

Библиотека пользовательского интерфейса
модуля LTR114

Крейтовая система LTR

Руководство программиста

Автор руководства:

Борисов А.В.

ЗАО "Л-КАРД"

117105, г. Москва, Варшавское ш., д. 5, корп. 4, стр. 2

тел.: (495) 785-95-25

факс: (495) 785-95-14

Адреса в Интернет:

<http://www.lcard.ru/>

<ftp://ftp.lcard.ru/pub>

E-Mail:

Отдел продаж: <mailto:sale@lcard.ru>

Техническая поддержка: <mailto:support@lcard.ru>

Отдел кадров: <mailto:job@lcard.ru>

Общие вопросы: <mailto:lcard@lcard.ru>

Представители в регионах:

Украина: HOLIT Data Systems, <http://www.holit.com.ua/>, (044) 241-6754

Санкт-Петербург: Autex Spb Ltd., <http://www.autex.spb.ru/>, (812) 567-7202

Новосибирск: Сектор-Т, <http://www.sector-t.ru/>, (383-2) 396-592

Екатеринбург: Аск, <http://www.ask.ru/>, 71-4444

Казань: ООО 'Шатл', <mailto:shuttle@kai.ru>, (8432) 38-1600

История ревизий настоящего документа.

Ревизия	Дата	Примечания по внесенным изменениям
1.0.0	27.05.2009	Первая доступная для пользователя ревизия
1.0.1	11.08.2009	Добавлено описание использования режима многомодульной синхронизации и режима тестирования входных линий, внесены общие изменения
1.0.2	26.08.2009	Изменено название структуры LCHANNEL на LTR114_LCHANNEL. Добавлена информация о работе с модулем в программе UTS
1.03	18.02.2010	Добавлена глава о версиях библиотеки с описанием изменений. Внесены изменения в описание, связанные с изменениями в версии 1.5

На CD-ROM, входящий в комплект поставки, всегда записывается последняя ревизия данного документа. Кроме того, последнюю ревизию Вы сможете найти в разделе [библиотека файлов](#) на нашем сайте.

L-Card оставляет за собой право обновлять документацию без уведомления пользователей об изменениях.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	О чем этот документ.	5
2.	Использование библиотеки ltr114api.dll.	6
3.	Общий подход к работе с интерфейсными функциями библиотеки ltr114api.dll.	7
3.1.	Общий алгоритм работы с модулем.	7
3.2.	Настройка режима сбора данных АЦП.	7
3.3.	Режимы работы модуля. Автокалибровка	9
3.4.	Сбор и обработка данных	10
3.5.	Измерение сопротивлений при знакопеременном токе.	11
3.6.	Использование термометра	11
3.7.	Использование режима межмодульной синхронизации	12
3.8.	Тестирование входных линий модуля	12
4.	Описание функций, типов и констант библиотеки ltr114api.dll.	13
4.1.	Константы	13
4.2.	Типы данных	15
4.2.1.	Тип TLTR114	15
4.2.2.	Тип LTR114_LCHANNEL	19
4.2.3.	Тип TINFO_LTR114	20
4.3.	Функции	21
4.3.1.	Функции инициализации работы с модулем.	21
4.3.1.1.	Инициализация полей структуры	21
4.3.1.2.	Установление соединения с модулем	22
4.3.1.3.	Разрыв соединения с модулем	22
4.3.2.	Функции настройки и автокалибровки модуля	23
4.3.2.1.	Чтение информации о модуле	23
4.3.2.2.	Создание описателя логического канала	24
4.3.2.3.	Запись настроек АЦП модуля	24
4.3.2.4.	Начальная автокалибровка модуля	25
4.3.3.	Функции сбора и обработки данных	25
4.3.3.1.	Запуск сбора данных модулем	25
4.3.3.2.	Останов АЦП	26
4.3.3.3.	Прием данных от модуля	26
4.3.3.4.	Обработка принятых данных от модуля	27
4.3.3.5.	Обработка принятых данных от модуля без температуры	29
4.3.3.6.	Сбор одного кадра данных	29
4.3.4.	Функции, используемые в дополнительных режимах работы LTR114	30
4.3.4.1.	Тестирование входных линий	30
4.3.4.2.	Режим измерения ИОН внешним вольтметром	31
4.3.5.	Функции вспомогательного характера	31
4.3.5.1.	Текстовое сообщение об ошибке	31
4.3.5.2.	Версия библиотеки	32
4.3.6.	Вспомогательные макросы	32
4.3.6.1.	Определение частоты дискретизации АЦП по описателю модуля	32
4.3.6.2.	Определение частоты дискретизации логического канала по описателю модуля	32
5.	Версии библиотекиОшибка! Закладка не определена.	
6.	Пример работы с модулем	34
7.	Проверка работы модуля в UTS	39

1. О чем этот документ.

Настоящий документ – руководство программиста. Здесь рассматривается общая идеология построения программного обеспечения для работы с модулем **LTR114** и достаточно подробно описывается интерфейс dll-библиотеки *ltr114api.dll*.

В настоящем документе не рассматриваются какие-либо вопросы, касающиеся подключения сигналов, параметров и принципов функционирования аппаратной части. Эти вопросы затронуты в документе *Крейтовая система LTR. Руководство пользователя*. Кроме того, этот документ не содержит описания библиотек для работы с модулями другого типа и крейта в целом, которые вынесены в отдельные *документы*.

2. Использование библиотеки `ltr114api.dll`.

Целью штатной dll-библиотеки `ltr114api.dll`, поставляемой с модулем `LTR114`, является предоставление достаточно наглядного и удобного программного интерфейса для работы с данным устройством. Библиотека содержит в себе определенный набор функций, с помощью которых можно реализовывать различные алгоритмы ввода/вывода данных в/из модуля.

Для получения возможности вызова интерфейсных функций библиотеки `ltr114api.dll` из вашего приложения необходимо следующее:

- создать проект в какой-либо из сред разработки;
- поместить в папку проекта или в папку, описанную в переменной окружения **PATH** (например, `Windows/system32`), файлы `ltr114api.dll`.
- добавить в проект информацию о способе вызова интерфейсных функций dll-библиотеки и используемых типах данных. В различных средах разработки последовательность действий и приложенные усилия могут несколько отличаться:

Borland C++/Borland C++ Builder :

- Подключить к проекту файлы `LTR\LIB\BORLAND\ltr114api.lib, LTR\INCLUDE\ltr114api.h`.

Microsoft Visual C++ :

- Подключить к проекту файлы `LTR\LIB\MSVC\ltr114api.lib, LTR\INCLUDE\ltr114api.h`.

Другие среды разработки:

- Следует обратиться к соответствующей документации на средство разработки.

- создать и добавить в проект файл, который будет содержать исходный текст будущей программы;
- после этого можно писать свою программу, вызывая соответствующие интерфейсные функции dll-библиотеки.

3. Общий подход к работе с интерфейсными функциями библиотеки `ltr114api.dll`.

3.1. Общий алгоритм работы с модулем.

Для взаимодействия с модулем **LTR114** необходимо выполнить следующие действия:

- Создать экземпляр структуры `TLTR114`, представляющий собой описатель модуля, и проинициализировать его, вызвав функцию `LTR114_Init()`. Описатель модуля содержит всю информацию о модуле и используется при вызове всех остальных функций.
- Установить соединение с интересующим вас модулем, вызвав функцию `LTR114_Open()`.
- Считать данные модуля, вызвав функцию `LTR114_GetConfig()`.
- Задать параметры сбора данных и передать их модулю, вызвав функцию `LTR114_SetADC()`.
- Провести однократную начальную автокалибровку модуля, вызвав функцию `LTR114_Calibrate()`.
- Запустить сбор данных АЦП, вызвав функцию `LTR114_Start()`.
- Периодически принимать данные АЦП с помощью функции `LTR114_Recv()`.
- Произвести обработку принятых данных, вызвав функцию `LTR114_ProcessData()` или `LTR114_ProcessDataTherm()` с нужными параметрами, передав ей данные, принятые с помощью `LTR114_Recv()`.
- Остановить сбор данных АЦП, вызвав функцию `LTR114_Stop()`.
- Разорвать соединение с модулем, вызвав функцию `LTR114_Close()`.

Примечание: при необходимости осуществить сбор только одного кадра можно воспользоваться функцией `LTR114_GetFrame()` вместо вызовов `LTR114_Start()`, `LTR114_Recv()` и `LTR114_Stop()`.

3.2. Настройка режима сбора данных АЦП.

Для настройки требуемого режима сбора данных, необходимо заполнить поля созданного и проинициализированного ранее экземпляра структуры `TLTR114`, а затем вызвать функцию `LTR114_SetADC()` для того, чтобы передать эти параметры модулю.

На этом этапе вы можете настроить режим синхронизации модуля (поле `SyncMode` описателя модуля), частоту дискретизации АЦП (`FreqDivider`), порядок и номера опрашиваемых физических каналов, диапазоны и режимы измерения для каналов (задается таблицей логических каналов, см. ниже). Описание значений, которые могут принимать поля, см. в описании полей структуры `TLTR114`.

Для управления входным трактом АЦП используются логические каналы. Один логический канал определяет номер физического канала (вход модуля), диапазон и режим измерения. Для обеспечения возможности сбора данных с нескольких каналов введена таблица логических каналов (`LChTbl`). Количество логических каналов определяется с помощью поля `LChQnt` и не может превышать значение `LTR114_MAX_LCHANNEL`. Таблица управления логическими каналами АЦП задает циклическую последовательность работы АЦП при вводе данных. Таблица логических каналов представляет собой массив, каждый элемент которого – *описатель логического канала* - задает режим сбора данных логического канала с номером, соответствующим индексу массива (`LChTbl[0]` – 1 канал, `LChTbl[1]` – 2 канал и т.д.). Описатель логического канала представляет собой структуру типа `LTR114_LCHANNEL`. Для создания описателя логического можно использовать так же функцию `LTR114_CreateLChannel()`.

Сбор данных производится последовательно по логическим каналам с частотой, равной частоте дискретизации АЦП (определяется полем `FreqDivider` описателя модуля), начиная с первого логического канала (`LChTbl[0]`) и заканчивая каналом с номером `LChQnt` (`LChTbl[LChQnt-1]`). Эта последовательность отсчетов называется кадром. Если значение межкадровой задержки (поле `Interval`) больше нуля и равно `N`, то сбор следующего кадра начнется не сразу после сбора данных для

последнего канала предыдущего кадра, а через N отсчетов. Эти N отсчетов могут быть использованы для измерения модулем внутренних параметров в режиме постоянной автокалибровки (см. раздел [Режимы работы модуля](#)).

Примечание: Иногда может быть необходимо использовать межкадровую задержку без режима постоянной автокалибровки. Если при этом переключение входных коммутаторов во время межкадровой задержки нежелательно, то необходимо установить флаг `LTR114_STOP_SW` в поле `SpecialFeatures` описателя модуля.

Внимание!: Далее в документе при описании приема данных с модуля под размером кадра понимается размер данных, передаваемых модулем за период от начала одного кадра до начала другого (за весь цикл сбора). То есть он равен размеру данных, содержащих отсчеты как логических каналов, так и отсчеты, сделанные во время межкадровой задержки, а так же размер данных, содержащих показания термометра (если данная функция включена).

Временная диаграмма сбора данных АЦП для случая $LChQnt = 3$, $Interval = 2$ условно изображена на рис. 1. Стрелкой с надписью LC_i обозначены моменты сбора данных для i -го логического канала, а стрелкой с I – сбор модулем данных во время межкадровой задержки (в межкадровый интервал).

