ОКПД 2: 26.51.66.190

ПРИБОР ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ LTA11

Руководство по эксплуатации

ТВРД.411182.001-11 РЭ

Содержание

1 Описание и работа изделия 4
1.1 Назначение изделия 4
1.2 Технические характеристики 4
1.3 Состав LTA11 6
1.4 Устройство и принцип работы 6
1.5 Средства измерения, инструмент и принадлежности 10
1.6 Маркировка и пломбирование 10
1.7 Упаковка 10
2 Использование по назначению 11
2.1 Эксплуатационные ограничения 11
2.2 Подготовка к использованию и использование 11
2.3 Принцип работы 14
2.4 Типичные примеры подключения измеряемых сигналов к LTA11 16
2.5 Упрощённые примеры подключения сигналов к входу LTA11 19
2.6 Подключение экрана кабеля 23
3 Техническое обслуживание изделия 25
3.1 Общие указания 25
3.2 Меры безопасности 25
4 Хранение и транспортирование 26
4.1 Хранение 26
4.2 Транспортирование 26
Лист регистрации изменений 27

Настоящее руководство по эксплуатации распространяется на прибор измерительный многофункциональный LTA11 (далее – LTA11) и предназначено для ознакомления с конструкцией, принципом действия, характеристиками и указаниями по правильной и безопасной эксплуатации LTA11.

1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА ИЗДЕЛИЯ

1.1 Назначение изделия

1.1.1 Запись обозначения изделия – «Прибор измерительный многофункциональный LTA11 ТВРД.411182.001-11 ТУ».

1.1.2 LTA11 предназначен для измерения напряжения постоянного и переменного электрического тока, а также обработки аналоговой информации в измерительных устройствах и системах на базе персональных компьютеров (далее – ПК).

1.1.3 Основная область применения LTA11 – общепромышленная, в том числе в добывающей и энергетической отраслях, на предприятиях машиностроения и связи, а также научно-исследовательская.

1.1.4 Условия эксплуатации LTA11:

– температура окружающего воздуха от плюс 5 °С до плюс 50 °С;

– относительная влажность воздуха от 30 до 80 %, максимальное значение относительной влажности воздуха 90 % при температуре 25 °С;

– атмосферное давление от 70 до 106,7 кПа.

1.2 Технические характеристики

1.2.1 LTA11 обеспечивают измерение напряжения постоянного и переменного тока в одном или нескольких измерительных каналах (далее – одноканальный или многоканальный режимы работы, соответственно).

1.2.2 Максимальное количество измерительных каналов − 16 в дифференциальной схеме подключения или 32 в однополярной схеме подключения.

1.2.3 Диапазон измерений напряжения постоянного тока − от минус 10 до плюс 10 В.

1.2.4 Пределы допускаемой приведенной (к верхнему значению предела измерений) погрешности измерений напряжения постоянного тока в одноканальном режиме работы при частоте преобразований АЦП от 1 до 1000 кГц или в многоканальном режиме работы при частоте преобразований АЦП 20 кГц в диапазоне рабочих температур составляют:

– ±0,03% для пределов измерений 10; 2,5; 0,6 В;

– ±0,1% для предела измерений 0,15 В.

1.2.5 Диапазон измерений среднеквадратического значения напряжения переменного тока − от 1 мВ до 7 В.

1.2.6 Пределы допускаемой приведенной (к верхнему значению предела измерений) погрешности измерений среднеквадратического значения напряжения переменного тока в диапазоне рабочих температур указаны в таблице 1.

Таблица 1

Предел измерений, В	Пределы допускаемой приведенной (к верхнему значению предела измерений) погрешности измерений среднеквадратического значения напряжения переменного тока [1], %, для диапазонов частот входного сигнала [2], кГц		
	от 0,01 до 20 включ.	св. 20 до 100 включ.	св. 100 до 499 включ.
10	±0,1	±0,5	±10
2,5	±0,1	±0,5	±10
0,6	±0,1	±0,5	±15
0,15	±0,15	±5	–

[1] Пределы допускаемой приведенной (к верхнему значению предела измерений) погрешности измерений среднеквадратического значения напряжения переменного тока нормируются в дифференциальной схеме подключения при частоте преобразований АЦП 0,5 МГц для многоканального режима или 1 МГц для одноканального режима измерений, для сигналов, пиковые значения которых не превышают значение установленного предела измерений.

[2] В многоканальном режиме работы диапазон частот входного сигнала ограничен значением 249/N кГц, где N – количество опрашиваемых измерительных каналов.

1.2.7 Коэффициент подавления синфазных помех составляет:

– не менее 60 дБ для помехи, представляющей собой напряжение постоянного тока (помеха прикладывается к входу относительно цепи «GNDA» при разбалансе сопротивлений внешних входных цепей, равном 1 кОм);
– не менее 60 дБ для помехи, представляющей собой напряжение переменного тока частотой 50 Гц (помеха прикладывается к входу относительно цепи «GNDA» при разбалансе сопротивлений внешних входных цепей, равном 1 кОм).

1.2.8 LTA11 обеспечивают свои технические характеристики в пределах норм, установленных техническими условиями, по истечении времени установления рабочего режима, равного 10 мин.

1.2.9 Входное сопротивление измерительных каналов постоянному току в одноканальном режиме работы составляет не менее 10 МОм.

1.2.10 LTA11 устойчивы к перегрузкам входным измерительным сигналом:

– напряжением постоянного тока ±30 В при включенном питании;
– напряжением постоянного тока ±10 В при выключенном питании.

1.2.11 LTA11 обеспечивают прием и передачу цифровой информации по интерфейсу Ethernet.

1.2.12 Питание LTA11 осуществляется напряжением постоянного тока по интерфейсу Ethernet PoE IEEE 802.3at/PoE+. Номинальное напряжение питания составляет 48 В. После подачи питания LTA11 обеспечивают свои технические характеристики в пределах норм, установленных техническими условиями, при изменении напряжения питания в диапазоне от 42,5 до 57 В на входе прибора.

1.2.13 Потребляемая мощность – не более 6 Вт.

1.2.14 Габаритные размеры − не более 195 × 130 × 25 мм.

1.2.15 Масса – не более 0,16 кг.

1.2.16 Средняя наработка на отказ – не менее 50000 ч.

1.2.17 Средний срок службы – не менее 10 лет.

1.3 Состав LTA11

1.3.1 LTA11 поставляются в комплекте согласно таблице 2.

Таблица 2

Наименование	Обозначение	Количество
Прибор измерительный многофункциональный LTA11	ТВРД.411182.001-11	1 шт.
Инжектор PoE 48В, стандарт IEEE 802.3at/PoE+	–	1 шт.
Кабель Ethernet Pathcord 5e	–	1 шт.
Розетка DB-37F с кожухом	–	1 шт.
Шасси LTA-CH	ТВРД.301233	– [1)]
Паспорт	ТВРД.411182.001-11 ПС	1 экз.
Руководство по эксплуатации	ТВРД.411182.001-11 РЭ	– [2)]
Руководство программиста	–	– [2)]
Программное обеспечение	–	– [2)]
Упаковка	–	1 шт.

[1)] Поставляется по отдельному заказу.

[2)] Эксплуатационные документы и ПО доступны для скачивания с сайта производителя по размещенной на паспорте LTA11 ссылке, представляющей собой QR-код.

Производитель оставляет за собой право без предварительного уведомления изменять комплект поставки изделия. При этом изменения не ухудшают основные технические параметры изделия.

1.4 Устройство и принцип работы

1.4.1 Работа LTA11 осуществляется под управлением ПК, подключение к которому обеспечивается посредством интерфейса Ethernet.

1.4.2 Принцип действия LTA11 основан на аналого-цифровом преобразовании входных сигналов напряжения. Измерение напряжения электрического тока производится с использованием аналого-цифрового преобразователя и коммутатора входных сигналов в одном или нескольких измерительных каналах.

1.4.3 LTA11 содержит одноканальный 16-битный АЦП последовательного приближения, оцифровывающий каждый отсчет по сигналу старта преобразования. Код оцифрованного отсчета (максимально через 320 нс относительно сигнала запуска АЦП) формируется в буфере АЦП, откуда считывается в программируемую логическую интегральную схему (далее – ПЛИС).

1.4.4 Конечный автомат в ПЛИС путем умножения и сложения применяет к отсчету калибровочные коэффициенты. В результате этих манипуляций отсчеты «расширяются» до 32 бит и в таком формате передаются в микроконтроллер, который в свою очередь формирует из отсчетов пакеты данных и передает их в программу на ПК.

Независимо от режима работы входного аналогового тракта и установленного коэффициента усиления управляемого усилителя микросхема АЦП работает в дифференциальном двуполярном режиме и выдает 16-ти битные значения в дополнительном коде.

