E-310

РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

USB - Специализированный модуль генератор, предназначенный для прямого синтеза сигнала синусоидальной, треугольной и прямоугольной форм, в диапазоне от 0 Гц до 10 МГц, с автоматическим сканированием по частоте в заданном диапазоне. С выходом для непосредственного подключения согласованной 50 Ом нагрузки, развитой системой внешней синхронизации и тактирования.

Основные черты изделия:

- Одноканальный генератор на основе прямого синтеза сигнала, диапазон синтезируемых частот от 0 Гц до 10 МГц.
- Формы выходного сигнала – синус, треугольник, меандр.
- Три разъёма выходного сигнала – с импедансом 50 Ом, с импедансом 10 Ом, TTL - 5 В.
- Частотомер с программной установкой порога.
- Входы и выходы для реализации внешней синхронизации.
- Возможность соединения нескольких модулей с общими сигналами синхронизации.
- Четыре входа встроенного в ARM АЦП.

L-Card

Автор руководства:

Усанов В.А.

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

E-Mail:

Отдел продаж: sale@lcard.ru

Техническая поддержка: support@lcard.ru

Отдел кадров: job@lcard.ru

Общие вопросы: lcard@lcard.ru

Отдел производства: pro@lcard.ru

Представители L-Card:

Украина:	**ХОЛИТ Дэйта Системс**	http://www.holit.ua, (044) 241-6754
Казахстан:	**АСК Импульс**	ask-impuls@mail.ru (727) 261-21-93
Санкт-Петербург:	**Автэкс-СПБ** **Ниеншанц-Автоматика**	http://www.autex.spb.ru (812) 567-7202 ipc@nnz.ru (812) 567-72-02
Новосибирск:	**Сектор-Т**	http://www.sector-t.ru, (383-2) 396-592
Екатеринбург:	**Аск**	http://www.ask.ru
Казань:	**ООО Шатл**	shuttle@kai.ru, (8432) 38-1600
по России и СНГ:	**Авеон**	aveon@aveon.ru +7(343) 381-75-75
Пенза:	**НПП Технолинк**	http://www.tl.ru/ru/departments/industry/ (8412) 49-10-59

Ревизия документа: 1.0.0
Июнь 2011 г.

Модуль **E-310** © Copyright 2010, ЗАО Л-Кард. Все права защищены.

История ревизий настоящего документа

Дата	Ревизия документа	
06.2011	1.0.0	Первая доступная пользователю ревизия.

Глава 1. О чем этот документ.

Настоящий документ описывает электрические и интерфейсные характеристики программно-аппаратного устройства *E-310*, разъясняет принципы его функционирования и варианты использования, содержит описание и комплектность устройства и его программного обеспечения.

1.1. Дополнительная документация.

Настоящее *руководство пользователя* – это только часть системы документации. При работе Вам могут понадобиться также следующие документы:

- *Руководство программиста* [1]описывает библиотеки функций, примеры их использования и методические замечания по программированию аппаратуры в различных средах разработки и под различными ОС.

Глава 2. Общее знакомство.

В этой главе пользователь может ознакомиться с назначением устройства **E-310**, узнать о необходимом и опциональном оборудовании, содержании поставки ПО на CD-ROM, а также получить сведения о том, что нужно для начала работы.

2.1. Назначение и потребительские свойства.

E-310 является малогабаритным многофункциональным модулем – генератором прямого синтеза частоты (далее по тексту DDS), присоединяемым к компьютеру через USB-интерфейс. Модуль построен на основе 32-битного ARM-микроконтроллера AT91SAM7S64 производитель Atmel и сканирующего генератора (Programmable Frequency Scan Waveform Generator) типа AD5932 производитель Analog Devices.

Модуль **E-310** предназначен для генерации сигнала синусоидальной, треугольной и прямоугольной форм в диапазоне от 0 Гц до 10 МГц с минимальным шагом около 3 Гц. Как в качестве одиночного генератора, так и как часть многоканальной системы сбора данных выдачи сигналов, аналогового и цифрового управления.

Возможность автоматического сканирования (перестраивания) по частоте, гибкие функции цифрового ввода-вывода и четырёхканальный аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) для оценочных измерений.

Малые габариты модуля и использование широко распространенного интерфейса USB делают **E-310** удобным для организации полевых измерений, требующих высокую степень мобильности.

Весомым дополнением ко всему выше перечисленному является низкая стоимость модуля при сохранении высокой стабильности синтезируемого сигнала, открытость архитектуры E-310 (и программных кодов с комментариями) с возможностью пользовательского низкоуровнего программирования ARM, подробность поставляемой документации.

Важнейшие потребительские свойства **E-310:**

- Диапазон частот генерируемого сигнала от 0 Гц до 10 МГц.
- Гибкие возможности задания автоматических режимов сканирования частот, позволяют изменять частоту с шагом от минимального до половины полного диапазона с заданием количества шагов инкремента частоты от 2 до 4095 шагов и заданием времени генерации частоты на каждом шаге от 40 нс. до 20,5 мс.
- Широкий набор возможностей синхронизации старта и инкремента частоты сканирования: по программным событиям (например, по таймеру), по внешнему сигналу старта, по внешнему сигналу инкремента, немедленное прерывание сканирования по программному событию или по внешнему сигналу. Вывод сигналов старта, прерывания и инкремента сканирования на внешний разъём для синхронизации работы нескольких модулей. Синхронизация может осуществляться от одного модуля являющегося "ведущим" на несколько "ведомых", каждый модуль может быть "ведомыми" по отношению к другому модулю или независимому сигналу синхронизации, входы синхронизации TTL 5 В совместимы.
- Выход, согласованный с нагрузкой 50 Ом, амплитуда сигнала на нагрузке от +4 дБ до -30 дБ программно устанавливаемая;
- Выход на низкоомную не согласованную нагрузку – амплитуда сигнала на нагрузке 600 Ом от 3,464 В до 0,0691 В программно устанавливаемая, минимальный импеданс нагрузки для этого выхода 10 Ом;
- Выход прямоугольного сигнала "Меандр" TTL уровня (+5 В) синхронно с синусоидальным сигналом, переключение уровней происходит в моменты перехода синусоиды "через ноль", фронт не более 10 нс, при токе нагрузки до 20 мА.

- Вход частотомера - измеряемая частота от 0 Гц до 96 МГц, допустимое напряжение входного сигнала ±5 В, программно устанавливаемый порог входного формирователя.
- Двунаправленные входы/выходы синхронизации, управляющие стартом, инкрементом и прерыванием сканирования. Эти функции реализуются в модуле программно или от внешнего сигнала пользователя или в режиме ведущего/ведомого в многомодульном режиме.
- Вход дополнительного АЦП, четыре входа с максимальной частотой дискретизации до 10 МГц и входным диапазоном от 0 В до 3,3 В.
- Двунаправленный вход/выход частоты дискретизации DDS, предоставляет пользователю возможность подавать внешнюю, по отношению к модулю, частоту тактирования DDS или использовать модуль как источник сигнала тактирования в многомодульном режиме.
- Цифровые линии пользователя общего назначения – 12 линий, или в альтернативном режиме реализация интерфейсов SPI, USART, TWI.
- Четыре напряжения питания маломощных устройств пользователя – два "цифровых" напряжения +5 В и +3,3 В, и два "аналоговых" +5 В и -5 В.
- Внутренняя архитектура управления **E-310** на основе ARM-контроллера AT91SAM7S64 (частота ядра 48 МГц, ОЗУ 16 кБ, поддержка USB, JTAG).
- Открытость архитектуры E-310 (низкоуровневое описание и исходные тексты могут быть предоставлены по запросу). Возможность пользовательского низкоуровнего программирования ARM. Возможность обновления программы как через USB, так и непосредственного программирования ARM через JTAG. (JTAG-программатор в комплект поставки не входит).
- Возможно применение в качестве автономного устройства сбора данных и управления в варианте с внешним питанием +5 В для осуществления пользовательских алгоритмов реального времени.
- При низкоуровневом программировании, Вы имеете возможность напрямую использовать протокол управления DDS синтезатором. Управлять переключением уровней выходного сигнала, установкой постоянной составляющей выходного сигнала, узлами сбора данных (АЦП, цифровыми линиями). Протокол управления основан на применении стандартных периферийных интерфейсов ARM-контроллера (SPI, USART, SSC), имеющих прямой доступ к памяти (DMA) контролера, что упрощает задачу программирования.

2.2. Внешний вид модуля.

Рис. 2-1: Внешний вид.

На Рис. 2-1 представлен внешний вид модуля в проекциях сверху и снизу.

- Маркировкой DIGITAL обозначен разъём для подключения цифровых сигналов. Соответственно, USB – разъём для интерфейсного USB-кабеля (входит в комплект поставки). GL – индикатор «Good Link», показывающий состояние связи по интерфейсу USB.

Разъёмы BNC промаркированы следующим образом (с низу вверх):

- "Частотомер" – вход для подключения сигнала измеряемой частоты.
- ."Выход 10 Ом" – выход генератора с низким импедансом для подключения не согласованной, имеющей импеданс минимум 10 Ом нагрузки.
- "Выход 50 Ом" – выход генератора, имеющий импеданс 50 Ом и предназначенный для подключения согласованной нагрузки
- "Выход меандр" – прямоугольного сигнала TTL уровня (+5 В) синхронно с синусоидальным сигналом.

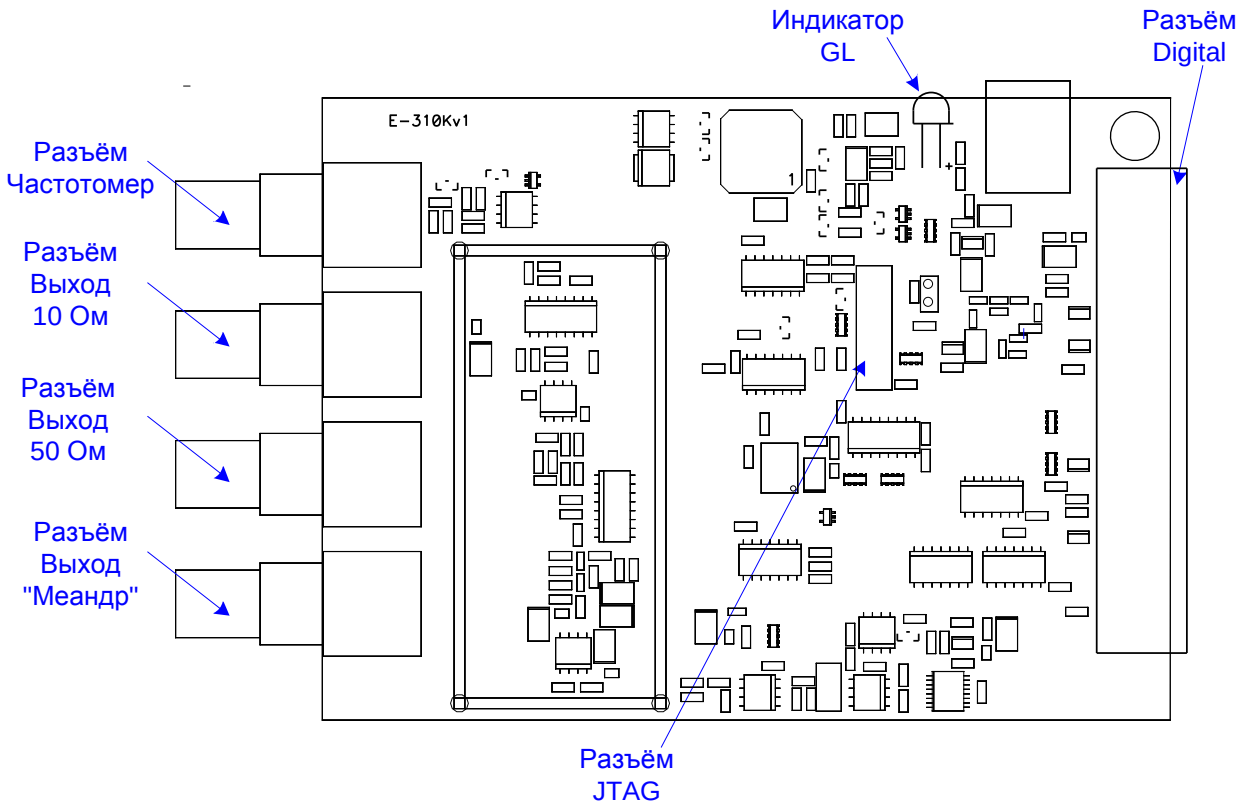


Рис. 2-2: Внешний вид печатной платы

На Рис. 2-2 приведен внешний вид платы[1] модуля **E-310** и показано расположение только существенных для конфигурации и подключения элементов. Принципиально, корпус **E-310** не пломбируется и, при условии аккуратного и умелого обращения, пользователю предоставляется возможность разобрать корпус и изменять программу ARM с помощью подключения JTAG эмулятора.

2.3. Автономная работа модуля E-310.

Для удобства использования модуля как для работы с компьютером по USB, так и для автономной работы, программное обеспечение модуля разделено на две части, Boot loader и Firmware. Boot loader стартует после подачи питания и снятия аппаратного сброса и обеспечивает связь модуля с компьютером по USB. Обнаружив активность на шине USB, boot loader принимает решение, что модуль работает совместно с компьютером и переходит в режим ожидания команды от программы пользователя. Если в течение четырёх секунд boot loader не обнаружит активности на интерфейсе USB, он считает, что модуль работает автономно и передаёт управление firmware, которое собственно и является управляющей модулем частью программы. Firmware может быть изменена (прошита) через USB с помощью соответствующей функции boot loader и программы "прошивки". Программное обеспечение модуля, можно изменить из какой либо среды разработки подключив к модулю JTAG эмулятор. Нужно учитывать, что в случае изменения boot loader работоспособность модуля с USB может быть нарушена. Подробные сведения о программировании модуля приводятся в руководстве программиста.
Внимание! Подключать и отключать разъём JTAG разрешается только при выключенном питании модуля **E-310**.

[1] в корпус плата помещается в 'перевернутом' виде - так, что разъем USB видится смотрящим вниз.

