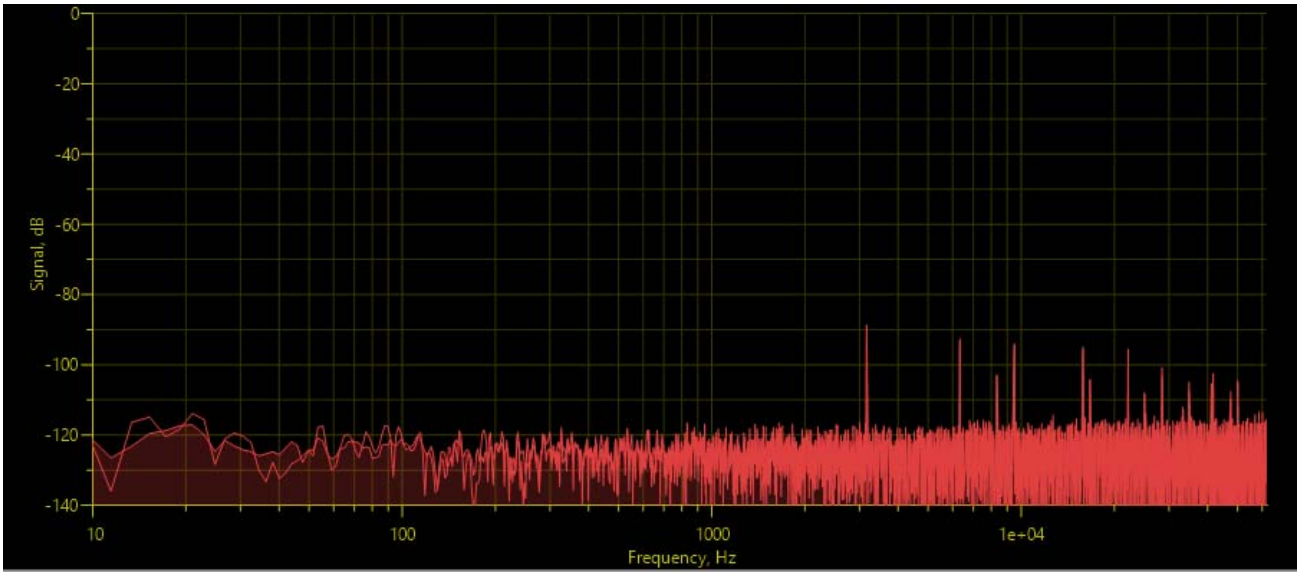


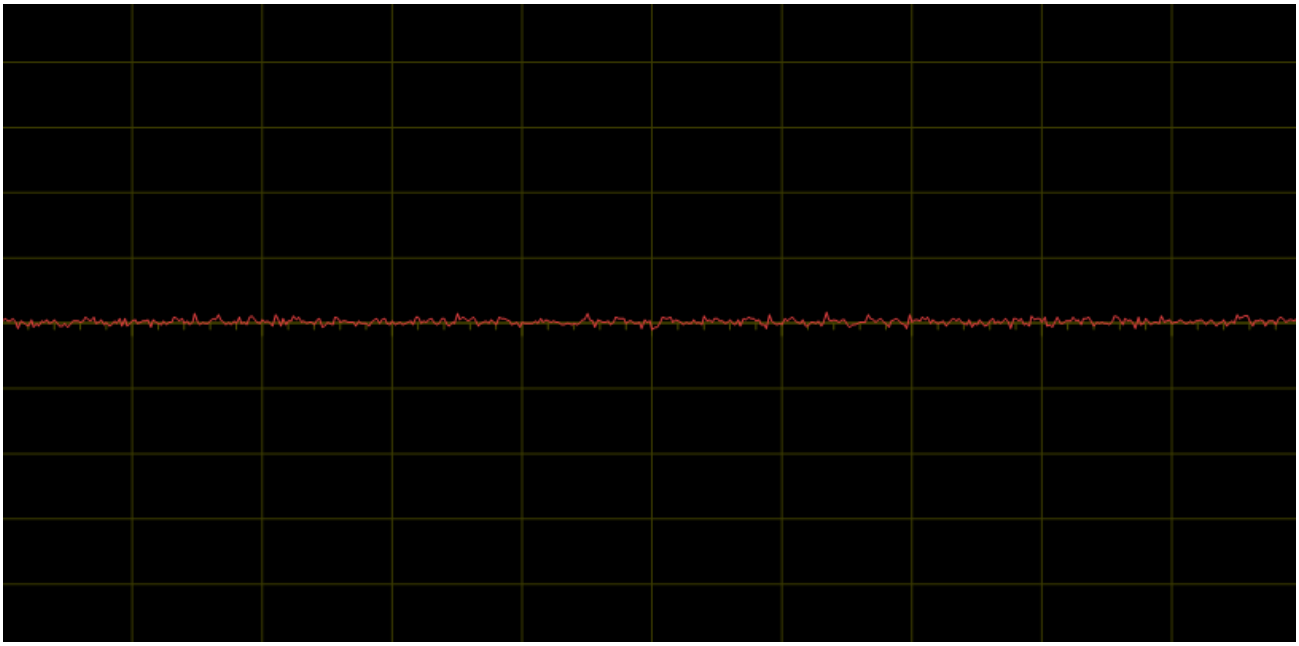



**Входной диапазон ±10 В.**

**Шум в полосе ½ fАЦП при частоте работы АЦП 500 кГц.**

**Вертикальная развёртка на осциллограмме – 1 мВ/клетка.**



**Входной диапазон ±0.625 В.**

**Шум в полосе ½ fАЦП при частоте работы АЦП 500 кГц.**

**Вертикальная развёртка на осциллограмме – 1 мВ/клетка.**

## 4.3. Прецизионный модуль АЦП XQMS17




Модуль XQMS17 – прецизионный 18-битный высокоскоростной многоканальный модуль АЦП, имеющий 16 дифференциальных буферизированных входных каналов.

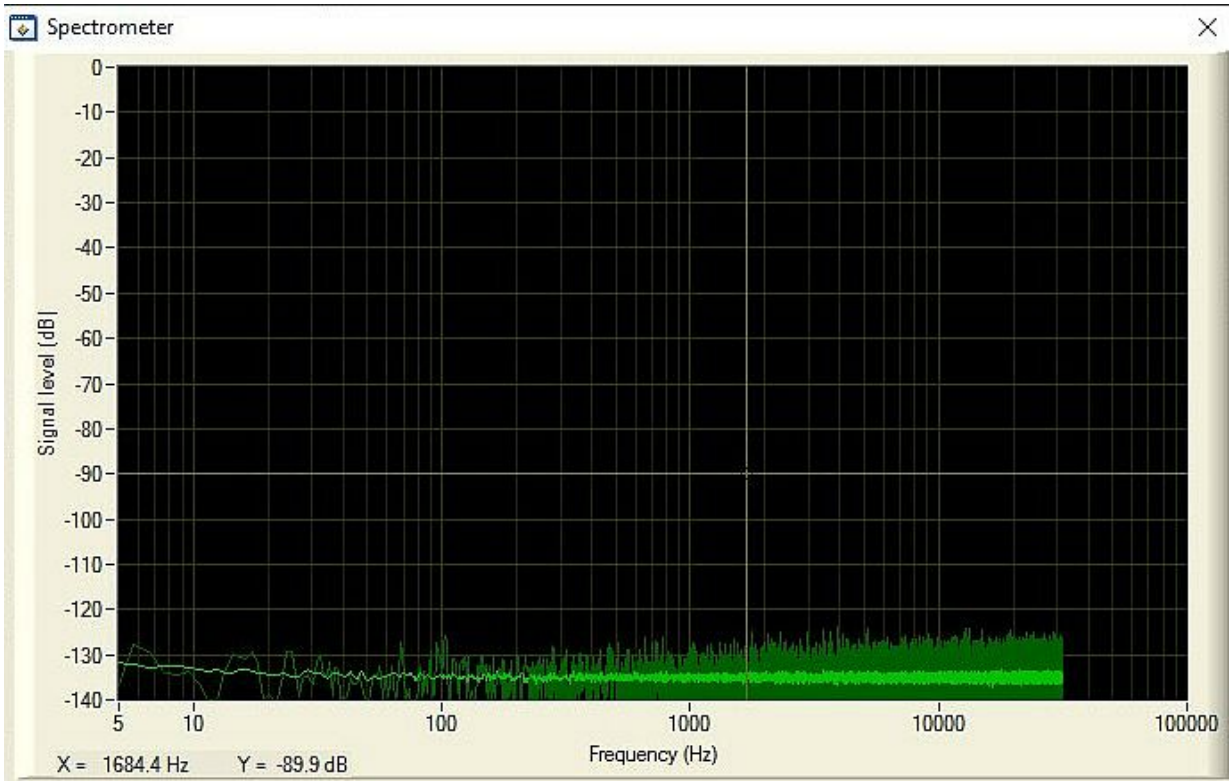
- Разрядность АЦП: 18 бит
- Макс. частота дискретизации: 1 МГц
- Сверхнизкая погрешность измерений
- Отсутствие межканального прохождения
- Групповая гальваническая развязка аналоговых входов
- Низкие входные ток и ёмкость при любых режимах работы
- Два входных диапазона: ±10В, ±5В (задаются программно, общие для всех каналов)