1.4.5 Конструкция LTA11 представляет собой печатную плату с установленными на ней элементами объемного монтажа и крепления. Внешний вид LTA11 показан на рисунке 1.

1.4.6 LTA11 может быть установлен в шасси LTA-CH-1 ТВРД.301233.007, LTA-CH-8 ТВРД.301233.008, LTA-CH-16 ТВРД.301233.009.

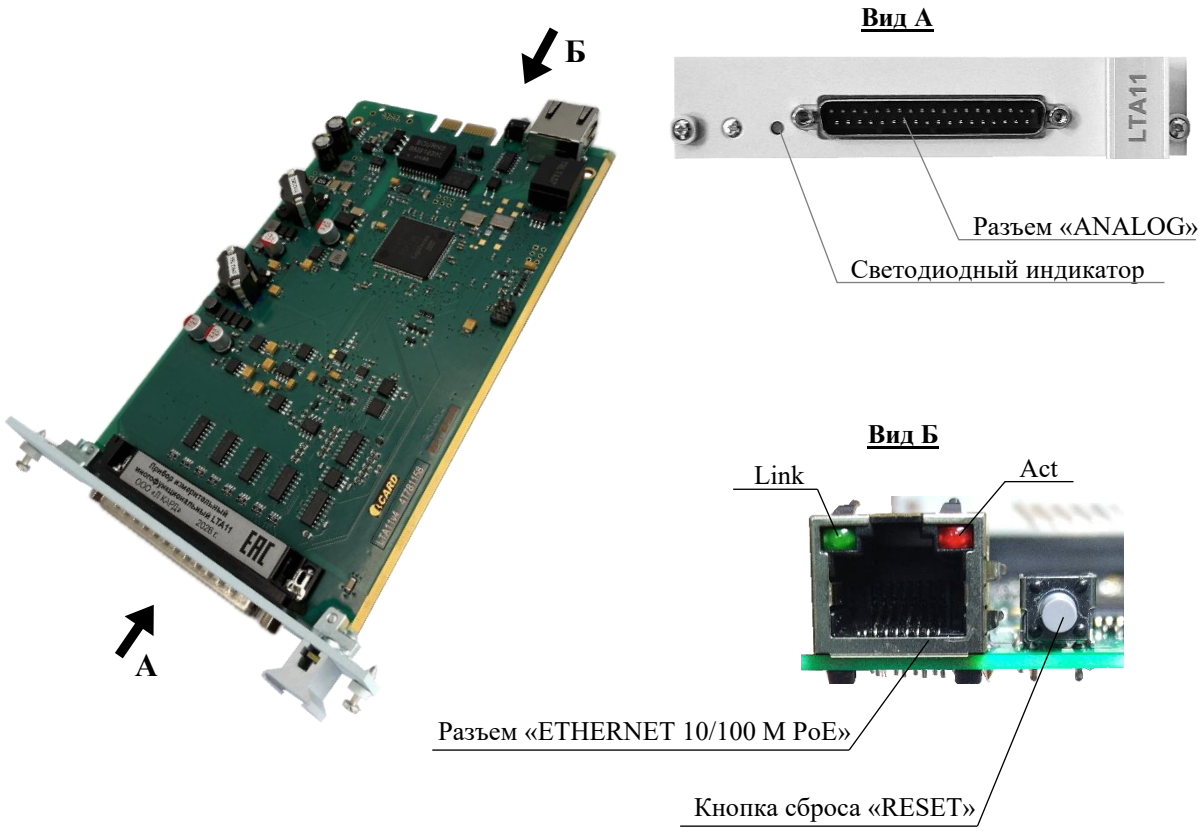


Рисунок 1

В передней части (см. вид А на рисунке 1) LTA11 расположены:

– разъем «ANALOG» для подключения внешних измерительных цепей;
– светодиодный индикатор, отображающий готовность к измерениям.

В задней части (см. вид Б на рисунке 1) расположены:

– разъем «ETHERNET 10/100 M PoE» (с встроенными светодиодными индикаторами Link и Act, отображающими состояние установления связи по интерфейсу Ethernet и активность при обмене данными) для подключения к инжектору PoE IEEE 802.3at/PoE+ посредством кабеля Ethernet;

1.4.7 Функциональная схема LTA11 приведена на рисунке 2.

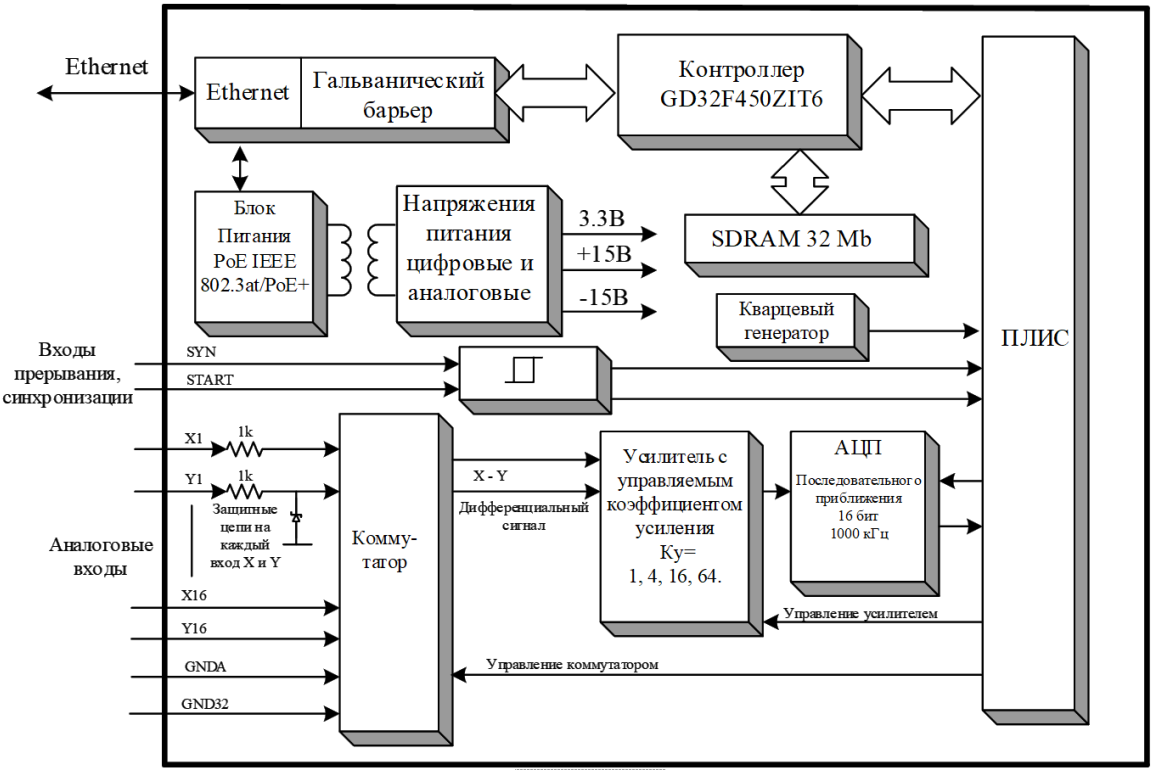


Рисунок 2

1.4.7.1 LTA11 содержит следующие функциональные блоки:

1) Интерфейс Ethernet, для связи с ПК и питания прибора;

2) Источник питания по стандарту IEEE 802.3at/PoE+;

3) GD32F450ZIT6 – контроллер, осуществляющий программное управление изделием и поддерживающий внешний интерфейс Ethernet, для обеспечения передачи данных без пропусков контроллер дополнительно оснащен буферной памятью объемом 32 Мбайт;

4) ПЛИС – типа GW1N-UV9EQ144C6/I5, формирует из входных сигналов от контроллера выходные управляющие сигналы для АЦП, входного коммутатора и управляемого усилителя. Осуществляет прием данных от АЦП, производит их нормирование по смещению и масштабу, с одновременным расширением разрядности до 32 бит. Также ПЛИС осуществляет синхронизацию всех узлов, подавая тактовый сигнал от кварцевого генератора и задавая делители частоты для АЦП;

5) Коммутатор – коммутатор аналоговых сигналов на основе КМОП мультиплексоров, предназначенный для выбора сигналов с аналоговых входов, подключаемых к разъему «ANALOG», на вход управляемого усилителя;

6) Усилитель – узел, построенный на прецизионных операционных усилителях с входным каскадом на полевых транзисторах. Усилитель имеет 4 дискретных, предопределенных коэффициента усиления и управляется логикой ПЛИС;

7) Кварцевый генератор – генератор тактовых сигналов, задающий опорную частоту для всех узлов блока;

8) АЦП последовательного приближения разрядностью 16 бит с максимальной частотой дискретизации 1 МГц;

9) Сигналы внешней синхронизации (Syn и Start) совместимые с TTL уровнями сигналов, обеспечивают синхронизацию с внешней частотой дискретизации и меткой старта сбора данных.