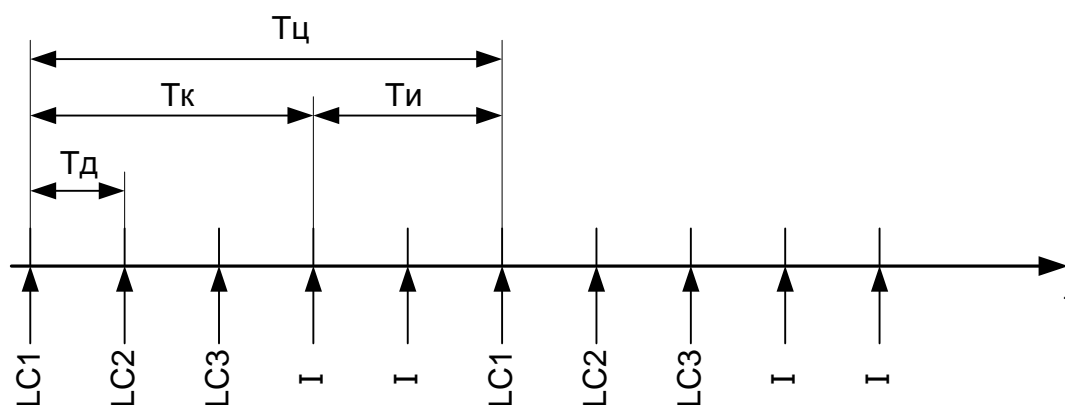


Рис 1. Условная временная диаграмма сбора данных модулем

$T_d = 1/f_d$ – период дискретизации АЦП

f_d – частота дискретизации АЦП. Задается с помощью поля `FreqDivider` структуры [TLTR114](#).
 $f_d = LTR114_CLOCK / (LTR114_ADC_DIVIDER * FreqDivider)$. Для того чтобы узнать частоту дискретизации в герцах по описателю модуля можно использовать макрос [LTR114_FREQ](#).

$T_k = LChQnt * T_d$ – время сбора кадра

$T_i = Interval * T_d$ – время межкадровой задержки

$T_c = T_k + T_i$ – время цикла сбора

$F_c = 1/T_c$ – частота сбора (дискретизации) для каждого логического канала.

Таким образом, частота дискретизации для каждого логического канала в $(LChQnt + Interval)$ раз меньше частоты дискретизации АЦП. Эту частоту можно так же получить по описателю модуля, используя макрос [LTR114_FREQ_CHANNEL](#).

3.3. Режимы работы модуля. Автокалибровка

Отличительной особенностью модуля LTR114 является возможность автокалибровки. В отличие от многих других модулей АЦП, для которых значения смещения нуля и масштабного коэффициента шкалы для каждого диапазона хранятся во внутренней памяти модуля, модуль LTR114 вычисляет эти коэффициенты во время работы в процессе автокалибровки. Для этого модуль производит измерение внутреннего источника опорного напряжения (ИОН) и производит сверку показаний АЦП с точными значениями ИОН, хранящимися в энергонезависимой памяти контроллера (передаются в ПК при вызове [LTR114_GetConfig\(\)](#)). На основе этих измерений в ПК производится вычисление смещения нуля и масштабного коэффициента для каждого диапазона.

Это позволяет учесть влияние внешних условий на параметры аналогового тракта модуля.

Вы можете использовать модуль в одном из следующих режимов:

- **Режим с однократной автокалибровкой при старте сбора данных (начальная автокалибровка)** – модуль вычисляет коэффициенты перед запуском сбора данных и использует их в дальнейшем при сборе. Во время сбора данных эти значения не меняются. Для проведения начальной автокалибровки необходимо вызвать функцию [LTR114_Calibrate\(\)](#). Начальную автокалибровку модуля необходимо проводить *после настройки параметров модуля* (после вызова [LTR114_SetADC\(\)](#)) и *только в режиме ожидания* модуля (до вызова [LTR114_Start\(\)](#)). Так как для калибровки нужны данные о модуле, функция [LTR114_GetConfig\(\)](#) так же должна уже быть вызвана. Если с момента открытия модуля до первого запуска сбора данных начальная автокалибровка не была проведена, то начальная автокалибровка будет проведена при вызове [LTR114_Start\(\)](#) (если не установлен бит LTR114_FEATURES_CBR_DIS в поле SpecialFeatures). Для применения рассчитанных коэффициентов во время обработки данных в качестве параметра `correction_mode` функции [LTR114_ProcessData\(\)](#) или [LTR114_ProcessDataTherm\(\)](#) передается значение LTR114_CORRECTION_MODE_INIT.
- **Режим постоянной автокалибровки** – в этом режиме модуль во время сбора данных так же измеряет свои внутренние параметры и производит динамический пересчет коэффициентов. Для использования данного режима *необходимо при конфигурации модуля установить значение межкадровой задержки больше нуля* (поле *Interval* описателя модуля). Перед запуском модуля необходимо провести начальную автокалибровку, вызвав функцию [LTR114_Calibrate\(\)](#), как описано выше. При обработке данных для применения и пересчета коэффициентов в качестве параметра `correction_mode` функции [LTR114_ProcessData\(\)](#) или [LTR114_ProcessDataTherm\(\)](#) передается значение LTR114_CORRECTION_MODE_AUTO.
- **Режим без калибровки** – в этом режиме к данным вообще не применяются калибровочные коэффициенты. Режим может использоваться для получения кода АЦП без применения к нему каких-либо операций. Для этого режима этап калибровки модуля не требуется. Для того, чтобы при запуске сбора данных не была проведена начальная автокалибровка, необходимо установить бит LTR114_FEATURES_CBR_DIS в поле SpecialFeatures описателя модуля. Во время обработки данных в качестве параметра `correction_mode` функции [LTR114_ProcessData\(\)](#) или [LTR114_ProcessDataTherm\(\)](#) передается значение LTR114_CORRECTION_MODE_NONE. Как правило данный режим не применяется. Для точных измерений рекомендуется использовать один из предыдущих двух режимов.

3.4. Сбор и обработка данных

После того, как был установлен канал связи с модулем (*LTR114_Open()*), была получена информация о модуле (*LTR114_GetConfig()*), произведена настройка модуля (*LTR114_SetADC()*) и начальная автокалибровка (*LTR114_Calibrate()*), модуль может быть запущен для сбора данных. При вызове функции *LTR114_Start()* модуль переходит из режима ожидания в режим сбора данных.

В режиме сбора данных модуль не отвечает на какие-либо посылаемые ему команды. Для изменения настроек модуля необходимо перевести модуль в режим ожидания, вызвав функцию *LTR114_Stop()*, выполнить нужные настройки, а затем, при необходимости, снова перевести модуль в режим сбора данных.

В этом режиме модуль производит непрерывный сбор данных в соответствии с параметрами, переданными ему на этапе настройки модуля (см. раздел *настройка режима сбора данных*). Данные передаются модулем LTRServer'у в специальном формате. Для получения данных, переданных модулем, необходимо своевременно вызывать функцию *LTR114_Recv()*. Каждому измерению соответствуют два слова данных переданных модулем (типа DWORD). Таким образом, за один цикл модуль передает $2 * (LChQnt + Interval)$ слов данных. Если включена опция сбора данных с термометра, то в дополнение к этому за каждый цикл будет передано еще одно слово, содержащее закодированные данные с термометра. Для удобства, размер данных (в словах), передаваемый модулем за один цикл сбора, сохраняется в поле `FrameLength` описателя модуля после успешного завершения вызова *LTR114_SetADC()*. Этот параметр удобно использовать как множитель для указания размера принимаемых данных при вызове *LTR114_Recv()*.

Для проверки целостности принятых данных, их дешифрации, применения вычисленных коэффициентов и перевода в физические величины необходимо вызвать функцию *LTR114_ProcessData()*, передав ей данные, принятые *LTR114_Recv()*. Если включена опция сбора данных с *термометра*, то вместо *LTR114_ProcessData()* следует вызывать функцию *LTR114_ProcessDataTherm()*, которая производит разделение данных от АЦП и термометра по разным выходным массивам (в случае вызова функции *LTR114_ProcessData()* при включенной опции сбора данных с термометра, данные о температуре будут отброшены). Назначения параметров, передаваемых функциям, см. в описании соответствующих функций.

Полученные на выходе функции обработки данные от АЦП (измерения сопротивлений или напряжений) сохраняются в выходном массиве покадрово в порядке, определенном логическими каналами в таблице. То есть обработанные данные от логического канала n (для первого логического канала $n=0$) будут сохранены в элементах выходного массива с индексами n , $n + LChQnt$, $n + 2 * LChQnt$ и т.д. Например, если используются три логических канала, то в выходном массиве будут сохранены данные в порядке: 012012012...

Внимание! Исключением из вышеописанного правила является случай, когда используется *режим измерения сопротивления при знакопеременном токе* для какого-либо канала.

Если в кадре обнаружена ошибка для какого-либо отсчета, либо произойдет сбой в порядке следования данных из-за потери какого-либо слова данных, то весь кадр будет отброшен, что сохранит указанный выше порядок результатов. При этом функция вернет ошибку, код которой соответствует причине потери кадра. В случае, если переданный массив данных начинается не с первого логического канала, то отсчеты до первого канала будут отброшены и функция вернет ошибку `LTR114_ERR_ADCDATA_CNUM`, но остальные данные будут обработаны корректно. В случае если последний кадр содержится во входном массиве не полностью, то он будет отброшен. Например, если были приняты данные в порядке 2012020120, то полученный в результате обработки массив будет содержать два кадра (выделенные).

Для передачи целого числа кадров в качестве размера принимаемых функцией *LTR114_Recv()* данных рекомендуется использовать $N * FrameLength$, где N – количество принимаемых кадров.

3.5. Измерение сопротивлений при знакопеременном токе.

Измерение сопротивления может производиться как при положительном, так и при отрицательном значении тока. Это сделано для того, чтобы обеспечить возможность повысить точность за счет компенсации термо-ЭДС цепи (подробнее см. в документе [Крейтовая система LTR. Руководство пользователя](#)). Однако для этого режима нужно использовать два логических канала, то есть измерение требует в два раза больше времени.

Для того чтобы использовать данный режим, необходимо задать два логических канала с одинаковым номером физического канала и диапазоном, но для одного задать режим измерения сопротивления с положительным током (`LTR114_SWMODE_R`), а для другого – с отрицательным (`LTR114_SWMODE_NR`). Конечным результатом является среднее арифметическое результатов измерения для двух данных каналов.

Для автоматического вычисления результирующего значения сопротивления можно при вызове функции обработки данных передать флаг `LTR114_PROCF_AVGR`. В этом случае функция обработки данных вернет в результирующем массиве не по одному отсчету для каждого канала, а один отсчет с усредненным значением. Усреднение проводится только для подряд идущих каналов с одинаковыми параметрами, но разным направлением тока (порядок не важен). Таким образом, в данном режиме меняется порядок выходных данных, описанный в предыдущем разделе.

Например, пусть первый логический канал используется для измерения напряжения (U_1), второй и третий – для измерения сопротивления при знакопеременном токе (R_+ и R_-), а четвертый так же для напряжения, но на другом физическом канале (U_2). Тогда данные принимаются в порядке $U_1R_+R_-U_2U_1R_+R_-U_2$ и т.д. На выходе функции обработки данных имеем отсчеты $U_1R_{avg}U_2U_1R_{avg}U_2$, где R_{avg} – результирующее значение сопротивления, полученное как среднее между R_+ и R_- .

3.6. Использование термометра

Модуль LTR114 позволяет подключить внешний термометр по интерфейсу 1-Wire и производить измерение температуры параллельно с основным циклом сбора данных. Для того чтобы запрограммировать модуль на измерение температуры необходимо при настройке модуля установить флаг `LTR114_FEATURES_THERM` в поле `SpecialFeatures` описателя модуля.

В результате этого при запущенном сборе данных модуль будет параллельно производить измерения температуры. Данные с термометра будут передаваться в виде одного слова (типа `DWORD`) после каждого кадра. Поскольку время сбора данных с термометра обычно превышает время цикла сбора с АЦП (составляет более 750 мс), то в конце каждого кадра передается последнее измеренное значение температуры. При этом добавляемые данные о температуре будут недействительны до первого измерения.