### 4.3.1. Технические характеристики

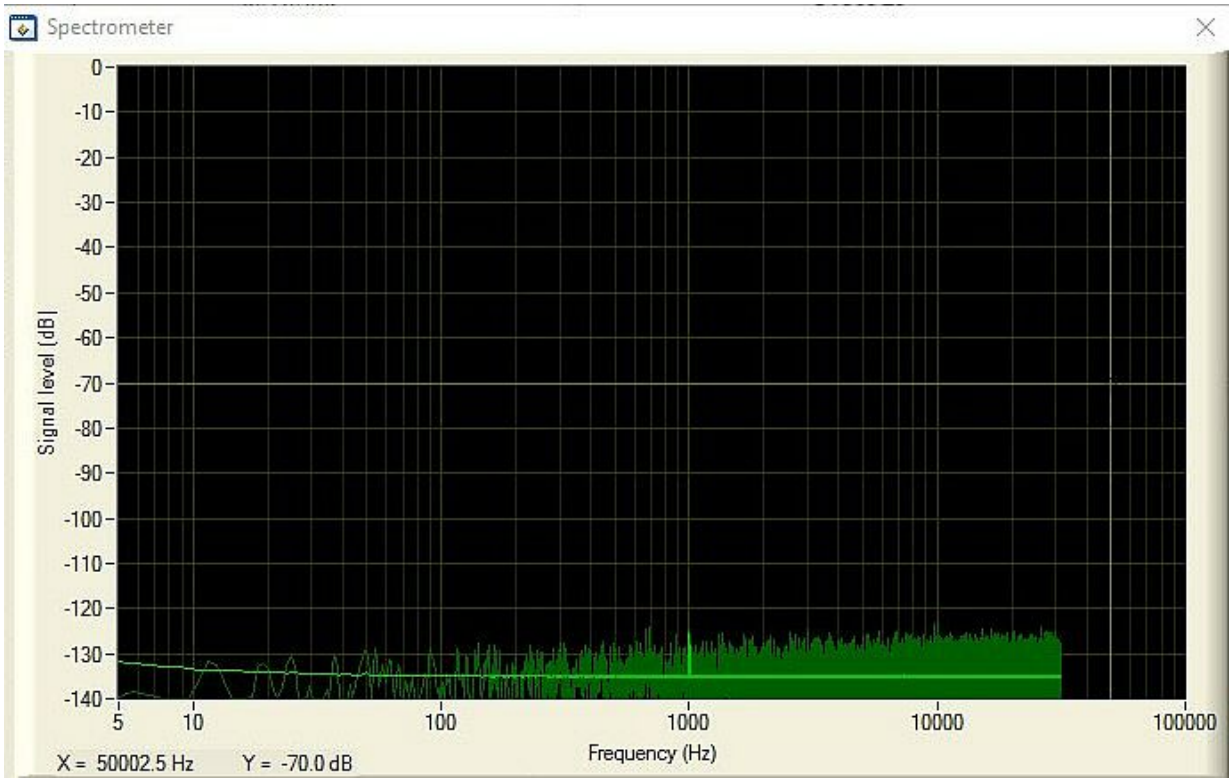
| | |
|---|---|
| Количество аналоговых входов | 16 дифференциальных |
| Диапазоны входного сигнала | ±10 В, ±5 В, переключаются программно |
| Максимальная общая скорость оцифровки данных | 1 Мегасэмплов / сек |
| Максимальная частота дискретизации, на канал | 1 МГц |
| Разрядность АЦП | 18 бит |
| Гальваническая развязка | присутствует |
| Эффективная разрядность (для диапазона ±10 В) | 15,6 бит (тип) |

| | |
|---|---|
| Пределы допускаемой приведенной к диапазону измерений погрешности измерений напряжения постоянного тока,<br>- в диапазоне ±10 В<br>- в диапазоне от ±5 В | <br><br><br><br>±0,004 %<br>±0,007 % |
| Межканальное прохождение (для синуса 1 кГц макс. ампл., частота переключения каналов 1 МГц) | отсутствует |
| Разрешающая способность,<br>- для диапазона ±5 В<br>- для диапазона ±10 В | <br><br>0,15 мВ<br>0,25 мВ |
| Соотношение сигнал/шум,<br>- для диапазона ±5 В<br>- для диапазона ±10 В | <br>-94,0 дБ (тип)<br>-96,5 дБ (тип) |
| Среднеквадратичное напряжение шума (коэфф. усредн. 128)<br>- для диапазона ±5 В<br>- для диапазона ±10 В | <br><br>0,02 мВ (тип)<br>0,03 мВ (тип) |
| Среднеквадратичное напряжение шума без усреднения<br>- для диапазона ±5 В<br>- для диапазона ±10 В | <br><br>0,2 мВ (тип)<br>0,3 мВ (тип) |
| Входной ток, для любого режима работы | 0.1 нА (тип) |
| Входная ёмкость, для любого режима работы | 25 пФ (тип) |
| Подавление синфазной помехи (синус 1кГц) | -85 дБ (тип.) |
| Защита входов от перенапряжения:<br>- Постоянное напряжение<br>- Импульс (1 мс) | <br>±30 В<br>±125 В |

**На рисунке ниже представлен спектр собственного шума модуля XQMS17.**




**Из рисунка видно, что собственный шум канала АЦП ровный, без стационарных помех. Это позволяет, используя накопление, регистрировать слабые сигналы ниже теоретической разрешающей способности устройства. Например, ниже представлен спектр при поданном синусоидальном сигнале частотой 1кГц и амплитудой всего 20 мкВ, который четко детектируется:**



### 4.3.2. Подключение к объекту

Входной разъем модуля XQMS17 описан в следующей таблице, где:

Пары входов Xn – Yn – входы n-ного дифференциального канала;

NC – контакт не подключается;

| N линии | Назначение | N линии | Назначение |
|---|---|---|---|
| 1 | *Выход **+15В** (аналоговое питание)*[1] | ~~*20*~~ | **SYN** – вход внешней синхронизации |
| 2 | *Выход **-15В** (аналоговое питание)* | ~~*21*~~ | **AGND** –аналоговая земля |
| 3 | **AGND** –аналоговая земля | 22 | вход X16 |
| 4 | вход Y16 | 23 | вход X15 |
| 5 | вход Y15 | 24 | вход X14 |
| 6 | вход Y14 | 25 | вход X13 |
| 7 | вход Y13 | 26 | вход X12 |
| 8 | вход Y12 | 27 | вход X11 |
| 9 | вход Y11 | 28 | вход X10 |
| 10 | вход Y10 | 29 | вход X9 |
| 11 | вход Y9 | 30 | вход X8 |
| 12 | вход Y8 | 31 | вход X7 |
| 13 | вход Y7 | 32 | вход X6 |
| 14 | вход Y6 | 33 | вход X5 |
| 15 | вход Y5 | 34 | вход X4 |
| 16 | вход Y4 | 35 | вход X3 |
| 17 | вход Y3 | 36 | вход X2 |
| 18 | вход Y2 | 37 | вход X1 |
| 19 | вход Y1 | | |



Необходимо учитывать, что аналоговая земля AGND гальванически отвязана от корпуса прибора.

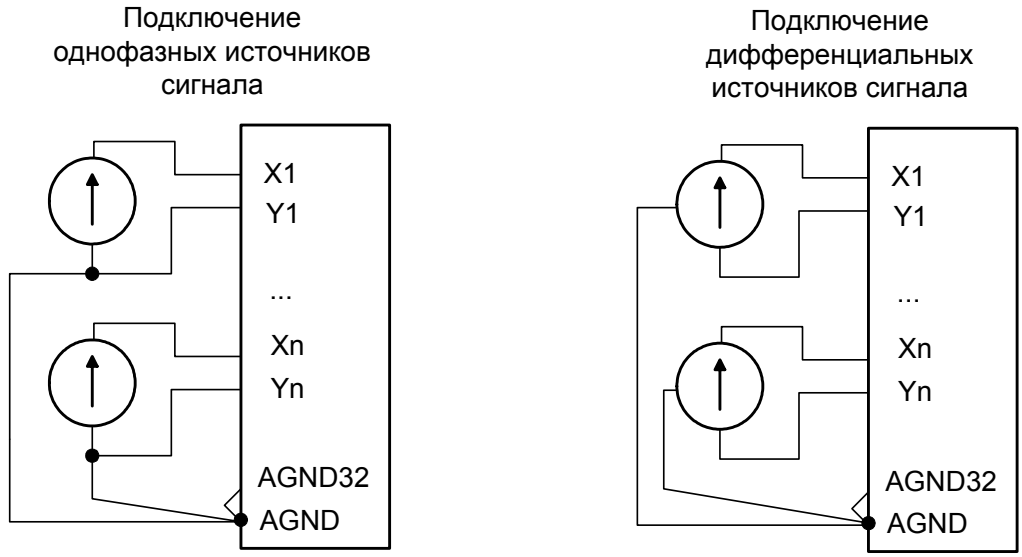
При подключении источников аналогового сигнала необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

1. При дифференциальном подключении измеряется именно разность напряжений между инвертирующим и неинвертирующим входами канала, т.е. дифференциальное напряжение. Тем не менее, необходимо помнить, что **напряжение относительно аналоговой земли модуля на обоих входах (синфазное напряжение) не должно превышать допустимого диапазона входного сигнала**.
2. Правильное подключение сигнала к дифференциальному входу — это всегда **трехпроводное соединение**. Необходимо разделять сигнальные провода, подключенные к высокоимпедансному входу, и общий провод заземления. Таким образом, исключается протекание большого тока по сигнальным проводам, снижающее точность измерений.

[1] Предназначены для питания малопотребляющих пользовательских устройств. Не рекомендуется отбирать по выходам аналогового питания более 20 мА.

3. При подключении нескольких источников сигнала к модулю желательно, чтобы их общие провода соединялись **только в одной точке** — на контакте **AGND** входного разъема модуля. Это исключит образование «земляных петель», являющихся источником дополнительных помех.