1.4.7.2 Описание работы схемы.

При подключении к источнику питания, PoE инжектору или PoE роутеру происходит согласование класса PoE между инжектором и прибором, затем запуск блока питания прибора и первичная инициализация всех внутренних устройств прибора.

После установления связи с ПК по протоколу Ethernet, программа на ПК может инициализировать сбор данных с прибора в соответствии со своей логикой работы. Команда начать сбор данных так же инициализирует включение питания аналогового тракта прибора.

Аналоговый сигнал поступает с разъема «ANALOG» на вход коммутатора, который конфигурирует сигнальные линии в соответствии с программно заданным режимом коммутации – дифференциальным или однополярным.

С выхода коммутатора сигнал поступает на входы управляемого усилителя с программно переключаемым коэффициентом усиления. Коэффициент усиления задается переключением цепей обратной связи двухканального операционного усилителя с помощью аналогового коммутатора, управляемого логикой ПЛИС. Всего доступно четыре коэффициента усиления, соответствующие четырем пределам измерений напряжения.

С выходов двухканального усилителя сигнал поступает на вход АЦП, частота дискретизации которого задается ПЛИС. С выхода АЦП данные поступают в ПЛИС.

После нормализации, отсчеты АЦП поступают из ПЛИС в контроллер и далее передаются в ПК по интерфейсу Ethernet для последующей обработки.

Внешняя синхронизация LTA11 реализована посредством наличия цепей "SYN" и "START" разъема «ANALOG». Сигналы внешней синхронизации предназначены для формирования сигнала начала периода преобразования АЦП, тем самым формируя частоту дискретизации, и для старта сбора данных по внешнему событию. Программно доступен выбор фронта внешнего сигнала, нарастающий или спадающий по которому производится запуск преобразования или сбора для каждого сигнала отдельно.

Внутренняя синхронизация LTA11 позволяет обеспечивать старт сбора данных по уровню сигнала выбранного измерительного канала. Выбор канала для запуска внутренней синхронизации, а также выбор события запуска (нарастающий или спадающий фронт) осуществляется с помощью программного интерфейса.

Реализованная система внешней и внутренней синхронизации позволяет строить на основе LTA11 гибкие инструменты сбора данных и обеспечивает удобство их последующей программной обработки для целей контроля, измерений, и сбора статистических данных.

1.5 Средства измерения, инструмент и принадлежности

1.5.1 Для проведения всех работ с преобразователем при эксплуатации необходима IBM PC совместимая ЭВМ с объемом оперативной памяти не менее 1 Гб, объемом жесткого диска не менее 10 Гб, интерфейсом Ethernet. На ЭВМ должна быть установлена операционная система семейства Windows или Linux.

1.6 Маркировка и пломбирование

1.6.1 На поверхности печатной платы нанесены обозначение и заводской номер LTA11.

1.6.2 На корпусе разъема «ANALOG» нанесены:

- наименование изделия;
- наименование предприятия-изготовителя;
- год изготовления;
- знак утверждения типа средств измерений;
- единый знак обращения продукции на рынке государств-членов Таможенного союза в соответствии с Решением Комиссии Таможенного союза от 15 июля 2011 года № 711.

1.6.3 При установке LTA11 в шасси LTA-CH-1, на корпусе шасси дублируется информация, указанная в пп. 1.6.1, 1.6.2, а также вблизи разъемов имеются надписи или символы, указывающие их назначение.

1.6.4 Пломбирование LTA11 не предусмотрено.

1.7 Упаковка

1.7.1 Упаковка соответствует ГОСТ 9181-74 и обеспечивает защиту LTA11 от климатических и механических повреждений при транспортировании, погрузочно-разгрузочных работах и хранении.

2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

Соглашение по нумерации.

Во всех изделиях ООО «Л Кард» нумерация всех физических объектов (например, номеров каналов) при описании принципа действия и конструкции всегда производится с единицы! Данное соглашение совершенно не связано со способом кодирования при программировании, где номера этих физических объектов могут быть кодированы с нуля или иным способом, в контексте соответствующей библиотечной функции или языка программирования.

2.1 Эксплуатационные ограничения

2.1.1 Схема подключения входных сигналов к LTA11 и его подключения к ПК должна предусматривать исключение протекания в цепях GND32 – GNDA, GNDA – корпус ПК, GNDA – GND32 – корпус ПК сквозных токов, приводящих к выходу преобразователя и связанного с ним оборудования из строя.

Поскольку LTA11 подключается к ПК посредством интерфейса Ethernet, который является гальванически изолированным, данная проблема для него не настолько актуальна как для устройств с интерфейсом USB. Тем не менее, пользователю рекомендуется очень внимательно отнестись к этому вопросу, поскольку предусмотреть заранее все нюансы конкретного подключения невозможно. Для лучшего понимания вопроса рекомендуется ознакомиться с соответствующей статьёй и связанными с ней материалами на сайте https://www.lcard.ru/lexicon/through_curr.

2.1.2 На измерительные входы LTA11 допускается подавать напряжение, значение которого не превышает пределов измерения.

2.2 Подготовка к использованию и использование

2.2.1 Подготовка к использованию заключается в выдержке LTA11 при температуре применения в течение двух часов, если температура хранения отличалась от температуры применения, и подключении к цепям питания и обмена цифровой информацией и внешним измерительным цепям.

2.2.2 Для подключения к цепям питания и обмена цифровой информацией выполнить следующие действия:

- подключить разъем «DATA IN» инжектора PoE IEEE 802.3at/PoE+ с помощью кабеля Ethernet к сетевой карте ПК;
- подключить разъем LTA11 «ETHERNET 10/100 M PoE» с помощью кабеля Ethernet к разъему «PoE OUT» инжектора PoE IEEE 802.3at/PoE+;
- подключить инжектор PoE IEEE 802.3at/PoE+ к сети питания 220 В 50 Гц.

Наличие питания, установленной связи и готовности к измерениям индицируется свечением светодиодов на разъёме Ethernet и дополнительно дублируется светодиодом на передней панели прибора.

2.2.3 Настроить сетевую карту ПК на работу с LTA11 по его IP-адресу. При первом включении используется IP-адрес заводской настройки – 192.168.0.1, установленный при изготовлении. Изменение текущего IP-адреса осуществляется в соответствии с п. 2.2.5, возвращение к заводским настройкам – в соответствии с п. 2.2.6. Наличие установленной связи с ПК по интерфейсу Ethernet индицируется встроенными в разъем LTA11 «ETHERNET 10/100 M PoE» светодиодными индикаторами Link и Act (см. рисунок 1).

2.2.4 Подключение измерительных входов LTA11 к внешним электрическим цепям осуществляют посредством разъема «ANALOG» (тип DB-37M) в соответствии с обозначением и назначением контактов, указанными в таблице 3. Ответная часть разъема входит в комплект поставки LTA11.

Таблица 3

Номер контакта	Обозначение и назначение контакта	Номер контакта	Обозначение и назначение контакта
1	Вход X16	20	Вход Y16
2	Вход X15	21	Вход Y15
3	Вход X14	22	Вход Y14
4	Вход X13	23	Вход Y13
5	Вход X12	24	Вход Y12
6	Вход X11	25	Вход Y11
7	Вход X10	26	Вход Y10
8	Вход X9	27	Вход Y9
9	Вход X8	28	Вход Y8
10	Вход X7	29	Вход Y7
11	Вход X6	30	Вход Y6
12	Вход X5	31	Вход Y5
13	Вход X4	32	Вход Y4
14	Вход X3	33	Вход Y3
15	Вход X2	34	Вход Y2
16	Вход X1	35	Вход Y1
17	SYN	36	GND32
18	START	37	GNDA
19	GNDA		

Примечания:

1. X1 – X16 – неинвертирующие входы напряжения каналов 1 – 16 для дифференциального и однополярного режимов. Рабочий диапазон напряжения составляет ±10 В. Неиспользуемые входы рекомендуется подключать к контакту GNDA.
2. Y1 – Y16 – инвертирующие входы напряжения каналов 1 – 16 для дифференциального режима. Вход каналов 17 – 32 для однополярного режима. Рабочий диапазон напряжения составляет ±10 В. Неиспользуемые входы Y1 – Y16 рекомендуется подключать к контакту GNDA.
3. SYN – Вход синхронизации запуска преобразования АЦП, при использовании является источником частоты дискретизации. Совместим с выходным логическим уровнем TTL/CMOS элементов с напряжением питания +5 В. Минимальная скорость нарастания и спада сигнала на входе специально не оговаривается, поскольку в его цепи присутствует триггер Шмитта.
4. START – Вход синхронизации запуска процесса сбора данных. Совместим с выходным логическим уровнем TTL/CMOS элементов с напряжением питания +5 В. Минимальная скорость нарастания и спада сигнала на входе специально не оговаривается, поскольку в

его цепи присутствует триггер Шмитта.