2.4. Комплектация модуля.

Таблица 2-1: Основной комплект поставки.

Комплектующая единица	**Количество, шт.**	**Примечание**
Генератор **E-310.**	1	
Кабельная часть разъема *DB-37F*	1	для изготовления пользователем кабеля подключения сигналов к цифровым сигналам и входам АЦП модуля.
Кабель USB - тип A-B, 28AWG-24AWG[2] длиной 1.3…2.0 м	1	
L-Card CD-ROM с документацией и программным обеспечением[3]	1	

Таблица 2-2: Дополнительный комплект поставки (если специально оговорено при заказе).

Комплектующая единица	**Количество, шт.**	**Примечание**
Кабель MT-LINK-CAB	1	Для подсоединения программатора MT-LINK

Таблица 2-3: Дополнительное оборудование, которое Вы можете приобрести у сторонних поставщиков (L-CARD его не поставляет).

Комплектующая единица	**Примечание**
JTAG-программатор MT-LINK с интерфейсом USB	Тестировался в **L-CARD**. Производитель – MT-LINK – Россия
JTAG-программатор J- LINK с интерфейсом USB	Производители – Segger, IAR. Не тестировался в L-Card, но есть основания полагать[4],что MT-Link является функциональным аналогом J-LINK.
Клеммник DB-37F-increaser	Для подключения сигналов без пайки (см. § 2.4.1).

При необходимости использовать хабы, блоки питания к ним, и дополнительные USB-кабели при работе с **E-310** пользователь должен приобретать это оборудование у сторонних фирм-производителей. То же справедливо по отношению к соединительным проводам, дополнительным кабелям, разъемам и соединителям для подключения источников сигналов и организации сетевых интерфейсных связей.

[2] первая цифра в обозначении кабеля USB типа A-B, согласно спецификации USB, свидетельствует о калибре сигнальных проводов, вторая - о калибре питающих. При этом, чем меньше цифра калибра, тем больше сечение.

[3] Последнюю версию документации и программного обеспечения Вы всегда можете найти на сайте **L-Card**

[4] например, согласно информации с сайта фирмы Терраэлектроника

2.4.1. Применение клеммника.

37-контактная плата клеммников DB-37F-increaser позволяет быстро и без использования паяльника коммутировать внешние сигналы к цифровому разъему модуля **E-310**. Допустимое сечение проводов - до 0,75 мм. На плате клеммников имеются отверстия для механического крепления жгутов. Плату клеммников следует применять только при предварительных настройках системы и опытных подключениях. Штатная работа оборудования с заявленными характеристиками требует производить подключение внешних проводов сигнальных цепей путем их *распайки* на кабельные части разъемов.

2.5. Поставка ПО.

ООО "Л Кард" для работы с модулем **E-310** предоставляет пользователю готовую библиотеку *Lusbapi*. Эта библиотека предназначена для работы в операционных средах *Windows'98/2000/XP/Vista/7* и обеспечивает полную функциональную поддержку модуля **E-310.**

2.5.1. Описание библиотеки Lusbapi.

Весь пакет библиотеки *Lusbapi* находится на прилагаемом к модулю фирменном CD ROM'е в базовой директории \USB\Lusbapi. Эту же библиотеку можно также скачать с нашего сайта www.lcard.ru из раздела "Библиотека файлов". Там, в подразделе "ПО для внешних модулей" следует выбрать самораспаковывающийся архив lusbapi*XY*.exe,где *X.Y* означает текущий номер версии программного обеспечения. На момент написания данного руководства последняя библиотека *Lusbapi* имеет версию **3.4**, а содержащий её архив называется lusbapi34.exe.

Ниже в таблице приводится структура расположения на фирменном CD-ROM'е всех составных частей библиотеки *Lusbapi*, относящихся к модулю **E-310** (пути указаны относительно базовой директории \USB\Lusbapi):

Директория	Назначение
DLL	Библиотека Lusbapi с исходными текстами.
DRV	Драйвер USB - устройства и inf - файл.
E-310\EXAMPLES	Тексты и проекты примеров работы с модулем для различных сред программирования.
E-310\DOC	Документация.

Для обеспечения надлежащей работы Ваших приложений с модулем **E-310** рекомендуется скопировать бинарный файл библиотеки \DLL\Bin\Lusbapi.dll в директорию %SystemRoot%\system32, что можно реализовать, воспользовавшись готовым командным файлом \DLL\CopyLusbapi.bat. Это полезно сделать потому, что *Windows'98/2000/XP/Vista/7* при необходимости автоматически производит поиск нужных ей библиотек в указанной директории. Хотя, в принципе, файл библиотеки Lusbapi.dll может находиться в директории конечного приложения или в одной из директорий, указанных в переменной окружения PATH.

Все потребовавшиеся пользователю составные части библиотеки *Lusbapi* (заголовочные файлы, примеры программирования и т.п.) переносятся на целевой компьютер простым копированием необходимых директорий и файлов с поставляемого фирменного диска CD-ROM.

2.5.2. Дополнительное программное обеспечение.

Бесплатная программа ***E310Demo***. Поддерживаемые ОС: *Windows'98/2000/XP/Vista/7*. Эту программу можно найти на фирменном CD-ROM'е в директории \USB\Lusbapi\Examples\E310Demo. Программа ***E310Demo*** при работе с модулем **E-310**

использует библиотеку *Lusbapi*. Программа ***E310Demo*** предназначена для решения с помощью модуля **E-310** ряда общих задач генерации сигналов постоянной частоты, сканирования по частоте, различные виды синхронизации и т.п. В частности, ***E310Demo*** позволяет осуществлять непрерывное сканирование в заданном диапазоне частот.

Глава 3. Инсталляция и настройка

В этой главе приводится информация о том, как подключить **E-310** к компьютеру, сконфигурировать PC и убедиться в корректной работе модуля.

3.1. Подготовка к работе.

3.1.1. Конфигурирование Setup компьютера.

Для надлежащего взаимодействия модуля **E-310** с компьютером Вам, возможно, потребуется разрешить использование прерывания для работы контроллера шины **USB**. Данную настройку следует искать в ***Setup*** компьютера. В различных компьютерах требуемая опция в ***Setup*** может называться по-разному, но нужно найти что-нибудь похожее на меню *"Advanced"* или *"Advanced Chipset Setup"*. Далее могут следовать вложенные подразделы (типа "*PCI Configuration*" и т.п.), в которых необходимо найти строчку похожую на "USB IRQ" и установить её в:

USB IRQ ..... [Enabled]

3.1.2. Драйверы для материнской платы.

Предварительно настоятельно рекомендуется установить "*родные*" драйверы для чипсета Вашей материнской платы. В особенности это касается чипсетов не от ***Intel***, а от ***VIA***, ***SIS***, ***nVidia***, ***AMD+ATI*** и т.д. Обычно эти драйверы можно найти на фирменном CD-ROM, который поставляется вместе с материнской платой. Также их можно скачать из Интернета с сайта производителя.

3.2. Подключение к компьютеру.

Проверьте компоненты изделия на отсутствие механических повреждений. Включите питание компьютера, если оно было выключено, и загрузите операционную систему *Windows'98/2000/XP/Vista/7*. Именно эти операционные системы способны поддерживать корректное функционирование **USB** шины.

Спецификация шины USB [8] предоставляет пользователям реальную возможность работать с периферийными устройствами в истинном режиме ***Plug&Play***. Это означает, что стандартом **USB** предусмотрено *'горячее'* подключение устройства к работающему компьютеру, автоматическое его распознавание операционной системой немедленно после подключения и последующая загрузка соответствующих данному устройству драйверов. Также вполне допускается отключение **USB** устройства от компьютера в любой момент времени и включение компьютера с уже подсоединённым **USB** устройством.

Собственно сама процедура *аппаратного* подключения модуля **E-310** к компьютеру достаточно тривиальна: необходимо просто соединить **USB** разъём модуля с любым свободным **USB** портом компьютера при помощи кабеля, входящего в комплект поставки.

3.3. Установка USB драйверов.

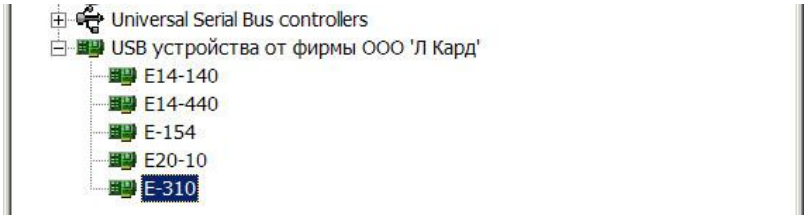
3.3.1. Установка USB драйверов от Lusbapi.

При самом *первом* подсоединении модуля **E-310** к компьютеру с помощью прилагаемого стандартного **USB** кабеля операционная система должна запросить файлы драйвера для *впервые* подключаемого **USB** устройства. Тогда ей необходимо указать *inf*-файл от библиотеки *Lusbapi* с нашего фирменного CD-ROM: \USB\Lusbapi\DRV\Lusbapi.inf. При этом операционная система

сама скопирует все требуемые ей файлы в нужные деректории и сделает все необходимые записи в своём реестре. После чего, система *Windows* должна провести так называемую процедуру *енумерации* **USB** устройства (§ 3.3.2).

3.3.2. Обнаружение модуля.

Как уже говорилось выше, операционная система *Windows* должна произвести так называемую процедуру э*нумерации* ("*enumeration*", т.е. перечисление) для каждого подключаемого **USB** устройства. Такая процедура для **USB** устройств осуществляется динамически по мере их подключения к компьютеру без какого-либо вмешательства пользователя или клиентского программного обеспечения. Во время выполнения э*нумерации* **USB** индикатор модуля – красный светодиод, расположенный рядом с **USB** разъёмом, должен непрерывно мигать, а по окончании постоянно светится красным цветом. Это будет признаком того, что подключённое **USB** устройство корректно опознано операционной системой и полностью готово к дальнейшей работе. Дополнительно проконтролировать правильность распознавания операционной системой подключенного модуля можно в *"Device Manager"* (*"Диспетчере устройств"*). Там в появившемся разделе *"L-Card USB devices"* (*"USB устройства от фирмы 'Л-Кард'"*) должно отображаться устройство "**E-310**", как это, например, отображено на рисунке ниже:



При дальнейшей работе с модулем **E-310** операционная система уже будет знать, где находится драйвер для данного типа устройства, и будет подгружать его автоматически по мере необходимости при подключении изделия к компьютеру.

Глава 4. Обзор аппаратной части и принципы работы.

В этой главе сначала приводится краткое описание аппаратной части, которое дает общее представление о принципах работы **E-310**, затем приводится детализация функциональных особенностей. Данная глава не включает низкоуровневое описание аппаратуры, но вполне достаточна для понимания эксплуатационных свойств изделия.

4.1. Функциональная схема.

На рис. 4-1 представлена функциональная схема.
Функциональная схема **E-310** содержит:

- **Микроконтроллер ARM** типа AT91SAM7S64, этот контроллер осуществляет всё внутреннее управление E-310. Так же он поддерживает интерфейс USB и отладочный интерфейс JTAG. Часть выводов микроконтроллера выведена на внешний разъём модуля и предназначена, по усмотрению пользователя, для организации обмена данными на уровне интерфейсов или как порты общего назначения. Четыре из этих линий являются входами встроенного в ARM 12-ти битного АЦП с входным диапазоном 0 – 3,3 В и могут быть использованы только в этом качестве. Опорная частота, поступающая на тактовый вход ARM, от которой формируются все остальные внутренние частоты, равна половине частоты синхронизации DDS, и составляет 25 МГц.
- **Кварцевый генератор**, синхронизирующий DDS и микроконтроллер. Данные о стабильности частоты преобразования - Таблица 4-2.
- **Регистр управления**, в этот регистр ARM по интерфейсу SSC записывает управляющие коды, от которых зависит текущий режим работы модуля.
- **Входной формирователь частотомера** предназначен для формирования прямоугольных импульсов, предназначенных для счёта, из входного сигнала произвольной формы. Порог преобразования компаратора программно регулируется для согласования с особенностями входного сигнала.
- **Источник питания ± 5** В на сигналах портов PWM микроконтроллера построен источник питания напряжением ±5 В, который используется для питания аналоговых узлов E-310, и может так же питать маломощные устройства пользователя (выходы питания присутствуют на разъеме). Преобразователь имеет плавный старт при включении, защиту по току и может быть отключен в режиме низкого энергопотребления.
- **Последовательный интерфейс SPI** микроконтроллера, используется для управления микросхемой DDS и цифровыми потенциометрами обеспечивающими работу входного формирователя частотомера и установку уровня постоянного смещения на выходе генератора.
- **Микросхема DDS** типа AD5932 производства Analog Devices, установка частоты синтеза, скорость и количество шагов сканирования, осуществляется путём записи управляющих значений в соответствующие регистры DDS. Три сигнала, управляющие поведением DDS, сделаны двунаправленными, это тактовая частота, сигналы начала сканирования "Старт" и прерывания сканирования "Reset". Эти сигналы могут подаваться программно со стороны ARM или аппаратно пользователем через внешний разъём, при этом источник сигнала задаётся программно. Сигнал "метка частоты" формируется DDS и является выходным, может быть применён пользователем для синхронизации моментов времени смены частоты при сканировании. Выход DDS "MSBOut", частота на котором равна частоте основного синусоидального сигнала, уровни соответствуют TTL, а переключения с "0" на "1" и обратно происходят в момент прохождения выходного синусоидального сигнала через "ноль", буферизирован в модуле и выведен на внешний разъём.
- **Выходной усилитель** генератора состоит из: фильтра низких частот седьмого порядка с частотой среза 13 МГц, программно управляемого аттенюатора амплитуды выходного сигнала, усилителя мощности сигнала с выходным импедансом 10 Ом. Сигнал с выхода усилителя подаётся на один

выходной разъём. Сигнал с выхода аттенюатора через резистор 50 Ом на другой выходной разъём для подключения согласованной нагрузки 50 Ом.