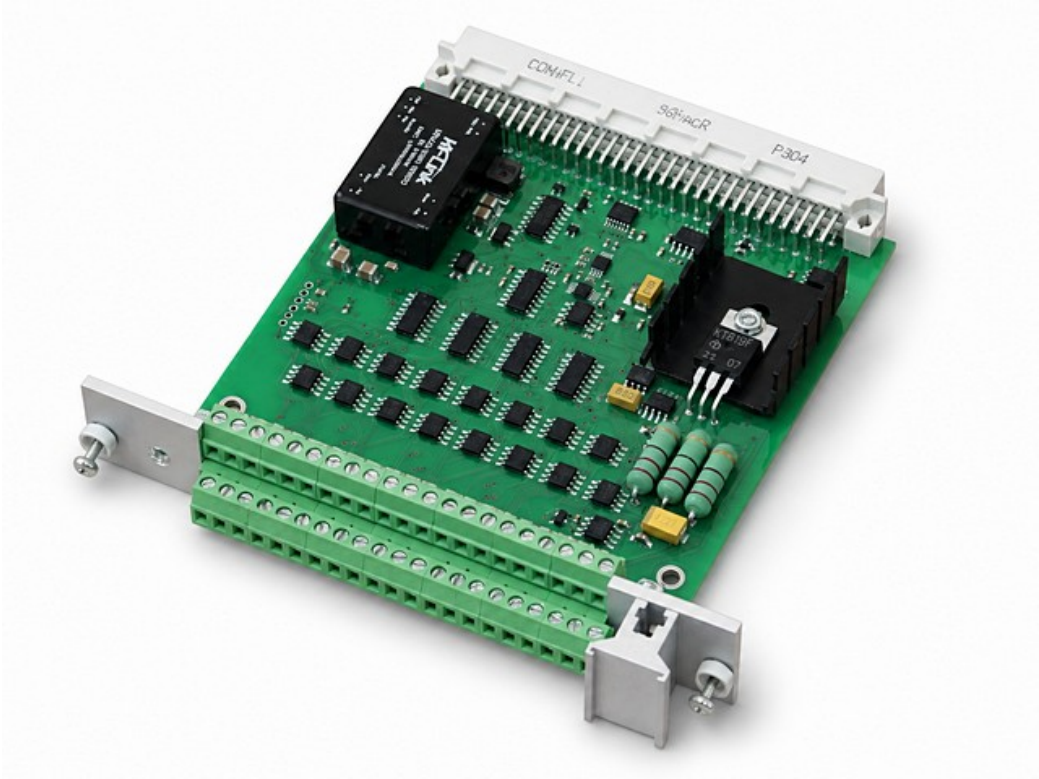
На следующем рисунке приведены примеры корректного дифференциального подключения однофазных и двухфазных (дифференциальных) источников сигнала. Обратите внимание, что подключение к дифференциальному входу даже однофазных источников сигнала должно осуществляться тремя проводами!




**Дифференциальное подключение сигналов**

Дифференциальное подключение источника сигнала снижает уровень синфазных помех. Помимо этого, дифференциальные входы позволяют подключать источники сигнала таким образом, чтобы токи сигнальных цепей не протекали через один общий провод, что повышает точность измерений.

## 4.4. Тензометрический модуль АЦП XQMS85



Модуль XQMS85 – специализированный 16-канальный модуль АЦП для статической и динамической тензометрии.

Поддерживается подключение датчиков как по полу-мостовой, так и по полной мостовой схеме.

Модуль может использоваться для регистрации и анализа динамических (высокочастотных) механических нагрузок и деформаций, в том числе для испытаний двигателей, турбин и т.п.

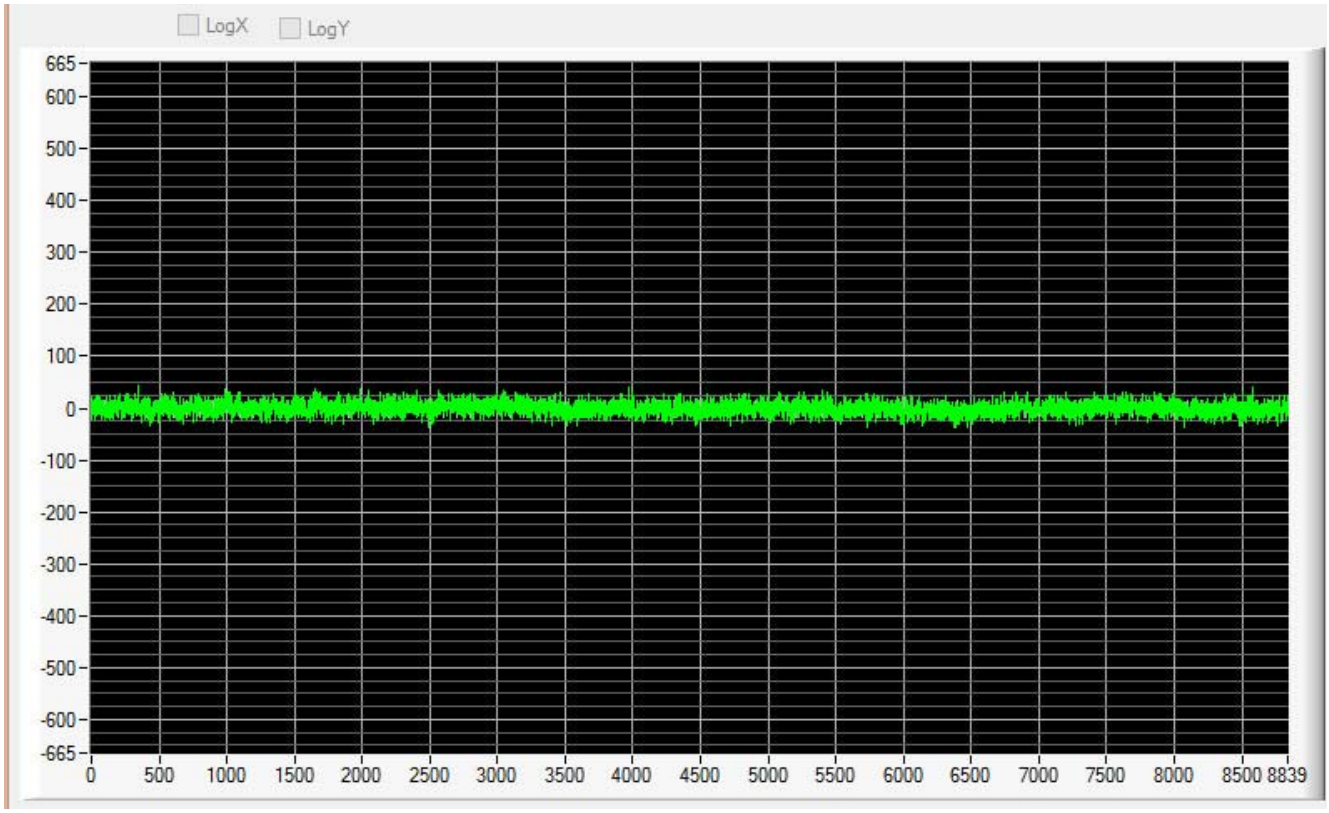
- Высокая скорость оцифровки – до 500 кГц на канал;
- Автоматическая балансировка нуля датчиков;
- Встроенный прецизионный источник постоянного тока для питания датчиков;
- Групповая гальваническая развязка измерительных входов.

### 4.4.1. Технические характеристики

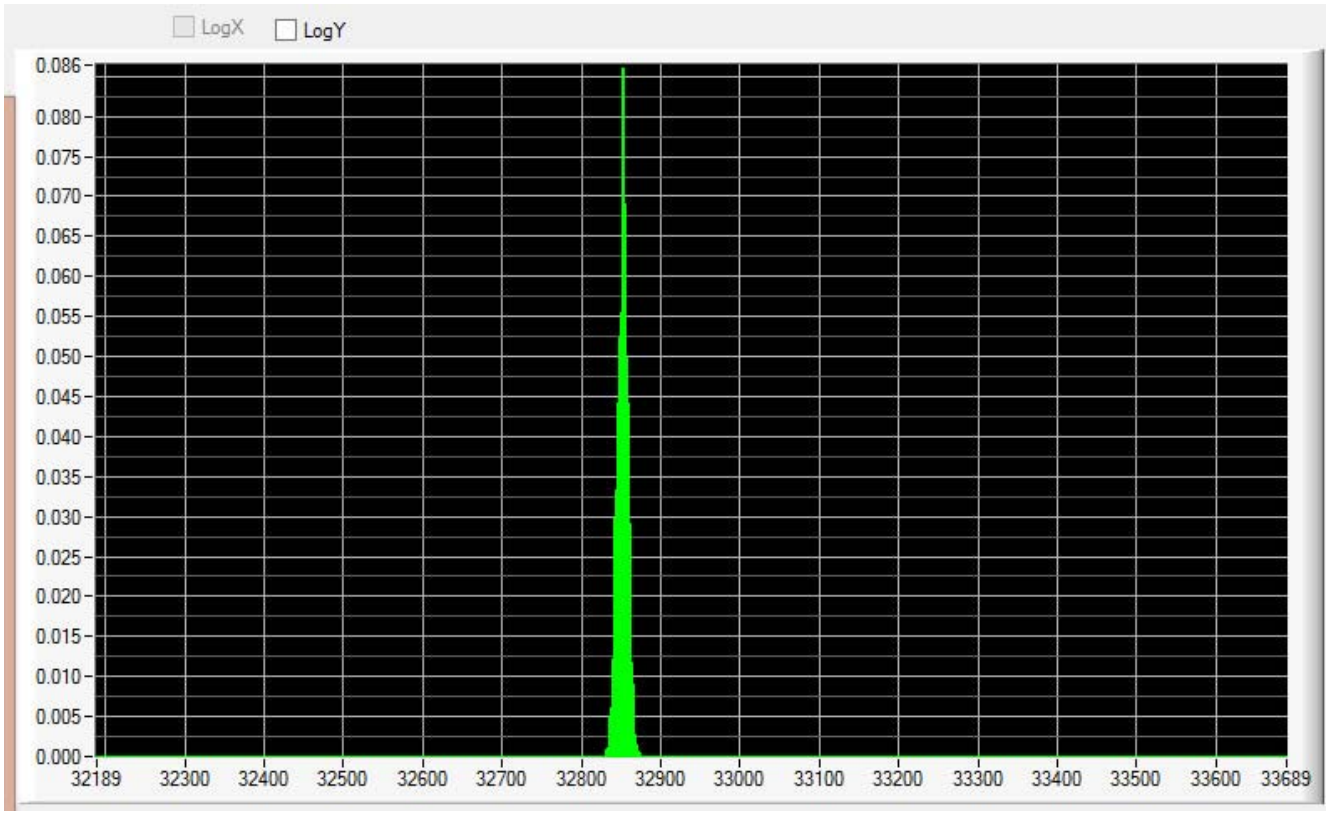
| | |
|---|---|
| Количество измерительных входов | 16 |
| Схема подключения датчиков | ½ моста,<br>полный мост |
| Максимальная общая скорость оцифровки данных | 0,5 Мегасэмплов / сек |
| Максимальная частота дискретизации, на канал | 500 кГц |
| Разрядность АЦП | 16 бит |