5. GNDA – общая цепь аналогового тракта для дифференциального режима.
6. GND32 – общий инвертирующий вход каналов 1 – 32 для однополярного режима. Для всех режимов должен быть подключён к контакту GNDA (в дифференциальном режиме – для увеличения помехозащищённости). Для всех режимов рабочий диапазон напряжений составляет ±10 В.

2.2.5 Изменение IP-адреса LTA11

Изменение IP-адреса осуществляется с помощью программы «LTA11_config». После запуска в окне программы отображается таблица с обнаруженными приборами LTA11, окно программы приведено на рисунке 3.

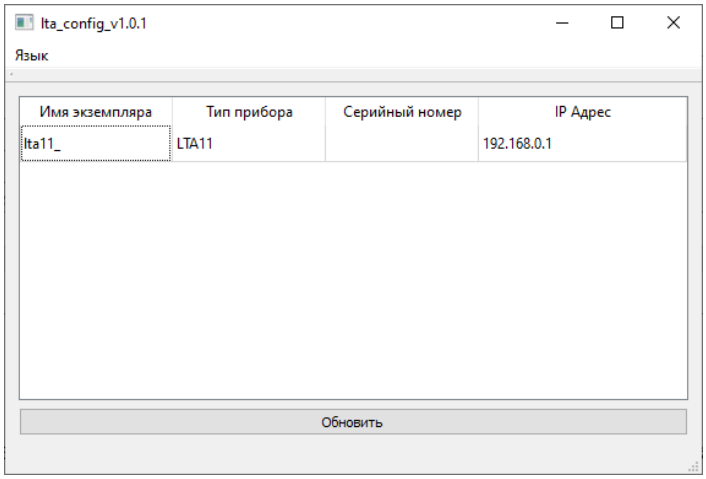


Рисунок 3

Двойным кликом по строке нужного прибора открывается окно изменения настроек интерфейса Ethernet, приведенное на рисунке 4.

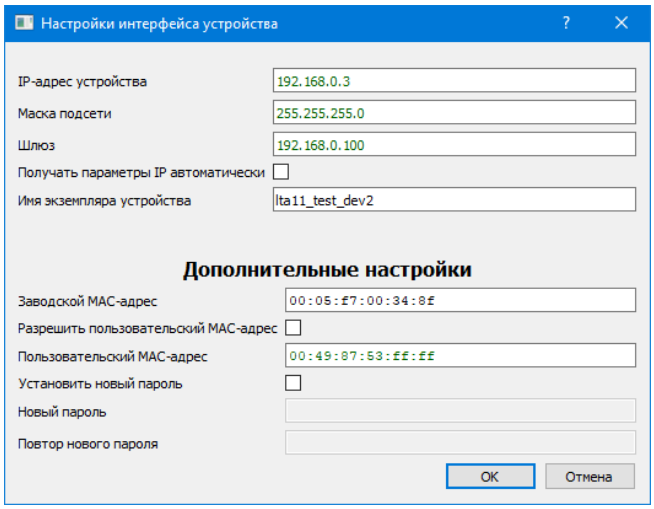


Рисунок 4

Параметры, которые можно изменить в этом окне:

– IP-адрес – используется в случае задания статических адресов в данном сегменте сети;
– автоматическое получение IP-адреса – для этого нужно установить отметку в поле «получать параметры автоматически», данная настройка используется в сегменте сети с DHCP сервером;
– Имя экземпляра устройства – пользователь может задать в этом поле произ-

вольное имя для данного прибора для его дополнительной идентификации;

– Пользовательский MAC-адрес – при необходимости, для исключения конфликтов оборудования внутри сегмента сети, пользователь может установить произвольный MAC-адрес для каждого прибора;
– Пароль – настройки прибора можно защитить от несанкционированного изменения с помощью пароля, для чего устанавливается отметка в поле «Установить новый пароль», в соответствующие поля вводится новый пароль и его повтор.

Для сохранения изменений необходимо нажать кнопку «ОК», при этом будет выведено окно «Сохранение изменений», приведенное на рисунке 5.

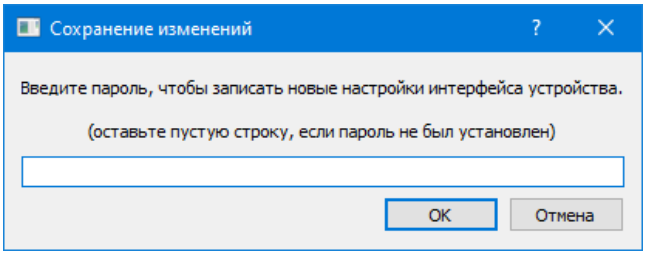


Рисунок 5

Необходимо ввести новый пароль, если пароль не используется, то по умолчанию пароль – пустая строка и ввода пароля не требуется.

2.2.6 Использование кнопки сброса «RESET».

При кратковременном (менее 8 с) нажатии на кнопку происходит перезапуск LTA11, при котором все устройства и конечные автоматы в приборе устанавливаются в начальное состояние, а программа контроллера начинает работу с начального состояния.

При длительном (более 8 с) нажатии на кнопку происходит восстановление заводских настроек и перезапуск LTA11 в режиме «boot loader». Данный режим предназначен для замены программного обеспечения прибора и его обслуживания. При этом IP-адрес устанавливается на исходный – 192.168.0.1, что может потребоваться в случае, если установленный пользователем IP-адрес утерян.

2.3 Принцип работы

2.3.1 Опорная частота

f_{ref} – опорная частота сигнала, от которой происходит синхронизация процессов преобразования АЦП, задаётся с точностью до целого коэффициента деления этой частоты. В LTA11 источник опорной частоты может быть внутренним (30 МГц) или внешним (с максимальной частотой 1 МГц).

2.3.2 Канал АЦП

Канал ввода аналоговых данных – это канал с динамической коммутацией до 32-х входных физических аналоговых каналов прибора LTA11 на вход единственного внутреннего АЦП. Сам процесс коммутации каналов происходит аппаратно, согласно предварительно настроенной управляющей таблице. Этот процесс ввода условно разбит на периодически чередующиеся фазы кадра и межкадровой задержи с предварительно настроенными длительностями этих фаз (межкадровая задержка, в частности, может быть задана нулевой). Длительно-

сти кадра, межкадровой задержки, период следования выходных отсчётов АЦП могут быть настроены (установлены), но они всегда кратны $t_{ref} = 1/f_{ref}$ – периоду опорной частоты синхронизации.

$t_{sw} = n_{sw} / f_{ref}$ – период коммутации каналов АЦП в пределах кадра, равный периоду сбора готовых отсчётов АЦП, где n_{sw} может быть задан целым числом от 1 до 500000.

Предварительно установленное количество отсчётов в кадре и размер управляющей таблицы $n_к$ может быть задан от 1 до 128. В каждой ячейке управляющей таблицы прописывается физический номер канала опроса АЦП. В пределах кадра управляющая таблица будет считана полностью: от 1-ой до $n_к$-ой ячейки и считанная последовательность физических каналов будет использована в аппаратном механизме управления коммутатором каналов.

Номер ячейки управляющей таблицы называется логическим номером канала. Соответственно, логических каналов может быть до 128, а физических – до 32. Это даёт возможность, например, получить различную частоту опроса разных физических каналов в пределах кадра. Таким образом время кадра определяется как: $tk = n_к * t_{sw} = n_к * n_{sw} / f_{ref}$.

При необходимости между периодично следующими кадрами может быть вставлена ненулевая межкадровая задержка t_d длительностью n_d периодов частоты синхронизации: $t_d = n_d * t_{ref} = n_d / f_{ref}$, где n_d может быть задан целым числом от 0 до 500000. Период следования кадров равен сумме длительности кадра и межкадровой задержки: $t_{ch} = t_k + t_d = n_к * n_{sw} / f_{ref} + n_d / f_{ref}$.

Другими словами, период следования кадров t_{ch} равен периоду сбора данных от одного и того же логического канала управляющей таблицы. Во время межкадровой задержки не происходит продвижение выборки управляющих слов, и коммутатор аналоговых каналов всегда устанавливается в соответствии с первой ячейкой управляющей таблицы.

Частота сбора от одного логического канала управляющей таблицы: $f_{ch} = 1/t_{ch} = f_{ref} / (n_к * n_{sw} + n_d)$, где f_{ref} может быть максимально 500 кГц для внутренней синхронизации, $n_к = \{1, 2, \ldots, 128\}$, $n_{sw} = \{1, 2, \ldots, 500000\}$, $n_d = \{0, 1, \ldots, 500000\}$.