Для того чтобы отделить данные от термометра от данных от АЦП нужно использовать функцию [LTR114_ProcessDataTherm\(\)](#), которая обрабатывает данные от АЦП как было описано выше, а данные от термометра сохраняет в отдельный массив. Индекс массива соответствует номеру кадра, которому соответствует данное измерение. При этом сохраняются только действительные данные (т.е. данные до первого измерения отбрасываются), в связи с чем значений измерений может быть меньше количества обработанных кадров (количество действительных измерений возвращается через параметр `tcnt`). В этом случае данные от термометра соответствуют последним `tcnt` обработанным кадрам.

3.7. Использование режима межмодульной синхронизации

Модуль LTR114 позволяет осуществлять синхронный сбор данных несколькими модулями. В этом случае используется режим многомодульной синхронизации, которая осуществляется по принципу «ведущий - ведомые». В этом режиме синхроимпульсы для запуска преобразования АЦП генерирует только один модуль, ведущий, который выдает их на линию DIO, которая для него настраивается как выходная. Остальные модули, ведомые, используют синхросигнал ведущего, для чего их линия DIO настраивается на вход.

Для корректного запуска модулей в данном режиме необходимо выполнить следующие шаги в заданном порядке:

1. Настроить ведомые модули: заполнить требуемые поля структур *TLTR114* для ведомых модулей, указав в поле `SyncMode` значение `LTR114_SYNCMODE_EXTERNAL`, после чего вызвать функцию *LTR114_SetADC()* (для каждого ведомого модуля). В результате ведущие модули сконфигурируют линию DIO как вход.
2. Настроить ведущий модуль: заполнить требуемые поля структуры *TLTR114* для ведущего модуля, указав в поле `SyncMode` значение `LTR114_SYNCMODE_MASTER`, после чего вызвать функцию *LTR114_SetADC()*. В результате ведущий модуль сконфигурирует линию DIO как выход.
3. Запустить ведомые модули, вызвав для каждого из них *LTR114_Start()*. В результате ведомые модули перейдут в режим сбора данных, однако сбор данных не начнется до прихода синхроимпульсов от ведущего модуля.
4. Запустить ведущий модуль, вызвав для него функцию *LTR114_Start()*. В результате ведущий модуль перейдет в режим сбора данных, генерируя общий сигнал синхронизации, используемый как его собственным АЦП, так и АЦП ведомых модулей. Таким образом, все модули будут производить сбор данных синхронно.

Примечание: невозможно использовать термометр и многомодульную синхронизацию одновременно, так как для подключения термометра и для сигнала общей синхронизации используется одна линия.

3.8. Тестирование входных линий модуля

Модуль LTR114 поддерживает специальный режим тестирования входных линий, который подробно описан в документе *Крейтовая система LTR. Руководство пользователя* в разделе 13.4. Проверка входных линий осуществляется в режиме ожидания (сбор данных остановлен) модуля. Для выполнения проверки модуль должен быть уже открыт (вызвана функция *LTR114_Open()*) и получена информация о модуле (*LTR114_GetConfig()*). Для выполнения тестирования необходимо вызвать функцию *LTR114_CheckInputs()* указав для каких каналов необходимо выполнить тест и в каких режимах (см. описание функции). После вызова функции модуль произведет требуемые измерения и снова перейдет в режим ожидания.

Результаты измерений будут возвращены в следующем порядке: сперва все результаты для первого тестируемого канала, затем для второго и т.д. При этом результаты для каждого канала при использовании всех трех режимов будут возвращены в порядке: подтяжка X → “0” Y → “0”, подтяжка X → “+” Y → “0”, подтяжка X → “0” Y → “+”.

Вызов функции *LTR114_CheckInputs()* не изменяет содержимое полей структуры *TLTR114*, однако в связи с тем, что для тестирования входных линий изменяются настройки самого модуля, то перед следующим сбором данных необходимо снова произвести настройку модуля, вызвав *LTR114_SetADC()*.

4. Описание функций, типов и констант библиотеки *ltr114api.dll*.

В настоящем разделе приведены достаточно подробные описания констант, типов и интерфейсных функций входящих в состав библиотеки *ltr114api.dll*.

Примечание: Рекомендованную последовательность вызовов интерфейсных функций см. [Общий подход к работе с интерфейсными функциями dll-библиотеки](#).

4.1. Константы

Константа	Значение	Описание
LTR114_CLOCK	1500	Частота модуля в кГц
LTR114_ADC_DIVIDER	1875	Делитель частоты АЦП
LTR114_MAX_CHANNEL	16	Максимальное количество физических каналов модуля
LTR114_MAX_LCHANNEL	128	Максимальное количество логических каналов модуля
LTR114_MID	0x7272	Идентификационный номер модуля LTR114
LTR114_ADC_RANGEQNT	3	Количество входных диапазонов при измерении напряжения
LTR114_R_RANGEQNT	3	Количество входных диапазонов при измерении сопротивления
LTR114_MAX_SCALE_VALUE	8000000	Код, соответствующий максимальному значению шкалы
LTR114_HDR_VER	0x104	Версия заголовочного файла
Коды ошибок		
LTR_OK	0	Выполнено без ошибок.
LTR114_ERR_INVALID_DESCR	-10000	Дескриптор модуля равен NULL
LTR114_ERR_INVALID_SYNCMODE	-10001	Задан недопустимый режим синхронизации
LTR114_ERR_INVALID_ADCLCHQNT	-10002	Недопустимое количество логических каналов
LTR114_ERR_INVALID_ADCRATE	-10003	Недопустимое значение частоты дискретизации АЦП
LTR114_ERR_GETFRAME	-10004	Ошибка при получении кадра от модуля
LTR114_ERR_GETCFG	-10005	Ошибка при чтении данных конфигурации модуля
LTR114_ERR_CFGDATA	-10006	Неверный формат конфигурации модуля
LTR114_ERR_CFGSIGNATURE	-10007	Неверный заголовок конфигурации модуля
LTR114_ERR_CFGCRC	-10008	Неверная контрольная сумма конфигурационной записи
LTR114_ERR_INVALID_ARRPOINTER	-10009	Указатель на массив равен NULL
LTR114_ERR_ADCDATA_CHNUM	-10010	Неверный номер канала в массиве данных от модуля
LTR114_ERR_INVALID_CRATESN	-10011	Указатель на строку с серийным номером крейта равен NULL
LTR114_ERR_INVALID_SLOTNUM	-10012	Недопустимый номер слота в крейте
LTR114_ERR_NOACK	-10013	Нет подтверждения от модуля
LTR114_ERR_MODULEID	-10014	Попытка установления канала связи с модулем, не являющимся LTR114.

LTR114_ERR_INVALIDACK	-10015	Неверное подтверждение от модуля
LTR114_ERR_ADCDATA_SLOTNUM	-10016	Неверный номер слота в принятых данных от модуля
LTR114_ERR_ADCDATA_CNT	-10017	Неверное значение циклического счетчика принятых данных от модуля
LTR114_ERR_INVALID_LCH	-10018	Неверный режим логического канала
LTR114_ERR_CORRECTION_MODE	-10019	Неверный режим коррекции данных
LTR114_ERR_GET_PLD_VER	-10020	Ошибка при чтении версии ПЛИС'а
LTR114_ERR_ALREADY_RUN	-10021	Ошибка при попытке запуска сбора данных при уже запущенном сборе
LTR114_ERR_MODULE_CLOSED	-10022	Ошибка при попытке работы с закрытым модулем

Примечание: Функции данной библиотеки могут так же возвращать общие для всех модулей LTR коды ошибок, которые описаны в описании библиотеки *ltrapi.dll*.

Примечание: Константы, служащие для задания параметров функций и полей структур описаны при описании соответствующих функций и структур.

4.2. Типы данных

4.2.1. Тип TLTR114

Переменная типа TLTR114 представляет собой описатель модуля и содержит всю необходимую информацию о нем. Перед началом работы с модулем необходимо создать экземпляр данной структуры и проинициализировать поля значениями по умолчанию, вызвав функцию *LTR114_Init()*.

Определение структуры находится в файле `ltr114api.h` и представлено ниже:

```
typedef struct
{
    INT size; // размер структуры в байтах
    TLTR Channel; // описатель канала связи с модулем
    TCBRINFO AutoCalibrInfo[LTR114_ADC_RANGEQNT]; // данные для вычисления калибровочных коэффициентов
    INT LChQnt; // количество активных логических каналов
    LTR114_LCHANNEL LChTbl[LTR114_MAX_LCHANNEL]; // управляющая таблица с настройками логических каналов
    WORD Interval; // длина межкадрового интервала
    BYTE SpecialFeatures; // дополнительные возможности модуля
    // (подключение термометра, блокировка коммутации)
    BYTE AdcOsr; // значение передискр. АЦП
    BYTE SyncMode; // режим синхронизации
    INT FreqDivider; // делитель частоты АЦП (2..65535)
    INT FrameLength; // размер данных, передаваемых модулем за один кадр
    // устанавливается после вызова LTR114_SetADC
    // находится ли модуль в режиме сбора данных
    BOOL Active;
    void* Reserve;
    TINFO_LTR114 ModuleInfo; // информация о модуле LTR114
} TLTR114, *PTLTR114;
```

Подробное описание полей структуры приведено в таблице 1. Для полей, которые обычно заполняются пользователем, в назначении поля сделана соответствующая пометка красным.

Таблица 1

Название поля	Назначение поля
size	Размер структуры в байтах. Заполняется при вызове <i>LTR114_Init()</i> и менять его не следует
Channel	Описатель канала связи с модулем (см. руководство программиста для <code>ltrapi</code>).
AutoCalibrInfo	Используется библиотекой. Содержит информацию, необходимую для проведения вычисления калибровочных коэффициентов при автокалибровке.
LChQnt	Количество используемых логических каналов в таблице <code>LChTbl</code> . Значение параметра не должно превышать <code>LTR114_MAX_LCHANNEL</code> . Значение по-умолчанию: 1 Устанавливается пользователем.
LChTbl	Таблица логических каналов. Каждый элемент массива содержит описатель логического канала, который соответствует одному логическому каналу и хранит его настройки. Индекс массива (начиная с нуля) соответствует номеру логического канала (в <code>LChTbl[0]</code> содержатся настройки первого канала). Каждый описатель канала представляет собой структуру типа <i>LTR114_LCHANNEL</i> . По-умолчанию все поля каждого элемента массива заполняются нулевыми значениями. Примечание: Для задания описателя логического канала можно использовать функцию <i>LTR114_CreateLChannel()</i> . Устанавливается пользователем.