| | |
|---|---|
| Диапазоны входного сигнала | ±35 мВ, ±25 мВ, ±10 мВ, ±5 мВ, ±2,5 мВ, переключаются программно |
| Диапазоны измерений коэффициента преобразований | ±7 мВ/В, ±5 мВ/В, ±2 мВ/В, ±1 мВ/В, ±0,5 мВ/В, переключаются программно |
| Встроенный источник питания датчиков | 5В, до 25 мА на канал |
| Пределы допускаемой приведенной к диапазону измерений погрешности измерений коэффициента преобразований, в зависимости от диапазона:<br>±7 мВ/В<br>±5 мВ/В<br>±2 мВ/В<br>±1 мВ/В<br>±0,5 мВ/В | <br><br><br><br><br>±0,15%<br>±0,15%<br>±0,20%<br>±0,20%<br>±0,30% |
| R.m.s. низкочастотного (0.1 – 10 Гц) шума, приведенное ко входу | 0.2 мкВ (тип) |
| Температурный дрейф нуля, приведенный ко входу<br>(в диапазоне температур окр. среды 18..30 градусов, после 15-ти минутного самопрогрева при рабочем токе) | 0,08 мкВ/ градус С (тип) |
| Автобалансировка нуля датчиков | Есть |
| Температурный дрейф автобалансировки нуля датчиков | 0,1 ppm/ градус С (тип) |
| Условия эксплуатации | от +5°С до +55°С при относительной влажности от 5% до 90% |

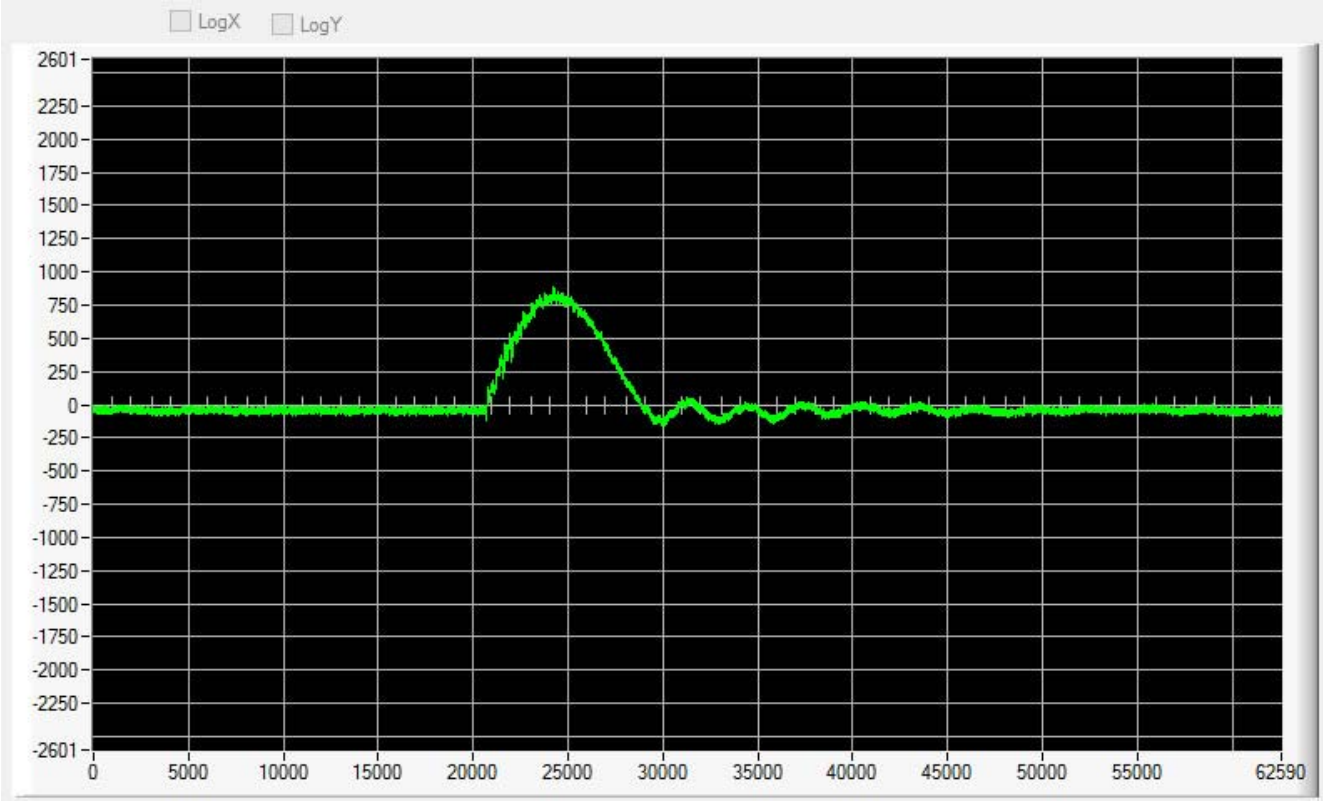
На рисунках ниже представлены типичные характеристики канала АЦП модуля XQMBox85:



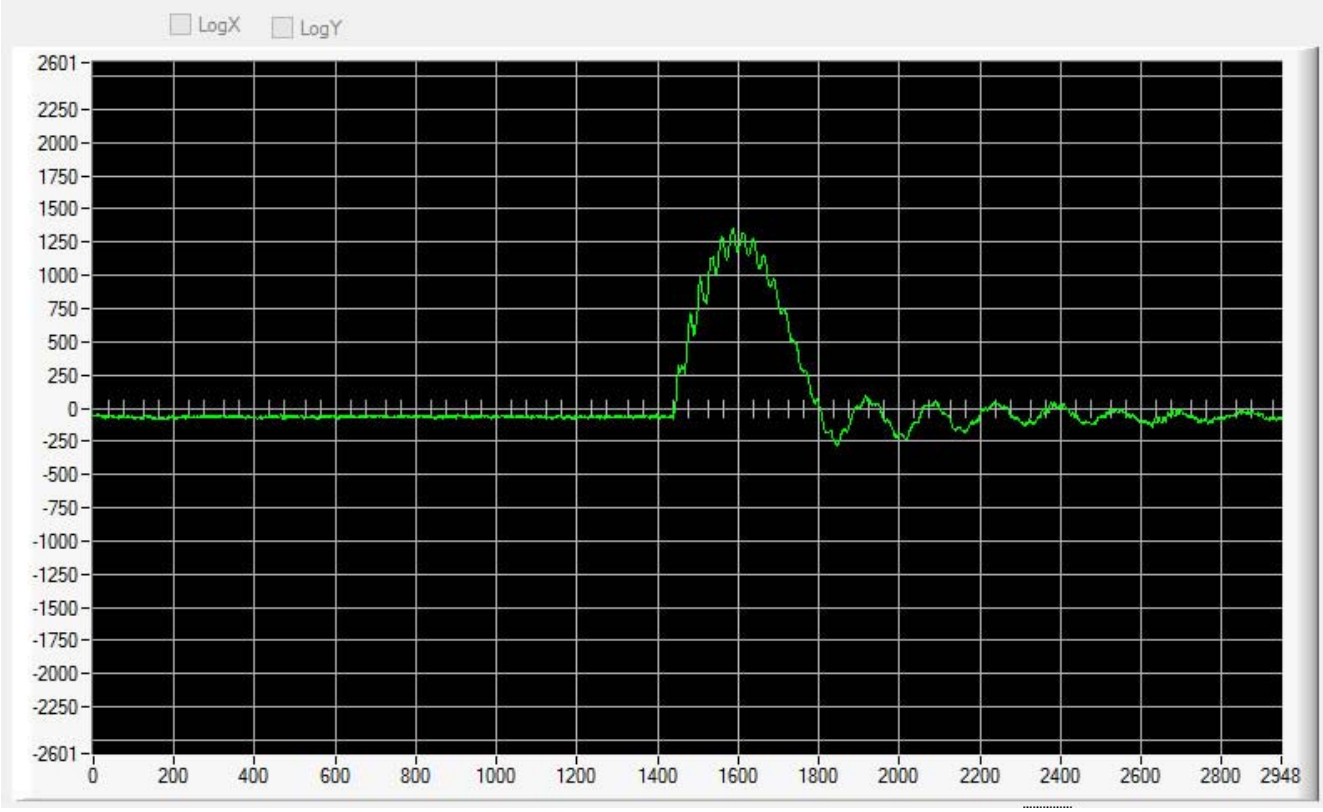

**Шум канала АЦП - диапазон ±25 мВ. Частота работы АЦП – 250 кГц. Без фильтрации. По оси X – отсчеты АЦП, по оси Y – коды АЦП, приведенные к нулю.**




**Разброс значений, полученных с АЦП - диапазон ±25 мВ. Частота работы АЦП – 250 кГц. С фильтрацией. По оси X – коды АЦП, по оси Y – вероятность.**



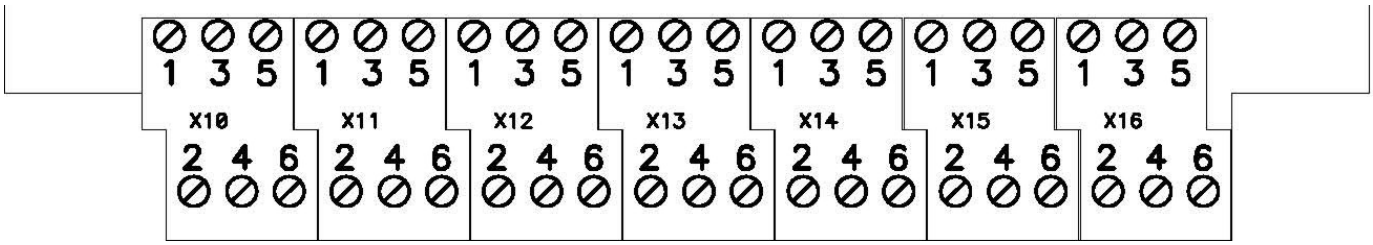

**Импульсный сигнал - диапазон ±25 мВ. Частота работы АЦП – 250 кГц. Без фильтрации. По оси X – отсчеты АЦП, по оси Y – коды АЦП, приведенные к нулю.**