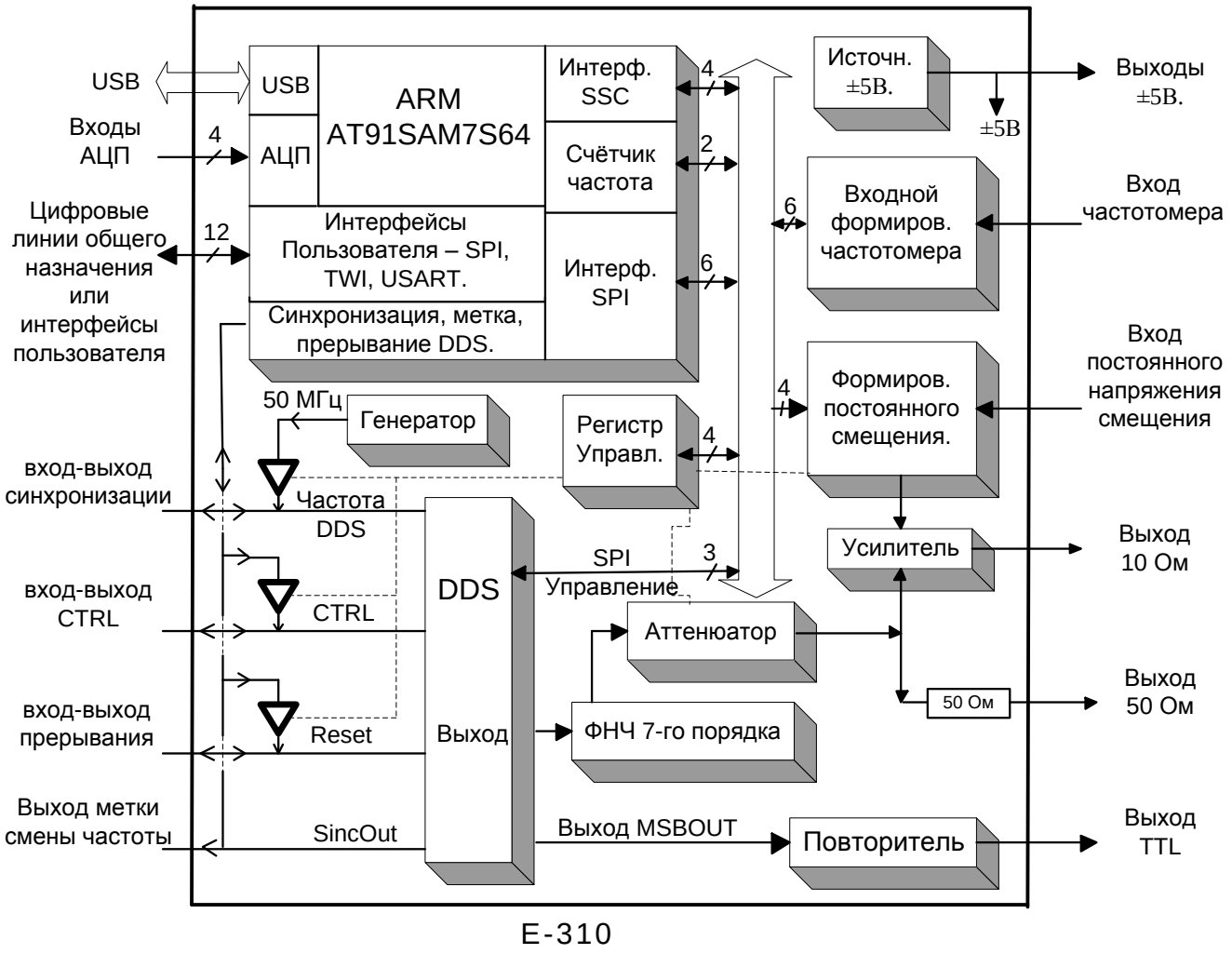


Рис. 4-1: Функциональная схема.

Далее более подробно рассмотрены узлы модуля **E-310**, отображенные на функциональной схеме.

4.2. Узлы модуля.

4.2.1. Синтезатор частоты DDS.

Использованная в модуле микросхема AD5932 представляет собой синтезатор частоты, основой которого являются 24-х битный регистр-накопитель фазы, преобразователь текущей фазы в код амплитуды, 10-ти битный ЦАП, преобразующий код амплитуды в напряжение. Подробную информацию о прямом синтезе частоты можно найти в фундаментальной статье на эту тему или в техническом описании на микросхему (ссылки на оба документа на сайт производителя).

Управление синтезатором осуществляется путём записи соответствующих констант в его регистры (подробно программное управление описано в [1] "Руководство программиста"). Синтезируемая частота будет пропорциональна значению в регистре частоты (Frequency Tuning Word) и частоте дискретизации. Для определения точного соответствия значения в регистре частоты и синтезируемой частоты, удобнее всего воспользоваться интерактивной моделью предоставленной производителем, перейдя по ссылке ADIsim Design/Simulation Tools со страницы продукта. На Рис. 4-2 представлена часть странички интерактивной модели, где хорошо видны все параметры синтезированного сигнала. При целевой частоте 1 МГц и частоте дискретизации 50 МГц, ближайшая возможная для синтеза частота равна 999999,046325684 Гц, при этом значение

в регистре частоты будет 051EB8 в двоично-шестнадцатиричном формате. Так же на модели представлены гармоники сигнала и его вид во временной области.

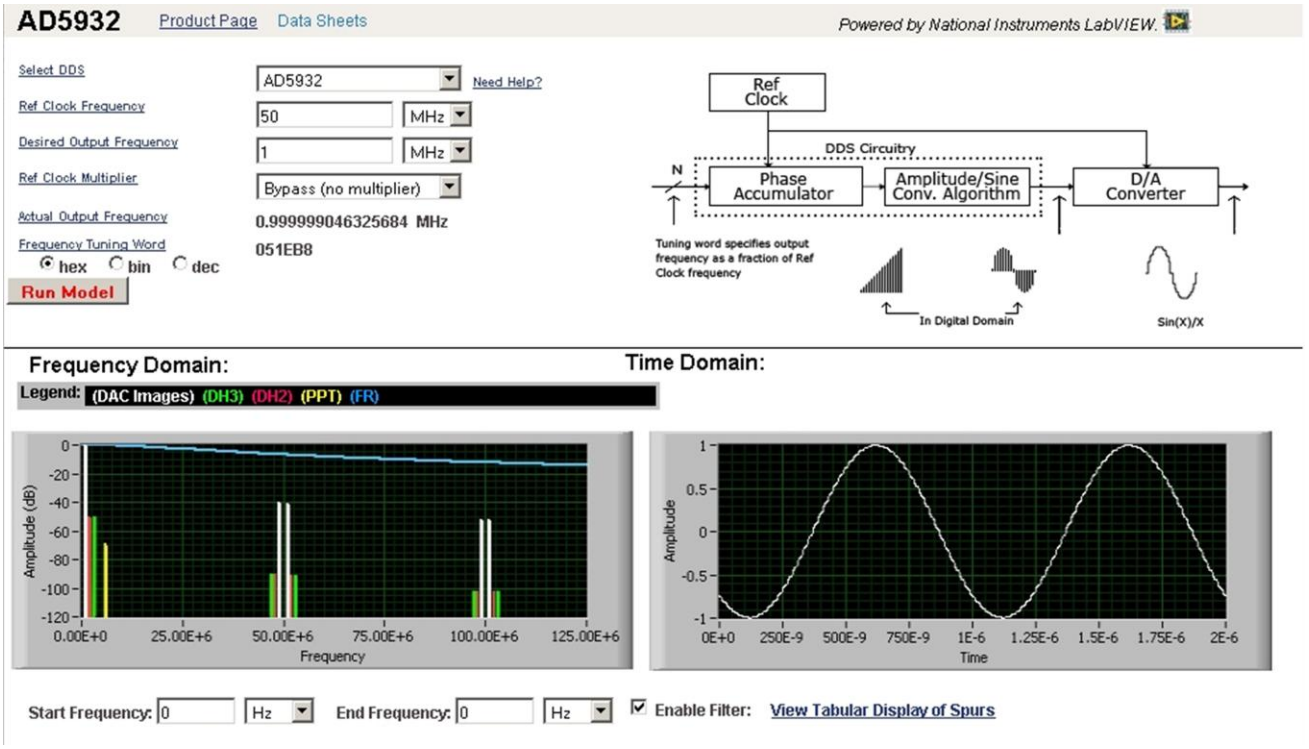


Рис. 4-2: Интерактивная модель.

При необходимости, точное значение синтезируемой частоты и константа для записи в "регистр частоты" могут быть вычислены следующим образом: минимальный шаг сетки частоты – 50E6/2^24=2,98023223877 Гц; ближайшая к искомой частота – 1 МГц/2,98023223877 Гц = 335544,3199999 или 335544 целых раз, реальная частота генерации – 335544*2,98023223877 Гц = 999999,0463258 Гц; и наконец переводим 335544 из десятичной в двоично-шестнадцатеричную систему и получаем – 051EB8 константу для записи в регистр частоты.

Второй главной функцией AD5932 является сканирование (перестройка) частоты. При использовании данной функции задаётся (как описано выше) Fstart (начальная частота), шаг изменения частоты[5] и количество шагов изменения частоты. После запуска сканирования вначале будет выдаваться Fstart (начальная частота), на следующем шаге частота Fstart + Δf(шаг частоты), затем Fstart + Δf + Δf и так далее. Конечную частоту, при этом, можно рассчитать по формуле Fstart + (Nincr × Δf), где Nincr – общее число шагов изменения частоты, максимально 4095 шагов[6].

Интервал времени в течение, которого будет происходить синтез одной частоты при автоматическом сканировании по частоте, может быть задан двумя способами:

- Задание фиксированного количества периодов синусоиды выходного сигнала на каждом шаге изменения частоты, максимально может быть задано 2047 полных периодов, минимально один, дополнительно возможно ввести множитель на 5, 100 или 500.
- Задание фиксированного количества периодов частоты дискретизации в течении которых будет выдаваться фиксированная частота текущего шага. Минимально можно задать 5 максимально 2047 периодов, дополнительно возможно ввести множитель на 5, 100 или 500, таким образом, минимальное время шага изменения частоты будет равно 40 нс максимальное 20,5 мс.

Сканирование по частоте может производиться не только в автоматическом режиме, но и по сигналу на входе CTRL микросхемы, при этом каждый приходящий на этот вход передний фронт сигнала будет вызывать изменение выходной частоты на один шаг. Сигнал на этот вход

[5] Шаг изменения частоты может быть как положительным, так и отрицательным, соответственно меняя знак можно управлять направлением сканирования, увеличение или уменьшение частоты.

[6] Конечная частота не должна превысить максимально возможную.

может быть подан как от ARM, т.е. сформирован программно (например, по таймеру) или по команде пользователя, так и с внешнего источника на цифровой разъём модуля. На цифровом разъёме модуля этот сигнал называется "Ctrl". В режиме автоматического сканирования AD5932 выдаёт сигнал изменения частоты на каждом шаге, этот сигнал "SyncOut" транслируется на цифровой разъём модуля. Таким образом, объединив несколько модулей E-310 назначив один из них ведущим (подав сигнал "SyncOut" одного модуля на входы "Ctrl" других модулей), а остальные ведомыми, можно получить синхронное сканирование нескольких модулей. Второй вариант синхронного сканирования, это объединение сигналов "Ctrl" нескольких модулей, в этом случае один из них назначается ведущим (сигнал "Ctrl" на выход) остальные ведомыми (сигнал "Ctrl" на вход). Сканирование частоты в этом случае будет происходить по команде выданной ARM ведущего модуля. Направление сигнала "Ctrl" на вход или выход (ведущий – ведомый) задаётся программно.

Ещё одним сигналом, выведенным на внешний цифровой разъём и являющимся двунаправленным является сигнал прерывания сканирования "Interrupt". Подача на этот вход переднего фронта импульса в течение процесса сканирования, приводит к немедленному завершению сканирования и установки выходного напряжения генератора в "ноль"[7].

На внешний цифровой разъём выведен и сигнал дискретизации 50 МГц, он так же является двунаправленным. Это позволяет пользователю использовать один сигнал дискретизации для нескольких модулей, используя один из них в качестве ведущего, а остальные, назначив ведомыми. Или используя внешний генератор задавать собственную частоту дискретизации, в этом случае внешняя частота не должна превышать 50 МГц.

Выходной сигнал микросхемы разделён на два канала, аналоговый на который выдаётся синусоидальный или треугольный сигнал и цифровой на котором присутствует TTL сигнал со скважностью 2 "меандр" и фронтами жестко связанными с моментами перехода через ноль сигнала на аналоговом выходе. То есть частота сигнала на этом выходе в каждый момент времени равна частоте на аналоговом выходе. Цифровой выходной сигнал в модуле буферизирован на TTL-CMOS элементе для увеличения нагрузочной способности и выведен на один из BNC разъёмов модуля.
Аналоговый сигнал формируется аналоговым трактом модуля, который и опишем подробно.

4.2.2. Аналоговый тракт.

Аналоговый тракт модуля можно условно разделить на несколько функциональных узлов, рассмотрим блок схему на Рис. 4-3.

Весь аналоговый тракт модуля питается от источника двух полярного напряжения ±5 В, смещение вызванное постоянной составляющей, присутствующей на выходе DDS, компенсировано в усилительном тракте и таким образом выходной сигнал модуля является двух полярным относительно потенциала "аналоговой земли" (GNDA) модуля.

Аналоговый сигнал с выхода DDS AD5932 поступает на высокоимпедансный вход предварительного усилителя, который исполняет две функции, увеличение уровня сигнала до значения необходимого для НЧ фильтра и управление постоянной составляющей сигнала.

Фильтр низких частот модуля состоит из нескольких звеньев, пассивного эллиптического LC фильтра 3-го порядка и активного Sallen-Key фильтра Баттеруорта 3-го порядка. Результирующая частотная характеристика приблизительно соответствует теоретическому фильтру 7-го порядка с плоской характеристикой в полосе пропускания и со спадом 30 дБ на декаду в полосе заграждения. Наибольшее подавление фильтра около – 60 дБ выбрано на частоте дискретизации DDS т.е. 50 МГц, что позволило получить "гладкую" форму выходного сигнала без выраженных ступенек связанных с дискретностью синтеза.