Вышеизложенная кадровая структура данных АЦП показана на рисунке 6. Здесь для примера представлен 3-х канальный режим работы АЦП ($n_к = 3$) с ненулевой межкадровой задержкой t_d.

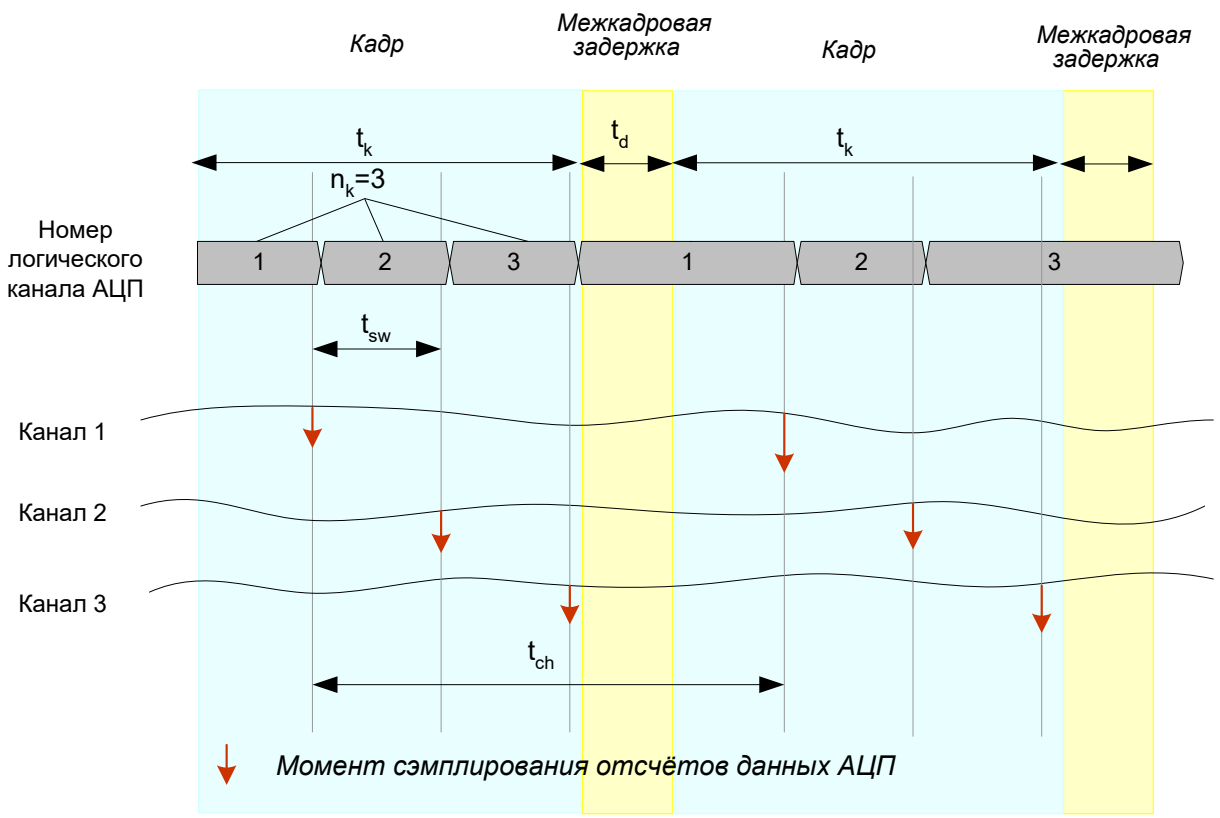


Рисунок 6

2.3.3 Задержки сигналов внешней синхронизации частоты преобразования и старта от входов SYN, START.

Время от фронта сигнала SYN (спадающего или нарастающего) до начала конверсии АЦП формируется задержкой на триггере Шмидта плюс задержкой логики в ПЛИС и составляет 50 нс. Время от фронта сигнала START формируется аналогично и составляет 5,5 мкс.

2.4 Подключение измеряемых сигналов к LTA11

Упрощённые примеры подключения входа АЦП приведены в п. 2.5. Рекомендуется при подключении измерительных сигналов к LTA11 учитывать электрические свойства источников сигналов, проводов (кабелей) и использовать программные настройки LTA11.

2.4.1 Особенности LTA11, которые необходимо учитывать

1. Широкая полоса частот пропускания[1] АЦП в LTA11 (порядка 5 МГц) является большим преимуществом, т.к. такой АЦП способен качественно оцифровать скоростные динамические процессы. Однако, это необходимо учитывать, если:

– источник сигнала имеет неограниченно широкую полосу частот (значительно шире, чем ширина частот полезного сигнала);

– применятся неэкранированное подключение (или сам источник сигнала имеет значительную площадь неэкранированной поверхности), при наличии электромагнитных помех в полосе частот до 5 МГц, которые всегда присутствуют в реальной обстановке, и однопо-

[1] https://www.lcard.ru/lexicon/freq_band

лярной схеме подключения (дифференциальная схема подключения эффективно подавляет синфазную помеху).

2. Высокая частота коммутатора каналов 500 кГц (при настройке на многоканальный режим) в режиме LTA11 «по умолчанию» является большим преимуществом АЦП (в скоростном опросе входов), однако это необходимо учитывать, поскольку от измерительной цепи требуется короткое время установления сигнала (менее 1 мкс после впрыска собственного заряда коммутатора в цепь измерения). Данная особенность фундаментальна для всех АЦП с входным коммутатором и проявляется как коммутационная помеха[1].

2.4.2 Рекомендации по подключению и установке настроек LTA11

– При необходимости использования не более 16-ти каналов АЦП всегда нужно выбирать дифференциальный режим подключения и соответствующие настройки LTA11.

– При дифференциальном подключении цепи X и Y каждого канала всегда прокладываются парно, например, витой парой, экранированной парой.

– Кабель для подключения измеряемых сигналов к LTA11 должен быть экранирован. О подключении экрана см. п. 2.6.

– При дифференциальной схеме подключения при использовании парного кабеля для обеспечения максимального подавления синфазного сигнала на входе LTA11 следует симметрировать выходные сопротивления со стороны удалённого источника по цепям X и Y (пример подключения – п. 2.5.11).

– Цепь GNDA LTA11 должна быть подключена к цепи общего провода источника сигнала (если источников сигналов несколько – к общей точке соединения общих проводов источников сигналов).

– При необходимости настройки LTA11 на многоканальный режим работы сначала следует оптимизировать соотношение сигнал-шум АЦП в одноканальном режиме работы при максимальной частоте сбора данных 500 кГц, при которой в спектре сигнала будут видны все частоты влияющих помех (возможно «зеркальных» частот, если помехи выше 500 кГц). Необходимо найти источники и причины этих помех, устранить или минимизировать их, а затем переходить к многоканальному режиму.

– При использовании «по умолчанию» в многоканальном режиме работы максимальной частоты коммутации (500 кГц) выходное сопротивление[2] сигнальной цепи, подключённой к входу LTA11, должно быть от 0 до 1000 Ом (в полосе частот до 5 МГц), и этот источник напряжения должен быть подсоединён к разъёму LTA11 проводами нулевой длины. Это достигается либо непосредственным подключением выхода самого источника сигнала или подключением его нагрузочного резистора (до 1000 Ом) непосредственно на кабельную часть сигнального разъёма LTA11 (например, подключения согласованной линии или токового шунта внешней цепи измерения тока).

---

[1] Требования к источникам сигналов АЦП с входным динамическим коммутатором каналов в многоканальном режиме. Памятка пользователю. https://www.lcard.ru/download/articles/distortions.pdf

[2] https://www.lcard.ru/lexicon/res_outp

– Не допускается превышение рабочих диапазонов напряжений на входах X, Y, GND32, указанных в п. 2.4.3.

– Однополярный режим работы LTA11 рекомендуется только в случае близко расположенных низкоомных источников сигнала.

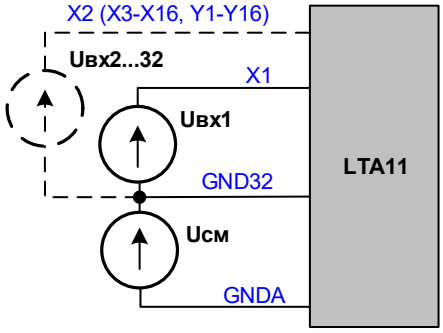
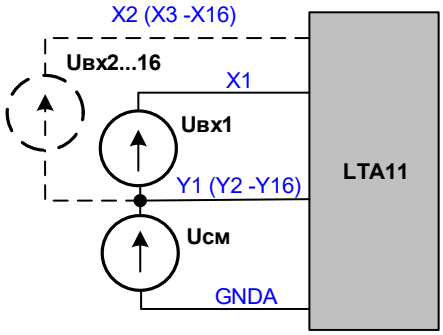
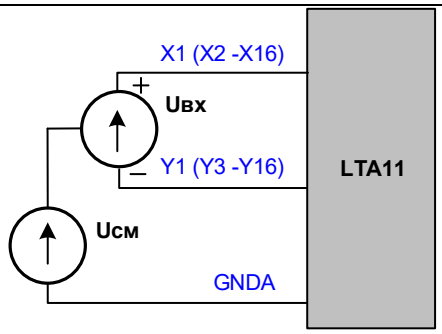
– При однополярной схеме подключения LTA11 цепь GND32 должна находиться в той же группе проводов кабеля (в частности, внутри одного и того же экрана), что и другие цепи X и Y, работающие по однополярной схеме.