**Импульсный сигнал - диапазон ±25 мВ. Частота работы АЦП – 250 кГц. С фильтрацией. По оси X – отсчеты АЦП, по оси Y – коды АЦП, приведенные к нулю.**

### 4.4.2. Подключение к объекту

На следующем рисунке представлен вид входных клеммных колодок модуля XQMS85 (вид со стороны винтов клеммников):




Назначения контактов описаны в следующей таблице:

| N линии | Назначение | N линии | Назначение |
|---|---|---|---|
| X10.1 | Вход –IN1 | X10.2 | Вход +IN1 |
| X10.3 | Вход –IN2 | X10.4 | Вход +IN2 |
| X10.5 | Вход –IN3 | X10.6 | Вход +IN3 |
| X11.1 | Вход –IN4 | X11.2 | Вход +IN4 |
| X11.3 | Вход –IN5 | X11.4 | Вход +IN5 |
| X11.5 | Вход –IN6 | X11.6 | Вход +IN6 |
| X12.1 | Вход –IN7 | X12.2 | Вход +IN7 |
| X12.3 | Вход –IN8 | X12.4 | Вход +IN8 |
| X12.5 | Вход –IN9 | X12.6 | Вход +IN9 |
| X13.1 | Вход –IN10 | X13.2 | Вход +IN10 |
| X13.3 | Вход –IN11 | X13.4 | Вход +IN11 |
| X13.5 | Вход –IN12 | X13.6 | Вход +IN12 |
| X14.1 | Вход –IN13 | X14.2 | Вход +IN13 |
| X14.3 | Вход –IN14 | X14.4 | Вход +IN14 |
| X14.5 | Вход –IN15 | X14.6 | Вход +IN15 |
| X15.1 | Вход –IN16 | X15.2 | Вход +IN16 |
| X15.3 | Выход **+2.5В** – половина питания датчиков | X15.4 | Выход **+2.5В** – половина питания датчиков |
| X15.5 | Выход **+5.0В** – питание датчиков | X15.6 | Выход **+5.0В** – питание датчиков |
| X16.1 | Выход **+5.0В** – питание датчиков | X16.2 | **AGND** – аналоговая земля |
| X16.3 | **AGND** – аналоговая земля | X16.4 | **AGND** – аналоговая земля |
| X16.5 | Вход **–SYN** внешней синхронизации | X16.6 | **AGND** – аналоговая земля |
| | | | |

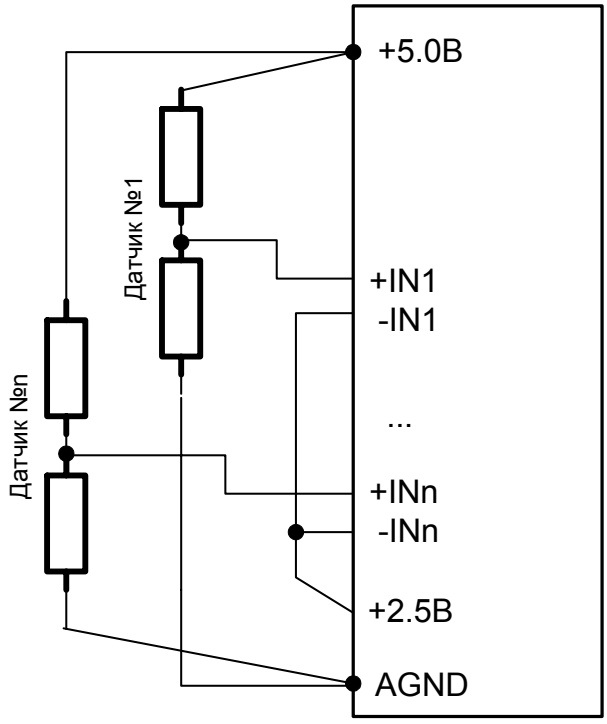


Необходимо учитывать, что аналоговая земля AGND гальванически отвязана от корпуса прибора.

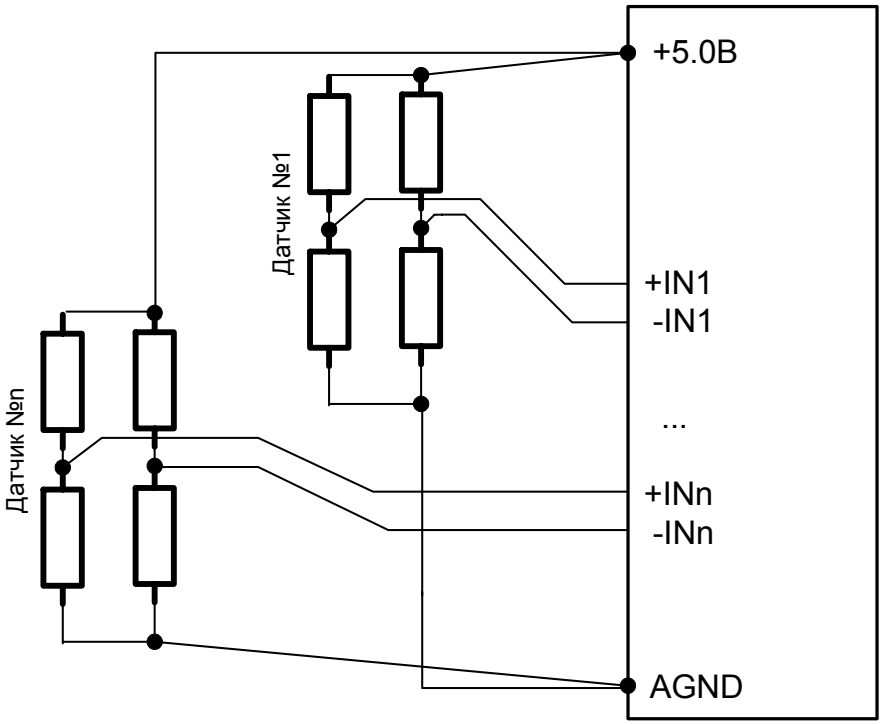
Необходимо обеспечить отсутствие разности потенциалов, как статической, так и импульсной, превышающей 5 В, между любыми двумя измерительными каналами устройства.

На рисунках ниже приведены типовые схемы подключения датчиков.

Подключение полумостов:




Подключение полных мостов:



При подключении датчиков необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

- Нагрузочная способность встроенного источника питания датчиков сотсавляет 25 мА на канал. Поэтому сопротивление одного тензорезистора должно составлять не менее 100 Ом при подключении по полумостовой схеме, и не менее 200 Ом при подключении по схеме полного моста.
- Для повышения шумоподавления, провода, идущие к датчику, должны представлять собой экранированную скрученную пару.
- Экран одним концом должен быть подключен к клемме AGND модуля XQMS85, а другим - к массе объекта.
- Оба вывода датчика должны быть изолированы от массы объекта.
- К каждой клемме AGND и питанию +5В допускается подключение не более 5-6 датчиков.

# 5. Подключение устройства

## 5.1. Распаковка

**Устройства RT-Rack содержат электронные микросхемы и компоненты, чувствительные к электростатическим разрядам (ESD).** Перед тем, как начать работу с устройством, необходимо снять статическое электричество – например, прикоснуться к заземленному корпусу компьютера или надеть заземляющий браслет.

После вскрытия упаковки устройства необходимо убедиться в отсутствии видимых механических повреждений, а также убедиться в наличии всех предметов, входящих в комплект поставки устройства. В случае обнаружения повреждений или неполной комплектации необходимо срочно связаться с фирмой-продавцом устройства.



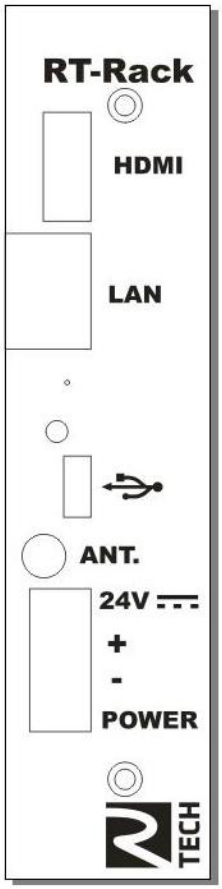
Не включайте устройство, имеющее видимые механические повреждения!



Для питания устройств **RT-Rack** используйте только блок питания, входящий в комплект поставки устройства!

## 5.2. Порядок подключения и отключения устройства.

На рисунке представлен вид лицевой панели контроллера устройства серии RT-Rack:




**Клемма питания POWER –** предназначена для подключения источника питания.

**Разъем LAN** – Разъём для подключения кабеля Ethernet.

**Разъем HDMI** –. Разъём для подключения к монитора к процессорному модулю контроллера. Может оставаться неподключеным.

**Разъем USB** –. Разъём для подключения к USB-устройств (например, клавиатуры и мыши) к процессорному модулю контроллера. Может оставаться неподключеным.

Порядок подключения всех устройств серии RT-Rack таков:

1. Подключите источники сигналов к устройству. Схемы подключения указаны в описаниях соответствующих модулей.
2. Подключите источник питания, входящий в комплект поставки устройства, к Разъему питания устройства.
3. Подключите источник питания к сети переменного тока.
4. Подключите к разъему LAN кабель Ethernet.

После подачи питания на лицевой панели контроллера RT-Rack должен загореться светодиод, это сигнализирует о том, что процессорный модуль контроллера начал загрузку ОС Linux. Загрузка ОС занимает около 20 секунд. После загрузки ОС контроллера устройство готово к работе.