Сигнал с выхода фильтра поступает на вход программно управляемого аттенюатора, который совместно с последующим звеном усилителя тока, образует масштабирующий усилитель, который обеспечивает переключение амплитуды выходного сигнала в широких пределах.

---

[7] Если не задано постоянное смещение на выходе.

Амплитуда полученного выходного сигнала обеспечивает большинство задач, возникающих у пользователя. Учитывая, что основным выходом генератора является согласованный выход 50 Ом, амплитуда выходного сигнала была выбрана с таким расчётом, что бы с этого выхода на нагрузке пользователя номиналом 50 Ом получить значения сигнала нормированные относительно общепринятого нуля децибел. Здесь и далее под уровнем 0 дБ подразумевается уровень СКЗ сигнала 1-ой гармоники 0,77459 В.

Усилитель постоянного смещения замыкает петлю обратной связи с выхода генератора на его вход. Его функцией является автоматическое поддержание на выходе генератора нулевого уровня постоянного напряжения или, что то же самое аналоговой "земли" GNDA модуля.

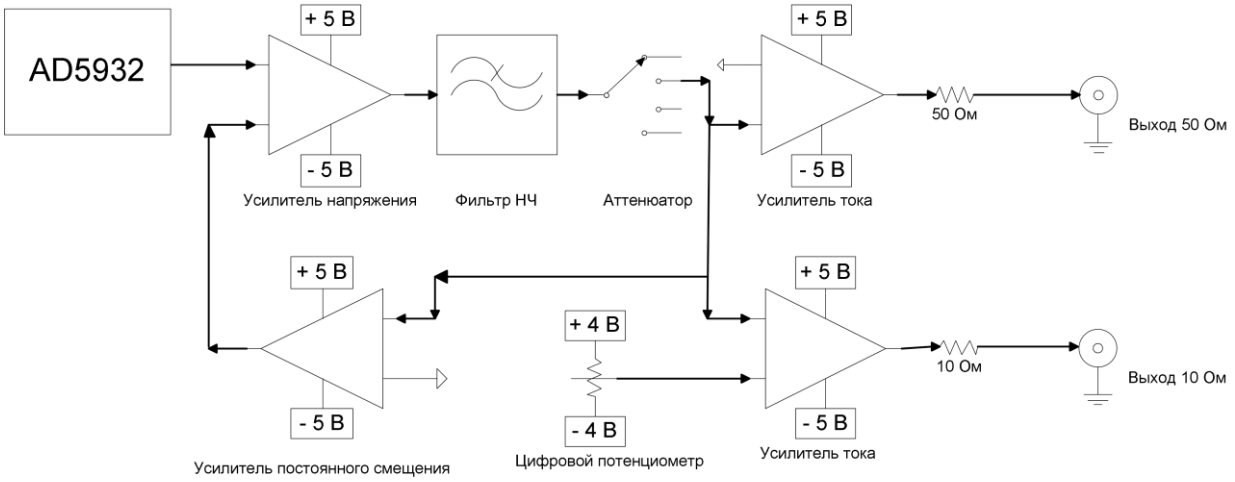


Рис. 4-3: Блок схема аналогового тракта E-310.

Вторым выходом генератора, является выход буферного усилителя, выведенный на отдельный разъём. Выходной импеданс буферного усилителя около 10 Ом, следовательно, нагрузка пользователя, подключённая к этому выходу не должна иметь импеданс менее 10 Ом. Следует так же учитывать, что уменьшение сопротивления нагрузки несколько увеличивает нелинейные искажения выходного сигнала.

Пользователь имеет возможность программно управлять опорным напряжением этого буферного усилителя, изменяя сопротивление цифрового потенциометра, тем самым управляя уровнем постоянного напряжения на его выходе. Предусмотрена возможность подключения этого входа опорного напряжения к цепи внешнего управления. В этом случае пользователь имеет возможность управлять постоянным потенциалом выхода "10 Ом" непосредственно, подавая нужное аналоговое напряжение на соответствующий контакт цифрового разъёма модуля. Такой режим особенно удобен для подачи сигнала на вход, имеющий постоянный потенциал относительно "земляной" цепи, в случае если разделение по постоянному напряжению является не желательным.

4.2.3. Перечень параметров основного тракта.

Все технические характеристики синтезатора совместно с аналоговым трактом, что по совокупности и является собственно генератором, представлены ниже: Таблица 4-1.

Таблица 4-1: Параметры основного тракта.

№	Параметр	Описание	Номинал	Ед.
1	Импеданс выходов	Выход "50 Ом" Выход "10 Ом"	50 ± 0,5 10 + 1	Ом
2	Частота сигнала. Синусоидальной и треугольной форм.	Диапазон синтезируемого сигнала Шаг сетки частот	0 – 10000 2,98023223877	Гц
3	Средний уровень выходного сигнала во всём диапазоне.	На выходе "50 Ом" на нагрузке с импедансом 50±0,5 Ом.	-30; -27; -24; -20; -18; -15; -12, -9; -8; -6; -3; -2; 0; +4	дБ
	Постоянная составляющая.	На выходе "50 Ом" при максимальном уровне выходного сигнала, максимум	± 10	мВ
4	Средняя амплитуда выходного сигнала во всём диапазоне.*	На выходе "10 Ом" на нагрузке сопротивлением не менее 600 Ом.	0,069; 0,098; 0,14; 0,218; 0,275; 0,389; 0,549; 0,775; 0,87; 1,095; 1,547; 1,736; 2,186; 3,464.	В
5	Смещение выхода "10 Ом"	Постоянное смещение на выходе Устанавливается программно с шагом Диапазон внешнего смещения Импеданс входа внешнего смещения	от -4 до +4 312,5 от -4 до +4 1±0,01	В мВ В МОм
	Нестабильность напряжения	Уровня выходного сигнала за 8 часов работы, после установления рабочего режима (15 минут от включения).	± 0,1	дБ
6	Неравномерность в полосе пропускания	Уровня гармонического сигнала в полосе от 0 Гц до 5 МГц. от 5 МГц до 10 МГц.	 ± 0,5 ± 1	дБ
8	Полоса заграждения	Подавление в полосе заграждения: 20 МГц 40 МГц 50 МГц 80 МГц 160 МГц	 -15 -35 -60 -40 -30	дБ
9	Выход "меандр"	Напряжение выхода – TTL Выходное сопротивление Время нарастания и спада фронтов ** Скважность Частота – синфазно с синусоидальным.	5 100±1 10±2 2	В Ом нС -

Примечания:
* Указано амплитудное значение в вольтах, если необходимо учитывать размах сигнала от пика до пика, необходимо значение в столбце "номинал" увеличить в два раза.
** В случае чисто активной нагрузки.

4.2.4. Типовые АЧХ основного тракта.

Типовые амплитудно частотные характеристики тракта представлены на Рис. 4-4. Пунктирной горизонтальной линией на графике представлен средний уровень выходного сигнала

в соответствии с пунктами 3 и 4 Таблица 4-1. Сплошными цветными линиями представлены усреднённые АЧХ тракта для разных диапазонов уровней выходного сигнала.

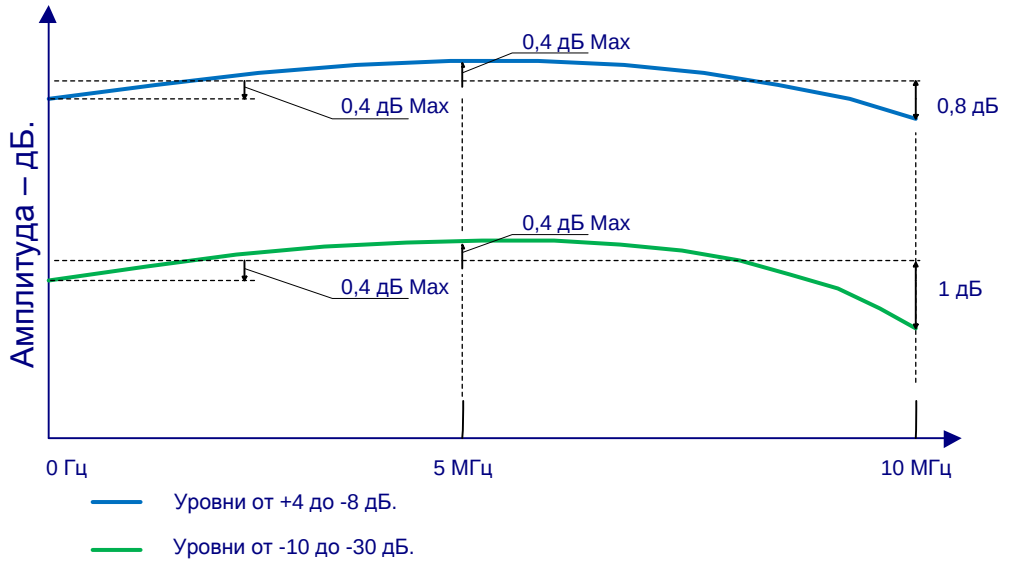


Рис. 4-4:Усреднённые (типовые) АЧХ тракта.

Представленные на графиках АЧХ сняты для "идеального" случая согласованной нагрузки и отражают уровни максимально возможных, при этих условиях, отклонений. В реальной ситуации нагрузка, в общем случае, носит комплексный характер и будет влиять на результирующую АЧХ напряжения, присутствующую на этой нагрузке пользователя.

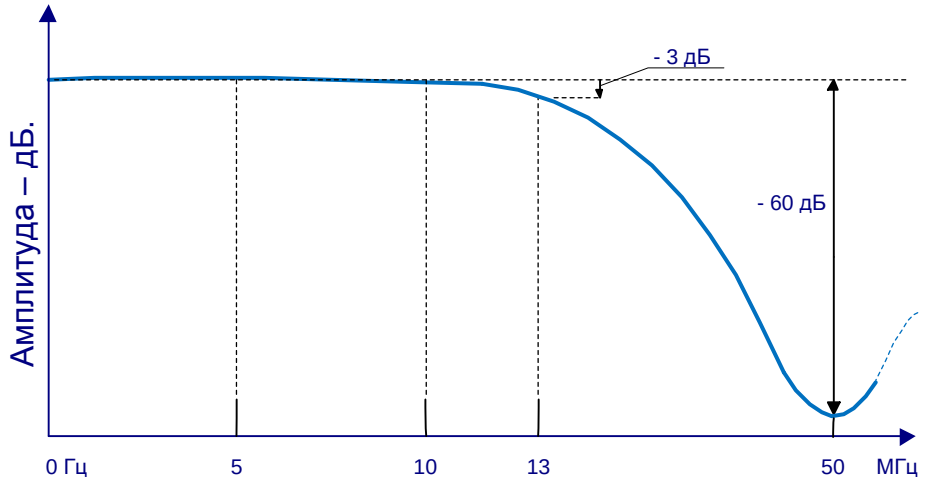


Рис. 4-5: Типовая АЧХ тракта в полосе до 50 МГц.

На графике Рис. 4-5 представлена типовая АЧХ тракта в полосе до 50 МГц, снятая на согласованной нагрузке. На графике хорошо видно, что АЧХ тракта выше 10 МГц определяется в основном аналоговым фильтром 7-го порядка, причём наибольшее подавление этого фильтра настроено на частоту дискретизации 50 МГц. Пользователю следует учитывать, что если модуль используется в режиме с внешней частотой дискретизации, то подавление этой частоты фильтром будет ухудшаться, в соответствии с представленным здесь графиком, по мере удаления этой частоты от 50 МГц.

4.2.5. Узел частотомера.

Измерение частоты модулем происходит путём подсчёта количества импульсов пришедших на счётный вход ARM (счётчик-таймер) за определённый промежуток времени. Как и для любого частотомера основанного на подсчёте количества импульсов, точность измерения частоты будет зависеть от времени, в течение которого производится подсчёт импульсов. Вторым основным фактором, влияющим на точность измерения, является выбор уровня переключения триггера входного формирователя.

Входной формирователь частотомера построен следующим образом, сигнал со входа подаётся на однополупериодный выпрямитель, построенный на операционном усилителе с регулируемым опорным напряжением. Далее сформированные положительные полуволны сигнала поступают на триггер Шмидта, который формирует прямоугольные импульсы с частотой входного сигнала, это позволяет не лимитировать длительность фронтов исследуемого сигнала. Эти импульсы поданы на один из входов программно управляемого мультиплексора, а с его выхода на счётный вход ARM. На другой вход мультиплексора поступает эта же частота, делённая на восемь, таким образом, достигнуто расширение диапазона измеряемых входных частот. Специфические процедуры подсчёта входных импульсов и подсчёта импульсов опорной частоты между входными импульсами, позволяют гибко измерять не только частоту входного сигнала, но и период следования входных импульсов, что расширяет сферу применения данной функции модуля

Описанное построение входного формирователя обеспечивает гибкие настройки для измерения частоты сигналов имеющих малую амплитуду на фоне достаточно большой постоянной составляющей. Чувствительность триггера Шмидта составляет 2±0,5 В верхний порог и 1,1±0,5 В нижний порог, пользователь имеет возможность исследовать сигнал амплитудой от 150 мВ до 5 В с постоянным смещением от – 4 В до + 4 В, в частотном диапазоне от 0 Гц до 94 МГц.

4.2.6. Встроенный АЦП.

На внешний разъём модуля выведены 4 входа встроенного в ARM АЦП и линия внешнего запуска конверсии. Таким образом, пользователю предоставляется возможность производить запуск конверсии как внутри программное событие, так и по внешнему сигналу, подав синхронизирующий импульс на вход запуска конверсии "ADC_TRG". В режиме внешней синхронизации, нужно учитывать, что начало конверсии инициируется передним фронтом сигнала "ADC_TRG", при этом "защёлкивание" устройства выборки-хранения (УВХ) входов АЦП, не совпадает с передним фронтом этого импульса, а может варьироваться в пределах от 2-х периодов частоты ядра до 1-го периода частоты преобразования АЦП.