Название поля	Назначение поля										
Interval	<p>Длина межкадрового интервала (межкадровой задержки).</p> <p>Значение по-умолчанию: 0</p> <p>Устанавливается пользователем.</p>										
SpecialFeatures	<p>Определяет особенности работы модуля. Может содержать следующие флаги, объединенные через побитовое “или”:</p> <table border="1" data-bbox="379 387 1481 1771"> <thead> <tr> <th data-bbox="379 387 798 443">Значение</th> <th data-bbox="798 387 1481 443">Описание</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="379 443 798 719">LTR114_FEATURES_THERM</td> <td data-bbox="798 443 1481 719">Флаг указывает, что внешняя линия DIO используется для подключения термометра. Если данный флаг установлен, то к каждому кадру будет добавляться байт с закодированным значением температуры. Подробнее см. в разделе «<i>Использование термометра</i>».</td> </tr> <tr> <td data-bbox="379 719 798 1070">LTR114_FEATURES_STOPSW</td> <td data-bbox="798 719 1481 1070">Флаг указывает, что во время межкадровой задержки не должно осуществляться коммутации. Если данный флаг установлен, то модуль не будет использовать межкадровую задержку для измерения своих параметров, а вместо этого оставит настройки входного тракта неизменными. Может использоваться при измерениях с межкадровой задержкой, но без постоянной автокалибровки.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="379 1070 798 1570">LTR114_FEATURES_CBR_DIS</td> <td data-bbox="798 1070 1481 1570">Установка данного флага позволяет запустить сбор данных не проводя начальную калибровку. Если этот бит сброшен (по-умолчанию) и если начальная автокалибровка модуля ни разу не проводилась, то она будет выполнена при запуске модуля (<i>LTR114_Start()</i>) автоматически. Если бит установлен, то начальная калибровка при вызове <i>LTR114_Start()</i> не будет проведена в любом случае. Этот бит не запрещает производить начальную однократную автокалибровку вызовом <i>LTR114_Calibrate()</i> или включать постоянную автокалибровку.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="379 1570 798 1771">LTR114_MANUAL_OSR</td> <td data-bbox="798 1570 1481 1771">Если данный флаг сброшен (по-умолчанию), то библиотека сама вычисляет подходящий коэффициент OSR. Если флаг установлен, то коэффициент OSR вычисляется по коду, записанному в поле <code>AdcOsr</code></td> </tr> </tbody> </table> <p>Значение по-умолчанию: 0</p> <p>Устанавливается пользователем.</p>	Значение	Описание	LTR114_FEATURES_THERM	Флаг указывает, что внешняя линия DIO используется для подключения термометра. Если данный флаг установлен, то к каждому кадру будет добавляться байт с закодированным значением температуры. Подробнее см. в разделе « <i>Использование термометра</i> ».	LTR114_FEATURES_STOPSW	Флаг указывает, что во время межкадровой задержки не должно осуществляться коммутации. Если данный флаг установлен, то модуль не будет использовать межкадровую задержку для измерения своих параметров, а вместо этого оставит настройки входного тракта неизменными. Может использоваться при измерениях с межкадровой задержкой, но без постоянной автокалибровки.	LTR114_FEATURES_CBR_DIS	Установка данного флага позволяет запустить сбор данных не проводя начальную калибровку. Если этот бит сброшен (по-умолчанию) и если начальная автокалибровка модуля ни разу не проводилась, то она будет выполнена при запуске модуля (<i>LTR114_Start()</i>) автоматически. Если бит установлен, то начальная калибровка при вызове <i>LTR114_Start()</i> не будет проведена в любом случае. Этот бит не запрещает производить начальную однократную автокалибровку вызовом <i>LTR114_Calibrate()</i> или включать постоянную автокалибровку.	LTR114_MANUAL_OSR	Если данный флаг сброшен (по-умолчанию), то библиотека сама вычисляет подходящий коэффициент OSR. Если флаг установлен, то коэффициент OSR вычисляется по коду, записанному в поле <code>AdcOsr</code>
Значение	Описание										
LTR114_FEATURES_THERM	Флаг указывает, что внешняя линия DIO используется для подключения термометра. Если данный флаг установлен, то к каждому кадру будет добавляться байт с закодированным значением температуры. Подробнее см. в разделе « <i>Использование термометра</i> ».										
LTR114_FEATURES_STOPSW	Флаг указывает, что во время межкадровой задержки не должно осуществляться коммутации. Если данный флаг установлен, то модуль не будет использовать межкадровую задержку для измерения своих параметров, а вместо этого оставит настройки входного тракта неизменными. Может использоваться при измерениях с межкадровой задержкой, но без постоянной автокалибровки.										
LTR114_FEATURES_CBR_DIS	Установка данного флага позволяет запустить сбор данных не проводя начальную калибровку. Если этот бит сброшен (по-умолчанию) и если начальная автокалибровка модуля ни разу не проводилась, то она будет выполнена при запуске модуля (<i>LTR114_Start()</i>) автоматически. Если бит установлен, то начальная калибровка при вызове <i>LTR114_Start()</i> не будет проведена в любом случае. Этот бит не запрещает производить начальную однократную автокалибровку вызовом <i>LTR114_Calibrate()</i> или включать постоянную автокалибровку.										
LTR114_MANUAL_OSR	Если данный флаг сброшен (по-умолчанию), то библиотека сама вычисляет подходящий коэффициент OSR. Если флаг установлен, то коэффициент OSR вычисляется по коду, записанному в поле <code>AdcOsr</code>										

Название поля	Назначение поля										
<p>AdcOsr</p>	<p>Код значения передискретизации АЦП (OSR), от которого зависит время преобразования и разрешение АЦП. Если не установлен флаг LTR114_MANUAL_OSR в поле SpecialFeatures, то значение OSR определяется библиотекой при вызове LTR114_SetADC(), как наибольшее из допустимых, в зависимости от частоты дискретизации.</p> <p>В случаях, когда необходимо установить значение OSR вручную (например, при использовании длинного кабеля можно уменьшить значение OSR для уменьшения времени преобразования и увеличения времени коммутации), необходимо установить флаг LTR114_MANUAL_OSR в поле SpecialFeatures, а в поле AdcOsr записать код настройки OSR, имеющий следующий формат:</p> <p>Младшие 4 бита определяют код OSR и могут принимать значения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1..9, $OSR = 2^{(5+\langle \text{код OSR} \rangle)}$ - 15, $OSR = 32768$. <p>Старший бит определяет частоту F_0 ('0' – 15000 кГц, '1' – 7500 Гц).</p> <p>Время преобразования АЦП определяется как $T_{conv} = (40 \cdot OSR + 170) / F_0$ (мс). При этом T_{conv} должно всегда быть меньше, чем период дискретизации АЦП как минимум на 0.03 мс.</p> <p>Подробности см. в документе Крейтовая система LTR. Руководство пользователя и в документации АЦП LTC2440 на сайте производителя.</p> <p>Значение по-умолчанию: 0</p>										
<p>SyncMode</p>	<p>Режим синхронизации АЦП. Поле может принимать следующие значения:</p> <table border="1" data-bbox="384 1070 1501 1928"> <thead> <tr> <th data-bbox="384 1070 836 1126">Значение</th> <th data-bbox="836 1070 1501 1126">Описание</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="384 1126 836 1256">LTR114_SYNCMODE_NONE</td> <td data-bbox="836 1126 1501 1256">Отсутствие синхронизации. На АЦП не приходят синхроимпульсы, сбор данных не ведется. В штатном режиме не используется.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="384 1256 836 1424">LTR114_SYNCMODE_INTERNAL</td> <td data-bbox="836 1256 1501 1424">Внутренняя синхронизация. Стандартный режим при использовании одного модуля. Модуль сам генерирует синхроимпульсы для своего АЦП.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="384 1424 836 1731">LTR114_SYNCMODE_MASTER</td> <td data-bbox="836 1424 1501 1731">Модуль генерирует синхроимпульсы для своего АЦП, а так же выдает их на линию DIO. Этот режим используется в случае, если необходимо использовать несколько модулей с общей синхронизацией. В этом случае для ведущего модуля выставляется данный режим, а для ведомого (ведомых) - LTR114_SYNCMODE_EXTERNAL</td> </tr> <tr> <td data-bbox="384 1731 836 1928">LTR114_SYNCMODE_EXTERNAL</td> <td data-bbox="836 1731 1501 1928">Модуль не генерирует синхроимпульсы, а использует синхросигнал с входа DIO. Данный режим используется для ведомого модуля при общей синхронизации.</td> </tr> </tbody> </table> <p>Значение по-умолчанию: 0</p> <p>Устанавливается пользователем.</p>	Значение	Описание	LTR114_SYNCMODE_NONE	Отсутствие синхронизации. На АЦП не приходят синхроимпульсы, сбор данных не ведется. В штатном режиме не используется.	LTR114_SYNCMODE_INTERNAL	Внутренняя синхронизация. Стандартный режим при использовании одного модуля. Модуль сам генерирует синхроимпульсы для своего АЦП.	LTR114_SYNCMODE_MASTER	Модуль генерирует синхроимпульсы для своего АЦП, а так же выдает их на линию DIO. Этот режим используется в случае, если необходимо использовать несколько модулей с общей синхронизацией. В этом случае для ведущего модуля выставляется данный режим, а для ведомого (ведомых) - LTR114_SYNCMODE_EXTERNAL	LTR114_SYNCMODE_EXTERNAL	Модуль не генерирует синхроимпульсы, а использует синхросигнал с входа DIO. Данный режим используется для ведомого модуля при общей синхронизации.
Значение	Описание										
LTR114_SYNCMODE_NONE	Отсутствие синхронизации. На АЦП не приходят синхроимпульсы, сбор данных не ведется. В штатном режиме не используется.										
LTR114_SYNCMODE_INTERNAL	Внутренняя синхронизация. Стандартный режим при использовании одного модуля. Модуль сам генерирует синхроимпульсы для своего АЦП.										
LTR114_SYNCMODE_MASTER	Модуль генерирует синхроимпульсы для своего АЦП, а так же выдает их на линию DIO. Этот режим используется в случае, если необходимо использовать несколько модулей с общей синхронизацией. В этом случае для ведущего модуля выставляется данный режим, а для ведомого (ведомых) - LTR114_SYNCMODE_EXTERNAL										
LTR114_SYNCMODE_EXTERNAL	Модуль не генерирует синхроимпульсы, а использует синхросигнал с входа DIO. Данный режим используется для ведомого модуля при общей синхронизации.										

Название поля	Назначение поля
FreqDivider	<p>Делитель частоты. С помощью этого параметра устанавливается частота дискретизации АЦП.</p> <p>Частота АЦП рассчитывается по формуле:</p> $F = \text{LTR114_CLOCK} / (\text{LTR114_ADC_DIVIDER} * \text{FreqDivider}) \quad (\text{кГц})$ <p>LTR114_CLOCK соответствует частоте контроллера LTR114 в кГц, т.е. для получения частоты в герцах необходимо значение умножить на 1000.</p> <p>Например, значение FreqDivider=2 соответствует частоте дискретизации 4000 Гц.</p> <p>Параметр может принимать значения от 2 (4000 Гц) до 8000 (1 Гц).</p> <p>Значение по-умолчанию: 2</p> <p>Устанавливается пользователем.</p>
FrameLength	<p>Размер (в словах) блока данных, передаваемых модулем за один цикл сбора. Устанавливается функцией <i>LTR114_SetADC()</i>. Используется для приема целого числа кадров функцией <i>LTR114_Recv()</i>.</p>
Active	<p>Указывает, находится ли модуль в режиме сбора данных (TRUE) или в режиме ожидания (FALSE). Параметр не предназначен для ручной установки – он изменяется функциями для работы с модулем.</p>
Reserve	<p>Зарезервированное поле для дальнейшего использования</p>
ModuleInfo	<p>Информация о модуле (см. ниже). Заполняется функцией <i>LTR114_GetConfig()</i>.</p>

4.2.2. Tun LTR114_LCHANNEL

Описатель логического канала представляет из себя структуру типа LTR114_LCHANNEL, которая содержит информацию о настройках логического канала. Определение структуры LTR114_LCHANNEL находится в файле ltr114api.h и представлено ниже:

```
typedef struct
{
    BYTE MeasMode;           /*режим измерения*/
    BYTE Channel;           /*физический канал*/
    BYTE Range;             /*диапазон измерения*/
} LTR114_LCHANNEL;        /*описатель логического канала*/
```