Порядок отключения устройства RT-Rack таков:

1. Отсоедините объект (источники сигналов) от устройства.
2. Отключите устройство от сети Ethernet.
3. Отсоедините источник питания от сети переменного тока.
4. Отсоедините от устройства источник питания.

# 6. Программное обеспечение

Программное обеспечение устройств серии RT-Rack состоит из следующих компонентов:

- Программа Осциллограф-регистратор XQMS_OSC (для ОС Windows и Linux)
- ПО для самостоятельного программирования (SDK)

## 6.1. Программа Осциллограф-регистратор XQMS_OSC

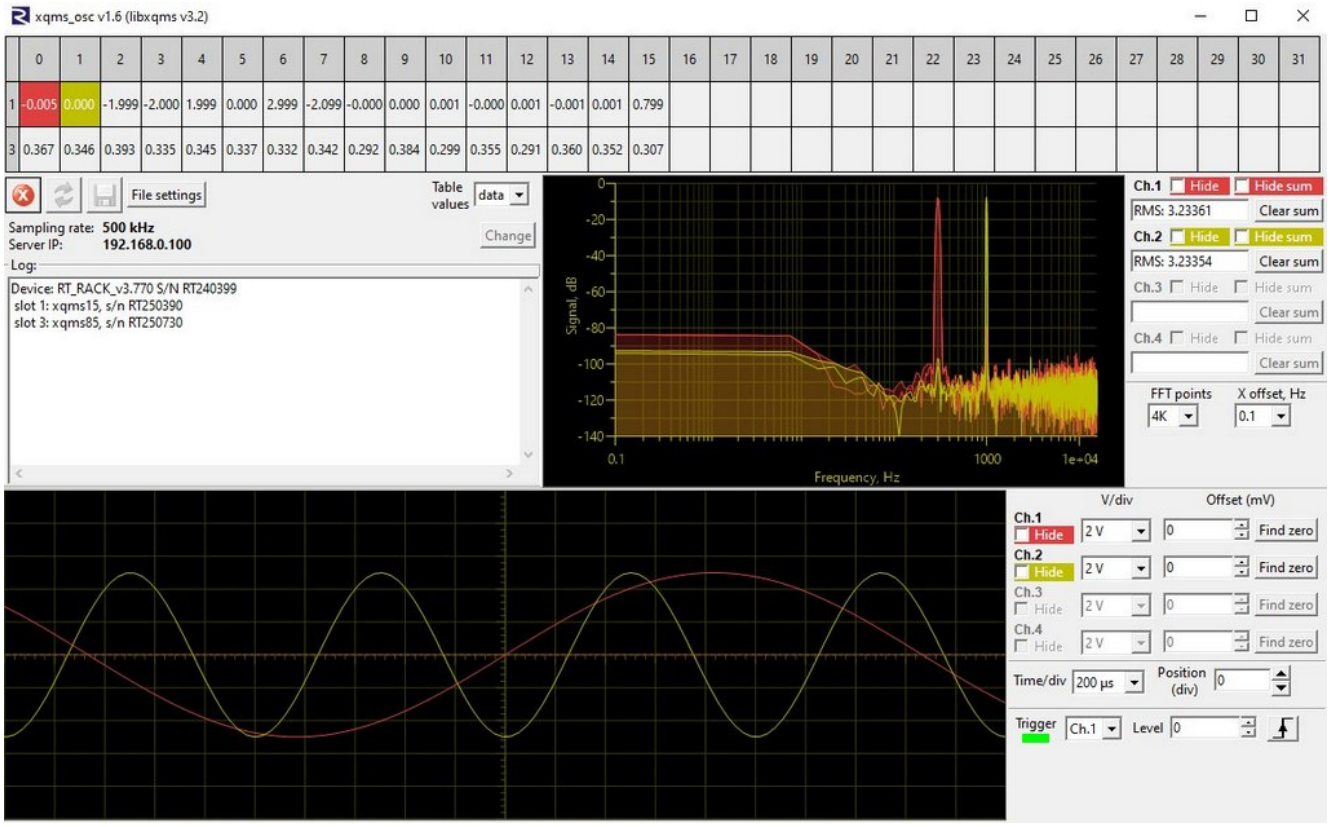
### 6.1.1. Назначение программы

Программный пакет XQMS_OSC является универсальным программным инструментом для работы с устройствами автоматизации измерений серии **RT-Rack**.

Пакет XQMS_OSC предназначен для работы под ОС Windows (версии 10 64bit и новее), а также ОС Linux (поддерживаются архитектуры x86_64 и arm64).

Пакет XQMS_OSC позволяет решить основные типовые задачи, возникающие при автоматизации измерений. С помощью него осуществляется конфигурация измерительного устройства, получение и сохранение данных. Пакет XQMS_OSC позволяет приступить к работе сразу же после подключения устройства, без участия программистов и метрологов получить, визуализировать и сохранить уже данные.

Сохранение для последующей обработки ведется в стандартных текстовых и бинарных форматах, пригодных для ввода в общепринятые и специализированные программы обработки данных (Excel, MathLAB, Cool Edit pro и др.)

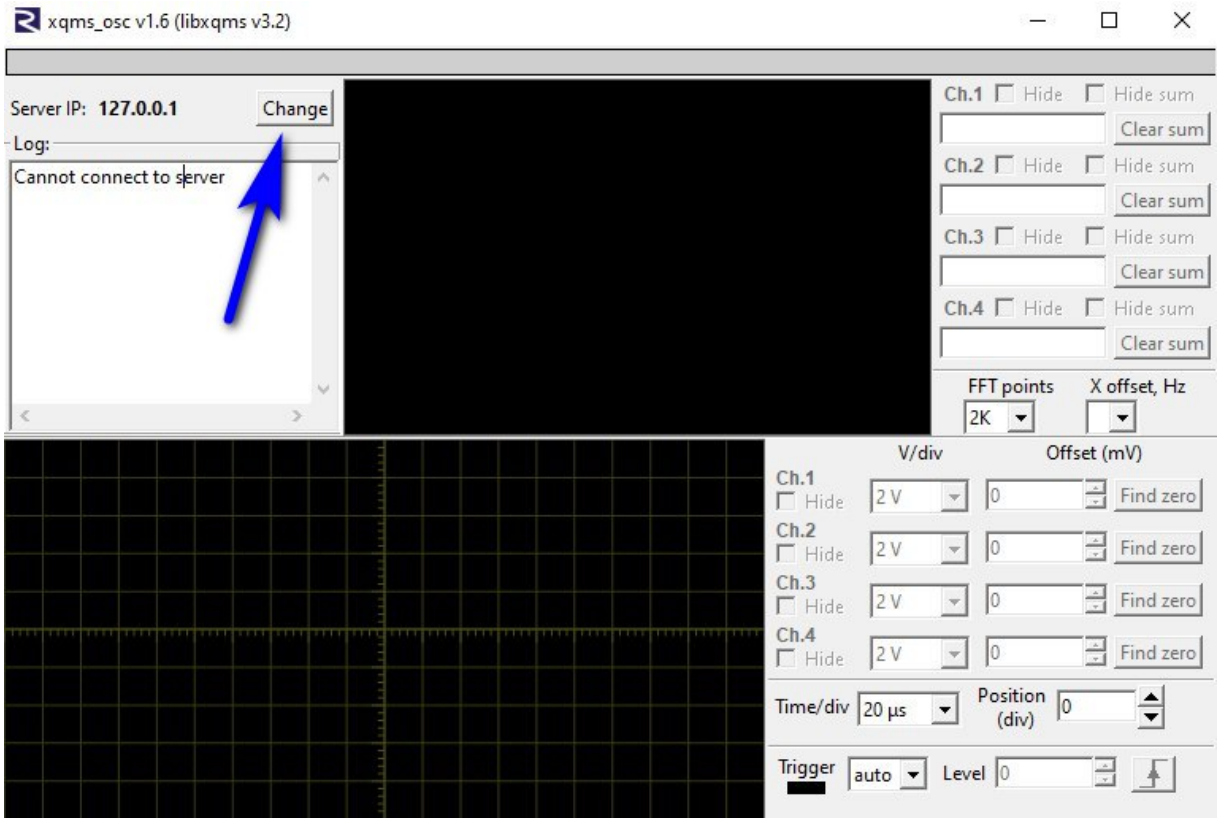


### 6.1.2. Установка и запуск программы

Пакет XQMS_OSC не нуждается в специальной установке, достаточно просто переписать исполняемые файлы в нужную папку (для Win – файлы **xqms_osc.exe** и **parser.exe**).

При самом первом запуске программа пытается подключиться к контроллеру RT-Rack по ip-адресу 127.0.0.1. Не найдя по этому адресу контроллер программа выдаёт окно с надписью Cannot connect to server.

В этом случае необходимо нажать на кнопку Change и ввести актуальный ip-адрес контроллера RT-Rack:




Заводской ip-адрес контроллера RT-Rack - **192.168.0.100.**

Для изменения ip-адреса нужно:

1. Подключиться к контроллеру по SSH, например с помощью клиента putty, с параметрами по умолчанию: IP 192.168.0.100, маска 255.255.255.0 (эквивалентный префикс - 24), шлюз 192.168.0.1, порт 22.
   Логин: **user**
   Пароль: **arm**
2. Вызвать sudo mc
3. В текстовом редакторе изменить сетевой адрес в файле /etc/network/interfaces
4. Ввести команду reboot.

### 6.1.3. Порядок работы с программой

Сеанс работы с программой XQMS_OSC состоит из двух этапов – этапа конфигурации и непосредственно сеанса сбора данных:

**Конфигурация**.

На этом этапе пользователь задает параметры всех измерительных каналов устройства, а также параметры отображения и сохранения данных во время предстоящего сеанса сбора данных. Подробнее о конфигурации см. п. Конфигурирование устройства.

При выходе из программы все настройки, произведенные на этапе конфигурации, сохраняются. Т.о. при последующих запусках программы нет необходимости заново задавать все параметры.

**Сеанс сбора данных.**

Сеанс сбора данных запускается пользователем нажатием на кнопку «Start» в главном окне программы.

Сеанс сбора данных может продолжаться сколь угодно долго.