Входной диапазон напряжений только положительный и ограничен сверху внутренним опорным напряжением 3,3 ± 0,1 В, разрядность преобразования может быть задана 10 или 8 Бит при соответствующих частотах преобразования.

Пользователю необходимо обратить особое внимание на входной импеданс линий АЦП. Поскольку эти линии непосредственно подключены к входному коммутатору АЦП ARM, то входное сопротивление каналов носит сложный резистивно-емкостной характер из-за влияния перезарядки *входной динамической емкости входного коммутатора*. При работе АЦП происходят переключения входного коммутатора и соответственно перезаряд входной ёмкости, причём этот ток должен отдать выход измеряемого напряжения. Время перезаряда емкости коммутатора, а, следовательно, и межканальное прохождение зависит также от сопротивления источника сигнала. Величина входного сопротивления в режиме конверсии 8 бит – минимально 1 кОм, в режиме конверсии 10 бит – минимально 100 Ом. Таким образом, для корректного измерения напряжения подаваемого на входы АЦП величина выходного импеданса источника сигнала должна быть не больше указанных входных импедансов. Следует учитывать, что чем выше частота конверсии используется, тем большее влияние сопротивление выхода источника сигнала окажет на результат измерений.

4.2.7. Порты общего назначения.

На внешний разъём модуля выведены 12 цифровых входов-выходов (непосредственно порты ARM). Совместимы с TTL 5 В, CMOS 5/3.3 В, с возможностью программной конфигурации на альтернативные функции ввода-вывода. В альтернативном использовании доступны следующие интерфейсы: "Последовательный интерфейс периферии" (SPI) с поддержкой одного внешнего устройства, "Универсальный синхронный – асинхронный последовательный интерфейс" (USATR), "Двухпроводный последовательный интерфейс" (TWI), в базовом варианте ПО эти линии используются как входы общего назначения. В случае необходимости использовать эти выводы в альтернативном режиме, обратитесь в L-card для разработки соответствующих программных модулей.

4.2.8. Выходы для питания устройств пользователя.

На модуле предусмотрены выходы для питания маломощных внешних устройств пользователя. На разъём выведены напряжения +5 В, +3.3 В, ±5 В. Поскольку питание модуля производится от USB порта, общая мощность, потребляемая им и дополнительными устройствами, не должна превысить установленной стандартом для USB устройств. С другой стороны напряжения +3.3 В "цифровое" и ±5 В "аналоговое" взяты от внутренних стабилизаторов модуля и от этих же напряжений питаются все узлы самого модуля. Таким образом, пользователю строго не рекомендуется превышать токи потребления по этим цепям, которые указаны в сводной таблице (Таблица 5-6).

4.2.9. Открытость архитектуры E-310.

Для работы с модулем, пользователю предоставляется полное описание программ "верхнего" уровня. Примеры программирования с комментариями, описание библиотек. Низкоуровневое описание на данный момент не предусматривается, вместо этого пользователю по запросу могут быть предоставлены исходные программные коды для ARM на языке "C" с комментариями. Это даёт возможность пользовательского низкоуровневого программирования ARM. Кроме того, имеется возможность обновления программы через USB и непосредственного программирования ARM через JTAG.

Всё это позволяет использовать E-310 в качестве комплекта для обучения низкоуровневому программированию ARM и программированию приложений для USB. Для низкоуровнего программирования ARM, может быть полезным руководство пользователя от производителя ARM процессоров указанное в [3].

Возможность использования E-310 в качестве автономного устройства управления (без USB при подаче внешнего питания +5 В), а также в качестве встраиваемого модуля в случае использования E-310 без корпуса.

4.2.10. Перечень параметров дополнительных устройств модуля.

Все технические характеристики дополнительных (вспомогательных) устройств, управляющих и сервисных сигналов, представлены ниже: Таблица 4-2.

Таблица 4-2: Параметры дополнительных устройств.

№	Параметр	Описание	Номинал	Ед.
1	Вход / выход частоты дискретизации, "клоки" DDS.	Входная частота дискретизации. Выходная частота опорного генератора Уровень сигнала на вход и выход "TTL" Импеданс выхода Импеданс входа	0 – 50 50± 0,0025* 5 100 1	МГц МГц В Ом МОм
2	Входы / выходы синхронизации. Start, Interrupt, SyncOut.	Уровень сигнала на вход и выход "TTL" Импеданс выхода Импеданс входа Частота	5 220 1 0 – 25	В Ом МОм МГц
3	Вход Частотомера	Диапазон измеряемых частот Уровень постоянной составляющей Амплитуда измеряемого сигнала Входной импеданс	0 – 96 от – 4 до + 4 от 150 до 5000 50 ± 0,5	МГц В мВ Ом
4	Входы АЦП 4 линии с мультиплексированием.	Диапазон входных напряжений Разрядность преобразования с частотой 5 МГц 8 МГц Интегральная нелинейность Дифференциальная нелинейность Постоянное смещение входа Ошибка усиления Входной импеданс 8 / 10 Бит. (мин).	от 0 до + 3,3 10 8 ±2 ±1 ±2 ±2 1 / 0,1	В Бит Бит мзр мзр мзр мзр КОм
5	Вход запуск конверсии ADC_TRG	Частотный диапазон Уровень сигнала TTL / CMOS Импеданс входа	от 0 до 8 5 / 3,3 1	МГц В МОм
6	Вход / Выход Цифровые линии 12 линий общего назначения.	Альтернативные функции: SPI, USART, TWI. Уровень сигнала TTL / CMOS Импеданс выхода Импеданс входа	 5 / 3,3 82 ± 4 1	 В Ом МОм
7	Выходы Напряжения питания внешних устройств.	+ 5 В. (от порта USB компьютера) – макс. + 3,3 В. ± 1% цифровое – макс. + 5 В. ± 5% аналоговое – макс. - 5 В. ± 5% аналоговое – макс.	100 30 15 15	мА мА мА мА
8	Ток, потребляемый модулем от источника питания.	После процедуры нумерации, без подключения нагрузки, максимум – В режиме генерации частоты 9,8 МГц с максимальной амплитудой с нагрузками на всех выходах 50 Ом, 600 Ом, 120 Ом.	260 420	мА мА

* Для опорной частоты нормируется максимальное отклонение во всём диапазоне температур за весь период эксплуатации. Кратковременная и долговременная стабильность частоты синтезируемой генератором, обеспечивается применением высокостабильного опорного кварцевого синтезатора, таким образом, что суммарный допуск на отклонение частоты (включая основное, температурное и долговременное) составляет не более ± 50 ppm.

Глава 5. Подключение внешних сигналов.

Эта глава разъясняет назначение входных и выходных сигналов на разъемах *BNC, DIGITAL* модуля **E-310**, характеристики и способы подключения этих сигналов.

5.1. Общие сведения.

Подключение сигналов и "распайка" кабелей на ответных частях разъемов возлагаются на пользователя системы. Кабельная часть разъема для подключения цифровых сигналов содержится в комплекте поставки – п.2.4. Дополнительно можно приобрести плату клеммников для уменьшения трудозатрат *пробного* монтажа схем при подаче сигналов на входы модуля – см. п.2.4.1.

Монтаж сигнальных цепей с подключением источников сигнала, датчиков и т.п. к модулю E-310 должен осуществлять специалист соответствующей квалификации.

! При отключенном интерфейсе USB (выключен USB-хаб или сам PC), а также в режиме низкого электропотребления **E-310** уменьшаются предельно допустимые входные напряжения и выходные токи модуля по сравнению с его обычным рабочим режимом. Предельно допустимые режимы приведены в п.5.4. Присоединение цепей, значения уровней токов и напряжений которых превышают предельно допустимые значения, влекут за собой ухудшение параметров модуля **E-310** или выход из строя PC, модуля, или подсоединенного оборудования. **L-CARD не несет ответственности за ущерб, причиненный некорректным подключением сигналов.**

Полезную информацию о способах подведения сигналов к измерительной системе и борьбы с помехами вы найдете в специальной статье: *Решение вопросов электросовместимости помехозащиты при подключении измерительных приборов на примере продукции фирмы L-CARD* [2]. Обратите также ваше внимание на следующие литературные источники: [4], [5], [6], [7], [10], [11], [12], [13], и [14].

5.2. Специфика модуля

В этот раздел вынесены отдельные важные особенности подключения к модулю **E-310** внешних цепей.

5.2.1. Нагрузочная способность

Следует учитывать, что максимальный ток потребления USB-модуля, в соответствии со стандартом USB [8], не должен превышать 0,5 А по цепи +5 В. По этому не рекомендуется снимать с **E-310** более 0.5 Вт суммарной мощности по всем выходным цепям (выходы генератора, цифровые выходы, выходы +5 В, +3,3 В и ±5 В). Нужно учитывать, что потребление самого модуля сильно зависит от режима генерации, частоты генерируемого сигнала и импеданса нагрузки. Если в конкретной задаче пользователя не требуется снимать с выходов модуля максимальных амплитуд сигнала, а нагрузка является относительно высокоомной, ток потребляемый модулем в активном режиме может не превышать 300 мА. В этом случае подключённые к модулю **E-310** устройства пользователя могут потребить "оставшуюся" мощность не перегружая USB порт по потребляемому току.

5.2.2. Многомодульные соединения.

В многомодульных конфигурациях, собранных из модулей **E-310**, должны соблюдаться следующие правила:

1). Если модули между собой соединяются по цифровым линиям (в том числе и по линиям синхронизации, прерывания), то цепи GND модулей также должны быть соединены между собой.

2). Если разные модули гальванически связаны, по каким либо цепям, но используют разные PC или разные USB-хабы от индивидуальных источников питания, то эти PC или USB-хабы должны иметь общее заземление (если цепь заземления предусмотрена), а цепи GND модулей должны быть соединены между собой.

3). При соединении двунаправленных линий разных модулей между собой программно следует исключать противоречивое состояние «выход на выход», которое может привести к перегрузке **E-310** и USB.

5.2.3. О правильном использовании цепей GND и AGND

Цепи GND и AGND – это цепи «общего провода» цифровых и аналоговых сигналов соответственно. *Эти цепи, выведенные на контакты разъемов **E-310**, электрически связаны между собой (внутри **E-310**)*, а также с общим проводом USB и корпусом PC. При подключении ***E-310*** к внешним цепям следует помнить, что наиболее грамотное подключение ***E-310*** – это то, которое не приводит к протеканию сквозных токов по цепям **GND - AGND**, **GND - корпус PC** или **AGND-GND – корпус PC**[8]**.**

! Наличие вышеуказанных сквозных токов может ухудшить соотношение сигнал-шум в каналах **E-310**, вызвать неустойчивую работу USB, а при сквозном токе более 200 мА вызвать неисправность **E-310** или USB-хаба.

Общие рекомендации по подключению измерительных приборов Вы можете найти в статье [2].

5.3. Внешние разъёмы.

В настоящем разделе приводятся подробные описания разъемов **E-310** с точки зрения внешних подключений.

Диапазоны напряжений, присутствующие в таблицах при описании сигналов, выведенных на контакты разъемов, *всегда приводятся относительно контакта AGND для аналоговых сигналов и относительно контакта GND - для цифровых.*

Концепция компоновки разъёмов в E-310 следующая: спереди находятся разъёмы высокочастотных выходных сигналов генератора и вход частотомера, сзади – на общем разъёме все остальные сигналы аналоговых и цифровых входов и выходов.

[8] Заметьте, что токи, снятые с E-310 по цепям **+5 В, +3,3 В - GND** и **±5 В - AGND**, не вызовут подобных сквозных токов, если цифровой ток питания взят относительно GND, а аналоговый - относительно AGND.

5.3.1. Разъёмы высокочастотных аналоговых сигналов.

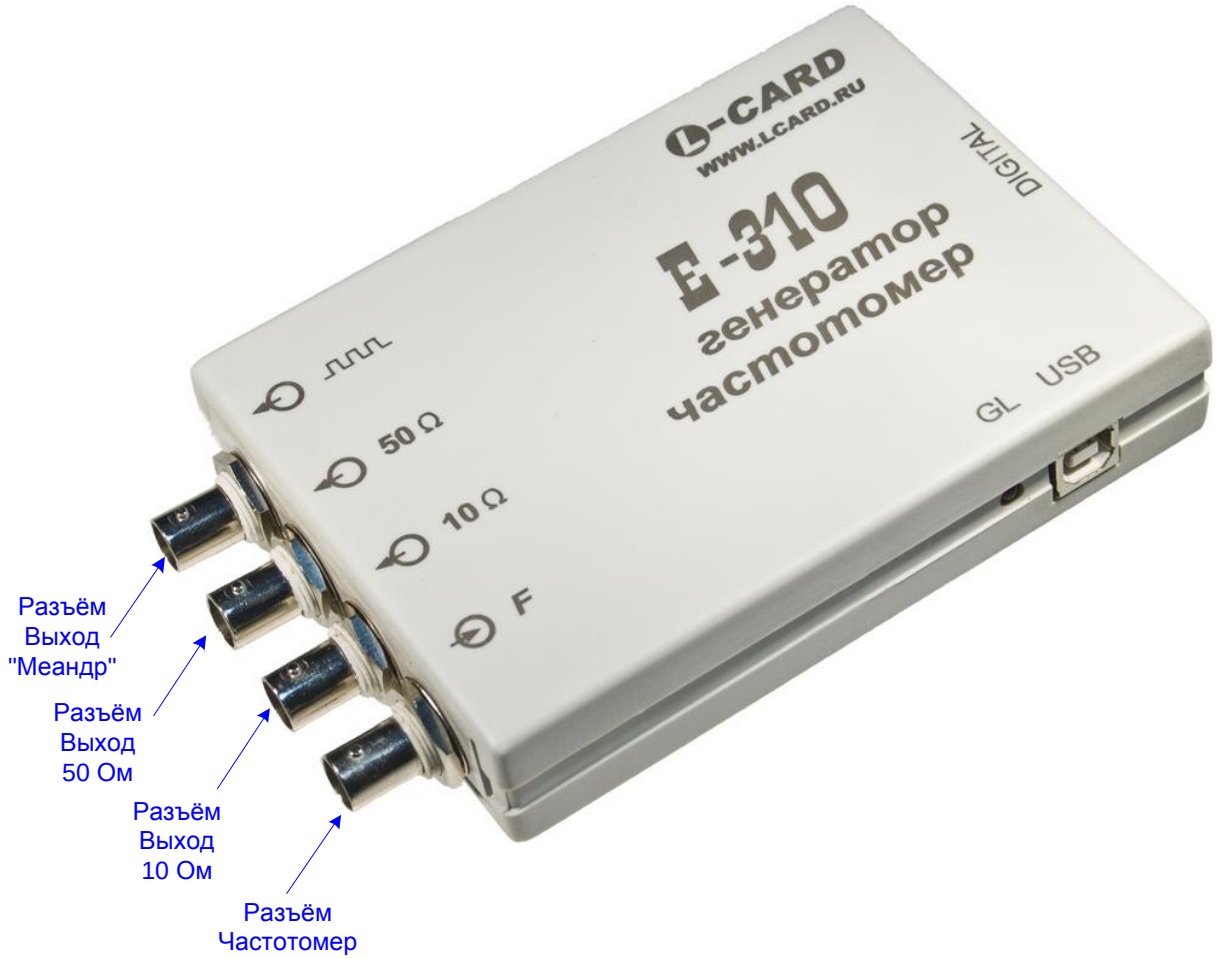


Рис. 5-1: Разъёмы аналоговых сигналов.