Подробное описание полей структуры приведено в таблице 2

Таблица 2

Название поля	Назначение и допустимые значения поля																								
MeasMode	<p>Режим измерения. Возможные значения:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Константа</th> <th>Значение</th> <th>Описание</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LTR114_MEASMODE_U</td> <td>0x00</td> <td>Измерение напряжения</td> </tr> <tr> <td>LTR114_MEASMODE_R</td> <td>0x20</td> <td>Измерение сопротивления с положительным направлением тока</td> </tr> <tr> <td>LTR114_MEASMODE_NR</td> <td>0x28</td> <td>Измерение сопротивления с отрицательным направлением тока</td> </tr> </tbody> </table>	Константа	Значение	Описание	LTR114_MEASMODE_U	0x00	Измерение напряжения	LTR114_MEASMODE_R	0x20	Измерение сопротивления с положительным направлением тока	LTR114_MEASMODE_NR	0x28	Измерение сопротивления с отрицательным направлением тока												
Константа	Значение	Описание																							
LTR114_MEASMODE_U	0x00	Измерение напряжения																							
LTR114_MEASMODE_R	0x20	Измерение сопротивления с положительным направлением тока																							
LTR114_MEASMODE_NR	0x28	Измерение сопротивления с отрицательным направлением тока																							
Channel	<p>Номер физического канала. Для режима измерения напряжения может принимать значения от 0 (канал 1) до 15 (канал 16). Для режима измерения сопротивления – от 0 до 7</p> <p>Примечание: подключение сопротивлений производится по четырехпроводной схеме, т.е. занимает два физических канала для измерения напряжений. При этом используется <i>i</i>-ый и (<i>i</i>+8)-ой каналы. То есть при использовании 1-го канала для измерения сопротивлений при подключении будут заняты 1-ый и 9-ый канал для измерения напряжений. Подробности см. в документе Крейтовая система LTR. Руководство пользователя.</p>																								
Range	<p>Диапазон измерения.</p> <p>Для режима измерения напряжения может принимать значения:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Константа</th> <th>Значение</th> <th>Диапазон</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LTR114_URANGE_10</td> <td>0</td> <td>+/- 10В</td> </tr> <tr> <td>LTR114_URANGE_2</td> <td>1</td> <td>+/- 2В</td> </tr> <tr> <td>LTR114_URANGE_04</td> <td>2</td> <td>+/- 0.4 В</td> </tr> </tbody> </table> <p>Для режима измерения сопротивления может принимать значения:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Константа</th> <th>Значение</th> <th>Диапазон</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LTR114_RRANGE_400</td> <td>0</td> <td>0-400 Ом</td> </tr> <tr> <td>LTR114_RRANGE_1200</td> <td>1</td> <td>0-1200 Ом</td> </tr> <tr> <td>LTR114_RRANGE_4000</td> <td>2</td> <td>0-4000 Ом</td> </tr> </tbody> </table>	Константа	Значение	Диапазон	LTR114_URANGE_10	0	+/- 10В	LTR114_URANGE_2	1	+/- 2В	LTR114_URANGE_04	2	+/- 0.4 В	Константа	Значение	Диапазон	LTR114_RRANGE_400	0	0-400 Ом	LTR114_RRANGE_1200	1	0-1200 Ом	LTR114_RRANGE_4000	2	0-4000 Ом
Константа	Значение	Диапазон																							
LTR114_URANGE_10	0	+/- 10В																							
LTR114_URANGE_2	1	+/- 2В																							
LTR114_URANGE_04	2	+/- 0.4 В																							
Константа	Значение	Диапазон																							
LTR114_RRANGE_400	0	0-400 Ом																							
LTR114_RRANGE_1200	1	0-1200 Ом																							
LTR114_RRANGE_4000	2	0-4000 Ом																							

4.2.3. Tun TINFO_LTR114

Структура типа TINFO_LTR114 содержит информацию о модуле. Заполнение полей структуры происходит при вызове функции *LTR114_GetConfig()*.

Определение структуры TINFO_LTR114 находится в файле *ltr114api.h* и представлено ниже:

```
typedef struct
{
    CHAR Name[8]; /* название модуля (строка) */
    CHAR Serial[16]; /* серийный номер модуля (строка) */
    WORD VerMCU; /* версия ПО модуля (младший байт - минорная,
                 старший - мажорная */
    CHAR Date[14]; /* дата создания ПО (строка) */
    BYTE VerPLD; /* версия прошивки ПЛИС */

    struct
    {
        float U[LTR114_ADC_RANGEQNT]; /* значения ИОН для диапазонов
                                       измерения напряжений */
        float I[LTR114_R_RANGEQNT]; /* значения токов для диапазонов
                                       измерения сопротивлений */
        float UIntr[LTR114_ADC_RANGEQNT]; /* значение промежуточных напряжений */
    } CbrCoef; /* заводские калибровочные коэффициенты */
} TINFO_LTR114, *PTINFO_LTR114;
```

Подробное описание полей структуры приведено в таблице 3

Таблица 3

Название поля	Назначение и допустимые значения поля
Name	Строка с названием модуля в формате ASCIIZ, содержит "LTR114"
Serial	Строка с серийным номером модуля в формате ASCIIZ.
VerMCU	Версия ПО модуля (прошивки контроллера) в формате: <старший байт>.<младший байт>
Date	Строка с датой создания ПО модуля в формате ASCIIZ.
VerPLD	Версия прошивки ПЛИС – один байт
CbrCoef	Заводские калибровочные коэффициенты модуля. U – массив значений измеренных напряжений внутреннего источника опорного напряжения (ИОН) для каждого диапазона I – массив значений токов, выдаваемых модулем при измерении сопротивления, для каждого диапазона UIntr - массив значений измеренных напряжений ИОН для промежуточных точек по диапазонам. Значение для диапазона +/-10В не используется.

4.3. Функции

Все интерфейсные функции библиотеки *ltr114api.dll*, кроме функции *LTR114_GetErrorString()* и *LTR114_CreateLChannel()*, в качестве первого параметра принимают указатель на экземпляр структуры *TLTR114*.

Так же, все интерфейсные функции имеют один и тот же тип возвращаемого значения – INT. Возвращаемое значение сообщает о результате выполнения функции. Отрицательные значения сигнализируют о возникновении *ошибки*. Нулевое значение соответствует успешному завершению функции. Исключение составляют функции *LTR114_Recv()* и *LTR114_GetFrame()*, которые в случае успешного завершения возвращают количество реально принятых байт данных.

4.3.1. Функции инициализации работы с модулем.

Функции этой подгруппы выполняют действия по установлению и разрыву соединения с модулем.

4.3.1.1. Инициализация полей структуры

Формат: INT LTR114_Init(PTLTR114 hnd)
Назначение: Инициализация полей структуры значениями по умолчанию. Эту функцию необходимо вызвать однократно для каждого созданного экземпляра структуры <i>TLTR114</i> прежде чем будут вызваны остальные функции библиотеки. Значения по-умолчанию полей структуры приведены в описании типа <i>TLTR114</i> .
Передаваемые параметры: <ul style="list-style-type: none">• hnd – указатель на экземпляр структуры <i>TLTR114</i>.
Возвращаемое значение: <ul style="list-style-type: none">• <i>Код ошибки</i>.

4.3.1.2. Установление соединения с модулем

Формат: INT LTR114_Open (PTLTR114 hnd,
DWORD saddr, WORD sport, CHAR *csn, WORD cc)

Назначение: Установить соединение с модулем.

Эту функцию необходимо вызвать перед началом работы с модулем. Выбор модуля осуществляется в соответствии с передаваемыми в функцию параметрами.

Передаваемые параметры:

- hnd – Указатель на экземпляр структуры *TLTR114*.

- saddr – Сетевой адрес *LTR-сервера* в формате 32-х битного беззнакового целого.

Пример: Если ip-адрес компьютера “a.b.c.d”, то поле saddr должно принять значение (a<<24)|(b<<16)|(c<<8)|(d<<0).

Примечание: Если *LTR-сервер* запущен на том же компьютере что и пользовательская программа, то в качестве сетевого адреса можно использовать константу *SADDR_DEFAULT*.

- sport – Сетевой порт LTR-сервера.

Примечание: Если *LTR-сервер* запущен на том же компьютере что и пользовательская программа, то в качестве сетевого порта можно использовать константу *SPORT_DEFAULT*.

- csn – Серийный номер LTR-крейта - строка длиной до *SERIAL_NUMBER_SIZE* символов.

Если дина серийного номера меньше чем *SERIAL_NUMBER_SIZE*, то строка должна заканчиваться нулем.

Примечание: Если в качестве серийного номера указать пустую строку, то будет произведена попытка установить соединение с первым найденным LTR-крейтом.

- cc – Логический номер модуля.

Допустимые значения: *CC_MODULE1* – модуль, находящийся в 1-м слоте крейта, *CC_MODULE2* – модуль, находящийся во 2-м слоте крейта,..., *CC_MODULE16* – модуль, находящийся в 16-м слоте крейта.

Возвращаемое значение:

- *Код ошибки*.

4.3.1.3. Разрыв соединения с модулем

Формат: INT LTR114_Close (PTLTR114 hnd)

Назначение: Разорвать соединение с модулем.

Эту функцию необходимо вызвать после окончания работы с модулем для корректного завершения соединения и освобождения ресурсов системы, выделенных при открытии соединения.

Передаваемые параметры:

- hnd – указатель на экземпляр структуры *TLTR114*.

Возвращаемое значение:

- *Код ошибки*.

4.3.2. Функции настройки и автокалибровки модуля

Функции этой подгруппы позволяют получить информацию о модуле, настроить режимы работы АЦП, а так же провести начальную автокалибровку модуля.

4.3.2.1. Чтение информации о модуле

Формат: INT LTR114_GetConfig(PTLTR114 hnd)

Назначение:

Данная функция осуществляет чтение служебной информации из модуля, проверку достоверности считанной информации (осуществляется по контрольной сумме, хранящейся вместе со служебной информацией).

При успешном завершении функции, считанная информация будет сохранении в следующих полях описателя модуля:

- hnd->ModuleInfo.Name //название модуля
- hnd->ModuleInfo.SerialNumber //серийный номер модуля
- hnd->ModuleInfo.Ver //версия ПО модуля
- hnd->ModuleInfo.Data //дата написания ПО модуля
- hnd->ModuleInfo.CbrCoef.U[0..LTR114_ADC_RANGEQNT-1] //калибровочные значения напряжений для каждого диапазона
- hnd->ModuleInfo.CbrCoef.I[0..LTR114_R_RANGEQNT-1] //калибровочные значения токов для каждого диапазона
- hnd->ModuleInfo.CbrCoef.UIntr[0..LTR114_ADC_RANGEQNT-1] //калибровочные значения напряжений середины шкалы каждого диапазона

Передаваемые параметры:

- hnd – указатель на экземпляр структуры [TLTR114](#).

Возвращаемое значение:

- [Код ошибки](#).

4.3.2.2. Создание описателя логического канала

Формат: `LTR114_LCHANNEL LTR114_CreateLChannel (BYTE MeasMode, BYTE Channel, BYTE Range)`

Назначение: создание описателя логического канала по заданным параметрам измерения, таким как режим измерения (напряжение/сопротивление), физический канал, диапазон измерений.

Примечание: данная функция служит для упрощения задания параметров и представляет собой простое присвоение входных параметров полям возвращаемой структуры. Она не может вызывать ошибку. Однако необходимо следить за тем (как и при ручном заполнении структуры), чтобы параметры имели допустимые значения.

Передаваемые параметры:

- MeasMode – режим измерения.
- Channel – номер физического канала. Для режима измерения напряжения может принимать значения от 0 (канал 1) до 15 (канал 16). Для режима измерения сопротивления – от 0 до 7.
- Range – диапазон измерения.
Значения, которые могут принимать параметры, см. в описании структуры [LTR114_LCHANNEL](#)

Возвращаемое значение:

- Описатель канала (структура типа [LTR114_LCHANNEL](#))

4.3.2.3. Запись настроек АЦП модуля

Формат: `INT LTR114_SetADC (PTLTR114 hnd)`

Назначение: Передает модулю информацию, содержащуюся в структуре [TLTR114](#), необходимую для настройки АЦП модуля на работу в соответствующем режиме.

Модулю передаются следующие параметры:

- `hnd->LChQnt;` // количество активных логических каналов
- `hnd->LChTbl[];` // управляющая таблица с настройками логических каналов
- `hnd->Interval;` // длина межкадрового интервала
- `hnd->SpecialFeatures;` // дополнительные возможности
- `hnd->SyncMode;` // режим синхронизации модуля
- `hnd->FreqDivider;` // делитель частоты модуля 2..8000
- `hnd->AdcOsr;` // значение передискретизации АЦП

При успешном завершении функции будет изменено поле структуры `hnd->FrameLength`, в которое будет записан размер данных, передаваемых модулем за один цикл сбора, для использования его при вызове функции [LTR114_Recv\(\)](#). Этот размер равен $2 * (hnd->LChQnt + hnd->Interval) + T$ (где $T = 1$, если производится измерение температура, $T = 0$ – если нет).

Передаваемые параметры:

- `hnd` – указатель на экземпляр структуры [TLTR114](#).