– При использовании от 16 до 31 каналов целесообразно комбинировать подключения и настройки LTA11 (дифференциальные и однополярные) для получения большего количества каналов, работающих в дифференциальном режиме. При этом провода X и Y (дифференциальной схемы) и провода X, Y, GND32 (однополярной схемы) должны образовывать разные группы в кабеле в ситуации общей цепи GNDA для этих групп.

– Не допускается прохождение сквозных токов по экранам и общим проводам аналоговых сигнальных цепей.

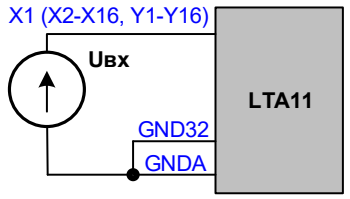
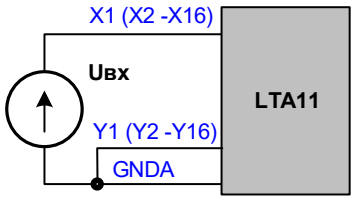
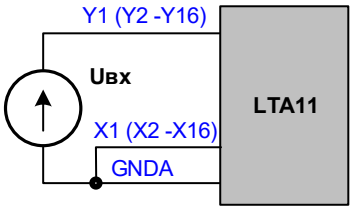
2.4.3 Рабочий диапазон напряжений входа АЦП

На всех поддиапазонах LTA11 имеет ограничение по синфазному напряжению Uсм приложенному к входам X, Y и GND32 по отношению к цепи аналоговой земли GNDA. Примеры ниже демонстрируют приложение такого напряжения.

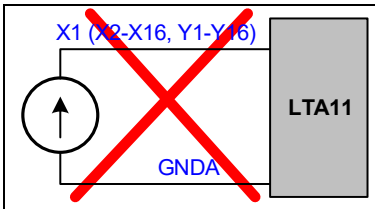
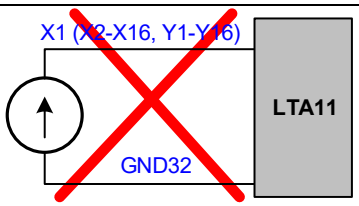
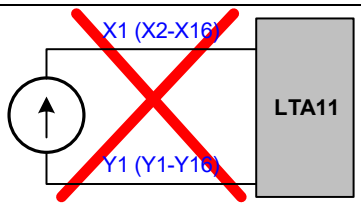
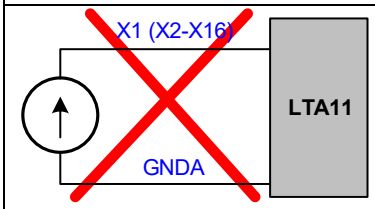
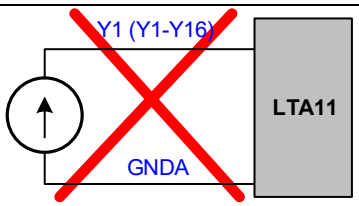
Однополярная схема подключения **Uвх** – Измеряемое напряжение в зависимости от установленного диапазона. **Uсм** – Постоянное или переменное напряжение смещения между GND32 и GNDA в диапазоне не более ± 3 В.	
Однополярная схема подключения со смещением **Uвх** – Измеряемое напряжение в зависимости от установленного диапазона. **Uсм** – Постоянное или переменное напряжение смещения между Y и GNDA в диапазоне не более ± 3 В.	
Дифференциальная схема подключения **Uвх** – Измеряемое напряжение в зависимости от установленного диапазона. **Uсм** – Постоянное или переменное синфазное напряжение (Uxi+Uyi)/2 относительно GNDA в диапазоне не более ± 3 В.	

2.5 Упрощённые примеры подключения сигналов к входу LTA11.

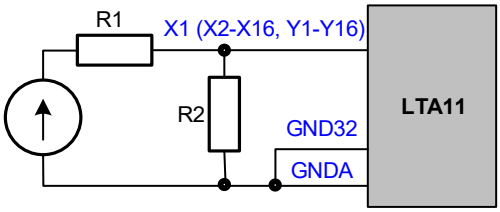
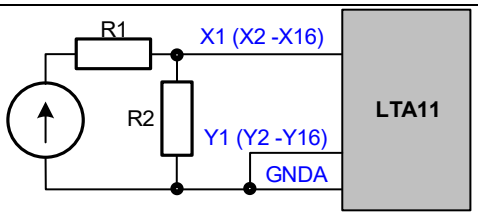
2.5.1 Подключение к входу LTA11 однофазного источника напряжения

Однополярная схема подключения (до 32 каналов)	Дифференциальная схема подключения (до 16 каналов)	
	 Без изменения знака сигнала	 Инверсное подключение сигнала

2.5.2 Неправильные варианты подключения однофазного источника напряжения.

		
		Любое правильное подключение к LTA11 задействует, как минимум, 3 контакта разъёма: X-Y-GNDA для дифференциального подключения и X-GND32-GNDA или Y-GND32-GNDA для однополярного подключения!

2.5.3 Подключения сигнала с делителем напряжения.

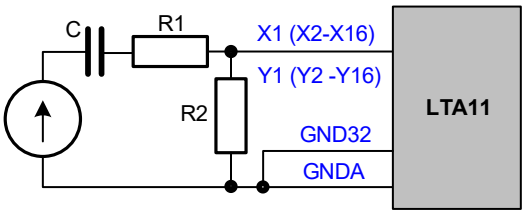
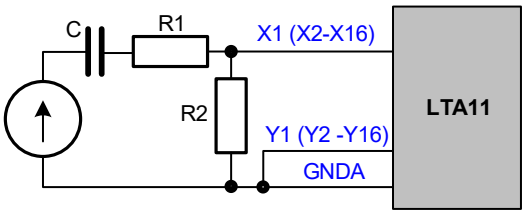
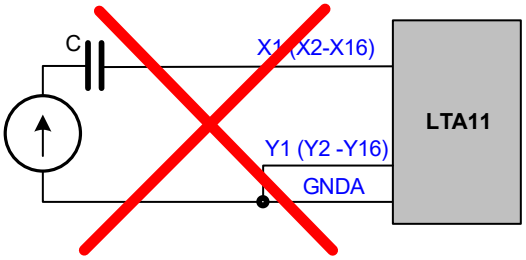
Однополярная схема подключения	Дифференциальная схема подключения
	

Коэффициент передачи (деления) напряжения равен R2/(R1+R2).

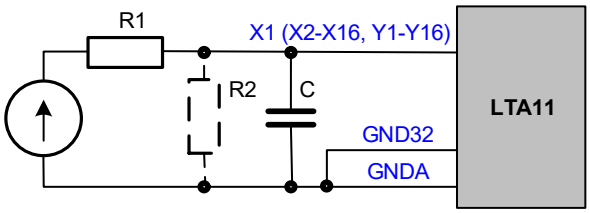
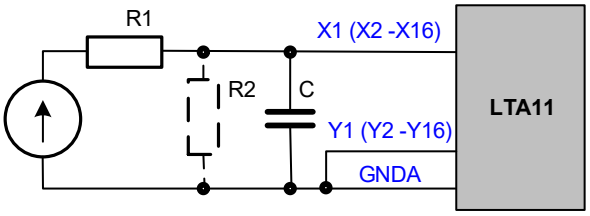
Рекомендуется, чтобы параллельное соединение R1 и R2 было не более 1 кОм.

R2 должен быть расположен близко от входа LTA11.

2.5.4 Подключение к входу LTA11 сигнала с исключением постоянной составляющей, применим для малых переменных сигналов на фоне большого смещения.

Однополярная схема подключения	Дифференциальная схема подключения
	
Неправильная схема подключения	Многоканальный режим возможен только при R1<<R2 и R2<10кОм. R2 должен быть расположен близко от входа LTA11. Коэффициент передачи напряжения в полосе пропускания равен R2/(R1+R2).
	