Тип разъемов трёх выходов генератора и входа частотомера модуля E-310 – блочная розетка BNC, ей соответствует кабельный разъём – кабельная вилка BNC. Соответствие каналов показано на ***Рис. 5-1***. Это же соответствие наглядно показано на корпусе E-310.

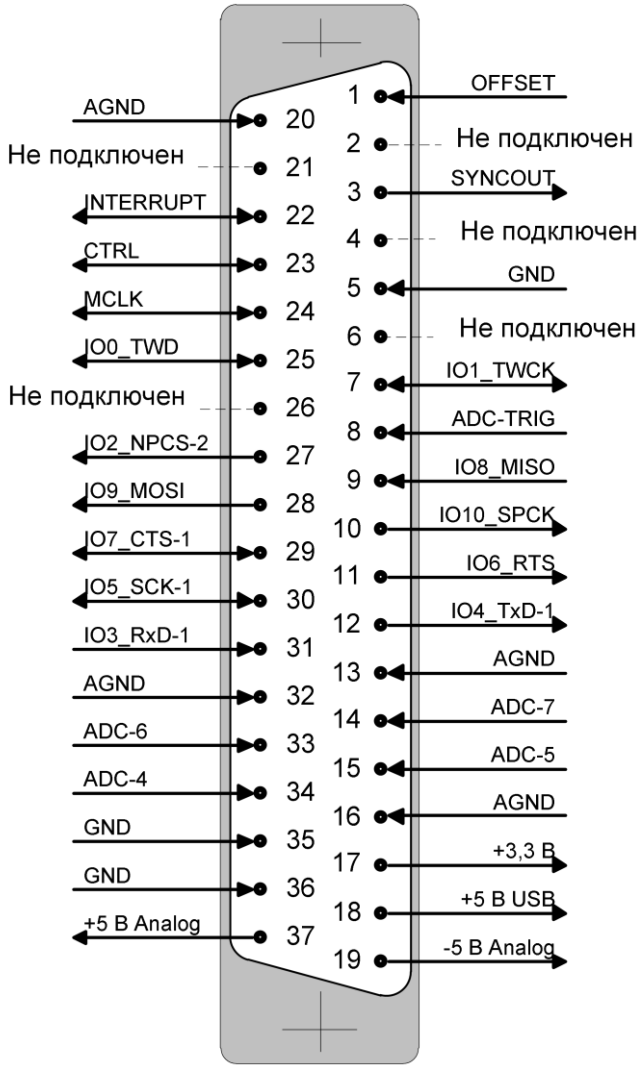
Практически, в случае аккуратного обращения с E-310 с Вашей стороны, не запрещается в качестве кабельного разъёма использовать не импортный BNC, а отечественный разъём из серии СР-50, но при этом возможны затруднения[9] при соединении-разъединении, этого разъёма с блочным разъёмом BNC на модуле E-310.

Таблица 5-1: **Назначение аналоговых сигналов на разъемах**

Обозначение сигнала	Общая точка	Направление	Описание
Частотомер	AGND	Вход	Однофазный (с общей землёй) вход частотомера.
Выход 10 Ом	AGND	Выход	Однофазный (с общей землёй) выход генератора с импедансом 10 Ом.
Выход 50 Ом	AGND	Выход	Однофазный (с общей землёй) выход генератора с импедансом 50 Ом.
Выход "Меандр"	AGND	Выход	Однофазный (с общей землёй) выход генератора с уровнем сигнала TTL 5 В, синфазно с синусоидальным

[9] Корни этой проблемы лежат в несоответствии метрических стандартов бывшего СССР западным дюймовым стандартам.

5.3.2. Цифровые и аналоговые входы / выходы.



Тип разъема в *модуле* **E-310**: DRB-37M, кабельная (ответная) часть разъема – DB-37F.

Таблица 5-2: **Назначение сигналов разъёма DIGITAL.**

№ конт.	Имя сигнала	Общая точка	Направление	Описание
1	OFFSET	AGND	Вход	Напряжение постоянной составляющей выхода генератора, которое может подавать на этот контакт пользователь.
3	SYNCOUT	GND	Выход	Сигнал изменения частоты на шаг при сканировании, вырабатывается DDS при изменении частоты на один шаг.
5	GND	-	-	Цифровая "земля".
7	IO1_TWCK	GND	Двунаправленный	• Линия синхронизации двухпроводного интерфейса с полной поддержкой протокола I^2C, с максимальной скоростью до 400 кВ/с. • Линия ввода/вывода общего назначения.
8	ADC-TRIG	GND	Вход	• Вход синхронизации старта конверсии АЦП. • Линия ввода/вывода общего назначения.
9	IO8_MISO	GND	Вход	• Данные "Ведущий-вход, ведомый-выход" (Master In Slave Out) интерфейса SPI. • Линия ввода/вывода общего назначения.

10	IO10_SPCK	GND	Выход	• Сериальный, синхронизирующий клок (Serial Clock) интерфейса SPI. • Линия ввода/вывода общего назначения.
11	IO6_RTS-1	GND	Выход	• Запрос на передачу (Request to Send) универсального синхронно-асинхронного последовательного приёмо-передатчика. • Линия ввода/вывода общего назначения.
12	IO4_TxD-1	GND	Двунаправленный	• Данные на передачу (Transmit Serial Data) универсального синхронно-асинхронного последовательного приёмо-передатчика. • Линия ввода/вывода общего назначения.
13	AGND	-	-	Аналоговая "земля".
14	ADC-7	AGND	Вход	Вход "7" встроенного АЦП ARM.
15	ADC-5	AGND	Вход	Вход "5" встроенного АЦП ARM.
16	AGND	-	-	Аналоговая "земля".
17	+3,3 В	GND	Выход	Напряжение питания устройств пользователя.
18	+5 В USB	GND	Выход	Напряжение питания устройств пользователя.
19	-5 В Analog	AGND	Выход	Напряжение питания устройств пользователя.
20	AGND	-	-	Аналоговая "земля".
22	INTERRUPT	GND	Двунаправленный	Прерывание сканирования, направление на вход или выход задаётся программно.
23	CTRL	GND	Двунаправленный	Старт сканирования, изменение частоты на шаг, направление на вход или выход задаётся программно.
24	MCLK	GND	Двунаправленный	Частота дискретизации DDS, направление на вход или выход задаётся программно.
25	IO0_TWD	GND	Двунаправленный	• Линия данных двухпроводного интерфейса с полной поддержкой протокола I^2C. • Линия ввода/вывода общего назначения.
27	IO2_NPCS-2	GND	Выход	• Выбор периферийного устройства "2" (Peripheral Chip Selects) интерфейса SPI. • Линия ввода/вывода общего назначения.
28	IO9_MOSI	GND	Выход	• Данные "Ведущий-выход, ведомый-вход" (Master Out Slave In) интерфейса SPI. • Линия ввода/вывода общего назначения.
29	IO7_CTS-1	GND	Вход	• Конец передачи (Clear to Send) универсального синхронно-асинхронного последовательного приёмо-передатчика. • Линия ввода/вывода общего назначения.
30	IO5_SCK-1	GND	Двунаправленный	• Сериальный, синхронизирующий клок (Serial Clock) универсального синхронно-асинхронного последовательного приёмо-передатчика. • Линия ввода/вывода общего назначения.
31	IO3_RxD-1	GND	Вход	• Данные на приём (Receive Serial Data) универсального синхронно-асинхронного последовательного приёмо-передатчика. • Линия ввода/вывода общего назначения.
32	AGND	-	-	Аналоговая "земля".
33	ADC-6	AGND	Вход	Вход "6" встроенного АЦП ARM.
34	ADC-4	AGND	Вход	Вход "4" встроенного АЦП ARM.
35	GND	-	-	Цифровая "земля".
36	GND	-	-	Цифровая "земля".
7	+5 В Analog	AGND	Выход	Напряжение питания устройств пользователя.

5.4. Предельно допустимые характеристики сигнальных линий.

Перед подключением модуля **E-310** к Вашей системе необходимо строго учитывать параметры, приведенные в таблицах настоящего раздела. Обратите внимание, что предельно допустимые режимы внешних линий **E-310** зависят от режима, в котором модуль находится в этот момент: рабочий, низкого электропотребления или отключенный. Превышение указанных значений может привести к выходу модуля из строя.

Изготовитель не несет гарантийной ответственности при выходе E-310 из строя по причине превышения предельно допустимых режимов эксплуатации.

В таблицах настоящего раздела приняты следующие обозначения:

- **AI** - аналоговый вход.
- **AO** - аналоговый выход.
- **DI** - цифровой вход.
- **DO** - цифровой выход.
- **DIO** - цифровой вход-выход.

5.4.1. Рабочий режим

Модуль **E-310** в рабочем режиме имеет следующие предельно допустимые характеристики входных и выходных сигнальных линий:

Таблица 5-3: Предельные характеристики входов и выходов, рабочий режим.

Сигнал	Тип	Входной или выходной импеданс.	Предельно допустимые условия на входе.	Предельно допустимые условия на выходе
Выход 50 Ом.	AO	50 Ом.	-	Выходной ток [10] ±50 мА.
Выход 10 Ом	AO	10 Ом.	-	Выходной ток ±125 мА.
Выход "меандр"	DO	100 Ом.	-	Выходной ток ±50 мА.
Вход "частотомер"	AI	50 Ом.	Входное напряжение ±12 В относительно GND.	-
MCLK, SCK-1, TxD-1, TWCK, TWD.	DIO	Около 1 МОм на вход. 82±4 Ом на выход.	-2 +7 В относительно GND.	Выходной ток ±40 мА при настройке на выход.
INTERRUPT, START	DIO	Около 1 МОм на вход. 220±11 Ом на выход.	-2 +7 В относительно GND.	Выходной ток ±23 мА при настройке на выход.
NPCS-2, SPCK, RTS-1, MOSI	DO	82±4 Ом на выход.	_	Выходной ток ±40 мА при настройке на выход.
SYNCOUT	DO	220±11 Ом на выход.	-	Выходной ток ±23 мА.
RxD-1, CTS-1, MISO, ADC-TRIG	DI	Около 1 МОм на вход.	-2 +7 В относительно GND.	-
ADC-4, ADC-5, ADC-6, ADC-7	AI	100 Ом[11] на вход	-2 +7 В относительно GND.	-
OFFSET	AI	Около 1 МОм на вход	Входное напряжение ±7 В относительно AGND.	-

[10] См.п. 5.2.1.

[11] См.п. 4.2.6

5.4.2. Особые ежимы.

5.4.2.1. Вариант – 1.

Модуль **E-310**, подключенный к USB, находящейся в режиме низкого электропотребления или в режиме защиты внутреннего источника питания ±5 В, имеет следующие предельные характеристики входных и выходных сигнальных линий:

Таблица 5-4: Предельные характеристики аналоговых входов, особый режим – 1.

Сигнал	Тип	Входной или выходной импеданс.	Предельно допустимые условия на входе.	Предельно допустимые условия на выходе
Вход "частотомер"	AI	50 Ом.	Входное напряжение ±7 В относительно GND.	-
ADC-4, ADC-5, ADC-6, ADC-7	AI	100 Ом на вход	-2 +2 В относительно GND.	-
OFFSET	AI	Около 1 МОм на вход	Входное напряжение ±3 В относительно AGND.	-

В этом режиме внутренний преобразователь напряжения питания входного и выходного аналогового тракта отключен и, как следствие, импеданс входных аналоговых линий мал по сравнению с рабочим режимом. Тракт усилителя генератора обесточен, выдача сигнала генератора невозможна. Выходы питания ±5 В в этом режиме отключены, а выход +5 В (от цепи питания USB) и +3.3 В питания цифровой части остаются активными. Допустимые значения входных и выходных параметров цифровых сигналов остаются неизменными по сравнению с рабочим режимом см. Таблица 5-3.

5.4.2.2. Вариант – 2.

Если модуль **E-310** отключен от USB или подключен, но USB-хаб аварийно отключил[12] питание +5 В, то в этих случаях модуль **E-310** обеспечивает следующие предельные характеристики входных и выходных сигнальных линий:

Таблица 5-5: Предельные характеристики входов и выходов, особый режим – 2.

Сигнал	Тип	Входной или выходной импеданс.	Предельно допустимые условия на входе.	Предельно допустимые условия на выходе
Вход "частотомер"	AI	50 Ом.	Входное напряжение ±7 В относительно GND.	-
MCLK, SCK-1, TxD-1, TWCK, TWD.	DIO	Около 1 МОм на вход. 82±4 Ом на выход.	-2 +2 В относительно GND.	-
INTERRUPT START	DIO	Около 1 МОм на вход. 220±11 Ом на выход.	-2 +2 В относительно GND.	-
RxD-1, CTS-1, MISO, ADC-TRIG	DI	Около 1 МОм на вход.	-2 +2 В относительно GND.	-
ADC-4, ADC-5, ADC-6, ADC-7	AI	100 Ом на вход	-2 +2 В относительно GND.	-
OFFSET	AI	Около 1 МОм на вход	Входное напряжение ±3 В относительно AGND.	-

В этом режиме модуль **E-310** полностью обесточен и импеданс аналоговых и цифровых линий мал по сравнению с рабочим режимом.