Возвращаемое значение:

- *Код ошибки.*

4.3.2.4. Начальная автокалибровка модуля

Формат: INT LTR114_Calibrate (PTLTR114 hnd)
Назначение: Осуществляет калибровку модуля. Данная функция обычно вызывается после настройки модуля и до запуска модуля. При вызове данной функции модуль производит измерения своих внутренних параметров в течение определенного времени. После этого модуль снова переходит в режим ожидания. По полученным измерениям производится расчет калибровочных коэффициентов для каждого диапазона. Внимание!: Если данная функция ни разу не была вызвана до первого запуска модуля, то начальная автокалибровка модуля будет проведена при вызове <i>LTR114_Start()</i> и реальный сбор данных начнется с задержкой на время, необходимое для проведения автокалибровки (зависит от частоты сбора). Если необходимо получить непосредственно коды АЦП (а не измерять реальное напряжение) и начальная калибровка не требуется, то автоматический запуск начальной автокалибровки можно отменить, установив флаг LTR114_FEATURES_CBR_DIS в поле SpecialFeatures описателя модуля. Внимание!: Данная функция должна вызываться только когда модуль находится в состоянии ожидания.
Передаваемые параметры: <ul style="list-style-type: none">• hnd – указатель на экземпляр структуры <i>TLTR114</i>.
Возвращаемое значение: <ul style="list-style-type: none">• <i>Код ошибки</i>.

4.3.3. Функции сбора и обработки данных

Функции этой подгруппы позволяют переводить модуль из режима ожидания в режим сбора данных и обратно, принимать и обрабатывать данные с АЦП модуля (а так же данные от термометра).

4.3.3.1. Запуск сбора данных модулем

Формат: INT LTR114_Start (PTLTR114 hnd)
Назначение: Осуществляет запуск сбора данных модулем. Данная функция переводит АЦП в состояние непрерывного сбора данных. После этого, в циклический <i>FIFO</i> -буфер модуля начинают поступать данные с АЦП. Темп и количество, поступающих в буфер данных, зависит от режима и параметров работы АЦП, которые задаются при помощи функции <i>LTR114_SetADC()</i> . Примечание: Вследствие ограниченного размера <i>FIFO</i> -буфера и отсутствия механизма препятствующего переполнению <i>FIFO</i> -буфера, через некоторый интервал времени после запуска АЦП может возникнуть ситуация потери данных. Для того чтобы этого не происходило, необходимо своевременно откачивать данные из <i>FIFO</i> –буфера с помощью функции <i>LTR114_Recv()</i> . Внимание!: Если после открытия модуля не проводилась начальная автокалибровка и бит LTR114_FEATURES_CBR_DIS в SpecialFeatures не установлен, то перед запуском сбора данных данная функция проведет начальную автокалибровку модуля и только после этого будет запущен сбор данных.
Передаваемые параметры: <ul style="list-style-type: none">• hnd – указатель на экземпляр структуры <i>TLTR114</i>.
Возвращаемое значение: <ul style="list-style-type: none">• <i>Код ошибки</i>.

4.3.3.2. Останов АЦП

Формат: INT LTR114_Stop(PTLTR114 hnd)
Назначение: Осуществляет останов сбора данных модулем. Данная функция обратна по действию функции LTR114_Start() и предназначена для перевода АЦП в состояние ожидания. Примечание: При останове происходит чтение всех несчитанных данных из промежуточного буфера. Эти данные отбрасываются, чтобы при следующем запуске были приняты только новые данные.
Передаваемые параметры: <ul style="list-style-type: none">• hnd – указатель на экземпляр структуры TLTR114.
Возвращаемое значение: <ul style="list-style-type: none">• <i>Код ошибки.</i>

4.3.3.3. Прием данных от модуля

Формат: INT LTR114_Recv(PLTR114 hnd, DWORD *data, DWORD *tmark, DWORD size, DWORD timeout)
Назначение: Прием данных от модуля. Функция осуществляет прием данных от модуля в определенном модулем формате. Для обработки принятых данных используется функция LTR114_ProcessData() или LTR114_ProcessDataTherm() . Примечание: Для дальнейшей корректной обработки данных необходимо передавать функции LTR114_ProcessData() / LTR114_ProcessDataTherm() целое число кадров. Для этого удобно в качестве размера принимаемого массива данных в LTR114_Recv() задавать $n * hnd->FrameLength$, где n – целое число. Примечание: Действия данной функции аналогичны функции LTR_Recv() из ltrapi.dll.
Передаваемые параметры: <ul style="list-style-type: none">• hnd – указатель на экземпляр структуры TLTR114.• data – указатель на массив, в который будут помещены принятые от модуля данные.• tmark – указатель на массив, в который будут помещены <i>метки времени</i>, соответствующие принятым данным. Если необходимости во временных метках нет, в качестве параметра можно передать значение NULL.• size – размер массива в словах DWORD.• timeout – интервал времени, в миллисекундах, в течении которого следует ожидать приема запрошенного количества отсчетов. Если в течение указанного интервала времени данные от модуля получены не будут, то произойдет выход из функции.
Возвращаемое значение: <ul style="list-style-type: none">• Значения меньше нуля следует интерпретировать как <i>коды ошибок</i>. Значения больше нуля или равные нулю следует интерпретировать как количество реально принятых от модуля слов за отведенный интервал времени.

4.3.3.4. Обработка принятых данных от модуля

Формат: `INT LTR114_ProcessDataTherm(PLTR114 hnd, DWORD *src, double *dest, double *therm, INT *size, INT *tcnt, INT correction_mode, INT flags)`

Назначение: Обработка принятых от модуля данных. Данную функцию стоит использовать, если необходимо использовать, если включена опция сбора данных с термометра. В случае если данные от термометра не используются, удобнее воспользоваться функцией [LTR114_ProcessData\(\)](#).

Функция осуществляет обработку принятых с помощью [LTR114_Recv\(\)](#) данных. Функция выполняет следующие задачи:

- Проверка правильности каждого принятого слова: проверяется значение циклического счетчика, соответствие режимов измерения и номера слота модуля.
- Дешифрация измерения – получение из принятых слов значений измерений (кода АЦП) в формате double
- Перерасчет калибровочных коэффициентов в режиме постоянной автокалибровки (если задан режим коррекции данных LTR114_CORRECTION_MODE_AUTO)
- Выделение данных от термометра в отдельный массив и перевод их в значение температуры в °С.
- Применение калибровочных коэффициентов к измерениям (если задан режим коррекции данных LTR114_CORRECTION_MODE_INIT или LTR114_CORRECTION_MODE_AUTO)
- Перевод измерений в физические величины (если задан флаг LTR114_PROCF_VALUE)
- Осреднение измерений сопротивления, произведенных с разным направлением тока в соседних логических каналах (если задан флаг LTR114_PROCF_AVGR)

О использовании данной функции см. так же раздел [«Сбор и обработка данных»](#)

Передаваемые параметры:

- hnd – указатель на экземпляр структуры [TLTR114](#).
- src – указатель на массив, содержащий данные, принятые с помощью функции [LTR114_Recv\(\)](#), которые необходимо обработать
- dest – указатель на массив, в который будут помещены обработанные данные от АЦП. Порядок следования данных соответствует порядку данных во входном буфере src.
- therm – указатель на массив, в который будут помещены данные от термометра (температура в °С). Каждое измерение соответствует кадру данных. В случае если значение переменной равно NULL, данные о температуре будут отброшены.
- size – указатель на переменную, в которой содержится размер входного массива. По завершению работы функции данная переменная содержит размер полученного массива dest.
- tcnt – указатель на переменную, которая при успешном завершении функции содержит размер массива therm. В случае, если данный параметр не требуется, в качестве него может быть передано значение NULL

- `correction_mode` – параметр, задающий режим коррекции данных.

Значение	Описание
<code>LTR114_CORRECTION_MODE_NONE</code>	К выходным данным калибровочные коэффициенты применяться не будет. В случае ненулевой межкадровой задержки, данные, переданные модулем во время него, будут отброшены.
<code>LTR114_CORRECTION_MODE_INIT</code>	К выходным данным будут применены ранее вычисленные калибровочные коэффициенты (содержатся в соответствующих полях структуры <i>TLTR114</i>). В случае ненулевой межкадровой задержки данные, переданные модулем во время него, будут отброшены.
<code>LTR114_CORRECTION_MODE_AUTO</code>	К выходным данным будет применены калибровочные коэффициенты (содержатся в соответствующих полях структуры <i>TLTR114</i>). Данные, переданные модулем во время межкадровой задержки, будут использованы для перерасчета калибровочных коэффициентов (выполнения автокалибровки).

- `flags` – флаги, задающие какие преобразования необходимо выполнить. Можно задавать несколько флагов через бинарное “ИЛИ”.

Значение	Описание
<code>LTR114_PROCF_VALUE</code>	Данные от АЦП будут переведены в физические величины (Вольты, Омы). (Если флаг не задан, то данные будут представлять код АЦП).
<code>LTR114_PROCF_AVGR</code>	Произвести осреднение соседних измерений сопротивления, выполненных для разных направлений тока с одинаковыми остальными параметрами. Подробнее см. в разделе <i>«Измерение сопротивлений при знакопеременном токе»</i>

Возвращаемое значение:

- *Код ошибки.*

4.3.3.5. *Обработка принятых данных от модуля без температуры*

Формат: INT LTR114_ProcessData (PLTR114 hnd, DWORD *src, double *dest, INT *size, INT correction_mode, INT flags)
Назначение: Обработка принятых от модуля данных. Функция осуществляет обработку данных, принятых от модуля. Функция аналогична LTR114_ProcessDataTherm() за исключением того, что данные от термометра (если они есть в передаваемом массиве) не обрабатываются. Вызов данной функции аналогичен вызову LTR114_ProcessDataTherm() с параметрами *therm и *tcnt равными NULL. Данная функция предназначена лишь для более удобного вызова при отсутствии необходимости в данных о температуре.
Передаваемые параметры: <ul style="list-style-type: none">• Смотри описание функции LTR114_ProcessDataTherm()
Возвращаемое значение: <ul style="list-style-type: none">• <i>Код ошибки.</i>

4.3.3.6. *Сбор одного кадра данных*

Формат: INT LTR114_GetFrame (PLTR114 hnd, DWORD *buf)
Назначение: Осуществляет сбор одного кадра данных. Размер данных (в словах) определяется длиной кадра и соответствует значению, сохраненному в поле <code>hnd->FrameLength</code> после вызова LTR114_SetADC() .
Передаваемые параметры: <ul style="list-style-type: none">• hnd – указатель на экземпляр структуры TLTR114.• buf – указатель на массив, в котором будут сохранены принятые данные. Для дальнейшей их обработки необходимо использовать функцию LTR114_ProcessData().
Возвращаемое значение: <ul style="list-style-type: none">• Значения меньше нуля следует интерпретировать как <i>коды ошибок</i>. Значения больше нуля или равные нулю следует интерпретировать как количество реально принятых от модуля слов за отведенный интервал времени.

4.3.4. Функции, используемые в дополнительных режимах работы LTR114

4.3.4.1. Тестирование входных линий

Формат: INT LTR114_CheckInputs (PLTR114 hnd, INT channel_mask, INT check_mode, double *res_data, INT *size)

Назначение: Выполнение тестирования входных линий модуля.

Функция осуществляет запуск модуля в режиме тестирования входных линий. Модуль производит измерения напряжения при заданных тестовых режимах для заданных каналов, после чего модуль снова переводится в режим ожидания. По результатам измерения можно определить, произошел ли обрыв или короткое замыкание линии.

Внимание!: Данная функция должна вызываться только когда модуль находится в состоянии ожидания. Для сбора данных после тестирования входных линий необходимо заново (если он был настроен) настроить модуль.

Передаваемые параметры:

- hnd – указатель на экземпляр структуры *TLTR114*.
- channel_mask – маска каналов. Определяет для каких каналов необходимо провести тестирование. Действительны младшие 16 битов. Единица в i-ом (если младший – нулевой) бите означает, что необходимо произвести тестирование (i+1)-го канала (нумерация с 1), 0 – что не требуется.
- check_mode – флаги, задающие, какие тестовые режимы должны быть выполнены. Можно задать несколько через побитовое «или». Если необходимо провести тестирование во всех трех режимах, то можно указать константу LTR114_CHECKMODE_ALL (0x07).