В процессе сбора данные с измерительных каналов устройства, в зависимости от настроек программы, могут отображаться и сохраняться.

Отображение данных.

В процессе сбора данные со всех активных каналов отображаются в виде цифровых индикаторов, а также графиков в окнах осциллографа и спектроанализатора.

Сохранение данных.

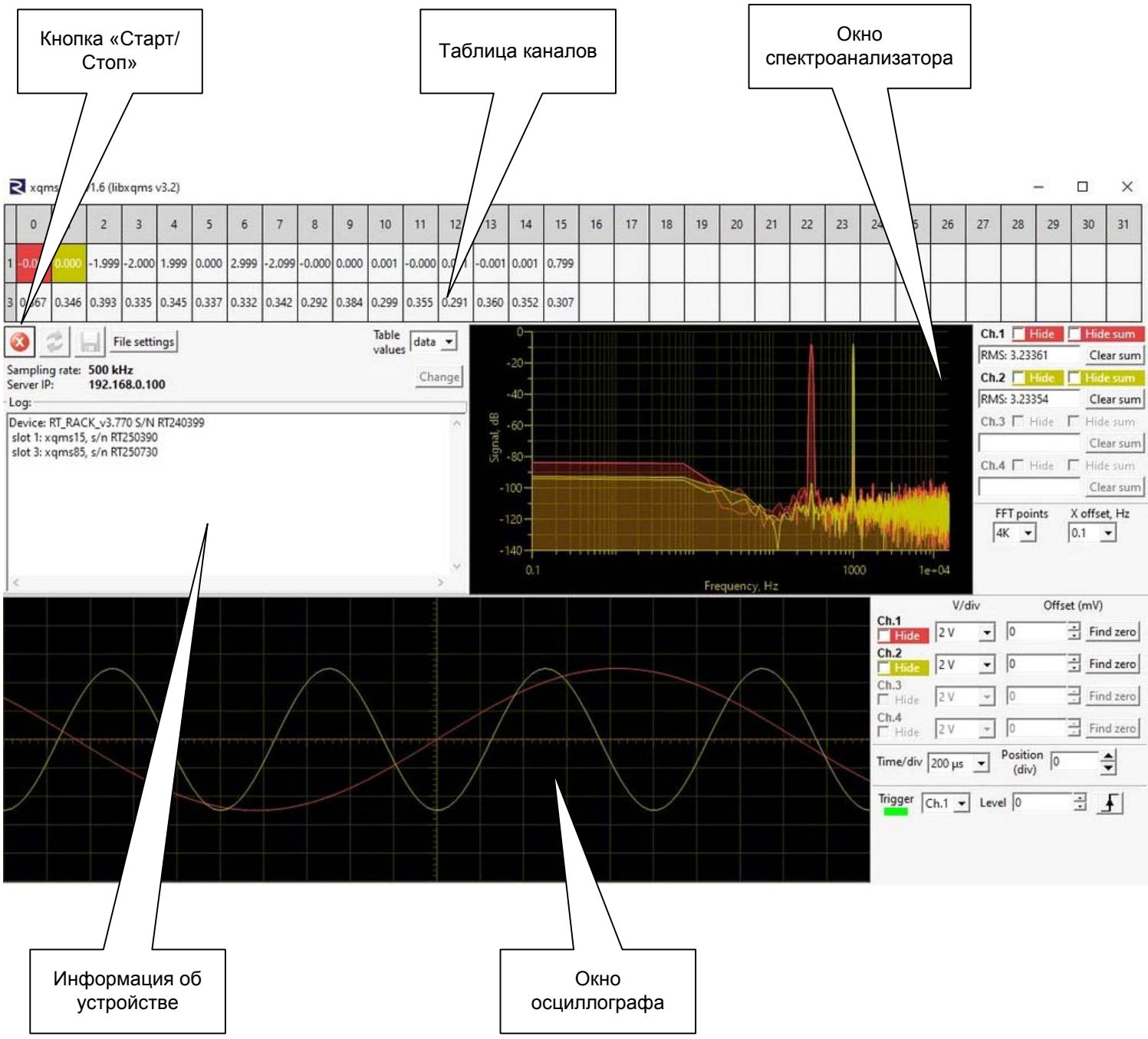
В процессе сбора данные с любых активных каналов могут записываться на жесткий диск компьютера. Подробнее об управлении записью в файл см. п. Сохранение данных.

Записанный файл с помощью утилиты Parser (входящей в пакет XQMS_OSC) может быть преобразован в удобные для вторичной обработки текстовые и бинарные файлы.

Подробнее об обработке сохраненных данных см. п. Обработка сохраненного файла.

### 6.1.4. Главное окно программы

После запуска программы открывается главное окно, показанное на рисунке ниже:




Опишем кратко назначение основных элементов этого окна:

**Кнопка «Старт/Стоп»** – предназначена для запуска/останова сеанса сбора данных.

**Таблица каналов** – предназначена для установки параметров измерительных каналов устройства, а также параметров отображения и сохранения данных во время предстоящего сеанса сбора данных. Подробнее о конфигурации см. п. Конфигурирование устройства.

Кроме того, в этой таблице после старта сеанса сбора данных визуализируются сами данные в цифровой форме.

**Окна осциллографа и спектроанализатора** – предназначены для графической визуализации данных в процессе сеанса сбора данных.

**Информация об устройстве** – в этом окне отображаются основные данные об устройстве RT-Rack – тип, версия и серийные номера как контроллера, так и целевых модулей.

### 6.1.5. Конфигурация устройства

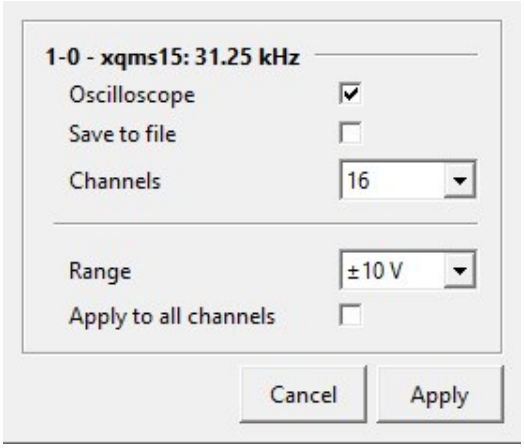
После запуска программы XQMS_OSC в *таблице каналов* отображаются все измерительные каналы устройства RT-Rack.

Таблица каналов может состоять максимум из 8 строк (максимальное число целевых модулей в одном устройстве) и 32 столбцов (максимальное число измерительных каналов на одном целевом модуле).

Конфигурирование каждого канала осуществляется нажатием левой кнопки мыши на соответствующей ячейке таблицы. При этом появляется контекстное конфигурационное меню. Это меню может отличаться в зависимости от типа модуля, но некоторые пункты там общие для всех типов модулей. Ниже описаны некоторые особенности конфигурирования модулей разных типов.

#### 6.1.5.1. Конфигурирование модуля XQMS15

Конфигурационное меню модуля типа XQMS15 приведено на рисунке ниже:




**Oscilloscope** – разрешает отображение данных с этого канала в окне осциллографа/спектроанализатора. Всего в этих окнах могут отображаться до 4х разных каналов.

**Save to file** – разрешает запись с этого канала в файл данных.

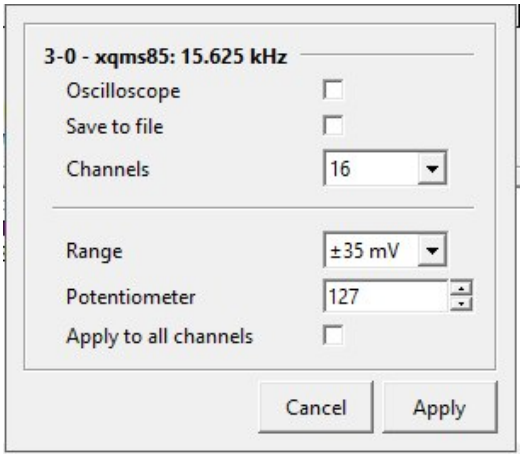
**Channels** – задаёт количество каналов из набора 1,2,4,8,16,32. При выборе 32 каналов модуль автоматически переключается в режим «с общей землёй».

**Range** – задаёт входной диапазон

**Apply to all channels** – применяет введённые изменения ко всем каналам данного модуля.

### 6.1.5.2. Конфигурирование модуля XQMS85

Конфигурационное меню модуля типа XQMS85 приведено на рисунке ниже:




**Oscilloscope** – разрешает отображение данных с этого канала в окне осциллографа/спектроанализатора. Всего в этих окнах могут отображаться до 4х разных каналов.

**Save to file** – разрешает запись с этого канала в файл данных.

**Channels** – задаёт количество каналов из набора 1,2,4,8,16.

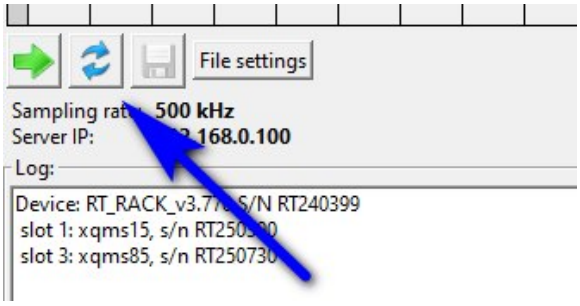
**Potentiometer –** служит для тестирование модулей на производстве, не рекомендуется изменять этот параметр.

**Range** – задаёт входной диапазон

**Apply to all channels** – применяет введённые изменения ко всем каналам данного модуля.

Модуль XQMS85 имеет встроенную схему автоматической балансировки нуля датчиков (мостов и полумостов).

Автоматическая балансировка вызывается кнопкой:




При нажатии на эту кнопку балансируются все модули XQMS85, входящие в состав устройства. Рекомендуется проводить автоматическую балансировку нуля перед первым сеансом сбора данных, а также после смены входного диапазона.