[12] например, из-за превышения нагрузочной способности USB по току

5.5. Рекомендации по использованию выходов питания.

В этом разделе даются рекомендации по использованию выходов модуля предназначенных для питания устройств пользователя и разъясняются особенности этих выходов.

При снятии с **E-310** токов для питания внешних устройств необходимо учитывать характеристики выходов внешнего питания. Сводная Таблица 5-5 представляет нагрузочные характеристики выходов питания.

Таблица 5-6: Характеристики выходов внешнего питания.

Источник питания внешних цепей	±5 В	+3,3 В	+5 В
Максимальный выходной ток в режиме стабилизированного выходного напряжения[13].	15 мА	30 мА	-
Максимальный выходной ток в режиме нестабилизированного выходного напряжения.	-	-	100 мА
Защита по току.	Внутренняя, на уровне около 60 мА.	Внутренняя, на уровне около 400 мА.	Определяется USB-HUB, к которому подключен **E-310**.
Максимальное время нахождения выхода в режиме короткого замыкания.	1 минута	1 минута	**Короткое замыкание выхода недопустимо!**

5.5.1. Использование выхода "+5 В".

Выходная цепь +5 В модуля **E-310** является продолжением цепи +5 В интерфейса USB. Это накладывает ограничения на использование этой цепи для питания внешних устройств:

! **Ваши внешние подключения должны полностью исключать возможность короткого замыкания цепи +5 В с цепью GND и другими цепями, присутствующими на разъемах E-310.** В противном случае короткие замыкания могут привести к выходу из строя используемого USB-порта.

- Внутри модуля **E-310** эта цепь питания защищена самовосстанавливающимся предохранителем, но поскольку ток срабатывания этого предохранителя около 1,1 А и время срабатывания относительно велико, на подключение этой цепи следует обратить особое внимание.
- Не рекомендуется по цепи +5 В снимать ток более 100 мА.
- При использовании выхода +5 В следует учитывать, что это выход напряжения **нельзя считать стабилизированным.** Скорее всего, вы получите с этого выхода напряжение порядка 4,75…5,0 В, а отличие его от номинала 5 В – это результат падения напряжения на кабеле USB.

5.5.2. Использование выхода "+3,3 В".

При использовании выхода "+3,3 В" следует учитывать, что это напряжение питания цифровой части модуля и по этому:

- При срабатывании защиты по току источника питания +3,3 В отключается питание цифровой части модуля, происходит аппаратный сброс ARM процессора а следовательно логическое отключение модуля и "потеря" его со стороны операционной системы.
- Следствием сброса ARM будет так же отключение аналогового напряжения ±5 В, подробности см. следующий пункт.

[13] при снятии по цепи ±5 В тока более 15 мА возможно ухудшение соотношения сигнал/шум выходного сигнала генератора.

5.5.3. Использование выхода "±5 В".

При использовании выходов аналогового напряжения "±5 В" следует учитывать:

- При срабатывании защиты по току источника питания ±5 В отключается также питание входных аналоговых цепей **E-310**, что приводит к блокировке выходных сигналов генератора, при этом цифровая часть (интерфейс USB) продолжит работать.
- При срабатывании защиты по току источника питания ±5 В уменьшаются предельно допустимые значения[14] входных напряжений.
- При потреблении токах менее 15 мА по каждой их цепей ±5 В источник питания **E-310** сохраняет стабилизацию напряжения.

при потреблении токах более 15 мА по каждой из цепей ±5 В стабилизация источника питания **E-310** ухудшается, начинает сказываться внутренние сопротивление (около 65 Ом). В этом случае изменения тока в нагрузочной цепи ±5 В (а также на линиях питания USB) могут ухудшить соотношение сигнал/шум в каналах **E-310**. Это вызвано тем, что выходная цепь ±5 В модуля **E-310** является общей для питания его аналогового тракта, поэтому ухудшение стабилизации в этой цепи ухудшает характеристики и самого модуля.

5.5.4. Использование цепи "+5 В" как входа внешнего питания.

Имеется возможность подать питание на **E-310** от внешнего стабилизированного источника питания с напряжением +4,75...+5,25 В. При использовании **E-310** в качестве автономного генератора, устройства обработки данных и управления (без интерфейса USB).

! Внешнее напряжение +5 В должно быть подано (на контакт 18 разъёма DIGITAL) относительно цепи GND (контакт 36 разъёма DIGITAL), а не относительно какой-либо другой цепи. Поскольку эта цепь является продолжением цепи питания +5 В USB, одновременное подключение интерфейса USB и подача внешнего питания недопустима!

Для подачи внешнего питания, необходимо использовать источник, который имеет гальваническую развязку от электросети. Желательно, что бы выходное напряжение этого источника имело пульсации более чем 0,1 В при отдаваемом в нагрузку токе 0,45 А, большие пульсации могут отразиться на электрических характеристиках модуля. Номинальный отдаваемый этим источником в нагрузку ток, должен быть не менее 0,45 А при номинальном напряжении +5 В. Особо следует подчеркнуть, что модуль не имеет защиты от "переполюсовки" и превышения напряжения этом входе. Если питающее напряжение на этом входе превысит 6 В модуль может выйти из строя, в этом случае производитель снимает с себя ответственность по гарантийным обязательствам. В связи с вышеизложенным, необходимо соблюдать особую внимательность и ответственность при подключении модуля к внешнему напряжению питания и эксплуатации его в этом режиме.

5.6. Примеры подключения сигналов.

Две наиболее типичные схемы подключения выходных аналоговых сигналов приведены на Рис. 2-2Рис. 5-3. Здесь представлены схемы подключения согласованной 50 Ом нагрузки с применением коаксиального кабеля имеющего волновое сопротивление 50 Ом. И подключение любой не согласованной нагрузки импедансом не менее 10 Ом с помощью экранированной линии (экранированного провода) волновое сопротивление которого не лимитируется.

[14] см. п.5.4

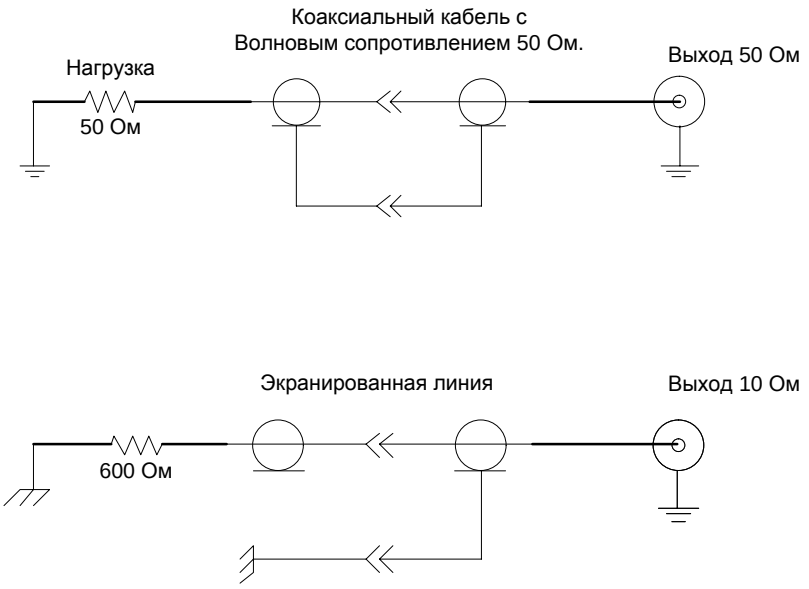


Рис. 5-3: Типичные схемы подключения аналоговых выходов.

Для уменьшения ошибок при подключении и как следствие экономии времени и получения наилучших результатов, рекомендуется ознакомиться со специализированной статьей, на эту тему размещённой на нашем сайте см. [2].

5.7. Советы по подключению.

Подача сигналов с генератора должна соответствовать общим правилам подключения высокочастотных сигналов. Следует учитывать, что использование экранированных проводов обеспечивает оптимальное подавление помех от внешней среды.

Модуль **E-310** не имеет гальванической развязки, поэтому цепь аналоговой "земли" (обозначенная на Рис. 5-3 значком заземления) имеет внутри **E-310** связь с общим проводом USB и, следовательно, с "землей" компьютера. Необходимо следить за тем, что бы в этой цепи не возникало "сквозных токов" между аппаратурой пользователя, через **E-310** на "общий провод" компьютера. Такой ток, даже в случае его не большого значения, будет вызывать искажения, выдаваемого модулем сигнала.

Подключение согласованной нагрузки 50 Ом, следует производить только коаксиальным кабелем с волновым сопротивлением 50 Ом с разъёмом BNC. Этим условиям соответствует отечественный кабель РК-50. Опыт применения показывает, что отечественные разъёмы СР50-74 не всегда надеваются на розетки BNC, это связано с разницей размеров в метрической и дюймовой системах. В любом случае не следует применять чрезмерное усилие при подключении и отключении разъёмов во избежание их поломки. Использование не согласованной нагрузки, скорее всего, вызовет в линии передачи образование отражённых волн, которые могут выглядеть на осциллограмме как появления высокочастотных "всплесков". Особенно это становиться заметным, если для исследования сигнала применяется анализатор с полосой 100 МГц и более. Для устранения этих эффектов следует произвести согласование линии связи.

Особое внимание стоит уделить реактивной составляющей полного сопротивления нагрузки, на которую будет подан сигнал с модуля **E-310**, поскольку в его выходном сигнале присутствуют продукты частоты дискретизации, ёмкость нагрузки в несколько десятков пикофарад может стать причиной появления отражённых сигналов в линии. Кроме того, ёмкостное сопротивление, как известно, уменьшается с ростом частоты, что вызовет дополнительное потребление нагрузкой тока с выхода модуля **E-310.**

Отсюда вытекают следующие рекомендации подключения аналоговых выходов:

- Максимально сокращайте длины входных кабелей.
- Работайте с минимальной частотой генерации, необходимой для решаемой задачи.

- В случае длинных выходных кабелей и невозможности их укоротить следует особое внимание уделить согласованию нагрузки и по возможности уменьшить её ёмкость.

5.8. JTAG и его подключение.

Приведённые здесь сведения понадобятся только тем пользователям, которые решили заняться модификацией встроенного программного обеспечения E-310 под свою задачу. Для этого необходимо связаться L-Card и запросить информацию о низкоуровневом программном и аппаратном обеспечении. Здесь будет рассмотрен только вопрос подключения JTAG к модулю.

Опробованный в L-Card путь работы с E-310 через JTAG – это использование программатора MT-LINK и кабеля-переходника MT-LINK-CAB и этот путь ниже будет описан. Но в принципе, Вы можете использовать и любой другой JTAG-программатор для ARM-контроллеров, если электрически правильно подключите Ваш JTAG-программатор к соответствующим сигналам JTAG согласно Рис. 5-4 и если по программному обеспечению этот JTAG-программатор может работать с контроллером AT91SAM7S64.

Конструкция разъёма JTAG модуля E-310 представляет собой упрощённый вариант конструкции Multi-Ice JTAG интерфейсного разъёма [3]. Упрощение заключается в минимизации количества необходимых сигналов JTAG (для максимальной совместимости с различными видами JTAG-программаторов здесь удалены все специфические сигналы, используемые в Multi-Ice, при этом, оставлены только неспецифические общепринятые сигналы JTAG). Назначение контактов 14-контактной розетки кабеля MT-LINK-CAB приведено на Рис. 5-4.

! Перед подсоединением-отсоединением программатора MT-LINK к / от **E-310** следует отключить питание в обоих устройствах!

Для подключения программатора MT-LINK к E-310 следует вставить 20-контактный разъём кабеля MT-LINK-CAB в соответствующий разъём программатора и соединить другой конец кабеля с 14-контактным разъёмом JTAG E-310 согласно Рис. 2-2. Далее, можно включить питание устройств и работать с E-310 с подключенным JTAG-программатором.

В качестве дополнительной информации приводится схема кабеля MT-LINK-CAB Рис. 5-5, который Вы можете либо заказать в L-Card (см. Таблица 2-2), либо изготовить самостоятельно.