Константа	Значение	Описание
LTR114_CHECKMODE_X0Y0	0x01	Подтяжка X → “0”, Y → “0”
LTR114_CHECKMODE_X5Y0	0x02	Подтяжка X → “+”, Y → “0”
LTR114_CHECKMODE_X0Y5	0x04	Подтяжка X → “0”, Y → “+”

- res_data – массив с результатами измерений. Сначала сохраняются все результаты для первого тестируемого канала в том порядке, как режимы указаны в таблице режимов check_mode, затем для второго и т.д.
- size – после выполнения функции здесь содержится реальный размер массива res_data.

Возвращаемое значение:

Код ошибки.

4.3.4.2. Режим измерения ИОН внешним вольтметром

Формат: INT LTR114_SetRef(PLTR114 hnd, INT range, BOOL middle)

Назначение: Переводит модуль в режим, предназначенный для измерения внутреннего источника опорного напряжения модуля с помощью внешнего вольтметра. Используется только при проверке модуля. В этом режиме модуль подключает ИОН к контактам 22 и 3.

Внимание!: Данная функция должна вызываться только когда модуль находится в состоянии ожидания. После вызова данной функции модуль находится в заданном режиме до вызова [LTR114_Stop\(\)](#).

Передаваемые параметры:

- hnd – указатель на экземпляр структуры [TLTR114](#).
- range – диапазон, для которого измеряется значение ИОН.
- middle – если TRUE – то выставляется средняя точка в половину шкалы, иначе – предел шкалы. Не имеет значения для диапазона в 10В (всегда выдает 4.2 В).

Приблизительное значение ИОН в зависимости от параметров функции:

range	middle	Значение ИОН
LTR114_URANGE_10	-	4.2 В
LTR114_URANGE_2	FALSE	2 В
LTR114_URANGE_2	TRUE	1 В
LTR114_URANGE_04	FALSE	0.4 В
LTR114_URANGE_04	TRUE	0.2 В

Возвращаемое значение:

[Код ошибки](#) .

4.3.5. Функции вспомогательного характера

4.3.5.1. Текстовое сообщение об ошибке

Формат: LPCSTR LTR114_GetErrorString(INT error)

Назначение: Получить сообщение об ошибке в текстовом виде.

Функция возвращает строку содержащую сообщение об ошибке, соответствующее переданному в функцию коду ошибки.

Передаваемые параметры:

- error – код ошибки .

Возвращаемое значение:

- указатель на константную строку, содержащую сообщение об ошибке.

4.3.5.2. Версия библиотеки

Формат: WORD LTR114_GetDllVer()
Назначение: возвращает версию используемой библиотеки в виде двухбайтового числа в формате: <старший байт>.<младший байт> Текущая версия – 1.5 (0x105). Версия библиотеки должна соответствовать версии заголовочного файла (константа LTR114_HDR_VER).
Возвращаемое значение: <ul style="list-style-type: none">Версия библиотеки.

4.3.6. Вспомогательные макросы

4.3.6.1. Определение частоты дискретизации АЦП по описателю модуля

Формат: LTR114_FREQ(hltr)
Назначение: определение частоты дискретизации АЦП по описателю модуля.
Передаваемые параметры: <ul style="list-style-type: none">hltr – описатель модуля (переменная типа <i>TLTR114</i>).
Возвращаемое значение: <ul style="list-style-type: none">частота дискретизации АЦП в герцах (число типа float)

4.3.6.2. Определение частоты дискретизации логического канала по описателю модуля

Формат: LTR114_FREQ_CHANNEL(hltr)
Назначение: определение частоты дискретизации логического канала по описателю модуля
Передаваемые параметры: <ul style="list-style-type: none">hltr – описатель модуля (переменная типа <i>TLTR114</i>).
Возвращаемое значение: <ul style="list-style-type: none">частота дискретизации для логического канала в герцах (число типа float)

5. Версии библиотеки

Версию библиотеки можно получить, вызвав функцию *LTR114_GetDllVer()*.

Текущей версией библиотеки является версия 1.5.

Описание произведенных изменений содержится в следующей таблице:

Версия	Изменения
1.3	Первая завершенная версия библиотеки. Начиная с данной версии была введена функция <i>LTR114_GetDllVer()</i> и ведется отсчет версий.
1.4	Добавлены поля <i>Active</i> и <i>Reserve</i> в структуре <i>TLTR114</i> . Добавлен новый код ошибки <i>LTR114_ERR_ALREADY_RUN</i> , который возвращает библиотека при попытке запуска сбора данных в случае, если сбор уже запущен.
1.5	Начиная с данной версии первый вызов <i>LTR114_Start()</i> приводит к проведению начальной автокалибровки модуля перед непосредственным запуском сбора данных, если с момента открытия модуля ни разу не был произведен вызов <i>LTR114_Calibrate()</i> . Добавлен бит <i>LTR114_FEATURES_CBR_DIS</i> в поле <i>SpecialFeatures</i> для запрещения данного механизма. Автоматическая настройка <i>OSR</i> теперь выполняется всегда, если в <i>SpecialFeatures</i> не установлен флаг <i>LTR114_MANUAL_OS</i> .

6. Пример работы с модулем

Ниже приведен пример работы с модулем LTR114. Этот пример демонстрирует общий алгоритм работы с модулем. Для простоты пример реализует только один режим. В примере модуль производит измерения напряжений с двух каналов в режиме работы с начальной автокалибровкой.

Пример написан в среде MS Visual Studio 2005. Он предполагает, что к проекту подключена библиотека *ltr114.lib*, а так же, что в папке *ltr\include* находятся заголовочные файлы *ltr114api.h* и *ltrapi.h*.

Данный пример можно скачать с сайта L-Card в разделе [ПО для разработчика](#). Помимо этого там же вы можете скачать примеры работы с модулем в *LabView*, *Borland Delphi* и *Borland C++ Builder*.

```
/* Пример работы с модулем LTR114
   данный пример демонстрирует работу с модулем в многоканальном режиме
   при начальной автокалибровке
*/

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <windows.h>
#include <conio.h>

#include "ltr\include\ltr114api.h"
#include "ltr\include\ltrapi.h"

#define SLOT_NUM    CC_MODULE1
#define FRAME_CNT   10 //количество принимаемых кадров за один вызов LTR114_Read()
#define READ_CNT    10 //количество вызовов LTR114_Read()
#define RECV_TIMEOUT 1000

static void printf_oem(char *s)
{
    /* вывод строки в кодировке DOS */
    char *pstr;
    pstr = malloc((strlen(s) + 1) * sizeof(char));
    if (pstr != NULL)
    {
        CharToOem(s, pstr);
        printf(pstr);
        free(pstr);
    }
}
```

```

    }
}

int main()
{
    INT res;
    LTR114 hltr114; //объявление описателя модуля
    char temp_str[255];

    WORD ver = LTR114_GetDllVer();

    sprintf(temp_str, "Версия библиотеки : %d.%d \n", (ver&0xFF00) >> 8, ver&0xFF);
    printf_oem(temp_str);

    if (ver!=LTR114_HDR_VER)
    {
        sprintf(temp_str, "Не совпадает версия библиотеки и заголовка!! Версия заголовка: %d.%d \n", (LTR114_HDR_VER&0xFF00) >> 8,
            LTR114_HDR_VER&0xFF);
        printf_oem(temp_str);
    }
    else
    {
        //инициализация полей описателя значениями по умолчанию
        res = LTR114_Init(&hltr114);
        if (res == LTR_OK)
        {
            //устанавливаем связь с модулем, находящимся в слоте SLOT_NUM в первом найденном крейте
            res = LTR114_Open(&hltr114, SADDR_DEFAULT, SPORT_DEFAULT, "", SLOT_NUM);
            //если модуль используется - выводим предупреждение
            //но все равно продолжаем работу
            if (res == LTR_WARNING_MODULE_IN_USE)
            {
                res = LTR_OK;
                printf_oem(LTR114_GetErrorString(res));
            }
            if (res == LTR_OK)
            {
                printf_oem("Модуль открыт успешно\n");
                //получаем информацию о модуле
                res = LTR114_GetConfig(&hltr114);
                if (res == LTR_OK)
                {
                    printf_oem("Информация о модуле:\n");
                    sprintf(temp_str, "    Название модуля: %s\n    Серийный номер: %s\n", hltr114.ModuleInfo.Name,
                        hltr114.ModuleInfo.Serial);
                }
            }
        }
    }
}

```

```

printf_oem(temp_str);
sprintf(temp_str, "    Версия прошивки MCU: %d.%d\n    Версия прошивки ПЛИС: %d\n",
    (hltr114.ModuleInfo.VerMCU&0xFF00)>>8, hltr114.ModuleInfo.VerMCU&0xFF, hltr114.ModuleInfo.VerPLD);
printf_oem(temp_str);

hltr114.FreqDivider = 4; //частота дискретизации АЦП 2КГц
hltr114.LChQnt = 2;     //2 логических канала
//снимаем напряжение с первого канала, диапазон +/- 10 В
hltr114.LChTbl[0] = LTR114_CreateLChannel(LTR114_MEASMODE_U, 0, LTR114_URANGE_10);
//и с 16-го, диапазон +/- 0.4 В
hltr114.LChTbl[1] = LTR114_CreateLChannel(LTR114_MEASMODE_U, 15, LTR114_URANGE_04);
hltr114.SyncMode = LTR114_SYNCMODE_INTERNAL; //внутренняя синхронизация
hltr114.Interval = 0; //без межкадрового интервала

//передаем настройки модулю
res = LTR114_SetADC(&hltr114);
if (res == LTR_OK)
{
    //производим начальную калибровку модуля
    res = LTR114_Calibrate(&hltr114);
    if (res == LTR_OK)
    {
        //кол-во слов за одно чтение = кол-во кадров * размер кадра
        INT size = FRAME_CNT * hltr114.FrameLength;
        DWORD* recv_data;
        double* proc_data;

        printf_oem("Начальная автокалибровка выполнена\n");
        //выделение памяти под принимаемые данные и обработанные данные
        recv_data = (DWORD*)malloc(size*sizeof(DWORD)); //принимаем size слов
        //в результирующем массиве будет LChQnt слов на кадр
        proc_data = (double*)malloc(FRAME_CNT*hltr114.LChQnt*sizeof(double));

        if ((recv_data!=NULL) && (proc_data!=NULL))
        {
            //запуск модуля
            printf_oem("Для запуска сбора данных нажмите любую клавишу...\n");
            getchar();
            res = LTR114_Start(&hltr114);
            if (res == LTR_OK)
            {
                INT i;
                for (i=0; i < READ_CNT; i++)
                {
                    //обновляем size, так как в цикле он изменяется в process_data
                    size = FRAME_CNT * hltr114.FrameLength;
                    //прием данных от модуля

```

```

res = LTR114_Recv(&hltr114, recv_data, NULL, size, RECV_TIMEOUT);
if (res == 0) //данные не приняты
{
    sprintf(temp_str, "!! READ %d. Error: не приняты данные \n", i);
    printf_oem(temp_str);
}
else if (res > 0)
{
    //печатаем сообщение, если принято меньше данных, чем size
    if (res < size)
    {
        sprintf(temp_str, "!! READ %d. Warning! Приняты не все данные. \
            Принято: %d; Запрашивалось: %d", i, res, size);
        printf_oem(temp_str);
        size = res;
    }

    res = LTR114_ProcessData(&hltr114, recv_data, proc_data, &size,
        LTR114_CORRECTION_MODE_INIT, LTR114_PROCF_VALUE);

    if (res == LTR_OK)
    {
        INT j;
        for (j = 0; j < size; j+=hltr114.LChQnt)
        {
            sprintf(temp_str, ">> READ %d, FRAME %d, LC1_DATA = %6.4f, LC2_DATA = %6.5f \n",
                i, j/hltr114.LChQnt, proc_data[j], proc_data[j+1]);
            printf_oem(temp_str);
        }
    }
    else //выводим ошибку при обработке данных
    {
        sprintf(temp_str, "!! READ %d. Error : %s!! \n", i, LTR114_GetErrorString(res));
        printf_oem(temp_str);
    }
}
else //выводим ошибку при обработке данных
{
    sprintf(temp_str, "!! READ %d. Error : %s!!", i, LTR114_GetErrorString(res));
    printf_oem(temp_str);
}
}
//останов модуля
res = LTR114_Stop(&hltr114);
} //if Start
//освобождение динамических массивов
free(recv_data);

```

```
        free(proc_data);
    }
    else //if ((recv_data!=NULL)&&(proc_data!=NULL))
        printf_oem("Ошибка выделения памяти \n");

        } //if Calibrate
    } //if SetADC
} //if GetConfig
if (res!=LTR_OK)
    printf_oem((char*)LTR114_GetErrorString(res));
else
    printf_oem("Сбор данных успешно завершен \n");
    res = LTR114_Close(&hltr114);
} //if Open
} //if Init
if (res!=LTR_OK)
    printf_oem((char*)LTR114_GetErrorString(res));

}
printf_oem("Для выхода нажмите любую клавишу \n");
getchar();
}
```

7. Проверка работы модуля в UTS

Для проверки работоспособности различных режимов работы модулей *LTR* может использоваться общая для всех модулей демонстрационная программа *UTS*, которую пользователь может скачать с [сайта L-Card](#) в разделе «Программное обеспечение».