2.5.5 Подключение к входу LTA11 интегрирующей цепи

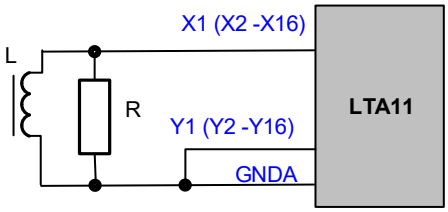
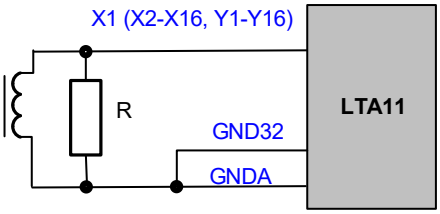
Однополярная схема подключения	Дифференциальная схема подключения
	

Коэффициент передачи напряжения в частотной полосе пропускания равен R2/(R1+R2).

Если используется многоканальный режим, то необходимо чтобы $1/Fadc >> R1*R2*(C+7^{-9}) /(R1+R2)$, или, если R2 отсутствует, то $1/Fadc >> R1*(C+7^{-9})$, где Fadc – частота коммутации АЦП. Так же необходимо, чтобы R2 был не более 1000 Ом, если частота коммутации максимальна.

R2 и C должны быть расположены близко от входа LTA11.

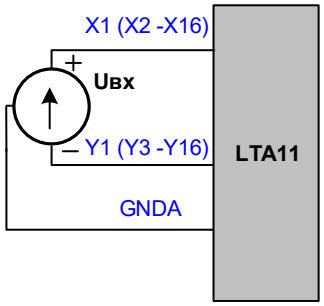
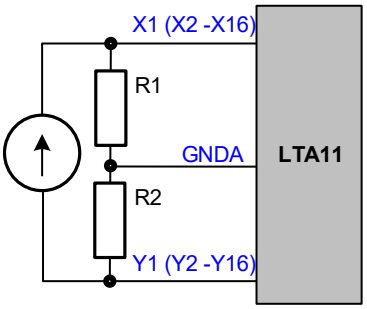
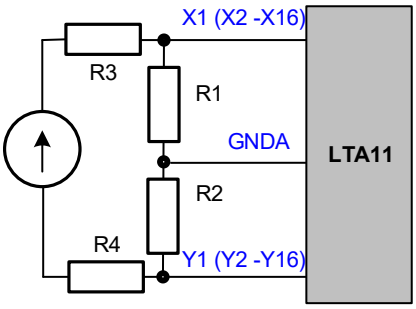
2.5.6 Подключение к входу LTA11 индуктивного датчика

Однополярная схема подключения	Дифференциальная схема подключения
	

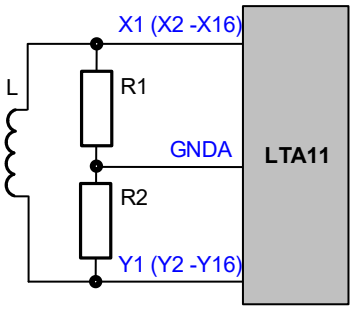
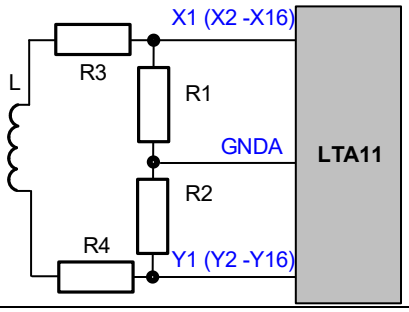
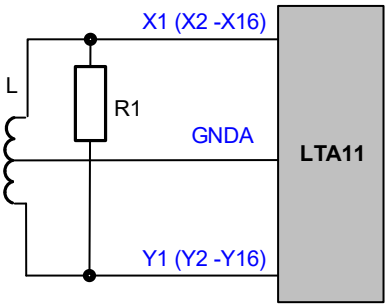
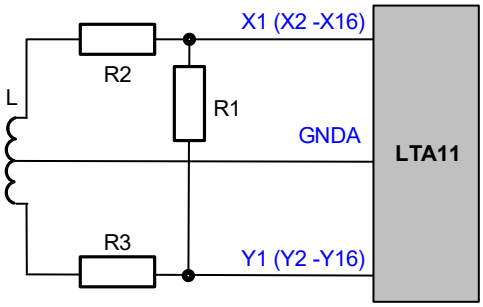
Резистор R выполняет функцию демпфера для подавления колебательного процесса в L-C-контуре, где C – эквивалентная суммарная ёмкость, приложенная параллельно L. Собственную ёмкость входа АЦП оценочно принимают за 25 пФ.

Резистор R должен быть расположен близко от входа LTA11.

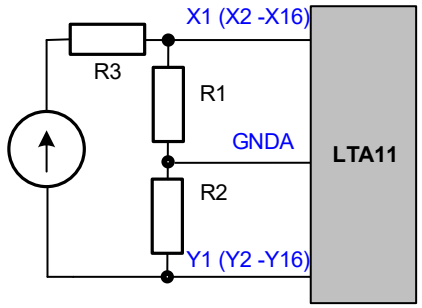
2.5.7 Подключение к входу до 16-ти дифференциальных источников напряжения

Общий случай	Дифференциальное подключение изолированного источника напряжения	Дифференциальное подключение изолированного источника напряжения с делителем
		
	Необходимо соблюдение условия: (R1 = R2) ≤ 1 кОм, если частота коммутации максимальна. R1 и R2 должны быть расположены близко от входа LTA11.	Необходимо соблюдение условия: (R1 = R2) ≤ 1 кОм, если частота коммутации максимальна, R3 = R4. R1, R2 должны быть расположены близко от входа LTA11. Коэффициент передачи по напряжению равен (R1+R2)/(R1+R2+R3+R4).

2.5.8 Дифференциальное подключение индуктивного датчика.

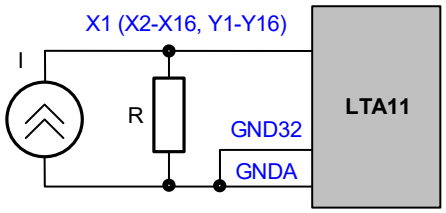
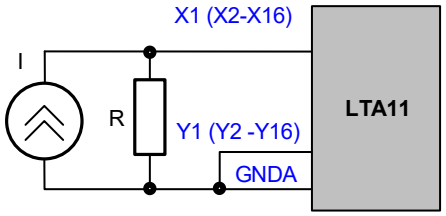
Дифференциальное подключение изолированного индуктивного датчика	Дифференциальное подключение изолированного индуктивного датчика с делителем
	
Дифференциальное подключение обмотки со средней точкой	Дифференциальное подключение обмотки со средней точкой с делителем
	

2.5.9 Измерение падения напряжения на участке цепи в дифференциальном режиме.



Данное подключение позволяет измерить падение напряжения на резисторе R1. Для одноканального режима R1, R2, R3 могут являться также и импедансами ёмкостного или индуктивного характера, но с тем условием, чтобы по постоянному току цепи X и Y не были разорваны. В многоканальном режиме эквивалентный импеданс, отнесённый к входу АЦП, должен быть активным. Необходимо, чтобы R1 был не более 1 кОм, если частота коммутации максимальна.

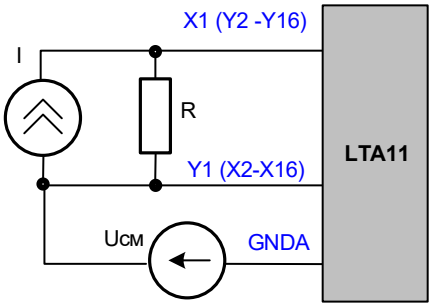
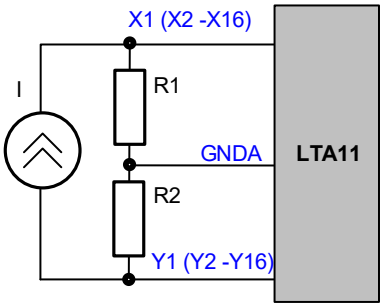
2.5.10 Подключение к входу LTA11 источника тока.

Однополярная схема подключения	Дифференциальная схема подключения
	

Установленный поддиапазон измерения АЦП ±U должен соответствовать $U = I_{MAX} \cdot R$, при этом источник тока должен иметь запас по напряжению не менее, чем U.

Резистор R всегда необходимо располагать близко от входа АЦП.

В любом случае, резистор R должен быть менее 1 кОм в многоканальном режиме на максимальной частоте коммутации.