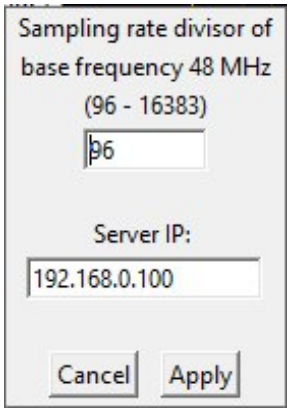
В нижней части этого меню собраны настройки, относящиеся к конкретному типу выбранного канала. Подробнее об этих настройках см. п. Специальные настройки измерительных каналов.

В верхней части меню собраны настройки, относящиеся к обработке, отображению и сохранению данных, они одинаковы для любого типа канала:

После запуска программы открывается главное окно, показанное на рисунке ниже:

### 6.1.5.3. Установка частоты дискретизации

Установка частоты дискретизации задаётся в окне, вызываемом кнопкой Change:

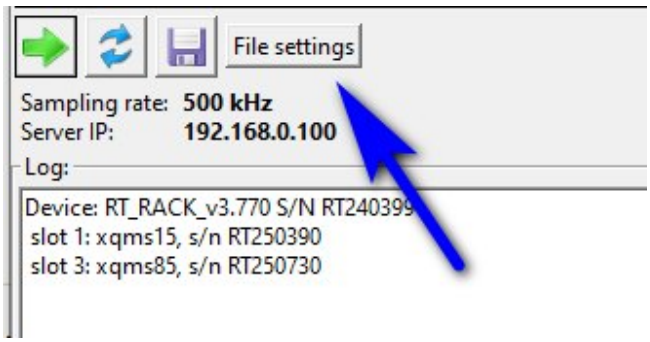



Частота задаётся с помощью делителя главной частоты крейта – 48 МГц. Например, если задать делитель = 96, частота дискретизации (одинаковая для всех модулей устройства) будет равна 48 МГц/96 = 500 кГц на модуль.

### 6.1.5.4. Настройки записи в файл

Для записи в файл данных с канала в меню соответствующего канала должна быть установлена галочка **Save to file.**

Основные параметры записи задаются по кнопке File Settings:




В меню, вызываемом по этой кнопке, можно задать длительность записи файла (в секундах, 0 – бесконечная запись), а также условия старта записи:

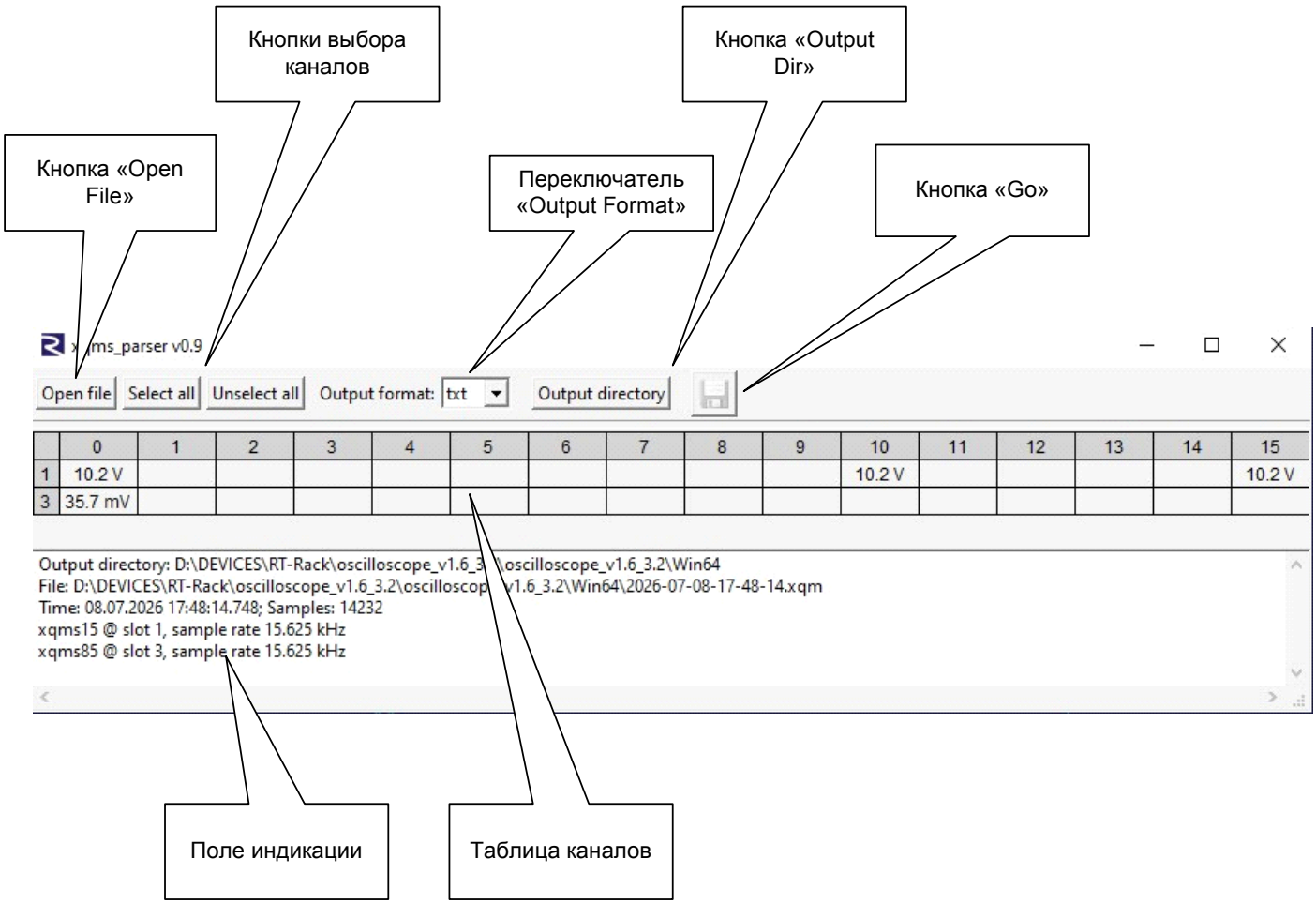
- ручной старт (нажатие на кнопку «дискета»)
- старт по фронту импульса синхронизации на контакте SYN на любом из целевых модулей устройства.

### 6.1.6. Работа с сохраненным файлом данных

В процессе сбора данных получаемые из системы RT-Rack данные сохраняются в специфическом бинарном формате, поэтому для их дальнейшей обработки с помощью различных программ визуализации и обработки (таких как Excel, MathLAB, Cool Edit pro и др.), сохраненный файл необходимо перевести в соответствующий общепринятый формат.

Для этого используется утилита **Parser**, входящая в пакет XQMS_OSC.

Вид окна этой утилиты представлен на рисунке:




Порядок работы с утилитой **Parser:**

1. Кнопкой **Open File** выбрать и загрузить бинарный файл, записанный во время сеанса сбора данных. Файл записывается в ту же папку, где находится исполняемый файл **xqms_osc.exe** , имя файла имеет вид дата_записи_время_записи.xqm
2. Кнопкой **Output directory** выбрать папку, куда будут сохраняться выходные файлы.
3. В **Таблице каналов** выбрать, данные с каких каналов будут сохраняться в выходные файлы. Также можно выбрать каналы кнопками **Select all** и **Unselect all**. В таблице каналов отображены все каналы, сохранённые в исходном бинарном файле, т.е. каналы для которых была установлена галочка Save to file перед стартом сеанса сбора данных.
4. Выбрать формат выходных файлов переключателем **Output Format**. Это может быть текстовый формат либо формат .wav, подробнее они описаны ниже.
5. Нажать кнопку **Go** в виде дискеты для конвертации и сохранения выходных файлов.

#### 6.1.6.1. Выходные файлы .txt

В этом режиме в процессе конвертации создаются отдельные выходные файлы для каждого канала, содержащие информацию об отсчётах сигнала в виде символьного представления вещественных чисел. Диапазон и точность представления чисел могут достигать значений, соответствующих параметрам 64-рех разрядного стандартного представления (тип double). Числа размещаются в файле в одну колонку, т.е. после каждого числа имеются символы CR/LF.

Текстовые файлы данных имеют расширение имени «.txt».

Имя текстовых файлов данных составлено из номера модуля и номера канала этого модуля, который и является поставщиком измеряемого сигнала для этого файла.

Также для каждого канала создаются текстовые файлы описания канала, имеющие имя, аналогичное имени текстового файла данных, и расширение имени «.hdr». В этом файле указывается частота дискретизации, входной диапазон канала и единицы измерения, в которых записаны данные.

Необходимо помнить, что в данном режиме конвертация происходит достаточно медленно. Кроме того, выходные файлы получаются большего объема, чем исходный бинарный файл.

#### 6.1.6.2. Выходные файлы .wav

В этом режиме в процессе конвертации создаются отдельные выходные WAV-файлы для каждого значения частоты дискретизации каналов, но общие для всех каналов с одинаковой частотой дискретизации.

Каждый выходной бинарный файл имеет заголовок, соответствующий требованиям к RIFF-файлам. При этом порядок байтов в структуре представления чисел в заголовке и области данных файла соответствует Windows PCM файлам (WAV), т.е. «Big Endian». Таким образом, программы, предназначенные для работы с RIFF-файлами (например, «Cool Edit pro»), при открытии файла созданного QMParser, автоматически получают информацию о:

- количестве каналов;
- частоте дискретизации;
- типе (целые/вещественные) и разрядности представления отсчётов.

Информация, необходимая для привязки содержащейся в RIFF-файлах информации к измерительным каналам устройств RT-Rack и физическим величинам, измеряемым этими каналами, но не представленная в заголовке RIFF-файла, содержится в текстовом файле с расширением «.hdr». Имя текстового hdr-файла соответствует имени соответствующего RIFF-файла (с расширением «.wav») и представляет собой значение частоты дискретизации.

## 6.2. ПО для самостоятельного программирования

В комплект ПО для устройств серии RT-Rack входит пакет ПО для самостоятельного программирования (пакет SDK), включающий в себя библиотеку функций и примеры программирования. Руководство по программированию приведено в документе RT_Rack_Programming guide.pdf.