Общий подход к работе с модулями в данной программе выглядит следующим образом. Программа *UTS* запускается после запуска сервера *LTR*. В меню *Module* отображаются все найденные модули *LTR* (для повторного поиска модулей можно выбрать в меню *System* пункт *Connect*). Далее выбирается нужный модуль (рис. 6.1).

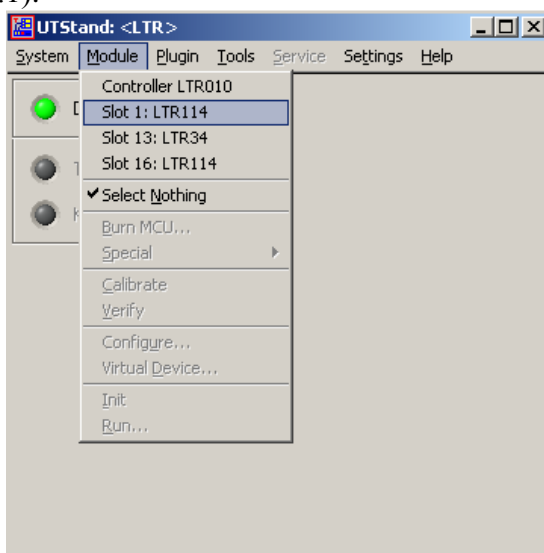


Рис 6.1. Выбор модуля в программе UTS

После этого производится его настройка, для чего служит пункт меню *Module->Configure...*. Окно настроек модуля LTR114 показано на рис. 6.2.

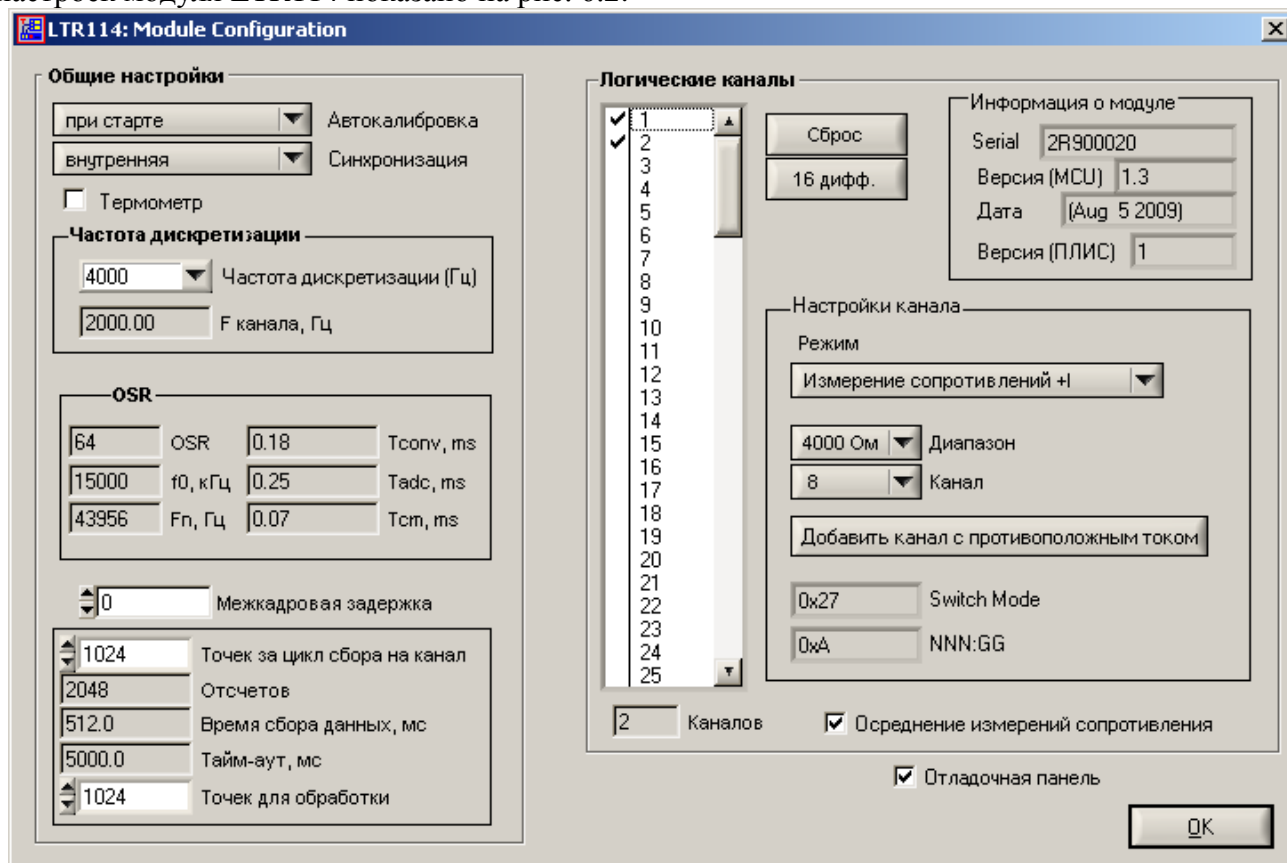


Рис 6.2. Окно настроек модуля LTR114

Справа сверху отображается информация о модуле (серийный номер, номера версий прошивки контроллера и ПЛИС).

В левой половине вы можете настроить общие настройки модуля: режим автокалибровки, режим синхронизации, межкадровую задержку, включить сбор с термодатчика, установить частоту дискретизации модуля. В UTS возможно выбрать частоту дискретизации лишь из заданного набора частот, однако программно можно установить любую частоту, получаемую по формуле, которая приведена в описании поля *FreqDivider* структуры *TLTR114*). В соответствии с установленной частотой программа отображает частоту сбора для одного логического канала, а так же значение OSR АЦП (описание поля *AdcOsr*), время преобразования (T_{conv}), период сбора (T_{adc}) и полученное время коммутации ($T_{cm} = T_{adc} - T_{conv}$).

Так же возможно выбрать кол-во точек, принимаемых за один цикл сбора, и какое кол-во из них будет использоваться для вывода результатов измерения, на основании чего отображается время сбора одного цикла.

В правой части содержатся настройки каналов. В таблицу заносятся только каналы, отмеченные в списке галкой. Для каждого канала выбирается режим измерения, диапазон и номер физического канала. Пользовательскими режимами являются режим измерения напряжения («дифференциальный вход») и режимы измерения сопротивлений с положительным и отрицательным направлением токов (+I/-I).

Режимы «Тест X – 0, Y – 0», «Тест X – 5, Y – 0», «Тест X – 0, Y – 5» используются для *проверки цепей на обрыв и короткое замыкание*. Режимы «+/- (DAC1-DAC2) (среднее) с выд. напр.» используются для выдачи опорного напряжения и могут использоваться при поверке модуля. Остальные режимы используются самим модулем при постоянной автокалибровке (при измерении модулем внутреннего источника и нуля) и вынесены лишь для их тестирования.

Для использования режима *измерения сопротивления со знакопеременным током* можно настроить один канал нужным образом, а затем нажать «Добавить канал с противоположным током». В результате чего логический канал, следующий за выбранным, будет настроен таким же образом, но с противоположным направлением тока. Кроме того нужно установить галку в пункте «Осреднение измерений сопротивления».

После настройки модуля может быть запущен один из модулей измерения, общих для модулей LTR: мультиметр (пункт меню *Service->Multimetr...*), который отображает результаты измерений по каждому логическому каналу и осциллограф (*Service->Oscilloscope*), который отображает снятый сигнал во времени или его спектр в частотной области.

Ниже показан пример работы осциллографа в режиме измерения спектра:

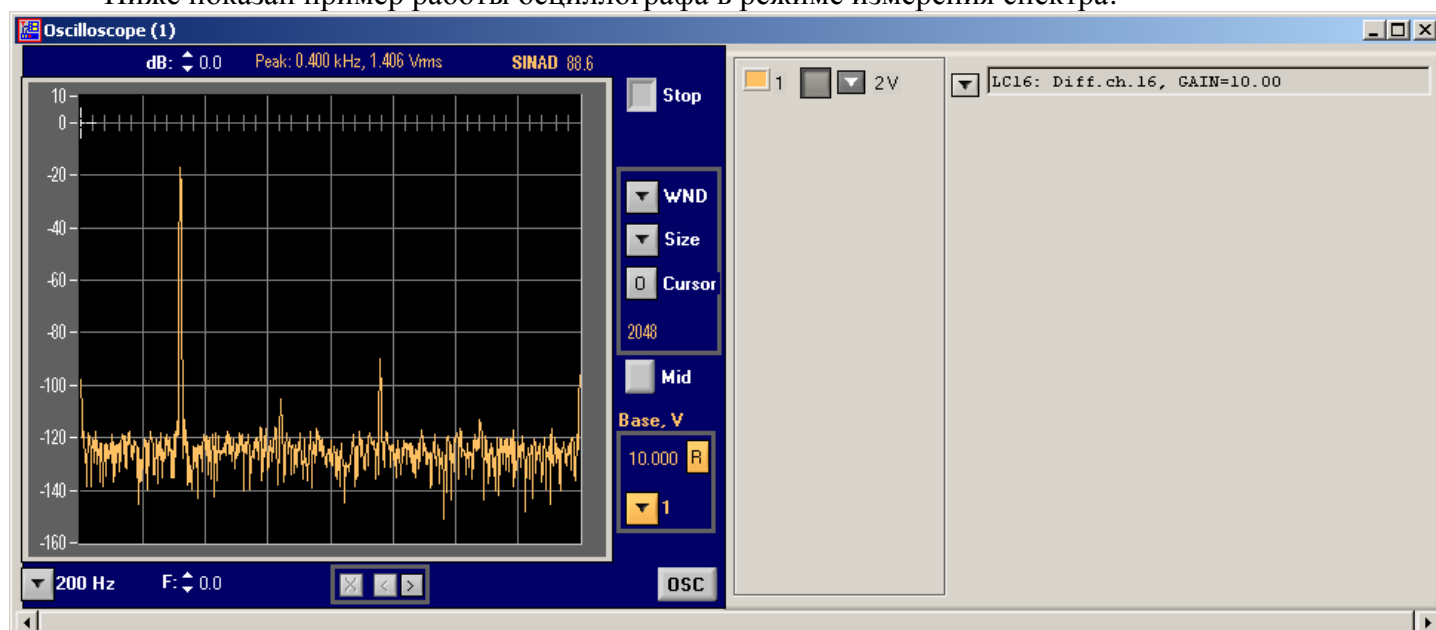


Рис 6.3. Работа осциллографа в режиме отображения спектра