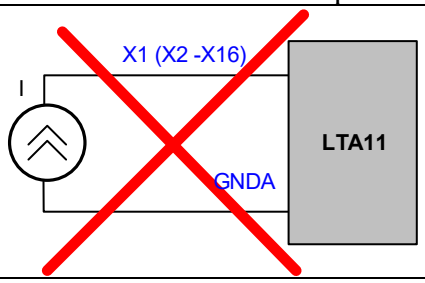
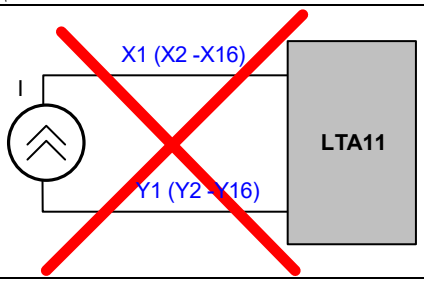
Дифференциальная схема подключения, смещённый потенциал источника тока относительно GNDA	Дифференциальная схема подключения, изолированный источник тока
	

Установленный поддиапазон измерения АЦП ±U должен соответствовать $U = I_{MAX} \cdot R$, при этом источник тока должен иметь запас по напряжению не менее, чем U.

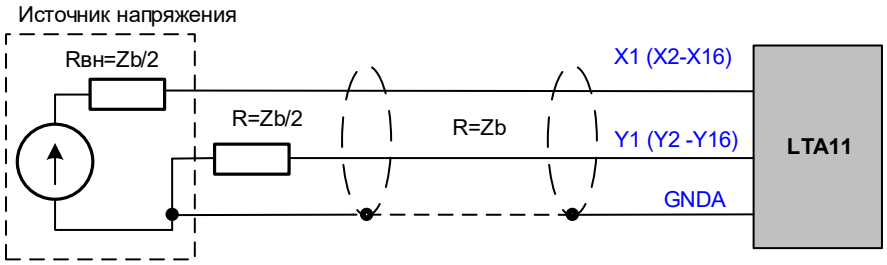
Резистор R всегда необходимо располагать близко от входа АЦП.

Резисторы R, R1, R2 должны быть более 1 кОм в многоканальном режиме на максимальной частоте коммутации.

|Uсм| ≤ 3 В.

Неправильные варианты подключения	
	

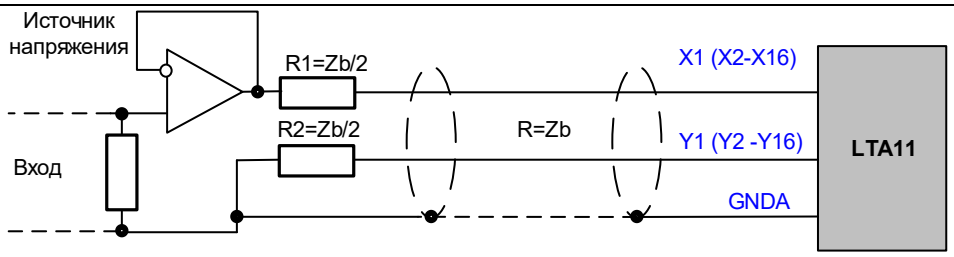
2.5.11 Согласованное подключение удалённого источника напряжения через парную длинную линию с волновым сопротивлением Zв с согласованием на стороне источника



Rвн – внутреннее (выходное) сопротивление источника сигнала.

R – симметрирующий резистор на стороне источника сигнала.

Кабель должен быть парным (экранированные витые пары) с волновым сопротивлением проводных пар Zв.



Здесь показан практический случай, когда в качестве удалённого источника напряжения выступает широкополосный операционный усилитель (обеспечивающий низкоомный выход напряжения в полосе частот до 10 МГц).

Для специалистов, знакомых с аналоговой схемотехникой детально о подобных способах подключения объяснено в статье[1].

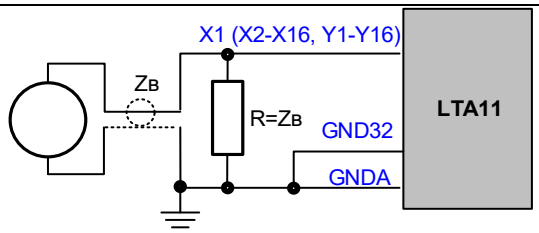
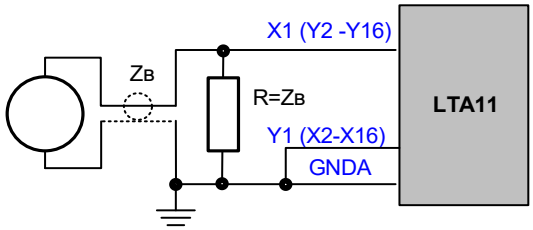
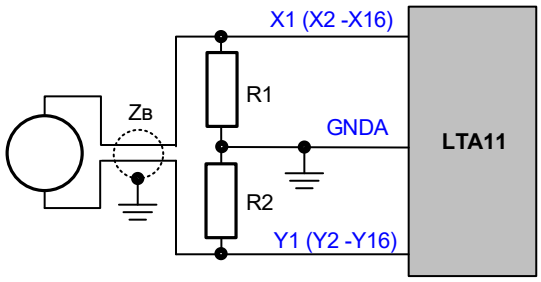
2.6 Подключение экрана кабеля

При использовании экранированного кабеля для подключения к LTA11 измеряемых сигналов существует несколько схем подключения экрана кабеля. В целом они могут быть разделены на две независимые группы, в зависимости от стратегии:

– экранирование сигнала от внешних электромагнитных помех относительно цепи GNDA, в этом случае экран кабеля подключается к общей цепи аналогового тракта и остаётся

[1] Буфер аналоговый активный для согласования с динамическим коммутатором входа АЦП https://www.lcard.ru/lexicon/adc_analog_buffer

гальванически отделённым от шасси, в которое установлен прибор LTA11. Примеры такого подключения экрана представлены ниже.

<u>Для однополярной схемы подключения</u> Подключение экрана от источника как напряжения, так и тока. В обоих случаях рекомендуется равенство импеданса экранированной линии сопротивлению согласующего резистора R.	
<u>Для дифференциальной схемы подключения</u> Подключение экрана от однополярного источника в дифференциальном режиме. Источник может быть, как напряжения, так и тока.	
<u>Для дифференциальной схемы подключения</u> Подключение экрана от дифференциального источника сигнала в дифференциальном режиме. Источник может быть, как напряжения, так и тока.	

– экранирование сигнала от внешних электромагнитных помех относительно корпуса шасси, в которое установлен прибор LTA11, в этом случае экран кабеля подключается к металлическому кожуху ответной части разъёма DB37F и не будет иметь гальванической связи с аналоговым трактом прибора. При этом будет создан непрерывный кожух из металлического шасси, в которое установлен прибор, экрана кабеля и корпуса источника измеряемого сигнала. Такой подход может быть правомерным при получении сигнала от датчика, находящегося внутри металлической оболочки, но с этой оболочкой гальванически не связанным.

Выбор стратегии экранирования линии подключения сигнала в каждом случае выбирается пользователем исходя из конкретных условий измерений.

3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ИЗДЕЛИЯ

3.1 Общие указания

3.1.1 Техническое обслуживание LTA11 сводится к соблюдению правил эксплуатации, хранения и транспортирования, изложенных в данном руководстве по эксплуатации, и периодической поверке LTA11.

3.2 Меры безопасности

3.2.1 По защите от поражения электрическим током LTA11 соответствуют классу 0 по ГОСТ 12.2.007.0-75.

3.2.2 По общим требованиям безопасности LTA11 соответствуют ГОСТ IEC 61010-1-2014.

3.2.3 При проведении технического обслуживания должны быть соблюдены требования безопасности, установленные ГОСТ 12.3.019-80, «Правилами техники безопасности, при эксплуатации электроустановок потребителей», «Межотраслевыми правилами по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок». Должны быть соблюдены также требования безопасности, изложенные в эксплуатационных документах на применяемые средства измерений.

3.2.4 Средства измерения, которые подлежат заземлению, должны быть надежно заземлены. Подсоединение зажимов защитного заземления к контуру заземления должно производиться ранее других соединений, а отсоединение – после всех отсоединений.

4 ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

4.1 Хранение

LTA11 должны храниться при температуре от 0 до плюс 40 °С и относительной влажности воздуха не более 80 % при температуре 35 °С.

В помещениях для хранения содержание пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию, не должно превышать содержания коррозионноактивных агентов для атмосферы типа I по ГОСТ 15150-69.

4.2 Транспортирование

Транспортирование LTA11 должно производиться в закрытых транспортных средствах любого вида при температуре окружающей среды от минус 25 до плюс 55 °С и относительной влажности воздуха не более 95 % при температуре 25 °С.

По прочности при транспортировании в части воздействия механических факторов преобразователь соответствует ГОСТ 22261-94, группа 3.

Во время погрузочно-разгрузочных работ и транспортирования преобразователи не должны подвергаться резким ударам и воздействиям атмосферных осадков.

Транспортирование должно производиться в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на конкретном виде транспорта.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изм	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в документе	Номер документа	Входящий номер сопроводительного документа	Подпись	Дата
	Измен.	Замен.	Новых	Изъятых					

Подпись и дата
Инв.№ дубл.
Взам.инв.№
Подпись и дата
Инв.№ подл.