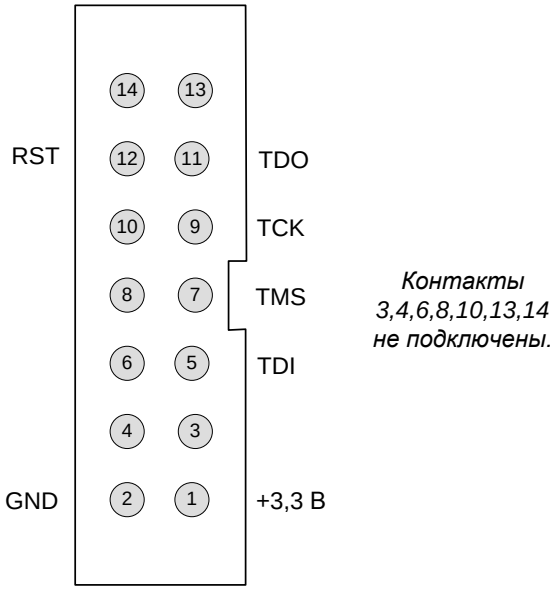


Рис. 5-4. Разъём JTAG

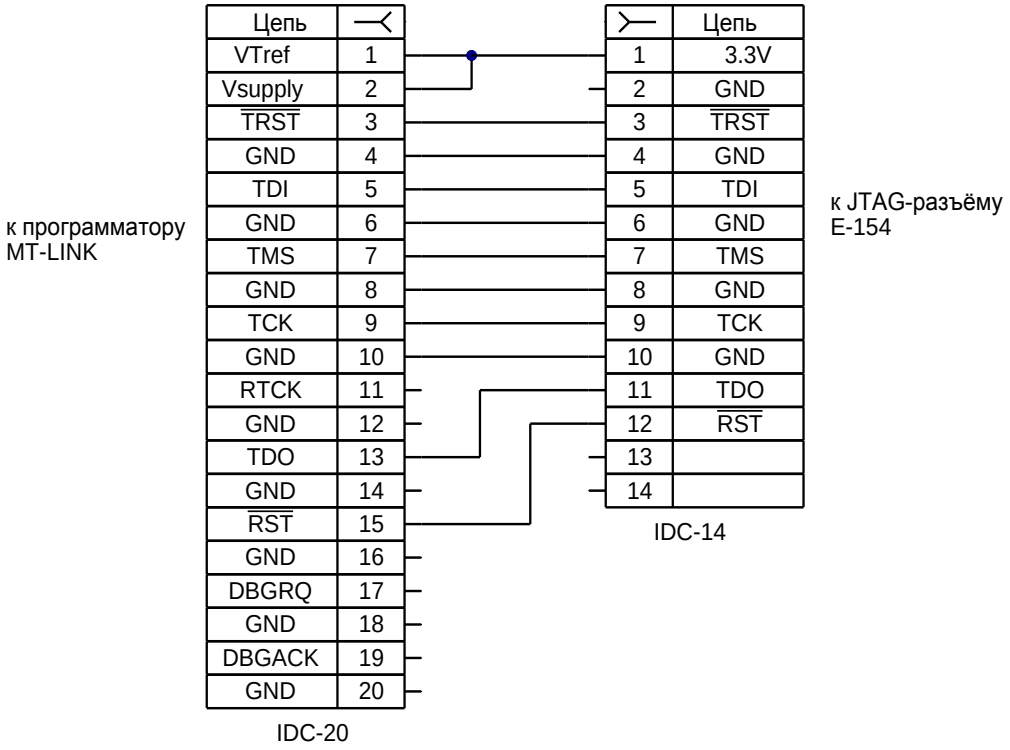


Рис. 5-5. Схема электрическая кабеля MT-LINK-CAB.

Глава 6. Специальные вопросы

6.1. Обновление встроенного ПО модуля E-310.

Модуль **E-310** поставляется с записанным во FLASH-памяти контроллера AT91SAM7S64 штатным программным обеспечением, реализующим функции приема-передачи команд и данных по USB и управления аппаратной частью модуля (DDS, АЦП и т.д.).

По мере развития и совершенствования модуля могут выпускаться новые версии программного обеспечения. В связи с этим, либо если пользователь самостоятельно вносит изменения в программное обеспечение, может возникнуть надобность в изменении программного обеспечения т.н. "перепрошивке" модуля. Встроенное ПО состоит из двух частей:

1. USB-загрузчика (boot loader), реализующего специальный протокол чтения/записи FLASH-памяти (занимает младшие 16 кБайт FLASH-памяти);
2. Собственно основной программы модуля (firmware).

Описанные в этой главе операции по "перепрошивке" модуля через USB относятся к основной программе.

Примечание: Технически возможно программирование FLASH-памяти модуля через JTAG при помощи специального программатора. Это может быть удобно, например, тем пользователям, которые разрабатывают собственное ПО для работы модуля в автономном режиме (без компьютера). При этом вероятно разрушение USB-загрузчика, что приведет к невозможности возврата к штатному ПО через USB. Обновления встроенного ПО модуля, публикуемые на сайте L-Card**,** содержат только основную программу и предназначены для загрузки в модуль по USB посредствам загрузчика, а не через JTAG. Поэтому при работе через JTAG рекомендуется сделать полную резервную копию FLASH-памяти модуля средствами JTAG-программатора.

Для обновления "прошивки" **E-310** через USB предоставляется специальная утилита e310fw_XY (для работы из командной строки), где X.Y версия "firmware". Последнюю версию утилиты можно скачать с сайта L-Card. Утилита снабжена кратким описанием.

6.2. Использование E-310 в качестве автономного генератора.

Аппаратная реализация **E-310** предусматривает возможность создания на базе модуля автономного генератора, устройства сбора данных и управления (с использованием встроенного АЦП и логических входов-выходов TTL). Такая возможность, однако, не поддерживается штатным программным обеспечением, поставляемым с модулем, поскольку ее реализация полностью зависит от постановки конкретной задачи решаемой пользователем.

Для построения на базе **E-310** автономного устройства необходимо создать свою собственную версию программы Firmware для встроенного в модуль ARM-контроллера AT91SAM7S64. Для решения этой задачи, по запросу пользователя, может быть предоставлено низкоуровневое описание **E-310**, где описаны назначения портов ARM-контроллера и исходные тексты штатной программы контроллера на языке C.

Изменив программу таким образом, чтобы она не зависела от USB и запрограммировав внутри контроллера логику работы, можно получить полностью независимый автомат, реализующий, например, некую систему управления с аналоговыми и цифровыми входами и выходами. При этом контроллер AT91SAM7S64, представляющий собой 32-разрядный RISC-процессор с тактовой частотой 48 МГц, 64 кбайт FLASH-памяти и 16 кбайт ОЗУ, способен обеспечить достаточно широкий круг решаемых задач.

Примечание: Если при разработке собственной версии программы придерживаться соглашений о распределении адресного пространства FLASH-памяти, принятого в штатной версии, то можно сохранить USB-загрузчик и прошивать свою программу через USB (не требуется приобретать JTAG-программатор).

Для того что бы штатный boot loader передал управление программе пользователя без подключения к USB, необходимо подать на модуль питание, обеспечив отсутствие активности на линиях данных USB. Boot loader не обнаружив активности на шине USB в течение четырёх секунд, принимает решение о передаче управления программе пользователя.

! Внимание! для питания **E-310** без использования кабеля USB следует отключить линию питания USB от цепей модуля (отключив разъём USB от модуля). Вопрос подключения внешнего питания рассмотрен в п. 5.5.4. Одновременное подключение интерфейса USB и подача внешнего питания недопустима!

6.3. Условия окружающей среды при эксплуатации модуля.

Модуль **E-310** предназначен для использования в условиях закрытых помещений в соответствии с требованиями ГОСТ 22261 (группа 3) с расширенным диапазоном рабочих температур. Модуль может располагаться в любом помещении, либо в полевых условиях (если модуль не подвергается резким ударам и воздействию атмосферных осадков), обеспечивающих рабочие условия применения. Модуль не должен располагаться вблизи источников сильных электромагнитных помех, а также в помещениях, насыщенных взрывоопасными и едкими химическими соединениями.

Таблица 6-1: Условия окружающей среды.

Параметр	Значение
Нормальные условия	
Температура окружающего воздуха	(+20±5) ^{o}C
Относительная влажность воздуха	30…80%
Атмосферное давление	630…800 мм рт. ст.
Рабочие условия	
Температура окружающего воздуха	+5… + 55^{o}C
Относительная влажность воздуха	До 90% при температуре +25^{o}C

Условия хранения	
Температура окружающего воздуха	+0… + 40°C
Относительная влажность воздуха	До 80% при температуре +25°C без конденсации влаги
Прочие	Отсутствие в воздухе пыли, паров кислот, щелочей, а также газов, вызывающих коррозию
Условия транспортировки	
Температура окружающего воздуха	-25… +55°C
Относительная влажность воздуха	Не более 95% при температуре +25°C
Прочие	Все виды транспорта при условии защиты от прямого попадания атмосферных осадков

Литература.

[1] **E-310**. Руководство программиста. - М.: L-Card, 2010.

[2] Гарманов А. В. Решение вопросов электросовместимости и помехозащиты при подключении измерительных приборов на примере продукции фирмы L-CARD. - М.: L-CARD, 2002

[3] Multi-Ice. Version 2.2. User Guide. 2002 г. ARM®

[4] Шевкопляс Б. В. Микропроцессорные структуры. Инженерные решения, гл. 4. - М.: Радио, 1990

[5] National Semiconductor[15]. "A Practical Guide To Cable Selection". - Firmware Note 916

[6] National Instruments[16]. "Field Wiring and Noise Considerations for Analog Signals". -Firmware Note 25

[7] National Instruments. Signal Conditioning Fundamentals for PC-Based Data Acquisition Systems. - Firmware Note 48

[8] Universal Serial Bus Specification. - Rev. 1.0, Jan. 1996

[9] Фролов А. В. Б-ка системного программиста. Программирование модемов, т. 4. - М.: Диалог-МИФИ, 1994

[10] Денисенко В., Халявко А. Защита от помех датчиков и соединительных проводов систем промышленной автоматизации. - М.: Журнал СТА, 1/2001, стр. 68-75

[11] Клаасон К. Б. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике. - М.: Постмаркет, 2000

[12] Харт Х. Введение в измерительную технику. - М.: Мир, 1999

[13] Ред.- Новицкий П. В. Электрические измерения неэлектрических величин. - Ленинград: Энергия, 1975

[14] Тиль Р. Электрические измерения неэлектрических величин. - М.: Энергоатомиздат, 1987

[15] Олссон Г., Пиани Д. Цифровые системы автоматизации и управления. - Санкт-Петербург, 2001

[16] Фролов А. В., Фролов Г.В. Б-ка системного программиста, т. 26. Программирование для Windows-NT. - М.: Диалог МИФИ, 1996

Список таблиц.

Таблица 2-1: Основной комплект поставки. 8

Таблица 2-2: Дополнительный комплект поставки (если специально оговорено при заказе). 8

[15] www.national.com

[16] www.ni.com

Таблица 2-3: Дополнительное оборудование, которое Вы можете приобрести у сторонних поставщиков (L-CARD его не поставляет). 8
Таблица 4-1: Параметры основного тракта. 18
Таблица 4-2: Параметры дополнительных устройств. 22
Таблица 5-1: Назначение аналоговых сигналов на разъемах 25
Таблица 5-2: Назначение сигналов разъёма DIGITAL. 26
Таблица 5-3: Предельные характеристики входов и выходов, рабочий режим. 28
Таблица 5-4: Предельные характеристики аналоговых входов, особый режим – 1. 29
Таблица 5-5: Предельные характеристики входов и выходов, особый режим – 2. 29
Таблица 5-6: Характеристики выходов внешнего питания. 30
Таблица 6-1: Условия окружающей среды. 35

Список иллюстраций

Рис. 2-1: Внешний вид. 6
Рис. 2-2: Внешний вид печатной платы 7
Рис. 4-1: Функциональная схема. 14
Рис. 4-2: Интерактивная модель. 15
Рис. 4-3: Блок схема аналогового тракта E-310. 17
Рис. 4-4:Усреднённые (типовые) АЧХ тракта. 19
Рис. 4-5: Типовая АЧХ тракта в полосе до 50 МГц. 19
Рис. 5-1: Разъёмы аналоговых сигналов. 25
Рис. 5-2: Разъём DIGITAL. 26
Рис. 5-3: Типичные схемы подключения аналоговых выходов. 32
Рис. 5-4. Разъём JTAG 33
Рис. 5-5. Схема электрическая кабеля MT-LINK-CAB. 34

Оглавление

ГЛАВА 1. О ЧЕМ ЭТОТ ДОКУМЕНТ. 3

1.1. Дополнительная документация. 3

ГЛАВА 2. ОБЩЕЕ ЗНАКОМСТВО. 4

2.1. Назначение и потребительские свойства. 4

2.2. Внешний вид модуля. 6

2.3. Автономная работа модуля E-310. 7

2.4. Комплектация модуля. 8
2.4.1. Применение клеммника. 9

2.5. Поставка ПО. 9
2.5.1. Описание библиотеки Lusbapi. 9
2.5.2. Дополнительное программное обеспечение. 9

ГЛАВА 3. ИНСТАЛЛЯЦИЯ И НАСТРОЙКА 11

3.1. Подготовка к работе. 11
3.1.1. Конфигурирование Setup компьютера. 11
3.1.2. Драйверы для материнской платы. 11

3.2. Подключение к компьютеру. 11

3.3. Установка USB драйверов. 11
3.3.1. Установка USB драйверов от Lusbapi. 11
3.3.2. Обнаружение модуля. 12

ГЛАВА 4. ОБЗОР АППАРАТНОЙ ЧАСТИ И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ 13

4.1. Функциональная схема. 13

4.2. Узлы модуля. 14
4.2.1. Синтезатор частоты DDS. 14
4.2.2. Аналоговый тракт. 16
4.2.3. Перечень параметров основного тракта. 18
4.2.4. Типовые АЧХ основного тракта. 18
4.2.5. Узел частотомера. 20
4.2.6. Встроенный АЦП. 20
4.2.7. Порты общего назначения. 21
4.2.8. Выходы для питания устройств пользователя. 21
4.2.9. Открытость архитектуры E-310. 21
4.2.10. Перечень параметров дополнительных устройств модуля. 22

ГЛАВА 5. ПОДКЛЮЧЕНИЕ ВНЕШНИХ СИГНАЛОВ. 23

5.1. Общие сведения. 23

5.2. Специфика модуля 23
5.2.1. Нагрузочная способность 23
5.2.2. Многомодульные соединения. 23
5.2.3. О правильном использовании цепей GND и AGND 24

5.3. Внешние разъёмы. 24
5.3.1. Разъёмы высокочастотных аналоговых сигналов. 25
5.3.2. Цифровые и аналоговые входы / выходы. 26

5.4. Предельно допустимые характеристики сигнальных линий. 28
5.4.1. Рабочий режим 28
5.4.2. Особые ежимы. 29

5.5. Рекомендации по использованию выходов питания. 30
5.5.1. Использование выхода "+5 В". 30
5.5.2. Использование выхода "+3,3 В". 30
5.5.3. Использование выхода "±5 В". 31
5.5.4. Использование цепи "+5 В" как входа внешнего питания. 31

5.6. Примеры подключения сигналов. 31

5.7. Советы по подключению. 32

5.8. JTAG и его подключение. 33

ГЛАВА 6. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ 34

6.1. Обновление встроенного ПО модуля E-310. 34

6.2. Использование E-310 в качестве автономного генератора. 35

6.3. Условия окружающей среды при эксплуатации модуля. 35